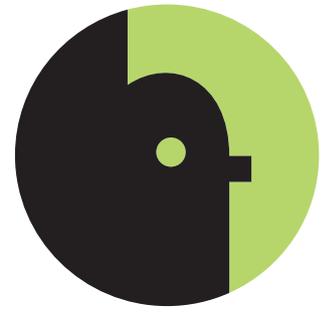


GREEN SCREENS, GREEN PIXELS AND GREEN SHOOTING



■ EIN BERICHT ÜBER VIRTUELLE PRODUKTION UND IHRE MÖGLICHKEITEN FÜR NACHHALTIGE FILMPRODUKTIONEN.

Nachhaltigkeit und Green Producing sind in allen Bereichen der Kreativwirtschaft sehr gefragt. Erfreulicherweise kommt dieses Thema bei Filmstudierenden sehr gut an und bietet somit eine hervorragende Chance für junge Talente, die neue und nachhaltige Methoden in kreativen Prozessen anwenden wollen. Gerade die digitale Transformation und insbesondere virtuelle Produktionsverfahren können hierbei eine wesentliche Rolle spielen. Faktoren, die hierbei berücksichtigt werden können, sind der Reiseaufwand, der Energieverbrauch für die Beleuchtung, die Komplexität der Postproduktion, Energiequellen und vieles mehr. Die Pandemie hat dazu beigetragen, dass entsprechende Technologien in der virtuellen Produktion zur gängigen Praxis geworden sind, insbesondere große LED-Wände für In-Kamera-Effekte (ICVFX).

Es liegen einige Berichte über die Umweltauswirkungen herkömmlicher Filmproduktionen vor [Screen New Deal 2020], wonach für Spielfilmproduktionen ein durchschnittlicher CO₂-Bedarf von 2840 Tonnen geschätzt wird (Abbildung 2). Bei diesen Produktionen wurden VFX jedoch nicht berücksichtigt. Bislang gibt es nur wenige bis keine Erkenntnisse über die Nachhaltigkeit von virtueller Produktion und wie sie im Vergleich zu herkömmlichen Offline-VFX-Produktionen abschneidet. Wir sehen uns zwei vergleichbare Produktionen genauer an: eine

entstand unter Einsatz von herkömmlichem Offline-Rendern und Postproduktion, die andere nutzte eine LED-Wand und ICVFX. Der Energiebedarf, die kreativen Möglichkeiten und die Skalierbarkeit sind Gegenstand der Untersuchung und weiteren Erörterung.

■ AUSGANGSBEDINGUNGEN

Bei den hier verglichenen Produktionen handelt es sich um die Offline-Produktion "Sprout" aus dem Jahr 2019 sowie um "Awakening", die jüngste virtuelle Produktion die im Rahmen des Set-Extension Workshops 2021 realisiert wurde, einem jährlichen Seminar an der Filmakademie Baden-Württemberg. Dabei lernen Studierende der kreativen Abteilungen (Produktion, Szenenbild, Bildgestaltung/Kamera, Beleuchtung, Animation und VFX), wie man an einem Greenscreen-Set arbeitet. Das Ziel des Seminars ist nicht unbedingt ein fertig produzierter Film. Da das Engagement der Studierenden an der Filmakademie jedoch sehr hoch ist, wurden einige der Workshop-Ergebnisse zu erfolgreichen Produktionen. Die Produktion "Obolus"¹ wurde zum Beispiel auf mehreren Festivals gezeigt und hat sogar einen Preis² gewonnen. Seit 2020 wird dieser Workshop mit einer LED-Wand realisiert. Für "Awakening" wurde eine 4x10 Meter große, gebogene LED-Wand mit LED-Panels mit einem 1.9 mm Pixelabstand³ verwendet. Der Energieverbrauch der Workstations

1 <https://youtu.be/wt0JGtXjoNk>

2 Spark Animation Festival 2017, WINNER, BEST VFX: Obolus

3 https://www.leditgo.de/files/pdf/LEDitgo_rXone_Datenblatt.pdf



ABBILDUNG 1: AM SET DER "AWAKENING"-PRODUKTION.

für die Vor- und Nachbearbeitung sowie die geschätzte Display-Leistung wurden um 30 % reduziert, um Schwankungen zu berücksichtigen, da die Studierenden auch an Besprechungen und anderen Terminen teilnahmen. Zu beachten ist auch, dass diese Workstations während des Arbeitstags nicht durchgehend bei maximaler Auslastung laufen (im Vergleich zu einer Rendering-Workstation mit maximaler Kapazität).

■ OFFLINE PRODUKTION "SPROUT"

Der größte Teil der Energie wurde bei dieser Produktion beim Offline-Rendering für die Postproduktion verbraucht. Die Studioaufnahmen wurden an 2 Tagen umgesetzt. Die Produktion umfasste 8 Einstellungen mit insgesamt 3233 Einzelbildern einschließlich VFX. Die Schätzung beinhaltet die übliche Anzahl von Re-Renderings derselben Einstellung. Unser internes Rendermanagement-System⁴ erfasst alle Aufträge in einer Datenbank. So konnten wir im Nachhinein auf diese Daten zugreifen. Die Aufträge wurden auf Servern in unserem Rechenzentrum und auf ungenutzten Workstations in Studierenden- und Unterrichtsräumen ausgeführt. Die Server liefern über einen internen Zähler Daten zum Stromverbrauch. Die Workstations wurden mit einem handelsüblichen Strommessgerät⁵ und dem Multi-CPU-Benchmark Cinebench R20⁶ gemessen. Wir haben die Messwerte mit Datenblättern und System-Tools verglichen und nur geringe Abweichungen festgestellt. Server wurden mit je 500 W veranschlagt. Die durchschnittlichen Render-Zeiten lagen zwischen 40 Minuten und bis zu 2

Stunden. Workstations wurden mit 380 W angesetzt. Die Vorproduktion (Previs, Techvis, Set Design) erforderte 100 Personentage (8 Stunden pro Tag). Die Postproduktion (Assets, Shading, Licht, Animation, Render-Test, Compositing) wurde innerhalb von 300 Personentagen durchgeführt. Die Displays wurden mit 80W veranschlagt. An der Vor- und Postproduktion waren 5 Studierende beteiligt. So ergab sich ein Stromverbrauch von insgesamt 5073 kWh (Abbildung 3 zeigt Details), der sich aus 4% Vorproduktion, 13% Postproduktion, 79% Offline-Rendering und 4% für die Displays zusammensetzte (Abbildung 4 links).

■ LED-WAND-PRODUKTION "AWAKENING"

Bei dieser Produktion wurde kein Greenscreen, sondern eine gebogene LED-Wand verwendet, um das reale Set durch einen virtuellen Hintergrund zu erweitern. Es wurden 8 Aufnahmen mit insgesamt 8898 Einzelbildern produziert. Der Energieverbrauch wurde während 2 Tagen und 17 Stunden auf 2 Hochspannungsleitungen gemessen. Dieser Zeitraum umfasste die gesamte Produktionszeit, bestehend aus einem Aufbau- und zwei Produktionstagen. Professionelle Energiemessgeräte⁷ zeichneten den Strom im Zeitverlauf auf, woraus wir den linearen durchschnittlichen Stromverbrauch bei 4,6 kW für 65 Stunden errechnet haben.

Der Gesamtenergieverbrauch für die LED-Wand betrug 299 kWh. Ein Quadratmeter unseres 10x4 Meter großen Aufbaus benötigte etwa 115 W.

4 <https://www.royalrender.de/>

5 Dewenwils DHPM101A Energy Power Meter

6 <https://www.maxon.net/en/cinebench>

7 Fluke 1730, <https://www.fluke.com/>

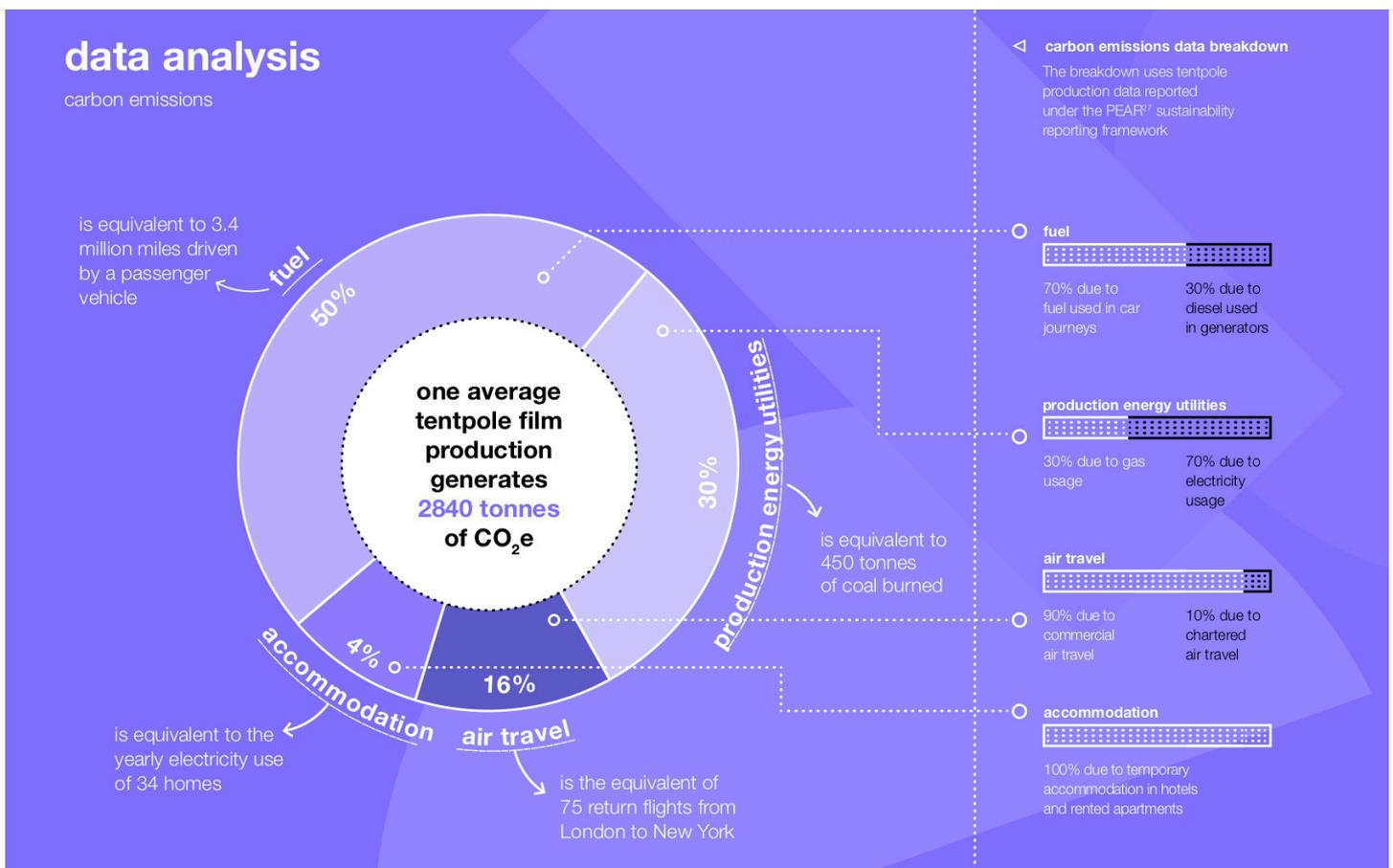


ABBILDUNG 2, KOHLENSTOFFEMISSIONEN FÜR SPIELFILM PRODUKTION GEMÄSS SCREEN NEW DEAL BERICHT VON 2020

Die Workstation, die das Bildmaterial für die LED-Wand lieferte, verfügte über 2 Nvidia RTX A5000-Grafikkarten mit einer Auflösung von jeweils 2560x2084 bei 50 Hz. Die maximale Leistungsaufnahme für dieses System betrug 550 W. Dies ergab einen Stromverbrauch von 11 kWh, wenn man einen Betrieb von 20 Stunden ohne Unterbrechung bei maximaler Kapazität über 1 Tag Set-Up und 2 Tage Produktion betrachtet. Da ein zusätzlicher Operator-Platz erforderlich war, verdoppeln wir diesen Wert.

Die Vorproduktion stellte höhere Anforderungen an die Vorbereitung der Assets, da diese bis zu den Produktionsstagen im Studio finalisiert werden mussten. Die in der Vorproduktion eingesetzten Workstations verfügten über aktuelle Grafikkarten und ihre maximale Systemlast wurde auf 500 bis 700 W festgelegt. Zu beachten ist, dass das System während der Vorproduktion nicht immer mit maximaler Leistung läuft. Dennoch haben wir in den 5 Wochen der Vorproduktion, an der 7 Studierende beteiligt waren, durchschnittlich 600 W angesetzt und somit insgesamt 588 kWh veranschlagt. An der Postproduktion waren 6 Personen weitere 5 Wochen lang beteiligt, was zu einem Verbrauch von 504 kWh führte. Man könnte hier eine niedrigere Zahl erwarten, da das Konzept von ICVFX davon ausgeht, dass alle am Set aufgenommenen Pixel endgültig sind. Es ist zu beachten, dass die Gesamtzahl der Einzelbilder fast 3-mal so hoch ist wie bei der Offline-Produktion. Die durchgeführten Arbeiten betrafen das Grading, digitale atmosphärische Effekte und die Übergänge zu vollständig computergenerierten Sequenzen. Der Gesamtstromverbrauch für die LED-Wand-Produktion wurde auf 1594 kWh geschätzt (Abbildung 3 zeigt Details), wovon 37% auf die Vorproduktion, 31% auf die Postproduktion, 10% auf die Displays, 19% auf die LED-Wand, 1% auf das LED-Wand-Rendering und 2% auf das Offline-Rendering entfallen (Abbildung 4 rechts).

| | Maximale Leistung |
|-------------------------|-------------------|
| Render node | 0,5 kW |
| Workstation | 0,38 kW |
| Display | 0,085 kW |
| Real-time Workstation | 0,6 kW |
| LED Wand Render Rechner | 0,55 kW |

| Produktionsstage im Studio | Sprout (Offline) | | Awakening (virtuelle Produktion) | |
|-------------------------------|------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|
| | 2 days | | 2 days | |
| Einzelbilder mit VFX | 3233 frames | | 8898 frames | |
| Vorproduktion | 100 person days | 213 kWh | 175 person days | 588 kWh |
| Postproduktion | 300 person days | 638 kWh | 150 person days | 504 kWh |
| Displays (Vor- und Postprod.) | 400 person days | 190 kWh | 325 person days | 155 kWh |
| Offline Rendering | | 4032 kWh | | 27 kWh |
| LED Wand | | | | 299 kWh |
| Real-time Rendering | | | | 22 kWh |
| | | 5073 kWh | | 1594 kWh |

Abbildung 3: Individueller Energiebedarf. Zu beachten ist, dass Displays, Vor- und Postproduktion um 30% reduziert wurden, da die Systeme nicht 8 Stunden mit maximaler Leistung laufen.

BELEUCHTUNG AM SET

Bei beiden Produktionen wurde Studiobeleuchtung eingesetzt, was im Hinblick auf die Energiebudgets signifikant ist. Wir haben diese nicht in die Energieberechnung einbezogen, da beide Produktionen in gleichem Maße zusätzliche Beleuchtung verwendet haben. Die LED-Wand selbst diente zwar als Lichtquelle, benötigte aber Zusatzbeleuchtung.

AUSNAHMEN

Der Energieverbrauch für Kühlung und Datenspeicherung wurde zu diesem Zeitpunkt nicht berücksichtigt. Angesichts der aktuellen Zahlen gehen wir davon aus, dass die Offline-Produktion einen höheren Kühlungs- und Speicherbedarf hatte, da die Daten über einen längeren Zeitraum erstellt wurden. Wir planen, diese Themen in zukünftigen Berichten zu untersuchen.

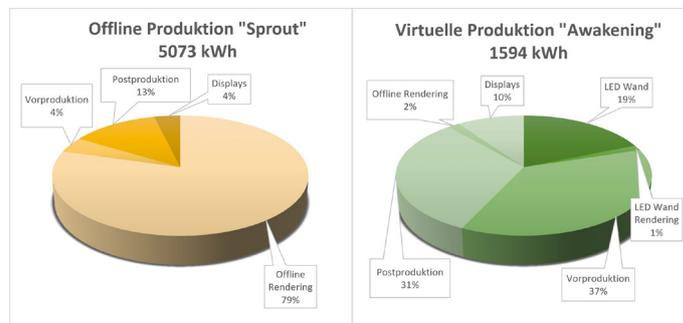


Abbildung 4, Gesamtstromverbrauch Offline und LED-Wand-Produktion

FAZIT

Mehrere Aspekte erscheinen uns interessant. Insbesondere zeigt Abbildung 3, dass eine virtuelle Produktion etwa ein Drittel der Energie einer vergleichbaren offline gerenderten Produktion benötigen kann. Daher kann die virtuelle Produktion als nachhaltige und umweltbewusste Produktionstechnik angesehen werden. Dies gilt vor allem dann, wenn sie mit erneuerbarer Energie betrieben wird, wie es an der Filmakademie Baden-Württemberg praktiziert wird. Darüber hinaus können Reisekosten reduziert werden, da reale Sets zu virtuellen Umgebungen für LED-Wand-Studios digitalisiert werden können. Auf der ganzen Welt öffneten in der letzten Zeit LED-Wand-Studios. Solche Studioanlagen können lokal gemietet werden, sodass Unternehmen, die virtuelle Produktion anwenden wollen, nicht unbedingt ein eigenes Studio benötigen. Im betrachteten Beispiel produzierte die LED-Wand-Produktion mehr Material (Einzelbilder) in derselben Zeit am Set verglichen mit der Offline-Produktion.

Abgesehen von Nachhaltigkeitsaspekten bietet die virtuelle Produktion auch eine einzigartige Gelegenheit zur Demokratisierung des Filmemachens, die über den Dreh mit LED-Wänden hinausgeht. Tools für digitale kollaborative Prävisualisierung, Set-Design, Beleuchtung und Drehplanung sind zu geringen Kosten [SAUCE 2020, VPET 2018] auf Consumer-Hardware verfügbar. Eines der Hauptziele der virtuellen Produktion ist es, kreative Entscheidungen zurück ans Filmset zu bringen und gleichzeitig interaktive Echtzeit-Visualisierungen für Schauspieler*innen, Kameraleute und anderes Personal am Set zu ermöglichen. Potenziell kann das endgültige Bild sogar am Set erstellt werden, ohne dass umfangreiche Nachbearbeitungen wie Compositing erforderlich sind. Da die Postproduktion nicht mehr von den Dreharbeiten getrennt ist, kann man davon ausgehen, dass die Kreativität und Effizienz generell zunimmt. Damit einher geht jedoch ein erhöhter Anspruch an das technische Verständnis in allen Abteilungen und die Bereitschaft, sich auf neue Verfahren und Methoden einzustellen. Die Filmakademie Baden-Württemberg ist darauf bedacht, diese Herausforderungen in ihrem umfassenden Curriculum, durch ihren internen Forschungs- und Entwicklungsbereich und durch ihr Engagement bei industriellen und akademischen Forschungsprojekten auszubauen.

Auch wenn dieses Fazit wie ein klares Votum für die virtuelle Produktion klingt, denken wir, dass sie keine Lösung für alle Aspekte einer Filmproduktion darstellt. Sie sollte als eine wertvolle Möglichkeit betrachtet werden, in Zeiten, in denen umweltfreundliche und nachhaltige Lösungen gefragt sind. Der herkömmliche Greenscreen wird jedoch weiterhin Teil unseres Lehrplans sein.

Schließlich möchten wir die Skalierbarkeit der Ergebnisse betrachten, da die LED-Wand im Vergleich zu

professionellen Studios mit Decken und Seitenwänden relativ klein war. In Anbetracht des geringeren Umfangs der Offline-Studierendenproduktion ("Sprout") in Hinblick auf Komplexität und Render-Zeiten ist auch diese nicht vergleichbar mit einer aktuellen Blockbuster-Produktion, an der mehrere Postproduktionsfirmen beteiligt sind.

■ ZUSÄTZLICHE ANMERKUNGEN

Wir hoffen, dass dieser Bericht ein deutliches Zeichen für die Möglichkeiten neuer Produktionstechnologien und -methoden gesetzt hat. Es stellt sich jedoch die Frage nach der gängigen Praxis in großen Studios, wo durchschnittliche Render-Zeiten von bis zu 350 Stunden pro Einzelbild Realität sind [Pixar 2021]. Während dieses Beispiel sicherlich nicht für alle Einstellungen eines Films gilt, bleiben einige Fragen offen: Ist physikalische Korrektheit wirklich eine Voraussetzung für einen Animationsfilm? Könnte etwas, das weniger Energie verbraucht, visuell ebenso beeindruckend sein (z. B. durch geschickte Optimierung, wie sie in der Games-Entwicklung aufgrund von Hardware-Beschränkungen üblich ist)? Kann der intelligente Einsatz von Compositing ein annähernd ähnliches Ergebnis erzielen? Die Denkweise, alle Ressourcen bis zur maximalen Kapazität zu nutzen, nur weil sie verfügbar sind, sollte angesichts der Notwendigkeit, Filmproduktionen nachhaltiger zu gestalten, überprüft werden.

■ QUELLENANGABEN

Steve May. 2021. Pixar Special Event:
How Pixar Sees Real Time Technologies Impacting Feature Animation Pipelines.
Real-time Conference 2021. Retrieved January 17, 2022 from <https://realtimeconference.com/>

Simon Spielmann, Volker Helzle, Andreas Schuster, Jonas Trottnow, Kai Götz, and Patricia Rohr. 2018.
VPET: Virtual Production Editing Tools.
In: ACM SIGGRAPH 2018 Emerging Technologies (Vancouver, British Columbia, Canada)(SIGGRAPH '18). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 22, 2 pages.
<https://doi.org/10.1145/3214907.3233760>

Jonas Trottnow, William Greenly, Christian Shaw, Sam Hudson, Volker Helzle, Henry Vera, and Dan Ring. 2020.
SAUCE: Asset Libraries of the Future.
In: The DigitalProduction Symposium (Virtual Event, USA) (DigiPro '20). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 3, 5 pages.
<https://doi.org/10.1145/3403736.3403941>

albert, 2020.
Screen New Deal. [online].
[Accessed 02/02/2022]. Available from:
<https://bit.ly/3GkyKoe>

■ DATUM DER VERÖFFENTLICHUNG

Februar 2022

■ AUTOREN

Prof. Volker Helzle, Simon Spielmann, Jonas Trottnow.
Contributors: Joachim Genannt, John Sverre Holth, Holger Schönberger, Paul Golter, Benjamin Gättschmann and Philipp Dörrer.

■ KONTAKT

Filmakademie Baden-Württemberg GmbH
Animationsinstitut
Akademiehof 10
71638 Ludwigsburg

research@filmakademie.de
www.filmakademie.de
www.animationsinstitut.de
research.animationsinstitut.de