

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*

# **Bachelorarbeit**

Felix Feill

## **Konzeptionierung eines zukunftsorientierten Amphibienfahrzeugs**

*Fakultät Technik und Informatik  
Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau*

*Faculty of Engineering and Computer Science  
Department of Automotive and  
Aeronautical Engineering*

**Felix Feill**

**Konzeptionierung eines zukunftsorientierten  
Amphibienfahrzeugs**

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung

im Studiengang Fahrzeugtechnik mit Schwerpunkt Karosserieentwicklung  
am Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau  
der Fakultät Technik und Informatik  
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

in Zusammenarbeit mit:

DDS Digital Design Solution GmbH  
Schmiedhofsweg 1  
50769 Köln

Erstprüfer/in: Prof. Jan Friedhoff  
Zweitprüfer/in: Diplom Designer Alexander Christ

# Zusammenfassung

**Felix Feill**

## Thema der Bachelorthesis

Konzeptionierung eines zukunftsorientierten Amphibienfahrzeugs

## Stichworte

Amphibienfahrzeug, Elektroauto, Elektroyacht, Radeinzug, Nachhaltigkeit, Concept-Modelling, Renderings

## Kurzzusammenfassung

Amphibienfahrzeuge wurden erstmals anfangs des 20. Jahrhunderts thematisiert, als weltweit innovative Konstrukteure ihren Autos das Schwimmen „beibringen“ wollten. Trotz ihres Potenzials, an Land und im Wasser zu fahren, schafften Amphibienfahrzeuge auch in den folgenden Fahrzeuggenerationen nie nachhaltig den Durchbruch. Mit einem neuen Ansatz wird nun analysiert, welche Eigenschaften ein Amphibienfahrzeug heutzutage besitzen muss, um am Markt zu bestehen, optimal ausgerichtet auf die Anforderungen der Zielgruppe. Aus diesen Erkenntnissen wird das Konzept hergeleitet und visuell mit einem 3D-Modell dargestellt. Die Arbeit kommt zu dem Schluss, dass ein alltagstaugliches Amphibienfahrzeug durchaus auf dem Markt bestehen kann. Selbst in städtischer Umgebung, wenn es gelingt, durch Schaffung von Schnittstellen für einen reibungslosen Land- und Wasserübergang, die Infrastruktur anzupassen.

**Felix Feill**

## Title of the paper

Development of a futuristic amphibious automotive

## Keywords

Amphibious vehicle, electric car, electric yacht, wheel suspension, sustainability, Concept-Modelling, renderings

## Abstract

Amphibious vehicles became a subject for the first time in the beginning of the 20th century when innovative car developers all over the world began to teach their cars how „to swim“. Although amphibians offer a lot of potential by being able to move on-shore as well as off-shore, they have never lived up to expectations in the ensuing car generations. This new approach of an amphibious vehicle includes a market research, specifying the required characteristics to successfully perform on the market nowadays. The analysis is focused on the demands of the corresponding target group. Based on these results, a concept is going to be developed and a digitally created 3D model is part of the process. This paper comes to the conclusion that an amphibious vehicle can definitely fill a gap in the market. Even in urban areas, once the infrastructure has been adapted to the new requirements, including ramps for smooth passages at the shore.

# Danksagung

An erster Stelle möchte ich mich bei meinem Kollegen Pascal Sauter für seine Unterstützung während der gesamten Bearbeitungszeit bedanken. Seine Erfahrung und sein Wissen haben entscheidend zum Gelingen dieser Abschlussarbeit beigetragen.

Herrn Alexander Christ möchte ich dafür danken, dass er mir das Praktikum und die Abschlussarbeit ermöglichte. Herzlichen Dank auch für die vielen aufschlussreichen Gespräche und zielführenden Diskussionen. Ich wünsche ihm und seinem Team weiterhin viel Erfolg.

Außerdem bedanke ich mich bei meinen Kollegen der Firma Digital Design Solutions, die mir bei allen Fragestellungen konstruktiv zur Seite gestanden haben.

Besonders möchte ich mich auch bei meinen Angehörigen, Christiane Feill, Aras Orhon und Udo Feill für die Motivation und Unterstützung während meines Studiums bedanken.

© by Felix Feill, Hamburg

Der Beitrag einschließlich aller Inhalte ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck oder Reproduktion (auch auszugsweise) in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie oder anderes Verfahren) sowie die Einspeicherung, Verarbeitung, Vervielfältigung und Verbreitung mit Hilfe elektronischer Systeme jeglicher Art, gesamt oder auszugsweise, ist ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Autors untersagt. Alle Übersetzungsrechte vorbehalten. Der Beitrag inklusive aller Inhalte wurde unter größter Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Druckfehler und Falschinformationen nicht vollständig ausgeschlossen werden. Der Autor übernimmt keine Haftung für die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der Inhalte, ebenso nicht für Druckfehler.

# Inhaltsverzeichnis

|   |            |
|---|------------|
| <b>Abbildungsverzeichnis</b> .....                              | <b>vii</b> |
| <b>Nomenklatur</b> .....  | <b>x</b>   |
| <b>Glossar</b> .....  | <b>xi</b>  |
| <b>1 Einleitung</b> .....                                       | <b>12</b>  |
| <b>1.1 Motivation</b> .....                                     | <b>12</b>  |
| <b>1.2 Stand der Technik</b> .....                              | <b>13</b>  |
| 1.2.1 Historische Entwicklung und gegebene Lösungsansätze ..... | 13         |
| 1.2.2 Herausforderungen und Stärken .....                       | 18         |
| <b>1.3 Grundlagen dieser Bachelorarbeit</b> .....               | <b>19</b>  |
| 1.3.1 Methodisch .....  | 19         |
| 1.3.1.1 Entwicklungsprozess der Fahrzeugkonzeption .....        | 19         |
| 1.3.1.2 Werkzeuge und Hilfsmittel.....                          | 20         |
| 1.3.2 Inhaltlich .....  | 22         |
| 1.3.3 Technisch .....   | 22         |
| 1.3.3.1 Straßenfähigkeit .....                                  | 22         |
| 1.3.3.2 Wasserfähigkeit .....                                   | 22         |
| 1.3.3.3 Kombination Straßen- und Wasserfähigkeit.....           | 24         |
| <b>2 Planungsphase</b> .....                                    | <b>25</b>  |
| <b>2.1 Marktanalyse</b> .....                                   | <b>25</b>  |
| 2.1.1 Zielgruppe .....  | 27         |
| 2.1.1.1 Zielgruppen Definition.....                             | 27         |
| 2.1.1.2 Persona Moodboard .....                                 | 31         |
| 2.1.1.3 Persona Profile .....                                   | 32         |
| 2.1.2 Wettbewerber .....  | 35         |
| 2.1.3 Umfeldanalyse.....  | 37         |
| 2.1.4 Fazit der Marktanalyse .....                              | 37         |
| <b>2.2 Anforderungen</b> .....                                  | <b>40</b>  |
| 2.2.1 Kundenspezifikationen .....                               | 40         |
| 2.2.2 Anforderungsspezifikationen .....                         | 42         |
| <b>3 Fahrzeugkonzept und Package</b> .....                      | <b>44</b>  |
| <b>3.1 Gesetze und Vorschriften</b> .....                       | <b>44</b>  |
| <b>3.2 Maßkonzeption</b> .....                                  | <b>45</b>  |
| 3.2.1 Aufbauausprägung und Fahrzeuggrundform .....              | 45         |
| 3.2.2 Wesentliche Abmessungen .....                             | 45         |
| <b>3.3 Antriebskonzept allgemein</b> .....                      | <b>50</b>  |
| <b>3.4 Wasserantrieb</b> .....                                  | <b>50</b>  |
| <b>3.5 Landbetrieb</b> .....                                    | <b>53</b>  |
| 3.5.1 Reifenvariante .....                                      | 53         |
| 3.5.2 Rad-Einzug.....   | 54         |
| <b>3.6 Materialien der Karosserie und des Rumpfes</b> .....     | <b>55</b>  |
| <b>3.7 Batteriepackage</b> .....                                | <b>56</b>  |
| <b>3.8 Package</b> .....  | <b>57</b>  |
| <b>3.9 Fahrzeuggewicht</b> .....                                | <b>58</b>  |

|   |            |
|---|------------|
| <b>3.10 Dimensionierungen</b>                       | <b>59</b>  |
| 3.10.1 Reichweitendimensionierung                   | 59         |
| 3.10.1.1 Batteriedimensionierung                    | 59         |
| 3.10.1.2 Landbetrieb                                | 60         |
| 3.10.1.3 Wasserbetrieb                              | 61         |
| 3.10.2 Auftriebsberechnung                          | 64         |
| <b>3.11 Fahrzeug-Anforderungskatalog</b>            | <b>65</b>  |
| <b>4 Ausarbeitungsphase</b>                         | <b>67</b>  |
| <b>4.1 Firmenname und Markendesign</b>              | <b>67</b>  |
| <b>4.2 Designphase</b>                              | <b>68</b>  |
| 4.2.1 Anforderungen Design                          | 68         |
| 4.2.1.1 Eigenschaftsparameter                       | 68         |
| 4.2.1.2 Moodboard                                   | 69         |
| 4.2.2 Skizzen                                       | 71         |
| 4.2.3 Blueprint                                     | 72         |
| <b>4.3 Maya Modellierung des Amphibienfahrzeugs</b> | <b>73</b>  |
| <b>4.4 Renderings</b>                               | <b>79</b>  |
| 4.4.1 Studio-Renderings                             | 79         |
| 4.4.2 Szenarien-Renderings                          | 82         |
| <b>4.5 Erstellung des Road Boat Modells</b>         | <b>84</b>  |
| 4.5.1 3D-Druck Vorbereitung                         | 84         |
| 4.5.2 3D-Druck                                      | 86         |
| <b>5 Fazit</b>                                      | <b>87</b>  |
| <b>5.1 Zusammenfassung</b>                          | <b>87</b>  |
| <b>5.2 Ausblick</b>                                 | <b>88</b>  |
| <b>Anhang 1</b>                                     | <b>89</b>  |
| <b>Anhang 2</b>                                     | <b>92</b>  |
| <b>Anhang 3</b>                                     | <b>95</b>  |
| <b>Anhang 4</b>                                     | <b>99</b>  |
| <b>Anhang 5</b>                                     | <b>101</b> |
| <b>Literaturverzeichnis</b>                         | <b>102</b> |

# Abbildungsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 1 Trippel Typ SG-6 [10].....  | 13 |
| Abbildung 2 VW Typ 166 [11] .....   | 14 |
| Abbildung 3 Der DUKW [12].....  | 14 |
| Abbildung 4 Der MAW [13].....   | 15 |
| Abbildung 5 Das von Hans Trippel entworfene Amphicar 770 [16].....                  | 15 |
| Abbildung 6 Das Konzeptfahrzeug Splash [17].....                                    | 16 |
| Abbildung 7 Der Panther des Herstellers WaterCar [21] .....                         | 16 |
| Abbildung 8 Der Gibbs Aquada [19].....  | 17 |
| Abbildung 9 Erstellen eines Polygons in MAYA [24].....                              | 20 |
| Abbildung 10 Auftrieb eines Schiffes [27] .....                                     | 23 |
| Abbildung 11 Stabilität eines Schiffes [[28] S.16].....                             | 24 |
| Abbildung 12 Kriterien zum Autokauf in Deutschland im Jahr 2018 [30] .....          | 26 |
| Abbildung 13 Luftaufnahme des Malchower See [33].....                               | 28 |
| Abbildung 14 Eine typische Gracht in Amsterdam [34].....                            | 28 |
| Abbildung 15 Persona Moodboard [35].....  | 31 |
| Abbildung 16 Porträt von Mike [92] .....  | 32 |
| Abbildung 17 Porträt von Sven [91] .....  | 33 |
| Abbildung 18 Porträt von Vincent [93].....  | 34 |
| Abbildung 19 Netzdiagramm zu Fahrzeugeigenschaften .....                            | 38 |
| Abbildung 20 Markenpositionierung des Road Boats / Quellen der Autologos [42].....  | 39 |
| Abbildung 21 Abmessungen des Road Boats in x-Richtung.....                          | 48 |
| Abbildung 22 Abmessungen des Jaguar I-Pace in x-Richtung .....                      | 48 |
| Abbildung 23 Abmessungen des Road Boats l. und des Jaguar I-Pace r. in y-Richtung . | 49 |
| Abbildung 24 Abmaße eines einzelnen Batteriemoduls.....                             | 56 |
| Abbildung 25 Packageplan der Batterie .....   | 56 |
| Abbildung 26 Grobes Package .....   | 57 |
| Abbildung 27 Firmenlogo des Road Boats.....   | 67 |
| Abbildung 28 Eigenschaftsparameter für das RoadBoat [54] .....                      | 68 |
| Abbildung 29 Moodboard [67] .....   | 70 |
| Abbildung 30 Skizzen des Road Boats .....   | 71 |
| Abbildung 31 Blueprint des Road Boats .....   | 72 |
| Abbildung 32 Das Interface von Autodesk Maya .....                                  | 73 |
| Abbildung 33 Karosserie .....   | 75 |
| Abbildung 34 Interieur .....  | 75 |
| Abbildung 35 Sitz .....   | 76 |

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 36 Lenkrad .....  | 76 |
| Abbildung 37 Frontscheinwerfer .....  | 77 |
| Abbildung 38 Rückleuchten .....   | 77 |
| Abbildung 39 Airless Tire .....   | 78 |
| Abbildung 40 Wasserstrahlantrieb .....  | 78 |
| Abbildung 41 Studiorendering ¾-Frontansicht.....                                    | 80 |
| Abbildung 42 Studiorendering ¾-Heckansicht .....                                    | 81 |
| Abbildung 43 Landschaftsrendering in der Nähe der Stadt Christchurch, NZ [68] ..... | 82 |
| Abbildung 44 Das rangezoomte Road Boat aus dem vorigen Rendering.....               | 82 |
| Abbildung 45 Landschaftsrendering in der Bucht von Riomaggiore, Italien [69].....   | 83 |
| Abbildung 46 Cura User Interface .....  | 84 |
| Abbildung 47 Aufgeschnittenes Modell in Cura .....                                  | 85 |
| Abbildung 48 Der 3D-Drucker Ultimaker S5 [72].....                                  | 85 |
| Abbildung 49 Das 3D-gedruckte Road Boat frontal vor der Davidwache in Hamburg ..... | 86 |
| Abbildung 50 Das 3D-gedruckte Road Boat seitlich neben der Reeperbahn in Hamburg    | 86 |
| Abbildung 51 Zukünftige CO2-Emission in g/km [[5]; S.19] .....                      | 89 |
| Abbildung 52 Wichtige Vorschriften und Richtlinien [[5] S.692] .....                | 93 |

# Tabellenverzeichnis

|  |     |
|--|-----|
| Tabelle 1.1 SWOT Analyse .....   | 18  |
| Tabelle 2.1 Übersicht Zielgruppensegmente .....  | 30  |
| Tabelle 2.2 Wettbewerbervergleich.....   | 36  |
| Tabelle 2.3 Zusammenstellung der Anforderungen aus Kundensicht .....                   | 40  |
| Tabelle 2.4 Zusammenstellung der Umsetzung der Kundenanforderungen.....                | 42  |
| Tabelle 3.1 Fahrzeugklassen [49] .....   | 45  |
| Tabelle 3.2 Bezeichnungen der Fahrzeugabmessungen.....                                 | 47  |
| Tabelle 3.3 Datenblatt der Batterien .....   | 56  |
| Tabelle 3.4 Fahrzeuggewicht .....  | 58  |
| Tabelle 3.5 Daten des Road Boat und Jaguar I-Pace.....                                 | 59  |
| Tabelle 3.6 Merkmale der i3-Batterie [64] .....  | 61  |
| Tabelle 3.7 Daten der Frauscher 740 Mirage [60] .....                                  | 61  |
| Tabelle 3.8 Fahrzeug-Anforderungskatalog .....   | 65  |
| Tabelle 3.9 Fortsetzung Fahrzeug-Anforderungskatalog .....                             | 66  |
| Tabelle 4.1 Stückliste in Maya erstellter Bauteile.....                                | 74  |
| Tabelle 5.1 Entwicklung der Verkehrsleistung in Deutschland [ [76] S.21] .....         | 90  |
| Tabelle 5.2 Konkrete Exterieurmaße einzelner Fahrzeuge [[5] S.144] .....               | 95  |
| Tabelle 5.3 Konkrete Exterieurmaße einzelner Fahrzeuge; Fortsetzung [[5] S.145] .....  | 96  |
| Tabelle 5.4 Konkrete Interieurmaße einzelner Fahrzeuge [[5] S.148] .....               | 97  |
| Tabelle 5.5 Konkrete Interieurmaße einzelner Fahrzeuge; Fortsetzung [[5] S. 149] ..... | 98  |
| Tabelle 5.6 Nutzwertanalyse Antrieb .....  | 99  |
| Tabelle 5.7 Nutzwertanalyse zum Reifen.....  | 101 |

# Nomenklatur

## Physikalische Größen

|        |                                       |
|--------|---------------------------------------|
| V      | Volumen [m <sup>3</sup> ]             |
| F      | Kraft [N]                             |
| $\rho$ | Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]           |
| g      | Erdbeschleunigung [m/s <sup>2</sup> ] |
| S      | Strecke [m]                           |
| m      | Masse [kg]                            |
| h      | Höhe [mm]                             |
| b      | Breite [mm]                           |
| l      | Länge [mm]                            |
| K      | Faktor [-]                            |

## Indices

|   |          |
|---|----------|
| A | Auftrieb |
| G | Gewicht  |
| m | Masse    |

# Glossar

**Abgasnorm** Abgasnormen sollen die Schadstoffbelastungen der Umwelt verringern und die Mengen an Kohlenmonoxid (CO), Stickstoffoxid (NO<sub>x</sub>), Kohlenwasserstoff (HC) und Luftpartikeln mit Grenzwerten beschränken [1].

**Amphibienfahrzeug** Ein Fahrzeug, dass sowohl an Land als auch im Wasser fahren kann.

**Blueprint** Maßstabsgetreue Fahrzeugzeichnungen bestehend aus den vier Ansichten Front, Heck, Seiten und Dach.

**Clay-Modell** Ein Clay-Modell kommt in der Fahrzeugbranche im Designprozess zum Einsatz. Es dient als Anschauungsmodell um Entscheidungen im Designprozess treffen zu können. Vorwiegend wird es im Maßstab 1:1 modelliert [2].

**Eigenschaftsparameter** Das Eigenschaftsparameter dient zur Einordnung von Eigenschaften. Es werden jeweils zwei Attribute gegenübergestellt und es muss entschieden werden, wie stark das jeweiligen Attributen ausgeprägt ist.

**Freibord** Abstand zwischen der Wasseroberfläche und der Oberkante eines Schiffes [3].

**Impeller** Ein von einem ring- oder röhrenförmigen Gehäuse umschlossener Propeller [4].

**Lastenheft** Als schriftliche Anfrage eines Kunden beinhaltet das Lastenheft die Gesamtheit aller gewünschten Anforderungen an das Produkt [5] S.29].

**Moodboard** Das Moodboard ist eine emotionale Bildsprache, mit der eine konzeptgetreue Umsetzung visueller Ideen in einem Projekt erreicht wird.

**OEM** Original Equipment Manufacturer, Originalausrüstungshersteller; das sind in der Fahrzeugbranche die Automobilhersteller wie es zum Beispiel Volkswagen, BMW oder Ford.

**Packageplan** Im Packageplan sind sämtliche geometrischen Eckdaten, Mindestmaße, Gesetzesvorgaben sowie die Grundzüge des Designs, die von der Entwicklung und dem Design berücksichtigt werden müssen, festgelegt [6].

**Pflichtenheft** Die technische Realisierbarkeit der gestellten Anforderungen und konkrete Lösungsmöglichkeiten aus Unternehmenssicht werden im Pflichtenheft als Beschreibung der Umsetzung des vorgegebenen Lastenhefts dargestellt [5] S.29].

**WLTP** Prüfverfahren zur Ermittlung von Schadstoff- und CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie des Kraftstoff- bzw. Stromverbrauchs [7].

# 1 Einleitung

Einleitend wird dargestellt, was den Autor motiviert, sich so intensiv mit Amphibienfahrzeugen zu beschäftigen und ein Konzept auszuarbeiten, das diese Fahrzeugklasse neu interpretiert. Zum besseren Verständnis wird über die historische Entwicklung von Amphibienfahrzeugen und deren Nutzung in der Vergangenheit informiert. Ein weiterer Punkt befasst sich mit den Erläuterungen zum Verständnis assistierender Grundlagen. Dargestellt wird außerdem die Herangehensweise bei der Konzeptionierung eines Amphibienfahrzeugs, ergänzt um die Erklärung seiner Funktionsweise.

## 1.1 Motivation

Die Faszination mit ein und demselben Fahrzeug auf Land und im Wasser unterwegs zu sein, beschäftigt die Menschen schon seit langem. Bereits vor über 100 Jahren begannen innovative Konstrukteure ihren Autos das Schwimmen beizubringen. Schwimmende Autos standen schon damals für ein Stück Freiheit. Ein bemerkenswertes Beispiel ist der Australier Ben Carlin, der sich zur Aufgabe machte, als erster Mensch die Welt mit einem einzigen Fahrzeug zu umrunden. Seine abenteuerliche Weltreise, die ihm und seinem Gefährt alles abverlangte, dauerte 8 Jahre [8].

Es konnte allerdings nie von einem wirklichen Durchbruch die Rede sein. Meilensteine, wie die Weltreise des Ben Carlin, gerieten schnell wieder in Vergessenheit und die größte Serienproduktion verlagerte sich während des Zweiten Weltkrieges auf den militärischen Sektor.

Dabei bieten Amphibienfahrzeuge sehr viel Potential, welches bis heute nicht ausgeschöpft wird. Ein Automobil, das sowohl im Wasser unterwegs sein kann, birgt zahlreiche Vorteile. So können Strecken gefahren werden, die aufgrund natürlicher Umstände, wie z.B. Flüssen, nicht passierbar sind, und Ziele nur über Umwege erreichbar wären. Dadurch kann mit einem Amphibienfahrzeug Zeit und Kraftstoff gespart werden. Ein anderer, sehr nützlicher Aspekt für regelmäßige Nutzer von Autos und Motorbooten ist, dass sich das Umsteigen zwischen den beiden Fahrzeugen völlig sparen ließe. Ein zweites Fahrzeug ist also nicht mehr nötig. Ein weiterer Aspekt ist die Nutzung für Freizeitliche Zwecke. Spontan und völlig flexibel kann Spaß-Aktivitäten im Wasser nachgegangen werden, beispielsweise Wasserski fahren, angeln, aber auch romantische Ausflüge zu zweit auf dem Wasser.

Aktuelle Amphibienfahrzeuge im Format eines PKWs wirken altmodisch und erfüllen technisch betrachtet nicht mehr alle Ansprüche der heutigen Zeit. Von zentraler Bedeutung sind die jeweils neusten und besten Features sowie nachhaltige und umweltschonende Eigenschaften von Fahrzeugen.

Ziel dieser Arbeit ist es, ein Konzept für ein zukunftsorientiertes Amphibienfahrzeug zu entwerfen, das einen überzeugenden praktischen Nutzen hat und es überflüssig macht, zwei Einzelfahrzeuge zu besitzen. Zusätzlich soll dieses Amphibienfahrzeug eine sinnvolle, ökologische Alternative sein, um moderne Mobilitätskonzepte optimal umzusetzen. Dabei soll neben den neusten technologischen Innovationen und Features auch die Idee eines nachhaltigen Umgangs mit der Umwelt und den verfügbaren Ressourcen bedacht werden.

## 1.2 Stand der Technik

In diesem Abschnitt werden die ersten nennenswerten Amphibienfahrzeuge gezeigt, die bereits ab den 1930er Jahren gebaut wurden. Zusätzlich werden die unterschiedlichen Herangehensweisen der Hersteller an die Problemstellungen, die sich bei Amphibienfahrzeugen ergeben, gezeigt.

### 1.2.1 Historische Entwicklung und gegebene Lösungsansätze

Bereits Anfang des 20. Jahrhunderts versuchten weltweit etliche Konstrukteure und Ingenieure ihren Autos das Schwimmen beizubringen. Vielen gelang dies sogar auch, jedoch kamen die zum Teil erstaunlichen Konstruktionen nur sehr langsam voran. Geschwindigkeit stand damals auch gar nicht im Vordergrund. Vielmehr ging es den Entwicklern darum, begeisternde Allrounder zu konstruieren, die Mitmenschen zum Staunen brachten und für Freizeitaktivitäten genutzt werden konnten [9].

1935 überquerte der deutsche Jakob Bauling als Erster mit seinem „Land-Wasser-Auto“ in acht Stunden und 20 Minuten den Ärmelkanal. Im selben Jahr fertigte der Entwickler Hans Trippel, der sein ganzes Leben der Entwicklung von Amphibienfahrzeugen widmete, sein schwimmendes Fahrzeug. Dieses stellte er offiziell der Regierung vor und bekam von einem völlig begeisterten Führer einen Entwicklungszuschuss von 10.000 Reichsmark [9]. Von dem für die Wehrmacht entwickelten Trippel SG-6 (*Abbildung 1*) wurden nur zwischen 200 und 1.000 Stück produziert und das Fahrzeug erreichte damit nie die Serienproduktion [10].



Abbildung 1 Trippel Typ SG-6 [10]

Auch die ersten in Serie hergestellten Amphibienfahrzeuge wurden ausschließlich für das Militär angefertigt. Während des 2. Weltkrieges entwickelten einerseits VW mit dem Typ 128/166 (Abb. 2), andererseits Ford mit seinem GPA, sowie GMC gemeinsam mit Chevrolet mit dem DUKW, erste Fahrzeuge.

Die bislang größte Serienproduktion der Welt geht auf Porsche und VW zurück. Zwischen 1942 und 1944 wurden vom VW Typ 166 über 14.000 Stück hergestellt. Der VW Typ 166 war mit einem Boxermotor ausgestattet und wurde - wie alle damaligen Amphibienfahrzeuge - mit einem Propeller im Wasser angetrieben [11].



Abbildung 2 VW Typ 166 [11]

Der DUKW (Duplex Universal Karrier, Wheeled) (Abb. 3) hatte einen Sechsradantrieb mit wasserdichtem Rumpf und Propeller. Er wurde von einem Reihensechszylinder-Motor angetrieben. Ein Fünfgang-Overdrive-Getriebe trieb über ein Verteilergetriebe den Propeller an. Im Wasser erreichte er eine Geschwindigkeit von bis zu 10 km/h und an Land von bis zu 80 km/h. Von dem DUKW wurden bis zu seiner Einstellung im Jahr 1945 insgesamt 21.147 Exemplare hergestellt [12].



Abbildung 3 Der DUKW [12]

Zwischen 1953 und 1958 produzierte der sowjetische Hersteller Gorkowski Awtomobilny Sawod den auf dem Ford GAZ-46 basierenden MAW (Abb. 4). Dieser war mit einem 55 PS starken 4-Zylinder Ottomotor mit Allradantrieb ausgerüstet. Der Wasserantrieb erfolgte auch bei diesem Modell über einen Propeller. An Land erreichte er eine Geschwindigkeit von bis zu 90 km/h und im Wasser bis zu 10 km/h [13].



Abbildung 4 Der MAW [13]

Im Jahr 1961 brachte jener Deutsche Hans Trippel, der einst mit seinem ersten Amphibiencar Adolf Hitler inspirierte, das Amphicar 770 (Abb. 5) heraus. Dieses gilt als erstes Amphibienfahrzeug, das für den zivilen Sektor in den Verkauf ging. Von diesem Typen wurden bis zum Produktionsstop im Jahr 1968 insgesamt 3.878 Stück verkauft [14]. Ausgestattet war es mit einem 4-Zylinder-Viertakt-Reihenmotor mit 38 PS Leistung. Das Amphicar stellte sich als besonders seetauglich heraus, als es bei Versuchen in der Ostsee auch bei Windstärke 8 nicht zum Kentern gebracht werden konnte [15].



Abbildung 5 Das von Hans Trippel entworfene Amphicar 770 [16]

Auf dem Genfer Automobilsalon 2004 sorgte Rinspeed mit ihrer Studie Splash (Abb. 6) für Aufsehen. Der Splash hat ein auffälliges Design mit einer Art Flügeln, die ihn scheinbar über das Wasser tragen. Es blieb jedoch nur bei einer außergewöhnlichen Studie und wurde nicht weiter realisiert, obwohl die Geschwindigkeiten von 200 km/h zu Land und 80 km/h zu Wasser noch heute als überdurchschnittliche Leistungen für Amphibienfahrzeuge gelten [17].



Abbildung 6 Das Konzeptfahrzeug Splash [17]

Während beim Splash noch ein Propellerantrieb zum Einsatz kommt [17], werden bei den jeweils im Jahr 2013 erschienenen Modellen Panther von WaterCar (Abb. 7) und dem Aquada von Gibbs (Abb. 8) erstmals ein Wasserstrahlantrieb (auch als Jetantrieb bekannt) eingesetzt [18] [19].

Der Panther und der Aquada haben beide einen Heckantrieb. Für den Wassergang ist ein Wechselgetriebe verbaut, welches auf Knopfdruck anstelle der Hinterachse die Antriebswelle des Jetantriebes ansteuert [20]. Damit die Räder nicht den Strömungsfluss stören, werden diese hydraulisch eingefahren.



Abbildung 7 Der Panther des Herstellers WaterCar [21]



Abbildung 8 Der Gibbs Aquada [19]

## 1.2.2 Herausforderungen und Stärken

Eine Herausforderung bei der Konstruktion von Amphibienfahrzeugen ist, dass in einem einzelnen Fahrzeug zwei völlig unterschiedliche Typen von Fortbewegungsmitteln kombiniert werden müssen. Das Auto ist für die Fortbewegung an Land konzipiert und das Motorboot die Fortbewegung im Wasser. Beide Fahrzeugtypen bringen hierfür jeweils für das andere Gefährt untaugliche Eigenschaften mit. Die im Wasser vom Rumpf abstehenden Reifen des Autos bremsen zum Beispiel den hydrodynamischen Fluss und behindern das Vorankommen. Je höher der Widerstand ist, desto mehr Kraft muss angewendet werden und dementsprechend höher ist der Verbrauch an Treibstoff.

Aus der Sicht des Bootsbetriebs stört, dass Landfahrzeuge nicht abgedichtet und schwimmfähig sind. Außerdem ist der Antrieb über Räder für den Wassereinsatz nicht zu benutzen.

Die aufwendige Konstruktion, um beide Fahrzeuge in einem Gefährt zu vereinen, macht es in der Herstellung teuer und schwieriger absetzbar in einem Markt, der nur auf Preisvorteile fixiert ist.

Ein Amphibienfahrzeug braucht für den Übergang vom Landbetrieb ins Wasser und umgekehrt passende Schnittstellen. Diese müssen entweder von Natur aus flach sein, wie ein Strand, oder gebaut sein wie Zugänge, an denen Boote mit Trailern zu Wasser gelassen werden können. Besonders in Städten kann dies zu Problemen führen, denn nicht in allen Regionen werden viele solcher Übergangstellen anzufinden sein.

Wie später noch erläutert wird, ist es sinnvoll, das Amphibienfahrzeug global zu vertreiben. Dafür müssen die jeweiligen regionalen Gesetze und Richtlinien erfüllt werden. In vielen Ländern wird zusätzlich zum PKW-Führerschein ein Motorbootführerschein für die Erlaubnis zum Führen eines Amphibienfahrzeuges nötig sein.

Die klare Stärke der Amphibienfahrzeuge liegt in der flexiblen Mobilität. Sie können viele Strecken befahren und Ziele erreichen, für die ansonsten entweder ein Straßen- oder ein Wasserfahrzeug, bzw. beides benötigt wird. Das spart Kraftstoff und Zeit. Damit können Amphibienfahrzeuge für die angesprochene Zielgruppe eine große Bereicherung im Alltag sein.

Die Herausforderungen und Stärken werden im nachfolgenden *Tabelle 1.1* in einer SWOT-Analyse dargestellt.

| SWOT            |         | Interne Analyse  |  |
|-----------------|---------|--|--|
|                 |         | Stärken  | Herausforderungen  |
| Externe Analyse | Chancen | <ul style="list-style-type: none"> <li>- flexible Mobilität</li> <li>- erweiterter praktischer Nutzen</li> <li>- Zeit und Kraftstoff Einsparung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kombination von gegensätzlichen Eigenschaften</li> </ul>                |
|                 | Risiken | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Neuheit, mit der der Markt um ein zusätzliches Segment erweitert werden kann</li> </ul>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufbau passender Infrastruktur</li> <li>- globale Produktion</li> </ul> |

Tabelle 1.1 SWOT Analyse

## 1.3 Grundlagen dieser Bachelorarbeit

In diesem Kapitel werden zunächst die wichtigen Grundlagen differenziert in drei Kategorien

- methodisch
- inhaltlich
- technisch

erklärt, sowie die Herangehensweise beschrieben.

### 1.3.1 Methodisch

#### 1.3.1.1 Entwicklungsprozess der Fahrzeugkonzeption

**Fahrzeugentwicklung** ist ein hoch komplexer Vorgang und erfordert ein äußerst effektives und strukturiertes Planen und Abarbeiten der Aufgaben in den jeweiligen Teilbereichen. Bei einem Automobil besteht dieser Entwicklungsprozess notwendig aus mehreren Phasen. Diese Vorgehensweise wird auch für die Entwicklung des hier behandelten Amphibienfahrzeugs übernommen.

Daraus ergeben sich für die Entwicklung des Fahrzeugs folgende Phasen:



Das bedeutet in der Umsetzung die Einhaltung folgender Schritte [[22] S.6]:



Die allgemeinen Konstruktionsphasen sind im Folgenden erläutert.

In der **Planungsphase** wird die Grundlage für die Entwicklung eines Produktes geschaffen. Es erfolgt die Aufgabenklärung und -präzisierung, bei der Informationen und Anforderungen aufgenommen, überprüft und wenn nötig ergänzt werden. Das Ergebnis dieser Phase ist die Ausarbeitung einer Anforderungsliste, die aus den Anforderungen von Kunden und Unternehmen abgeleitet wird [[22] S.8].

Die **Konzeptphase** umfasst zum einen die Funktionsermittlung (Gesamt- und Teilfunktionen) und deren Gliederung zur Ableitung von Funktionsstrukturen mit dem Ziel der Lösungssuche. Zum anderen werden, für die in Modulen angeordneten Funktionen, Lösungsprinzipien ausgewählt, die generelle Lösungen für das Konzipieren des Produkts darstellen [[22] S.9].

In der **Entwicklungsphase** werden die Lösungen in realisierbare Module, die mittels Konkretisierungsmaßnahmen zu Vorentwürfen abgeleitet werden, eingeteilt. Nach diesem Grobgestalten erfolgt durch weitere Detailangaben die Ausführung zu einem Gesamtentwurf [ebd.].

Auf Grundlage des Gesamtentwurfs wird dieser in der **Konstruktionsphase** mittels weiterer, konkreter Vorgaben und Festlegungen so ausgearbeitet, dass die Anfertigung einer Produktdokumentation und die damit verbundene, endgültige Ausgestaltung des Produkts vorgenommen werden kann. [ebd.]

### 1.3.1.2 Werkzeuge und Hilfsmittel

Gestalterische Konstruktionshilfsmittel sind für gewöhnlich rechnerbasierte Programme, die dem Entwickler als Arbeitsunterstützung dienen. In dieser Bachelorarbeit werden unter anderem solche Programme verwendet, die auch in der Industrie zum Einsatz kommen. Ein kleiner Einblick wird im Folgenden die benutzten Programme verständlich vorstellen.

Autodesk Maya ist ein Programm für Animation, Modellierung, Simulation und Rendering in 3D. In der Automobilbranche wird Maya im Bereich der Konzeptentwicklung eingesetzt. Des Weiteren wird Maya in der Filmindustrie, bei der Entwicklung von Computerspielen, sowie in der industriellen Fertigung eingesetzt [23].

Das Modellieren in Maya funktioniert mit dem Erstellen von Polygonen. Polygone sind Formen mit geraden Seiten, die aus dreidimensionalen Eckpunkten und die sie verbindenden geraden Linien (genannt Kanten) bestehen. In der Regel bestehen die Polygone aus vier Kanten, allerdings lassen sich dreiseitige Polygone nicht immer vermeiden. Fünfeckige Formen lassen sich zwar erstellen, werden normalerweise aber nicht zum Modellieren verwendet [24]. In *Abb. 9* ist das zusätzlich veranschaulicht.

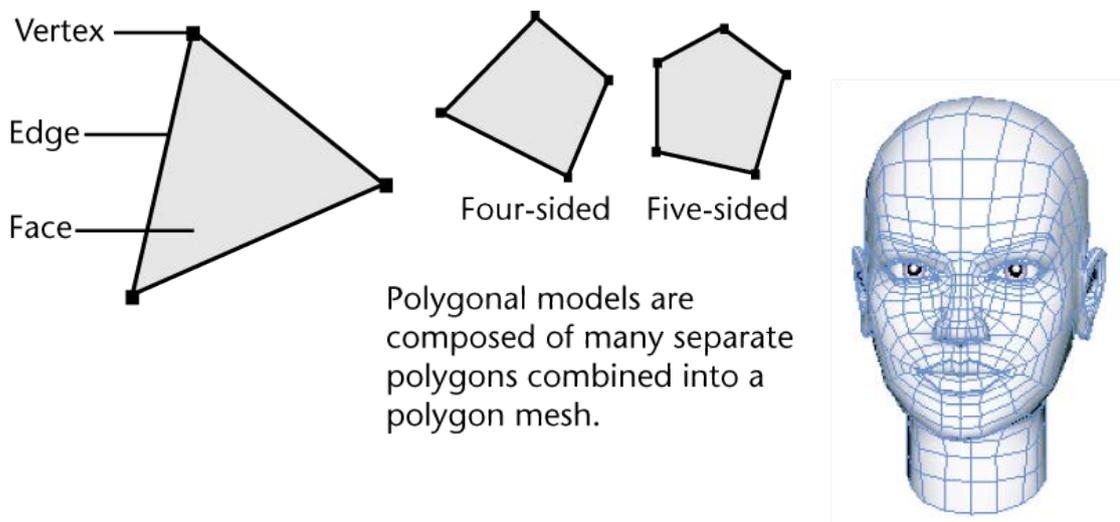


Abbildung 9 Erstellen eines Polygons in MAYA [24]

Ein einzelnes Polygon wird als Fläche bezeichnet. Aus vielen miteinander verbundenen Flächen entsteht ein Polygonnetz. Anhand solcher Flächennetzwerke entstehen 3D-Polygonmodelle.

Die einfache Handhabung eines Polygonmodelles ermöglicht eine schnelle Visualisierung der Idee. So kann im Concept-Modelling in der Automobilbranche ein Polygonmodell als ein digitales Clay-Modell fungieren. In Maya erstellte Polygonmodelle können außerdem auch als Referenzgeometrie in den Freiformflächenprogrammen ICEM Surf und Alias zur Erstellung von NURBS- oder Bézier-Flächen zum Einsatz kommen.

In dieser Bachelorarbeit wird das konzeptionelle 3D Modell des Amphibienfahrzeugs in Maya modelliert.

KeyShot eine 3D Rendering- und Animationssoftware, mit der in nur wenigen Schritten verblüffend echt aussehende Bilder aus 3D Modellen erzielt werden können. Diese Bilder können im gesamten Entwicklungsprozess eingesetzt werden, um z.B. Designentscheidungen zu

fällen, schnell Variationen von Designkonzepten für Kunden zu erstellen oder für Marketing- und Fertigungszwecke zu verwenden.

Der Prozess eines Renderings sieht wie folgt aus. Zuerst müssen die Daten eines 3D Modells importiert werden. Keyshot unterstützt einen Großteil der bekannten Dateiformate. Nachdem die importierten Daten eingelesen sind, müssen das Material und die gewünschte Farbe zugewiesen, die Beleuchtung ausgewählt, die Kameraperspektive ausgerichtet und ein passender Hintergrund ausgewählt werden. Anschließend muss das Rendering nur noch gestartet werden [25].

## **1.3.2 Inhaltlich**

Amphibienfahrzeuge muss in verschiedene Kategorien unterteilt werden. Es gibt Modelle unterschiedlicher Größen und verschiedener Anwendungsbereiche, die abgedeckt werden.

Für Freizeitaktivitäten gibt es Modelle auf Basis von Quads, die im Wasser wie Jet Skis unterwegs sind, sowie Golf Caddys und zwei- und dreirädrigen Rollern.

Im Anwendungsbereich der Nutzfahrzeuge gibt es besonders viele Möglichkeiten für Amphibienfahrzeuge. Bereiche sind Rettungs- und Feuerwehrdienste, als auch Polizei und Securityfirmen. Modelle gibt es basierend auf LKWs, PKWs, Gators und weiteren Fahrzeugtypen. Auch im Bereich der Personenbeförderung sind Amphibienfahrzeuge unterwegs, etwa Amphibienbusse für Stadtrundfahrten, wie sie zum Beispiel in Boston, Singapur und Hamburg durch die Stadt fahren.

PKW-Amphibienmodelle eignen sich für sowohl Freizeitaktivitäten als auch für den praktischen Nutzen. Diese Bachelorarbeit wird die Entwicklung eines Amphibienfahrzeuges, basierend auf einem 4-rädrigen PKW, umfassen.

## **1.3.3 Technisch**

### **1.3.3.1 Straßenfähigkeit**

Hier geht es um die Basisfunktionen, die ein jeder PKW haben muss. Das sind im Wesentlichen:

- Vorwärtsfahren
- Zurücksetzen
- Bremsen
- Lenken

Nur wenn diese Anforderungen erfüllt sind, ist ein Amphibienfahrzeug an Land auf den Straßen fahrfähig.

### **1.3.3.2 Wasserfähigkeit**

Hier geht es um die Basisfunktionen, die ein jedes Motorboot haben muss. Das sind im Wesentlichen:

- Schwimffähigkeit
- Vor- und Rücktrieb
- Lenken

Nur wenn diese Anforderungen erfüllt sind, ist ein Amphibienfahrzeug im Wasser fahrfähig.

Im Folgenden werden die Begriffe Auftrieb und Stabilität erklärt, die dafür sorgen, dass ein Motorboot nicht untergeht und sich sicher manövrieren lässt.

## Auftrieb von Schiffen

Mit dem Phänomen, dass Schiffe schwimmen, hat sich der griechische Gelehrte Archimedes vor über 2000 Jahren beschäftigt. Er kam zu der Erkenntnis, die heute als das archimedische Prinzip bekannt ist.

„Der statische Auftrieb eines Körpers in einem Medium ist genauso groß wie die Gewichtskraft des vom Körper verdrängten Mediums.“ - Archimedes [26]

Das bedeutet nichts anderes, als dass der Auftrieb gleich der Gewichtskraft der verdrängten Flüssigkeit ist. In *Abbildung 10* ist das veranschaulicht.

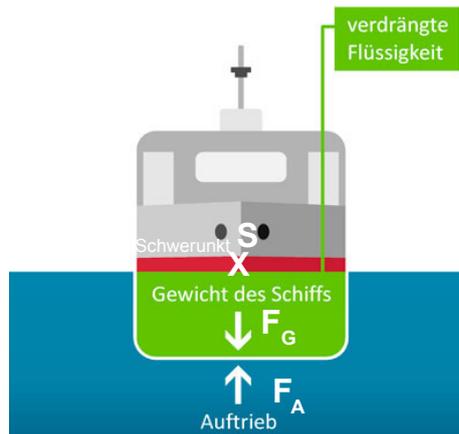


Abbildung 10 Auftrieb eines Schiffes [27]

Um die Auftriebskraft  $F_A$  zu berechnen, werden die Gewichtskraft des Schiffes  $F_G$  und die Auftriebskraft  $F_A$  gleichgesetzt, da sich diese beiden in entgegengesetzter Richtung wirkenden, gleichgroßen Kräfte aufheben [[28] S.15].

$$F_G = F_A$$

Da es sich hier um zwei Unbekannte handelt, muss eine der Größen bestimmt werden und das kann in diesem Fall nur die Gewichtskraft des Schiffes sein, die sich berechnen lässt. Um die Gewichtskraft des Schiffes nun konkret zu ersetzen, werden in die Formel die physikalischen Größen des

- Volumens des verdrängten Wassers
- der Dichte von Wasser

und der

- Erdbeschleunigung

eingesetzt:

$$F_A = V_{\text{Wasser, verdrängt}} [\text{m}^3] \times \rho_{\text{Wasser}} [\text{kg/m}^3] \times g [\text{m/s}^2]$$

## Stabilität von Schiffen

Neben der Auftriebskraft ist auch die Stabilität von Wasserfahrzeugen für einen sicheren Betrieb zu beachten. Ein Rumpf muss neben einem ausreichenden Freibord auch über ein Wiederaufrichtungsvermögen verfügen. Um das Wiederaufrichtungsvermögen zu bestimmen, muss die metazentrische Höhe  $h_m$  bestimmt werden, da für eine ausreichende Stabilität das Metazentrum eines formstabilen Schiffes oberhalb seines Schwerpunktes liegen muss. Der senkrechte Abstand zwischen dem Vektor der Gewichtskraft des Schiffes  $F_G$  und der Auftriebskraft  $F_A$  bestimmen das aufrichtende Moment  $M$ . Die Auftriebskraft verläuft durch die metazentrische Höhe. In *Abbildung 11* ist die Stabilität eines Schiffes noch einmal bildlich veranschaulicht. [[28] S.16]

Bisher nicht genannte, aber in *Abbildung 11* dargestellte, Größen sind:

- K ist der Kiel;
- B, B' die Unterwasserschwerpunkte
- G der Gewichtsschwerpunkt

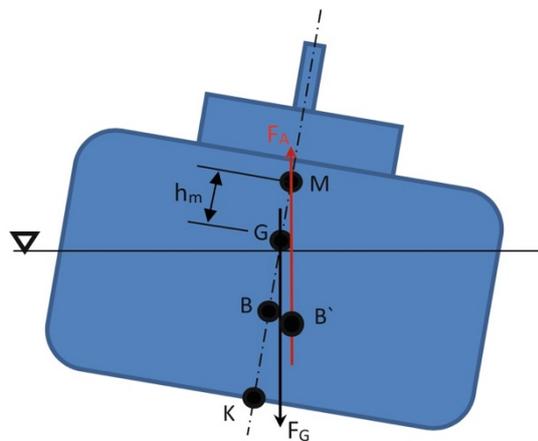


Abbildung 11 Stabilität eines Schiffes [[28] S.16]

Motorboote gelten als sehr formstabil, da sie einen breiten und flachen Rumpf mit relativ tiefem Schwerpunkt haben. Für gewöhnlich kentern Motorboote nur, wenn dies bewusst stark provoziert wird, z.B. durch das Fahren besonders enger Kurven bei hoher Geschwindigkeit [29].

### 1.3.3.3 Kombination Straßen- und Wasserfähigkeit

Damit das Amphibienfahrzeug für den Fahrer bequem zu bedienen ist, sollten die Bedienelemente für Auto und Boot in einem Instrument integriert sein. Das bedeutet:

- Bei der Fahrt an Land werden die Räder für den Richtungswechsel mit dem Lenkrad bedient. Die Übertragung der Lenkkraft im Wasser soll ebenfalls über das Lenkrad erfolgen, mit dem Unterschied, dass die Umsetzung nicht mit den Rädern, sondern mit dem Wasserantrieb vorgenommen wird.
- Das Beschleunigen und Bremsen eines PKWs erfolgt über die Fußpedale. Damit für den Bootbetrieb kein zusätzlicher Hebel verbaut und vom Fahrzeugführer benutzt werden muss, gilt es für die Funktionen Vorwärts- und Rückwärtsbeschleunigung, welches beim Boot gleichzeitig die Bremswirkung ausmacht, dieselben Pedale zu benutzen.

## 2 Planungsphase

In diesem Abschnitt der Produktentwicklung wird eine Marktanalyse für das Amphibienfahrzeug durchgeführt, die unter anderem eine Zielgruppendefinition enthält. Dazu werden zusätzlich Persona Profile erstellt. Der Markt im Sinne dieser Bachelorarbeit ist global gefasst, da das Produkt Amphibienfahrzeug nur ein Nischenprodukt ist. Um ausreichende Stückzahlen zu produzieren, steht daher der internationale Absatz im Fokus. Konsequenterweise wird dieser Aspekt auch bei den Anforderungsspezifikationen aus Unternehmenssicht berücksichtigt.

Das Ergebnis dieser Planungsphase soll die Aufstellung aller nötigen Anforderungsspezifikationen aus Herstellersicht, sowie aus Kundensicht aufnehmen. Außerdem ergeben sich daraus wichtige Überlegungen für die Gestaltung des Grobkonzepts.

Die im Rahmen dieser Bachelorarbeit aufgeführten soziologischen und betriebswirtschaftlichen Überlegungen dienen dazu, das Spektrum und die Breite der Themenfelder aufzuzeigen. Sie basieren auf theoretischen Annahmen, die durch entsprechende Befragungen und Untersuchungen noch verifiziert werden müssten.

### 2.1 Marktanalyse

Mit der Marktanalyse wird die Zielgruppe definiert, sowie analysiert und identifiziert, wie andere Wettbewerber mit vergleichbaren Produkten auf dem Markt positioniert sind. Es ist zusätzlich wichtig, die Entwicklung aller wesentlichen Rahmenbedingungen, sowie die Anforderung aus Konsumentensicht zu erkennen. Im Ergebnis soll es möglich sein, zuverlässige Informationen zu geben, wie das Produkt richtig im Markt zu positionieren ist und sich so für den Hersteller Wettbewerbsvorteile sichern lassen.

Die Überlegungen machen also Sinn, um Anhaltspunkte zu erhalten, wie hoch eine Produktion ausfallen sollte und in welchen Regionen der Absatz beworben wird.

Zwar wurden für diese Bachelorarbeit keine speziellen Umfragen durchgeführt, gleichwohl lassen sich bereits aus vorhandenen demoskopischen Erhebungen einige der kaufentscheidenden Kriterien für den Autokauf in der Region Deutschland identifizieren, wie in *Abbildung 12* dargestellt.

Dazu wurde die Befragung zu den kaufentscheidenden Kriterien im Jahre 2018 zu Grunde gelegt. Die Eigenschaften Sicherheit und Zuverlässigkeit haben neben einem niedrigen Kraftstoffverbrauch eine hohe Priorität für Käufer. Mit 73,8% und 73,3% schneiden auch ein niedriger CO<sub>2</sub> Ausstoß und Umweltfreundlichkeit im oberen Mittelfeld nicht unbedeutend ab. Relativ unwichtig ist für die befragten Autokäufer ein integrierter Internetzugang im Auto [30].

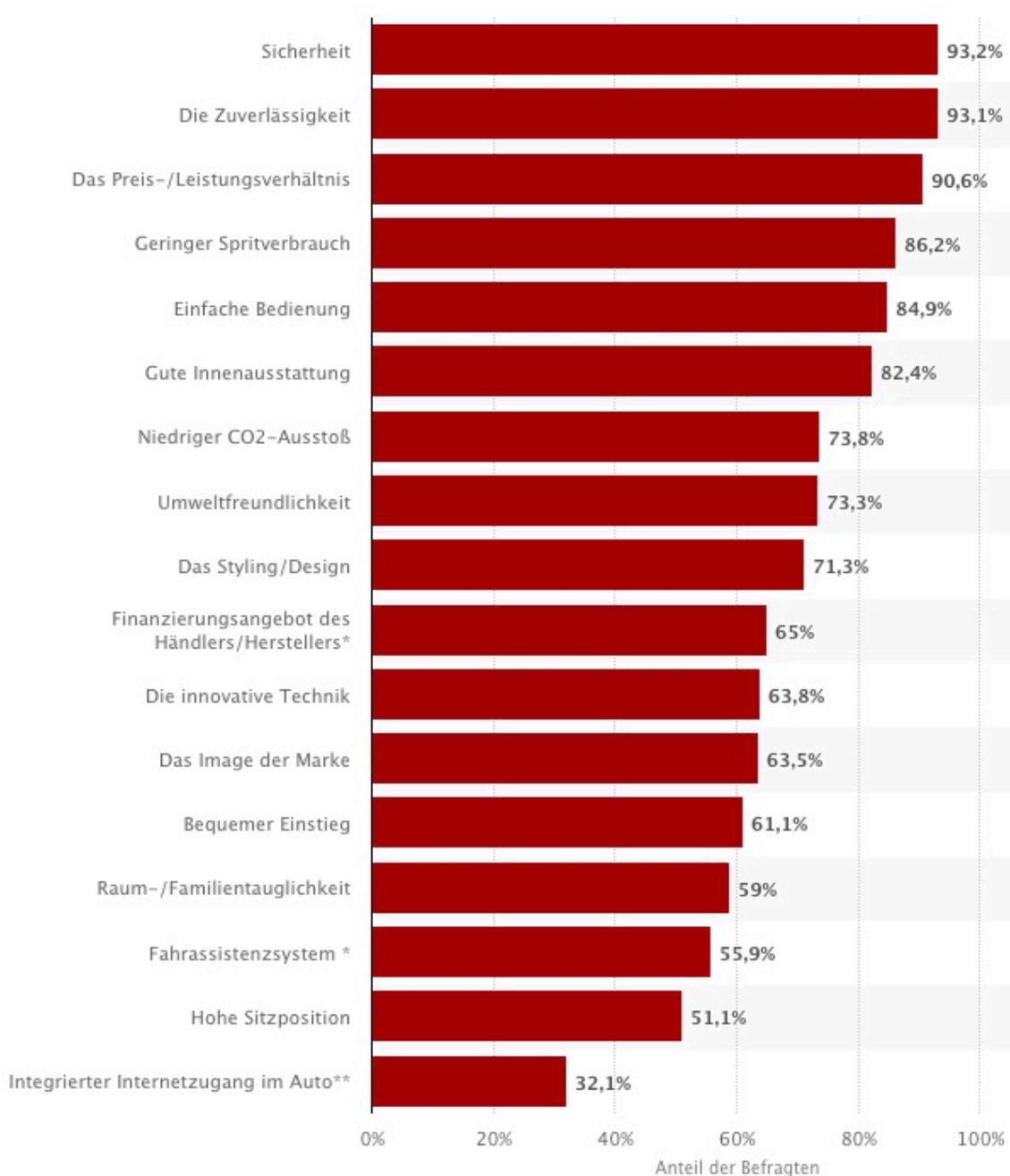


Abbildung 12 Kriterien zum Autokauf in Deutschland im Jahr 2018 [30]

Die nachstehenden Überlegungen betreffen ausschließlich Amphibienfahrzeuge und nicht konventionelle Automobile. Dazu liegen bisher keine speziellen demoskopischen Erhebungen vor. Für diese Arbeit wird davon ausgegangen, dass ein Teil der Anforderungen identisch mit denen eines Autokaufs ist. Für die zusätzlichen Einsatzmöglichkeiten im Wasser werden theoretische Annahmen getroffen, die natürlich noch zu verifizieren wären. Es ist davon auszugehen, dass in diesem Kontext die Bewertung der Anforderungen der Käufer abweichende Ergebnisse zeigen werden.

## 2.1.1 Zielgruppe

Um eine Zielgruppe für das Amphibienfahrzeug präzise definieren zu können, wird der Markt in folgende Segmente aufgeteilt:

- A. demografisch
- B. sozioökonomisch
- C. psychografisch
- D. Kaufverhalten

Die in der Definitionsphase erkennbare Zielgruppe für das Amphibienfahrzeug wird in *Tabelle 2.1* im nächsten Abschnitt zusammengefasst dargestellt.

Um ein besseres Verständnis für die Zielgruppe zu bekommen, werden typische Persona Profile als eine Art Prototyp für die potenziellen Käufer entwickelt. Diesen Personen wird mit Namen und Fotos ein Aussehen gegeben. Ein Profil besteht aus einem ausführlichen und ausformulierten Steckbrief, der mit relevanten Informationen den normalen Tagesablauf beschreibt. Dadurch lassen sich Wünsche, Bedürfnisse und Probleme der Zielgruppen leichter nachvollziehen. Außerdem können Probleme und Schwachstellen des Produktes für den Produzenten leichter identifiziert, verbessert und an die gewünschten Bedürfnisse angepasst werden [31].

### 2.1.1.1 Zielgruppen Definition

**A. Das demografische Zielgruppensegment** umfasst Alter, Geschlecht, Familienstand, Wohnort und Haushaltsgröße [32].

Als Zielgruppe für ein Amphibienfahrzeug werden Männer in einer Altersspanne von 30 bis 38 Jahren in Betracht gezogen. Unabhängig vom Familienstand liegt die Haushaltsgröße der Zielgruppe bei ein bis zwei Personen und deckt somit einen Single-Haushalt und Zusammenlebende ab.

Voraussetzung für den Wohnort ist eine Nähe zu Gewässern aller Art, die im Alltag der Zielgruppe eine konkrete Bedeutung haben. Etwa dadurch, dass sie ein Hindernis oder Bestandteil auf Strecken sind, die zurückgelegt werden müssen und (noch) nicht durch Brücken oder Fähren versorgt sind. In Frage kommen zum Beispiel urbane Gebiete mit Seen, Kanälen, Grachten oder Flusslage. Ebenso ländliche Regionen an Flussdeltas, Inseln und Küsten. In den *Abbildungen 13* und *14* sind mögliche Einsatzorte dargestellt, die illustrieren, wo das Amphibienfahrzeug eingesetzt werden könnte.



Abbildung 13 Luftaufnahme des Malchower See [33]



Abbildung 14 Eine typische Gracht in Amsterdam [34]

**B. Das sozioökonomische Zielgruppensegment** beschreibt Bildungsstand, Beruf und Einkommen, das eine Zielperson haben soll [32].

Generell wird ein Amphibienfahrzeug immer im höheren Preisniveau liegen, da zwei Einsatzgebiete - Land und Wasser - abgedeckt werden. Das setzt voraus, dass die Zielgruppe einkommensstark ist. Ab 50.000 € Jahreseinkommen kann davon ausgegangen werden, dass eine Anschaffung wirtschaftlich tragbar ist, da das nach Abzug der Lebenshaltungskosten verfügbare Einkommen eine Anschaffung erlaubt.

Es kann davon ausgegangen werden, dass Bezieher von höheren Jahreseinkommen in aller Regel über eine höhere Bildung verfügen. Ausschlaggebend für die vorliegende Betrachtung ist jedoch die Qualifizierung für das Führen eines KFZ und Motorboots.

Das Fahrzeug ist grundsätzlich für alle Berufsgruppen geeignet. Allerdings ergeben sich interessante Konstellationen für besondere Berufsgruppen, bei denen das Amphibienfahrzeug als Arbeitsmittel benutzt werden kann. Beispiele für mögliche berufliche Einsatzgebiete lassen sich in der Security Branche, bei hoheitlichen Aufgaben (Behördeneinsätze), Kontrollaufgaben in der Binnenschifffahrt, im Naturschutz und im Freizeitbereich vermuten.

**C. Das psychografische Zielgruppensegment** liefert uns weitere Merkmale für den Vertrieb, nämlich Informationen über die Motivation, Meinungen, Wünsche, Werte und den Lebensstil potentieller Käufer [32]. Bezogen auf das Produkt Amphibienfahrzeug ist von der Annahme auszugehen, dass damit folgende Vorlieben erfüllt werden:

- Abenteuerlust und ein besonderes Gefühl von Freiheit
- Spaß an spontanen Freizeitaktivitäten und -unternehmungen
- der Wunsch etwas zu besitzen, das das gewisse „Extra“ hat und einen hohen praktischen Nutzen
- Affinität für innovative Technik
- der Wunsch ein Fahrzeug zu besitzen, das einen besonderen Lifestyle und Status repräsentiert

**D. Das vierte Segment Kaufverhalten**, definiert sich aus der Preissensibilität, Zufriedenheit, Kaufreichweite und Mediennutzung der Zielpersonen [32].

Die aus der Analyse demographischer, sozioökonomischer, psychographischer Merkmale ermittelten, potentiellen Käufer des Amphibienfahrzeugs gilt es, als Kunden zu gewinnen. Dafür wird zusätzlich analysiert, welches Kaufverhalten diese Zielgruppe hat.

Das Amphibienfahrzeug ist kein Wegwerfartikel, sondern ein Produkt, das mittel- oder langfristig genutzt wird. Die Anschaffung unterliegt praktisch kaum größeren Preisschwankungen. Der typische Käufer wird eher auf ein ausgewogenes Verhältnis von Qualität/Nutzen und Anschaffungspreis schauen. Weil es für ihn ein Wirtschaftsgut ist, ist die Inanspruchnahme einer Fremdfinanzierung wahrscheinlich.

Die Käufer werden sich wahrscheinlich überwiegend im Internet vorab über das Produkt informieren. Die Vertiefung erfolgt in aller Regel bei einem Händler, wo das Fahrzeug unter praktischen Bedingungen erprobt werden kann. Das muss bei einer globalen Absatzstrategie auch auf internationaler Ebene möglich sein. Das bedeutet, dass ein Netzwerk an niedergelassenen Händlern und Kooperationen genutzt oder aufgebaut werden muss.

In den nachfolgenden Charts sind die Ergebnisse der Zielgruppen-Beschreibung noch einmal aufgeführt.

| <b>Demografisch</b> |  |
|---------------------|--|
| Alter               | 30 - 38  |
| Geschlecht          | männlich   |
| Familienstand       | ledig  |
| Wohnort             | Regionen und/oder Städte mit Flüssen und Grachten oder in der Nähe von Seen und Küsten |
| Haushaltsgröße      | "1 - 2"  |

| <b>Sozioökonomisch</b> |                       |
|------------------------|-----------------------|
| Bildungsstand          | Schulischer Abschluss |
| Beruf                  | Keine Einschränkung   |
| Einkommen              | 50.000 € +            |

| <b>Psychografisch</b> |                                   |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Motivation            | Abenteuer, Spaß                   |
| Wünsche               | flexible, spontane Unternehmungen |
| Werte                 | Anerkennung, Status, Freiheit     |
| Lebensstil            | moderner Lifestyle                |

| <b>Kaufverhalten</b> |        |
|----------------------|--------|
| Preissensibilität    | gering |
| Kaufreichweite       | global |
| Mediennutzung        | hoch   |

Tabelle 2.1 Übersicht Zielgruppensegmente

### 2.1.1.2 Persona Moodboard

Das Persona Moodboard (Abb. 15) dient zur ersten Visualisierung der Zielgruppe. Aus diesem Moodboard werden im nächsten Schritt drei Persona Profile abgeleitet. Die emotionale Bildsprache vermittelt durch den Anzugträger und die surfende Person einen eleganten, sportlichen Lebensstil. Herausgestellt werden die innovative Technik durch die Drohne und das moderne, futuristisch anmutende Fahrzeuginterieur durch das Dashboard. Der Bezug zur Umwelt und erneuerbaren Energiequellen wird symbolisch durch die Weltkarte und den springenden Delphin vermittelt. Die Brücke steht für ein abenteuerliches „Auf zu neuen Ufern“.



Abbildung 15 Persona Moodboard [35]

### 2.1.1.3 Persona Profile

Im Folgenden werden drei Personen beschrieben, für die ein Amphibienfahrzeug eine Bereicherung wäre. Die Persona Profile sind fiktiv. Bei den erstellten Charakteren handelt es sich um einen 31-jährigen Mike aus Neuseeland (Abb. 16), einen 35-jährigen Javier aus Gibraltar (Abb. 17) und einen 38-jährigen Vincent aus Amsterdam (Abb. 18).



#### **Mike**

Alter: 31 Jahre

Geschlecht: männlich

Familienstand: ledig

Wohnort: Auckland, Neuseeland

Branche: Fernsehen

Gehalt: 55.000 € p.a.

Funktion: Kameramann

Abbildung 16 Porträt von Mike [92]

Mike lebt in der Stadt Auckland. Er arbeitet als Kameramann und hat schon an vielen Filmproduktionen, unter anderem „Herr der Ringe“, mitgewirkt. Er ist ein weltoffener Mensch mit großem Interesse an technischen Neuheiten.

Mike ist großer Autoliebhaber. Er fährt selber einen Sportwagen. Er ist großer Befürworter von Elektrofahrzeugen und kann sich gut vorstellen, zukünftig ein solches Fahrzeug zu besitzen. Er wäre sogar bereit, seinen Sportwagen gegen ein nachhaltiges und vielseitigeres Fahrzeug einzutauschen.

Im Hauraki Gulf, an dem Auckland liegt, gibt es einige verstreute Inseln, die mit einem Motorboot sehr gut erreichbar sind. Mike wäre in seiner Freizeit sehr gerne mehr unterwegs, um die Natur, besonders diese Inseln, häufiger zu erkunden. Auch schnorcheln würde er gern, fernab der touristischen Spots. Allerdings besitzt er kein eigenes Boot für derartige spontane Ausflüge.



## **Sven**

Alter: 38 Jahre

Geschlecht: männlich

Familienstand: in einer festen Beziehung

Wohnort: Berlin

Branche: Fotograf

Gehalt: 50.000 € p.a.

Funktion: Besitzer einer Galerie

Abbildung 17 Porträt von Sven [91]

Sven ist Fotograf und besitzt eine Galerie. Er hat sich auf Naturfotografie spezialisiert. Seine Lieblingsmotive sind Sonnenauf- und Sonnenuntergänge aus unterschiedlichen Perspektiven: von Land, vom Wasser, auf steinigem Terrain, im Wald und an der Küste. Er fährt einen sparsamen Smart, hat aber kein eigenes Boot. Ein zweites Fahrzeug wäre für ihn zu teuer und problematisch, weil er dafür keinen Stellplatz hat.

Sven lebt sehr nachhaltig und umweltbewusst. Ihm ist es wichtig zu wissen, wo seine Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände herkommen und wie diese produziert werden. In seiner Galerie stellt er seine Bilder sehr erfolgreich aus und versucht auch, mit Ausstellungen auf die Missstände in der Umwelt aufmerksam zu machen.

Seine Lebensgefährtin begleitet ihn gern bei seinen Fotoexkursionen in die Natur, am liebsten an die Flusslandschaften der Havel oder die Mecklenburgische Seenplatte. Bisher muss er sich oft ein Motorboot leihen. Eine umweltfreundliche Kombination aus E-Auto und E-Motorboot würde ihm erlauben, unabhängig, spontan und flexibel auf Seen und Straßen unterwegs zu sein.



### **Vincent**

Alter: 35 Jahre

Geschlecht: männlich

Familienstand: verheiratet

Wohnort: Amsterdam, Niederlande

Branche: Logistik

Gehalt: 80.000 € p.a.

Funktion: Teamleiter

Abbildung 18 Porträt von Vincent [93]

Vincent wohnt in Amsterdam direkt an einer der vielen Grachten. Er besitzt ein Auto und ein kleines Motorboot. Das Logistikunternehmen, für das er arbeitet, hat seinen Standort ebenfalls direkt am Wasser. So kommt es regelmäßig vor, dass er mit seinem Boot zur Arbeit fährt. Dadurch umgeht er den täglichen Rushhour-Verkehr. Er würde gern häufiger nach Feierabend in die Innenstadt fahren, um Einkäufe zu erledigen oder zusammen mit seiner Frau oder Freunden etwas zu unternehmen, ohne immer erst das Motorboot nach Hause fahren zu müssen.

Er legt viel Wert auf sein Image. Auto und Motorboot sind für ihn Statussymbole. Vincent begeistert sich für die neuesten Technologien und innovative Trends. Gern präsentiert er sich mit den aktuellsten Handys, Smartwatches und Gadgets.

In seiner Freizeit unternimmt Vincent gern Fahrten durch die Grachten. Allerdings ist sein Motorboot recht laut, was jegliche entspannte Stimmung stört. Regelmäßig macht er zusammen mit seiner Frau am Wochenende Ausflüge an die Küste. Denn beide sind leidenschaftliche Wassersportler. Sie surfen für ihr Leben gern und begeistern sich auch fürs Wakeboarden.

## 2.1.2 Wettbewerber

Als Konkurrenzprodukte kristallisieren sich zwei Amphibienfahrzeuge heraus auf PKW-Basis heraus, die in größerer Stückzahl produziert werden oder wurden. Das sind die in der Einleitung bereits erwähnten Modelle Panther von WaterCar und der Aquada von Gibbs Amphibians. Zu finden sind die beiden Modelle im Abschnitt Kapitel 1.2 *Stand der Technik* inklusive Bilder (Abb. 7 und 8).

Gibbs Amphibians ist ein in Warwickshire, UK, lokalisiertes Unternehmen, das 1994 gegründet wurde. Diesem Unternehmen gelang es als erster Hersteller, ein Amphibienfahrzeug zu produzieren, das schneller als 30 mph (48 km/h) im Wasser fährt [36]. Neben dem Aquada bietet Gibbs eine ganze Reihe weiterer Amphibienfahrzeuge an. Auf ihrer Produktpalette befinden sich acht Fahrzeuge aller Größen: Amphibienfahrzeuge auf zwei, drei oder vier Rädern, von Quad über PKW bis hin zum kleinem LKW mit Ladefläche. Es werden die Segmente Freizeit und Spaß, sowie verschiedene Rettungsdienste (Polizei und Coast Guard) abgedeckt [37]. Insgesamt besitzt Gibbs über 350 Patente, welche aus kompletten Fahrzeugen, komplexen Systemen, wie dem Einzug von Rädern, oder einzelner Bauteile, bestehen [38].

Gibbs ist auf dem Markt der Amphibienfahrzeuge ein sehr erfahrenes Unternehmen und bei der Markteinführung eines neuen Produktes ein großer Konkurrent. Es muss aber vermerkt werden, dass die erste Kleinserie des Aquadas schon 15 Jahre zurückliegt und inzwischen technisch nicht mehr auf dem neusten Stand ist. Fahrzeuge sind nur noch auf dem Gebrauchtmärkte erhältlich.

Das WaterCar wurde 1999 in Fountain Valley, Kalifornien, USA, gegründet. Die Firma entstand aus einer persönlichen Herausforderung, das schnellste Amphibienfahrzeug der Welt zu bauen. Das gelang 2010 mit den Prototypen des Modells Python, welches allerdings nie in den Handel ging. Im Guinness Buch der Rekorde steht das Fahrzeug mit einer Spitzengeschwindigkeit von 204 km/h an Land und 96 km/h im Wasser. Das erste kommerzielle Fahrzeug wurde 2013 der Panther. Der Panther ist das einzige Produkt, das WaterCar derzeit zum Verkauf anbietet. Jedes hergestellte Fahrzeug ist kundenspezifisch erstellt und kostet 198.000 \$. WaterCar haben den stolzen Slogan „Builders of The Most Fun Vehicle on the Planet!“ (zu Deutsch „Hersteller des spaßigsten Fahrzeugs auf dem Planeten!“). Das Fahrzeug wird in Kalifornien produziert und nur dort verkauft, sodass internationale Käufer den Transport selbst arrangieren müssen [39].

Beide Amphibienfahrzeuge sind reine Cabriolets, für die keine Verdecke erhältlich sind. Bei Regen sind beide Fahrzeuge nicht nutzbar und eignen sich somit nicht für den alltäglichen Gebrauch in Ländern, in denen es regelmäßig zu Niederschlägen kommt. Es sind reine Spaßfahrzeuge.

Der geländegängige Panther ist auf einem Gitterrohrrahmen aufgebaut. Angetrieben wird er mit einem 250 PS starken 3.7 Liter großen V6 Motor über die Hinterachse. Mithilfe eines speziellen Verteilergetriebes lässt sich auch der Jetantrieb ansteuern. Während der Wasserfahrt werden die Räder hydraulisch eingezogen, damit sie den hydrodynamischen Fluss des Wassers nicht behindern [20]. Nach einem ähnlichen Prinzip lässt auch die Firma Gibbs die Reifen ihres „Aquada“ während des Wassergangs einziehen. Der „Aquada“ hat einen etwas kleineren V6 175 PS starken Motor verbaut [19]. In der *Tabelle 2.2* sind die wichtigen Leistungsmerkmale aufgelistet.

|                                | <b>Gibbs Aquada [19]</b>   | <b>WaterCar Panther [40]</b> |
|--------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Gewicht                        | 1466 kg                    | 1338 kg                      |
| Länge                          | 4810 mm                    | 4572 mm                      |
| Breite                         | 2010 mm                    | 1829 mm                      |
| Radstand                       | 2490 mm                    | -                            |
| Spurbreite                     | 1785 mm                    | -                            |
| Sitzanzahl                     | 3                          | 4                            |
| Motor                          | Rover K Series 24 Valve V6 | Honda 3.7 Liter VTEC         |
| Angetriebene Achse             | Heckantrieb                | Heckantrieb                  |
| Leistung                       | 175 PS                     | 250 PS                       |
| max. Geschwindigkeit an Land   | 160 km/h                   | 88 km/h                      |
| max. Geschwindigkeit im Wasser | 50 km/h                    | 70 km/h                      |
| Schiffsantrieb                 | Wasserstrahlantrieb        | Wasserstrahlantrieb          |
| Kraftstoff                     | Benzin                     | Benzin                       |
| Tankgröße                      | 67 l                       | -                            |
| Reifeneinzug                   | hydraulisch                | hydraulisch                  |

Tabelle 2.2 Wettbewerbersvergleich

### 2.1.3 Umfeldanalyse

Hier werden Faktoren aufgezeigt, die gegenwärtig und künftig bei der Entwicklung von Fahrzeugen zu berücksichtigen sind. Insbesondere geht es hier um die gesellschaftliche Diskussion zum Klimawandel und den Einfluss von Mobilitätskonzepten auf diesen. Siehe hierzu Anhang *1.1 Diskussionsstand Klimawandel*.

Die ständige Diskussion des Klimawandels beeinflusst die legalen Bedingungen, die für Entwickler von Fahrzeugen zwingend beachtet werden müssen. Siehe Anhang *1.2 Gesetzliche Rahmenbedingungen*.

Die soziologischen Auswirkungen der Klimadiskussion und der daraus resultierenden Rahmenbedingungen betreffen auch Art und Ausprägung der Verkehrsmittelnutzung. Siehe im Anhang *1.3 Gesellschaft und Verkehrsmittelwahl*.

Die Situation in Großstädten verändert sich. Der Trend geht weg von der Eigenanschaffung, hin zum Carsharing. Außerdem sind die Fahrstrecken dort im Vergleich zu ländlichen Gebieten eher kurz. Siehe Anhang Abschnitt *1.4 Geschäftsmodelle und Mobilitätsoptionen*.

Menschen können sich das Leben in Großstädten kaum mehr leisten und ziehen zurück aufs Land. Das führt zu einem stetigen Anstieg von Pendlern. In Deutschland pendeln etwa 27 Prozent aller Beschäftigten mindestens 30 Minuten zur Arbeit, von denen zwei Drittel den Angaben zufolge, das eigene Auto benutzen [41].

### 2.1.4 Fazit der Marktanalyse

Als Zielgruppe definiert sind Personen im Alter zwischen 30 und 38 Jahren. Das Amphibienfahrzeug soll Menschen mit einem vielseitigen Lifestyle als Allrounder ansprechen. Auch der Wunsch nach Zweckmäßigkeit, für den das Amphibienfahrzeug steht, ist in dieser Personengruppe ausgeprägter als das reine Prestigedenken, gleichzeitig Auto und Boot vorzuweisen.

Klimawandel, zunehmende Ressourcenknappheit, umweltbewussteres Denken der Menschen und die daraus resultierenden regulatorischen Verpflichtungen zwingen die Automobilindustrie in einen Anpassungsprozess. Das betrifft auch spezielle Nischenprodukte, die es weiterhin geben wird, wenn die Hersteller bereit sind, diese veränderten Rahmenbedingungen zu berücksichtigen.

Wirkliche Mitbewerber für ein Alltags-Amphibienfahrzeug gibt es nicht. Den beiden oben genannten Fahrzeugen fehlen Ausstattungsmerkmale, wie beispielsweise ein Dach. Zum Teil werden sie nicht mehr produziert oder sind vorwiegend für den Freizeitsektor konzipiert.

Aus der Marktanalyse ergeben sich somit folgende Fahrzeugeigenschaften für das Amphibienfahrzeug, die in *Abbildung 19* abgebildet sind.

Die Bewertungs-Legende sieht wie folgt aus:

- 5: sehr wichtig
- 4: wichtig
- 3: zweitrangig
- 2: unwichtig
- 1: nicht relevant

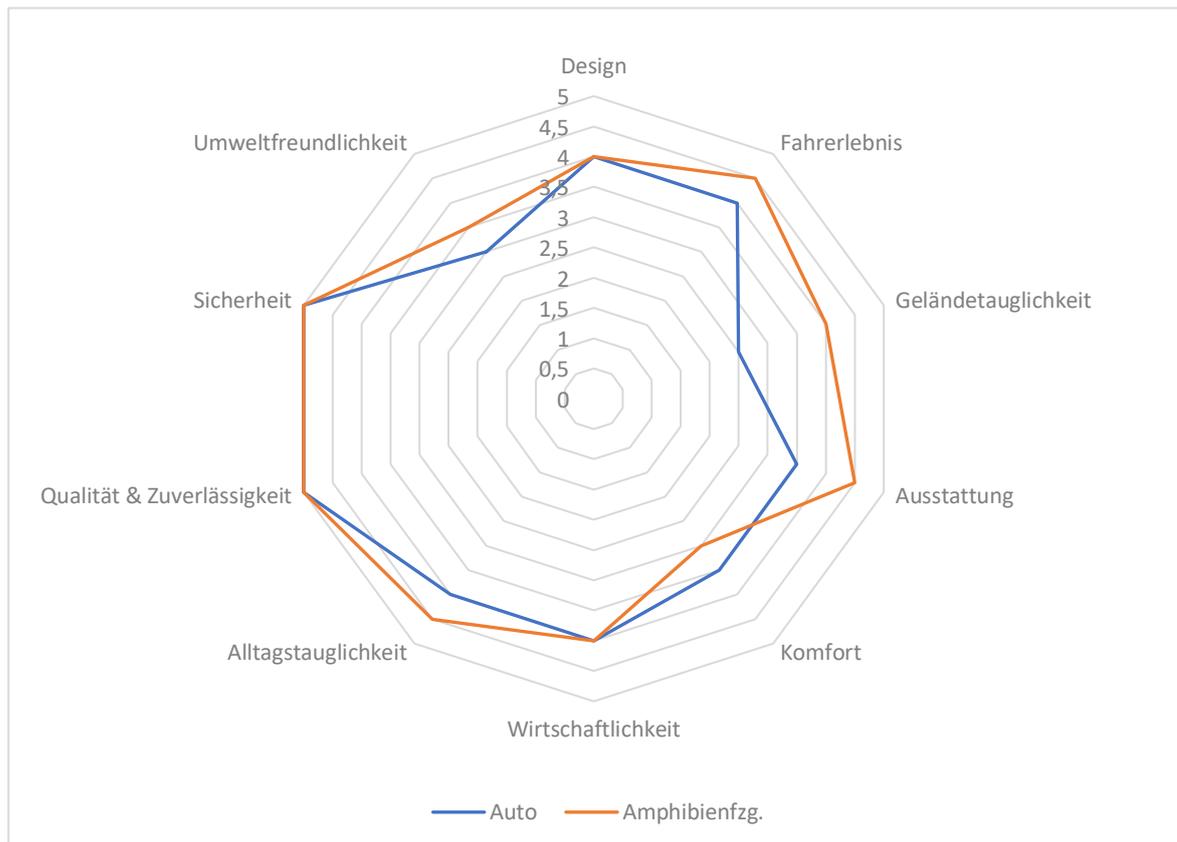


Abbildung 19 Netzdiagramm zu Fahrzeugeigenschaften

Im Netzdiagramm sind die, für einen Käufer ermittelten, wichtigen Fahrzeugeigenschaften für ein konventionelles Auto (s. Abb. 16 Kriterien zum Autokauf in Deutschland im Jahr 2018). Außerdem die vermuteten Eigenschaften eines Amphibienfahrzeuges (vgl. Informationen aus der Marktanalyse). Das Netzdiagramm zeigt die Gewichtung der Kriterien und vergleicht diese zugleich mit Referenzfahrzeugen. Aus vorherigen Erläuterungen wird deutlich, dass die Sicherheit und Qualität & Zuverlässigkeit mit einer maximalen Bewertung versehen werden. Das gilt sowohl für das Auto als auch für das Amphibienfahrzeug. Ebenfalls wurde die Bedeutung der Umweltfreundlichkeit erläutert, welche beim Amphibienfahrzeug relevanter ist.

Eine erhebliche Differenz zwischen dem Auto und dem Amphibienfahrzeug fällt bei der Geländetauglichkeit auf. Geländetauglichkeit im Sinne eines Offroad-Wagens hat für das anvisierte Zielgruppensegment nicht höchste Priorität. Sie ist aus praktischen Erwägungen trotzdem wünschenswert, um nicht ausgebaute Zufahrten zum Wasser zu überwinden. Für Käufer eines Autos ist die Geländetauglichkeit weniger relevant.

Die Alltagstauglichkeit wird bei dem Amphibienfahrzeug als etwas wichtiger bewertet. Das ergibt sich aus dem Wunsch nach Zweckmäßigkeit durch die flexible Nutzung an Land und im Wasser sowie den unterschiedlichen Anwendungsbeispielen im Alltag.

Ein weiteres bedeutsames Kriterium ist die Ausstattung. Unter Ausstattung ist hier die angebotene Technologie gemeint: große Touchbildschirme, feine Technik-Features, wie z.B. Head-up-Displays und der schlüssellose Zugang, sowie intelligente Assistenzsysteme, wie der Spurhalteassistent, Spurwechselassistent, Abstandsregeltempomat und Notbremsassistent.

In der folgenden Grafik ist die Positionierung der Marke des Amphibienfahrzeugs zu sehen. Das Amphibienfahrzeug wird den Namen „**Road Boat**“ tragen und ist unter dieser Bezeichnung in der Grafik im weiteren Verlauf dieser Arbeit zu finden. Die Herleitung des Produktnamens ist in Kapitel 4.1.1 *Firmenname und Markendesign* erläutert.

Die Positionierung der Marken (s. Abb. 20) ist in „sportlich“ und „luxuriös“ und in „modern“ und „traditionell“ aufgeteilt. Es handelt sich hier ausschließlich um das Design und die Positionierung der Marke. Besonders beim Begriff modern geht es nicht um die Ausstattung mit moderner Technologie, sondern um den Gegensatz zu Marken, die auf traditionellen, ursprünglichen Werten und Firmenhistorie aufbauen, wie zum Beispiel Mercedes-Benz oder Ford.

Das Road Boat ist ein Start-up-Unternehmen und daher sehr innovativ ausgerichtet. Es soll deutlich mehr auf sportliche, praktische als auf luxuriöse Werte aufbauen.

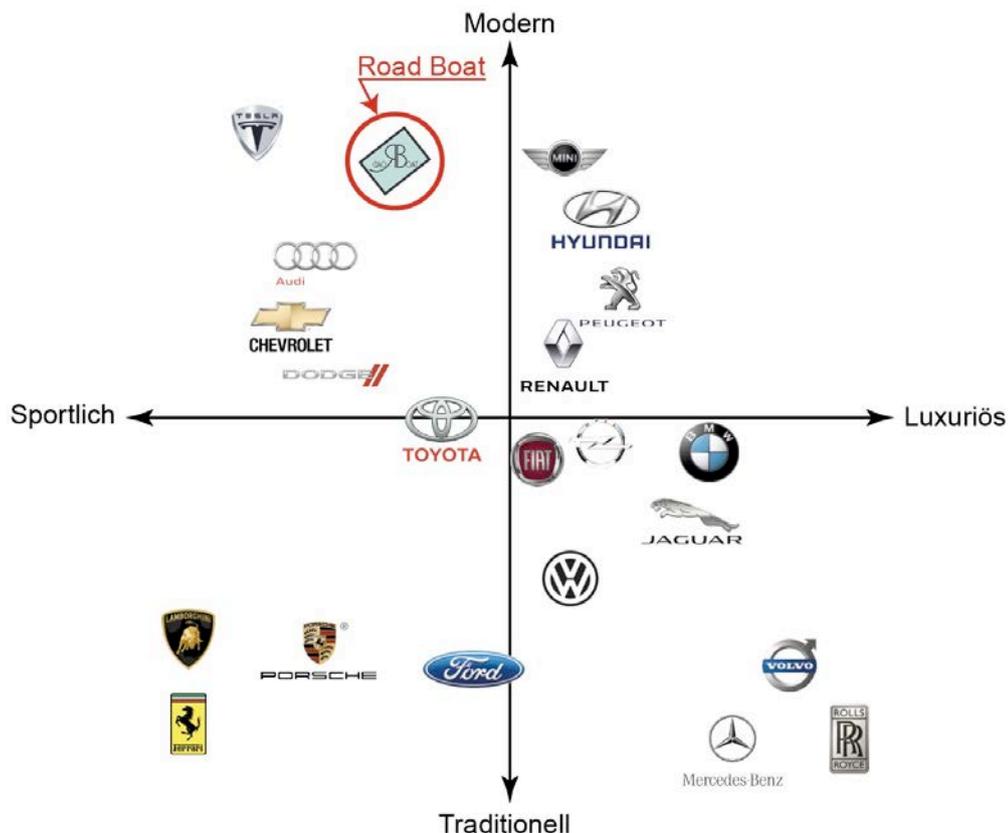


Abbildung 20 Markenpositionierung des Road Boats / Quellen der Autologos [42]

## 2.2 Anforderungen

Durch die Marktanalyse konnten spezielle Anforderungen ermittelt und analysiert werden. Unterteilt werden die Anforderungen in Kunden- und Anforderungsspezifikationen. Diese werden in einem Lastenheft zusammengestellt und sind die Grundlage für das Unternehmen, um Lösungsmöglichkeiten zu entwickeln, die im Pflichtenheft aufgeführt werden.

### 2.2.1 Kundenspezifikationen

Die Anforderungsspezifikationen sind in *Tabelle 2.3* zusammengefasst.

| Kriterien        | Anforderungen   |
|------------------|---|
| Preis            | < 70.000 €  |
| Dienstleistungen | Globaler Kundenservice  |
| Sicherheit       | Entsprechung aller Richtlinien  |
| Ausstattung      | Moderne Infotainment- und Assistenzsysteme, einfaches Ausnutzen aller Möglichkeiten |
| Geschwindigkeit  | Land: 160 km/h<br>Wasser: 30 km/h   |
| Reichweite       | Land: 400 km<br>Wasser: Ø 80 km   |
| Extras           | Freizeitausstattungsmerkmale  |

Tabelle 2.3 Zusammenstellung der Anforderungen aus Kundensicht

#### Preis

Die in der Marktanalyse ermittelte Zielgruppe hat ein Jahreseinkommen ab 50.000 €, was über dem Durchschnitt liegt. Die Kunden streben kein Billig-Produkt an, dennoch erwarten sie ein gutes PreisLeistungsverhältnis.

Der Kunde dieser Zielgruppe ist bereit, für ein Standardfahrzeug bis zu 45.000 € auszugeben. Für die zusätzliche Anschaffung eines e-Boots müsste er weitere ca. 35.000 € ausgeben [43]. Zusammen würden rund 80.000 € fällig. Um für den Kunden einen preislichen Vorteil zu schaffen, müsste das Amphibienfahrzeug deutlich günstiger angeboten werden. Demnach wäre ein Preis von 55.000 – 70.000 € realistisch.

## **Kundenservice**

Für eine maximale Kundenzufriedenheit ist ein herausragender Kundenservice notwendig. Da dies ein auf dem internationalen Markt vermarktetes Produkt werden soll, müssen in dem Maße, wie neue Märkte erschlossen werden, auch Kundendienste vorhanden sein. Das Angebot eines guten und zuverlässigen Kundenservices kann die Kaufentscheidung positiv beeinflussen.

## **Passive Sicherheit**

Sowohl während des Betriebs im Wasser als auch an Land ist das Bedürfnis, sich gegen Unfälle im Fahrzeug geschützt und sicher zu fühlen, sehr hoch. In den Jahren von 2015 bis 2018 schnitt die Kategorie Sicherheit beim Autokauf an erster Stelle ab [30].

## **Moderne Features und Infotainment**

Ein voll digitales Cockpit mit großem Infotainmentpaket gehört bei den neusten Fahrzeuggenerationen von höherpreisigen Fahrzeugen zum Standard. Interessenten an einem Neuwagen, in diesem Fall einem Amphibienfahrzeug, haben Erwartungen, die neusten Features und Assistenzsysteme bei der Konfiguration auswählen zu können.

## **Ausstattung**

Türen sollen oberhalb der Wasseroberfläche liegen, um damit gegebenenfalls Ein- und Ausstieg im Wasser zu ermöglichen und um Fugen unterhalb des Wasserspiegels zu vermeiden.

Wichtig ist es, wetterunabhängig unterwegs sein zu können. Bei gutem Wetter soll es möglich sein, die frische Luft zu genießen und bei schlechtem warm und trocken im Fahrzeug zu sitzen.

## **Geschwindigkeit**

Die Anforderungen an das Amphibienfahrzeug damit es als Ersatz für ein herkömmliches Auto und Motorboot gerecht wird, müssen Spitzengeschwindigkeiten von 160 km/h an Land und 30 km/h im Wasser möglich sein.

## **Reichweite**

Für den Allradantrieb auf der Straße ist eine Reichweite von 400 km sinnvoll. Im Wasser sollte es möglich sein, bei maximal möglicher Geschwindigkeit und ungünstigen Strömungsverhältnissen eine Reichweite von 40 km zu erreichen.

## **Design**

Das Design muss aus der Masse hervorstechen. Auf der Straße muss es eindeutig wie ein PKW aussehen und nicht als ein Motorboot eingeordnet werden. Das Amphibienfahrzeug soll als Kombination von PKW und Motorboot beeindrucken.

## Freizeitausstattung

Aus der Marktanalyse ergibt sich, dass der Faktor Spaß nicht zu kurz kommen darf. Gewisse Ausstattungsmerkmale, die Freizeitaktivitäten stützen, sind wichtig. Zum Beispiel:

- Haken für die Befestigung von Wasserski-Seilen
- Dachträger für die Mitnahme von Surfboards oder zur Befestigung eines Drop-Stich-Zeltes
- Dachbox für Camping Equipment oder anderen Ausrüstungsgegenständen

## 2.2.2 Anforderungsspezifikationen

Die Anforderungsspezifikationen sind in *Tabelle 2.3* zusammengefasst.

| Kriterien                  | Anforderungen  |
|----------------------------|--|
| Preis und Dienstleistungen | Hohe Stückzahl und globaler Kundenservice durch Partnerschaften  |
| Ausstattung                | Neueste technische Features und Bordelektronik, Einzug von Reifen, entsprechende, im Wasser zu öffnenden Türen |
| Geschwindigkeit            | Passende Auswahl der Antriebe  |
| Reichweite                 | Ausreichend groß dimensionierte Batterie   |
| Sicherheit                 | Assistenzsysteme, Einhaltung von Gesetzen, Schwimmwesten und Rettungsring                                      |
| Extras                     | Befestigungsmöglichkeiten von Wasserskiseilen, Möglichkeit der Anbringung von Dachträgern                      |

Tabelle 2.4 Zusammenstellung der Umsetzung der Kundenanforderungen

### Preis und Kundenservice

Um einen angebrachten und durchsetzbaren Preis zu ermöglichen, muss eine hohe Stückzahl produziert werden. Das ist bei einem neuen Produkt nicht gänzlich ohne Risiken. Dabei helfen kann eine Partnerschaft mit einem globalen, gut vernetzten Hersteller, der bei der industriellen Produktion, beim Marketing und weltweitem Kundenservice unterstützen kann.

Das Amphibienfahrzeug soll kein Nischenprodukt bleiben, welches in Handarbeit hergestellt wird und nur für einen sehr hohen Preis verkauft werden kann.

### Geschwindigkeit

Um den kundenspezifischen Anforderungen hinsichtlich der Geschwindigkeit gerecht zu werden, muss ein entsprechendes Antriebssystem zum Einsatz kommen.

Gleichzeitig wird auf einem zukunftsorientierten und umweltfreundlichen Antrieb Wert gelegt.

## **Reichweite**

Die entsprechende Reichweite soll dank einer ausreichend groß dimensionierten Batterie erreicht werden.

## **Ausstattung und Technik**

Die Herausforderung beim Amphibienfahrzeug ist es, einen Antrieb zu benutzen, der schnell zwischen dem Antriebstrang der Reifen und dem des Wasserantriebes zu wechseln kann. Um das zu ermöglichen, ist ein Wechselgetriebe nötig, welches per Knopfdruck zwischen den beiden Getrieben schaltet. Dadurch soll ein reibungsloser Übergang vom Land- auf den Wasserbetrieb und umgekehrt stattfinden.

Die Reifen müssen sich während der Benutzung im Wasser außerhalb des hydrodynamischen Stroms befinden, damit sie keine Widerstandsfläche bieten und die Fahrt abbremsen. Abhängig vom Aufbau des Fahrzeugs wird dies mit dem Einzug oder Einklappen der Räder erfolgen.

Hochliegende Türen sollen den Ein- und Ausstieg im Wasser ermöglichen. Ein Hardtop verändert das Amphibienfahrzeug von einem Cabrio zu einem geschlossenen Fahrzeug.

Anstelle konventioneller Außenspiegel werden Kameraaußenspiegel zum Einsatz kommen.

Speziell für den Gebrauch als Motorboot sind Positionslichter an den Kameraaußenspiegeln vorgesehen. Ebenfalls wird ein elektrisch einziehbarer Anker an Bord verbaut sein.

Ein weiteres Feature ist die Steuerung von Funktionen über eine Application für das Smartphone, die zu einer intuitiven Fahrzeugbedienung beiträgt.

## **Sicherheit**

Pflichtgemäß werden Airbags für den Fahrer und Beifahrer verbaut sein. Schwimmwesten und ein mit einem Kompressor schnell aufblasbarer Rettungsring werden ebenfalls an Bord zur Standard-Ausstattung gehören.

Ein autonom ausfahrbarer Doppelkiel an der Unterseite des Rumpfes sorgt für die nötige Sicherheit bei der Fahrt im Wasser. Bei einem Doppelkiel handelt es sich um einen Ballastkörper, der Gewichtsstabilität verleiht und damit Krängung, Abdrift und Kentern verringert [44].

## 3 Fahrzeugkonzept und Package

In diesem Kapitel wird das Fahrzeugkonzept genau bestimmt. Es werden die sich aus den Anforderungen ergebenden Umsetzungsmöglichkeiten in einen Zusammenhang mit den bestehenden Rahmenbedingungen und praktischen Anforderungen des Marktes abgeglichen und entsprechend angepasst.

Dabei wird beschrieben, wie sich diese Rahmenbedingungen auf die entscheidenden Konstruktionsmerkmale auswirken. Also auf die Auslegung des Fahrzeugs, Auswahl des Antriebs und seine Umsetzung im Land-/Wasserbetrieb, Anordnung der Module (Packageplan) im Fahrzeug, Auswahl des optimalen Materials, Herleitung des Batteriepackages, Ableitung des sich ergebenden Fahrzeuggewichts sowie die Reichweitendimensionierung.

### 3.1 Gesetze und Vorschriften

Es gibt sowohl für PKWs als auch für Motorboote weltweit zahlreiche Gesetze und Vorschriften, die für eine Zulassung beachtet werden müssen. In Europa sind das die ECE-Regelungen [45]. Da das Amphibienfahrzeug international vermarktet werden soll, müssen die lokalen Gesetze der jeweiligen Regionen eingehalten werden. Eine Zusammenfassung der existierenden Gesetze und Vorschriften für PKWs und die Schifffahrt befindet sich im Anhang.

Eine Vielzahl von Gesetzestexten, Richtlinien und anderen Normen beziehen sich auf die Fahrzeugabmessungen nach SAE J1100 [5] S. 687]. Die Society of Automotive Engineers International (SAE, zu deutsch „Verband der Automobilingenieure“) ist eine gemeinnützige Organisation für Technik und Wissenschaft, die sich dem Fortschritt der Mobilitätstechnologie widmet [46].

Im Anhang 2.1 *Straßenverkehrsrichtlinien* sind die gesetzlichen Richtlinien ausführlicher beschrieben

Um ein Motorboot in Deutschland steuern zu dürfen, ist ein amtlicher Sportbootführerschein für See und Binnen notwendig [47].

Auf Binnenschiffahrtsstraßen besteht auch für Kleinfahrzeuge eine Kennzeichnungspflicht, wenn deren Schiffskörper ohne Ruder und Bugspriet eine Höchstlänge von weniger als 20 Meter aufweisen [48].

Besonders muss bei dem Entwurf des Amphibienfahrzeugs auf die notwendige Schifffahrtsbeleuchtung geachtet werden.

Im Anhang 2.2 *Schifffahrtsrichtlinien* sind die einzuhaltenden Richtlinien für die Schifffahrt ausführlicher beschrieben.

## 3.2 Maßkonzeption

Das Kapitel der Maßkonzeption bezieht sich auf die Auslegung der Maße des Exterieurs und die dafür benötigten Maße des Interieurs.

### 3.2.1 Aufbauausprägung und Fahrzeuggrundform

Die Fahrzeuggrundform wird in Boxen unterteilt. Das Road Boat soll auf einer modernen 1-Box-Ausführung aufbauen mit einer Sitzreihe und zwei Sitzen. Diese eignen sich besonders gut, um alternative Energieträger zu integrieren. Auf der Marktanalyse basierend wird es sich bei dem Fahrzeug um einen Roadster handeln. Die Aufbauausprägung bei Roadster/Cabriolets wird häufig von Stufenheck- oder Steilheckfahrzeugen abgeleitet [ [5] S.146].

International werden unterschiedliche Klassifikationen genutzt. Das ist zu berücksichtigen, wenn das Amphibienfahrzeug global vermarktet werden soll. Die sich daraus ergebenden, wichtigsten Bezeichnungen sind in der folgenden *Tabelle 3.1* aufgelistet. Demnach würde das Amphibienfahrzeug international folgendermaßen bezeichnet:

| US-amerikanische Bezeichnung | Britische Bezeichnung | EU-Kommission | Euro NCAP |
|------------------------------|-----------------------|---------------|-----------|
| Roadster                     | Roadster              | Sportwagen    | Roadster  |

Tabelle 3.1 Fahrzeugklassen [49]

### 3.2.2 Wesentliche Abmessungen

Von wichtiger Bedeutung ist die Sitzposition des Fahrers. Der Sitzreferenzpunkt R-Punkt oder SgRP (Hüftgelenkmittle), in *Abbildungen 21, 22* und *23* mit einem roten X markiert, wird von den Fahrzeugherstellern im Rahmen bestimmter Randbedingungen als Basis für die Typisierung und die Überprüfung von konstruktiven Vorschriften (z. B. Sicht- und Gurtfelder) festgelegt [ [5] S.100]. Von der SAE wird dabei eine Prozedur zugrunde gelegt, die das 95. Perzentil einer männlichen Person mit einer 95% Beinlänge und 95% Schuhlänge annimmt [ [5] S.687].

In den Tabellen aus dem Buch „Vieweg Handbuch für Kraftfahrzeuge“ [5] sind konkrete Exterieur- und Interieurmaße zu den einzelnen Fahrzeugklassen eingeteilt. Die Tabellen sind in Anhang 3 beigelegt. Das Amphibienfahrzeug kann allerdings keiner Kategorie genau zugeordnet werden. Die für das Road Boat gewählten Maße sind grobe Annahmen und Auslegungswerte und werden in *Tabelle 3.2* aufgeführt.

Des Weiteren wurde mit dem Jaguar I-Pace ein Referenzfahrzeug ausgewählt, um die Werte in Relation setzen zu können. Die Maße des I-Pace kommen teils aus der Recherche des Masters of Concept Kurs der HAW Hamburg [50], der Zugriff auf das A2Mac1 Portal für Benchmarking hatte.

Bei der Auslegung von Fahrzeugen kommen Maßketten zum Einsatz, die einander beeinflussen und somit berücksichtigt werden müssen. Diese fahrzeugdefinierenden Längen kommen in x-/y-/z-Richtung vor [[5] S.161]

Ein wichtiges Maß, das die Fahrzeuglänge definiert, ist der Radstand L101. Wesentliche Bestandteile dieses Maßes sind der Abstand zwischen Mitte Vorderrad und Fußballenpunkt (L113), der R-Punkt bis Fersenpunkt vorne (L53) und der Abstand zwischen Mitte Hinterrad und R-Punkt (L115-1).

Das Maß L113 wurde verhältnismäßig groß gewählt, da der Radkasten eine spezielle, dem hydrodynamischen Fluss des Wassers angepasste Form bekommt. Dadurch sitzt der Fahrer weiter hinten und der Fersenpunkt verändert sich ebenfalls stimmig. Der Abstand L53 ergibt sich aus der Sitzposition, welche der des I-Pace ähneln wird. Der Wert L115-1 hat durch den großen Radkasten einen hohen Mindestwert.

Nachstehend ist die Maßkette für den Wert L101 vorgerechnet und kann mit den Skizzen in *Abbildung 21 und 22* nachvollzogen werden. Für den angewinkelten Fuß wurde das Formelzeichen  $L_x = 23\text{mm}$  angenommen:

$$L101 = L113 + L_x + L53 + L115-1$$

$$2700 = 805 \text{ mm} + 23 \text{ mm} + 872 \text{ mm} + 1050 \text{ mm}$$

Eine spezielle Abhängigkeit herrscht zwischen den Parametern L53-1 und H30-1, die für die Gestaltung des Fahrerplatzes zuständig sind. Durch eine Erhöhung der Sitzposition wird eine Verkürzung des Bauraumbedarfs für den Fahrer erreicht. Beispielsweise reicht eine Erhöhung der Sitzposition um nur 10 mm aus, um den Bauraumbedarf des Fahrers um ca. 40 mm zu verkürzen [[5] S.160].

Ebenfalls ist die Abhängigkeit der Abstände L53-1 und L34-1 zu beachten. Die Verkürzung des R-Punkts bis Fersenpunkt vorne führt zur selben Minderung des Beinraumes. Eine hohe Sitzposition führt somit zu einem reduzierten Beinraum und einer Sitzposition mit stärker angewinkelten Beinen [[5] S.161].

Der Abstand vom R-Punkt vorne bis Boden (H5) ist in Abhängigkeit von der Bodenfreiheit (H157), dem Fersenpunkt vorne bis R-Punkt vorne (H30) und dem Abstand zwischen dem Fersenpunkt und dem Fahrzeugunterboden.

Beim Abstand zwischen dem Fersenpunkt und dem Fahrzeugunterboden muss beachtet werden, dass genug Platz für die Fahrzeugbatterie eingeplant wird. Daher muss der Wert von H5 entsprechend so definiert werden, dass die Abstände H157 und H30 passen. Der Packageplan der Batterie wird in Abschnitt 3.7 *Batteriepackage* speziell behandelt.

Nachstehend ist die Maßkette für den Wert H5 vorgerechnet. Für den Fersenpunkt vorne bis Unterboden Fahrzeug wurde das Formelzeichen  $H_x$  angenommen:

$$H5 = H157 + H30 + H_x$$

$$H_x = 632 \text{ mm} - 200 \text{ mm} - 248 \text{ mm} = 184 \text{ mm}$$

Der Betrag von 184 mm ist damit ausreichend groß definiert, um eine leistungsstarke Batterie zu verbauen.

Das Maß der Bodenfreiheit passt in die Kategorie eines SUVs, da eine gewisse Geländefähigkeit bei einem Amphibienfahrzeug vorhanden sein muss, um Hindernisse beim Übergang zwischen Wasser-/ und Landbetrieb überwinden zu können.

Im nachfolgenden ist die *Tabelle 3.2* abgebildet. In ihr sind alle für die Fahrzeugauslegung benötigten Maße aufgeführt und benannt. Auf der folgenden Seite sind die bemaßten Zeichnungen des Road Boats und Jaguar I-Pace abgebildet. Die Quellen der Maße und deren Beschreibungen kommen neben den im Anhang 3 geführten Tabellen aus dem GCIE (Global Cars Manufacturers Information Exchange Group) Package Drawing Exchanges des Jahrs 2012.

| <b>Bezeichnung</b> | <b>Maß [mm]</b> | <b>Beschreibung</b>                     |
|--------------------|-----------------|---|
| L101               | 2700            | Radstand                                |
| L102               | 750             | Reifendurchmesser                       |
| L103               | 4483            | Gesamtlänge                             |
| L104               | 850             | Überhang vorne                          |
| L105               | 933             | Überhang hinten                         |
| L113               | 805             | Mitte Vorderrad bis Fußballenpkt. vorne |
| L53                | 872             | R-Pkt. bis Fersenpkt. vorne             |
| L114               | 1700            | Mitte Vorderrad bis R-Pkt. vorne        |
| L34                | 1090            | Fußraum vorne                           |
| H5-1               | 632             | R-Pkt. vorne bis Boden                  |
| H30-1              | 248             | Fersenpkt. vorne bis R-Pkt. vorne       |
| H120-1             | 910             | Höchster Pkt. Motorhaube bis Boden      |
| H106               | 32°             | Böschungswinkel vorne                   |
| H107               | 28°             | Böschungswinkel hinten                  |
| H157               | 200             | Bodenfreiheit                           |
| H61                | 960             | Kopffreiheit                            |
| H100-B             | 1570            | Fahrzeughöhe                            |
| W3-1               | 1513            | Schulterfreiheit                        |
| W7                 | 450             | Lenkradmitte Y-Koordinate               |
| W18-1              | 560             | R-Pkt. zu Schweller vorne               |
| W20-1              | 450             | Y-Koordinate R-Pkt. vorne               |
| W101-1             | 1650            | Spur vorne                              |
| W101-2             | 1675            | Spur hinten                             |
| W103               | 2032            | Karosseriebreite                        |
| W114-L             | 1060            | Y-Koordinate Außenspiegel Fahrer        |
| W114-R             | 1060            | Y-Koordinate Außenspiegel Beifahrer     |

Tabelle 3.2 Bezeichnungen der Fahrzeugabmessungen

In den *Abbildungen 21* sind die Abmessungen des Road Boats und *Abbildung 22* des Jaguars I-Pace in x-Richtung dargestellt.

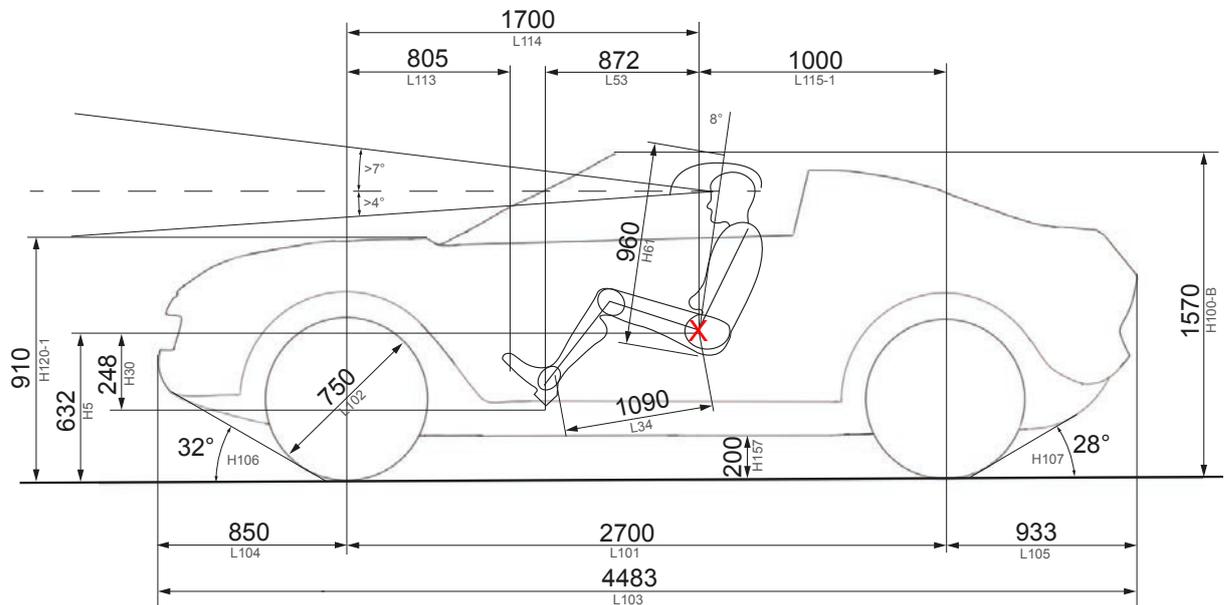


Abbildung 21 Abmessungen des Road Boats in x-Richtung

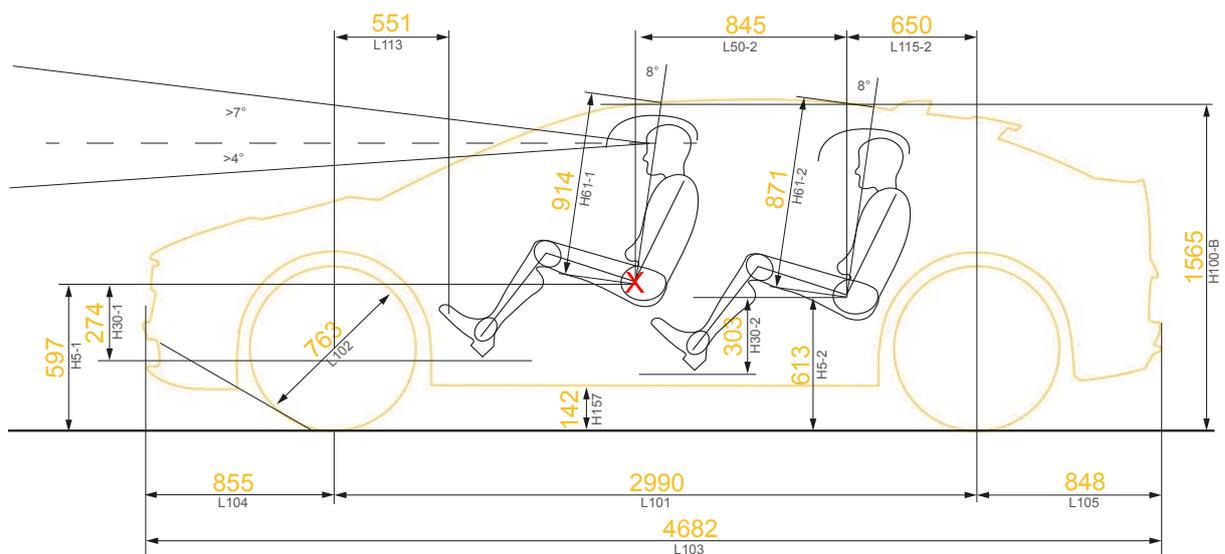


Abbildung 22 Abmessungen des Jaguar I-Pace in x-Richtung

In *Abbildung 23* sind die Abmessungen des Road Boats und des Jaguar I-Pace in y-Richtung dargestellt. Die beiden Personen im Fahrzeug, siehe *Abbildung 23*, sitzen jeweils in der Front. Die Person rechts sitzt demnach nicht, wie üblicherweise auf Abbildungen dargestellt, in der fahrzeugbreiten Ansicht auf der Rückbank.

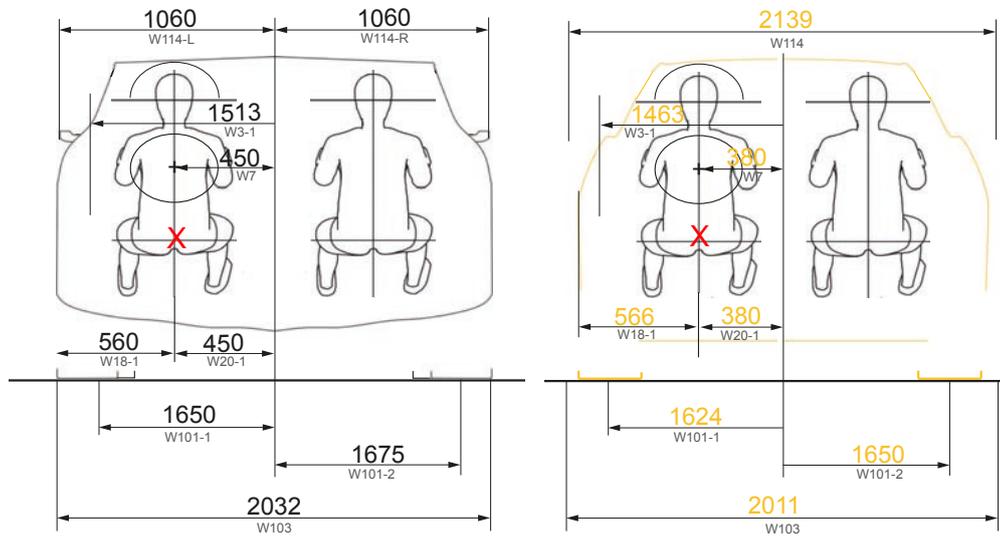


Abbildung 23 Abmessungen des Road Boats l. und des Jaguar I-Pace r. in y-Richtung

### 3.3 Antriebskonzept allgemein

Das Amphibienfahrzeug soll mit einem zukunftstauglichen und umweltfreundlichen Motor angetrieben werden. In der Marktanalyse hat sich gezeigt, dass aufgrund veränderter Anforderungen hinsichtlich der Reduzierung von Schadstoffemissionen, eine zunehmende Elektrifizierung des Antriebsstrangs zu beobachten ist.

Um diesen Vorgaben zu genügen, kommen daher hauptsächlich zwei Antriebssysteme infrage, wenn auf den unmittelbaren Gebrauch fossiler Kraftstoffe gänzlich verzichtet werden soll:

- Elektromotor mit Batterie
- Brennstoffzelle mit Elektromotor

Vorteile dieser Antriebe sind, dass sie im Vergleich zu den Verbrennern deutlich leiser und gänzlich emissionsfrei sind. CO<sub>2</sub> Schadstoffe entstehen nur bei der Herstellung und Entsorgung des Fahrzeugs und deren Komponenten, sowie der Erzeugung des als Treibstoff verwendeten Stroms.

Eine zu dem Thema betreffende Nutzwertanalyse wurde durchgeführt und lässt sich in Anhang 4 Nutzwertanalyse Antriebskonzept finden. Die für das Antriebskonzept durchgeführte Nutzwertanalyse ergibt, dass ein mit einer Batterie betriebener Elektromotor die beste Lösung für eine fossilsfreie Fortbewegung ist. Der batteriebetriebene Elektromotor erreicht eine Nutzwertsumme von 3,675 und schneidet damit geringfügig besser ab, als die Brennstoffzelle mit 3,5 Punkten. Das zeigt, dass das Elektroauto mit einer Batterie nach der Berücksichtigung der wichtigsten Kriterien die passende Lösung für das Amphibienfahrzeug ist.

### 3.4 Wasserantrieb

Die Anforderungen an den Wasserantrieb sind, dass er einen Vorwärts- und Rückwärtsschub betreiben und Lenkbewegungen durchführen kann. Der Antrieb soll außerdem möglichst wartungsarm und sowohl in flachen als auch in tiefen Gewässern einsetzbar sein.

Der Wasserantrieb erfolgt ebenfalls durch die Elektromotoren, die auch die Räder an Land antreiben. Grundsätzlich kommen für den Antrieb von Booten, bis auf wenige exotische Ausnahmen, nur Propeller oder Jetantriebe (auch Wasserstrahlantrieb) zum Einsatz. Diese Ausnahmen können zum Beispiel speziell für den Antrieb konzipierte Reifen oder Strahltriebwerke sein. Für dieses Amphibienfahrzeug werden indes nur die beiden konventionellen Bootsantriebe Propeller- und Wasserstrahlantrieb in Betracht gezogen.

#### **Wirkungsgrad**

Der Wirkungsgrad eines Propellerantriebes ist gegenüber einem Jetantrieb etwas besser, jedoch bringt ein Jetantrieb mehr Leistung und ermöglicht durch die Funktionsweise eines Rückstoßantriebes höhere Geschwindigkeiten [51].

## **Verbaugröße**

Während der Landnutzung darf der Wasserantrieb nicht unter dem Kiel des Fahrzeugs herausragen. Das bedeutet für den Propellerantrieb, dass er einfahr-/klappbar sein muss, um an Land keine Behinderung für weitere Verkehrsteilnehmer darzustellen. Der Wasserstrahlantrieb hat eine andere Funktionsweise, die im weiteren Verlauf erklärt wird. Er besitzt nach unten hin keinen herausragenden Propeller, sodass Wasserfahrzeuge mit einem Jetantrieb deutlich flacher gebaut werden können. Das ist ein klarer Vorteil für den Jetantrieb, welcher insgesamt allerdings eine etwas umfangreichere Verbaugröße besitzt.

## **Flache Gewässer**

In flachen Gewässern ist ein Propellerantrieb ungeeignet, da der Propellerschaft tiefer als der eigentliche Kiel des Bootes hinunterragt. Bei Grundberührungen im Flachwasser kann es schnell zu Beschädigungen am Propeller kommen. Auch bei Treibgut muss der Propeller vor Beschädigungen bewahrt werden.

Beim Wasserstrahlantrieb ist dies ausgeschlossen, da sich keine drehenden Teile im Wasser befinden. Ein Wasserfahrzeug mit einem Jetantrieb darf auch trocken laufen, ohne Beschädigungen des Antriebs zu riskieren. Bei Treibgut kann der Motor in den Leerlauf gedrosselt werden, bis das Hindernis überwunden ist.

## **Verletzungsrisiken**

Rücksicht genommen werden muss bei einem Propellerantrieb auf Schwimmer, Taucher und Tiere nahe dem Boot. Bei zu großer Nähe besteht die Gefahr, in den Sog des Propellers zu geraten. Berührungen mit dem Propeller können zu folgenschweren Verletzungen führen kann.

Da bei einem Jetantrieb kein offener Propeller vorhanden ist, fallen diese Risiken weg [52].

## **Fazit**

Am besten kombiniert der Jetantrieb die Anforderungen für das Amphibienfahrzeug dadurch, dass er in allen Gewässern einsetzbar ist, hohe Geschwindigkeiten ermöglicht und keinen herausragenden Propeller besitzt, welcher an Land eingefahren werden müsste und im Wasser eine Gefahr für Menschen und Tier darstellt. Zum Einsatz kommen sollen zwei kombinierte Jetantriebe, da der Antrieb im Vergleich mit dem konventionellen Propellerantrieb aufgrund des schlechteren Wirkungsgrades erst bei Mehrfachanlagen mit mehreren Jets pro Boot ökonomisch wird [51].

## Funktionsprinzip des Jetantriebs

Im Folgenden wird das Funktionsprinzip des Jetantriebs erklärt, da sich dieses signifikant von dem eines klassischen Propellerantriebes unterscheidet.

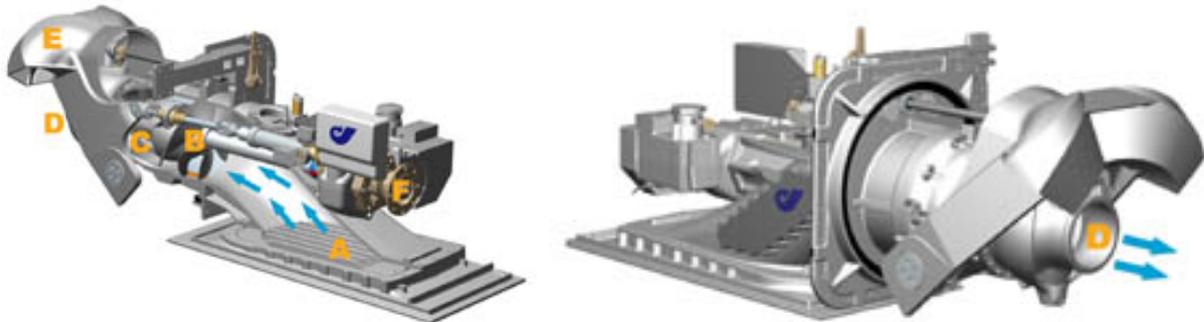


Abbildung 23 Funktionsweise des Wasserstrahlantriebs [53]

- A. Wasseraufnahme
- B. Impeller
- C. Drehmomentstütze
- D. Düse
- E. Schubumkehrklappe
- F. Kupplung

Für die Schubkraft wird Wasser unter dem Rumpf des Bootes angesaugt und durch einen Impeller stark beschleunigt ausgestoßen. Der Strahl tritt durch eine für die Lenkung schwenkbare Düse nach hinten aus und treibt das Boot voran. Der Impeller kann nur in diese eine Richtung drehen. Mit einer Schubumkehrklappe am hinteren Teil des Jetantriebs kann der Strahl unter das Boot nach vorne umgelenkt und somit die Fahrtrichtung umkehrt werden. Dieser Fahrtrichtungswechsel geschieht stufenlos. Kombiniert mit der Lenkung, ergibt eine ausgezeichnete Manövrierfähigkeit, die mit keinem konventionellen Propellerantrieb erreicht werden kann. Auch starke Bremsungen lassen sich durch den stufenlosen Richtungswechsel mit der Schubumkehrklappe durchführen [52]. Bildlich dargestellt ist die Funktionsweise in *Abbildung 23*.

Für den Wasserbetrieb muss der vordere Elektromotor aus dem System ausgekoppelt und abgeschaltet werden. Der hintere Elektromotor muss mit einem Wechselgetriebe ausgestattet sein, welches die Ansteuerung der hinteren Räder und die der beiden Antriebswellen der Jetantriebe regelt. Die Umstellung zwischen den jeweiligen Modi darf nicht länger als wenige Sekunden dauern. Die Schritte, die während der Umstellung erfolgen müssen, sind:

- Lenkbewegung der Räder arretieren
- Frontmotor auskoppeln
- Reifen einfahren
- Wechsel der vom hinteren Motor angetriebenen Achse/Welle

## 3.5 Landbetrieb

Das Räderkonzept beinhaltet die Auswahl eines für das Konzept passenden Reifens und zeigt, wie der Radeinzug für den Wasserbetrieb vonstatten gehen soll.

Ein Allradantrieb soll verbaut werden, damit die aus den Anforderungen resultierende Geländefähigkeit gegeben ist. Zusätzlich gewährleistet es beim Übergang zwischen Land und Wasser und umgekehrt, dass jeweils die vom Front- oder Heckantrieb angetriebenen Reifen Bodenkontakt haben. Der Allradantrieb verteilt sich durch zwei Elektromotoren auf beide Achsen, bildlich in *Abbildung 24* dargestellt.

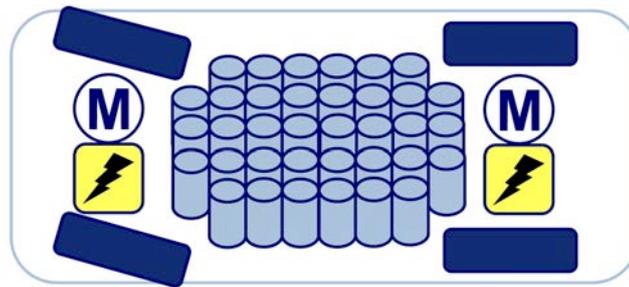


Abbildung 24 Allradantrieb durch zwei Elektromotoren [54]

### 3.5.1 Reifenvariante

Die Anforderungen an den Reifen sind, dass er nicht nur auf der Straße einsetzbar ist, sondern auch auf schwierigem Gelände. Der Übergang von der Straße ins Wasser kann möglicherweise unbefestigten Untergrund aufweisen; er kann weich, schlammig, sandig oder auch steinig sein. Damit das Amphibienfahrzeug „offroad“ betrieben werden kann, muss ein geeigneter Reifen ausgewählt werden.

Um die Eignung von auf dem Markt verfügbaren Reifen für den Betrieb des Amphibienfahrzeugs festzustellen, wurde eine Nutzwertanalyse durchgeführt. Diese ist in Anhang 5 *Nutzwertanalyse Reifen* zu finden. Durch seine Robustheit und Geländetauglichkeit, sowie sein innovatives Aussehen, erfüllt der nachstehende Reifen die Anforderungen an die Kriterien am besten.

Ein Beispiel für einen seriennahen PKW Airless Tire ist der Michelin „Uptis“ (*Abb. 25*). Michelin plant, diesen bis 2024 serienreif zu entwickeln. Das Konzept beinhaltet vier innovative Eigenschaften. Er ist luftlos, mit anderen Verkehrsteilnehmern vernetzt, 3D-gedruckt und verspricht, durch die Anwendung von recyclebaren und natürlichen Materialien 100% nachhaltig zu sein [55]. Speziell die letztgenannte Eigenschaft passt besonders gut zu dem nachhaltigen und umweltbewussten Image des Road Boats.

Für Fahrzeuge mit geringer Höchstgeschwindigkeit sind die Airless Tires bereits in der Praxis im Gebrauch. Da gibt es z.B. den Michelin „X-Tweel“ für Rasenmäher und kleinere Bagger [56].



Abbildung 25 Michelin Uptis [55]

### 3.5.2 Rad-Einzug

Die von Gibbs Amphibians patentierte Radaufhängung mit integriertem Radeinzugsmechanismus (Patent Nummer: US 9,102,389 B2; Datum 11. August 2007) ermöglicht einen ausgezeichneten Übergang zwischen Land- und Wassermodus und eignet sich sehr gut für die Verwendung in diesem Amphibienfahrzeug. Es hebt die Räder aus dem Wasser, was zur Minimierung des Wasserwiderstands beiträgt. Ohne den hydrodynamischen Widerstand der Räder kann das Amphibienfahrzeug höhere Wassergeschwindigkeiten erreichen. Der Ein- oder Ausfahrvorgang dauert laut Gibbs Amphibians lediglich 5 Sekunden und lässt sich mit einem einzigen Tastendruck auslösen [38].

Der Ablauf des Radeinzugsvorgangs ist in *Abbildung 26* schematisch dargestellt. Ganz links ist das ausgefahrene, für die Landnutzung bereite Rad dargestellt. Die mittleren beiden Ansichten zeigen den schematischen Einzug des Rades. Im Bild ganz rechts ist das Rad, nach vollzogenem Radeinzug und somit bereit für den Wasserbetrieb, gezeigt. Für das Ausfahren läuft dieser Prozess in umgekehrter Richtung.

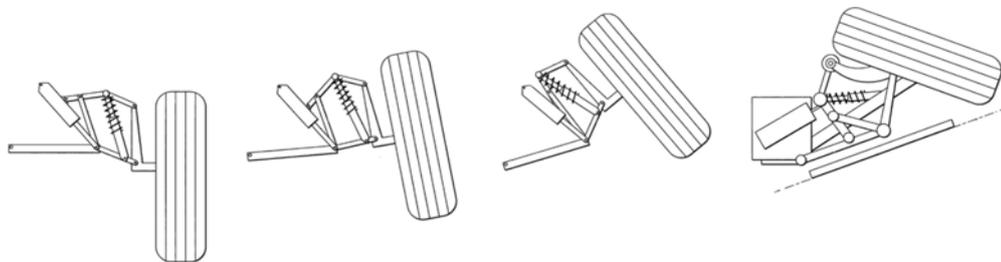


Abbildung 26 Schematische Darstellung des Radeinzuges [57]

### 3.6 Materialien der Karosserie und des Rumpfes

Im Rahmen der Materialauswahl ist der Leichtbau unumgänglich. Durch die extrem schwere Batterie muss Gewicht an anderen Stellen eingespart werden. Das lässt sich besonders gut mit einer geschickten Bauweise und mit Bedacht ausgewählten Werkstoffen erreichen. In diesem Abschnitt werden die Werkstoffe für die Karosserie und den Rumpf ausgewählt.

#### Karosserie

Die Karosserie wird zum Hauptteil aus Aluminium bestehen. Aluminium hat für den Leichtbau sehr gute Eigenschaften. Es hat eine sehr geringe Dichte von  $2,6989 \text{ g/cm}^3$ , womit es zu den leichtesten Metallen zählt. Eine wichtige Eigenschaft von Aluminium ist zudem die hohe Korrosionsbeständigkeit [58]. Das ist besonders bei einem Amphibienfahrzeug von großer Wichtigkeit, da es viel und über lange Zeiträume in Kontakt mit Wasser steht. Ein anderer Werkstoff, sogar mit noch geeigneteren Eigenschaften, ist Karbon. Trotz optimaler Eigenschaften ist Karbon keine Alternative, da es viel zu teuer ist.

#### Rumpf

Als Hauptmaterial für den Rumpf ist ein glasfaserverstärktes Polyester vorgesehen. Glasfaserverstärkte Kunststoffe (GFK) zeichnet nämlich besonders ihr ausgezeichnetes Korrosionsverhalten aus [59]. Das macht ihn zu einem erstklassigen Werkstoff für den Bootsrumpf. Weitere Eigenschaften von GFK sind eine hohe Bruchdehnung, eine hohe elastische Energieaufnahme und ein relativ niedriges Elastizitätsmodul.

Für einen besonderen Witterungs- und Salzwasserschutz soll der Rumpf mit einem speziellen Isophtalsäureharz bedeckt werden [60].

*In Abbildung 27 ist der Rumpf des Amphibienfahrzeuges zu sehen.*



Abbildung 27 Rumpf des Amphibienfahrzeuges

### 3.7 Batteriepackage

Für die Bestimmung des Batteriepackages wurde eine Vergleichsbatterie verwendet, um Referenzwerte zu haben. Als Ausgangsbatterie wurde die Batterie des Jaguar I-Pace angenommen. Aufgrund unterschiedlicher Dimensionen des Unterbodens können im Amphibienfahrzeug nur 34 anstelle von 36 Batteriemodulen verbaut werden. Die Merkmale der Batterie wurden deswegen entsprechend runterskaliert und in *Tabelle 3.3* festgehalten.

Der Batteriepackageplan ist in *Abbildung 25* dargestellt und bemaßt. Außerdem zeigt *Abbildung 24* ein einzelnes Batteriemodul, dessen Maße aus den Unterlagen des Masterkurses Masters of Concepts der HAW Hamburg [61] stammen.

| Merkmal           | Jaguar I-Pace   | Jaguar I-Pace dimensioniert |
|-------------------|-----------------|-----------------------------|
| Batteriemodule    | 36              | 34                          |
| Zellen/Modul      | 12              | 12                          |
| Zellen gesamt     | 432             | 403                         |
| Nennspannung      | 389 V           | 389 V                       |
| Kapazität         | 90,2 kWh        | 83,9 kWh                    |
| Reichweite (WLTP) | 470 km          | 430 km                      |
| Gewicht           | 610 kg          | 574 kg                      |
| Verbrauch (WLTP)  | 19,2 kWh/100 km | 19,2 kWh/100 km             |
| Verbrauch (netto) | 24 kWh/100 km   | 24 kWh/100 km               |

Tabelle 3.3 Datenblatt der Batterien

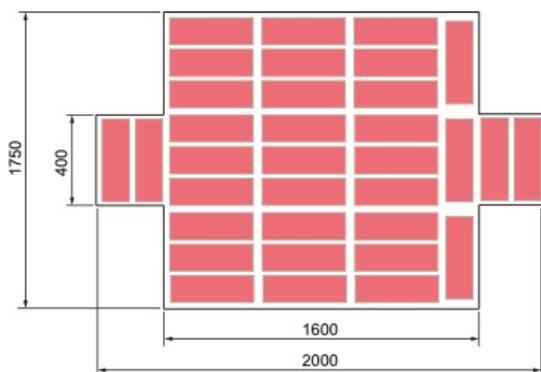


Abbildung 25 Packageplan der Batterie

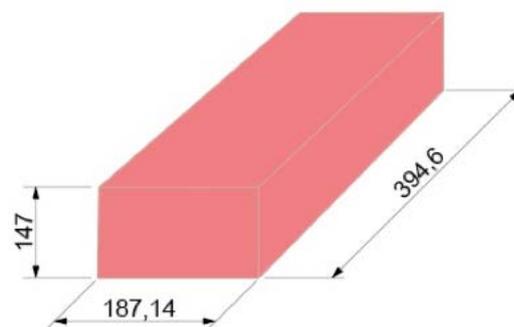


Abbildung 24 Abmaße eines einzelnen Batteriemoduls

### 3.8 Package

Das Package des Fahrzeugs ist in *Abbildung 26* grob, farbig markiert. Es zeigt, wo sich der Gepäckraum (gelb), die Lenk- (rot) und Antriebselemente (blau) und die Position des Fahrers (grün) befinden. Zu den Lenkelementen gehören die Räder, das Lenkrad und das Gaspedal. Die Antriebselemente bestehen aus den beiden Elektromotoren, dem Jetantrieb und der Batterie.

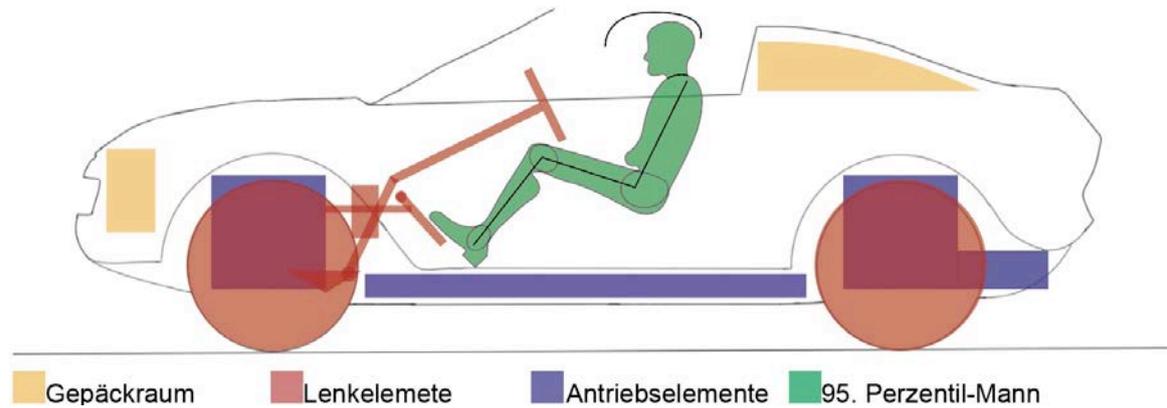


Abbildung 26 Grobes Package

### 3.9 Fahrzeuggewicht

Das Fahrzeuggewicht ergibt sich aus den Kriterien, abgebildet in *Tabelle 3.4*. Zur Ermittlung der einzelnen Werte wurden als Referenzfahrzeuge der Jaguar „I-Pace“ und der Tesla „Model S“ herangezogen.

| Kriterium               | Gewicht [kg] | Ermittlungsmethode               |
|-------------------------|--------------|----------------------------------|
| <b>Energiespeicher</b>  |              |                                  |
| Akku                    | 570          | dim. Referenzwert: Jaguar I-Pace |
| <b>Karosserie</b>       |              |                                  |
| Aluminium Frame         | 300          | Referenzwert: Tesla Model S [62] |
| GFK Rumpf               | 200          | geschätzte Annahme               |
| <b>Motor/Antrieb</b>    |              |                                  |
| E-Motor                 | 300          | dim. Referenzwert: Tesla Model S |
| Jet-Antrieb             | 100          | geschätzte Annahme               |
| Räder & Reifen          | 40           | geschätzte Annahme               |
| Radeinzug               | 60           | geschätzte Annahme               |
| <b>Elektrik</b>         |              |                                  |
| Computer und Elektronik | 20           | dim. Referenzwert: Tesla Model S |
| Kabel und Licht         | 50           | dim. Referenzwert: Tesla Model S |
| <b>Interieur</b>        |              |                                  |
| Sitze                   | 40           | dim. Referenzwert: Tesla Model S |
| Scheiben                | 40           | dim. Referenzwert: Tesla Model S |
| Armaturen               | 10           | dim. Referenzwert: Tesla Model S |
| <b>Exterieur</b>        |              |                                  |
| Hardtop                 | 10           | geschätzte Annahme               |
| Türen und Klappen       | 40           | dim. Referenzwert: Tesla Model S |
| Verkleidung             | 120          | dim. Referenzwert: Tesla Model S |
| <b>Fahrzeuggewicht</b>  | <b>1900</b>  |                                  |

Tabelle 3.4 Fahrzeuggewicht

Im Vergleich zum Gewicht des Jaguars „I-Pace“ und dem Gibbs „Aquada“, welche ähnliche Abmessungen haben, zeigt sich, dass die Annahmen zum Gewicht für das Amphibienfahrzeug realistisch erscheinen. Der Jaguar „I-Pace“ wiegt 2208 kg und der Gibbs „Aquada“ 1466 kg.

Der „I-Pace“ hat ebenfalls zwei Elektromotoren [63] und das Aquada ist ein Amphibien-Cabriolet, was die beiden Fahrzeuge zu guten Vergleichsobjekten macht.

Werden die Fahrzeuggewichte des „I-Pace“ mit dem des Aquada addiert und anschließend durch zwei geteilt, ist das Ergebnis der Durchschnittswert.

$$2208 \text{ kg} + 1466 \text{ kg} = 3674 \text{ kg}$$

$$3674 \text{ kg} / 2 = 1837 \text{ kg}$$

Der errechnete Durchschnittswert von 1837 kg liegt sehr nah an dem angenommenen Gewicht des Amphibienfahrzeugs von 1900 kg.

## 3.10 Dimensionierungen

Im Rahmen der Dimensionierung finden erste Berechnungen zur Reichweite bei der Nutzung an Land und im Wasser statt. Es muss dabei beachtet werden, dass es bei der Kalkulation durch das fehlende exakte Gewicht und wegen fehlender Informationen über den realen hydrodynamischen Widerstand zu unzuverlässigen Werten kommen kann. Vielmehr dienen die Berechnungen zur Einschätzung der Reichweite, sowie des benötigten Auftriebes. Im weiteren Verlauf der Konzeptionierung gilt es, diese Werte zu validieren. Außerdem werden die Werte für die Berechnung des benötigten Auftriebes benutzt.

### 3.10.1 Reichweitendimensionierung

Die Reichweiten für den Land- und Wasserbetrieb werden getrennt berechnet, sind jedoch aneinandergelockt. Die verbleibende Kapazität hängt davon ab, wieviel Strecke an Land oder im Wasser zurückgelegt wurde. Wenn zum Beispiel ein Großteil der Batteriekapazität schon an Land verbraucht wurde, ist die restliche Reichweite im Wasserbetrieb dementsprechend gering. Beide Antriebe werden von der gleichen Quelle gespeist.

#### 3.10.1.1 Batteriedimensionierung

Für die Reichweitenberechnung im Landbetrieb wird ein Vergleichsfahrzeug herangezogen. Ein geeignetes Fahrzeug ist der Jaguar „I-Pace“, welcher, wie das Amphibienfahrzeug, zwei Antriebe und eine große Batterie besitzt. Diese Batterie wird als Grundlage für die folgenden Reichweitenberechnungen verwendet und in Kapitel 3.8 *Batteriepackage* für das Road Boat angepasst. In der *Tabelle 3.5* sind die zur Berechnung benötigten Werte [61] aufgeführt.

| Merkmal                  | Road Boat Batterie |
|--------------------------|--------------------|
| Kapazität I-Pace         | 90,2 kWh           |
| Kapazität Road Boat      | 83,9 kWh           |
| Reichweite (WLTP) I-Pace | 470 km             |
| Leergewicht I-Pace       | 2208 kg            |
| Leergewicht Road Boat    | 1.900 kg           |
| Verbrauch (WLTP) I-Pace  | 19,2 kWh/100 km    |
| Verbrauch (netto) I-Pace | 24 kWh/100 km      |

Tabelle 3.5 Daten des Road Boat und Jaguar I-Pace

### 3.10.1.2 Landbetrieb

Unter der Annahme, dass das Road Boat dieselben Merkmale, wie der Jaguar „I-Pace“ besitzt und sich lediglich im Gesamtgewicht unterscheidet, wird im Folgenden davon ausgegangen, dass die Reichweitenberechnung unter Berücksichtigung eines Massenausgleichfaktors und eines Batterieausgleichsfaktor hinreichend ist. Diese Berechnung sollte validiert werden, sobald die technische Konfiguration des Road Boat abgeschlossen ist. Die geringe Kapazität der Batterie des Road Boat wird damit berücksichtigt.

Die Reichweite ist daher umgekehrt proportional zu der Masse des Fahrzeugs und die Batteriekapazität proportional.

$$S_{\text{proportional}} \sim \frac{1}{\text{Masse}} \qquad S_{\text{proportional}} \sim \frac{\text{Kapazität}}{1}$$

$$\frac{S_{\text{Road Boat}}}{S_{\text{I-Pace}}} = \frac{m_{\text{I-Pace}}}{m_{\text{Road Boat}}} = \frac{m_{\text{Ausgl.}}}{m_{\text{I-Pace}}} \qquad \frac{S_{\text{RB}}}{S_{\text{IP}}} = \frac{K_{\text{RB}}}{K_{\text{IP}}} = \frac{K_A}{K_{\text{IP}}}$$

$$S_{\text{RB}} = S_{\text{IP}} \times \frac{m_{\text{IP}}}{m_{\text{RB}}} \times \frac{K_{\text{RB}}}{K_{\text{IP}}}$$

$$S_{\text{RB}} = 470 \text{ km} \times \frac{2208 \text{ kg}}{1900 \text{ kg}} \times \frac{83,9 \text{ kW}}{90,2 \text{ kW}} \approx 510 \text{ km}$$

Damit ergibt sich ein Verbrauch nach folgender Formel:

$$\text{Energieverbrauch} = \frac{\text{Batteriekapazität}}{\text{Reichweite}} \times 100$$

$$\text{Energieverbrauch} = \frac{83,9 \text{ kWh}}{510 \text{ km}} \times 100 \text{ km} \approx 17 \text{ kWh pro } 100 \text{ km}$$

Die berechnete Reichweite des Amphibienfahrzeuges für einen reinen Landbetrieb beträgt somit 510 km. Es handelt sich dabei um einen theoretischen Wert, der sich in der Praxis erst noch beweisen muss. Mit dieser Reichweite können die Anforderungen von mindestens 400 km leicht eingehalten und sogar übertroffen werden, sofern die Rahmenbedingungen des Jaguar I-Pace eingehalten werden.

### 3.10.1.3 Wasserbetrieb

Im Wasserbetrieb ist die Reichweite stark davon abhängig, bei welcher Geschwindigkeit und mit welcher Fahrweise das Amphibienfahrzeug gefahren wird. Außerdem sind Strömungsverhältnisse und Wetterbedingungen entscheidende Einflussfaktoren. Dies wird im Entwicklungsstadium über entsprechende Testreihen zu ermitteln sein.

Für die Reichweitenberechnung im Wasserbetrieb wird eine Vergleichs-Elektroyacht herangezogen. Das Frauscher 740 Mirage ist das größte Elektroboot der Werft aus Niederösterreich. Die Yacht ist 7,47 Meter lang und hat einen 60 kW starken Torquedo-Innenbord-Motor verbaut, mit dem sie bis zu 28 km/h schnell fahren kann. Die 740 Mirage wird mit einem Propeller angetrieben. Frauscher verbaut die BMW-Batterien vom i3 und kommt nach eigenen Angaben bei 10 km/h auf eine Reichweite von bis zu 55 km und bei Höchstgeschwindigkeit auf 16 km [60].

Ein Unterschied zwischen der Frauscher Elektroyacht und dem hier entstehenden Amphibienfahrzeug ist das ausgewählte Maschinenelement des Antriebs. Bei der 740 Mirage kommt ein Propeller zum Einsatz und kein Wasserstrahlantrieb, wie beim Amphibienfahrzeug. Der Jetantrieb hat, wie in Abschnitt 3.6 *Wasserantrieb* beschrieben, einen höheren Verbrauch als ein Propellerantrieb. Ein weiterer Unterschied ist, dass statt einem Propeller zwei Jetantriebe im Road Boat verbaut sind.

Die von Frauscher angegebenen Batteriewerte des „i3“ [64] und die Werte, der im Road Boat verwendeten Batterie des Jaguar I-Pace, sind in *Tabelle 3.6* aufgelistet:

| <b>Merkmal</b>          | <b>i3-Batterie</b> |
|-------------------------|--------------------|
| <b>Ladungskapazität</b> | 94 Ah              |
| <b>Kapazität</b>        | 30,5 kWh           |
| <b>Nennspannung</b>     | 360 V              |
| <b>Gewicht</b>          | 280 kg             |

Tabelle 3.6 Merkmale der i3-Batterie [64]

Die benötigten Daten zur Elektroyacht Frauscher 740 Mirage sind in *Tabelle 3.7* aufgelistet:

| <b>Merkmal</b>    | <b>Frauscher 740 Mirage</b>            |
|-------------------|--|
| <b>Gewicht</b>    | 1.900 kg                               |
| <b>Motor</b>      | 60 kW                                  |
| <b>Reichweite</b> | 55 km bei 10 km/h<br>16 km bei 28 km/h |
| <b>Länge</b>      | 7,47 m                                 |
| <b>Breite</b>     | 2,50 m                                 |

Tabelle 3.7 Daten der Frauscher 740 Mirage [60]

Zuerst müssen ein Massen- und Batteriekapazitätsausgleichsfaktor, sowie ein Nutzungsausgleichsfaktor bestimmt werden, mit denen im Anschluss die Reichweite errechnet wird.

Massenausgleichsfaktor:

$$S_{\text{proportional}} \sim \frac{1}{\text{Masse}}$$

$$\frac{S_{\text{Road Boat}}}{S_{\text{I-Pace}}} = \frac{m_{\text{I-Pace}}}{m_{\text{Road Boat}}} = \frac{m_{\text{Ausgl.}}}{m_{\text{I-Pace}}}$$

$$m_{\text{Ausgl.}} = \frac{m_{F740}}{m_{RB}} = \frac{1900 \text{ kg}}{1900 \text{ kg}} = 1$$

Batteriekapazitätsausgleichsfaktor:

$$S_{\text{proportional}} \sim \frac{\text{Kapazität}}{1}$$

$$\frac{S_{RB}}{S_{IP}} = \frac{K_{RB}}{K_{IP}} = \frac{K_A}{K_{IP}}$$

$$K_{\text{Ausgl.}} = \frac{K_{F740}}{K_{RB}} = \frac{83,7 \text{ kWh}}{30,5 \text{ kWh}} = 2,74$$

Für den Nutzungsausgleichsfaktor wird die Annahme getroffen, dass ein Jetantrieb genauso effizient ist, wie ein Propellerantrieb. Zur Vereinfachung der Rechnung wird hier der Wert 1 angenommen

$$\varepsilon_{\text{Ausgl.}} = 1$$

Reichweite<sub>10 km/h</sub>:

$$S_{\text{RB},10 \text{ km/h}} = S_{F740} \times m_{\text{Ausgl.}} \times K_{\text{Ausgl.}} \times \varepsilon$$

$$S_{\text{RB},10 \text{ km/h}} = 55 \text{ km} \times 1 \times 2,74 \times 1 \approx 150 \text{ km}$$

Reichweite<sub>28 km/h</sub>:

$$S_{\text{RB},28 \text{ km/h}} = 16 \text{ km} \times 1 \times 2,74 \times 1 \approx 40 \text{ km}$$

Damit ergibt sich ein durchschnittlicher Verbrauch von:

$$\text{Energieverbrauch} = \frac{\text{Batteriekapazität}}{\emptyset \text{Reichweite}} \times 100$$

$$\text{Energieverbrauch}_{\text{RB},10 \text{ km/h}} = \frac{83,9 \text{ kWh}}{150 \text{ km}} \times 100 \text{ km} \approx 56 \text{ kWh}$$

$$\text{Energieverbrauch}_{\text{RB},28 \text{ km/h}} = \frac{83,9 \text{ kWh}}{40 \text{ km}} \times 100 \text{ km} \approx 210 \text{ kWh}$$

$$\text{Energieverbrauch}_{\text{durchschnittlich}} = \frac{55,93 \text{ kWh} + 209,75 \text{ kWh}}{2} \approx 133 \text{ kWh}$$

Die erreichbare Reichweite bei einer geringen Geschwindigkeit von 10 km/h liegt bei 150 km. Bei einer Geschwindigkeit von 28 km/h liegt die Reichweite bei 40 km. Der durchschnittliche Verbrauch liegt somit bei 133 kWh.

### 3.10.2 Auftriebsberechnung

In Abschnitt 1.3.3.2 *Wasserfähigkeit* ist die Herangehensweise an die Berechnung der Auftriebskraft ausführlich erklärt.

Die für die Gewichtskraft benötigte Masse des Amphibienfahrzeugs ergibt sich aus dem Leergewicht eines Fahrzeugs und der maximal zulässigen Zuladung. Das Leergewicht eines Fahrzeugs definiert sich nach der Richtlinie 2007/46 über die Masse des Fahrzeugs im fahrbereiten Zustand mit zu 90 % gefüllten, eingebauten Kraftstoffbehältern und zu 100 % gefüllten Systemen für andere Flüssigkeiten, einschließlich des Gewichts aller im Betrieb mitgeführten Ausrüstungsteile (z.B. Ersatzräder und -bereifung, Ersatzteile, Werkzeug, Wagenheber). Für den Fahrzeugführer wird eine Pauschalmasse von 75 kg (68 kg + 7 kg Gepäck) angenommen [65]. Die darüberhinausgehende, maximal zulässige Zuladung dieses Amphibienfahrzeugs beträgt 425 kg.

Die Dichte  $\rho_{\text{Wasser}}$  von Wasser, die für die nachfolgende Rechnung benötigt wird, beträgt  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

$$F_G = (m_{\text{Zuladung}} [\text{kg}] + m_{\text{Leergewicht}} [\text{kg}]) * g [\text{m/s}^2]$$

$$F_G = (500 \text{ kg} + 1.900 \text{ kg}) * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F_G = 23.544 \text{ N}$$

$$F_A = V_{\text{Wasser, verdrängt}} [\text{m}^3] * \rho_{\text{Wasser}} [\text{kg/m}^3] * g [\text{m/s}^2]$$

$$F_A = l * b * h * \rho_{\text{Wasser}} * g$$

$$F_A = 4,6 \text{ m} * 1,9 \text{ m} * h * 1000 \text{ kg/m}^3 * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F_A = 85.739,4 \text{ kg/s}^2 * h$$

$$F_G = F_A$$

$$23.544 \text{ N} = 85.739,4 \text{ kg/m}^3 * h$$

$$h = 0,274 \text{ m}$$

$$V_{\text{Wasser, verdrängt}} = l * b * h$$

$$V_{\text{Wasser, verdrängt}} = 4,6 \text{ m} * 1,9 \text{ m} * 0,274 \text{ m}$$

$$V_{\text{Wasser, verdrängt}} = 2,39 \text{ m}^3$$

Aus der Rechnung ergibt sich, dass eine Auftriebskraft  $F_A = F_G$  von mindestens  $23.544 \text{ N}$  aufgebracht werden muss, damit das Amphibienfahrzeug schwimmfähig ist.

Durch das Gleichsetzen der Gewichtskraft und der Auftriebskraft lässt sich die tiefste eingedrungene Höhe im Massenschwerpunkt des Fahrzeugs im Ruhestand berechnen. Diese beträgt  $0,274 \text{ m}$ . Mit dieser Höhe lässt sich das Volumen des im Wasser eingedrungenen Rumpfes berechnen. Dieses errechnete Volumen beträgt  $2,39 \text{ m}^3$ .

### 3.11 Fahrzeug-Anforderungskatalog

Zusammenfassend sind im Fahrzeug-Anforderungskatalog in *Tabelle 3.8* die Daten des Grobkonzeptes noch einmal aufgeführt.

| <b>Fahrzeug-Anforderungskatalog</b> |             |                 |                  |                    |
|-------------------------------------|-------------|-----------------|------------------|--------------------|
| Fahrzeug-Parameter                  | Bezeichnung | Einheit         | Wert             | Ermittlungsmethode |
| <b>Hauptabmessungen</b>             |             |                 |                  |                    |
| Fahrzeugbreite                      | W103        | mm              | 2032             | Referenzwert       |
| Fahrzeughöhe                        | H100        | mm              | 1500             | Annahme            |
| Fahrzeuglänge                       | L103        | mm              | 4483             | Geometrisch        |
| Radstand                            | L101        | mm              | 2700             | Statistisch        |
| Spurweite (vorne/hinten)            | W101-1      | mm              | 1700             | Statistisch        |
|                                     | W101-2      | mm              | 1750             | Statistisch        |
| Überhang (vorne/hinten)             | L104        | mm              | 500              | Geometrisch        |
|                                     | L105        | mm              | 600              | Statistisch        |
| <b>Gesamtfahrzeuge</b>              |             |                 |                  |                    |
| Anzahl und Anordnung Räder          | -           | -               | 4 (2+2)          | -                  |
| Bodenfreiheit                       | H156        | mm              | 175              | Geometrisch        |
| Fahrzeugmasse                       | m           | kg              | 1460             | Statistisch        |
| Wendekreis                          | D102        | mm              | 10,55            | Statistisch        |
| <b>Ergonomie und Freiheiten</b>     |             |                 |                  |                    |
| Beinfreiheit                        | L34         | mm              | 200              | Statistisch        |
| Kopffreiheit                        | H61         | mm              | 960              | Statistisch        |
| Schulterfreiheit                    | W3          | mm              | 1513             | Referenzwert       |
| <b>Sitzkonzept</b>                  |             |                 |                  |                    |
| Anzahl/ Anordnung Sitze             | -           | -               | 2                | Vorgabe            |
| Sitzhöhe über Fahrbahn              | H5          | mm              | 632              | Statistisch        |
| Sitzhöhe über Ferse horizontal      | L53         | mm              | 872              | Geometrisch        |
| Sitzhöhe über Ferse vertikal        | H30         | mm              | 248              | Statistisch        |
| <b>Aerodynamik</b>                  |             |                 |                  |                    |
| Luftwiderstandsbeiwert              | cw          | -               | 0,29             | Annahme            |
| Stirnfläche                         | A           | mm <sup>2</sup> | 10               | Statistisch        |
| <b>Fahrleistung und Verbrauch</b>   |             |                 |                  |                    |
| Antriebskonzept                     | -           | -               | 2 Elektromotoren | -                  |
| Antriebskonzept Wasser              | -           | -               | 2 Jetantriebe    | -                  |
| Beschleunigungszeit                 | t0-100      | s               | 5,7              | Statistisch        |
| Höchstgeschwindigkeit Land          | vmax        | km/h            | 160              | Vorgabe            |
| Höchstgeschwindigkeit Wasser        | vmax        | km/h            | 30               | Vorgabe            |
| Motorleistung                       | Pmax        | kW              | 300              | Referenzwert       |

Tabelle 3.8 Fahrzeug-Anforderungskatalog

| Fahrzeug-Parameter          | Bezeichnung | Einheit    | Wert | Ermittlungsmethode |
|-----------------------------|-------------|------------|------|--------------------|
| Energiekapazität Batterie   | W           | kWh        | 83,7 | Referenzwert       |
| Verbrauch Land              | B           | kwh/100 km | 17   | Vorgabe            |
| Verbrauch Wasser            | B           | kwh/100 km | 133  | Vorgabe            |
| <b>Zugang und Transport</b> |             |            |      |                    |
| Anzahl und Anordnung Türen  | -           | -          | 2    | -                  |
| Laderaumvolumen             | V210        | l          | 200  | Vorgabe            |
| Zuladung                    | mzul        | kg         | 425  | Referenzwert       |

Tabelle 3.9 Fortsetzung Fahrzeug-Anforderungskatalog

## 4 Ausarbeitungsphase

Im Kapitel der Ausarbeitungsphase wird das Design des Fahrzeugs entwickelt. Es werden der Firmenname und das Markenlogo vorgestellt, Zeichnungen angefertigt, ein digitales 3D-Modell erstellt und der Entwurf wird 3D gedruckt werden.

### 4.1 Firmenname und Markendesign

Grundsteine für Marketing und Image sind der Firmenname und das Firmenlogo. Das in dieser Bachelorarbeit entstehende Amphibienfahrzeug wird auf den Namen RoadBoat getauft. Road-Boat zu deutsch Straßen-Schiff steht für die duale Einsatzmöglichkeit des Fahrzeugs an Land und im Wasser. Das entworfene Firmenlogo des Road Boats sieht wie in *Abbildung 27* aus:



Abbildung 27 Firmenlogo des Road Boats

Es besteht aus den Anfangsbuchstaben; einem spiegelverkehrten R (von Road) und einem B (von Boat). Die beiden Buchstaben sind in der Mitte verbunden und verschmelzen so zu einem Objekt. Der Slogan und der Rahmen sind schwarz gehalten und der Hintergrund ist mit einem hellen blau-grün eingefärbt.

So wie das Amphibienfahrzeug eine Verbindung der beiden Materien Wasser und Land darstellt, indem es beide befahrbar macht, greift auch das Logo dieses Thema auf, nämlich durch den mittigen, vertikalen Steg, der das R und das B verbindet.

Das Logo ist modern und schlicht gehalten.

## 4.2 Designphase

Die Designphase besteht aus der Erstellung von Parametern an das Design sowie eines Moodboards. Darauf basierend werden Entwurfsskizzen und ein maßstabsgetreuer Blueprint erstellt.

### 4.2.1 Anforderungen Design

Der Grundstein für das Design wird mit der Erstellung eines Eigenschaftsparameters und eines Moodboards gemacht.

#### 4.2.1.1 Eigenschaftsparameter

Das Eigenschaftsparameter in *Abbildung 28* ist in fünf Kategorien unterteilt.

- Funktional
- Wirkung/Image
- Identität
- Emotion
- Qualität

Es werden für jeden Punkt zwei entgegengesetzte Eigenschaften gegenübergestellt. Ein schwarzer Strich zeigt an, in welche Richtung die jeweiligen Eigenschaften des Amphibienfahrzeugs ausgeprägt sind.

Die hier gewonnenen Eindrücke sind dafür da, dem Designer beim Entwerfen und Skizzieren zu inspirieren.

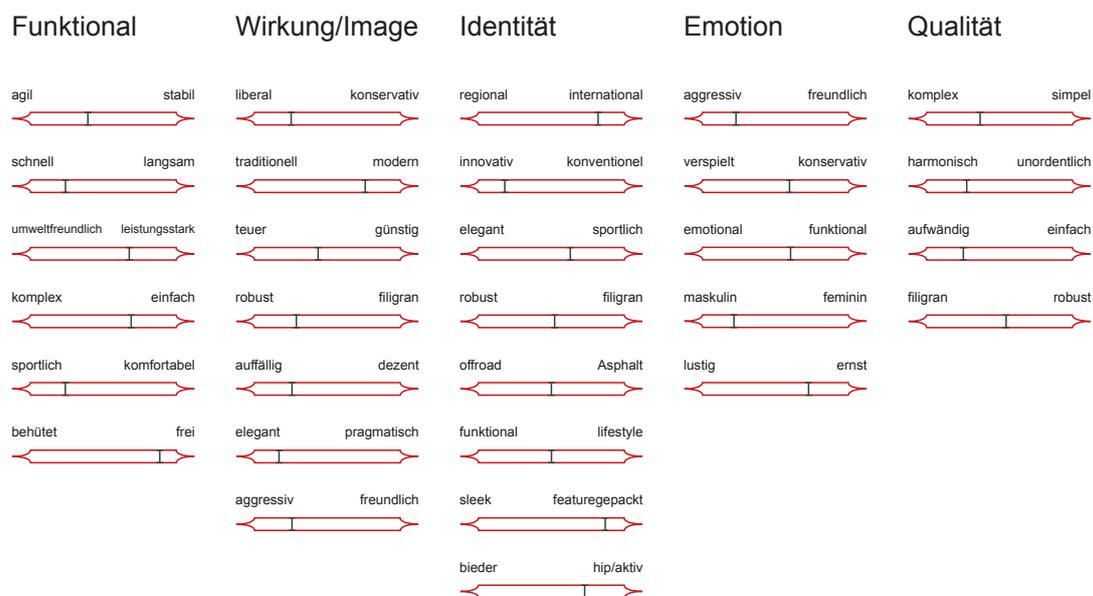


Abbildung 28 Eigenschaftsparameter für das RoadBoat [54]

#### 4.2.1.2 Moodboard

Das Moodboard ist eine emotionale Bildsprache, mit der eine konzeptgetreue Umsetzung visueller Ideen in einem Projekt erreicht wird. Die Atmosphäre und die Stimmung eines Entwurfs lassen sich mit einem Moodboard exzellent darstellen. Dadurch kann sich der Designer während der Entwicklung immer wieder an der Referenz orientieren und sich erneut inspirieren lassen.

Das Moodboard für das Road Boat ist in *Abbildung 29* dargestellt. Es besteht aus mehreren Bildern und Mustern und ist farblich schwarzweiß gehalten.

Delphine sind elegante und intelligente Meeresbewohner, die schnell durchs Wasser gleiten. Das sind Attribute, die sich mit denen des Road Boats vereinen lassen.

Die quer durch das Moodboard gezogenen Linien und das Bild der Seitenwände stehen für Direktheit, Strenge und Sachlichkeit.

Auf dem Bild in der Mitte sind komplexe, natürliche Strukturen (eines mikroskopischen Pilzes) abgebildet. Diese stehen nicht im Widerspruch zu den geraden, aufgeräumten Linien, sondern zeigen ein weiteres Element. Die Bionik ist inzwischen in der Technik und Architektur ein wichtiger Bestandteil. Sie befasst sich mit der Übertragung von Phänomenen aus der Natur auf technische Funktionen [66]. Die Airless Tires beispielsweise sind daraus entstanden.

„I want it all“ (zu deutsch „ich möchte alles“) steht für die Einstellung, sich mit dem Erreichten nicht zufrieden zu geben. Auch nach Erreichen von Zielen wird weiter nach neuen Zielen gestrebt. In Verbindung mit dem Road Boat heißt das, dass eine große Anzahl an Features auch im Design verarbeitet werden sollen.



Abbildung 29 Moodboard [67]

## 4.2.2 Skizzen

In diesem Abschnitt wird das Design des Road Boats mit den Skizzen in *Abbildung 30* aus verschiedenen Perspektiven gezeigt. Eine detaillierte Erläuterung zur Entscheidung der ausgewählten Designmerkmale erfolgt später in Abschnitt 4.3.1 „*Studio-Renderings*“.

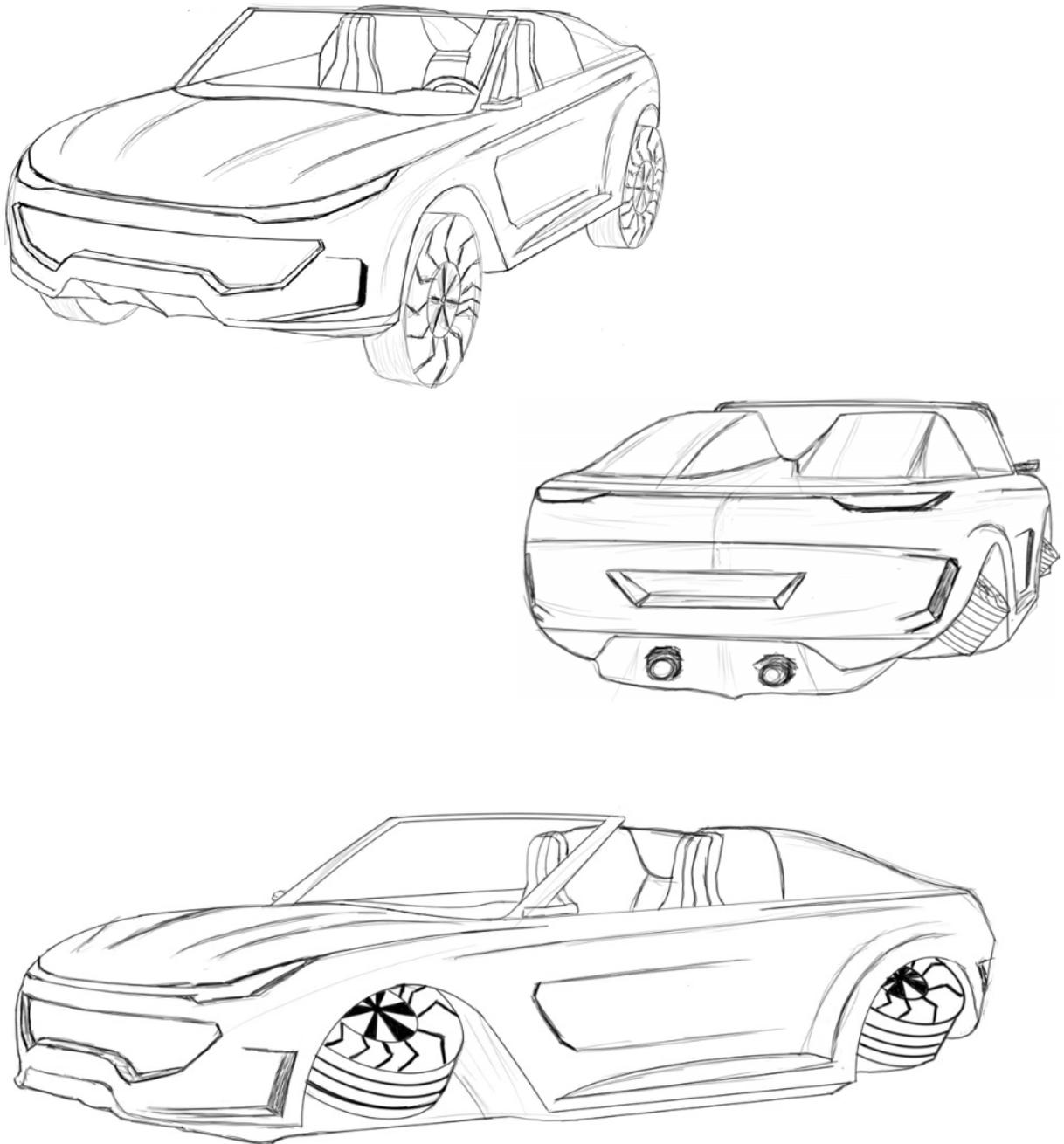


Abbildung 30 Skizzen des Road Boats

### 4.2.3 Blueprint

Abbildung 31 zeigt den erstellten, maßstabsgetreuen Blueprint. Das Road Boat ist jeweils im Straßen-, sowie im Wasserbetrieb, in den Front-, Heck- und Seitenansichten abgebildet. Die Dachansicht ist in beiden möglichen Betrieben unverändert und dadurch nur einmal abgebildet. Auf dem Blueprint basierend wird nachfolgend in Maya das 3D Model aufgebaut.

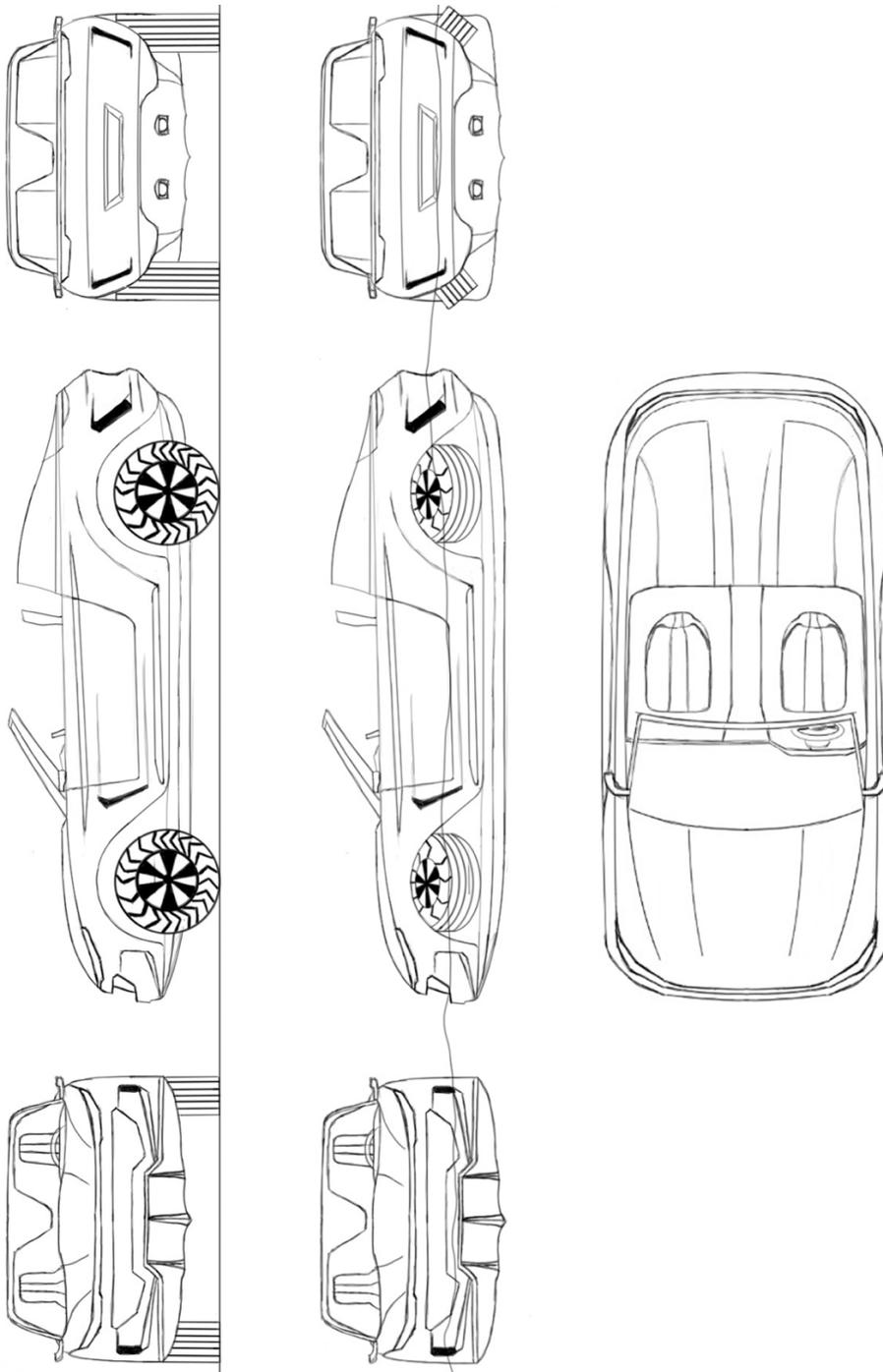


Abbildung 31 Blueprint des Road Boats

### 4.3 Maya Modellierung des Amphibienfahrzeugs

Es ist zu beachten, dass es sich hierbei nicht um eine Class-A Modellierung handelt, sondern um eine Konzeptmodellierung, die zur 3D Visualisierung des skizzierten Entwurfs dient. Im nächsten Schritt würden die Daten als Referenzgeometrie zur Erstellung von Class-A Flächen zum Einsatz kommen.

Im ersten Schritt des Prozesses Concept-Modelling werden die angefertigten Zeichnungen - der Blueprint - über Image Planes in allen Perspektiven in den Hintergrund gelegt. Dadurch lassen sich nicht nur zu Beginn die Silhouette des Amphibienfahrzeugs, sondern anschließend auch die Details sehr präzise modellieren.

In *Abbildung 32* ist das schon fertig modellierte Road Boat in allen vier möglichen Ansichten des User Interface von Autodesk Maya zu sehen. Sehr praktisch ist, dass sich mit dem Cursor in jeder der Haupt- und 3D-Ansicht arbeiten lässt, ohne vorher eine Ansicht auswählen zu müssen.

Beim Modellieren wird vom Groben ins Feine gearbeitet und mit möglichst wenig Kontrollpunkten angefangen, die Karosserie zu gestalten. Je mehr Linien und Kontrollpunkte eingefügt werden, umso schwerer wird es, ein sauberes Netz zu behalten. Für gewöhnlich wird bei Fahrzeugen immer am Radkasten angefangen, die Karosserie zu modellieren.

Nachdem die Form stimmt und alle Details eingearbeitet wurden, wird das Netz sorgfältig „gesäubert“. Das heißt, dass alle Kontrollpunkte gleichmäßige Kurven ergeben und sauber nebeneinander liegen. Einzelne Punkte dürfen nicht abweichen und S-Schläge erzeugen, damit sich eine saubere Fläche ohne Beulen ergibt. Anschließend wird mit dem Befehl smooth das Netz verfeinert. Dadurch bekommt das Modell des Road Boats in *Abbildung 32* sein engmaschiges Kontrollpunktnetz. In diesem Stand lassen sich große Veränderungen nicht mehr so leicht bewerkstelligen.

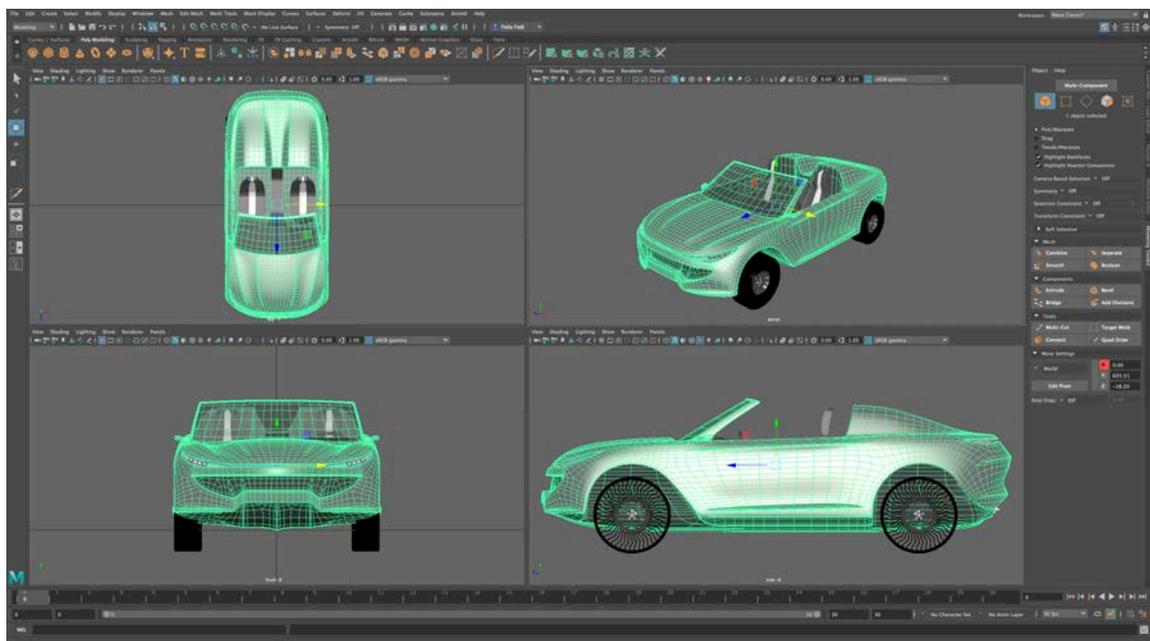


Abbildung 32 Das Interface von Autodesk Maya

Nach dem gleichen Prinzip werden auch die anderen Bauteile des Amphibienfahrzeugs modelliert. Insgesamt wurden sieben Bauteile erstellt. In der *Tabelle 4.1* sind die modellierten Bauteile aufgelistet und mit einer Kurzbeschreibung erklärt. Für jedes modellierte Bauteil ist ein Foto beigefügt.

### Stückliste der in Maya erstellten Bauteile

| <b>Bauteil</b>                             | <b>Beschreibung</b>   |
|--|---|
| Karosserie<br><i>Abbildung 33</i>          | Die Karosserie ist als ein gesamtes Teil modelliert. Radkästen, Scheinwerfereinbuchtungen und eine Kühlergrillatrappe sind eingelassen. Ebenfalls zur Karosserie gehört der Rumpf. Kameraaußenspiegel mit integrierten Positionslichtern wurden als Extrateil modelliert und an die Karosserie angeschlossen. |
| Interieur<br><i>Abbildung 34</i>           | Das Interieur besteht aus dem Dashboard und der Mittelkonsole. Es sind große Bildschirme im Dashboard und im Armaturenbrett eingebaut.  |
| Sitze<br><i>Abbildung 35</i>               | Zwei schwarze Sitze mit jeweils einem mittigen, großen, weißen Streifen sind modelliert.  |
| Lenkrad<br><i>Abbildung 36</i>             | Das Lenkrad hat drei Speichen und ist an der unteren Hälfte sportlich abgeflacht.   |
| Scheinwerfer<br><i>Abbildung 37 und 38</i> | Frontscheinwerfer und Rückleuchten sind jeweils mit einem durchlaufenden LED-Balken modelliert.   |
| Räder<br><i>Abbildung 39</i>               | Die vier Räder sind Airless Tires. Sie wurden aus drei modellierten Einzelteilen zusammengefügt: Profil, Reifen und einer Fünf-Speichenfelge.   |
| Wasserstrahlantrieb<br><i>Abbildung 40</i> | Für den Wasserstrahlantrieb wurde das Gehäuse modelliert. Die Klappe ist für den Rückwärtsschub verantwortlich.   |

Tabelle 4.1 Stückliste in Maya erstellter Bauteile



Abbildung 33 Karosserie

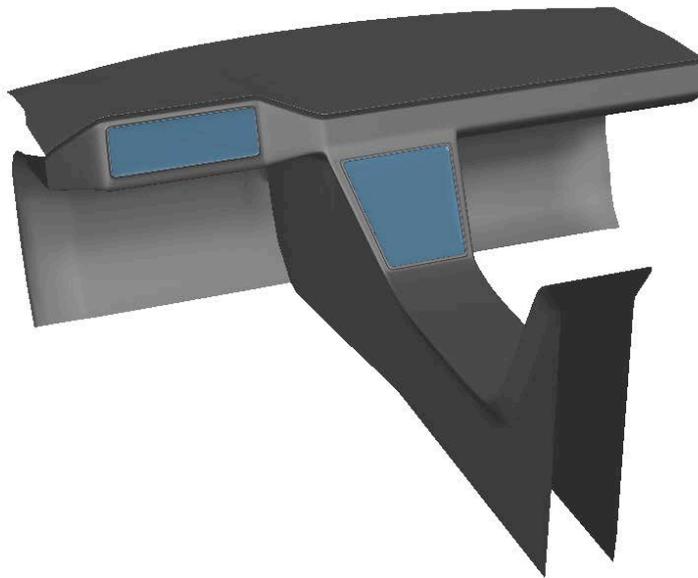


Abbildung 34 Interieur



Abbildung 35 Sitz



Abbildung 36 Lenkrad

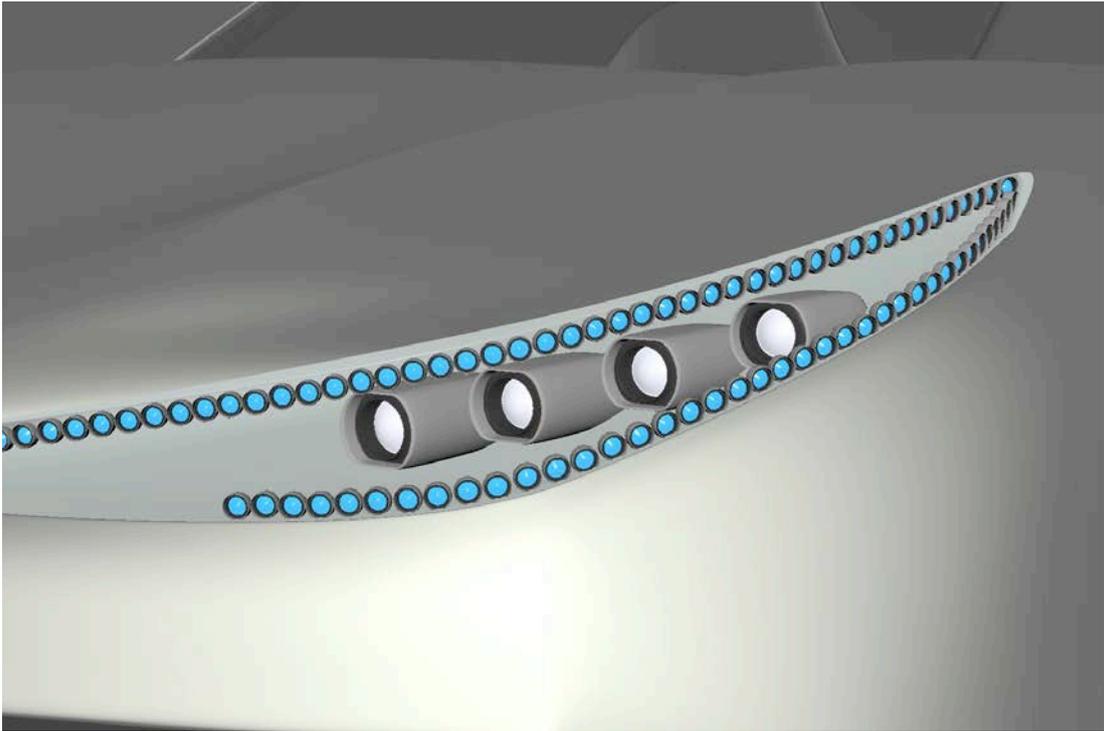


Abbildung 37 Frontscheinwerfer

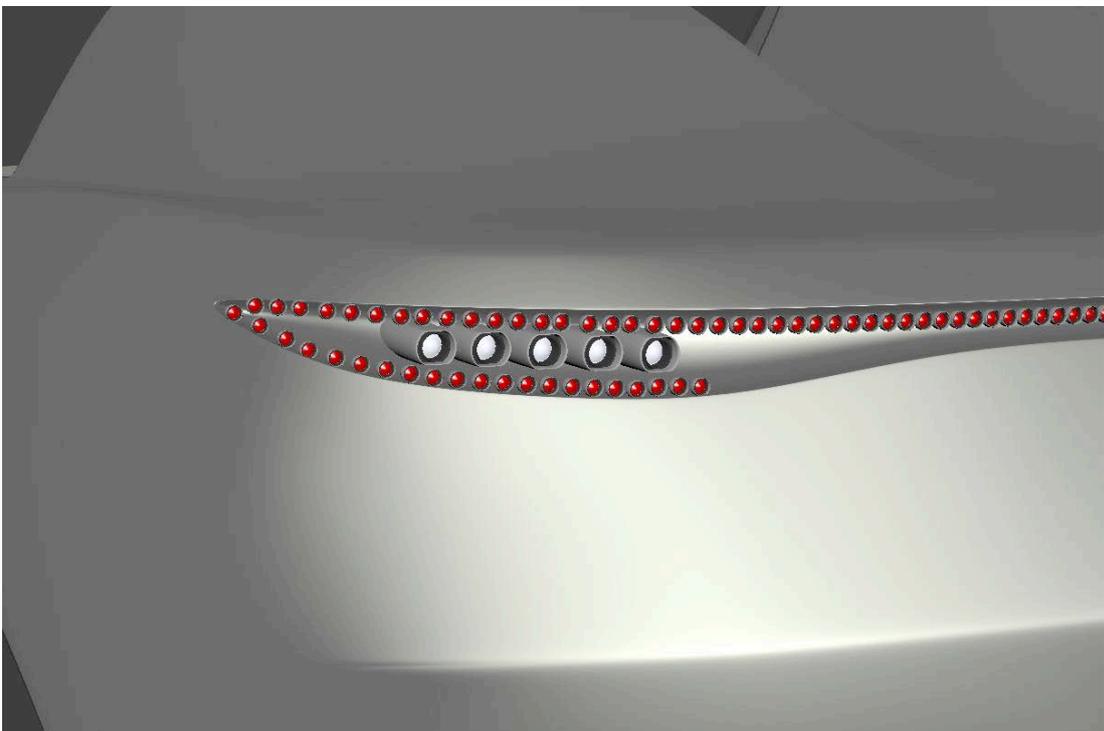


Abbildung 38 Rückleuchten

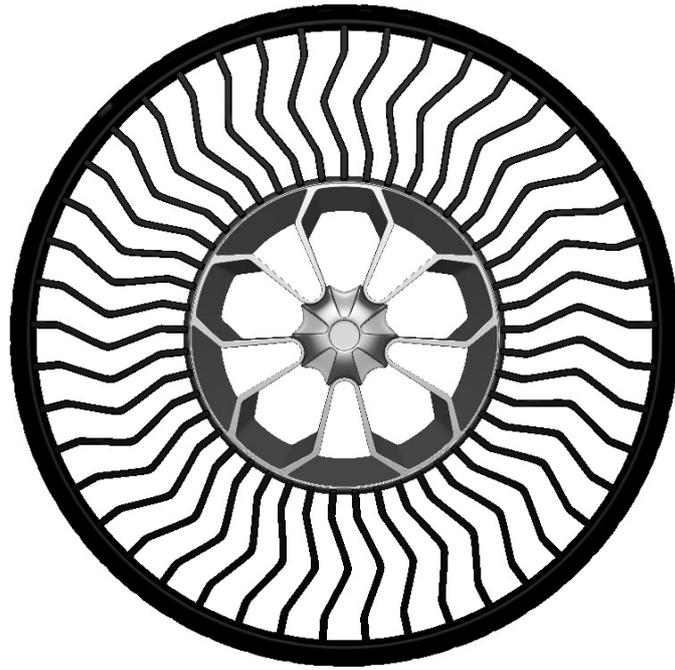


Abbildung 39 Airless Tire

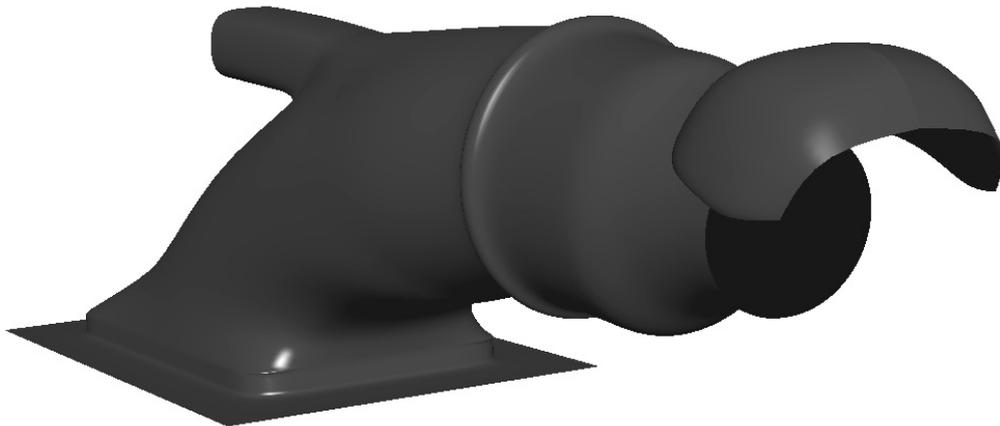


Abbildung 40 Wasserstrahlantrieb

## 4.4 Renderings

Die Renderings wurden mit dem Programm Keyshot erstellt, siehe Abschnitt 1.3.1.2 *Werkzeuge und Hilfsmittel*. Anschließend wurden die Keyshot Renderings in Photoshop importiert und final bearbeitet.

Für die Renderings wurde eine Außenlackierung in silber metallic ausgewählt. Dadurch lassen sich die Highlights, Darkcore und Auflichter besser erkennen, als bei einer dunklen, matten Lackierung. Es werden weitere ausgewählte Farben zur Auswahl stehen.

### 4.4.1 Studio-Renderings

Die Silhouette des Road Boats ist durch die Designsprache der Natur inspiriert. So erinnert die Silhouette mit den Höckern an einen aus dem Wasser springenden Delphin. Die überspannten und kräftigen Flächen mit eingearbeiteten Sehnen und Squeezelines symbolisieren Sportlichkeit, was besonders die jüngere Zielgruppe ansprechen soll. Die Silhouette und Proportion unterstreichen die Agilität und Wendigkeit des Fahrzeugs.

In der  $\frac{3}{4}$ -Frontansicht in *Abbildung 41* lässt sich der auf der Motorhaube befindende Powerdome erkennen, der dem Fahrzeug ein bulliges Aussehen gibt. Die Fahrzeugseiten sind jeweils mit einer prägnanten Squeezeline versehen, welche die Sportlichkeit des Entwurfs unterstreicht. Die kräftigen Schultern heben die Skulptur des Entwurfs hervor. Die großen Radkästen verbreitern das Fahrzeug und untermauern den off-road Charakter.

Die Front des Road Boats hat nur einen kurzen Überhang, da kein großer Verbrennungsmotor vor der Achse gelagert werden muss. Obwohl deshalb kein Kühlergrill mehr notwendig ist, weist das Road Boat eine auffällig breite Kühlergrillattrappe auf, um das Monovolumen in der Front aufzuteilen.

Bei dem Road Boat werden Form und Stilelemente aus dem Automobildesign und dem Bootsbau miteinander vereint. Der Unterboden des Fahrzeugs besteht aus einem speziellen schwarz lackierten Rumpf, welcher einen kantigen Übergang zur metallic silber lackierten Karosserie hat. Beim Design der Radkästen wird speziell der hydrodynamische Fluss berücksichtigt. Sie sind etwas größer und nach hinten abgerundet in die Länge gezogen, damit die Oberfläche möglichst wenig Widerstand bietet. Zusätzlich sind Cut-outs in die Karosserie eingeschnitten, die verhindern sollen, dass sich im Radkasten Wasser anstaut. Die Cut-outs sind auf beiden Seiten an den vorderen Radkästen eingelassen und an den hinteren Radkästen nur an der Rückseite. Das Wasser wird durch diese Form perfekt um den Radkasten herumgeleitet. Daher ist an der Vorderseite des hinteren Radkastens kein Cut-out notwendig.

In der  $\frac{3}{4}$ -Heckansicht in *Abbildung 42* werden die Squeezelines aus der Fahrzeugseite ebenenübergreifend vom Heck übernommen. Die prägnante Squeezeline der Fahrzeugschulter findet sich in den spitz zulaufenden Rückleuchten wieder. Die horizontale Squeezeline in der Mitte des Hecks verläuft im hinteren Radkasten und ist zugleich der Anfang des schnittigen Cut-outs. Die Squeezeline findet sich in den Highlights in der Fahrertür wieder. Insgesamt wirkt das ebenenübergreifende Line-work sportlich und aggressiv.

Frontscheinwerfer und Rückleuchten laufen spitz zu und bestehen aus einem durchgezogenen LED-Streifen.

Die Außenspiegel werden durch Kameras ersetzt. Sie werden dort platziert, wo sich normalerweise der Außenspiegel befindet. Das Besondere ist, dass sie nicht nur mit den Blinklichtern ausgerüstet sind, sondern zusätzlich auch mit integrierten Positionslichtern.

Für die beiden Jetantriebe im Heck ist der Rumpf trapezartig nach oben erweitert. Der Übergang zwischen dem Rumpf und der Verkleidung der Karosserie ist mit einer Squeezeline

versehen. Darüber ist die Nummernschiele einbuchtung ebenfalls trapezartig und spitz eingelassen. Die oberen Ecken finden sich in den Höckern wieder.

Die Airless Tires passen sich mit ihrer bionischen Wabenstruktur perfekt in das mit Linework und Squeezelines geprägte Design ein.



Abbildung 41 Studiorendering ¾-Frontansicht



Abbildung 42 Studiorendering  $\frac{3}{4}$ -Heckansicht

## 4.4.2 Szenarien-Renderings

### Rendering 3

Im Straßen-Szenario auf *Abbildung 43* bewegt sich das Road Boat in Neuseeland in der Region Canterbury auf einer bergigen Straße nahe der Stadt Christchurch. Christchurch liegt direkt am Meer.

Das Foto wurde für das Rendering ausgewählt, weil es durch die bergige Landschaft und das Meer im Hintergrund die Vielseitigkeit vermittelt, für die das Road Boat steht.

Das sonnige Wetter erzeugt positive Gefühle und möchte den Betrachter zum Mitfahren animieren. In *Abbildung 44* ist das Road Boat von *Abbildung 43* vergrößert dargestellt.



Abbildung 43 Landschaftsrendering in der Nähe der Stadt Christchurch, NZ [68]



Abbildung 44 Das rangezoomte Road Boat aus dem vorigen Rendering

## Rendering 4

Das Szenario des Renderings in *Abbildung 45* ist in der Bucht vor der italienischen Stadt Riomaggiore aufgenommen. Das Amphibienfahrzeug liegt nah am Strand im kristallblauen Wasser verankert.

Riomaggiore ist eine wunderschöne, alte Stadt an der italienischen Riviera. Im Hintergrund ist die bunte Altstadt zu sehen, die in Verbindung mit klarem Wasser, ein tolles Bild abgibt. Das Road Boat im Vordergrund fügt sich ideal in das Bild ein.



Abbildung 45 Landschaftsrendering in der Bucht von Riomaggiore, Italien [69]

## 4.5 Erstellung des Road Boat Modells

### 4.5.1 3D-Druck Vorbereitung

Das 3D Modell des Road Boats wird im 3D-Space an der HAW Hamburg mit dem Ultimaker 3 3D-Drucker, siehe Abbildung 46, angefertigt. Für die Druckzeit werden 26 Stunden und 6 Minuten veranschlagt. Das Modell wird aus dem Material PLA (262 g) und die Stützgeometrie aus dem Material PVA (16 g) bestehen. PVA wird häufig für die Stützgeometrie verwendet, da es wasserlöslich ist und somit leicht von dem gedruckten Bauteil gelöst werden kann.

Für den 3D-Druck muss der Maya Datensatz in das Dateiformat .STL (**ST**ereo**L**ithography) umgewandelt werden. Das Dateiformat .STL hat sich im 3D-Druck als Standard-Dateiformat durchgesetzt und dient als Schnittstelle zwischen dem 3D-Modell und dem 3D-Drucker [70]. Da Maya keine .STL-Dateien erzeugen kann, werden zuerst .OBJ-Dateien erstellt und diese in einem zusätzlichen Programm (hier wurde das Programm „Meshmixer“ verwendet) in .STL-Dateien umgewandelt. Diese Dateien werden anschließend in der Software Cura für den Druck aufbereitet.

Cura ist eine Open-Source-Software, mit der .STL-Dateien geöffnet und bearbeitet werden können. Es lassen sich die Proportionen skalieren, die Fülldichte, Druckqualität, das zu verwendende Material bestimmen und auch die Druckgeschwindigkeit, Temperatur und eventuelle Stützgeometrien festlegen. Nach Fertigstellen der Aufbereitung werden die Daten an den 3D-Drucker gesendet [71].

Die Cura-Benutzeroberfläche mit dem importierten Road Boat und den zugehörigen Reifen ist in *Abbildung 46* dargestellt.

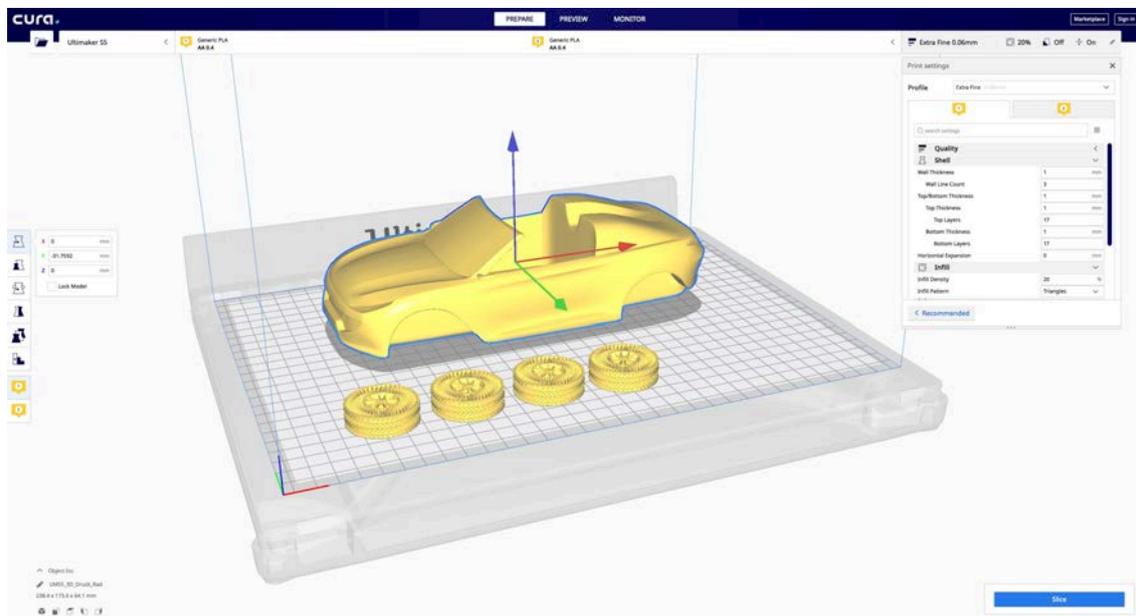


Abbildung 46 Cura User Interface

In *Abbildung 47* ist eine Vorschau der Einstellungen für den 3D-Druck zu sehen. In dem aufgeschnittenen Modell des Road Boats lassen sich die Fülldicke der einzelnen Bahnen sowie die Druckqualität erkennen.

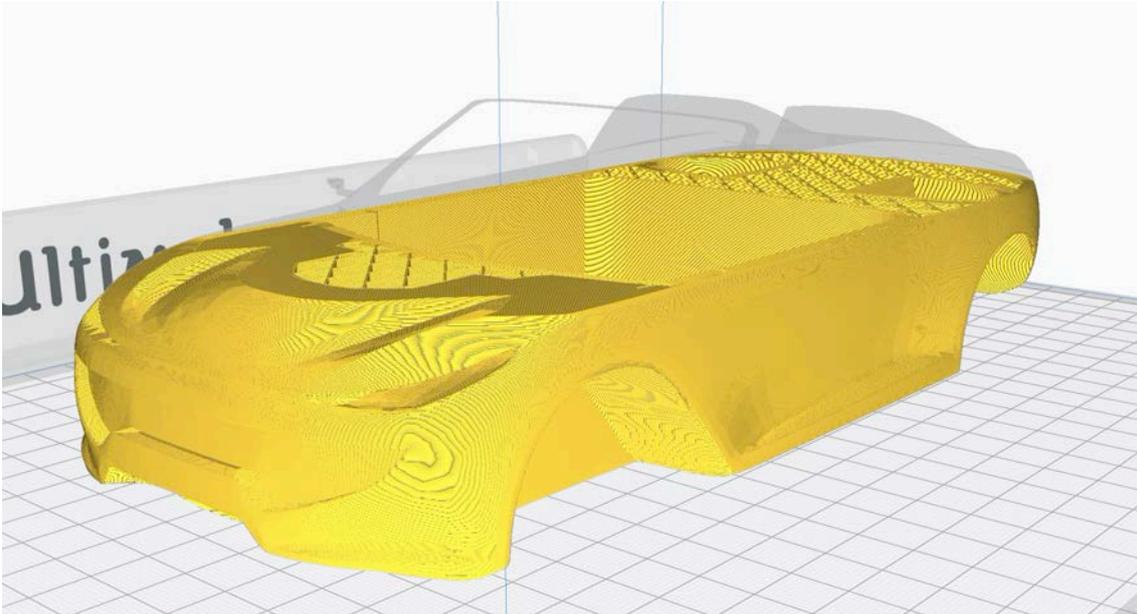


Abbildung 47 Aufgeschnittenes Modell in Cura

Der verwendete 3D-Drucker Ultimaker ist in *Abbildung 48* gezeigt.



Abbildung 48 Der 3D-Drucker Ultimaker S5 [72]

## 4.5.2 3D-Druck

In diesem Abschnitt wird das gedruckte 3D-Modell auf den *Abbildungen 49* und *50* präsentiert.



Abbildung 49 Das 3D-gedruckte Road Boat frontal vor der Davidwache in Hamburg



Abbildung 50 Das 3D-gedruckte Road Boat seitlich neben der Reeperbahn in Hamburg

# 5 Fazit

## 5.1 Zusammenfassung

Für die Umsetzung der Aufgabenstellung und der Erstellung eines Polygonmodells des Amphibienfahrzeugs in Maya, musste das Programm autodidaktisch durch Probieren, Tutorials sowie mit Anleitung durch Arbeitskollegen erlernt werden. Das Ergebnis ist der Entwurf für das Amphibienfahrzeug „Road Boat“, das für den alltäglichen Einsatz geeignet ist. Es berücksichtigt sowohl nachhaltige Umweltaspekte als auch den aktuellen Stand der Fahrzeugtechnik.

Von dem Amphibienfahrzeug wurden Skizzen erstellt, die den auf einer Marktanalyse basierenden Anforderungen entsprechen. Darauf wurde ein Polygonmodell in Maya aufgebaut. Anschließend wurden Studio- und Landschaftsrenderings mit den aus Maya exportierten obj.-Daten erstellt. Zum Abschluss der Arbeit wurde ein 3D-Modell im 3D-Verfahren ausgedruckt.

Das Konzept basiert auf der Idee einer marktgerechten Bedienung von Kundenbedürfnissen. Es erfüllt die Anforderungen, die auch in naher Zukunft an die Entwicklung von Fahrzeugen gestellt werden. Die Arbeit zeigt, dass so ein Fahrzeug technisch machbar ist, also für den Betrieb auf Land und auf Wasser funktioniert. Konzeptionell wurde das Fahrzeug in Hinblick auf die Flexibilität der Einsatzmöglichkeiten optimiert. So soll es etwa möglich sein, die Höchstgeschwindigkeit elektronisch abzuriegeln, um dadurch die Reichweite beispielsweise bei einem geplanten Wassereinsatz zu erhöhen.

Da es zum Thema Amphibienfahrzeuge keine aussagekräftigen Marktanalysen gibt, mussten für diese Bachelorarbeit eine Reihe von Annahmen getroffen werden. Diese wurden aus Erhebungen zum PKW-Markt abgeleitet. Soweit verfügbar, wurden auch Marktanalysen für den Motorbootsektor herangezogen. Eine eigene, großflächige Befragung, speziell zu Amphibienfahrzeugen, wäre im weiteren Verlauf eine sinnvolle Ergänzung, um die getroffenen Annahmen zur Zielgruppe zu verifizieren.

In dieser Arbeit werden auch Themenbereiche berührt, die während der Konzeptionsphase auftreten und nicht abschließend behandelt werden. Zum Beispiel die technische Realisierung des Reifeneinzugs oder die Umstellung der Antriebswelle auf Jetantrieb. Die grundsätzliche Lösung ist bekannt, allerdings wäre die konkrete technische Umsetzung in Bezug auf das Konzept des Amphibienfahrzeuges noch zu erarbeiten.

Das Thema der Kurzlebigkeit von Batterietechnologien ist hinlänglich bekannt. Es ist davon auszugehen, dass Fortschritte bei der Batterietechnologie unmittelbar die Konzeptionierung des Amphibienfahrzeugs beeinflussen würden. Profitieren könnte es sowohl von einer Gewichtsreduzierung als auch von der Erhöhung der Leistung von Batterien. Entweder durch eine Erhöhung der Geschwindigkeit zu Land und im Wasser oder eine Steigerung der Reichweiten.

Unklar ist die zukünftige Gesetzeslage. Es ist allerdings absehbar, dass zusätzliche Gesetze erlassen werden, auf welche die Automobilbranche mit neuen, alternativen Konzepten reagieren wird. Angewendet auf das Amphibienfahrzeug könnte sich ergeben, dass künftig der jetzt für optimal befundene Antrieb nicht mehr die erste Wahl sein muss.

Der Übergang von Land zu Wasser gestaltet sich für Amphibienfahrzeuge in urbaner Umgebung gegenwärtig schwierig, da spezielle Übergänge gebraucht werden, die noch nicht bestehen. Solche Übergänge müssten wie Zugänge gestaltet sein, an denen Boote mit Trailer zu Wasser gelassen werden. Wenn in Städten, die über ausreichend Wasserwege verfügen, Amphibienfahrzeuge als eine ernsthafte Alternative zur Entlastung des Straßenverkehrs angesehen werden, wäre sogar der Ausbau einer fördernden Infrastruktur denkbar. Also der Bau von Zugangspunkten und Schnittstellen für Amphibienfahrzeuge mit öffentlichen Mitteln.

Ein Amphibienfahrzeug mag auf den ersten Blick vielleicht nicht überzeugen. Aber von dem Vorurteil, dass ein Fahrzeug sich nur an Land bewegen darf, haben sich kreative Querdenker schon lange befreit. Das belegen bereits die Konzepte, die Anfang des 20. Jahrhunderts präsentiert wurden. Tatsächlich sind solche Ideen auf dem Gebiet von Technik und Forschung unverzichtbar, denn sie sind ein Nährboden für innovative Entwicklungen. Amphibienfahrzeuge sind vielleicht nur ein Zwischenschritt. Denn die 3D-Bewegung mit Maschinen, die nicht nur fahren, sondern auch fliegen können, ist technisch betrachtet nur noch eine Frage der Zeit. Erste erfolgreiche Versuche gibt es auch hierzu bereits. Ob ein Nischenprodukt den Sprung schafft, Standard zu werden, ist schwer prognostizierbar. Aus wissenschaftlicher Sicht erhält es seine Berechtigung, wenn es den Nachweis liefert, dass es funktioniert.

## 5.2 Ausblick

Die möglichen Anschlusspunkte, die auf den Ergebnissen dieser Bachelorarbeit aufsetzen, werden nachstehend erläutert. Wobei in der Fahrzeugentwicklung für ein vollständiges Konzept und eine detaillierte Ausarbeitung zu jedem Thema ein Team aus Ingenieuren, Technikern und Designern benötigt wird:

- Im nächsten Schritt des Prozesses der Fahrzeugentwicklung müssen Class-A-Flächen erstellt werden. Das geschieht mit Programmen wie z.B. IcemSurf von der Firma Dassault Systèmes oder Autodesk Alias, in denen die Class-A-Flächen gestraht werden. Als Referenzgeometrien würden hier die Daten aus dem Maya Modell zum Einsatz kommen.
- Im bisherigen Prozess wurde der Entwurf eines Fahrgestells ausgelassen, da dieser alleine bereits Umfang für eine eigene Bachelorarbeit bieten würde. Das Fahrgestell müsste ergänzt und nach ausreichender Planung in einem CAD-Programm konstruiert werden.
- Parallel muss ein Konzept für das Interieur entworfen und modelliert werden. Das in dieser Bachelorarbeit modellierte Interieur ist nur ein Platzhalter, um die Darstellung des Amphibienfahrzeugs in den Renderings zu ermöglichen.
- Für ein vollständiges Konzept müssen alle Scheinwerfer, Leuchten und Reflektoren genau ausgewählt und platziert werden. Auch das Thema der passiven Sicherheit muss noch abgedeckt werden. Airbags und Fußgängerschutz sind nur zwei Beispiele, die sorgfältig ausarbeiten sind.
- Weiterhin müssen technische Auslegungen, Berechnungen, Nachweise, etc. zur Vervollständigung noch ergänzt werden.
- Ein Thema, das bisher nur angeschnitten wurde (siehe Zusammenfassung) ist das Differentialgetriebe, welches für den Wechsel der Antriebswelle zum Jetantrieb zuständig ist. Hierzu sind noch detaillierte Ausarbeitungen notwendig.

Es ist zu erwarten, dass in den kommenden Jahren, besonders mit der Weiterentwicklung der Feststoffbatterie, verbesserte Ausgangssituationen für den Betrieb von Elektroautos und -booten geschaffen werden. So plant Toyota bereits im Jahr 2020 eine serienreife Feststoffbatterie vorzustellen [73]. Feststoffbatterien sind viel kleiner und leichter als die bisher eingesetzten Batterien. Das wird eine deutliche Erweiterung der Reichweite eines Fahrzeuges sowie verkürzte Ladezeiten zur Folge haben. Im Ergebnis lassen sich damit effizientere Bauweisen und ein deutlich besseres Reichweitengewicht realisieren.

# Anhang 1

## 1. Umfeldanalyse

### 1.1 Klimawandel

Europäische Klimaschutzziele sehen vor, die Treibhausgas-Emissionen bis 2050 um 80% bis 95% zu reduzieren. Im Jahr 2018 hat sich die EU folgende Zwischenziele für das Jahr 2030 gesetzt:

- Die EU-internen Treibhausgas-Emissionen werden bis 2030 um mindestens 40 % im Vergleich zu 1990 gemindert.
- Die Nutzung erneuerbarer Energien wird auf 30 % des gesamten Endenergieverbrauches gesteigert.
- Die Energieeffizienz wird um 32,5 % gesteigert im Vergleich zu einer Entwicklung ohne weitere Effizienzanstrengungen. [74]

Ein wichtiger Bestandteil dieser Ziele ist die Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Straßenverkehr. Um diese zu erreichen, gibt es strenge gesetzliche Rahmenbedingungen, die an die Automobilindustrie gestellt werden.

### 1.2 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Die Senkung des Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehr gilt als unumgänglich, um die Klimaziele zu erreichen. Unter den Verkehrsträgern wird der Straßenverkehr, als Klimasünder Nummer Eins angesehen. Bewertungen gehen davon aus, dass knapp 18 Prozent der weltweiten Emissionen von Kohlenstoffdioxid im Jahr 2015 durch Straßenfahrzeuge produziert wurden [75]. *Abbildung 51* zeigt die vergangene und zukünftige weltweite CO<sub>2</sub>-Emission in g/km. Die USA führen die Liste mit der höchsten CO<sub>2</sub>-Emission im Straßenverkehr an, gefolgt von China und der EU.

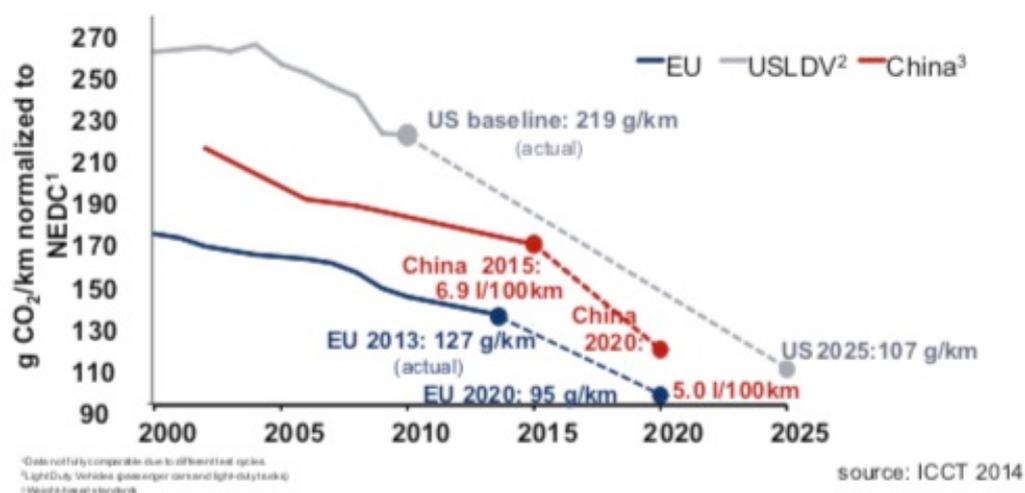


Abbildung 51 Zukünftige CO<sub>2</sub>-Emission in g/km [5]; S. 19]

Im Jahr 2020 tritt die neue Abgasnorm Euro 6d in Kraft. In der Euro 6b, welche 2014 eingeführt wurde, darf ein Auto auf dem Prüfstand maximal eine Menge von 80 mg NO<sub>x</sub> pro Kilometer ausstoßen. Dabei ist zu beachten, dass für Benziner eine Höchstgrenze von 60 mg pro Kilometer gilt. In der Euro 6d kommt hinzu, dass Diesel statt 168 mg/km nur noch 120 mg/km ausstoßen dürfen [1].

Es können aber auch regulatorische Instrumente zur Senkung des Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehr zum Einsatz kommen, wie EU-Flottengrenzwerte, ZEV und Biokraftstoffe [ [76] S.7].

Der zunehmende Einsatz erneuerbarer Energien im Verkehr ist ein wesentlicher Faktor, sowohl in der Fahrzeugproduktion und -entsorgung als auch bei der Kraftstoffherstellung.

Zu beachten sind auch die unterschiedlichen Steuern, die erhoben werden. So gibt es die Energie-/Mineralölsteuer, die Ökosteuer, Dienstwagen-Besteuerung und die Kfz-Steuer. Zur Motivation gibt es aber auch Anreize, wie die Umwelt- und Kaufprämie, sowie Elektromobilitätsgesetze, welche durch Sonderrechte verschiedene Vorteile wie z.B. Parkvorberechtigungen oder auch teilweise gesonderte Fahrspuren (z.B. Busspuren), gewähren [ [76] S.13-19].

### 1.3 Gesellschaft und Verkehrsmittelwahl

In der Tabelle 5.1 lässt sich erkennen, dass der „Motorisierte Individualverkehr“ (MIV) das deutlich am meisten genutzte Verkehrsmittel ist. So entfielen von der Summe der Verkehrsleistung pro Einwohner im Jahr 2010 mit 14.486 km 11.038km auf den MIV.

Außerdem fällt auf, dass die Strecke, die der deutsche Verkehrsteilnehmer in den vergangenen Jahren zurückgelegt hat, immer weiter angewachsen ist.

| Jahr | Verkehrsleistung gesamt <sup>a</sup> |                  |                           |                      |                            | Verkehrsleistung pro Einwohner <sup>a</sup> |               |                        |                   |                 |
|------|--------------------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|----------------------------|---|---------------|------------------------|-------------------|-----------------|
|      | ÖV<br>[Mrd.pkm]                      | MIV<br>[Mrd.pkm] | Fuß-<br>wege<br>[Mrd.pkm] | Fahrrad<br>[Mrd.pkm] | Bevöl-<br>kerung<br>[Mio.] | ÖV<br>[km/a]                                | MIV<br>[km/a] | Fuß-<br>wege<br>[km/a] | Fahrrad<br>[km/a] | Summe<br>[km/a] |
| 1975 | 115,3                                | 441,1            | 26                        | 13,6                 | 61,8                       | 1.865                                       | 7.134         | 421                    | 220               | 9.639           |
| 2000 | 195,5                                | 849,6            | 30                        | 23,9                 | 82,3                       | 2.377                                       | 10.328        | 365                    | 291               | 13.360          |
| 2010 | 214,9                                | 902,4            | 34,6                      | 32,4                 | 81,8                       | 2.629                                       | 11.038        | 423                    | 396               | 14.486          |

<sup>a</sup> Eigene Auswertung aus BMVBS (2000), S. 105 und S. 216; BMVBS (2013), S. 96, S. 219 und S. 224.  
Öffentlicher Verkehr (ÖV) = ÖSPV + Eisenbahnverkehr + Luftverkehr

Tabelle 5.1 Entwicklung der Verkehrsleistung in Deutschland [ [76] S.21]

Beachtlich ist, dass sich innerhalb von 35 Jahren die Verkehrsleistung der MIV insgesamt verdoppelt hat. Pro Kopf ist das immerhin ein Anstieg um mehr als 50% zu verzeichnen.

Eine Konstante in dem Zeitraum der 35 Jahre von 1975 bis 2010 ist die Entfernung, die Leute im Jahr zu Fuß zurücklegen.

Leider lassen sich keine belastbaren Angaben über zurückgelegte Strecken auf dem Wasser pro Kopf/Jahr für diesen Zeitraum finden.

#### **1.4 Geschäftsmodelle und Mobilitätsoptionen**

In Großstädten geht der Trend zum Carsharing und nicht mehr zwingend zum eigenen Auto. Es sind nicht nur konkurrierende Carsharing-Unternehmen in vielen Großstädten vertreten, sondern auch Stadträder und verschiedene Anbieter von E-Rollern. Besonders setzen die Sharing-Dienste auf Elektromobilität [77]. Nachteile der Elektromobilität spielen in Städten zu meist keine große Rolle. Weite Strecken werden nur selten gefahren, was eine geringe Batteriereichweite wenig problematisch macht. Eine noch verhältnismäßig kurze Lebensdauer der Batterien von acht bis zehn Jahren [78]. kann ebenfalls zur Verunsicherung der Käufer führen, allerdings nicht bei Leihfahrzeugen, da das Fahrzeug dem Nutzer nicht gehört. Hinzukommt, dass Elektromotoren keine Schadstoffe bei der Fahrt ausstoßen, was dabei hilft, die Luftverschmutzung in den Großstädten zu reduzieren.

In die Tankstelleninfrastruktur wird besonders für die Elektromobilität kräftig investiert. Im Jahr 2017 stellte die Bundesregierung 300 Millionen € für den Bau von Ladestationen zur Verfügung. Bei Kosten von 30.000 € pro Ladestation, ließen sich davon 10.000 Stück bauen [79]. Im Mai 2019 hat Shell angekündigt, E-Ladestationen an Tankstellen aufzubauen [80]. In den Jahren von 2007 bis 2017 hat sich die Anzahl der Ladestationen weltweit vertausendfacht: 2007 zählte Global EV Outlook 707 und 2017 insgesamt 748.279 Stationen [79].

# Anhang 2

## 2. Gesetzliche Richtlinien

---

### 2.1 Straßenverkehrsrichtlinien

In Deutschland regeln die Straßenverkehrsordnung (StVO) und die Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) gemeinsam die Bereiche des Straßenverkehrsrechts [81].

In Europa sind die Richtlinien für das Straßenverkehrsrecht in den UNECE-Regelungen verfasst. Die Mitgliedsstaaten gehen dabei weit über den Bereich der Europäischen Union und sogar Europas hinaus. So gehören z. B. auch Ägypten, Aserbaidschan, Australien, Japan, Kasachstan, Malaysia, Neuseeland, Südafrika, Südkorea, Thailand und Tunesien dazu. Viele Länder, selbst wenn sie nicht offizielle Vertragsparteien sind, erkennen die dem Übereinkommen vom 20. März 1958 angeschlossenen Regelungen an und erlauben den Gebrauch und Import von Fahrzeugen und Teilen, die gemäß UN/ECE-Regelungen typgeprüft wurden [45].

Diese aufgrund des Übereinkommens festgesetzten und dem Übereinkommen angeschlossenen Regelungen enthalten technische Vorschriften für Radfahrzeuge, Ausrüstungsgegenstände und Teile, die in Radfahrzeugen eingebaut und/oder verwendet werden können. Des Weiteren gehören auch Prüfverfahren sowie Bedingungen für die Erteilung von Typgenehmigungen für diese Radfahrzeuge, Ausrüstungsgegenstände und Teile sowie Genehmigungszeichen und Bedingungen für die Gewährleistung dazu [45]. Insgesamt gibt es 150 Regelungen. Alle Regeln lassen sich auf der Website „Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur“ einsehen.

Für die Fahrzeugauslegung sind besonders die Regelungen von Bedeutung, die die Lage und Maße wichtiger Größen regulieren. Beispiele hierfür sind:

- Stoßfängerlage
- Kennzeichenlage
- Anbau und Lage der Leuchten
- Wischfelder, Sichtwinkel
- Innenraummaße, z.B. Pedalerie, Gurtfelder in Abhängigkeit vom R-Punkt

Darüber hinaus gibt es weitere Regelungen, z.B. zu den Geräuschemissionen von Krafträdern (R41), Geschwindigkeitsbegrenzungseinrichtungen (R89) und zum Fußgängerschutz (R127) [45].

Eine Vielzahl von Gesetzestexten, Richtlinien und anderen Normen beziehen sich auf die Fahrzeugabmessungen nach SAE J1100 [[5] S. 687]. Die Society of Automotive Engineers International (SAE, zu deutsch „Verband der Automobilingenieure“) ist eine gemeinnützige Organisation für Technik und Wissenschaft, die sich dem Fortschritt der Mobilitätstechnologie widmet [46].

Unter anderem werden die so definierten Fahrzeugabmessungen von Fahrzeugherstellern genutzt, um die sogenannte GCIE-Austauschlisten (Global Car Manufacturers Information Exchange) und PKW-Package-Pläne zu erstellen [[5] S.687].

Wichtige Vorschriften und Richtlinien bestehen zudem, was hinsichtlich der Sicht aus einem PKW heraus zu beachten ist. Diese sind in der *Abbildung 52* zusammengefasst.

| <b>Sichtfeld</b>   | <b>Scheibenwischer und -wascher</b>   | <b>Sicherheitsglas</b>   | <b>Rückspiegel</b>   |
|--|---|--|--|
| <b>StVZO §35</b><br><br><b>ISO 7397</b><br>Messung und Beurteilung<br><br><b>SAE J1050a</b><br>Beschreibung und Messung des Fahrersichtfeldes<br><br><b>77/649 EWG → 90/630 EWG</b><br>Mindestsichtfeld nach vorne Verdeckungen<br><br><b>FMVSS 128</b><br>Mindestsichtfeld Verdeckungen Sonnenblenden<br><br><b>ECER 125</b><br>Vorderes Sichtfeld<br><br><b>J/P/061</b><br>Sichtfeld im Nahbereich | <b>FMVSS 104</b><br><br><b>SAE J903</b><br>Wischfeld<br><br><b>ISO 3469</b><br>Testmethoden<br><br><b>EWG 78/318</b><br>Wischfeld, Funktion<br><br><b>ADR 16</b><br><br><b>Scheibenentfroston</b><br><br><b>EWG 78/317</b><br>Bereiche, Zeit<br><br><b>SAE J902, SAE J381</b><br>Entfroston Beschlagentfernung<br><br><b>ISO 3468, ISO/NP 3470</b><br>Testmethoden<br><br><b>FMVSS 103</b><br>Entfroston Beschlagentfernung<br><br><b>ISO 5898</b><br>EntfrostonHeckscheibe | <b>BS AU 178a</b><br>Spezifikation<br><br><b>ECER43</b><br><br><b>ISO 3637</b><br>Material<br><br><b>ISO 3538</b><br>optische Eigenschaften<br><br><b>ISO 3917</b><br>Testverfahren<br><br><b>FMVSS 205</b><br><br><b>ADR 8</b><br><br><b>Windschutzscheiben Luftdüsenausstattung</b><br><br><b>ISO 3470</b><br>Testmethoden<br><br><b>Heckscheiben Wischer und -wascher</b><br><br><b>ISO 6255</b><br>Anforderungen | <b>StVZO §56</b><br><br><b>ADR 12</b><br>ausgelaufen<br><br><b>ADR 14</b><br><br><b>2003/97 EG → 2005/27 EG</b><br>Beschreibung und Messung des Fahrersichtfeldes<br><br><b>ECER46</b><br><br><b>FMVSS 111</b><br>Anordnung Sichtfeld Bedienung<br><br><b>FMVSS 107</b><br>zurückgezogen<br><br><b>ISO 5740</b><br>Testverfahren Reflektionsgrad |
| <b>Schattenbänder</b><br><br><b>SAE J100</b>   |   |  |  |

Abbildung 52 Wichtige Vorschriften und Richtlinien [[5] S.692]

## 2.2 Schifffahrtsrichtlinien

Die meisten Schifffahrtsrichtlinien richten sich hauptsächlich an den Verkehr auf hoher See und somit an Kreuzfahrt- und Containerschiffe. Das betrifft auch die Kollisionsverhütungsregeln KVR, die ein (offiziell „Internationale Regeln von 1972 zur Verhütung von Zusammenstößen auf See“) internationales Seeschiffsverkehrsrecht darstellen. Dennoch ist sie hier erwähnenswert, da sie für alle Schiffe und zwar auch für Sportboote gilt. Sie dient zur Vermeidung von Zusammenstößen [[28]; S.8].

Zum Schifffahrtsrecht in Deutschland gehören unter anderem die

- Seeschifffahrtsstraßen-Ordnung (SeeSchStrO)
- Binnenschifffahrtsstraßen-Ordnung (BinSchStrO).

Die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes WSV mit Hinweisen für alle Schifffahrtstreibenden auf deutschen Seeschifffahrts- und Binnenwasserstraßen sind auf der Website Elektronischer Wasserstraßen-Informationsservice kurz ELWIS veröffentlicht.

Um ein Motorboot in Deutschland steuern zu dürfen, ist ein amtlicher Sportbootführerschein für See und Binnen notwendig [47].

In Binnenschifffahrtsstraßen besteht auch für Kleinfahrzeug eine Kennzeichnungspflicht, wenn deren Schiffskörper ohne Ruder und Bugspriet eine Höchstlänge von weniger als 20 Meter aufweisen [48].

Besonders muss bei dem Entwurf des Amphibienfahrzeugs auf die notwendige Schifffahrts-Beleuchtung geachtet werden. Für Motorboote in der Klasse eines Amphibien-PKWs sind folgende Richtlinien einzuhalten [82]:

(21b) Ist ein Maschinenfahrzeug in Fahrt kürzer als 20 m, dürfen die Seitenlichter in einer Zweifarbenlaterne über der Längsachse geführt werden.

(22c) Tragweite der Lichter auf Fahrzeugen von weniger als 12 Metern

- Topplicht: 2 Seemeilen
- Seitenlicht: 1 Seemeile
- Hecklicht: 2 Seemeilen
- Schlepplicht: 2 Seemeilen
- weißes, rotes, grünes oder gelbes Rundumlicht: 2 Seemeilen

(23dl) Ein Maschinenfahrzeug von weniger als 12 m Länge darf das Topplicht und Hecklicht in einem Rundumlicht zusammenfassen.

# Anhang 3

## 3. Tabellen für die wesentliche Abmessungen

| Fahrzeugklassen   | Minicar   | Kleinwagen   | Kompaktklasse  | Mittelklasse   | Obere Mittelklasse  | Oberklasse  | Vans  | SUVs   |
|---|---|--|--|--|---|---|---|--|
| Beispielfahrzeuge, unterstes Fahrzeug dient im weiteren Verlauf jeweils als Beispiel ( <i>kursiv gedruckt</i> ) | Fiat Seicento<br>MCC Smart<br>Seat Arosa<br>VW Lupo | Toyota Yaris<br>Fiat Punto<br>Opel Corsa<br>Ford Fiesta<br>VW Polo | Mercedes A-Kl.<br>VW Golf<br>Opel Astra<br>Audi A3<br>Ford Focus | Ford Mondeo<br>Mercedes C-Kl.<br>Audi A4<br>Opel Vectra<br>BMW 3er | Opel Omega<br>BMW 5er<br>Mercedes E-Kl.<br>Peugeot 607<br>Audi A6 | Jaguar XJ<br>BMW 7er<br>Audi A8<br>VW Phaeton<br>Mercedes S-Kl. | Fiat Ulysse<br>Merc. V-Kl.<br>Renault Espace<br>VW Sharan | BMW X5<br>Mercedes M-Kl.<br>Chrysler Cherokee<br>Porsche Cayenne |
| Sitzplätze  |   |  |  |  |   |   |   |  |
| Normalzustand/mit umgekl. (bzw. ausgebauter) Rückbank   | 4/2   | 5/2  | 5/2  | 5/2  | 5/2   | 5/2   | 7/2   | 5/2  |
| Exterieurmaße   |   |  |  |  |   |   |   |  |
| Länge (L103) (1) in mm  | 2500–3600<br>3527                                   | 3600–3900<br>3897  | 3900–4400<br>4152  | 4300–4600<br>4471  | 4500–4900<br>4795   | 4800–5200<br>5038   | 4600–5000<br>4620   | 4400–4900<br>4782  |
| Breite (W103) in mm   | 1500–1650<br>1639                                   | 1550–1670<br>1650  | 1670–1740<br>1699  | 1670–1770<br>1739  | 1770–1850<br>1810   | 1800–1900<br>1855   | 1800–1950<br>1810   | 1800–1950<br>1928  |
| Höhe (H100) in mm   | 1330–1550<br>1460                                   | 1350–1480<br>1465  | 1330–1440<br>1430  | 1360–1430<br>1387  | 1360–1450<br>1423   | 1400–1500<br>1444   | 1500–2000<br>1730   | 1650–1950<br>1699  |
| Radstand (L101) in mm   | 1800–2400<br>2323                                   | 2350–2500<br>2460  | 2400–2700<br>2615  | 2500–2800<br>2725  | 2600–2900<br>2760   | 2700–3200<br>2965   | 2700–3200<br>2846   | 2700–3000<br>2859  |
| Bodenfreiheit (H156) in mm  | 100–150<br>125                                      | 100–150<br>113   | 100–150<br>146   | 100–150<br>110   | 110–150<br>123  | 110–150<br>150  | 120–170<br>155  | 170–250<br>183   |
| Überhang vorne (L103–L105–L101) in mm   | 350–800<br>729                                      | 500–850<br>803   | 550–850<br>842   | 700–900<br>758   | 700–1000<br>968   | 700–1000<br>867   | 700–1000<br>864   | 850–1050<br>924  |

Tabelle 5.2 Konkrete Exterieurmaße einzelner Fahrzeuge [[5] S.144]

| Fahrzeugklassen   | Minicar  | Kleinwagen  | Kompaktklasse   | Mittelklasse  | Obere Mittelklasse   | Oberklasse   | Vans   | SUVs  |
|---|--|---|---|---|--|--|--|---|
| Beispielfahrzeuge, unterstes Fahrzeug dient im weiteren Verlauf jeweils als Beispiel ( <i>kursiv gedruckt</i> ) | Fiat Seicento<br>MCC Smart<br>Seat Arosa<br><i>VW Lupo</i> | Toyota Yaris<br>Fiat Punto<br>Opel Corsa<br>Ford Fiesta<br><i>VW Polo</i> | Mercedes A-Kl.<br>VW Golf<br>Opel Astra<br>Audi A3<br><i>Ford Focus</i> | Ford Mondeo<br>Mercedes C-Kl.<br>Audi A4<br>Opel Vectra<br><i>BMW 3er</i> | Opel Omega<br>BMW 5er<br>Mercedes E-Kl.<br>Peugeot 607<br><i>Audi A6</i> | Jaguar XJ<br>BMW 7er<br>Audi A8<br>VW Phaeton<br><i>Mercedes S-Kl.</i> | Fiat Ulysse<br>Merc. V-Kl.<br>Renault Espace<br><i>VW Sharan</i> | BMW X5<br>Mercedes M-Kl.<br>Chrysler Cherokee<br><i>Porsche Cayenne</i> |
| Exterieurmaße   |  |   |   |   |  |  |  |   |
| Überhang hinten (L105) in mm  | 300–500<br>475   | 400–650<br>634  | 500–750<br>695  | 700–1000<br>988   | 800–1200<br>1067   | 900–1300<br>1206   | 800–1200<br>910  | 850–1050<br>999   |
| Böschungswinkel vorne (H106) in °   | 12–50<br>14  | 15–20<br>16   | 12–20<br>13   | 12–20<br>17   | 12–20<br>15  | 12–20<br>17  | 12–20<br>13  | 24–35<br>29   |
| Böschungswinkel hinten (H107) in °  | 15–50<br>39  | 15–20<br>19   | 15–20<br>18   | 12–20<br>15   | 12–20<br>16  | 12–20<br>15  | 12–20<br>20  | 14–35<br>25   |

Tabelle 5.3 Konkrete Exterieurmaße einzelner Fahrzeuge; Fortsetzung [[5] S.145]

| <b>Tab. 4.4 Wesentliche Interieurmaße in den Fahrzeugklassen, Beispielfahrzeuge, teilw. Vorgängermodelle</b>    |   |  |  |  |   |   |  |  |  |
|---|---|--|--|--|---|---|--|--|--|
| Fahrzeugklassen   | Minicar   | Kleinwagen   | Kompaktklasse  | Mittelklasse   | Oberer Mittelkl.  | Oberklasse  | Vans   | SUVs   |  |
| Beispielfahrzeuge, unterstes Fahrzeug dient im weiteren Verlauf jeweils als Beispiel ( <i>kursiv gedruckt</i> ) | Fiat Seicento<br>MCC Smart<br>Seat Arosa<br>VW Lupo | Toyota Yaris<br>Fiat Punto<br>Opel Corsa<br>Ford Fiesta<br>VW Polo | Mercedes A-Kl.<br>VW Golf<br>Opel Astra<br>Audi A3<br>Ford Focus | Ford Mondeo<br>Mercedes C-Kl.<br>Audi A4<br>Opel Vectra<br>BMW 3er | Opel Omega<br>BMW 5er<br>Mercedes E-Kl.<br>Peugeot 607<br>Audi A6 | Jaguar XJ<br>BMW 7er<br>Audi A8<br>VW Phaeton<br>Mercedes S-Kl. | Fiat Ulysse<br>Mercedes V-Kl.<br>Renault Espace<br>VW Sharan | BMW X5<br>Mercedes M-Kl.<br>Chrysler Cherokee<br>Porsche Cayenne |  |
| Sitzplätze  |   |  |  |  |   |   |  |  |  |
| Normalzustand/mit umgekl. (bzw. ausgebauter) Rückbank   | 4/2   | 5/2  | 5/2  | 5/2  | 5/2   | 5/2   | 7/2  | 5/2  |  |
| Interieurmaße   |   |  |  |  |   |   |  |  |  |
| Fußraum vorne (L34) in mm   | 960-1080<br>995                                     | 960-1080<br>1040   | 970-1100<br>1095   | 1000-1100<br>1051  | 1000-1100<br>1049   | 1000-1100<br>1050   | 900-1050<br>960  | 900-1050<br>1032   |  |
| Fußraum hinten (L51) in mm  | 650-850<br>805                                      | 730-920<br>854   | 760-920<br>882   | 750-920<br>879   | 750-950<br>948  | 900-1000<br>923   | 800-1000<br>849  | 850-1000<br>914  |  |
| Kopfraum vorne (H61) in mm  | 920-1100<br>930                                     | 920-1000<br>986  | 940-1010<br>997  | 950-1010<br>975  | 950-1010<br>980   | 980-1020<br>1000  | 980-1100<br>1023   | 980-1050<br>1001   |  |
| Kopfraum hinten (H63) in mm   | 900-950<br>946                                      | 900-970<br>958   | 900-990<br>982   | 910-980<br>952   | 910-980<br>963  | 950-990<br>986  | 900-1100<br>943  | 900-1050<br>979  |  |
| Schulterbreite (W3) in mm   | 1150-1350<br>1305                                   | 1200-1400<br>1351  | 1250-1450<br>1364  | 1300-1450<br>1382  | 1350-1550<br>1427   | 1400-1550<br>1503   | 1400-1600<br>1552  | 1400-1500<br>1458  |  |
| Sitzabstand (L50) in mm   | 650-850<br>725                                      | 650-850<br>745   | 700-900<br>745   | 700-900<br>786   | 750-900<br>860  | 800-1000<br>860   | 750-1000<br>862  | 750-950<br>845   |  |

Tabelle 5.4 Konkrete Interieurmaße einzelner Fahrzeuge [[5] S.148]

| <b>■ Tabelle 4.4 (Fortsetzung)</b>   |   |   |  |  |   |   |  |   |  |  |
|--|---|---|--|--|---|---|--|---|--|--|
| Fahrzeugklassen  | Minicar   | Kleinwagen  | Kompaktklasse  | Mittelklasse   | Obere Mittelkl.   | Oberklasse  | Vans   | SUVs  |  |  |
| Beispielfahrzeuge, un-<br>terstes Fahrzeug dient<br>im weiteren Verlauf je-<br>weils als Beispiel ( <i>kursiv<br/>gedruckt</i> ) | Fiat Seicento<br>MCC Smart<br>Seat Arosa<br>VW Lupo | Toyota Yaris<br>Fiat Puncto<br>Opel Corsa<br>Ford Fiesta<br>VW Polo | Mercedes A-Kl.<br>VW Golf<br>Opel Astra<br>Audi A3<br>Ford Focus | Ford Mondeo<br>Mercedes C-Kl.<br>Audi A4<br>Opel Vectra<br>BMW 3er | Opel Omega<br>BMW 5er<br>Mercedes E-Kl.<br>Peugeot 607<br>Audi A6 | Jaguar XJ<br>BMW 7er<br>Audi A8<br>VW Phaeton<br>Mercedes S-Kl. | Fiat Ulysse<br>Mercedes V-Kl.<br>Renault Espace<br>VW Sharan | BMW X5<br>Mercedes M-Kl.<br>Chrysler Chero-<br>kee<br>Porsche Cayenne |  |  |
| Interieurmaße  |   |   |  |  |   |   |  |   |  |  |
| Mitte Vorderrad bis<br>RPkt. vorn (L114) in mm   | 1100–1300<br>1222                                   | 1150–1350<br>1281   | 1200–1450<br>1340  | 1300–1550<br>1526  | 1300–1550<br>1329   | 1450–1650<br>1596   | 1200–1500<br>1255  | 1400–1600<br>1535   |  |  |
| R-Pkt. bis Fersenpkt.<br>Vorn (L53) in mm  | 700–850<br>751                                      | 700–850<br>817  | 750–850<br>804   | 750–850<br>841   | 800–850<br>833  | 800–850<br>842  | 650–800<br>667   | 750–850<br>802  |  |  |
| L114-L53   | 300–600<br>471                                      | 400–600<br>464  | 400–550<br>536   | 450–700<br>685   | 450–750<br>496  | 500–800<br>754  | 450–750<br>588   | 500–800<br>733  |  |  |
| R-Pkt. bis Standebene<br>vorn (H5) in mm   | 500–650<br>515                                      | 500–650<br>507  | 450–650<br>519   | 450–550<br>476   | 450–550<br>459  | 450–550<br>518  | 550–750<br>677   | 700–800<br>726  |  |  |
| R-Pkt. bis Fersenebene<br>vorn (H30) in mm   | 250–350<br>303                                      | 250–350<br>288  | 250–350<br>298   | 250–300<br>258   | 250–300<br>267  | 250–300<br>272  | 300–400<br>371   | 250–350<br>298  |  |  |
| Kofferraumvolumen  |   |   |  |  |   |   |  |   |  |  |
| mit maxim. Sitzplatzan-<br>zahl  | 100–200   | 200–460   | 240–550  | 330–550  | 330–550   | 500–600   | 200–500  | 350–550   |  |  |
| mit minim. Sitzplatzan-<br>zahl  | 500–800   | 600–1200  | 800–1400   | 1000–1400  | 1000–1600   | 1000–1600   | 1800–3000  | 1500–2500   |  |  |
| Beispielfahrzeug<br>min/max  | 180/830   | 250/1030  | 350/1205   | 440/-  | 550/-   | 500/-   | 250/2610   | 430/1770  |  |  |

Tabelle 5.5 Konkrete Interieurmaße einzelner Fahrzeuge; Fortsetzung [[5] S. 149]

# Anhang 4

## 4. Antrieb Nutzwertanalyse

Die Bewertung in der Nutzwertanalyse, in *Tabelle 5.6* abgebildet, geht von 1 – 6, wobei 6 der maximal erreichbare Wert ist. Jedes Kriterium hat eine eigene Gewichtung (die zusammen 1 ergeben müssen), die, multipliziert mit der Bewertung, einen Gesamtwert ergibt.

| Kriterium                  | Gewichtung | Option   |           |              |   |           |            |
|----------------------------|------------|--|-----------|--------------|---|-----------|------------|
|                            |            | Elektromotor mit Batterie  |           |              | Elektromotor mit Wasserstoff Brennstoffzelle  |           |            |
|                            |            | Beschreibung   | Bewertung | Gesamt       | Beschreibung  | Bewertung | Gesamt     |
| Wirkungsgrad               | 0,1        | 0,89%  | 6         | 0,6          | 58%   | 4         | 0,4        |
| Gewicht                    | 0,175      | 600 kg   | 1         | 0,175        | 125 kg  | 6         | 1,05       |
| Tankstellenvernetzung      | 0,2        | befriedigend   | 4         | 0,8          | ungenügend  | 1         | 0,2        |
| Kraftstoffverbrauch (WLTP) | 0,15       | Mittelklasse PKW:<br>21,5 kWh/100 km<br>150 kg*/100km  | 4         | 0,6          | Mittelklasse PKW:<br>1,2kg H <sub>2</sub> /100 km [83]  | 5         | 0,75       |
| Umweltbelastung            | 0,15       | keine direkten Schadstoffemissionen<br>Strom Emissionsfaktor 0,508 kg/kWh [84]<br>Batterieherstellung bis zu 15t CO <sub>2</sub> | 4         | 0,6          | Bei einem Verbrauch von 1,2kg<br>Wasserstoff pro 100 km:<br>137 g/km CO <sub>2</sub> Emissionen | 5         | 0,75       |
| Verbaugröße                | 0,125      | sehr große Batterie  | 4         | 0,5          | aufwendig, durch viele Komponenten  | 3         | 0,375      |
| Preis                      | 0,1        | Anschaffung: mittel<br>Kraftstoff: 29,50 ct/kWh  | 4         | 0,4          | Anschaffung: teuer<br>Kraftstoff: 9,50 €/kg [85]  | 1         | 0,1        |
| <b>Nutzwertsumme</b>       | <b>1</b>   |  |           | <b>3,675</b> |   |           | <b>3,5</b> |

\*veranschlagte Reichweite 400km bei einem Gewicht von 600 kg

Tabelle 5.6 Nutzwertanalyse Antrieb

### Wirkungsgrad

Im Vergleich der beiden angesprochenen Alternativen ist der große Vorteil des Elektromotors der hohe Wirkungsgrad von 89%. Damit ist er höher, als der Wirkungsgrad der Brennstoffzelle (58%) [[76] S.12]. Die große Effizienz der zugeführten Leistung zur Nutzleistung spricht deutlich für diesen Antrieb. Die Punktverteilung sieht deshalb wie folgt aus: 0,6 Punkte für die Batterie und 0,4 Punkte für die Brennstoffzelle.

### Gewicht

Das Gewicht ist beim derzeitigen Technologiestand die große Schwachstelle der Batterie. Die Entwicklung neuer Batterien schreitet allerdings zügig voran. So möchte Toyota schon 2020 eine weltweit erste, serienreife Feststoffbatterie vorstellen [73]. Das Wasserstoff-Drucktanksystem für einen PKW wiegt etwa 125 kg [86] und ist damit viel leichter als die Batterie. Daher kommt es zu einer Punkteverteilung von 0,175 Punkten bei der Batterie und zu einem deutlichen Sprung mit 1,05 Punkten bei der Brennstoffzelle.

### Tankstellenvernetzung

Für alternative Antriebe ist eine flächendeckende Infrastruktur an Tankstellen noch nicht ausreichend vorhanden. Der Ausbau von Lade- und Schnellladestationen für Elektromotoren wird weltweit vorangetrieben und staatlich unterstützt, was bei Wasserstofftankstellen in diesem Umfang noch nicht der Fall ist [87]. Eine flächendeckende Tankstellenvernetzung ist aber für

das Amphibienfahrzeug besonders wichtig und hat deshalb die höchste Gewichtung (0,2) erhalten. Einen weiteren Vorteil hat die Batterie hier, weil sie auch mit Strom aus der Steckdose geladen werden kann. Bei der Punkteverteilung hat die Batterie, auch durch die hohe Gewichtung, daher mit 0,8 deutlich mehr Punkte bekommen als die Brennstoffzelle mit 0,2 Punkten.

### **Kraftstoffverbrauch**

Durch den hohen Wirkungsgrad ist die Batterie ein sehr energieeffizienter Antrieb. Das Brennstoffzellenfahrzeug auf der anderen Seite hat durch den hochkomprimierten Wasserstoff ein sehr gutes Reichweitengewicht und erzielt damit sehr gute Werte im Verbrauch [[76] S.45]. Bezogen auf die Reichweite hat das Elektroauto aufgrund der schweren Batterie das höchste Gewicht. Daher bekommt sie 0,6 Punkte und die Brennstoffzelle 0,75 Punkten.

### **Umweltbelastung**

Beide Antriebe geben keine direkten Schadstoffemissionen in die Umwelt ab. Es kann allerdings nicht nur der lokale Ausstoß betrachtet werden, sondern es muss auch der CO<sub>2</sub> Ausstoß der Produktionskette des Fahrzeugs und der bei der Energie-/Kraftstoffgewinnung entstehende einbezogen werden. Bei der Herstellung der Fahrzeugbatterie können bis zu 15 t CO<sub>2</sub> entstehen [88], weshalb sich ein Elektrofahrzeug erst nach Jahren rentiert. Sowohl bei der Herstellung von Strom als auch beim Wasserstoff kommen hauptsächlich fossile Rohstoffe zum Einsatz. Erst bei der Gewinnung von gänzlich grünem Strom/Wasserstoff kann von einem Zero Emission Vehicle gesprochen werden. Beide Antriebsoptionen würden eine deutlich bessere Ökobilanz aufweisen, wäre die Herstellung vom Kraftstoff ausschließlich mit erneuerbaren Energien möglich. So aber bekommt die Batterie nur 0,6 Punkte und die Brennstoffzelle 0,75 Punkte.

### **Verbaugröße**

Die Elektromotoren sind im Vergleich zu Kolbenmotoren unverkennbar kleiner. Wird beim Elektromotor die Batterie mit der Brennstoffzelle verglichen, ist folgendes zu festzuhalten: Batterien sind zwar klobiger, dennoch benötigen sie weniger Raum als Brennstoffzellen, die für den Betrieb noch eine Reihe anderer Komponenten benötigen [87]. Dazu gehören neben der Brennstoffzelle eine Traktionsbatterie und Wasserstofftanks. Im Ergebnis bekommt die Batterie somit 0,5 Punkte und die Brennstoffzelle 0,375 Punkte.

### **Preis**

Der Preis ist ein Schwachpunkt des Brennstoffzellenautos. Diese Technologie ist noch sehr teuer [86] und schließt eine Verwendung im Amphibienfahrzeug aus, wenn ein Preis von unter 70.000 € für das Road Boat angestrebt wird. Daher bekommt die Batterie 0,4 Punkte und die Brennstoffzelle 0,1 Punkte.

## Anhang 5

### 5. Nutzwertanalyse Reifen

Für die Auswahl eines passenden Reifenkonzepts wurde auch für diesen Abschnitt eine Nutzwertanalyse durchgeführt, siehe *Tabelle 5.7*. Die Bewertung in der Nutzwertanalyse geht von 1 – 6, wobei 6 der maximale und beste Wert ist.

| Kriterium          | Gewichtung | Optionen      |        |              |        |                    |        |            |        |
|--------------------|------------|---------------|--------|--------------|--------|--------------------|--------|------------|--------|
|                    |            | Geländereifen |        | Airless Tire |        | Kettenantrieb [89] |        | Orbitalrad |        |
|                    |            | Bewertung     | Gesamt | Bewertung    | Gesamt | Bewertung          | Gesamt | Bewertung  | Gesamt |
| Design             | 0,15       | 5             | 0,75   | 4            | 0,6    | 3                  | 0,45   | 5          | 0,75   |
| Robustheit         | 0,25       | 3             | 0,75   | 6            | 1,5    | 4                  | 1      | 1          | 0,25   |
| Geländegängig      | 0,3        | 5             | 1,5    | 4            | 1,2    | 6                  | 1,8    | 1          | 0,3    |
| Wartungshäufigkeit | 0,2        | 3             | 0,6    | 6            | 1,2    | 2                  | 0,4    | 2          | 0,4    |
| Preis              | 0,1        | 4             | 0,4    | 5            | 0,5    | 2                  | 0,2    | 2          | 0,2    |
| Nutzwertsumme      | 1          |               | 4,0    |              | 5,0    |                    | 3,85   |            | 1,9    |

Tabelle 5.7 Nutzwertanalyse zum Reifen

Ziemlich eindeutig hat der Airless Tire mit 5,0 Punkten den ersten Rang belegt, gefolgt vom dem konventionellen Geländereifen mit 4,0 Punkten. Der Kettenantrieb und das weit abgeschlagene Orbitalrad sind demnach keine ernsthaften Alternativen.

Die höchste Gewichtung hat die „Geländegängigkeit“ mit 0,3 Punkten bekommen, da dieses Kriterium aus genannten Gründen besonders wichtig ist. Am besten schneidet der Kettenantrieb ab (1,8 Punkte), gefolgt vom Geländereifen (1,5 Punkte) und dem Airless Tire (1,2 Punkte).

Ebenfalls eine sehr hohe Gewichtung hat die „Robustheit“, bei der der Airless Tire mit einer Bewertung von 6 die maximal mögliche Punktzahl von 1,5 Punkten erhalten hat. Die höchste Punktzahl konnte der Airless Tire auch bei der Wartungshäufigkeit bekommen, da dieser weder Luft noch eine aufwendige Technik wie der Kettenantrieb benötigt.

Beim Design schneidet das Orbitalrad dank seines futuristischen Aussehens am besten ab, verzeichnet allerdings ansonsten nur Nachteile. Weder ist die Technik ausgereift [90], noch ist das Orbitalrad wirklich geländegängig. Der Airless Tire sammelt durch sein innovatives bionisches Aussehen Punkte.

Auf lange Sicht gesehen hat der Airless Tire trotz seiner höheren Anschaffungskosten Preisvorteile, da der Verschleiß gegenüber dem konventionellen Reifen deutlich geringer ist und er somit seltener ausgewechselt werden muss [55].

# Literaturverzeichnis

- [1] O.V., „Euro 6 - Alles Wissenswerte zur Abgasnorm,“ [Online]. Available: <https://www.auto-motor-und-sport.de/euro-6-alles-wissenswertes-zur-aktuellen-abgasnorm/>. [Zugriff am 13 10 2019].
- [2] O.V., „Creative Wave,“ [Online]. Available: <https://creative-wave.com/de/clay-modelling/>. [Zugriff am 26 10 2019].
- [3] O.V., „Freibord,“ 2018. [Online]. Available: [https://de.wikipedia.org/wiki/Freibord\\_\(Wasserwirtschaft\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Freibord_(Wasserwirtschaft)). [Zugriff am 26 10 2019].
- [4] O.V., „Impeller,“ 2019. [Online]. Available: <https://de.wikipedia.org/wiki/Impeller>. [Zugriff am 13 10 2019].
- [5] S. Pischinger und U. Seiffert, Vieweg Handbuch für Kraftfahrzeuge, Springer Vieweg: 2016, ISBN 978-3-658-09528-4.
- [6] O.V., „Packageplan,“ 2014. [Online]. Available: <https://de.wikipedia.org/wiki/Packageplan>. [Zugriff am 13 10 2019].
- [7] O.V., „Neues Messverfahren und neuer Prüfzyklus: Höhere Steuern mit WLTP,“ 2019. [Online]. Available: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/abgas-diesel-fahrverbote/abgasnorm/wltp-messverfahren/>. [Zugriff am 18 10 2019].
- [8] C. Gunkel, „Im Auto über den Pazifik,“ 2014. [Online]. Available: <https://www.spiegel.de/geschichte/schwimmauto-half-safe-a-947761.html>. [Zugriff am 13 10 2019].
- [9] C. Gunkel, „Als die Autos baden gingen,“ 2009. [Online]. Available: <https://www.spiegel.de/geschichte/amphibienfahrzeuge-a-948321.html>. [Zugriff am 08 09 2019].
- [10] O.V., „Trippel SG 6,“ 2018. [Online]. Available: [https://de.wikipedia.org/wiki/Trippel\\_SG\\_6](https://de.wikipedia.org/wiki/Trippel_SG_6). [Zugriff am 08 09 2018].
- [11] O.V., „VW Typ 166 Schwimmwagen,“ 2018. [Online]. Available: [http://www.kfzderwehrmacht.de/Hauptseite\\_deutsch/Kraftfahrzeuge/Deutschland/Volkswagen/VW\\_Typ\\_166/vw\\_typ\\_166.html](http://www.kfzderwehrmacht.de/Hauptseite_deutsch/Kraftfahrzeuge/Deutschland/Volkswagen/VW_Typ_166/vw_typ_166.html). [Zugriff am 08 09 2019].
- [12] O.V., „DUKW,“ 2019. [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/DUKW>. [Zugriff am 29 06 2019].
- [13] O.V., „Ford GAZ-46,“ 2016. [Online]. Available: <https://topwar.ru/97707-plavayuschiy-avtomobil-gaz-46-mav.html>. [Zugriff am 29 09 2019].
- [14] O.V., „Hans Trippel,“ 2018. [Online]. Available: [https://de.wikipedia.org/wiki/Hans\\_Trippel](https://de.wikipedia.org/wiki/Hans_Trippel). [Zugriff am 08 09 2019].

- [15] O.V., „Amphicar 770,“ 2018. [Online]. Available: [https://de.wikipedia.org/wiki/Amphicar\\_770](https://de.wikipedia.org/wiki/Amphicar_770). [Zugriff am 08 09 2019].
- [16] J. Tanz, „Kreisverkehr im Schiffsbesuch,“ 2011. [Online]. Available: <http://www.sandmanns-welt.de/kreisverkehr-mit-schiffsbesuch/>. [Zugriff am 08 09 2019].
- [17] O.V., „Rinspeed Splash,“ [Online]. Available: [https://www.rinspeed.eu/de/Splash\\_33\\_concept-car.html](https://www.rinspeed.eu/de/Splash_33_concept-car.html). [Zugriff am 29 09 2019].
- [18] O.V., „WaterCar Specifications,“ [Online]. Available: <https://www.watercar.com/products/specifications>. [Zugriff am 29 09 2019].
- [19] O.V., „Gibbs Amphibians Aquada,“ [Online]. Available: <https://www.gibbsamphibians.com/platform/aquada/>. [Zugriff am 11 09 2019].
- [20] T. Grünweg, „Ich geb Gas, ich werd nass,“ 2014. [Online]. Available: <https://www.spiegel.de/auto/aktuell/amphibienauto-watercar-das-schnellste-fahrzeug-zu-wasser-und-zu-lande-a-960572.html>. [Zugriff am 11 09 2019].
- [21] O.V., „Fun with WaterCar,“ [Online]. Available: <https://www.watercar.com/photos/album/fun-with-watercar-600>. [Zugriff am 11 09 2019].
- [22] J. Hahn, Eigenschaftsbasierte Fahrzeugkonzeption, AutoUni: 2017, ISBN: 978-3-658-20101-2.
- [23] O.V., „Maya (Software),“ 2019. [Online]. Available: [https://de.wikipedia.org/wiki/Maya\\_\(Software\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Maya_(Software)). [Zugriff am 30 09 2019].
- [24] A. Help, „Polygonal Modelling,“ 2018. [Online]. Available: <https://knowledge.autodesk.com/support/maya/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/Maya-Modeling/files/GUID-7941F97A-36E8-47FE-95D1-71412A3B3017-htm.html>. [Zugriff am 30 09 2019].
- [25] O.V., „Wie einfach ist KeyShot?,“ [Online]. Available: <https://www.keyshot.de/funktionsweise/>. [Zugriff am 10 9 2019].
- [26] O.V., „Archimedisches Prinzip,“ 2019. [Online]. Available: [https://de.wikipedia.org/wiki/Archimedisches\\_Prinzip](https://de.wikipedia.org/wiki/Archimedisches_Prinzip). [Zugriff am 10 09 2019].
- [27] O.V., „Hydrostatik - Archimedisches Prinzip,“ [Online]. Available: <https://www.klassewasser.de/content/language1/html/3652.php>. [Zugriff am 10 09 2019].
- [28] M. Pfaff, Schiffsbetriebstechnik, Springer Vieweg: 2018, ISBN 978-3-658-19528-1.
- [29] O.V., „Stabilität (Schiffskörper),“ 2019. [Online]. Available: [https://de.wikipedia.org/wiki/Stabilität\\_\(Schiffskörper\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Stabilität_(Schiffskörper)). [Zugriff am 10 09 2019].
- [30] V. Pawlik, „Wichtigste Kriterien beim Autokauf in Deutschland in den Jahren 2015 bis 2018,“ 2019. [Online]. Available: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/171605/umfrage/wichtige-kriterien-beim-autokauf/>. [Zugriff am 11 09 2019].

- [31] B. Foerster, „Persona – Zielgruppenvertreter definieren und im Unternehmen nutzen,“ 2019. [Online]. Available: <https://www.marketinginstitut.biz/blog/persona/>. [Zugriff am 15 09 2019].
- [32] M. Bernecker, „Marktanalyse,“ 2018. [Online]. Available: <https://www.marketinginstitut.biz/blog/marktanalyse/>. [Zugriff am 15 09 2019].
- [33] O.V., „Wohnen in der Inselstadt Malchow,“ 2013. [Online]. Available: [https://www.wobau-malchow.de/luftbild\\_malchow/](https://www.wobau-malchow.de/luftbild_malchow/). [Zugriff am 27 10 2019].
- [34] O.V., „Alles über die schönsten Grachten Amsterdam,“ [Online]. Available: <https://www.mr-amsterdam.de/infos-grachten-amsterdam.htm>. [Zugriff am 15 09 2019].
- [35] F. Feill, *Persona-Moodboard Quellen siehe Seite 109*
- [36] O.V., „About Gibbs Amphibians,“ [Online]. Available: <https://www.gibbsamphibians.com/about-gibbs/>. [Zugriff am 19 09 2019].
- [37] O.V., „HSA Plattform,“ [Online]. Available: <https://www.gibbsamphibians.com/platforms/>. [Zugriff am 19 09 2019].
- [38] O.V., „HSA Technology,“ [Online]. Available: <https://www.gibbsamphibians.com/technology/#>. [Zugriff am 19 09 2019].
- [39] O.V., „WaterCar,“ 2018. [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/WaterCar>. [Zugriff am 19 09 2019].
- [40] O.V., „WaterCar Specifications,“ [Online]. Available: <https://www.watercar.com/products/specifications>. [Zugriff am 19 09 2019].
- [41] O.V., „Elf Millionen Deutsche pendeln zur Arbeit,“ 2018. [Online]. Available: <https://www.zeit.de/gesellschaft/zeitgeschehen/2018-11/pendler-arbeitnehmer-arbeitsweg-bundesinstitut-bevoelkerungsforschung>. [Zugriff am 18 09 2019].
- [42] O.V., „Ursprung der Autologos,“ 2019. [Online]. Available: <https://auto-logos.com>. [Zugriff am 20 09 2019].
- [43] O.V., „Best Boats 24,“ [Online]. Available: <https://www2.best-boats24.net/de/e-boote/>. [Zugriff am 20 09 2019].
- [44] O.V., „Kimmkiel,“ 2018. [Online]. Available: [https://de.wikipedia.org/wiki/Kimmkiel#cite\\_note-1](https://de.wikipedia.org/wiki/Kimmkiel#cite_note-1). [Zugriff am 20 09 2019].
- [45] O.V., „ECE-Regelungen,“ 2019. [Online]. Available: [https://de.wikipedia.org/wiki/ECE-Regelungen#cite\\_note-7](https://de.wikipedia.org/wiki/ECE-Regelungen#cite_note-7). [Zugriff am 21 09 2019].
- [46] O.V., „SAE International,“ 2019. [Online]. Available: [https://de.wikipedia.org/wiki/SAE\\_International](https://de.wikipedia.org/wiki/SAE_International). [Zugriff am 21 09 2019].
- [47] O.V., „Sportbootführerschein - Befähigungsnachweise für die Sportschifffahrt auf Binnen und Seeschiffahrtsstraßen,“ 2017. [Online]. Available:

- <https://www.elwis.de/DE/Sportschiffahrt/Sportbootfuehrerscheine/Sportbootfuehrerscheine-node.html>. [Zugriff am 21 09 2019].
- [48] O.V., „Sportschiffahrt auf Wasserstraßen im Binnenbereich,“ 2019. [Online]. Available: <https://www.elwis.de/DE/Sportschiffahrt/Binnenbereich/Binnenbereich-node.html>. [Zugriff am 21 09 2019].
- [49] O.V., „Fahrzeugklassen,“ 2019. [Online]. Available: <https://de.wikipedia.org/wiki/Fahrzeugklasse>. [Zugriff am 22 09 2019].
- [50] Masters of Concept PER 7.0, Master Kurs HAW Hamburg, *Abgabe Maßkonzept*, 2019.
- [51] O.V., „Wasserstrahlantrieb,“ 2018. [Online]. Available: <https://de.wikipedia.org/wiki/Wasserstrahlantrieb>. [Zugriff am 29 09 2019].
- [52] O.V., „DLRG Oppenheim,“ 2017. [Online]. Available: URL <https://oppenheim.dlrg.de/einsatz/fahrzeuge/adler-merian/spezialausstattung/>. [Zugriff am 29 09 2019].
- [53] O.V., „Waterjet overview,“ [Online]. Available: <https://www.hamiltonjet.com/global/waterjet-overview>. [Zugriff am 22 10 2019].
- [54] P. J. Friedhoff, Fahrzeugdesign Skript WS18/19.
- [55] O.V., „MICHELIN, GM take the air out of tires for passenger vehicles,“ 2019. [Online]. Available: <https://www.michelin.com/en/press-releases/michelin-gm-take-the-air-out-of-tires-for-passenger-vehicles/>. [Zugriff am 29 09 2019].
- [56] O.V., „Introducing the MICHELIN® X® TWEEL® Airless Radial Tire,“ [Online]. Available: <https://www.michelintweel.com/>. [Zugriff am 29 10 2019].
- [57] J. A. King und N. G. Jenkins, „Wheel suspension and retraction apparatus,“ 2007. [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/US9102389B2/en?q=US+9%2c102%2c389+B2>. [Zugriff am 30 09 2019].
- [58] O.V., „Aluminium,“ 2019. [Online]. Available: <https://de.wikipedia.org/wiki/Aluminium#Fahrzeugbau>. [Zugriff am 04 10 2019].
- [59] O.V., „Glasfaserverstärkte Kunststoffe,“ 2019. [Online]. Available: [https://de.wikipedia.org/wiki/Glasfaserverst%C3%A4rkte\\_Kunststoff](https://de.wikipedia.org/wiki/Glasfaserverst%C3%A4rkte_Kunststoff). [Zugriff am 04 10 2019].
- [60] O.V., „Frauscher: Elektroboot 740 Mirage,“ [Online]. Available: <https://www.frauscherboats.com/Elektroboote/740-Mirage#section-0>. [Zugriff am 04 10 2019].
- [61] M. o. C. P. 7. Master Kurs HAW Hamburg, *Batteriepackage*, 2019.
- [62] TL, „So viel wiegen die Teile des Tesla Model S,“ 2014. [Online]. [Zugriff am 04 10 2019].

- [63] O.V., „Jaguar I-Pace,“ 2019. [Online]. Available: [https://de.wikipedia.org/wiki/Jaguar\\_I-Pace](https://de.wikipedia.org/wiki/Jaguar_I-Pace). [Zugriff am 04 10 2019].
- [64] O.V., „BMW i3,“ 2019. [Online]. Available: [https://de.wikipedia.org/wiki/BMW\\_i3](https://de.wikipedia.org/wiki/BMW_i3). [Zugriff am 04 10 2019].
- [65] O.V., „Leergewicht,“ 2019. [Online]. Available: <https://de.wikipedia.org/wiki/Leergewicht>. [Zugriff am 04 10 2019].
- [66] O.V., „Baubionik,“ 2019. [Online]. Available: <https://de.wikipedia.org/wiki/Baubionik>. [Zugriff am 16 10 2019].
- [67] F. Feill, Design-Moodboard Quellen siehe Seite 110
- [68] O.V., „New Zealand Christchurch Canterbury Road,“ [Online]. Available: URL <https://cdn.discover-the-world.com/app/uploads/2018/06/new-zealand-christchurch-canterbury-scenic-road-tnz-fr.jpg>. [Zugriff am 15 10 2019].
- [69] A. Galip, „Riomaggiore,“ 2018. [Online]. Available: <https://www.instagram.com/p/BiXZTTqjyGr/>. [Zugriff am 15 10 2019].
- [70] O.V., „Das Dateiformat .STL und die Wichtigkeit für den 3D-Druck,“ [Online]. Available: <https://3faktor.com/das-dateiformat-stl-3d-druck/>. [Zugriff am 22 10 2019].
- [71] O.V., „Cura,“ [Online]. Available: [https://www.chip.de/downloads/Cura\\_62335633.html](https://www.chip.de/downloads/Cura_62335633.html). [Zugriff am 22 10 2019].
- [72] O.V., „Ultimaker S5,“ [Online]. Available: [https://de.elv.com/Ultimaker-S5-3D-Drucker-Dual-Extruder-WiFi-App-Steuerung-mit-119-cm-47-Touchscreen-250050?utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&refid=GShopping&Gads\\_Shopping\\_CS\\_S&gclid=CjwKCAjw5\\_DsBRBPEiwAIEDRW3Tm7JuSSulibHaQQNVbr-FQYpAFUEShRcJz\\_cw9EA2nbDeSD](https://de.elv.com/Ultimaker-S5-3D-Drucker-Dual-Extruder-WiFi-App-Steuerung-mit-119-cm-47-Touchscreen-250050?utm_source=google&utm_medium=cpc&refid=GShopping&Gads_Shopping_CS_S&gclid=CjwKCAjw5_DsBRBPEiwAIEDRW3Tm7JuSSulibHaQQNVbr-FQYpAFUEShRcJz_cw9EA2nbDeSD). [Zugriff am 22 10 2019].
- [73] B. Conrad, „Durchbruch bei der Feststoffbatterie,“ 2019. [Online]. Available: <https://www.auto-motor-und-sport.de/tech-zukunft/toyoty-elektroautos-feststoffbatterie-2020-2025/>. [Zugriff am 23 10 2019].
- [74] O.V., „Umwelt Bundesamt: Europäische Energie und klimaziele,“ 2019. [Online]. [Zugriff am 30 10 2019].
- [75] A. Ahlswede, „Anteil der Verkehrsträger an den weltweiten CO2-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe im Jahr 2015,“ 2019. [Online]. Available: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/317683/umfrage/verkehrstraeger-anteil-co2-emissionen-fossile-brennstoffe/>. [Zugriff am 30 09 2019].
- [76] D. Kreyenberg, Fahrzeugantriebe für Elektromobilität, Springer Vieweg: 2016, ISBN 978-3-658-14284-1.
- [77] A. Bauder, „Carsharing-Vergleich: Anbieter mit Elektroautos,“ 2019. [Online]. Available: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/e-mobilitaet/info/carsharing-vergleich-elektroautos/>. [Zugriff am 30 09 2019].

- [78] O.V., „E-Auto Batterie: Funktion, Kosten, Pflege,“ 2019. [Online]. Available: <https://www.autoscout24.de/informieren/ratgeber/e-mobilitaet/batterie/>. [Zugriff am 30 09 2019].
- [79] A. Cohrs, „Elektroauto-Ladesäulen: So steht es um den Ausbau in Deutschland,“ 2019. [Online]. Available: <https://aiomag.de/ladestationen-fuer-elektroautos-gibt-es-genug-stromtankstellen-7303> . [Zugriff am 01 10 2019].
- [80] K. Witsch, „Shell startet den Bau von E-Ladestationen auf Tankstellen,“ 2019. [Online]. Available: <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/energie/elektromobilitaet-shell-startet-den-bau-von-e-ladestationen-auf-tankstellen-/24328880.html?ticket=ST-39249981-Yu9RWRXDHvbGNeRDol4h-ap4>. [Zugriff am 01 10 2019].
- [81] O.V., „Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung,“ 2019. [Online]. Available: <https://de.wikipedia.org/wiki/Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung>. [Zugriff am 02 10 2019].
- [82] O.V., „Lichterführung,“ 2019. [Online]. Available: <https://de.wikipedia.org/wiki/Lichterführung>. [Zugriff am 21 09 2019].
- [83] O.V., „Test Toyota Mirai: Wasserstoff an Bord,“ 2019. [Online]. Available: <https://www.adac.de/der-adac/motorwelt/reportagen-berichte/auto-innovation/brennstoffzellenauto-toyota-mirai/>. [Zugriff am 30 09 2019].
- [84] O.V., „CO2-Rechner für Auto, Flugzeug und Co.,“ 2019. [Online]. Available: <https://www.quarks.de/umwelt/klimawandel/co2-rechner-fuer-auto-flugzeug-und-co/>. [Zugriff am 30 09 2019].
- [85] O.V., „Wasserstoff,“ 2019. [Online]. Available: <https://www.shell.de/energie-und-innovation/mobilitaet/wasserstoff.html>. [Zugriff am 30 09 2019].
- [86] G. Stegmaier, „Die Wahrheit über die Brennstoffzelle,“ 2019. [Online]. Available: [https://www.auto-motor-und-sport.de/tech-zukunft/alternative-antriebe/wasserstoffauto-brennstoffzelle-co2-neutral-batterie-lithium/#anchor\\_3](https://www.auto-motor-und-sport.de/tech-zukunft/alternative-antriebe/wasserstoffauto-brennstoffzelle-co2-neutral-batterie-lithium/#anchor_3). [Zugriff am 03 10 2019].
- [87] J. Kaufmann, „Diese Alternative zum E-Auto ist technologisch voll ausgereift — und hat trotzdem keine Chance,“ 2019. [Online]. Available: <https://www.businessinsider.de/e-auto-diese-alternative-ist-technologisch-voll-ausgereift-und-hat-trotzdem-keine-chance-2019-6> . [Zugriff am 04 10 2019].
- [88] O.V., „Elektroauto,“ 2019. [Online]. Available: URL <https://de.wikipedia.org/wiki/Elektroauto>. [Zugriff am 02 10 2019].
- [89] T. Seibt und M. Sommer, „Die schärfsten Kisten mit Ketten,“ 2019. [Online]. Available: <https://www.auto-motor-und-sport.de/verkehr/kettenfahrzeuge-aus-aller-welt-1/>. [Zugriff am 01 10 2019].
- [90] O.V., „Orbitalrad,“ 2018. [Online]. Available: <https://de.wikipedia.org/wiki/Orbitalrad>. [Zugriff am 01 10 2019].

[91] C. Sage, „Mit „Positions“ bekommt Berlin eine neue Kunstmesse,“ 2014. [Online]. Available: <https://www.tip-berlin.de/mit-positions-bekommt-berlin-eine-neue-kunstmesse/>. [Zugriff am 18 09 2019].

[92] V. Guntrum, „Abenteurer Mann sein,“ [Online]. Available: <https://abenteuermannsein.de/002-vincent-guntrum-radikal-dem-herzen-zu-folgen-ist-zwar-anstrengend-doch-lohnt-sich-umso-mehr/>. [Zugriff am 18 09 2019].

[93] S. Bowenbank, „Whew, Mike Johnson From ‘The Bachelorette’ Is Basically Flirting With Demi Lovato Now,“ 2019. [Online]. Available: <https://www.cosmopolitan.com/entertainment/celebs/a28468214/mike-johnson-demi-lovato-the-bachelorette-flirting/>. [Zugriff am 18 09 2019].

[35] Persona-Moodboard- und Portraits. – Zugriffsdaten: 10.09.19

- Surferin. URL – [https://www.123rf.com/photo\\_66770355\\_stock-vector-woman-surfing-silhouette-isolated-on-white-background.html](https://www.123rf.com/photo_66770355_stock-vector-woman-surfing-silhouette-isolated-on-white-background.html)

- Drohne. URL – <https://www.mobilegeeks.de/test/dji-mavic-2-pro-und-mavic-2-zoom/>

- Wakeboarder. URL – <http://kavoskiclub.com/product/babekos-kavos-wakeboard/>

- Nikon Kamera. – URL [https://www.nikon.de/de\\_DE/product/digital-cameras/mirrorless/professional/z-7-camera-body](https://www.nikon.de/de_DE/product/digital-cameras/mirrorless/professional/z-7-camera-body)

- Mercedes-Benz-Vision. – URL <https://www.mercedes-benz.com/de/design/insights/mercedes-benz-future-world-eine-vision/>

- Interieur. – URL

<https://i.pinimg.com/564x/6e/82/5a/6e825a8378a2e45b00d82edc61ca3b79.jpg>

- Anzugträger. – URL <https://www.michaelax.de/benvenuto-black-modern-fit-herren-anzugmodell-62042-22047-aus-super-100-s-schurwolle-artikel-20027/herren/anzuege/anzuege/a-513134537/>

- Nachhaltigkeit – URL <https://www.raiffeisen.at/schauplatzboerse/NA-1329219461561448045-NA-38-NA.html>

- Smartarmreif. – URL <https://www.lexpress.mu/article/256928/gadgets-high-tech-2015>

- Delphin. – URL <https://www.handelsblatt.com/technik/das-technologie-update/nachgeforscht/u-wie-ultraschall-sehen-wie-delfin-und-fledermaus/11000810.html?ticket=ST-38056931-vNVk0Blclg32fCLOxNgD-ap4>

- Persona-Portrait. – URL <https://abenteuermannsein.de/002-vincent-guntrum-radikal-dem-herzen-zu-folgen-ist-zwar-anstrengend-doch-lohnt-sich-umso-mehr/>

- Persona-Portrait. – URL <https://www.spiegel.de/kultur/gesellschaft/berlin-art-week-kunst-messen-abc-und-positions-von-kristian-jarmuschek-a-992464.html>

- Persona-Portrait. – URL <https://www.cosmopolitan.com/entertainment/celebs/a28468214/mike-johnson-demi-lovato-the-bachelorette-flirting/>

[67] Design Moodboard. – Zugriffsdaten: 19.09.19

- Delphine. – URL <https://www.dolphins-world.com/dolphin-photography/>
- Steinwände. – URL <https://mijachronicles.tumblr.com/post/48763931035>
- Palme. – URL [https://toppng.com/show\\_download/166941/alm-tree-clipart-palm-tree-line-art/large](https://toppng.com/show_download/166941/alm-tree-clipart-palm-tree-line-art/large)
- Moodboard. – URL <https://www.pinterest.de/pin/627900373025958397/>
- Mikroskopischer Pilz. – URL <https://www.pinterest.de/pin/708261478877419423/>