Berliner Hochschule für Technik Berlin

Fachbereich VIII: Maschinenbau, Veranstaltungstechnik, Verfahrenstechnik

Bachelorarbeit zum Thema:

Analyse der Nachhaltigkeitspotenziale von medientechnischen Einrichtungen in Theater- und Veranstaltungsräumen

Zur Erlangung des Grades Bachelor of Engineering

Vorgelegt von: Mathieu Thomas Nicolas Bepoldin

Matrikelnummer: 814906

Studiengang: Veranstaltungstechnik und -management

Abgabe: 30.06.2022

Betreuung: Prof. Dr. rer. nat. Alexander Lindau

Zweite Betreuung: Dipl.-Ing. Marcus Wackwitz

Gutachterin: Prof. Tina Kitzing

Gendererklärung

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dieser Bachelorarbeit die Sprachform des generischen Maskulinums angewendet. Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die ausschließliche Verwendung der männlichen Form geschlechtsunabhängig verstanden werden soll.

Abstract

Deutsch

Die Veranstaltungsbranche durchlebt, durch die Entwicklung der Netzwerke und der digitalen Medien, einen rasanten Wandel. Demgegenüber steht das von der Europäischen Union angekündigte Ziel, bis zum Jahr 2050 klimaneutral zu werden. Die Herausforderung besteht darin, den Wandel zu nutzen, um Veranstaltungen nachhaltig zu gestalten. Zur Bewältigung dieser Aufgabe ist die Verwertung der Nachhaltigkeitspotenziale, die in medientechnischen Einrichtungen stecken, ein notwendiger Bestandteil.

Ziel ist es, anhand von Literatur, der Expertise von Fachleuten, Normen, Verordnungen, Richtlinien und Daten eine Analyse der medientechnischen Einrichtungen, die in Theater- und Veranstaltungsräumen verwendet werden, zu erstellen, um festzustellen welche Nachhaltigkeitspotenziale sie bieten und um bestmöglich aus diesen schöpfen zu können.

English

The event industry is undergoing rapid change due to the development of digital media. On the other hand, the European Union has announced the goal of becoming climate-neutral by 2050. The challenge is to use this change to make events sustainable. The sustainability potential inherent in media technologies is an important factor in meeting this challenge. In order to accomplish this task, the implementation of the sustainability potentials offered by media technologies is a necessary component.

The aim is to analyze the media equipment used in theatres and event spaces on the basis of literature, expert knowledge, standards, regulations, guidelines and data in order to determine which sustainability potentials they offer and to be able to make the best possible use of them.

Inhaltsverzeichnis

Gendererklärung ... 3
Abstract ... 4
Abkürzungsverzeichnis ... 7
1 Einleitung ... 9
2 Medientechnische Einrichtungen in Theater- und Veranstaltungsräumen ... 11
2.1 Die Veranstaltungsbranche ... 11
2.2 Theater- und Veranstaltungsräume ... 12
2.3 Medientechnik ... 13
2.3.1 Medientechnik in Theater- und Veranstaltungsräumen ... 14
3 Bewertung der Nachhaltigkeit ... 16
3.1 Treibhausgasemissionen und CO_2e-Bilanzierung ... 17
3.2 Umweltkennzeichen und andere Produktkennzeichnungen ... 18
3.2.1 Umweltkennzeichen ... 19
3.2.2 Gesetzlich verpflichtende Produktkennzeichen ... 22
3.3 Relevante Richtlinien für medientechnische Einrichtungen ... 23
3.3.1 Richtlinie 2014/30/EU: Elektromagnetische Verträglichkeit von Elektro- und Elektronikprodukten (EMW) ... 23
3.3.2 Richtlinie 2011/65/EU zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (RoHS) ... 23
3.3.3 Verordnung 1907/2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH) ... 24
3.3.4 Richtlinie 2012/19/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über Elektro- und Elektronik Altgeräte (WEEE2) ... 24
4 Analyse der Einflussfaktoren auf die Nachhaltigkeit von medientechnischen Einrichtungen in Theater- und Veranstaltungsstätten (Life Cycle Assessment von Medientechnischen Einrichtungen) ... 26
4.1 Der Entwurf ... 27
4.2 Material/Rohstoffe und die Herstellung ... 28
4.3 Die Produktauswahl und das Planungsmanagement ... 29
4.4 Die Logistik ... 31
4.5 Der Betrieb ... 33
4.6 Die Wartung und die Reparatur ... 35
4.7 Die Entsorgung und das Recycling ... 36

5 Analyse der Nachhaltigkeit medientechnischer Technologien und Einrichtungen in Theater- und Veranstaltungsräumen 37
5.1 Nachhaltigkeitspotenziale der Tontechnik 37
5.1.1 Tonquellen: Mikrofone 37
5.1.2 Übertragung und Verarbeitung des Tonsignals 40
5.1.3 Senke: Die Beschallungsanlagen 43
5.2 Nachhaltigkeitspotenziale der Videotechnik 46
5.2.1 Videoquellen: Bildaufnahmegeräte 46
5.2.2 Videosignalübertragung und Bildbearbeitung 48
5.2.3 Bildsenken 50
5.3 Nachhaltigkeitspotenziale der Informationstechnik 53
5.3.1 Virtuelle- und hybride Veranstaltungen 54
5.3.2 Nachhaltigkeitspotenziale von virtuellen und hybriden Veranstaltungen 54
6 Fazit 58
Literaturverzeichnis 60
Abbildungsverzeichnis 65
Anhang 1: E-Mail Interview mit CUT GmbH Ingenieurbüro für Licht, Medien, Design i
Anhang 2: Interviewtranskript iv
Eigenständigkeitserklärung viii

Abkürzungsverzeichnis

C

CE	Europäische Konformität
CH_4	Methan
CO_2	Kohlenstoffdioxid
CSR	Corporate social responsibility

D

DANTE	Digital audio network through ethernet
DSP	Digitale Sound Prozessoren

E

EB	Elektronische Berichtserstattung
EEE	Energy efficient ethernet
EMW	Elektromagnetische Verträglichkeit von Elektro- und Elektronikprodukten

F

F-Gase	Fluorierte Treibhausgase
FKW	Perfluorierte Kohlenwasserstoffe

G

GHz	Gigahertz
GWP	Global warming potential

H

HDMI	High definition multimedia interface
HKFW	Wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe

I

ILO	International Labor Organisation
ISO	International Organisation for Standardisation
IGVW	Interessengemeinschaft der Veranstaltungswirtschaft
IT	Informationstechnik

L

LCA	Life Cycle Assessment

N

N_2O	Lachgas
NDI	Network device interface
NF_3	Stickstofftrifluorid

P

PE	Polyethylen
PUR	Polyurethan
PoE	Power over ethernet
PTZ	Pan tilt zoom
PVC	Polyvinylchlorid

R

REACH	Verordnung zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe
RE	Redundant Engine
RIFEL	Research Institute for Exhibition and Live-Communication
RTMP	Real time messaging protocol
ROHS	Richtlinie zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten
RTP	Real-Time Transport Protocoll
RTCP	Real-Time Control Protocol

S

SDI	Serial digital interface
SF_6	Schwefelhexalfluorid

U

USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlage

W

WEEE2	Richtlinie über Elektro- und Elektronik Altgeräte

1 Einleitung

Nachhaltigkeit ist ein Thema, das in unserer heutigen Gesellschaft immer mehr an Bedeutung gewinnt. Die Europäische Union hat sich das Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2050 klimaneutral zu sein. Europa soll der erste Kontinent werden, der 2050 nur noch unvermeidbare Treibhausgase emittiert und diese Emissionen vollständig ausgleicht.[1] Um dieses Ziel zu erreichen müssen alle Unternehmensbranchen Nachhaltigkeitskonzepte ausarbeiten. Für die Veranstaltungsbranche, die, vor der SARS Covid19-Pandemie, gemessen an ihrem Umsatz, eine der bedeutendsten wirtschaftlichen Branchen in Deutschland war, gilt es zu alter stärke zurückzufinden. Die Veranstaltungsbranche ist kosten- und zielorientiert und die Nachhaltigkeit ist ein Faktor, der erst seit kurzem eine Rolle spielt. Die Beschleunigung technischer Innovationen, sowie die rasante digitale Entwicklung haben dazu geführt, dass technische Einrichtungen, die in Theater- und Veranstaltungsräumen verwendet werden, ebenfalls einem starken Wandel unterzogen wurden. Besonders betroffen sind dabei medientechnische Einrichtungen, deren Konsum und Entwicklung durch die Pandemie stark angestiegen ist. Die Herausforderung liegt für die Veranstaltungsbranche darin, ohne Qualitätsverlust im Betrieb die medientechnischen Einrichtungen und Technologien so zu verwenden, dass sie die Nachhaltigkeitsziele nicht kompromittieren.

Zur Lösung dieser Probleme bedarf es einer Analyse der medientechnischen Einrichtungen, die in Theater- und Veranstaltungsräumen verwendet werden. Es müssen die Faktoren definiert werden, die auf die Nachhaltigkeit der unterschiedlichen medientechnischen Einrichtungen Einfluss nehmen und Technologien müssen auf ihre Nachhaltigkeit ausgewertet werden, damit die Akteure der Veranstaltungsbranche die Nachhaltigkeitspotenziale der verwendeten Einrichtungen optimal nutzen können.

Ziel ist es, anhand von Literatur, Expertise von Fachleuten, Normen, Verordnungen und Richtlinien eine Analyse zu erstellen, die es ermöglicht die Nachhaltigkeitspotenziale von medientechnischen Einrichtungen, die in Theater- und Veranstaltungsräumen verwendet werden, auszunutzen. Hierfür wird zuerst definiert, was unter medientechnischen Einrichtungen zu verstehen ist, um danach zu zeigen, wie deren die Nachhaltigkeit gemessen und bewertet werden kann und welche Verordnungen die Einrichtungen in dem Kontext der Nachhaltigkeit betreffen. Anschließend werden die

[1] Bundesregierung online: *EU soll bis 2050 klimaneutral sein*, abgerufen am 16.06.22.

Faktoren ermittelt, die Einfluss auf die Nachhaltigkeit von medientechnischen Einrichtungen haben. Abschließend werden Technologien und Geräte der unterschiedlichen medientechnischen Bereiche auf ihre Nachhaltigkeitspotenziale untersucht.

2 Medientechnische Einrichtungen in Theater- und Veranstaltungsräumen

Im ersten Abschnitt dieser Arbeit wird der Stellenwert der Veranstaltungsbranche in der deutschen Wirtschaft veranschaulicht. Die Begrifflichkeiten der Medientechnik und des Theater- und Veranstaltungsraumes werden verdeutlicht und miteinander verknüpft.

2.1 Die Veranstaltungsbranche

Die Veranstaltungsbranche zählt zu den umsatzstärksten Branchen der deutschen Wirtschaft. Vor dem Auftreten der SARS Covid-19-Pandemie war sie laut einer im Jahr 2019 veröffentlichten Studie des Research Institute for Exhibition and Live-Communication (RIFEL) mit 129,090 Milliarden Euro Umsatz in Deutschland auf Platz 6 der umsatzstärksten Branchen.[2]

Der Markt lässt sich in verschiedene Sektoren aufteilen. Den mit Abstand größten Teil des Umsatzes machen wirtschaftsbezogene Veranstaltungen wie Messe, Ausstellungen, Konferenzen und Werbeveranstaltungen mit einem Umsatz von 114,309 Milliarden Euro aus. Darauf folgen öffentliche Veranstaltungen mit 7,630 Milliarden Euro, Kulturveranstaltungen mit 6,627 Milliarden Euro und Sportveranstaltungen mit 0,524 Milliarden Euro Umsatz.

Abbildung 1 - Umsatz der unterschiedlichen Veranstaltungsbranchen in Mrd. Euro
RIFEL: *Die gesamtwirtschaftliche Bedeutung der Veranstaltungsbranche*, 06.2020, S.3

[2] RIFEL: *Die gesamtwirtschaftliche Bedeutung der Veranstaltungsbranche*, 06.2020, S.3.

In der im Jahr 2021 veröffentlichten Studie Landkarte Veranstaltungswirtschaft[3] der Interessengemeinschaft der Veranstaltungswirtschaft (IGVW) werden für das Jahr 2019 insgesamt 1,13 Millionen Erwerbstätige und 243.000 Unternehmen (davon 114.000 Selbstständige) gezählt.

Die Studie zeigt auch erstmals, dass die durchschnittliche Umsatzeinbuße der Unternehmen im Pandemiejahr 2020 in der Veranstaltungswirtschaft bei 76,6% gelegen haben soll.[4] Es zeigt sich in Befragungen, die für diese Studie im April/Mai 2021 durchgeführt wurden, dass die große Mehrheit der Akteure der Veranstaltungsbranche mit einer Rückkehr zu den Umsatzständen der Zeit vor der Pandemie ab den Jahren 2023/2024 glaubt.[5]

2.2 Theater- und Veranstaltungsräume

Versammlungsstätten werden in der Musterverordnung über den Bau und Betrieb von Versammlungsstätten wie folgt definiert:

„Versammlungsstätten sind bauliche Anlagen oder Teile baulicher Anlagen, die für die gleichzeitige Anwesenheit vieler Menschen bei Veranstaltungen, insbesondere erzieherischer, wirtschaftlicher, geselliger, kultureller, künstlerischer, politischer, sportlicher oder unterhaltender Art, bestimmt sind sowie Schank- und Speisewirtschaften."

Versammlungsräume werden im selben Abschnitt wie folgt definiert:

„Versammlungsräume sind Räume für Veranstaltungen oder für den Verzehr von Speisen und Getränken. Hierzu gehören auch Aulen und Foyers, Vortrags- und Hörsäle sowie Studios."[6]

[3] IGVW, Prof. Dr. Zanger Cornelia et al.: *Landkarte der Veranstaltungswirtschaft*, 08.2021, S.18f.
[4] IGVW: Prof. Dr. Zanger Cornelia et al.: *Landkarte der Veranstaltungswirtschaft*, 08.2021, S.51.
[5] IGVW: Prof. Dr. Zanger Cornelia et al.: *Landkarte der Veranstaltungswirtschaft*, 08.2021, S.53.
[6] Musterverordnung über den Bau und Betrieb von Versammlungsstätten, 07.2014, S.4f.

In Deutschland gab es im Jahr 2020 insgesamt 7.591 Tagungs- und Veranstaltungsstätten. Davon sind 3.441 Tagungshotels, 2.394 Eventlocations und 1.756 Kongress- und Veranstaltungszentren.[7]

In der Spielzeit 2019/2020 wurden davon 141 öffentliche Theaterunternehmen in Deutschland gezählt.[8]

2.3 Medientechnik

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz definiert Medientechnologien wie folgt:

„Zu den Medientechnologien gehören die Technologien und Verfahren, die zur Erfassung, Bearbeitung, Speicherung, Übertragung und Wiedergabe von Text, Audio (Sprache, Musik), Bild (Fotos, Grafiken) und Video dienen. […] Ein wesentliches Technologiegebiet ist daher die digitale Signalverarbeitung, die u. a. Algorithmen zur Analyse, Veränderung oder Kompression von Audio-, Bild- und Videodaten beinhaltet.“[9]

Die Medientechnik hingegen befasst sich spezifischer mit der Betrachtung der Geräte.

Die Drucktechnik spielt auch heute noch eine wichtige Rolle. 25% der Menschen in der Europäischen Union lesen fast täglich noch Printmedien[10]. Medieninhalte liegen heutzutage allerdings weitgehend in elektronischer Natur vor und so sind die aktuellen Medientechnologien meist digitaler Natur. Computer Tablets, und Smartphones sind die wichtigsten digitalen Medienzentralen und das Internet ist der wichtigste Verbreitungsweg von Text, Musik, Bildern und Videos. In Deutschland nutzen 52 Millionen Menschen täglich das Internet.[11]

---

[7] Statista online: *Anzahl der Tagungs- und Veranstaltungsstätten* in Deutschland in den Jahren 2018 bis 2020*, 05.2021, abgerufen am 16.06.22.
[8] Statista online: *Anzahl der öffentlichen Theaterunternehmen in Deutschland in den Spielzeiten von 2009/10 bis 2019/20*, 04.2022, abgerufen am 16.06.22.
[9] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz Online: *Medientechnologien*, abgerufen am 17.06.2022
[10] Statista online, *Wie werden die Medien in Deutschland genutzt?* 11.2021, abgerufen am 17.06.22
[11] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz Online: *Medientechnologien*, abgerufen am 17.06.22.

Es findet zunehmend eine Verlagerung der Medienübertragungswege wie CD, digitalem Fernseher oder Radio in Richtung des Internets statt. Streamingdienste, Mediatheken und Internetradio sind die aktuellen Alternativen, die im Internet zu finden sind.

Die Mediennutzung nimmt allgemein stark zu und die Medienzeit der Menschen in Deutschland hat sich laut Statista in den letzten 60 Jahren verdreifacht.

2.3.1 Medientechnik in Theater- und Veranstaltungsräumen

Medientechnik ist im Bereich der Theater- und Veranstaltungsräume unverzichtbar geworden. Mit wenigen Ausnahmen wird im Jahr 2022 für alle Veranstaltungen Medientechnik genutzt.

Die Medientechnik ermöglicht es, den verschiedenen Akteuren der Branche ihr Produkt effizient, erfolgreich und auf kreative und diversifizierte Weise zu den Verbrauchern zu führen. Es gibt einen internationalen Markt mit verschiedenen Anbietern und Produzenten, die sich auf medientechnische Einrichtungen für Veranstaltungsräume spezifiziert haben. Sie sind vielfältig vertreten.

Multinationale Aktiengesellschaften wie Sony oder Philips, die Milliarden Umsätze machen, decken mehrere Bereiche der Medientechnik ab. Andere multinationale Unternehmen wie Sennheiser GmbH und CO. KG sind auf einzelne Bereiche der Medientechnik, in diesem Fall Tontechnik, spezialisiert. Auf nationaler Ebene bieten Hersteller, wie ADT-Audio, die auf Studiomischpulte und andere tontechnische Produkte spezialisiert sind, ihre Produkte an.

Kontinuierlich werden innovative Einrichtungen und Softwares in den Bereichen der Ton-, Video-, Licht und Informationstechnik für Veranstaltungen eingeführt, die neue Standards in den Bereichen festlegen und sich an die technologischen Innovationen sowie an nationale wie internationale Richtlinien anpassen.

Ein prägendes Beispiel hierfür ist die zunehmende Verbreitung und Leistungsfähigkeit der Funkverfahren wie Wireless Local Area Network (WLAN). In allen Bereichen der Medientechnik sind neue Geräte auf den Markt gebracht worden, die das WLAN

nutzen und die bisherige Medientechnik in Veranstaltungsräumen ersetzt haben. Auf diesen Punkt wird in Kapitel 5 näher eingegangen werden.

In dieser Arbeit werden Medientechnische Einrichtungen, die in Theater- und Veranstaltungsräumen zum Einsatz kommen, aus nachfolgenden Bereichen bearbeiten:

- Tontechnik
- Videotechnik
- IT

Folgende medientechnische Geräte und Gebiete werden nicht analysiert werden:

- Smartphone
- Tablet
- Drucker
- Personal Computer und Laptops
- Lichttechnik

Die Lichttechnik verwendet Technologien aus dem Bereich der Signalübertragung und, in Veranstaltungen verwendete Geräte, für den Einsatz und für die Steuerung von Lichttechnik, werden häufig gemeinsam mit den Geräten der Medientechnik eingesetzt. Lichttechnik ist jedoch, laut der in Abschnitt 2.3 gegebenen Definition, kein Bereich der Medientechnik und wird im Laufe dieser Arbeit, wie die anderen aufgelisteten Geräte, nicht analysiert, da es den wissenschaftlichen Umfang überschreiten würde.

3 Bewertung der Nachhaltigkeit

In diesem Kapitel soll geklärt werden, welche Methoden angebracht werden, um Nachhaltigkeit messen und bewerten zu können, und welche wichtigen Richtlinien es in Deutschland und Europa gibt, an die sich die Hersteller von medientechnischen Einrichtungen halten müssen.

Zunächst muss geklärt werden, wie die Nachhaltigkeit definiert wird. Um den Begriff der Nachhaltigkeit in Bezug auf medientechnische Einrichtungen zu verstehen, wird sie, wie in dem 1987 von der Welt-Kommission für Umwelt und Entwicklung veröffentlichtem Brundtland-Bericht, als Zustand definiert, „in dem die Bedürfnisse der gegenwärtigen Generationen befriedigt werden, ohne dass die Bedürfnisse zukünftiger Generationen nicht befriedigt werden können. Dabei ist zu betonen, dass Nachhaltigkeit nicht nur die Bedürfnisse des Menschen umfasst, sondern die Bedürfnisse jedes Lebewesens auf der Erde. Entsprechend soll die hier genutzte Definition von Nachhaltigkeit einen Zustand benennen, in dem die Bedürfnisse heutiger Lebewesen befriedigt werden, ohne dass die Bedürfnisse zukünftiger Lebewesen nicht befriedigt werden können.“[12]

Für die Veranstaltungsbranche, deren Funktionsweise sehr kundenorientiert ist und bei der es den Anspruch gibt, dass der Betrieb fehlerfrei ablaufen muss, ist es von primärer Bedeutung, dass medientechnische Einrichtungen nicht durch Nachhaltigkeitskonzepte an Qualität verlieren. Das Ziel ist es, mindestens dieselben Ergebnisse zu erreichen, wie bei einem Produkt, das die Sicherstellung der Befriedigung zukünftiger Lebewesen nicht miteinbezieht.

In der Literatur wird die Nachhaltigkeit über das Drei-Säulen-Modell definiert: die ökologische, die ökonomische und die soziale Säule.[13] Während die ökologische Säule mehr auf Umwelt, Rohstoffabbau, Emissionen von Treibhausgasen und deren Folgen fokussiert ist, dreht sich der ökonomische Bereich um den wirtschaftlichen Aspekt im Umgang mit Materialien und Energie und mit den Strukturen, die es ermöglichen weiterhin handeln und produzieren zu können. Die soziale Säule beschäftigt sich mit dem

[12] Kannengießer: Sigrid, *Digitale Medien und Nachhaltigkeit.* 2022, S. 17.
[13] Kannengießer: Siegrid, *Digitale Medien und Nachhaltigkeit* 2022, S. 17.

Menschen und dessen Gesundheit. Sozialer Frieden, Freiheit und Gerechtigkeit stehen im Fokus.

Nachhaltigkeit kann nur unter Berücksichtigung dieser drei Säulen langfristig entstehen.

3.1 Treibhausgasemissionen und CO_2e-Bilanzierung

Um Nachhaltigkeit in der Medientechnik zu überprüfen, muss sie gemessen werden können. Da es sich um elektronische Geräte handelt, die Strom verbrauchen, ist die primäre Methode dazu die CO_2e-Bilanzierung. Durch diese kann gemessen werden, wie viel Gewicht an Treibhausgasen pro Stromproduktion emittiert wird.

Als Treibhausgase werden Gase bezeichnet, die zum Treibhauseffekt eines Planeten beitragen und deren Emission somit nicht nachhaltig ist.

Es werden sechs unterschiedliche Treibhausgase durch das Kyoto-Protokoll genannt: Kohlenstoffdioxid (CO_2), Methan (CH_4), Lachgas (N_2O) sowie die fluorierten Treibhausgase (F-Gase): wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW), Schwefelhexafluorid (SF_6) und Stickstofftrifluorid (NF_3). 87,1% der Freisetzung von Treibhausgasen entfallen in Deutschland auf Kohlendioxid.[14] Die Treibhausgase tragen unterschiedlich stark zum Treibhauseffekt bei. Deswegen wird die Maßeinheit CO_2e verwendet, die für CO_2-Äquivalente steht. Sie macht den Effekt aller Treibhausgase auf das Klima vergleichbar, in dem die Wirkung einer Tonne der Treibhausgase über 100 Jahre mit der Wirkung von einer Tonne CO_2 über 100 Jahre verglichen wird. Jedem Treibhausgas wird ein globales Erwärmungspotential (auf Englisch: Global Warming Potential (GWP)) zugewiesen. Eine Tonne Methan ist beispielweise ungefähr 25-mal klimaschädlicher als eine Tonne CO_2. Dementsprechend entspricht eine Tonne Methan etwa 25 Tonnen CO_2e. Anhand des CO_2e können Vergleiche über die Kontribution zum Treibhauseffekt verschiedener Bereiche gemacht werden und somit auch die Nachhaltigkeitspotenziale geprüft werden (siehe Abbildung 2).

[14] Umweltbundesamt online: *Die Treibhausgase,* abgerufen am 19.06.22.

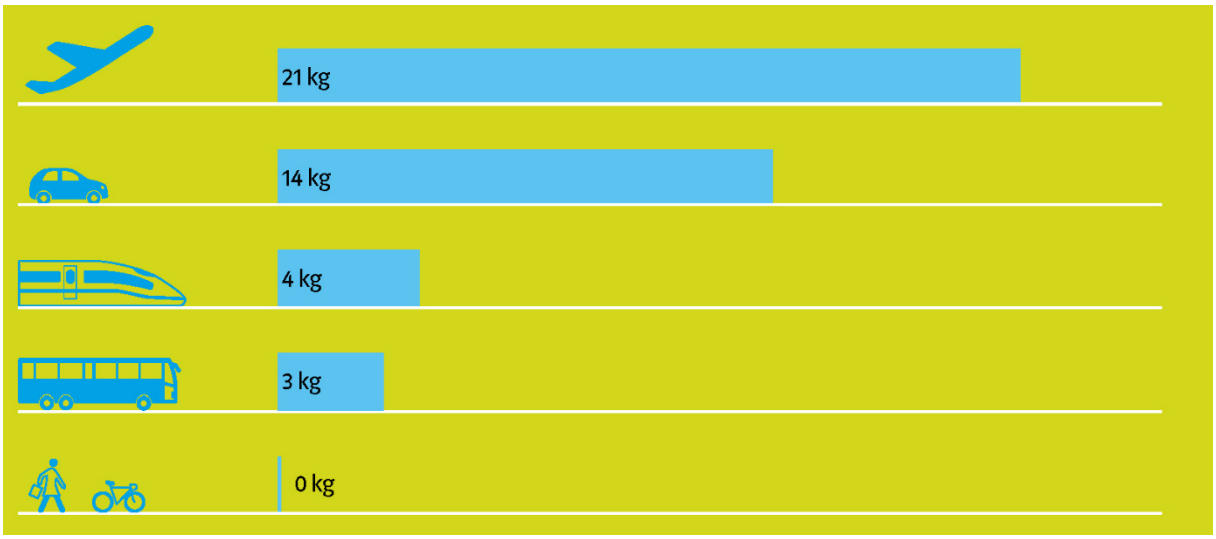

Abbildung 2 - Vergleich der CO_2-Emissionen verschiedener Verkehrsmittel auf 100 Kilometer pro Person nachhaltiger Warenkorb online: *Was sind CO2 Äquivalente*, abgerufen am 19.06.22

Die Nachhaltigkeitspotenziale der unterschiedlichen medientechnischen Einrichtungen werden in Kapitel 5 dieser wissenschaftlichen Arbeit zudem mit dem CO_2-Emissionsfaktor für den Strommix aus Deutschland für das Jahr 2021 bewertet. Der Strommix umfasst fossile, nukleare und erneuerbare Energieträger. Der CO_2-Emissionsfaktor ist das Verhältnis der Masse eines emittierten Stoffes zu der produzierten Energieeinheit. Für das Jahr 2021 wurden nach ersten Schätzungen in Deutschland für eine produzierte Kilowattstunde Strom 0,42 Kilogramm Kohlenstoffdioxid ausgestoßen.[15]

Da nicht ausreichend ersichtlich ist, welche Art von Strom die Betreiber von Theater- und Veranstaltungsräumen beziehen, wird im weiteren Verlauf dieser Arbeit der repräsentative Wert 0,42kgCO_2/kWh für Messungen in Bezug auf den Stromverbrauch medientechnischer Geräte benutzt werden.

3.2 Umweltkennzeichen und andere Produktkennzeichnungen

Umweltkennzeichen, die auch als grüne Siegel bezeichnet werden, und andere Produktkennzeichnungen haben den Zweck, den Verbrauchern eine verlässliche Orientierung über die Nachhaltigkeit der ausgezeichneten Produkte zu geben. Somit sind sie ebenfalls ein Maßstab der Nachhaltigkeit.

[15] Statista online: *Entwicklung des CO2-Emissionsfaktors für den Strommix in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2021,* 05.2022, abgerufen am 19.06.22.

3.2.1 Umweltkennzeichen

Da produktbezogene Umweltaussagen von Unternehmen für Marketing, Öffentlichkeitsarbeit und Kommunikation auch für sogenanntes Greenwashing genutzt werden können, sollen unseriöse und wenig verständliche Aussagen vermieden werden. Die 2002 veröffentlichte Norm DIN EN ISO 14020 „Umweltkennzeichnungen und -deklarationen“ wurde erarbeitet, „um mehr Sicherheit für Unternehmen und Endkunden zu schaffen […] Ihre klaren Vorgaben an produktbezogene Umweltinformationen sollen außerdem Angebot und Nachfrage jener Produkte unterstützen, die weniger Umweltbelastungen verursachen. Die Norm bildet den Rahmen für weitere, spezifischere Normen der Reihe ISO 14020, indem sie allgemeine Grundsätze formuliert.“[16]

In der Norm DIN EN ISO 14020 werden neun Grundsätze definiert:

- Grundsatz 1: „Aussagen über Umweltaspekte eines Produkts müssen genau, überprüfbar und zutreffend sein; sie dürfen nicht irreführend sein.“

- Grundsatz 2: „Anforderungen an die Vergabe von Umweltaussagen und Umweltzeichen dürfen keine unnötigen Hemmnisse für den internationalen Handel schaffen.“

- Grundsatz 3: „Aussagen über Umweltaspekte eines Produkts müssen auf wissenschaftlich nachprüfbaren Methoden basieren, die möglichst weitgehend akzeptiert und zugänglich sind.“

- Grundsatz 4: „Im Zusammenhang mit Umweltkennzeichnungen müssen Informationen über die angewandten Verfahren, Methoden, Kriterien und Grundannahmen allen interessierten Kreisen zugänglich sein.“

- Grundsatz 5: „Bei der Entwicklung von Umweltaussagen und Umwelt- zeichen müssen alle Abschnitte des Produktlebensweges in Betracht gezogen werden. Eine Ökobilanz ist hilfreich, aber nicht erforderlich.“

[16] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit: *Umweltinformationen für Produkte und Dienstleistungen*, 09.2019, S.22.

- Grundsatz 6: „Umweltkennzeichnungen dürfen kein Hemmnis für Innovationen mit gleicher oder besserer Umweltleistung sein.“

- Grundsatz 7: „Verwaltungsaufwand und Informationsanforderungen bezüglich Umweltaussagen über Produkte müssen auf das erforderliche Maß beschränkt werden.“

- Grundsatz 8: „Das Verfahren zur Entwicklung von Umweltkennzeichnungen muss offene Beratungen mit den interessierten Kreisen einschließen.“

- Grundsatz 9: „Informationen, die für Umweltaussagen über ein Produkt relevant sind, müssen dem (potenziellen) Käufer eines Produkts zugänglich sein.“[17] [18]

Umweltkennzeichen werden durch die International Organisation for Standardisation (ISO) in drei Hauptkategorien definiert: Typ I-, Typ II- und Typ III-Umweltzeichen.

Mit dem Typ I-Umweltzeichen „werden Produkte ausgewiesen, die innerhalb einer bestimmten Produktgruppe unter Umweltgesichtspunkten vorzuziehen sind.“ Das Typ I-Umweltzeichen wird durch die Norm DIN EN ISO 14024 definiert. Es ist das internationale höchste Niveau für Umweltzeichen und wird unabhängig durch dritte Instanzen vergeben und geprüft. Wichtig ist, dass der gesamte Lebensweg eines Produktes mit einbezogen wird. Ziel ist es, „die Umweltauswirkungen zu verringern und nicht nur zwischen den Medien oder über Abschnitte des Produktlebensweges zu verschieben“.[19] Es wird also der Lebensweg von der Herstellung über die Nutzung bis zu der Entsorgung betrachtet und für jede Phase werden das Treibhauspotenzial, die Wassernutzung und die Eutrophierung, die das Produkt verursacht, mitberechnet.

Ein bekanntes Typ I-Umweltzeichen ist zum Beispiel der Blaue Engel in Deutschland, in dem unter anderem Green-IT und Elektrogeräte aufgeführt werden wie Computer, Drucker, Multifunktionsgeräte, Mobiltelefone, Server und Softwareprodukte.[20]

---

[17] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit: *Umweltinformationen für Produkte und Dienstleistungen*, 09.2019, S.16f.
[18] DIN EN ISO 14020: 2001, *Umweltkennzeichnungen und -deklarationen*, 02.2002, S.4.
[19] DIN EN ISO 14024, *Umweltkennzeichnungen und -deklarationen – Umweltkennzeichnung Typ I – Grundsätze und Verfahren*, 06.2018, S.13.
[20] Blauer Engel online, *Blauer Engel Produkte und Dienstleistungen*, abgerufen am 20.06.22.

Das Europäische Umweltzeichen EU-Ecolabel, das 1992 erschaffen wurde, ist ebenfalls ein Typ I-Umweltzeichen, in dem unter anderem energieeffiziente Geräte, Fernseher und Monitore, ausgezeichnet wurden.[21]

Typ II-Umweltkennzeichnungen werden in der Norm DIN EN ISO 14021 definiert und sind repräsentativ für eine Form von Umweltdeklarationen, die zwar im Grundsatz auch für komplexe Informationen stehen können, sich aber im Gegenteil zum Typ I-Umweltzeichen auch nur auf einem einzigen Umweltaspekt fokussieren können. Sie sind an den Verbraucher gerichtet. Ein weiterer großer Unterschied besteht darin, dass sie als freiwillige Selbsterklärung in alleiniger Verantwortung des Erstellers liegen. Es gelten die in DIN EN ISO 14020 definierten Grundregeln. Die Begründung einer Umweltaussage kann auf freiwilliger Grundlage veröffentlicht werden. Wird sie nicht veröffentlicht, muss diese Information unter Berücksichtigung des Geschäftsgeheimnisses jeder Person bekannt gegeben werden.[22] „Ziel der Typ III-Umweltzeichen nach DIN EN ISO 14025 ist die neutrale Bereitstellung und Kommunikation von Umweltinformationen.“[23] Der wesentliche Unterschied zu den vorher genannten Zeichen ist, dass keine Bewertung von bestimmen Produkteigenschaften stattfindet und kein Zertifikat vergeben wird. Es wird über ermittelte Daten, wie der Energiebedarf, das Treibhauspotenzial und enthaltene Inhaltsstoffe, eine Ökobilanz eines Produkts gemacht. Diese muss dann vor der Veröffentlichung unabhängig geprüft werden.

Typ	Typ I-Umweltzeichen	Typ II-Umweltzeichen	Typ III-Umweltzeichen
Zielgruppe	Verbraucher	Verbraucher	Wirtschaftsakteure
Produktbewertung	Produktbewertung	Produktbewertung	Transparenz
Unabhängige Prüfung	ja	nein	ja
Inhalt	Prüfung auf zuvor vom Zeichengeber festgelegte Kriterien	aus Sicht des Anbieters relevante	umweltbezogene Informationen
Beispiele	Blauer Engel	Drei-Pfeile-Symbol	Umwelt-Produktdeklarationen

Abbildung 3 - Übersichtstabelle der verschiedenen Umweltzeichen
Daten der Tabelle aus ibu-epd online: *Umweltzeichen*, abgerufen am 20.06.22

[21] European Commission online, *Environment, Product Groups and criteria,* abgerufen am 20.06.22.
[22] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit: *Umweltinformationen für Produkte und Dienstleistungen*, 09.2019, S.32f.
[23] Institut Bauen und Umwelt e.V. online, *Umweltzeichen*, abgerufen am 20.06.22.

3.2.2 Gesetzlich verpflichtende Produktkennzeichen

Gesetzlich verpflichtende Produktkennzeichen sind wichtig, um neue Standards bei der Herstellung von Produkten zu setzen. Während Umweltkennzeichen von den Herstellern nicht berücksichtig werden müssen, sind sie verpflichtet die Anforderungen für die Produktkennzeichnungen zu erfüllen, um ihre Produkte in den betroffenen Gebieten verkaufen zu dürfen.

3.2.2.1 CE-Kennzeichnung

„Produkte, auf die aufgrund ihrer Art oder Beschaffenheit eine oder mehrere Europäische-Union (EU)-Richtlinien oder EU-Verordnungen Anwendung finden, müssen mit der Europäische-Konformität (CE)- Kennzeichnung versehen sein, bevor sie erstmals in der EU und die EFTA (Europäische Freihandelsassoziation) ohne Schweiz in Verkehr gebracht oder in Betrieb genommen werden.“ [24]

Die CE-Kennzeichnung beweist, dass alle Harmonierechtsvorschriften der Europäischen Union eingehalten werden. Für diverse Produktgruppen sind spezifische Anforderungen vorgeschrieben, unter anderem für Drucker und Funkanlagen.[25]

Die CE-Kennzeichnung beinhaltet Mindestanforderungen für Produkte, deren Energieverbrauch als relevant eingestuft wird, und kann die Bereitstellung umweltrelevanter Daten beinhalten.

3.2.2.2 Kennzeichnung des Energieverbrauchs

In der Europäischen Union wird das EU-Energielabel bestimmten Produktgruppen zugeordnet. Es betrifft sämtliche Haushaltsgeräte, darunter auch Fernseher und Bildschirme. Die Produzenten der betroffenen Produktgruppen sind gesetzlich dazu verpflichtet, es für einzelne Produkte auszuweisen, wenn sie diese in der Europäischen Union zum Verkauf anbieten wollen. Das EU-Energielabel zeigt unter anderem die Energieeffizienz eines Produktes an, sowie andere technische Daten, wie den Jahresverbrauch.[26]

---

[24] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit: *Umweltinformationen für Produkte und Dienstleistungen*, 09.2019, S.20.
[25] Lexparency online: *Anhang II – Liste der Harmonisierungsrechtsvorschriften der Union*, abgerufen am 20.06.22.
[26] Umweltbundesamt online: *EU-Energielabel*, abgerufen am 20.06.22.

3.3 Relevante Richtlinien für medientechnische Einrichtungen

3.3.1 Richtlinie 2014/30/EU: Elektromagnetische Verträglichkeit von Elektro- und Elektronikprodukten (EMW)

Die EMW-Richtlinie ist eine CE-Richtlinie des Europäischen Parlaments. Sie ist eine der Harmonierechtsvorschriften, die eingehalten werden müssen, wenn Produzenten betroffene Produktgruppen im europäischen Markt verkaufen wollen.

Die EMW-Richtlinie regelt die elektromagnetische Verträglichkeit für eine große Anzahl an elektrischen Geräten.[27] Elektromagnetische Verträglichkeit wird durch die Richtlinie beschrieben, als die Fähigkeit eines Betriebsmittels in einer elektromagnetischen Umgebung zu arbeiten, ohne dabei unannehmbare elektromagnetische Störungen für andere in derselben Umgebung zu verursachen. Als elektromagnetische Störung wird jede elektromagnetische Erscheinung, die die Funktion eines Betriebsmittels beeinträchtigen könnte, definiert, wie „elektromagnetisches Rauschen, ein unerwünschtes Signal oder eine Veränderung des Ausbreitungsmediums selbst“[28].

Elektromagnetische Störungen sind insbesondere bei günstig produzierten Waren, wie LED-Modulen, vorzufinden.

3.3.2 Richtlinie 2011/65/EU zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (RoHS)

Die RoHS ist ebenfalls eine Harmonisierungsvorschrift des Europäischen Parlaments, deren Einhaltung durch CE-Kennzeichnung auf den betroffenen Produkten markiert wird. Das Ziel der RoHS ist es die Verwendung von gefährlichen Stoffen, wie Blei, sechswertiges Chrom, Cadmium und Quecksilber, in betroffenen Produktgruppen zu beschränken. Dadurch sollen die menschliche Gesundheit sowie die Umwelt geschützt und die umweltgerechte Verwertung und Beseitigung der Geräte gewährleistet werden. [29]

---

[27] CE-Richtlinien Online: *EMW-Richtlinie*, abgerufen am 21.06.22.
[28] *Richtlinie 2014/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates*, 02.2014, S.6.
[29] *Richtlinie 2011/65/EU des Europäischen Parlaments und des Rates*, 08.06.2011, S.4

3.3.3 Verordnung 1907/2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH)

Die REACH-Verordnung wurde 2006 durch das Europäische Parlament und durch den Rat veröffentlicht und ist seit 2007 in Kraft. Die Verordnung soll den freien Verkehr von Chemikalien auf dem europäischen Binnenmarkt ermöglich und die Wettbewerbsfähigkeit sowie Innovation fördern und dabei den Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt sicherstellen.[30]

REACH verpflichtet Hersteller, Importeure und Anwender dazu, Verantwortung für ihre Chemikalien zu übernehmen und sicher zu stellen, dass Chemikalien, die hergestellt und in Verkehr gebracht werden ungefährlich sind.[31]

3.3.4 Richtlinie 2012/19/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über Elektro- und Elektronik Altgeräte (WEEE2)

Die WEEE2 Richtlinie ist die 2018 überarbeitete Version der WEEE Richtlinie, die 2012 veröffentlicht wurde. Die WEEE regelt den Vertrieb, die Rücknahme und die fachgerechte Entsorgung von Elektro- und Elektronikfachgeräten innerhalb der Europäischen Union[32]. Seit der Änderung zu WEEE2, durch die der Zuständigkeitsbereich der Verordnung erweitert wurde, sind so gut wie alle Medientechnischen Geräte von dieser Verordnung betroffen.

Durch die Verordnung wird die Rückgabe der Altgeräte für den Endverbraucher kostenlos. Hersteller und Betreiber der Elektro- und Elektronikgeräte müssen die Kosten für die Finanzierung von Sammel- und Verwertungssystemen übernehmen. Zudem gibt es im jeweiligen Land eine Registrierungspflicht für alle in den Verkehr gebrachten Elektrogeräte und die Menge der Produkte, die auf den Markt gebracht werden, muss in einer jährlichen Berichtserstattung dokumentiert werden.

---

[30] *Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates*, 12.2006, S.2
[31] Umweltbundesamt online: *Chemikalien/ REACH*, abgerufen am 21.06.22
[32] European Commission online, *Waste from Electrical and Electronic Equipment*, abgerufen am 21.06.22

Es wurde gezeigt, dass es Messwerte und Bewertungskriterien für die Nachhaltigkeit gibt. Zudem wurden Richtlinien veröffentlich, die im Bereich der Medientechnik Nachhaltigkeit fördern können. Nach einer Analyse der, auf den Websites öffentlich gemachten, Nachhaltigkeitsarbeit der großen Medientechnikhersteller wurde allerdings festgestellt, dass das Einhalten der Richtlinien zu Marketingzwecken genutzt wird. Herstellern wird es so ermöglicht, sich als nachhaltig-produzierende unternehmen zu präsentieren. In dieser Hinsicht ist es wichtig sich kritisch mit den Aussagen der Hersteller auseinanderzusetzen. Im nächsten Kapitel wird geklärt welche Faktoren betrachtet werden müssen, um eine Bilanz über das Nachhaltigkeitspotenzial medientechnischer Einrichtungen machen zu können.

4 Analyse der Einflussfaktoren auf die Nachhaltigkeit von medientechnischen Einrichtungen in Theater- und Veranstaltungsstätten (Life Cycle Assessment von medientechnischen Einrichtungen)

Um die verschiedenen Faktoren, die Einfluss auf die Nachhaltigkeit von medientechnischen Einrichtungen haben, zu ermitteln, ist es wichtig, deren gesamten Lebenszyklus zu betrachten. Auf Deutsch wird von der Ökobilanz gesprochen, die einer Endbalance aus allem Input und Output während des Lebenszyklus eines Produktes gleichkommt. In der Praxis ist die wahrheitsgetreue Umsetzung einer solchen Balance jedoch nur sehr schwer realisierbar, insbesondere für eine wahrheitsgetreue Energiebilanz. Der englische Begriff Life Cycle Assessment (LCA), was übersetzt die Einschätzung des Lebenszyklus bedeutet, steht für eine Methode, die in den 1980er Jahren an Bedeutung gewonnen hat und bei der jeder Schritt im Lebenszyklus eines Geräts einzeln bewertet wird. Das LCA stipuliert, dass die einzelnen Etappen des Lebenszyklus‘ eines Produktes betrachtet werden müssen, um deren Einfluss auf die Nachhaltigkeit zu analysieren.[33] In den folgenden Absätzen werden die verschiedenen Schritte des Lebenszyklus und deren Einfluss auf die Nachhaltigkeit von medientechnischen Geräten erläutert.

Die verschiedenen Faktoren, die dabei Einfluss auf die Nachhaltigkeit nehmen, wurden anhand eigener Recherchearbeit, eigenem Wissen sowie mit geführten Gesprächen zu dem Thema mit professionellen Akteuren der Veranstaltungsbranche ausgearbeitet. Es wurden spezialisierte Akteure aus der Medientechnikbranche, sowie freiberufliche Veranstaltungstechniker und Chief Sustainability Officer aus Beratungsunternehmen für nachhaltige Veranstaltungen befragt.[34] Die Ergebnisse wurden zusammengetragen und in die verschiedenen Schritte des LCA integriert. Es muss erwähnt werden, dass in den einzelnen Schritten nicht jeder einzelne Einflussfaktor genannt werden kann, da die Anzahl und Variabilität dieser Faktoren zu groß sind und den wissenschaftlichen Umfang dieser Arbeit überschreiten würden. Es wurden die relevantesten Faktoren mit vereinzelten Beispielen zusammengetragen.

[33] Prof. Dr. Klöpffer, Walter: *Life Cycle Assessment, From the beginning to the current state*, 1997, S1.
[34] Die Interviews mit CUT GmbH und NIYU GmbH sind als Transskript im Anhang dieser Arbeit zu finden

4.1 Der Entwurf

Der erste Schritt in einem LCA eines medientechnischen Gerätes ist der Entwurf.[35] Der Entwurf wird die späteren Schritte maßgeblich beeinflussen. In der Konzeption werden die eingesetzten Technologien, die benötigten Bauteile und deren Positionieren festgelegt. Das Fertigungsverfahren wird dementsprechend gewählt, wie die Auswahl der Werkteile, wodurch die Herstellung der medientechnischen Einrichtung mitbestimmt wird.

Die Größe, das Gewicht und die Robustheit des Gerätes bestimmen die Art und die Größe der Produktverpackung sowie die aufzuwendende Energie für den Transport.

Im Entwurf wird zudem der Energieverbrauch des Gerätes bestimmt. Wird es so konzipiert, dass es viel Wärme produziert, muss es im Betrieb gegebenenfalls gekühlt werden, um einen Ausfall des Gerätes zu vermeiden. Der Stromverbrauch der Einrichtung, wenn sie in Betrieb ist, wird ebenfalls in diesem Schritt festlegt. Technologien, wie zum Beispiel Standby Phasen oder kabellose Signalübertragung können in das Konzept integriert werden um im Betrieb Strom und Material zu sparen.

Das Design und die Verbraucherfreundlichkeit der Benutzeroberfläche ist mitbestimmend für die Produktauswahl und für den Betrieb der Einrichtung. Durch die zunehmende Digitalisierung von Veranstaltungen, in der auch Laien mit der Technik umgehen müssen, ist die Verbraucherfreundlichkeit ein maßgeblicher Faktor dafür, dass Medientechnik überhaupt erst verwendet wird.[36]

Die Qualität und somit die Lebensdauer eines medientechnischen Produkts ist direkt abhängig von dessen Entwurf. Wenn das Produkt mit Teilen, die schneller verschleißen, gebaut ist oder wenn Bauteile falsch positioniert werden, können Defekte schneller auftreten und das Produkt muss repariert oder ersetzt und recycelt werden. Die für einen Defekt empfindlicheren Teile des Gerätes können im Konzept so platziert und zugänglich gemacht werden, dass eine Reparatur oder einer Wartung erleichtert oder gar erst möglich gemacht wird.

---

[35] Baumgarten, Niklas: *Zertifizieren nachhaltiger Planung*, veröffentlicht in Professional System Magazin, 12.2021, S.74.
[36] vst-pro online: *Nachhaltigkeit: Wie moderne Medientechnik einen Beitrag zum Klimaschutz leistet*, abgerufen am 14.06.2022.

Die Auswahl der Werkstoffe im Konzept bestimmt zudem direkt, ob die Einrichtung effizient recycelt werden kann, sodass deren Ausgangsmaterialien so viel wie möglich zu Sekundärrohstoffen gemacht und wiederverwertet werden können.

Um diese genannten Einflussfaktoren so gut wie möglich mit einzubringen, ist es wichtig, dass die betroffenen Ingenieure und Designer auch die Folgen für die Nachhaltigkeit und den LCA ihres Entwurfs mit in Betracht ziehen. Sie können darin geschult werden, den LCA mit einzubeziehen oder durch einen Nachhaltigkeitsmanager begleitet werden, um das Ziel, die negativen Einflussfaktoren zu reduzieren, erreichen zu können. Wenn dies als Prämisse gilt, kann es von Anfang in den iterativen Prozess des Entwerfens mit eingebunden werden.

4.2 Material/Rohstoffe und die Herstellung

Nach dem Design folgt die Förderung von Rohstoffen und die Herstellung des Gerätes. Dieser Schritt beinhaltet alle verwendeten Rohstoffe und Materialien, die zu der Herstellung der medientechnischen Einrichtung notwendig sind, sowie die Ressourcen, die aufgewendet werden müssen, um diese aufzutreiben. Die Ressourcen, die zu der Herstellung des Gerätes verwendet werden müssen, werden ebenfalls mit einkalkuliert.

Die Förderung von Rohstoffen kann drastische Auswirkungen auf die Umwelt und auf die Menschliche Gesundheit haben. Um den Abbau von Edelmetallen zu ermöglichen, wie Kupfer, das in Kabeln und Platinen verbaut wird, werden Waldflächen gerodet und Erdoberfläche wird entfernt, um Minen zu graben. Die Maschinen, die dazu verwendet werden, emittieren Treibhausgase, und um den Arbeitern Zugang zu den Minen zu gewähren, müssen Transportinfrastrukturen gebaut werden.[37] Die Gesundheit der Menschen, die Rohstoffe abbauen, wird oftmals gefährdet, durch die Einsturzgefahr der Minen oder durch die Natur der Rohstoffe

Abbildung 4 - Chucicamata - Größte Kupfermine der Welt in Chile Wikipedia online: *Minachuquicamata*, abgerufen am 22.06.22

[37] WWF online: *Mining: Die Folgen des weltweiten Rohstoffabbaus*, 05.2019, abgerufen am 22.06.22.

selbst, wie das Beispiel des Kobaltabbaus in der Demokratischen Republik Kongo beweist.[38] Der Rohstoffabbau aus dem Bergbausektor lässt zudem nachweislich in betroffenen Ländern Grundwasserspiegel sinken, Flüsse austrocknen und verursacht Wasserknappheit in Regionen. Die Alternativen zu Kupfer, das als elektrischer Leiterstoff in Medientechnischen Geräten verwendet wird, sind sehr begrenzt.

Für die Gehäuse medientechnischer Einrichtungen könnten in Zukunft jedoch erneuerbarer Kohlenstoff eine echte recyclebare Alternative darstellen. Der Umstieg von fossilen auf erneuerbare Kohlenstoffe ist für die Chemie- und Kunststoffindustrie ein Meilenstein, den es in Zukunft zu erreichen gilt und mit dem ein Anstieg der Treibhausgase vermieden werden kann.[39]

Der Transport der Rohstoffe nach der Förderung zu den Produktionsstätten bildet einen weiteren Energiefaktor, der in diesen Schritt der LCA mit einbezogen werden muss.

Zudem werden die Ressourcen, die während des Fertigungsprozesses des Produkts aufgebracht werden, wie Strom und Wasser ebenfalls mit aufgeführt.

4.3 Die Produktauswahl und das Planungsmanagement

Das Planungsmanagement und die Produktauswahl stellen den nächsten Schritt in der LCA dar. Nachhaltiges Planungsmanagement beinhaltet die Dimensionierung, also die Menge der gebrauchten Technik und des Personals, für eine Veranstaltung und die Auswahl der Produkte nach Design und Produktionskriterien sowie den Transport der Technik und des Personals. Im besten Fall ist ein interner Nachhaltigkeitsmanager in die Planung mit einbezogen. Das Nachhaltigkeitsmanagement wird jedoch auch durch spezialisierte externe Firmen als Dienst angeboten.

Die Dimensionierung des Betriebskonzepts ist gemeinsam mit Produktauswahl die wichtigste Aufgabe eines Nachhaltigkeitsmanagers in der Planung einer Veranstaltung. Sie besteht darin, den Einsatz von technischen Einrichtungen soweit zu

[38] Spiegel online: *Hier sterben Menschen für unsere Akkus*, 10.2019, abgerufen am 22.06.22.
[39] Renewable-carbon.eu online: *Erneuerbarer Kohlenstoff ist der Schlüssel zur Zukunft einer nachhaltigen Chemie*, 06.2018, abgerufen am 22.06.22.

reduzieren wie möglich und dennoch das nötige Material aufzubringen, um den gewünschten Betrieb während der Veranstaltung störungsfrei gewährleisten zu können. Durch die richtige Vordimensionierung des Betriebskonzeptes können der Stromverbrauch, sowie die für den Transport von Geräten verwendete Energie reduziert werden (siehe Abbildung 5). Es kann allerdings auch zu Zielkonflikten mit dem Kunden und dem Veranstalter kommen. Konflikte können beispielsweise aus dem Wunsch nach mehr Flexibilität während der Veranstaltung entstehen, die durch den Gebrauch von Reservematerial zustande kommt, welches zu einer Überdimensionierung führt. Die Aufgabe des Nachhaltigkeitsmanagers ist es ebenfalls die Kunden, Veranstalter und Projektleiter so zu beraten, dass diese die Einflussfaktoren auf die Nachhaltigkeit für Ihr Betriebskonzept gut einschätzen können.

In Theater- und Veranstaltungsräumen mit fester Technik kann es jedoch nachhaltig sein überzudimensionieren. Auch wenn ein Tonmischpult zu groß für eine Veranstaltung ist, und dementsprechend mehr verbraucht, als es müsste, kann es für die nächste Veranstaltung genau das richtige sein. Dementsprechend müsste ein neues Tonmischpult gekauft oder angemietet werden, wenn für die erste Veranstaltung das kleinere Modell besorgt wurde. Ein anschauliches Beispiel für die Zukunftsfähigkeit von Überdimensionierung ist die Verlegung von sogenannten Dark Fiber Anschlüssen in Gebäuden. Dabei werden, wenn Glasfaseranschlüsse verlegt werden, mehr Anschlüsse und Kabel verlegt als in der Gegenwart benötigt, weil davon ausgegangen wird, dass der Bedarf in der Zukunft steigen wird. Die Kosten von Glasfaser an sich sind als gering einzuschätzen, die Neuverlegung von Glasfaseranschlüssen im Nachhinein der Gebäudeplanung ist jedoch komplex und aufwändig. Durch die einmalige Verlegung von überschüssigen, Dark Fiber, Kabeln können mehrere Verlegungsprozesse vermieden werden

NACHHALTIGE PLANUNG

NIYU

Case Study

NIYU .sustainability

Test-Projekt - Variation 1

Gewerk	Gerät			Energie					
	Art	Beispiel	Anzahl	Leistung max	Gleichzeitigkeit	Leistung real	Dauer	Stromverbrauch	Stromverbrauch gesamt
Licht	Konventionell bis 500W	ARRI 300W	1	500 W	0,8	0,40 kW	1,0 h	0,40 kWh	6,68 kWh
	Konventionell bis 1kW	ARRI 1 kw	1	800 W	0,8	0,64 kW	1,0 h	0,64 kWh	
	Konventionell bis 2 kW	ARRI 2kW	1	1500 W	0,8	1,20 kW	1,0 h	1,20 kWh	
	Profiler	ETC S4	1	750 W	0,8	0,60 kW	1,0 h	0,60 kWh	
	LED klein	Astera AX5	1	50 W	0,8	0,04 kW	1,0 h	0,04 kWh	
	LED mittel	Astera AX10	1	150 W	0,8	0,12 kW	1,0 h	0,12 kWh	
	LED groß	SGM Q7	1	500 W	0,8	0,40 kW	1,0 h	0,40 kWh	
	LED Bar	GLP X4 20xLED	1	400 W	0,8	0,32 kW	1,0 h	0,32 kWh	
	MovingHead klein	ROBE LEDBeam 300	1	500 W	0,8	0,40 kW	1,0 h	0,40 kWh	
	MovingHead mittel	Ayrton BORA	1	1200 W	0,8	0,96 kW	1,0 h	0,96 kWh	
	MovingHead groß	Robe BMFL	1	2000 W	0,8	1,60 kW	1,0 h	1,60 kWh	
Rigging	Motor		1						
	Truss 4 Pkt lfm		1						
	Truss corner 4 Pkt		1						
	Truss 3 Pkt		1						
	Truss corner 3 Pkt		1						
	Stativ	LTH pro.fessional	1						
Video	Projektor bis 5 kAL	Panasonic PT-RZ570E	1	500	1	0,50 kW	1,0 h	0,50 kWh	5,78 kWh
	Projektor bis 20 kAL	Panasonic PT-RZ21K	1	1500	1	1,50 kW	1,0 h	1,50 kWh	
	Projektor über 20 kAL	Panasonic PT-RZ31K	1	3000	1	3,00 kW	1,0 h	3,00 kWh	
	LED Modul 500 x 500 mm	ROE CB3	1	540	0,5	0,27 kW	1,0 h	0,27 kWh	
	Display bis 64"	NEC	1	165	1	0,17 kW	1,0 h	0,17 kWh	
	Display bis 98"	NEC	1	348	1	0,35 kW	1,0 h	0,35 kWh	
	Designstativ	Audipack	1						
Audio	LS klein	d&b e6	1	400	0,6	0,24 kW	1,0 h	0,24 kWh	2,22 kWh
	LS mittel	d&b e12	1	700	0,6	0,42 kW	1,0 h	0,42 kWh	
	LS groß	d&b V10p	1	1000	0,6	0,60 kW	1,0 h	0,60 kWh	
	LS Subwoofer	d&b v sub	1	1600	0,6	0,96 kW	1,0 h	0,96 kWh	
Crew	Anzahl Personen		1						
	Anzahl Nächte		1						
	Anzahl Essen		2						

Sector	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Strom	1,45 t CO2eq	1,10 t CO2eq	0,60 t CO2eq
Transport	7,89 t CO2eq	10,00 t CO2eq	6,00 t CO2eq
Crew - Übernachtung	0,90 t CO2eq	0,45 t CO2eq	1,25 t CO2eq
Streaming	0,02 t CO2eq	0,01 t CO2eq	0,00 t CO2eq
Planning by NIYU	1,12 t CO2eq	1,50 t CO2eq	2,50 t CO2eq
Inaccuracy factor +30%	14,79 t CO2eq	16,98 t CO2eq	13,46 t CO2eq
OVERALL	**26,17 t CO2eq**	**30,04 t CO2eq**	**23,81 t CO2eq**

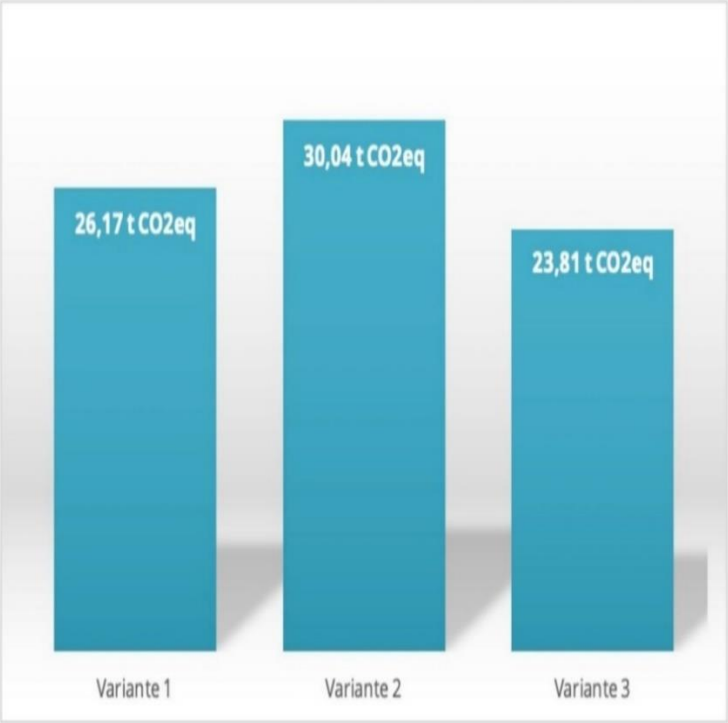

Abbildung 5 – Dimensionierungskonzept mit 3 Stromverbrauchsvarianten von NIYU GmbH
Krapf, Jonas: *Nachhaltige Planung*, zur Verfügung gestellt am 23.06.22

In die Produktauswahl fließen Kriterien, wie die Produkt- und Umweltkennzeichen und die Lebensdauer des hergestellten Produkts, sowie dessen Energieverbrauch ein. Durch die Norm DIN EN ISO 14000-Reihe, gekennzeichnete Produkte sind jedoch heutzutage nicht zwangsläufig ein Nachweis für eine nachhaltige Medientechnik, da diese Kennzeichen sich ebenfalls durch Konzepte für Strukturen von zukünftig nachhaltigem Management erkaufen lassen können und sehr gängig unter den Herstellern von Medientechnik sind. Typ-I-Umweltkennzeichen sind nur sehr schwierig zu erlangen und aus diesem Grund sind wenige medientechnische Einrichtungen mit solchen Kennzeichen markiert. Es können vom Nachhaltigkeitsmanager Ausschreibungen über Nachhaltigkeitskonzepte von Herstellern gemacht werden, um Einblicke über den Herstellungsprozess zu erlangen. Es kann auch direkt bei den Herstellern nach deren einzelnen Nachhaltigkeitsprozessen während der Produktion gefragt werden. Bei vorhandenem Umweltkennzeichen der Norm DIN EN ISO 14200-Reihe ist der Hersteller verpflichtet, Informationen, die in der Produktion umweltrelevant sind, unter Berücksichtigung des Betriebsgeheimnisses herauszugeben. Gerade beim Kauf technischer Geräte ist es sinnvoll vor einer Investition alle LCA-Schritte mit zu berücksichtigen.

In die Planung gehört ebenfalls die Überlegung, ob das Material neu gekauft oder gemietet werden sollte. In der Veranstaltungsbranche ist das Anmieten von Material ein sehr üblicher Vorgang, da Veranstaltungen zeitlich begrenzt sind und sehr unterschiedliche technische Anforderungen stellen. Es ist von daher nicht immer möglich, das eingesetzte Material genügend oft anzuwenden, um es abschreiben zu können. Das Anmieten, kann in dem Sinne eine gute nachhaltige Lösung darstellen. Allerdings ist es schwieriger, Geräte zu finden, die in das eigene Nachhaltigkeitskonzept reinpassen, da die Auswahl durch das Angebot beschränkt ist.

4.4 Die Logistik

Der vierte Schritt im Life Cycle Assessment einer medientechnischen Einrichtung ist die Logistik, also die Verpackung und der Transport. Die Verpackung bezeichnet die Materialien, in denen das Produkt nach der Herstellung aufbewahrt werden, um es vor Schaden zu bewahren. Das gewählte Verpackungsmaterial ist stark von der Robustheit und von der Größe des zu verpackenden Produkts abhängig. Die europäische

Regelung 94/62/EG wird in Deutschland durch das Verpackungsgesetz umgesetzt.[40] In dem Gesetz werden Hersteller und Importeure für die Finanzierung der Rücknahme und Verwertung der Verpackungsabfälle, für die sie zuständig sind, verantwortlich gemacht. Dabei geht es vorrangig um Produkte, die business to business, von einem Unternehmen an andere Unternehmen verkauft werden.[41] Die Unternehmen sind dazu verpflichtet, Mindestanteile der Verpackungen zur Wiederverwendung, dem Recycling, zuzuführen. Diese Anteile wurden im Januar 2022 zum zweiten Mal nach 2019 erhöht. Von Glas, Aluminium und Pappe müssen 90% wiederverwendet oder recycelt werden, bei Kunststoffen sind es 63%.[42] Die verwendete Energie und die Rohstoffe für die Herstellung sowie die Energie für Entsorgung und das Recyceln der Verpackung sind nachhaltigkeitsbeeinflussende Faktoren, die in das LCA eines Medientechnischen Geräts zu einbezogen werden müssen. Vermietetes Material wird in der Veranstaltungsbranche üblicherweise in Cases, also Gehäuseschachteln mit Holzwänden, gestärkt durch Aluminiumprofile, geliefert. Diese sind sehr robust und können über mehrere Jahre regelmäßig verwendet werden, ohne dass sie brechen. Allerdings ist deren Gewicht im Vergleich zu anderen Verpackungen erheblich höher und deren Transport verbraucht somit mehr Energie.

In der Logistik wird auch der Transport der Medientechnik mitgerechnet. Der Transport ist der Weg, den die Technik vom Hersteller zu den Verkaufsorten und der Weg von den Lagern an die jeweiligen Theater- und Veranstaltungsräume bewerkstelligen muss. Er wird per Schiff, per Zug, per Lastkraftwagen oder per Personenkraftwagen durchgeführt. Hierbei zählen die emittierten Treibhausgase, auf dem Weg vom Herstellungsort der Technik zu den Verkaufsstellen, aber auch die Treibhausgase, die für die Transporte zu jeder Veranstaltung emittiert werden. Durch gute Vordimensionierung der Veranstaltung können das Gewicht und die ausgestoßene Energie zum Transport reduziert werden (siehe Abbildung 5). Nachhaltigkeitspotenzial besteht im Kauf von Geräten, die nah bei der Verkaufsstelle hergestellt wurden, da der Transportweg so kürzer ist und weniger Treibhausgase ausgestoßen werden. Für Veranstaltungen, die im internationalen Bereich stattfinden ist es aus diesem Grund auch eine

[40] Verpackungsgesetz-info online, *Das Verpackungsgesetz im Überblick*, abgerufen am 23.06.22
[41] Verpackungsgesetz online, abgerufen am 23.06.22
[42] Verpacungsgesetz-info online, *Recycling-Quoten*, abgerufen am 23.06

interessante Option, Material vor Ort zu vermieten, anstatt das eigene Material zu transportieren.

4.5 Der Betrieb

Der Betrieb ist die Zeit, in der eine medientechnische Einrichtung im Betriebsmodus ist und in der sie für Proben oder für den laufenden Betrieb von Theater- und Veranstaltungsräumen aktiv verwendet wird. Für das LCA spielen elektronische Geräte dabei eine größere Rolle als nicht-elektronische, wie Printmedien, da sie über die Dauer, in der sie sich im Betriebsmodus befinden, aktiv Strom verbrauchen.

Nachhaltigkeitspotenzial besteht in der Möglichkeit, die Geräte, für die Zeiträume während Proben und Veranstaltungen, in denen sie nicht genutzt werden, auszuschalten oder in den Standby-Modus zu schalten. In der Veranstaltungsbranche ist der gegenteilige Ansatz: „Never change or switch off a running system“ (auf Deutsch: „Ändere kein funktionierendes System und schalte es nicht ab.“) unter den Technikern, die medientechnische Geräte nutzen, der Alltag. Der Grund dafür ist, dass für den gewollten Ablauf einer Veranstaltung die Ton-, Video-, Licht-, und die Informationstechnik genau parametrisiert und aufeinander abgestimmt werden. Diese Parameter, auch Presets genannt, werden durch Testen verschiedener Einstellungen und durch Proben, auch gemeinsam mit den Künstlern, ermittelt. Zwischen einer Probe und einer Veranstaltung gibt es oft nicht die Möglichkeit, diese Parameter wiederzufinden, falls sie verloren gehen. Der Verlust der Parameter bei Abschalten des Geräts ist bei älteren Generationen von medientechnischen Geräten weiter verbreitet als bei Geräten der neueren Generationen, wodurch im Laufe der Zeit der Ansatz, niemals Geräte auszuschalten und so konstant Strom zu verbrauchen, in der Branche gewachsen ist, auch wenn es heutzutage weniger risikoreich ist.

Dennoch werden heute noch die Geräte oftmals über Stunden und Tage im laufenden Betrieb gelassen, da Gefahren wie die automatische Installation von Softwareupdates bei Neustart der Systeme oder eben Parameterverlust durch Abschalten (wenn auch nur sehr mit sehr geringen Chancen) immer noch vorhanden sind. Zudem sind die Systeme durch Switches oder Repeater so miteinander vernetzt, dass es oft nicht möglich ist, eines der Geräte, das gerade nicht gebraucht wird, völlig abzuschalten ohne dabei auch andere Geräte, die gerade in Betrieb sind, mit abzuschalten.

Die Lösungsansätze für diese Problematik sind vielfältig und liegen zu großen Teilen in der Planung des Projekts sowie in der Vorbereitung auf die Veranstaltungen:

- Es können externe Applikationen und Programme zur Speicherung der Presets angewendet werden:

Falls die benutzten Geräte nicht die Möglichkeit besitzen Presets abzuspeichern können externe Applikationen, Programme und Kontrollgeräte für diesen Zweck benutzt werden. So können Passwörter, die für die Benutzung mancher Software gebraucht werden, Voreinstellungen von verschiedenen Softwares, sowie auf Geräte getätigte Voreinstellungen abgespeichert und bei Bedarf schnell abgerufen werden.

- Automatische Softwareupdates müssen für alle betroffenen Programme über die Dauer der Veranstaltung abgeschaltet werden.

- Der redundante Aufbau der Anlage:

Redundanz bedeutet in diesem Zusammenhang, dass bei Ausfall des Signals oder der Stromversorgung während des laufenden Betriebes eine sogenannte Redundant Engine (RE) eingreift und ein zweiter Schaltkreis mit denselben Parametern automatisch aktiviert wird. Für den Fall eines Stromausfalls werden dafür Unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlagen (USV-Anlagen) während Veranstaltungen genutzt.

- Es muss im Voraus geplant werden, welches medientechnische Gerät wann ausgeschaltet werden muss:

Durch die Strom- und Netzwerkplanung können die Geräte in den verschiedenen Bereichen eines Theater- und Veranstaltungsraumes beim Aufbau der Technik für die Veranstaltung so verkabelt werden, dass sie unabhängig von anderen Geräten, die gebraucht werden, abgeschaltet werden können. Ein Ausschaltplan gibt den Technikern vor Ort auch die nötige Sicherheit, die Geräte auszuschalten, da die Verantwortung für das Ausschalten auf die Person übertragen wird, die den Plan gestaltet hat.

- Das Personal muss ausreichend geschult sein:

Wenn das Personal mit den medientechnischen Geräten vertraut ist, ist es leichter im Fall eines Verlusts der Presets diese neu einstellen zu können. Zudem helfen Testphasen mit demselben technischen Aufbau, um an Sicherheit im Setup zu gewinnen.

Wenn einige von diesen Voraussetzungen erfüllt sind, können die medientechnischen Einrichtungen in Theater- und Veranstaltungsräumen mit Sicherheit in der Zeit, in der sie nicht benutzt werden, ausgeschaltet werden und es kann somit Strom gespart werden. Es ist allerdings nicht immer möglich, diese Voraussetzungen zu erfüllen, da die Maßnahmen kostspielig sein können und viel Zeit erfordern.

An den vorigen Punkt der Schulung des Personals kann weiter angeschlossen werden, um die Nachhaltigkeitspotentiale während des Betriebs zu erläutern. Denn nur Personal, das die Geräte versteht, kann sie auch im vollen Umfang richtig bedienen. Das betrifft den richtigen Umgang mit den Geräten während des Auf- und Abbaus und während des Betriebs. Durch den richtigen Umgang wird unnötiger Verschleiß vermieden und die Lebensdauer der Geräte kann erhöht werden. Es können plastische Schäden wie auch technische Defekte vermieden werden. Ein gutes Beispiel dafür ist die unnötige Wärmeentwicklung in einem Gerät bei Überlastung des Prozessors, die zu Defekten führen kann und auch dazu, dass Kühlsysteme eingesetzt werden müssen, die zusätzliche Energie verbrauchen.

4.6 Die Wartung und die Reparatur

Die nächste Etappe nach dem Betrieb von medientechnischen Einrichtungen ist deren Wartung. Die richtige Wartung eines Gerätes wird meistens in der mitgelieferten Gebrauchsanweisung erläutert. Diese sollte in der im Handbuch beschriebenen notwenigen Regelmäßigkeit durch geschultes Personal durchgeführt werden, um die Lebensdauer des Gerätes maximal zu erhöhen.

Ist das Gerät nicht mehr auf gewünschte Weise betriebsfähig, kann es eventuell repariert werden. Auch hier ist es wichtig, dass das technische Personal, das sich damit befasst, gut mit dem Gerät vertraut ist. Wenn das Design es ermöglicht, kann das Gerät geöffnet werden und betroffene defekte Teile können durch funktionstüchtige Teile ersetzt werden, sodass kein neues Gerät beschaffen werden muss. Alternativ bieten auch externe spezialisierte Firmen den Dienst an, defekte medientechnische Geräte zu reparieren und so deren Lebensdauer zu erhöhen.[43]

[43] Production Partner: *Lautsprecher und Elektronik reparieren: Alles muss irgendwann in den Service*, 10.2020, abgerufen am 24.06.22.

4.7 Die Entsorgung und das Recycling

Wenn die Reparatur der medientechnischen Einrichtung nicht mehr möglich ist, muss diese entsorgt und recycelt werden. Die dafür verwendeten Ressourcen und die entstehenden Kosten sind der letzte Schritt im LCA einer medientechnischen Einrichtung. In Kapitel 3.3.4 wurde bereits die WEEE2-Richtlinie erwähnt, dass die Hersteller dazu verpflichtet sind, Altgeräte anzunehmen und die Kosten für die Finanzierung von Sammel- und Verwertungssystemen zu tragen. Das kann über die Bereitstellung von Containern, die den Herstellern zur Verfügung gestellt werden, passieren. In diese können Altgeräte eingeworfen werden, die dann regelmäßig von Recyclingunternehmen abgeholt werden. Die Hersteller können die Altgeräte allerdings auch über andere Lieferwege zu den Recyclingunternehmen bringen. Das Kupfer aus Altgeräten, das für medientechnische Geräte und für Kabel unverzichtbar ist, kann bis zu 70% wiederverwertbar sein. Die Qualität von Kupfer (also dessen elektrisches Leitungspotenzial für technische Geräte) bleibt dabei gleich. Die Kupferproduktion in Europa stammt zu 50% aus dem Bergbau und zu 50% aus recycelten Quellen.[44]

Das Life Cycle Assessment einer medientechnischen Einrichtung ermöglicht es für jeden Schritt, den das Gerät durchläuft, vom Design bis zum Recyceln, eine eigene Ökobilanz zu ziehen. Diese einzelnen Auswertungen können dann zu einer Gesamtökobilanz addiert werden. Mit dieser Methode kann die Nachhaltigkeit von medientechnischen Einrichtungen wahrheitsgetreu und detailliert dargestellt werden.

[44] Kupferinstitut online, *Ressourcenschonung dank Recycling*, abgerufen am 23.06.22.

5 Analyse der Nachhaltigkeit medientechnischer Technologien und Einrichtungen in Theater- und Veranstaltungsräumen

In diesem Teil der Arbeit werden medientechnische Geräte und Technologien aus den Bereichen der Tontechnik, Videotechnik und Informationstechnik auf Nachhaltigkeitspotenziale analysiert. Die Bereiche der Ton- und Videotechnik werden von der Quelle, dem ersten Signaleingangsort, über die Bearbeitung der Signale bis hin zur Senke, dem Ort, an dem das Signal zuletzt ausgeteilt wird, analysiert werden. Die Informationstechnik wird in Bezug auf, durch sie ermöglichte, virtuelle Veranstaltungsformate untersucht. Ziel der Analyse ist es, die Nachhaltigkeitspotenziale von einzelnen Geräten und Technologien hervorzuheben, indem, die zuvor in dieser Arbeit beschriebenen, Mess- und Bewertungskriterien und die Nachhaltigkeitsfaktoren berücksichtigt werden.

5.1 Nachhaltigkeitspotenziale der Tontechnik

5.1.1 Tonquellen: Mikrofone

Um die Nachhaltigkeit der tontechnischen Einrichtungen zu analysieren, werden zunächst Mikrofone analysiert. Mikrofone sind ein wesentlicher Teil einer Vielzahl von Veranstaltungen. Sie verarbeiten Stimme, Gesang oder Instrumentenklänge zu elektrischen Signalen, die dann über Kabel oder Funk übertragen werden. Es wird dabei zwischen elektrodynamischen Mikrofonen und elektrostatischen Mikrofonen unterschieden.

5.1.1.1 Tauchspulen- und Kondensatormikrofone

Für die elektrodynamischen Mikrofone ist die Tauchspulen-Methode die bei weitem meist gebaute und meist eingesetzte Variante. Bei dieser Methode entsteht durch Induktion elektrische Spannung, indem eine Spule mit Kupferdraht innerhalb der Mikrofonmembran durch Luftdruck von Schallwellen in Bewegung gesetzt wird. Dynamische Mikrofone werden aufgrund ihrer Klangfarbe oft für die Aufnahme von Gesang oder für Live-Auftritte verwendet. Das hängt auch damit zusammen, dass sie sehr robust gegen

äußere mechanische Beanspruchungen, wie Stoßkontakte, sind.[45] Das hängt mit der unkomplizierten inneren Bauweise zusammen. Das bekannte Modell SM-58 der Firma Shure kann bei richtiger Bedienung mehrere Jahrzehnte funktionstüchtig sein. Tauchspulenmikrofone benötigen zudem keine äußere Spannungszufuhr.

Unterschiedliche Kondensatormikrofone bilden die Gruppe der elektrostatischen Mikrofone. Der Kondensator besteht aus einer Membran und einer Gegenelektrode. Durch Schallwellen wird die Membran bewegt und der Abstand zu der Gegenelektrode verringert und damit die „Kapazität des aus Membran und Gegenelektrode gebildeten Luftkondensators.“[46]Kondensatormikrofone benötigen in der Regel eine äußere Spannungszufuhr, die üblicherweise bei 48V liegt. Sie haben besonders in höheren Frequenzen höhere Detailgrade, weshalb sie für Aufnahmen von Instrumenten, aber auch für Gesang und Stimme verwendet werden. Sie sind sehr anfällig für äußere mechanische Beanspruchungen, weshalb sie weniger für Live-Auftritte geeignet sind als Tauchspulenmikrofone. Sie sind in der Regel zu deutlich teureren Preisen erhältlich.

Durch diese Gegebenheiten muss die Frage gestellt werden, ob es nicht nachhaltiger wäre, das Mikrofon zu wählen, das keine externe Stromspannungsversorgung braucht und dessen Lebensdauer durch seine Robustheit vermutlich deutlich höher wäre. In diese Frage fließt allerdings auch der Faktor der Qualität mit ein, die durch Nachhaltigkeit nicht bedroht werden sollte. Von daher wäre es nicht nachhaltig, immer Tauchspulenmikrofone zu verwenden, wenn die Qualität der Aufnahmen darunter leiden würden.

Nachdem Kondensator- und Tauchspulenmikrofone ein elektrisches Signal erstellt haben, wird es entweder über XLR-Kabel oder über Funk weitergeleitet.

5.1.1.2 Funkmikrofone

Funkmikrofone werden bei Veranstaltungen verwendet, bei denen die Akteure Bewegungsfreiheit benötigen, die durch Kabelgebundene Systeme nicht gewährleistet werden kann. Ein Mikrofonsystem besteht aus einem Sender, der bei ausreichender Gerätegröße in das Mikrofon integriert ist, und aus einem Empfänger. Wenn der Sender nicht in das Gerät integriert ist, wird er an das Mikrofon verkabelt und ist durch

[45] Friedrich, Hans Jörg: *Tontechnik für* Mediengestalter, 2008, S.96.
[46] Dr. Ing. Boré Gerhart et al : *Mikrophone für Studio- und Heimstudio- Anwedungen*, 1999, S. 32.

seine kleine Größe unauffällig. Das Funksignal wird entweder im 2,4-Gigahertz (GHz)-Bereich digital oder im 1,8-GHz-Bereich analog übertragen. Der Empfänger kann, je nach Ausführung, ein- oder mehrere Signale gleichzeitig empfangen und wird mithilfe von XLR-Kabeln an eine Inputstelle, wie ein Tonmischpult, angeschlossen um das empfangene Signal weiterzuleiten.[47]

Durch Funkmikrofone kann der Einsatz von Mikrofonkabeln reduziert werden. Diese bestehen aus Einzelleitungen (meistens aus Kupfer für elektrische Leiter), einer Ummantelung aus Isolierstoffen und Steckverbindern. Das meisteingesetzte Material für die Ummantelung ist Polyvinylchlorid (PVC). Für die Ummantelung wird allerdings auch Polyethylen (PE) oder Polyurethan (PUR) verwendet.[48]PVC gilt dabei als besonders umweltschädlich, da es mit giftigem Chlor hergestellt werden muss und für die Elastizität der Kabel Weichmacher zugesetzt werden, die nicht fest an den Kunststoff gebunden sind und deren Freisetzung möglich ist.[49]PVC ist zwar recycelbar, jedoch ist das Recyceln ein aufwendiger Prozess, da es, durch die Hitzebeständigkeit des Chlors, sehr stark erhitzt werden muss.

Funkmikrofone können von daher auf den ersten Blick nachhaltig wirken, da Kabelstrecken eingespart werden, dennoch sollten sie nur benutzt werden, wenn keine andere Wahl besteht. Aus Sicht des Veranstaltungsbetriebs liegt es daran, dass kabelgebundene Systeme weniger anfällig für Störungen sind, zum Beispiel, weil Störfrequenzen eintreten können. Der 2,4GHz-Bereich wird auch von WLAN-Routern verwendet, was zu Störungen in der Signalübertragung führen kann. Nachhaltigkeitsanalytisch sollte an Funkmikrofonen gespart werden, da die Sender der Funkmikrofone mit Batterien oder mit Akkus betrieben werden.

Der Akkubetrieb sollte dabei dem Batteriebetrieb vorgezogen werden. Für die Herstellung einer Batterie werden „40- bis 500-mal mehr Energie benötigt, als sie bei der Nutzung später zur Verfügung stellt.“[50]Akkus können hingegen wiederaufgeladen werden. Für Funkmikrofone werden Lithium-Ionen-Akkus, die bei richtiger Verwendung 200- bis 1000-mal wiederaufgeladen werden können, eingesetzt. Entsprechend viele Einweg-Batterien können so eingespart werden. Akkus können in den meisten Geräten

[47] Delamar online: *Funkmikrofon Ratgeber*, abgerufen am 25.06.22.
[48] Amazona online: *Special: Alles Wissenswerte rund um Musiker- und Audiokabel*, abgerufen am 25.06.22.
[49] Verbraucherzentrale online: *Gefahren für die Gesundheit durch Plastik*, abgerufen am 25.06.22.
[50] Umweltbundesamt online: *Batterien und Akkus richtig nutzen und entsorgen*, abgerufen am 25.06.22.

einzeln ausgetauscht werden. Der Akku reicht neu, je nach Typ, für 4 bis 12 Stunden Betrieb eines Funksenders aus. Zudem bieten Hersteller moderner Akkus für Funkmikrofone die Möglichkeit, über eine digitale Anzeige am Gerät die genaue Minutenanzahl anzuzeigen, in der der Betrieb noch möglich ist, bevor der Akku wieder geladen werden muss. Akkus und Batterien müssen jedoch gesondert entsorgt und recycelt werden. Es können werthaltige Metalle, wie Lithium und Kupfer, dabei zurückgewonnen und als Sekundärrohstoff verwendet werden. Gerade bei Einwegbatterien führt die Häufung von Altbatterien durch den hohen Verbrauch und die Nichtwiederlaufladbarkeit zu Umweltverschmutzung. Es können Gase und Flüssigkeiten aus den Batterien austreten, die der Umwelt und der Gesundheit schaden, und Kurzschlüsse durch Kontakt mit den Polen der Batterie können zu Bränden führen. Brennende lithiumhaltige Batterien können reizende, ätzende und giftige Dämpfe freisetzen.[51] Akkus sind davon auch betroffen, jedoch müssen Akkus nur einmal nach ihrer Laufzeit richtig entsorgt werden, während für dieselbe Zeit 200 bis 1000 Batterien entsorgt werden müssten.

5.1.2 Übertragung und Verarbeitung des Tonsignals

Funksignale und Audiokabel sind zwei Übertragungswege, die bereits erwähnt wurden. In diesem Abschnitt sollen weitere Übertragungswege sowie Geräte, welche die Signale verarbeiten, auf ihre möglichen Nachhaltigkeitspotenziale überprüft werden.

5.1.2.1 Audionetzwerke anhand des Beispiels von DANTE

Audionetzwerke sind Systeme, die es ermöglichen, digitale Audiosignale mit sehr niedrigen Latenzen über Netzwerkkabel zu Übertragen. Das geschieht über eine Mischung aus Hardware, Netzwerkprotokollen und Software. Das meistverbreitete Netzwerkprotokoll ist das von der Firma Audinante produzierte Digital Audio Network Through Ethernet (DANTE). Verschiedene Hersteller von Audiohardware wie Midas, Yamaha, Allen& Heath, Soundcraft oder Behringer haben in den letzten Jahren DANTE-Netzwerk-fähige Produkte entwickelt. Nachdem ein analoges Signal aus der Audioquelle von einem Umwandler zu einem digitalen Signal umgewandelt wird, wird ein CAT5-, CAT5e- oder CAT6-Kabel vom Umwandler abgehend mit einem DANTE-fähigen Switch verbunden. Von dort aus kann das Signal mit weiteren Geräten wie

[51] Umweltbundesamt online: *Lithium-Batterien und Lithium-Ionen-Akkus*, abgerufen am 25.06.22

Mischpulte, Vorverstärker, oder auch über DANTE-Soundkarten mit Laptops, für Audioaufnahmen per Digital Audio Workstation (DAW), verbunden werden. Durch den Switch sind alle Geräte im selben Ethernet Netzwerk, was dazu führt, dass bis zu 1024 Audiosignale hochauflösend und mit sehr niedriger Latenz (bestenfalls 0,15ms) bei einer maximalen Samplerate 192kHz an alle Geräte übertragen werden kann.[52] Durch diese Technologie können Audiosysteme über sehr große Distanzen miteinander verbunden werden. Es können auch komplexe Audiosysteme, beispielsweise in einem Stadion oder in verschiedenen Räumen einer Universität, miteinander verbunden werden. Das große Nachhaltigkeitspotenzial besteht in der Menge an Audiokabeln, die dadurch gespart werden kann. Anstatt wie bei Multicores (siehe Abbildung 6), bei denen für die Übertragung von analogen Signalen ein Kabel pro Signal zu einem Mischpult gezogen werden muss, was zu einer sehr großen Menge an Kabelstrecken führt, muss für Audionetzwerke nur noch ein Netzwerkkabel vom Adapter zum Switch gezogen werden. Dadurch können für den Transport des Materials sehr viel Platz und Gewicht gespart werden und dadurch wird weniger Energie verbraucht werden. Auch ein großer Teil des Ressourcenaufwands zur Herstellung und Entwertung der Kabel kann dadurch gekürzt werden. Verbundene Geräte können zudem durch Switches, die Power over Ethernet (PoE)-fähig sind, über Netzwerkkabel mit Strom versorgt werden, anstatt über Netzkabel. Die betroffenen Switches müssen allerdings ab 30 Watt Leistung mit Kühlern versorgt werden. Wie in Kapitel 4.5 beschrieben wurde, führt das jedoch dazu, dass es schwieriger sein kann, Anlagen, die zeitweise nicht in Betrieb sein müssen, auszuschalten. Switches können über eine Energy Efficient Ethernet (EEE)-Funktion verfügen, die die Datenrate, je nach Gebrauch, so anpasst, dass weniger Strom verbraucht wird. Audinante rät allerdings stark davon ab, diese Funktion zu nutzen und führt auf deren Website eine Liste von Switches, die vermieden werden sollten, da das EEE nicht abgeschaltet werden kann. Durch den Hersteller kann durch die Funktion keine ununterbrochen hohe Tonqualität gewährleistet werden. Auch wenn das bei Veranstaltungen, bei denen hohe

Abbildung 6 – Multicore mit 24 Eingängen Thomann online: *Prinzipieller Aufbau eines analogen Multicore*, abgerufen am 25.06

[52] Delamar online: *Audionetzwerke in der Musikproduktion*, abgerufen am 25.06.22

Tonqualität eine große Rolle spielt, wie bei Konzerten, gemieden werden sollte, hat die Funktion für andere Veranstaltungen dennoch viel Wert, gerade im Bezug auf Nachhaltigkeit. Während der Planungsphase muss bewusst evaluiert werden, ob die Qualität der Veranstaltung von der konstant hohen Tonqualität abhängig ist, und dann der passende Switch gewählt werden.

Für Veranstaltungen, die eine hohe Ausfallsicherheit brauchen, ist durch Audionetzwerke ebenfalls die Redundanz ermöglicht. Um einem Kabeldefekt vorzubeugen, muss eine zweite Netzwerkkabelstrecke gelegt werden. Bestimmte, auf DANTE ausgelegte Geräte, wie Switches oder Karten für Mischpulte, verfügen über zwei Eingänge für Netzwerkkabel. Wenn ein Kabel ausfällt, wird es vom Gerät erkannt und es findet ein unhörbarer Wechsel zur anderen Signalstrecke statt. Mit analogen Signalen und der Vielzahl an damit verbundenen Kabeln wäre das undenkbar, da zwei Strecken für jedes Kabel gelegt werden müssten. Anschließend müssten bei einem Ausfall alle betroffenen Kabel manuell umgesteckt werden. Audionetzwerke bieten also mehr Ausfallsicherheit für deutlich weniger Material. Es gibt weitere Audionetzwerkprotokolle, die ähnliche Vorteile bieten. DANTE von Audinante wurde jedoch als repräsentatives Protokoll gewählt, um den Rahmen dieser Arbeit nicht zu überschreiten.

5.1.2.2 Tonmischpulte

Mischpulte dienen dazu, alle Audiosignale in eine Tonmischung zu verarbeiten. Dieses Signal wird dann von Tonmischpult an die Tonsenken weitergeleitet. Bei Mischpulten wird zwischen analogen und digitalen Mischpulten unterschieden. Analoge Mischpulte verarbeiten analoge Signale in elektrischer Form. Jedes verschiedene Signal, das in die Tonmischung mit eingebracht werden soll, muss dann über ein eigenes Kabel in einen der Eingänge des Mischpults gesteckt werden. Jeder Eingang ist einem Kanal zugeordnet, an dem die Signale eingepegelt werden können. Digitale Mischpulte hingegen verarbeiten digitale Signale. Dabei kann ein Netzwerkkabel ausreichen (wie im vorigen Abschnitt beschrieben wurde) und anschließend müssen die Signale einzelnen Kanälen zugeschrieben werden. Zusätzlich können digitale Mischpulte mit internen Digitale Sound Prozessoren (DSP) ausgestattet sein. Durch sie können digitale Signale in Echtzeit bearbeitet werden. So können Effekte wie zum Beispiel Echo, Hall, Chorus, aber auch Dynamikkompression, Rauschminderung und Hoch-/Tiefpassfilter

eingesetzt werden. Dadurch kann Material eingespart werden, da für das analoge Gerät für Signalbearbeitungen dieser Art in der Regel externe Geräte benötigt werden. Digitale Mischpulte sind grundsätzlich auch leichter im Gewicht, da durch digitale Anzeigen Bedienelemente des analogen Mischpults wegfallen. Digitale Mischpulte bieten die Möglichkeit, Voreinstellungen an allen Kanälen abzuspeichern und jeder Zeit abzurufen, wohingegen das bei analogen Pulten nicht möglich ist. Es wurden zur Veranschaulichung die Daten für Gewicht und Energieleistung von zwei Pulten des Herstellers Midas verglichen, die jeweils 32 Eingangskanäle haben:

- Das analoge Pult Midas VeniceF F32 wiegt 33,6kg und verbraucht 180W (75,6gCO_2/h).[53]
- Das digitale Pult Midas M32 Digitalmixer wiegt 25kg und verbraucht 120W(50,4gCO_2/h).[54]

Digitale Mischpulte können im Vergleich zu analogen Mischpulten im Audionetzwerk integriert werden, sparen Platz und Gewicht, verbrauchen weniger Strom, können durch DSP weitere Geräte ersetzen und ermöglichen die Abspeicherung der Voreinstellungen.

5.1.3 Senke: Die Beschallungsanlagen

Die Beschallungsanlagen, in Theater- und Veranstaltungsräumen PA-Anlagen (Public Adress) genannt dienen der Wiedergabe von Schallquellen, wie der zuvor abgemischten Audiospur oder einer menschlichen Stimme an das Publikum. Zur Beschallung werden Verstärker, Lautsprecher oder auch Line-Arrays eingesetzt. Das Idealziel ist es, dass jeder Zuschauer in der Veranstaltung unabhängig von seinem Platz die gewünschten Frequenzen mit dem gewünschten Pegel hören kann. Der wichtigste Nachhaltigkeitsfaktor ist hier die in Kapitel 4.3 beschriebene Dimensionierung und Produktauswahl. PA-Anlagen können mehrere hundert Kilogramm wiegen, was ihren Transport und Aufbau kompliziert macht. Zudem werden in großen Systemen bei Betrieb mehrere kWh verbraucht. Moderne Computersoftware ermöglicht allerdings eine präzise Beschallungsplanung. Durch diese können Veranstaltungsorte und verschiedene PA-Anlagen simuliert werden. So können Pegel und verschiedene Frequenzen,

[53] Midas: *VeniceF F16 Bedienungsanleitung, S.87,f.*
[54] Huss-Licht-Ton online: *Midas M32 Digitalmixer, 40 Kanal*, abgerufen am 26.06.22

über den Raum summiert, farblich dargestellt werden und es wird visualisiert, wo im Raum die Beschallung ankommt. Die Größe des Raums, sowie die Art der Veranstaltung definieren die gewählten PA-Anlagen.

5.1.3.1 Mobile PA-Anlagen

Für kleine Veranstaltungsräume, wie zum Beispiel Konferenzräume, Theater oder kleine Konzerträume können mobile PA-Anlagen eine nachhaltige Auswahl darstellen. Eine mobile PA-Anlage kann aus mehreren Teilen bestehen, wie einem Subwoofer für die Bassfrequenzen und Satelitenlautsprechern für die Hoch- und Mittelfrequenzen. Säulen-PAs ermöglichen, die Satelliten mithilfe von Stangen auf die Subwoofer, die auf dem Boden liegen, zu schrauben. Die Satelliten können auch auf Ständer gesetzt werden, um auf Kopfhöhe des Publikums zu strahlen. Kompaktere Ausführungen in einem Gerät sind auch möglich. Der Energieverbrauch variiert je nach Ausführung zwischen 400W(168gCO_2/h) und 2000W(840g/CO_2/h). Es gibt auch kleinere Modelle, diese sind jedoch nicht ausreichend, um in Theater- und Veranstaltungsräumen genutzt zu werden. Bei größeren Ausführungsmodellen können um die 130 dB[55] Pegel und eine Beschallung bis zu 30m Entfernung erreicht werden. Dabei entstehen jedoch Pegelunterschiede, je weiter man von der Beschallungsquelle entfernt ist, und es besteht das Risiko von ungewolltem Echo durch Reflexionsflächen. Der große Vorteil dieser Anlagen liegt ihrer leichten Transportfähigkeit. Sie wiegen zwischen 10 und 100 kg und nehmen in Veranstaltungsräumen wenig Platz ein. Zudem sind es aktive Lautsprechersysteme, die keine externe Endstufe zur Beschallung benötigen.

5.1.3.2 Beschallungsanlagen für große Veranstaltungsflächen

Um größere Flächen gleichmäßig beschallen zu können, werden Linienstrahler, die als Linearrays bezeichnet werden, in Konzerthallen, Stadien oder großen Theaterräumen und anderen großen Veranstaltungsräumen verwendet. Linienstrahler bündeln den Schall vertikal, sodass er über weite Strecken nicht an Pegel verliert. Die Anlagen bestehen aus Linienstrahlern für Hoch- und Mittelfrequenzen, die angewinkelt übereinander aufgebaut an beiden Seiten der Bühne in Höhe aufgehängt werden, und aus Subwoofern, die üblicherweise auf dem Boden nebeneinander aufgestellt werden. Für die Subwoofer kann der Freiraum unter der Bühne genutzt werden. Diese Anlagen

[55] Idealo online: *mobile Beschallungsanlagen*, abgerufen am 26.06.22.

sind passiv und müssen von Verstärkern betrieben werden. Die Verstärker können mehrere Geräte gleichzeitig betreiben. Sie müssen über äußere Netzanschlussfelder mit Strom versorgt werden. Verstärker, Netzweile sowie DSP-Controller werden in Gestellen, die als Racks bezeichnet werden, zusammengestellt. Durch die hohen Fließmengen an Strom und Signalen und durch die kompakte Anordnung der Geräte, besteht dabei ein Überhitzungsrisiko, weswegen die Racks gekühlt werden müssen. Durch Audionetzwerkfähige Endstufen-Controller und DSPs können Kabelstrecken, auch an dieser Stelle, durch den Einsatz von Netzwerkkabeln verringert werden. Zudem können Verstärker, wie das LA12X vom Hersteller L'Acoustics[56] ,auch gleichzeitig als DSP dienen, wodurch der Kauf von mehreren Geräten vermieden werden kann. Dieser Verstärker kann bei 2,7 ohms 4 passive Lautsprecher mit 3,3kW Strom versorgen. Um die Stromversorgung des LA12X zu reduzieren, ohne dass dabei die Ausgangsleistung reduziert wird, arbeitet das Gerät mit einem Leistungsfaktorkorrekturfilter. Durch diese Schaltung wird der Leistungsfaktor erhöht, wodurch Eingangsstrom effizient reduziert werden kann. Das bedeutsame Gewicht der Beschallungsanlagen (ein Linienstrahler des Typs KIVA II[57] wiegt 14kg und ein Subwoofer des Typs K1SB[58] wiegt 83kg) und hohe Stromversorgung, bedeuten, dass die Beschallung großer Flächen mit entsprechend großem Ressourcenaufwand einhergeht. Umso wichtiger sind die Dimensionierung der gebrauchten Beschallungsanlagen und eine nachhaltige Planung der Logistik.

Nachdem Nachhaltigkeitspotenziale- und Ressourcenaufwände im Bereich der Tontechnischen Einrichtungen betrachtet wurden, wird in den nächsten Abschnitten der Fokus auf den Bereich der Videotechnik gesetzt.

[56] L'Acoustics online: *LA12X*, abgerufen am 26.06.22
[57] L'Acoustics, online: *KIVAII*, abgerufen am 26.06.22
[58] L'Acoustics, online: *K1-SB*, abgerufen am 26.06.22

5.2 Nachhaltigkeitspotenziale der Videotechnik

5.2.1 Videoquellen: Bildaufnahmegeräte

Um die Nachhaltigkeitspotenziale der Videoquellen zu erläutern, werden zunächst die verschiedenen Arten von Bildaufnahmegeräten ermittelt. Anschließend werden kompakte moderne multifunktionale Bildschirmaufnahmegeräte analysiert.

Die Bildaufnahme wird in Theater- und Veranstaltungsräumen durch verschiedene Kameragerätе angefertigt. Im professionellen Bildaufnahmebereich sind EB- und Studio-Kameras die geschichtlich relevantesten Varianten. PTZ-Kameras werden allerdings durch neue Veranstaltungsformate und durch die Leichtigkeit der Bedienung immer beliebter.

5.2.1.1 EB-Kamera

Die Kamera für die elektronische Berichtserstattung (EB) ist für den mobilen Außeneinsatz konzipiert und verfügt über eine eigene Aufzeichnungseinheit. Über ein integriertes Mikrofon kann auch Ton mit ihr aufgenommen werden. Die Kamera kann auf die Schulter, aber auch auf ein Stativ gesetzt werden. Betrieben wird sie von einem Lithium-Ionen-Akku, dessen Herstellung und Entsorgung, wie bereits in 5.1.1.2 beschrieben wurde, negative Auswirkungen auf die Umwelt haben kann. Das Akkumodell BP-30, das für EB-Kameras des Herstellers Sony genutzt werden kann, leistet 74,9Wh.[59] EB-Kameras können allerdings auch am Netz betrieben werden. Im Betrieb sollte deswegen, sobald die Möglichkeit besteht, die Kamera am Stromnetz angeschlossen werden, um den Akku zu schonen und so dessen Lebenszeit zu erhöhen. Moderne Geräte, wie die vom Hersteller Sony produzierte PXW-Z280 Kamera[60], können per WLAN eine Internetverbindung herstellen und die produzierten Bilder in Echtzeit über Real Time Messaging Protocol (RTMP) an Online-Videoplattformen schicken, wodurch Geräte, die genau diesen Zweck haben, gespart werden.

[59] Amazon online: *Akku für Sony Prof. Camcorder Typ BP-U30, 14,4V, Li-Ion*, abgerufen am 27.06.22

[60] Pro Sony online: *PXW-Z280*, abgerufen am 27.06.22

5.2.1.2 Studiokameras

Studiokameras sind für hochqualitative Liveübertragungszwecke konzipierte Geräte, die typischerweise bei Mehrkameraproduktionen verwendet werden. Studiokameras sind die größten Bildaufnahme-Geräte, die in Veranstaltungen verwendet werden, und werden auf kippsichere Stative gestellt, die Drehen und Schwenken der Kamera ermöglichen. Zudem werden in sie Kamerazügen verwendet, in denen weitere Bedienelemente integriert sind, wie für den Zoom und den Fokus, für die Fernbedienung der Kamera oder Adapter für Triax-Kabel. Triax-Kabel ermöglichen dabei weite Signaldistanzen bis zu 2000m[61] und haben die schweren Multicore-Kabel ersetzt. Dennoch ist ein Kamerazug schwer zu transportieren, da das Stativ, die Kamera und die anderen Elemente viel wiegen und sperrig sind. Kompaktere Ausführungen werden allerdings mittlerweile auch angeboten, wie die Blackmagic Studio Camera 4K Pro[62]. Diese ist nur 255,2mm tief und kann so ohne Probleme auf Dreibeinstativen stehen. Die Kamera verfügt zudem über zahlreiche Anschlussmöglichkeiten wie HDMI (High Definition Multimedia Interface), SDI (Serial Digital Interface) und Ethernet, um per PoE mit Strom versorgt zu werden. Sie verbraucht 46W(, wenn sie über PoE versorgt wird. Die Kamera ist aus Carbonfasergestärktem Polycarbonat gebaut, wodurch sie laut Hersteller robust und leicht ist. Polycarbonat ist vollständig recycelbar und erfordert geringe Energiekosten in der Herstellung.[63] Durch die kleine Dimension, in die zahlreiche Elemente eingebaut sind, können Geräte und Kabel gespart werden und der Transport wird erleichtert. Innovative Studio-Kameramodelle, wie das beschriebene Modell, bringen also auch mehrere Nachhaltigkeitspotenziale mit,

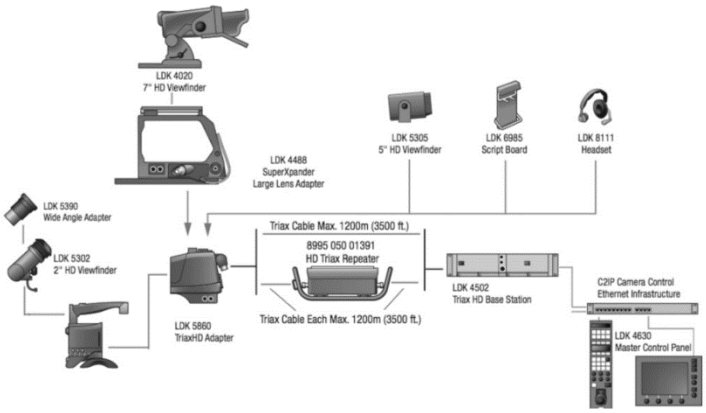

Abbildung 7 - Geräte eines Kamerazugs für Studiokamera Schmidt Ulrich, *Professionelle Videotechnik 7te Auflage*, 2021, S.472

[61] Schmidt Ulrich, *Professionelle Videotechnik 7te Auflage*, 2021, S.471

[62] Blackmagicdesign online: *Blackmagic Studio Camera 4K Pro Technische Daten*, abgerufen am 27.06.22

[63] Gallinadeutschland online: *Polycarbonat*, abgerufen am 27.06.22

wie der geringe Verbrauch, der leichte Transport, Netzwerkfähigkeit und Recycelbarkeit.

5.2.1.3 PTZ-Kameras

Kameras des Typs PTZ (Pan Tilt Zoom) sind von den Dimensionen her noch kleiner als EB- und Studiokameras. PTZ-Kameras wiegen wenig, deshalb können sie auch an Decken gehangen werden oder mit weniger Kippgefahr, als sogenannte Domkamera, in höhe aufgestellt werden, um ganze Räume filmen zu können. Sie können mit einem Netzkabel über PoE mit Strom versorgt und mit einer Kontrolleinheit verbunden werden, die es ermöglicht, die Kamera mit einem Joystick aus der Ferne zu steuern. Die Steuer- und Videosignale werden dabei per NDI (Network Device Interface) über Ethernet, sowie über SDI übertragen.[64] Dadurch wird die Steuerung von allen Orten ermöglicht, von denen es möglich ist, sich mit demselben Netzwerk zu verbinden, auch von zuhause aus. Die Voreinstellungen für gewählte Positionen der Kamera machen das Bedienen zudem sehr leicht. PTZ-Kameras sind in Veranstaltungsräumen durch ihre Größe unauffällig, leicht zu transportieren und ermöglichen Flexibilität in der Personalplanung. Von der Bildqualität her können sie in den oberen Preisklassen zudem mit Studiokameras mithalten. Durch die Joystick-Lenkung sollten sie jedoch nicht für Verfolgungsfahrten genutzt werden, sondern nur für Aufnahmen festgelegter Bereiche.

5.2.2 Videosignalübertragung und Bildbearbeitung

5.2.2.1 Übertragung

Nach der Aufnahme des Videosignals muss dieses an die Bildbearbeitungseinrichtungen übertragen werden. Eine von vielen Kamerageräte unterstütze, Variante ist die Verwendung von SDI-Kabeln, die ausgehend von der Kamera, in einen Umwandler oder in eine Sende- und Empfangsbox gesteckt werden. SDI-Kabel sind Koaxial- oder Glasfaserkabel.

[64] Production-partner online: *PTZ-Kameras in der Live-Produktion*, abgerufen am 27.06.22

Koaxialkabel verwenden, wie die bereits beschriebenen XLR-Kabel, Kupfer und eine Kunststoff-Ummantelung. Glasfaserkabel haben ebenfalls eine Kunststoffummantelung. Das Innere des Kabels, bestehend aus Glasfasern, Gelen und Aramidfasern ist ein komplexer Aufbau der das Recyceln nur schwer ermöglicht.[65]

Die Umwandler können sehr kleine Geräte sein, wie HDMI-SDI-Konverter oder kleine Sende- beziehungsweise Empfangsboxen für verschiedene Signalkabel, mit wenigen Ein- und Ausgängen. Wenn viele Signale verarbeitet werden, müssen große Medienumschalter verwendet werden. Unter anderem bieten sie eine Vielzahl an Ein- und Ausgängen für alle verschiedenen Video- und Audiosignale und können Signale an gezielte Geräte weiterleiten. Ein Beispiel hierfür ist das Gerät DM-MD32X32-CPU3 des Herstellers Crestron. Die Technik wird in ein Metallgehäuse der Dimensionen 483mm x 621mm x 400mm verbaut, das 29,3kg wiegt. Das Gerät verbraucht laut Herstellerangaben 880Wh(0,37kgCO_2/h), in die ein integriertes Kühlungssystem miteinberechnet ist.[66] Wenn kleinere Umwandler für die Signalübertragung in Veranstaltungen ausreichend sind, sind sie, vom Betrieb und von der Logistik her, die nachhaltigeren Optionen, um Signale für die Bildmischung zu konvertieren.

5.2.2.2 Bildbearbeitung: Bildmischer

Bildmischer dienen dem Mischen vieler anliegender Videosignale und können Überblendungseffekte für Übergänge zwischen zwei Videosignalen, sowie Stanzeffekte verwenden. Diese werden beispielsweise benutzt, um im Bild Bauchbinden einzublenden. Bildmischer sind in der Regel mit einem Hebel, der auch T-Bar genannt wird, ausgestattet. Dieser ermöglicht weiche Überblendungen. Weiterhin werden Monitore an den Bildmischer angeschlossen, die verschiedene Ansichten anzeigen: Die eingehenden Videosignale, das aktiv gesendete gemischte Signal und eine Vorschau der gemischten Videosignale, die beim nächsten Überblenden gesendet werden.

Als Alternativen für die Geräte werden auch Softwarelösungen angeboten. OBS Studio[67] ist eine frei erhältliche Software, die mit den Computerbetriebssystemen Windows, MacOS und Linux betrieben werden kann. OBS unterstützt H.264 Coding,

[65] Cordis Europäische Kommission online: Long Fibre Recycling, abgerufen am 27.06.22.
[66] Crestron online: *DM-MD32X32-CPU3*, abgerufen am 28.06.22.
[67] Obsproject online: *OBS Studio*, abgerufen am 27.06.22.

welches ein Videokompressionsverfahren ist, das auch für hochauflösende Fernsehübertragung genutzt wird. Zudem kann OBS RTMP-Streams verschicken. Eingehende Signale können verschieden angeordnet werden und Überblendungen und Stanzeffekte sind ebenso möglich. vMix[68] ist eine kommerzielle Bildmischungssoftware. Sie bietet dieselben Funktionen wie OBS und mehr, wie die Verarbeitung von NDI-Signalen, die auch kabellos über WLAN funktionieren kann. Zudem kann die professionelle Ausführung der Software bis zu 1000 Eingangssignale verwalten, auch wenn diese Zahl in der Praxis niemals erreicht wird. Die Softwarealternativen zu den Hardware-Bildmischern sind nachhaltige Alternativen, da nur noch ein Laptop mit der installierten Software benötigt wird, um Videosignale zu bearbeiten und eine Mischung rauszuschicken. Bei großen Veranstaltungen mit vielen Eingängen ist der Gebrauch von externen Kontrollgeräten für die Software jedoch sehr hilfreich, um die flüssige Steuerung der Blenden und Effekte zu gewährleisten.

5.2.3 Bildsenken

Bildsenken sind in Theater- und Veranstaltungsräumen die medientechnischen Einrichtungen, die das fertig bearbeitete Videosignal an die Teilnehmer der Veranstaltung ausstrahlen. In den folgenden Abschnitten werden Bildschirme (Fernseher, Monitore, digitale Beschilderung) und Projektoren auf Nachhaltigkeitspotenziale untersucht.

5.2.3.1 Bildschirme

Bildschirme sind medientechnische Einrichtungen, die heutzutage in allen Gesellschaftsschichten omnipräsent sind. Sie werden in privaten Haushalten, im öffentlichen Leben, von Unternehmen und Organisationen genutzt, um Signale optisch darzustellen. Aus diesem Grund hat die Europäische Kommission im Jahr 2020 die Kategorie der elektronischen Bildschirme mit in ihr Typ-I-Umweltkennzeichen, das EU-Ecolabel, aufgenommen. Es wurde eine Liste spezifischer Anforderungen an die Hersteller von Fernsehern, von Computermonitoren und von digitalen Beschilderungen erstellt.

[68] Vmix online: *vmix Live production and streaming software*, abgerufen am 27.06.22

Sämtliche Anforderungen müssen alle eingehalten werden, damit ein Produkt mit dem EU-Ecolabel ausgezeichnet wird[69] [70]:

- Das Produkt muss energieeffizient und energiesparsam sein:

Für die Bewertung wird die in 3.2.2.2 beschriebene Kennzeichnung des Energieverbrauchs angewendet. Das Produkt muss die beste Klasse dieser Kennzeichnung erreichen. Es muss zudem Funktionen zum Managen der Energiesparsamkeit haben, wie manuelle Helligkeitsregelung oder einen Standby-Zustand, der spätestens zwei Stunden nach der letzten Nutzeraktivität automatisch einsetzt.

- Gefährliche und gesundheitsschädigende Stoffe werden beschränkt oder verboten:

Für Leiterplatten, elektrische Leitungen, externe Kabel, Außengehäuse, Außengehäuse der Fernbedienung und LED-Hintergrundbeleuchtung werden Stoffe definiert, die nur bedingt oder gar nicht in dem Produkt vorhanden sein dürfen, auch nicht in gemischter Form.

- Das Produkt muss reparierbar sein:

  Das Design des Produkts wird bewertet. Defekte Teilen müssen ohne Schwierigkeit erreicht werden können. Zudem muss ein Reparaturhandbuch mitgeliefert werden und der Hersteller garantiert, dass Ersatzteile mindestens für 8 Jahre nach dem Ende der Produktion des Modells erhältlich sein werden.

- Recycelte Bauteile und Recycelbarkeit:

Das Produkt muss mindestens zu 10% aus recyceltem Plastik bestehen. Zudem muss das Gerät so entworfen sein, dass es leicht auseinander zu montieren ist, um an die recycelbaren Teile zu kommen. Der Hersteller verpflichtet sich dazu, Informationen zur besseren Recycelbarkeit zur Verfügung zu stellen.

[69] EU-Ecolabel online: *EU Ecolabel Electronic Equipment / Electronic Displays*, abgerufen am 28.06.22.
[70] Europäische Kommission: *Beschluss (EU) 2020/1804 zur Festlegung der Kriterien für die Vergabe des EU-Umweltzeichens für elektronische Displays*, 11.2020.

- Corporate Social Responsability (CSR):

CSR ist eine Richtlinie des Wirtschaftens aus der sozialen Säule der Nachhaltigkeit. Das Konzept beruht darauf, das Unternehmen durch aktive Maßnahmen, die gesetzlich nicht gefordert sind, gesellschaftliche Verantwortung für ihre Aktivitäten übernehmen.[71] Im EU-Ecolabel werden Maßnahmen, wie der verantwortungsbewusste Abbau von Rohstoffen in geopolitischen Konfliktzonen und in Hochrisikogebieten, genannt. Zudem muss das Unternehmen sich an die grundlegenden universellen Prinzipien und Rechte bei der Arbeit halten. Diese wurden von der International Labor Organisation (ILO), bestehend aus Regierungen, Arbeitgebern und Arbeitnehmern, festgelegt.

Diese Kriterien weisen laut der Europäischen Kommission auf die Nachhaltigkeit von Displays hin und müssen eingehalten werden um das EU-Ecolabel für ein Produkt zu erhalten. Es ist sichtbar, dass die Nachhaltigkeitspotenziale von Displays vielseitig sind. Bisher hat es nur ein Unternehmen das EU-Label für Displays erwerben können, der spanische Hersteller Teknoservice SL, der für drei Monitore mit der Bezeichnung TTL in unterschiedlichen Ausführungsgrößen die Anforderungen erfüllen konnte.

5.2.3.2 Projektoren

Projektoren werden in Veranstaltungen verwendet, um Video- und Bildsignale für das Publikum auf Leinwände zu projizieren. Das Nordic-Ecolabel, welches ein Typ-I-Umweltkennzeichen der Skandinavischen Regierungen ist, setzt unter anderem folgende Voraussetzungen für die Zertifizierung von Projektoren:[72]

- Der Projektor muss wenig Energie verbrauchen:

Das Gerät muss einen „Eco Modus“ haben. Er muss nach einer bestimmten Zeit, nachdem kein Signal mehr übertragen, wird automatisch in den Standby-Modus gehen, bei dem das Gerät weniger als 0.5 W verbraucht. Zudem wird der erlaubte Energieverbrauch von Watt pro Lumen durch eine Wertetabelle reglementiert. Referenzmodelle sind zum Beispiel 2000lm : 250W oder 6000lm : 580W.

[71] Knoll, Thorsten et al.: *Praxis-Guide für Nachhaltigkeit in der* Eventbranche, 2022, S.284
[72] Nordic Ecolabelling: *TV and Projectors version 5.9*, 06.2013

- Gefährliche und gesundheitsschädigende Stoffe werden beschränkt oder verboten:

In dem Leuchtmittel des Projektors darf kein Quecksilber enthalten sein. Laserleuchtmittel für Projektoren enthalten beispielweise kein Quecksilber.

- Die Geräuschemission des Projektors muss begrenzt sein

Bei Geräten, die 2kg oder weniger wiegen, darf der Pegel 42dB nicht überschreiten, bei größeren Geräten darf der Pegel 48dB nicht überschritten werden.

- Das Produkt muss reparierbar sein.

- Der Hersteller folgt den ökologischen und sozialen Richtlinien des United Nations Global Compact:

United Nations Global Compact ist eine Initiative der Vereinten Nationen, die CRS fördern soll.[73]

Die Anforderungen, damit Projektoren mit einem Typ-I-Umweltkennzeichen zertifiziert werden können, sind ähnlich aufgebaut, wie die eines Bildschirms. Das Nordic-Ecolabel führt aus diesem Grund die Anforderungen an Fernsehgeräte und an Projektoren in einem Dokument zusammen.

Nachdem verschiedene Nachhaltigkeitspotenziale von videotechnischen Medieneinrichtungen durch verschiedene Geräte, durch Umweltkennzeichen und durch Technologien ermittelt wurden, wird im nächsten Abschnitt die Informationstechnik, mit dem Fokus auf virtuellen Veranstaltungsräumen, analysiert.

5.3 Nachhaltigkeitspotenziale der Informationstechnik

Informationstechnik (IT) befasst sich mit allen Technologien der Datenverarbeitung. Das umfasst Hardware, Software, sowie Dienste.[74] In den vorigen Abschnitten wurden bereits Technologien aus der Informationstechnik, die in Theater- und

[73] Globalcompact online: *Initiative für nachhaltige und verantwortungsvolle Unternehmensführung*, abgerufen am 28.06.22
[74] It-business online: *Was ist Informationstechnik?*, abgerufen am 28.06.22

Veranstaltungsräumen verwendet werden, analysiert, wie Switches, OBS, vMix und verschiedene Geräte, die im Netzwerk genutzt werden können. In den folgenden Abschnitten wird analysiert, wie die die IT neue nachhaltige virtuelle Veranstaltungsräume ermöglicht und wie diese möglichst nachhaltig gestaltet werden können.

5.3.1 Virtuelle- und hybride Veranstaltungen

Durch die SARS-Covid-19 Pandemie, in der über große Zeiträume durch Kontaktbeschränkungen in Theater- und Veranstaltungsräumen keine Veranstaltungen stattfinden konnten, wurde der Digitalisierungsprozess von Veranstaltungsformaten beschleunigt.[75] Veranstalter mussten, mangels anderer Alternativen, Veranstaltungen wie Konferenzen, Kongresse und Konzerte in virtueller Form durchführen.

Eine virtuelle Veranstaltung ist eine organisierte Versammlung von Personen, die nicht in einem physischen Theater- oder Veranstaltungsraum stattfindet, sondern online in einem digitalen Raum. Es kann mithilfe von IT-Endgeräten, wie Personal Computer und Mobiltelefone, daran teilgenommen werden. Digitale Räume können für die Veranstaltung erstellte Internetplattformen, in Form abrufbaren von Webseiten sein oder durch Videokonferenzprogramme erstellte Räume und Videoplattformen sein, auf die ein Event gestreamt werden wird.

Eine Hybride Veranstaltung ist eine Veranstaltung, die in einem Theater- und Veranstaltungsraum stattfindet und auch im digitalen Raum übertragen wird. Teilnehmer haben die Möglichkeit der Veranstaltung sowohl im physischen, als auch im digitalen Raum beizuwohnen.

5.3.2 Nachhaltigkeitspotenziale von virtuellen und hybriden Veranstaltungen

Die Möglichkeit eines virtuellen Veranstaltungsraums verändert viele Nachhaltigkeitsfaktoren, die sonst in Veranstaltungen mit physisch präsenten Teilnehmern

[75] Knoll, Thorsten et al.: *Praxis-Guide für Nachhaltigkeit in der* Eventbranche, 2022, S.20

berücksichtigt werden müssen. Folgende Faktoren mit Einfluss auf die Nachhaltigkeit werden durch das Konzept eines virtuellen Raums verändert: [76] [77]

- Reise und Aufenthalt:

Virtuelle Veranstaltungen ermöglichen es den Teilnehmern ohne Anreise daran teilzunehmen. Das bedeutet, dass die, mit der Reise verbundenen, Treibhausgasemissionen nichtig sind. Bei hybriden Veranstaltungen werden sie für jeden Teilnehmer, der online statt vor Ort teilnimmt reduziert.

- Transport und Logistik:

Die verwendeten Ressourcen für den Transport und für die Logistik können bei virtuellen Veranstaltungen stark gekürzt werden. Es werden keine Möbel und Dekorationen für Zuschauerbereiche bereitgestellt. Das Catering wird ebenfalls nicht benötigt.

- Personal:

Das benötigte Personal während der Veranstaltung kann für virtuelle Veranstaltungen stark gekürzt werden, da höchstens technisches Personal und personal für die Betreuung des virtuellen Raums benötigt wird.

- Verwendete Ressourcen für den Auf- und Abbau:

Die verwendeten Ressourcen für den Auf- und Abbau werden stark reduziert. Der einzige Auf- und Abbau der bei virtuellen Veranstaltungen stattfindet, ist der Aufbau von Video-, Audio- und der Netzwerktechnik. Es muss ebenfalls weniger Dekoration gebaut werden, da es ausreicht, den Bereich, der per Video gezeigt wird, zu dekorieren. Videokonferenzsoftwares ermöglichen es ebenfalls virtuelle Hintergründe zu verwenden.

[76] Krapf, Jonas, linkedin online: *Digitale Events: Eine gesonderte Betrachtung*, 04.2022, abgerufen am 28.06.22.
[77] IT4Greenevents online: *Digitale Events,* abgerufen am 28.06.2022.

Die positiven Einwirkungen auf die genannten Nachhaltigkeitsfaktoren, die durch das Konzept eines virtuellen Raums entstehen sind bedeutend und unbestreitbar. Die negativen Auswirkungen müssen jedoch auch betrachtet werden.

Für Virtuelle Veranstaltungen, die eigene online Plattform anbieten, muss der Energieverbrauch der Server mit einberechnet werden. Häufig werden virtuelle Veranstaltungen auch aufgezeichnet und sind dann verfügbar, um sie zu einem späteren Zeitpunkt abrufen zu können. Diese Aufzeichnungen werden ebenfalls auf Servern abgespeichert. Die Server befinden sich meist in großen Rechenzentren deren gesamter Energiebedarf in Deutschland im Jahr 2020 bei 6 Millionen Tonnen CO2 liegt.[78] Eine Möglichkeit die Treibhausgasemissionen zu reduzieren ist auf grüne Server zurückzugreifen.[79] Anbieter von grünen Servern betreiben diese mit Strom, der aus erneuerbaren Energien gewonnen wird.

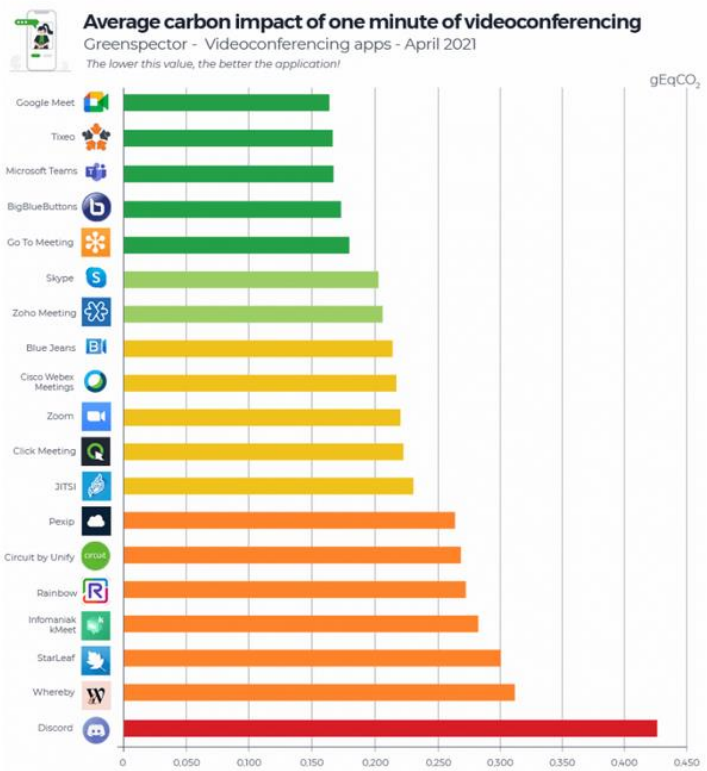

Abbildung 7 - Stromverbrauch/Minute von verschiedenen Videokonferenzapplikationen
Greenspector online: Which video conferencing mobile application to reduce your impact?, abgerufen am 28.06.2022

Der Stromverbrauch von Videokonferenzsystemen muss ebenfalls berücksichtigt werden. Dieser variiert, je nach benutzter Videokonferenzsoftware und nach der Art der Benutzung. Im Fall einer reinen Audiokonferenz, wird im Jahr 2021, anhand der für Mobiltelefon verfügbaren Applikationen gemessen, mit 0,155gCO_2e/min am wenigsten verbraucht. Eine Audio- und Videokonferenz verbraucht in denselben Bedingungen 0,0403gCO_2e/min. Diese Daten bilden einen Durchschnitt aus dem Verbrauch von 19 großen Anbietern für Videokonferenzsoftwares.[80] Lösungsansätze, um den Verbrauch

[78] Bitkom online: *Presseinformation Deutsche Rechenzentren auf Wachstumskurs*, abgerufen am 28.06.2022.
[79] Knoll, Thorsten et al.: *Praxis-Guide für Nachhaltigkeit in der* Eventbranche, 2022, S.68.

[80] *Greenspector online: Which video conferencing mobile application to reduce your impact?, abgerufen am 28.06.2022.*

der Videokonferenzsoftwares zu reduzieren, sind Softwares zu gebrauchen, die im Vergleich weniger verbrauchen und das Ausschalten der Kameras sobald es möglich ist.

Streamen erfordert ebenfalls Energieleistung. Beim Streamen werden Videodateien in Datenpakete unterteilt, die heruntergeladen werden und anschließend von Endverbrauchergeräten angezeigt werden. Diese Datenpakete werden in den Rechenzentren produziert, wodurch Strom verbraucht wird.[81] Da die erforderliche Leistung abhängig von der Auflösung des Endgeräts ist, kann der Stromverbrauch reduziert werden, indem kleinere Geräte zum Anschauen des Streams verwendet werden. Einen Stream auf einem Fernseher zu gucken verbraucht deutlich mehr, als ihn über ein Mobiltelefon zu gucken. Die Qualität des Streams, die auf Streamingplattformen oft eingestellt werden kann, ist auch ein Faktor, der zu mehr Stromverbrauch führen kann.[82]

Diese Art von Energieverbrauch wird auch als externalisierter Energieverbrauch definiert. Da der aufzubringende Strom in externen Servern oder von Endgeräten der einzelnen Teilnehmer der virtuellen Veranstaltungen verbraucht wird, kann der Energieverbrauch nicht direkt auf die medientechnischen Einrichtungen des Veranstalters zurückgeführt werden.[83] Dennoch muss er bei der Planung von virtuellen und hybriden Veranstaltungen mit einbezogen werden, um diese so nachhaltig wie möglich zu gestalten. So können durch Informationstechnik und dadurch erstelle virtuelle Räume maximal von den positiven Einflüssen ökologischen Faktoren profitieren, die durch diese Konzepte ermöglicht werden.

[81] 123energie online: *Video-Streaming*, abgerufen am 28.06.2022.
[82] Knoll, Thorsten et al.: *Praxis-Guide für Nachhaltigkeit in der* Eventbranche, 2022, S.66.
[83] Krapf, Jonas, linkedin online: *Digitale Events: Eine gesonderte Betrachtung*, 04.2022, abgerufen am 28.06.22.

6 Fazit

Nach der Betrachtung der grundlegenden Themen, mit denen sich diese Arbeit befasst, lässt sich sagen, dass medientechnische Einrichtungen in Theater- und Veranstaltungsräumen unterschiedliche Nachhaltigkeitspotenziale aufweisen. Durch die Kenntnis dieser Potenziale ist es möglich den ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Aspekten der Nachhaltigkeit gerecht zu werden, ohne dabei die Bedürfnisse zukünftiger Generationen und die Qualität des Veranstaltungsbetriebs zu gefährden.

Es lässt sich sagen, dass die Faktoren, die Einfluss auf die Nachhaltigkeit von medientechnischen Einrichtungen haben, vielfältig sind. Diese zu beurteilen, ist bei einer Veranstaltung die Aufgabe eines qualifizierten Nachhaltigkeitsmanagers, eines Projektleiters oder einer externen Firma, die dafür beauftragt wird. Verordnungen, Umweltkennzeichen und Richtlinien sind wichtige Hilfsmittel, um die Nachhaltigkeit eines medientechnischen Geräts zu ermitteln. Typ-I-Umweltkennzeichen sind dafür am besten geeignet, da die multiplen Anforderungen, die zum Erlangen der Kennzeichen erfüllt werden müssen, die Nachhaltigkeit in vielen Bereichen beweisen können. Noch sind nur wenige medientechnische Geräte mit Typ-I-Umweltkennzeichen gelabelt. Es muss jedoch der Anspruch der Aussteller der Kennzeichen sein, die betroffenen Produktkategorien zu erweitern. Der Anspruch an die Hersteller muss sein, die Anforderungen der Typ-I-Umweltkennzeichen mit größerer Regelmäßigkeit zu erfüllen. Dafür müssen in Zukunft auch weitere gesetzliche Verordnungen sorgen, die es ermöglichen können diese Anforderungen zur Norm zu machen. Als alternative bietet sich für die Planung von Veranstaltungen an, Ausschreibungen zu schreiben oder nach Nachhaltigkeitsrelevanten Informationen zu fragen, welche Hersteller, die andere Typen von Umweltkennzeichen für ihre Produkte besitzen, verpflichtend aushändigen müssen. So kann die Geräteauswahl und die Dimensionierung, die Schlüsselpunkte für die Nachhaltigkeit einer Veranstaltung darstellen, so energieeffizient wie möglich gestaltet werden.

Im Hinblick auf die medientechnischen Einrichtungen lässt sich sagen, dass technische Innovationen oft die Nachhaltigkeit fördern. Neue Geräte tendieren dazu kompakter und multifunktionaler zu sein, als ihre Vorgänger, wodurch Material und Transportkosten reduziert werden können. Die digitale Entwicklung und der Ausbau der Netzwerktechnologien und die damit einhergehenden Geräte und Softwares, die

darauf ausgelegt sind, diese zu verwenden, ermöglichen die Reduzierung des Ressourcenverbrauchs für Veranstaltungen. Neue virtuelle Formate ermöglichen in dieser Hinsicht, die Treibhausgasemissionen, die bei der Anreise der Teilnehmer entstehen, bedeutend zu kürzen und andere Nachhaltigkeitsfaktoren, wie Personal, Logistik und Ressourcenverbrauch positiv zu beeinflussen. Dabei darf der Stromverbrauch, der bei der Verarbeitung der Daten entsteht, jedoch nicht außer Acht gelassen werden. Es wird eine wichtige Aufgabe der nächsten Jahre sein, den Stromverbrauch der Rechenzentren allgemein zu reduzieren.

Trotz der positiven Entwicklungen, muss es das Ziel sein, nachhaltiges Management, weiter in der Veranstaltungsbranche zu verankern. Die Nachhaltigkeitspotenziale von medientechnischen Einrichtungen können nur mit qualifiziertem Personal, das die Einrichtungen richtig versteht und bedienen kann, und mit einer Veranstaltungsplanung, die die Nachhaltigkeit berücksichtigt, zu ihrem vollen Umfang ausgenutzt werden.

Literaturverzeichnis

Monographien, Sammelbände, Publikationen, Magazinauszüge

Baumgarten, Niklas: *Zertifizieren nachhaltiger Planung*, veröffentlicht in Professional System Magazin, 12.2021, S.74

Dr. Ing. Boré Gerhart et al : *Mikrophone für Studio- und Heimstudio- Anwedungen*, 4te Auflage, Berlin, Georg Neumann GmbH, 1999

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit: *Umweltinformationen für Produkte und Dienstleistungen*, Berlin 09.2019

Feuerbach, Timo et al. : *Die gesamtwirtschaftliche Bedeutung der Veranstaltungsbranche*, 06.2020

Friedrich, Hans Jörg: *Tontechnik für* Mediengestalter, Heidelberg, Springer Verlag, 2008

Kannengießer: Sigrid, *Digitale Medien und Nachhaltigkeit*, Wiesbaden, Springer VS. 2022

Prof. Dr. Klöpffer, Walter: *Life Cycle Assessment, From the beginning to the current state*, 1997

Knoll, Thorsten et al.: *Praxis-Guide für Nachhaltigkeit in der* Eventbranche, Wiesbaden, Springer Gabler, 2022

Schmidt Ulrich, *Professionelle Videotechnik,* 7te Auflage, Berlin, Springer Vieweg, 2021

Vogel, Jannis, *IT 4 Green Events – Digitale Events*, Veröffentlichungsdatum nicht bekannt

Prof. Dr. Zanger, Cornelia: *Landkarte der Veranstaltungswirtschaft*, 08.2021

Richtlinien, Vorschriften, Verordnungen, Normen und Gesetze

Beschluss (EU) 2020/1804 zur Festlegung der Kriterien für die Vergabe des EU-Umweltzeichens für elektronische Displays, 11.2020

DIN EN ISO 14020: 2001: *Umweltkennzeichnungen und -deklarationen*, 02.2002

DIN EN ISO 14024: *Umweltkennzeichnungen und -deklarationen – Umweltkennzeichnung Typ I – Grundsätze und Verfahren*, 06.2018

Musterverordnung über den Bau und Betrieb von Versammlungsstätten

Nordic Ecolabelling of TV and Projectors Version 5.9, 06.2013-06-2023

Richtlinie 2011/65/EU des Europäischen Parlaments und des Rates, 08.06.2011

Richtlinie 2014/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates, 02.2014

Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates

Internetquellen

Bundesregierung online: *EU soll bis 2050 klimaneutral sein*, abgerufen am 16.06.22: https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/mehr-klimaschutz-in-der-eu-1790042

Statista online: *Anzahl der Tagungs- und Veranstaltungsstätten* in Deutschland in den Jahren 2018 bis 2020*, 05.2021, abgerufen am 16.06.22:
https://de.statista.com/statistik/daten/studie/28820/umfrage/anzahl-der-tagungsstaetten-und-veranstaltungsstaetten/

Statista online: *Anzahl der öffentlichen Theaterunternehmen in Deutschland in den Spielzeiten von 2009/10 bis 2019/20*, 04.2022, abgerufen am 16.06.22:
https://de.statista.com/statistik/daten/studie/2823/umfrage/entwicklung-der-anzahl-der-theaterunternehmen-seit-2002/

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz Online: *Medientechnologien*, abgerufen am 17.06.2022:
https://www.digitale-technologien.de/DT/Navigation/DE/Themen/Medientechnologien/medientechnologie.html

Statista online, *Wie werden die Medien in Deutschland genutzt?* 11.2021, abgerufen am 17.06.22:
https://de.statista.com/statistik/kategorien/kategorie/14/themen/825/branche/mediennutzung/#overview

Umweltbundesamt online: *Die Treibhausgase,* abgerufen am 19.06.22:
https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase

Statista online: *Entwicklung des CO2-Emissionsfaktors für den Strommix in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2021,* 05.2022, abgerufen am 19.06.22:
https://de.statista.com/statistik/daten/studie/38897/umfrage/co2-emissionsfaktor-fuer-den-strommix-in-deutschland-seit-1990/

Blauer Engel online, *Blauer Engel Produkte und Dienstleistungen*, abgerufen am 20.06.22:
https://www.blauer-engel.de/de/produkte

European Commission online, *Environment, Product Groups and criteria,* abgerufen am 20.06.22:
https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/eu-ecolabel-home/product-groups-and-criteria_en

Institut Bauen und Umwelt e.V. online, *Umweltzeichen*, abgerufen am 20.06.22:
https://ibu-epd.com/umweltzeichen/

Lexparency online: *Anhang II – Liste der Harmonisierungsrechtsvorschriften der Union*, abgerufen am 20.06.22:
https://lexparency.de/eu/52021PC0206/ANX_II/

Umweltbundesamt online: *EU-Energielabel*, abgerufen am 20.06.22:
https://www.umweltbundesamt.de/umwelttipps-fuer-den-alltag/siegelkunde/eu-energielabel

CE-Richtlinien Online: *EMW-Richtlinie*, abgerufen am 21.06.22:
https://www.ce-richtlinien.eu/ce-richtlinien/emv-richtlinie/

Umweltbundesamt online: *Chemikalien/ REACH*, abgerufen am 21.06.22:
https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/reach-chemikalien-reach

European Commission online, *Waste from Electrical and Electronic Equipment,* abgerufen am 21.06.22
https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-electrical-and-electronic-equipment-weee_en

vst-pro online: *Nachhaltigkeit: Wie moderne Medientechnik einen Beitrag zum Klimaschutz leistet*, abgerufen am 14.06.2022:
https://www.vst-pro.de/systemhaus/nachhaltigkeit/

WWF online: Mining: Die Folgen des weltweiten Rohstoffabbaus, 05.2019, abgerufen am 22.06.22:
https://www.wwf.de/themen-projekte/waelder/mining

Spiegel online: *Hier sterben Menschen für unsere Akkus*, 10.2019, abgerufen am 22.06.22:
https://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/kobalt-aus-dem-kongo-hier-sterben-menschen-fuer-unsere-e-autos-a-1291533.html

Renewable-carbon.eu online: *Erneuerbarer Kohlenstoff ist der Schlüssel zur Zukunft einer nachhaltigen Chemie*, 06.2018, abgerufen am 22.06.22:
https://renewable-carbon.eu/news/erneuerbarer-kohlenstoff-ist-der-schluessel-zur-zukunft-einer-nachhaltigen-chemie/

Verpackungsgesetz-info online, *Das Verpackungsgesetz im Überblick*, abgerufen am 23.06.22:
https://verpackungsgesetz-info.de/#novelleverpackg

Verpackungsgesetz online, abgerufen am 23.06.22:
https://www.verpackungsgesetz.com/#gesetz_60

Production Partner online: *Lautsprecher und Elektronik reparieren: Alles muss irgendwann in den Service*, 10.2020, abgerufen am 24.06.22:
https://www.production-partner.de/basics/triplex-lautsprecher-elektronik-reparaturen-service/

Kupferinstitut online, *Ressourcenschonung dank Recycling*, abgerufen am 23.06.22:
https://www.kupferinstitut.de/kupferwerkstoffe/nachhaltigkeit/recycling/

Delamar online: *Funkmikrofon Ratgeber*, abgerufen am 25.06:
https://www.delamar.de/mikrofon/funkmikrofon-ratgeber-52717/

Amazona online: *Special: Alles Wissenswerte rund um Musiker- und Audiokabel*, abgerufen am 25.06.
https://www.amazona.de/special-alles-wissenswerte-rund-um-musiker-und-audiokabel/

Verbraucherzentrale online: *Gefahren für die Gesundheit durch Plastik*, abgerufen am 25.06.
https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/umwelt-haushalt/wohnen/gefahren-fuer-die-gesundheit-durch-plastik-7010

Umweltbundesamt online: *Batterien und Akkus richtig nutzen und entsorgen*, abgerufen am 25.06.
https://www.umweltbundesamt.de/umwelttipps-fuer-den-alltag/elektrogeraete/batterien-akkus#unsere-tipps

Umweltbundesamt online: *Lithium-Batterien und Lithium-Ionen-Akkus*, abgerufen am 25.06.22:
https://www.umweltbundesamt.de/umwelttipps-fuer-den-alltag/elektrogeraete/lithium-batterien-lithium-ionen-akkus#unsere-tipps

Delamar online: *Audionetzwerke in der Musikproduktion*, abgerufen am 25.06.22:
https://www.delamar.de/musikproduktion/audionetzwerke-faq-53933/

Midas: *VeniceF F16 Bedienungsanleitung*:
https://www.bedienungsanleitu.ng/midas/venicef-f16/anleitung?p=101

Huss-Licht-Ton online: *Midas M32 Digitalmixer, 40 Kanal*, abgerufen am 26.06.22:
https://www.huss-licht-ton.de/product_info.php/Midas-M32-Digitalmixer-40-Kanal/info/16174.html

Idealo online: *mobile Beschallungsanlagen*, abgerufen am 26.06.22:
https://www.idealo.de/preisvergleich/ProductCategory/5685F892509I16-45.html?sortKey=minPrice

L'Acoustics online: *LA12X*, abgerufen am 26.06.22:
https://www.l-acoustics.com/products/la12x/#

L'Acoustics, online: *KIVAII*, abgerufen am 26.06.22:
https://www.l-acoustics.com/products/kiva-ii/

L'Acoustics, online: *K1-SB*, abgerufen am 26.06.22:
https://www.l-acoustics.com/products/k1-sb/

Amazon online: *Akku für Sony Prof. Camcorder Typ BP-U30, 14,4V, Li-Ion*, abgerufen am 27.06.22:
https://www.amazon.de/Akku-prof-Camcorder-BP-U30-Li-Ion/dp/B00BUSWO9G

Pro Sony online: *PXW-Z280*, abgerufen am 27.06.22:
https://pro.sony/de_AT/products/handheld-camcorders/pxw-z280#PROR301008Productspecificationsblock-pxw-z280

Blackmagicdesign online: *Blackmagic Studio Camera 4K Pro Technische Daten*, abgerufen am 27.06.22:
https://www.blackmagicdesign.com/de/products/blackmagicstudiocamera/techspecs/W-CST-05

Gallinadeutschland online: *Polycarbonat*, abgerufen am 27.06.22:
https://www.gallinadeutschland.de/polycarbonat

Production-partner online: *PTZ-Kameras in der Live-Produktion*, abgerufen am 27.06.22:
https://www.production-partner.de/basics/ptz-kameras-in-der-live-produktion/#Vorteile

Cordis Europäische Kommission online: Long Fibre Recycling, abgerufen am 27.06.22:
https://cordis.europa.eu/article/id/89452-recycling-of-optical-fibre-cables/de

Crestron online: *DM-MD32X32-CPU3*, abgerufen am 28.06.22:
https://de.crestron.com/Products/Video/DigitalMedia-Modular-Matrix/Switcher-Chassis/DM-MD32X32-CPU3

Obsproject online: *OBS Studio*, abgerufen am 27.06.22:
https://obsproject.com/de

Vmix online: *vmix Live production and streaming software*, abgerufen am 27.06.22:
https://www.vmix.com/

EU-Ecolabel online: *EU Ecolabel Electronic Equipment / Electronic Displays*, abgerufen am 28.06.22:
http://ec.europa.eu/ecat/category/en/59/electronic-displays/

Globalcompact online: *Initiative für nachhaltige und verantwortungsvolle Unternehmensführung*, abgerufen am 28.06.22:
https://www.globalcompact.de/?saveOptinHistory=&cHash=6366bd46169a75e5b4e9ee36d45e79fc

It-business online: *Was ist Informationstechnik?*, abgerufen am 28.06.22:
https://www.it-business.de/was-ist-informationstechnik-a-572121/

Krapf, Jonas, linkedin online: *Digitale Events: Eine gesonderte Betrachtung*, 04.2022, abgerufen am 28.06.22:
https://de.linkedin.com/pulse/digitale-events-eine-gesonderte-betrachtung-jonas-krapf

Bitkom online: *Presseinformation Deutsche Rechenzentren auf Wachstumskurs*, abgerufen am 28.06.2022:
https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Deutsche-Rechenzentren-Wachstumskurs

Greenspector online: Which video conferencing mobile application to reduce your impact, abgerufen am 28.06.2022:
https://greenspector.com/en/which-video-conferencing-mobile-application-to-reduce-your-impact-2021/

123energie online: *Video-Streaming*, abgerufen am 28.06.2022:
https://www.123energie.de/123-energie/privatkunden/magazin/wie-viel-strom-verbrauchen-netflix-und-co_a166

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: *Umsatz der unterschiedlichen Veranstaltungsbranchen in Mrd. Euro*, S.10:
http://rifel-institut.de/fileadmin/Rifel_upload/3.0_Forschung/Meta-Studie_gesamtwirtschaftliche_Bedeutung_der_Veranstaltungsbranche_RIFEL.pdf

Abbildung 2: *Vergleich der CO_2-Emissionen verschiedener Verkehrsmittel auf 100 Kilometer pro Person*, S.17:
https://www.nachhaltiger-warenkorb.de/was-sind-co2-aequivalente/

Abbildung 3: *Übersichtstabelle der verschiedenen Umweltzeichen*, S.20
https://ibu-epd.com/umweltzeichen

Abbildung 4: *Chucicamata - Größte Kupfermine der Welt in Chile*, S.27
https://en.wikipedia.org/wiki/File:Minachuquicamata.JPG

Abbildung 5*: Dimensionierungskonzept mit 3 Stromverbrauchsvarianten von NIYU GmbH*, S.30
Krapf, Jonas: Nachhaltige Planung, zur Verfügung gestellt am 23.06.22*, siehe Anhang 2*

Abbildung 6: *Multicore mit 24 Eingängen*, S.41
https://www.thomann.de/de/onlineexpert_page_multicore_prinzipieller_aufbau_eines_analogen_multicore.html

Abbildung 7*: Geräte eines Kamerazugs für Studiokamera*, S.47:
Schmidt, Ulrich: Professionelle Videotechnik 7te Auflage, 2021, S.472

Abbildung 8: *Stromverbrauch/Minute von verschiedenen Videokonferenzapplikationen*, S.56
https://greenspector.com/en/which-video-conferencing-mobile-application-to-reduce-your-impact-20

Anhang 1: E-Mail Interview mit CUT GmbH Ingenieurbüro für Licht, Medien, Design

E-Mail 1:

Bachelorarbeit Nachhaltigkeitspotenziale medientechnischer Einrichtungen in Veranstaltungsstätten

An l.panzer@cut-gruppe.de am 2022-06-05 13:14

Von Mathieu Bepoldin
An l.panzer@cut-gruppe.de
Datum 2022-06-05 13:14
Alle Kopfzeilen...

Details

Sehr geehrter Herr Panzer,

ich schreibe eine Bachelorarbeit über Nachhaltigkeitspotenziale medientechnischer Einrichtungen in Veranstaltungsstätten und bin im Laufe meiner Recherche auf die Bachelorarbeit Ihres Kollegen Niklas Baumgarten gestoßen.
Herr Frank hat mich für Fragen zu dem Thema an Sie geleitet.

1) Ich wäre zunächst daran interessiert zu wissen wie präsent das Thema bei Ihnen in der Planung ist? Spielen Green Label und Energiesparmaßnahmen ein konkrete Rolle?

2) Wie gehen Sie auf einer Veranstaltung mit dem Thema "never switch off a running system" um? Wenn ein FOH fertig aufgestellt ist, mit zum Beispiel mehreren Laptops, Tonmischung und Videomischung für 3 Tage Konferenz: werden die Systeme Nachts ausgeschaltet? Wie würden Sie vorgehen um sicherzustellen, dass die Einstellungen ohne Verluste bestehen bleiben ohne dass Nachts alle Systeme weiterlaufen?

3) Wie ist Ihre Erfahrung mit Redundanzanlagen (zB. Dante)? Sind sie Ihrer Meinung nach gute Varianten für ein Live-Konzert, die beim Ausfall eines Netzwerkkabels beim Umschalten nicht zu hören sind?

Ich würde mich sehr freuen Ihre professionnelle Meinung zu diesen Fragen zu hören, gerade da Ihre Firma Erfahrung mit dem Thema Nachhaltigkeit in der Medientechnik vorzuweisen hat.

Mit freundlichen Grüßen,
Mathieu Bepoldin

Antwort auf E-Mail 1:

Re: Bachelorarbeit Nachhaltigkeitspotenziale medientechnischer Einrichtungen in Veranstaltungsstätten

Von Lars Panzer am 2022-06-07 09:54

Von Lars Panzer
An Mathieu Bepoldin
Kopie Matthias Frank
Datum 2022-06-07 09:54
Alle Kopfzeilen...

Details

Guten Morgen Herr Bepoldin,

gerne unterstützen wir mit unserer Erfahrung und Meinung bei Ihrer Bachelorarbeit.

Zu Frage 1:
Das Thema Nachhaltigkeit in der Medientechnik wird für uns ein essenzielles Thema in unserer Planung werden.
Bereits heute planen und beraten wir unsere Kunden auf der Basis "so viel wie nötig, so wenig wie möglich". Neben nachhaltigen Gesichtspunkten geht es auch darum die Komplexitäten von Anlagen zu reduzieren, um diese wartungsarm, aber auch intuitiv betreiben zu können. Die Abschaltung von Komponenten bei Nichtbenutzung versuchen wir in Abstimmungen mit Kunden und Integratoren so umzusetzen, das dem Kunden draus kein Nachteil entsteht (Wartezeiten, fehlerhafte Startvorgänge, etc.). Seit einiger Zeit informieren wir uns verstärkt über die einzelnen Nachhaltigkeitsprozesse verschiedener Hersteller.

Zu Frage 2:
Im Bereich Veranstaltungstechnik sind wir ebenfalls aktiv, wenn auch nur unregelmäßig.
Bei dem von Ihnen beschreiben temporären Szenario bedarf es bei der Planung der Veranstaltung eine ausreichende Größe an Arbeitsstunden zum Testen, von genau dieser Problemstellung. Wir halten es für sinnvoll Geräte bei Nichtbenutzung abzuschalten. Der "Neustart" muss natürlich zu 100% funktional gewährleistet sein. Dies kann nur über intensive Tests sichergestellt werden. Das muss bei dem gesamten Umfang des Aufbaus und der Inbetriebnahme mitberücksichtigt werden.
Viele Systeme bieten die Möglichkeit Pre-Sets abzuspeichern und wieder aufzurufen. Damit sollte ein Großteil des finalen Zustands vollständig wiederhergestellt werden können.
Ob das in der realen Welt so eingehalten wird, darf natürlich kritisch hinterfragt werden. Mehr Zeit für Tests bedeutet auch mehr Kosten. Wie so häufig reibt sich das Thema Nachhaltigkeit an genau dieser Stelle.

Zu Frage 3:
Im Live Konzert haben wir nur bedingt Erfahrungen. Der Ausfall eines Kabels kann, wenn auch nur mit geringer Wahrscheinlichkeit, vorkommen. Ob ein Kabel der tatsächliche Störfaktor ist und nicht eine der zentralen Komponenten ist auch im Nachgang zu prüfen. Im Live-Betrieb selbst natürlich zeitlich nicht denkbar. An Ihrer Stelle würde ich hier Hersteller solcher Systeme Anfragen, wie die Anlagen damit umgehen, um mit welcher hörbaren Ausfallzeit zu rechnen ist.

Für Ihre weitere Ausarbeitung wünschen wir Ihnen viel Erfolg.
Gerne dürfen Sie uns schriftlich im Nachgang (vielleicht auch von Ihrem zukünftigen Arbeitgeber) kontaktieren, um Ihr und unser Netzwerk zum Thema Nachhaltigkeit auszubauen.
Sehr gerne lesen wir auch Ihrer Bachelorarbeit, sobald diese von Ihnen freigeben wurde, um zu sehen welche Erfahrungen Sie bei der Erstellung sammeln konnten.

Bei Rückfragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

i.A. Lars Panzer
CUT GmbH
Ingenieurbüro für Licht, Medien, Design
Helmholtzstr. 8, 69120 Heidelberg
Fon +49 (0) 6221 / 98 25 -12
https://www.cut-gruppe.de

E-Mail 2:

Re: Bachelorarbeit Nachhaltigkeitspotenziale medientechnischer Einrichtungen in Veranstaltungsstätten

An Lars Panzer am 2022-06-08 15:28

Von Mathieu Bepoldin
An Lars Panzer
Datum 2022-06-08 15:28
Alle Kopfzeilen...
Details

Sehr geehrter Herr Panzer,

vielen Dank für Ihre Antworten! Gerne lasse ich Ihnen wenn ich fertig bin meine Bachelorarbeit zukommen!

Ich hätte noch eine letzte Frage, fall Sie Zeit finden diese auch noch zu beantworten würde ich mich freuen:

Wo sehen Sie die größten Nachhaltigkeitspotenziale in der Nutzung Medientechnischer Einrichtungen?

Herzlichen Dank nocheinmal für Ihre Unterstützung das ist mir sehr behilflich!

Mit freundlichen Grüßen,
Mathieu Bepoldin

Antwort auf E-Mail 2:

Re: Bachelorarbeit Nachhaltigkeitspotenziale medientechnischer Einrichtungen in Veranstaltungsstätten

Von Lars Panzer am 2022-06-08 15:59

Von Lars Panzer
An Mathieu Bepoldin
Datum 2022-06-08 15:59
Alle Kopfzeilen...
Details

Hallo Herr Bepoldin,

die Frage lässt sich pauschal nur sehr schwer beantworten. Je nach Anforderung der Installation gibt es unterschiedliche Einsparmöglichkeiten.

Ich denke es beginnt alles mit der richtigen Dimensionierung, auch verbunden mit dem Ziel dem Kunden nur das zu planen was er wirklich benötigt.
Themen wie automatische Abschaltung, geringe Wärmeentwicklung (und somit die Einsparung von aktiver Kühlung) aber auch das Thema korrekte Nutzung der Anlagen tragen alle zu einer besseren Nachhaltigkeitsbilanz bei. Nur wer das System versteht und richtig bedienen kann, nutzt es im vollen Umfang. Gerade bei dem Thema hybrides Arbeiten ist es essenziell die Technik bedienen zu können, um remote Teilnehmer nicht zu "verlieren". Das spart dann aktiv Reisezeit und Materialverschleiß.

Bei Rückfragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

i.A. Lars Panzer
CUT GmbH
Ingenieurbüro für Licht, Medien, Design
Helmholtzstr. 8, 69120 Heidelberg
Fon +49 (0) 6221 / 98 25 -12
https://www.cut-gruppe.de

Geschäftsführer: Martin Nerbel, Matthias Frank
Sitz Heidelberg, HRB 334357

Anhang 2: Interviewtranskript

Interviewpartner: Krapf, Jonas, Project Manager & Chief Sustainability Officer der NIYU GmbH

Datum: 22.06.2022

Ort: Das Interview wurde über die Videokonferenzplattform Zoom durchgeführt

16:00h-16:30h

Interviewer: Guten Tag, Herr Krapf vielen Dank, dass Sie sich die Zeit genommen haben

Krapf: Hallo! Gerne gerne, freut mich, dass Sie sich diese für Ihre Bachelorarbeit mit dieser spannenden Thematik auseinandersetzen! Zu allererst, würde es Sie stören, wenn wir zum „Du“ übergehen?

I: Nein, sehr gerne sogar! Wie bereits erwähnt mache ich für meine Bachelorarbeit eine Analyse der Nachhaltigkeitspotenziale von medientechnischen Einrichtungen in Theater- und Veranstaltungsräumen. Prof. Lindau hatte mir bereits Folien aus vorigen Präsentationen gezeigt, die du an der Beuth (Hochschule; jetzt Berliner Hochschule für Technik) zu dem Thema Nachhaltigkeit in Veranstaltungen gezeigt, die ich sehr spannend fand. Ich würde dann einfach mit meiner ersten Frage beginnen: Hast du praktische Tipps, wie die Anwendung von Medientechnik in Veranstaltungsräumen nachhaltiger gestaltet werden kann? Sei es zu Ton, Video oder zur IT? Wo siehst du da die größten Potenziale?

K: Also zunächst einmal werde ich diese Frage höre denke ich sofort an die Planung, denn das ist auch die Perspektive aus der ich arbeite, als Projektleiter. Wir sind ein Unternehmen, das für unsere Kunden Veranstaltungen plant und so wird auch der Nachhaltigkeitsfaktor angegangen. Für mich ist fängt alles beim Thema Materialauswahl und Dimensionierung an. Es ist dabei wichtig zu schauen, wo man Einfluss auf die Auswahl des Materials haben kann. Der Mietmarkt ist deutlich schwieriger zu beeinflussen. Da werden häufig einfach Branchenstandards gewählt, die sozusagen feste Größen sind. Das wird dann einfach die GrandMa2 gemietet, weil man genau weiß, was man daran hat, auch wenn die GrandMa3 bereits auf dem Markt erschienen ist.

Bei LED-Modulen und bei Displaysorten zum Beispiel müssen wir mehr Forschung betreiben, weil sich von Jahr zu Jahr die Produkte so schnell weiterentwickeln, dass man immer schauen muss, was die beste Variante ist

I: Und wie überprüfst du das? Richtest du dich da auch nach den Umweltkennzeichen?

K: Naja, das Problem ist mittlerweile hat jeder Hersteller Zertifizierungen aus der DIN 14000 Reihe. Dadurch, dass auch Nachhaltigkeitsmanagementkonzepte ausreichend um diese zu kaufen. Zum Beispiel kann es ausreichen, wenn eine Firma nur einen Plan hat in 3 Jahren ein nachhaltiges Managementsystem zu haben, reicht es schon aus um diese Zertifikate erlangen zu können. So hat heutzutage auch jeder Hersteller, der Günstig in China produziert so ein Zertifikat. Was wir da eher machen ist das wir Ausschreibungen stellen oder wir fragen direkt bei den Herstellern an, wenn wir genaue Infos benötigen.

I: Verstehe. Und eine Frage zu einem anderen Bereich: Wie stehst du zu dem alten Sprichwort „Never Touch a Running System“? Wie würdest du vorgehen um sicherzustellen, dass die Einstellungen auf einer mehrtägigen Veranstaltung ohne Verluste bestehen bleiben? Findest du es ist realistisch solch ein Risiko einzugehen?

K: Ich denke dieses Sprichwort ist eher historisch gewachsen. Die Anlagen von damals haben nicht dieselbe Ausfallsicherheit geboten, wie unseren heutigen Geräten. Ich denke auch hier schafft Planung Sicherheit. Dadurch, dass zum Beispiel heute so viele Switches und Repeater für viele verschiedene Signale verwendet werden, kann es manchmal einfach schwierig sein auszuschalten. Es gibt dann immer Momente in denen gerade die Tontechnik gebraucht wird, während die Lichttechnik aus sein könnte und andersrum, und da alles miteinander verknüpft ist, kann man nicht ausschalten. In dem Zusammenhang kommt es auch vor, dass ich im entsprechende Strompläne anfertige. So können die verschiedenen Bereiche im Veranstaltungsraum klar voneinander getrennt werden, und wenn der eine Bereich nicht gebraucht wird, dann kann er eben ausgeschaltet werden.

I: Und verwendest du in dem Zusammenhang der Ausfallsicherheit auch Redundanz?

K: Es ist auf jedenfalls schon vorgekommen, dass ich eine Kreuzschiene für die vielen Signale angewendet habe. Es werden auch oft USV-Anlagen dafür verwendet. Der schlimmste Fall den ich hatte, war bei einer sehr großen Veranstaltung, bei der mehrere Leute in verschiedenen Bereich während der gesamten Veranstaltungszeit an der Anlage sitzen mussten, um sie schnell anmachen zu können, falls der Strom ausfällt. Genau da ist es natürlich auch wichtig, die Stromplanung richtig zu machen, denn wenn eine USV da ist, aber sie überlastet ist, ist es auch ungünstig.

I: Wo liegen denn deiner Meinung nach die größten Nachhaltigkeitspotenziale bei medientechnischen Geräten in Veranstaltungen?

K: Für mich, wie gesagt, ganz klar bei der Vorplanung und der Dimensionierung der Veranstaltung. Dabei kann die Überdimensionierung sogar auch sinnvoll sein. Zum Beispiel können sogenannte Dark Fiber Kabel im Voraus gelegt werden.

I: Dark Fiber Kabel?

K: Dark Fiber werden die Kabel genannt, die eingebaut werden, ohne dass sie sofort nach dem einbauen genutzt werden. Es geht darum, dass man vermutet, dass die Anzahl der benötigten Anschlüsse in Zukunft höher sein wird, als das was heute benötigt wird. Und da Glasfaser an sich sehr günstig ist, ist es kein Problem mehr Anschlüsse zu verbauen. Deutlich problematischer und kostenaufwändiger ist es, wenn alles verbaut ist, nochmal umbauen zu müssen, weil extra Anschlüsse fehlen.

Man muss immer schauen, wie die Dimensionierung nachhaltig gestaltbar ist. Das kann auch gegen die Zielorientierung des Kunden gehen. Wenn der Kunde zum Beispiel gerne sehr viel Flexibilität auf seine Veranstaltung hätte. Flexibilität bedeutet Materieller Aufwand, da man für mehrere Szenarien gerüstet sein muss. Deshalb arbeite ich verschiedene Konzepte im Voraus aus und versuche dann die Kunden dahingehend zu beraten. Wenn wir schon bei dem Thema sind kann ich dir Mal eine Folie zeigen:

(K. teilt seinen Bildschirm, mit der Folie, die in Abbildung 5 dieser Arbeit zu finden ist)

Hier kannst du sehen: Das ist eine Tabelle als Dimensionierungskonzept, dass ich für einen Kunden erstellt habe. Ich kann das Material und die Zahlen anpassen und es werden automatisch der Verbrauch der Technik, sowie der Verbrauch von Logistik und Transport angezeigt. Am Ende stehen drei Varianten und deren CO_2e Emission.

I: Wow, das ist großartig! Würde es dir was ausmachen, wenn ich diese Tabelle als Abbildung für meine Arbeit benutze? Sie repräsentiert den Aspekt der Dimensionierung perfekt.

K: Nein gar kein Problem, ich schicke sie dir später gleich per Mail.

I: Super, vielen Dank!

K: Ja nochmal zu der Frage. Ich denke der eigentliche Gebrauch der Medientechnik ist wie bei einer Veranstaltung auf Plastikstrohhalme zu verzichten. Das sind die letzten 0,1% in einem gesamten Prozess. Für Nachhaltigkeit kann meiner Meinung nach im Voraus deutlich mehr gemacht werden.

I: Eine letzte Frage hätte ich noch: Kannst du besondere Hersteller oder Geräte, in Bezug auf Nachhaltigkeit empfehlen?

K: Ja, schon. Der Image2Pro von Barco ist Betriebssicher und ist immer wieder genau das richtige für die Anforderungen auf vielen Veranstaltungen, auch wenn er keine 4k Auflösung hat. Ansonsten kann ich immer D&B empfehlen. Vor nicht zu lange Zeit hatte ich auch viele Gespräche mit Samsung in Bezug auf eine von ihnen gebaute LED-Wand.

I: Vielen Dank für das Gespräch!

K: Sehr gerne! Melde dich nochmal gerne, falls ich dir sonst noch helfen kann. Ich schicke dir danach noch gleich die Folie!

E-Mail mit angelegter Folie zur Benutzung als Abbildung in dieser Arbeit:

AW: AW: AW: Bachelorarbeit zum Thema Nachhaltigkeitspotenziale Medientechnischer Einrichtungen

Von Jonas Krapf | NIYU am 2022-06-22 16:50

Von Jonas Krapf | NIYU
An Mathieu Bepoldin
Datum 2022-06-22 16:50
Alle Kopfzeilen...
Details Einfacher Text

Case Study_Folie_NIYU.pdf (~669 KB)

Hallo Mathieu,

anbei findest Du die gezeugte Folie. Falls Du noch was brauchst, gerne melden!

Viele Grüße,
Jonas

—

Jonas Krapf | Project Manager / Chief Sustainability Officer

Phone: +49 30 84710869-0
Mobile: +49 151 17108093
E-mail: krapf@niyu.de
Teams: Chat | Call

NIYU

NIYU GmbH
Ringbahnstr. 12 | 12099 Berlin | web: http://NIYU.de
Registry: Berlin-Charlottenburg HRB 168425 B
Managing Directors: N.Hocke, T.Hofmann

Haftungsauschluss // Disclaimer !

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Die Stellen der Arbeit, die andere Quellen im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen wurden, sind durch Angaben der Herkunft kenntlich gemacht. Dies gilt auch für Zeichnungen, Skizzen, bildliche Darstellungen sowie Quellen aus dem Internet.

Berlin, den 30. Juni 2022

_____

Mathieu Thomas Nicolas Bepoldin