



**Hochschule für Technik  
und Wirtschaft Berlin**

*University of Applied Sciences*

IndustrialVR – Erstellung einer Virtual Reality Anwendung mit  
Unity auf Basis von 3D-CAD Daten.

**Projektbericht**

**Studiengang:**  
Internationale Medieninformatik

**Betreuer:**  
Prof. Dr.-Ing. Carsten Busch / Alexander Kramer

**Autor:**  
Chris Wodäge

Independent coursework  
Sommersemester 2018



# Eigenständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Masterarbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Quellen und Hilfsmittel verfasst habe. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Stadt, den xx.xx.xxxx

Max Mustermann

# Abkürzungsverzeichnis

**CAD** computer-aided design / rechnerunterstütztes Konstruieren

**WEA** Windenergieanlage

# Abbildungsverzeichnis

1.1	Aufbau einer WEA. . . . .	3
1.2	Aufbau einer WEA im Detail. . . . .	4
2.1	Ergebnis des Exportes der WEA aus der CAD-Anwendung bestehend aus 494.988 Polygonen. . . . .	9
2.2	Shadingfehler am Exportmodell. . . . .	10
2.3	Ergebnis der Retopologisierung bestehend aus 12.182 Polygonen. . . . .	11

# Inhaltsverzeichnis

<b>Eigenständigkeitserklärung</b>	<b>II</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>III</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>IV</b>
<b>1 Einführung</b>	<b>1</b>
1.1 Einleitung . . . . .	1
1.2 Motivation . . . . .	2
1.3 Fachlicher Kontext . . . . .	3
<b>2 Umsetzung</b>	<b>6</b>
2.1 Datenverarbeitung in CAD . . . . .	6
2.1.1 Anwendungsbereiche von CAD . . . . .	6
2.1.2 3D-Modellierung in CAD . . . . .	7
2.1.3 Datei- und Exportformate in CAD . . . . .	8
2.2 Aufbereitung der 3D-CAD Daten . . . . .	9
2.2.1 Analyse des CAD-Exports . . . . .	9
<b>Literatur</b>	<b>A</b>
<b>Anhang</b>	<b>B</b>
A Quellen . . . . .	B
B Software . . . . .	B

# Kapitel 1

## Einführung

### 1.1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Fragestellung, ob und wie ein technisch konstruiertes CAD-Modell bspw. eine Maschine, ein Auto oder wie in diesem Fall eine Windenergieanlage (WEA) in das Echtzeitsystem Unity überführt werden kann. Dazu wird untersucht welche Möglichkeiten des Exportes professionelle Konstruktionsprogramme anbieten und wie die Qualität dieser 3D-Modelle beschaffen ist. Anhand eines Beispiels werden die Zwischenschritte einer Aufbereitung beschrieben und Vergleiche mit einer Software gezogen, die diese Aufbereitung automatisch übernimmt. An diesem Beispiel soll ebenfalls das Rigging und die Animierung in Maya sowie die Erstellung eines Prototypen in Unity demonstriert werden.

## 1.2 Motivation

Ein guter Freund, ein Ingenieur aus dem Maschinenbau und leidenschaftlicher VR-Spieler trat mit einer Idee an mich heran. Er wolle eine von ihm und seiner Firma konstruierte Maschine gerne einmal in VR betrachten. Er wisse aber nicht wie eine solche Anwendung umzusetzen sei bzw. ob es überhaupt möglich sei. Ich schlug ihm vor, dass wir als Technologie Unity als Laufzeit- und Entwicklungsumgebung nutzen können. Nach einer kurzen Recherche zur Kompatibilität von CAD-Formaten und den gängigen 3D-Formaten stellten wir fest, dass ein Import von CAD-Modellen generell möglich sein muss. Da die Firma aber wie zu erwarten der Weitergabe dieser Daten nicht zustimmte beschlossen wir auf ein Modell aus seinem Studium zurückzugreifen. Die von ihm und seinen Kommilitonen in einem Projekt konstruierte WEA stellt eine voll funktionsfähige Windenergieanlage zur Stromerzeugung dar. Dieses Modell konnten wir ohne Probleme in eine Unityszene importieren. Mehrere Probleme stellten wir allerdings fest. Zum ersten wies das Modell für eine Echtzeitanwendung eine extrem hohe Anzahl an Polygonen auf. Zum zweiten war der geometrische Grundaufbau der WEA, die sogenannte Topologie nicht geeignet um ein gutes Shading in Unity zu ermöglichen. Zum dritten wurde die WEA zu einem Objekt zusammengefasst. Es ist also nicht möglich Baugruppen auszublenden, einzelnen Teilen verschiedene Shader zuzuweisen oder einzelne Teile zu animieren. Die WEA für einen VR-Prototypen zu optimieren schien mir daher ein geeignetes und spannendes Thema für dieses ICW. Natürlich kann auf diesem Wege ebenfalls evaluiert werden ob ein VR-Prototyp in einem technisch-industriellen Kontext überhaupt Sinn macht. Die Funktionsweise und der Aufbau dieser WEA werden im folgenden Unterkapitel „1.3 Fachlicher Kontext“ beschrieben.



## 1.3 Fachlicher Kontext

Die Funktionsweise einer WEA richtet sich vor allem nach der Bauart. Aber alle Anlagen erzeugen aus die Windenergie Strom. Die im Wind enthaltene Leistung überträgt sich auf den Rotor der Anlage, versetzt diesen in eine Drehbewegung und treibt den in der WEA verbauten Generator an. Es wird Windenergie umgewandelt in mechanische Energie, welche dann in elektrische Energie umgewandelt wird.

Generell sind Windenergieanlagen dafür konzipiert einen optimalen Energieertrag zu liefern. Diese Anlagen sind dabei unterschiedlichen Windbedingungen ausgesetzt, weshalb diese sich automatisch darauf reagieren müssen um zu einer stabilen und sicheren Stromversorgung beizutragen.<sup>1</sup>

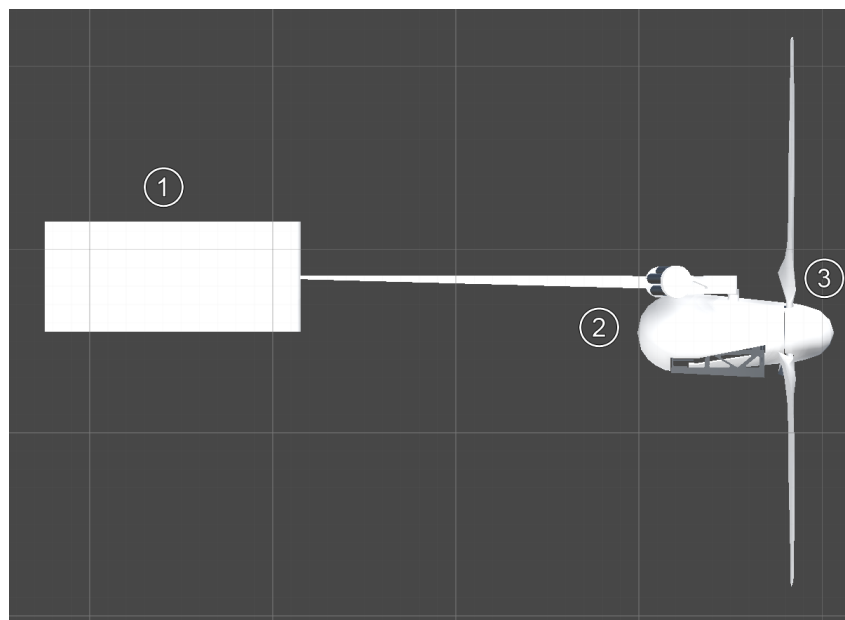


Abbildung 1.1: Aufbau einer WEA.

Der äußere Aufbau ist gekennzeichnet durch ein Gehäuse (Gondel) mit montierter Windrichtungsnachführung (siehe Abb. 1.1 – 2) sowie einer am Windfahnenhebel angebrachten Windfahne (siehe Abb. 1.1 – 1). Der Aufbau ist drehend gelagert um auch bei wechselnden

<sup>1</sup>Vgl. Bundesverband WindEnergie e. V. (2018): *Funktionsweise von Windenergieanlagen*.  
<https://www.wind-energie.de/themen/anlagentechnik/funktionsweise/>,  
abgerufen am 20.08.2018.

Windverhältnissen einen vollautomatischen Betrieb zu gewährleisten. Ein solches Regelungssystem ist für einen zuverlässigen Betrieb unabdingbar.

Der Rotor mit an der Narbe montierten Rotorblättern (siehe Abb. 1.1 – 3) ist nach aerodynamischen Prinzipien konstruiert und dient der Umwandlung der im Wind verfügbaren kinetischen Energie in mechanische Rotationsenergie.<sup>2</sup>

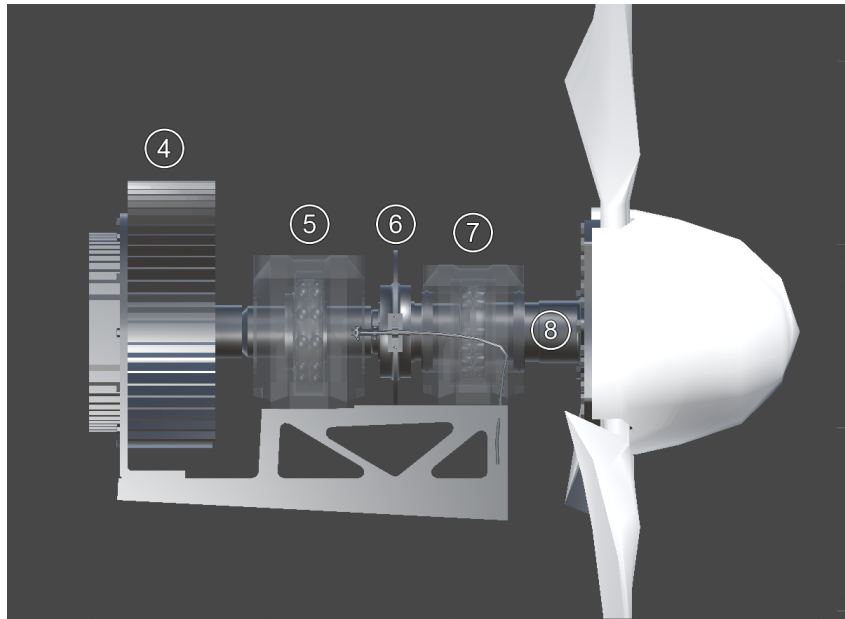


Abbildung 1.2: Aufbau einer WEA im Detail.

Ein Generator ist für die Stromerzeugung eingebaut (siehe Abb. 1.2 – 4). Dieser wandelt auf Basis des Induktionsgesetzes mechanische Rotationsenergie in elektrische Energie um. Es wird eine Spule in einem Magnetfeld in Rotation versetzt. Durch die Rotation wird an den Klemmen der Spule eine Sinusförmige Spannung induziert.<sup>3</sup> In unserem Beispiel erhält der Generator die verfügbare Rotationsenergie über die Welle (siehe Abb. 1.2 – 8), die mit einer Kupplung am Anker (Rotor) des Generators verbunden ist. Zur Kühlung während des Betriebs sind auf der Außenseite Finnen aus Aluminium angebracht.

Die Lagerung wird über zwei Wälzlager realisiert und als Fest-Los-Lagerung bezeichnet.

<sup>2</sup>Vgl. Silvio Chemnitz, Sylvio Donner, Florian Hinze, Mats Mojem, Patrick Quandt, Oliver Seidler, Moritz Will, Jens Wuthe (2013): *Windpumpensysteme zur dezentralen Energieversorgung von Abwassersystemen*. TU Berlin, S. 10 ff.

<sup>3</sup>Vgl. Prof. Dr. G. Buch, Prof. Dr. M. Krug (2012): *Kurzschriftum zur Lehrveranstaltung „Elektrische Bordnetze“ im Studiengang Fahrzeugtechnik*. Hochschule München, S. 1.1.

Das Loslager ist ein Pendelkugellager (siehe Abb. 1.2 – 5) und dient zur Aufnahme der Radialkräfte, sprich die Kräfte die von außen auf die Welle wirken. Als Festlager dient ein Pendelrollenlager, (siehe Abb. 1.2 – 7) dass die kombinierten Axial- und Radialbelastungen aufnimmt. Unter Axialkraft versteht man die Belastung die längs der Achse wirkt. Müssen Wartungsarbeiten o.ä. an der WEA durchgeführt werden kann automatisches Anlaufen durch eine Bremse (siehe Abb. 1.2 – 6) verhindert werden. Mithilfe eines Bowdenzuges, also einem Seilzug der mechanische Kraft auf ein bewegliches Maschinenelement, in diesem Fall den Bremsbolzen überträgt, kann die WEA vom Boden aus verriegelt werden.

Die hier betrachtete WEA zählt zu den kleineren Modellen und hat eine Narbenhöhe von 10m. Der Turm, welcher in diesem Prototyp aus Darstellungsgründen nicht berücksichtigt wird weist eine Höhe von 9,73m auf.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup>Vgl. Silvio Chemnitz, Sylvio Donner, Florian Hinze, Mats Mojem, Patrick Quandt, Oliver Seidler, Moritz Will, Jens Wuthe (2013): *Windpumpsysteme zur dezentralen Energieversorgung von Abwassersystemen*. TU Berlin, S. 35–38, 44.

# Kapitel 2

## Umsetzung

### 2.1 Datenverarbeitung in CAD

#### 2.1.1 Anwendungsbereiche von CAD

Die Grundlage dieser Arbeit sowie des Prototypen bilden Daten, welche in 3D-CAD-Programmen erstellt wurden. Daher wird im Rahmen dieser Arbeit CAD als Synonym für 3D-CAD verwendet. Im Gegensatz zu 2D-CAD Systemen können in 3D-CAD Systemen Produkte realer konstruiert werden. Das kann sich positiv auf die Entwicklungszeit auswirken. Kollisionsbetrachtungen ermöglichen eine Fehlererkennung, bevor das erste Teil gefertigt wird.<sup>5</sup> Es ist möglich in CAD anhand von Materialeigenschaften physikalische Eigenschaften wie z.B. Festigkeit, Elastizität etc. zu simulieren. Aufgrund dieser Flexibilität sind CAD-Programme heute in fast allen technischen Zweigen vertreten, darunter Architektur, Bauingenieurwesen, Maschinenbau, Elektrotechnik bis hin zur Zahntechnik.<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup>Vgl. Dipl. Ing. (FH) Bettina Clauß, Helmut Prof. Dr.-Ing. von Eiff (2013): *CAD Grundkurs*. Hochschule Esslingen, S. 2.

<sup>6</sup>Vgl. Wikipedia (2018): *CAD*.  
<https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=CAD&oldid=178934444>,  
abgerufen am 23.08.2018.

### 2.1.2 3D-Modellierung in CAD

In einer 3D-Umgebung werden Modelle in dreidimensionaler Form modelliert und persistiert. Ein dreidimensionaler Aufbau ermöglicht das Nachbilden einer realitätsnahen Darstellung, das Rendern aus allen Blickwinkeln und Perspektiven sowie eine bessere räumliche Betrachtung. Das Hauptaugenmerk des Ingenieurs liegt dabei vor allem auf Funktionalitäten wie dem technischen Zeichnen, die Erstellung von Arbeitspläne, Montage- und Bedienungsanleitungen oder der technisch visuellen Darstellung, wie der Kollisionsbetrachtung oder der Zusammenbau-, Einbau- und Montageuntersuchungen. Die in dieser Arbeit thematisierte Betrachtung bezieht sich vor allem auf die Nutzung außerhalb der CAD-Umgebung. Der Vollständigkeit werden nachfolgend alle rechnerinternen Repräsentationen die in CAD vorliegen betrachtet.

- **Kantenmodelle:** Kantenmodelle (auch Drahtgitter oder Wireframe) repräsentieren ein Objekt anhand von Kanten. Diese Darstellung enthält keinerlei Informationen über die Flächen oder das Volumen eines Körpers. Kantenmodelle dienen häufig als Hilfsgeometrie, zu Erzeugung von Flächen oder als Darstellungsart von Volumen- oder Flächenmodellen.
- **Flächenmodelle:** Als Flächenmodelle werden „hohle“ Objekte bezeichnet, deren äußere Form durch Flächen beschrieben wird. Eine intuitive Anpassung der Objekthülle ist mit Hilfe von Kontrollpunkten oder Kontrollnetzen ohne Einschränkung möglich. Unter Zuhilfenahme von analytisch beschreibbarer (Translationsflächen, Regelflächen) sowie analytisch nicht beschreibbarer Flächen (B-spline-, NURBS-Flächen) lassen sich jegliche Formen modellieren.
- **Volumenmodelle:** Unter Volumenmodelle versteht man Körper, die neben einer Hülle auch eine Materialdichte besitzen, woraus das System automatisch eine Masse interpretiert. Auf diese Weise bleibt die geometrische Konsistenz bei Manipulation des Objektes erhalten. Aufgrund dieses zusätzlichen Parameters kann ein hoher Grad an Automatisierung sichergestellt werden. Es können Eigenschaften wie Trägheit, Schwerpunkt, Gewicht etc. durch das CAD-System automatisch abgeleitet und als Parameter für Simulationen übergeben werden.

Auf alle beschriebenen Modelle lassen sich räumliche Operationen wie Translation, Rotation und Skalierung anwenden. Zusätzlich existieren für jedes Modell spezielle Werkzeuge um diese zu verformen, zu zerschneiden, zu verdrehen oder anderweitig zu manipulieren.<sup>7</sup>

### 2.1.3 Datei- und Exportformate in CAD

---

<sup>7</sup>Vgl. Wikipedia (2018): *CAD*.  
<https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=CAD&oldid=178934444>,  
abgerufen am 23.08.2018.

## 2.2 Aufbereitung der 3D-CAD Daten

### 2.2.1 Analyse des CAD-Exports

Bevor das aus CAD exportierte Modell in Unity importiert wird sollte selbiges vorher in einem geeigneten 3D-Programm überprüft werden. Für diesen Zweck wird im Rahmen dieser Arbeit auf Autodesk Maya zurückgegriffen. Maya ist eine professionelle Software für Modellierung, Animation und Rendering von 3D Objekten und Szenen.<sup>8</sup>

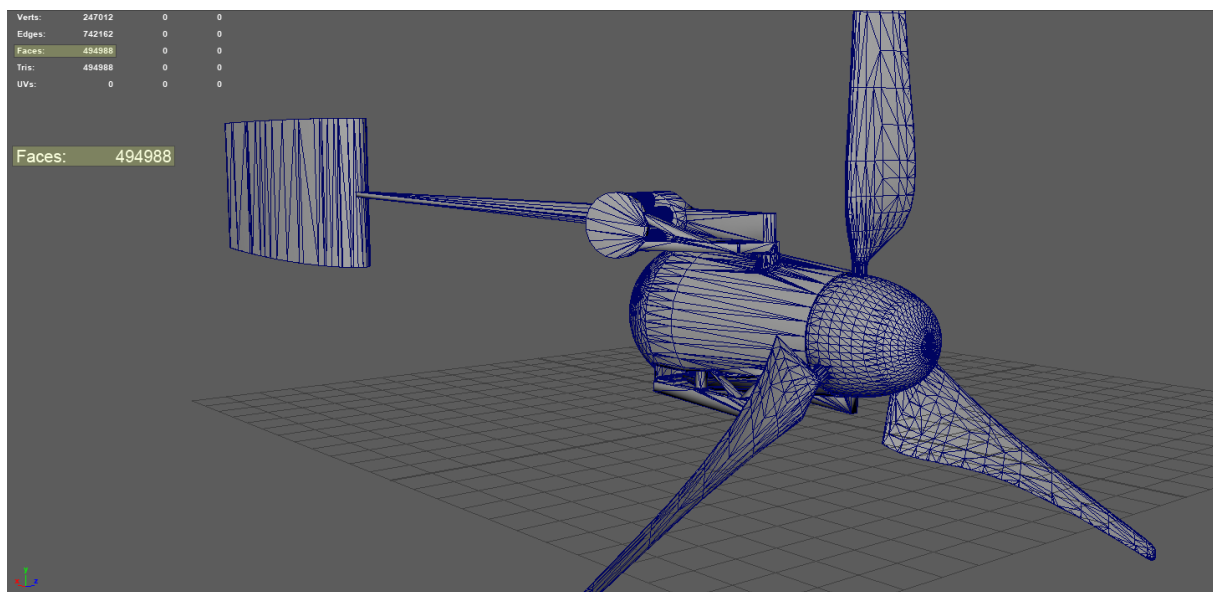


Abbildung 2.1: Ergebnis des Exportes der WEA aus der CAD-Anwendung bestehend aus 494.988 Polygonen.

Das importierte Modell (siehe Abb. 2.1) weist mehrere Eigenschaften auf, welche es für einen Import sowie eine Weiterverarbeitung in Unity ungeeignet machen. Generell sollten Modelle mit möglichst wenigen Polygonen auskommen, da ein hoher Detailgrad über Texturen generiert werden kann. Im Falle einer technischen Darstellung die neben der äußeren Verkleidung auch innenliegende technische Baugruppen wie Wälzlager, Getriebe o.ä. abbildet, kann das die Anzahl der Polygone deutlich erhöhen. Natürlich gilt aber auch

---

<sup>8</sup>Vgl. Autodesk (2018): *MAYA*.  
<https://www.autodesk.de/products/maya/overview>,  
abgerufen am 30.08.2018.

hier der Grundsatz, dass eine zu geringe Anzahl zu lasten der Darstellungsqualität und eine zu hohe Anzahl zu lasten der Performance geht. Es gilt also einen guten Mittelweg zu finden.

- **Polygon count:** Das Modell besteht aus nicht ganz 500.000 Polygonen, was für eine Echtzeitanwendung sehr viel ist. Laut der Unity Dokumentation ist der anzustrebende Polycount von dem Zielsystem und der angestrebten Qualität abhängig. Das Optimum liegt für Desktopanwendungen bei 1500 bis 4000 Polygonen pro Objekt. Falls sehr viele Objekte zur selben Zeit aktiv sind wird eine Reduktion der Polygone empfohlen.<sup>9</sup>
- **Unterteilung in Einzelobjekte:** Die WEA setzt sich das Modell aus vielen Einzelobjekten zusammen, welche zu einem einzigen zusammengefasst sind. Es ist also nicht möglich einzelne Teilobjekte separat mit Materialien auszustatten oder zu Animieren.
- **Gleichmäßige Flächenverteilung:** Ferner führt die ungleichmäßige Flächenverteilung zu Darstellungsfehlern beim Shading (siehe Abb. 2.2).

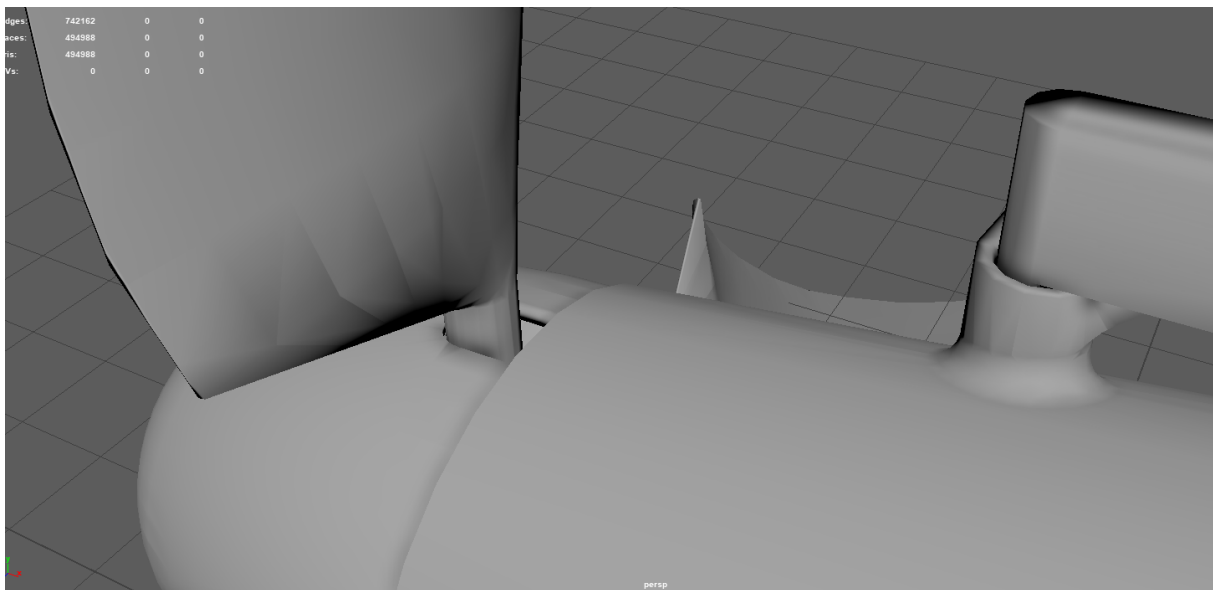


Abbildung 2.2: Shadingfehler am Exportmodell.

<sup>9</sup>Unity Documentation (2018): *Modeling characters for optimal performance*.  
<https://docs.unity3d.com/Manual/ModelingOptimizedCharacters.html>,  
abgerufen am 30.08.2018.



Um diese Probleme zu lösen ist eine Retopologisierung also eine Überarbeitung der Geometrischen Grundstruktur und eine damit einhergehende Reduktion der Flächen nötig.

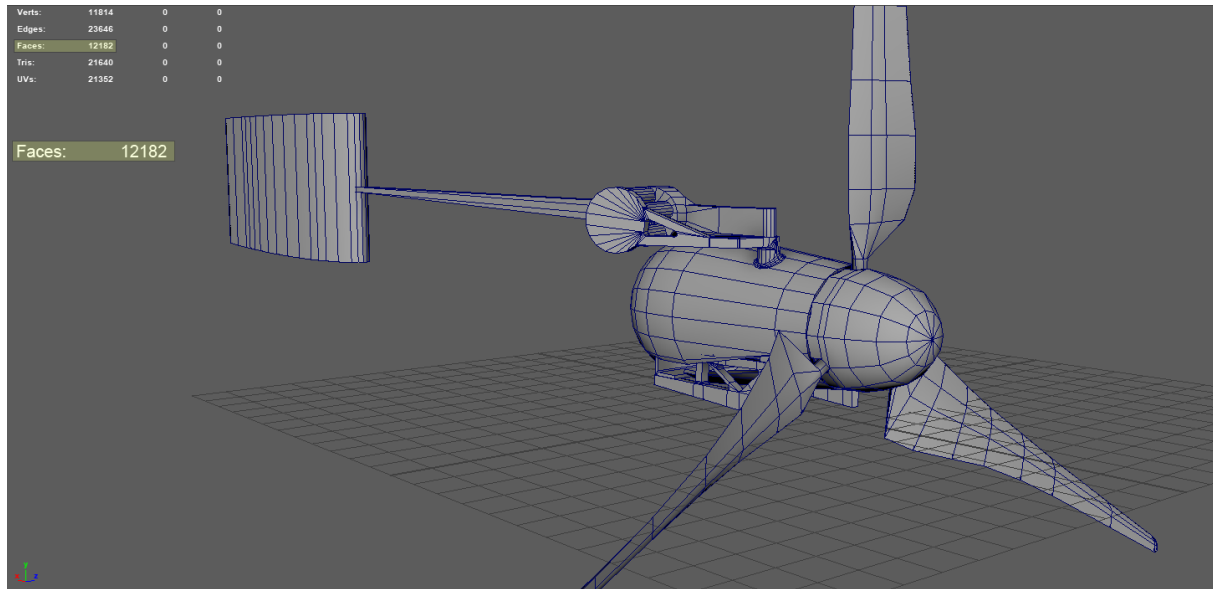


Abbildung 2.3: Ergebnis der Retopologisierung bestehend aus 12.182 Polygonen.

# Literatur

- [1] Bundesverband WindEnergie e. V. (2018): *Funktionsweise von Windenergieanlagen*.  
<https://www.wind-energie.de/themen/anlagentechnik/funktionsweise/>,  
abgerufen am 20.08.2018.
- [2] Silvio Chemnitz, Sylvio Donner, Florian Hinze, Mats Mojem, Patrick Quandt, Oliver Seidler, Moritz Will, Jens Wuthe (2013): *Windpumpensysteme zur dezentralen Energieversorgung von Abwassersystemen*. TU Berlin.
- [3] Prof. Dr. G. Buch, Prof. Dr. M. Krug (2012): *Kurzsriptum zur Lehrveranstaltung „Elektrische Bordnetze“ im Studiengang Fahrzeugtechnik*. Hochschule München.
- [4] Dipl. Ing. (FH) Bettina Clauß, Helmut Prof. Dr.-Ing. von Eiff (2013): *CAD Grundkurs*. Hochschule Esslingen.
- [5] Wikipedia (2018): *CAD*.  
<https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=CAD&oldid=178934444>,  
abgerufen am 23.08.2018.
- [6] Autodesk (2018): *MAYA*.  
<https://www.autodesk.de/products/maya/overview>,  
abgerufen am 30.08.2018.
- [7] Unity Documentation (2018): *Modeling characters for optimal performance*.  
<https://docs.unity3d.com/Manual/ModelingOptimizedCharacters.html>,  
abgerufen am 30.08.2018.

# Anhang

## A Quellen

A1 *Windpumpensysteme zur dezentralen Energieversorgung von Abwassersystemen* (PDF)

A2 *Kurzschriftum zur Lehrveranstaltung „Elektrische Bordnetze“ im Studiengang Fahrzeugtechnik* (PDF)

A3 *CAD-Grundkurs* (PDF)

## B Software

B1 *IndustrialVR Prototyp* (Unity-Anwendung)

B2 *IndustrialVR Projekt* (Unity-Projekt)