

BeING Inside 2019

Portfolio

Die Tankstelle der Zukunft

Konzeption eines High-Power-Charging Ladekomplexes



Gruppe 1

29.03.2019

Inhaltsverzeichnis

1. Grundidee	3
2. Fahrzeugmarkt- und Zielgruppenanalyse	3
3. Standort und Standortfaktoren	4
4. Modulare Strukturen eines zukünftigen Ladekomplexes	5
4.1 Technische Vorrichtungen	5
4.1.1 High Power Charger Elektroladesystem	5
4.1.2 Energieerzeugung - Photovoltaikanlagen	6
4.1.3 Energiespeicher - Lithium-Ionen-Zellen	6
4.1.4 Wasserstoffherzeugung	6
4.2 Gebäude	7
4.2.1 Erdgeschoss	7
4.2.2 Keller	8
4.2.3 Obergeschoss	8
4.3 Sicherheitssystem	8
5. Geländegestaltung	9
5.1 Doppelladesystem	9
5.2 Wasserstofftankstelle	9
5.3 Park- und Grünflächen	10
6. Umwelt	10
7. Wirtschaftlichkeit	10
8. Anhang	11
8.1 Abkürzungsverzeichnis	11
8.2 Tabellen und Grafiken	11
8.2.1 Solarbaum und Solarblume	11
8.2.2 Maßstäblicher Lageplan	12
8.2.3 Finanzkalkulation	13

1. Grundidee

Klimaschutz und die Abkehr von fossilen Brennstoffen erfordern es mittelfristig den Individualverkehr weitestgehend auf Elektroantrieb umzustellen. Diesbezüglich ist in den letzten Jahren bereits einiges geschehen. Die Neuzulassungen von Elektroautos steigen exponentiell. 2018 wurden 36.000 Elektroautos neu zugelassen. Zum Vergleich, 2015 waren es noch 12.000, 2012 noch 3.000. Im Jahr 2017 war der Renault Zoe mit 4300 Fahrzeugen das am meisten neu zugelassene Elektrofahrzeug. Er sticht mit einer überdurchschnittlichen Reichweite von 400km und einer 43 kWh Batterie heraus. Erhältlich ist er für einen Mittelklassepreis von 32.900. Der Renault Zoe zeigt, dass Elektro-Autos mit praktikablen Reichweiten mittlerweile nicht mehr nur für die Oberschicht, sondern auch für die Mittelschicht finanzierbar sind und sich steigender Beliebtheit erfreuen.¹

Trotz steigender Reichweiten sind nur die wenigsten Modelle für Fernreisen ausgelegt. Dies erfordert ein entsprechend dichtes Netz an Ladestationen. Die Anzahl der Ladestationen in Deutschland verdoppelte sich zwar im letzten Jahr auf 14.000 im Vergleich zum Vorjahreszeitpunkt, Viele dieser Ladestationen sind jedoch halböffentlichen Charakters wie z.B. an Kaufhäusern. Nur wenige davon sind sog. Schnelllader, die ein Auto innerhalb einer halben Stunde voll laden, sodass dieses seine Fahrt fortsetzen kann. Eben solche sind jedoch nötig um ein flüssiges Versorgungsnetz deutschlandweit, zukünftig auch europaweit, zu gewährleisten. Den Prototypen eines solchen Ladestellenkomplexes soll die von uns konzeptionierte *Tankstelle der Zukunft* darstellen. Ziel ist es, diesen Komplex auf den Standort in Erfurt zuzuschneiden, das Konzept dabei jedoch so modular zu halten, dass ähnliche Ladekomplexe andernorts errichtet werden können.

2. Fahrzeugmarkt- und Zielgruppenanalyse

Aktuell gibt es ungefähr 83.000 elektrisch betriebene Pkw auf knapp 50 Millionen Pkw in Deutschland.² Dies entspricht einem Anteil von knapp 0,2%. Gemessen am Verkehrsaufkommen

¹ Oliveira, Joaquim: Ohne Nachladen 400 Kilometer, https://www.focus.de/auto/elektroauto/renault-zoe-z-e-40-ausgedehnt_id_6302343.html, München, 27.03.2019

Statista: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/244000/umfrage/neuzulassungen-von-elektroautos-in-deutschland/>, Hamburg, 27.03.2019

Brecht, Michael: Diese Elektroautos werden wir häufiger auf den Straßen sehen, <https://www.welt.de/wirtschaft/bilanz/article172526314/Elektroautos-Das-sind-die-beliebtsten-E-Autos-2017.html>, 27.03.2019

Brecht, Michael: Diese Elektroautos werden wir häufiger auf den Straßen sehen, <https://www.welt.de/wirtschaft/bilanz/article172526314/Elektroautos-Das-sind-die-beliebtsten-E-Autos-2017.html>, 27.03.2019

² Statista: Anzahl der E-Autos in Deutschland, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/265995/umfrage/anzahl-der-elektroautos-in-deutschland/>, Hamburg, 27.03.2019

Statista: Anzahl der Pkw in Deutschland, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/12131/umfrage/pkw-bestand-in-deutschland/>, Hamburg, 27.03.2019

der A71 (22.300³ Fz.) und der A4 (50.700 Fz.) passieren aktuell zwischen 100 bis 130 Elektrofahrzeuge täglich die Erfurt umgebenden Autobahnen. Allerdings stammt nur ein Teil dieser Fahrzeuge aus dem Fernverkehr. Von diesen wiederum muss nicht jedes Auto geladen werden, so dass von etwa 20 Autos pro Tag ausgegangen werden kann, die den Ladekomplex nutzen.

Betrachtet man die bisherige Entwicklung, ist bis zum Jahr 2023 mit einer Millionen elektrobetriebenen Pkw zu rechnen.⁴ Dazu kommt, dass nicht nur die Anzahl der E-Autos, sondern auch ihre allgemeine Reichweite und damit ihr Anteil am Fernverkehr wächst. So existiert mit dem Hyundai Kona Elektro bereits ein elektrisch betriebenes Fahrzeug mit einer Reichweite von 536 km. Gleichzeitig zu dieser Entwicklung gibt es weniger Zulassungen von fossil angetriebenen Fahrzeugen. Aufgrund dessen steigt der Anteil der Elektroautos bedeutend und bis 2023 wäre mit 400 ladebedürftigen Autos zu rechnen. Da allerdings bis dahin sowohl die Reichweite, also die Akkukapazität, der E-Autos als auch die Dichte der Ladestationen steigen wird, ist eine Prognose von circa 200 Autos täglich als realistisch zu betrachten.

Auch Brennstoffzellenautos sind Teil unserer zukünftigen Zielgruppe. Zwar liegt ihr Anteil im Stadtverkehr momentan noch weit unter dem der Elektroautos, doch gerade im Fernverkehr ist es nicht unwahrscheinlich, dass Wasserstoffautos in Zukunft eine bedeutend größere Rolle spielen.⁵

Neben Autos beginnen auch Elektrobusse eine Rolle zu spielen. Seit einem Jahr betreibt das Busunternehmen Flixbus eine Strecke mit einem E-Bus. Mit der Einrichtung einer Ladestation für Busse wollen wir die Bedingungen dafür schaffen, dass Flixbus seine Elektroflotte ausbaut und andere Busunternehmer dem folgen.⁶

3. Standort und Standortfaktoren

Das Projekt soll an der Schwerborner Straße 32, 99087 Erfurt entstehen. Das Grundstück ist etwa 3000m² groß und entspricht einer Dreiecksform. Die beiden längeren Seiten, die an die angrenzenden Grundstücke reichen sind 77m lang, die der Kreuzung zugeneigte und leicht abgerundete Seite etwa 85m. Am Grundstück liegen eine Geothermie- sowie eine Mittelspannungsleitung an. Aktuell ist die gesamte Fläche mit einer Schotterschicht bedeckt. Das

3 Bundesanstalt für Straßenwesen https://www.bast.de/BASSt_2017/DE/Statistik/Verkehrsdaten/2015/Autobahnen-2015.pdf;jsessionid=C8F81E48A84F74306438EA40A7103045.live11293?__blob=publicationFile&v=4, Bergisch Gladbach 2015, 27.03.2019

4 Decker, Hanna: Warum niemand 4000 Euro haben will, <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/diginomics/eine-million-elektroautos-bis-2022-kann-das-klappen-15795583.html>, 27.03.2019

5 Nefzger, Emil: Die Brennstoffzelle wird sich durchsetzen, <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/wasserstoffauto-die-brennstoffzelle-wird-sich-durchsetzen-a-1235431.html>, 28.03.2019

6 Flixbus: Mobilität der Zukunft ist grün, <https://www.flixbus.de/unternehmen/presse/pressemitteilungen/flixbus-e-mobilitaet>, 28.03.2019

hintere Drittel des Geländes ist ab einer Tiefe von drei bis sechs Metern mit Mineralöl verseucht, weshalb Tiefbaumaßnahmen in dieser Tiefe vermieden werden sollen.

Das Gelände befindet sich am Nordrand von Erfurt, nahe der A71. Weiterhin gehört zum Einzugsbereich, solange das Ladestationennetz nicht ausreichend dicht ist, die südlich von Erfurt verlaufende A4.⁷

4. Modulare Strukturen eines zukünftigen Ladekomplexes

Um das Konzept eines zukunftsweisenden Ladekomplexes so universell anwendbar wie möglich zu gestalten, sind die wesentlichen Strukturelemente modular konzeptioniert und können so entsprechend der lokalen Gegebenheiten einzeln angepasst, erweitert oder ausgelassen werden.

4.1 Technische Vorrichtungen

4.1.1 High Power Charger Elektroladesystem

Um den Anforderungen des modernen Elektroautomarktes, wie er in 2. beschrieben ist, gerecht zu werden, sind High Power Charger (im Folgenden HPCs) des Typs Terra HP der Firma ABB auf dem Gelände vorgesehen. Bei maximaler Auslastung können durch die Nutzung zweier Leistungseinheiten für einen Ladepunkt Ladeleistungen von bis zu 320 kW erreicht werden. Mit dieser Leistung wird man den in Zukunft steigenden Ladekapazitäten der E-Autos gerecht werden. Sollte die benötigte Leistung weiter steigen, ist eine modulare Erweiterung um zusätzliche Leistungseinheiten sowohl system- als auch platztechnisch möglich. Die Stecker der Ladepunkteinheiten werden dabei in einem Multistandard CCS 2 und CHAdeMO-Anschluss bestehen, der nahezu jedem Fahrzeug das Laden ermöglicht. Zusätzlich findet eine Kommunikation zwischen Auto und Ladestation statt, die ein Ab- oder Umschalten bei vollem Akku ermöglicht. Der Fortschritt der Ladeprozesse ließe sich den wartenden Gästen über einen Bildschirm innerhalb des Gebäudes mitteilen.

Um den anliegenden Mittelspannungsanschluss nutzbar zu machen, werden vier Hochleistungstransformatoren der Firma ABB mit je 1500 kW installiert.

⁷ n.A.:<https://www.google.com/maps/place/Autoexportcenter+-+Autoankauf+Erfurt+%26+Deutschland/@51.0129327,11.0370133,283m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x47a46d6b1bb9b925:0x376e7437f6154df3!8m2!3d51.0122511!4d11.0395143>, 27.03.2019

4.1.2 Energieerzeugung - Photovoltaikanlagen

Zur zusätzlichen Gewinnung von Strom werden auf dem Gelände Photovoltaikanlagen eingebaut. Dies geschieht in Form eines mit Solarzellen bestückten Fußweges mit einer Oberfläche von 130m², ergänzt durch eine sogenannte Solarblume. Dabei sind die einzelnen Zellen auf drehbare, an Blütenblätter erinnernde Segmente aufgeteilt, sodass ein optimaler Einfallswinkel des Lichtes garantiert ist. Zudem werden Solarbäume (siehe Anhang 8.2.1) errichtet. Dies sind Anlagen, welche durch die Aufteilung der Platten des Typs LG Solar LG390N2T-A5 NeON 2 BiFacial auf mehrere Ebenen an Bäume erinnern und bei nur geringfügig geringerem Wirkungsgrad großen ästhetischen Wert haben. Die Solarblumen befinden sich auf dem Dach des Hauptgebäudes. Die Solarbäume sind einerseits im hinteren Bereich des Gebietes angeordnet, da dort auf reguläre Bäume verzichtet werden muss und befinden sich andererseits in abgewandelter Form als Schattenspende für die Autos während des Ladeprozesses an den Ladeplätzen. Hier muss um Energieverlust durch Schatten auf den Platten, sowie Regennässe beim Tankprozess vorzubeugen eine geschlossene Fläche, die durch astähnliche Strukturen gestützt wird, zurückgegriffen werden. Durch die gesamte Solaranlage wird eine Leistung von 120kW erbracht.

4.1.3 Energiespeicher - Lithium-Ionen-Zellen

Es wird eine 750 kWh Lithium-Ionen Batterie (ABB PQplus Modell) benutzt, um die von der PV-Anlage gewonnene Energie zu speichern und damit die Ladestationen in Zeiten hoher Belastung zu unterstützen. Bei einer maximalen Leistung der Solaranlage (120 kW) wird die Batterie nach ungefähr sechs Stunden geladen. Bei einer durchschnittlichen Autokapazität von 60 kWh kann man mit der vollgeladenen Batterie zwölf Autos mit Strom versorgen; mehr als die Hälfte aller täglich tankenden Elektroautos.

Die Lithium-Ionen-Zelle ist aufgrund der hohen Belastbarkeit und Energiedichte zu unserem Zweck am besten geeignet. Ein Energiespeicher durch eine Elektrolyse wäre mit zu hohen Energieverlusten verbunden.

4.1.4 Wasserstoffherzeugung

Um auch Wasserstoffautos zu versorgen wird mit einem AREVA H2Gen E10 System eine Wasserelektrolyse betrieben. Dieses System erzeugt mit einer Leistung von 80kW 0,83kg Wasserstoff pro Stunde. Eine Reinigung/Filtration des Wassers ist nicht nötig, da im System ein ROS Filter verbaut ist. Bis zu 50kg Wasserstoffgas, ausreichend für zehn Ladungen, wird in einem

Hochdrucktank (Linde CGH2) gespeichert. Alternativ könnte man ein energiedichteres Flüssiggasspeicher benutzen, allerdings ist der Energieaufwand für die Kühlung bei einem derart kleinen Volumen nicht wirtschaftlich. Ein Metallhydridspeicher wäre ebenso energiedicht, jedoch ist seine Belastbarkeit ziemlich gering. Bei voller Leistung der Solaranlage wird der Hochdrucktank nach 60 Stunden gefüllt.

4.2 Gebäude

Um einen angenehmen Aufenthalt für die Dauer des Aufladens zu gewährleisten, wird ein Gebäude errichtet, welches verschiedene Module beherbergen kann. Das Gebäude weist eine runde Grundstruktur auf und lässt sich damit auch in eine ungewöhnliche Grundstücksform einbinden. Die einzelnen Geschosse sind modular bau- und verwendbar.

Das Gebäude wird an das Internet angeschlossen und ein leistungsfähiges WLAN-Feld ist auf dem gesamten Areal erreichbar.

Das Gebäude entspricht den aktuellen Brandschutz- und Sicherheitsbestimmungen.

4.2.1 Erdgeschoss

Das Erdgeschoss soll einen Durchmesser von 15m haben und verfügt somit über eine ausreichende Grundfläche um eine Vielzahl von Modulen unterzubringen.

Zum einen besteht Platz für einen Service-Punkt, der Tag und Nacht durch eine im Gebiet E-Mobilität, sowie in Firmenangelegenheiten der TEAG geschulte Fachkraft besetzt wird. In deren Aufgabenbereich fällt nicht nur die Vermarktung der Firmenprodukte der TEAG, sondern ebenso die Leistung technischer Hilfestellung beim Laden der Fahrzeuge. Weiterhin befinden sich in diesem Geschoss sanitäre Einrichtungen.

Außerdem befindet sich im Erdgeschoss ausreichend Platz um eine Küche, bzw. eine Cafeteria, einzurichten, um eine kulinarische Versorgung der Kunden zu gewährleisten. Deren Betrieb ließe sich an einen externen Anbieter auslagern, bei dessen Auswahl auch auf ökologische Aspekte (Produktpalette, Müllvermeidung, etc.) geachtet wird. Sollte es einen Keller geben, wird sich im Küchenbereich ein Treppenabgang in den Keller befinden. Die Auswahl des Mobiliars im Erdgeschosses soll in den Farben der TEAG geschehen.

Das Erdgeschoss verfügt über eine partielle Glasfassade, hinter dem Gastronomie- und Sanitärbereich befindet sich eine gemauerte Wand. Der Zugang ist über drei Glastüren möglich. An das Gebäude angrenzend ist es weiterhin möglich eine Terrasse für den Außensitzbereich einzurichten.

4.2.2 Keller

Der Keller weist die gleiche Grundfläche auf wie das Erdgeschoss. Er soll den technischen Einrichtungen einiger Außenanlagen ausreichend Platz bieten. Hierzu zählen der Kompressor zur Herstellung des Tankdrucks der Wasserstofftankstelle, sowie die für die HPC benötigten Transformatoren. Ebenso fallen die Elektrolysezellen und der Pufferspeicher der Photovoltaikanlage in Form einer Lithium-Ionen Batterie in diese Kategorie. Weiterhin bietet ein Keller Platz für Lagerraum für die Gastronomie oder den Showroom. Auf den Keller kann jedoch auch zugunsten eines anderen Lagerbereiches auf dem Gelände verzichtet werden.

4.2.3 Obergeschoss

Bei Vorhandensein eines Obergeschosses wird ein Fahrstuhl in der Mitte des EG installiert. Das Obergeschoss verfügt über einen Durchmesser von 8m und ist so versetzt, dass der Fahrstuhl sich am Rand des OG befindet. Das OG bietet vielfältige Verwendungsmöglichkeiten, wie das Einrichten einer Lounge, weitere Sitzmöglichkeiten für den gastronomischen Bereich, Arbeitsplätze u.v.m. In dieser Konzeption soll im OG ein Showroom entstehen, der das Konzept der Energiewende vorstellen soll. Dazu soll in der Raummitte eine Modelllandschaft der Erfurter Umgebung entstehen, in dem Stromquellen, -leitungen und -verbraucher kreativ dargestellt werden. Neben Informationen über den Ladekomplex selbst, wie zum Beispiel die Erträge der PV-Anlage, erhält die TEAG hier die Möglichkeit ihre Produkte, im Besonderen im Bereich der Elektromobilität, zu bewerben.

Das Obergeschoss ist vollständig von einer Glasfassade umgeben. Auf dem Dach des Obergeschosses steht eine Solarblume, die aus Repräsentationsgründen nachts angestrahlt wird.

4.3 Sicherheitssystem

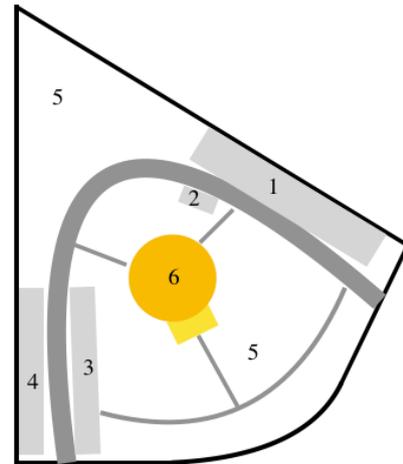
Um den Schutz des Geländes und der Besucher vor Verbrechen wie z.B. Vandalismus zu gewährleisten, wird ein Überwachungssystem, bestehend aus 16 Kameras genutzt. Davon befinden sich neun im Außenbereich, drei im Keller des Gebäudes, drei im Erdgeschoss und eine im Ersten Stock.

Im vorliegenden Angebot sind die Kameras und ein externer Speicher von 400GB enthalten. Dadurch ist für die Überwachung kein Mitarbeiter notwendig. Das Sicherheitskonzept wird an das System der TEAG angeschlossen.

5. Geländegestaltung

Ähnlich wie das Gebäude besteht auch der Rest des Geländes aus verschiedenen Modulen. Die grundsätzliche Anordnung der Module gestaltet sich wie folgt:

- 1 - Doppelladesysteme
- 2 - Wasserstofftankstelle und Wasserstofftank
- 3 - Parkplätze
- 4 - Busparkplätze und -ladestation
- 5 - parkähnliche Außenanlage/Grünfläche
- 6 - Gebäude mit Terrasse



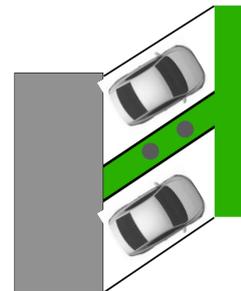
Dunkelgrau dargestellt ist die Straße, hellgrau die Fußwege. Neben der Straße verläuft ebenfalls ein Fußweg.

(Skizze nicht maßstabsgetreu, eine Maßstabsgetreue Skizze ist im Anhang unter 8.2.2 einsehbar.)

Das Gelände verfügt über eine Zufahrt (rechts) und eine Ausfahrt (links). Die Straße ist als Einbahnstraße konzipiert.

5.1 Doppelladesystem

Das von uns angestrebte Doppelladesystem (DLS) ermöglicht eine äußerst effiziente und platzsparende Bau-, Fahr- und Parkweise. Die Parkbuchten sind zum besseren Einparken schräg angelegt. Sie sind durch einen schmalen Grünstreifen getrennt, auf dem zwei HPC-Anlagen installiert werden. Diese DLS lassen sich entsprechend der Lokalität in gewisser Anzahl in einer Reihe aufbauen.



Der Ladekomplex ist aktuell mit fünf DLS veranschlagt, es können also bis zu zehn Autos parallel laden. Allerdings ist eine spätere Aufrüstung der Flächen, die momentan als reine Parkplätze konzipiert sind, im Nachhinein mit solchen DLS möglich. Die Parkbuchten messen 5x2,5m.

Weiterhin sind am linken Rand des Geländes vor der Ausfahrt Ladepunkte für bis zu zwei Busse geplant.

5.2 Wasserstofftankstelle

Für die Wasserstofftankstelle ist aktuell nur eine Stellfläche vorgesehen, da die Anzahl der Wasserstoffautos noch sehr gering ist und die Tankdauer nur wenige Minuten beträgt. Allerdings

wird beim Bau der Anlage vorsorglich eine Leitung vom Tank zu den Busladestellen (in der Skizze mit der vier gekennzeichnet) und zu den Parkplätzen (in der Skizze mit der drei gekennzeichnet) gelegt. Dies hält mit geringen Kosten die Möglichkeit offen ohne erheblichen Bauaufwand nachträglich weitere Wasserstofftanksäulen für Autos, aber auch für Busse, einzurichten.

5.3 Park- und Grünflächen

Eine grüne Gestaltung des Geländes ist förderlich um die regenerative Herkunft des Stroms zu unterstreichen. Hierzu werden die Flächen, die nicht zum Parken und Aufladen vorgesehen sind professionell begrünt und mit Bäumen bepflanzt. Die Flächen sollen parkähnlich - mit Wegen und Sitzmöglichkeiten - angelegt werden. Neben den Erholungsmöglichkeiten im Inneren sind diese auch im Außenbereich vorgesehen. Die Parkanlagen dienen als zum Hauptgebäude alternative Aufenthaltsgebiete für Gäste. Im Norden des Geländes, oberhalb der Straße, entsteht zusätzlich ein kleines Wasserbiotop in Form eines Teiches sowie ein Insektenhotel. Neben dem Hauptgebäude befindet sich eine Terrasse, welche vom Betreiber der Cafeteria genutzt werden kann.

6. Umwelt

Das Thema Umweltbewusstsein und Klimaschutz ist in den vergangenen Jahren gesellschaftlich, ökonomisch und ökologisch zunehmend bedeutender geworden. Daher wird bei unserem Konzept auch auf einen nachhaltigen Betrieb geachtet, der übermäßiger Abfallproduktion, Schadstoffentstehung und Umweltbelastung vorbeugt. Die geplante Cafeteria soll daher Plastikprodukte, sowie nur einmalig verwendbare Produkte wie Pappunterleger vermeiden und sowohl in ihrem Betrieb, als auch bei den Gästen auf eine saubere Mülltrennung achten.

Aus Umweltgründen werden auf dem Gelände nicht die üblichen ungetrennten Mülleimer installiert, sondern die nachhaltigere Variante in Form von Mülleimern mit Trennsystem.

7. Wirtschaftlichkeit

Mit einem Gesamtpreis von rund 3,4 Mio. € und einem Anfangs Gewinn von 210.000€ bis zu einem maximum von rund 500.000€ im Jahr und einem weiteren kontinuierlichen Wachstum von 6% von Jahr über Jahr tritt das Return on Investment in 8,8 Jahren ein.

Dieses Modell enthält jedoch nicht ein Abo-Modell sondern geht davon aus, dass der verlangte Strompreis pro kWh von 50ct im ersten Jahr und über vier Jahre auf 35 ct pro kWh sinkt. Stromkosten für die Stromladesäulen liegen bei 25ct pro kWh und steigen Jahr für Jahr im Einklang mit der Inflation. Die 6% Wachstum kommen durch einen kontinuierlichen Anwuchs der Elektro-

Fahrzeug-Dichte zustande. Die Rechnung basiert auf konservativen Annahmen. Genauere Zahlen können der Tabelle im Anhang unter 8.2.3 entnommen werden.

8. Anhang

8.1 Abkürzungsverzeichnis

DLS	—	Doppelladesystem
EG	—	Erdgeschoss
Fz.	—	Fahrzeug
HPC	—	High Power Charger
OG	—	Obergeschoss
Pkw	—	Personenkraftwagen
PV	—	Photovoltaik
sog.	—	sogenannt
TEAG	—	Thüringer Energie AG

8.2 Tabellen und Grafiken

8.2.1 Solarbaum und Solarblume

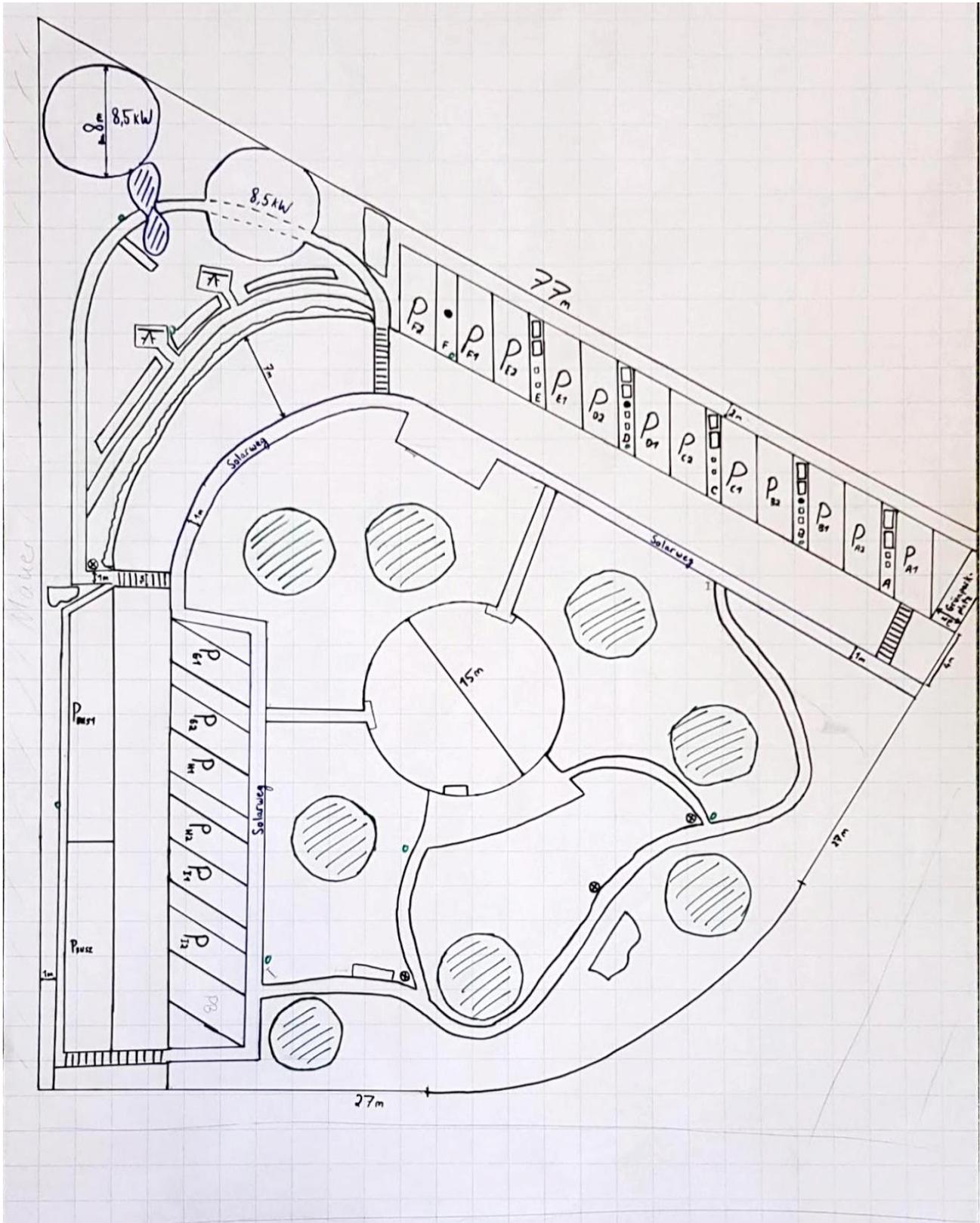


<https://de.wikipedia.org/wiki/Solarbaum#/media/File:Gleisdorf.Solarbaum.jpg>, 28.03.2019



<https://www.youtube.com/watch?v=PE-OIBJZ7IE>, 28.03.2019

8.2.2 Maßstäblicher Lageplan



8.2.3 Finanzkalkulation

Anschaffungspreis:

Module	Anschaffungskosten	Fördermittel	Gesamt
Charger	1.405.917 €	360.000 €	1.045.917 €
Solaranlage (+Speicher)	928.400 €	100.000 €	828.400 €
Gebäude:	830.057 €	-----	830.057 €
• innen	• 103.470 €		
• Bau	• 726.587 €		
Netzanschluss	50.000 €	30.000 €	20.000 €
Wasserstoffanlage	630.000 €	-----	630.000 €
Parkanlage	19.705 €	-----	19.705 €
Summe	3.864.079 €	-490.000 €	3.374.079 €

Gewinnberechnung:

Modul	Umsatz/Jahr	Kosten/Jahr	Gewinn/Jahr
Charger	438.000 €	216.000 €	222.000 €
Solaranlage (+Speicher)	In Charger enthalten	13.600 €	-13.600 €
Wasserstoff Synthese (9,50 €/kg)	1.825 €	6.000 €	-4.175 €
Miete	6.000 €	0 €	6.000 €
Summe	445.825 €	-235.000 €	210.225 €

Portfolio Gruppe 2

Inhaltsangabe

1. Elektroauto-Fahrzeugmarkt, Verkehrsaufkommen und potenzielle Kunden
2. Hochleistungs-Ladetechnik
3. Räumliche Gegebenheiten und Layout des Tankstellengeländes
4. Kundenbereich
5. Photovoltaikanlage
6. Wasserstoffpufferspeicher und -tankstelle
7. Kosten/Gewinnrechnung
8. Bibliographie

1. Elektroauto-Fahrzeugmarkt, Verkehrsaufkommen und potenzielle Kunden

Auf den deutschen Straßen sind heutzutage alle Typen an Elektrofahrzeugen unterwegs. Die Reichweite dieser Fahrzeuge reicht von knapp 100 Kilometern bis zu 500 Kilometern. An unserer Tankstelle wollen wir jedoch nur PKW bedienen, da für größere Fahrzeuge der Platz nicht ausreicht. Hier können wir auch gleich auf die Thematik der Elektro-Busse eingehen. Diese würden wir, wie oben gesagt, nicht an dieser Tankstelle bedienen, da die Verkehrsbetriebe ihre Fahrzeuge ganz einfach über Nacht auf dem Firmengelände laden könnten. Hier könnte die TEAG ihre Ladestationen anbieten. Außerdem würde es sich für die Betriebe nicht lohnen aus Erfurt heraus zu unserer Tankstelle zu fahren und dort zu tanken, da es ein großer Umweg für sie wäre und es sich wie schon gesagt nicht lohnen würde. Das Laden von Reisebussen in dieser Tankstelle ist auch nicht möglich, da wir dann auch LKWs mit einbeziehen müssten und diese dann auch hier zu laden ist nicht möglich.

Der wichtigste Teil der Tankstelle sind jedoch die Ladestationen, wo die Elektroautos ihre Batterien aufladen können. Um herauszufinden, wie viele Ladestationen wir brauchen, haben wir die durchschnittliche Anzahl von E-PKWs ausgerechnet, die pro Stunde auf der A71 und B1 unterwegs sind. Um diese Zahl zu berechnen haben wir die aktuellen Zahlen von normalen PKW und E-PKWs recherchiert. Zu diesem Zeitpunkt sind 45 Millionen PKW in Deutschland registriert. Davon sind nur ein geringer Anteil E-PKWs, circa 25500. Die deutsche Regierung hat als Ziel in Sachen Elektromobilität 1 Millionen Elektroautos in den nächsten Jahren angestrebt. Somit haben wir die maximale Anzahl an E-PKWs für unsere Rechnung. Diese Zahlen haben wir nun ins Verhältnis gesetzt und erhalten einen Prozentsatz von E-PKWs zur Gesamtzahl an PKWs von 2,2%. Indes brauchen wir aber auch genaue Zahlen, wie viele Autos an unserer Tankstelle vorbei fahren. Dafür haben wir uns die automatischen Verkehrszählungen der Bundesanstalt für Straßenwesen der beiden wichtigen Autobahn A71 und der B7 angesehen. Auf der A71 fahren täglich rund 30000 Fahrzeuge in beide Richtungen, für die B7 haben wir mit 11000 Autos gerechnet, wobei wird die aus Richtung der A71 Fahrzeuge abgezogen, da diese die Rechnung verfälschen würde. Um auf die Zahl der E-PKWs zu kommen die bei uns an der Tankstelle pro Stunde laden wollen, muss man die Anzahl an Elektroautos herausfinden. Dafür muss

man die Zahlen der Messungen mit dem Verhältnis multiplizieren. Somit kommt man auf 667 E-PKWs für die A71 und 242 für B7. Diese Zahlen beschreiben die Anzahl an E-PKWs an einem Tag, dies haben wir dann auf 24 Stunden bezogen und den Durchschnitt pro Stunde errechnet (A71: 28; B7: 10). Jedoch wollen nicht alle dieser Fahrzeuge laden. Deshalb haben wir geschätzt, dass 20 – 30% der E-Autos an unserer Tankstelle laden wollen. Somit kommen wir auf 6 E-Autos pro Stunde, die laden wollen, für die A71 und 3 für die B7. Somit haben wir im Durchschnitt 9 E-Autos, die pro Stunde an der Tankstelle laden wollen.

Doch gibt es auch Zeiten, zu denen mehr E-Autos laden wollen und somit mehr Ladestellen benötigt werden. Einer dieser Zeitpunkte war ein Ferientag 2017. An diesem Tag wurde das Maximum von 3500 PKWs auf der A71 in einer Stunde (17 Uhr) gezählt. Mit den 2,2% von oben verrechnet erhalten wir 77 E-KFZ. Auch hier wollen nur 20-30% laden. Verrechnen wir die 77 E-Autos mit den 30%, erhalten wir 23 E-Autos, die in einer Stunde laden wollen.

Allgemein sind die Stoßzeiten in der Woche von ca. 7 bis 9 Uhr, Mittags und von 16 bis 18 Uhr.

Anhand dieser Werte haben wir uns entschieden 12 Ladestationen aufzustellen, da diese Menge im Durchschnitt ausreicht alle Autos zu laden und wir auch während der Stoßzeiten, oder zu besonders stark befahrenen Zeiten mit 12 Ladesäulen auskommen.

Über die Stecker der Ladesäulen wird nicht nur Strom übertragen, sondern auch wichtige Fahrzeugwerte, wie zum Beispiel Füllstand der Batterie und der Autotyp und somit dem Kunden per Handy mitteilt, wenn sein Auto fertig geladen ist. Dadurch kann man errechnen, wie lange und wie viel ein Auto laden muss um wieder mindestens 80% der Kapazität zu erreichen.

2.Auswahl eines geeignetes HPC Systems

Name	Siemens	ADSTEC	E-C 600	ABB
Ladeleistung in kW max.	150	320	600	160-175
Spannung out in V:	30-920	200-920	200-920	150-920
Anschlüsse und max. kW je Anschluss	2 → 75	1 o. 2 → 160	1-4 1: max. 350 4: 150	1, mehrere kombinierbar
Wirkungsgrad	94%	90%	94%	94%
Größe in m: Säule Leistungseinheit	0,9*0,9*2,1	0,4*0,4*2,1 1,2*1,2*1,3	0,7*0,8*1,9 2,5*2,5*2,8	0,4*0,5*2,1 0,7*1,2*2,1
Netzwerk bis	4G	-	3G	3G

Puffer	-	Ja	Ja	-
Stecker	CCS, CHAdeMO	CCS, CHAdeMO	CCS, CHAdeMO	CCS, CHAdeMO

Für unseren Aufbau und aufgrund der hohen Ladeleistung von 600kW haben wir uns für das System E-Charger 600 von ENERCON entschieden. Dieses besitzt außerdem die geforderten Stecker des Typs CCS.

Die in den staatlichen Förderungsbedingungen geforderte Online Backendanbindung und die Möglichkeit zur Bezahlung an der Säule werden von dem System erfüllt.

Netzanschluss

- zur Verfügung gestellt: 20 - 60 MVA

Es wird angenommen, dass die Reichweite der Fahrzeuge im Jahr 2023 etwa 500km beträgt. Bei einem realen Verbrauch von 35kWh pro 100km (relativ ungünstige Bedingungen mit Heizung und Stadtfahrt). 500km und 35kWh/100km--> 175 kWh Akkukapazität.

Outputs:

- durchschnittlich stündlicher Output
 - $9 \text{ (e-Kfz)} * 0.7 \text{ (Anteil des Akkus zum Aufladen)} * 35 \text{ kWh (die ein e-Kfz für 100km durchschnittlich benötigt)} * 5 \text{ (bei einer durchschnittlichen Reichweite von 500km für e-autos 2023)} = 1.1 \text{ MWh}$
- durchschnittlich täglicher Output
 - $9 \text{ (e-Kfz)} * 0.7 \text{ (Anteil des Akkus zum Aufladen)} * 35 \text{ kWh (die ein e-Kfz für 100km durchschnittlich benötigt)} * 5 \text{ (bei einer durchschnittlichen Reichweite von 500km für e-autos 2023)} * 24 \text{ (Stunden am Tag)} = 26.5 \text{ MWh}$
- stündlich maximal möglicher Output
 - $3 \text{ (Booster)} * 600 \text{ kWh (pro Booster)} = 1.8 \text{ MWh}$
- täglich maximal möglicher Output
 - $24 \text{ h (am Tag)} * 1.8 \text{ MW (max Outputleistung HPCs)} = 43.2 \text{ MWh}$

Inputs:

Input für den Booster 660 kW → 1.1 = Verhältnis In - Output(660 : 600)

- durchschnittlich stündlicher Input
 - $9 \text{ (e-Kfz)} * 0.7 \text{ (Anteil des Akkus zum Aufladen)} * 35 \text{ kWh (die ein e-Kfz für 100km durchschnittlich benötigt)} * 5 \text{ (bei einer durchschnittlichen Reichweite von 500km für e-autos 2023)} * 1.1 = 1.2 \text{ MWh}$
- durchschnittlich täglicher Input
 - $9 \text{ (e-Kfz)} * 0.7 \text{ (Anteil des Akkus zum Aufladen)} * 35 \text{ kWh (die ein e-Kfz für 100km durchschnittlich benötigt)} * 5 \text{ (bei einer durchschnittlichen Reichweite von 500km für e-autos 2023)} * 24 \text{ (Stunden am Tag)} * 1.1 = 29.2 \text{ MWh}$

- stündlich maximal möglicher Input
 - 3 (Booster) * 600 kW (pro Booster) * 1.1 * 1h = 2 MWh
- täglich maximal möglicher Input
 - 24 h (am Tag) * 1.8 MW (max Outputleistung HPCs) * 1.1 = 47.5 MWh

Die Abwärme beträgt 2.7 MWh (29.2 - 26.5) pro Tag. Diese soll abgeführt werden und zur Wärmeversorgung des Hauses genutzt werden. Bei einem Wirkungsgrad von etwa 80 % in einem Wärmetauscher sind ca 2.16MWh pro Tag als Heizunterstützung verfügbar.

Die Elektrolyseanlage für Wasserstoff verbraucht 80kWh in der Stunde:

H₂ verbraucht 80kWh in der Stunde: 24h*80kW= 1,9MWh pro Tag (wird mit überschüssigem Eigen- und Netzstrom betrieben).

45 Millionen Fahrzeuge

1 Millionen E-Autos 2020 (geplant ist für 2023)

bei der Analyse der Verkehrsdaten haben wir 30000 Fahrzeuge für die Autobahn pro Tag abgezählt

→ 6 Fahrzeuge pro Stunde im Durchschnitt

von Bundesstraße zusätzlich 3 Fahrzeuge pro Stunde

→ 9 im Durchschnitt pro Stunde im ganzen Jahr

bei den Höchstlastzahlen von Autobahn und Bundesstraße ergeben sich 33 Elektrofahrzeuge pro Stunde.

Es wird angenommen, dass die Reichweite der Fahrzeuge im Jahr 2023 etwa 500km beträgt. Bei einem realen Verbrauch von 35kWh pro 100km (relativ ungünstige Bedingungen mit Heizung und Stadtfahrt). 500km und 35kWh/100km--> 175 kWh Akkukapazität.

Durchschnittlicher Stromverbrauch pro Tag:

9(Autos pro Stunde)*(24 Stunden)*0,7(Autos tanken bei einem Restakku von 30%)*175(Akkukapazität eines Wagens)= 26,5 MWh pro Tag im Durchschnitt

→ 1,1MWh pro Stunde

Maximale gleichzeitige Auslastung: 3*600kWh= 1,8MWh (output)

INPUTt: 3*660 kWh= 2MWh

1,8 Mwh *24= 43,2 Mwh pro Tag (output)

INPUT: 2MWh*24= 48MW

H₂ verbraucht 80kWh in der Stunde: 24h*80kW= 1,9MWh pro Tag (wird mit überschüssigem Eigen- und Netzstrom betrieben)

3. Layout des Tankstellengeländes

Aus dem Einfachen Bebauungsplan HOS 527 ergeben sich verschiedene Voraussetzungen, die während der Bebauung des Grundstücks erfüllt werden müssen.

Grundsätzlich ist das Gebiet nach §34 Abs. 2 BauGB Gewerbegebiet, in diesem Fall jedoch mit Ausnahmen in der Nutzung.

Die bauliche Nutzung ist im Plan klar eingeschränkt. Es darf kein Beherbergungsgewerbe

betrieben werden, was Hotels, Motels, Pensionen und ähnliches ausschließt. Weiterhin ist der Verkauf auf nicht zentrenrelevantes Sortiment beschränkt. Nicht zentrenrelevant bedeutet, dass das Sortiment keine Konkurrenz für den Einzelhandel in der Innenstadt darstellen darf. Das Sortiment, das geführt werden darf sind zum Beispiel Baustoffe und Möbel. (Nach dem Gespräch mit den Profis durften wir diesen Punkt unberücksichtigt lassen, und auch zentrenrelevantes Sortiment anbieten.)

Weiterhin ist der Betrieb von Anlagen für sportliche Zwecke untersagt, um der Entstehung von Sporthotels, Reiterferien-Hotels oder ähnlichem vorzubeugen. Vergnügungsstätten wie Diskotheken oder Spielhallen sind mit Ausnahmen untersagt, um keine Spannungen zwischen Jugendlichen und den damals anderen bestehenden Betrieben zu verursachen. Ausdrücklich erlaubt sind Schank- und Speisewirtschaften, solange sie nicht das Grundeinkommen des bestehenden Gewerbes bilden.

Die Umweltbedingungen sind ausführlich beschrieben. Aufgrund seiner Vergangenheit als Kiesabbaugebiet ist im Geltungsbereich des Bebauungsplanes, also auch in dem für uns relevanten Abschnitt 30/4, erhebliche Belastung des Bodens nicht auszuschließen. Der Boden ist mit hoher Wahrscheinlichkeit mit Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW) verschmutzt. Diese Verschmutzung tritt ab drei Metern Bodentiefe bis etwa sechs Meter Bodentiefe auf. Die oberen drei Meter sind bereits saniert worden und wurden mit unbelastetem Betonbruch aufgefüllt. Bei tieferem Ausheben der Erde muss der belastete Boden nach den Deklarationsanalysen der Länderarbeitsgemeinschaft verwertet und entsorgt werden. Außerdem muss vor dem Ausheben jeglicher größerer Gruben das Thüringer Landesamt für Geologie benachrichtigt werden. Der Geltungsbereich liegt des weiteren in einem ehemaligen Bombenabwurfgebiet, weshalb eine Kampfmittel-Gefährdung besteht. Vor Baubeginn muss deshalb ein Munitionsbergungsdienst das Gelände absuchen. (Auch dieser Aspekt bleibt nach dem Profi-Gespräch unberücksichtigt.) Neben verschmutztem Boden sind auch archäologische Funde zu erwarten, die nach dem Denkmalschutzgesetz abgegeben werden müssen.

Das Grundwasser ist unter Umständen durch leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW) belastet. Um eine weitere Belastung des Grundwassers zu vermeiden, soll das Versickern des Niederschlages größtmöglich durch zum Beispiel Versiegelung vermieden werden.

Das Verbrennen von festen und flüssigen Brennstoffen ist, mit Ausnahme, untersagt. Wenn die Feuerungsanlage das Siegel „Blauer Engel“ trägt, ist sie dann zugelassen, wenn außerhalb der Heizperiode emissionsfreie Anlagen, wie Solaranlagen und Wärmepumpen, verwendet werden.

Erhebliche Lärmemissionen gehen von den umliegenden Gewerbebetrieben aus. In der Nähe befinden sich ein Umspannwerk, Gewerbebetriebe aus dem Bereich des Wertstoffrecyclings und außerdem die Autobahn.

Die Möglichkeiten der Gestaltung des Bauwerks ist durch den Bebauungsplan begrenzt. Abfallbehälter, Stellplätze für bewegliche Abfallbehälter, Wertstoffsammelstellen müssen entweder in das Gebäude integriert werden oder durch Maßnahmen vor der Sicht der Öffentlichkeit geschützt werden. Werbung ist begrenzt zugelassen. Alle 100 Meter Frontlänge des Gebäudes ist eine freistehende Werbeanlage mit einer maximalen Fläche von 10 m² mit einer maximalen Höhe von fünf Metern. Des weiteren darf die Werbefläche maximal 10% der Fassadenfläche des Gebäudes ausfüllen. Ergänzend kann pro 1000 m²

ein Fahnenmast mit einer maximalen Höhe von zehn Metern platziert werden. Der Fahnenmast muss einen Mindestabstand von drei Metern zur angrenzenden Straßenverkehrsfläche haben. Warenautomaten sind ausnahmsweise zugelassen. Zuletzt dürfen die Einfriedungen nur in Form von einer Hecke oder Metallzäunen mit vertikalen oder horizontalen Stäben oder der Kombination von beidem, also mit Hecken hinterpflanzten Metallzäunen, vorkommen. Die maximale Höhe darf genau zwei Meter betragen. Neben dem Kundenbereich befindet sich auf dem Gelände natürlich auch noch das Tankstellengelände. Dieses ist so ausgelegt, dass eine Einfahrt von Osten von der Schwerborner Straße aus möglich ist. Die Ausfahrt aus der Tankstelle erfolgt über die Bunsenstraße. Im vorderen Bereich der Tankstelle befinden sich in einer Reihe 6 "Ladepilze", in welche jeweils zwei Ladestationen integriert sind. Für den Kunden ist es somit möglich sowohl rechts, als auch links an eine Ladestation ranzufahren. Die beiden Ladestationen sind überdacht mit einer runden kegelförmigen Haube, auf welcher Solarpaneele installiert sind. 4 Ladesäulen können zusammengefasst werden und sind über Kabel mit einem entsprechenden Transformator verbunden, welche im Keller des Tankstellengebäudes untergebracht sind. Von der Einfahrt aus gelangt man zusätzlich noch auf einen Parkbereich, welcher rechts an das Tankstellengebäude grenzt. Auf diesem Teilgelände befinden sich direkt an der Gebäudewand mehrere Parkplätze für Mitarbeiter und Kunden von denen einige auch mit Staubsaugern oder Reifenpumpen ausgestattet werden können um zusätzlichen Service zu garantieren. Angrenzend an die Außenanlage liegt das Lager welches über eine breite Zufahrt auch von Lastkraftwagen erreicht werden kann. Im östlichen Randbereich der Tankstelle ist zusätzlich noch eine Wasserstofftankstelle integriert, bestehend aus einer Wasserstoffelektrolyseanlage, einem Tank und einer Parkfläche. Die Wasserstofftankstelle kann ebenfalls problemlos über die Einfahrt erreicht werden. Strom- sowie Kommunikationsanschlüsse (Telekommunikation/Internet) können direkt von den Ausgangsstellen unterirdisch ans Grundstück verlegt werden, wodurch ein guter Anschluss garantiert wird. Die Sicherheit und der Brandschutz des Gebäudes werden dadurch erfüllt, dass das gesamte Gelände mit gekennzeichneten Fluchtwegen zu beiden Seiten des Tankstellengebäudes und Feuerlöschern ausgestattet ist. Auch ist das gesamte Gelände und besonders der Bereich um den Wasserstofftank für einen Feuerwehreinsatzwagen problemlos erreichbar.

4. Kundenbereich

Das Ziel dieser Tankstelle ist, die Kunden für uns zu gewinnen, sodass sie regelmäßig zu unserer Tankstelle fahren, um ihr Auto zu laden. Deshalb darf ihnen die Zeit in der sie auf ihr Auto warten nicht wie verschwendete Zeit erscheinen. Danach richtet sich das Innen- und teilweise auch Außenleben der Tankstelle.

In der Tankstelle befindet sich ein „Showroom“, der TEAG repräsentiert. Der „Showroom“ ist nach innen von Glaswänden abgegrenzt. Im Raum befinden sich Aufsteller und Plakate, in denen wir das grüne Konzept der TEAG aufzeigen. Außerdem wollen wir Bildschirme anbringen, die in einem kurzen Film den Weg des Stromes bis zu dieser Tankstelle zeigt. Hier soll vor allem in den Fokus gesetzt werden, dass der Strom der Tankstelle zu großen Teilen grün hergestellt wird. Diese Filme soll es sowohl für Erwachsene geben, als auch stark vereinfacht für Kinder. So lernen die Kinder auch etwas

über Strom und die Umwelt. Weiterhin wollen wir eine Kurbel aufstellen, an der durch Kurbeln Strom erzeugt werden kann. Dieser erzeugte Strom wird auf einem Bildschirm angezeigt. Für die Erwachsenen deren Interesse durch den „Showroom“ geweckt wurde, legen wir kleine Flyer und Prospekte der TEAG aus.

Auch der Hunger der Kunden kann an unserer Tankstelle gestillt werden. In unserem Café wird es ein ständiges Angebot von Kaffee und Kuchen geben wird und weiterhin kleine Mahlzeiten. Diese kleinen Mahlzeiten wechseln wöchentlich und stehen immer unter dem Thema eines Landes. (So gibt es in der einen Woche zum Beispiel mexikanisches Essen und in der nächsten italienisches.) Wir stellen den Kunden sehr bequeme Sitzmöglichkeiten bereit, um ihnen den Aufenthalt bei uns so angenehm wie möglich zu gestalten. Außerdem stellen wir WLAN und Steckdosen, damit wenn nötig auch gearbeitet werden kann. Wer analoge Medien bevorzugt, kann auch die bereitliegenden Zeitungen und Zeitschriften lesen.

Auch sanitäre Anlagen sind natürlich eingeplant.

Damit unsere Kunden Zeit sparen können, befindet sich in unserer Tankstelle ein kleiner Supermarkt, an dem kleine Einkäufe schnell und nebenher erledigt werden können.

Für die Kinder, die unsere Kunden eventuell mitbringen, gibt es im Innenbereich einen kleinen Spielplatz mit Bällebad (die Bälle sind in den Farben der TEAG gehalten), Rutsche und kleinen Maltischen. Außerdem können sie sich auch im bereits erwähnten kinderfreundlichen „Showroom“ aufhalten.

An unserer Tankstelle gibt es auch einen kleinen Außenbereich, der von Hecken eingegrenzt wird. Der Außenbereich ist sehr grün gestaltet. Wir wollen Bäume und Wiese pflanzen. Es wird einen weiteren Spielplatz mit Klettergerüst geben. Außerdem gibt es auch hier Sitzmöglichkeiten, auf denen man sein Essen zu sich nehmen kann. Der gesamte Außenbereich soll ein Fleckchen Natur darstellen.

Zusätzlich wollen wir den Kunden verdeutlichen, dass sie etwas Gutes tun, indem sie Elektroauto fahren. Wenn sie ihr Auto laden, wird ihnen in unserer App über ihr Handy neben dem Ladestand ihres Autos auch angezeigt, wie viel Kohlenstoffdioxid sie mit der aktuellen Menge Strom gespart haben. Bei Erreichen einer bestimmten Menge Strom, die die Kunden insgesamt an unserer Tankstelle schon gekauft haben, erhalten sie eine Vergünstigung.

5. Photovoltaikanlage

Die Aspekte, welche bei der Verwendung einer Photovoltaikanlage eine entscheidende Rolle spielen, sind zum einen die Art der Anlage, welche verwendet werden soll um einen möglichst großen Ertrag bei einem niedrigen Preis zu erwirtschaften. Zum anderen ist die Dimensionierung der Anlage wichtig, sodass diese überhaupt fähig ist maximale Leistung zu bringen. Bei der Art der Anlage haben wir uns eher auf die Erwirtschaftung eines hohen Ertrages konzentriert und den Preis vorerst als zweitrangig betrachtet. Nach Abwägung verschiedener Modelle, unter anderem Dünnschicht- und kristalline Modelle, haben wir uns für die Verwendung von quasi-monokristallinen Modulen entschieden. Diese gehören zur Gruppe der polykristallinen Module, welche im Gegensatz zu monokristallinen Modulen zwar preiswerter herzustellen sind, dafür aber aus vielen kleinen Siliziumkristallen bestehen. Dies bewirkt normalerweise einen höheren Energieverlust,

allerdings wurden die Kristalle der quasi-monokristallinen Module bei einem speziellen Verfahren in eine Richtung ausgerichtet, sodass die Module nun beinahe die gleichen Eigenschaften, besonders im Wirkungsgrad, wie monokristalline Module aufweisen. Mit der Auswahl dieses Modells konnten somit unsere Anforderungen nach einem hohen Ertrag nun auch noch zu einem niedrigen Preis erfüllt werden. Die Anlage erwirtschaftet auf einer Fläche von rund 1150-1200 Quadratmeter bei 700 Sonnenstunden jährlich circa 95500-96000 kWh im Jahr. Mit der Anlage können damit rund 5000€ Stromkosten jährlich eingespart werden. Die Photovoltaikanlage soll dazu verwendet werden um damit das Tankstellengebäude mit Strom zu versorgen und ein entstehender Überschuss soll in die Elektrolyseanlage eingespeist werden.

Nun stellt sich die Frage nach der Dimensionierung der Anlage und ihre Integration in das Design der Tankstelle. Optimal wäre eine leicht geneigte (30-35 Grad) Anbringung der Anlage auf dem Dach bei welcher Verschattung nach Möglichkeit vermieden werden sollte. Um diese Anforderungen zu erfüllen bot sich eine Installation auf dem flachen Dach des Tankstellengebäudes an. Dabei wollten wir darauf achten, dass die Anlage nach Süden hin leicht angekippt wird um einen optimalen Sonneneinfallswinkel zu erreichen. Wir beschlossen, die Anlage auf einem möglichst leichten und kompakten Gerüst zu installieren um Materialkosten zu sparen. Zusätzlich sollte die abgeschrägte Konstruktion auch noch einen guten Regenabfluss gewährleisten und die Ansammlung von übermäßig viel Schmutz vermeiden.

Neben den Anlagen auf dem Dach der Tankstelle sollen zusätzlich noch Anlagen auf den pilzartigen Überdachungen der Ladesäulen angebracht werden. Auch hier entschieden wir uns für die Verwendung der quasi-monokristallinen Module und versuchten eine leicht schräge Ausrichtung der Anlage durch ein kegelförmiges Design der Ladesäulenköpfe zu erreichen. Ursprünglich hatten wir die Idee durch Nachführsysteme, welche in die Ladesäulen integriert sein sollten den Ertrag der Anlagen noch um 45-55% zu steigern. Dazu sollte das Dach flach gestaltet werden und die einzelnen Solarmodule mit hydraulischen Kippvorrichtungen nach dem jeweiligen Sonnenstand hin ausgerichtet werden. Nach einer Analyse eines Sonnenstanddiagrammes der Stadt Erfurt überlegten wir zusätzlich noch die Dachflächen horizontal entsprechend der Himmelsrichtung des Sonnenstandes rotieren zu lassen. Allerdings kamen wir durch einige wirtschaftliche Berechnungen, in welche wir den Stromverbrauch und den Preis, sowie die Montage der zu verwendeten Motoren einbezogen zu dem Schluss, dass nur ein geringer Gewinn durch diese Optimierung zu erreichen ist. Zusätzlich würden auch noch Kosten zur Wartung der komplexen Anlage anfallen und Verluste durch Beschattung entstehen, die durch das Anstellen der einzelnen Solarpaneele entstehen würde. Trotzdem wollten wir eine Verwendung dieser Anlage nicht vollständig ausschließen und auf zukünftige Entwicklungen warten, die möglicherweise eine leichtere und kompaktere Konstruktion der Anlagen ermöglichen und den Gewinn damit steigern könnte.

Zuletzt betrachteten wir noch die wirtschaftliche Aufwendung der Photovoltaikanlage, welche neben den einfachen Materialkosten auch noch weitere Kosten beinhaltet. Bei Verwendung von quasi-monokristallinen Solarpaneelen auf einer Fläche von 1150-1200 Quadratmeter fallen allein für die Anlage Kosten von rund 170000€ an. Zusätzlich zu diesen Kosten entstehen auch noch Nebenkosten zur Wartung, Reparatur und

Versicherung der Anlage von rund 150-200 € jährlich. Ebenfalls ist auch noch der Einbau eines Wechselrichters notwendig und die Einkalkulierung von eventuellen Nebenkosten für Zubehör und spezielle Bauteile. Der Preis hierfür beläuft sich auf grob 3000-3500€. Letztendlich belaufen sich die Gesamtkosten der Anlage auf 173000-175000€.

6. Wasserstoffpufferspeicher und -tankstelle

Es gibt verschiedene Ausführungen der Wasserstoffpufferspeicheranlage, jeweils mit oder ohne Wasserstofftankstelle, die je nach den Standortfaktoren der Tankstelle angepasst werden können.

6.1 Elektrolyseur

Die Firma Hydrogenics bietet etliche verschiedene Elektrolyseanlagen, die mit einem Wirkungsgrad von ca. 70% arbeiten, mit unterschiedlichen Wasserstoffproduktionsmengen, allerdings mit ähnlichen Abmessungen, die denen von Schiffscontainern entsprechen, an. Von diesen sind die folgenden Geräte für diese Tankstelle geeignet:

6.1.1 HySTAT®-15-10

- 32 Kilogramm maximale Wasserstoffproduktion am Tag
- 80 Kilowatt Nennleistung
- ist für Standorte geeignet, an denen eine Wasserstofftankstelle überflüssig ist und nur der Pufferspeicher benötigt wird
- Größe eines TEU (Twenty-foot Equivalent Unit)

6.1.2 HySTAT®-60-10

- 130 Kilogramm maximale Wasserstoffproduktion am Tag
- 300 Kilowatt Nennleistung
- dieses System ist optimal für Standorte, die ein geringes Aufkommen an Wasserstoffautos aufweisen
- besitzt die Abmessungen eines FEU (Forty-foot Equivalent Unit)-Container, also doppelt so groß wie ein HySTAT®-15-10

6.2 Wasserstoffspeicher

Je nach der Tagesproduktion und dem Aufkommen an Wasserstoffautos ist der Speicher größenmäßig anzupassen. Für ein Gerät vom Typ HySTAT®-15-10 ist ein Speicher mit 100 Kilogramm Kapazität in Druckgasflaschen geplant. Für die größeren Systeme ist eine Speicherkapazität von 1000 Kilogramm, die sich modular erweitern lässt, vorgesehen. Diese Speicher haben den Vorteil, dass sie im Gegensatz zu Akkumulatoren keine Energieverluste aufweisen, außerdem wird bei der Herstellung weniger CO₂ emittiert und

weniger seltene Erden werden verbraucht.

6.3 Wasserstofftanksystem

Das Wasserstofftanksystem ist in einem Modul des Herstellers Hydrogenics integriert, das mit deren Elektrolyseanlagen kompatibel ist.

6.4 Brennstoffzellen

Zur Rückgewinnung der Energie aus dem Speicher, falls das Stromnetz an seiner Leistungsgrenze ist, sind Brennstoffzellen mit einem Wirkungsgrad von 70% vorgesehen, deren Leistung sich an der Gesamtleistung des Tankstellen-Systems orientiert. Da die Brennstoffzellen jedoch ungefähr 10 Sekunden brauchen um die Nennleistung zu erbringen, ist ein Akkumulator System notwendig, das diesen Zeitabschnitt überbrückt, wobei eine hohe Leistung bei geringer Kapazität benötigt wird.

6.5 System an diesem Standort

Für diesen Standort ist ein Gerät des Typs HySTAT®-60-10 geplant, da mit einer Auslastung von 1 bis 2 Wasserstoffautos pro Woche zu rechnen ist, wenn es ungefähr tausendmal so viele Elektrofahrzeuge wie Autos mit Wasserstoffantrieb gibt, was den aktuellen Statistiken entspricht, das in einem zweiten Modul eine Zapfsäule für Wasserstoff hat. Hierbei beträgt das Speichervolumen 1000 Kilogramm, also lässt sich eine Energie von circa 24 Megawattstunden speichern. Brennstoffzellen mit einer Leistung von 150 Kilowatt sind angemessen, da so genug Reserveleistung vorhanden ist, um den Netzanschluss signifikant zu entlasten. Dabei wird ein Gesamtwirkungsgrad von circa 48% erreicht. Eine höhere Leistung wird nicht benötigt, da es sich um ein Pufferspeichersystem handelt, das den Netzanschluss nur entlasten soll. Diese Leistung an Brennstoffzellen lässt sich mit Luftsauerstoff über ein Ventilationssystem versorgen, sodass der Sauerstoff aus der Elektrolyseanlage nicht gespeichert werden muss, sondern an die Luft abgegeben wird.

7. Kosten/Gewinnrechnung

Tankvorrichtung:	HPC=50.000€ * 3 Bedienungseinheit=25.000€ * 12 Fundament=2.500€ * 12 Kabel + Kabelgraben = 400€/m * 2.700m Gesamt = <u>525.000€</u>
Hausbau:	Leitung = 50€/m * 55m m ² =1.300€ * 910+ 7,5% Baunebenkosten Gesamt = <u>1.273.750€</u>
Pufferspeicher:	Elektrolysegerät = 100.000€ Speicher + Batterie = 30.000€ Gesamt = <u>130.000€</u>
Pilzbau:	Stahlpreis = 504€/T * 18T

PV-Anlagen
 Gesamt = 9.072€
 Fläche des Pilzes: $1/4 * (8)^2 * 0,8 = 40,2m^2$
 1 Kilowattpeak $8m^2$
 $40,2m^2/8m^2 = 5,0265 m^2$
 $1kWp = 1.100€ \rightarrow 1.100€ * 5,0265m^2 * 6$
 Gesamt: 33.175,21€
 Fläche des Hauses: $910m^2/8m^2 * 1.100€$
 Gesamt: 125.125€
 PV-Fläche: 158.300,21€
 Erdentsorgung: 200.000€
 Wasserstofftankstelle: $1.200.000€ \rightarrow$ Mit Förderung 800.000€
 Inneneinrichtung: 10.000€
 Nebenkosten (Personal,
 Steuern, Strom usw.) : 60.000€ (monatlich)

---- **GESAMTKOSTEN: 3.202.297€** ----

Umsatzberechnung:

$0,05€ * 0,7 * 175kw * 9 * 24h * 365t$ 482.895€ Jährliche Kosten

$0.25€ * 0,7 * 175kw * 9 * 24h * 365t$ 2.414.475€ Jährliche Einnahmen

Einnahmen – Kosten – Nebenkosten + Einnahmen von der H₂-Tankstelle
 → **1.223.580€ Jährlich** → **102.000€ monatlich**

Bei den errechneten Einnahmen wird ab dem dritten Jahr Gewinn erzielt.

8. Quellen

hystat-wasserstofftankstellen.pdf

<https://www.automobilwoche.de/article/20170118/NACHRICHTEN/170119880/wasserstoff-fahrzeuge-in-deutschland-warum-bisher-erst--brennstoffzellenautos-zugelassen-wurden>

http://europeanpowertogas.com/wp-content/uploads/2018/06/20180619_Hydrogenics_EU-P2G-Platform_for-distribution.pdf

Bundesanstalt für Straßenwesen: Verkehrszählungen zur A71 und B7

Bebauungsplan Bunsenstrasse Schwerborner Strasse (pdf)

Begründung Bebauungsplan bunsenstraße (pdf)

BauGB

<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>

<https://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-technik/photovoltaik-module-im-vergleich>

<https://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/photovoltaik/stromspeicher/lithium-ionen-akku.html>

<https://www.solaranlagen-portal.de/photovoltaik/preis-solar-kosten.html>

<https://www.solaranlage-ratgeber.de/wp-content/uploads/ratgeber-photovoltaik.pdf>

BEING INSIDE

Projektdokumentation

Gruppe 3

Datum:	25.03-29.03.2019
Gruppenmitglieder:	Louisa Barth; Julian Großmann; Lucia Günther; Samira Hiller; Nico Kroczek; Paul Laudien; Vincent Melisch; Julian Röpke; Paul Lukas Schmalenberg; Jakob Trojok
Teamcoach:	Nancy Hoyer
Fachcoaches:	Arne Fischer Bühner; Christoph Lux



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

Analyse des europäischen Elektroauto-Fahrzeug-Marktes bis 2023

Der Plan der deutschen Bundesregierung war, bis zum Jahr 2020 eine Millionen Elektrofahrzeuge in den deutschen Verkehr zu bringen. Im Jahr 2017 wurde diese Frist auf das Jahr 2022 verlegt, da sich deutlich abzeichnete, dass die eine-Millionen-Marke bis 2020 nicht erreicht werden kann. Im jetzigen Jahr 2019 ist die Entwicklung von Elektroautos im deutschen Verkehr immer noch stockend: Im Gegensatz zu Europas Spitzenreiter Norwegen mit 53,1% Elektroautos unter den Neuzulassungen waren in Deutschland nur ca. 1,9% der neu zugelassenen Autos rein elektrisch betrieben. Insgesamt gibt es momentan ca. 84.000 elektrische Autos auf Deutschlands Straßen.

Dennoch sagen viele Experten den Durchbruch der Elektromobilität auch in Deutschland voraus: Das Beraterunternehmen McKinsey sieht einen solchen Durchbruch vor allem durch sinkende Preise bei Anschaffung, Betrieb und Instandhaltung der Elektrofahrzeuge begründet. Außerdem wird sich die Reichweite der elektrisch betriebenen Autos, welche sich schon in den letzten Jahren steigern konnte, weiter signifikant erhöhen: Viele der aktuellen elektrisch betriebenen Autos sind für den Stadtverkehr ausgelegt, während kommende Modelle explizit für längere Strecken konzipiert werden und somit auch längere Strecken ohne erneutes Aufladen bewältigen können. Als Beispiel sei hier genannt, dass der Nissan Leaf im Jahr 2010 nur eine Reichweite von 175 km aufwies, während ein Renault Zoe heute schon auf etwa 400 km kommt.

Auch ist eine große Veränderung des Angebotes auf dem Elektroauto-Markt zu erwarten: Während heute die 11 größten Hersteller von Elektrofahrzeugen nur 30 verschiedene Modelle anbieten, sollen schon in den nächsten zwei Jahren 40 weitere Modelle folgen. Im Jahr 2025 soll es dann ein Angebot von ca. 100 Elektroautos geben. Auch heute schon steht jedoch eine Auswahl an verschiedenen Modellen zur Verfügung, wie z.B. der G-M: Microlino (ein 2-Sitzer mit einer Reichweite von 200 km) oder auch der VW ID Buzz Bulli (die elektrische Adaption vom kultigen VW Bulli).

Mit steigendem Angebot werden auch Elektroautos mit einer größeren Reichweite von 450 – 600km günstiger und daher für den Normalverbraucher lukrativ.

Auch der LKW-Markt wird künftig von Elektroauto-Firmen erschlossen: So stellte Tesla im vergangenen Jahr seinen elektrischen LKW vor, mit welchem die Kalifornier den Markt der Lastkraftwagen revolutionieren wollen.

Im Jahr 2013 wurde in den EU-Mitgliedsstaaten ein universelles Steckersystem für Elektroautos im Leistungsumfang von 1,9 kW bis 240 kW festgelegt, sodass seitdem jedes Elektroauto mit Steckern des Typ 2 laden kann. Da diese Stecker zumeist nur für das Aufladen mit Wechselstrom konzipiert sind, wurde außerdem die Schnittstelle CCS eingeführt, welche zusätzlich für das Aufladen mit Gleichstrom geeignet ist. Auch die Schnittstelle CHAdeMO, welche vor allem auf dem asiatischem Elektrofahrzeug-Markt verbreitet sind, etabliert sich auch in Europa immer weiter. Vor allem die drei eben beschriebenen Schnittstellen werden in der Zukunft eine enorm wichtige Rolle beim Laden von Elektroautos spielen und finden daher auch an unserer Tankstelle Beachtung (weitere Informationen finden Sie unter der Überschrift „Auswahl passender Hochleistungs-Ladetechnik“).

Des Weiteren ist besonders für den Bezahlvorgang die Kommunikation zwischen Auto, Ladepunkt und Kunden wichtig. Viele Autofirmen bieten daher Ladekarten an, welche beim Bezahlvorgang nur an den Ladepunkt gehalten werden müssen, die Abrechnung erfolgt gesammelt am Monatsende und am Ende des Monats wird der Betrag überwiesen. Doch der Trend geht dennoch zu noch einfacheren Methoden: So bietet z.B. Audi eine App an, mit der man den kompletten Bezahlvorgang ganz einfach über das eigene Mobiltelefon abwickeln kann. Firmen wie Tesla warten außerdem mit Services auf, bei welchen das Auto über eine Software die günstigste Route zur nächsten Schnellladestation berechnet.

Alles in allem liegt in dem europäischen Elektroauto-Markt durchaus großes Potenzial. In den nächsten Jahren werden die Preise mit steigendem Angebot sinken, wodurch auch in Deutschland die eine-Millionen-Marke der Elektrofahrzeuge in näherer Zukunft geknackt werden wird.

Konzept, Bauplan und Bau

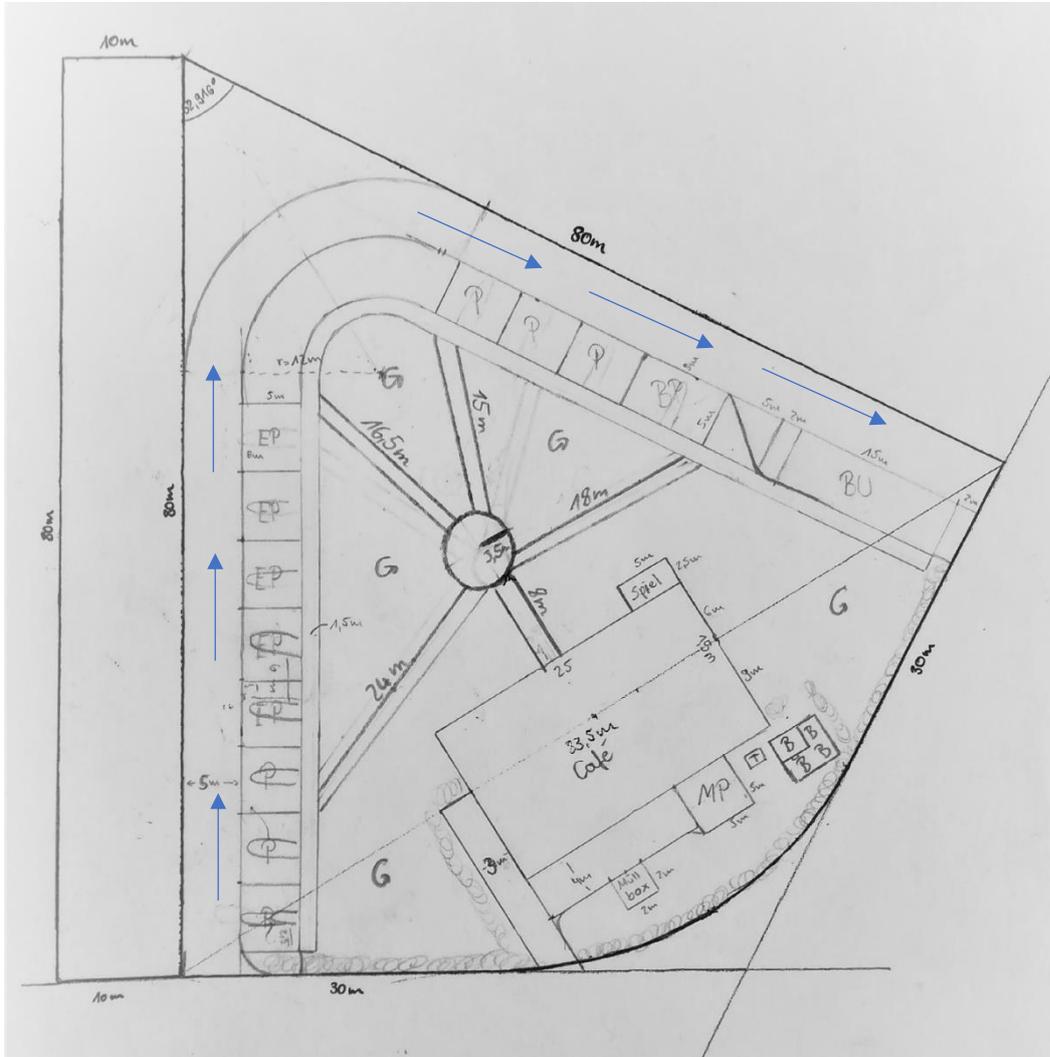


Abbildung 1: maßstabsgetreuer Entwurf des Gesamtkonzepts. Maßstab 1 : 500

Legende:

- P... Doppelparkplatz ohne HPC-Ladepunkt
- EP... Doppelparkplatz mit HPC-Ladetechnik
- BU... Busparkplatz mit HPC-Ladetechnik
- BP... doppelter Behindertenparkplatz mit HPC-Ladetechnik
- MP... Mitarbeiterparkplatz ohne HPC-Ladetechnik
- B... Batterien
- T... Transformator
- G... Grünfläche
- Spiel... Kinderspielplatz

Die Pfeile geben die Fahrrichtung auf der Einbahnstraße an.

- Aufgrund verkehrsgeografischen Situation Anfahrt vor allem von Bunsenstraße
 - Deswegen Einfahrt westliche untere Ecke und Ausfahrt in östlicher Ecke
- Einbahnstraße
 - Fünf Meter breit → Rangieren gewährleisten
- Parkbuchten senkrecht zur Fahrbahn und nach Grundstücksmitte orientiert
 - Doppelparkbuchten (5m x 5m) mit Bedachung und zwei Ladesäulen
 - Modularer Aufbau: Parkbuchten sind problemlos vervielfältigbar
 - Nicht alle Buchten mit Ladetechnik ausgestattet (Installation von HPC-Technologie mit steigender Nachfrage allerdings einfach möglich)
 - Behindertenparkplatz (8m x 5m)
 - Doppelparkplatz mit Ladetechnik und Bedachung
 - Barrierefreiheit
 - Busparkplatz (15m x 5m)
 - Einfacher Parkplatz mit Ladetechnik
 - Direkte Ausfahrt für Bus um flüssigen Verkehr zu gewährleisten
- Ausgedehnte Grünfläche zur Entspannung im Zentrum des Grundstücks
- Café für das leibliche Wohl der Kunden
 - Mit Feuerwehrezufahrt, Lieferantenzufahrt und Mitarbeiterparkplatz

Zur Versorgung der Kunden während des Ladevorgangs stellen wir ein Café inklusive Kinderspielplatz, Außenbereich und "Show-Room" zur Verfügung.

Das Café selbst ist komplett barrierefrei und verfügt über einen Verkaufsbereich sowie Sanitäreinrichtungen. Im großflächigen Sitzbereich sind Vitrinen verteilt, sodass Ausstellungsstücke rund um das Thema „Elektfahrzeuge“ während des Aufenthalts im Café komfortabel betrachtet werden können. Zusätzlich gibt es Platz für Infotafeln zu den Ausstellungsstücken und zur TEAG selbst (Inneneinrichtung des Cafés: Siehe Abbildung 2 auf Seite 5) Vom Außenbereich des Cafés aus ist sowohl der Kinderspielplatz als auch das Wege-Areal vor dem Café einsehbar.

Neben dem gastronomischen Teil werden im Café auch einige besondere Extras zum Verkauf angeboten: Als Beispiele dafür seien hier solarbetriebene Gadgets wie Spielzeug und Powerbanks oder recycelte Taschen aus LKW-Planen genannt.

Vor dem Café liegt eine ausgedehnte Grünfläche, welche als Wildblumenwiese mit einigen Kornelkirschen angelegt wird. Für diese Art der Begrünung fallen kaum Betriebskosten an, totes Holz der Kirschbäume kann auf einem Totholzstreifen neben dem Café geschichtet werden. Grünfläche und Totholzstreifen bieten somit einen optimalen Lebensraum für Insekten wie Bienen und zahlreiche Wintervögel, sodass das umweltfreundliche Image des Cafés weiter betont wird.

Auf der Grünfläche verteilt befinden sich Wege vom Café zu den Parkplätzen, welche sich in der Mitte treffen. Dort ist ein 3D-Modell der gesamten Tankstelle ausgestellt, sodass Besucher das gesamte Gelände auf einen Blick erfassen können.

Auf dem gesamten Gelände befindet sich momentan noch versiegelter und tragfähiger Boden, der bis in eine Tiefe von 3m aus Betonbruch besteht. Im Bereich des Cafés, sämtlicher Straßen und den Parkbuchten muss dieser bis in ca. 30 cm Tiefe mit einem Mineralgemisch als Tragschicht aufgefüllt werden um die folgenden Komponenten (Straße, Parkbucht, Fundamente) aufzusetzen. Im Bereich des zukünftigen Parks muss die versiegelte Bodenschicht über einen Bodenaustausch erneuert werden, um eine Bepflanzung und das Versickern von Wasser gewährleisten zu können.

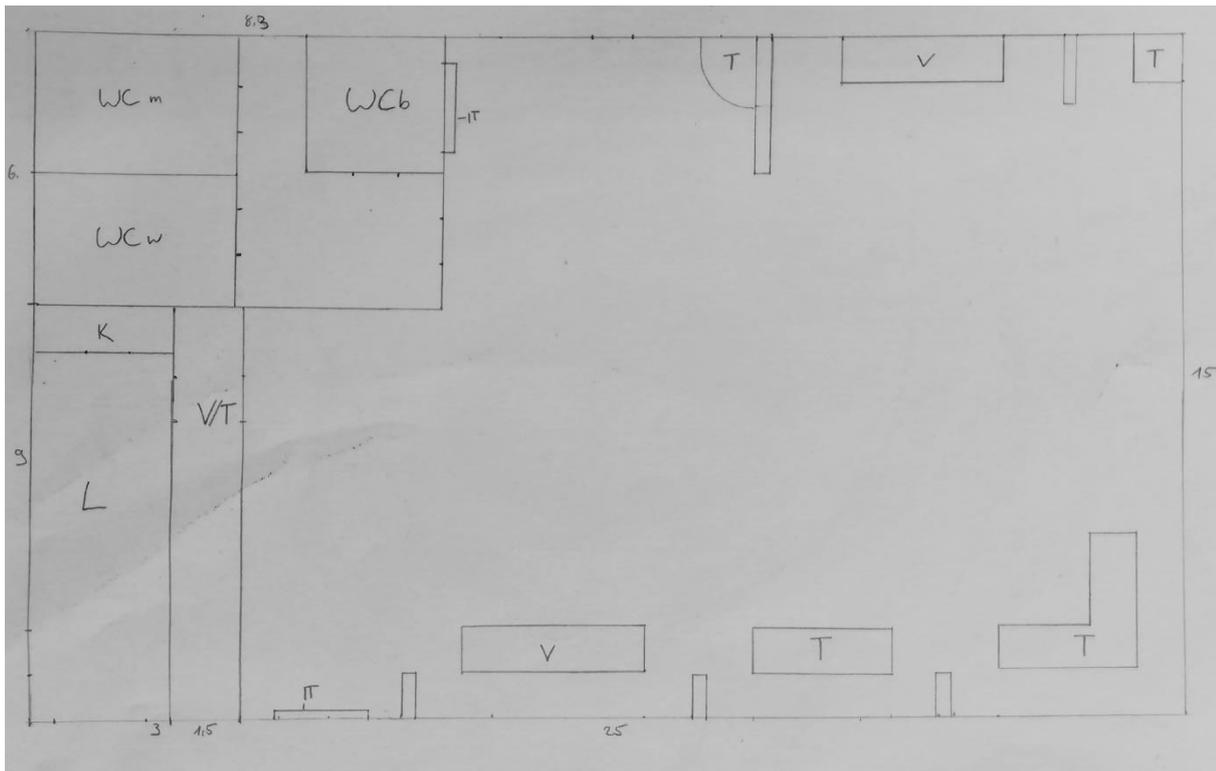


Abbildung 2: Maßstabsgetreuer Entwurf des Cafés. Maßstab 1 : 100. Je nach Belieben ist die Platzierung weiterer Tische und Vitrinen möglich.

Legende:

- T... Tisch
- V... Vitrine
- IT... Infotafel
- WC... Toilette (w = weiblich, m = männlich, b = barrierefrei)
- V / T... Verkauf / Theke
- L... Lager
- K... Kühlschrank

Sicherheit

Im Café befinden sich zwei Notausgänge (im Lager und beim Eingang); zusätzlich sind alle verbauten Fenster als Rettungswegfenster zulässig. Zudem ist das Café mit Rauchmeldern und Feuerlöschern ausgestattet. Eine Feuerwehrezufahrt befindet sich an der linken Seite des Cafés, sodass ausreichender Brandschutz gewährleistet werden kann. Des Weiteren werden die Lithiumbatterien in einem separierten, feuerhemmenden Raum gelagert, damit es im Brandfall nicht zu einer größeren Brandentwicklung kommen kann.

Auswahl passender Hochleistungs-Ladetechnik

Nach intensiver Recherche haben wir uns schließlich für Hochleistungs-Ladetechnik des Unternehmens Asea Brown Boveri (ABB) entschieden. Konkret haben wir für unsere Tankstelle mit Schnellladestationen des Typs Terra 53 CJG geplant: in einer Ladezeit von lediglich 15 bis 30 Minuten können alle aktuellen Elektrofahrzeuge geladen werden, da die Ladestationen Terra 53 CJG sämtliche gängige Standards unterstützen: Sie sind mit CCS, CHAdeMO sowie Typ 2 AC kompatibel.

Von Vorteil ist dabei auch, dass sowohl E-Fahrzeuge mit 400V-, als auch solche mit 800V-Batterie geladen werden können. Ausschlaggebend für die Entscheidung für Produkte von ABB war dabei vor allem das Dynamic DC-System, welches eine dynamische DC-Verteilung zwischen mehreren Leistungseinheiten bereitstellt und somit garantiert, dass gleichzeitig mehrere leistungsstarke E-Fahrzeuge mit optimierter Netzverbindung laden können. In unserer Tankstelle verwenden wir daher Terra HP Dynamic DC Leistungseinheiten. Wir verbinden jeweils zwei Leistungseinheiten und verbinden jede Leistungseinheit mit einem Ladepunkt. Laden nun an beiden Ladepunkten Autos, so stehen jedem Auto 160kW zur Verfügung; ist dagegen nur ein Ladepunkt besetzt, so kann das entsprechende Auto sogar mit 320kW geladen werden. Es stehen 5 normale Doppelparkplätze mit je zwei Ladepunkten sowie ein Behindertenparkplatz (ebenfalls für zwei Autos ausgelegt) zur Verfügung. Zusätzlich steht ein Ladepunkt für einen Bus bereit: Dabei sind zwei Leistungseinheiten verbunden und verfügen über einen gemeinsamen Ausgang, sodass der Bus mit 320kW beliefert werden kann. Ein weiterer entscheidender Vorteil der Technologie von ABB ist die unkomplizierte Aufrüstung der Schnellladesysteme: Mit zunehmender Ladeleistung der Fahrzeuge kann die Leistung der Schnellladestationen problemlos auf bis zu 460kW erhöht werden, indem einfach weitere Leistungseinheiten zum bereits vorhandenen System hinzugefügt und entsprechend verkabelt werden. Nicht zuletzt wirkte sich auch die einfache Bedienung der Ladepunkte auf unsere Entscheidung für Terra HP aus: durch Eigenschaften wie ein tageslichtlesbares Touchscreen-Display und Konnektivität mit den internetbasierten ABB Connected Services zeichnet sich Terra 53 CJG als besonders nutzerfreundlich aus.

Wasserstofftanksäulen für Brennstoffzellen-Fahrzeuge

Wir haben uns zum momentanen Zeitpunkt gegen eine zusätzliche Wasserstofftanksäule für Brennstoffzellen-Fahrzeuge entschieden. Diese Entscheidung liegt darin begründet, dass zum einen in Deutschland bis dato lediglich um die 320 Brennstoffzellenfahrzeuge angemeldet sind, von denen einige zudem noch Test- bzw. Vorführwagen sind. Die Nachfrage nach solchen Wasserstofftanksäulen ist daher sehr gering. Weiterhin ergaben unsere Recherchen, dass in Erfurt bereits eine komplette Wasserstofftankstelle in der Genehmigungsphase ist und bis Sommer 2019 realisiert werden soll, sodass die ohnehin schon geringe Nachfrage nach Wasserstofftanksäulen in Erfurt bereits absolut hinreichend abgedeckt wird. Ein weiteres Argument gegen eine Wasserstofftanksäule sind die enormen Kosten einer solchen Anlage, welche sich durch den einheitlich festgelegten Verkaufspreis an den Endverbraucher von 9,50€ pro kg H₂ keinesfalls rentieren. Zudem sind derzeit sämtliche Aufrufe zur Einreichung von Anträgen zur Förderung der Errichtung von H₂-Tankstellen geschlossen, sodass mit keinerlei Fördergeldern zu rechnen wäre. Daher haben wir uns zum jetzigen Zeitpunkt mit Vorbehalt gegen eine zusätzliche Wasserstofftanksäule entschieden. In Zukunft werden jedoch aller Wahrscheinlichkeit nach wieder Fördergelder zur Verfügung stehen, sodass mit steigender Nachfrage und mit ausreichend Fördergeldern problemlos eine Wasserstofftanksäule im linken oberen, bislang noch un bebauten Teil des Geländes errichtet werden kann.

PV-Anlage

Um die Natur langfristig zu entlasten, muss man grün denken. Dafür eignen sich PV-Anlagen hervorragend, da diese Energie nachhaltig produzieren. Wir haben uns dabei für das Model S19G275 des Herstellers aleo solar AG entschieden, da dieses einen hohen Wirkungsgrad von 16,7% aufweist und zudem ein Preis-Leistungsverhältnis besitzt, welches von vergleichbaren Modellen nicht annähernd erreicht wird.

Platztechnisch ist es nicht möglich, allein durch Solarpanels den gesamten Strom für die Ladung der E-Autos bereitzustellen. Daher sehen wir lediglich eine teilweise Versorgung des Cafés durch Solarenergie vor, bei der das Dach des Cafés mit Solarpanels bestückt wird. Die Solarpanels werden so aufgestellt, dass sie für die Kunden deutlich sichtbar sind und daher auch als dekoratives Element in

der Tankstelle dienen. Es soll eine Batterie zur Speicherung des überschüssigen Stroms eingesetzt werden, damit auch nachts und bei keiner Sonneneinstrahlung die Energieversorgung des Cafés unterstützt werden kann.

Im Folgenden ist eine Rechnung der zur erwarteten Energieproduktion der Solarzellen dargestellt:

- Anzahl der Ladestationen: 13
- durchschnittliche Leistung je Ladestation: 160kW
- Fläche der Solarfelder: 375m²
- Wirkungsgrad der PV-Anlage: 16,7% (Modell S19G275)
- Globalstrahlung pro Jahr: 1130kWh/m²
pro Tag: 3,1kWh/m²
- durchschnittliche Tages-Energie auf 375m²: 3,1kWh/m² * 375m²= 1162,5kWh
- durchschnittlich produzierte Energie pro Tag: 1162,5kWh * 0,167=194,14kWh

Somit ergibt sich, dass die PV-Anlage an einem Tag ungefähr 194,14kWh produziert. Theoretisch kann das Restaurant im Jahr unter Idealbedingungen also fast 71 000kWh verbrauchen. Allerdings ist dieser Wert nicht als komplett realistisch anzusehen, da im Sommer wesentlich mehr Energie produziert werden kann als im Winter.

Batterien für Lastspitzenverringerng & Solarenergie

Vor der konkreten Auswahl der Batterien betrachteten wir verschiedene Varianten zur Energiespeicherung. Da die Batterien zum Kappen der Lastspitzen häufig auf- und entladen werden, ergaben sich die Forderungen nach hoher kalendarischer und zyklischer Lebensdauer, hoher Speicher- und Leistungsdichte sowie geringer Entladedauer. Primärsysteme entfallen somit aufgrund bedingter / keiner Wiederaufladbarkeit. An Sekundärelementen schlossen weiterhin wir Nickel-Akkumulatoren aufgrund der EU-Einschränkungen und der Benötigung seltener Erden bei einigen Ausführungen aus.

Weitere Batterientypen verglichen wir u.a. unter folgenden Aspekten:

Kriterien	Lithium-Ionen-Batterien	Bleisäure-Batterien	Natrium-Schwefel-Batterien	Hybrid-Flow-Batterien
MW	1kW-10MW	1kW-10MW	30kW-10MW	50kW-20MW
MWh	1kWh-10MWh	1kWh-1MWh	100kWh-100MWh	-
Wh/kg	60-200	30-50	100-250	75-85
Entladedauer	Stunden-Wochen	Sekunden-Tage	Stunden-Tage	Stunden
Lebensdauer kalendarisch	5-20 Jahre	3-15 Jahre	10-15 Jahre	5-10 Jahre
zyklisch	1000-15 000	250-1 500	1 000	1 000-3 650
Wirkungsgrad	85-95	75-90	70-85	65-75
Weiteres		Alterung	hohe Betriebs-temperaturen	aufwendige Systemtechnik

Auf Basis dieses Vergleiches legten wir uns auf Lithium-Ionen-Batterien fest. Dabei verwenden wir prismatische Formate, da sich diese aufgrund ihrer vergleichsweisen günstigen Kühlung, Energiedichte und gewährleisteten Sicherheit als ideale Gesamtlösung präsentieren.

Zur Verringerung der Lastspitzen entschieden für uns das Angebot von Tesvolt (Tevolt TS HV 70). Dabei waren lange Garantiezeiten und die Möglichkeit zum Recycling durch Rückgabe an den Hersteller ausschlaggebende Vorteile. Auch die Tatsache, dass sich das Batteriesystem, bestehend aus

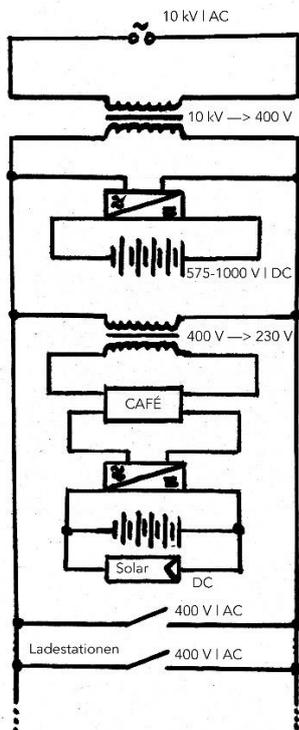
einem Wechselrichter sowie bis zu vier Doppelschränken mit Batterien, bis zu 20 Mal an ein Stromnetz anschließen lässt, ist von Vorteil: Somit ist es an kleinere sowie an größere Auslastungen des Stromnetzes, wie sie z.B. bei Erhöhung der Anzahl der Ladepunkten auftritt, anpassbar. Die eingesetzten Li-MNC-Batterien sind aufgrund sehr geringer Selbsterhitzung geeignet.

Für die Batterien, die der Speicherung von der Solarenergie dienen sollten, verglichen wir ebenfalls verschiedene Angebote, bei denen wir u.a. die folgenden Aspekte berücksichtigten:

Kriterien	Varta Eisenphosphat	Hoppecke	Tesvolt	Pylontech Eisenphosphat
Kapazität	3,7-13,8 kWh	11 kWh	10 kWh	16,8 kWh
Modularität	ja	nein, aber größere Modelle im Angebot	nein, aber größere Modelle im Angebot	ja
Leistung	4,0 kW	k.A.	max. 6,9 kW	k.A.
Gewicht	110 kg	370 kg	230 kg	168 kg
Lebensdauer		10 Jahre 2 500	5 000 - 8 000	> 10 Jahre > 4 000
Garantie	7/10 Jahre	k.A.	10 Jahre	5 Jahre
Maße (lxbxh)	0,6 x 1,85 x 0,4	0,83 x 0,39 x 0,9	0,5 x 0,6 x 1,0	0,14 x 0,45 x 0,4

Mit größeren Modellen von Tesvolt können bis bis zu 120kWh ohne Erweiterung abgedeckt werden, sodass wir uns klar für diese Batterien von Tesvolt entschieden haben. Zur Preiskalkulation der Batterien zogen wir aufgrund mangelnder Angaben vom Hersteller vergleichbare Angebote (z.B. von Pylontech) zu Rate.

Schaltplan



- die Ausgangsspannung der vorliegenden Stromleitung wird durch den Transformator zu 400V umgewandelt (400V = von den Leistungseinheiten benötigte Spannung)
- im Sekundärstromkreis sind Batterien, Caféanschluss und Ladestationen parallel geschaltet, um Unabhängigkeit voneinander zu gewährleisten
- zu den Batterien verläuft der Anschluss durch einen Wechselstromrichter, der auf den benötigten Gleichstrom umschaltet und auf die geeignete Lade- / Entladespannung transformiert
- zum Café verläuft der Anschluss durch einen weiteren Transformator, der von 400 V auf die übliche Haushaltsspannung (230V) umschaltet
- die Ladestationen sind alle direkt im Sekundärstromkreis angeschlossen und zueinander parallelgeschaltet
- die Solaranlage ist an eine Solarbatterie angeschlossen, welche ggf. überschüssige Energie speichert; durch einen Wechselrichter wird auch die Verbindung zum Café hergestellt, sodass neben der Stromleitung auch Solarenergie zum Betrieb benutzt werden kann; es ist nicht vorgesehen, die Solaranlage an das Stromnetz anzuschließen, da der produzierte Strom vollständig durch das Café verbraucht wird

Wirtschaftlichkeitsrechnung

Abteilung	Objekt	Stck.	m/m ²	Preis pro Stck.	Preis insg.	Preis inkl. MwSt.
Technik	SMA Wechselrichter	2		2.000,00 €	4.000,00 €	4.760,00 €
	Lithiumspeicher Tesvolt	2		100.000,00 €	200.000,00 €	238.000,00 €
	Lithiumspeicher Solarenergie	1		60.000,00 €	60.000,00 €	71.400,00 €
	Tranformator	1		50.000,00 €	50.000,00 €	59.500,00 €
	Tranformator Café	1		100,00 €	100,00 €	119,00 €
	Solarzellen		375	42,13 €	15.798,75 €	18.800,51 €
	Leistungseinheiten	14		50.000,00 €	700.000,00 €	833.000,00 €
	Bedieneinheiten	13		25.000,00 €	325.000,00 €	386.750,00 €
	Kabel zw. Zwei Einheiten		35,3	200,00 €	7.060,00 €	8.401,40 €
	Tiefbau/Fundament	27		2.500,00 €	67.500,00 €	80.325,00 €
	Kabelgraben		35,3	200,00 €	7.060,00 €	8.401,40 €
	Laternen	12		234,33 €	2.811,96 €	3.346,23 €
					Total Technik:	1.439.330,71 €
Park	Asphalt Straße		1249	80,00 €	99.920,00 €	
	Fußgängerweg		350	20,00 €	7.000,00 €	
	Cornelkirsche	5			29,95 €	
	Wildblumenwiese	50			298,90 €	
	Totholzstreifen / Benjeshecke					
	Knötterich	6			33,53 €	
	Hecken (Tuja)	23			68,77 €	
	Braunerde		488		45.603,20 €	
	Bodenaushhebung		925	120,00 €	111.000,00 €	
					Total: Park	263.954,35 €
Café	Boden		375	37,00 €	13.875,00 €	
	Fenster				2.783,00 €	
	Wände				15.634,00 €	
	Mülleimer	6		160,00 €	960,00 €	
	Flachdach		375	50,00 €	18.750,00 €	
					Total: Café	52.002,00 €
Parkplatzdach	Stahlträger	12		138,50 €	1.662,00 €	
	Fundament Stahlträger	12		5.000,00 €	60.000,00 €	
	Glas		465	90,62 €	42.138,30 €	
				Total Parkplatzdach:	103.800,30 €	
				Total:	1.859.087,36 €	
				Total inkl. MwSt:	2.212.313,96 €	

Tabelle 1: Materialkosten unserer High-Power-Charging-Elektrotankstelle.

Folgende Kosten und Umsätze zur Finanzierung unserer Tankstelle ergeben sich:

Ausgaben:

- Materialkosten: [genaue Berechnung: siehe Tabelle 1] = 1.859.087 €
- Baukosten: = 3.000.000 €
- Personalkosten: $10(\text{€/h}) \cdot 8(\text{h/d}) \cdot 4[\text{Arbeiter}] \cdot 365(\text{d})$ = 116.800 €
- Strom Café¹: $230(\text{kWh/m}^2) \cdot 375(\text{m}^2) \cdot 0,3(\text{€/kWh})$ = 25.875 €
- Wasser Café: $20(\text{l}/(\text{Gast} \cdot \text{d})) \cdot 200(\text{Gäste}) \cdot 0,002(\text{€/l}) \cdot 365(\text{d})$ = 3.000 €
- Heizung Café: $1,03(\text{€/}(\text{m}^2 \cdot \text{Monat})) \cdot 375\text{m}^2 \cdot 12(\text{Monate})$ = 4.635 €

¹ Da die Leistung der Solaranlage nicht konstant ist, wurde diese für die Berechnung vernachlässigt.

Einnahmen:

- Verkauf Café: $200(\text{Kunden/d}) \cdot 365(\text{d}) \cdot (5[\text{€}] - 2[\text{€}]) = 219.000 \text{ €}$
- Verkauf Ladesäulen: $50(\text{kWh}) \cdot 200(\text{Kunden/d}) \cdot 365(\text{d}) \cdot \Delta\text{Preis}[\text{Verkauf}_{1\text{kWh}} - \text{Ankauf}_{1\text{kWh}}]$

Je nachdem wie lange es dauern soll, bis die Anlage sich refinanziert hat, kann ΔP , also die Differenz zwischen dem Einkaufspreis und dem Abgabepreis für 1kWh, angepasst werden:

- Für $\Delta P =$
- 0,05(€) → Gewinn durch Ladestationen = 182.500 €/a
 - 0,10(€) → Gewinn durch Ladestationen = 365.000 €/a
 - 0,15(€) → Gewinn durch Ladestationen = 547.500 €/a
 - 0,20(€) → Gewinn durch Ladestationen = 730.000 €/a

Für die Berechnung von der benötigten Differenz zwischen Einkaufspreis und Abgabepreis für 1kWh (ΔP in Euro) in Abhängigkeit der Zeit t (in Jahren), in welcher die Anlage refinanziert werden soll, ergibt sich folglich die Funktionsgleichung:

$$\Delta P = \left(\frac{4.859.000}{t} - 68.690 \right) / 3.650.000$$

Ausgewählte Beispiele:

Für $\Delta P =$	0,10€	0,15€	0,20€	0,25€	0,3€	0,35€
beträgt $t =$	13,3a	8,9a	6,6a	5,3a	4,4a	3,8a

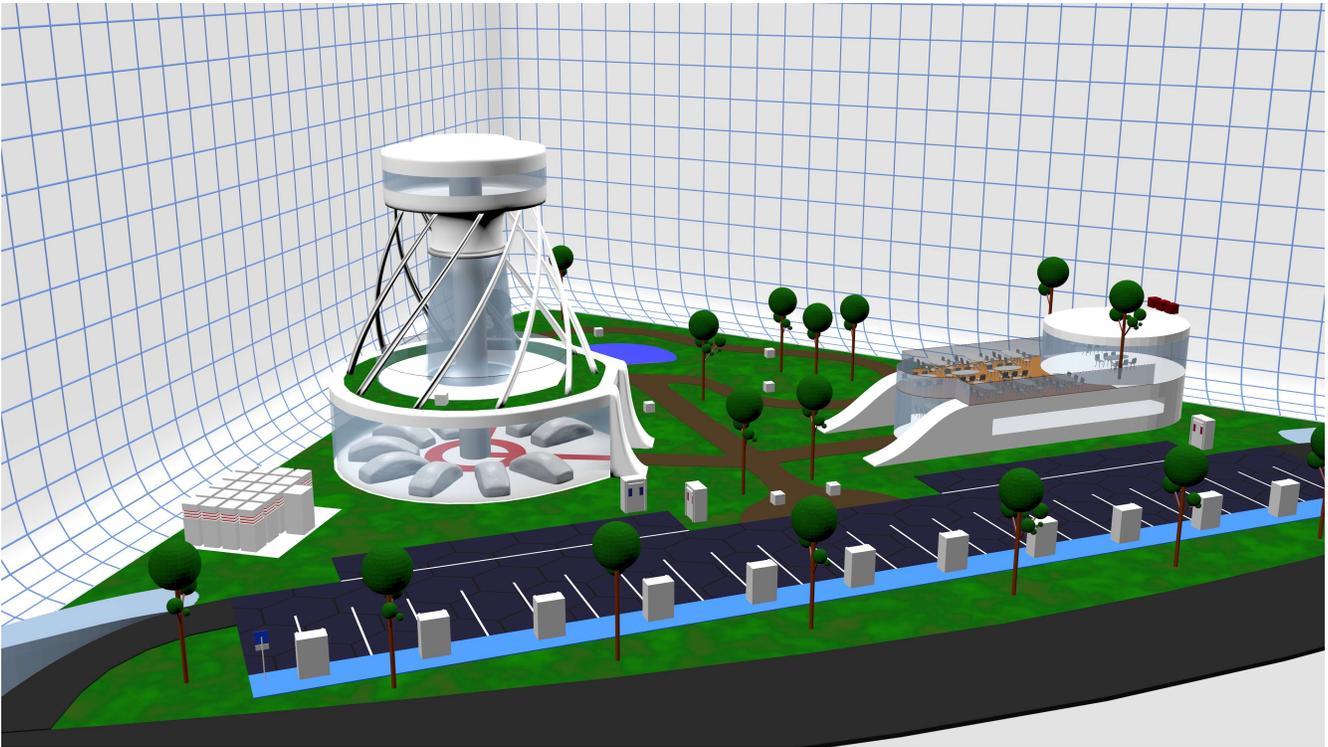
Förderungsmöglichkeiten

Für unsere High-Power-Charging-Elektrotankstelle können zahlreiche Förderungen beantragt werden: So ist beispielsweise die TÜV Rheinland Consulting GmbH bereit, bis zu 40% der Kosten für Maßnahmen zum Ausbau der elektromobilen Infrastruktur durch Zuschüsse zu finanzieren. Allein durch diese Förderung können ca. 500.000€ bis 600.000€ der Baukosten unserer Tankstelle refinanziert werden.

Zudem unterstützt die Thüringer Aufbaubank den Bau von Photovoltaikanlagen, indem sie bis zu 25% der dabei entstehenden Kosten übernehmen. Somit können wir weitere 3.950€ durch Förderung gewinnen.

Um den Ausbau der Ladeinfrastruktur für elektrisch angetriebene Fahrzeuge zu fördern, gewährt die Bundesanstalt für Verwaltungsdienstleistungen Zuschüsse für Ladepunkte und Netzanschlüsse. Dadurch sind weitere 200.000€ bis 250.000€ der Baukosten unserer Tankstelle förderungsfähig.

TEAG - FutureFuel



Gruppe: 4
Mitarbeiter: Dachwitz, Lukas; Gonsior, Benjamin; Keller, Florian; Kurze, Max; Lehmann, Hannah; Müller, Julian; Paschedag, Jan; Phillip, Charlotte; Schwabe, Justin; Vossberg, Alexander
Gruppenleiter: Sekeres, Karolina
Fachcoaches: Brych, Daniel; Weyers, David

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	Seite 3
2. Marktanalyse des E-Automarktes 2019	Seite 3
3. Prognosen	Seite 3
4. Tankstelle der Zukunft-Modell	Seite 4
4.1. Gebäude	
4.2. Parkbereich	
4.3. Außenbereich	
4.4. Modularer Aufbau	
5. Verbaute Technik	Seite 4
5.1. Ladestation	
5.2. Solar Roadways	
5.3. Energiespeicher	
5.4. Wasserstofftankstelle	
6. Parkplatz und Tiefgarage	Seite 6
7. Gebäude und Angebote	Seite 7
7.1. Lehrpfad	
7.2. Bienenvolk	
7.3. Showroom	
7.4. GreenTech-App	
7.5. P&R	
7.6. Self-Service-Station	
8. Wirtschaftlichkeit	Seite 8
8.1. Kostenrechnung	
8.2. Sicherheitsservice	
9. Fazit	Seite 8
10. Bibliographie	Seite 9

1. Einleitung

Bei der Planung unserer Tankstelle lagen die Schwerpunkte von Anfang an auf Umweltfreundlichkeit und Effizienz. Dementsprechend haben wir nicht nur neueste Technik sondern auch Möglichkeiten zum Umweltschutz geschaffen. Auch haben wir uns darauf konzentriert, unseren Kunden und Kundinnen statt einem Parkplatz-Gefühl eine parkähnliche Atmosphäre zu bieten. Dies wird mit Hilfe der großen Grünflächen und den verschiedenen Beschäftigungsangeboten erreicht, die während des Tankens verfügbar sind.

2. Marktanalyse des E-Automarktes 2019

Momentan gibt es auf dem E-Automarkt 26 PKW-Modelle von 16 verschiedenen Herstellern. Laut KBA entspricht das 0,1 % des gesamten Fahrzeugmarktes.¹ Allerdings wird davon ausgegangen, dass bis 2023 zwischen 0,8 und 2 % des Marktes aus E-Automodellen besteht. Dabei beträgt die aktuelle Reichweite im Durchschnitt zwischen 150 und 300 km, wobei es einige Modelle gibt, die außerhalb dieses Bereichs liegen. Bis 2023 soll die Reichweite standardmäßig auf 300 km erhöht werden. Die üblichen Ladetypen sind AC: Typ 2, DC: CCS (Combined Charging System) und der DC: Supercharger. Zusätzlich zu den Prognosen versprechen Unternehmen wie Tesla, Daimler, BMW und VW einen starken Ausbau ihrer E-Fahrzeugflotte bis 2023.²

Bei LKWs sieht es ähnlich aus. Momentan beträgt der Anteil von E-LKWs am Gesamtmarkt circa 0,2 %.³ Auch dabei handelt es sich um einen verschwindend geringen Betrag, wobei auch hier die Prognosen sehr positiv sind und einen starken Ausbau versprechen. Vor allem die Firmen Mercedes, Tesla und MAN sind Vorreiter auf diesem Gebiet. Zusätzlich beschäftigen sich auch einige Start-Ups mit diesem Thema. Die Speicherform der Energie des Tanks besteht vorrangig aus Wasserstoffzellen und Batterien. Mithilfe dieser wird eine Reichweite bis 2023 von 500 km angestrebt. Die vorherrschende Ladetechnologie ist dabei CCS.⁴

Zur Kommunikation zwischen E-Auto und Ladesäule wird standardmäßig OCPP (Open Charge Point Protocol) verwendet. Es wird weltweit verwendet und ermöglicht zusätzlich eine herstellerunabhängige Kommunikation zwischen verschiedenen Verrechnungs- und Management-Systemen mit dem bereits erwähnten Ladestationen und E-Autos.

3. Prognosen

Laut der Statistik des KBA fuhren 2018 ca. 54.000 Elektroautos auf den deutschen Straßen.⁵ Unter Betrachtung der zugrundeliegenden Tendenz und dem Ziel der deutschen Bundesregierung im Jahr 2023 diese Zahl auf 1.000.000 zu steigern, gehen wir von ca. 372.000 E-Fahrzeugen im Jahr 2023 aus. Dieser Teil macht aktuell rund 0.8-2.1% der Gesamtzahl der Autos in Deutschland aus. Die Autobahn Kreuzung durchfahren laut der Statistik des BASt rund 30.000 Autos pro Tag.⁶ Laut unserer Berechnungen sind davon 240-400 Elektrofahrzeuge. Davon kommen wiederum ca. 40%-70% zu uns. Das wären ca. 100-280 pro Tag. Da die meisten Kunden von 6:00-22:00 Uhr tanken gehen, ergibt sich somit ein Stundendurchschnitt von 6.25-17,5 Elektroautos pro Stunde. Zu Peakzeiten lässt sich vom 2-3-fachen Wert ausgehen. Somit hätten wir ein maximal Aufkommen von bis zu 52 E-Autos am Tag. Anhand dieser Zahlen benötigt unsere Tankstelle ca. 20 Schnellladestationen und 30 weitere Ausbaumöglichkeiten.

1 KBA: https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/2018_b_umwelt_dusl.html?nn=663524 (25.03.2019);

2 ADAC: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/e-mobilitaet/kaufen/elektroautos-uebersicht/> (26.03.2019);

3 KBA: https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/2018_b_umwelt_dusl.html?nn=663524 (25.03.2019);

4 ADAC: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/e-mobilitaet/kaufen/elektroautos-uebersicht/> (26.03.2019);

5 KBA: https://www.kba.de/DE/Home/home_node.html (28.04.2019);

6 BASt: https://www.bast.de/BASt_2017/DE/Home/home_node.html (28.04.2019);

4. Tankstelle der Zukunft-Modell

Zur besseren Vorstellung unserer Pläne für die Tankstelle und unseres Grundstückes digitalisierten wir unsere visuellen Vorstellungen mit Hilfe des 3D-Animationsprogramms Blender. So war es uns möglich unser Grundstück dreidimensional darzustellen und die einzelnen Bestandteile in ihrer Form und Größe an das Grundstück anzupassen. Insgesamt sind 2 Gebäude, eine Tiefgarage, ein Parkplatz, eine Parkanlage mit Teich und die Speichereinheiten auf dem Grundstück geplant. Im Folgenden werden die Gebäude sowie die anderen auf dem Grundstück befindlichen Bauwerke in ihrer Architektur und ihrem Nutzen genauer betrachtet.⁷

4.1. Gebäude

Die beiden bereits angesprochenen Gebäude befinden sich im mittleren Teil des Grundstücks. Dabei wurden beide in einem sehr futuristischen Stil entworfen, wobei ein Gebäude eher eine rundliche und das andere eine in die Länge gestreckte Form annimmt. Während das längliche 250m² große Gebäude mit seiner 150m² großen Dachterrasse die Funktion eines Restaurants übernimmt, deckt das runde Gebäude mehrere Funktionen ab. Neben einem Büro und Verwaltungsraum im obersten Geschoss befinden sich eine öffentlich begehbare Dachterrasse und ein 240m² großer „Showroom“ im Gebäude, in welchem neue Modelle der E-Wagen Anbieter vorgestellt werden können.

4.2. Parkbereich

Zum 72 Parkplätze umfassenden Parkbereich gehören eine Tiefgarage und ein darüber liegender Parkplatz. Die Tiefgarage ist mit 46 und der Parkplatz mit 24 Parkplätzen plus 2 Lkw-Parkplätzen vorgesehen. Dabei befinden sich alle Schnelllader, 20 Stück an der Zahl auf dem Parkplatz wobei aber auf 50 Schnelllader ausgebaut werden kann. Die Langsamlader befinden sich aus Schattengründen unter der Erde in der Tiefgarage.

4.3. Außenbereich

Zwischen den Gebäuden befindet sich eine kleine Parkanlage mit Teich, welche bis in den hinteren Teil des Grundstückes reicht. Genutzt wird diese für einen kleinen Rundgang, welcher die Kunden unserer Tankstelle über das Projekt informieren soll. Dafür sind mehrere Informationstafeln vorgesehen, welche über das ganze Grundstück verteilt sind.

4.4. Modularer Aufbau

Um die Flexibilität unserer Tankstelle zu sichern, lässt sich unsere Tankstelle in Module aufteilen, welche jederzeit ersetzbar oder ausbaubar ist. Damit können wir auch in der Zukunft schnell unsere Tankstelle ausbauen, falls der Bedarf steigen sollte. Die wichtigsten Module sind die Ladestationen, welche wir in langsame und schnelle Module aufgeteilt haben. Weiterhin gibt es ein Wasserstofftankmodul welches das Wasserstofftanksäule ermöglicht.

5. Verbaute Technik

5.1. Ladestationen

Zur Zeit existieren fünf unterschiedliche Ladetechnologien für Kraftfahrzeuge. In Deutschland sind CCS Combo 2, Typ 2 und CHAdeMO am weitesten verbreitet. Aus diesem Grund haben wir uns für die Terra CP 500 Ladepunkteinheiten der Firma ABB entschieden. Diese unterstützen sowohl CCS als auch

⁷ Auf dem beigelegten Stick liegt das maßstabgetreue Modell als Blender-Datei.

CHAdEMO. Mit einer Maximalleistung von 175 kW pro Leistungseinheit sind diese Stationen auch für die Zukunft gerüstet und mit einer weiteren Leistungseinheit auf 350 kW aufrüstbar. Da die Batterieleistung der modernen Elektrofahrzeuge auch in naher Zukunft die 100 kW nicht übersteigen wird und maximal 85% der maximalen Leistung genutzt wird, sind diese Ladesäulen auch für die Zukunft die beste Wahl.

Um bei den steigenden Zahlen der Elektrofahrzeuge auch in Zukunft noch genug Kapazität zu bieten, ist die Tankstelle mit einer Maximalzahl von 72 Ladern ausstattbar.

Zur Eröffnung der Tankstelle werden alle Grundlagen dafür bereitgestellt, jedoch erstmal mit einer Anzahl von 18 HPC Ladern mit 175 kW, 4 HPC Lader mit 350 kW (2x LKW/Bus und 2x Supercars) und 20 normalen Ladestationen mit 75 kW ausgestattet.

Die Anzahl der 175 kW Ladern ist einfach auf 28 erweiterbar und für die 75 kW Ladesäulen stehen Vorbereitungen für weitere 20 bereit.

Um die Anzahl der benötigten Transformatoren bestimmen zu können, war es wichtig zu wissen, was die maximale Leistung ist, welche die Tankstelle verbrauchen könnte. Dazu wurde zwischen dem Grundbau und der maximalen Ausbaustufe unterschieden. Des Weiteren wurde angenommen, dass alle Ladestationen gleichzeitig mit maximaler Auslastung besetzt sind.

So hat die Tankstelle im Grundausbau ein Leistungsbedarf von ungefähr 6500 kW. Unter Berücksichtigung des Leistungsbedarfs der Gebäude und Reserven, um eventuelle Transformator-Ausfälle kompensieren zu können, werden 8 Transformatoren mit jeweils 1500 kW Ausgangsleistung benötigt, die eine Leistung von 12000 kW bereitstellen können.

In der maximalen Ausbaustufe hat die Tankstelle einen Leistungsbedarf von circa 12000 kW. Auch hier wurde der Leistungsverbrauch von Gebäuden und Reserven für Ausfälle berücksichtigt, so dass sich eine Anzahl von 11 Transformatoren mit jeweils 1500 kW und eine Gesamtleistung von 16500 kW ergibt.

Obwohl man eine höhere Anzahl an Transformatoren mit 1500 kW benötigt als bei Transformatoren mit höherer Leistung, bieten diese Leistungsschwächeren Transformatoren einige Vorteile:

Sie arbeiten sehr effizient, die Leistung lässt sich gut auf mehrere Transformatoren verteilen und im Schadensfall ist der Verlust, einfacher zu kompensieren.

Auch im Preis bieten sich Vorteile. In der Anschaffung sind beide Transformator-Modelle gleich in den Kosten. Obwohl von den Schwächeren mehr benötigt werden, kosten sie weniger, wodurch sich der Preis angleicht. Im Schadensfall ist auch hier ein leistungsschwächerer Transformator billiger zu ersetzen.

5.2. Solar Roadways

Eine neuartige, zukunftsweisende Möglichkeit der Solarstromerzeugung lässt sich mit einer sogenannten Solar Straße verwirklichen. Diese wird von der Firma "Solar Roadways" aus den USA hergestellt und wurde auch schon oft prototypisch auf Parkplätzen und Straßen verbaut. Um die Leistung der Solar Straße zu berechnen wurde die durchschnittliche Bestrahlungsintensität der Jahre 1997 bis 2007 mit Hilfe der Messdaten des DWD ermittelt.⁸ Daraus ergab sich eine Bestrahlungsintensität von 2450,7 W/m² pro Tag. Bei einer Effizienz von 18,5 % erzeugen die Solarmodule eine Leistung von 453,48 W/m².⁹ Unter Betrachtung der zur Verfügung stehenden Fläche von ca. 660m² lässt sich über die Dauer eines Tages eine Leistung von 299,2 kWh erzeugen. Somit beträgt die Gesamterzeugung im Jahr durchschnittlich ca. 109,3 MWh. Durch die 1,25 cm dicke Texturen-Glasoberfläche wird die Gesamterzeugung nochmals um 11 % reduziert. Daraus ergibt sich

⁸ Messwerte des Deutschen Wetterdienstes (DWD) der Messstation Erfurt-Weimar über den Zeitraum von 1997 bis 2007;

⁹ Herstellerangaben "Solar Roadways": <http://www.solarroadways.com/Specifics/Numbers> (27.03.2019);

eine finale Gesamterzeugung von 97,3 MWh pro Jahr.¹⁰ Da sich auf einer Solar-Straße keine Begrenzungstreifen auf die Glasoberfläche der Paneele auftragen lassen, hat man sich dazu entschieden, LEDs einzubauen. Damit lassen sich neben den eben genannten Begrenzungstreifen auch andere Warnungen und Hinweise anzeigen und bei Bedarf jederzeit verändern. Außerdem lösen diese intelligenten Solar Paneele das Problem der verschneiten und vereisten Straßen. Durch das eingebaute Heizmodul muss nie wieder Salz gestreut werden, was zusätzlich das umweltfreundliche Konzept der Tankstelle unterstreicht. Ein durchschnittlicher PKW hat eine Speicherkapazität von 80 kWh.¹¹ Bei einer Hochrechnung für 2023 ergab sich eine durchschnittliche Auslastung der Tankstelle von 18 Fahrzeugen pro Stunde. Daraus konnten wir uns einen ungefähren Leistungsbedarf von 34560 kWh pro Tag und ein Leistungsbedarf von 12623 MWh pro Jahr ableiten. Folglich tragen die Solaranlagen 0,8 % des Gesamtbedarfs.

5.3. Energiespeicher

Um das Stromnetz zu entlasten und eventuelle Lastspitzen während Höchstzeiten abzufangen haben wir uns entschieden einen Energiespeicher einzubauen. Die verschiedenen Speichermöglichkeiten waren Schwungmassenspeicher, Druckluftspeicher, Lithium Batterien und Wasserstoffspeicher. Aufgrund der kurzen Speicherzeit haben wir uns gegen den Schwungmassenspeicher entschieden, die Druckluftspeicherung weist einen eher mittelmäßigen Wirkungsgrad auf. Und aufgrund der erst kurzen Existenz sind Wasserstoffspeicher noch sehr teuer. Deshalb haben wir uns aufgrund des von uns gewünschten hohen Speichervermögens und der hohen Effizienz für Lithium-Akkus entschieden. Die Powerpacks lassen sich leicht kombinieren und werden gemeinsam mit einem Wechselrichter verbaut. Wir haben insgesamt 20 dieser Powerpacks geplant, welche zusammen eine Leistung von insgesamt 1 MW erbringen und bis zu 2 MWh die Stunde speichern können.

5.4. Wasserstofftankstelle

Um das Betanken von Fahrzeugen mit Brennstoffzellen zu gewähren, haben wir uns aufgrund der geringen Anzahl (315) dieser Fahrzeuge dazu entschieden nur eine Wasserstoff Zapfsäule einzurichten. Eine Wasserstoff Zapfsäule wäre dabei als fertiges Modul von dem Hersteller Linde erwerbbar und würde sich mit gasförmigen Wasserstoff auffüllen lassen, welcher sich von dem Hersteller Honeywell für etwa 3,5 € pro Liter kaufen lässt. Diese Zapfsäule ist sowohl für LKWs als auch PKW zugänglich, da wir aufgrund der niedrigen Benutzung keinerlei Anlass zum Aufbau zwei getrennter Anlagen sehen.

6. Parkplatz und Tiefgarage

Auf der Seite des Grundstücks, welcher der Straße zugewandt ist, ist der Parkplatz und die Tiefgarage eingerichtet. Beide sind mit Ladestationen ausgestattet. Dabei bietet der Parkplatz genügend Platz für 24 Autos. Die Tiefgarage besitzt genügend Platz für weitere 46 und die Funktion, weitere Ladestationen unterzubringen, welche sich aufgrund des modularen Aufbaus schnell installieren lassen, wenn der Bedarf in Zukunft steigt. Somit sichern wir das große Verkehrsaufkommen in den folgenden Jahren ab. Die Maße der Tiefgarage betragen 20m*60m*5m. In den 20 m Länge sind 5 m pro Seite für die Parkplätze, 4 m für die Ladestationen und 6 m als Fahr- und Rangierfläche nutzbar. Die Breite beträgt 60 m, wodurch 23 Autos auf einer Seite stehen können, da eine Parklücke mit einer Breite von 2,50 m berechnet wurde. 5 m sind als Höhe vorgegeben.

¹⁰ Ebd.

¹¹ Angaben Fachzeitschrift Autobild: <https://www.autobild.de/artikel/mercedes-eqc-2019-alle-infos-zum-elektro-suv-10241905.html> (27.03.2019)

7. Gebäude und Angebote

7.1. Lehrpfad

Der Energie-Lehrpfad verläuft über die Grünfläche der Tankstelle und beinhaltet neun Stationen. An jeder Station stellt eine Informationstafel Themen zur Nachhaltigkeit speziell erneuerbare Energien und Elektroautos vor. (Siehe Beispiel)

Während die Autos aufgeladen werden, können die Besucher sich einen Überblick über die nachhaltige Zukunft verschaffen und sich über unser Konzept informieren. Ein positiver Nebeneffekt ist dabei die Bewegung. Besondere Sinneseindrücke und Entspannung bringt der eingebaute Barfußpfad, welcher eine besondere Abwechslung bei der Autofahrt bietet.

Die Themen der Tafeln sind: Erneuerbare Energien – Unsere Zukunft, Dem Bienensterben auf der Spur, Wie kommt die Sonne in die Steckdose, Wasserstoff – die Energie der Zukunft, Lithium Batterien, Elektroauto, Die Geschichte des Elektroautos, Der Vergleich: Elektroautos gegen Diesel, Die Zukunft der Elektroautos

7.2. Bienenvolk

Um die Nachhaltigkeit unserer Tankstelle zu präsentieren, haben wir uns für drei Bienenvölker entschieden, welche auf dem Dach der Gebäude untergebracht werden. Ein Imker wird engagiert, welcher sich um das Wohlbefinden dieser kümmert. Das Restaurant der Tankstelle bieten wir als Verkaufsort für den Honig an.

Eine Informationstafel wird es zum Thema Bienen geben, damit den Besucher die Gründe für die Unterstützung dieser näher gebracht wird.

7.3. Showroom

In unserem Showroom, welcher 240m² groß ist, stellen wir die neuesten Modelle der Elektroautos aus und arbeiten dafür mit erfolgreichen Firmen zusammen. Durch die Glasfront, welche den runden Unterteil des Hauptgebäudes umzieht können die ausgestellten Fahrzeug von jedem Blickwinkel betrachtet werden. Wir vermieten den Platz als Werbefläche und haben so eine zusätzliche Einnahmequelle, da 10 € pro m² pro Tag gefordert werden. Dabei orientieren wir uns an den aktuellen Marktpreisen für Showrooms.

7.4. GreenTech-App

Um die Tankstelle auch für jüngere Menschen attraktiv wirken zu lassen, haben wir eine App entworfen. Dabei unterstützt sie einige Funktionen wie das Verknüpfen möglicher zukünftiger Tankstellen als eine Art Tankstellenfinder mit Bewertungs- und Feedback-Prinzip. Dazu sollen auch die Besonderheiten der jeweiligen Tankstelle aufgelistet und beworben werden. Des weiteren ist es auch möglich, die Anzahl der freien Park and Ride Plätze online abzurufen und bei Bedarf diese auch zu reservieren und online zu bezahlen. Aber auch die Handhabung des Tankvorgangs wird vereinfacht, zum Einen durch Ratgeber oder Anleitungen und zum Anderen durch die Möglichkeit, online die Strompreise einzusehen. Passend dazu gibt es Information über die vorhandenen Ladestationen und Adapter. Um zusätzliche Kundschaft zu generieren, werden über die App auch immer wieder Events und Aktionen angekündigt. Als eine der wichtigsten Funktionen ist es auch möglich, die Firmenbiografie und deren Geschichte einzusehen sowie die Bedeutung des Umweltschutzes innerhalb dieser, so dass unsere Kunden und Kundinnen jederzeit mit reinem Gewissen bei uns Tanken können.

7.5. Park & Ride

Wenn man den überfüllten Straßen der Großstadt entgehen will, ist unser Park and Ride Modell einer der effektivsten Wege. Daher haben wir 20 Parkplätze für Touristen reserviert, damit diese, während ihr Auto lädt, in die Stadt fahren können, ohne in überfüllten Straßen den Tag zu vergeuden. Zu diesem

Zweck gehen wir eine Kollaboration mit einer E-Bike Firma wie z.B. Jump ein. Voraussichtlich 40 E-Bikes kann dann jene Firma in unserer Tankstelle abstellen und verleihen. Der zweiteilige Vorteil besteht darin, dass sie ihre E-Bikes kostenpflichtig verleihen und gleichzeitig bewerben können. Für die Lagerung an der Tankstelle, zusätzlich zu weiteren etwaigen Kosten (Anlieferung etc.), fällt eine Miete von 600 € an, welche der Tankstelle zugute kommt. Außerdem gewinnt diese eine zusätzliche Attraktion für ihre Kundschaft.

7.6. Self-Service-Station

An den Parkplätzen werden selbstverständlich auch Self-Service-Stationen angeboten, um unseren Kunden die Möglichkeit zu bieten, ihr Auto rundum zu pflegen. Möglichkeiten sind Waschen, Saugen oder die Prüfung des Reifendrucks.

8. Wirtschaftlichkeit

8.1. Kostenrechnung

Um die Finanzierung zu sichern, haben wir, wie in der Tabelle zu sehen, vermutete Kosten und Einnahmen gegengerechnet und sind darauf gekommen, dass unsere Tankstelle nach etwa 8-10 Jahren abbezahlt ist und damit beginnt Gewinne einzubringen. Dabei haben wir sowohl die Baukosten als auch die laufenden Kosten mit einbezogen, um ein möglichst genaues Ergebnis zu bekommen.

Kosten Tiefgarage		Parkplatz	825.000€	Ladestation	Gebäude	3000000	Insgesamt	12416630	14712490	
Baumaßnahme	Preis	Preis Gesamt	Self-Service-Stat	3000	Transport	110.390€	Trafos	50000	Mindestausbau	Maximal
Transport/Depon	265.800€				Kabellegen	2860	Web Tool	86400		
Bodenuntersuch	21.600€				Kabel	35640				
Mehraufwand	1.500€				160/175 ABB	3.300.000€				
Anteiligen Aufwa	500€				Terra CP500	1800000				
		289.400€			Kabelgraben	1.000.000€				
Malerarbeiten	41€				Tiefbau/Fundam	345.000€				
Heizungsinstall	89€				Wassersstofftank	1800000				
Elektroinstallat	70€				Netzanschluss	50000				
Sanitärinstallat	79€				Ingenieur Koster	12000				
Klempnerarbeiter	42€				Projektmanager	15000				
Dämmarbeiten	79€				Payments Kid	97200				
Maurerarbeiten	423€				Web Tool Payme	8640	6406030	8701890		
Erdarbeiten	36€				OCCP Integratio	4000				
		1030800			Installation	75300				
Baustellenlogistik	137									
Aufzug	68									
Baunebenkosten	400									
		726000								
		2046200								

8.2. Sicherheitsservice

Damit an unserer Tankstelle sicher getankt werden kann, haben wir uns entschieden einen lokalen Sicherheitsservice anzuheuern, welcher in der Nacht mit zwei Mitarbeitern oder Mitarbeiterinnen unser Grundstück bewacht. Da das Grundstück in einer Gegend mit geringer Kriminalität liegt, halten wir es nicht für nötig, auch tagsüber einen Sicherheitsservice anzuheuern.

9. Fazit

Zusammenfassend kann man sagen, dass unsere ökologische Tankstelle ein sehr vielseitiges Konzept umfasst. Punkte wie Unterhaltung, moderne technische Innovationen und einzigartige Ideen in Verbindung mit der Nachhaltigkeit bilden eine funktionierende Einheit. Darüber hinaus kann das Projekt bei Gewinn erweitert und bei Bedarf auch auf andere Grundstücke übertragen werden.

10. Bibliographie

[HTTPS://forschung-energiespeicher.info/aktuelles/aktuelles-einzelansicht/2/Prototyp_laeuft_seit_1000_Stunden/](https://forschung-energiespeicher.info/aktuelles/aktuelles-einzelansicht/2/Prototyp_laeuft_seit_1000_Stunden/); 26.03.2019;

<http://artefact.de/powerpark>; 26.03.2019;

<https://www.wiwo.de/technologie/green/wasserstoff-energiespeicher-fuer-eine-halbe-million-haushalte-geplant/13545920.html>; 26.03.2019;

<https://www.sunfire.de/de/unternehmen/news/detail/sunfire-beliefert-total-tankstelle-mit-elektrolyse-modul>; 26.03.2019;

<http://blog.latrivenetacavi.com/de/vorteile-und-nachteile-der-lithiumbatterien/>; 26.03.2019;

https://www.greensystems-stadtmobiliar.de/ladestation-chargespot-berlin?gclid=EAIAIQobChMIy9m1o8Od4QIVheiaCh3V2wB5EAkYBCABEGJ0cPD_BwE; 26.03.2019;

<https://www.hydrogenics.com/hydrogen-products-solutions/industrial-hydrogen-generators-by-electrolysis/outdoor-installation/hystat-trade-60/>; 26.03.2019;

https://www.tesla.com/de_DE/powerpack; 26.03.2019;

https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/2018_b_umwelt_dusl.html?nn=663524; 25.03.2019;

https://www.erfurt.de/ef/de/rathaus/daten/zahlen/index.html#slot_100_11; 26.03.2019;

https://www.bast.de/BASt_2017/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v2-verkehrszaehlung/Aktuell/zaehl_aktuell_node.html; 25.03.2019;

https://www.mobilityhouse.com/de_de/ratgeber/ladezeitenuebersicht-fuer-elektroautos; 25.03.2019;

<https://www.swarco.com/de/produkte>; 25.03.2019;

<https://www.swarco.com/de/produkte/ladestationen/gleichstrom-ladestationen/evolt-terra-175>; 25.03.2019;

<https://www.all-electronics.de/elektromobilitaet-high-power-charging-in-der-praxis/>; 25.03.2019;

<http://www.abb.com/cawp/seitp202/c2ed43a8ef2e1de2c12581ae002d26b8.aspx>; 25.03.2019;

<https://www.energieheld.de/mobilitaet/elektroauto/stromtankstellen>; 25.03.2019;

<https://www.electrive.net/2018/06/05/thomas-speidel-von-ads-tec-ueber-dc-ladestationen-mit-pufferspeicher/>; 25.03.2019;

https://www.dbz.de/imgs/102483781_743dd59a42.jpg; 27.03.2019;

<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:And9GcTegGrXBTWWCiLpsy3tB7ieuBbLrJqrqxQXXYQ-2FusfcWvq2Vy>; 27.03.2019;

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiFoIPo6p_hAhWEy6QKHVQwBtMQFjABegQIDBAE&url=https%3A%2F%2Fzutra.de%2Fwp-content%2Fuploads%2F2017%2F04%2Fabmessungen_von_nutzfahrzeugen.pdf&usg=AOvVaw0gNfICg-Nko2Z_DbxpV7C; 26.03.2019;

<https://www.google.de/maps/place/Schwerborner+Str.+30,+99085+Erfurt/@51.0122498,11.0390168,93m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x47a46d149f010977:0x2e91bccaca44f27d!8m2!3d51.0152672!4d11.0386817>; 26.03.2019;

<https://www.zdf.de/kinder/logo/erneuerbare-energien-100.html>; 26.03.2019;

<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html>; 26.03.2019;

<https://energiewende-glonn.de/energielehrpfad.html>; 26.03.2019;

<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:And9GcQAos75L8tk-j2JtPxiGQxAU2i0fue61H5Qy7rkrV8fo3VJQshg>; 26.03.2019;

https://www.weltderphysik.de/typo3temp/_processed_/3/9/csm_2008_Grand-Coulee-Dam_49aa8b5011.jpg; 26.03.2019;

https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Infografiken/Energie/bruttostromerzeugung-in-deutschland.jpg?__blob=normal&v=59&size=834w; 26.03.19;

https://img.zeit.de/2019/05/kohleausstieg-kommission-bundesregierung-kompromiss/wide_250x141__desktop; 26.03.2019;

[http://www.bv-bauwirtschaft.de/zdb-cms.nsf/res/BaukostenI.pdf/\\$file/BaukostenI.pdf](http://www.bv-bauwirtschaft.de/zdb-cms.nsf/res/BaukostenI.pdf/$file/BaukostenI.pdf); 27.03.2019;

<https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/e-mobilitaet/kaufen/elektroautos-uebersicht/>; 26.03.2019;

<https://www.tesla.com/modely>; 26.03.2019;

<https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/bmw-daimler-vw-die-deutschen-autobauer-holen-bei-der-e-mobilitaet-auf-haben-aber-eine-grosse-schwaeche/23809576.html?ticket=ST-4106-fmcCjt63YaFE6fgX73WK-ap3>; 26.03.2019

https://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ/2017/fz13_2017_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=2; 26.03.2019;

<https://www.truck.man.eu/de/de/man-etruck.html>; 26.03.2019;

<https://www.mercedes-benz.com/de/mercedes-benz/fahrzeuge/lkw/eactros-schwerer-elektro-lkw/>; 26.03.2019;

<https://www.tesla.com/semi>; 26.03.2019;

<https://www.openchargealliance.org/>; 26.03.2019;

<https://www.erfurt.de/ef/de/leben/verkehr/mobil/auto/parkgebuehr/index.html>; 27.03.2019;

[https://www.immobilienscout24.de/expose/110519414#/#/](https://www.immobilienscout24.de/expose/110519414#/); 27.03.2019;

Steffen Haas. 28.03.2019

Messwerte des Deutschen Wetterdienstes (DWD) der Messstation Erfurt-Weimar über den Zeitraum von 1997 bis 2007

<http://www.solarroadways.com/Specifics/Numbers>; 27.03.2019;

<https://www.autobild.de/artikel/mercedes-eqc-2019-alle-infos-zum-elektro-suv-10241905.html>; 27.03.2019;

BeING-Inside Portfolio

Energy-Innovation

alias Gruppe 5

Einleitung

Im Rahmen des Projektes BeING Inside vom 25.03.2019 bis zum 29.03.2019 haben wir die Aufgabenstellung des Praxispartners TEAG bearbeitet. Wir hatten den Auftrag, ein Konzept zu einer High-Power-Charging-Elektrotankstelle in Erfurt zu entwickeln. Dafür haben wir uns die Verkehrslage angesehen und analysiert, um daraus eine Schlussfolgerung bezüglich der Anforderungen an die Tankstelle zu ziehen. Außerdem haben wir uns über Systeme zum Laden informiert und darauf unsere technischen Prozesse aufgebaut. Im aktuellen Blick auf das Klima und unsere Umwelt ist unser großes Ziel, die Nachhaltigkeit in unserem System zu wahren. Daher haben wir alles daran gesetzt, unser Konzept so ökologisch wie möglich zu gestalten.

1. Analyse des europäischen- Fahrzeugmarkts heute bis 2023

Im Rahmen der Analyse haben wir uns ausführlich mit ausgewählten aktuellen Modellen des europäischen E-Automarktes beschäftigt. Dabei haben wir darauf geachtet, möglichst viele marktbestimmende Unternehmen (u.a. Tesla, VW, Mercedes, Audi, BMW, Opel, Jaguar) mit in Betracht zu ziehen, um die Analyse möglichst flächendeckend und ausführlich durchzuführen.

Das Ergebnis war ein Überblick über die große Spannweite von Batteriekapazitäten, unterschiedlichen Modellen und sehr vielen Start-Ups und Projekten, aus denen wir abgeleitet haben, dass der E-Fahrzeugmarkt in den nächsten Jahren sehr stark expandieren wird. Dieses Ergebnis war maßgeblich für unsere weiteren Erkenntnisse.

Außerdem ist ein solcher HPC - Punkt nur interessant für Autos, die auf eher lange Überlandfahrten ausgelegt sind, also eine Batteriekapazität von mehr als 30 kWh haben, da nur sie auf schnelle Energiezufuhr angewiesen sind. Eher auf den Stadtverkehr zugeschnittene Autos haben deutlich kleinere Kapazitäten und werden zumeist über Nacht in den Garagen der Haushalte geladen.

1.1 Bestimmung der Ladesäulenkapazität für unsere Tankstelle

Die Anzahl der bereitgestellten Ladesäulen ergibt sich grundlegend aus der Verkehrsdichte im Raum Erfurt. Dabei wurden drei Tabellen erstellt, in denen wir die Ergebnisse ausgewertet und logisch verknüpft haben. Die drei Tabellen unterscheiden sich voneinander nur im Prozentsatz der E-Autos an der Gesamtzahl der zugelassenen Autos. Diese liegen unseren Recherchen zufolge 2019 bei 0,3%; 2021 bei 0,42% und 2023 bei 0,59%. Die Prognosen ergeben sich aus exponentieller Regression aktueller und zurückliegender Werte. Da sich diese Werte stark voneinander unterscheiden, haben wir uns dafür entschieden, die Anzahl an Elektroladesäulen zunächst auf 4 zu beschränken und die Anzahl der Ladestellen erst mit der Zeit und steigendem Anteil an Elektroautos aufzurüsten. Die Grundlagen für die Installation weiterer Ladesäulen, bestehend aus Platz-Einplanung und Kabelzuleitung, sind vorhanden, sodass jederzeit modular bis zu 6 weitere HPC Ladepunkte nachgerüstet werden können. Somit können insgesamt 10 Ladepunkte gebaut werden, welche laut unserer Prognosen auch in näherer Zukunft reichen werden.

Die Anzahl der Ladesäulen haben wir wie folgt bestimmt:

Statistik 2019 (mit 0,3% E-Autos)

Straße	Autos pro Tag	davon E-Autos vorbeifahrend	Entfernung vom Punkt in km	Entfernung vom Punkt in min Auto	Kürzen der sich doppelnden E-Autos	E-Autos pro Tag	pro Stunde
A71	22228	67	4,2	3	66,684	13,3368	
A4	52930	159	13	11	79,395	15,879	
B7	27655	83	5,8	5	4,14825	0,82965	
L1055	8051	24	3,5	3	0,24153	0,048306	
Summe	110864	333			150,46878	30,093756	1,2539065

Laut Google-Umfragen sind viele Tankstellen um 15-16 Uhr mit 16% der Gesamtkunden gefüllt, daraus ergeben sich, mit dem Hintergedanken, dass viele Kunden sich nicht länger als eine dreiviertel Stunde mit ihrem Auto an den Säulen aufhalten, für 2019 nie mehr als 4, für 2021 nie mehr als 5, für 2023 nie mehr als 7 Autos, die sich gleichzeitig an der Tankstelle befinden. Daraus ergibt sich die Anzahl unserer Ladepunkte.

2. Hochleistungsladetechnik und Batteriespeichersystem

Bei der Auswahl der Ladetechnik haben wir uns für das am modularsten realisierbare Angebot entschieden. ADStec Ladesäulen sind eigenständige Binnen Systeme, die sich sehr gut in unser System einbinden lassen. Sie laden mit maximal 320 kW. Damit ist ein durchschnittliches E-Auto, mit einer Kapazität von 65 kWh, innerhalb von 12 Minuten von 0% auf 80% vollgetankt.

Eine weitere wichtige Komponente, um die Leistungsfähigkeit und Nachhaltigkeit im Gesamtkonzept zu verankern, ist das Puffersystem. Sollte die PV- Anlage Energie bereitstellen, die nicht sofort genutzt werden kann, beispielsweise wenn gerade kein Auto tankt, muss diese Energie stattdessen gespeichert werden. Dies wird mithilfe einer Batterie (siehe Schaltplan) möglich. Nun galt es zu entscheiden, welche Art der Energiespeicherung am besten zu unserem Gesamtkonzept passt. Anforderungen an einen Pufferspeicher sind: hoher energetischer Wirkungsgrad, hohe Lebensdauer und Zyklfestigkeit (vollständige Lade- und Entladevorgänge), modulares Design, geringer Wartungsaufwand, geringe Selbstentladung und hohe Entladetiefe. Eine Entscheidung zwischen einem Lithium-Ionen-Akkusystem und einer Redox-Flow-Technologie war gefordert. Vor und Nachteile beider Technologien gegeneinander aufgelistet ergaben folgendes Bild:

Redox-Flow Batterien erfüllen alle diese Kriterien. Sie speichern Energie in Elektrolytlösungen. Diese fließen aus Tanks durch eine Zelle, die in einem chemischen Prozess daraus Strom gewinnt. Am weitesten verbreitet ist die Vanadium-Redox-Flow-Batterie, die vergleichsweise umweltschonend hergestellt werden kann. Zusätzlich können Leistung und Kapazität getrennt voneinander skaliert werden, was die Inbetriebnahme und spätere Anpassungen der Spezifikationen vereinfacht. Das Konzept, Energie in Form von Verbindungen zu lagern, verspricht zudem einen sehr geringen Verschleiß. Mehrere Quellen sprachen von bis zu 20000 Be- und Entladezyklen, bevor Wartungsarbeiten nötig werden.

Lithium-Ionen-Module sind zwar marktführend, jedoch entsprechen die Stärken dieser Art der Energiespeicherung (hohe Energiedichte, geringes Gewicht) nicht den Anforderungen unserer Tankstelle, denn aufgrund der unterirdischen Lagerung wird kein möglichst kleines Modul benötigt.

Außerdem fallen die Nachteile von Lithium-Ionen-Batterien stark ins Gewicht. Lithium ist eine endliche Ressource, deren Förderung immer mehr in die Umwelt eingreift, um die riesige Nachfrage zu bedienen. Lithium befindet sich auf dem besten Weg ein Konfliktrohstoff zu werden. Beides steht im Widerspruch zu unserem Gesamtkonzept. Zusätzlich spricht eine geringere Zyklfestigkeit von maximal 10000-15000 Zyklen für höheren Wartungsaufwand und eine geringere Lebensdauer.

Redox-Flow-Batterien haben eine sehr geringe Energiedichte. Das bedeutet, dass eine Batterie, die unseren Anforderungen entspricht, sehr viel Platz benötigen würde. Das Problem haben wir gelöst, indem wir sämtliche Elektrotechnik unter die Erde verlegt haben. Wärmeableitung über Lüftungssysteme und Brandschutz haben wir mit einkalkuliert.

Der noch hohe Preis rentiert sich durch hohe Lebensdauer, geringen Wartungsaufwand, hohen Wirkungsgrad und geringe Selbstentladung. Nach diesen Überlegungen haben wir uns dazu entschieden, anstatt einer Lithium-Ionen-Batterie eine Redox-Flow-Batterie als Pufferspeicher zu konzipieren. Zusätzlich befindet sich mit JenaBatteries ein marktführendes Unternehmen dieser Branche in unmittelbarer Nähe.

Nachfolgend soll die Dimensionierung des Speichers erläutert werden.

3. Energiespeicherung, Berechnung und Redundanz

Ziel war es, die Kapazität und Leistung der Batterie so auszulegen, dass sie im Falle eines durchschnittlichen Stromausfalls (ca. 2 h) noch 10 Autos mit 30 kWh (für diesen Fall begrenzte Leistung und begrenzte Energiemenge) noch betanken kann. Das ergibt eine Energiemenge von 300 kWh zuzüglich 50 kWh Reserve, die zu jeder Zeit in der Redox-Flow-Batterie gespeichert sein müsste. Zusätzlich sollte die Batterie noch genug Kapazität nach oben besitzen, um die Energiemenge, die die PV-Anlage an einem wolkenfreien Hochsommertag ins System speist, aufnehmen zu können. Diese Energiemenge berechnet sich aus der Energie der Anlage abzüglich des durchschnittlichen Energieverbrauch des Hauses. Das Haus setzt pro Tag ca. 50 kWh um, während Solarfenster und Solarpanels auf dem Dach zusammen täglich maximal 440 kWh bereitstellen. Das heißt, dass an einem optimalen Tag das System aufgerundet 400 kWh Überschuss produziert. Somit ergibt sich die Gesamtspeicherkapazität aus Absicherung nach unten plus Absicherung nach oben.

$$350 \text{ kWh} + 400 \text{ kWh} = \underline{750 \text{ kWh}}$$

Welche Größe müssen wir also für das unterirdisch gelagerte Redox-Flow-System einplanen?

Pro kWh muss mit 31 l Tankinhalt von jeweils einer der beiden Elektrolyt-Flüssigkeiten gerechnet werden. Bei 750 kWh ergibt das ein Volumen von 24,194 Kubikmeter pro Tank. Berücksichtigt man nun die Höhe des Kellers von 3 Metern, ergibt sich nach $V = \pi \cdot r^2 \cdot h$ ein Radius von 1,60 m pro Tank.

Im Keller werden also zwei Tanks mit je einem Durchmesser, von 3,20 m stehen, die jeweils 24,194 Kubikmeter Elektrolytflüssigkeit enthalten. Da der Keller ein Volumen von 600 Kubikmetern hat, ist es theoretisch sogar möglich die Kapazität im Nachhinein zu versechsfachen.

(Gesamt volumen Keller – Volumen andere Anlagen) / (geplantes Tankvolumen)

$$(600 \text{ kWh} - 300 \text{ kWh}) / (24,194 \text{ kWh} * 2) = 6,2 \text{ --> rund 6 mal mehr Platz vorhanden}$$

Die Maximale Leistung der Batterie ist für den Fall eines Stromausfalls auf maximal 100 kW/pro Ladeinheit determiniert, um die Anlage im preislichen Rahmen zu halten. Bei vier Anlagen entspricht das einer maximalen Batterie-Leistung von 400 kW. Und aufgrund der modularen Skalierbarkeit der Redox-Flow-Batterie, können Leistung und Kapazität des Systems auf spätere Erweiterungen kostengünstig und unkompliziert zugeschnitten werden.

4. Integration der PV - Anlage

In unserer Raumplanung haben wir die Entscheidung getroffen, Photovoltaikanlagen auf dem Gelände zu errichten. Möglichkeiten zur Anbringung dieser Anlagen befinden sich sowohl auf der Überdachung der Park- und Ladeflächen als auch auf dem Dach des Hauptgebäudes. Die Fläche, welche mit Solarmodulen besetzt werden könnte, beträgt somit 705 m². Es können somit 420 Solarmodule vom Typ aleo S19 gen2 eingesetzt werden. Der Gesamtenergieumsatz der Anlage entspräche für einen Tag 261,1 kWh und innerhalb eines Jahres 95,3 MWh. Zusätzlich, um den ökologischen und zukunftsorientierten Charakter der Anlage zur Geltung zu bringen, würde ein Großteil der Fenster im Gebäude mit einer zu großen Teilen transparenten Solarfolie ausgestattet werden. Diese Anlage würde zusätzlich 70,35 kWh am Tag und 25,68 MWh im Jahr erwirtschaften. Die Leistung der Solarfolie haben wir ermittelt, indem wir den

Einstrahlungswinkel angepasst haben und herausgefunden haben, dass die Leistung der Solarfolie ca. 60% der Leistung der handelsüblichen monokristallinen Solarmodule entspricht.

Insgesamt können wir somit mit einem Energieumsatz von rund 121 MWh im Jahr rechnen. Der Wirkungsgrad der Solarmodule beträgt ca 15%.

Die elektrische Energie, welche die PV-Anlage bereitstellt, wird zum Einen genutzt um das Hauptgebäude mit Strom zu versorgen und zum Anderen wird er in das Ladenetz gespeist. Falls die Anlage mehr Energie bereitstellt als genutzt wird, wird diese in den Pufferspeicher geleitet, sodass kein Teil des Grünstroms verschwendet wird.

Allein mit der Solaranlage können im Jahr Energie für 1.800 Autos / Jahr vollgeladen werden.

5. Auslegung und Leistung des Netzanschlusses

Für den Netzanschluss sind am Tankstellengrundstück 10kV gegeben. Die parallel geschalteten Ladesäulen haben unabhängig von den gleichzeitig , Autos eine Spannung von 400V. Die Nutzung eines Transformators ist somit notwendig. Die Entscheidung fiel auf den Geafol Neo der Siemens-Gruppe, der die 10 kV Mittelspannung zuverlässig in dreiphasige 400V Niederspannung umwandelt. Der Transformator ist für maximal 1600 kVA ausgelegt. Für die Leistung benötigt unsere Tankstelle 320 kVA pro Auto, sprich der Geafol Neo kann großzügig 4 gleichzeitig ladende Autos, und zusätzlich das Haus mit Café, Toilette und Show-Room versorgen.

Die Tankstelle ist für maximal 10 E-Tankstellen konzipiert (siehe 1., Abschnitt Ladesäulen). Wird unser Standpunkt, aufgrund des E-Automarkt-Wachstums, auf mehr als 4 Ladesäulen aufgerüstet, braucht unsere Tankstelle für jeweils 4 neue Ladesäulen einen weiteren Geafol Neo. Wir haben uns für diese Art von Stromversorgung mit genau diesem Transformator entschieden, da auf diese Weise ein modularer Aufbau für neue Tankstellen mit variabler Ladepunkanzahl gewährleistet werden kann.

Die Leistung des Netzanschlusses berechnet sich also aus der Anzahl der gleichzeitig ladenden Autos, die Leistung des Hauses kann vernachlässigt werden.

$$P_{\text{gesamt}} = 320\text{kW} \cdot n_{\text{Autos}}$$

6. Raumnutzungskonzept

Die Fläche von 3.000m², die zur Verfügung steht, wird in diesem Konzept möglichst effektiv, gleichzeitig jedoch auch mit einem nachhaltigen Grundgedanken ausgenutzt und gestaltet.

Wert wurde auch auf Wiedererkennungswert und den damit verbundenen Werbeeffect sowie den modularen Aufbau gesetzt.

Um den ökologischen Grundgedanken umzusetzen, strebten wir generell eine großflächig begrünte Fläche an, sowie die Erzeugung von schadstofffreier Energie direkt auf dem Grundstück.

Weiterhin gehörte zur Ausarbeitung des Raumnutzungskonzeptes das Aufstellen von Stereotypen als potentielle Besucher, wie beispielsweise der Pendler, oder Urlauber, um für die "Ladeweile" möglichst ansprechende und auf die Bedürfnisse der Besucher zugeschnittene Angebote zur Verfügung stellen zu können.

Der Pendler und die Urlauber, die sich zu einem Großteil aus Familien zusammensetzen, haben ganz unterschiedlich Bedürfnisse beim Besuchen der Tankstelle.

Der Pendler benötigt die Möglichkeit zum Ausruhen, eine Toilette, einen Kaffee und etwas zu Essen um sich vor seiner Weiterreise etwas zu stärken. Besonders wichtig ist für ihn die starke Internetverbindung, Ladekabel und Anschlüsse aller Art, und als Highlight, blick- und geräuschkund abgeschottete Sitz- und optional Steharbeitsplätze, die nicht zuletzt etwas zur Gesundheit dauerhaft sitzender Menschen beitragen.

Andere Anforderungen haben dabei die Urlauber. Kinder suchen nach der langen und langweiligen Fahrt eine Möglichkeit sich aktiv zu betätigen. Ein riesiger Spielplatz, ganz viel freie Fläche, sowie anschauliche, interessante und lehrreiche Beschäftigungsangebote im TEAG-Haus bieten ihnen genau das. Die von der Autofahrt und ihren Kindern gestressten Eltern können die halbe Stunde Ladezeit nutzen, um die zahlreichen Entspannungsangebote wahrzunehmen.

6.1. Gebäude

Das Service-Center ist Sinnbild für Nachhaltigkeit und hat großen Wiedererkennungswert. Hierfür wird eine Konstruktion (Abbildung) aus vier verglasten Würfeln mit 10 m Kantenlänge geplant. Diese Konstruktion ist dem Logo der TEAG nachempfunden. Die südlichen, östlichen und die obere westliche Seitenflächen sind mit Solarfolie versehen (siehe Anhang). In den unteren Würfel wird zentrisch ein Quader aus Stahlbeton mit 25m² Grundfläche und 3 Etagen eingebaut. Er beherbergt die Sanitäranlagen und dient zugleich als Stützelement für die gesamte Konstruktion. In der unteren Etage befinden sich die WC-Einrichtungen für Rollstuhlfahrer und Menschen diversen Geschlechts neben Wickelräumen und Duschen, in der 2. Etage die Sanitäranlagen für Frauen, in der 3. für Männer. Um das Sanitärgebäude führt eine Treppe in die oberen Würfel. Von der Treppe aus kann die Aussicht durch die verglasten Seitenwände genossen werden. In dem mittleren oberen Würfel befinden sich ein Verkaufsbereich und die Theke für das Café. In dem westlichen schwebenden Würfel findet der Besucher in der unteren Etage eine gemütliche aber dennoch moderne Caféeinrichtung, während in der oberen Etage abgeschlossene Ruhebereiche und Stillarbeitsräume zur Verfügung gestellt werden. Im gesamten Gebäude gibt es einen kostenlosen Internetzugang für Gäste. Im nördlichen schwebenden Würfel sind zwei Etagen für die Präsentation der TEAG vorgesehen. In diesen können beispielsweise Informationstafeln zur Funktionsweise und ein großes (1:10 Maßstab) Modell der Tankstelle gezeigt werden. Zudem eignet sich der Bereich auch um E-Automodelle zu präsentieren, da die Räume durch die verglasten Seitenflächen von der Straße aus gut einsehbar sind. Für den normalen Passanten muss es beeindruckend wirken ein Auto in einem 10m hohen, frei schwebenden Glaswürfel zu erblicken.

6.2. Außenbereich

Der Außenbereich soll ansprechend gestaltet sein, umweltfreundlich wirken und ein Parkplatz-Charakter soll vermieden werden. Daraus ergibt sich die Anordnung der überdachten (potenziellen) Ladepunkte und der potenziellen H2- Tankstelle im Halbkreis. Diese werden durch eine Straße, die im Halbkreis durch das Gelände um das Gebäude und einen Spielplatz herum führt an die Straße angebunden. Zusätzlich gibt es neben dem Service-Center einen Parkplatz für Zulieferer und Rettungsdienste. Südwestlich des Gebäudes befindet sich der Spielplatz, sodass dieser vom Café aus einsehbar ist. Der umliegende Bereich wird neben Rasen auch mit Bäumen bepflanzt, die Schatten spenden sollen. Der Bereich in Nähe der Straße wird mit Büschen und Bäumen bepflanzt, um eine grüne Barriere zu schaffen. Nördlich der Ladestationen soll ein Park eingerichtet werden. Von den Ladestationen aus soll ein kleiner Weg durch diesen führen. Im Inneren des Parks ist ein Blumenbeet geplant. Auch ein Springbrunnen kann optional hinzugefügt werden. In diesem Bereich soll es viele Bänke und auch Picknicktische geben, um eine angenehme Pausengestaltung zu ermöglichen.

6.3. Keller

Der "Keller" befindet sich unter der Wasserstofftankstelle und beherbergt die Technik. Der Keller hat eine Grundfläche von 200m² und ist auf 3m Höhe geplant. Es befinden sich, wie in der Skizze zu sehen ist, auf 50m² Wasserstofftanks, auf 16m² Redox-Flow Tanks, auf 10m² der Redox-Flow-Converter und auf 6m² Transformatoren. Mit einer Hebebühne lassen sich kleine bis mittelgroße Gabelstapler bei Reparaturbedarf in den Keller heben.

7. Modularer Aufbau

Neben der besonders "grünen" Konzeption, legten wir besonderen Wert auf den modularen Aufbau. Die Tankstelle kann so in die Massenproduktion gehen und an jeder Stelle Deutschlands genauso realisiert werden. Sie hat einen Wiedererkennungswert, der die Tankstelle bekannt machen wird.

Zudem ist die Anzahl der Ladesäulen variabel. Je nach Elektromarkt und umliegenden Lademöglichkeiten in der Region kann es sein, dass an einem Standpunkt mehr "Zapfsäulen" benötigt werden als an anderen. Wie in Punkt 4 genauer beschrieben wird, kann die Tankstelle je nach Bedarf um variable Anzahlen von Ladestellen bestückt und erweitert werden, da jeder einzelne Transformator nur für einen Teil der Anschlüsse zuständig ist.

Auch die Leistung und Kapazität der Redox-Flow Batterien ist relativ leicht zu skalieren, wie in Punkt 3 genauer beschrieben ist.

Modular ist auch der Gesamtaufbau der gesamten Tankanlage; sie besteht aus wenigen Teilen (Tankstelle mit Keller, Spielplatz, Park und "T"-Service Center), die jedoch relativ frei voneinander anordbar sind. Auch das Gebäude bietet eine Besonderheit, er ist relativ unabhängig von der Form des gegebenen Grundstücks, da dieser mehr in die Höhe als in die Breite gebaut ist. Zusätzlich dazu hat unser "T"-Gebäude auch eine besondere, moderne und auffällige Form, und zeigt zudem auch gleichzeitig das Betreiberlogo sehr deutlich; es ist eine Präsentation des Unternehmens, die praktisch nutzbar ist.

Wir setzen also bei unserer Tankstelle darauf, dass sie in Serie geht und durch den einfachen Aufbau und den Wiedererkennungswert schnell bekannt wird, und sich somit insgesamt von anderen Elektrotankstellen stark abhebt.

8. Busladestationen

Linienbusse laden zumeist an den Endhaltestellen und E- Reisebusse wird es in den nächsten Jahren kaum geben. Weiterhin benötigen Reisebusse sehr viel Platz und das Grundstück ist für die Anzahl an Reisenden zu klein. Durch das Hinzufügen von Busladestationen würde Grünfläche verloren gehen, das Gelände hätte dann Parkplatzcharakter. Aus diesen Gründen haben wir uns vorläufig gegen Busladestationen entschieden, doch können sie bei Bedarf durch den modularen Aufbau im Nachhinein integriert werden.

9. Wirtschaftlichkeitsrechnung

9.1. Anschaffungskosten

Teil der Tankstelle	Kosten	Kostenparameter
Gebäude (Tiefbau, Hochbau, Materialkosten)	3.058.750,00 €	
Überdachung	6.000,00 €	
PV Anlage	211.171,40 €	Sonneneinstrahlung
Transformator	4.325,00 €	
Ladesäulen	452.000,00 €	Subventionen
Subvention Ladesäulen	-120.000,00 €	Subventionen in der Zukunft
redox-Flow anlage	500.000,00 €	Erforschung
Bodenaushub + Entsorgung + neuer Boden	666.000,00 €	
Leitungen	50.000,00 €	
Straße	7.500,00 €	
Schilder	1.000,00 €	
Werbung	500.000,00 €	
Showroom	16.000,00 €	
Ausstattung	150.000,00 €	
Fußweg	2.000,00 €	
Grünpflanzen, Anlagen	1.000,00 €	
Anlagen, Pflege	2.000,00 €	
Beleuchtung	3.000,00 €	
Gesamt	5.510.746,40 €	

Unterm Strich ist die Wirtschaftlichkeit relativ unabhängig von Marktparametern. Einige Parameter wie beispielsweise die Stromkosten, die Sonneneinstrahlung und Subventionen durch den Staat sind trotzdem in der Tabelle mit aufgeführt.

Die wichtigsten Parameter sind allerdings die Menge an Aufmerksamkeit, die die neue Tankstelle erhält und die Entwicklung des E- und Wasserstoffautomarktes. Publicity vergrößert die Anzahl der Kunden und trägt dazu bei, dass die ganze Tankstelle mehr Umsatz machen kann. Somit trägt sie wie der wachsende Anteil an zugelassenen Elektrofahrzeugen dazu bei, dass wir unsere Tankstelle Stück für Stück auf mehr Ladepunkte erweitern können, eventuell sogar schon bald die H₂-Tankstelle in Betrieb nehmen können und die Ausgaben für dieses zukunftsweisende Projekt sogar ein Stück dazu führen, dass viele Menschen in Erfurt ihre Chance erkennen und sie die Tankstelle sogar als bestimmender Faktor zum Kauf eines Elektroautos bewegt.

9.2 Wirtschaftsplan für 5 Jahre

Für die laufenden Kosten berechnen wir pro Jahr:

Personalkosten/Jahr + Stromkosten/Jahr = 87.030€ + 52.678€ = 139.708€

Für die Einnahmen berechnen wir pro Jahr:

Einnahmen Tankstelle = 226.800€

Das entspricht pro Jahr:

Einnahmen - Ausgaben = 226.800€ - 139.708€ = 87092€

Fazit: Unsere Tankstelle macht in 5 Jahren nach Fertigstellung rund 435.000€ Umsatz, wobei die laufenden Kosten schon berücksichtigt wurden.

10. Graphische Visualisierung

Neben den Stromkreisen versuchen wir vor allem die Raumgestaltung durch Skizzen zu veranschaulichen. Im Anhang befindet sich eine Zeichnung der Frontalansicht, sowie mehrere Skizzen, welche die Draufsicht visualisieren.

Zur graphischen Visualisierung nutzten wir (nur) im Erarbeitungsprozess auch das Videospiel Minecraft, welches es ermöglicht jede Art von Architektur in Würfeln nachzubauen und es uns damit ermöglicht hat, unsere Ideen sehr gut zu visualisieren. Aufgrund der einfachen Handhabung des räumlichen Schaffungsprozesses und der Betrachtungsmöglichkeit des Gebäudes aus verschiedenen Perspektiven, haben wir auch auf diese Möglichkeit zugegriffen.

11. Sicherheitskonzept

Um die Sicherheit der Besucher gewährleisten zu können, herrscht auf dem gesamten Gelände Rauchverbot. Des Weiteren besteht die Möglichkeit für Rettungskräfte, von jeder Seite an alle Einrichtungen zu gelangen. Dies gewährleisten wir durch großflächige Befestigung des Untergrundes. Außerdem befinden sich im gesamten Gebäude Sicherheitseinrichtungen, wie an den Decken angebrachten Sprinkleranlagen und eine Fluchttreppe, welche bei einem Brandfall das sichere Verlassen des Gebäude gewährleistet. Somit ist das Gebäude mit zwei potentiellen Notausgängen ausgestattet. An der Ausfahrt befindet sich ein Brandschutz konformer Sammelplatz.

Um das Brandrisiko zu minimieren, haben wir unsere Technik im Keller mit einem Stickstoff-Löschsystem versehen, wodurch diese im Brandfall risikofrei gelöscht werden kann.

12. Umweltaspekte

Als Grundbaustein für unser Konzept haben wir uns das Ziel gesetzt, möglichst nachhaltig zu planen und zu bauen. Wir haben eine Tankstelle der Zukunft geplant, die sich positiv auf das Klima auswirkt. Daher wollen wir uns schon beim Bau auf eine nachhaltige Arbeitsweise stützen.

Als erstes wollen wir die MKW belastete Erde vollständig bis in eine Tiefe von 6 Metern ausheben und auf eine fachgerechte Entsorgung achten. Danach wird diese Fläche mit unbelasteter Erde wieder aufgefüllt.

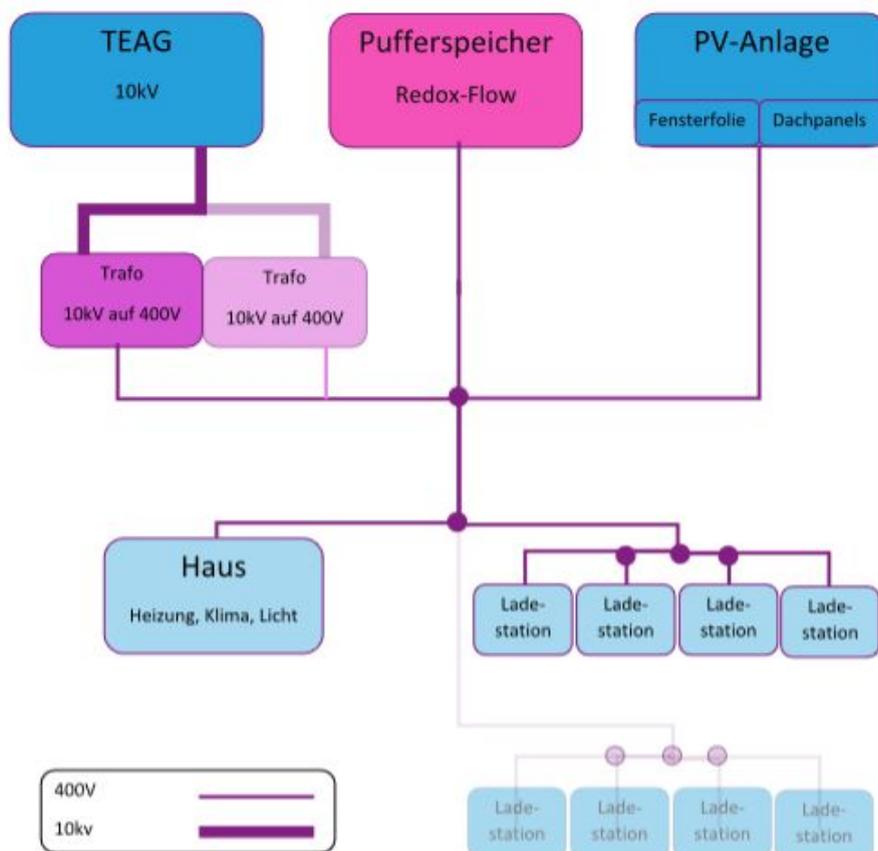
Außerdem soll schon der erste Blick auf die Tankstelle zeigen, dass wir für eine umweltbewusste Lebensweise stehen. Das erreichen wir, indem wir als ersten Blickfang eine grüne natürliche Umgebung auf unserem Grundstück schaffen. Damit fördern wir auch die Begrünung in der Stadt. Somit wird ein besseres Raumklima durch eine Produktion von O₂ gefördert und ein Wohlfühlklima erschaffen.

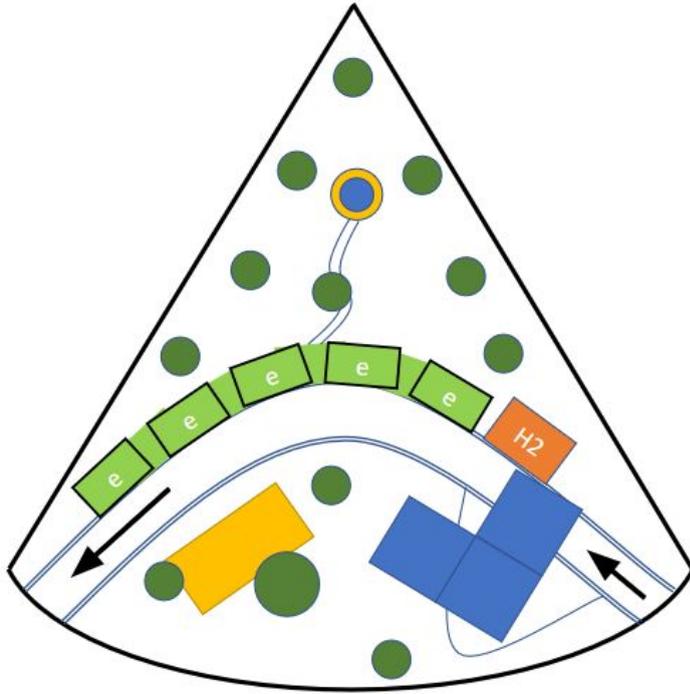
Unser zweiter Blickfang ist unser großes Glasgebäude in Form des Logos der TEAG. Jedoch bemerkt man erst bei genauerem Hinsehen, dass auch diese Fläche genutzt wurde, um der Umwelt etwas Gutes zu tun, nämlich um erneuerbare Energie herzustellen. Hierfür wird Solarfolie verwendet, die auf die Fenster aufgetragen wird. Somit produziert auch diese große sonst ungenutzte Fläche Strom und steigert die Effizienz der Anlage.

Um die dadurch entstandene Energie sinnvoll zu nutzen, planen wir einen Pufferspeicher durch eine Redox-Flow-Batterie ein. Auch diese noch wenig genutzte Batterie hat nachhaltige Vorteile. Beispielsweise hat sie eine längere Haltbarkeit, einen höheren Wirkungsgrad und eine höhere Entladetiefe als gewöhnliche Batterien.

Mit unserem Konzept der E-Tankstelle der Zukunft setzen wir ein Zeichen für Nachhaltigkeit, innovatives Design, Effizienz und alternative Energiequellen.

Abbildungen





made by Lucia

Quellen

Marktanalyse

https://www.tesla.com/de_DE/

www.klausolafzehle.de/teslablog/ein-wenig-physik/

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/12131/umfrage/pkw-bestand-in-deutschland/>

Verkehrsanalyse

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/265995/umfrage/anzahl-der-elektroautos-in-deutschland/>

<https://www.google.de/maps/place/TEAG+Thüringer+Energie+AG/>

https://www.bast.de/BASSt_2017/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v2-verkehrszaehlung/Stundenwerte.html;jsessionid=B159E71CBE1B353967E066AB5528D1ED.live21302?nn=181949/

Batterien

<https://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/oekostrom/energiespeicher.html>

<https://www.itwissen.info/Batteriekapazitaet-battery-capacity.html>

Redox-Flow

<https://www.batterieforum-deutschland.de/infoportal/lexikon/redox-flow-batterien/>

<https://www.volterion.com/powerffb/>

<https://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/photovoltaik/stromspeicher/redox-flow-batterie.html#c5911>

Wasserstoffauto

<https://www.spektrum.de/news/haben-wasserstoffautos-eine-zukunft/1523803>

Photovoltaik und Solarüberdachung

<https://www.garage-und-carport.de/carport/carport-kosten/>

rechnerphotovoltaik.de/photovoltaik

PV-Anlage: aleo solarmodul

Stromberechnung

<https://1-stromvergleich.com/stromverbrauch-1-2-3-4-personen-haushalt/#berechnung>

Bildquellen

https://static1.ka-news.de/storage/image/9/3/1/8/1798139_ka-2015-760_1rLNzL_08rB5h.jpg

ePARK

Energie für Bewegung

Helena Jaworek
Pauline Werner
Xueyu Zhao
Zita Engelbrecht
Andy Lorenz
Anton Trabitz
Justus Vincent Klaus Seel
Mahmoud Abdelhamid
Mahmoud Hatem Elnashar
Robin Götzelt
Tobias Zunk

28. März 2019

Inhaltsverzeichnis

1	Marktanalyse	3
1.1	Verkehrprognose	3
1.2	Umsatzprognose	3
2	Technische Aspekte	4
2.1	Auswahl und Dimensionierung der Photovoltaikanlage	4
2.2	Auswahl der Windenergieanlage	5
2.3	Wahl des Pufferspeichers	6
2.4	Wasserstoffgewinnung	6
2.5	Wasserstoffspeicherung	7
2.6	Energie-Management-System	7
3	Ausgestaltung des Grundstücks	10
3.1	Die Gegebenheiten	10
3.2	Das Konzept	10
4	Endkonzept	12
4.1	Das Gebäude	12
5	Quellen	13
A	Kosten	14

1 Marktanalyse

1.1 Verkehrprognose

Die folgende Prognose zeigt die Anzahl an vorbeifahrenden Autos am Standort (100 %) und verschiedenen Nutzungsraten (30 %, 50 %) der Tankstelle.

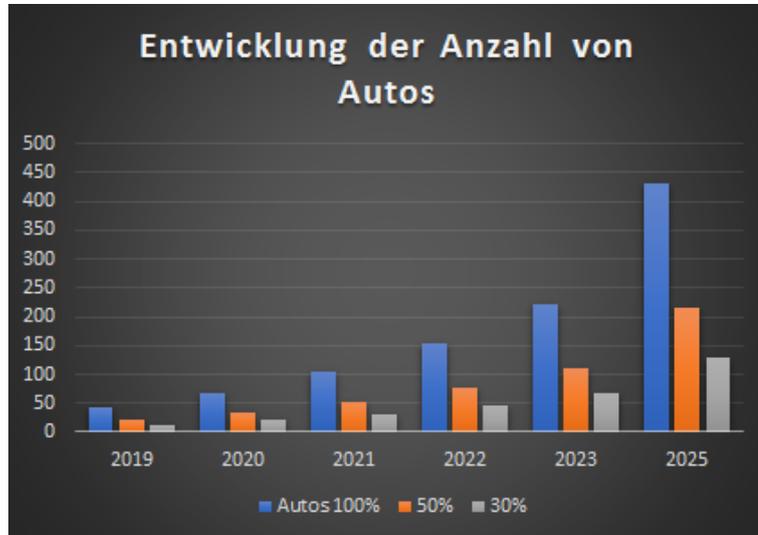


Abbildung 1: Entwicklung der Anzahl von Autos

1.2 Umsatzprognose

Das folgende Diagramm zeigt den Umsatzverlauf über die ersten Jahre. Empfohlen wird ein Betriebsbeginn ab 2022, danach wird der Umsatz genähert exponentiell angenommen. Dies ist ein Wachstumsmarkt.

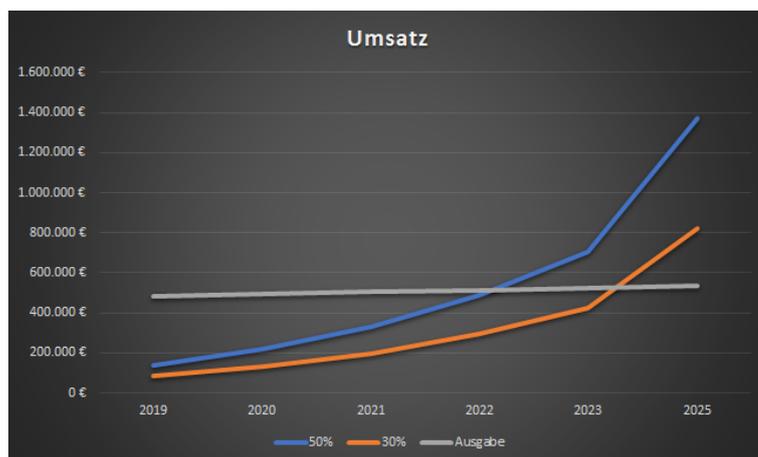


Abbildung 2: Umsatzprognose

Nach weiterführender Prognose wird sich das Projekt bei einer Betriebszeit von 2023 bis 2027 vollständig amortisiert haben. Mithilfe der Förderprogramme der Bundesregierung oder des Landes könnte die Amortisierungszeit sich reduzieren. Die geschätzte Bundesförderung beläuft sich auf 96.000 €. Die Laufzeiten sind mitunter begrenzt.

2 Technische Aspekte

2.1 Auswahl und Dimensionierung der Photovoltaikanlage

Aufgrund unserer lokalen baulichen Gegebenheit wurden zwei unterschiedliche Typen von Photovoltaikmodulen der Firma SOLARWATT ausgewählt: Das erste Modell („VISION 36M“) besitzt 20 % Transparenz und kann somit für innovatives Lichtdesign eingesetzt werden. Es werden in unserem Konzept 170 Einheiten zur Überdachung verwendet.

Das Modul „VISION 60M“ zeichnet sich durch hohe Leistungsfähigkeit, auch bei geringer Einstrahlung aus. Es erreicht selbst bei geringer Lichteinstrahlung Leistungen von 240 W und erzeugt bei Standardbedingungen bis zu 320 Wp. Beide Produkte nutzen die neuartige Glas-Glas-Technologie, die sehr hohe Beständigkeit gegen äußere Einflüsse aufweist.

DIE INNOVATIVE GLAS-GLAS-GENERATION VISION 60M HIGH POWER

- Super-Leichtgewicht durch 2 mm dünnes Glas
- 100% Plussortierung
- Monokristalline PERC-Hochleistungszellen
- Höchste Ertragszuverlässigkeit
- Hohe Brandsicherheit
- 100% Schutz gegen PID



Abbildung 3: SOLARWATT-Vision 60M Datenblattauszug[1]

Aufgrund einer teilweisen Verschattung der Gebäudedachfläche, wurde die optimale Anzahl an 60M-Modulen nach folgendem Ablauf geplant: Der durchschnittliche Einstrahlungswinkel der Sonne im Winter in Erfurt beläuft sich auf circa 15° . Die in Deutschland übliche Ansträgung der Photovoltaikanlage wird mit 20° beziffert. Aus den Abmaßen der Module ergibt sich die folgende Berechnung, um ausreichend Abstand für die Panels einzuhalten. Diese sollen sich nicht gegenseitig verdecken.

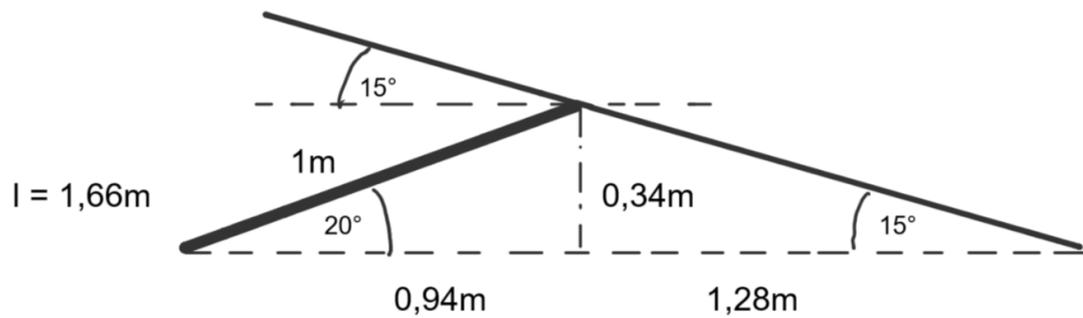


Abbildung 4: Beschattungsskizze

Dachfläche: 230 m^2

Nutzbare Fläche für Photovoltaik: 75 % , entsprechen 173 m^2

Fläche je Panel: $1,66 \text{ m} \cdot (0,94 \text{ m} + 1,28 \text{ m}) = 2,2 \text{ m}^2$

Anzahl Panels: $173 \text{ m}^2 / 2,2 \text{ m}^2 = 78$

2.2 Auswahl der Windenergieanlage

An dieser Stelle setzen wir auf die Anlage von TechCarbon. Diese stellt durch neuartige Helix-Konstruktion eine optimale Verwertung des einströmenden Windes sicher. Die futuristische Konstruktion ermöglicht, dass das System bereits bei geringem Wind funktioniert und bei durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten hohe Leistungen erzeugt. Somit bringt es einen essenziellen Beitrag zur nachhaltigen Energieversorgung.

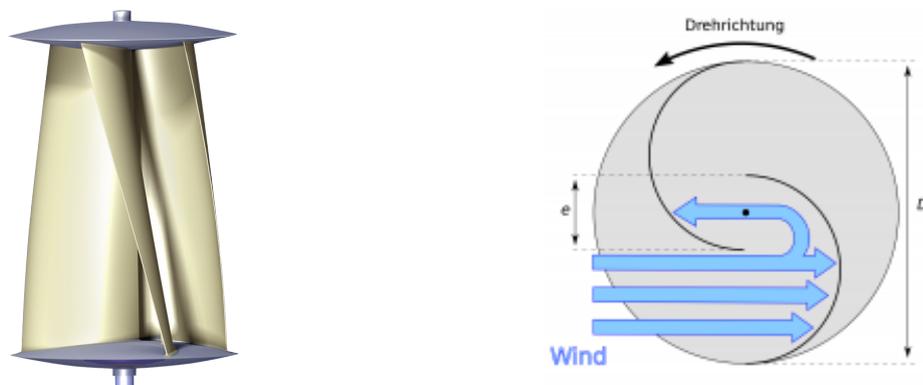


Abbildung 5: Aufbau und Funktion der Windturbine[2][3]

Tabelle 1: Erwarteter erneuerbarer Energieertrag

Anlage	VISION 60M	VISION 36M	Windrotoren	Summe
Anzahl	78	103	3	
ØLeistung	17,9 kW (je 230 W)	21,2 kW (je 125 W)	3,75 kW (je 1250 W)	43 kW
Max. Leistung	25 kW (je 320 W)	25 kW (je 320 W)	10,5 kW (je 3,5 kW)	64,4 kW

2.3 Wahl des Pufferspeichers

Um die örtlich erzeugten regenerativen Energien kurzfristig zu speichern, werden Zink-Luft-Akkumulatoren der Firma EOS, Modell Aurora 1000/4000, genutzt. Dieser skalierbare Speicher wird auf eine Größe von 40 kWh dimensioniert. Der Vorteil ist die genutzte Zynth(R) Technologie, die eine fünf mal höhere Energiedichte als Lithium-Ionen-Akkus besitzt und trotzdem erschwinglich ist. Der Speicher kann schnell hohe Leistungen bereitstellen, um Netzschwankungen auszugleichen.

2.4 Wasserstoffgewinnung

Auf lange Sicht rangiert Wasserstoff als Speichermedium und Kraftstoff, im Vergleich mit anderen Technologien, auf den oberen Plätzen. Deshalb ist es wichtig, jetzt die Möglichkeiten für eine eventuelle Umstellung offen zu halten.



Abbildung 6: PEM-Elektrolyseur[4]

Die Handhabung wechselnder Lastverhältnisse, welche durch erneuerbare Energien entstehen, sowie Wasserstoff als Energiespeicher, werden in einem PEM-Elektrolyseur („*proton exchange membrane*“) in Kombination mit PEM-Brennstoffzellen ermöglicht. Das gewählte Modell zeichnet sich durch einen hohen Wirkungsgrad bei gleichzeitig geringen Betriebskosten aus. In Abbildung 6 ist die kompakte, modulare Bauweise zu sehen. Im Vergleich zur Alkali-Elektrolyse wird bei dieser Methode nicht mit Gefahrenstoffen gearbeitet. Durch starke Fluktuationen des Strompreises, insbesondere bei übermäßiger Bereitstellung von erneuerbaren Energien auf wenige Abnehmer, ist es notwendig diese Energie auch über längere Zeiträume zu speichern. Dazu wird der H-TEC ME 450/1400 PEM Elektrolyseur in Kombination mit mehreren Brennstoffzellen genutzt. Diese Installation verfügt über folgende Kenndaten:

Elektrolyseleistung: 0,2 – 1,4 MW

maximale Produktion: $450 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$

Wirkungsgrad: ca. 50 % (Elektrolyse und Synthese)

Syntheseleistung: $5 \cdot 250 \text{ kW} = 1,25 \text{ MW}$

2.5 Wasserstoffspeicherung

Das LOHC-Verfahren („*liquid organic hydrogen carrier*“) nutzt organische Verbindungen (zB. Öl), um Wasserstoff sicher zu speichern. Dabei erreicht man bezüglich des Verhältnisses Wasserstoff zu Speichermedium eine Effizienz von 25 % und mehr. Der Speicherstoff wird dabei nicht verbraucht und ist nach dem Entfernen des Wasserstoffs wieder einsetzbar.

Vorteile dieser Speicher Methode sind, dass keine Kühlung und keine hohen Drücke notwendig sind. Das Verfahren ist umweltfreundlich, unbegrenzt skalierbar und nicht verlustbehaftet. Die nachfolgende Grafik zeigt die enorme Effizienz von LOHC im Vergleich zu anderen Wasserstoffspeichern:

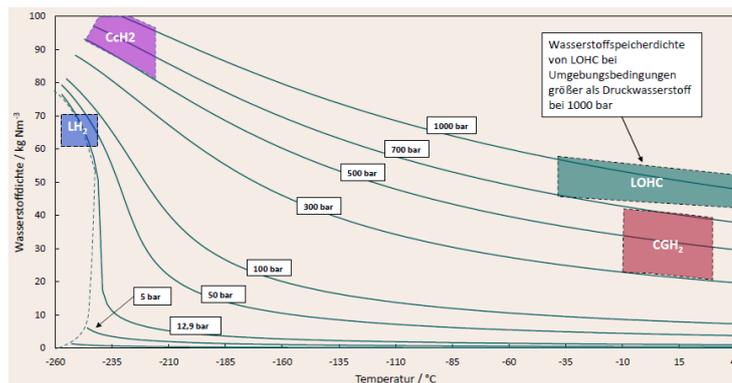


Abbildung 7: LOHC Effizienz [5]

Durch einen 10.000-Liter-Tank in Kombination mit dem LOHC-Verfahren können problemlos 100 kg Wasserstoff und mehr mit einer hohen Effizienz gespeichert werden. Dies reicht für eine signifikante Anzahl an Ladungen.

Energiedichte: $2 \cdot 10^5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

Speichergröße: 100 kg und mehr

Ladung je Auto: ca. 60 kWh

Kapazität: 20 GJ = 5 500 kWh = 100 Autoladungen

2.6 Energie-Management-System

Ziel des Energie-Management-Systems ist es möglichst viel Öko-Strom zu nutzen und damit die Tankstelle nachhaltig zu betreiben. Die Eigenenergieerzeugung der Station setzt sich aus den Photovoltaik-Anlagen und den Windturbinen zusammen, um den größtmöglichen Gewinn an regenerativer Energie zu ermöglichen. Diese Energie wird im reaktionsschnellen Puffer, mit gut kalkulierter Kapazität, zwischengespeichert, um potenzielle Schwankungen im Stromnetz mit der umweltfreundlichen gewonnenen Energie auszugleichen. Genauso ist die gesamte Anlage auch am Mittelspannungsnetz angeschlossen, um den von TEAG bereitgestellten Öko-Strom speichern zu können. Gleichzeitig wird dem Kunden zu Stoßzeiten die bestmögliche Leistung an den Ladepunkten

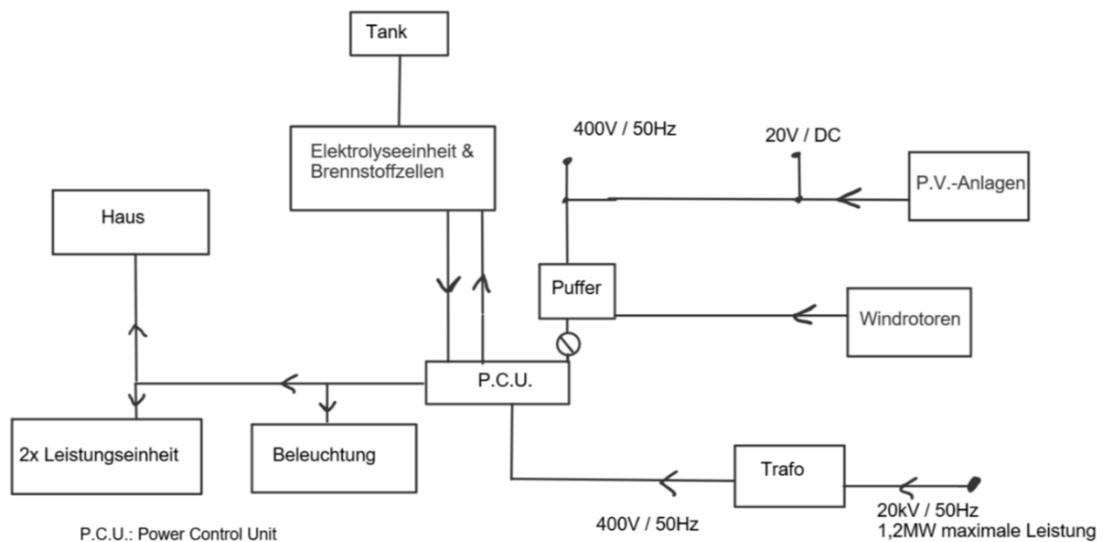


Abbildung 8: Fließdiagramm des Energie-Management-Systems

geboten. Um den Mittelspannungsanschluss (20 kV) auf 400 V zu transformieren und damit nutzbar zu machen, verwenden wir den Transformator „Geafol Neo“ von Siemens mit einer max. zulässigen Leistung von 1250 kW. Ein weiterer wichtiger Teil der Struktur ist die **Elektrolyseeinheit**. Zusammen mit dem daran angeschlossenen Wasserstofftank und den Brennstoffzellen kann diese Einheit große Mengen an Energie speichern und gleichzeitig hohe Leistungen bereitstellen, um den Leistungsbedarf abzudecken.

Die wichtigste Komponente der Struktur ist die programmierbare **Power-Control-Unit**. Sie ist dafür verantwortlich, den Stromverlauf so zu regeln, dass das oben genannte Ziel erfüllt wird.

Die Logik der Power-Control-Unit ist wie folgt konzipiert:

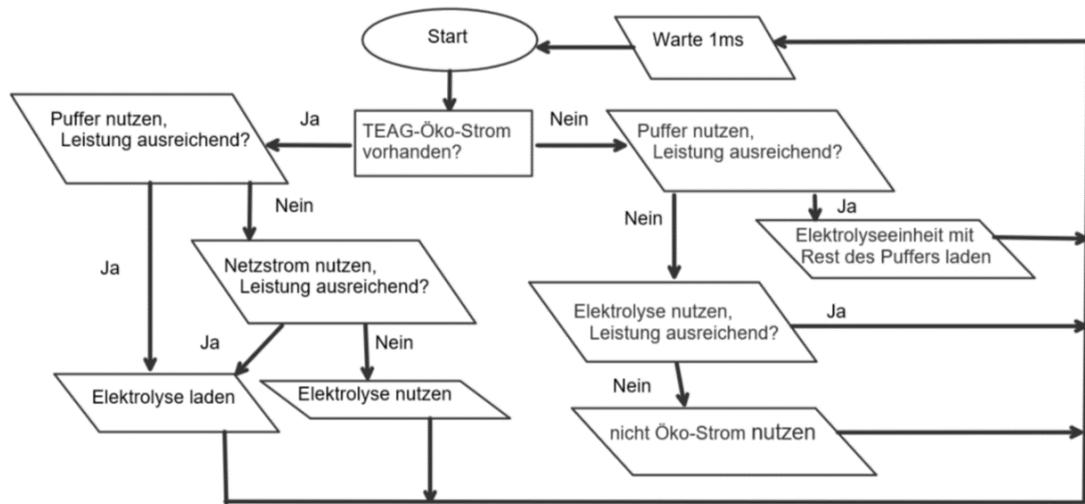


Abbildung 9: Fließdiagramm der Power-Control-Unit (PCU)

Die Leistungsabnehmer sind hauptsächlich das Haus, die äußere Beleuchtung und die Leistungseinheiten, die die Ladepunkte mit Energie versorgen. Die am besten passende Leistungseinheit ist die Enercon E-Charger 600, da:

- Jede Leistungseinheit eine max. Leistung von 600 kW bietet
- Bis zu 4 Ladepunkte je max. Leistung von 300 kW möglich sind
- eine Ladespannung von 200 V bis 920 V DC anliegt
- Die Kühlfunktion für Ladung mit hohen Leistungen integriert ist
- 10 min Ladezeit 400 km Fahrdistanz

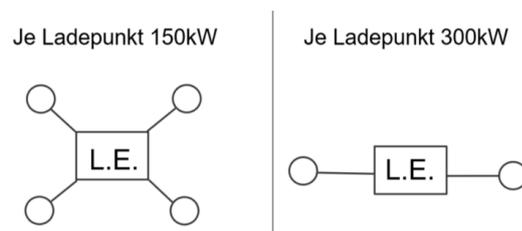


Abbildung 10: Konstellation der Leistungseinheiten

Die Konstellation bietet die Schnellladefunktion mit Leistungen bis zu 300 kW, für die noch auf den Markt zu kommenden Autos, die diese Funktion unterstützen. Außerdem sind die Ladesäulen nach unten kompatibel, was für die momentan auf dem Markt angebotenen Autos von Relevanz ist. Die Anzahl der eingebauten Ladesäulen erfüllt laut unseren Rechnungen die Nachfrage bis 2030 ohne Aufrüstung, sodass die Auslastung in den Stoßzeiten zwischen 70 % und 100 % variiert, und der Kostenfaktor auch berücksichtigt bleibt. Die Ladesäule unterstützt die derzeit gängigen Steckertypen (CCS, CHADEMO) und ist damit auch für künftige Automodelle geeignet. Die Kommunikation zwischen Auto und Ladesäule erfolgt durch das offene OCPP-Protokoll (Version

1.6), kann später auch aktualisiert werden. Außerdem unterstützen die Ladesäulen und die Leistungseinheiten das Smart-Charging-Protokoll ISO 15118, das die Überbelastung des Netzes am Beginn und Ende des Ladevorgangs durch die Kommunikation mit dem Netz verhindert.

3 Ausgestaltung des Grundstücks

3.1 Die Gegebenheiten

Zunächst galt es eine ausführliche Analyse des vorgegebenen Grundstückes zu erstellen. Dazu müssen der Zustand, die Bebauungsvorschriften und umliegende Gegebenheiten berücksichtigt werden.

Bei der Zustandsanalyse ergab sich, dass das Grundstück über einen Mittelspannungsnetzanschluss und über einen Wasseranschluss für Trinkwasser verfügt. Jedoch ist auf dem Grundstück teilweise vorbelasteter Boden vorhanden, sodass dort bei der Bebauung erhöhte Abfallkosten entstehen können (Bebauungsplan Seite 12/22). Auch ist nicht genau bekannt wie stark das Grundwasser in dem Gebiet durch ein ehemaliges Kiesabbau Gebiet belastet ist. Ein Fachgutachten liegt hier vor. (Seite 11/22).

Des weiteren liegt das Grundstück teilweise in der Klimaschutzzone zweiter Ordnung, jedoch auch in der Sanierungszone. Das bedeutet, dass das Grundstück mit teilweise „hoher Überwärmung mit negativer Bedeutung insbesondere für das Bioklima“ (Seite 12/22) betroffen ist. Daraus lässt sich Schlussfolgern, dass die Klimaschutzzone 2ter Ordnung unterstützt werden muss, sowie Gegenmaßnahmen für das Klima in der Sanierungszone getroffen werden müssen.

Die zu bebauenden Fläche liegt in einem Gewerbegebiet. Daraus ergeben sich gesonderte Bebauungsvorschriften. Es ist vorgesehen, dass sich in dem Gebiet dienstleistendes Gewerbe, produzierendes Gewerbe und Logistikbetriebe ansiedeln (Seite 9/22). Ein Ziel der Stadtverwaltung ist es, eine Bodenwertsteigerung zu vermeiden, sodass keine Schank- und Speisewirtschaften, Einzelhandelsbetriebe (alle Sortimentsbereiche) und weitere Vergnügungsstätten vorgesehen sind. Ausnahmen sind teilweise gestattet (Seite 9/22).

Durch die Nähe zu Gewerbegebieten, Recycling Höfen, viel befahrenen Straßen und zum Heizkraftwerk Nord, sowie zum Umspannwerk entstehen erhebliche Lärmbelästigungen. Auf Grund dieser genannten Gegebenheiten erfolgte nun das Designkonzept zur Ausgestaltung des Grundstückes.

3.2 Das Konzept

Unser Ziel war es nicht nur eine Tankstelle für umweltfreundliche Fahrzeuge zu schaffen. Dem Kunde soll eine Stätte der Ruhe und Erholung im Grünen geboten werden. Fernab vom üblichen „Raststätten“ Lärm soll der Kunde an der TEAG Tankstelle eine erholenden Pause erleben, um entspannt seine Fahrt fortsetzen zu können!

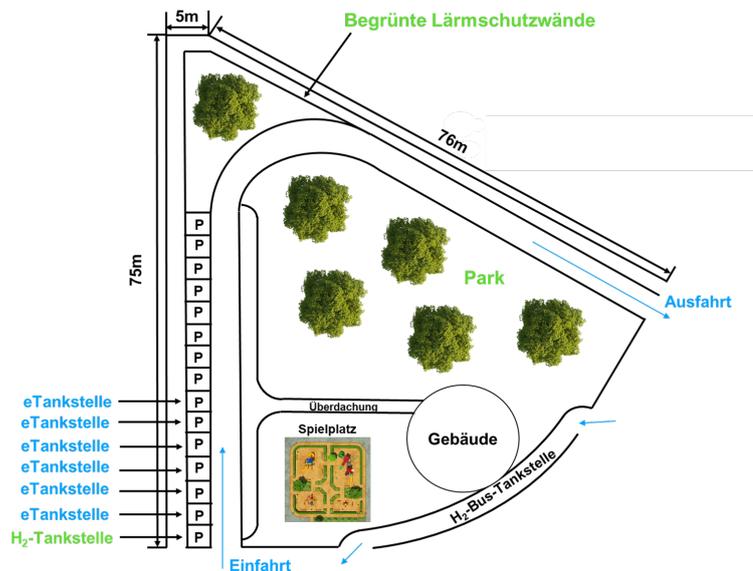


Abbildung 11: Lageplan der ePark -Tankstelle

Auch an den kleinsten Kunden wird gedacht. Nach dem langen Sitzen können diese sich auf dem einhundert Quadratmeter großen Spielplatz austoben. Der Erwachsene kann einen entspannten und interaktiven Spaziergang durch den Park erleben. Interaktiv bedeutet hier, dass dem grünen Fahrer das Thema grüner Strom näher gebracht wird. Durch Fahrrad fahren wird das Handy geladen, angekurbeltes Wasser bringt eine Glühbirne zum Leuchten.

Ebenso wird für den kulinarischen Genuss gesorgt. Ein kleines und regionales Café bietet allerlei Köstlichkeiten an. Wer in der Pause entspannt Picknicken möchte und mitgebrachte Speisen verzehren will, findet Platz in dafür vorgesehen Bereichen umgeben von Grün. Der Parkplatz bietet neben der Möglichkeiten zum Aufladen der eAutos genauso die Möglichkeit zum Betanken von Wasserstoffautos. Auch der Wasserstoffbus findet seinen eigenen separierten Bereich auf dem Gelände, sodass der weit angereiste Kunde diesen nicht unmittelbar wahrnimmt.

Die gesamte Anlage besticht durch ihren Eindruck sich nicht an einer Tankstelle zu befinden, sondern in einem Park. Dabei dominieren die Farben der Natur wie grün, braun und blau. Heraussticht die neueste integrierte Technik. Die Energiegewinnung erfolgt direkt auf dem Grundstück aus Wind, Sonne und Wasser.

Zur Vermeidung von Lärmbelästigung wird das Grundstück über Eck von hohen bepflanzen Lärmschutzwänden eingerahmt. Ein Teil dieser wird aus sogenannten „Green-City Solution“ - Wänden bestehen. Diese Wände filtern mit Hilfe einer speziellen Moosart CO₂ aus der Luft. Somit soll der Sanierungszone entgegen gewirkt werden.

4 Endkonzept

4.1 Das Gebäude

Helix Windturbine

- Hoher Wirkungsgrad, auch bei wenig Wind
- Kaum Geräusentwicklung
- \varnothing 3,6 kW (je 1,2 kW)



Café und Erholung

- Regionaler Anbieter
- Verkauf von kleinen Mahlzeiten und Getränken
- lichtdurchfluteter Raum mit Panoramafenstern



Kunstaussstellung

- Kooperation mit der Universität Erfurt
- kostenloser Eintritt



Fassade

- in Kooperation mit dem Cradle to Cradle e.V.
- Nachhaltige Materialien
- große Glasflächen und Holzbalken

5 Quellen

- https://www.zewk.tu-berlin.de/fileadmin/f12/Downloads/koop/publikationen/09_02_br4_erdmann.pdf
- https://www.h-tec-systems.com/fileadmin/Content/PDFs/19022019/H-TEC_SYSTEMS_Datenblatt_Elektrolyseur_ME450_1400_DE.pdf
- <https://www.pv-magazine.de/2018/11/30/hydrogenious-lohc-wasserstofftechnologie-in-usa-bekannt-als-in-der-heimat-deutschland/>
- <https://h2-industries.com/technologie/>
- https://www.gwf-gas.de/fileadmin/GWFGasEnergie/gwf_gas_Ausgaben/gwf_gas_2018/gwf_gas_09_2018/GE_09_2018_fb_Seidel.pdf
- Einfacher Bebauungsplan HOS527 "Nordwestlich der Bunsenstraße"

Bildquellen

- [1] <https://www.solarwatt.de/solarmodule/glas-glas>
- [2] http://wind-of-change.org/files/helix_files/technik/technik_002_turbine_frei.png
- [3] http://wind-of-change.org/files/helix_files/technik/technik_001.png
- [4] https://www.h-tec-systems.com/fileadmin/Content/PDFs/19022019/H-TEC_SYSTEMS_Datenblatt_Elektrolyseur_ME450_1400_DE.pdf
- [5] https://www.gwf-gas.de/fileadmin/GWFGasEnergie/gwf_gas_Ausgaben/gwf_gas_2018/gwf_gas_09_2018/GE_09_2018_fb_Seidel.pdf

A Kosten

Baukostenschätzung nach DIN 276

100	Grundstück		40	0 €
200	Herrichten und Erschließen		2%	0 €
310	Baugrube	250	300	75.000 €
320	Gründung	227	80	18.160 €
330	Außenwände	320,28	130	41.636 €
340	Innenwände	0	120	0 €
350	Decken	227	34	7.718 €
360	Dächer	227	80	18.160 €
370	Baukonstruktive Einbauten	0	0	0 €
390	Sonstige Massnahmen für Baukonstruktion ¹⁾	0	0	0 €
300	Summe Bauwerk - Konstruktion			160.674 €
410	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen			15.000 €
420	Wärmeversorgungsanlagen			3.000 €
430	Lufttechnische Anlagen			5.000 €
440	Starkstromanlagen			10.000 €
450	Fernmelde- und informationstechnische Anlagen			300.000 €
460	Förderanlagen			0 €
470	Nutzungsspezifische Anlagen			0 €
480	Gebäudeautomation			5.000 €
490	Sonstige Maßnahmen für technische Anlagen ¹⁾			0 €
400	Summe Bauwerk - Technische Anlagen			338.000 €
510	Geländeflächen			5.340 €
520	Befestigte Flächen			71.600 €
530	Baukonstruktion in Außenanlagen			210.450 €
540	Technische Anlagen in Außenanlagen			1.938.900 €
550	Einbauten in Außenanlagen			210.450 €
590	Sonstige Maßnahmen für Außenanlagen ¹⁾			0 €
500	Summe Außenanlagen			2.436.740 €
	Gesamtkosten Bauwerk und Außenanlage			2.935.414 €
610	Ausstattung			30.000 €
620	Kunstwerke			4.000 €
600	Ausstattung und Kunstwerke			34.000 €
700	Summe Baunebenkosten			564.935 €
	Gesamtkosten (Netto)			3.534.350 €
	Umsatzsteuer			671.526 €
	Gesamtkosten (Brutto)			4.205.876 €

Kostenschätzung von 2022 bei 30% Auto aufkommen

Ausgaben		
Beschreibung	Monat	Jahr
Personalkosten	15.920 €	191.040 €
Marketing/Werbung	200 €	2.400 €
Energie	50 €	600 €
Versicherungen	100 €	1.200 €
Lebensmittel	5.000 €	60.000 €
Gema/GEZ	18 €	210 €
Verwaltungskosten/Beratung	1.500 €	18.000 €
Sonstige Betriebskosten/AFA	17.524 €	210.294 €
Müll/Entsorgung	50 €	600 €
Gesamt	40.362 €	484.344 €
Einnahmen		
Tanksäulen E bei	35.601 €	427.214 €
Tanksäulen H2	100	1.200 €
Verkauf Speisen	10000	120.000 €
Gesamt	45.701 €	548.414 €
Gewinn		64.070 €

Portfolio

BeING Inside 2019 – in Kooperation mit TEAG

Gruppe 7

Entwicklung eines Konzeptes einer High-Power-Charging-Elektrotankstelle mit TEAG
Erlebniswelt an der Schnittstelle zwischen der Großstadt Erfurt und der Autobahn

1. Einleitung und Tankstellen-Konzept

Im Rahmen des Projektes beING Inside sollten wir eine High-Power-Charging-Elektrotankstelle für die TEAG entwerfen. Die Tankstelle ist ein Aushängeschild für die Firma TEAG und wird als Modell für andere stehen. Berücksichtigen sollen wir die Anbindung an die Stadt Erfurt und die Autobahn, die Wirtschaftlichkeit, die Entwicklung des Elektroautomobilmarktes und mögliche Tätigkeiten zum Zeitvertreib. Gleichzeitig sollen regenerative Energiesysteme in das Stromnetz integriert werden. Unsere Gruppe (7) besteht aus Studenten verschiedener Nationalitäten und Fachrichtungen (Elektrotechnik, Mechatronik, Maschinenbau, Chemie und Verfahrenstechnik).

Das Konzept, das wir entwickelt haben, stellt die TEAG als Energieversorger für Elektroautomobilität in den Vordergrund. Es wird eine Einrichtung zur Verfügung gestellt, in der sich die TEAG präsentieren kann bzw. ist die Tankstelle ganz im Stil der TEAG geplant.

Angefangen haben wir mit der Berechnung der möglichen Kundenanzahl und deren Wünsche berücksichtigt. Danach richtet sich die Kapazität, die Ladesysteme und die Freizeitangebote. Als potenzielle Kunden sehen wir Durchfahrende, die die Autobahn nutzen, LKW-Fahrer und Busunternehmen im Stadtgebiet von Erfurt.

Aus diesem Grund setzen wir auf HPC-Ladetechnik. Die Kunden sollen eingeladen sein während einer Tankdauer von circa 15 min, einen Showroom zu besuchen, der die TEAG präsentieren soll und ein Café, welches an einer Grünanlage angrenzt.

Das Gelände soll insgesamt modern, charmant, umweltfreundlich und trotzdem funktional sein.

2. Marktanalyse und Ansprüche an Tankstelle 2.0

Es soll knapp eine Millionen E-Auto bis 2025 in Deutschland geben. Gleichzeitig soll so ein Anteil an der gesamten Fahrzeuginlandsproduktion von nahezu 30 Prozent erreicht werden. Die Verkäufe sollen auf ca. 50% anstiegen. Dies wird auch dadurch unterstützt die meisten Auto-Firmen schon in den nächsten Jahren mindesten eine E-Auto anbieten wird.

Zum Beispiel:

- E.Go mobile aus Aachen
- Mercedes EQ-Modelle
- Volkswagen
- Sono Motors SION (mit einem Preis von nur 16.000€ für viele erschwinglich)
- Tesla (ausschließlich E-Autos)

Aufgrund des Diesel Fahrverbotes, welches schon jetzt in vielen Städten vorhanden ist, und auch in Zukunft erweitert wird, wird so der Markt für E-Autos weiterwachsen.

Insgesamt sind in Thüringen zum Jahresanfang 731 Elektro-Autos zugelassen, diese Zahl an potentiellen regelmäßigen Kunden, soll noch weiter stark wachsen, so dass es bis 2025 bis zu 1000 E-Fahrzeuge in Erfurt alleine geben soll.

Unsere Marktforschung hat außerdem die Verschiedenen Ladesysteme untersucht. Momentan gibt es hauptsächlich 3 Systeme: „Typ 2“, „CCS“ und „CHAdEMO“. Typ 2 unterstützt kein HPC, deswegen werden wir dies nicht anbieten.

3. Kundenabschätzung -> Dimensionierung

Die Rechnung zur Dimensionierung beruht primär auf dem Verkehrsaufkommen auf den umliegenden Groß-Straßen A4, A71 und B7. Dort haben wir den Verkehr an öffentlichen Zählstellen in der Nähe analysiert und sind so auf ungefähre Zahlen für das Verkehrsaufkommen gekommen.

2012 waren dies ca. 60.000 Pkw und 9.000 Lkw.

2017 stiegen diese auf 70.000 Pkw und 10.000 Lkw.

So schätzen wir das Verkehrsaufkommen im Jahr 2022 auf ca. 80.000 Pkw und 11.000 Lkw ab.

Diese Zahlen verrechnen schon Fahrer, die auf mehreren Straßen unterwegs waren, sowie Verkehr aus dem inneren Teil der Stadt Erfurt.

Für den Markt im Jahr 2022 nehmen wir optimistisch an, dass es ca. 2% E-Autos & 0,5% E-LKWs/Busse am Markt geben wird. Wir gehen des Weiteren davon aus, dass ca. 10% der E-Autos zu unserer Tankanlagen kommen werden. Dies bezieht auch mit ein, dass es in der Umgebung auch andere E-Tankstellen gibt und später noch geben wird. Bei den LKWs/Busse schätzen wird, dass 20% zu uns tanken kommen, da dessen Reichweite noch sehr gering ist.

-2017

-> "2%" E-PKW = 1.400/d → 10% kommen tanken = 140/d → 6 E-PKW/h

-> "0,5%" E-LKW/Busse = 55/d → 20% kommen tanken = 11/d → rund 0,5 E-LKW/h

-2022

-> 2% E-PKW = 1.600/d → 10% kommen tanken = 160/d → 7 E-PKW/h

-> 0,5% E-LKW/Busse = 60/d → 20% kommen tanken = 12/d → 0,5 E-LKW/h

Es sind momentan keine aktuellen Daten für den Verkehr von Wasserstoffautos in Erfurt und Umgebung vorhanden. Da es momentan nur wenige hundert Wasserstoffautos in

Deutschland gibt, wir aber trotzdem vom zukünftigen Erfolg von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen überzeugt sind, finden wir es angemessen eine Möglichkeit zum Tanken zu geben. Wir rechnen mit ca. 10 Tankladungen pro Woche. Dafür wird eine Zapfsäule auch für längere Zeit ausreichen.

4. Grundstück

Nach der Betrachtung der Grundstücksgeometrie, haben wir unseren Fokus bei der Planung der Tankstelle auf die Einbindung der Rundung an der Straßenseite gelegt. Dadurch haben wir uns für ein Kreisförmiges Tanksystem entschieden, welches diese Rundung einbinden kann. Die beigefügte Skizze zeigt den Lageplan aller anschließend erklärter Anlagen.

a. Elektro-Tankstelle

Wir haben uns ausschließlich für die Schnellladetechnik (High Power Charging) entschieden, da die EU seit 2015 einen Anschluss für künftige Tankstellen vorschreibt und das für viele Autofahrer am praktikabelsten ist. Außerdem beinhaltet unser Tankstellenkonzept, keine langen Aufenthalte an der Ladesäulen. Aufgrund dessen haben wir uns für die Ladetechnik des CCS-Systems sowie des CHAdeMO-Systems entschieden, da sie das HPC unterstützen. Bei dieser Technik können Autos mit 160 kW Leistung geladen werden, mit einer Ladedauer von maximal rund 30 Minuten. LKWs können mit 350 kW geladen werden.

Wir haben uns für die Technik von ABB entschieden, da diese einige Vorteile gegenüber unserem zweiten Favoriten Enercon bieten. Genug Leistung liefert das Hochleistungs-Schnellladesystem Terra HP. Bei diesem System kann man die Leistungseinheiten miteinander verbinden, je nachdem wie viel Leistung benötigt wird. Dies ist bei Enercon nicht möglich. So haben wir zum Beispiel bei der LKW-Ladestation zwei Leistungseinheiten miteinander verbunden, um die gewünschte Leistung von 350 kW zu erreichen. Der modulare Aufbau ermöglicht Erweiterungen auch an den anderen Tanksäulen. Im Gegensatz zu der Technik anderer Hersteller, haben die Leistungseinheiten von ABB eine viel höhere mögliche Betriebstemperatur von 55 Grad Celsius. Das ist von Vorteil, da wir bei den Auto-Tanksäulen die Leistungseinheiten unterirdisch stellen wollen. Dort haben wir genug Platz für Kühlung und umfangreiche Sicherheitstechnik.

b. Wasserstoff-Tankstelle

Mit einem angenommenen Aufkommen von ca. 10 Tankladungen pro Wochen, kann man bei einer durchschnittlichen Tankkapazität von 5 kg H₂ mit einem wöchentlichen Bedarf von ca. 50kg Wasserstoff rechnen. Dafür genügt eine Tanksäule, die durch

einen Partneranbieter (z.B. H2 Live) installiert werden könnte. Auf dem Grundstück ist außerdem noch genug Platz um das System auf mehrere Tanksäulen zu erweitern.

c. Café und Garten

Um den Kunden einen angenehmen Aufenthalt zu gewährleisten, haben wir ein Café mit angrenzendem Garten geplant. Dort können sich die Kunden während des Tankvorgangs erholen. Dies kann natürlich auch von den Mitarbeitern der TEAG genutzt werden. Das Café soll in der Mitte offen sein, sodass man von der Straße aus in den Garten blicken kann. Auf dem Dach gibt es eine weitere Terasse, sowie Platz für PV-Anlagen. Der Garten hat eine ungewöhnliche Form, die Form eines Kreisausschnittes. Aus unserer Sicht ist der Garten die beste Lösung für die Nutzung der ungewöhnlichen Geometrie des Grundstückes. In unserer Vision sollte ein Café eine interessante Designlösung sein, die Glas und Stein, Umweltfreundlichkeit und moderne Technologie, Stil und Komfort vereint.

Das Café kann für weiteren Profit an einen Partner zum Betreiben vermietet werden.

d. Showroom + Shop

Das Zentrum des „Kreissystems“ ist ein Gebäude, welches in einer oktaedrischen Form, vollständig verglast (ausgenommen: Dach) sein wird. Die innere Nutzfläche wird ca. 165 m² betragen.

Es ist angedacht, das Dach mit Pflanzen zu versehen, um es optisch grüner und charmanter für die Ästhetik zu gestalten und gleichzeitig eine mögliche, natürliche Kühlung des Gebäudes zu erhalten, da die Einrichtung durch das Glas aufgeheizt werden kann.

Es ist geplant, in dieses Gebäude eine kleine Einkaufsmöglichkeit bzw. einen Shop zu integrieren. So kann der Gast sich während des kurzen Aufenthaltes Getränke oder andere kleine Waren wie z.B. Zigaretten kaufen.

Des Weiteren beinhaltet es eine Art Galerie, die ganz im Stil der TEAG gestaltet ist. So kann sich der Kunde während der Wartezeit über aktuelle Themen und Daten der TEAG informieren, zum Beispiel über die Herkunft der verwendeten grünen Energie.

Im Keller dieses Gebäudes soll sich neben Technik auch das Sicherheits- und Wartungszentrum. Dort sind auch die einzelnen Leistungseinheiten der Ladetechnik samt Kühlung installiert.

e. Konzept Ladesystem

E-PKW: Der komplette Ladevorgang erfolgt in einem Kreissystem. Es gibt insgesamt 3 Kreisförmige Spuren, welche um das oktagonale innere Gebäude führen. Man fährt

im Kreisverkehr intuitiv gegen dem Urzeigersinn. Der PKW-Fahrer wird durch eine Einfahrt in den inneren Kreis geführt. Dieser Kreis dient zur Wahl einer freien Ladestation und bildet die Grundlage für den weiteren Vorgang.

Hat der Fahrer eine freie Station gefunden, beziehungsweise wurde ihm eine zugewiesen, so fährt dieser schräg auf den schräg ausgerichteten Platz. Er verlässt somit die innere Spur und ist im „Tankbereich“. Alternativ kann man auf dem inneren Kreis auch weitere Runden gefahren werden, falls die richtige Station verpasst wurde. So ist ein flüssiger Verkehr gewährleistet. Die Ladesäulen können so seitwärts angefahren werden, was einerseits bequem ist und außerdem nicht den Parkplatz-Character hat. So mit regen sie nicht zum ewigen verweilen an.

Ist der Ladevorgang abgeschlossen, führt die äußerste Spur den PKW-Fahrer zur Ausfahrt.

Dieses System hat den weiteren Vorteil, dass man es modular erweitern kann. Anfangs reichen 6 Ladesäulen auf einem Halbkreis aus. Später können die Ladesäulen auch auf dem kompletten Kreis angeordnet werden.

E-LKW und E-Busse: Der LKW-Fahrer muss nicht direkt einparken. Er folgt der Spur zum LKW-Ladeplatz und fährt linear an die Säule ran. Er hat so einen bequemen Vorgang, ohne großartig Lenken oder Rangieren zu müssen.

Ist der Ladevorgang abgeschlossen, wird der Fahrer fast linear wieder auf die Fahrbahn zurückgeleitet. Der Ladevorgang ist demnach unkompliziert und bequem. Alle von den LKWs benutzten Spuren sind extra breit, und berücksichtigen die große Schleppkurve.

Für die LKWs sind 2 Ladestationen und für die PKWs vorläufig 6 Ladestationen geplant, die man optional um 2 Stationen erweitern kann.

f. PV-Anlage

Für die PV-Anlage haben uns für das Modell LG Solar LG345N1C-V5 NeON 2 entschieden. Auf insgesamt rund 350 m² möchten wir diese Anlagen unterbringen. Insgesamt sind dies 204 PV Anlagen.

82 PV Anlagen auf der Überdachung der LKW-Ladestation.

114 PV Anlagen auf dem Dach des Cafés.

8 PV Anlagen auf dem Carport der Wasserstoff-Tanksäule.

Das „NeOn 2“ System ist optimal geeignet, weil dieser Typ von PV Anlagen beidseitig Energie aufnimmt, was eine maximale Ausbeute bedeutet. Der Erzeugte Strom wird dann zuerst in „Kristall Batterien“ gespeichert und dann kann dann zum Beispiel vom Café oder für Beleuchtung genutzt werden. Alternativ kann der Strom auch direkt in den Hauptspeicher eingespeist werden. Diese Speicherart ist unser Favorit, da sie folgende Eigenschaften hat:

Umweltfreundlich: fast komplett Recyclbar (bis zu 99%)

Leistung: sehr gut (besser als andere konventionelle Batterien)

Lebensdauer: Bis 10 Jahren

Eine alternative PV-Anlage wird momentan vom Fraunhofer Institut erforscht. Es ist eine organische und damit auch wesentlich umweltfreundlichere Variante. Bei weiterem Forschungsfortschritt kann man mit einer sehr günstigen und effizienten PV-Anlage rechnen.

Das ausgewählte Solarmodul für das Projekt hat eine monokristalline Struktur mit Länge von 168 cm und Breite von 101 cm. Mit Wirkungsgrad von bis zu 22% ist deutlich höher als polykristalline Module. Außerdem ist die wirtschaftliche Amortisationszeit bei monokristallinen Modulen vergleichsweise kurz. Auch bei schlechtem Wetter erbringen diese Anlagen einen deutlich höheren Ertrag als andere.

g. Energiespeicher und Transformatoren

Als Trafo für die Netzspannung haben wir den GEAFOLEO von Siemens ausgewählt, da er nicht durch Öl gekühlt wird und damit keine Gefahr für das Grundwasser und keine erhöhte Brandgefahr besteht. Der Trafo ist ein Gießharztransformator, bei dem viele Bauteile recyclebar sind. Damit ist er umweltfreundlicher als vergleichbare Modelle. Zugleich hat dieser eine hohe Umgebungsklasse (E2/E3) und Klimaklasse (C2), sodass es kein Problem ist, diesen auch draußen aufzustellen. Zusätzlich kann man noch ein Gehäuse installieren. Nicht außer Acht zu lassen ist die Ökodesign-Verordnung der EU für Trafos. Den GEAFOLEO kann man auch gemäß der Stufe 2 kaufen, die ab 2021 in Kraft tritt.

Als Speicher haben wir eine neue Technologie gewählt: Zink-Luft-Akkumulatoren. Momentan produzieren nur wenige Firmen diesen Akku. Trotz dessen werden diese Akkus als Technologie der Zukunft angesehen, die sogar die Lithium-Ionen-Akkus in vielen Gebieten überlegen sein können, vor allem in Sachen Umweltschutz und Nachhaltigkeit. Wir haben das „eos aurora battery system“ von der Firma eos aus den USA gewählt. Er beinhaltet keine umweltschädlichen Bestandteile, und die Bestandteile können einfach recycelt werden. Er entspricht den Anforderungen schnell Energie abgeben zu können und damit auf Schwankungen im Energiebedarf (fast) sofortig auszugleichen. Außerdem entstehen während der Reaktionen keine schädlichen Produkte. Ein weiterer Vorteil ist, dass das Kapazität-Volumen-Verhältnis besser als bei anderen Akkus ist, da der Sauerstoff aus der Luft entnommen wird. Der Akku funktioniert nicht in sauerstofffreier Umgebung. Die Anschaffungskosten liegen bei 160 US-Dollar pro kWh, was für Akkumulatoren in einem akzeptablen Rahmen liegt.

Wir gehen davon aus, dass wir einen Speicher von einem halben Megawatt brauchen. Die Maße für ein Subsystem sind 11 Fuß hoch, 11 Fuß breit und 16 Fuß lang und die Leistung beträgt 250 kW. Die Abstellfläche ist auf dem Grundstück gegeben.

h. Straßen und Sonstiges

Das Café soll auch von Außenstehenden sowie von Leuten, die fertig geladen haben genutzt werden können. Deswegen gibt es vor dem Café mehrere Parkplätze für Gäste, einen Lieferantenzugang sowie eine E-Bike Station, an der mehrere Fahrräder aufgeladen werden können. Es kann dafür die ganz normale Netzspannung aus dem Café genutzt werden.

Auf dem Grundstück gibt es außerdem die Möglichkeit bis zu 3 Fahnenmasten, sowie eine Reklametafel für Werbung aufzustellen.

Alle nicht bebauten und asphaltierten Flächen, sind bepflanzt, um eine wirklich grüne Tankstelle zu schaffen, in der man sich gerne aufhält.

Wir haben uns bei dem Straßenbelag für Asphalt entschieden, da diese sehr robust und belastbar ist.

Die Einfahrt haben wir bewusst an Ostseite gelegt, da so der Verkehr von der B7 am einfachsten auffahren kann. Die Ausfahrt liegt an der westlichen Seite, von der alle Groß-Straßen angefahren werden können.

Vor der PKW-Tankstelle wird es auch ein Leitsystem geben, welches einen direkt zu freien Ladesäulen lotst.

5. Strom (Rechnung)

a. Verbrauch

Die Berechnung richtet sich nach dem möglichen Spitzenlastfall.

Den größten Strombedarf kommt auf, wenn alle sechs Autoladesäulen und die zwei LKW-Ladesäulen gleichzeitig belegt sind.

6x Auto laden = 6x 160kW = 960 kW

2x LKW laden = 2x 350kW = 700 kW

Für die Geschäftsräume, den Showroom und das Café haben wir anhand vom durchschnittlichen Hausverbrauch einen Wert von 200 kW geschätzt.

So ergibt sich eine Spitzenleistung von 1860 kW. Das überlastet den Trafo, aber zum Schutz haben wir den Speicher aus Zink-Luft-Akkumulatoren geplant. Der Speicher könnte ca. 15h puffern:

2 MWh: 260kW = 7,7 h

Für den Fall, dass die 7,7 h überschritten werden, müssen ausgleichende Maßnahmen ergriffen werden. Zum Beispiel könnten zwei Autoladesäulen vorübergehend ausschaltet werden.

b. Erzeugung

Solarstrom:

Die durchschnittliche Leistung der PV-Anlage beträgt rund 2,9 kW.

c. Allgemeiner Aufbau des Netzes

Das Grundstück hat einen Mittelspannungsanschluss von 10 kV. Die Spannung wird durch einen Transformator auf 400 V AC heruntertransformiert, damit zum einen die Geschäftsräume und andererseits die Trafos der Tankstellen versorgt werden können. Der Trafo hat eine Nennleistung von 1600 W. Um Netzschwankungen, die bei der hohen Leistungsaufnahme der einzelnen Ladesäulen entstehen, entgegenzuwirken, haben wir einen Stromspeicher geplant. Der Stromspeicher besteht aus Zink-Luft-Akkumulatoren und liefert eine Energie von 2 MWh. Gleichzeitig dient der Speicher zum Abfedern der möglichen Spitzenlast, da der Trafo dafür nicht ausgelegt ist. Der Speicher wird durch das Netz wieder aufgeladen. Zu guter Letzt haben wir noch den Einsatz von Solarpanelen geplant. Der produzierte Strom soll auch durch einen Speicher aus Bleikristall ins Netz einfließen. Geschätzt wird eine Gesamtenergie von durchschnittlich 2,4 kWh.

6. Applikation zur Navigation

Es gibt eine App für Smartphones, sowie zur Integration in moderne E-Autocomputer. Sie soll dazu dienen das Tankerlebnis zu vereinfachen. Es gibt Informationen zur TEAG und der Tankstelle, insbesondere zu freien Ladestationen. Außerdem gibt es eine Karte zur Navigation zu passenden E-Tankstellen. Sie enthält Informationen zum richtigen Umgang mit dem E-Autos, insbesondere zum Tanken und Kontaktinformationen.

Ein weiterer Vorteil der App ist die Möglichkeit einer mobilen Mitgliedschaft. Mit der mobil bezahlt werden kann, sowie von weiteren Aktionen profitiert werden kann.

7. Umweltschutz und Nachhaltigkeit

Das Augenmerk des ganzen Tankstellenkonzeptes liegt auf grünen Technologien und einer möglichst umweltfreundlichen Gestaltung.

Daher benutzen wir beispielsweise:

- Zink-Luft-Akkus, die umweltfreundlich, langlebig und energiesparend sind
- PV-Anlagen, deren Speicher zu 99% recyclebar ist,
- Möglichst große Grünflächen zur Sauerstoffproduktion

8. Sicherheit

Für die Sicherung der Gebäude wird eine umfassende Videoüberwachung eingerichtet, welche auch vom Sicherheitszentrum kontrolliert wird. Es wird auch Sicherheitsnebel wie in anderen Tankstellen verwendet. Außerdem kann optional ein Sicherheitsteam angestellt werden.

Zur Vermeidung von schweren technischen Störungen gibt es ein umfassendes automatisches System, welches im Notfall eingreift und betroffenen Elektronik abschaltet.

Des Wasserstofftank wird in angemessener Tiefe und Entfernung vergraben, zur Sicherheit der anwesenden Personen im Falle einer Explosion des Tanks.

9. Wirtschaftlichkeit

a. Kosten-Nutzenrechnung

Investitionskosten:

Transformatoren	550.000€ (11x je 50.000€)
Ladesäulen	200.000€ (8x je 25.000€)
Speicher	300.000€
Solaranlagen	100.000€
Gebäude (ohne Café)	300.000€
Asphalt	200.000€
Kabelverlegung	200.000€
Tiefbau	20.000€
App-Kosten	5.000€
Gesamt	1.875.000€

Laufende Kosten:

Strom Shop	50.000€/a
Personal Shop	50.000-60.000€/a
Sicherheitsdienste	5.000-60.000€/a
Gesamt	105.000-170.000€/a

Einnahmen:

2019-2021:	255.000€/a	Gewinn: 85.000-150.000€/a
2022-20xx:	400.000€/a	Gewinn: 230.000-295.000€/a

- ➔ Amortisation ohne Förderung nach 8-10 Jahren
- ➔ Bei Förderung von ca.500.000€ Amortisation nach 6-8 Jahren

Da wir bei der Auswahl der Technik immer einen großen Wert auf die Haltbarkeit gelegt haben, rechnen wir mit einer Lebensdauer von ca. 15 Jahren.

b. Förderungen

Bezogen auf die Bekanntmachung des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur vom 13.02.2017 kann man eine finanzielle Förderung beantragen.

Demnach ist es möglich eine anteilige Förderung von max. 60% und bis zu 30.000€ auf die Anschaffung pro Ladestation zu erhalten.

Zusätzlich ist auch der Netzanschluss förderfähig (anteilig max. 60%, bis zu 50.000 €).

10.Abschluss

Es ist eine Tankstelle entstanden, die die geforderten Bedingungen erfüllt und für staatliche Förderungen in Frage kommt. Im Mittelpunkt stehen das Kreissystem und der Showroom, welche ein Alleinstellungsmerkmal bilden, das viele Kunden anziehen wird. Das ist ein Vorbild für weitere Tankstellen in diesem Stil. Wir haben die zukünftige Entwicklung in Bezug auf Normen berücksichtigt.

Die vielen Grünflächen bilden eine Symbiose mit der verwendeten Technik und spiegeln das Umweltbewusstsein der TEAG wider.

Der Ladevorgang ist für Kunden bequem, unkompliziert und wird durch eine App nochmal vereinfacht.

Das ganze Konzept wurde größtenteils modular geplant, kann also je nach Bedarf erweitert werden und berücksichtigt mit einer Wasserstofftankstelle die in Zukunft vermehrte Nachfrage nach Brennstoffzellen betriebenen Autos.

Dieses Projekt vereint Charakter, Wirtschaftlichkeit, Innovation und Idylle.

11. Anhänge

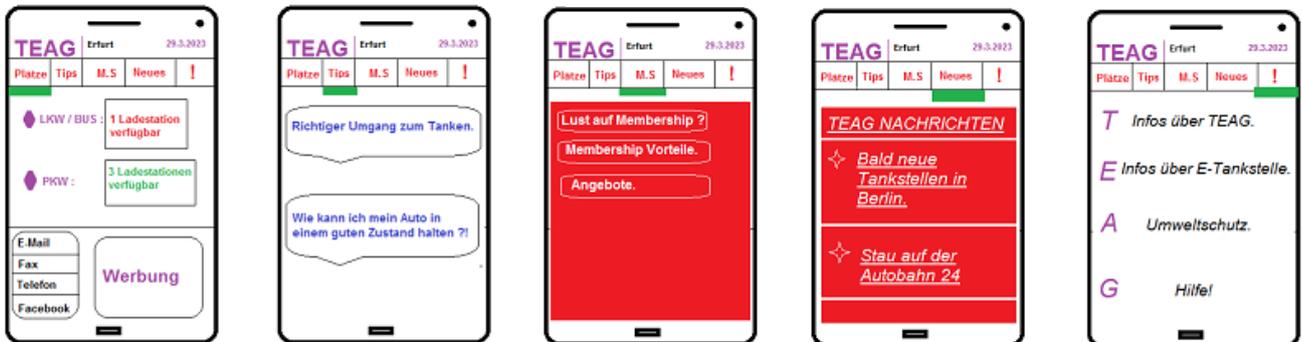
Pkw-Verkäufe in der EU (EU 27) Prognose

EU 27	Pkw-Verkäufe in 1.000 Fzgen	Hybrid-/Elektro-Alternativen in 1.000 Fzgen
2008	16.009	80
2009	16.170	162
2010	16.329	490
2011	16.130	645
2012	16.399	984
2013	16.428	1.643
2014	16.374	2.456
2015	16.575	3.315
2016	16.314	4.078
2017	16.316	4.895
2018	16.298	5.704
2019	16.268	7.321
2020	16.300	8.965
2021	16.280	10.582
2022	16.260	12.195
2023	16.254	13.816
2024	16.240	15.428
2025	16.215	16.215

1 E-Fahrzeuge Prognose



2 Aufbau

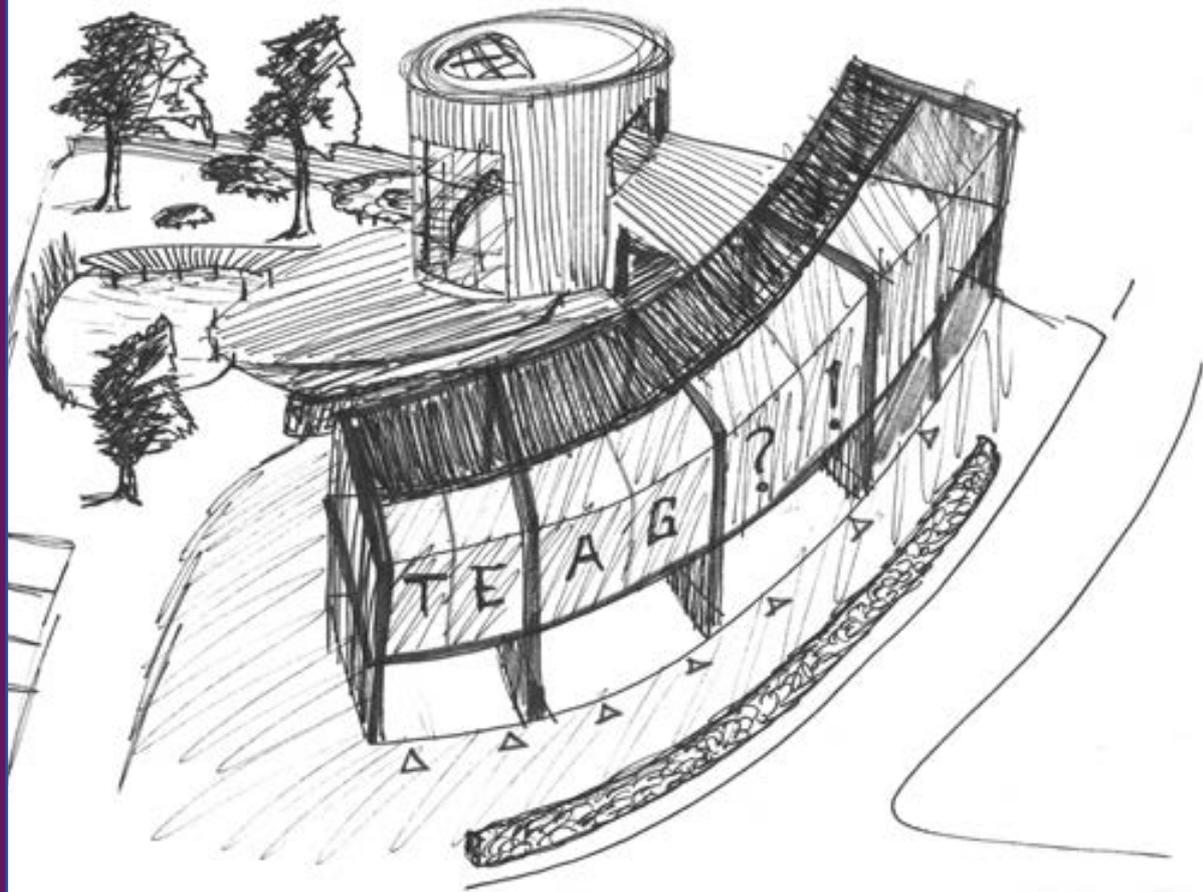


3 Application



4 Gestaltungs-Konzept

„Tankstelle“ der Zukunft im urbanen Raum



Gruppe: 8

29 März 2019

Inhaltsangabe

1. Einleitung
2. Konzept
3. Analyse des Fahrzeugmarktes für Elektroautos bis 2023
 - a. Fahrzeugmarkt
 - b. Auslastung im Bereich des Projektes
4. Technische Daten
 - a. Tankstationen
 - b. Transformator
 - c. PV- Anlage
 - d. Puffer- und Grünstromspeicher
5. Grundstück
 - a. Grundriss
 - b. Gebäude
 - c. Außenfläche
 - d. Umwelt
 - e. Sicherheit
 - f. Service
6. Modularität
7. Wirtschaftlichkeit
 - a. Wirtschaftlichkeitsrechnung
 - b. Förderungsprogramme
8. Quellen

1. Einleitung



Energie ist die Fähigkeit Arbeit zu verrichten. Energie bewegt und umgibt uns.

Seit einigen Jahren hat ein Umdenken eingesetzt.

Klimawandel ist keine Erfindung und seine Folgen für uns immer deutlicher spürbar.

In Deutschland ist die Energiewende schon längst beschlossene Sache: endgültiger Ausstieg aus der Atomkraft 2022 und Kohleausstieg 2035.

Das sind ambitionierte Pläne und sie bedürfen ein Mitwirken aller, um erfolgreich zu sein.

Der Verzicht auf die beiden konventionellen Energiequellen geht damit einher, dass wir andere erschließen und ausbauen müssen.

Die TEAG als Thüringens größter kommunaler Energieversorger steht hier auch in der Pflicht und nimmt sich dieser bereits an durch die Zuwendung zu erneuerbaren Energien.

Auch wir haben uns dieser Aufgabe hingegeben. So ist im Rahmen der Projektwoche BeING Inside in Zusammenarbeit mit der Thüringer Energie AG (TEAG) dieses Portfolio entstanden, welches unsere Vorstellung einer grünen "Tankstelle" der Zukunft im urbanen Raum darstellt.

2. Konzept

Unsere Tankstelle soll ein Vorzeigebjekt werden. Daher verzichten wir völlig auf fossile Brennstoffe wie Benzin und Diesel. Vielfalt steht dennoch im Vordergrund. Die Tankstelle bietet sowohl für Elektroautos, -fahrräder und -busse, wie auch mit Wasserstoff betriebene Autos die Möglichkeit zu laden. Bei uns wird ein ganz neues Verständnis von Tankstellen vertreten.

Die Gäste sollen Komfort erleben und sich während ihres Aufenthaltes wohlfühlen. Darunter soll jedoch nicht die Umwelt leiden. Wir setzen auf Nachhaltigkeit, Regionalität und wollen das Umweltbewusstsein fördern. Eine energetische und ökologische Wende kann nur Hand in Hand erfolgen und erfordert ein grundlegendes Umdenken.

3. Analyse des Fahrzeugmarktes für Elektroautos bis 2023

a. Fahrzeugmarkt

In Deutschland sind 47,1 Millionen PKWs (Stand Januar 2019) für die Straßen zugelassen. Das ergibt eine Fahrzeugdichte von 692 Kraftfahrzeuge je 1000 Einwohner. Davon sind 83.175 Elektroautos. Das entspricht einem Anteil von 0,17% und wird bis zum Ende des Jahres auf 0,29% steigen; somit sind 137.000 E-Autos prognostiziert. Im Jahr davor, 2018 waren es 53.861. Die Zuwachsrates der Neuzulassungen für E-Autos im Vergleich zum Vorjahr liegt zwischen 50-60%. Diese Rate soll bis 2023 konstant bleiben, sodass bis 2023 800.000 – 1.000.000 E-Autos (1,6%) in Deutschland fahren könnten. In Thüringen selbst fahren 731 Elektrofahrzeuge (Stand 2018) und der Bestand ist im Vergleich zum Vorjahr um 76,1% gestiegen.

Die meisten Elektrofahrzeuge auf deutschen Straßen stammen von folgenden Autoherstellern in absteigender Reihenfolge: Renault, Smart, VW, BMW und Nissan (Stand Januar 2018). Die maximale Reichweite dieser beträgt zwischen 120 – 300 km. Eine der wenigen Ausnahmen ist der Jaguar I-Pace mit maximalen 480 km. Daraus erkennt man, dass zurzeit die meisten Elektroautos noch in den Städten unterwegs sind. Die Mehrheit der aktuell vorhandenen Modelle laden mit Gleichstrom und dem Typ-2 Standard bzw. dem aktuellen und zukünftigen CCS-Standard. Die Ladezeit beträgt bei HPC-Ladesäulen zwischen 20-30 min. Bei den Ladeanschlüssen am Auto gibt es keine einheitliche Norm, an

welchen Platz sie sich befinden. Auch der Auswertung der Verteilung geht keinerlei Präferenz der Autohersteller hervor.

Durch die jährlich stetige und konstante Zunahme der Neuzulassungen von Elektroautos wird der Bedarf für die Ladeinfrastruktur immer wichtiger. Da bei den Elektroautos auf eine umweltbewusste und nachhaltige Fortbewegung gesetzt wird und bei den Menschen, besonders der aktuellen Generation junger Erwachsener, der Umweltgedanke im Bewusstsein ist, befürwortet der Großteil der Gesellschaft die elektrische Fortbewegung. Der Grund für die derzeit noch geringen Verbreitung dieser Fahrzeuge liegt laut Umfragen in der Bevölkerung am Anschaffungspreis, der Reichweite, der Ladedauer und der Ladeinfrastruktur. Doch die Preise sollen bis 2023 für Einsteiger Modelle unter 20.000€ fallen und bei 500km Reichweite liegen, laut VW. Ebenfalls sind 70 neue E-Modelle bei VW bis 2028 geplant. Bei den anderen Autoherstellern sieht die Zielsetzung ähnlich aus. Ein Grund dafür ist die stetige Weiterentwicklung der Lithium-Akkumulatoren mit dem dazugehörigen Preisnachlass. Daraus wird prognostiziert, dass die Zukunft von Elektromobilität auf deutschen Straßen nicht wegzudenken ist.

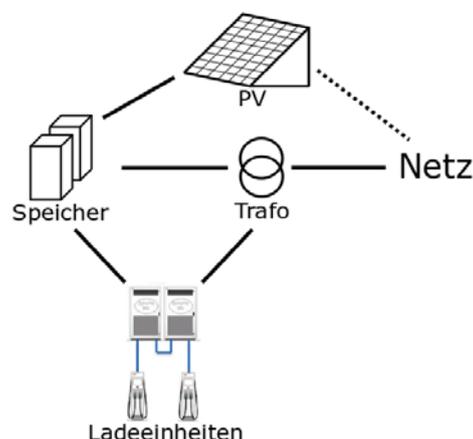
b. Auslastung im Bereich des Projektes

Über die beiden Straßen A71 und B7 im Bereich des Projektes zusammen fahren ca. 52.000 Autos täglich (Stand 2017). Anhand des prozentualen Anteils der Elektrofahrzeuge und deren Verteilung wird ersichtlich, dass innerhalb Deutschlands ca. 44 Elektroautos täglich am Planungsstandort vorbeifahren und bis Ende des Jahres 2019 75 E-Autos.

Diese Zahl soll, auf Grundlage des jährlichen Zuwachses hochgerechnet, bis 2023 auf 400 – 500 E-Autos steigen. Zusätzlich kommen vereinzelt Autos aus der Umgebung und Stadt Erfurt dazu. Daraus ergibt sich ein Bedarf für die Zukunft von 12 HPC-Ladesäulen, wobei Platz für Erweiterung eingeplant ist.

4. Technische Daten

Zum Erreichen einer möglichst grünen Anlage und dem Vermindern der Netzbelastung in Stoßzeiten entschieden wir uns für folgenden Netzaufbau. Dabei wird die Wahl der Einzelbestandteile im Folgenden näher erläutert und begründet.



a. Tankstationen

Die Schnellladesysteme für Elektro-Autos und -Busse werden wir von ABB - wir nutzen die modularen Terra CP 350 Ladepunkteinheiten und Terra HP Leistungseinheit - beziehen, da diese die bisher gängigen Ladearten abdecken. Des Weiteren geht aus unserem Material hervor, dass schon eine Kooperation mit der TEAG besteht. Auch bietet uns dieses System für die Zukunft die Möglichkeit, die Ladeleistung durch Erweiterung zu erhöhen. Zurzeit ermöglichen sie uns alle Autoklassen, vom Kleinwagen bis zur oberen Mittelklasse, zu laden. Die Zapfsäulen sind gegen Vandalismus geschützt und sind für alle Wetter- und Temperaturgegebenheiten geeignet. Der Busanschluss gestaltet sich durch zwei aneinandergrenzende CCS-Zapfsäulen. Kartenzahlung ist außerdem an den Säulen direkt möglich.

Unser Anspruch ist es auch eine Möglichkeit zum Tanken von Wasserstoff zu bieten. Hierbei greifen wir auf das vorliegende Angebot seitens Hydrogenics zurück - und das Modell HySTAT 15. Dieser Tank genügt mit seinen 240l Volumen und seinem max. Nenndurchfluss 32kg/Tag unseren Erwartungen von maximalen 5 tankenden Wasserstoffautos täglich.

b. Transformator

Der ideale Transformator für unser Projekt hat die Kennnummer 1LAP016375 vom Anbieter ABB. Dieser hat eine Nennleistung von 500 kVA, die in Kombination mit den Batterien ausreicht, um die Stoßzeiten der Ladesäulennutzung abzudecken. Die zugrunde liegende Berechnung wird im Abschnitt 4.d weitergehend erläutert.

Die Nenn-Hochspannung beträgt 11.000 V und wird zu einer Nenn-Niederspannung von 433V transformiert. Diese resultierende Spannung benötigen wir für unsere Tanksäulen und können sie auch für das hauseigene Stromnetz nutzen.

c. Photovoltaik- Anlage

Wir haben geplant auf dem Gelände unserer Tankstelle drei verschiedene Arten an Photovoltaik-Anlagen unterzubringen. Die erste Idee ist der Einbau einer SmartFlower (Abb.:1) für 15.000€. Diese PV-Anlage in Form einer fast 5 Meter großen Blume ist selbstreinigend und -kühlend, fährt sich bei Wind ein und richtet sich immer in einem 90°-Winkel zur Sonne aus. Sie stellt als regenerative Energietechnik mit modernem Design eine Verbindung zur Umwelt dar.



Abb.: 1



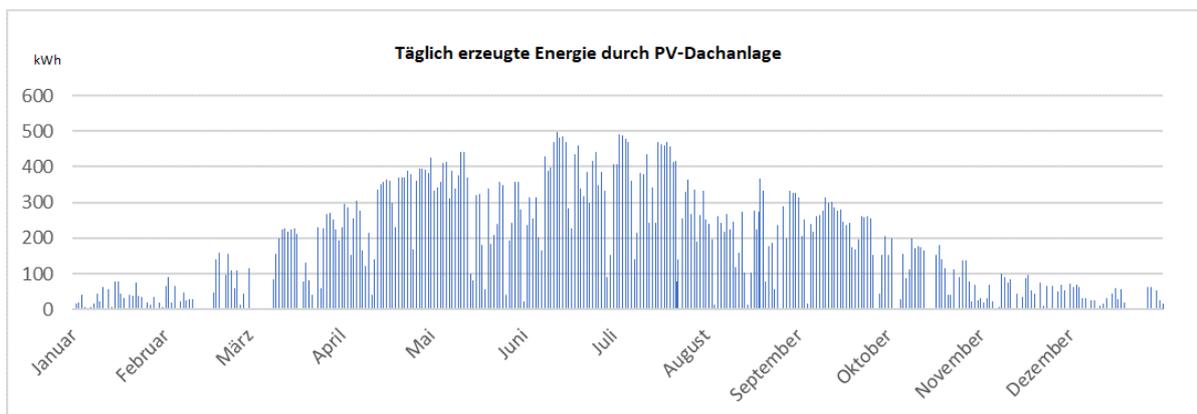
Abb.:2

Außerdem werden, trotz des bisher geringeren Wirkungsgrades, Solarfolien der Firma Heliatek auf den großen Fensterfronten angebracht. Das farbenfrohe Aussehen ist zudem eine Bereicherung für das Wohlfühlklima und die Optik des Gebäudes.

Da wir jede Möglichkeit der Grünstromerzeugung nutzen möchten, werden wir auf der Dachfläche unseres Gebäudes 400m² Photovoltaik-Platten des Typs PHOTON SOLAR PH-195M-Black platzieren. Um einen möglichst genauen Wert der Energieerzeugung zu erhalten, haben wir die uns zur Verfügung gestellten Wetterdaten von Erfurt genutzt.

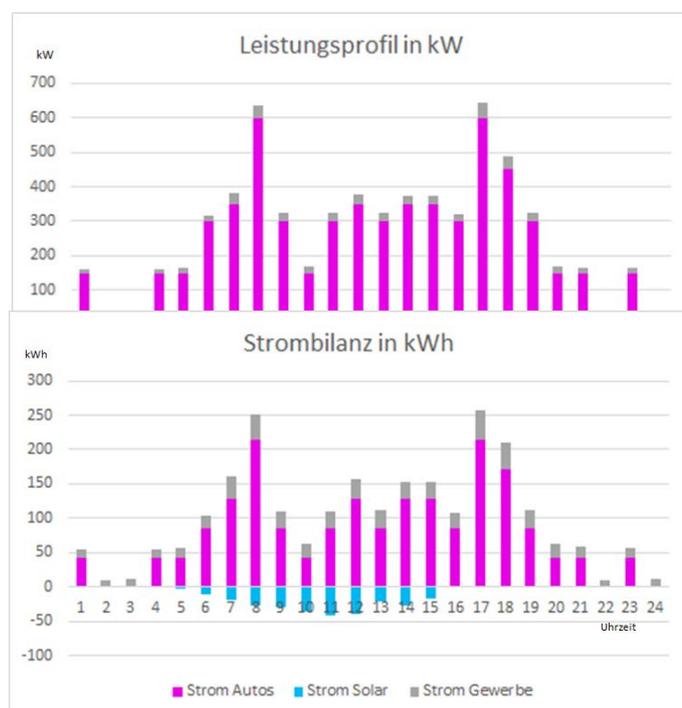
Dabei bietet der Hersteller der Solarzellen ein individuell und flexibel anpassbares Paket, welches nötiges Zubehör für die Integration in das eigene, sowie generelle, Netz ermöglicht und welches die Installation der Anlage enthält.

erzeugte Gesamtenergie im Jahr:	63.600Wh
durchschnittlich erzeugte Energie/ Tag:	174 kWh
max. Leistung der Anlage:	76kWp
erzeugte Energie an einem Sommertag in 7h (zw. 9 und 16 Uhr):	275 kWh



d. Puffer- und Grünstromspeicher

Die Entscheidung über die Speichergröße und benötigten Leistung wurden auf Grundlage verschiedener Berechnungen beschlossen. So wurden zunächst gegebene Wetterdaten ausgewertet, zu erwartende erzeugte Leistung und Energie der PV-Dachanlage berechnet und Abschätzung bezüglich der Belastung seitens des gewerblichen Betriebs. Auch unterschiedlich starke Auslastung durch die Ladestationen wurden berücksichtigt. Dazu betrachten wir in den Diagrammen einen beispielhaften Tag der Nutzung. Die Werte und Verteilungen wurden anhand von Statistiken umliegender Tankstellen zu Stoßzeiten und eines standardmäßigen Lastprofils des Deutschen Hotel- und Gaststättenverbands abgeschätzt. Mit diesen Daten können wir den Speicher effizient auswählen und die Kosten gering halten. Zur Speicherung haben wir uns für den TESVOLT Li-Ion Speicher entschieden. Die Batterien enthalten keine umweltschädlichen Schwermetalle, sind eigensicher und an ein kostenloses Rücknahmesystem angeschlossen.



Weiterhin ist eine einfache Integration in das Netz der Anlage, sowie die Überprüfung des Speichers, durch von TESVOLT bereitgestellte Lösungen möglich. Die Ansteuerung der Batterien kann durch ein SMA Sunny Island Modul übernommen werden.

Das Ergebnis der Abschätzung ergab eine benötigte Speicherkapazität von 250 kWh. Um einen Sicherheitsfaktor und Ungenauigkeiten einzubeziehen sollten drei der Li 120 Stationen installiert werden. Bei hohem Leistungsbedarf kann eine Parallelschaltung angestrebt werden. Dies liefert auf dem Wechselspannungsausgang schon große Teile der nötigen Leistungs-peaks zu Stoßzeiten und kann die Leistung der Solaranlagen auf den Gleichspannungseingängen auch an sonnigen Tagen abdecken.

In der Nacht können die Batterien vom Netz gespeist werden um Abnahmespitzen vom Mittelspannungsnetz in der ersten Stoßzeit am Morgen zu verhindern. Bei regem Mittagsbetrieb wird die Auslastung gleichmäßig einpegeln, bis zum Feierabendverkehr, vor dem die PV-Anlagen die Speicher füllen können. So entsteht eine kontinuierliche Abnahme vom Mittelspannungsnetz. Gegen die Nutzung der Abwärme der Batterien zum Heizen sprach eine geringe Effizienz nach eigenen Einschätzungen.

5. Grundstück

a. Grundriss

Die Bebauungsfläche zeichnet sich zunächst durch seine ungewöhnliche Form - ähnlich der eines Kreissegments - aus, sowie durch seine für unser Verständnis relativ geringen Fläche.

Das Ziel war es die gegebenen Umstände bestmöglich auszunutzen, daher haben wir uns für folgende Elemente und deren Aufteilung zu unterscheiden.

Grundsätzlich lassen sich drei Bereiche voneinander abgrenzen, nämlich Grünflächen, Gebäudeelement und asphaltierte Fläche.

Der Großteil unserer Grünfläche findet sich im Norden des Grundstücks, ein wenig abseits von Straße und den damit verbundenen Emissionen, und gestaltet sich ähnlich einem botanischen Garten. Diese umfasst auch eine kleine Wasserfläche.

Zudem gibt es eine kleinere Grünfläche, die sich zwischen Gebäudekomplex und asphaltierte Fläche fügt.

Der Gebäudekomplex ist dreigeteilt. Dem Verlauf der Kreuzung angepasst, befinden sich nahe der südlichen Bebauungsgrenze drei Tanksegmente, welche überdacht sind. Hierüber erschließt sich ein zweites Geschoss.

Hieran schließt sich ein rechteckiger Gebäudeabschnitt - ebenfalls zweistöckig (Erdgeschoss und erstes Obergeschoss), und ermöglicht den Zugang zu dem gesamten Obergeschoss des der Straße zu gewandten Gebäudeabschnitts.

Dieser zeichnet sich durch eine große Glasfront in Richtung Süd-Osten aus. Auf dem unverglasten Teil des Daches werden PV-Anlagen angebracht.

Parallel zur nordöstlichen Grundstücksgrenze schließt sich ein Verbindungsgebäudeabschnitt, der im Erdgeschoss sanitäre Einrichtungen, sowie Lagermöglichkeiten und die Pufferspeicher beherbergt.

Das Flachdach wird zu einer Terrasse umfunktioniert und bietet einen Ausblick auf das restliche Gelände und einen offenen Aufenthaltsraum mit Sitzmöglichkeiten.

Zudem gibt es auch noch eine ebenerdige Terrasse, die sich an ein weiteres Highlight schmiegt - das ellipsoide Gebäude, das den zweistöckigen Showroom Fläche bietet.

Diese verfügt ebenfalls über großzügige Glasflächen, unter anderem ist eine solche in das Dach eingelassen. Ein Aufenthalt dort bei Regen ist ein verzauberndes Erlebnis.

Zudem zeichnet es sich aus durch die Holzfassade an der Außenseite, sowie eine großzügige offene Raumgestaltung.

An der westlichen Grundstücksgrenze befindet sich ein Wasserstofftank, der das Betanken von Wasserstoffvehikeln ermöglichen wird.

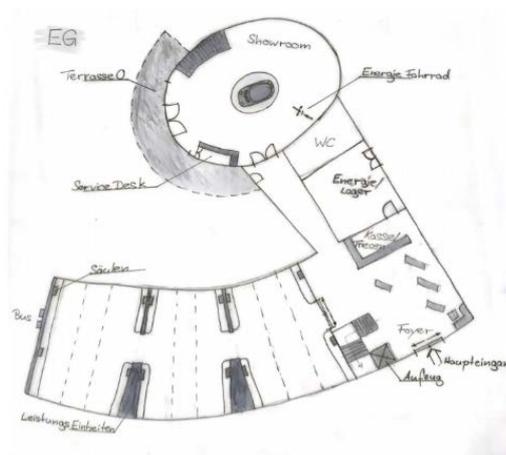
Ein Teil der asphaltierten Fläche schmiegt sich ebenfalls hier an in Form der Parkplätze. Daran schließt sich die die Ein- und Ausfahrt zu dem Grundstück, sowie die Straßen hin und weg zu den Tankstellen und eine große asphaltierte Fläche, um das Wenden von großen Fahrzeugen zu ermöglichen.

Am östlichen Grundstücksrand gibt es einen asphaltierten Streifen, der der Zulieferung und Müllentsorgung dient.

b. Gebäude

Da das Design des Gebäudes stark eine natürliche Atmosphäre unterstützt und somit viele Elemente auf Holz basieren, ist die Herkunft dessen von Bedeutung. Durch das Beziehen des Holzes aus Betrieben wie der Nahe am Standort gelegene HT Holz Vertriebs GmbH & Co.KG Sägewerk Tannroda unterstützt man lokale Betriebe und vermindert gleichzeitig die Lieferung aus fernen Quellen, wodurch die Klimabelastung reduziert wird.

Das Hauptgebäude befindet sich zentral auf dem Grundstück und ist von oben mit einem soliden Stück Glas überdacht, wodurch natürliche Beleuchtung erfolgt. Das Hauptgebäude und die Ladestationen sind durch einen Übergang verbunden, der es den Kunden ermöglicht auch bei starkem Regen trocken zum Showroom zu gelangen. Der Showroom besitzt eine eigene Terrasse, auf der der Kunde sich ausruhen kann. Nebenan befindet sich ein Bistro für den Erwerb von Speisen verschiedener Art.



Showroom

Als Vorzeigeobjekt ist die Integration eines Showrooms in die Tankstelle unerlässlich. Der zweistöckige Gebäudeteil wird informativ, für Beratung und weitere Elemente genutzt.

In der oberen Etage können Modelle von Solaranlagen und Windkraftanlagen aufgestellt und dazugehörige Informationen an Wandtafeln angebracht werden. Dies dient dem Informieren, sowie dem Beseitigen möglicherweise bestehender Vorurteile. Weiterhin kann der Querschnitt einer ABB Zapfsäule ausgestellt werden, damit Nutzer der Tankstelle eine einfache Möglichkeit haben mehr über die angewandte Ladetechnik herauszufinden.

In der Mitte der unteren Etage wird Platz für das Ausstellen eines führenden Elektroautomodells bereitgestellt.

Des Weiteren befinden sich dort zwei Fahrräder. Diese können die Leistung des Nutzers anzeigen und in Relation zu der benötigten Energie für eine Autoladung stellen. Zudem könnten sich beide Fahrer messen, oder ein Einzelner sich mit früheren Nutzern vergleichen.

Zusätzlich ist eine Beratungstheke enthalten an welchem Besucher genauere Informationen zu Angeboten der TEAG für e-Mobilität, Solaranlagen und weiteres erhalten können.

Um regelmäßigen Besuchern Abwechslung zu bieten ist die Installation einer digitalen Anlage empfehlenswert. Diese kann aus einem oder mehreren Bildschirmen bestehen, oder sogar ein VR-Setup enthalten. Auf diesen können dann Informationsvideos abgespielt, Anleitungen für Dehnübungen gezeigt, oder interaktive und themenbezogene Spiele durchgeführt werden. Zuletzt können auch noch weitere Informationstafeln zu TEAG und den von ihnen unterstützten und geförderten Projekten aufgestellt werden.

Bistro

Ziel ist es dieses an lokale Anbieter zu vermieten, um diese zu unterstützen. Dabei ist es wünschenswert sowohl Güter der Umgebung darzubieten, als auch Lieferwege und die damit einhergehende Umweltbelastungen zu minimieren.

Shop

Genauere Inhalte wurden nicht bestimmt, jedoch sollten einige Rahmenbedingungen eingehalten werden, welche dem Konzept des Projektes entsprechen. So soll beispielsweise auf gesunde Produkte aus nachhaltigen Quellen Wert gelegt werden. Dabei besteht die Hoffnung einen gewissen Lerneffekt herbeizuführen, der den bestehenden Vorbehalten bezüglich der Komplexität und Kosten einer gesunden und bewussten Ernährung entgegenwirkt.

Entspannungsbereich

Derzeit belaufen sich die Ladezeiten der Elektroautos auf ungefähr 30 Minuten, wodurch die Chance für eine ausgedehnte Pause gegeben wird. Da nicht jede Person diese Zeit aktiv verbringen möchte, gibt es einen abgegrenzten Bereich im Gebäude. Dieser bietet eine ruhige und entspannte Atmosphäre, sodass gestresste Autofahrer ebenfalls eine erfüllende Pause erfahren können. Aufgrund der südlichen Ausrichtung des Gebäudes sind Abdunklungsmöglichkeiten angedacht um einer möglicherweise zu starker Sonneneinstrahlung entgegenzuwirken.

Sanitäranlagen

Bei den Sanitäranlagen sind neben einer Damen- und Herrentoilette natürlich auch entsprechende Möglichkeiten für Menschen mit körperlichen Einschränkungen und für alle Geschlechter eingerichtet.

c. Außenfläche

Zur Gestaltung des Außenbereiches ist eine Art Botanischer Garten angedacht, in diesem soll sich ein kleiner Teich befinden. Um das Konzept eines Botanischen Gartens zu unterstützen sollen auch Pflanzen und Kleintiere Lebensraum erhalten. So können Rosmarin und Lavendel gepflanzt werden um einen Platz für Bienen zu schaffen. Zusätzlich sollten Infotafeln zu verschiedenen Themen wie „Schutz für Bienen“ und Kleintiere angebracht werden.

Um auch eine Möglichkeit zum Entspannen im Garten anzubieten werden außerdem Bänke und Tische aufgestellt, das Konzept wird abgerundet von einem Pavillon in der Mitte des Gartens welcher zusätzliche Sitzmöglichkeiten bietet.

Aufgestellte Fahrradständer ermöglichen auch e-Bike Nutzern die Möglichkeit an der Tankstelle eine Pause einzulegen und deren Akkus aufzuladen.

Auch ungeduldige und energiegeladene Kinder finden aufgrund mehrere Spielplatzelemente einen Platz.

d. Umwelt

Die Tankstelle wird zu 100% mit erneuerbaren Energien versorgt. Gefördert wird dies mit der auf dem Gebäude installierten Photovoltaik Anlage mit dem dazugehörigen Grünstromspeicher, sowie der Garantie der TEAG grünen Strom aus dem Netz zu kaufen.

Mülltrennung soll auf dem gesamten Grundstück gefördert werden. Aus diesem Grund wird eine flächendeckende Bestückung von Mülleimern angebracht. Der Kunde soll immer direkt den Abfall in den dafür vorgesehenen Behälter werfen können. Der weitgehende Verzicht von Plastikabfällen wird angestrebt, deshalb wird es keine Plastikbecher geben.

Eine Kooperation mit einem lokalen Unternehmen für den Bistrobetrieb ist geplant. Dieses soll die lokalen Produkte fördern, welches die Transportwege kurz und somit den CO₂ Ausstoß verringert.

Um die natürlichen Ressourcen so effektiv wie möglich zu nutzen, wird ein Regenwasserspeicher installiert. Das gespeicherte Wasser wird dann für die Sanitär- und Gartenanlage genutzt. Die Auswahl der Pflanzenarten soll dem Ökosystem dienen. So wird zum Beispiel Rosmarin und Lavendel gepflanzt um das Aussterben der Bienen entgegen zu wirken. Diese und andere Informationen sollen mittels Infotafeln das Umweltbewusstsein verbreiten.

e. Sicherheit

Um den Gebäude- und Personenschutz zu gewährleisten sind vor allem Maßnahmen wie:

- Überwachungskameras
- Rauch- und Feuermelder
- Sprinkleranlagen
- Feuertreppen und ein Sammelpunkt für den Fall, dass sich ein Brand entwickelt

zu beachten.

Da ein zusätzlicher Gefahrenfaktor durch die Lithium-Ionen-Akkus besteht, müssen in den Räumlichkeiten für die Akkus, am Boden und an der Decke Brand- und Rauchmelder angebracht werden (vor dem Brandstadium treten Elektrolyt- und Lösemitteldämpfe aus die schwerer als Luft sind). Außerdem sollte eine Sprinkleranlage zum sofortigen Kühlen der Batterie angebracht werden um ein Durchgehen zu vermeiden. Ein Direktalarm bei der Feuerwehr ist zudem ratsam um sofort Hilfe an zu fordern.

Weiterhin wird auf ausreichende und eindeutige Ausschilderung der asphaltierten Flächen geachtet.

f. Service

Die Anlage bietet verschiedenste Serviceleistungen für Besucher. Tankenden wird weiterhin die Möglichkeit geboten ihr Auto mit einem Staubsauger zu reinigen und den Reifendruck zu überprüfen und zu korrigieren.

Sollte es zu Komplikationen oder Fragen während des Ladevorganges kommen, steht eine Servicekraft an den Ladestationen zur Hilfe bereit.

Das Konzept enthält des Weiteren die Vermietung der für das Bistro geplanten Räumlichkeiten an einen lokalen Anbieter. Dafür wurde noch keine Auswahl getroffen. Des Weiteren steht den Wartenden ein kleiner Kiosk zur Verfügung.

Der Showroom enthält eine Servicetheke an welcher Fachpersonal zur Beratung bereit steht. Diese wird sowohl die Angebote der TEAG zur E-Mobilität als auch zu Solaranlagen umfassen.

Zuletzt sollen auf dem Gelände mehrere Trinkbrunnen aufgestellt werden, welche kostenlosen Zugang zu Trinkwasser ermöglichen.

Eine weiterer Service ist die Möglichkeit den Ladezustand des Autos per App zu verfolgen.

6. Modularität

Damit das Konzept auch auf weitere Grundstücksformen mit anderen Herausforderungen anwendbar ist, wurde eine modulare Bauweise angestrebt.

So kann der Showroom, Übergang und die vorderen Gebäudeteile einzeln verbaut werden. Besonders hervorzuheben sind die drei Ladesegmente. Diese können, wie im Konzept dargestellt, einen darüber liegenden Gebäudeteil enthalten, oder wahlweise mit und ohne Überdachung angewandt werden. Weiterhin ist die Anzahl dieser Segmente variierbar, da sie aneinandergereiht werden können.

Auch die H₂ Tankstelle und Busladestation sind nicht an andere Elemente gebunden und können daher mit geringem Aufwand in erweitertem oder verringertem Maß in zukünftige Projekte integriert werden.

Um der Zukunftsvision einer grünen Tankstelle näherzukommen und die Regeneration während der Pause zu unterstützen wurde auf weitreichenden Einsatz von Pflanzen in und außerhalb des Gebäudes geachtet. Dabei ist der Gartenbereich variable in Form und Ausstattung. Empfehlenswert ist dabei natürlich den übrigbleibenden Platz bei zukünftigen Projekten für einen solchen Zweck zu verwenden. Elemente wie Teich und Bepflanzung können übernommen werden, wobei natürlich dortige Boden- und Klimabedingungen einbezogen werden sollten.

7. Wirtschaftlichkeit

a. Wirtschaftlichkeitsrechnung

Gebäudekosten		1,5 Mio €
Asphaltierte Fläche	1.700 m ² Preis pro m ² : 55 €	93.500 €
Tanksäulen	14 Tanksäulen	1.141.000 €
Wasserstofftankstelle	Preis nicht vorhanden, wird aber von CEF gefördert	/
Batterie	3 * 120kWh*110(€/kWh)	40.000 €
Photovoltaik	1.300 €/kWp 1.300 €* 76	100.000€
Trafo		20.000 €
Garten		50.000 €
Mobiliar		200.000 €
Gesamtsumme:		3.144.500 €

b. Förderungsprogramme

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur fördert die Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland. Gegenstand der Förderung ist die Errichtung öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur, einschließlich des Netzanschlusses und der Montage der Ladestationen. Eine Erweiterung der Ladestationen innerhalb der Förderperiode ist ebenfalls förderbar. Bei der Förderung wird man sich für die Zuschüsse der Schnellladepunkte (HPC) und des Puffer-/Grünspeicher bemühen. Der Elektrizitätsspeicher muss der Aufladung der Elektrofahrzeuge dienen. Der Höchstsatz zur Unterstützung der HPC beträgt 30.000 €.

Die geltenden Anforderungen sind im Projekt vollkommen erfüllt.

Weiterhin gibt es durch „Das Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP)“ ein Förderprogramm für die Wasserstofftankstelle. Der Zuschussbetrag ist nicht höher als die Differenz zwischen den beihilfefähigen Kosten und dem Betriebsgewinn der Investition. Dieser ist kumulierbar mit der bereits oben erwähnten Subvention. Das Bundesland Thüringen hat auch ein Förderprogramm, aber dafür ist die TEAG nicht geeignet.

8.Quellen

[http://www.ffb.kit.edu/download/IMK%20Ber.%20Nr.%20192%20Kunkelmann%20Lithium Ionen-%20und%20Lithium-Metall-Batterien%20Brandbekaempfung.pdf](http://www.ffb.kit.edu/download/IMK%20Ber.%20Nr.%20192%20Kunkelmann%20Lithium%20Ionen-%20und%20Lithium-Metall-Batterien%20Brandbekaempfung.pdf)

<https://www.feuertrutz.de/brandschutz-bei-lithium-ionen-batterien/150/65303/>

<https://www.heliatek.com/de/solarfolien>

https://www.bast.de/BASSt_2017/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v2-verkehrszaehlung/Aktuell/zaehl_aktuell_node.html?cms_map=1&cms_filter=true&cms_jahr=Jawe2017&cms_land=&cms_strTyp=A&cms_str=A71&cms_dtvKfz=&cms_dtvSv=

<https://www.thueringerenergie.de/Privatkunden/Strom/Elektromobilitaet/AutoPaket>

<http://www.foerderdatenbank.de/Foerder-DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=views;document&doc=11850>

<https://www.zim.de/ZIM/Redaktion/DE/FAQ/FuE-Projekte/fue-projekte.html>

https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/bestand_node.html;jsessionid=2FF2387D11870885EEAC5200A8BBCEC5.live11294

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur Bekanntmachung Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland