

Generatives Design

Wie unterstützt generatives Design die Gestaltungsprozesse?

Alexandros Loukaridis
MatNr. 1234567
Axelander@hft-stuttgart.de

Valentin Franco
MatNr. 1234568
Frankva@hft-stuttgart.de

Zusammenfassung—Diese Seminararbeit untersucht den Einfluss des generativen Designs auf kreative Gestaltungsprozesse. Durch die Analyse der Grundlagen, Methoden, Anwendungen und Herausforderungen des generativen Designs wird die zentrale Fragestellung beantwortet: Wie unterstützt generatives Design die kreativen Gestaltungsprozesse?

Im Verlauf der Arbeit werden die Grundlagen erläutert, wobei die Definition, ein historischer Überblick, die Rolle von KI in generativem Design und die benötigten Technologien dazu erklärt werden.

Ein zentraler Schwerpunkt liegt auf den Methoden und dem Designprozess des generativen Designs. Unterschiedliche Ansätze und Techniken werden analysiert, um die Umsetzung der Designmethoden in kreative Gestaltungsprozesse zu veranschaulichen. Dabei wird nur auf computergestützte Methoden eingegangen und das unter der Annahme des ein Grundwissen über Künstliche Intelligenz besteht.

Des Weiteren werden Anwendungen des gD! (gD!) in verschiedenen Branchen betrachtet, um den Mehrwert zu verdeutlichen. Ein Fallbeispiel aus der Architektur sowie Anwendungen in anderen Bereichen werden präsentiert. Darüber hinaus erfolgt eine Vorstellung des Unternehmens Autodesk sowie seiner Softwarelösungen für Generatives Design, um einen umfassenden Einblick in den aktuellen technischen Stand zu geben.

Es werden die Herausforderungen erörtert und Ethische sowie rechtliche Aspekte diskutiert. Zum Abschluss werden auch die Auswirkungen technologischer Entwicklungen auf das gD! untersucht.

I. GRUNDLAGEN DES GENERATIVEN DESIGNS

Definition

Das Generative Design ist ein innovativer Ansatz, bei dem Algorithmen und computergestützte Methoden in den Gestaltungsprozess integriert werden. Es ermöglicht Designern, mithilfe vordefinierter

Regeln und Parametern automatisch Variationen und Iterationen von Designs zu generieren (Siehe ??). Im Zentrum steht die Idee, den Computer als kreativen Partner einzubeziehen, um komplexe und innovative Lösungen zu entwickeln, die über traditionelle manuelle oder konventionelle Ansätze hinausgehen.

Eine wichtige Methode im Generativen Design ist die Anwendung parametrischer Modelle. Diese Modelle beschreiben mathematische Zusammenhänge und Regelsysteme, die sowohl die formale als auch ästhetische Eigenschaften von Designs beschreiben und manipulieren können. Durch den Einsatz von Algorithmen und automatisierten Prozessen können Designer effizienter arbeiten und schnell verschiedene Variationen und Optionen erkunden, um neue Perspektiven zu gewinnen und innovative Lösungen zu entwickeln.

Materialersparnisse und Ressourcenoptimierung im Generativen Design

Ein bedeutendes Ziel des Generativen Designs liegt in den potenziellen Materialersparnissen und der Ressourcenoptimierung. Durch die Integration algorithmischer Methoden und parametrischer Modelle kann das Generative Design dazu beitragen, effizientere und ressourcenschonendere Designs zu entwickeln.

Durch den Einsatz generativer Designwerkzeuge können Designer komplexe Strukturen und Formen optimieren, um Materialverschwendung zu minimieren. Das Generative Design berücksichtigt Belastungen, Spannungen und andere physikalische Anforderungen und gestaltet Designs so, dass sie

die benötigte Festigkeit und Stabilität aufweisen, während unnötiges Material entfernt wird. Dadurch können erhebliche Materialersparnisse erzielt werden.

Darüber hinaus eröffnet das Generative Design Möglichkeiten für die Entwicklung von Leichtbaustrukturen, bei denen Material nur dort platziert wird, wo es benötigt wird. Dies führt zu einer erheblichen Reduzierung des Materialverbrauchs und kann zu Gewichtseinsparungen führen, was insbesondere in Bereichen wie der Luft- und Raumfahrt, der Automobilindustrie und der Architektur von großer Bedeutung ist.

Ein weiterer Aspekt ist die Optimierung der Materialwahl. Durch die Fähigkeit des Generativen Designs, komplexe Optimierungen und Simulationen durchzuführen, können Designer alternative Materialien und Materialkombinationen untersuchen, um die Effizienz und Nachhaltigkeit der Designs weiter zu verbessern. Dies ermöglicht es, umweltfreundlichere Materialien einzusetzen und den Einsatz von Ressourcen zu optimieren.

Die Integration von Generativem Design in den Gestaltungsprozess kann somit erhebliche Vorteile hinsichtlich Materialersparnis und Ressourcenoptimierung bieten, was zu nachhaltigeren und effizienteren Designlösungen führt. [20]

Historischer Überblick

Der historische Überblick des Generativen Designs reicht bis in die 1960er und 1970er Jahre zurück, als erste Experimente mit computergestützter Gestaltung durchgeführt wurden. Zu dieser Zeit begannen Designer und Forscher, den Einsatz von Algorithmen und computergestützten Methoden zu erkunden, um kreative Prozesse zu unterstützen.

In den folgenden Jahrzehnten wurden erhebliche Fortschritte in der Computertechnologie und der Algorithmik erzielt, was zu einer breiteren Anwendung generativer Designmethoden führte. Insbesondere mit dem Aufkommen leistungsfähiger Computer und der Entwicklung spezialisierter Designsoftware wurde das Potenzial des Generativen Designs weiter ausgeschöpft.

Heutzutage ist generatives Design in verschiedenen Bereichen der Gestaltung verbreitet. Dabei werden spezifische generative Designmethoden verwendet, um die jeweiligen Anforderungen und Herausforderungen in den einzelnen Bereichen zu bewältigen. [18]

*Rolle von **ki!** (**ki!**) in Generativen Design*

Künstliche Intelligenz (**ki!**) spielt eine entscheidende Rolle im generativen Design, da sie die Fähigkeiten von Designern erweitert und den kreativen Prozess unterstützt. Durch den Einsatz von **ki!**-Technologien wie maschinellem Lernen und Deep Learning können Designalgorithmen große Mengen an Daten analysieren, Muster erkennen und neue Designlösungen generieren. **ki!** ermöglicht es, komplexe Zusammenhänge und Anforderungen zu berücksichtigen und gleichzeitig innovative und effiziente Designs zu schaffen.

Ein wichtiger Aspekt ist die Optimierung von Designs. **ki!**-basierte Algorithmen können die Topologieoptimierung unterstützen (Siehe ??), um Materialien und Strukturen zu identifizieren, die die gewünschten Leistungsmerkmale erfüllen. Durch die Simulation und Bewertung verschiedener Designoptionen kann **ki!** helfen, optimale Lösungen zu finden, die herkömmlichem Design möglicherweise entgehen würden.

Darüber hinaus ermöglicht **ki!** auch die Integration von Benutzerpräferenzen und Designvorgaben. Durch das Lernen aus Nutzerfeedback und historischen Daten können **ki!**-Systeme personalisierte Designempfehlungen geben und den Designprozess auf die individuellen Bedürfnisse und Vorlieben der Benutzer abstimmen.

Die Rolle von **ki!** im generativen Design geht jedoch über die Automatisierung und Unterstützung von Designaufgaben hinaus. Sie eröffnet auch neue Möglichkeiten für kreative Exploration und die Schaffung neuartiger Designs. **ki!** kann dabei helfen, Designräume zu erforschen, unkonventionelle Lösungen zu identifizieren und innovative Konzepte zu generieren, die traditionelle Designansätze herausfordern.

Insgesamt trägt **ki!** dazu bei, den Designprozess effizienter, vielfältiger und kreativer zu gestalten.

Sie unterstützt Designer dabei, neue Ideen zu generieren, Designräume zu erkunden und optimale Lösungen zu finden, die den Anforderungen und Präferenzen der Benutzer gerecht werden. Durch die enge Verbindung von **ki!** und generativem Design eröffnen sich spannende Perspektiven für die Gestaltung zukünftiger Produkte und Systeme. [21] [22]

Benötigte Technologien für Generatives Design

Generatives Design erfordert oft große Rechenleistung und Speicherplatz, insbesondere bei komplexen Projekten. Aus diesem Grund ist Cloud-Computing eine geeignete Lösung, da es skalierbare Ressourcen in Form von virtuellen Maschinen und Speicherplatz bietet. Durch die Nutzung von Cloud-Computing können Designer auf leistungsstarke Recheninfrastruktur zugreifen und große Datenmengen effizient verarbeiten.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist das High-Performance Computing (HPC). Da generatives Design rechenintensiv ist und viele Iterationen und Optimierungsschritte erfordert, können HPC-Systeme mit Mehrkernprozessoren und paralleler Verarbeitung die Rechenzeiten erheblich verkürzen. Diese Systeme können entweder in einer Cloud-Infrastruktur oder lokal betrieben werden, je nach den Anforderungen des Projekts.

Generatives Design benötigt eine Menge an Daten, wie zum Beispiel topografische Informationen ??, Gebäudeparameter und Materialdaten. Daher ist eine robuste Infrastruktur für das Datenmanagement und die Integration von entscheidender Bedeutung. Dies umfasst die Einrichtung von Datenbanken, die Entwicklung von Datenpipelines und die Integration von Daten aus verschiedenen Quellen, um effektiv mit Daten umgehen zu können. Da große Unternehmen oft an verschiedenen Standorten verteilt sind, ist eine gute Netzwerkinfrastruktur notwendig.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Versionierung und Zusammenarbeit. Bei generativem Design ist es entscheidend, den Überblick über die verschiedenen Designiterationen zu behalten und eine nahtlose Zusammenarbeit zwischen den Teammitgliedern zu ermöglichen. Hier kommen Versionierungssysteme und kollaborative Plattformen zum

Einsatz, die die Verwaltung und Zusammenarbeit an gemeinsamen Projekten ermöglichen. Diese bieten eine Historie und erleichtern die Koordination zwischen Teams. [23]

II. METHODEN

Unter dem Oberbegriff des generativen Designs sind verschiedene Methoden zu finden, die sich teilweise stark voneinander unterscheiden. Je nach Branche und Designziel werden unterschiedliche Methoden angewendet. Im Folgenden werden einige aktuelle Designmethoden näher beschrieben.

Parametrisches Design

Parametrisches Design ist eine Methode, bei der Modelle auf einer Reihe von Parametern basieren. Diese Parameter sind variabel und können Eigenschaften wie Größe, Form, Proportionen, Materialien und andere designrelevante Merkmale eines Objekts oder einer Struktur repräsentieren. Bei der Anwendung des parametrischen Designs werden zunächst die Parameter festgelegt, die den Raum der möglichen Designs definieren. Anschließend werden Algorithmen oder Regeln entwickelt, die diese Parameter beeinflussen und miteinander in Beziehung setzen. Durch die Manipulation dieser Parameter können Designer verschiedene Variationen und Iterationen des Designs erzeugen. Der große Vorteil des parametrischen Designs liegt in seiner Flexibilität und Effizienz. Indem die Designentscheidungen auf Parameter abgebildet werden, können Änderungen an einem Parameter automatisch zu Änderungen im gesamten Design führen. Dies ermöglicht eine schnelle Exploration verschiedener Designoptionen und eine einfache Anpassung an veränderte Anforderungen. Darüber hinaus ermöglicht das parametrische Design auch die Optimierung von Designs. Durch die Verwendung von Optimierungsalgorithmen können Designer bestimmte Ziele oder Kriterien festlegen, die das Design erfüllen soll. Der Algorithmus sucht dann automatisch nach den besten Parametereinstellungen, um diese Ziele zu erreichen. Parametrisches Design wird vor allem in Branchen eingesetzt, die die Entwicklung komplexer und maßgeschneiderter

Designs erfordern und auf spezifische Anforderungen zugeschnitten werden müssen wie in der Architektur oder im Produktdesign.[2]

Evolutionäre Algorithmen

Diese Designmethode ist von den Prinzipien der biologischen Evolution inspiriert. Sie ermöglicht die automatisierte Generierung und Optimierung von Designs, indem eine vorher festgelegte Population von Designs erzeugt und iterativ weiterentwickelt wird. Der Startpunkt ist die erste Population, die aus einer zufälligen Auswahl möglicher Designs basierend auf einem zufälligen Satz von Parametern besteht. Diese Designs werden entweder vom Designer oder von einer KI mit einem *Fitness-Wert* versehen. Alternativ kann der Designer eine eigens programmierte Fitnessfunktion verwenden, in der er die Kriterien und Ziele festlegt, die das Enddesign erfüllen soll. Dadurch wird kein menschlicher Input mehr benötigt, bis ein Ergebnis erzielt wird. Anhand der bewerteten Designs wird dann die zweite Generation von Designs erstellt. Diese zweite Generation erbt die Eigenschaften der Designs aus der ersten Generation, die einen hohen *Fitness-Wert* hatten. Dieser Prozess wird wiederholt, bis ein zufriedenstellendes Ergebnis erreicht ist. Mit jeder Iteration werden die Designs immer besser an die Anforderungen angepasst.[3]

Generative Adversarial Networks (GANs)

Bei **GANs!** (**GANs!**) handelt es sich um zwei konkurrierende **KNN!** (**KNN!**), die im Austausch miteinander stehen. Ein **KNN!** ist dafür zuständig, reale Designs zu generieren und wird auch als Generator bezeichnet. Das andere **KNN!** ist für die Klassifizierung dieser Designs zuständig und wird als Diskriminator bezeichnet. Der Diskriminator bewertet die generierten Designs nach ihrem Realismus und gibt dieses Feedback an den Generator zurück. Um diese Bewertung durchführen zu können, muss der Diskriminator logischerweise auf realen und generierten Bildern trainiert sein, um den Unterschied zwischen ihnen mit hoher Wahrscheinlichkeit einschätzen zu können. Wie bei den evolutionären Algorithmen verbessern sich die Ergebnisse, die das **GAN!** (**GAN!**) liefert, mit der Anzahl der Iterationen.[4][11]

Topologieoptimierung

Bei der Topologieoptimierung handelt es sich um ein Verfahren, bei dem ein Designproblem als ein mathematisches Problem formuliert und von Algorithmen optimiert wird. Das Hauptziel dieses Designverfahrens ist es, solche Designs zu generieren, die den gegebenen Belastungsanforderungen standhalten können und möglichst Gewichtsoptimiert sind. Das wird durch eine Kombination von Künstlicher Intelligenz und Optimierungsalgorithmen realisiert.

Das Verfahren startet in einem vordefinierten Designraum in dem Parameter für verschiedenste Anforderungen wie Materialeigenschaften, Belastungskriterien und Zielparameter gesetzt werden. Anschließend sucht der Algorithmus nach Bereichen wo Material entfernt werden kann ohne die gesetzten Parameter zu verschlechtern. So entsteht oft organische und filigrane Designs die man in der Topologieoptimierung oft beobachten kann (??). Deshalb wird diese Art von Verfahren insbesondere in Branchen wie der Luft- und Raumfahrt und der Automobilindustrie verwendet, wo diese Eigenschaften von großer Bedeutung sind. [19]



Abbildung 1. Ein Türgriff mit Topologieoptimierung generiert

III. DESIGN PROZESS

Der generative Designprozess ist ein iterativer Kreislauf, der aus 7. Schritten besteht. Als erstes definiert der Designer mit seinem Kunden, was gebaut werden soll. In diesem Schritt werden grundlegende Kriterien festgelegt, wie im Kapitel 'Methoden' erläutert wurde. Außerdem hilft dieser Schritt dabei, das Projekt in kleinere Problemstellungen aufzuteilen und die Übersicht zu verbessern.

Hat man die Definitionsphase abgeschlossen, fängt man mit der Datensammelungsphase an. Diese

Phase legt genauere Anforderungen und Parameter fest, wie beispielsweise die Materialien, die für das Produkt verwendet werden sollen, oder die Proportionen, die das Produkt haben soll. Hierbei kommt es darauf an, um welches Projekt es sich handelt. Der Designer muss am Ende dieser Phase die Grenzen kennen, die teilweise aus den Anforderungen des Kunden, aber auch aus natürlichen Umständen bestimmt werden, insbesondere bei Bauprojekten.

In der dritten Phase des Designprozesses werden die Evaluationskriterien festgelegt, anhand derer die Software die erstellten Designs bewerten soll. Diese Phase ist besonders wichtig, da sie letztendlich darüber entscheidet, ob die Software mit den gesetzten Kriterien ein gutes Design erstellen konnte. Ausgehend von diesen Kriterien werden je nach angewandeter Methode die nächsten Gruppen an Designs erstellt. Das bedeutet wiederum, dass je präziser die festgelegten Evaluationskriterien sind, desto präzisere Designs kann die Software produzieren. Diese Anforderungen erfordern eine hohe Rechenleistung, die jedoch heutzutage von Computern bewältigt werden kann.

Die vierte Phase dient dazu ein erstes Modell zu generieren. Hierzu werden alle Daten in die Software eingetragen und die Beziehungen zwischen den Designelementen festgelegt. Hat man das bewerkstelligt kann man die Software nun das erste mal ausführen.

Der fünfte Schritt beinhaltet dann die Evaluation der Designs seitens der Software. Diese bewertet die generierten Designs nach den Evaluationskriterien, die in Schritt drei definiert wurden. Abhängig von der Komplexität des Projekts dauert dieses Verfahren wenige Minuten bis zu mehreren Stunden oder sogar Wochen. Es ist auch nicht ungewöhnlich, dass die Software in einer Iteration mehrere Hundert Designs erstellt.

Im sechsten Schritt entfernt die Software die Designs aus einer Iteration, die bei der Evaluation schlecht abgeschnitten haben. Dadurch kann in der nächsten Iteration mit höherer Wahrscheinlichkeit ein präziseres Ergebnis generiert werden.

Im letzten Schritt werden die Designs ausgewählt, die den Vorstellungen des Kunden entsprechen. Diese werden vor der finalen Lieferung noch

einmal vom Designer überarbeitet. [12] [15] [16]

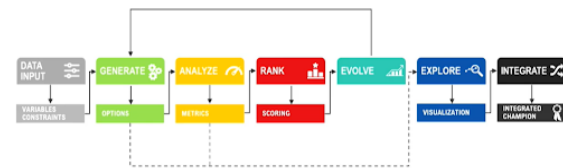


Abbildung 2. Generativer Designprozess Zyklus

Rolle des Designers

Mit den neuen Methoden des generativen Designs hat sich auch die Rolle des Designers im Entwicklungsprozess geändert. Dieser gestaltet nicht von Grund auf ein neues Produkt, sondern setzt seine Fähigkeiten und sein Fachwissen in Kombination mit Computersoftware ein. Dies hat die positive Auswirkung, dass der Designer einen erweiterten Zugang zu einem breiten Spektrum von Designmöglichkeiten hat und effizienter auf komplexe Designanforderungen reagieren kann. Darüber hinaus ermöglicht es dem Designer, neue und innovative Lösungen zu entwickeln, die durch die algorithmische Generierung von Designs unterstützt werden. Somit eröffnet das generative Design dem Designer neue kreative Perspektiven und erweitert seine gestalterischen Möglichkeiten. Diese neue Art zu designen eliminiert auch Restriktionen wie zeitliche Beschränkungen, manuelle Entwurfsbeschränkungen und Material- und Fertigungsbeschränkungen [16]

IV. ANWENDUNGEN DES GENERATIVEN DESIGNS

Anwendungen in Branchen

Das generative Design nimmt Einfluss in vielen verschiedenen Branchen. Darunterfallen Architektur, Automobilindustrie, Mode und Textilien, Produktgestaltung, Kunst und Design, Film und Animation, Werbung und Marketing, Spieleentwicklung, Medizin und Gesundheitswesen, Ingenieurwesen und Fertigung. Hier wird auf 3 genauer eingegangen. Architektur: Generatives Design wird in der Architektur eingesetzt, um Gebäudestrukturen

zu entwerfen. Durch die Verwendung von algorithmischen Methoden und parametrischen Modellen können Architekten komplexe und effiziente Konzepte entwickeln. Das Generative Design beeinflusst hier Parameter wie Materialverbrauch, Energieeffizienz und Raumoptimierung.

Produktgestaltung: In diesem Bereich eröffnet das generative Design neue Möglichkeiten zur Entwicklung maßgeschneiderter und funktional optimierte Produkte. Durch den Einsatz von Algorithmen und automatisierten Prozessen können Designer Variationen von Produkten generieren und diese an individuelle Kundenanforderungen anpassen. So können einzigartige Produkte mit verbesserten Leistungsmerkmalen geschaffen werden.

Automobilindustrie: In der Automobilindustrie wird das Generative Design verwendet, um leichtere und dennoch stabile Fahrzeugkomponenten zu entwickeln. Durch die Integration von algorithmischen Optimierungsmethoden können Ingenieure komplexe Strukturen gestalten, die mit herkömmlichen Ansätzen schwer umzusetzen wären. Das Ergebnis sind Fahrzeugkomponenten, die Gewicht einsparen und dadurch die Fahrzeugleistung verbessern. Selbes gilt für Aerodynamik und Festigkeit. [8] [9]

Generativ Design Software von Autodesk und Ablauf

Generative Design **gd!** Tools werden zunehmend in verschiedenen technischen Bereichen eingesetzt. Dabei handelt es sich um Software, die verschiedene Ansätze verwenden um Designprobleme/-anforderungen zu lösen. Ein Unternehmen, das sich stark auf die Entwicklung solcher **gd!**-Tools und deren Integration in herkömmliche **CAD!** (**CAD!**)-Umgebungen konzentriert hat, ist Autodesk. Autodesk hat das Projekt "Dreamcatcher" gestartet, dass sich seit 2014 der Entwicklung von **gd!**-Tools widmet. Nach fünf Jahren Entwicklung wurde die erste Version der kommerziellen **gd!**-Software veröffentlicht. Das **gd!**-Tool von Autodesk heißt Generative Design und ist in Fusion 360, einer **CAD!** (**CAD!**)-Software, integriert. Autodesk Generative Design bietet verschiedene Phasen im Arbeitsablauf, darunter:

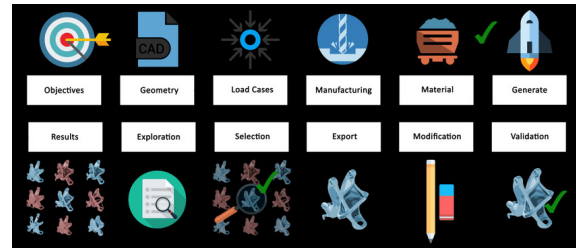


Abbildung 3. Autodesk Prozessablauf

1. Ziele: Der Benutzer kann zwischen zwei Optionen wählen, entweder die Masse zu minimieren oder die Steifigkeit zu maximieren. In beiden Fällen wird ein Sicherheitsfaktor benötigt. Bei Auswahl der zweiten Option muss der Anwender auch eine Zielmasse angeben, die die Optimierung erreichen soll.
2. Geometrie: Der Benutzer definierte die Bereiche, die von der Optimierung verschont bleiben sollen (Erhaltungsbereiche) und die Bereiche, die leer bleiben müssen (Hindernisbereich).
3. Lastfälle: Generative Design unterstützt Kräfte, Druck und Lagerlast. Es kann auch die Schwerkraft berücksichtigen. Die Lasten müssen auf die vorher erstellten Erhaltungsbereiche angewandt werden.
4. Fertigungsbeschränkungen: Der Benutzer kann Fertigungsbeschränkungen angeben, um die Fertigung später zu erleichtern (5-Achs-Fräsen, 4-Achs-Fräsen). Dies spart Produktionskosten ein.
5. Material: Generativ Design ermöglicht die Auswahl von bis zu zehn verschiedenen Materialien in einer Analyse.
6. Eingabeprüfung und Berechnung: Generative Design überprüft, ob alle erforderlichen Informationen korrekt sind. Wenn ja, werden die Optimierungen auf externen Servern durchgeführt.
7. Ergebnisse: Sobald die Ergebnisse auf dem lokalen Computer heruntergeladen sind, können diese Visualisiert werden.
8. Exploration: Generative Design bietet eine dedizierte Umgebung mit Visualisierungswerkzeugen, um die Ergebnisse geordnet darzustellen. Das hilft bei der Identifizierung der besten Lösung.
9. Auswahl: Der Anwender wählt die Lösung aus, die am besten den gewünschten Anforderungen entspricht und exportiert diese.
10. Export: das Design wird isoliert und für weitere Änderungen verfügbar gemacht. **CAD!** (**CAD!**)-

Geometrie des Teils wird in die Modellierungsumgebung von Fusion 360 importiert. 11. Modifikation: Nach dem Export der Lösung, muss es mit herkömmlichen **CAD!** (**CAD!**)-Tools bearbeitet werden, um Fehler zu beheben. 12. Validierung: Die Leistungsfähigkeit der exportierten Form muss durch zusätzliche Finite-Elemente-Analysen validiert werden. [7]

Generatives Design für Leichtgewicht

Durch das generative Design lässt sich die Materialeffizienz eines Designs verbessern, während die Leistungsparameter und Funktionalitätsanforderungen erhalten bleiben. Die Software entfernt Material an Stellen, an denen es nicht benötigt wird, und strukturiert es organisch um, basierend auf Stress- und Dehnungsmustern. Dadurch kann ein generativ gestaltetes Bauteil bei gleichbleibender Funktionalität eine Materialreduktion von bis zu 80 Prozent erreichen!



Abbildung 4. Generativ Designtes Bauteil

Die Herstellung generativ gestalteter Teile erfolgt oft durch additive Fertigung, auch bekannt als 3D-Druck. Additive Fertigung ermöglicht die effiziente Herstellung komplexer Designs, die mit herkömmlichen Verfahren schwer umsetzbar wären. Zwei 3D-Druckverfahren, Powder Bed Fusion (PBF) für Stahl und Fused Deposition Modeling (FDM) für Polycarbonat, sind die am weitesten verbreiteten.

Eine wichtige Komponente des generativen Designs ist die Software Autodesk Netfabb, die Werkzeuge zur Optimierung des 3D-Druck-Workflows bietet. Mit dieser Software können Stützstrukturen, Fütterungs- und Geschwindigkeitseinstellungen optimiert werden, um den Material- und Energieverbrauch zu minimieren.

Um die Umweltauswirkungen der generativ gestalteten Bauteile und des Herstellungsprozesses zu bewerten, wird eine umfassende Lebenszyklusanalyse (LCA) durchgeführt. Diese berücksichtigt den gesamten Lebenszyklus des Bauteils, einschließlich der Rohstoffverarbeitung, der Herstellung, der Nutzung und der Entsorgung. Die Ergebnisse zeigen, dass generativ gestaltete Teile, die mit additiven Verfahren hergestellt werden, eine geringere Umweltbelastung aufweisen als Teile, die mit herkömmlichen Verfahren gefertigt werden.

TestFit Plattform und Fallbeispiel in Rio de Janeiro

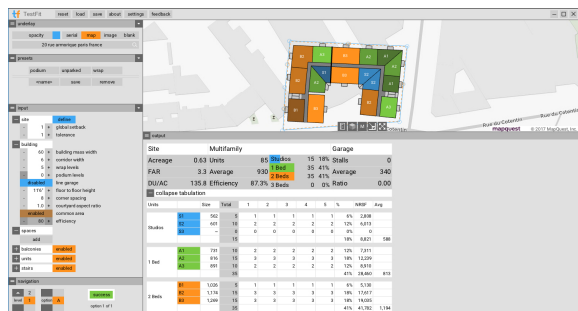
TestFit ist eine Software für generatives Design im Bauwesen. Sie wurde von der Firma TestFit Inc. entwickelt und bietet eine benutzerfreundliche Oberfläche zur Generierung von Anfangsentwürfen und zur finanziellen Machbarkeitsprüfung von Immobilienprojekten.

Die Software ist in vier Hauptbereiche unterteilt (??). Im oberen linken Bereich können verschiedene Projekte verwaltet und deren Eigenschaften wie städtebauliche Bedingungen, finanzielle Daten, Gebäude- und Einheitenmerkmale angepasst werden. Der untere linke Bereich ermöglicht detaillierte Bearbeitungen wie die Änderung der Gebäudehöhe oder der allgemeinen Gebäudekonfiguration.

Der große obere rechte Bereich der Software bietet verschiedene grafische Ressourcen wie 3D-Visualisierungen und 2D-Pläne, um die generierten Entwürfe zu visualisieren. Der untere rechte Bereich zeigt die generierten Lösungen an, wie die Anzahl der Einheiten pro Fläche und die finanziellen Ergebnisse des Projekts. Es können auch Vergleiche zwischen verschiedenen Entwurfsalternativen durchgeführt werden.

TestFit zeichnet sich durch seine generative Fähigkeit aus, mit der es anhand vorgegebener Parameter optimale Lösungen generiert. Es ermöglicht die Manipulation einer Vielzahl von Baumerkmale und bietet eine schnelle Algorithmusgenerierung. Die Software unterstützt auch die Erstellung, Bearbeitung und den Vergleich von verschiedenen Entwurfsalternativen.

Fallstudie in Rio de Janeiro, bei der das generative Design zur Optimierung der Raumplanung



und des Wohnungsbaus eingesetzt wurde. Das Ziel war es, mithilfe einer speziellen Software maximale Raumnutzung und eine vorgegebene Anzahl von Wohnungen mit bestimmten Größen und Anteilen zu erreichen.

Zunächst wurden bestimmte Kriterien definiert, um einen geeigneten Standort in Rio de Janeiro auszuwählen. Es wurde ein Bereich im Stadtteil Santo Cristo identifiziert, der die erforderlichen Voraussetzungen erfüllte, wie ausreichende Größe und bekannte Zonierungsbeschränkungen. Dieser Bereich wurde als "besonderes Gebiet von städtischem Interesse" eingestuft und bot steuerliche Vorteile für den Wohnungsbau.

Die generative Design-Software wurde verwendet, um Lösungen für den Wohnungsbau in diesem Gebiet zu generieren. Die Software ermöglichte die Eingabe verschiedener Parameter wie Gebäudehöhe, Gebäudekonfiguration, Flächennutzung und Wohnungsgrößen. Anhand dieser Parameter generierte die Software automatisch verschiedene Lösungsalternativen.

Zur Bewertung der generierten Lösungen wurden neun Parameter festgelegt, darunter die Gesamtbaufäche, die Anzahl der Einheiten, die durchschnittliche Wohnungsgröße und die Flächenproportionen der verschiedenen Wohnungstypen. Die Ergebnisse wurden analysiert, um festzustellen, inwieweit die Ziele der Maximierung der Raumnutzung und der Generierung der gewünschten Wohnungsanzahl und -größen erreicht wurden.

Es wurden mehrere Iterationen des generativen

Designprozesses durchgeführt, um die Lösungen kontinuierlich zu verbessern. Dabei wurden verschiedene Gebäudekonfigurationen und -layouts ausprobiert, um die gewünschten Ergebnisse zu erzielen. [17]

Fallbeispiel Heydar Aliyev Centre

Für das Heydar Aliyev Centre wurde die Software Rhino 3D verwendet. Rhino ist eine 3D-Modellierungssoftware, die sich durch ihre Vielseitigkeit und ihre Fähigkeit zur Generierung komplexer Formen auszeichnet.

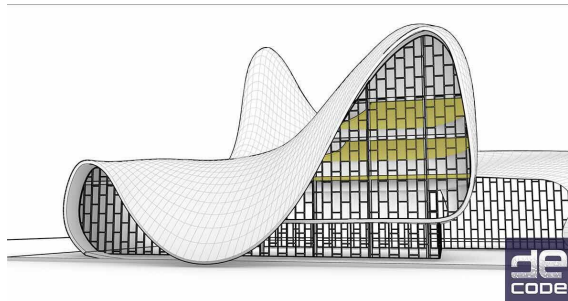


Abbildung 6. Heydar Aliyev Centre

Das Heydar Aliyev Centre in Baku, Aserbaidschan ist ein architektonisches Meisterwerk von Zaha Hadid (??). Es vereint Kunst, Kultur und Geschichte und beeindruckt mit seinen fließenden Formen und der innovativen Raumgestaltung. Bei der Gestaltung wurde generatives Design verwendet, um die organischen Kurven und fließenden Formen des Gebäudes zu schaffen. Das Design-Team legte verschiedene Parameter und Kriterien fest wie beispielsweise Raumfunktionen, Nutzungsanforderungen, ästhetische Präferenzen und strukturelle Stabilität. Basierend auf diesen Parametern konnte das System unzählige mögliche Designs generieren. Dabei wurden Aspekte wie räumliche Effizienz, natürliche Belichtung, Zugänglichkeit und visuelle Harmonie berücksichtigt. Das generative Design ermöglichte es den Architekten, schnell eine Vielzahl von Variationen zu erforschen und diejenige auszuwählen, die am besten den Anforderungen entsprachen. Das Ergebnis ist ein einzigartiges und faszinierende architektonisches Konzept, das ohne den Einsatz von generativem Design

vermutlich nicht realisierbar gewesen wäre. Dieses Bauwerk zeigt, wie computergesteuerte Designmethoden neue Horizonte eröffnen. Generatives Design hat nicht nur zur Schaffung eines ikonischen Gebäudes beigetragen, sondern es hat auch die Effizienz und Nachhaltigkeit des Designs verbessert. Durch die Berücksichtigung von Faktoren wie Energieeffizienz und optimierte Raumnutzung konnte das Heydar Aliyev Centre eine umweltfreundliche und ressourcenschonende Architektur realisieren. [5]

V. HERAUSFORDERUNGEN UND ZUKUNFTSAUSSICHTEN

Ethische und rechtliche Aspekte

Durch das generative Design ergeben sich einige ethische und rechtliche Fragestellungen. Eine bedeutende im Bereich der Ethik betrifft die Zuordnung der Originalität und Urheberschaft von generierten Werken. Wessen Eigentum ist das entstandene Werk, da das Werk auf Algorithmen und computergenerierten Prozessen basiert, stellt sich die Frage, ob der Algorithmus oder der Designer der Schöpfer des Werkes ist. Das wirft Fragen hinsichtlich geistiger Eigentumsrechte auf. Die nächste Frage, die sich stellt, welche Auswirkungen hat das generative Design hinsichtlich der Arbeit und des Berufslebens? Durch die Automatisierung der Erstellung von Design-Lösungen fällt einige Arbeitszeit weg oder komplette Arbeitsplätze. Traditionelle kreative Berufsfelder könnten komplett wegfallen. Gesellschaftlich muss überlegt werden, wie man damit umgeht.

Rechtlich interessant wird es beim Thema Haftung und Verantwortung im Falle von Fehlern oder Schäden im Zusammenhang mit generierten Lösungen. Wer trägt die Verantwortung, wenn ein Algorithmus oder die KI-Software versagt? Hat der Anwender nicht ausreichend geprüft und der Software blind vertraut oder gibt es einen Fehler in der Software? Hier muss ein klarer rechtlicher Rahmen geschaffen werden, um potenzielle Streitigkeiten zu verhindern und dem Anwender klare Vorgaben geben. Ein weiterer rechtlicher Kritikpunkt betrifft mögliche Verletzungen des geistigen Eigentums. Es können Werke oder Designs erstellt werden,

die Ähnlichkeiten mit urheberrechtlich geschützten Werken aufweisen. Dies kann unbeabsichtigt und beabsichtigt passieren. Es sollte sorgfältig überprüft werden ob Werke gegen bestehende Eigentumsrechte verstoßen. [6]

Technologische Entwicklung

Das Generative Design ist noch eine relative Junge Disziplin. Es steht in engem Zusammenhang mit technologischen Weiterentwicklungen. Mit der kontinuierliche steigenden Rechenleistung werden komplexe Generierungsalgorithmen und Simulationen schneller und effizienter. Dies ermöglicht die Verarbeitung wesentlich größerer Datenmengen für noch präzisere Ergebnisse. Die Integration von KI-Technologien wie maschinelles Lernen oder Deep Learning eröffnet spannende Perspektiven. Generative Algorithmen können dazu lernen, Muster zu erkennen, Vorlieben von Menschen zu verstehen und auf Basis dieser Erkenntnisse bessere Lösungen zu generieren. Fortschritte in der 3D-Drucktechnologie ermöglicht die Erstellung gestalteter Objekte und Strukturen direkt aus den digitalen Modellen. Das ermöglicht neue Möglichkeiten um komplexe Designlösungen, die mit herkömmlichen Produktionsmöglichkeiten nur sehr aufwändig erstellt werden können, sehr einfach, materialsparend und kostengünstig zu erstellen. **vr!** (**vr!**) und **ar!** (**ar!**): **vr!** (**vr!**)- und **ar!** (**ar!**)-Technologien eröffnen die Möglichkeit zur Visualisierung und Interaktion mit generativem Design. Der Anwender kann eine virtuelle Umgebung nutzen, um seine Ideen zu visualisieren und testen, bevor sie physisch umgesetzt werden müssen. **ar!** (**ar!**) ermöglicht, generative Lösungen in die reale Welt zu projizieren und in verschiedenen Kontexten zu betrachten. Dies ermöglicht ein komplett anderes Design-Feedback. Der Zugriff auf immer größer werdende Datenmengen und der Fortschritt in der damit zusammenhängenden Datenanalyse ermöglicht die Erstellung von individuelleren Lösungen. Durch die Analyse von Benutzerdaten, Trends und anderen relevanten Informationen können generative Algorithmen personalisierte Modelle erstellen und auf spezifischere Wünsche besser reagieren. [10]

VI. FAZIT

Vorteile

Effizienzsteigerung: Generatives Design ermöglicht eine schnellere Erstellung und Optimierung von Designs durch automatisierte Prozesse und Algorithmen.

Individualisierung: Durch die Anpassung an spezifische Parameter und Anforderungen können generative Designlösungen personalisierte und maßgeschneiderte Ergebnisse liefern.

Innovationspotenzial: Generatives Design eröffnet neue Möglichkeiten für kreative Lösungen und ermöglicht die Exploration unkonventioneller Ideen und ästhetischer Ausdrucksformen.

Nachhaltigkeit: Durch die Optimierung von Material- und Ressourceneinsatz sowie die Gewichtsreduzierung und Energieeffizienz kann generatives Design zu umweltfreundlicheren Produkten und Strukturen beitragen.

Zusammenarbeit: Generatives Design fördert die Zusammenarbeit zwischen Designern, Ingenieuren und anderen Fachleuten durch den Einsatz von kreativen Tools und Plattformen. [12] [13]

Nachteile

Verlust traditioneller Arbeitsfelder: Die Automatisierung von Designprozessen kann zur Reduzierung oder zum Wegfall von Arbeitsplätzen in bestimmten Bereichen führen.

Ethische Fragen: Generatives Design wirft Fragen hinsichtlich der Urheberschaft, des geistigen Eigentums und der Verantwortung auf, da die Beteiligung von Algorithmen und computergenerierten Prozessen den kreativen Schöpfungsprozess beeinflusst.

Komplexität: Die Anwendung generativer Designmethoden erfordert spezifisches technisches Wissen und Fähigkeiten, um komplexe Algorithmen und Tools zu verstehen und zu nutzen.

Abhängigkeit von Daten: Generatives Design basiert auf der Verarbeitung großer Datenmengen. Der Zugriff auf relevante und qualitativ hochwertige Daten kann eine Herausforderung darstellen.

Technologische Einschränkungen: Die effektive Anwendung generativer Designmethoden kann von

den verfügbaren technologischen Ressourcen, wie Rechenleistung und Software, abhängen. [13]

Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass generatives Design eine transformative Kraft in der Gestaltungswelt darstellt. Es bietet eine Vielzahl von Vorteilen, darunter Effizienzsteigerungen, Individualisierungsmöglichkeiten, Innovationspotenzial und Nachhaltigkeit. Durch den Einsatz automatisierter Prozesse und Algorithmen können Designer schneller und präziser arbeiten und maßgeschneiderte Lösungen entwickeln. Das generative Design eröffnet auch neue kreative Möglichkeiten und fördert die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Fachbereichen.

Jedoch sollten auch die potenziellen Nachteile und Herausforderungen berücksichtigt werden. Der Verlust traditioneller Arbeitsfelder, ethische Fragen bezüglich Urheberschaft und Verantwortung, sowie technologische Einschränkungen und die Abhängigkeit von Daten können Herausforderungen darstellen. Es ist wichtig, diese Aspekte zu berücksichtigen und geeignete Lösungsansätze zu entwickeln, um die Vorteile des generativen Designs zu maximieren und mögliche Herausforderungen zu bewältigen.

Insgesamt bietet generatives Design ein großes Potenzial für die Zukunft der Gestaltung. Die Kombination aus menschlicher Kreativität und algorithmischer Intelligenz eröffnet neue Wege für die Gestaltung von Produkten, Strukturen und Erfahrungen. Es ist jedoch wichtig, den menschlichen Gestaltungsprozess nicht zu vernachlässigen und eine ausgewogene Integration von Technologie und kreativem Denken zu finden. Durch eine bewusste Auseinandersetzung mit ethischen, rechtlichen und technologischen Fragen kann generatives Design zu einer positiven Veränderung in der Designwelt führen und innovative Lösungen hervorbringen.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

LITERATURVERZEICHNIS

LITERATUR

- [1] Morey, Bruce. "Generative Design Software Exploits AI to Change How New Vehicles, Equipment Are Designed.SSAE Media Group (April 1, 2018). <https://www.mobilityengineeringtech.com/component/content/article/tohe/pub/regulars/technical-innovations/43467?r=43251>
- [2] Caetano, Inês. "Computational design in architecture: Defining parametric, generative, and algorithmic design." <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095263520300029>
- [3] McCormack, Jon. *Generative Design: A Paradigm for Design Research*. <https://dl.designresearchsociety.org/cgi/viewcontent.cgi?article=2327&context=drs-conference-papers>
- [4] Kunfeng, Wang. *Generative Adversarial Networks: Introduction and Outlook*. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8039016>
- [5] Smorzhenkov, Nikita. *The use of generative design for the architectural solutions synthesis in the typical construction of residential buildings*. https://www.researchgate.net/publication/352966984_The_use_of_generative_design_for_the_architectural_solutions_synthesis_in_the_typical_construction_of_residential_buildings
- [6] Ostwald, Michael J. *Ethics and the auto-generative design process*. https://www.researchgate.net/publication/232914987_Ethics_and_the_auto-generative_design_process
- [7] Furfuro, Rocco. *Generative Design: An Explorative Study*. https://www.researchgate.net/profile/Rocco-Furferi/publication/341586741_Generative_Design_An_Explorative_Study/links/5ecf8379458515294518585c/Generative-Design-An-Explorative-Study.pdf
- [8] Stürzer, Dominik. *A Short Introduction To Generative Design*. <https://bigrep.com/posts/generative-design/>
- [9] Miles, Dan. *What Is Generative Design, and How Can It Be Used in Manufacturing*. <https://redshift.autodesk.com/articles/what-is-generative-design>
- [10] Pellens, Bram A. *Conceptual Modelling Approach for Behavior in Virtual Environments using a Graphical Notation and Generative Design Patterns*. <https://researchportal.vub.be/en/publications/a-conceptual-modelling-approach-for-behavior-in-virtual-environment>
- [11] Luber, Stefan / Litzel Nico. *Was ist ein Generative Adversarial Network (GAN)?*. <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-ein-generative-adversarial-network-gan-a-999817/>
- [12] formlabs *Generative Design 101*. <https://formlabs.com/blog/generative-design/>
- [13] Zwettler, Monika. *Was ist ein eigentlich Generatives Design?*. <https://www.konstruktionspraxis.vogel.de/was-ist-eigentlich-generatives-design-a-931380/>
- [14] Aditi. *Advantages and Disadvantages of Generative Design?*. <https://www.infurnia.com/blog/generative-design-pros-cons>
- [15] Archistar *The Generative Design Process – The Seven Key Stages That You Need to Know About*. <https://www.archistar.ai/blog/the-generative-design-process-the-seven-key-stages-that-you-need-to-know-about/>
- [16] Nicola, Pilagatti *Generative Design and new designers' role in the manufacturing industry*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827122011507>
- [17] Ashby, M. F. *How Generative Design Can Make Your Product More Sustainable*. <https://www.autodesk.com/autodesk-university/de/node/84137>
- [18] inergency. *Generative design in civil construction: a case study in Brazil*. <https://inergency.com/generative-design-in-civil-construction-a-case-study-in-brazil/>
- [19] Sixuan, Li. *Generative Design*. <https://medium.com/@sixuanli/generative-design-61cdb7fa89fb>
- [20] ZHO, Jihong. *A review of topology optimization for additive manufacturing: Status and challenges*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1000936120304520>
- [21] Mickael Brossard, Giacomo Gatto, Alessandro Gentile, Tom Merle, Chris Wlezien *How generative design could reshape the future of product development*. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/how-generative-design-could-reshape-the-future-of-product-development>
- [22] Suzuki, Emily. *AI: The Other Designer In The Room*. <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/blog/ai-the-other-designer-in-the-room/>
- [23] Felix Wunner, Tino Krüger, Bernd Gierse. *How AI-driven generative design disrupts traditional value chains*. <https://www.accenture.com/us-en/blogs/industry-digitization/how-ai-driven-generative-design-disrupts-traditional-value-chains>
- [24] English, Trevor. *How Generative Design is Transforming Infrastructure and Design*. <https://interestingengineering.com/innovation/how-generative-design-is-transforming-infrastructure-and-design>

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

- KI** Künstliche Intelligenz
GD Generatives Design
gD generativen Designs
GAN Generative Adversarial Network
GANs Generative Adversarial Networks
CAD computer aided design
VR Virtual Reality
AR Augmented Reality
KNN Künstliches Neuronales Netzwerk