

Möglichkeiten der Energieoptimierung von Autobahnrastplätzen

Master Thesis zur Erlangung des akademischen Grades
„Master of Business Administration“

eingereicht bei
Dr. Horst Pichlmüller

Dipl.- Ing. (FH) Thomas Greiner, MSc

0929180

Wien, 28.4.2017

*„Energieverschwendung macht durchaus einen Sinn,
wenn sie mit körperlicher Betätigung einhergeht.“*

© Helmut Glaßl (*1950), Aphoristiker

Eidesstattliche Erklärung

Ich, **THOMAS GREINER**, versichere hiermit

1. dass ich die vorliegende Master These, "Möglichkeiten der Energieoptimierung von Autobahnrastplätzen", 67 Seiten, gebunden, selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfen bedient habe, und
2. dass ich diese Master These bisher weder im Inland noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Wien, 28.04.2017



Unterschrift

Danksagung

Ein großer Dank gilt meinen Masterarbeitsbetreuer an der TU Wien. Dieser hat es mir ermöglicht, die nun vorliegende Arbeit selbstständig zu realisieren und war stets bei auftretenden Fragenstellungen rasch und kompetent zur Hilfe.

Ohne die motivierende als auch tatkräftige Unterstützung meiner MBA Kollegen aus dem Studium, wären die zahlreichen sprichwörtlich „durchgemachten Wochenenden“ um einiges schwerer für mich gewesen. Job und Studium gleichzeitig, das verlangte von uns allen einen enormen Einsatz.

Nicht unerwähnt möchte ich jene lassen, die mir unermüdlich und immer freundlich in Bibliotheken tatkräftige Hilfen waren, sowie alle die mir zur praktischen Umsetzung und Fertigstellung der Arbeit verhalfen.

Ihnen allen gilt mein herzlicher Dank.

Kurzfassung

Auf dem hochrangigen Straßennetz in Österreich, somit auf dem gesamten Autobahnen- und Schnellstraßennetz mit einer Gesamtlänge von rd. 2.300 km, werden laufend weitere Rastmöglichkeiten für LKW und PKW Fahrer geschaffen, sowie die bestehenden Anlagen revitalisiert. Im Rahmen dieser Arbeit wird erarbeitet, welche Möglichkeiten technisch als auch wirtschaftlich vorhanden sind, Rastplätze unter Zuhilfenahme von alternativen Energiequellen zu betreiben. Es werden hierbei neue Planungsgrundsätze geschaffen und diskutiert, welche es erlauben, zukünftig technisch sinnvolle alternative Energieerzeugungen bei der Planung von neuen Rastmöglichkeiten als auch der Sanierung bestehender Anlagen zu berücksichtigen. Hierbei wird neben einer theoretischen Analyse, der hierzu in Frage kommenden Technologien eine Ist- Messung der derzeitigen Lastprofile eines Rastplatzes als Grundlage herangezogen um die Machbarkeit auch in Modellen darlegen zu können. Abgerundet wird diese Arbeit durch eine Berechnung, aufbauend auf den tatsächlichen Verbrauch hinsichtlich des Strombedarfes eines Rastplatzes. Hierbei wird gezeigt, dass als alternativen Energieformen realistischer Weise die Photovoltaikenergie als auch die Windenergie eingesetzt werden können und diese einen wesentlichen Beitrag zu einer nachhaltigen Energieoptimierung Verwendung finden können. Eine damit erforderliche Stromspeicherung, insbesondere um die Verbrauchsspitzen vor allem in den Wintermonaten sowie Nachstunden abdecken zu können, wird hierbei theoretisch berücksichtigt. Abgerundet wird diese Arbeit mit Handlungsempfehlungen für die Planung zukünftiger Rastmöglichkeiten.

Abstract

On the high level road network in Austria, the motorway and expressway network with a total length of approx. 2,300 km, further resting possibilities for trucks and passenger cars are being created, as well as existing facilities are being revitalized. Within the scope of this thesis, the technical and economical possibilities to operate rest stops with the aid of alternative sources of energy are elaborated. In doing so, new planning principles are created and discussed, which allow future technically meaningful alternative energy generation to be considered in the planning of new resting possibilities as well as the rehabilitation of existing plants. In addition to a theoretical analysis of the relevant technologies, an actual measurement of the current load profiles of a resting place is used as a basis for the feasibility to be presented in models as well. This work is rounded off by a calculation, based on the actual consumption with regard to the current requirement of a resting place. In this case, it is shown that the photovoltaic energy as well as the wind energy can be used as alternative energy forms in a realistic way and these can be used as a major contribution to a sustainable energy optimization. A current storage that is necessary for this purpose, in particular to cover the consumption peaks, especially during the winter months as well as after hours, is taken into account theoretically as well as in the computing example. With recommendations for the planning of future resting possibilities, this work gives ideas for a further planning.

Inhalt

1	Problemstellung, Zielsetzungen und Forschungsfragen	11
2	Vorgehensweise und Forschungsmethoden.....	12
3	Ziele und Nicht- Ziele	15
3.1	Ziele	15
3.2	Nicht- Ziele	15
4	Wissenschaftlicher Mehrwert.....	16
5	Einleitung	17
6	Grundlagen- Theorieteil.....	19
6.1	Facility Management	19
6.1.1	Definition Facility Management	19
6.1.2	Historische Entwicklung und Ausbreitung des FM	20
6.1.3	Normen und Richtlinien im Facility Management.....	21
6.1.4	Integraler Planungsansatz im Facility Management	23
6.1.5	Begriffe im Facility Management	24
6.2	ASFINAG	25
6.2.1	Beschreibung des Unternehmens	25
6.2.2	Schwerpunkt Energiebedarf/Einsparungen	25
6.2.3	Parkplatzschließung	27
6.2.4	Rastplatz- Leitplanung.....	27
6.2.5	Elektrotankstellen am ASFINAG Netz	28
6.3	Stand der Technik bei der energetischen Modernisierung	29
6.3.1	Gebäudeausrichtung	29
6.3.2	Gebäudeform/Geometrie.....	30
6.3.3	Energiebilanzierung von Gebäuden	32
6.3.4	Definition Plus Energie Gebäude	34
6.3.5	Systemgrenzen	35
6.4	Alternative Energieformen	36
6.4.1	Erneuerbare Energien	36

6.4.2	Solarstrahlung	37
6.4.3	Windenergie	40
6.4.4	Wasserkraft	43
6.4.5	Biomasse	43
6.4.6	Geothermie	44
6.4.7	Piezoelektrik	45
6.4.8	Thermoelektrischer Generator	46
6.5	Energiespeicher	47
6.5.1	Kurzzeitspeicher – Tagesspeicher	48
6.5.2	Technologien	48
6.5.3	Langzeitspeicher – Saisonspeicher	49
6.5.4	Energiemanagementsysteme und Regelwerke	50
6.6	Energieautarke Anlagen	51
6.7	Elektrofahrzeuge	51
6.7.1	Merkmale einer diskriminierungsfreien Schnellladestation	52
7	Umsetzung der theoretischen Grundlagen	54
7.1	Rastplatz Oberwang	54
7.1.1	Bestandsaufnahme	54
7.2	Energiemessung	56
7.2.1	Aufteilung des Gesamtverbrauches	58
7.3	Energieformen	60
7.3.1	Nutzung der Solarstrahlung	60
7.3.2	Nutzung der Windenergie	61
7.3.3	Nutzung der Wasserkraft	61
7.3.4	Nutzung der Biomasse	61
7.3.5	Nutzung der Geothermie	61
7.3.6	Nutzung der Piezoelektrik	62
7.3.7	Nutzung eines thermoelektrischer Generators	62
7.4	Betrachtung von alternativen Energieformen	62
7.5	Berechnungen	63

7.6	Modellierung des smarten Systems.....	64
7.6.1	Last- Modell	65
7.6.2	Flächen- Modell.....	65
7.6.3	Photovoltaik- Modell	65
7.6.4	Vereinfachtes Photovoltaik- Modell	67
7.6.5	Windkraft- Modell	68
7.6.6	Vereinfachtes Windkraft- Modell.....	69
7.6.7	Ergebnisse	70
7.6.8	Kostenbetrachtung	72
8	Ergebnisse / Auswertung.....	78
8.1	Handlungsempfehlungen am analysierten Rastplatz Oberwang - Optimierungsmaßnahmen	78
8.1.1	Aktive Klimatisierung/Heizung	78
8.1.2	Energieverbrauch der Komponenten	79
8.1.3	Ausrichtung Gebäude.....	80
8.2	Neue Ansätze an einem Rastplatz	80
8.2.1	Erzeugung durch alternative Energieträger	80
8.2.2	Technische Umsetzungsmöglichkeiten	80
8.2.3	E- LKW	82
8.2.4	E- PKW versorgt den Rastplatz.....	83
9	Schlussfolgerungen / Resümee / Ausblick.....	85
10	Verweise	88
11	Abbildungsverzeichnis	93
12	Formelverzeichnis.....	95
13	Tabellenverzeichnis	96
14	Abkürzungsverzeichnis	97
15	Anhang	98
15.1	Darstellung von Facility Management - Gliederung der Tätigkeitsbereiche in drei Säulen	98
15.2	Prozesse nach GEFMA 100	99

15.3	Fotodokumentation des Rastplatzes Oberwang vom September 2016 und Jänner 2017	101
15.4	Wärmebildvermessung einer Standard Rastplatz Infrastrukturzeile am Beispiel Ornding auf der A1	106

1 Problemstellung, Zielsetzungen und Forschungsfragen

Die zunehmenden längeren Fahrstrecken im Zuge der Mobilität am hochrangigen Straßennetz (Autobahnen und Schnellstraßen) erfordern den stetigen Ausbau der Rastplätze. Parallel dazu ist die Schließung von bestehenden (alten) Parkplatzanlagen vorgesehen. Für diese Umsetzung, welche die Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft (ASFINAG)¹ in den nächsten Jahren durchführen wird, gibt es eine vorhandene Planungsgrundlage, die Leitplanung Rastplatz².

Diese berücksichtigt aber nicht die Möglichkeit, Rastplätze unter Zuhilfenahme von alternativen Energiequellen zu betreiben. So wird bei Neubauprojekten oder auch der Sanierung von bestehenden Rastplätzen ein vollwertiger Energieanschluss (Strom) hergestellt. Da Rastplätze vielerorts nicht in der Nähe von Orten oder Städten liegen, ergeben sich dadurch aufwändige Herstellungsleistungen.

Das Ziel dieser Masterthese ist, neue Planungsgrundsätze zu schaffen, welche erlauben zukünftig die alternative Energieerzeugung zu berücksichtigen. Hierbei wird neben einer theoretischen Analyse, der hierzu in Frage kommenden Technologien eine Ist- Messung der derzeitigen Lastprofile eines Rastplatzes als Grundlage herangezogen um die Machbarkeit auch in Modellen darlegen zu können.

Auf Basis dieser Problembeschreibung lassen sich die folgenden Forschungsziele und Forschungsfragen, die als Grundlage für die weitere Erarbeitung dieser Masterthese dienen, ableiten:

- Welche Auswirkungen hat die alternative Energiegewinnung auf die Errichtungsstrategie der ASFINAG Rastplätze?
- Inwieweit können welche alternativen Energieträger zum Einsatz kommen?
- Wieviel Prozent der alternativen Energie können realistischer Weise erzeugt und verwendet werden?
- Welche sind die größten Lasten beim Strombedarf eines Rastplatzes?
- Wie sieht ein typisches Lastprofil bei einem Rastplatz aus?
- Inwieweit ist das Thema „Energiespeicherung“ von Bedeutung?

¹ Autobahnen- und Schnellstraßen- Finanzierungs- Aktiengesellschaft, ist eine ausgelagerte Infrastrukturgesellschaft und für die Planung, Finanzierung (Bemautung), Ausbau sowie den Betrieb des österreichischen Autobahnen- und Schnellstraßennetzes zuständig.

² (ASFINAG SG, 2014)

- Wieviel kostet die Installation alternativer Energieträger und wann rechnen sich die Aufwände?
- Welche baulichen Maßnahmen sind an dem Rastplatz erforderlich?
- Welche Strategie kann ein Straßen Infrastrukturbetreiber durchführen, um die Nachhaltigkeit auch beim Thema „Rasten“ zu berücksichtigen?
- Inwieweit beeinflusst die Elektromobilität dieses Vorhaben?

2 Vorgehensweise und Forschungsmethoden

Die gegebenen Forschungsfragen sollen methodisch wie folgt beantwortet werden. Hierzu zeigt die Abbildung 1 den Aufbau der Arbeit, welche in 9 Kapitel unterteilt ist. Danach folgen die entsprechenden Verzeichnisse sowie der Anhang.

Kapitel 1	Problemstellung, Zielsetzungen und Forschungsfragen
Kapitel 2	Vorgehensweise und Forschungsmethoden
Kapitel 3	Ziele und Nicht- Ziele
Kapitel 4	Wissenschaftlicher Mehrwert
Kapitel 5	Einleitung
Kapitel 6	Grundlagen- / Theorieteil
Kapitel 7	Umsetzung der theoretischen Grundlagen
Kapitel 8	Ergebnisse / Auswertung
Kapitel 9	Schlussfolgerungen / Resümee / Ausblick

Abbildung 1 Aufbau der Arbeit

Kapitel 1 erlaubt einen Ausblick in die Problemstellung und Zielsetzung dieser Arbeit. Hierbei werden insbesondere die Forschungsfragen vorgestellt.

Kapitel 2 beleuchtet die erforderliche Vorgehensweise und Forschungsmethoden. Darin wird festgelegt, welche Methoden und Standpunkte der Arbeit zu Grunde liegen. Ergänzend wird die disziplinäre Einordnung dieser Arbeit erörtert.

Kapitel 3 gibt einen Überblick über die wesentlichsten Ziele und Nicht- Ziele dieser Arbeit.

Kapitel 4 definiert den wissenschaftlichen Mehrwert dieser Arbeit. Beginnend mit einer Vorstellung der Systeme und der wichtigsten Definitionen wird hier für die Theoriebildung eine Abgrenzung der Betrachtungshorizonte durchgeführt.

Kapitel 5 leitet in das Thema des energieautarken Rastplatzes ein und stellt die allgemeinen Zusammenhänge und Hintergründe dar.

Kapitel 6 behandelt die relevanten theoretischen Grundlagen und gibt insbesondere einen Überblick über technischen Möglichkeiten der alternativen Energieformen inkl. der Speicherung sowie Möglichkeiten zur Gebäudeoptimierung. Diese Erläuterungen stellen die Grundlage für Kapitel 8 dar.

Kapitel 7 zeigt, ausgehend von den vermittelten Grundlagen in Kapitel 7 eine vor Ort Erhebung eines Rastplatzes inkl. Energiemessungen der Hauptstromverbraucher, behandelt die Ergebnisse und stellt die hierbei gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse in Zusammenhängen dar.

Kapitel 8 baut auf den Ergebnissen und Erkenntnissen aus Kapitel 6 und 7 auf und reflektiert auf die initiale Theoriemodellierung bzw. die gestellten Forschungsfragen.

Kapitel 9 beschreibt die Schlussfolgerungen der Arbeit und erlaubt einen Blick auf weitere Anwendungen und Nutzungspotentiale.

Zur Bewältigung dieser Arbeitsschritte werden auf die folgenden Wissensquellen zurückgegriffen.

- Bücherreich Wien/TU Wien
- Planungsgrundsätze für Rastplätze
- Fachbücher
- Firmenanfragen
- Internet

Hinweis im Sinne des Gleichbehandlungsgesetzes

Aus Gründen der leichten Lesbarkeit wird die geschlechtsspezifische Differenzierung, wie z.B. Fahrerinnen nicht berücksichtigt. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung für beide Geschlechter.

3 Ziele und Nicht- Ziele

Die folgenden Ziele und Nicht- Ziele gelten für die Finalisierung dieser Arbeit.

3.1 Ziele

- Bedarfsanalyse auf Grundlage bestehender Rastplätze.
- Installation/Auswertung von Energiemesssystemen.
- Evaluierung verschiedener Technologien auf Hinblick der Nutzung für einen Rastplatz
 - Fotovoltaik
 - Luftwärmepumpen (Erde, Wasser und Luft)
 - Windkraftanlagen
 - Energiespeicherung
 - Stromtankstelle
 - Etc.
- Erkenntnisse für neue Richtlinien der Rastplatzplanung (Leitplanung, Regelwerke, vertragliche Bestimmungen).
- Aufzeigen von erforderlichen Umsetzungsstrategien für die Errichtung eines „grünen Rastplatzes“ .
- Ziel soll sein, die bei dieser Arbeit entstehenden Erkenntnisse in die nächste Leitplanung einfließen lassen zu können. D.h. Grundlagen zu schaffen, um bei weiteren geplanten Rastplätzen energieautarker zu werden.

3.2 Nicht- Ziele

- Reine Literaturrecherchen.
- Arbeit nur für die Bücherei. Es besteht der Anspruch, dass Erkenntnisse dieser Arbeit, in Unternehmen (Planungsbüros, Bauträger, Bauherrn) weitere Verwendung finden.

4 Wissenschaftlicher Mehrwert

Der wissenschaftliche Mehrwert dieser Masterthese besteht darin, dass neue Planungsgrundlagen im Hinblick auf die Energieoptimierung als auch der Energieproduktion für die Errichtung von Rastplätzen geschaffen werden. Die im Rahmen dieser Masterthese gewonnenen Erkenntnisse erhalten zum Teil ein Alleinstellungsmerkmal, da Aussagen über den bestehenden Verbrauch von Rastplätzen aufgrund von praxistauglichen Messungen durchgeführt werden und Ergebnisse hiervon in den Planungsprämissen festgelegt werden sollen.

5 Einleitung

Rund 41% des Gesamtenergieverbrauches in den Ländern der Europäischen Union (EU) wird für das Heizen und Kühlen von Gebäuden verwendet. Dieser Verbrauch ist zw. 25% und 35% der gesamten CO₂- Emissionen verantwortlich. (Kovacic, 2016)

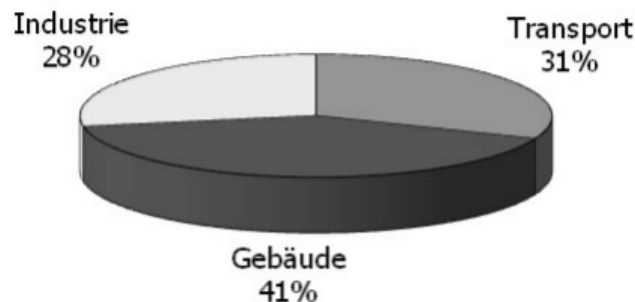


Abbildung 2 Energieverbrauch in Europa (Eicker, 2012)

Zwischen 12% und 25 % der durch Heizen und Kühlen verursachten CO₂ Emissionen und zwischen 13% und 52 % der durch Beleuchtung und Geräte verursachten Emissionen können demnach bis 2020 wirtschaftlich sinnvoll reduziert³ werden. (Eicker, 2012)

Immer sinkende Einspeisetarife erfordern somit von Stromproduzenten ein nachhaltiges Umdenken. Es reicht nicht mehr, durch die eigene Erzeugung sowie der Einspeisung in ein Stromnetz, die Investitionskosten zu refinanzieren. Auch durch die fürs Jahr 2017 reduzierten Einspeisetarife, lässt sich der Trend von sinkenden Einspeisetarifen weiter beobachten. So werden im Jahr 2017 7,91 Cent/kWh (Ökostrom-Einspeisetarifverordnung, Ausgegeben am 16. Dezember 2016) bezahlt. Zeitgleich steigen in den letzten Jahren die Förderbeträge, welche u.a. durch die zu entrichtenden Netzegebühren zu bezahlen sind. So ist der von allen an das öffentliche Netz angeschlossenen Endverbrauchern zu entrichtende Ökostromförderbeitrag⁴ mit 26,80 % (Ökostromförderbeitragsverordnung, 2017), je Netzebene⁵ zu entrichtenden Netznutzungs- und Netzverlustentgelts festgelegt.

³ Die europäische Richtlinie zur Gebäudeenergieeffizienz (EPDB) aus dem Jahr 2002, vereinheitlicht die bisher bestehenden nationalen Richtlinien und Berechnungsmethoden für Gebäudeeffizienz in einem Regelwerk.

⁴ Gemäß § 48 Abs. 1 ÖSG 2012

⁵ Je nach Netzgebiet wird in verschiedene Netzebenen differenziert, welche maßgeblich durch die unterschiedlichen Spannungshöhen definiert werden. In Wien (Wiener Netze) stellt die Netzebene 3 jene Ebene mit der höchsten Spannung (110.000 V) und Netzebene 7 jene Ebene mit der niedrigsten Spannung (230V/400V) dar.

Steigende Verkehrszahlen sorgen auch in der Zukunft für ein erhöhtes Fahrgastaufkommen auf dem österreichischen hochrangigen Straßennetz. Somit steigt auch der Bedarf an Rastmöglichkeiten entlang der Strecke. Unter Anbetracht des damit einhergehenden steigenden Energiebedarfes für diese Rastplätze, sollen Möglichkeiten aufgezeigt werden wie Rastplätze unabhängiger vom den bisher verwendeten Energiequellen gemacht werden können. Dabei soll mit Hilfe von alternativen Energieformen, als auch Optimierungen an den Rastplatzgebäuden (der Infrastrukturzeile) die Energiekennzahl eines Rastplatzes verbessert werden.

6 Grundlagen- Theorieteil

In diesem Kapitel erfolgt die Darlegung sowie wissenschaftliche Aufbereitung der Grundlagen, Methoden o.Ä., die dem Praxisteil in Kapitel 7 zugrunde liegen. In einem ersten Schritt werden die wesentlichsten Grundlagen erklärt und dessen Zusammenhang hergestellt.

6.1 Facility Management

Das Facility Management (FM) verfolgt strategische und taktische Ansätze und nimmt auch im Rahmen dieser Arbeit eine entscheidende Rolle ein. Gebäude, Liegenschaften als auch die damit einhergehenden betrieblichen Abläufe werden im FM ganzheitlich betrachtet. Daher werden als erstes die Grundlagen des Facility Managements erläutert.

6.1.1 Definition Facility Management

Facility Management (FM)^{6 7 8} hat sich gegen Ende des 20. Jahrhunderts zur eigenständigen Fach- und Wissenschaftsdisziplin entwickelt. In der Richtlinie 100-1 der GEFMA (German Facility Management Association) „Facility Management – Grundlagen“ wird Facility Management⁹ wie folgt umschrieben:

„Facility Management ist eine Managementdisziplin, die durch ergebnisorientierte Handhabung von Facilities und Services im Rahmen geplanter, gesteuerter und beherrschter Facility Prozesse eine Befriedigung der Grundbedürfnisse von Menschen am Arbeitsplatz, Unterstützung der Unternehmenskernprozesse und Erhöhung der Kapitalrentabilität bewirkt.“
85% der Gesamtkosten über den mittleren Lebenszyklus eines Bauwerks fallen in der Nutzungsphase an. Auch wenn durch die Verbesserung von Bewirtschaftungsprozessen stets gewisse Kostensparpotentiale ausgemacht und realisiert werden können, so stehen diese doch in keinem Verhältnis zu den Einsparungen in der Bewirtschaftung, welche durch projektsteuernde Maßnahmen in der Planungsphase zu erreichen sind. (Walder, 2015)
Abbildung 3 Bedeutung des Facility Managements in der Planungsphase zeigt den

⁶ Definition laut ÖNORM 7000: „Facility Management ist ganzheitliches Management der Immobilie und der Infrastruktur einer Organisation mit dem Ziel der Verbesserung der Produktivität des Kerngeschäftes. Facility Management ist ein interdisziplinärer Ansatz der die Bereiche Technik, Ökonomie, Ökologie und recht verbindet.“

⁷ Definition laut GEFMA 100-1: „Facility Management ist eine Managementdisziplin, die durch ergebnisorientierte Handhabung von Facilities und Services im Rahmen geplanter, gesteuerter und beherrschter Prozesse (...) eine Unterstützung der Kernprozesse und Erhöhung der Kapitalrentabilität bewirkt.“

⁸ Definition laut IFMA: „Facility Management is the practice of coordinating the physical workplace with the people and work of the organisation. It integrates the principles of business administration, architecture and the behavioural and engineering sciences. 3 p's: place, people and process.“

⁹ ... englische Bezeichnung für Gebäudemanagement im weitesten Sinne.

Zusammenhang zwischen den totalen Kosten einer Immobilie im Verhältnis zu dessen Nutzungsdauer.

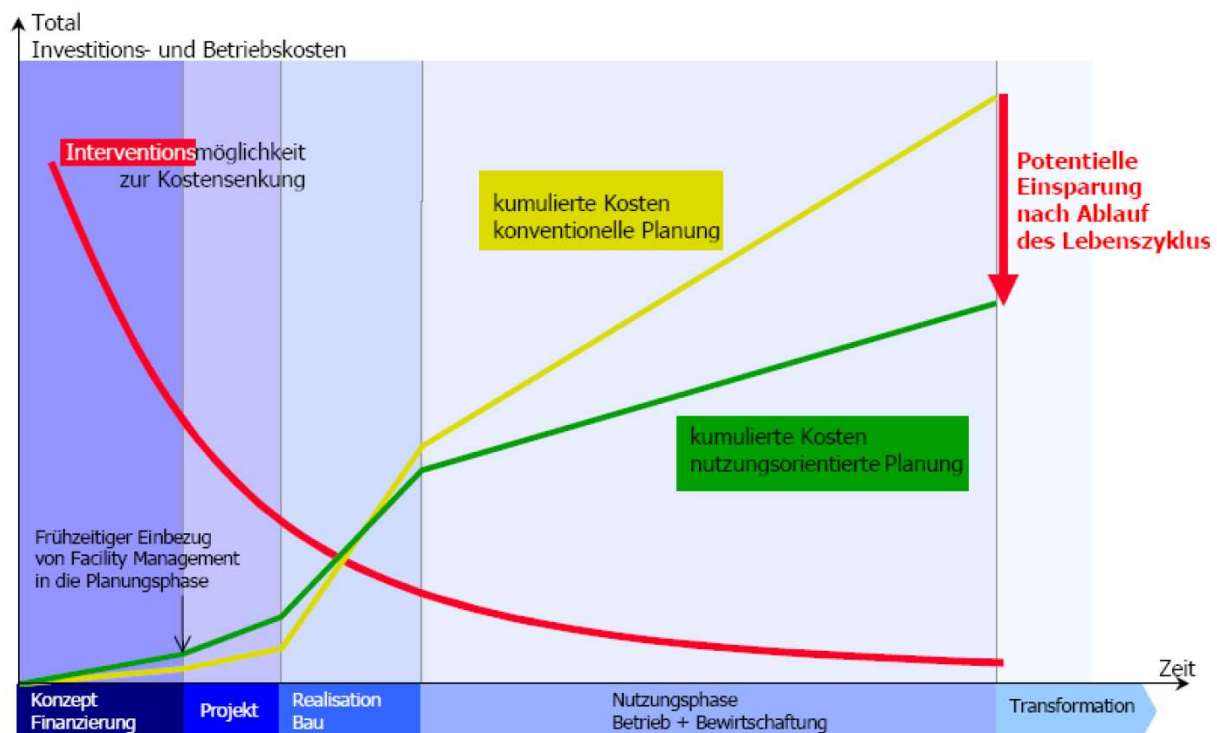


Abbildung 3 Bedeutung des Facility Managements in der Planungsphase (Meister, 2014)

Über den Begriff Facility Management gibt es in der Literatur zahlreiche unterschiedliche Zugänge und Erklärungen, eine populäre Darstellung von Facility Management nach (Ncwy, 2006) stellt die Gliederung der Tätigkeitsbereiche in drei Säulen dar, siehe Anhang, Kapitel 1.1. Die dort ersichtliche Tabelle unterteilt die Tätigkeitsbereiche des FM in drei Säulen:

- infrastrukturelles Gebäudemanagement,
- kaufmännisches Gebäudemanagement sowie
- technisches Gebäudemanagement.

6.1.2 Historische Entwicklung und Ausbreitung des FM

Die historischen Ursprünge des FM haben ihre Ursprünge in den 50er Jahren in den USA. Anfangs ging es rein um eine Optimierung von Arbeitsplätzen und der damit verbundenen innerbetrieblichen Interaktion in Gebäuden. Das Ziel war eine Verbesserung von Produktivitätssteigerungen. 1980 wurde die National Facility Management Association¹⁰ in den USA gegründet.¹¹ 1997 die International Facility Management Association (IFMA), welche

¹⁰ Bereits nach 3 Jahren waren hier 3.000 Mitglieder angemeldet.

¹¹ Stark steigende Mitgliederzahlen führten dazu, dass sie 1982 in International Facility Management Association umbenannt wurde.

mittlerweile weltweit über 15.000 Mitglieder hat. Die IFMA achtet besonders darauf, dass ihre Mitglieder aktive Facility Manager sind.

In Europa wurde der Begriff „Facility Management“ Mitte der 80er Jahre in Großbritannien eingeführt. Wie in weiteren europäischen Ländern wurde auch in Deutschland ein nationaler Verband gegründet. In Deutschland wurde die German Facility Management Association (GEMA) gegründet, diese sammelt bzw. fördert die Facility Management Aktivitäten. Ein wesentlicher Output ist eine mittlerweile 20 Schriften umfassende Sammlung von Definitionen und Beschreibungen von Facility Management im deutschsprachigen Raum¹².

Seit 1996 versucht die GEFMA, durch eine Richtlinienreihe die nötige Basisarbeit zur Etablierung von Facility Management in Deutschland zu leisten. Aufgabe des 2

Ein wichtiger Gegenspieler zur GEFMA wurde im Jahr 1996 gegründet, die IFMA Deutschland¹³. Hier geht es vorrangig um die Schaffung eines einheitlichen sowie verbindlichen Berufsbildes des Facility Managers, als auch um Maßnahmen für die Aus- und Weiterbildung.

In Österreich beschreibt die FM Austria ihre Entstehung und Tätigkeit wie folgt: *„Die FMA - gegründet 1995 - ist Kommunikations- und Informationsplattform für Unternehmen und Organisationen im Bereich Facility Management“. Mit IFMA Austria - dem 1998 gegründeten Chapter der IFMA¹⁴ (International Facility Management Association) wird das gemeinsame Ziel verfolgt, Facility Management zu fördern und zu verbreiten sowie den Berufsstand des Facility Managers zu etablieren. Die FMA versteht sich als Bindeglied zwischen FM-Anwendern, FM- Nutzern und der Wissenschaft. Die Mitglieder sind national und international tätige Unternehmen und Organisationen sowie Verbände und Ausbildungsinstitutionen“¹⁵. Die Unterschiede zwischen diesen beiden Verbänden ist, dass die FMA den Focus auf die Unternehmen legt, hingegen die IFMA mehr personenbezogen agiert. Beim Nachbar Schweiz besteht seit 1998 ein Ableger zur IFMA¹⁶, welche sich ähnlich wie die Aufgaben der IFMA International orientiert.*

6.1.3 Normen und Richtlinien im Facility Management

Der erste wesentliche Aspekt des Facility Management ist die ganzheitliche sowie nachhaltige Betrachtungsweise der Ressourcen. Stellten bisher die einzelnen Abteilungen und Geschäftsfelder eines Unternehmens die relevanten Aufgabenstellung in ihrem eigenen Verantwortungsbereich, so erfordert ein Facility Management eine Betrachtungsweise über diese Verantwortungsbereichsgrenzen hinaus. Eine isolierte Sichtweise wird somit vermieden.

¹² Siehe auch <http://www.gefma.de>, letzter Abruf am 2.1.2017

¹³ Siehe auch <http://www.ifma-deutschland.de>, letzter Abruf am 12.2.2017

¹⁴ Siehe auch <http://www.ifma.at>, letzter Abruf am 18.11.2016

¹⁵ So auch der TU Wien, siehe <https://fm.tuwien.ac.at/>, letzter Abruf am 20.2.2017

¹⁶ Siehe auch <http://www.ifma.ch>, letzter Abruf am 2.1.2017

Das sprichwörtliche „über den Tellerrand schauen“ wird in Bezug auf diese Sachressourcen praktiziert. Die betrachteten Bereiche sind in Abbildung 3 Bedeutung des Facility Managements in der Planungsphase dargestellt. Hier werden kaufmännische sowie technische Aufgaben berücksichtigt. Facility Management zielt auf eine ganzheitliche Betreuung der Sachressourcen aus. Es ist zu erkennen, dass sowohl eine technische als auch eine kaufmännische Richtung vorhanden ist. Eine gemeinsame Sichtweise beider Fachrichtungen ist für ein erfolgreiches Facility Management notwendig. (Ncvy, 2006)

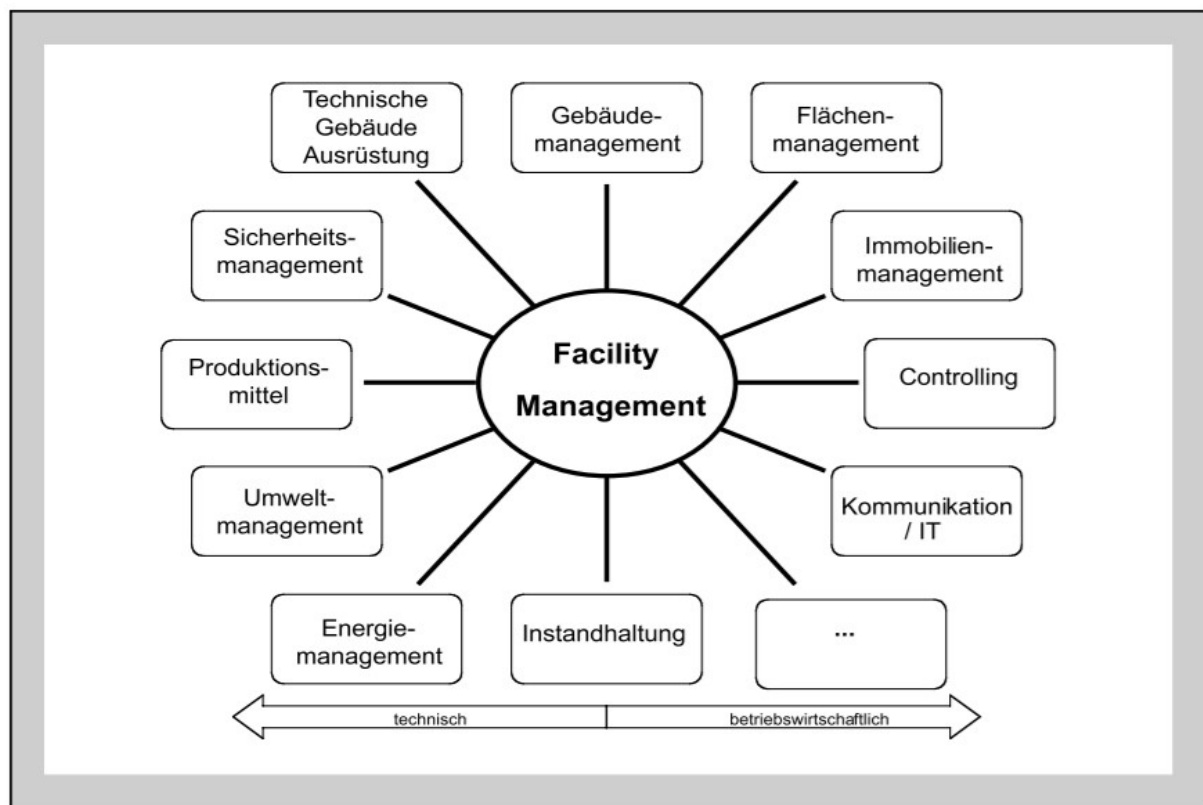


Abbildung 4 Bereiche des Facility Management (Ncvy, 2006)

Besonders hilfreich für das Verständnis des Facility Management sind die Richtlinien der ÖNORM A7000 bis 7002 (Pichlmüller, 2015) sowie der GEFMA.

Hierbei sind für den Bereich des FM insbesondere die folgenden Regelwerke von Bedeutung:

- Richtlinien 100, 130, 200, 900, 910 der GEFMA (Deutscher Verband für Facility Management)
- DIN¹⁷ 277 – Berechnung von Grundflächen und Rauminhalten
- DIN 276 – Kosten im Hochbau
- ÖNORM¹⁸ B 1800 – Ermittlung von Flächen und Rauminhalten von Bauwerken

¹⁷ DIN steht für Deutsches Institut für Normung. Im Allgemeinen handelt es sich hierbei um private Regelwerke mit Empfehlungscharakter.

¹⁸ ÖNORM steht für Österreichische Norm und ist eine vom Austrian Standards Institute veröffentlichte nationale Norm. An sich ist eine ÖNORM ein freiwilliger Standard, jedoch wurden einige durch Verordnung einen gesetzlichen Charakter erhalten, sind somit also verbindlich geworden.

- ÖNORM B 1801 – 2 – Kosten im Hoch- und Tiefbau, Objektdaten- Objektnutzung
- ÖNORM B 1801 – 3 – Bauprojekt- und Objektmanagement, Planungskennzahlen
- ÖNORM B 1802 – Liegenschaftsbewertung – Grundlagen
- ÖNORM A 7000 – Facility Management Grundkonzepte
- ÖNORM A 7001 – Facility Management – Leitfaden zur Erstellung von Facility Management Vereinbarung für die Nutzungsphase eines Objektes
- ÖNORM A 7002 – Facility Management – Katalog von Anforderungen für Facility Manager
- Arbeitsstättenverordnung, 12.8.2004, BGBl. 2179
- VDMA¹⁹ z.B. 24186 (Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden)
- VDI 6009²⁰ (Facility-Management - Praktische Grundlagen und Anwendungsbeispiele)

Aufgrund der Vielzahl von verschiedenen Regelwerken und Normen, versuchen die Tabellen 2 und 3²¹ eine Abdeckung der GEFMA 100-2 durch FM- Standards zu geben. Hierbei fällt auf, dass es eine klare Konzentration auf die Nutzungsphase und somit auf das Gebäudemanagement gibt. Die restlichen Lebenszyklusphasen blieben größtenteils unberücksichtigt.

6.1.4 Integraler Planungsansatz im Facility Management

Die Erstellung eines umfassenden Gesamtkonzeptes (integrale Planung) durch entsprechende Planungsexperten sowie einem eigenen Planungsteam ist die Voraussetzung für das Zustandekommen eines „gelungenen“ Projektes. (Planungsansatz, 2016) So ist die integrierte Betrachtung der Gebäudehülle und der Haustechnik schon in der frühen Planungsphase unabdingbar. Der traditionelle Planungsprozess orientiert sich an den Leistungsbildern der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI). Beide, also die Architekten als auch die Bauherren formulieren gemeinsam ihre Ziele. Im nächsten Schritt wird die Verantwortung der Umsetzung von den Bauherren auf den Architekten übertragen, der wiederum Fachplaner zur Konkretisierung der Entwürfe hinzuzieht. (Kovacic, 2016) In der Regel sind Ingenieure und Energieplaner an der Entwurfsentscheidung noch nicht beteiligt. Die Folge ist oftmals, dass innovative Komponenten zu einem zu späten Zeitpunkt in die Planung berücksichtigt werden, so dass die dann erforderlichen Optimierungen an einem

¹⁹ VDMA steht für Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau und ist damit der Industrieverband in Europa.

²⁰ VDI steht für Verein Deutscher Ingenieure und ist ein deutscher technisch- wissenschaftlicher Verein und die größte Vereinigung von Ingenieuren und Naturwissenschaftlern in Deutschland.

²¹ Siehe Anhang Kapitel 1.2.

Gebäude nur noch mit erheblichem Kostenaufwand möglich sind. Sofern dann noch technisch möglich werden dies nachteilig für das Gebäude ausgeführt. Dies führt nicht zuletzt zu erheblichen Planungsverzögerungen sowie zu nicht energieeffizienten Planungen und in weiterer Folge zu energetisch schlechteren Gebäuden.



Abbildung 5 Gegenüberstellung Serielle Planung zur Integralen Planung (Kovacic, 2016)

Möchte man die unten angeführten Vorschläge zur Optimierung an einem Rastplatz bei einer Überarbeitung der Leitplanung einfließen lassen, empfiehlt es sich den integralen Planungsansatz im Zuge einer Aktualisierung der Standards, als auch bei der eigentlichen Bau Ausführungsplanung umzusetzen.

6.1.5 Begriffe im Facility Management

Nachstehend werden die häufigsten bzw. im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Begriffe gemäß GEFMA definiert.

Facilities: Bauliche und technische Anlagen sowie Einrichtungen, Energie, sämtliche Hardware und Software, Arbeitsmittel, sonstige Gerätschaften.

Facility Services: Serviceleistungen welche für eine erfolgreiche Durchführung von Facility Management Prozessen benötigt werden, wie Ver- und Entsorgungsdienstleistungen, Transportdienstleistungen, Sicherungsdienstleistungen, Erhaltungs-, Reinigungs- und Pflegedienstleistungen, Planungs- und Beratungsleistungen.

Facility Management (FM): Geplante und oftmals durch Prozesse begleitete abgestimmte Maßnahmen Regeln und Steuern der Facility Prozessen.

Lebenszykluskosten: Jene Kosten welche während des gesamten Lebenszyklus einer Immobilie anfallen.

6.2 ASFINAG

Da die Untersuchung von energieautarken Rastplätzen am Netz des Autobahnbetreibers erfolgt, werden das Unternehmen sowie das Umfeld der darauf vorhandenen Rastplätze beleuchtet.

6.2.1 Beschreibung des Unternehmens

Die ASFINAG wurde 1982 gegründet und ist eine Gesellschaft des Bundes und ist für den Betrieb, die Bemaatung sowie die Errichtung am hochrangigen Straßennetz (Autobahnen und Schnellstraßen) verantwortlich. Dieses ist rd 2.400 Kilometer Länge. Seit 1997 wurde für die ASFINAG ein Vertrag mit dem Bund über das sog, Fruchtgenussrecht an den im Eigentum des Bundes stehenden Grundstücken und Anlagen abgeschlossen. Damit hat der Bund die ASFINAG ermächtigt, Mauten und Benützungsgebühren einzuheben. Die ASFINAG erhält keine Förderungen oder sonstigen Zuschüsse aus dem Staatsbudget, sondern wirtschaftet ausschließlich Einnahmen insbesondere aus Maut und Vignette. (ASFINAG GF, 2014)

Die ASFINAG betreibt über 50 Standorte verteilt über ganz Österreich. Diese umfassen sowohl Bürostandorte als auch Autobahnmeistereien (ABM) sowie die ASFINAG Verkehrssteuerung (VMZ Inzersdorf). Weiteres verwaltet und betreibt sie sämtliche Autobahn- und Schnellstraßenkilometer mit den dazugehörigen Verkehrsbeeinflussungsanlagen, Mautstationen, 158 Tunnel und zahlreiche Parkplätze und Rastplätze. Die ASFINAG zählt mit insgesamt ca. 2.800 Mitarbeitern und einem Jahresumsatz von 2,8 Mrd. Euro zu den Großunternehmen und hat daher auch regelmäßig (alle 4 Jahre) ein externes Energieaudit durchzuführen.²² (Unterwegs, 2016)

6.2.2 Schwerpunkt Energiebedarf/Einsparungen

Energieeinsparungen werden durch die zunehmenden Anforderungen von Normen und Verkehrssicherheitsvorgaben (zum Beispiel bessere Beleuchtung und Lüftung im Tunnel) erschwert. Die ASFINAG ist verpflichtet in regelmäßigen Abständen von 2 Jahren eine sog. Energiebilanz Betrieb zu verfassen. Hierbei werden auf Grundlage einer Lebenszyklusanalyse 3 Bereiche analysiert: Gebäude (44 Standorte), Fahrzeuge des Autobahnmeisterei Betriebes und der Tunnelbetrieb (125 Tunnel). Die Daten der letzten Energiebilanz aus dem Jahr 2014 zeigen, dass der Energieverbrauch (alle benötigten Energieträger, wie Strom, Gas, Öl) im Vergleich zu 2012 um 1,1 Prozent reduziert wurde. Der um 6,7 Prozent höhere

²² Das Bundes-Energieeffizienzgesetz (EEffG, BGBl I 72/2014, vom 11.8.2014) verpflichtet große Unternehmen ein Energieaudit nach bestimmten Kriterien durchzuführen, und bezieht sich dabei auf die EN 16247-1. Die Europäische Norm EN 16247-1, Energieaudits -Teil 1: Allgemeine Anforderungen legt Anforderungen, Methodik und Ergebnisse eines Energieaudits fest.

Stromverbrauch entstand durch zusätzliche Anlagen und aus Tunnelsanierungen, da zum Beispiel eine höhere Leuchtdichte oder zusätzliche bzw. leistungsfähigere Lüftungen vorgeschrieben wurden. Der Anteil an erneuerbaren Energien stieg um 152 %, der fossile Treibstoffverbrauch ging um 34,5% zurück. (ASFINAG, 2015)

	2012 [GWh/a]	2014 [GWh/a]	Veränderung [%]
Endenergiebedarf gesamt	162,0	160,2	-1,1
davon:			
Strom	89	95	+ 6,7
Wärme	20	21,2	+6,0
Treibstoff	53	44	-17,0

	2012 [%]	2014 [%]	Veränderung [%]
Anteil erneuerbare Energie	25	63	+152,0
Anteil fossile Energie	55	36	-34,5
Anteil sonstige Energie	20	1	-95,0

Tabelle 1 Ergebnisse der "Energiebilanz Betrieb" (ASFINAG, 2015)

Die Gebäude benötigen 18% der Gesamtenergie in der ASFINAG, darunter fallen Systeme wie Heizung, Belüftung oder auch Klimatisierung. Der Transportenergiebedarf liegt bei 30 %. Da die ASFINAG Österreich weit tätig ist, fällt hier insbesondere der Dienstreiseanteil an. Weiteres die Fahrleistungen der notwendigen Winterdienstmaßnahmen, welche winterbedingt unterschiedlich stark anfallen. Der Hauptteil des Gesamtenergieverbrauches liegt in den Prozessen. Damit sind alle erforderlichen Leistungen zum Betrieb, zur Erhaltung sowie zum Bau der Infrastruktur enthalten.

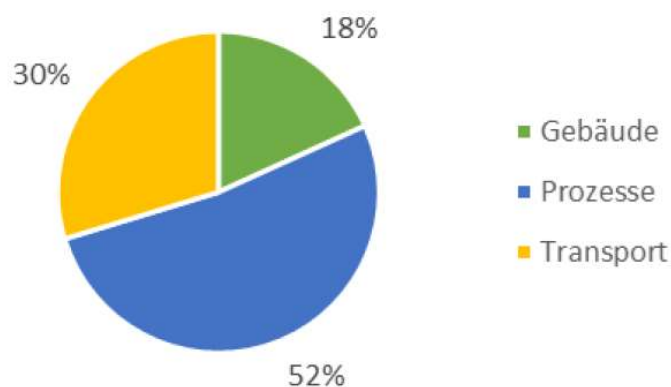


Abbildung 6 Verteilung des Energieverbrauchs auf die Bereiche gemäß EEEF (Wimmer, 2015)

6.2.3 Parkplatzschließung

Die alten Rastplätze zeichnen sich insbesondere durch schlechten Kundenservice aus. Die Errichtung von neuen Rastplatzanlagen wird laufend erhöht. Dies erlaubt die Schließung von bestehenden alten und in Betrieb befindlichen Rastmöglichkeiten. Hier wird nach den folgenden Parametern vorgegangen:

- Die örtliche Nähe zu einer bestehenden modernen Rastmöglichkeit Raststation/Rastplatz, wenn dadurch das Stellplatzangebot zum Parken ausreichend gegeben ist.
- Erforderliche Schließung der Rastmöglichkeit aus Verkehrssicherheitsgründen.
- Bedarf an neuer Nutzung wie für einen Lagerplatz oder als Polizeikontrollplatz. (Retter und Partner ZT GmbH, 2014)

6.2.4 Rastplatz- Leitplanung

Der Großteil der seit 2006 errichteten Rastplätze an Netz der ASFINAG sind nach der sog. Rastplatz- Leitplanung²³ errichtet worden. Somit werden die Baumaßnahmen mit dazugehöriger Ausstattung nach sicherheitsrelevanten, normgerechten sowie betrieblichen Aspekten vorgegeben. Jeder Rastplatz wird grob in die Bereiche

- Parkfläche,
- Verkehrsfläche und
- Infrastrukturzeile

untergliedert, die sich wiederum in der Rastplatz Leitplanung wieder finden. Die Infrastrukturzeile umfasst die Sanitäreinrichtungen (WC's und Dusche, den Technikraum (Leittechnik und Video) sowie den ggf. vorhandenen Erholungsbereich mit Getränke- und Snackautomaten.

6.2.4.1 Beleuchtung Parkfläche inkl. Verkehrsflächen

Die Außenbeleuchtung des Rastplatzes wird nach der Beleuchtungsnorm EN 13201²⁴ durchgeführt, wobei stromsparende LED- Lampen zum Einsatz kommen. Diese sind mit einer dämmerungsabhängigen Lichtsteuerung sowie einer Absenkung des Lichtes von 22:00 bis 6:00 Uhr verbunden. Dabei gelten die folgenden Parameter:

²³ Diese ist beziehbar online unter:

http://www.asfinag.net/Home/DownloadPdf?filename=800.640.1000_Rastplaetze_Technische_Beschreibung.pdf, letzter Abruf am 5.1.2017.

²⁴ DIN 5044 „Ortsfeste Verkehrsbeleuchtung; Beleuchtung von Straßen für den Kraftfahrzeugverkehr“ beschäftigt sich mit der Beleuchtung von Straßen mit Kraftfahrzeugverkehr.

- Beleuchtungsstärke Normalbetrieb Mittelwert $\geq 10 \text{ Lux}^{25}$
- Beleuchtungsstärke Nachtabenkung Mittelwert $\geq 7,5 \text{ Lux}$
- Beleuchtungsstärke Mindestwert $\geq 3 \text{ Lux}$

Bei den LKW- Stellflächen ist eine indirekte Beleuchtung über die Fahrstreifenbeleuchtung vorgesehen.

6.2.4.2 Beleuchtung/Lüftung der Infrastrukturzeile

Die Rastplatz Infrastrukturzeile hat im Vordachbereich auf dem der Name des Rastplatzes steht unter der Dachkonstruktion eingebaute LED- Bänder vorgesehen. Diese werden parallel zur Außenbeleuchtung mitgeschaltet. Im Gebäude steuern Bewegungsmelder die Leuchtstärke, damit bei Kundenverkehr die Beleuchtung auf 100% der Beleuchtungsstärke kurzfristig erhöht werden kann. Darüber kann auch die Lüftungsanlage gesteuert werden. In betriebschwächeren Zeiten erfolgt analog zur Lichtsteuerung eine Absenkung des Lüftungsbetriebes.

6.2.4.3 Heizung/Warmwasserbereitung der Infrastrukturzeile

Die ASFINAG Leitplanung sieht die folgenden technischen Möglichkeiten für die Erzeugung von Warmwasser vor:

- Luftwärmepumpe,
- Grundwasserwärmepumpe und
- Solarpumpe.

Bei einem Ausfall der Luftwärmepumpe stehen eine Elektroheizung mit 6kW elektrischer Anschlussleistung sowie ein Nachheizregister für das Warmwasser mit 9kW elektrischer Anschlussleistung zur Verfügung. Die ersten errichteten Rastplätze wurden mit einer elektrischen Fußbodenheizung ausgestattet. Mittlerweile ist dieser Einsatz, insbesondere aufgrund der hohen Stromkosten nicht mehr zugelassen.

6.2.5 Elektrotankstellen am ASFINAG Netz

Bis dato sind die folgenden Autobahnraststationen mit Elektroladestationen ausgestattet:

- A 1 West Autobahn - Steinhäusl
- A 1 West Autobahn - Ybbs
- A 1 West Autobahn - Mondsee
- A 2 Süd Autobahn - Zöbern

²⁵ Die Einheit LUX ist ein Maß für die Beleuchtungsstärke bezogen auf eine beleuchtete Fläche und gibt an welcher erforderliche Lichtstrom (gemessen in Lumen [lm]) auf eine Flächeneinheit (gemessen in Quadratmetern, [m²]) fallen muss.

- A 2 Süd Autobahn - Kaiserwald
- A 2 Süd Autobahn - Loipersdorf
- A 4 Ost Autobahn Simmering
- A 4 Ost Autobahn - Göttlesbrunn
- A 5 Nord Autobahn Hochleithen
- A 9 Phyrn Autobahn - Deutschfeistritz
- S 16 Arlberg Schnellstraße - Pettnau-Schnann
- S 6 Semmering Schnellstraße - Schottwien

Die hier eingesetzten Ladestationen sind mit den Steckertypen (CHAdeMO, Combo2 und Typ2) ausgestattet²⁶. Damit ist eine Energieladung aller heute am Markt befindlichen Elektroautos bzw. Plug-in Hybrid Fahrzeuge sichergestellt.

6.3 Stand der Technik bei der energetischen Modernisierung

In den folgenden Kapiteln werden die Grundlagen hinsichtlich einer energetischen Modernisierung mit Focus auf einen Rastplatz erarbeitet. Diese bilden die Grundlage für die darauf aufbauenden Berechnungen und Detailanalysen.

6.3.1 Gebäudeausrichtung

Die Ausrichtung eines Gebäudes ist im Nachhinein nicht mehr ohne große Umbauarbeiten zu verändern. Im Falle der bereits in Betrieb befindlichen Rastplätze²⁷ am hochrangigen Straßennetz muss geprüft werden, ob die Chancen dieser Rastplatzausrichtung hinreichend genutzt werden. Dabei spielt die Ausrichtung des Gebäudes sowohl für die innere Grundrissgestaltung, z.B. hinsichtlich der Belichtung der verschiedenen Gebäudezonen, sowie für die Nutzung von Solarenergie eine wesentliche Rolle. Nach den Grundsätzen der Solararchitektur (Selle, 2014) ist ein Gebäude mit seinen Hauptnutzungszonen und Dachflächen nach Süden auszurichten. Betrachtet man als Beispiel das Raststationenpaar auf der A1 im Bereich Km 76,8 (Abbildung 7) mit den Rastplätzen Roggendorf/Schallaburg so sieht man sofort, dass dieselbe standardisierte Infrastrukturzeile aufgrund des Sonnenverlaufes beim Rastplatz Schallaburg Nachteile mit sich bringt. Hier wird das Potential

²⁶ Bei möglichst geringem Zeitaufwand sind Schnellladestationen errichtet worden. Innerhalb von 30 Minuten laden diese 80 Prozent der Batterie- Kapazität auf.

²⁷ Mit Stand Jänner 2017 sind 52 Stück in Betrieb.

der solaren Nutzung nur bedingt genutzt, da die größeren Glasflächen Richtung Norden ausgerichtet sind. Vergleicht man die Planungsgrundlagen moderner Passivhäuser, zeigt sich dass die der Sonne zugewandte Südfassade größer ist als jener Nordfassade. Dies erklärt, dass bei Passivhäusern häufig nach Süden geöffneten Pultdachlösungen eingesetzt werden²⁸.



Abbildung 7 GIS Auszug der A1 im Bereich Km 76,8 mit den Rastplätzen Roggendorf (RFB Linz) sowie Schallaburg (RFB Wien)

Bei der Sanierung ist es oftmals möglich die Energiebilanz des Gebäudes zu verbessern, durch Vergrößerung der südausgerichteten Fenster oder ggf. durch Anbauten, die das Verhältnis verbessern. (Schulze Darup, 2003)

6.3.2 Gebäudeform/Geometrie

Die Wärmeverluste eines Gebäudes werden – auch bei optimierter Wärmedämmung – zu einem erheblichen Teil von der Hüllfläche des Gebäudes bestimmt. Je kompakter das Gebäude, desto geringer sind die benötigte Heizenergie und damit verbundene Kosten. Die Kompaktheit eines Gebäudes wirkt sich positiv auf seine Energiebilanz aus. (Selle, 2014) Die

²⁸ Abweichungen von Süden sollen maximal 30° betragen, somit kann eine geringe Verschlechterungen des solaren Eintrags verhindert werden.

Funktionen einer Fassade sind im wesentlichsten Kälteschutz, Sonnenschutz, Lichtlenkung, natürliche oder mechanische Lüftung, Heizung, Kühlung, Energiegewinnung und Energiespeicherung. (Knaack, 2007). Vergleich auch die durchgeführte Messung mittels einer Wärmebildkamera an einer standardisierten Infrastrukturzeile beim Beispiel Rastplatz Oberwang im Anhang 1.3.

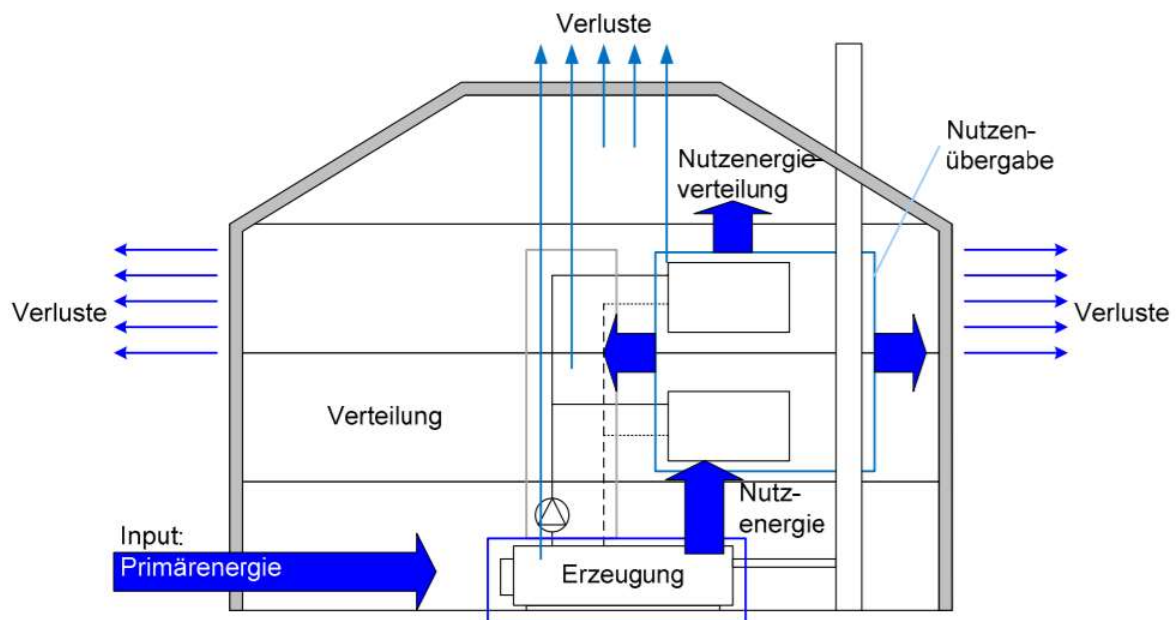


Abbildung 8 HKL-Anlage – Umwandlung von Primärenergie in Nutzenergie und Verteilung im Gebäude (G. Girmscheid, 2010)

Die nachträglichen Eingriffsmöglichkeiten sind bei einer Revitalisierung gering. (Selle, 2014) Da ein Rastplatz im Allgemeinen nicht aus mehreren Geschossen besteht, wird hier darauf nicht näher eingegangen.

Durch eine sinnvolle Einteilung der jeweiligen Zonen von Räumen, kann eine Reduzierung des Heizwärmebedarfs erzielt werden. (Selle, 2014). Als einen Ansatz zur Modellierung kommt das „Simulink- Modell“²⁹ zum Einsatz. Hauptaufenthaltsräume sollen idealerweise Richtung Süden, Nebenräume und Verkehrsflächen wiederum Richtung Norden ausgerichtet werden. (Richard, 2011) Darüber hinaus ist die hierarchische Anordnung der Räume nach Nutzungs- und Temperaturanforderungen von Bedeutung. Je besser die Wärmedämmung eines ist, desto geringer ist der negative Einfluss einer Zonierung. Denn hier kann die Temperatur sich innerhalb der thermischen Gebäudehülle zwischen den Räumen ausgleichen.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang die gute Trennung zwischen beheizten und unbeheizten Räumen. Dabei ist sicherzustellen, dass die kalten Räume nicht in die thermische Hülle

²⁹ Aufbauend auf dem MATLAB System kann damit die Modellierung von Systemen durchgeführt werden.

hineinragen. Durch geschickte Anordnung an den Innenwänden können Rohrlängen deutlich verkürzt und damit Wärmeverluste verringert werden. Gleiches kann durch eine konzentrierte Anordnung der Sanitärräume erreicht werden. Ebenso bringt die Zusammenfassung der Sanitärräume auch schallschutztechnische Vorteile mit sich. (Selle, 2014) Bei einem Rastplatz gemäß der Leitplanung, führen die Ein/Ausgänge in die 4 beheizten Nassräume (WC1 – Männer; WC2 – Frauen, WC – Behinderten und die Dusche) ins Freie. Nachteilig wirkt sich hier aufgrund der hier gewählten Geometrieform ein hoher Wärmeverlust aus.

6.3.3 Energiebilanzierung von Gebäuden

Die energetische Bewertung von Gebäuden erfolgt im Rahmen einer Energiebilanzierung. Dabei wird durch Berechnungen der Wärme- bzw. Energiebedarf ermittelt. Mittels Messungen wird hierbei der eigentliche Energieverbrauch bestimmt. Der Heizwärmebedarf wird im Wesentlichen durch Transmissionswärmeverluste, Lüftungswärmeverluste, als auch externe und interne Wärmegewinne beeinflusst. (Meister, 2014)

Unter Berücksichtigung von Verteilungs- und Umwandlungsverlusten im Gebäude lässt sich aus dem Heizwärmebedarf die Endenergie für die Raumheizung ermitteln. Die Endenergie kann über unterschiedliche Energieträger³⁰ bereitgestellt werden. Der Primärenergiebedarf eines Gebäudes liefert hierbei eine Basis für die Beurteilung des Energieverbrauchs, daraus werden rechnerisch die erzeugten Schadstoffemissionen bestimmt. Energieeffizient ist ein Gebäude dann, wenn der benötigte Energiebedarf gering ist und die Bereitstellung der zugeführten Energie mit einem hohen Nutzungsgrad bzw. einem geringen Aufwand erfolgt. Berücksichtigt wird hierbei auch mit welchem Anteil der Energiebedarf durch erneuerbare Energien gedeckt wird.

Jedes Gebäude steht mit seiner Umgebung im Wärmeaustausch. Die Wärmeverluste eines Gebäudes entstehen durch:

- Wärmeleitung durch Bauteile bzw. der Gebäudehülle an sich (wärmeübertragende Umfassungsfläche),
- Lüftungswärmeverluste bedingt durch einen ungewollten Luftaustausch (vor allem durch undichte Bauteile) oder durch erforderliches/unnötiges Lüftung
- sowie Heizungsanlagenverlusten (Energieumwandlungsverluste). (T. Bendar et al, 2013)

Wie die folgenden Kapitel zeigen werden, benötigt ein Rastplatz einen großen Teil seiner zugeführten Energie für die Erzeugung von Wärme und Warmwasser. Daher wird auf die Potentiale der Energieeinsparung in diesem Bereich vertieft eingegangen.

³⁰ wie z.B. Erdgas, Fernwärme, Öl sowie regenerative Energien.

6.3.3.1 Energetische Optimierung der Gebäudehülle

Die Wärmeverluste einer Gebäudehülle von einem Gebäude nehmen insbesondere bei einem Rastplatz einen großen Anteil ein. Diese Verluste, die durch Wärmeleitung entstehen, werden als Transmissionswärmeverluste³¹ bezeichnet. Die wesentlichen Außenbauteile eines Gebäudes sind die eigentliche Außenwand, die Bodenplatte/Keller (bei nicht unterkellerten Gebäuden, wie es die Leitplanung Rastplatz bis ins Jahr 2012 vorsah), die Dachflächen, die Fenster und jene Bauteile welche unmittelbar an das Erdreich angrenzen. Nicht gewünschte Wärmeverluste treten auch innerhalb eines Gebäudes, wenn warme und kalte Räume angrenzen. Als Beispiel sei hier der Bereich zwischen dem WC 1 – Männer und dem Technikraum genannt.

Die wesentlichen Potentiale zur Erreichung einer guten Energiebilanz liegen daher in der Optimierung der Gebäudehülle. Die wärmeumschließende Hülle des Gebäudes sollte die folgenden Anforderungen erfüllen:

- das Erreichen eines möglichst geringen Wärmedurchgangskoeffizienten³²,
- die Vermeidung von Wärmebrücken³³ sowie die
- Luft- und Winddichtheit.

Die Wärmeverluste über die Bauteile der Gebäudehülle werden im Wesentlichen bestimmt von deren Wärmedurchgangskoeffizienten. (Pichlmüller, 2015) In der Regel ist für die Berechnung des U- Wertes nicht die Wand (das Tragbauwerk), sondern die Dämmstoffstärke und die Dämmstoffqualität entscheidend.

Die einfachste und kostengünstigste Variante der Außenwanddämmung stellt das Anbringen eines Wärmedämmverbundsystems dar. Wobei Dämmdicken von min 14 cm aus bauphysikalischer Sicht nicht unterschritten werden sollten. Die Verwendung einer noch dickeren Dämmung ist technisch einfach ausführbar und reduziert aus energetischer Sicht die Wärmeverluste. Die eher geringen Mehrkosten stellen mittelfristig eine nachhaltige Investition dar. Dämmdicken von 20 cm und größer entsprechen heute dem Stand der Technik. (Kai Schild, 2011)

6.3.3.2 Wärmebrücken

Wärmebrücken³⁴ sind örtlich begrenzte Schwachstellen einer Baukonstruktion durch die mehr Wärme abfließen kann als durch andere, gut gedämmte Flächen der Gebäudehülle. Sie werden in

³¹ Maßgeblich für den Umfang der Transmissionswärmeverluste sind die Größe und die thermische Qualität der Außenbauteile.

³² auch U-Wert genannt, ist ein Maß für den Wärmedurchgang durch einen festen Körper (etwa eine Wand) von einem Fluid (ein Gas oder eine Flüssigkeit) in ein zweites Fluid aufgrund eines Temperaturunterschiedes zwischen den Fluiden.

³³ je kleiner der U-Wert, desto besser ist der Wärmeschutz.

³⁴ Die DIN EN ISO 10211 bildet hier eine Grundlage für eine rechnerische Untersuchung von Wärmebrücken.

- konstruktive Wärmebrücken (Materialwechsel in der Konstruktion) und
- geometrische Wärmebrücken (Raumecken, Wechselnder Bauteildicken) unterschieden.

Die Ursachen für das Vorhandensein von Wärmebrücken liegen in einer während des Baus durchgeführten mangelnden Wärmedämmung oder aber einer fehlerhaften Bauausführung. Wärmebrücken führen als Schwachstellen der Gebäudehülle grundsätzlich zu einem erhöhten Heizenergiebedarf durch zusätzliche Transmissionswärmeverluste und erhöhen auf Grund abgesenkter Oberflächentemperaturen die Gefahr von Schimmelpilz durch Tauwasserbildung. (Selle, 2014). Das maßgebende Kriterium für Schimmelpilzwachstum ist das Vorhandensein einer ausreichend hohen Feuchte³⁵ über einen ausreichend langen Zeitraum. (Kai Schild, 2011) Neben einer optimalen Wärmedämmung und Wärmebrückenfreiheit ist die Luft- und Winddichtheit der Gebäudehülle eine weitere wichtige Voraussetzung um ungewollte Transmissionswärmeverluste zu minimieren und ein energieeffizientes Gebäude zu erreichen. (Selle, 2014)

6.3.4 Definition Plus Energie Gebäude

Ein Plus Energie- Gebäude ist ein Gebäude, bei dem der totale Primärenergiebedarf (Gebäudebetrieb + Nutzung + Eigendeckung) sehr gering ist. Für das Gebäude wird folgende PlusEnergie- Definition herangezogen (T. Bendar et al, 2013):

- Primärenergie: Der nicht- erneuerbare Primärenergiebedarf (Gebäudebetrieb + Nutzung + Eigendeckung) ist kleiner als der durch den Export von Energie ins Netz reduzierte nicht erneuerbare Primärenergiebedarf bei anderen Energienutzungen (andere Gebäude, Mobilität, etc.)
- Erneuerbare Energie wird Vorort am Standort produziert (innerhalb der Grenzen des Gebäudes)
- Der Betrachtungszeitraum beträgt ein Jahr

Der Primärenergiebedarf (Gebäudebetrieb + Nutzung + Eigendeckung) wird an der Grenze mit den nicht erneuerbaren Konversionsfaktoren gerechnet. Diese Definition ist in Abbildung 9 dargestellt. Aus dieser ist ersichtlich, dass der Energiebedarf für eine Gebäude sowie dessen Nutzung durch ein Plus- Energiegebäude mehr als gedeckt wird, es wird sogar ein Export von Energie ins Netz möglich. (H. Schöberl et al, 2014)

³⁵ Der Begriff „ausreichend“ ist hier differenziert zu verstehen und richtet sich in Abhängigkeit der Schimmelpilzart.

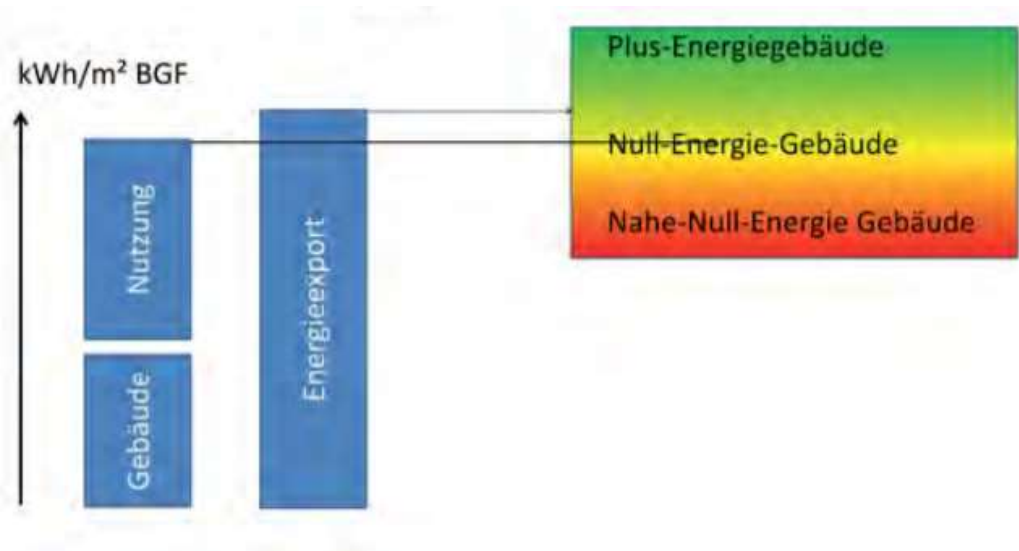


Abbildung 9 Kenngrößen für Plus-Energie: Netto-Primärenergiebedarf inkl. Nutzung (H. Schöberl et al, 2014)

Möchte man einen Rastplatz energieautark betreiben, ist neben dem Wissen über den IST-Verbrauch sämtlicher Energieträger, auch das Potential zur Erzeugung³⁶ eigener Energie zu erheben.,

6.3.5 Systemgrenzen

Eine Stufe vor dem Plus- Energie Haus steht das sogenannte Niedrigstenergiegebäude. Diese befindet sich ebenfalls in der EU Gebäuderichtlinie von 2010³⁷ und wurde hier genau definiert. Hierbei erzeugen Gebäude (ihren geringen Energiebedarf) zu einem wesentlichen Teil durch Energie aus erneuerbaren Quellen, sowie Energie die am Standort selbst erzeugt werden kann. 2006 wurde von Torcellini et al. eine Differenzierung vorgeschlagen und zugleich auch in eine empfohlene Reihenfolge zur Wahl regenerativer Energieversorgungsmaßnahmen gebracht. Diese wird in Tabelle 2 Hierarchische Darstellung der empfohlenen Energieversorgungsmaßnahmen für Null- oder Plusenergiegebäude . (Steiner, 2014)

³⁶ Das Wort „Erzeugung“ wird im Zusammenhang mit alternativer Energieform öfter verwendet. Im Sinne der physikalischen Gesetze, insbesondere des Energieerhaltungssatzes ist dies aber nicht korrekt. Der Energieerhaltungssatz sagt aus, dass „In einem geschlossenen mechanischen System bleibt die Summe von potentieller und kinetischer Energie immer gleich.“ Es ist möglich die Energie in verschiedene Energieformen umzuwandeln (z.B. Bewegungsenergie in Wärmeenergie), es ist aber nicht möglich innerhalb eines abgeschlossenen Systems Energie zu erzeugen oder vernichten.

³⁷ Vergleiche entsprechende Richtlinie 2010/31/EU.

Maßnahmen Nr.	Energieversorgungsmaßnahmen	Beispiele
0	Reduktion des Energieverbrauchs durch optimierte Gebäudebauteile	Natürliche Belichtung, energieeffiziente Gebäudetechnik, natürliche Belüftung
	Energiebereitstellung am Grundstück	
1	Nutzung erneuerbarer Energiequellen an der Gebäudehülle	PV, Solarthermie und Kleinwindkraft am Gebäude
2	Verwendung erneuerbarer Energiequellen am Gebäudegrundstück	PV, Solarthermie, Kleinwind- und Kleinwasserkraft am Grundstück
	Energiebereitstellung durch externe Quellen	
3	Energieerzeugung am Grundstück unter Einsatz zugelieferter, erneuerbarer Energieträger	Biomasse, Pellets, Ethanol oder Biodiesel, vor Ort entstehende Abfallströme, die zur Erzeugung von Strom oder Wärme genutzt werden können
4	Ankauf von erneuerbarer Energie oder von Zertifikaten	Ökostrom aus z. B. Wind oder Photovoltaik, Fernwärme aus Biomasse, Ankauf von Emissionszertifikaten oder Umweltzertifikaten

Tabelle 2 Hierarchische Darstellung der empfohlenen Energieversorgungsmaßnahmen für Null- oder Plusenergiegebäude (Torcellini, 2006)

6.4 Alternative Energieformen

Im folgenden Kapitel wird ein Überblick über die derzeit am Markt befindlichen alternativen Energieformen gegeben. Dabei wird ein Schwerpunkt auf den Einsatz dieser Systeme am hochrangigen Straßennetz gelegt.

6.4.1 Erneuerbare Energien

Um eine nachhaltigere und unabhängigere Zukunft gegenüber fossilen Energieträgern zu erreichen, sind erneuerbare Energien bzw. Energietechnologien für die Erzeugung von elektrischer sowie thermischer Energie notwendig. Erneuerbare Energie ist nach Günther (2015, S. 57-60) die potentielle Energie der Energiequelle, die entnommen und nicht vernichtet wird, sondern bei der die entnommene Menge im gleichen Maße wieder zur Verfügung steht. Unter diesem Aspekt stehen für die erneuerbare Energieproduktion folgende Energiequellen zur Verfügung (M. Günther, 2015) (J. Slamberger, 2016):

- Solarstrahlung
- Windenergie
- Wasserkraft

- Biomasse
- Geothermie
- Piezoelektrik
- Thermoelektrischer Generator

Die Solarstrahlung ist die größte verfügbare Energiequelle mit der durch direkte und indirekte Solarstrahlung Energie produziert werden kann. Wind tritt nach der Sonneneinstrahlung am häufigsten auf. Nach Wind ist die Nutzung der potentiellen Energie des Wassers und der Biomasse als Energieträger noch erwähnenswert.

Für die gegebene Aufgabenstellung werden nur die erneuerbaren Energieträger in Betracht gezogen, die möglicherweise am Standort Oberwang eingesetzt werden können. Es soll in diesem Abschnitt der Stand der Technik der jeweiligen erneuerbaren Energietechnologie beschrieben werden. Auf eine detaillierte Funktionsweise oder theoretische Grundlagen wird dabei nicht eingegangen, da diese nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind. Es wird auf entsprechende Literatur zu dem Themenschwerpunkt nach (Fankhauser, 2015) verwiesen.

6.4.2 Solarstrahlung

Die Energie der Sonne kann direkt durch Solarthermie- oder Photovoltaik-Anwendungen genutzt werden. Die Hauptvorteile/Nachteile der Nutzung der Sonnenenergie für die Stromerzeugung mit Photovoltaikzellen im Hinblick auf einem Rastplatz werden in Tabelle 3 gegenübergestellt. Der jährliche Ertrag einer Photovoltaikanlage sowie deren Ertragsverlauf sind unter anderen von der Neigung der Photovoltaik abhängig.

Sonnenenergie (Photovoltaik) am Rastplatz	
Vorteile	Nachteile
Unerschöpfliche Energiequelle	Geringe Investitionskosten
Einfache Wartung, geringe Wartungskosten	Stark von Wetter und Tags/Jahreszeit abhängig
Keine CO ₂ - Emissionen im Betrieb	Diebstahlgefährdet
Skalierbarkeit der Größe von Wp bis zum MWp	Blendungsgefahr für Fahrzeuglenker
Schaffung der höchsten Energieform (Exergie)	

Tabelle 3 Hauptvorteile/Nachteile Sonnenenergie (Photovoltaik) auf einem Rastplatz (Eigene Darstellung, 2017)

Abbildung 10 zeigt ein im Jahr 2012 installiertes System im Wiener Stadtbereich. Hierbei handelt es sich um eine 2 kWp Gesamtleistung.³⁸

³⁸ Dieser Standort eignet sich aufgrund seiner südlichen Ausrichtung optimal zur Montage der Solarpanels, die mit einer Neigung von 30° an der SBA angebracht wurden. Hierbei wurden 8 Stück PV-Panels mit jeweils 250 Wp Leistung und 2 kWp Gesamtleistung installiert. Die daraus resultierende Gesamtfläche der Solarmodule beträgt 12,80 m².

Dieses System wurde mit dem TÜV Austria Wissenschaftspreis 2016 ausgezeichnet. Siehe auch: <https://www.tuv.at/next-generation/5-jahre-tuev-austria-wissenschaftspreis/>, letzter Abruf am 15.2.2107.



Abbildung 10 Beispiel einer Photovoltaik Anlage auf der A23 Km 12,25 auf einer Verkehrsbeeinflussungsanlage (Eigene Darstellung, 2017)

Je nach kristallinem Aufbau unterscheidet man die folgenden Typen von Photovoltaikmodulen:

Art	monokristallin	polykristallin	amorph
Aufbau	Aus reinem Silizium hergestellte Solarzellen werden sehr langsam aus der Siliziumschmelze herausgezogen, man züchtet einen sogenannten Einkristall. Mit Solarzellen aus monokristallinem Silizium werden die höchsten Wirkungsgrade erzielt.	Multi- oder Polysiliziumzellen werden ähnlich wie monokristalline Zellen als Scheiben von einem Siliziumblock gewonnen. Dieser ist allerdings kein Einkristall, sondern nur eine kontrolliert abgekühlte Siliziumschmelze mit vielen Kristalliten.	Diese werden durch Aufdampfen mehrerer Halbleiterschichten auf ein Substrat hergestellt. Die Atome schneiden sich dort nicht in einer Kristallstruktur, sondern ungeordnet (amorph) ab.
Oberfläche	dunkel, fast schwarz	Schnittflächen der Kristallite sind bläulich schimmernd	durch die unregelmäßige Anordnung ist keine Struktur erkennbar
Preisniveau	hoch	mittel, daher häufig verwendet	gering, in Form von Folien erhältlich
typische Einheitsleistungen	150 – 180 W/m ²	130 – 150 W/m ²	50 .. 60 W/m ²
Wirkungsgrad	ca. 21 %	15 – 19 %	typisch 7 % (< 10 %)
Lebensdauer	ca. 30 Jahre	> 20 Jahre	< 10 Jahre

Tabelle 4 Kristalliner Aufbau von Solarmodulen (Justh, 2014)

Die Photovoltaik hat sich in den letzten Jahren auch in der Verkehrsinfrastruktur Einzug gefunden, siehe Abbildung 11 PV Anlage entlang einer Autobahn und Abbildung 12 PV Anlage in einer Lärmschutzwand integriert sowie Abbildung 13 PV Anlage in den Asphalt integriert



Abbildung 11 PV Anlage entlang einer Autobahn (Singer, 2016)



Abbildung 12 PV Anlage in einer Lärmschutzwand integriert (Anon., 2014)



Abbildung 13 PV Anlage in den Asphalt integriert (P. Marwan, 2016)

Die Entwicklung der Photovoltaik für eine nachhaltige Stromerzeugung hat sich in den letzten 15 Jahren rasant weiterentwickelt. Anfang galt sie als eine wenig beachtete Nischentechnologie für autarke Inselanlagen auf Hütten oder für Verstärker von abgelegenen Sendesystemen zur Verfügung. In einigen Literaturen wird hier von der Photovoltaik 1.0 gesprochen.

- Photovoltaik 2.0: Die Photovoltaik wurde weiterentwickelt und auch in urbanen Gebieten parallel zum vorhandenen Energieübergabepunkt genutzt. Als Folge wurden netzgekoppelte und geförderte Systeme zur Einspeisung des generierten Stromes errichtet.
- Photovoltaik 3.0: Beginn der Netzparität bedingt dadurch, dass erzeugter Strom aus Photovoltaiksystemen kostengünstiger ist als ein Zukauf vom Energieversorger.
- Photovoltaik 4.0: Einführung und Marktdurchdringung. Der optimierte Eigenverbrauch, die Stromspeicherung ist vor dem Durchbruch. Neue Technologien (Elektromobilität, autonome Eigenversorgung, intelligente Wärmebereitstellung) sind heute die wichtigen Zukunftsthemen. (Bundesverband Photovoltaic Austria, 2017)

6.4.3 Windenergie

Windkraftanlagen können Windenergie in elektrische Energie umwandeln. Windräder haben ihre Drehachse entweder in vertikaler oder horizontaler Ebene.

Windräder mit horizontal ausgerichteter Drehachse (Horizontal-Rotoren) müssen entsprechend der Windrichtung ausgerichtet werden, um das Windpotential größtmöglich ausnutzen zu können. Das Leistungsspektrum von Windrädern mit horizontalen Rotoren reicht von einigen Watt bis hin zu Megawatt Anlagen.

Windräder mit vertikal ausgerichteter Drehachse (Vertikal- Rotoren) müssen nicht der Windrichtung nachgeführt werden, da diese windrichtungsunabhängig sind. Einige Typen müssen nicht einmal bei Sturm abgebremst oder stillgelegt werden. Die Vertikal- Rotoren haben einen um ca. 30 % schlechteren Wirkungsgrad, bedingt ihrer Bauweise. Die Wartungsfreundlichkeit als auch die geringen Anlaufgeschwindigkeiten sind positive Eigenschaften dieser Windradtype. In Abbildung 14 bis Abbildung 16 sind einige Beispiele von in Infrastruktur integrierten Windkraftanlagen dargestellt.

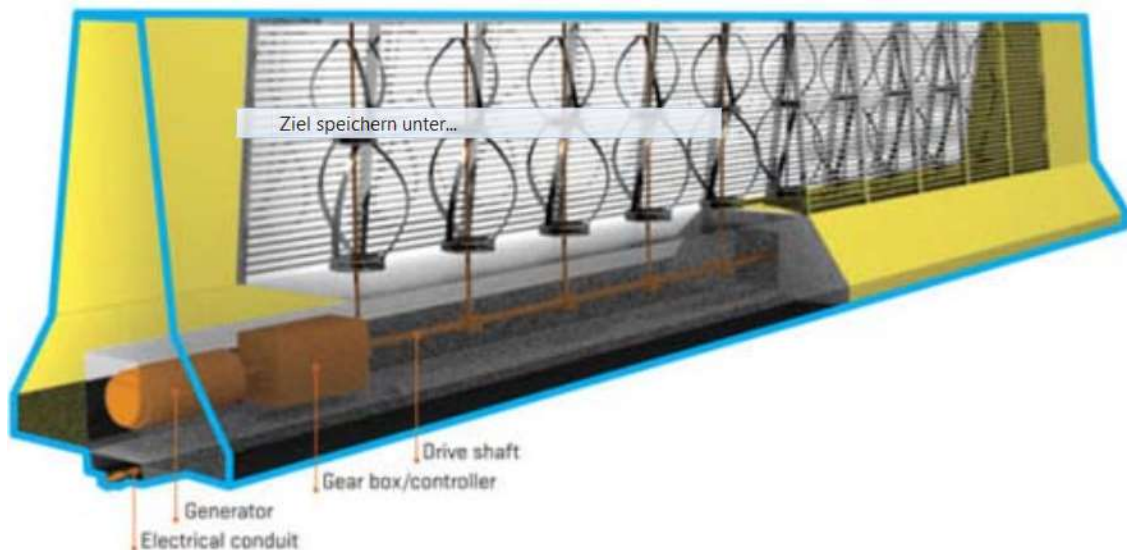


Abbildung 14 Windräder in einer Lärmschutzwand integriert (J. Chapa, 2007)



Abbildung 15 Windräder in Beleuchtungskörper integriert (A. Schwartz, 2010)

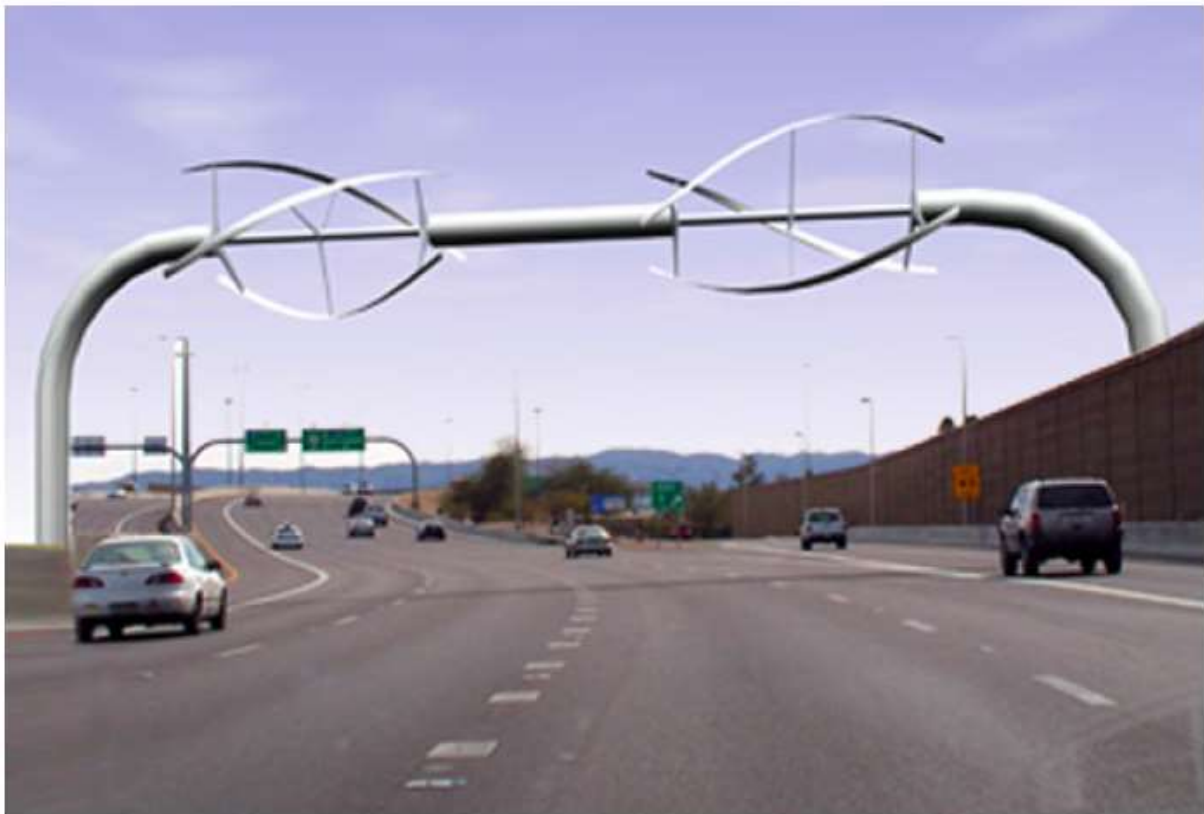


Abbildung 16 Windräder über der Autobahn (C. Gilbert, 2007)

Die durchschnittliche jährliche Windgeschwindigkeit auf einer Meßhöhe von 10 m über Grund liegt in Österreich zwischen 0,8 bis 3,1 m/s. Daraus abgeleitet, ist ein Einsatz von Windrädern Typen, die schon bei geringen Windgeschwindigkeiten starten, zu bevorzugen. Häufig starten leistungsschwache Windräder erst bei Windgeschwindigkeiten zwischen 2 und 3 m/s elektrische Energie zu produzieren. Nur wenige Windräder können bei den Windgeschwindigkeiten zwischen 1 und 1,5 m/s ihren Betrieb beginnen.

Die Hauptvorteile/Nachteile der Nutzung der Windenergie für die Stromerzeugung im Hinblick auf einem Rastplatz werden in Tabelle 5 gegenübergestellt.

Windenergie am Rastplatz	
Vorteile	Nachteile
Unerschöpfliche Energiequelle	Hohe Investitionskosten
Auch „nachtaktiv“	Stark von Wetter und Tags/Jahreszeit abhängig
Keine CO ₂ - Emissionen im Betrieb	Hohe Wartungskosten aufgrund der dynamischen Elemente
Skalierbarkeit der Größe von 100 Watt bis zu einigen Megawatt	starke Fluktuation des Energieangebotes
	Vorhersage des Energieaufkommens schwierig
	Störung von Anrainern durch Windgeräusche (Infraschall)

Tabelle 5 Hauptvorteile/Nachteile Windenergie auf einem Rastplatz (Eigene Darstellung, 2017)

6.4.4 Wasserkraft

Der Begriff Wasserkraft steht für die Umsetzung potenzieller oder kinetischer Energie des Wassers mittels einer Wasserkraftmaschine in mechanische Arbeit. Es gibt grundsätzlich zwei unterschiedliche Ansätze für die Nutzung von Wasserkraft. Man kann einen Fluss stauen (in der Nähe der österreichischen Autobahnen nicht vorstellbar) und die Energie des abfließenden Wassers nutzen. Die zweite Möglichkeit ist die Energie des fließenden Wassers direkt zu nutzen, siehe Abbildung 17 Kinetische Wasserturbine

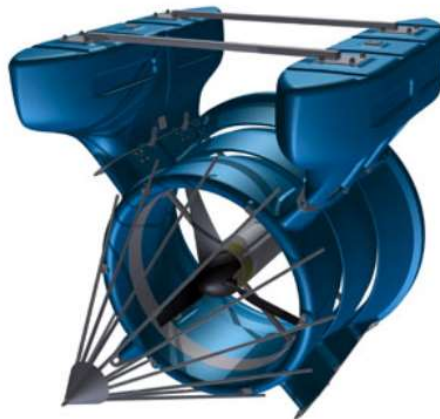


Abbildung 17 Kinetische Wasserturbine (Clean Energy, 2016)

Die Hauptvorteile/Nachteile der Nutzung der Wasserenergie für die Stromerzeugung im Hinblick auf einem Rastplatz werden in Tabelle 6 gegenübergestellt.

Wasserenergie am Rastplatz	
Vorteile	Nachteile
Unerschöpfliche Energiequelle	Hohe Investitionskosten
Relative konstante Energiequelle	Lage auf Regionen mit Wasserangebot gebunden
Keine CO ₂ - Emissionen im Betrieb	Hohe Wartungskosten aufgrund der dynamischen Elemente
	signifikante Eingriffe in die Natur erforderlich

Tabelle 6 Hauptvorteile/Nachteile Wasserenergie auf einem Rastplatz (Eigene Darstellung, 2017)

6.4.5 Biomasse

Als Biomasse werden organischen Stoffe, die für die Energieproduktion verwendet werden können bezeichnet.

Es gibt drei große Kategorien von Biomassequellen:

- Ernteabfälle aus der Landwirtschaft
- Biologisch abbaubare Abfälle aus Industrieschlamm, Dung und Lebensmittel
- Waldbioenergieressourcen

Um elektrische Energie aus Biomasse zu erzeugen, muss die Biomasse zuerst entweder vergast oder verbrannt werden. Das dadurch gewonnene Gas oder der Dampf treibt eine Turbine an, an die ein Generator gekoppelt ist, der elektrische Energie erzeugt.

Im Netz der ASFINAG fallen jährlich große Mengen an gerodetem Material (wie Bäume, Büsche) an, welche eine Biomasseanlage versorgen kann³⁹.

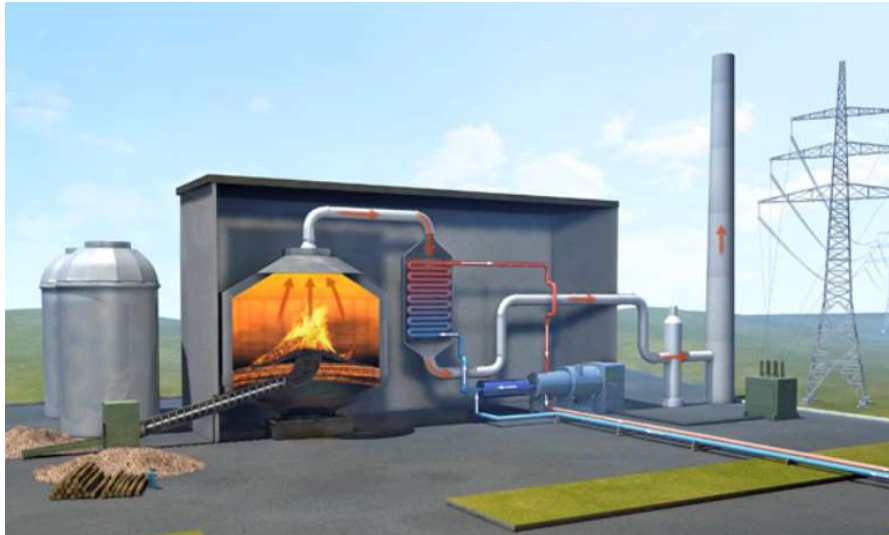


Abbildung 18 Schema einer Biomasseanlage (RWE, 2016)

Die Hauptvorteile/Nachteile der Nutzung der Biomasse für die Stromerzeugung im Hinblick auf einem Rastplatz werden in Tabelle 7 gegenübergestellt.

Biomasse am Rastplatz	
Vorteile	Nachteile
Nutzung der ASFINAG Rodungsabfälle	Hohe Investitionskosten
Konstante Energiequelle	Leistungen ab 200kW sinnvoll möglich
Geringe CO ₂ - Emissionen im Betrieb	Hohe Wartungskosten aufgrund der Verbrennungen
	Brennstoff muss ständig nachgefüllt werden
	Anrainerbeschwerden (Lärm, Luft)

Tabelle 7 Hauptvorteile/Nachteile Biomasse auf einem Rastplatz (Eigene Darstellung, 2017)

6.4.6 Geothermie

Geothermische Energie ist thermische Energie, die in der Erde gespeichert ist. Die Energie stammt aus der Zeit der Bildung von Planeten und ist vom radioaktiven Zerfall der Materialien geprägt. Die Temperatur des Erdkerns liegt bei etwa 4000°C. Um die geothermische Energie in elektrische Energie umzuwandeln, wird eine Dampfturbine mit Wasserdampf benötigt. Das Thermalwasser wird gewöhnlich aus 100 bis 4.500 Metern Tiefe über eine Förderbohrung an

³⁹ Im Bereich der ABM St. Michael ist seit 2015 eine derartige Biomasseanlage in Testbetrieb.

die Oberfläche gebracht und letztlich der Turbine zugeführt. In Abbildung 19 ist eine Skizze eines geothermischen Kraftwerks dargestellt.

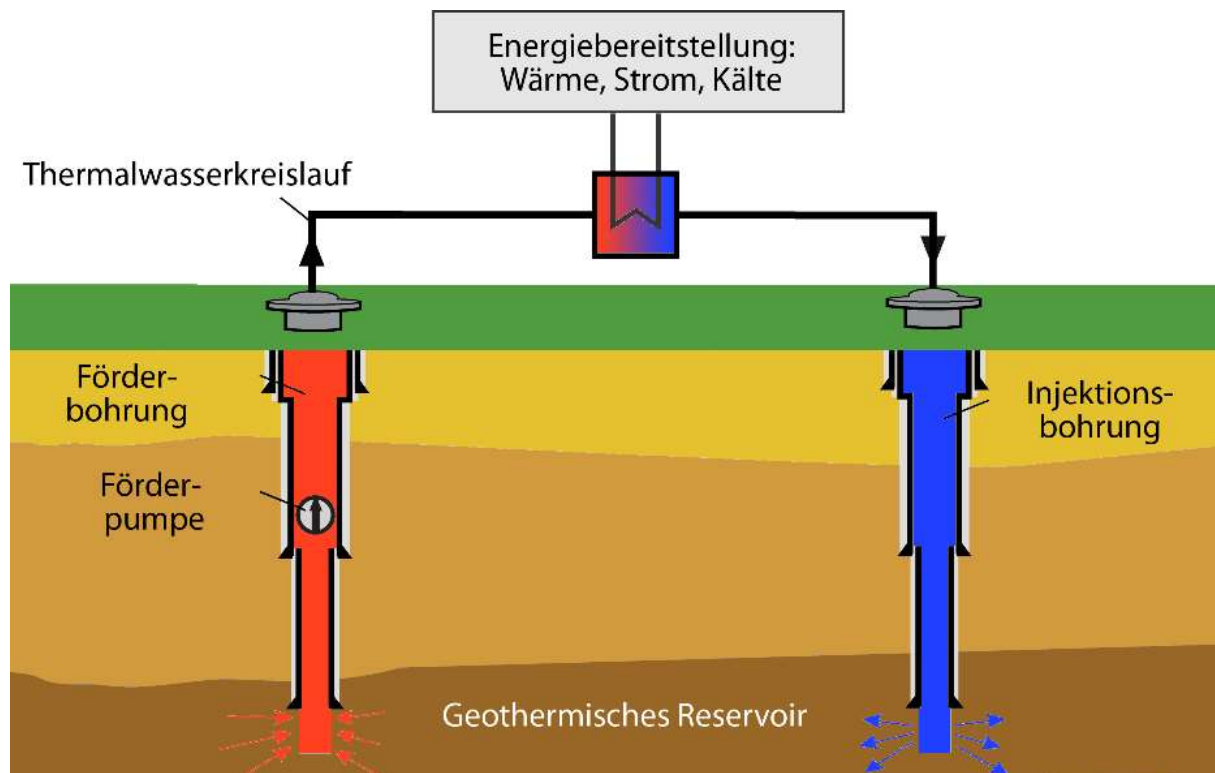


Abbildung 19 Schema eines geothermischen Kraftwerks (UBA, 2015)

Die Hauptvorteile/Nachteile der Nutzung der Geothermie für die Stromerzeugung im Hinblick auf einen Rastplatz werden in Tabelle 8 gegenübergestellt.

Geothermie am Rastplatz	
Vorteile	Nachteile
Unerschöpfliche Energiequelle	Hohe Investitionskosten
Konstante Energiequelle	Leistungen ab 200kW sinnvoll möglich
Keine CO ₂ -Emissionen im Betrieb	Flächenbedarf für das Kraftwerk ist vergleichsweise groß
	Nicht überall möglich
	Eingriff ins Grundwassersystem ist kritisch

Tabelle 8 Hauptvorteile/Nachteile Geothermie auf einem Rastplatz (Eigene Darstellung, 2017)

6.4.7 Piezoelektrik

Piezoelektrische Anwendungen erzeugen elektrische Energie mit Hilfe eines piezoelektrischen Kristalls. Der Kristall ist etwa 5 cm unter der Oberfläche des Asphalts platziert. Er verformt sich leicht, wenn Fahrzeuge über die Straße fahren, wodurch

elektrische Energie erzeugt wird⁴⁰.



Abbildung 20 Piezoelektrik Modul unter der Autobahnasphaltdecke (L. Edery-Azulay, 2010)

Die Hauptvorteile/Nachteile der Nutzung der Piezoelektrik für die Stromerzeugung im Hinblick auf einem Rastplatz werden in Tabelle 9 gegenübergestellt.

Piezoelektrik am Rastplatz	
Vorteile	Nachteile
Integration in Autobahninfrastruktur möglich	unklare Investitionskosten
Konstante Energiequelle bei gleichem Verkehr	Energieproduktion ist verkehrsabhängig (lastabhängig)
Keine CO ₂ - Emissionen im Betrieb	Schwere Wartung und Instandhaltung
	fehlende Langzeiterfahrungen

Tabelle 9 Hauptvorteile/Nachteile Piezoelektrik auf einem Rastplatz (Eigene Darstellung, 2017)

6.4.8 Thermoelektrischer Generator

Der thermoelektrische Generator gewinnt elektrische Energie mit Hilfe von Wärme. Die Grundlage ist ein thermoelektrischer Effekt in Halbleitern. Abbildung 21 zeigt den Aufbau eines thermoelektrischen Generators.

⁴⁰ Diese Anwendung wurde von der Japan Railway Company, im Fußgängerbereich von U- Bahn-Stationen, und vom Unternehmen Innowattech Ltd., im Straßenverkehrsbereich in Israel, umgesetzt. Innowattech gibt an, dass bei einer 1 km langen Strecke, mit einer Verkehrsdichte von 600 LKWs pro Stunde, mit einer mittleren Geschwindigkeit von 72km/h, durchschnittlich 200 kWh Energie erzeugt werden kann.

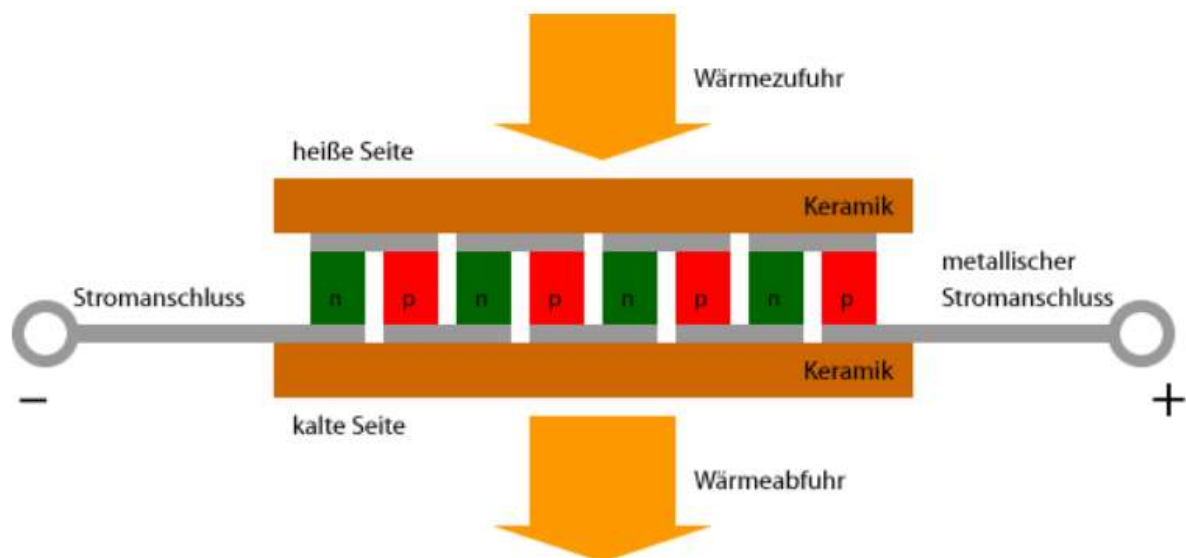


Abbildung 21 Aufbau eines thermoelektrischen Generators (R. Paschotta, 2015)

Thermoelektrische Generatoren haben den Vorteil, dass der „Brennstoff“ Wärme auch gut gespeichert werden kann. Nachteilig ist, dass der Wirkungsgrad noch sehr gering und noch nicht konkurrenzfähig zu anderen Technologien ist. Der Wirkungsgrad wird durch die Temperaturunterscheide von Wärmezufuhr- und abfuhr (Carnot- Wirkungsgrad) definiert, der bei einigen wenigen Prozent liegt.

Die Hauptvorteile/Nachteile der Nutzung der Thermoelektrik für die Stromerzeugung im Hinblick auf einem Rastplatz werden in Abbildung 22 gegenübergestellt.

Thermoelektrik am Rastplatz	
Vorteile	Nachteile
Auch „nachtaktiv“	unklare Investitionskosten
Keine CO ₂ - Emissionen im Betrieb	Energieproduktion Wetter und Saisonabhängig
Geräuschlos	fehlende Langzeiterfahrungen
	geringer Wirkungsgrad

Abbildung 22 Hauptvorteile/Nachteile Thermoelektrik auf einem Rastplatz (Eigene Darstellung, 2017)

6.5 Energiespeicher

Da ein möglicher energieautarker Rastplatz seinen Energiehaushalt über den Tag verteilt nicht selbst erzeugen kann, insbesondere da die im vorhergehenden Kapitel vorgestellten zur Verfügung stehenden Technologien, größtenteils keine 24h Stunden gesicherte Energieerzeugung garantieren können, ist der Einsatz einer Energiespeicherung unumgänglich. Daher werden in den folgenden Kapitel die Möglichkeiten der Kurzspeicherung von elektrischer Energie vorgestellt und verglichen.

6.5.1 Kurzzeitspeicher – Tagesspeicher

Tagesspeicher können für Kleinstanwendungen (oftmals mobile Anwendungen) bis hin zu großen Anwendungen (z.B.: Heimspeicher als Solarbatterie) eingesetzt werden. Sie unterscheiden sich entsprechend in ihrer Auslegung, der eingesetzten Batterietechnologie und weiteren technisch wichtigen Parametern. Im Folgenden sind gängige Einsatzgebiete von Speichersystemen in Österreich beschrieben.

6.5.1.1 Stationäre Anwendungen

6.5.1.1.1 USV-Anlagen

Akkumulatoren zur unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) dienen zur Überbrückung von Energieausfällen und werden in der Notstromversorgung eingesetzt. Weitere Anwendungen sind Starkstromanlagen in Krankenhäusern und der Not- und Sicherheitsbeleuchtung für Gleichrichteranlagen. Des Weiteren kann eine Inselversorgung mit Schwarzstartfähigkeit durch stationäre Batterien gewährleistet werden.

6.5.1.1.2 Heimspeicher als Solarbatterie

Der Einsatz von Heimspeichern als Solarbatterie⁴¹ dient zur Steigerung des Autarkiegrads (Eigendeckungsgrad) der betrachteten Einheit. Mit Einhaltung der technischen Anschlussbedingungen des Netzbetreibers können diese in das öffentliche Versorgungsnetz integriert werden und ggf. Förderungen für den Einsatz spezifischer Speichertechnologien beantragt werden.

6.5.1.1.3 Inselversorgung

Eine netzunabhängige bzw. unterbrechungsfreie Inselversorgung kann durch Speicher in der richtigen Auslegung gewährleistet werden. Ein Inselbetrieb kann hier eine Versorgung bei Stromausfällen sicherstellen.

6.5.2 Technologien

Es gibt eine Vielzahl von Speichertechnologien, die wesentlichsten werden hier erwähnt. Allgemein ist davon auszugehen, dass dieses Segment in der Zukunft große Schritte hinsichtlich der Speicherdichte und der Wirtschaftlichkeit erfahren wird, vergleiche hierzu (J. Slamberger, 2016).

⁴¹ Mit Stand Februar 2017 gibt es Anbieter, welche ein 14 kWh Stromspeichermodule um 6.200 € anbieten (ohne Montage). Vergleiche https://www.tesla.com/de_DE/powerwall, letzter Abruf am 20.2.2017.

6.5.2.1 Bleiakkumulator

Bleiakkus kommen in offener oder verschlossener Bauform vor. Zu den wichtigsten Technologien gehören Blei- Säure und Blei- Gel Akkumulatoren. In der stationären Anwendung können Bleiakkumulatoren zur USV (Notstromversorgung), für Notbeleuchtung sowie als Heimspeicher in Kombination mit Photovoltaikanlagen eingesetzt werden. In mobilen Anwendungen finden sie vor allem als Starterbatterie Anwendung.

6.5.2.2 Lithium- Ionen- Akkumulator

Lithium- Ionen- Akkumulatoren sind in vielen Ausführungsformen erhältlich, z.B. Lithium-Eisenphosphat (LiFePO_4), Lithium- Polymer (LP), Lithiumtitanat (LTO), Lithium- Mangan (LiMn). Lithium Akkus werden in mobilen Geräten wie Mobiltelefone und Notebooks eingesetzt. Darüber hinaus sind sie in allen Bereichen von stationären Anlagen, Heimspeicher als Solarbatterie und in der E- Mobilität verbreitet.

6.5.2.3 Redox- Flow- Akkumulator

Redox- Flow- Akkumulatoren sind Flussbatterien, die in den Typen Vanadium- Redox (V), Natriumbromid- Redox (NaBr) und Zink- Brom- Redox (ZnBr) ausgeführt werden können. Flussbatterien zeichnen sich durch eine hohe Lebensdauer, hohe Zyklenfestigkeit und beliebige Möglichkeit der Kapazitätserweiterung aus. Sie besitzen eine geringe Energiedichte. Anwendung finden Redox- Flow- Akkumulatoren zurzeit vorrangig als Pufferbatterie für Windkraftanlagen oder als Reservequelle für Mobilfunk- Basisstationen. Insbesondere bei Anwendungen mit einem hohen Energiebedarf werden solche Systeme eingesetzt.

6.5.3 Langzeitspeicher – Saisonspeicher

Oftmals ist das Aufkommen von Energiebedarf und -angebot nicht deckungsgleich. Beispielsweise ist das Angebot aus Photovoltaikanlagen im Sommer (einstrahlungsintensive Periode) hoch, hingegen sind Lasten, wie etwa elektrische Heizungen, Verbraucher, die ihre Energiebedarfsspitzen im Winter haben. Für derartige Energieverschiebungen können Saisonspeicher eingesetzt werden.

6.5.3.1 Pumpspeicherkraftwerk

Pumpspeicherkraftwerke nutzen unterschiedliche Höhen der potentiellen Energie aus, um elektrische Energie zu gewinnen. Die Höhendifferenz zwischen Unter- und Oberwasserbecken soll mehrere 10 m sein, um die Wasser energieeffizient zu nutzen. Oftmals werden in Zeiten von Energieüberschuss die Speicherbecken gefüllt, um in energiearmen Zeiten genutzt werden zu können.

6.5.3.2 Wasserstoff Speicher

Häufig wird Wasserstoff⁴² als komprimiertes Gas in Druckbehältern (Stahlflaschen) gespeichert. Die Speicherung erfolgt unter Drücken von etwa 200 bis 800 bar. Die volumetrische Energiedichte dieser Speicher ist sehr gering. Durch entweder die Cryo-Komprimierung⁴³, bei der der Speicher auf -196 °C gekühlt wird, oder eine Verflüssigung des Wasserstoffs (bei -253°C) kann die volumetrische Energiedichte erhöht werden. Die Verluste und der Energiebedarf für derartige Speicherungen betragen etwa 20 bis 50 % der gespeicherten Energie.

Die Alternative zur Druckspeicherung ist die feste Wasserstoffspeicherung in Metall- oder chemischen Hydriden. Diese Methode ist, auf Grund des Speichergewichtes, für stationäre Verwendung geeignet. Solche Speichersysteme haben auch einige Sicherheitsvorteile, da der Druck niedriger ist und es nur ein begrenztes Potenzial für die Freisetzung von Hochdruckwasserstoff gibt. (R. Wüschiers, 2010)

6.5.3.3 Brennstoffzellen

Die Brennstoffzelle ist ein elektrochemischer Energiewandler mit einem hohen Wirkungsgrad. Die bekannten und weit verbreiteten Verbrennungsmotoren (Otto und Diesel), wandeln die chemische Energie des Kraftstoffs durch Verbrennung in mechanische Energie um. Eine Brennstoffzelle wandelt die chemische Energie des Kraftstoffs direkt in elektrische Energie um. Somit wird hier die Nutzenergie des Kraftstoffs besser umgesetzt. Dies führt zu einem deutlich höheren Wirkungsgrad. Damit bieten die Brennstoffzellen eine zukünftig viel versprechende Technologie für die Stromerzeugung als auch Wärmeerzeugung, ferner für den Antrieb von Kraftfahrzeugen.

6.5.4 Energiemanagementsysteme und Regelwerke

Mit der Europäischen Richtlinie 2012/27/EU soll nach (Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, 2015) bis 2020 20% des Primärenergieverbrauchs eingespart werden. Diese Ziele werden in dieser EU- Richtlinie durch Maßnahmen zur Erreichung der Ziele definiert. Die EU- Energieeffizienzrichtlinie sieht die Einführung von sogenannten Energiemanagementsysteme gemäß DIN EN ISO 50001 als zielführende Strategie vor, um die Ziele zu erreichen.

⁴² Wasserstoff ist ein Energieträger und keine Energiequelle.

⁴³ Dabei erfolgt die Speicherung bei bis zu 1.000 bar. Dem Vorteil der hohen Speicherdichte, stehen der notwendige Aufwand für den Drucktank und der damit erforderliche Aufbau sowie die thermische Dämmung gegenüber.

6.6 Energieautarke Anlagen

Die Energieautarkie bzw. Autarkie beinhaltet Konzepte, um den Energieverbrauch eines Verbrauchers mit lokal verfügbaren Energieträger und -quellen zu nutzen. Damit ist der Verbraucher nicht von externen Energielieferungen⁴⁴ abhängig.

In autarken Versorgungskonzepten versucht man nicht nur von der Heizenergie unabhängig zu sein, sondern auch vom öffentlichen Netz. Dies erfordert die vorhandene direkte und indirekte Sonnenenergie für die Heizenergie und der Erzeugung von elektrischer Energie zu nutzen. Durch einen optimierten Einsatz der energieeffizienten Verbraucher sowie einer Leistungsanpassung ist es möglich einen hohen Autarkiegrad zu erreichen.

6.7 Elektrofahrzeuge

Da im Rahmen dieser Arbeit auch die E- Mobilität Berücksichtigung findet, werden die wesentlichsten Grundlagen der Elektrofahrzeuge beleuchtet.

Elektrofahrzeuge haben das Potenzial den Energieverbrauch, CO₂- Emissionen, als auch die Luftbelastungen (PM10⁴⁵ sowie No2/x) zu reduzieren und tragen somit maßgeblich zu den Energie- Umwelt- und Klimazielen bei. In Österreich gibt es ab April 2017 Förderungen von Elektromobilität.⁴⁶ (BMLFUW, BMVIT, 2017) Laut einer Studie der WU Wien ist die Akzeptanz für Elektroautos beliebt. So sind E- Autos für jeden zweiten Befragten eine Option⁴⁷. Rd. 50% können sich einen Kauf vorstellen, 16% geben an bereits als nächstes ein Elektroauto kaufen zu wollen. (Apa, 2017)

Die Elektrofahrzeuge werden grob in die folgenden 4 Antriebsarten differenziert:

- **Hybridelektrofahrzeuge**

Dieses Fahrzeug besteht aus einem mechanischen Antrieb sowie einem Betriebskraftstoff oder einer Speichereinrichtung für elektrische Energie/Leistung. Diese werden im Fahrzeug gespeichert.

- **Elektrische Antriebe**

Rein batteriebetriebene Fahrzeuge verfügen ausschließlich über Elektromotoren als Antriebsstrang.

⁴⁴ Vergleiche auch Kapitel 6.3.5, der Definition des Plus- Energie- Hauses.

⁴⁵ Steht für particulate matter, englische Bezeichnung für eine Art des Feinstaubes, wobei der Durchmesser der Teilchen bis zu 10 µm und kleiner beträgt.

⁴⁶ Höhe 72 Millionen Euro. Das Maßnahmenpaket umfasst Anreize für den Kauf von Elektro-Fahrzeugen, den Aufbau von E-Ladestationen und eine eigene Nummerntafel für E-Autos.

⁴⁷ Die Anzahl der zugelassenen Elektroautos liegt in Österreich zurzeit bei rd. 10.000 Stück. Zum Vergleich: Insgesamt beträgt der zugelassene Pkw- Bestand im Jahr 2015 a rund 4,8 Millionen, laut der Statistik Austria.

- Reichweitenverlängerer
Diese Art der Fahrzeuge sind mit einem sog. „Reichweitenverlängerungssystemen“⁴⁸ ausgestattet und verfügen auch über einen Verbrennungsmotor. Dieser wird über einen Generator betrieben, welcher wiederum die Fahrzeugbatterie auflädt. Wobei diese Batterie auch über das Stromnetz aufgeladen werden kann.
- Plug-in hybrid Electric Vehicle
Werden sowohl über einen Elektromotor als auch über Verbrennungsmotoren angetrieben. Auch hier kann die Batterie über das Stromnetz geladen werden. Der eigentliche Antrieb kann elektrisch oder vom Verbrennungsmotor erfolgen.

Schnellladestationen sollen E- Autobenutzern ermöglichen, Ihre Fahrzeuge möglichst rasch für die Weiterfahrt aufzuladen. (Bundesamt für Strassen ASTRA, Dezember 2016)

6.7.1 Merkmale einer diskriminierungsfreien Schnellladestation

Die folgenden Varianten beschreiben, wie eine Schnellladestation diskriminierungsfrei betrieben bzw. installiert werden kann.

6.7.1.1 Lademöglichkeit

Ein Zugang zu einer Ladestation muss jederzeit und rund um die Uhr (24 Stunden, 365 Tage) sichergestellt werden. Ein auf Dauer angelegter Vertragsabschluss (z.B. für den Erhalt einer Kundenkarte) soll keine Bedingung zur Benutzung sein. Die Bezahlung ist analog wie bei den derzeitigen Tankstellen sicherzustellen (z.B. Bankomatkarte, Debit- oder Kreditkarten aber auch webbasiert über Smartphone).

Die Ladestation an sich muss datenfähig sein, damit mehr Möglichkeiten für Zugangs- und Abrechnungssysteme vorhanden sind. Ebenso können darüber Statusmeldungen (Außer Betrieb, besetzt, frei etc.) übermittelt werden. Ein Zugang ist über verschiedene Anbieter zu gewährleisten und vereinfacht so die Nutzung sowie die Ausbreitung für mehrere Benutzer. Für die Datenübertragung ist dabei auf ein offenes Protokoll⁴⁹ zurückzugreifen.

6.7.1.2 Standort und Anordnung

Für die Errichtung und den Betrieb ist eine behördliche Genehmigung erforderlich.⁵⁰ Der Zugang zu den Ladeplätzen ist so anzuordnen, dass es keine gefährlichen Verbindungen zu anderen Zonen oder Flächen bestehen.

⁴⁸ In engl. Range Extender Electric Vehicle

⁴⁹ wie OCPP (open charge point protocol)

⁵⁰ Hierzu gibt es einen Leitfaden zum Genehmigungsverfahren einer Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge, welche im Rahmen des Umsetzungsprozesses zu Richtlinie 2014/94/EU von BMVIT (BMVIT, 2017) erstellt wurde.

Zwischen Ladesäule und Fahrzeug soll kein attraktiver und begehbarer Bereich sein. Ebenso ist sicherzustellen, dass die Kabel bei der Nutzung oder bei leerem Ladeplatz eine Stolpergefahr darstellen. Ebenso darf das Fahrzeug durch die Ladesäule keine Beschädigungen bekommen.

6.7.1.3 Ladestecker und elektrische Anschlüsse

Die Ladestecker haben den gängigen Normen und Standards und somit dem Stand der Technik zu entsprechen und sind ausreichend sichtbar an der Ladesäule zu signalisieren. Aktuell sind dies folgende drei Systeme, die aus der IEC- Normenreihe 62196 abgeleitet sind, siehe auch Abbildung 23.⁵¹

- Typ 2 Mode 3 – Ein Steckertyp für eine Wechselstromladung Combined Charging System
- CCS Typ 2 - Ein Steckertyp für eine Gleichstromladung
- CHAdeMO - Ein Steckertyp für eine Gleichstromladung (62196, IEC, 2016)



Abbildung 23 Stecker der IEC- Normenreihe 62196 (62196, IEC, 2016)

Zielgruppe sind einerseits Antragssteller wie Ladeinfrastrukturbetreiber oder Energieversorgungs- unternehmen, aber auch Sachbearbeiter bei den zuständigen Behörden.
Der zugrundeliegende Leitfaden beschreibt die baurechtliche Relevanz von Ladeinfrastruktur sowie auch die gewerberechtlichen Schritte.

⁵¹ Aus heutiger Sicht werden sich die zukünftigen Ladeleistungen bis 150kW entwickeln. Für den Premiumbereich werden auch zukünftige Ladeleistungen bis 350 kW diskutiert.

7 Umsetzung der theoretischen Grundlagen

Die zuvor erklärten Grundlagen werden auf einem auserwählten Rastplatz zur Problemlösung angewandt. Dabei werden diese theoretischen Modelle mit Grundlagen aus durchgeführter vor Ort Erhebungen sowie technischen Messungen untersucht. Darauf aufbauend werden die gestellten Problemstellungen diskutiert.

7.1 Rastplatz Oberwang

Für die folgenden Erhebungen, sowie Berechnung wird der Rastplatz Oberwang auf der Autobahn A1 in RFB Salzburg bei km 251,1 herangezogen. Dieser eignet sich für die folgenden Untersuchungen gut, da die vorhandene Datengrundlage (Stromverbräuche) ausreichend ist und vergleichbare Werte (über mehrere Jahre) vorliegen. Weiteres können Ergebnisse von diesem Rastplatz, leicht auf weitere Rastplätze umgelegt werden da dieser Rastplatz den weiteren ASFINAG Rastplätzen ähnlich ist.

7.1.1 Bestandsaufnahme

Der Rastplatz Oberwang liegt auf der A1 bei km 251,1 in RFB Salzburg. Er wurde im Jahr 2012 eröffnet. Er besteht neben 59 Lkw- Stellplätzen sowie einem Abstellplatz für Sondertransporte aus sechs Pkw- Stellplätzen. Ausgestattet ist er mit einer Infrastrukturzeile, bestehend aus Damen und Herren WC, einem WC für Menschen mit Behinderung einer Dusche sowie einem Kaffee- und ein Getränkeautomat. Der Rastplatz wird mit Videokameras überwacht und ist an eine Notrufeinrichtung angeschlossen. Eine Photodokumentation befindet sich im Anhang.

Der Rastplatz wird über die regionale Verkehrsmanagementzentrale in Wels⁵² überwacht. Abbildung 25 zeigt das Anlagenbild, welches den Operatoren zur Verfügung steht, um einen Überblick über den Ist Zustand⁵³ des Rastplatzes zu erhalten.

⁵² Hier werden im Schichtbetrieb 24h/Woche sämtliche Bereiche des hochrangigen Straßennetzes von Großraum Oberösterreichs überwacht. Dazu gehören auch die Rastplätze.

⁵³ Wie Alarmierung von Notrufen, Systemmeldungen und Belegungsgrad der Stellplätze (LKW).



Abbildung 24 Rastplatz Oberwang liegt auf der A1 bei km 251,1 in RFB Salzburg (Eigene Darstellung, 2017)

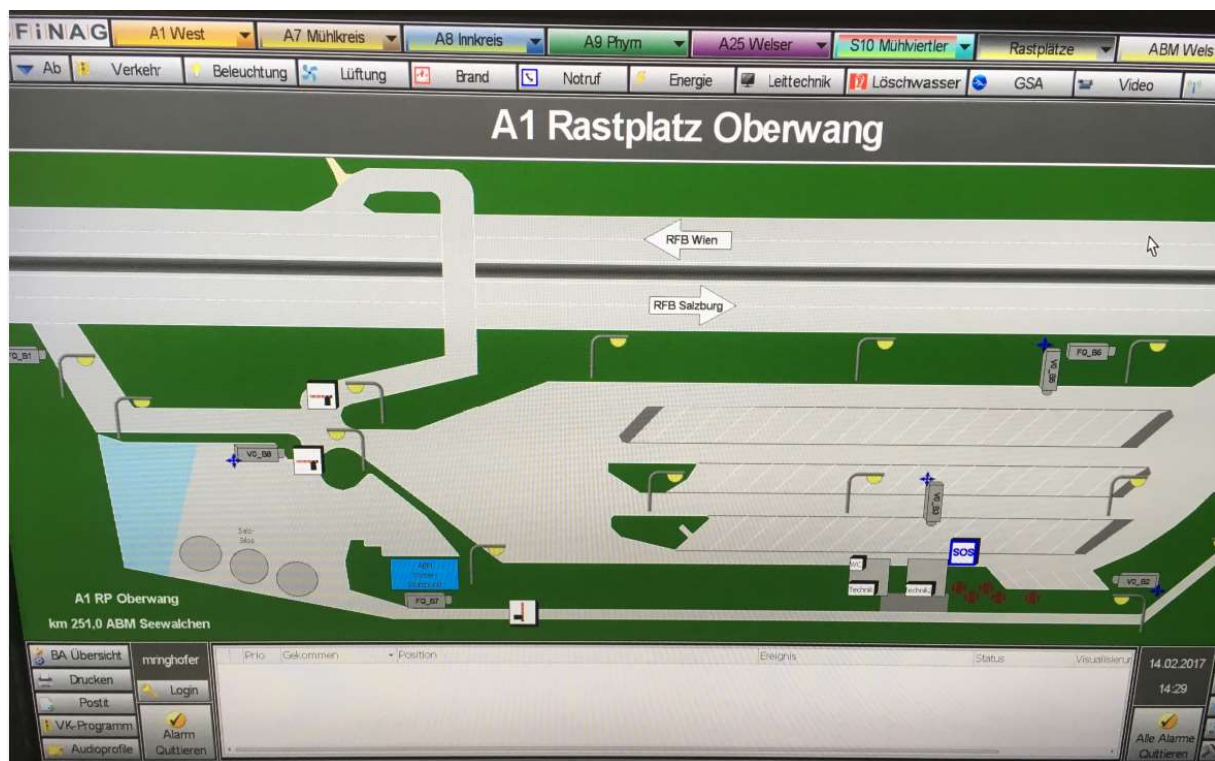


Abbildung 25 Anlagenbild des Rastplatzes Oberwang in der Überwachungszentrale (Eigene Darstellung, 2017)

Abbildung 26 zeigt einen Auszug des Grundrissplanes der Infrastrukturzeile. Der eigentliche Technikraum befindet sich in der Mitte, darum fünf eigene WC Bereiche. Aufgeteilt auf ein Behinderten WC, ein Damen WC, ein Männer WC sowie einer Dusche mit WC.

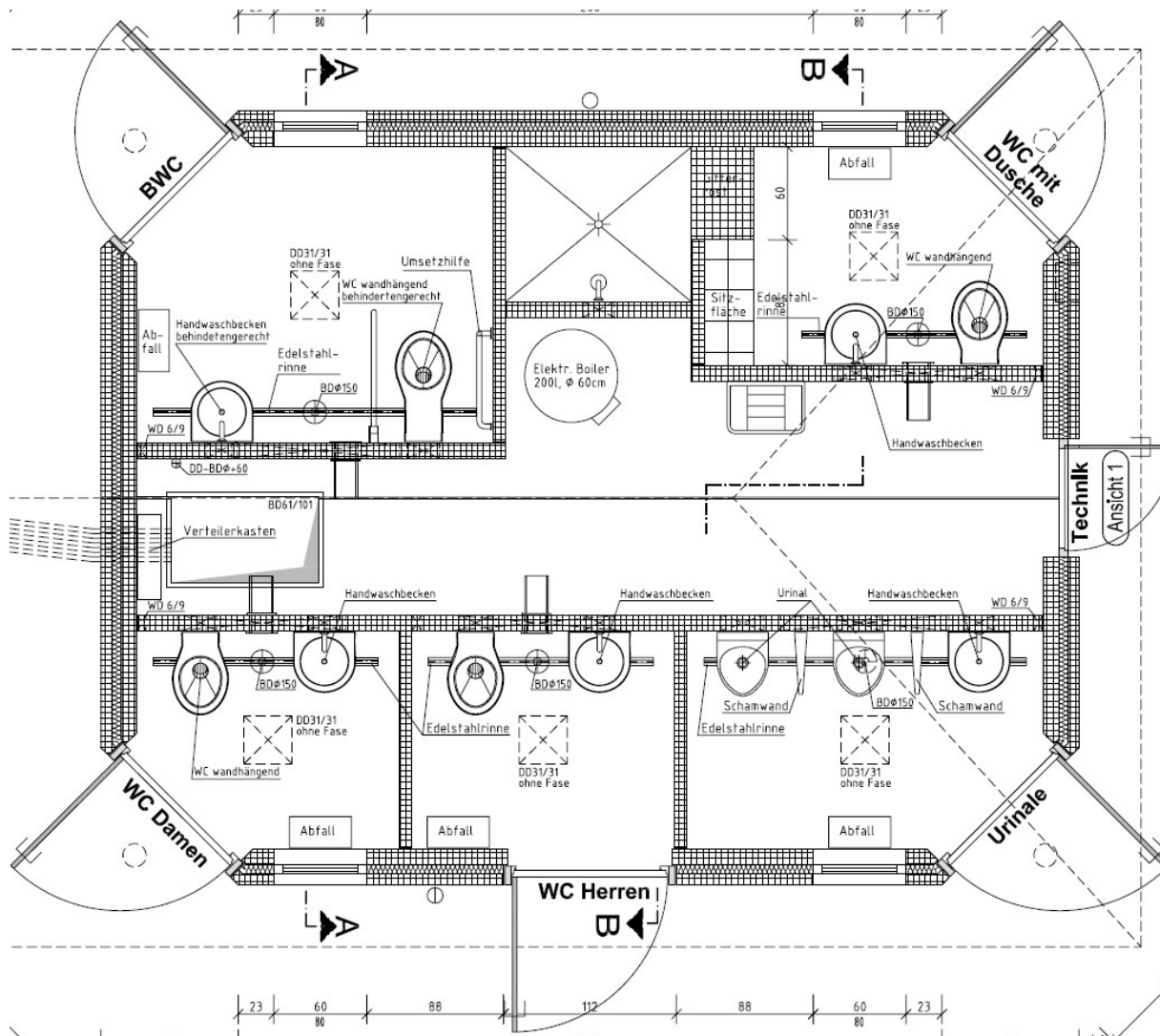


Abbildung 26 RST Oberwang WC- Anlage mit Dusche Grundriss (Auszug) (Grundrissplan Oberwang Infrastruktur, 2011)

7.2 Energiemessung

Um den Stromverbrauch auf diesem Rastplatz erfassen zu können, wurde im Jahr 2013 ein online Verbrauchssystem installiert. Dieses besteht aus mehreren Verbrauchszählern, welche über eine Datenleitung die Informationen in eine Datenbank zyklisch liefern. Abbildung 26 zeigt das Anlagenbild dieser Verbrauchsmessstellen am Rastplatz Oberwang, welches via Internetzugriff zugänglich ist. Die folgenden Energieauswertungen stammen aus dieser Datengrundlage.

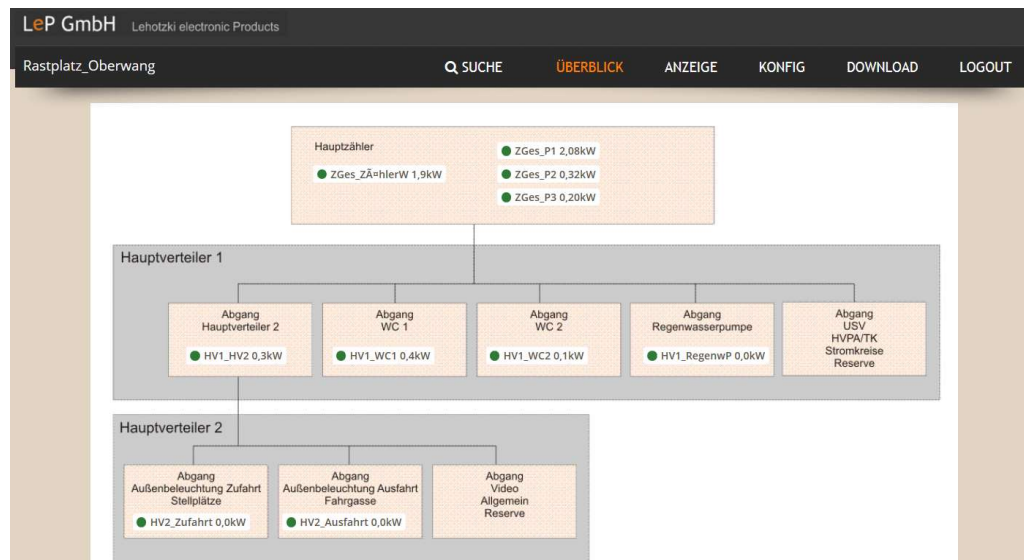


Abbildung 27 RPL Oberwang Messungen Übersicht Anlagenbild (LeP GmbH, 2017)

Die erfassten Daten wurden von in Serie installierten nachgeschalteten Stromzählern erfasst welche in Abbildung 27 schematisch dargestellt sind.

- Hauptzähler (P1)
- HV2 (P2)
- WC1 (P3)
- WC2 (P4)
- Regenwasserpumpe (P6)
- Außenbeleuchtung Zufahrt-Stellplätze (P8)
- Außenbeleuchtung Ausfahrt Fahrgasse (P9)

Ausgehend von dieser taxativen Auflistung ergebenen sich die nachstehenden Verbraucher Gruppen:

- WC1 (P3)
- WC2 (P4)
- Regenwasserpumpe (P6)
- Außenbeleuchtung Zufahrt-Stellplätze (P8)
- Außenbeleuchtung Ausfahrt Fahrgasse (P9)
- USV-HVPA/TK: Bestehend aus USV HV1, Kaffeeautomat, Kaltgetränkeautomat, Sumpfpumpe, Schukosteckdose, Rohrbegleitheizung Kaffeeautomat, Beleuchtung Keller und Lüftung Keller. Der Verbrauch errechnet sich aus der Differenz P1-P2-P3-P4-P6.
- Video/Allgemein: ergibt sich aus der Differenz P1-P2-P3-P4-P6-P8-P9

7.2.1 Aufteilung des Gesamtverbrauches

Gemäß dem Ablauf in Abbildung 28 wird nun vorgegangen um zu ermitteln, ob und wie ein Rastplatz energieautark betrieben werden kann⁵⁴. Als erstes ist das Wissen um den Ist-Verbrauch relevant. Dann werden die zur Verfügung stehenden Flächen ermittelt um daran aufbauend die Berechnungen für den Einsatz der alternativen Energiequellen von Photovoltaik und Windenergie bestimmen zu können.

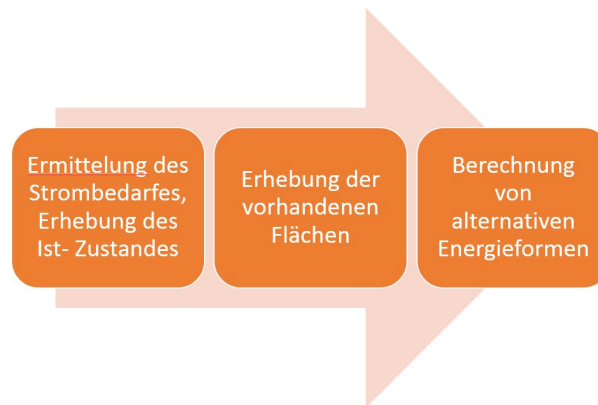


Abbildung 28 Grobablauf der Analyse (Eigene Darstellung, 2017)

Der Gesamtverbrauch der Jahre 2013, 2014 und 2015 ist in Abbildung 29 dargestellt. Vom Mittelwert der drei betrachteten Jahre weicht 2013 um ~4%, 2014 um ~8% und 2015 um ~4 % ab. Der gesamte elektrische Energieverbrauch in den Jahren 2013 und 2014 sind nahezu ident.

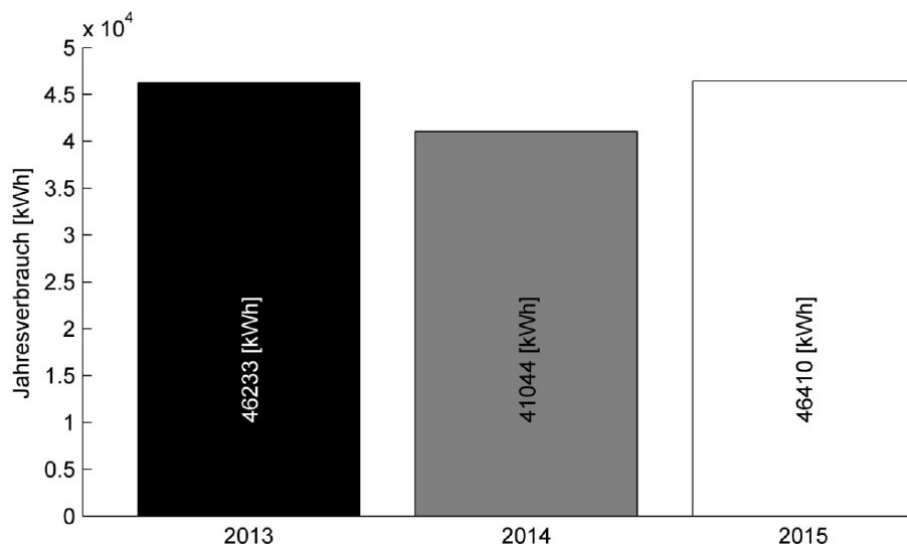


Abbildung 29 Stromverbrauch Gesamtjahresverbrauch (Eigene Darstellungen, 2017)

⁵⁴ Nach DIN EN ISO 50001 ist es auch ratsam die Ergebnisse mit branchenspezifischen Benchmarks zu bewerten bzw. mit Energiekennzahlen zu versehen. Für einen Rastplatz gibt es derzeit keine bestimmte Energiekennzahl, die zur Beurteilung herangezogen werden kann.

Die Abbildung 30 zeigt den jährlichen Verbrauch je Verbrauchergruppe. Das WC2 weist jedes Jahr den höchsten relativen Verbrauch, der im Mittel rund 30 % des Jahresverbrauchs entspricht auf. Der Anteil von WC1 und WC2 am Jahresenergieverbrauch Jahren 2014 und 2015 ist rund 50%. Die Regenwasserpumpe hat im hat 2013 den drei- bzw. vierfachen Anteil am Jahresenergieverbrauch bezogen auf die Jahre 2014 bzw. 2015. Die Verbrauchergruppen Video, Allgemein, Außenbeleuchtung, Zufahrt- Stellplätze und Außenbeleuchtung Ausfahrt zeigen einen nahezu konstanten Anteil am Jahresenergieverbrauch der drei betrachteten Jahre.

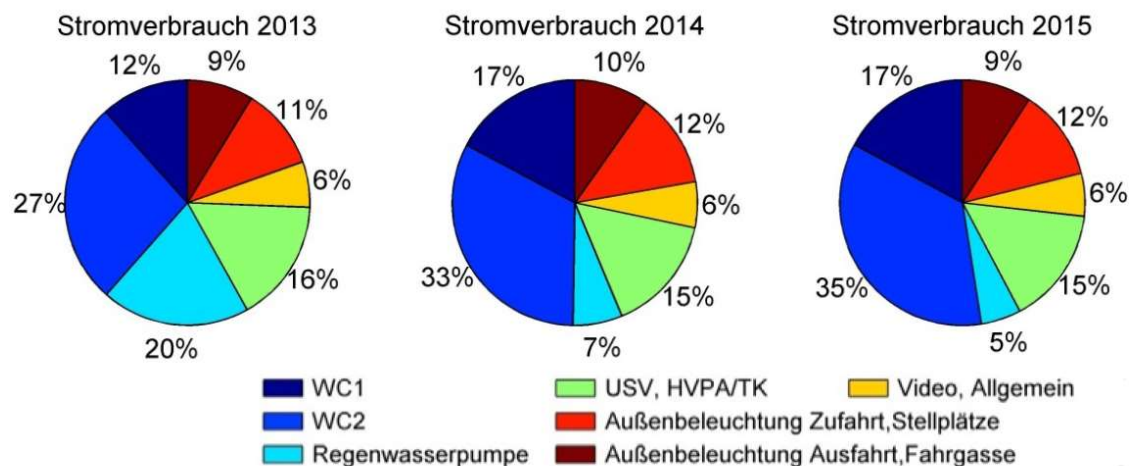


Abbildung 30 Stromverbrauch Gesamtjahresbrauch Aufteilung (Eigene Darstellungen, 2017)

Der Jahresverlauf des elektrischen Energieverbrauchs zeigt grundsätzlich den niedrigen Wert in den Sommermonaten und einen nahezu doppelten Wert in den Wintermonaten und ist in Abbildung 31 dargestellt.

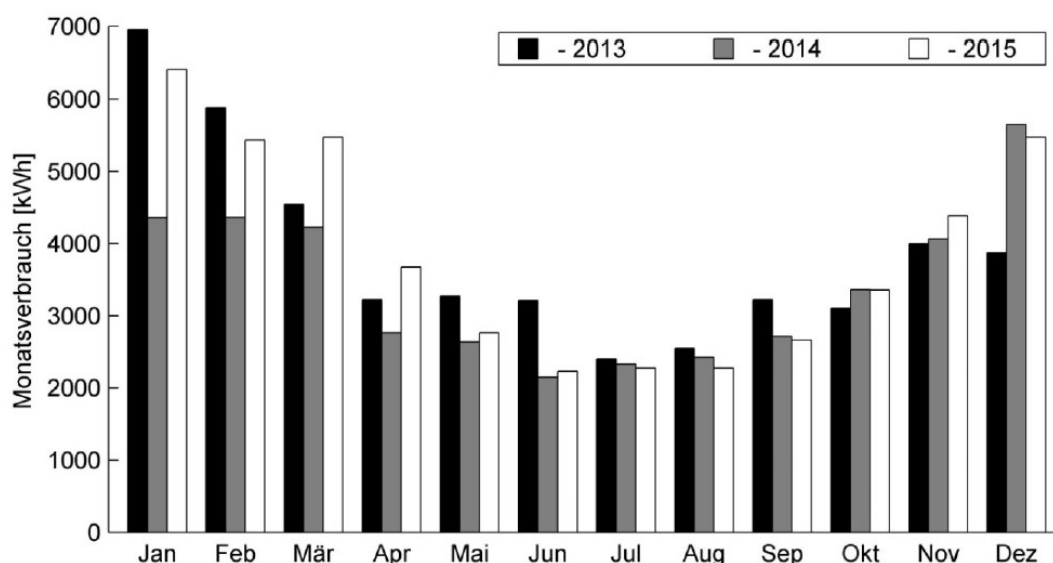


Abbildung 31 Stromverbrauch Jahresverlauf (Eigene Darstellungen, 2017)

Demzufolge gibt es eine Verknüpfung zwischen der Einstrahlung (Helligkeit, Temperatur) und dem daraus resultierten Energiebedarf, vergleiche Kapitel 6. Ebenso kann man feststellen, dass in den Monaten Juli, August, Oktober und November die jährlichen Abweichungen im Juli und August relativ gesehen gering sind.

Die Verteilung der Verbrauchergruppen je Monat für das Jahr 2015 wurde in Abbildung 31 durchgeführt. Man erkennt, dass die Verbrauchergruppen WC1, WC2 sowie die Regenwasserpumpe den jeweils größten Anteil des monatsbezogenen Energiebedarfs haben. Zudem sind signifikante monatliche Schwankungen dieser Verbrauchergruppen zu sehen.

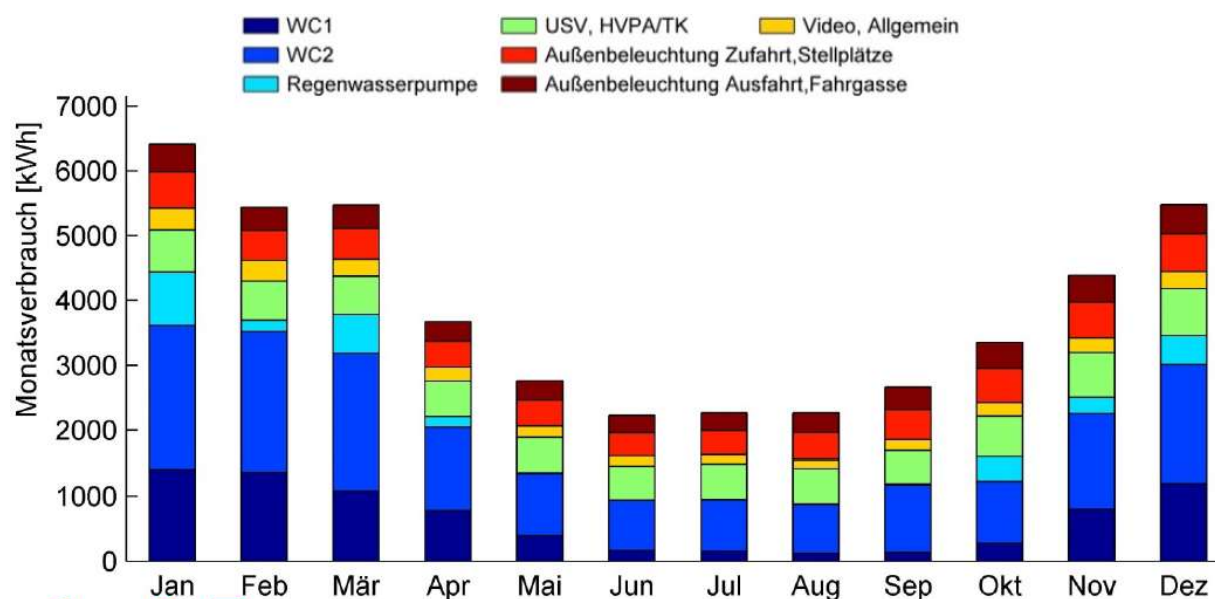


Abbildung 32 Stromverbrauch Monatsverteilung – Verbrauchergruppen 2015 (Eigene Darstellungen, 2017)

7.3 Energieformen

In den folgenden Kapiteln wird versucht, aufbauend auf den theoretischen Grundlagen des Kapitels 6 die sinnvoll möglichen alternativen Technologien für eine alternative Energieerzeugung auf diesem Rastplatz in Anwendung zu bringen.

7.3.1 Nutzung der Solarstrahlung

Ein Rastplatz eignet sich sehr gut für einen Einsatz der Photovoltaikenergie. Es sind ausreichende Fläche vorhanden, teilweise müssen diese über den Flächen für das Abstellen der Fahrzeuge überdacht werden. Darauf können dann die PV- Module errichtet werden. Zukünftig ist anzudenken, bei der Planung neuer Standorte mehr Grund einzulösen um dort weitere Flächen für die Errichtung von Modulen zu haben.

7.3.2 Nutzung der Windenergie

Das Aufstellen von Windrädern ist bislang am hochrangigen Straßennetz nicht durchgeführt worden. Ein Grund sind Bedenken zu diesen Generatoren hinsichtlich der Lärmemissionen⁵⁵ sowie des Erscheinungsbildes. Es soll daher in einem ersten Schritt versucht werden, auf freien Flächen zwei kleine Windräder zu situieren. Darauf ist zu achten, dass dadurch weiterhin genug Fläche zum Verweilen oder zum Spielen von Kindern gegeben ist. Ebenso dürfen keine Gefahren von diesen Anlagen ausgehen. Daher werden diese im Konzept vollständig eingezäunt.

7.3.3 Nutzung der Wasserkraft

Die Nutzung von Wasserkraft erfordert das Vorhandensein eines Flusses um den Wassergenerator betreiben zu können. Da Rastplätze insbesondere aufgrund der geltenden Regelwerke möglichst nicht in sensible Bereiche der Natur geplant und errichtet werden, fällt diese Energieerzeugung für einen Rastplatz weg.

7.3.4 Nutzung der Biomasse

Es ist vorstellbar die bei der Pflege der Autobahn gewonnenen biologischen Reste für den Betrieb einer Biomasseanlage zu verwenden. Jedoch liegen hier Herausforderungen bei der regelmäßigen Wartung und Befüllung solcher Systeme. Weiteres kommen Anrainerbeschwerden wegen der Abgase, womöglich auch des Lärmes hinzu. Ein sensibles Thema bei der Planung von Rastplätzen. Hier erscheint es sinnvoller die vorhandene Biomasse an Autobahnmeistereien oder Bürostandorten einer Stromenergiegewinnung zuzuführen.

7.3.5 Nutzung der Geothermie

Die Nutzung einer womöglich vorhandenen Geothermiequelle, stellt eine gute Möglichkeit dar, einen Rastplatz betreiben zu können. Jedoch ist das Vorkommen dieser Quellen stark standortabhängig. Es wäre jedoch anzudenken, bei der Standortauswahl zukünftiger Rastplätze auf dieses Energiepotential Rücksicht zu nehmen. Es wird hier nicht davon ausgegangen, dass der Standort Oberwang diese Quelle nutzen kann.

⁵⁵ Wie auch dem Infraschall.

7.3.6 Nutzung der Piezoelektrik

Es konnten keine ausreichenden Quellen gefunden werden, welche nähere Informationen zu dieser relativ neuen Möglichkeit, ausreichend Strom entlang der Straße zu gewinnen, geben. Die Energiedichte dieser Piezoelektrik ist gering, somit muss der durch die Fahrzeuge auf der Straße gewonnene Strom über weite Strecken transportiert werden. Energieverluste für diesen Transport sowie hohe Anschlusskosten für die Anspeisung eines Rastplatzes, sind hier als nachteilig anzusehen. Weiteres ist davon auszugehen, dass die Haltbarkeit des Oberbaues der Asphaltdecke durch Bewegungen der Kristalle reduziert wird. Schäden auf der Asphaltdecke haben wiederum einen Einfluss auf den Wirkungsgrad der Piezoelektrik, welcher dadurch (weiter) reduziert wird. Daher ist ein Einsatz dieser Technologie für einen Rastplatz nicht vorgesehen.

7.3.7 Nutzung eines thermoelektrischer Generators

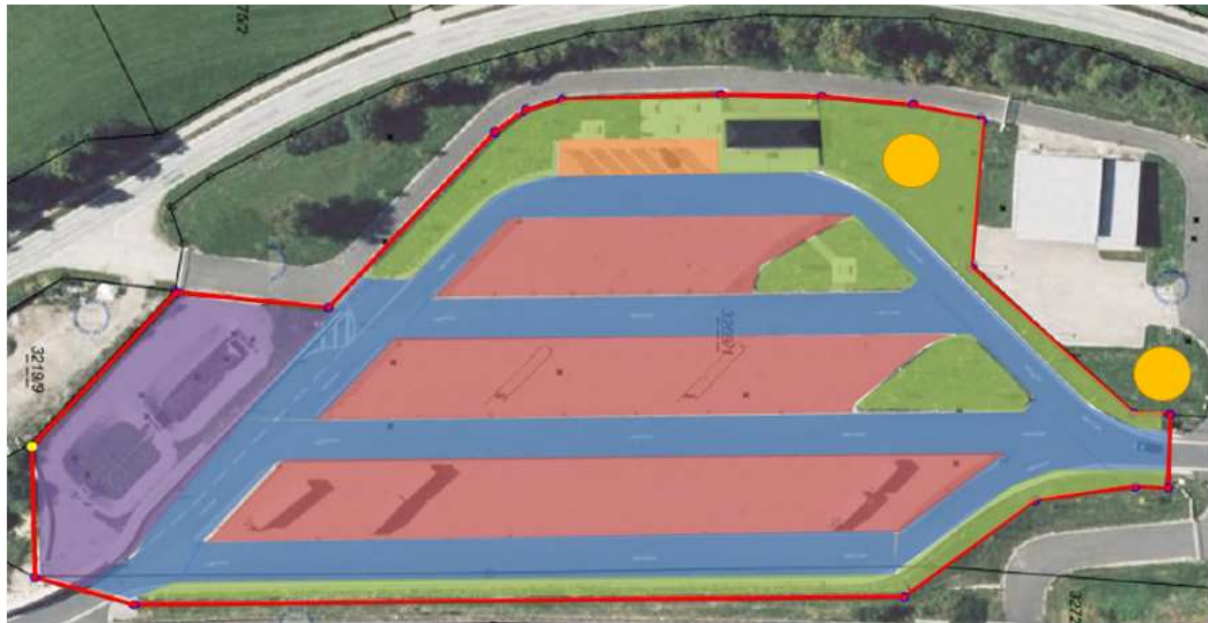
Diese Technik weist einen geringen Wirkungsgrad auf und die erforderlichen Temperaturunterschiede von Wärmezufuhr- und abfuhr sind insbesondere über einen Jahresverlauf nicht gegeben. Somit kann ein thermoelektrischer Generator für die Versorgung eines Rastplatzes nicht angedacht werden. Man kann jedoch andenken, die Erzeugung von Wärme dadurch sicherzustellen, dann bleibt aber noch die Herausforderung der dann fehlenden Stromgewinnung.

7.4 Betrachtung von alternativen Energieformen

Aufgrund der oben dargestellten Möglichkeiten resultiert ein sinnvoller Einsatz von Photovoltaik und Windenergie. Bei alle weiteren im Kapitel 6 aufgezeigten alternativen Energieformen überwiegen die Nachteile, sodass ein Einsatz nicht empfohlen werden kann.

Aufgrund des nun bekannten Wissens, über den tatsächlichen Energiebedarf des Rastplatzes, wird aufbauend auf den theoretischen Grundlagen von Kapitel 6, versucht die in Frage kommenden alternativen Energieformen für Photovoltaik und Windenergie am Rastplatz vorzusehen.

Dazu ist zuerst der vorhandene Flächenraum zu ermitteln. Hierzu wurde ein Orthofoto (Abbildung 33) des Rastplatzes als Grundlage genommen, sowie ein Bestandplan des Rastplatzes für die Ermittlung der Flächen. Blau wurden die Straßen Bereiche markiert, rot jene der Stellflächen, grün die vorhandenen Grünflächen, orange die Infrastrukturzeile und violett die Gewässerschutzanlage.



 Windradstandort

Abbildung 33 Flächenmanagement am Bestand für alternative Energieträger (Eigene Darstellungen, 2017)

Daraus wurden die maximal möglichen und vorhandenen Flächen ermittelt⁵⁶, siehe Tabelle 10.

Kategorie	Geschätzte Fläche [m ²]
Fahrgasse	5520
LKW Stellplätze	5240
PKW Stellplätze	250
Freifläche	4730
Gebäude	110
Abwasserlagune	1530
Gesamt	17380

Tabelle 10 Grundlage für die verwendbaren Bereiche und deren Flächen (Eigene Darstellungen, 2017)

7.5 Berechnungen

Im Zuge der Konzeptentwicklung sollen Ansätze durch Berechnungen ermittelt werden, welche den bestehenden Rastplatz Oberwang energieautarker werden lassen sollen. Im Anschluss daran wird der Schwerpunkt auf die Implementierung von erneuerbaren

⁵⁶ Grundlage bildeten hierfür die Bestandspläne des Rastplatzes.

Energieträgern gelegt. Die zugrundeliegenden Formeln⁵⁷ wurden mittels eines Excel Sheets berechnet und die Ergebnisse in diese Arbeit übertragen.

7.6 Modellierung des smarten Systems

Um Maßnahmen und deren Auswirkungen abschätzen zu können, wird ein Modell aufgestellt, das im Wesentlichen auf Grundlage eines Flächen- Modells⁵⁸ und elektrischen Modellen⁵⁹ für Photovoltaik und Windkraft sowie eines Last- Modells⁶⁰ basiert.

Dazu wird für beide Modelle die jeweils ausführliche Formel vorgestellt und deren Formelparameter werden beschrieben. Die eigentliche Berechnung basiert auf einem vereinfachten Modell. Hierzu wurde ein Excel File erstellt. In diesem wurde für jede Stunde eines Referenzjahres (somit 8760 Stunden) eine Zeile erstellt, dessen Aufbau Abbildung 34 zeigt. Hier sind bereits die Rechenergebnisse je Zeile enthalten, der Aufbau wird nun in den folgenden Kapiteln beschrieben.

Lastprofil	Einstrahlung in Modulebene	Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe	Leistung PV	Leistung Wind	Monat
7534 W	0,0 W/m ²	1,0 m/s	0 W	0 W	Jänner
5779 W	14,8 W/m ²	1,1 m/s	128 W	0 W	Januar
5102 W	45,8 W/m ²	0,9 m/s	397 W	0 W	Januar
4885 W	84,9 W/m ²	0,4 m/s	736 W	0 W	Januar
4503 W	93,5 W/m ²	0,8 m/s	811 W	0 W	Januar
4506 W	98,0 W/m ²	1,3 m/s	850 W	0 W	Januar
4781 W	69,8 W/m ²	1,0 m/s	605 W	0 W	Januar
4433 W	50,8 W/m ²	1,4 m/s	440 W	0 W	Januar

Abbildung 34 Aufbau der Excelliste Reiter Rohdaten- Berechnungen (Eigene Darstellung, 2017)

- Die Spalte „Lastprofil“ zeigt den gemessenen Stromverbrauch im Mittelwert aus den Profilen der Jahre 2013, 2014 und 2015.
- Jene beiden Spalten „Einstrahlung in Modulebene“ sowie „Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe“ wurden angenommen und dynamisch verteilt über das Vergleichsjahr eingetragen. Hierbei wurde berücksichtigt, dass zu Zeiten ohne Sonneneinstrahlung, keine solare Einstrahlung in die Module vorkommt.
- Die Spalte „Leistung PV“ und „Leistung Wind“ geben die ermittelten Werte aus.
- Die letzte Spalte verweist auf den berechneten Monat.

⁵⁷ Es gibt unterschiedliche Rechenansätze in der Literatur, die hiergewählten wurden aufgrund von gefundenen analogen Beispielen herangezogen.

⁵⁸ wie viele Flächen habe ich zur Verfügung.

⁵⁹ Wie viel Leistung an elektrischer Energie kann ich erhalten.

⁶⁰ Wie viel Leistung benötigen meine Verbraucher, somit der gesamte Rastplatz.

7.6.1 Last- Modell

Die Last setzt sich wie in Kapitel 7.2. dargestellt aus unterschiedlichen Verbrauchern zusammen. Ausgehend von dieser vorhandenen Datenbasis wird ein durchschnittliches jährliches Lastprofil aus den Jahren 2013, 2014 und 2015 erstellt. Der Verlauf dieser mittleren Lasten wird in Abbildung 34 dargestellt.

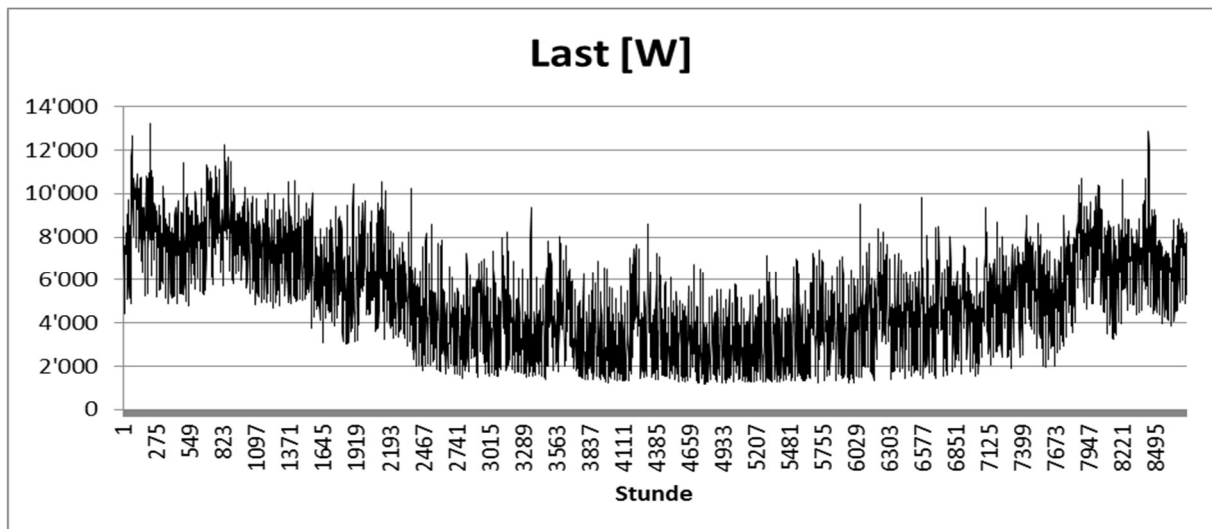


Abbildung 35 Verlauf Lastprofil RST Oberwang (Eigene Darstellungen, 2017)

7.6.2 Flächen- Modell

Erneuerbare Energieerzeuger wie die Photovoltaik benötigen einen ausreichenden Flächenbedarf, auf denen diese installiert werden können. Die Flächen wurden für die leichtere Zuordnung in verschiedene Flächen (Abbildung 33) eingeteilt. Bereiche wie die der Raum über den Fahrzeug- Stellflächen der PKW (Carportfunktion) und die Infrastrukturzeile können für die Montage von Photovoltaikmodulen gut genutzt werden. Bereiche wie jener für die Wasseraufbereitung, die allgemeinen Freiflächen (Spielplatz) und der eigentliche Fahrweg als auch der Bereich der LKW- Stellflächen sind hier nicht verwendbar⁶¹. Damit ergibt sich eine theoretisch nutzbare Fläche zur Montage von Photovoltaikmodulen von rd. 360 m².

7.6.3 Photovoltaik- Modell

Die erzeugte Leistung durch eine Photovoltaik Anlage ist (vergleich auch Kapitel 6.4.2.) grundsätzlich abhängig von der Größe der Anlage, der Einstrahlung auf Photovoltaikmodul-Ebene, der Temperatur der Photovoltaik- Module, dem altersbedingten Leistungsverhalten sowie weiterer Systemverluste. Diese Parameter werden in den Formel 1 und 2 berücksichtigt.

⁶¹ Insbesondere um eine ausreichende Beleuchtung und Einsehbarkeit sicherstellen zu können, somit soll nicht der gesamte Rastplatz abgedeckt werden.

$$P_{PV}(t) = P_{STC} \cdot \frac{G_{PV_Ebene}(t)}{G_{STC}} \cdot (1 + \gamma \cdot (T_{PV}(t) - T_{STC})) \cdot \eta_{System} \cdot (1 - \varepsilon_{Alt})$$

$$G_{PV_Ebene}(t) = \frac{G_{horizontal}(t) \cdot \sin(\alpha(t) + \beta)}{\sin(\alpha(t))}$$

$$T_{PV}(t) = T_{Luft}(t) + \tau \cdot G_{PV_Ebene}(t)$$

$$\varepsilon_{Alt} = 0.03 + 0.007 \cdot Jahre$$

Formel 1: Ermittlung Photovoltaik Leistung

$$\eta_{System} = \eta_{WR} \cdot (1 - \varepsilon_{MM}) \cdot (1 - \varepsilon_{EL}) \cdot (1 - \varepsilon_{Schmutz}) \approx 0.8 - 0.9$$

Formel 2: Ermittlung Photovoltaik System

Die darin vorkommenden Parameter sind:

$P_{PV}(t)$	Erzeugte Leistung der Photovoltaik- Anlage am Ausgang des Wechselrichters
P_{STC}	Nennleistung der Photovoltaik-Module
$G_{PV_Ebene}(t)$	Einstrahlungsleistung auf die Photovoltaik- Module
G_{STC}	Einstrahlungsleistung bei Standard Test Bedingungen
γ	Temperaturkonstante der Leistung
$T_{PV}(t)$	Temperatur des Photovoltaik- Moduls aufgrund des Standortes gemittelt
T_{STC}	Temperatur des Photovoltaik- Moduls bei Standard Test Bedingungen
η_{system}	Systemwirkungsgrad
ε_{Alt}	Alterungsverluste
$G_{Horizontal}(t)$	Einstrahlungsleistung auf horizontaler Ebene
$\alpha(t)$	Sonnenwinkel
β	Neigung des Photovoltaik- Moduls
$T_{Luft}(t)$	Lufttemperatur
τ	Erwärmungskoeffizient des Photovoltaik- Moduls
η_{WR}	Wechselrichter- Effizienz
ε_{MM}	Mismatch Verluste ⁶² der Photovoltaik- Module
ε_{EL}	Weitere elektrische Verluste
$\varepsilon_{Schmutz}$	Verluste durch Verschmutzung

⁶² Fotovoltaik- Module werden in Reihe geschaltet, hierbei entstehen aufgrund der unterschiedlichen Leistungsvermögen von einzelnen Photovoltaikmodulen Verluste.

7.6.4 Vereinfachtes Photovoltaik- Modell

Da diese Werte aus der Formel 1 und 2 für den Betrachtungszeitraum von mehreren Jahren (2013 – 2015, vergl. die vorhandenen IST- Werte) nicht vorliegen, wird bei der Berechnung der solaren Stromgewinnung folgender Ansatz gewählt⁶³:

- Bei der Ermittlung der Jahresenergie wird eine Verfügbarkeit der Gesamtanlage von 100% angenommen. Die Verfügbarkeit basiert auf Annahmen von geplanten sowie erforderlichen Reparaturen und Wartungen, wie sie zurzeit dem Stand der Technik entsprechen.⁶⁴
- Sämtliche PV- Module haben eine Orientierung in die Himmelsrichtung Süden sowie eine Neigung von 35°.
- Die Abhängigkeit von der Temperatur und des Sonnenspektrums wird außer Acht gelassen.
- Die Leistung ist direkt von der Einstrahlung abhängig, diese Werte wurden angenommen⁶⁵

Somit wird die erzielbare Leistung wie folgt bestimmt.

erzielbare Leistung = Verfügbare Fläche x Abmessung Photovoltaik Modul

Formel 3: Ermittlung erzielbare Leistung Photovoltaik

Die darin vorkommenden Parameter sind:

- Verfügbare Fläche:

Diese wird durch die zur Verfügung gestellte Fläche bestimmt und wurde in Kapitel 7.4. ermittelt und mit 360 m² bestimmt, siehe auch Tabelle 11.

- Abmessung Photovoltaik Modul:

Ein durchschnittliches Photovoltaikmodul hat eine Leistung von 250 W und Abmessungen von 1,7 m Länge und 1 m Breite. Somit ergibt sich für ein Modul ein Flächenbedarf von 1,7 m².

⁶³ Die detaillierten Berechnungsergebnisse befinden sich im Anhang.

⁶⁴ Allgemein arbeiten die Systeme der ASFINAG mit Verfügbarkeiten von > 98%. Zum Teil werden diese vertraglich mit den Errichter Auftragnehmer geregelt und bei nicht Erreichen sind Pönale Zahlungen fällig. Der hier gewählte Wert ist somit ein rein theoretischer Wert.

⁶⁵ und in der Berechnungstabelle in der Spalte B (Einstrahlung in Modulebene) angegeben. Hierbei wurde auf Tabellen durchschnittlicher Erfahrungswerte zurückgegriffen.

Als Ergebnis ergibt sich die Ermittlung der max. möglichen Photovoltaikleistung von 50.000 Wh, das entspricht der Anzahl von 200 PV- Modulen⁶⁶. Abgemindert wird diese Leistung durch einen Systemwirkungsgrad der global mit 85%⁶⁷ festgelegt wird.

Photovoltaik	
Installierte Leistung [Wp]	50'000
Systemwirkungsgrad [1]	85%

Photovoltaik erzielbare max. Leistung	
Installierte Leistung [m ²]	212
Verfügbare Fläche [m ²]	360
Modulanzahl [1]	200

Tabelle 11 Bestimmung erzielbare max. Leistung der PV

Die Berechnung erfolgt im Excel File je Stunde nach folgender Formel:

$$\text{Leistung Photovoltaik: } \frac{\text{Einstrahlung in Modulebene}}{1000} \times \text{Wirkungsgrad}$$

Formel 3: Leistung Photovoltaik

Ergebnisse können als Überblick aus der Abbildung 34 genommen werden, oder als monatliches Endergebnis weiter unten.

7.6.5 Windkraft- Modell

Die erzeugte Leistung durch Windkraft ist abhängig von der Windleistung, der Windrad-Effizienz und Wechselrichtereffizienz. Die Windleistung ergibt sich aus der Luftdichte, der Fläche des Rotors und der Windgeschwindigkeit, wobei der relative Luftdruck wiederum abhängig vom absoluten Luftdruck und der Lufttemperatur ist.

$$P_{Windrad}(t) = P_{Wind}(t) \cdot \eta_{Windrad} \cdot \eta_{WR}$$

$$P_{Wind}(t) = \frac{\rho(t) \cdot S \cdot v(t)^3}{2}$$

$$\rho(t) = \frac{d(t)}{r \cdot T(t)}$$

Formel 4: Modell Windkraft System

Die darin vorkommenden Parameter sind:

$P_{Windrad}(t)$ Erzeugte Leistung durch Windkraftrad hinter dem Wechselrichter

⁶⁶ Aufgrund erforderlicher Manipulationsflächen wurde die maximale PV- Modulanzahl auf diesen Wert reduziert.

⁶⁷ Dieser Wert ist konservativ angenommen.

$P_{Wind}(t)$	Windleistung
$\eta_{Windrad}$	Windrad- Effizienz
η_{WR}	Wechselrichter- Effizienz
$\rho(t)$	Luftsdichte am Aufstellungsort
S	Windrad Fläche
$v(t)$	Windgeschwindigkeit
$d(t)$	Absoluter Luftdruck am Aufstellungsort
r	Spezifische Gaskonstante für trockene Luft ($287.057978 \frac{J}{kg \cdot K}$)
$T(t)$	Absolute Lufttemperatur

7.6.6 Vereinfachtes Windkraft- Modell

Analog zu der vorhergehenden Photovoltaik Berechnung kommt auch hier ein vereinfachtes Modell zum Einsatz. Hersteller von Kleinwindkraft- Anlagen im Leistungsbereich bis 100 kW stellen Leistungskurven (siehe Tabelle 12⁶⁸) bereit, die die Leistungsabgabe des Windrades in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit zeigen. In Folge dessen wird das Modell zur Ermittlung der Windleistung ausschließlich auf der Windgeschwindigkeit aufgebaut, die frei gewählt⁶⁹ wurden. Es wird angenommen, dass diese Windgeschwindigkeiten auf Höhe der Windkraft- Anlage auftreten. Ebenso finden hier keine kinetischen Energieberechnungen statt.

Windkraft	
Anzahl der Windkrafträder	2
Windgeschwindigkeit	Leistung
0 m/s	0 W
3 m/s	110 W
5 m/s	200 W
7 m/s	265 W
11,4 m/s	500 W

Tabelle 12 Leistungskurve Windrad (Eigene Darstellung, 2017)

Mit Hilfe des Excel Tools (siehe Anhang) wird aufbauend auf der Tabelle 12 und den angenommen Windgeschwindigkeiten über die Verweisfunktion die jeweils nähere Windgeschwindigkeit angenommen und die dazugehörige Leistung ermittelt. Dieser Wert wird mit 2 multipliziert, da 2 Windräder zum Einsatz kommen.

Die Ergebnisse können als Überblick aus der Abbildung 34 genommen werden, oder als monatliches Endergebnis weiter unten.

⁶⁸ Hier wurden mehrere verschiedene Hersteller in einer Tabelle gemittelt.

⁶⁹ Aber typisch für diese Region sowie in Österreich im Allgemeinen sind.

7.6.7 Ergebnisse

Mittels einer Pivot Tabelle (siehe Tabelle 13 unten) werden nun die Ergebnisse je Monat dargestellt. Hierbei werden die jeweiligen Stundenwerte auf die zugehörigen Monate summiert. Die Summe des gemittelten Lastprofils der Jahre 2013, 2014 und 2015 gibt den gemessenen Stromverbrauch je Monat aus. Darunter folgen die berechneten Stromerzeugungen von Wind und PV. Bei den Rohdaten werden die jeweiligen Stundenwerte aufsummiert, diese werden zum Abschluss mit einer Stunde multipliziert, damit kommt man auf die erzeugte Energie. Alle Werte sind in Wh angegeben.

Zeitraum	[Wattstunden]
Zeilenbeschriftungen	
April	
Summe von Lastprofil	3'093'208
Summe von Leistung Wind	40'970
Summe von Leistung PV	4'417'303
August	
Summe von Lastprofil	2'455'807
Summe von Leistung Wind	26'630
Summe von Leistung PV	5'171'970
Dezember	
Summe von Lastprofil	4'786'898
Summe von Leistung Wind	45'270
Summe von Leistung PV	849'404
Februar	
Summe von Lastprofil	5'371'344
Summe von Leistung Wind	42'690
Summe von Leistung PV	1'757'784
Jänner	
Summe von Lastprofil	46'099
Summe von Leistung Wind	0
Summe von Leistung PV	0
Januar	
Summe von Lastprofil	5'891'743
Summe von Leistung Wind	74'120
Summe von Leistung PV	938'032
Juli	
Summe von Lastprofil	2'281'100
Summe von Leistung Wind	25'450
Summe von Leistung PV	5'874'526
Juni	
Summe von Lastprofil	2'490'326
Summe von Leistung Wind	23'160
Summe von Leistung PV	5'032'937
Mai	

Summe von Lastprofil	2'938'467
Summe von Leistung Wind	53'220
Summe von Leistung PV	5'121'122
März	
Summe von Lastprofil	4'715'521
Summe von Leistung Wind	74'570
Summe von Leistung PV	3'402'775
November	
Summe von Lastprofil	4'316'572
Summe von Leistung Wind	43'700
Summe von Leistung PV	1'092'897
Oktober	
Summe von Lastprofil	3'289'873
Summe von Leistung Wind	16'180
Summe von Leistung PV	2'066'415
September	
Summe von Lastprofil	2'886'730
Summe von Leistung Wind	15'760
Summe von Leistung PV	3'435'739
Gesamt: Summe von Lastprofil	44'563'688
Gesamt: Summe von Leistung	
Wind	481'720
Gesamt: Summe von Leistung PV	39'160'905

Tabelle 13 Pivot Tabelle je Monate Gesamtergebnis - alle Werte in Wh. (Eigene Darstellung, 2017)

Das Gesamtergebnis zeigt, dass der Rastplatz rd. 45 MWh Strom je Jahr benötigt. Davon können rd. 39 MWh mit alternativer Energie erzeugt werden. Es ist andenkbar, die Fläche der Photovoltaik zu vergrößern und so auch über den Fahrweg als auch der LKW- Stellplätze Module zu verbauen. Ebenso können mehrere Windräder installiert werden. Die gesamte benötigte Stromenergie für diesen Rastplatz kann mit weiteren Modulen oder Windrädern mit dem derzeitigen Lastprofil über alternative Energieformen gewonnen werden. Um hier kostengünstiger vorzugehen, gilt es Rahmenbedingungen und Möglichkeiten zu schaffen, einen Rastplatz energieeffizienter zu bauen und zu betreiben. Somit wird auch weniger Selbsterzeugung erforderlich.

7.6.7.1 Grobüberprüfung der Berechnungsmethoden für den Photovoltaikstromertrag

Mit den folgenden Angaben wird nun der gerechnete Photovoltaikstromertrag überschlagsmassig auf dessen Richtigkeit überprüft:

- Allgemein scheinen in Österreich grob 1.000 Sonnenstunden.
- Ein PV- Modul hat eine Leistung von 250W und benötigt 1,7 m² Fläche.
- Somit erzeugt es 147 W/ m² Fläche

- Die zur Verfügung stehende Fläche beträgt 360 m², somit liegt die maximale Stromerzeugung bei rd. 53 MWh.

Somit kann die über ein gemitteltes Jahr verteilte Berechnung auf Stundenbasis der PV-Anlage von 39,161 MWh als gültiges Ergebnis angesehen werden.

7.6.8 Kostenbetrachtung

Aufbauend auf der ermittelten maximalen erzielbaren Stromgewinnung unter Verwendung der beiden gewählten alternativen Energieformen der Photovoltaik sowie der Windenergie, werden zum Abschluss die Errichtungskosten dieser beiden Systeme ermittelt und berechnet. Aufbauend auf dieser Investitionskostenrechnung wird die Amortisationsdauer berechnet. Diese Berechnungen stellen den derzeitigen Stand an Planungs-, Errichtung sowie der Stromvergütungskosten dar.

7.6.8.1 Investitionskostenrechnung Photovoltaik

Die zur Verfügung stehenden Flächen für die Installation der erforderlichen Photovoltaikmodule auf dem Rastplatz wurden in Kapitel 7.6.4. bestimmt. Darauf aufbauend werden nun die wesentlichen Errichtungskosten mit dessen Einheitspreisen erstellt. Tabelle 14 gibt einen Überblick über diese Zusammensetzung.

Errichtungskosten in n€	Stück	Kosten	Total	Anmerkung
Lieferung und Montage PV- Module a 250W	200	230	46'000	Vergleichsangebot
Aufständigung je Stellplatz inkl. Fundamentarbeiten	180	138	24'840	Schätzkosten
Wechselrichter inkl. Systemverkabelung	15	2'500	37'500	Erfahrungswert
Montage und Sonstiges - Pauschal	1	3'000	3'000	Schätzkosten
Behördenwege und Dokumentation	1	2'000	2'000	Erfahrungswert
Unvorhersehbares	1	3'000	3'000	Annahme
Gesamt			116'340	

Tabelle 14 Kostenschätzung PV RST Oberwang (Eigene Darstellung, 2017)

In Summe ist die Lieferung und Montage von 200 PV- Modulen erforderlich. Da die Flächen zum größten Teil über den vorhandenen PKW- Stellflächen liegen, ist eine Aufständigung erforderlich. So können die Fahrzeuge weiterhin die Parkmöglichkeit nutzen. Darüber befinden sich ähnlich wie bei einem Carport die PV- Module. Der Preis der PV- Module wurde von Vergleichsangeboten angenommen. Es kommen 15 PV- Strings⁷⁰ zum Einsatz, welche an 15 Wechselrichter angeschlossen werden. Als weitere Investition ist die allgemeine Verkabelung sowie Inbetriebnahme der Anlage vorgesehen. Dazu kommen Aufwendungen für

⁷⁰ Der Vorteil von mehreren Strings liegt darin, dass bei Beschattung oder Ausfall eines Strings, der weitere Wechselrichter (mit dessen String) uneingeschränkt arbeiten kann.

die Dokumentation sowie der erforderlichen Behördenwege inkl. der dazu erforderlichen Erstellung von Unterlagen. Mögliche unvorhergesehene Kosten⁷¹ werden in der Investitionskostenrechnung pauschal berücksichtigt. Daraus ergeben sich Investitionskosten von rd. 116.340 € netto für die PV- Anlage am Rastplatz.

Grob überprüft ergibt sich ein 1MWh peak Preis (Gesamtkosten durch Gesamtleistung) von rd. 2.300 €, ohne Berücksichtigung der Position „Unvorhergesehenes“.

Dieser Kostenansatz wird nun um die für den Bau der PV- Anlage benötigten weiteren Kosten ergänzt. So fallen neben den eigentlichen Baukosten, Kosten für die Planung der Anlage als auch für die Überwachung der ordnungsgemäßen Bauarbeiten an. Dazu kommen interne Aufwände und pauschal angenommene unvorhergesehene Kosten⁷², wie in Tabelle 15 dargestellt wird.

Gesamtkosten in n€	Total	Anmerkung
Baukosten	116'340	
Planung	2'327	2 % der Baukosten
Örtliche Bauaufsicht	3'490	3 % der Baukosten
Projektmanagement	3'490	1 % der Baukosten
Unvorhersehbares	3'000	Annahme
Gesamtkosten	128'647	

Tabelle 15 Gesamtkosten PV RST Oberwang (Eigene Darstellung, 2017)

Somit ergeben sich für die Errichtung der PV- Anlage am Rastplatz Oberwang Investitionskosten in der Höhe von rd. 128.647 € netto. Als grober Benchmark können nun auch diese Investitionskosten durch die MWh (peak) Leistung gerechnet werden. Daraus resultiert ein Wert von rd. 2.600 €/MWh⁷³. Ein vergleichsweise hoher Wert, welcher sich insbesondere durch die erforderliche Aufständigung am Rastplatz sowie der längeren und erschwerten Kabelwege als auch dem begleiteten Projektmanagement vor Ort begründet.

7.6.8.2 Investitionskostenrechnung Windkraft

Die beiden Orte für die Errichtung der Windkraftträder wurden in Abbildung 33 eingezeichnet. Darauf aufbauend werden nun die wesentlichen Errichtungskosten mit dessen Einheitspreisen erstellt. Tabelle 15 gibt einen Überblick über diese Zusammensetzung.

⁷¹ Wie Mehrkosten aufgrund des Bodens/der Bodenbeschaffenheit und Bodenklasse, Baustörungen im Ablauf, etc.

⁷² Planungsfehler, Mehrkosten durch Änderung der Ausführungen, Witterungserschwernisse, etc.

⁷³ Im Privatbereich kann um rd. 9.000 € auf einer vorhandenen Dachfläche (ohne Aufständigungen) eine 5.000 kWh peak Anlage errichtet und in Betrieb genommen werden. Der Vergleichsbenchmark käme hier auf 1.800.

Errichtungskosten in n€	Stück	Kosten	Total	Anmerkung
Lieferung und Montage des Windrades a 500W	2	2'000	4'000	Vergleichsangebot
Energieanspeisung inkl. Systemverkabelung	2	500	1'000	Erfahrungswert
Montage und Sonstiges - Pauschal	1	3'000	3'000	Schätzkosten
Behördenwege und Dokumentation	1	500	500	Erfahrungswert
Unvorhersehbares	1	2'000	2'000	Annahme
Gesamt			10'500	

Tabelle 16 Kostenschätzung Windrad RST Oberwang (Eigene Darstellung, 2017)

Aufgrund der schwierigen Bewilligungsmöglichkeiten⁷⁴ von großen Windkraftanlagen, werden zwei kleine Windkrafträder vorgesehen. Da auf einem Rastplatz ein reger Kundenverkehr auch von spielenden Kindern gegeben ist, werden diese beiden Plätze zusätzlich eingezäunt. Auch hier fallen Positionen wie die Dokumentation sowie Behördenwege an. Gesamt ergeben sich Errichtungskosten von rd. 10.500 € netto für diese beiden Windräder.

Dieser Kostenansatz wird nun analog wie bei Kapitel 7.6.8.1 um die weiteren Kosten ergänzt, wobei die Dienstleistung und Projektmanagementkosten hier einen höheren Anteil als jene der PV- Anlage haben. Zum einen da die Anlage kleiner ist und der Grundaufwand dadurch höher ausfällt, andererseits durch relative Neuartigkeit solcher Systeme im Vergleich zu der Installation einer PV- Anlage. Tabelle 17 stellt hier diese Ergebnisse dar.

Gesamtkosten in n€	Total	Anmerkung
Baukosten	10'500	
Planung	315	3 % der Baukosten
Örtliche Bauaufsicht	210	2 % der Baukosten
Projektmanagement	105	2 % der Baukosten
Unvorhersehbares	4'000	Annahme
Gesamtkosten	15'130	

Tabelle 17 Gesamtkosten Windkraft RST Oberwang (Eigene Darstellung, 2017)

Die Errichtung der beiden Windräder am Rastplatz Oberwang schlagen sich mit Investitionskosten in der Höhe von rd. 15.130 € netto zu buche.

7.6.8.3 Berechnung Amortisationsdauer

Nun wird auf Grundlage der ermittelten Investitionsrechnungen die Amortisationsdauer⁷⁵ dieser beiden alternativen Energiesysteme durch eine Kapitalwertmethode bestimmt. Es wird davon ausgegangen, dass die Anlagen inkl. der erforderlichen Wartungen und Instandhaltungen 30 Jahre in Betrieb sind. Da bei den Windkraftanlagen bewegliche Teile im

⁷⁴ Rastplätze für sich alleine führen bereits in Planungsphasen zu Widerständen von Anrainern. Die Montage von Windrändern birgt das hohe Risiko mit sich, dass ein Planungsprojekt zur Gänze verzögert oder verhindert wird. Daher soll in einem ersten Schritt, mit kleinen Modellen begonnen werden. Im Idealfall führt dies zu einer Akzeptanzsteigerung.

⁷⁵ Auch als Wiedergewinnungsdauer bezeichnet. Dadurch kann eine Aussage getroffen werden ob und wann sich eine Investition rechnet.

Einsatz sind, ist hier mit einem Austausch der beiden Windräder alle 10 Jahr zu rechnen⁷⁶. Hierbei wird die allgemeine Formel herangezogen und im Excel File berechnet.

$$\text{Amortisationsdauer in Jahren} = \frac{\text{Anfänglicher Kapitaleinsatz}}{\text{Rückfluss pro Periode}}$$

Formel 5: Amortisationsdauer

Dazu werden die folgenden Werte herangezogen:

- Die Anschaffungskosten je Energieform (Photovoltaik und Windkraft)
- Der errechnete Ertrag durch diese Systeme, wobei ein kW- Stundenpreis von 10 Cent angenommen wurde.⁷⁷
- Ein jährlicher Risikoabschlag, dadurch eine Abzinsung von 0,5 % je Jahr.
- Wartung und Instandhaltungsaufwände von 1% der Gesamterrichtungskosten.
- Die Laufzeit dieser Investition von 30 Jahren.

7.6.8.3.1 Amortisationsdauer Photovoltaik

Mit Hilfe eines Excel Files⁷⁸ wurden die Gesamtinvestitionskosten herangezogen und damit die Amortisationsdauer der Photovoltaik Anlage berechnet. Tabelle 18 zeigt einen Auszug daraus. Die PV- Module haben eine höhere Lebensdauer (wenn auch mit vermindertem Wirkungsgrad) als die durchgerechneten 25 Jahre und können bei einer Modernisierung weiter verwendet werden. Diese PV- Anlage rechnet sich nach 27 Jahren, dann hat sich diese Investition amortisiert.

⁷⁶ Diese Aufwände sind in den Abzinsungen je Jahr berücksichtigt.

⁷⁷ Der derzeit zu erwartende Einspeiseertrag liegt bei rd. 7 Cent.

⁷⁸ Das komplette Excel File befindet sich im Anhang.

PV Amortisationsdauer				Kapitalwertmethode
	Einheit	Einheit	Wert	Anmerkung
Anschaffungskosten	€	128'647	128'647	siehe Tabelle 15
Ertrag je Jahr	kWh	39'161	3'916	10 Cent Vergütung
Risikoabschlag, Abzinsung 0,5 % je Jahr				
Wartung- und Instandhaltung		1286,472	1% der Errichtungskosten	
Ertrag	€	3'916,09	1	€ 3'916,09
Jahr		Ertrag je Jahr	Wartung- und Instandhaltung	Cash flow
0	-€	128'647,20		-€ 128'647
1		€ 3'896,51	1286,472	-€ 123'464
2		€ 3'876,93	1286,472	-€ 118'301
3		€ 3'857,35	1286,472	-€ 113'157
4		€ 3'837,77	1286,472	-€ 108'033
5		€ 3'818,19	1286,472	-€ 102'928
6		€ 3'798,61	1286,472	-€ 97'843
7		€ 3'779,03	1286,472	-€ 92'778
8		€ 3'759,45	1286,472	-€ 87'732
9		€ 3'739,87	1286,472	-€ 82'705
10		€ 3'720,29	1286,472	-€ 77'698
11		€ 3'700,71	1286,472	-€ 72'711
12		€ 3'681,13	1286,472	-€ 67'744
13		€ 3'661,54	1286,472	-€ 62'796
14		€ 3'641,96	1286,472	-€ 57'867
15		€ 3'622,38	1286,472	-€ 52'958
16		€ 3'602,80	1286,472	-€ 48'069
17		€ 3'583,22	1286,472	-€ 43'199
18		€ 3'563,64	1286,472	-€ 38'349
19		€ 3'544,06	1286,472	-€ 33'519
20		€ 3'524,48	1286,472	-€ 28'708
21		€ 3'504,90	1286,472	-€ 23'916
22		€ 3'485,32	1286,472	-€ 19'145
23		€ 3'465,74	1286,472	-€ 14'392
24		€ 3'446,16	1286,472	-€ 9'660
25		€ 3'426,58	1286,472	-€ 4'947
26		€ 3'407,00	1286,472	-€ 253
27		€ 3'387,42	1286,472	€ 4'421

Tabelle 18 Berechnung PV Amortisationsdauer (Eigene Darstellung, 2017)

7.6.8.3.2 Amortisationsdauer Windenergie

Einen Auszug aus dem Rechenbeispiel zeigt Tabelle 19. Somit rechnet sich die Installation einer Windenergieanlage am Rastplatz nicht innerhalb der geplanten Laufzeit von 30 Jahren, somit liegt auch kein positiver Kapitalwert vor und die Anlage kann sich nicht amortisieren. Es ist davon auszugehen, dass nach 30 Jahren, die Anlage dem Grunde nach neu errichtet werden muss, da die Lebensdauer sämtlicher Anlagenteile vorbei ist.

Windenergie Amortisationsdauer				Kapitalwertmethode
	Einheit	Einheit	Wert	Anmerkung
Anschaffungskosten	€	15'130	29'800	siehe Tabelle 16
Ertrag je Jahr	kWh	482	48,172	10 Cent Vergütung
Risikoabschlag, Abzinsung 0,5 % je Jahr				
Wartung und Instandhaltung		151,3	1% der Errichtungskosten	
Ertrag	48,172	1		€ 48,17
Jahr	Ertrag je Jahr		Wartung und Instandhaltung	Cash flow
0	-€ 15'130,00			-€ 15'130
1		€ 47,93	151,3	-€ 14'931
2		€ 47,69	151,3	-€ 14'732
3		€ 47,45	151,3	-€ 14'533
4		€ 47,21	151,3	-€ 14'335
5		€ 46,97	151,3	-€ 14'136
6		€ 46,73	151,3	-€ 13'938
7		€ 46,49	151,3	-€ 13'740
8		€ 46,25	151,3	-€ 13'543
9		€ 46,00	151,3	-€ 13'346
10		€ 45,76	151,3	-€ 13'149

Tabelle 19 Berechnung Auszug Windenergie Amortisationsdauer (Eigene Darstellung, 2017)

8 Ergebnisse / Auswertung

Im nun folgenden Abschlusskapitel werden die wesentlichsten Ergebnisse der Arbeit beschrieben und die dabei erforschten besonderen Resultate hervorgehoben. Dieser Abschnitt soll insbesondere gegenüber Dritten darlegen, welche Leistungen während der Bearbeitung der Problemstellung, etc. erbracht wurden.

8.1 Handlungsempfehlungen am analysierten Rastplatz Oberwang - Optimierungsmaßnahmen

Im Zuge der Analyse des Stromverbrauches sowie der möglichen alternativen Energieformen wurde ein gutes Verständnis über den Energiebedarf eines Rastplatzes auf der einen Seite, sowie über die jeweilige Funktionsweise der einzelnen alternativen Energieformen entwickelt. Zudem wurde eine Analyse der Stromverbräuche über die Anforderungen hinaus durchgeführt. Demzufolge wurde nun eine Vielzahl an Optimierungsansätzen aufgestellt. Diese Ansätze bzw. Handlungsempfehlungen beziehen sich auf den analysierten Rastplatz Oberwang und können zukünftig auf zu errichtende Rastplätze angewandt werden.

8.1.1 Aktive Klimatisierung/Heizung

In Hinblick auf den Energieverbrauch wurde als „ungünstigster“ Verbraucher die Gruppe der Heizungen/Warmwasseraufbereitungen identifiziert. Neben der Höhe der Leistung ist auch der Umstand, dass eine Deckung ihres Energieverbrauchs schwierig ist, ungünstig, da der Einsatz von Heizungen in einstrahlungsarmen Zeiträumen stattfindet. Weiteres sind neben den Bereichen in denen sich die Menschen aufhalten, auch Heizungen in Verteilerschränken integriert.

Die Empfehlung lautet daher:

1. Ausschließliche Verwendung von Heizsystemen, die einen guten Wirkungsgrad haben. Keine Fußbodenheizung welche das Gebäude an sich wärmt. Hier treten zu viele Wärmeverluste durch das Gebäude, sowie der zahlreichen Türöffnungsvorgänge ein. Stattdessen Einsatz von Infrarotstrahlung, welche die Personen im Rastplatz wärmt. Als Beispiel siehe Abbildung 36.

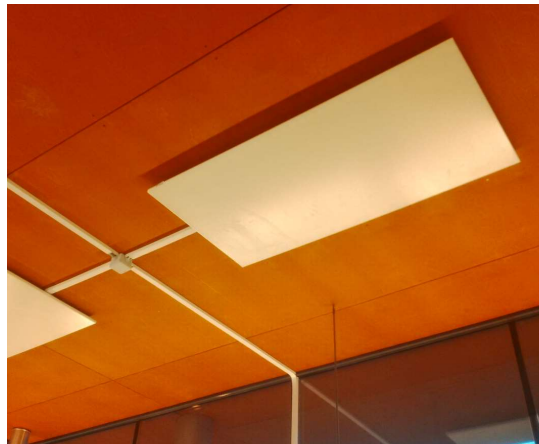


Abbildung 36 Infrarotwärmeplatte an der Decke (Eigene Darstellung, 2017)

2. Einführung eines thermischen Managements, welches die Notwendigkeit von Heizungsleistungen berücksichtigt. Die Dauer, in der eine Heizung in Betrieb ist, wird mittels einer Temperatursteuering (mit Messung der Außentemperatur) gemanagt. Besser ist eine Berücksichtigung von Tages- und Nachtzeiten, kombiniert mit bekannten Feiertags- und Ferienprogrammen. So kann bei zu erwartenden niederfrequenten Nutzungen, die Temperatur hinunter geregelt werden.
3. Entfall bzw. Optimierung der Heizelemente in Verteilerschränken, ggf. Verwendung von Bauteilen, welche keine aktive Heizung benötigen.

8.1.2 Energieverbrauch der Komponenten

Durch die Strommessungen wurde der Energiebedarf im Leerlauf- Standby Betrieb diverser Komponenten analysiert. Hier ist zu prüfen, ob anstatt eines Standby Betriebes auch eine Art Vollabschaltung durchgeführt werden kann. Weiteres ist der Einsatz von energieeffiziente Standby Geräten zu bevorzugen.

Ein vermehrter Einsatz von Bewegungsmelder in den Gängen bzw. WC Bereichen reduziert den laufenden Strombedarf weiter. Je nach Frequentierung sind Einsparungen von 20 bis 80% möglich. Weiteres führt eine Kontrolle und Tausch noch vorhandener alter konventioneller Vorschaltgeräte gegen elektronische zu rund 10% Stromverbrauchsreduktion. Diese Maßnahmen können im Zuge von Lampentausch durchgeführt werden. Idealerweise erfolgt hier ein vollständiger Austausch auf LED Technologie, was zu rund 80% Stromverbrauchsreduktion führt.

Die Anschaffung verlustoptimierter Transformatoren um die vorhandenen Trafoverluste gering zu halten, damit die Hot- Standby Verluste reduziert werden, ist ebenfalls ein Beitrag zur Stromverbrauchsreduktion. Weiteres führt eine konsequente Beachtung der Energieeffizienz bei der Typentscheidung und Beschaffung von Dauerverbrauchern wie der

Außenbeleuchtung, der Warmwassererzeugung sowie der weiteren Verbraucher wie Notrufanlagen, Videokameras, etc. zu nachhaltigen Reduktionen der Stromverbräuche. Im Bereich der Warmwasser- und Heizungsaufbereitung soll ein Tausch von unregelmäßigen Heizungspumpen gegen geregelte Hocheffizienzpumpen angedacht werden.

8.1.3 Ausrichtung Gebäude

Die Infrastrukturzeilen sollen in Abhängigkeit der solaren Ausrichtung situiert werden. Dort wo viel Sonnenlicht auf die Fassade gelangt, sollen großflächige Glasflächen eingesetzt werden. Bei jenen Seiten Richtung Norden soll auf Glaselemente verzichtet werden.

8.2 Neue Ansätze an einem Rastplatz

Das Thema der Erzeugung elektrischer Energie als auch die Elektromobilität wird über kurz oder lang auch die Rastplätze betreffen. Diese fahrenden Energiespeicher können ebenso als Energiequelle für einen Rastplatz Verwendung finden.

8.2.1 Erzeugung durch alternative Energieträger

Die Installation von PV- Modulen auf möglichst viel Flächen eines Rastplatzes rechnet sich innerhalb von 12 Jahren, dann haben sich diese Kosten amortisiert. Theoretisch kann die maximal gewonnene Energie durch PV- Module weiter gesteigert werden. Z.B. indem man auch den LKW Bereich mit Modulen ausstattet. Es ist somit Potential vorhanden, dass ein Rastplatz viel mehr Energie erzeugt, als er benötigt – wie für das Laden von E- Kfz. Der Einsatz von Windenergie lohnt sich hingegen kaum. Zurzeit ist es aufgrund von Auflagen schwer bis gar nicht möglich, Windräder auf einem Rastplatz zu errichten. Sollten sich diese Regelwerke ändern, ist anzudenken mit größeren Windrädern und damit verbundener höherem Stromertrag eine neue Analyse auf einem Rastplatz durchzuführen.

8.2.2 Technische Umsetzungsmöglichkeiten

Im folgenden Kapitel wird beleuchtet, welche Möglichkeiten ein Infrastrukturbetreiber wie die ASFINAG hat, um den Rastplätzen die erforderliche Infrastruktur für eine Elektromobilität beizustellen.

8.2.2.1 Raststationsbetreiber stellen die erforderliche Infrastruktur bereit

Dadurch erfolgt die Errichtung der Infrastruktur durch den Raststationsbetreiber. Der Vorteil für die den Autobahnbetreiber ist, dass die Investitionen durch einen Dritten getragen werden. Weiteres wird ein diskriminierungsfreier Zugang für alle E- Fahrzeuge unabhängig vom Hersteller sichergestellt. Das Stecker System und die Abrechnung muss als eine Standardvorgabe gelten. Damit die Benutzer auf allen Rastplätzen (welche ja auch das gleiche Corporate Identity haben) dieselben technischen Voraussetzungen vorfinden. Die Vermarktung und Nutzung der Kernleistungen wie Shop, Essen, WC können mit dem eigentlichen Ladevorgang gekoppelt werden (Upselling). Beachten muss man hier eine Mindestqualität im Hinblick auf die Ladezeiten⁷⁹, damit diese nicht durch langsame Ladeleistung mehr Ladeplätze geschaffen werden um mehr Einnahmen zu erzielen und die Kunden mehr Zeit haben um im eigenen Shop zu konsumieren.

8.2.2.2 Autobahnbetreiber versteigert/verpachtet Ladeplätze auf Rastplätzen

Hier erfolgt die Errichtung der Infrastruktur durch einen Ladenetzanbieter. Dabei erfolgt der technische Betrieb und die Verrechnung durch den „E- Tankstellenbetreiber“. Auch hier ist ein diskriminierungsfreier Zugang für alle E- Fahrzeuge unabhängig vom Hersteller, Stecker System und Abrechnung gewährleistet.⁸⁰ Erst durch eine höhere Marktdurchdringung mit E- Fahrzeugen wird sich diese Investition rechnen. Der Autobahnbetreiber bietet weiterhin an den Rastplätzen ein Infrastrukturservice wie Beleuchtung, Schneeräumung, Reinigung, Müllentsorgung, etc. an.

8.2.2.3 Autobahnbetreiber errichtet an den Rastplätzen die Ladeinfrastruktur

Die Errichtung als auch der Betrieb der Infrastruktur erfolgt durch den Autobahnbetreiber. Die Kosten pro Ladepunkt (Säule) inkl. vergrößerte EVU- Anspeisung, Batteriespeicher und Infrastruktur werden mit rd. EUR 300.000 netto angenommen. Wobei hier insbesondere die Kosten für eine erforderliche EVU- Anspeisungen stark variieren können. Aktuell wäre eine 50kW Ladeinfrastruktur ausreichend, aufgrund der Entwicklung des Fahrzeugmarktes von 2018 bis 2020 ist aber mittelfristig mit einer Ladekapazität von 150kW bis 400kW zu planen. Der Verkauf und die Verrechnung von Energie sind jederzeit möglich. Die derzeitigen Anbieter⁸¹ verkaufen Lade- und Belegungszeitraum am Stellplatz jedoch nicht Energie.

⁷⁹ Durch eine Anschlussleistung je Säule von 50kW bzw. 150kW (bis 2020 sollte dies möglich sein)

⁸⁰ Der Anbieter TESLA fährt hier zurzeit eine eigene Marketingschiene und hat mit dem Ladesystem quasi in Monopol auf die TESLA Fahrzeuge.

⁸¹ wie z.B. Smatrics

8.2.3 E- LKW

Eine weitere Synergie kann durch sog. Strom- LKW's gefunden werden. In Deutschland⁸² sollen Ende 2018 Elektro- Lastwagen mit Stromversorgung über eine Oberleitung getestet werden. Hierbei wird in beiden Richtungsfahrbahnen auf jeweils 6 Kilometer jeweils am rechten Fahrbahnrand entlang Stromleitungen auf Strommasten errichtet. Ähnliche Teststrecken in Schweden und Kalifornien. Wie bei der Bahn müssen für die speziellen Lkws entlang der Straße Strommasten aufgestellt werden. Die sog. letzte Meile bis zum eigentlichen Ziel wird wie bisher mit einem Dieselmotor durchgeführt. (Der Standard, 2017)



Abbildung 37 Strom- LKW mit Oberleitung Teststrecke in Deutschland (Der Standard, 2017)

Interessant wäre hier eine Verknüpfung mit der durch die Oberleitung bedingten zahlreichen Infrastruktur (Mäste, etc). Anzudenken wäre die Miterrichtung von speziellen Windrädern, siehe Kapitel 6.

Finden diese „Stromautobahnen“ eines Tages Anwendung, ist eine Errichtung eines energieautarken Rastplatzes nicht sinnvoll. Insbesondere da hier dann eine Energieleitung mit hohen Anschlusswerten direkt beim Rastplatz vorbeiführt.

⁸² Die beiden jeweils zwölf Kilometer langen Versuchsstrecken liegen in Deutschland in Schleswig-Holstein und Hessen.

8.2.4 E- PKW versorgt den Rastplatz

Die immer mehr verbreitenden E- Autos geben dem Rastplatz ihre nicht mehr für die Zielfahrt benötigte Energie. Dazu wird eine neue Software erstellt und ausgerollt. Diese ermittelt in Abhängigkeit der Verkehrslage, der Wetterbedingungen, der Fahrzeugbelegung sowie der noch zurückzulegenden Fahrtstrecke (Länge, Höhenlage, Straßen Profil) die noch benötigte Akkuleistung des E- Autos. Fahrzeuglenker haben so die Möglichkeit ihre nicht mehr benötigte Energie dem Rastplatz zu verkaufen und ihn damit mit Energie zu versorgen. Der gerade aktuelle Zustand wird durch Wechselverkehrszeichen dynamisch am Rastplatzschild neben dem ASFINAG Logo angezeigt. Somit sehen die Fahrer von E- Autos, ob der Rastplatz Energie hat (grünes Symbol), z.B. da gerade die alternativen Energieformen einspeisen, oder ob dieser elektrische Energie benötigt (rosa/rotes Symbol)⁸³.

Angezeigt könnte dieser Bedarf auch durch eine App als auch am Rastplatz selbst, durch eine situative Beleuchtung erfolgen, siehe Abbildung 39 und 40 (Fotomontagen).



Abbildung 38 Fotomontage Rastplatz wird geladen und hat Energie (Eigene Darstellung, 2017)

⁸³ Eine übliche rote Signalisierung bei „schwachem Akku“ wird hier nicht empfohlen, da Verkehrsteilnehmer in diesem Fall abgelenkt bzw. irritiert werden könnten.



Abbildung 39 Fotomontage Rastplatz benötigt Energie (Eigene Darstellung, 2017)

9 Schlussfolgerungen / Resümee / Ausblick

Die Erwartungen an einen Infrastrukturbetreiber wie der ASFINAG sind naturgemäß widersprüchlich und variieren stark nach der jeweiligen Interessensgruppe. Es gilt daher die unterschiedlichen Interessen und Ansprüche abzuwägen. Um hier Entscheidungen besser auf ökologische, ökonomische sowie soziale Wirkungen auszurichten, ist auch im Bereich der Neuplanung von Rastplätzen allumfänglich zu denken und zu planen. Hierbei gibt es viele Möglichkeiten und Wege. Angefangen von der integralen Planung bis hin zur Nutzung von alternativen Energieformen.

Wichtig ist es nicht nur nachhaltige Rastplätze zu bauen und zu betreiben. Die dabei gewonnen Erfahrungen und Vorteile gehören auch an die Nutzer kommuniziert. Ebenso sind derartige Ziele verstärkt in den zentralen Unternehmensstrategien und -zielen zu verankern.

Es gibt viele technische Möglichkeiten Verbesserungen bei einem Rastplatz im Hinblick auf die Energieeffizienz durchzuführen. Eine Optimierung am Gebäudegrundriss um keine unnötigen Flächen zu erzeugen, welche energetisch versorgt werden müssen. Ebenso ist die Ausrichtung eines Gebäudes wesentlich. Richtung Süden helfen Glasflächen die solare Einstrahlung zu nutzen. Im Gegenzug ist bei Himmelsrichtungen, bei denen wenig bis keine Sonneneinstrahlung vorhanden ist, auf Bauelemente mit einem schlechten Wärmekoeffizienten zu verzichten. Beim Beispiel der ASFINAG Standard Rastplätze sieht man, dass die gleich aussehenden Rastplätze Vorteile für die Kunden haben, da diese dasselbe Erscheinungsbild aufweisen. Auch die Planung und Errichtung ist für den Bauherrn einfacher, da auf die Erfahrungswerte der letzten Projekte zurückgegriffen werden kann. Der Nachteil dieser Standardlösung liegt aber insbesondere daran, dass Grundsätze zur Solaren Ausrichtung nicht eingehalten werden können. Im schlechtesten Beispiel, werden die Glasseiten eines Rastplatzes Richtung Norden ausgerichtet. Weitere Optimierungspotentiale liegen in der Verbesserung der Wirkungsbereiche von elektrischen Verbrauchern, insbesondere der Beleuchtungskörper als auch der Heizungssteuerung.

Ist ein Rastplatz in Betrieb zeigt sich die standardisierte Einführung von Energiemonitoringsystemen als nachhaltige Möglichkeit, den aktuellen Energiebedarf verfolgen zu können. Hierzu ist (ebenfalls in der Planung zu berücksichtigen) der separate Einbau von (Sub-)Zähler für Stromverbraucher zu berücksichtigen. Die Installation von Wärmemengenzähler ermöglichen neben dem Stromverbrauch auch den Verbrauch der einzelnen Räume auf einem Rastplatz erfassen zu können. Mit diesen Daten ist es möglich bei auftretenden Abweichungen der einzelnen Verbräuche Maßnahmen abzuleiten. Bei

Neubauten sollten daher ausreichende und geeignete Zähler vorgesehen werden. Dabei sind Prozesse zu erarbeiten welche sicherstellen, dass diese Daten auch laufend (ev. automatisiert) ausgewertet werden und bei Anomalien über ein Betriebsüberwachungssystem eine Meldung abgeben. In ein derartiges System sind auch die erforderlichen Wartungen zu verknüpfen. Die Wartung von Lüftungsanlagen, wie der erforderliche Filterreinigungsaustausch um unnötigen Druckverlust zu vermeiden, spart ebenso Energie im laufenden Betrieb.

Als Einsatz von alternativer Energie empfiehlt sich die Installation von Photovoltaikmodulen auf der gesamten zur Verfügung stehenden Grundstücksfläche. Somit auf der Infrastrukturzeile als auch auf den Stellflächen für die LKW und PKW, welche in diesem Fall als eine Art Carport ausgeführt werden müssen. Weiteres lohnt sich ein Einsatz von Windräder nur bedingt, da hier der Einsatz von großen Anlagen schwer durchführbar ist und die kleineren Windräder wenig Strom erzeugen können. Weiteres sind diese Anlagen im Vergleich zu einer PV- Anlage insbesondere aufgrund ihrer beweglichen Teile einem höheren Instandhaltungsaufwand ausgesetzt. Ein vollständiger autarker Betrieb mit alternativen Energieformen eines Rastplatzes ist mit den heutigen Lastprofilen möglich. Dies begründet sich auf der einen Seite mit den zur Verfügung stehenden Flächen für PV- Module. Wie auch das Rechenbeispiel zeigt, ist der Gewinn der gewählten Windenergie im Verhältnis zum Lastprofil des Rastplatzes sehr gering. Weiteres rechnen sich derartige Kleinanlagen nicht. Eine der Kernherausforderung ist hier zukünftig Rahmenbedingungen zu schaffen, um auf Rastplätzen bzw. entlang des hochrangigen Straßennetzes die Installation von größeren Windkraftanlagen zu ermöglichen. Erst dann kann der Anteil von alternativen Energieformen signifikant gesteigert werden. Auf der anderen Seite trägt der zurzeit geltende niedrige Energiepreis für den Bezug elektrischer Energie dazu bei, dass eine Investition in alternative Energieformen nicht gefördert wird. Hier helfen Maßnahmen wie z.B. eine Annahme von überhöhten Einspeisetarifen im Rahmen eine Amortisationsrechnung um auch unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit von Unternehmen, hier einen besseren Ausgang dieser Berechnungen zu erhalten.

Sollten zukünftig die Preise für den Bezug elektrischer Energie steigen, rückt das Thema der Energiespeicherung vermehrt in den Vordergrund. Hierbei kann angedacht werden, die überschüssige erzeugte Photovoltaik- als auch Windkraftenergie am Rastplatz selbst zu speichern. Diese Energie kann dann zu Zeiten niedriger bzw. nicht vorhandener alternativer Energieerzeugung dazu genutzt werden, um den Rastplatz ohne Strombezug vom Netz, zu versorgen. Kombiniert man dieses Gedankenmodell mit dem Einsatz zukünftiger E- Fahrzeuge, so können Energiespeicher auch diese Fahrzeuge laden oder selbst durch E- Fahrzeuge geladen werden, wenn Kunden so einen Teil ihres Stromes aus dem E- Fahrzeug

für die Erreichung ihres Transportzieles nicht mehr benötigen und dem Rastplatz verkaufen. Dynamische Farbgebungen am Rastplatzanzeiger können hier den aktuellen Energiebedarf eines Rastplatzes einfach darstellen und die zukünftigen Nutzer der E- Mobilität einladen, ihre Energie so zur Verfügung zu stellen.

Abschließend ist festzuhalten, dass ein Autobahnbetreiber für die Versorgung der Rastplätze im Sinne der Nachhaltigkeit den Einsatz von alternativen Energieformen forcieren sollte. So ist eine nachträgliche Installation von PV- Modulen auf bestehenden Rastplätzen ohne große Verkehrsbehinderungen durchführbar. Damit kann man auch die Energiebilanz von älteren Rastplätzen mit höherem Energiebedarf für die Heizungen sowie der Beleuchtung optimieren. Neue Rastplätze gehören unabhängig ihrer Energieversorgung weiter bautechnisch optimiert, sodass diese weniger Energie bei gleichem Komfort für die Kunden benötigen. Kombiniert mit einem sinnvollen Einsatz von alternativer Energie, kann auch ein Autobahnbetreiber damit relativ einfach seinen ökologischen Fußabdruck verbessern.

10 Verweise

Bundesverband Photovoltaic Austria, 2017. *Jahresauftaktveranstaltung - PVA-KONGRESS*.
Wien: T. Gabner

62196, IEC, 2016. *Wikipedia*. [Online]
Available at: https://de.wikipedia.org/wiki/IEC_62196 [Zugriff am 05 03 2017].

A. Schwartz, 2010. *Turbine Light Illuminates Highways With Wind*. [Online]
Available at: <http://inhabitat.com/turbine-light-powers-highway-lights-with-wind/>
[Zugriff am 05 08 2016].

Anon., 2014. *Alternative Uses of Highway Right-of-Way*. [Online]
Available at:
http://www.fhwa.dot.gov/real_estate/publications/alternative_uses_of_highway_right-of-way/rep03.cfm [Zugriff am 22 12 2016].

Apa, 2017. *Salzburger Nachrichten*. [Online]
Available at: <http://www.salzburg.com/nachrichten/oesterreich/wirtschaft/sn/artikel/hohe-akzeptanz-fuer-erneuerbare-energie-und-elektroautos-230845/>
[Zugriff am 02 02 2017].

ASFINAG GF, 2014. *Geschäftsbericht*. Wien: Holding 1010 Wien.

ASFINAG SG, S. G., 2014. *Technischer Bericht zur Leitplanung Parkplatzschließungskonzept 2014*. Wien

ASFINAG, 2015. *Nachhaltigkeitsthemen - Auszug aus dem Geschäftsbericht*. Wien: s.n.

BMLFUW, BMVIT, 2017. *Aktionspaket zur Förderung der Elektromobilität*. Wien: Faktenblatt.

BMVIT, 2017. [Online]
Available at:
https://www.bmvit.gv.at/verkehr/elektromobilitaet/downloads/eTankstelle_Genehmigung_Leitfaden.pdf [Zugriff am 09 01 2017].

Bundesamt für Strassen ASTRA, Dezember 2016. *Empfehlungen zum Aufbau von Schnellladestationen entlang der Nationalstrassen*. Bern:

Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, 2015. *Österreichischer Forschungs- und Technologiebericht*. Wien: Bericht der Bundesregierung an den Nationalrat gem. § 8 (2) FOG über die Lage und Bedürfnisse von Forschung, Technologie und Innovation in Österreich.

C. Gilbert, 2007. *STUDENT DESIGN TURNS HIGHWAYS INTO WIND FARMS*. [Online] Available at: <http://inhabitat.com/student-designs-highway-power/> [Zugriff am 2016 08 05].

Clean Energy, 2016. *Smart Hydro Power - kinetische Wasserturbine*. [Online] Available at: <http://www.meeco.net/de/clean-energy/schluesselloesungen/wasserkraft/technische-daten.html> [Zugriff am 09 09 2016].

Der Standard, 2017. *Wirtschaftspolitik*. [Online] Available at: <http://derstandard.at/2000052035295/Deutschland-testet-Lkws-mit-Oberleitung> [Zugriff am 2017 2 3].

Eicker, U., 2012. Solare Technologien Für Gebäude. In: I. 9. 1. Ausgabe, Hrsg. *Grundlagen Und Praxisbeispiele*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, p. 404.

Eigene Darstellung, 2017. *Im Rahmen der Arbeit*. V1.0 Hrsg. Wien: T. Greiner.

Eigene Darstellungen, 2017. *Im Rahmen der Forschungsarbeit*. V2.0 Hrsg. Wien: T. Greiner, AIT, Projektgruppe Rastplatz.

Fankhauser, D., 2015. *RST Herzogberg – Potentialanalyse für mögliche Energieautarkie und Energieeffizienzsteigernde Maßnahmen*. Pinkafeld: Fachhochschul-Masterstudiengang Energie- und Umweltmanagement.

Fleischmann, G., 2007. Referenzprozesse Im Bereich Von Facility Management. In: Wien: Technische Universität Wien | Fakultät für Bauingenieurwesen | Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement | E324 , p. 55/124.

G. Girmscheid, D. L., 2010. Energetischer Baukasten, Leistungsbündel und Life-Cycle-Leistungsangebote. In: 3-642-13852-7, Hrsg. *Nachhaltig optimierte Gebäude*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, p. 46/243.

Grundrissplan Oberwang Infrastruktur, 2011. *20110301_RP Oberwang_8-Eck-WC_mit Dusche*. ASFINAG BMG Hrsg. Ansfelden: Ausführungsoperat.

H. Schöberl et al, 2014. In: I. u. T. Bundesministerium für Verkehr, Hrsg. *Österreichs größtes Plus Energie-Bürogebäude am Standort Getreidemarkt der TU Wien*. Wien: s.n., p. 160.

Infrarotkamera FLIR 4, 2016. *FLIR® Systems, Inc.*. [Online]
Available at: <http://www.flir.de/instruments/ex-series/#specifications>
[Zugriff am 17 02 2017].

J. Chapa, 2007. *WIND POWER FROM NEW JERSEY HIGHWAYS*. [Online]
Available at: <http://inhabitat.com/highway-wind-power/>
[Zugriff am 02 08 2016].

J. Slamberger, 2016. *Autarke VBA*. Wien

Justh, M., 2014. Haustechnik 2. In: *TU Wien*. Wien: Universitätslehrgang
Immobilientreuhandwesen und Liegenschaftsmanagement, p. 107/121.

Kai Schild, W. M. W., 2011. Wärmeschutz : Grundlagen – Berechnung – Bewertung. In: I. 9783834881458, Hrsg. s.l.:Vieweg+Teubner Verlag / Springer, p. 149/310.

Knaack, U. K. T. B. M. & A. T., 2007. Fassaden. In: s.l.:Birkhäuser Basel, p. 130/136.

Kovacic, I., 2016. *Building Performance Evaluation*. s.l.:Scriptum TU MBA FM.

L. Edery-Azulay, 2010. *Energy and Data - Stand alone technology*. [Online]
Available at: https://www.iroads.co.il/sites/default/files/mtsgt_1_innowattech_presentation_lucy_edery-azulay.pdf [Zugriff am 02 08 2016].

LeP GmbH, 2017. *GUI Rastplatz*. Wels: s.n.

Meister, A., 2014. *Anforderungen der Gebäudenutzung an die Planung*. [Online]
Available at: <http://www.belimo.ch/pdf/d/Meister.pdf> [Zugriff am 02 12 2016].

Ncvy, J. e. a., 2006. Facility Management. In: *Grundlagen Computerunterstützung Systemeinführung Anwendungsbeispiele*. Springer Berlin Heidelberg: ISBN: 978-3-540-25164-4, p. 4/254.

Ökostrom-Einspeisetarifverordnung, 3. V., Ausgegeben am 16. Dezember 2016.
BUNDESGESETZBLATT. s.l.

Ökostromförderbeitragsverordnung, 3. V., 2017. *BUNDESGESETZBLATT*. Ausgegeben am 16. Dezember 2016: s.n.

P. Marwan, 2016. *Frankreich nimmt weltweit erste mit Solarzellen gepflasterte Straße in Betrieb*. [Online]
Available at: <http://www.silicon.de/41638393/dorf-in-frankreich-nimmt-weltweit-erste-mit-solarzellen-gepflasterte-strasse-in-betrieb/> [Zugriff am 2017 01 09].

Pichlmüller, H., 2015. *Normen im Facility Management*. s.l.:osiris Management- & Consulting GmbH.

Planungsansatz, I., 2016. Planungsprozess. In: *Integraler Planungsansatz*. Wien: Scriptum TU FM MBA, p. 124.

R. Paschotta, 2015. *RP-Energie-Lexikon*. [Online]
Available at: https://www.energie-lexikon.info/thermoelektrischer_generator.html
[Zugriff am 2016 10 09].

R. Wünschiers, 2010. *Transport & Lagerung*. [Online]
Available at: http://www.staff.hs-mittweida.de/~wuenschi/biowasserstoff/?Wasserstoff:Transport_%26amp%3B_Lagerung
[Zugriff am 15 08 2016].

Retter und Partner ZT GmbH, 2014. *Technischer Bericht zur Leitplanung Parkplatzschließungskonzept*. Einlage 1

Richard, H., 2011. Untersuchung Des Einflusses Von Regelungsstrategien auf den Heizwärmebedarf und die operative Raumtemperatur bei Unterschiedlichen Gebäudestandards. In: T. Wien, Hrsg. Wien: Masterarbeit, p. 12/111.

RWE, 2016. *Strom und Wärme aus Biomasse*. Essen: RWE Magazin.

Selle, K., 2014. *Stand der Technik bei der energetischen Modernisierung*. Aachen: Lehrstuhl für Planungstheorie und Stadtentwicklung.

Singer, P., 2016. *Renewable Energy Network*. [Online]
Available at: <http://www.renewableenergyworld.com/articles/print/pvw/volume-3/issue-0/solar-energy/photovoltaic-installations-around-the-world.html> [Zugriff am 05 10 2016].

Steiner, T., 2014. Monitoring von Plusenergie-Gebäuden :. In: Leitfaden, Hrsg. *Monitoring der Leitprojekte aus HAUS derZukunft*. Wien: IBO - Österr. Inst. für Bauen und Ökologie., p. 33/73.

T. Bendar et al, 2013. Plusenergie. In: *Entwicklung des ersten rechtssicheren Nachweisverfahrens für Plusenergiegebäude durch komplette Überarbeitung der ÖNORMEN*. 145: Haus der Zukunft, p. Wien.

Torcellini, P., 2006. Zero Energy Buildings - A Critical Look at the Definition. In: *Paper for the ACEEE Summer Study*. California: Pacific Grove, p. 9/100.

UBA, 2015. *Geothermie*. [Online]
Available at: <http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/geothermie#textpart-1> [Zugriff am 05 09 2016].

Unterwegs, 2016. *Intranet Wissendatenbank*. Wien: s.n.

Walder, U., 2015. *Facility Management für Bauingenieure und Architekten*. Technische Universität Graz: Institut für Bauinformatik.

Wimmer, W., 2015. *Energieaudit - Externes Energieaudit nach Bundes-Energieeffizienzgesetz §18*. Wien

11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Aufbau der Arbeit.....	XIII
Abbildung 2 Energieverbrauch in Europa (Eicker, 2012)	17
Abbildung 3 Bedeutung des Facility Managements in der Planungsphase (Meister, 2014) ..	20
Abbildung 4 Bereiche des Facility Management (Ncvy, 2006)	22
Abbildung 5 Gegenüberstellung Serielle Planung zur Integralen Planung (Kovacic, 2016)...	24
Abbildung 6 Verteilung des Energieverbrauchs auf die Bereiche gemäß EEffG (Wimmer, 2015)	26
Abbildung 7 GIS Auszug der A1 im Bereich Km 76,8 mit den Rastplätzen Roggendorf (RFB Linz) sowie Schallaburg (RFB Wien)	30
Abbildung 8 HKL-Anlage – Umwandlung von Primärenergie in Nutzenergie und Verteilung im Gebäude (G. Girmscheid, 2010).....	31
Abbildung 9 Kenngrößen für Plus-Energie: Netto-Primärenergiebedarf inkl. Nutzung (H. Schöberl et al, 2014)	35
Abbildung 10 Beispiel einer Photovoltaik Anlage auf der A23 Km 12,25 auf einer Verkehrsbeeinflussungsanlage (Eigene Darstellung, 2017).....	38
Abbildung 11 PV Anlage entlang einer Autobahn (Singer, 2016).....	39
Abbildung 12 PV Anlage in einer Lärmschutzwand integriert (Anon., 2014)	39
Abbildung 13 PV Anlage in den Asphalt integriert (P. Marwan, 2016).....	40
Abbildung 14 Windräder in einer Lärmschutzwand integriert (J. Chapa, 2007)	41
Abbildung 15 Windräder in Beleuchtungskörper integriert (A. Schwartz, 2010)	41
Abbildung 16 Windräder über der Autobahn (C. Gilbert, 2007).....	42
Abbildung 17 Kinetische Wasserturbine (Clean Energy, 2016).....	43
Abbildung 18 Schema einer Biomasseanlage (RWE, 2016)	44
Abbildung 19 Schema eines geothermischen Kraftwerks (UBA, 2015).....	45
Abbildung 20 Piezoelektrik Modul unter der Autobahnasphaltdecke (L. Edery-Azulay, 2010)	46
Abbildung 21 Aufbau eines thermoelektrische Generators (R. Paschotta, 2015).....	47
Abbildung 22 Hauptvorteile/Nachteile Thermoelektrik auf einem Rastplatz (Eigene Darstellung, 2017)	47
Abbildung 23 Stecker der IEC- Normenreihe 62196 (62196, IEC, 2016)	53
Abbildung 24 Rastplatz Oberwang liegt auf der A1 bei km 251,1 in RFB Salzburg (Eigene Darstellung, 2017)	55
Abbildung 25 Anlagenbild des Rastplatzes Oberwang in der Überwachungszentrale (Eigene Darstellung, 2017)	55

Abbildung 26 RST Oberwang WC- Anlage mit Dusche Grundriss (Auszug) (Grundrissplan Oberwang Infrastruktur, 2011).....	56
Abbildung 27 RPL Oberwang Messungen Übersicht Anlagenbild (LeP GmbH, 2017)	57
Abbildung 28 Grobablauf der Analyse (Eigene Darstellung, 2017)	58
Abbildung 29 Stromverbrauch Gesamtjahresbrauch (Eigene Darstellungen, 2017).....	58
Abbildung 30 Stromverbrauch Gesamtjahresbrauch Aufteilung (Eigene Darstellungen, 2017)	59
Abbildung 31 Stromverbrauch Jahresverlauf (Eigene Darstellungen, 2017)	59
Abbildung 32 Stromverbrauch Monatsverteilung – Verbrauchergruppen 2015 (Eigene Darstellungen, 2017)	60
Abbildung 33 Flächenmanagement am Bestand für alternative Energieträger (Eigene Darstellungen, 2017)	63
Abbildung 34 Aufbau der Excelliste Reiter Rohdaten- Berechnungen (Eigene Darstellung, 2017).....	64
Abbildung 35 Verlauf Lastprofil RST Oberwang (Eigene Darstellungen, 2017).....	65
Abbildung 36 Infrarotwärmeplatte an der Decke (Eigene Darstellung, 2017)	79
Abbildung 37 Strom- LKW mit Oberleitung Teststrecke in Deutschland (Der Standard, 2017)	82
Abbildung 38 Fotomontage Rastplatz wird geladen und hat Energie (Eigene Darstellung, 2017)	83
Abbildung 39 Fotomontage Rastplatz benötigt Energie (Eigene Darstellung, 2017)	84
Abbildung 40 Infrastrukturzeile Frontansicht Sommer 2016 (Eigene Darstellung, 2017).....	101
Abbildung 41 Infrastrukturzeile Frontansicht Winter 2017 (Eigene Darstellung, 2017).....	101
Abbildung 42 Übersicht auf den Rastplatz (Eigene Darstellung, 2017)	102
Abbildung 43 Stromanspeise Verteiler des EVU für den Rastplatz (Eigene Darstellung, 2017)	102
Abbildung 44 Strommessgerät je Phase des Gesamtenergieverbrauches (Eigene Darstellung, 2017).....	103
Abbildung 45 Strommessgerät je Verbrauchergruppe (Eigene Darstellung, 2017)	103
Abbildung 46 Elektroverteilung Übersicht der einzelnen Sicherungsautomaten (Eigene Darstellung, 2017)	104
Abbildung 47 Notrufsäule beim Rastplatz (Eigene Darstellung, 2017).....	105
Abbildung 48 Mast mit 2 Videokameras, einer WLAN Antenne sowie LED- Leuchtkörper (Eigene Darstellung, 2017).....	105
Abbildung 49 Typ FLIR E4 Infrarotkamera mit MSX und einer IR-Auflösung von 80 x 60 (Infrarotkamera FLIR 4, 2016)	106

12 Formelverzeichnis

Formel 1: Ermittlung Photovoltaik Leistung.....	66
Formel 2: Ermittlung Photovoltaik System.....	66
Formel 3: Ermittlung erzielbare Leistung Photovoltaik.....	68
Formel 4: Leistung Photovoltaik.....	68
Formel 5: Modell Windkraft System.....	69
Formel 5: Amortisationsdauer.....	74

13 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Ergebnisse der "Energiebilanz Betrieb" (ASFINAG, 2015)	26
Tabelle 2 Hierarchische Darstellung der empfohlenen Energieversorgungsmaßnahmen für Null- oder Plusenergiegebäude (Torcellini, 2006)	36
Tabelle 3 Hauptvorteile/Nachteile Sonnenenergie (Photovoltaik) auf einem Rastplatz (Eigene Darstellung, 2017)	37
Tabelle 4 Kristalliner Aufbau von Solarmodulen (Justh, 2014)	38
Tabelle 5 Hauptvorteile/Nachteile Windenergie auf einem Rastplatz (Eigene Darstellung, 2017)	42
Tabelle 6 Hauptvorteile/Nachteile Wasserenergie auf einem Rastplatz (Eigene Darstellung, 2017)	43
Tabelle 7 Hauptvorteile/Nachteile Biomasse auf einem Rastplatz (Eigene Darstellung, 2017)	44
Tabelle 8 Hauptvorteile/Nachteile Geothermie auf einem Rastplatz (Eigene Darstellung, 2017)	45
Tabelle 9 Hauptvorteile/Nachteile Piezoelektrik auf einem Rastplatz (Eigene Darstellung, 2017)	46
Tabelle 10 Grundlage für die verwendbaren Bereiche und deren Flächen (Eigene Darstellungen, 2017)	63
Tabelle 11 Bestimmung erzielbare max. Leistung der PV	68
Tabelle 12 Leistungskurve Windrad (Eigene Darstellung, 2017)	69
Tabelle 13 Pivot Tabelle je Monate Gesamtergebnis - alle Werte in Wh. (Eigene Darstellung, 2017)	71
Tabelle 14 Kostenschätzung PV RST Oberwang (Eigene Darstellung, 2017)	72
Tabelle 15 Gesamtkosten PV RST Oberwang (Eigene Darstellung, 2017)	73
Tabelle 16 Kostenschätzung Windrad RST Oberwang (Eigene Darstellung, 2017)	74
Tabelle 17 Gesamtkosten Windkraft RST Oberwang (Eigene Darstellung, 2017)	74
Tabelle 18 Berechnung PV Amortisationsdauer (Eigene Darstellung, 2017)	76
Tabelle 19 Berechnung Auszug Windenergie Amortisationsdauer (Eigene Darstellung, 2017)	77
Tabelle 20 Anhang FM Tätigkeiten - 3 Säulenmodell (Ncvy, 2006)	98
Tabelle 21 Anhang Abdeckung der GEFMA 100-2 durch FM- Standards 1 (Fleischmann, 2007)	99
Tabelle 22 Anhang Abdeckung der GEFMA 100-2 durch FM- Standards 2 (Fleischmann, 2007)	100
Tabelle 23 FLIR E4 Technischen Daten (Infrarotkamera FLIR 4, 2016)	106

14 Abkürzungsverzeichnis

A1	Autobahn Nr.1- Westautobahn
ASFINAG	Autobahnen- und Schnellstraßen- Finanzierungs- Aktiengesellschaft
ABM	Autobahnmeisterei
EEffG	Energieeffizienzgesetz
E- Auto	Elektro Auto
EK	Energiekonzept
EU	Europäische Union
FM	Facility Management
Fr	Fahrtrichtung
Fz	Fahrzeug
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
KFZ	Kraftfahrzeuge
PKW	Personen Kraft Wagen
LED	Light e mitting d iode
LKW	Last Kraft Wagen
PV	Photovoltaik
PM10	particulate m atter
PP	Parkplatz
PW	Pumpwerk
RFB	Richtungsfahrbahn
RVS	Richtlinien und V orschriften für das S traßenwesen
RST	Rast platz
RS	Rast station
SW	S oftware
TU	Technische U niversität
USV	unterbrechungsfreie S trom v ersorgung
VBA	V erkehrsbeeinflussungs a nlage

15 Anhang

15.1 Darstellung von Facility Management - Gliederung der Tätigkeitsbereiche in drei Säulen

INFRASTRUKTURELLES GEBÄUDEMANAGEMENT	KAUFMÄNNISCHES GEBÄUDEMANAGEMENT	TECHNISCHES GEBÄUDEMANAGEMENT
Flächenmanagement • Gebäudeobjektverwaltung • Flächennutzungsmanagement • Belegungsplanung /-controlling • Umzugsmanagement • Umzugsdienst • Parkplatzverwaltung • Inventarisierung • Umnutzungsplanung	Budgetplanung und -kontrolle • Kostengliederung • Kostenstellenzuordnung • Betriebskostengliederung • Unterhaltskosten • Nebenkosten / Miete • Einkauf FM Leistungen • Einkauf FM Produkte • Verrechnung Services	TGA Management • Gas • Wasser • Abwasser • Wärmeversorgung • Raumluft • Kälte • Elektro • Blitzschutz • Aufzüge • Küchen • Bau / Innenausbau (Türen, Tore, Doppelböden) • Gebäudeleittechnik • Kabelmanagement • Fernmeldeeinrichtungen • Telefonie • EDV • Sicherheitstechnik • Büro- / Spitalgeräte • Umwelttechnik
Reinigung • Innen- / Aussenreinigung • Pflege der Aussenanlagen • Pflanzenpflege im Gebäude • Winterdienst	Flächenverrechnung • Kostenumlage auf Flächen • Flächenübergabe, -abnahme • Flächenbezogene Buchhaltung	
Allgemeine technische Dienste • Verwaltung der Schliessanlagen • Betrieb der technischen Anlagen und Zentralen • Bereitschaftsdienst / Überwachung • Hauswartung / Haustechniker • Kontrolle der Handwerker • Ersatzteillager • Interventionsplanung • Telefon- und LAN-Anschlussverwaltung • Abfalltrennung und -entsorgung • Austausch der Beleuchtungskörper • Codierung und Verwaltung von Chipkartensystemen	Dokumentation und Reports • Berichtswesen • Dokumentenverwaltung • Langfristige Kostenplanung • Auswertung und Vergleich von Kennwerten (Flächen, Energie) • Inventarisierung • Kostenermittlung nach verschiedenen Normen	Inspektion / Wartung / Instandsetzung • Wartungsplanung /-strategie • Inspektionsplanung • Inspektion • Instandsetzung
		Folgekosten-Optimierung • Betriebskosten (Energie, Reinigung, Einkauf, Vergabe) • Bauunterhaltskosten • Sanierungskosten
Allgemeine Dienste • Kantine / Catering • Poststelle • Portendienst • Telefonzentrale • Druckerei / Kopierzentrum • Lager- und Inventarverwaltung • Fahrzeugpark • Reisedienst • Zentralarchiv • Botendienste • Einhaltung von Behördenauflagen	Vertragswesen • Vertragsverwaltung / -abwicklung • Vertragsabschluss / -überwachung • Versicherungen • Ausschreibung und Vergabe von Dienstleistungen intern und extern	Energiemanagement • Systemanalysen • Energieeinkauf
Sicherheit • Werksschutz • Intrusionsschutz • Umweltsicherheit		

Tabelle 20 Anhang FM Tätigkeiten - 3 Säulenmodell (Ncvy, 2006)

15.2 Prozesse nach GEFMA 100

Prozesse nach GEFMA 100-2		Nennungen	Fkt.nach Barrett	VDMA 24196	GEFMA 100	DIN 32736	ÖNORM A 7000	Fkt. nach Navy	Fkt. nach Braun
1.000 KONZEPTIONSPHASE	1								
2.000 PLANUNGSPHASE	1								
3.250 Objekte erstmals ausstatten / einrichten	1								
3.300 Bauleistungen überwachen	1								
3.330 Abnahmen & Übergaben durchführen	1								
4.100 Objekte verkaufen	2								
4.300 Objekte / Flächen vermieten oder verpachten	4								
5.100 Objekte ankaufen	1								
5.110 Markterkundungen durchführen	1								
5.300 Objekte / Flächen anmieten oder pachten	1								
6.100 Objektbetrieb managen	2								
6.120 FM-Tools bereitstellen	5								
6.130 Meldungen verfolgen	2								
6.140 Dokumentationen pflegen	2								
6.150 Qualitätsmanagement im FM organisieren	3								
6.160 Umweltschutz im FM organisieren	1								
6.170 Arbeitssicherheit im FM organisieren	3								
6.210 Flächenmanagement in LzPh. 6 durchführen	6								
6.220 Umzugsdienstleistungen erbringen	6								
6.300 Objekte betreiben	7								
6.310 Anlagen & Einrichtungen bedienen	4								
6.410 Objekte versorgen	3								
6.420 Energiemanagement durchführen	7								
6.430 Objekte entsorgen	5								
6.500 Objekte reinigen & pflegen	7								
6.560 Wäschereidienste erbringen	1								

Tabelle 21 Anhang Abdeckung der GEFMA 100-2 durch FM- Standards 1 (Fleischmann, 2007)

Prozesse nach GEFMA 100-2		Nennungen	Fkt.nach Barrett	VDMA 24196	GEFMA 100	DIN 32736	ÖNORM A 7000	Fkt. nach Növy	Fkt. nach Braun
6.570	Außenanlagen reinigen & pflegen (Sommer- & Winterdienste)	4							
6.580	Pflanzen pflegen außen & innen	3							
6.600	Objekte schützen & sichern	7							
6.610	Objektschutz / Werkschutz erbringen	2							
6.630	Revierwach- /Streifen- und Postendienste durchführen	1							
6.640	Ordnungsdienste erbringen	2							
6.650	Schließverwaltung durchführen	1							
6.720	Mietverwaltung durchführen	2							
6.730	Sachvermögen verwalten	5							
6.740	FM-Rechnungswesen und FM-Controlling durchführen	7							
6.750	Objektbuchhaltung durchführen	2							
6.760	Vertrags- und Versicherungsmanagement durchführen	5							
6.770	Mängelansprüche geltend machen	3							
6.780	FM-Personal verwalten	1							
6.790	Sonstige Verwaltung	4							
6.810	Büroservices erbringen	5							
6.820	Postdienste, Warenannahme und -ausgabe durchführen	5							
6.840	Veranstaltungsdienste erbringen	2							
6.850	Verpflegung bereitstellen /Catering	5							
6.860	Handwerksdienste erbringen	5							
6.870	Beförderungs- und Transportdienste erbringen	5							
6.880	Beschaffungen durchführen	4							
6.890	Sonstigen Support bereitstellen, z.B. EDV-Support	6							
6.910	Projekte in LzPh. 6 managen	2							
6.960	Leistungen überwachen	1							
7.000	UMBAU- & SANIERUNGSPHASE	5							

Tabelle 22 Anhang Abdeckung der GEFMA 100-2 durch FM- Standards 2 (Fleischmann, 2007)

15.3 Fotodokumentation des Rastplatzes Oberwang vom September 2016 und Jänner 2017



Abbildung 40 Infrastrukturzeile Frontansicht Sommer 2016 (Eigene Darstellung, 2017)



Abbildung 41 Infrastrukturzeile Frontansicht Winter 2017 (Eigene Darstellung, 2017)



Abbildung 42 Übersicht auf den Rastplatz (Eigene Darstellung, 2017)



Abbildung 43 Stromanspeise Verteiler des EVU für den Rastplatz (Eigene Darstellung, 2017)



Abbildung 44 Strommessgerät je Phase des Gesamtenergieverbrauches (Eigene Darstellung, 2017)



Abbildung 45 Strommessgerät je Verbrauchergruppe (Eigene Darstellung, 2017)

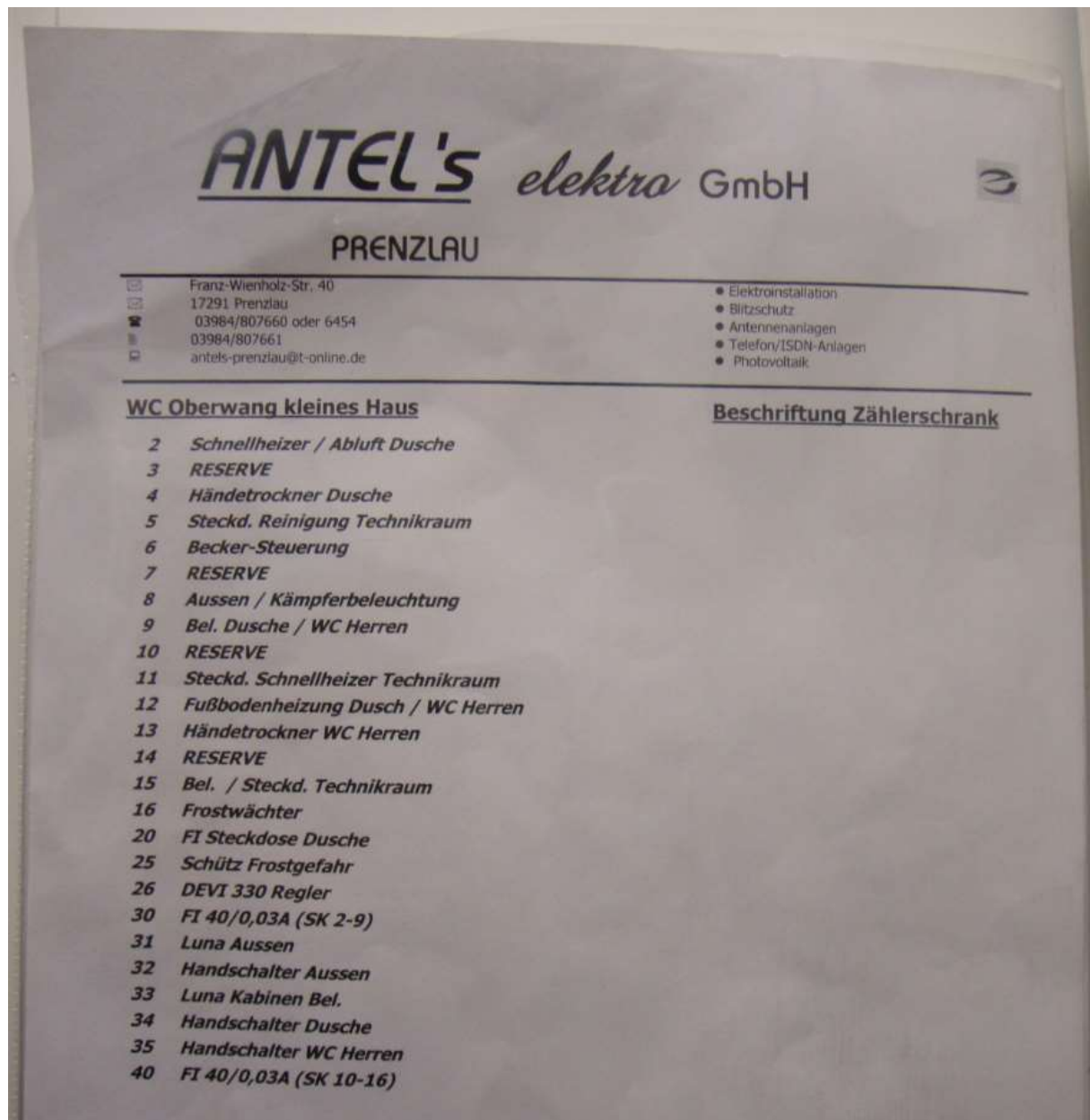


Abbildung 46 Elektroverteilung Übersicht der einzelnen Sicherungsautomaten (Eigene Darstellung, 2017)



Abbildung 47 Notrufsäule beim Rastplatz (Eigene Darstellung, 2017)



Abbildung 48 Mast mit 2 Videokameras, einer WLAN Antenne sowie LED- Leuchtkörper (Eigene Darstellung, 2017)

15.4 Wärmebildvermessung einer Standard Rastplatz Infrastrukturzeile am Beispiel Ornding auf der A1

Die folgenden Messungen wurden mit einer Wärmebildkamera des Typs FLIR E4 am Rastplatz Ornding⁸⁴ auf der A1 durchgeführt. Dabei wurden die Objekte mit diesem Gerät abfotografiert, dabei wurde ein Thermobild erstellt.

Allgemein kann ausgesagt, werden dass die neuen Infrastrukturzeilen gute Werte im Hinblick auf die Wärmedämmung aufweisen.



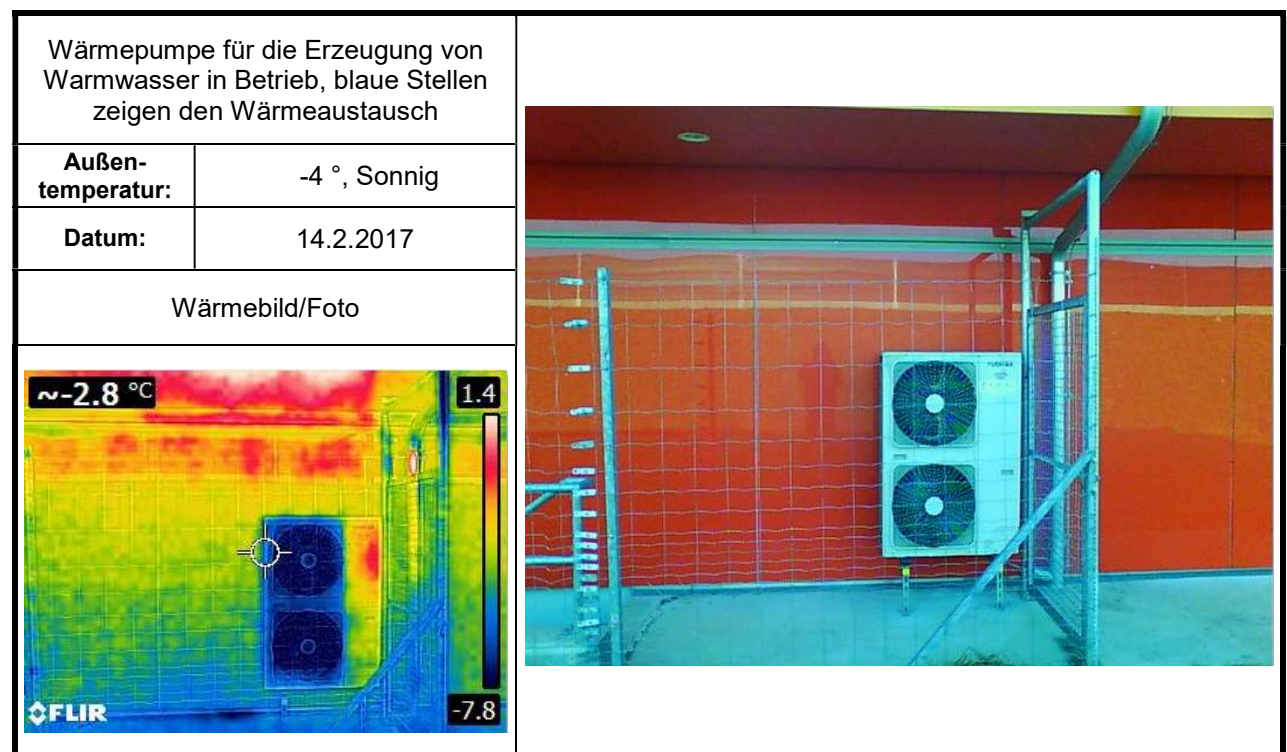
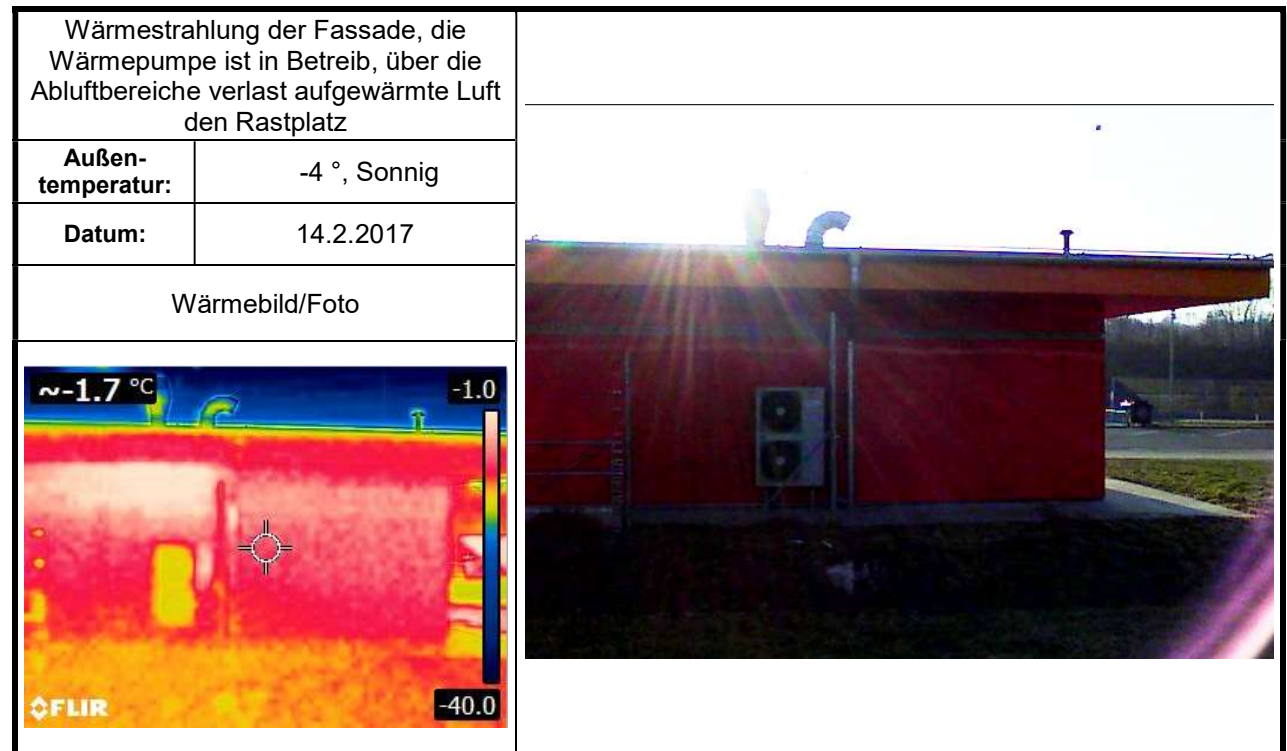
Abbildung 49 Typ FLIR E4 Infrarotkamera mit MSX und einer IR-Auflösung von 80 x 60 (Infrarotkamera FLIR 4, 2016)

Die technischen Daten sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

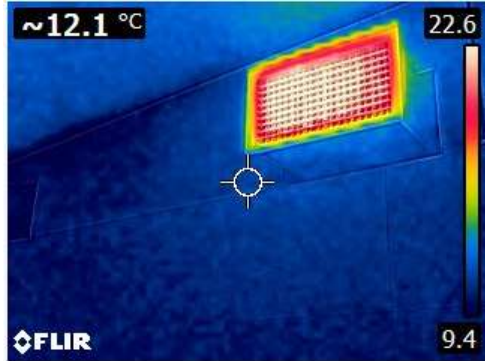
Modellnummer	FLIR E4	
Bilderzeugung und optische Daten		
IR-Auflösung	80 x 60	
MSX-Auflösung	320 x 240	
Thermische Empfindlichkeit	<0,15 °C	
Sichtfeld (FOV)	45° x 34°	
Fokus	Fokussierfrei	
Detektor	Ungekühlter Mikrobolometer	
Display	3,0 Zoll 320 x 240 Farb-LCD	
Bildwiederholfrequenz	9 Hz	
Analyse		
Bildmodi	IR-Bild, visuelles Bild, MSX, Galerie mit Miniaturvorschaubildern	IR-Bild, visuelles Bild, MSX, Bild-in-Bild, Galerie mit Miniaturvorschaubildern

Tabelle 23 FLIR E4 Technischen Daten (Infrarotkamera FLIR 4, 2016)

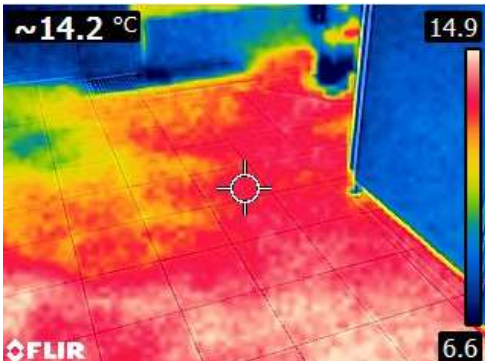
⁸⁴ Hierbei handelt es sich um einem im Jahr 2016 eröffneten Rastplatz.



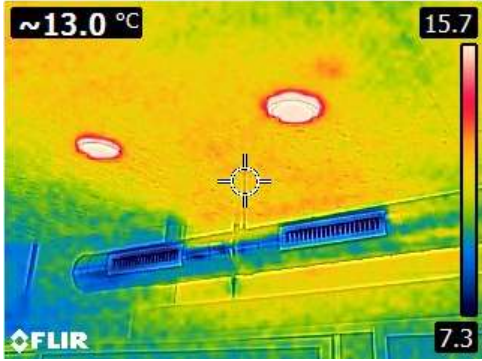
Heizungszuluftkanal führt warme Luft in den WC- Bereich	
Außen-temperatur:	-4 °, Sonnig
Datum:	14.2.2017
Wärmebild/Foto	




Nasszeile des Herren WC's, die Funktion der Fußbodenheizung ist gut ersichtlich, ebenso den Wärmeaustritt im Eingangstürbereich.	
Außen-temperatur:	-4 °, Sonnig
Datum:	14.2.2017
Wärmebild/Foto	




Nasszeile des Herren WC's, die Beleuchtungskörper (LED) tragen auch zur Wärmestrahlung bei, die Abluftventilation entzieht dem Raum warme Luft.		
Außen-temperatur:	-4 °, Sonnig	
Datum:	14.2.2017	
Wärmebild/Foto		



Mast mit Videokamera und zwei LED Leuchtkörpern, da Beleuchtung ausgeschaltet ist, keine Wärmeentwicklung. Jene der Kamera ist nicht erfassbar.		
Außen-temperatur:	-4 °, Sonnig	
Datum:	14.2.2017	
Wärmebild/Foto		

