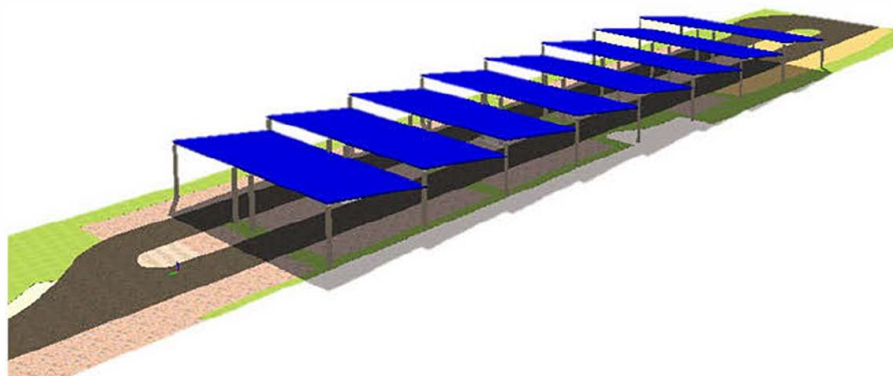


# Nachhaltiges Pendeln durch Solar-P+R-Anlagen in der Region München

Ein Konzept von:

29.06.2023



Für die  
Landeshauptstadt München  
z.H. Frau [REDACTED]  
Ideenbörse  
Marienplatz 8  
80331 München



Dieses Projekt findet im Rahmen des Moduls „ZukunftGestalten@HM“ fakultätsübergreifend während des Bachelorstudiums statt. Die Besonderheit an dem Projekt ist, dass die Idee aus den Reihen der Studierenden stammt.

Betreuer: [REDACTED]

# Inhalt

---

1	Hintergrund .....	1
2	Detailbetrachtung P+R-Anlagen .....	2
2.1	Grundlagenermittlung.....	2
2.2	Ortsbesichtigung Daglfing.....	2
3	Rahmenbedingungen.....	5
3.1	Technisches Konzept.....	5
3.1.1	Stromabgabe an Ladesäulen.....	5
3.1.2	Stromerzeugung durch PV-Überdachung.....	6
3.1.3	Simulation der Verknüpfung von PV und Laden .....	8
3.2	Nachhaltige bautechnische Aspekte .....	11
3.3	Gesellschaftliche Akzeptanz.....	12
3.4	Einfügen in die Umgebung Daglfing.....	13
4	Geschäftsmodell .....	14
5	Kostenanalyse.....	16
6	Auswirkungen auf die Umwelt und Bevölkerung .....	18
6.1	Auswirkungen auf die Umwelt.....	18
6.2	Auswirkungen für die Bevölkerung.....	21
7	Marketingkampagne.....	23
7.1	Ziel der Kampagne .....	23
7.2	Medienplanung und Kosten.....	23
7.3	Marktübersicht.....	24
7.3.1	Fahrgastfernsehen.....	24
7.3.2	City-Light-Poster und Infoscreens.....	25
8	Entwurf eines Parkplatzes .....	26
8.1	Ökologische bauliche Einrichtung.....	26
8.2	Wahl geeigneter Dachneigung in Südausrichtung.....	26
8.3	Gesunder Wasserkreislauf.....	28
8.4	Entsiegelung von Flächen.....	29
8.5	Nachhaltiges nächtliches Beleuchtungskonzept .....	29
9	Ansprechpartner:innen .....	30
10	Anhang.....	31
	Literaturverzeichnis.....	32

# 1 Hintergrund

---

Durch die PV-Überdachung einer P+R-Anlage soll eine nachhaltigere und CO<sub>2</sub>-ärmere Zukunft gestaltet werden, indem das Pendeln für alle Menschen in und um München umweltfreundlicher wird. Das Konzept trägt dazu bei, dass Pendler:innen ihre Arbeitsstätten in München bequem mit öffentlichen Verkehrsmitteln erreichen können und dabei am Stadtrand auf P+R-Anlagen ihre E-Autos aufladen können. Zusätzlich wird durch die Lademöglichkeit mit Solarstrom auch ein Anreiz für die Nutzung von E-Autos geschaffen.

Durch eine Überdachung von P+R-Anlagen mit Solarpanels können die bereits versiegelten Flächen doppelt genutzt werden. Die Solarparkplätze sollen regenerative Energie produzieren, womit die Pendler:innen direkt vor Ort ihre Fahrzeuge laden können. Darüber hinaus kann der Strom bei Überschuss in das öffentliche Energieversorgungsnetz eingespeist werden. Durch die Möglichkeit bei Tageslicht zu laden, können außerdem nächtliche Ladespitzen reduziert und somit auch eine Entlastung für das Energieversorgungsnetz geschaffen werden. Zusätzlich wird die vorhandene Infrastruktur für Lademöglichkeiten in suburbanen und ländlichen Regionen ausgebaut. Derzeit besitzen die P+R-Anlagen insgesamt nur 32 Ladeplätze [21] von über 12.000 Parkplätzen [21]. Zudem wird das Verkehrsnetz innerhalb der Stadt entlastet, weil durch eine bessere Ladeinfrastruktur ein erhöhter Anreiz für Pendler:innen mit elektrischen PKWs geschaffen wird, außerhalb der Stadt zu parken und den öffentlichen Nahverkehr zu nutzen.

Das Ziel ist es, ein nachhaltiges und zukunftsweisendes Mobilitätskonzept zusammen mit einer Potenzialanalyse für zukünftig photovoltaiküberdachte P+R-Anlagen in München zu entwickeln, das nicht nur die Umwelt schont, sondern auch den Ausbau regenerativer Energien vorantreibt und wegweisend für andere öffentliche Parkplätze sein wird.

Nachdem in anderen deutschen Bundesländern bereits die Pflicht zur Überdachung mit Solarpanels von neugebauten, größeren versiegelten Flächen besteht oder geplant ist [20], soll dieser Ansatz auch in Bayern etabliert und zudem auf bereits bestehende Parkplätze ausgeweitet werden.

Dieses Projekt trägt zur praxisorientierten Erreichung mehrerer Ziele der von der UN festgelegten Sustainable Development Goals (SDGs) [29] bei. Im Laufe des Konzeptes werden diese genauer beschrieben.

## 2 Detailbetrachtung P+R-Anlagen

---

Für eine bessere Nachvollziehbarkeit dieses Konzeptes wurde der Standort Daglfing als Beispielanlage gewählt, dieser Standort wurde von der Landeshauptstadt München vorgegeben. Ein weiterer geeigneter Standort wäre beispielsweise das Westkreuz.

### 2.1 Grundlagenermittlung

In München waren im Jahr 2022 etwa 35.000 Elektroautos zugelassen [14]. Die Park+Ride GmbH betreibt insgesamt 38 Parkanlagen mit über 12.000 Parkplätzen in der Stadt [21]. Allerdings verfügen laut Betreiberwebseite nur fünf dieser Parkanlagen über Ladestationen für E-Autos. Insgesamt gibt es somit lediglich 32 Ladestationen für Elektrofahrzeuge [21], die von der Park+Ride GmbH in München angeboten werden. Es besteht somit ein Bedarf nach weiteren Ladestationen, um den wachsenden Elektromobilitätssektor in der Stadt zu unterstützen.

### 2.2 Ortsbesichtigung Daglfing

Das Ziel der Ortsbegehungen der beiden Parkplätze in Daglfing war es, einen genauen Überblick über die aktuelle Infrastruktur und den Aufbau der Parkplätze zu bekommen. Dabei wurde auf folgendes geachtet:

#### 1. Infrastruktur

- Vorhandene Lademöglichkeiten
- Zahlungsmöglichkeiten
- Öffentlicher Straßenverkehr

#### 2. Aufbau des Parkplatzes

- Maße der Parkplätze und Wege
- Beleuchtungseinrichtung
- Begrünung
- Ausrichtung des Parkplatzes

#### 3. Auslastung

- Auslastung des Parkplatzes
- Aktuelle Anzahl parkender E-Autos

#### 4. Mögliche Hindernisse für PV-Installation

- Verschattung durch Baumbestand
- Verschattung durch Nachbargebäude
- Abstand zu Nachbargebäuden

#### 1. Infrastruktur

Auf dem betrachteten Parkplatz Daglfing gibt es bisher keine Lademöglichkeiten für E-Autos. Die Parkgebühr wird mittels eines Parkscheinautomaten am Eingang des Parkplatzes bezahlt.

## 2. Aufbau des Parkplatzes

Auf dem Parkplatz kann in drei Reihen geparkt werden. Zwischen den Reihen ist je eine Straße mit einer Breite von fünf Metern, sowie ein kleinerer Fußgängerstreifen mit einer Breite von einem Meter. Die Maße eines Parkplatzes betragen  $5,1 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ m}$ . In der mittleren Reihe sind immer vier Parkplätze zusammengefasst. Zwischen den Parkblöcken befindet sich auf einem Streifen mit einer Breite von 2,3 m abwechselnd Laternen und kleinere Bäume. Am Ende des Parkplatzes befindet sich eine Wendestelle für den ÖPNV, sowie weitere Parkmöglichkeiten auf einem nicht befestigten Grünstreifen.



Abbildung 1: Parkplatz Daglfing [13] und eigene Aufnahmen

### Begrünung:

Der Bestand weniger größerer Bäume befindet sich im Norden, sowie südlich der Wendestelle. Zwischen den Parkplätzen wurden auf Grünstreifen kleinere Bäume gepflanzt.

### Befestigung:

Die Straßen und Gehwege sind asphaltiert, die Parkflächen sowie jede zweite Mittelinsel gepflastert.

## 3. Auslastung

Zum Zeitpunkt der Begehung war der Parkplatz schätzungsweise mit etwa 50 Autos belegt, dies entspricht der Hälfte. Die Anzahl der E-Autos betrug sechs.

## 4. Mögliche Hindernisse für eine PV-Anlage

Als mögliche Hindernisse stehen sieben größere Bäume im Norden, sowie eine Trafostation im Westen im Weg. Eine mögliche PV-Anlage sollte einen Abstand zum Baumbestand im Süden einhalten (z.B. nördlich der Wendestelle). In allen Fällen muss eine lichte Höhe von 4,50 m eingehalten werden, da der MVG-Linienbus den Parkplatz Daglfing als Wendeschleife benutzt. Außerdem müssen die Schneeräumfahrzeuge die Verkehrsflächen räumen können.

Nach der Ortsbegehung in Daglfing werden nachfolgende Varianten vorgeschlagen:

**1. Variante:**

Nur Überdachung der Parkbuchten immer in 4er Blöcken (Mittelbereich) zwischen den Grüninseln und den äußeren Reihen ohne Fahrgassen

PV-Fläche  $\approx 1.150 \text{ m}^2$

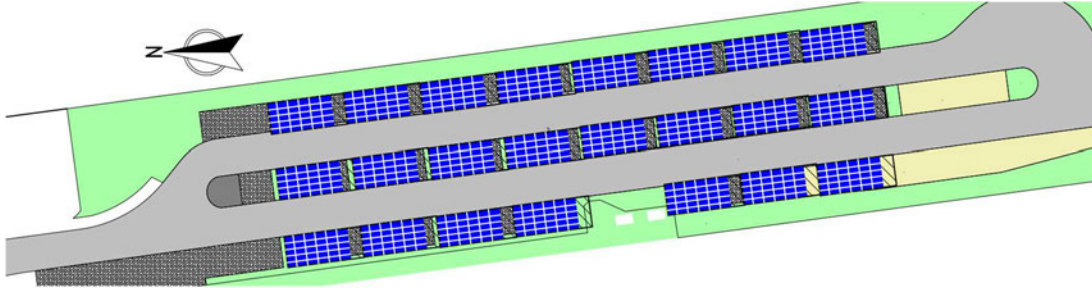


Abbildung 2: Variante 1 nur Überdachung der Parkplätze

**2. Variante:**

Komplette Überdachung inkl. Fahrgassen

PV-Fläche  $\approx 2.200 \text{ m}^2$

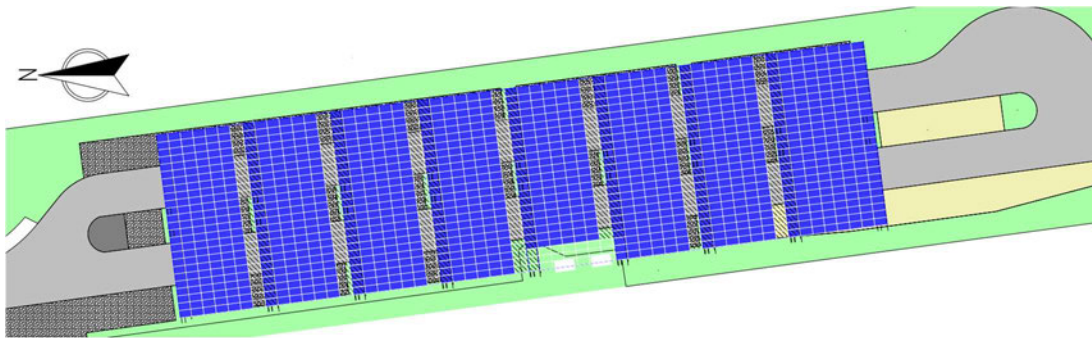


Abbildung 3: Variante 2 Überdachung inkl. Fahrgassen

Bevorzugt wird Variante 2 betrachtet:

- ➔ 1.050 m<sup>2</sup> mehr PV-Fläche und somit höhere Menge an regenerativem Strom
- ➔ Flächige Beschattung sorgt im Sommer für kühlenden Effekt
- ➔ Flächige Überdachung verhindert das extreme Auskühlen der parkenden Autos und minimiert den Bedarf an Standheizungen
- ➔ Das Schneeräumen der überdachten Bereiche entfällt
- ➔ Regenwasser wird nicht durch Straßenoberfläche kontaminiert und kann direkt versickert werden

# 3 Rahmenbedingungen

---

Für dieses Konzept werden nachfolgend die elektro- und bautechnischen Rahmenbedingungen beleuchtet. Welche einen Einfluss auf die Realisierbarkeit dieses Projektes haben können. Wie bereits erwähnt trägt dieses Projekt zur praxisorientierten Erreichung mehrerer Ziele der von der UN festgelegten Sustainable Development Goals (SDGs) [29] bei. Im Laufe des Konzeptes sind diese genauer beschrieben.

## 3.1 Technisches Konzept

### 3.1.1 Stromabgabe an Ladesäulen

Dieses Konzept konzentriert sich darauf, nachhaltige Lademöglichkeiten zu schaffen, um Anreize für Bürgerinnen und Bürger zu setzen, auf Elektroautos umzusteigen. Die primäre Zielgruppe sind Pendlerinnen und Pendler aus dem Münchner Umland, welche derzeit mit Kraftstoffbetriebenen Kraftfahrzeugen zu den P+R-Anlagen pendeln.

Ziel ist es, möglichst viele und einfach bedienbare Ladepunkte an günstigen ÖPNV-Schnittstellen zu schaffen. Auf diese Art ist es durch dieses Konzept möglich, das **SDG 7** („Bezahlbare und Saubere Energie“), **SDG 8**, („Infrastruktur“), **SDG 11**, („Nachhaltige Städte und Gemeinden“), sowie das **SDG 13**, („Maßnahmen zum Klimaschutz“) umzusetzen [29].

Das Konzept beinhaltet die Verwendung von  $230\text{ V} \cdot 16\text{ A} = 3,7\text{ kW}$  Ladesteckern. Diese haben auf den Flächen der P+R einige Vorteile gegenüber den vielverwendeten 11, 22, 110, bzw. 220 kW Ladesäulen:

Zum einen spielt das Nutzerverhalten eine große Rolle. Da die P+R-Anlagen den Umstieg auf öffentliche Verkehrsmittel fördern, entsteht automatisch eine längere Parkdauer. Daher ist es nicht notwendig, die Batterien in kurzer Zeit aufzuladen. Bei einer Parkdauer von 9 Stunden (Zeit für acht Stunden Arbeit und einer Stunde Pendeln) werden beim Laden an den Ladesteckern dieses Konzepts 33,3 kWh in ein Auto geladen. Bei einem durchschnittlichen Verbrauch eines Elektroautos von 15 kWh pro 100 km [6] ist eine Reichweite von 240 km zu erwarten (siehe auch Kapitel Geschäftsmodell). Diese Reichweite ist für die meisten Pendler:innen ausreichend, um den restlichen Heimweg zurückzulegen [34]. Dies soll kurz verdeutlicht werden:

Batteriegröße	Modelle [36]	Ladestand am Ende eines 9 h Ladezyklus
20 bis 45 kWh	Fiat 500e: 24 kWh	100 %
	BMW i3: 27,2 kWh	
	VW e-up! 32,3 kWh	
	Renault Zoe2: 41 kWh	
Über 50 kWh	VW ID.7: 82 kWh	33 bis 67 %
	Lucid Air: 94 kWh	
	BMW i7: 105,7 kWh	

Bei Verwendung von 11 kW Ladesäulen würde ein beispielhaftes e-Auto mit 50 kWh Kapazität innerhalb von 5 Stunden vollgeladen sein. In der restlichen Zeit kann der Ladepunkt nicht verwendet werden. Zusätzlich kann davon ausgegangen werden, dass nur wenige der Batterien beim Anschluss komplett entleert sind.



Außerdem ist bei der Installation von Ladesäulen im öffentlichen Raum auf bestimmte Vorgaben zu achten. Unter anderem müssen bestimmte Punkte der Ladesäulenverordnung (LSV) zur technischen Sicherheit und Interoperabilität, zur technischen Ausstattung, Anzeige- und Meldepflicht eingehalten werden [4]. Durch die Verwendung von 3,7 kW Ladepunkten entfallen diese nach §7 LSV. Demnach ist es auch möglich, auf Schnittstellen zur Autorisierung und Abrechnung zu verzichten und die Ladegebühr am Parkautomaten als Aufpreis zum Parkschein zu zahlen (vgl. Kapitel Geschäftsmodell). Eine Kontrolle des Tickets kann wie bisher erfolgen.

Schließlich sind 3,7 kW Ladepunkte auch deutlich günstiger und benötigen geringere technische Anforderungen. **Mit diesem Konzept können beispielsweise die Kosten für Kabel und Netzanschlüsse einer einzigen 220 kW Schnellladesäule ca. 60 Ladepunkte mit 3,7kW abdecken.**

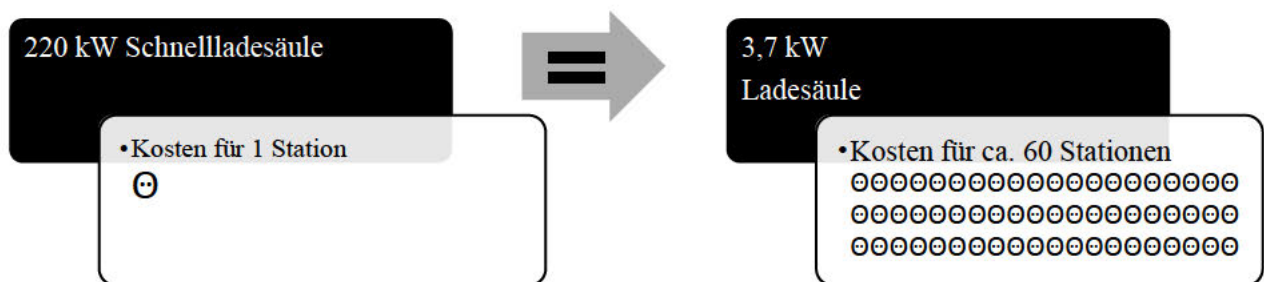


Abbildung 4 Schema Verdeutlichung Kostenersparnis

Eine Förderung der Ladesäulen kann außerdem in Form eines Zuschusses des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) mit bis zu 60% der Gesamtausgaben, maximal aber 2.500 €, pro Ladepunkt beantragt werden [3]. Danach kann außerdem ein Zuschuss für den Netzanschluss an das Niederspannungsnetz mit 10.000 € bzw. an das Mittelspannungsnetz mit bis zu 100.000 € beantragt werden.

### 3.1.2 Stromerzeugung durch PV-Überdachung

Zusätzlich beinhaltet dieses Konzept eine Kombination der Ladefrastruktur mit einer Stromerzeugung vor Ort sowie einer Kopplung an das Stromnetz (siehe *Abbildung 5*). Dafür wird grüner Strom durch die Überdachung der Parkanlagen mit PV-Modulen erzeugt. Somit wird der zweite Teil des **SDG 7** („Bezahlbare und saubere Energie“) erfüllt [29].

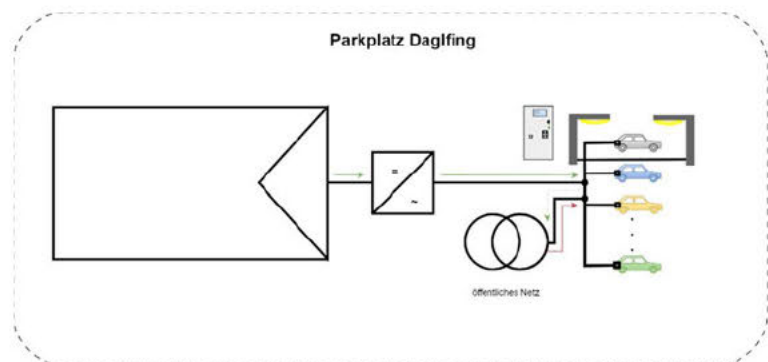


Abbildung 5: Schematischer Aufbau



Es ergeben sich zudem weitere Vorteile:

**1. Flächennutzung:**

Als ersten Vorteil kann hier eine bessere Flächenausnutzung der Stadt München genannt werden. Das ist durch eine doppelte Nutzung der bereits versiegelten Parkflächen möglich. Allein die P+R GmbH besitzt Freiflächenparkplätze in der Größe von ca. 175.000 m<sup>2</sup>, was einer Fläche von 24 Fußballfeldern (105 m · 68 m) entspricht [10]. Nimmt man eine Modulgröße von 1,8 m<sup>2</sup> bei einer Leistung von 385 W<sub>Peak, STC</sub> an, beträgt das Potenzial dieser Fläche für PV somit 37,4 MW<sub>Peak</sub>. Im Vergleich zur installierten PV-Leistung im Raum München Ende 2019 von 66,5 MW<sub>Peak</sub> [26] kann durch die Nutzung der P+R-Flächen die installierte Leistung um 50% erhöht werden. Dadurch kann die Stadt München bei ihrem Masterplan Photovoltaik entlastet werden, indem nicht eingeplante Fläche zur Erzeugung regenerativen Stroms genutzt wird. Dies wird in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

**Installierte PV-Leistung in München**

**Potenzial auf P+R-Flächen**



31 Freiflächenparkplätze mit einer Fläche von ca. 175.000 m<sup>2</sup> (≅ 24 Fußballfeldern)  
12.000 Stellplätze für potentielle neue Ladepunkte

Abbildung 6 Schemata Flächennutzung der P+R-Flächen

**2. Entlastung des öffentlichen Stromnetzes:**

Wie beschrieben parken die meisten Nutzer:innen der P+R-Anlagen tagsüber, wenn die Sonne scheint. Aus den Belegungsprognosen der P+R in der nachfolgenden Abbildung ist ersichtlich, dass die Auslastung einiger Parkplätze zwischen 07:00 Uhr und 16:00 Uhr erhöht ist. Eine PV-Anlage erzeugt somit zyklisch zur höchsten Nachfrage Strom. Dieser Aspekt wird später in diesem Kapitel noch durch eine Modellierung überprüft. In Daglfing wären noch Kapazitäten verfügbar (siehe Zeile 3, Abbildung), weshalb ein zusätzlicher Neugewinn von Nutzer:innen der P+R-Anlage durch neue Lademöglichkeiten erstrebenswert ist, um dadurch den Verkehr in München reduzieren zu können.

P+R Anlage	06:00 - 07:00 Uhr			07:00 - 08:00 Uhr			08:00 - 09:00 Uhr			09:00 - 10:00 Uhr			10:00 - 12:00 Uhr			12:00 - 14:00 Uhr			14:00 - 16:00 Uhr			16:00 - 18:00 Uhr			18:00 - 20:00 Uhr			20:00 - 06:00 Uhr		
	WT	SA	SO	WT	SA	SO	WT	SA	SO	WT	SA	SO	WT	SA	SO	WT	SA	SO	WT	SA	SO	WT	SA	SO	WT	SA	SO	WT	SA	SO
Aidenbachstraße	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	gelb	grün	grün	rot	grün	grün	rot	grün	grün	gelb	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Aubing	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Daglfing	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Feldmoching	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	gelb	grün	grün	rot	grün	grün	gelb	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Freham	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Fürstenried-West (PP)	grün	grün	grün	gelb	grün	grün	rot	grün	grün	rot	grün	grün	rot	grün	grün	rot	grün	grün	gelb	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Großhadern	grün	grün	grün	grün	grün	grün	gelb	grün	grün	rot	grün	grün	rot	grün	grün	gelb	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Kaisfeld-Ost	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	gelb	grün	grün	rot	grün	grün	gelb	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Kaisfeld-West	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	gelb	grün	grün	gelb	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Largwied	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Lochhausen-Nord	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	gelb	grün	grün	gelb	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Lochhausen-Süd	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Michaelibad	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Neuperlach Süd	grün	grün	grün	gelb	grün	grün	rot	grün	grün	rot	grün	grün	rot	grün	grün	rot	grün	grün	gelb	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Oberwiesenfeld	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	gelb	grün	grün	gelb	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Perlach	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Riem	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Solin	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Studentenstadt	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Trudering-Nord	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	gelb	grün	grün	gelb	grün	grün	gelb	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Trudering-Süd	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	gelb	grün	grün	gelb	grün	grün	gelb	grün	grün	gelb	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Westfriedhof (PP)	grün	grün	grün	grün	grün	grün	gelb	grün	grün	gelb	grün	grün	gelb	grün	grün	gelb	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Westkreuz	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün

LEGENDE
grün
bis 75 %
gelb
75 - 90 %
rot
bis 100 %

Abbildung 7: Belegungsprognosen P+R Parkplätz [45]

### 3. Förderung des Bewusstseins für die Nutzung regenerativ erzeugten Stroms:

Eine PV-Anlage kann dazu beitragen, das Bewusstsein der Bürgerinnen und Bürger zu fördern, mit nachhaltig erzeugtem Strom umzugehen. Beispielsweise kann durch die Verknüpfung der Ladeinfrastruktur mit einer PV-Anlage tagsüber ein günstiger Preis angeboten werden.

#### 3.1.3 Simulation der Verknüpfung von PV und Laden

Um den Nutzen einer PV-Anlage auf einem P+R Parkplatz darzustellen wird beispielhaft angenommen, dass die 5,1 m · 2,5 m Fläche eines Stellplatzes eine Installation von 10 Modulen á 385 Watt zulässt. Der nachfolgenden Abbildung ist zu entnehmen, dass eine entsprechende PV-Anlage am Standort München pro Jahr ca. 3.500 kWh Energie erzeugt. Dieser Wert ergibt sich aus den auf 1 kW normierten, stündlichen Einstrahlungsdaten  $P_{\text{Einstrahlung}}$  für den Standort Daglfing:

- Ausrichtung der Anlage von  $7^\circ$  (Süd)
- Neigungswinkel Dach gewählt von  $5^\circ$  [23]

durch die Multiplikation mit der Nennleistung  $P_n$  von 3,85 kW und Aufsummierung der 8760 Einzelwerte [A2-1].

$$[A2-1] \quad E_{PV,a} = \int_0^{8760h} (P_{\text{Einstrahlung}} \cdot P_n) dt \quad [28]$$

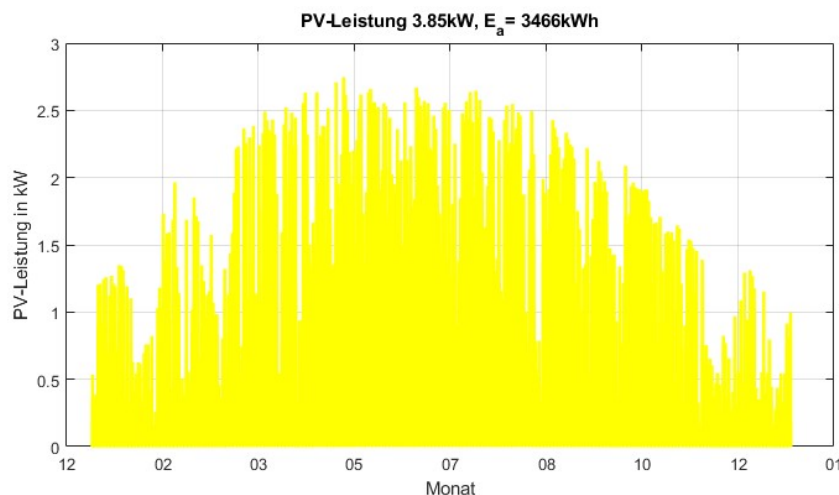


Abbildung 8: Einstrahlungswerte Standort München umgerechnet auf 3,85 kWpeak

Exemplarisch werden nun 2 verschiedene Szenarien betrachtet, da davon ausgegangen werden kann, dass die Auslastung nicht immer gleich sein wird und die realen Zahlen in einem Zwischenbereich liegen werden.

1. Es wird angenommen, dass täglich auf diesem Parkplatz ab 08.00 Uhr ein Auto bis 20.00 Uhr parkt und permanent mit der maximal verfügbaren Ladeleistung  $P_{\text{Laden}}$  von 3.700 W lädt (siehe *Abbildung 9, links*). Das entspricht Nutzer:innen, die den ganzen Tag in der Stadt verbringen. Somit wird dort jährlich 16.200 kWh/Jahr an Strom abgenommen (siehe *Abbildung 9, links*) [A2-2].

$$[A2-2] \quad E_{\text{abgenommen},12h} = \int_{08:00\text{Uhr}}^{20:00\text{Uhr}} P_{\text{Laden}} dt \cdot 365 = 16.200 \frac{\text{kWh}}{\text{Jahr}} \quad [28]$$



2. Es wird angenommen, dass sich die tägliche Parkzeit eines Autos auf 9 Stunden, von 08:00 Uhr bis 17:00 Uhr, reduziert (siehe *Abbildung 9, rechts*). Das entspricht der Arbeitszeit einer Pendlerin oder eines Pendlers. Somit wird jährlich 12.200 kWh/Jahr an Strom abgenommen [A2-3]. Vereinfachend wird angenommen, dass auch am Wochenende die Ladeangebote von Personen genutzt werden, welche beispielsweise zum Einkaufen oder zu Veranstaltungen im Innenstadtbereich von München fahren.

$$[A2-3] \quad E_{abgenommen,9h} = \int_{08:00Uhr}^{20:00Uhr} P_{Laden} dt \cdot 365 \text{ Tage} = 12.200 \frac{kWh}{\text{Jahr}} [28]$$

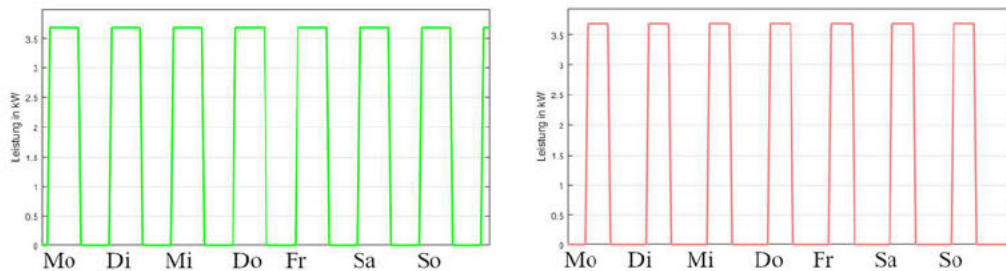


Abbildung 9 Ladecharakteristik mit 12h (links) und 9h (rechts) laden

In *Abbildung 10* wird der erzeugte Strom dem abgegebenen Strom in Form der stündlichen Erzeugungswerte gegenübergestellt.

Alle Werte, die oberhalb der X-Achse liegen, also größer als Null sind, entsprechen einer Netzeinspeisung. Alle Werte, die unterhalb der X-Achse liegen, entsprechen einem Energiebezug aus dem öffentlichen Netz.

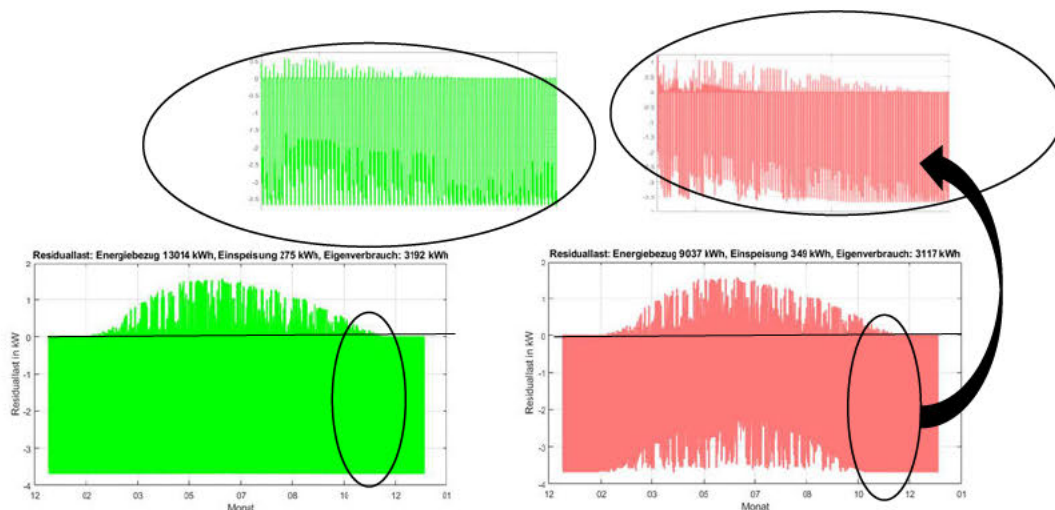


Abbildung 10 Modellierung von Erzeugung (3,85kW PV) mit einem Verbraucher (12h Laden (links) und 9h Laden (rechts))

Es ist festzustellen, dass bei Szenario 1 (*Abbildung 10, links*) ca. 92% der vor Ort erzeugten Energie direkt genutzt werden kann. Lediglich 8% der erzeugten Energie würde nicht genutzt oder in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden.

Die lokale Autarkie [28] (Verhältnis von Eigenverbrauch zu Gesamtverbrauch) entspricht ungefähr 19% [A2-5].

$$[A2-5] \quad AUT_{lok} = \frac{E_{eig,a}}{E_{load,a}}$$

Die bilanzielle Autarkie [28] (Verhältnis von Stromerzeugung zu Gesamtverbrauch) entspricht hier ungefähr 21% [A2-6].

$$[A2-6] \quad AUT_{bil} = \frac{E_{PV,a}}{E_{load,a}}$$

Ladestationen, welche über PV-Anlagen mit Strom versorgt werden können aus elektrotechnischen Gründen nicht zu 100% über den Strom der PV-Anlage versorgt werden. Auf die verschiedenen Gründe soll an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden. Allerdings ergibt sich daraus die Notwendigkeit eine durchgehende Netzanbindung (Alternativ Speicheranbindung in Form einer Batterie) sicherzustellen. Das Ladesystem bezieht aus elektrotechnischen Gründen deshalb immer einen gewissen Anteil der notwendigen Energie aus dem Netz. Bei Szenario 2 (*Abbildung 10*, rechts) ist ersichtlich, dass ab Mitte Februar (Monat 02) bis Anfang Oktober (Monat 10) ein deutlich geringeren Energiebezug aus dem öffentlichen Netz benötigt wird. Zwar sinkt die Eigenverbrauchsquote auf 89%, da auch nach 17:00 Uhr noch eine Einstrahlung vorhanden ist, wodurch die Einspeisung steigt. Jedoch sinkt auch der netzseitige Energiebezug. Das Verhältnis von Eigenverbrauch zur bezogenen Energie steigt von 24% in Szenario 1 auf 34%. In der nachfolgenden Tabelle werden die eben aufgezeigten Informationen zusammenfassend aufgezeigt.

Tabelle 1 Zusammenfassung Autarkie eines Parkplatzes nach Szenario 1 und 2

	Szenario 1 08:00 Uhr – 20:00 Uhr	Szenario 2 08:00 Uhr – 17:00 Uhr
Lokale Autarkie [%]	19,7	25,6
Bilanzielle Autarkie [%]	21,4	28,5
Netzeinspeisung [%]	8	10

In *Abbildung 11* wird abschließend dargestellt, inwiefern diese Modellierung für den beispielhaft gewählten Parkplatz Daglfing skalierbar ist. Dafür werden in *Abbildung 10*, links 50 gleichzeitig ladende Autos mit einer Parkdauer von 08:00 Uhr bis 20:00 Uhr (siehe Szenario 1) angenommen. In *Abbildung 11*, rechts beziehen 50 Autos gleichzeitig Strom auf der Parkanlage. Die Fläche der Photovoltaikanlage für eine komplette Überdachung des Parkplatzes inklusive der Fahrwege wird dabei wie in der Ortsbegehung *Abbildung 4* (Variante2) festgelegt. Die Leistung der PV-Anlage wird auf 473 kW<sub>peak</sub> skaliert.



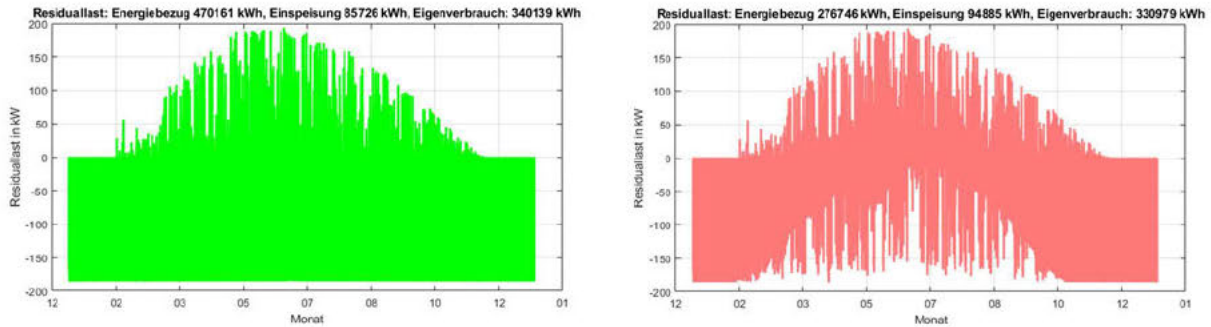


Abbildung 11: Modellierung von Erzeugung (473 kW PV) mit 50 Verbraucher:innen (12h Laden (links) und 9h Laden (rechts))

Aus den Ergebnissen in *Tabelle 2* zeigt sich, dass bei dieser Auslegung zwischen 42% und 54,5% die Energie verbraucht werden kann, die auch vor Ort erzeugt wird. Jedoch ist bei diesem Verhältnis von PV-Leistung und Abnahme eine Einspeisung des überschüssigen Stroms sinnvoll, da ansonsten mindestens ein Fünftel der grün erzeugten Energie nicht genutzt werden kann.

Tabelle 2 Autarkie des Parkplatzes Daglfing

	08:00 Uhr – 20:00 Uhr	08:00 Uhr – 17:00 Uhr
Lokale Autarkie [%]	42,0	54,5
Bilanzielle Autarkie [%]	52,6	70,0
Netzeinspeisung	20,1	22,3

### 3.2 Nachhaltige bautechnische Aspekte

Vor allem im Baugewerbe werden viele wertvolle Ressourcen verbraucht, weshalb es umso wichtiger ist, mit diesen Baustoffen ressourcenschonend umzugehen, wie es **SDG 12** („Nachhaltige/r Konsum und Produktion“) fordert. Die Tragkonstruktion für die PV-Felder sollte daher sorgsam gewählt werden.

Warum sollte Stahl statt Holz verwendet werden?

- Stahl ermöglicht eine sehr filigrane Bauweise und kann somit sparsam verwendet werden
- Kann zu 100% [27] recycelt werden, behandeltes Bauholz [19] hingegen wird zu normalem Bauabfall und muss entsorgt werden
- Langlebiger als Holz, da Temperatur- / Feuchtigkeitsschwankungen weniger schaden

Allerdings ist anzumerken, dass während der Stahlverarbeitung eine große Menge Energie verbraucht wird. Hier sollte deshalb vor allem die Langlebigkeit und geringe Aufbauhöhe des Stahls die negativen Aspekte gegenüber nachwachsendem Holz ausgleichen.

### 3.3 Gesellschaftliche Akzeptanz

Durch die Erweiterung der Ladeinfrastruktur werden Anreize für den Umstieg auf ein E-Auto geschaffen, es ist somit ein Projekt von der Stadt München für die Bürger:innen und erfüllt somit **SDG 9** („Industrie, Innovation und Infrastruktur“) und **SDG 11** („Nachhaltige Städte und Gemeinden“) [29]. Eine bauliche Anlage, wie die Überdachung von bestehenden Parkplatzanlagen ist ein Eingriff in die nähere Umgebung. Es ist wichtig, dass gerade in engbesiedelten Wohngebieten die Akzeptanz innerhalb der Bevölkerung für nachhaltige Projekte besteht und wächst. Weshalb die Einfügung des Bauobjektes in die Nachbarschaft wichtig ist, damit die Bürger:innen den großen Mehrwert in regenerativer Energie sehen und vor allem vor ihrer eigenen Haustür befürworten. Das Projekt sollte nicht die einzelnen Anwohner:innen in ihrem unmittelbaren Umfeld einschränken und negativ beeinflussen, sodass eine Ablehnung gegenüber des nachhaltigen Vorhabens entsteht. Überspitzt soll die entstehende Verschattung und Verknappung des privaten Gartens in der nachfolgenden Abbildung wiedergegeben werden.

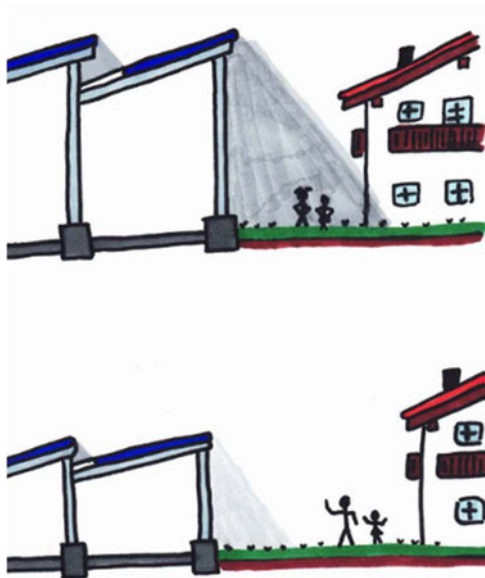


Abbildung 12: Abstandsräume für gesellschaftliche Akzeptanz

Die vorhandenen Gesetze sorgen dafür, dass sich bauliche Anlagen in die nähere Umgebung einfügen und nicht zu einem störenden Objekt werden [32]. Hier ist nach der Wahl des Standorts eine detaillierte Betrachtung durchzuführen. Parkflächen gelten als Nebenanlagen von öffentlichen Verkehrsflächen und sind im Zuge von Baumaßnahmen an Verkehrsflächen planfestzustellen. Sie werden im Allgemeinen nicht im Bauordnungsrecht geregelt, sondern über die Planfeststellungsverfahren von Straßen-/ Bahnbauprojekten. Laut der Außenstelle München des Eisenbahn-Bundesamts, Planfeststellung, Recht gilt [11].

*„Die Errichtung von PV-Anlagen / Überdachung mit Solarpaneels ist ein bahnfremdes Vorhaben. Das bedeutet, sofern eine Genehmigungspflicht für solche Anlagen bestehen sollte, wäre hierfür die allgemeine Bauordnungsbehörde zuständig. Eine Genehmigungszuständigkeit des Eisenbahn-Bundesamtes besteht nicht. Sofern eine Genehmigungspflicht bestehen sollte, wird die allgemeine Bauordnungsbehörde das EBA als Träger öffentlicher Belange im Genehmigungsverfahren beteiligen.“*



Die geplanten PV-Überdachungen mit einer Höhe von  $> 4,5$  m überschreiten die max. Höhe von 3,0m für Verfahrensfreie Überdachungen. Es werden zusätzlich Abstandsflächen aktiv, welche bei der Planung berücksichtigt werden müssen. Die Abstandsflächen sorgen dafür, dass der Soziale Abstand gewahrt wird und keine negativen Empfindungen bei der Bevölkerung geweckt werden.

### 3.4 Einfügen in die Umgebung Daglfing

Laut der P+R GmbH wurde die Anlage in Daglfing durch das Eisenbahn-Bundesamt nach Eisenbahnrecht errichtet.

Die Abstandsregelung richtet sich nach Art. 6 (5a) S. 1 BayBO i.v.m. Art. 6 (5) S. 1 BayBO [30]. Da kein Bebauungsplan vorhanden ist, kann durch die unmittelbaren Nachbarn in der Ludwigs-Brück-Str. (Bsp. [13] Reicon GmbH Containervermietung und LagerRent GmbH) von einem Industriegebiet ausgegangen werden. Es gelten somit die Abstandsflächen von  $0,2 H$  und min. 3,0 m. Die Abstandsflächenregelung beeinflussen im östlichen Grünstreifen die Anordnung der Tragkonstruktion der PV-Überdachung.

Die erforderlichen Abstandsflächen für Daglfing können sich wie folgt ergeben:

$$\text{Max. Dachhöhe } H_{\max} = 6,5 \text{ m}$$

$$\text{Min. Dachhöhe } H_{\min} = 5,0 \text{ m}$$

$$\text{Mittelwert } H = 5,75 \text{ m}$$

Abstandsfläche =  $0,2 \text{ m} \cdot 5,75 \text{ m} = 1,15 \text{ m} < 3,0 \text{ m}$ ; somit werden 3,0 m maßgebend

$$\text{Abstandsfläche} = 3,0 \text{ m}$$

Durch Einhaltung der Gesetze, sollte die Anlage daher von den Nachbarn als nicht störend wahrgenommen werden und die Akzeptanz innerhalb der Bevölkerung könnte durch eine Bürgerfreundliche Umsetzung steigen.

## 4 Geschäftsmodell

Das Geschäftsmodell für eine PV-Überdachung einer P+R-Anlage fokussiert sich auf die Installation und den Betrieb der großflächigen PV-Anlage. Jeder zweite Parkplatz wird mit einer 3,7 kW Ladestation für E-Fahrzeuge ausgestattet. Primär soll der Strom aus der PV-Anlage verwendet werden. Aus elektrotechnischen Gründen und bei einem zusätzlichen Strombedarf muss Strom aus dem öffentlichen Stromnetz bezogen werden. Dieser zusätzliche Strombedarf kann beispielweise durch schlechtere Wetterbedingungen, in den Wintermonaten oder bei zu geringer Sonneneinstrahlung frühmorgens oder spätabends der Fall sein. Ein anfallender Überschuss soll in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Das Angebot richtet sich vor allem an Pendler:innen, welche tagsüber auf der P+R-Anlage ihr Fahrzeug parken.

Kund:innen können sich bei Nutzung der P+R-Anlage entscheiden, ob sie ein Parkticket mit oder ohne zusätzlicher Stromnutzung erwerben möchten. Vorgesehen ist, dass Personen ohne E-Fahrzeug Aufladung eine Parkgebühr von 1,- €, wie bisher auf der Anlage in Daglfing [21] üblich, bezahlen. Für Nutzer:innen der Lademöglichkeiten sollen drei unterschiedliche Tarife abhängig der geparkten Stunden angeboten werden wie in Tabelle 3 dargestellt, unter Annahme der Angaben aus Kapitel 3 Stromabgabe an Ladesäulen. Die unten angegebenen Preise wurden im Rahmen dieses Konzeptes entworfen und unterliegen keiner externen Vorlage, somit kann das Projekt **SGD 9** („bezahlbare und erneuerbare Energie“) erfüllen [29]. Eine dynamische Preisanpassung ist innerhalb dieses Konzeptes nicht betrachtet worden.

Tabelle 3 Lade-Tarife für P+R-Anlage

Tarife	Maximal beziehbare Energie in kWh	Mögliche Reichweite 15 kWh / 100 km [38]	Preis pro kWh
7 € / 5h	18,5 kWh	120 km	38ct/kWh
15€ / 12h	37,0 kWh	240 km	34 ct/kWh
24 € / 24h	88,9 kWh	590 km	27 ct/kWh

Die Stadt München sollte für den Betrieb der Solaranlage auf eines ihrer Serviceunternehmen zurückgreifen, unter anderem aus Gründen der steuerlichen Thematik, die durch die Stromerzeugung aktiviert wird. Im Rahmen dieses Konzeptes kann nicht auf die komplexe steuerliche Gestaltung eingegangen werden, da nach Gesetzeslage dies in die Steuerliche Beratung fallen würde und somit dem Steuerberatungsgesetz unterliegt. Als bestehende Serviceunternehmen käme entweder die P+R GmbH oder die Stadtwerke München GmbH in Frage. Insbesondere bei der Installation von PV-Überdachungen an mehreren Standorten kann in Erwägung gezogen werden, ein neues Serviceunternehmen zu gründen. Dieses Unternehmen könnte beispielsweise als Tochtergesellschaft der Landeshauptstadt München etabliert werden. Eine zusätzliche Diversifizierung des Geschäftsmodell könnte auch darin bestehen, Parkhäuser mit PV-Anlagen an der Außenfassade auszustatten. Besonders innerhalb des Stadtgebietes wären auch Lademöglichkeiten für E-Bikes denkbar, um einen Umstieg vom PKW auf alternative Verkehrsmittel weiter auszubauen.

Die Vorteile, welche sich aus der Umsetzung der PV-Überdachung ergeben sind vielseitig. Sowohl wirtschaftlicher als auch ökologischer Nutzen kann aus der Umsetzung des Projekts gezogen werden. Hierauf wird in dem vorliegenden Konzept näher eingegangen. Hervorzuheben

ist jedoch die Verkehrsvermeidung innerhalb der Stadt, welche mit dem Projekt erreicht werden kann. Durch die kostengünstigen Lademöglichkeiten außerhalb des Stadtkerns werden Menschen mit E-Fahrzeugen dazu motiviert ihre Fahrzeuge auf der P+R-Anlage abzustellen und den öffentlichen Nahverkehr zu nutzen. So kann der Individualverkehr im Stadtgebiet verringert werden.

Die Finanzierung der PV-Überdachung kann durch eine Kombination aus Eigenkapital, Bankdarlehen, und Förderprogrammen erfolgen. Möglichkeiten wären der „Infrakredit Energie“ [18] oder der „Infrakredit Kommunal“ [18] der Förderbank Bayern denkbar. Insbesondere für die erste Umsetzung an der P+R-Anlage Daglfing sollte geprüft werden, ob eine Möglichkeit der Förderung durch das bayrische Energieforschungsprogramm [33] besteht. Die Einnahmen aus dem Verkauf des erzeugten Stroms werden zur Deckung der laufenden Betriebskosten und zur Renditeerzielung verwendet. Der Gewinn kann zur Rücklagenbildung verwendet werden, um beispielsweise die PV-Paneele auszutauschen. Des Weiteren können aus den Einnahmen neue Projekte finanziert werden.

Mit Hilfe der im Marketingkonzept ausgearbeiteten Maßnahmen soll die Bevölkerung auf die neuen Lademöglichkeit aufmerksam gemacht werden.

## 5 Kostenanalyse

---

Eine fundierte Finanzplanung ist für die Umsetzung eines Photovoltaik-Vorhabens unerlässlich. Bei einem optimal ausgerichteten und geografisch vorteilhaften Standort kann eine Photovoltaikanlage ausreichend Strom erzeugen, um eine angemessene Amortisationszeit zu bewerkstelligen. [16] Laut Mobilitätsreferat der Landeshauptstadt München soll für den Bau der PV-Überdachung in Daglfing eine Amortisationszeit von ca. 10 Jahren angestrebt werden [46].

Für die Investition in eine PV-Anlage sind mehrere Faktoren zu berücksichtigen. Darunter fallen beispielsweise Aufwendungen für Wechselrichter, Montagematerial, Installation und Planung [24]. Für die P+R-Anlage in Daglfing Ost werden insgesamt Baukosten von ca. 550.000 € angesetzt, ohne Installations- oder Planungskosten. Den Großteil der Kosten entfällt auf die 1229 PV-Module mit ca. 370.000 €, also ca. 66% der Gesamtkosten bei einem Preis von 300 € pro Panel. Die jährlichen Betriebskosten für Versicherung, Reinigung und Reparaturrückstellungen werden auf 1% der Anschaffungskosten geschätzt [16], folglich ca. 5.500 €. Die Lebensdauer der Module beträgt in der Regel 20-30 Jahre, jedoch müssen die Wechselrichter tendenziell früher ausgetauscht werden. Daher sollten Reparaturen oder der Austausch bereits zu Beginn einkalkuliert werden [24]. Für die Anlage werden 3 Wechselrichter veranschlagt, die alle 10 Jahre ausgetauscht werden. Dies ergibt auf eine Dauer von 20 Jahren 6 Wechselrichter. Hierfür müssen zusätzliche ca. 37.000 € einkalkuliert werden. Hinzu kommt ein Marketing-Budget in Höhe von 33 %, mit ca. 184.000 €, um die Bevölkerung auf das Projekt aufmerksam zu machen. Somit ergibt sich auf die Laufzeit von 20 Jahren eine Investitionssumme von ca. 888.000 €. Bei einer voraussichtlichen, jährlichen Energieproduktion von ca. 426.000 kWh ergibt dies einen Preis von 10 Cent/kWh. Ein Preis von ca. 12 Cent pro kWh gilt als rentabel [32], daher erscheint das Verhältnis von Baukosten und kWh Preis als angemessen. Anhand dieser Annahme darf die Investition nicht mehr als 1 Mio. € betragen. Dieser Betrag sollte als Referenzrahmen dienen und ist nach Möglichkeit einzuhalten. Eine höhere Investitionssumme erfordert eine Steigerung der jährlichen Energieproduktion.

Ein Cashflow-Modell ist nützlich zur Bewertung eines Solarprojekts und ermöglicht die Berücksichtigung verschiedener Umweltszenarien [2].

In Abbildung 13 werden drei verschiedene Szenarien betrachtet, welche nachfolgend erklärt werden. Die Einspeisevergütung beträgt 6 Cent pro kWh [12] und der Stromzukauf kostet 29 Cent pro kWh. Für die Szenarien wurde ein Verkaufspreis von 33 Cent pro kWh, bei einer Standzeit von 12 h angenommen, wie im Geschäftsmodell in Tabelle 1 dargestellt. Wichtig zu beachten ist, dass der Verkaufspreis mindestens dem Preis für den zugekauften Strom entsprechen muss, um Rentabilität bei höheren Auslastungen zu gewährleisten. Da bei einer höheren Auslastung als 50 Fahrzeugen mehr Strom zugekauft werden muss. Das angesetzte Nachfragepotenzial aus dem Marketingkonzept und das Verbrenner-Verbot 2035 wurden berücksichtigt.

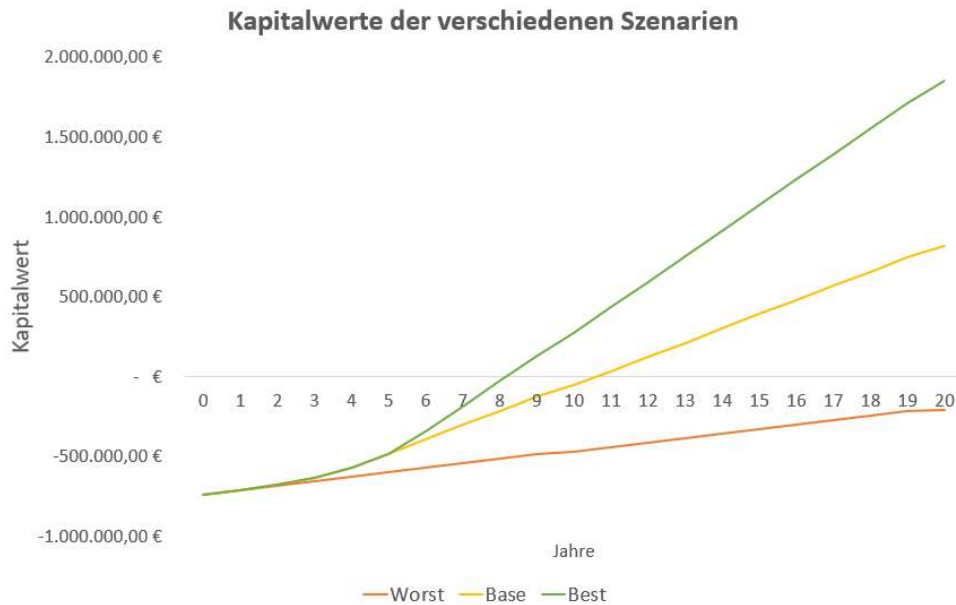


Abbildung 13 Kapitalwerte der verschiedenen Szenarien

Im **Worst-Case** parken weiterhin nur 6 E-Fahrzeuge, wie bei der Ortsbesichtigung festgestellt, auf dem Parkplatz, dies führt zu jährlichen Zahlungsströmen von 23.000 € und einer Amortisation im Jahr 28. Wenn die PV-Paneele bereits nach 20 Jahren ausgetauscht werden müssen, sollte in diesem Szenario die Investition nicht getätigt werden.

Für den **Base- und den Best-Case** werden folgende Annahmen getroffen: Durch die Vorteile der PV-überdachten P+R-Anlage und dem abzusehenden Verbrenner-Verbot gewinnt das Projekt von Jahr zu Jahr 70% mehr Nutzer:innen. Der Anstieg der Kund:innen kann an der kontinuierlichen Erhöhung des Kapitalwertes beobachtet werden (vgl. Abbildung 8). Im Base-Case wird von davon ausgegangen, dass höchstens 50 E-Fahrzeuge die Lademöglichkeit nutzen. Hier beträgt der jährliche Zahlungsstrom ab der höchsten Auslastung ca. 188.000 €, dies führt zu einer Amortisation im Jahr 11. Im **Best-Case** tritt eine Vollausslastung von 101 Fahrzeugen ein, wenn davon ausgegangen wird, dass Verbrenner-Fahrzeuge mit E-Fahrzeugen substituiert werden. Im Best-Case sind die Zahlungsströme bei 160.000 €, wodurch die Amortisationszeit auf 9 Jahre sinkt. Beides führt zu verkürzten Amortisationszeiten. Die beiden letzteren Szenarien zeigen eine wesentlich positivere Bewertung der Investition. Somit führt eine höhere Auslastung zu einer besseren Bewertung. Verdeutlicht in der nachfolgenden Abbildung.



Abbildung 14 Schemata Worst- bis Best-Case

Eine Preiserhöhung verkürzt die Amortisation, jedoch sollen die Kund:innen auch durch günstigere Preise motiviert werden, die Ladestationen zu nutzen und auf öffentliche Verkehrsmittel umzusteigen, um positive Umweltauswirkungen zu erzielen. Besonders in Hinsicht auf das Ziel bezahlbare und saubere Energie bereitzustellen, sollten möglichst niedrige Preise angeboten werden.



Angesichts der begrenzten Informationen über den tatsächlichen Aufwand wird im Folgenden betrachtet, welche Auswirkungen einer Erhöhung der Baukosten auf den Kapitalwert und die Amortisationszeit haben. Die Baukosten wurden auf 1 Mio. € und auf 1,5 Mio. € erhöht und die entsprechenden höheren Betriebskosten und Marketingkosten angesetzt (vgl. Abbildung 13). Hier kann beobachtet werden, dass die Amortisationszeit stark von der Höhe der Investitionssumme abhängt. Eine möglichst frühe Kostendeckung ist wichtig, um eine nach ggf. 20 Jahren anfallende Erneuerung der PV-Paneele abdecken zu können.

Die Investition in der ermittelten Höhe wird nach Betrachtung der drei Szenarien empfohlen, wobei der **Worst-Case** als unwahrscheinlichste Option bewertet wird. Die Amortisationszeit von 10 Jahren kann als realistisch angesehen werden. Jedoch muss bei einer höheren Investitionssumme, die Energieproduktion optimiert werden um eine angemessene Amortisationszeit gewährleisten zu können. Zusätzlich sollten die Auswirkungen auf die Umwelt und die Bevölkerung mit in die Investitionsentscheidung einfließen. Das Projekt kann als Maßnahme für den Klimaschutz mit dem Ziel der Bevölkerung bezahlbare und saubere Energie bereitzustellen München zu einer nachhaltigen Stadt entwickeln.



Abbildung 15 Kapitalwert bei einer höheren Investitionssumme

## 6 Auswirkungen auf die Umwelt und Bevölkerung

### 6.1 Auswirkungen auf die Umwelt

Um Auswirkungen auf die Umwelt in Wirtschaftlichkeitsanalysen mit einbeziehen zu können werden mögliche Vermeidungskosten betrachtet. Vermeidungskosten stellen Ausgaben dar, welche aufgewendet werden, um Umweltschäden oder negative Auswirkungen auf die Umwelt zu vermeiden. So können die SDGs der UN [29] ebenfalls einen Einfluss auf ökonomische Betrachtungen haben. Dadurch können langfristig sowohl ökologische als auch wirtschaftliche Vorteile erzielt werden. Sie können aber auch im Gesundheitsbereich entstehen, um potenzielle Krankheiten zu verhindern und die damit einhergehenden Behandlungen zu vermeiden.

Die genauen Gesundheits-, Umwelt- und Klimaeffekte hängen von der Größe des Projekts, der Umgebung und anderen lokalen Faktoren ab. Somit verstärkt eine Umsetzung der PV-Überdachung oder ähnlichen Maßnahmen an mehreren Standorten die Effekte.



Die Auswirkungen im Zusammenhang mit der PV-Überdachung einer P+R-Fläche und der Installation von Langsam-Ladesäulen auf dem Parkplatz können auf verschiedene Weise qualifiziert und anhand ihrer Vermeidungskosten quantifiziert werden.

### Verkehrsvermeidung

Durch die Möglichkeit das Fahrzeug außerhalb der Stadt kostengünstig aufzuladen und mit den öffentlichen Verkehrsmitteln den restlichen Arbeitsweg bis zur Arbeitsstätte zurückzulegen wird das Verkaufsaufkommen innerhalb der Stadt reduziert. Dies führt zu positiven Auswirkungen auf die Luftqualität, als auch auf den Verkehrslärm innerhalb der Stadt. Letzteres kann lokal ausschließlich durch eine Verringerung des Verkehrsaufkommens auf den Straßen erreicht werden [37]. Allgemein besteht ein großer Teil der Verkehrswende auch daraus den Verkehr innerhalb der Stadt zu vermeiden und Anreize zur Nutzung des öffentlichen Nahverkehrs zu schaffen.

### Verringerung von CO<sub>2</sub>-Emissionen

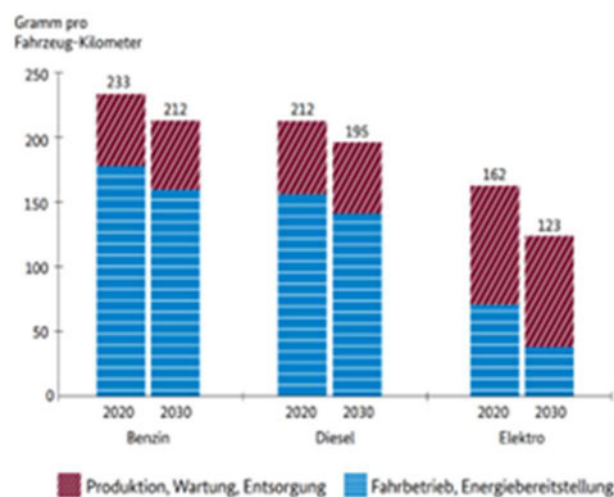


Abbildung 16 Kohlenstoffdioxid-Emissionen über den gesamten Lebenszyklus am Beispiel PKW der Kompaktklasse [5]

Obwohl rein elektrisch betriebene Fahrzeuge keine CO<sub>2</sub>-Emissionen auf der Straße verursachen, ist es wichtig zu beachten, dass ihre Energiebilanz für den Fahrbetrieb nur dann frei von CO<sub>2</sub> ist, wenn sie ausschließlich mit Strom aus erneuerbaren Energiequellen betrieben werden. Bei der Bewertung der Klimaverträglichkeit von Elektrofahrzeugen muss daher ebenfalls die Stromerzeugung - und somit die Emissionen der Kraftwerke - berücksichtigt werden. [5] Durch die Installation von Solarzellen wird Energie ohne weiteren CO<sub>2</sub>-Ausstoß erzeugt. In der Abbildung 13 ist die CO<sub>2</sub>-Emission in Gramm pro Fahrzeug-Kilometer dargestellt, bei dem aktuellen deutschen Strommix. Bereits in 2020 lagen die Emissionen von Elektro-Fahrzeugen bei ca. 80 g. Geht man davon aus, dass Nutzer:innen der P+R-Anlage ihre Elektroautos ausschließlich mit dem Solarstrom laden und dadurch weniger Strom aus dem deutschen Strommix beziehen, könnten für diese Fahrzeuge die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Fahrbetrieb halbiert werden. Dies wirkt sich positiv auf das Klima aus, da in einem Jahr bei voller Auslastung der Ladesäulen in Daglfing eine Einsparung von ca. 48 t erreicht werden kann. Das entspricht ungefähr 6 Flugreisen von München nach New York inkl. Rückreise, bei CO<sub>2</sub>-Emissionen von 3,8 t pro Flug [35]. Somit leistet das Projekt einen erheblichen Beitrag als „Maßnahmen zum Klimaschutz“ (SDG 13).

## Reduzierung der Luftverschmutzung

Der Einsatz von Solarenergie und die damit einhergehende Förderung von Elektrofahrzeugen können dazu beitragen, die lokale Stickoxidbelastung zu verringern. Durch den Ausbau der Ladeinfrastruktur wird ein Anreiz zum Umstieg auf ein Elektro-Auto geschaffen. Wie in Abbildung 15 zu sehen ist, besteht bereits jetzt keine Stickoxidemission bei Elektro-Fahrzeugen, durch den Fahrbetrieb. [5] In München ist die Stickoxidbelastung, im Großteil des Stadtgebiets, bereits unter dem Jahresgrenzwert der EU [9] von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahresmittel. [17] Jedoch kann durch die Verringerung des Verkehrsaufkommens innerhalb der Stadt, diese noch weiter gesenkt werden. Stickoxide können in großen Mengen gesundheitliche Risiken darstellen, besonders die Atemwege sind hiervon betroffen. [37] In diesem Zusammenhang sollte auch die weitere Reduzierung der Feinstaubbelastung genannt werden. Durch den reduzierten PKW-Verkehr wird auch Feinstaub reduziert. Durch die noch weiter verbesserte Luftqualität innerhalb Münchens können die gesundheitlichen Risiken noch weiter reduziert werden. Die genauen Vermeidungskosten könnten hier durch die Berechnung der gesundheitlichen Kosten zum einen für das Individuum als auch für die Gesellschaft ermittelt werden. Eine verbesserte Luftqualität trägt zu dem **SDG 11** („nachhaltige Städte und Gemeinden“) bei.

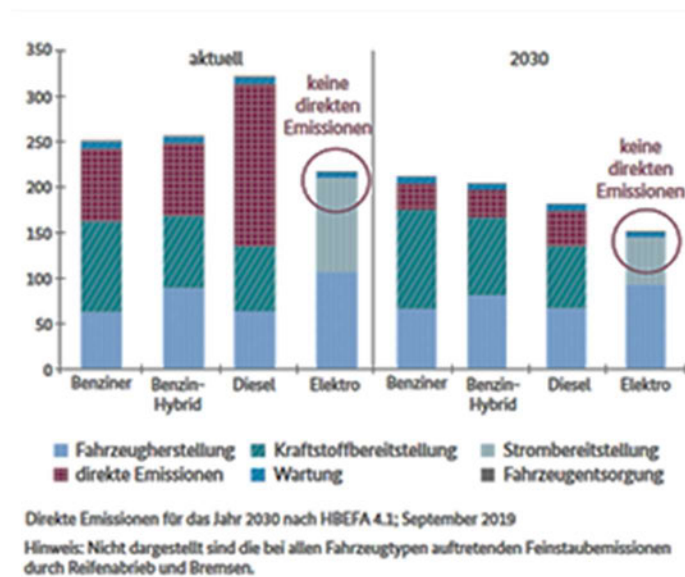


Abbildung 17 Stickoxidemissionen über den Gesamtlebenszyklus verschieden angetriebener Fahrzeuge in Milligramm pro Kilometer [5]

## Förderung erneuerbarer Energien

Die Installation von Solarzellen auf der P+R-Fläche trägt dazu bei, die Nutzung erneuerbarer Energien zu fördern und den Anteil an kohlenstoffarmen Energiequellen in der Gesamtstromversorgung zu erhöhen. Letzteres ist vor allem, dann gegeben, wenn der produzierte Überschuss in das Stromnetz eingespeist wird. Dadurch trägt das Projekt einen Beitrag zu dem **SDG 7** („saubere und bezahlbare Energie“) bei.

### **Verminderung von Batterieverschleiß**

Durch den Langsam-Lader wird innerhalb der Lithiumionenbatterie eines Elektro-Fahrzeuges die Dendritenbildung vermieden. Dendriten führen langfristig zu einem internen Kurzschluss in der Batterie. [7] Dies kann zu einem Batteriebrand führen, welcher nur schwer löschar ist und zusätzlich ein Gesundheitsrisiko darstellt. Somit können zum einen Kosten für die Löscharbeiten und die Neuanschaffung der Fahrzeuge vermieden werden als auch die gesundheitlichen Risiken. Durch einen verantwortungsbewussten Umgang mit den Batterien als Ressource kann das **SDG 12** („Nachhaltige/r Konsum und Produktion“) erfüllt werden.

## **6.2 Auswirkungen für die Bevölkerung**

Bei der Installation einer PV-Überdachung auf P+R-Fläche können des Weiteren auch positive Auswirkungen für die Bevölkerung entstehen:

### **Umweltbewusstsein**

Die Bereitstellung einer umweltfreundlichen Infrastruktur wie Solarzellen und Ladesäulen sendet ein positives Signal an die Bevölkerung und fördert das Umweltbewusstsein. Dies kann dazu beitragen, Notwendigkeit von erneuerbaren Energien und die Reduzierung von Treibhausgasemissionen zu schärfen. Ein besseres Umweltbewusstsein innerhalb der Bevölkerung kann weitere Innovationen im Bereich Klimaschutz hervorbringen. Wodurch das **SDG 9** („Industrie, Innovation und Infrastruktur“) und **SDG 13** („Maßnahmen zum Klimaschutz“) weiter vorangetrieben werden.

### **Zugang zu sauberer Energie**

Durch die Bereitstellung von Ladesäulen auf dem Parkplatz wird den Menschen eine bequeme Möglichkeit geboten, ihre Elektrofahrzeuge aufzuladen. Dies kann die Akzeptanz und Nutzung von Elektromobilität fördern und verbessert den Zugang zu „bezahlbarer, sauberer Energie“. Wodurch **SDG 7** im Raum München weiter umgesetzt wird.

### **Geschütztes Parken**

Die Überdachung bietet einen Schutz vor Regen, Schnee und Sonne. Bei Regen erhöht das den Komfort beim Einsteigen. Aber auch bei starker Sonneneinstrahlung heizt das Fahrzeug in einem Carport um 10 °C weniger auf als bei direkter Einstrahlung [39]. Aber auch im Winter bei Schneefall müssen die Scheiben des Fahrzeugs weniger bis gar nicht freigekratzt werden [38]. In beiden Fällen kann Energie gespart werden, da das Fahrzeug weniger Energie verbraucht, um die optimale Betriebstemperatur zu erreichen [1]. Dadurch wird die Energie nicht nur verantwortungsbewusst produziert, sondern auch verbraucht, wie in **SDG 12** („Nachhaltige/r Konsum und Produktion“) von der UN verlangt.

### **Günstiger Individualverkehr**

Außerhalb von Großstädten ist der Großteil der Bevölkerung auf ein eigenes Fahrzeug angewiesen. Mit einem Benziner kostet der Kilometer bei angenommen 7 l / km und einem Benzinspreis von 1,89 € / l ca. 13,- €. Bei einer Aufladung auf der PV-überdachten P+R-Anlage wäre es möglich das Auto für einen Preis pro Kilometer von knapp 6,-€ aufzuladen. Gleichzeitig sind Nutzer:innen von E-Fahrzeugen unabhängig von Benzinpreisen. Damit wäre das **SDG 7** („bezahlbare und erneuerbare Energie“) gegeben.

**Innovationsförderung**

Die Einführung von Solarzellen und Ladesäulen auf P+R-Flächen kann auch Innovationen in der erneuerbaren Energie- und Elektromobilitätsbranche anregen. Dies könnte zur Schaffung neuer Arbeitsplätze, zur Förderung von Forschung und Entwicklung sowie zur Stärkung der regionalen Wirtschaft beitragen. Hiermit zählt das Projekt auf das **SDG 9** („Industrie, Innovation und Infrastruktur“) ein.

**Nachhaltiges Image**

Durch die Implementierung von grünen Technologien auf öffentlichen Parkplätzen kann die Landeshauptstadt München ihr Image als nachhaltiger Standort stärken. Dies kann sowohl die Anziehungskraft auf umweltbewusste Bewohner und Touristen erhöhen als auch das Interesse von Unternehmen wecken, die Nachhaltigkeit in ihren Standortentscheidungen berücksichtigen. Die Stadtverwaltung von München hat bereits das Ziel bis zum Jahr 2030 klimaneutral zu werden [17]. Hierbei würde das Projekt die Stadt München unterstützen und dabei die Erreichung des **SDG 11** („nachhaltige Städte und Gemeinden“) erreichen.

Die PV-Überdachung einer P+R-Anlage kann das allgemeine Wohlbefinden der Bevölkerung steigern, das Bewusstsein für Umweltfragen schärfen und hat verschiedene positive Auswirkungen auf die Lebensqualität in der Bevölkerung. In Kombination mit der Betrachtung aus der vorangegangenen Kostenanalyse kann eine Investition in eine PV-Überdachung auf der P+R-Anlage in Daglfing empfohlen werden. Weitere ähnliche Projekte oder Umsetzungen auf anderen P+R-Anlagen steigern zusätzlich die positiven Auswirkungen für den Klimaschutz.

## 7 Marketingkampagne

---

Da der Erfolg des Projektes und eine möglichst schnelle Amortisation stark von der Nutzung der Bevölkerung abhängt, ist es wichtig, eine Marketingkampagne zu realisieren.

### 7.1 Ziel der Kampagne

Das konkrete Ziel der Marketingkampagne für photovoltaiküberdachte Parkplätze in München ist es, bis 2025 etwa 20% der 325.000 täglichen Pendler, die mit dem Auto unterwegs sind, zum Umstieg auf ein Elektrofahrzeug zu motivieren. Momentan kommen circa 15 tausend der 325 tausend Pendler mit dem E-Auto nach München. [14] Die Marketingkampagne nimmt die erwartete Zunahme der Elektrofahrzeuge in den kommenden Jahren in den Blick: Laut Prognosen wird die Anzahl der E-Autos von 15.275 im Jahr 2022 bis zum Jahr 2025 voraussichtlich um 278% auf 42.464 Fahrzeuge steigen. [34] Die Kampagne nutzt diese positive Entwicklung als Ausgangspunkt und setzt sich das ambitionierte Ziel, diesen natürlichen Anstieg weiter zu beschleunigen. Bis zum Jahr 2025 ist geplant, die Anzahl der Pendler mit E-Auto von 42.464 auf 65.000 zu erhöhen. Durch gezielte Werbung, informative Inhalte und gegebenenfalls auch Anreize wie Sonderangebote oder Vergünstigungen für Elektroautofahrer wird die Marketingkampagne darauf abzielen, mehr Pendler:innen zu ermutigen, auf ein Elektrofahrzeug umzusteigen. Damit wird zu einer nachhaltigen Verkehrslösung und zur Realisierung der genannten SDGs in München beigetragen. Pendler:innen, welche bereits mit einem PKW an P+R-Anlagen auf öffentliche Verkehrsmittel sollen somit animiert werden, auf ein elektrische Fahrzeug umzusteigen. Zudem sollen Pendler:innen die aktuell bis in die Stadt mit dem Auto fahren zu einem Teilumstieg auf die öffentlichen Verkehrsmittel angeregt werden, da die Parkplatz- und Lagebedingungen attraktiver werden.

### 7.2 Medienplanung und Kosten

Die Mediaplanung der Marketingkampagne zur Förderung der photovoltaiküberdachten Parkplätze in München umfasst die Nutzung verschiedener Medien, um eine effektive Reichweite und Sichtbarkeit zu erzielen. Die ausgewählten digitalen Medien sind das Fahrgastfernsehen sowie City Light Poster und Infoscreens. Diese Medienkanäle sind besonders an Bahnhöfen und in den öffentlichen Verkehrsmitteln positioniert, um die Pendler-Zielgruppe besonders anzusprechen, die auf ein E-Auto umsteigen sollten. Insbesondere am Bahnhof Daglfing und in der unmittelbaren Umgebung der P+R-Anlage Daglfing soll durch die oben genannten Medien auf das Angebot aufmerksam gemacht werden. Zudem sollten an Standorten mit hohem Stauaufkommen Werbetafeln auf die neue PV-Parkanlage aufmerksam machen.

Das geplante Budget für die Marketingkampagne wird im Rahmen dieses Konzeptes geschätzt und auf 350.000€ festgesetzt. Dies stellt einen Anteil von etwa 35% bei angenommenen Gesamtbaukosten von etwa 1.000.000 € dar. Die Kampagne ist über einen Zeitraum von acht Wochen geplant und wird außerhalb der Schulferienzeiten durchgeführt, um sicherzustellen, dass die Zielgruppe bestmöglich erreicht wird. In dieser Zeit sind die Pendlerzahlen in der Regel stabil und die Aufmerksamkeit für die Kampagne ist höher. Um den positiven Effekt zu verdeutlichen, wie viel nachhaltiger Strom bereits mit der Anlage erzeugt wurde, könnte direkt am Parkplatz Daglfing eine Anzeigetafel inkl. Stromzähler aufgestellt werden, der den Nutzer:innen zeigt, wie viel Solarstrom bereits an diesem Parkplatz produziert wurde.

## 7.3 Marktübersicht

Im Rahmen dieses Konzepts wird ausschließlich München und die unmittelbare Umgebung betrachtet. In der bayerischen Hauptstadt gibt es bereits erste Ansätze und Umsetzungen eines Photovoltaikparkplatzes wie zum Beispiel das Parkhaus 51 am Münchner Flughafen. Dort kommen bereits Solarmodule zum Einsatz, die umweltfreundlichen Strom für das Parkhaus erzeugen. [40] Davon abgesehen sind photovoltaiküberdachte Parkplätze in München eine Neuheit. In Kollaboration mit der Stadt München wird mit diesem Konzept angestrebt, dies zu ändern.

### 7.3.1 Fahrgastfernsehen

Derzeit werden in den Bussen und Bahnen innerhalb des MVV-Bereiches folgende Preise für das Fahrgastfernsehen ausgegeben. (vgl. Abb. 18) Um die Pendler:innen bestmöglich zu erreichen, wird im Rahmen dieses Konzeptes vorgeschlagen die in Abbildung 16 markierten Zeitslots von 06:00 bis 10:00 Uhr und 14:00 bis 18:00 Uhr zu wählen. In diesen Zeitslots sollten dann die Werbung für die PV-Parkanlage geschaltet werden.

**Preisübersicht für das Fahrgastfernsehen München, Werbetarif, Basis 15-Sekunden-Spot**  
Reichweiten auf Basis des Ausrüstungsstandes von 109 U-Bahn-Fahrzeugen und 55 Tram-Bahnen

	Kontakte	Montag–Samstag		Sonntag		Ø Mo–So
		€/Sek	€/8 Wdhl.	€/Sek	€/8 Wdhl.	€/8 Wdhl.
04–06 Uhr	10.500	0,64 €	76,80 €	0,32 €	38,40 €	71,31 €
06–08 Uhr	82.500	2,96 €	355,20 €	1,48 €	177,60 €	329,83 €
08–10 Uhr	87.500	3,34 €	400,80 €	1,67 €	200,40 €	372,17 €
10–12 Uhr	51.000	1,67 €	200,40 €	0,84 €	100,80 €	186,16 €
12–14 Uhr	62.500	1,93 €	231,60 €	0,96 €	115,20 €	214,97 €
14–16 Uhr	78.500	2,80 €	336,00 €	1,40 €	168,00 €	312,00 €
16–18 Uhr	101.600	3,47 €	416,40 €	1,74 €	208,80 €	386,74 €
18–20 Uhr	74.500	2,65 €	318,00 €	1,33 €	159,60 €	295,37 €
20–22 Uhr	21.500	1,28 €	153,60 €	0,64 €	76,80 €	142,63 €
22–24 Uhr	20.000	1,16 €	139,20 €	0,58 €	69,60 €	129,26 €
<b>Gesamt</b>	<b>589.500</b>		<b>2.628,00 €</b>		<b>1.315,20 €</b>	<b>2.440,45 €</b>

Basis 15-Sekunden-Spot. Alle Preise sind AE-fähig, zzgl. gesetzl. USt

Abbildung 18 Fahrgastfernsehen München Preisübersicht [43]

Aus den oben gewählten Informationen können anschließend die folgenden Kosten und erreichten Kontakte ausgegeben werden. Wobei mit Kontakten zu verstehen ist, wie viele Personen die Anzeige sehen werden. Eine Person kann somit mehrfach als Kontakt gewertet werden, da diese wiederholt mit einer Werbeanzeige auf ihrer Strecke konfrontiert werden kann. Es sind somit nicht die erreichten Einzelpersonen damit gemeint.

Werbedauer	Kosten	Bruttokontakte
Ein Tag	1508,40 €	350.100
Eine 6-Tage-Woche	9.050,40 €	2.100.600
8 Wochen	72.403,20 €	16.804.800



## 7.3.2 City-Light-Poster und Infoscreens



Abbildung 19 Werbung für digitale Medien

Im Rahmen der digitalen Mediaplanung fiel die Entscheidung auf City-Light-Poster und Infoscreens, da diese Medienkanäle eine klimaneutrale und nachhaltige Natur aufweisen.

Nach Aussage des derzeitigen Betreibers, werden die City-Light-Poster und Infoscreens hauptsächlich mit Ökostrom betrieben und erreicht einen durchschnittlichen Ökostromanteil von etwa 90% [43]. Zudem wird laut Betreiber eine energieeffiziente LED-Technologie eingesetzt, die den Energiebedarf der Werbeträger senkt. Im Vergleich zu herkömmlichen Beleuchtungssystemen ermöglichen die LEDs eine beträchtliche Einsparung von Energie. Außerdem werden sämtliche Werbeträger nachts abgeschaltet, was weitere Energieersparnisse ermöglicht.

Die Werbekosten für die City-Light-Poster und Infoscreens setzen sich folgendermaßen zusammen:

Kosten City- Light-Poster : 68.572 € pro Woche

Kosten Public Video Infoscreen: 66.682,08 € pro Woche

Jeweils zwei Wochen City-Light-Poster und Infoscreen = 270.508,16 €

270.508,16 € + 72.403,20 € = 342.911,36 €

## 8 Entwurf eines Parkplatzes

Nachfolgend werden verschiedene Aspekte für den Entwurf des Parkplatzes beleuchtet.

### 8.1 Ökologische bauliche Einrichtung

Um die bereits vorhandene Flächenversiegelung optimal auszunutzen und der Nutzen der Regenerativen Energie möglichst groß wird, wird nachfolgend eine Variante vorgeschlagen, welche mehrere ökologische Punkte mit einbezieht.

Es kann nur bis zu einem gewissen Grad eine einheitliche Modulbauweise gewählt werden, da die bestehenden P+R Parkanlagen gewisse Unterschiede aufweisen:

- Anordnung der Parkflächen; ein- oder zweireihig
- Anordnung der Fahrgassen; ein- oder doppelseitig
- Anordnung der Grüninseln; zwischen oder vor den Parkflächen
- Himmelsausrichtung der Anlage
- Beschattung durch Pflanzen/Nachbarn
- Notwendige Abstandsflächen zur Grundstücksgrenze

Aus den oben genannten Punkten ergeben sich die Lage der Stützen für die Tragkonstruktion, sowie die Ausrichtung der PV-Flächen. Die Form des Traggerüsts sollte deshalb so gewählt werden, dass zugleich ökologische und bautechnischen Belange berücksichtigt werden. Bei geplanten Parkplatzanlagen ist eine Anwendung von Modulbauweisen deutlich einfacher, da diese entsprechend den vorgefertigten Modulen geplant und umgesetzt werden können.

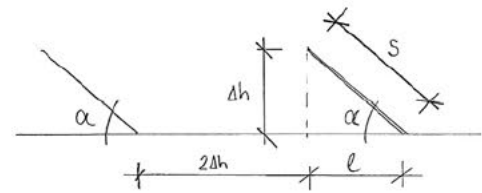
### 8.2 Wahl geeigneter Dachneigung in Südausrichtung

Da die versiegelte Fläche doppelt genutzt werden soll, um aus dieser möglichst viel regenerative Energie zu gewinnen, sollte diese möglichst effizient im Sinne des **SDG 12** („nachhaltige/r Konsum und Produktion“) erzeugt werden. Für die Wahl einer ertragreichen Dachneigung wird die Energieerzeugung abhängig der Neigung [%] und der Längenverlust verglichen. Je steiler die Paneele, desto größer werden die Abstände der einzelnen Module und die Anzahl dieser sinkt. Da immer eine Verschattung hinter den geneigten Flächen entsteht, können hier keine Paneele angeordnet werden und es müssen die Verschattungsabstände eingehalten werden. Vereinfachend wird nachfolgend eine geeignete Dachneigung ermittelt:

Neigungswinkel $\alpha$	Orientierung	Energieerzeugung pro Jahr pro 1kW in kWh	$\eta_w$ Ausnutzung des Winkels in %	Anzahl Paneele n	$l_{PV}$ in m	$\eta_l$ Nutzung der Länge in %	Gesamtnutzung Wirkungsgrad $\eta_w \cdot \eta_l$
0°	7° (S)	902	100	62	110	100	10.000
<b>5°</b>	<b>7° (S)</b>	<b>943</b>	<b>104,5</b>	<b>53</b>	<b>92,9</b>	<b>84,5</b>	<b>8.830</b>
20°	7° (S)	1032	114,4	38	62,8	57,1	6.532
35°	7° (S)	1069	118,5	31	44,7	40,6	4.811

Es wird verwendet:

länge eines Panels:	$s = 1,76 \text{ m}$
länge Parkplatz:	$l_{\text{ges}} = 110 \text{ m}$
Verschattung:	$2\Delta h$
Höhensprung:	$\Delta h = s \cdot \sin(\alpha)$
Horizontale PV-Länge:	$l \cdot = s \cdot \cos(\alpha)$
Max. Anzahl Paneele:	$n = \frac{110}{1,76 \cos(\alpha) + 2 \cdot 1,76 \sin(\alpha)}$
Nutzbare PV-Länge:	$l_{\text{PV}} = n \cdot s \cdot \cos(\alpha)$



Die Dachneigung von  $5^\circ$  wird vorgeschlagen, da somit mehrere ökologische und bautechnische Vorteile erreicht werden können und der Ertrag regenerativer Energie möglichst hoch ist (Vgl. Abb. 21 und 22).

- Steigerung der Langlebigkeit → Keine Gefahr der Wassersackbildung auf PV-Fläche
- Sammlung Regenwasser → über natürliches Gefälle
- Natürliche Belüftung → durch Höhengsprung
- Sicherheitsgefühl bei Benutzer:innen → durch Höhengsprung natürlicher Lichteinfall



Abbildung 21: Darstellung des Einflusses der Dachneigung bei Regeneinfall und Sonnenschein bei  $0^\circ$  Dachneigung



Abbildung 22: Darstellung des Einflusses der Dachneigung bei Regeneinfall und Sonnenschein bei  $5^\circ$  Dachneigung

## 8.3 Gesunder Wasserkreislauf

Sauberes Wasser ist ein wertvolles Gut. Die Eingriffe in den natürlichen Wasserkreislauf sind in zivilisierten Gebieten bekannterweise groß, weshalb ein Sorgsamer Umgang wichtig ist. Aktuell fällt der Niederschlag auf die verschmutzten Fahrbahnen und Parkflächen und wird danach entsorgt. Besser wäre, wenn der Regen auf die saubere PV-Fläche fällt und von dort über Regenrinnen, mittels freiem Gefälle, bis hin zu Versickerungsanlagen ablaufen kann. Dadurch wird möglichst viel Wasser naturnah und am anfallenden Ort, ohne Energieaufwand, wieder dem Wasserkreislauf zurückgeführt. Es müssen dadurch keine Abwasserleitungen verlegt und in der Kläranlage oder anderweitig gereinigt werden, das Regenwasser kann direkt auf den angrenzenden Grünflächen versickern. Dadurch werden Ressourcen geschont und das **SDG 12** („Nachhaltige/r Konsum und Produktion“) findet Anwendung. Ein großer Mehrwert ist, dass das Wasser nicht durch Reifenabrieb oder Schadstoffe aus dem Straßenverkehr verunreinigt wird, bevor es versickert. Somit wird ein Beitrag zu sauberem Wasser im Sinne des **SDG 6** („sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen“) erbracht. Verdeutlicht wird dies in der nachfolgenden Abbildung.



Abbildung 223: sauberes Regenwasser

Ein Konzept für die Entwässerung kann Ortsunabhängig betrachtet werden (außer in Bereichen mit Altlasten). In München sieht die Münchner Stadtentwässerung (MSE) [44] bereits vor, dass nach dem Wasserhaushaltsgesetz § 55 WHG Regenwasser möglichst naturnah und am Niederschlagsort dem Wasserkreislauf zugeführt wird. Hierzu nennt die MSE mehrere Möglichkeiten. Je nach Bodenverhältnissen und dessen Versickerungsrate kann das Regenwasser über Mulden in den angrenzenden Grünflächen oder über Rigolen und Sickerschächte mit Vorreinigung versickert werden. Allerdings ist Standortbezogen zu prüfen, ob es sich um Flächen mit erlaubnispflichtiger Versickerung handelt und eine wasserrechtliche Erlaubnis für die Versickerung von Niederschlag notwendig wird. Dies kann bei Altlastenverdachtsflächen der Fall sein und wird durch die Landeshauptstadt München bzw. die MSE geprüft und genehmigt. Außerdem ist eine Befreiung von Erlaubnispflicht notwendig, wenn die an einzelner Versickerungsanlagen angeschlossene Fläche 1.000 m<sup>2</sup> übersteigt [44]

Weshalb die Versickerungsanlagen für die PV-Flächen aufgeteilt werden müssen.

Daglfing: 2.585 m<sup>2</sup>

Daraus resultieren für Daglfing min. 3 separate Versickerungsanlagen mit ausreichend Abstand zueinander.

## 8.4 Entsiegelung von Flächen

Aktuell ist jede zweite Mittelinsel mit Pflastersteinen versiegelt, denn dort sind die Laternen aufgestellt worden. Diese Versiegelung kann entfernt werden und durch Begrünung ersetzt werden, da die Laternen nicht mehr notwendig sind. Die Stützen der Tragkonstruktion werden auf Einzelfundamente gegründet und benötigen keine Flächenversiegelung. Da die Stützen und somit die neuen Grünflächen im Bereich der Höhensprünge angeordnet werden, erhalten die Grünflächen ausreichend Sonnenlicht.

Durch die kleinen Grüninseln wird die graue Asphalt- und Pflasterlandschaft der Parkanlage optisch aufgewertet und steigert somit das Wohlbefinden der Nutzer:innen. Außerdem tragen Grünflächen zu einem angenehmeren Klima durch ihre Photosynthese bei. Durch Entsiegelung von Flächen können zumindest sehr kleinräumig neue Lebensbereiche für Insekten, welche Nahrungsgrundlage vieler Vögel sind, geschaffen werden und ein Beitrag für das **SDG 15** („Leben an Land“) [29] erbracht werden.

## 8.5 Nachhaltiges nächtliches Beleuchtungskonzept

Für eine ausreichende nächtliche Beleuchtung der P+R-Anlage wird diese derzeit mit großen Laternen ausgeleuchtet. Diese Laternen können entfernt und unterhalb der PV-Flächen können energieeffizientere Leuchten angebracht werden. Dies bringt folgende positive Effekte:

- Weniger Lichtverschmutzung → Beleuchtung nur unterhalb der PV-Fläche
- Energieeinsparung → durch neuere Leuchtmittel
- Smarte Lichtsteuerung wird durch Bewegungsmelder möglich

Eine Ursache am Insektenrückgang ist unter anderem Lichtverschmutzung [5], somit könnte die Insektenpopulation im direkten Umkreis gefördert werden, was einen Beitrag zu **SDG 15** („Leben an Land“) leistet.



Abbildung 234 Darstellung der Beleuchtung



## 9 Ansprechpartner:innen

---

██████████ „DIE BAUTECHNIKERIN“

**E-Mail:** ██████████@muenchen.de


**Telefon:** ██████████

**Studiengang:** Bauingenieurswesen

**Erfahrung:** Mitwirken bei einigen Tiefbauprojekten (z.B. 8-streifigen Ausbau A 99, Planung von Tank- und Rastanlagen, Neubauprojekte im Kanalnetz München bei der Münchner Stadtentwässerung)

**Rolle im Team:** Projektleiterin

**Kompetenzen:** ausgebildete Bauzeichnerin Tief-, Straßen & Landschaftsbau, staatlich geprüfte Bautechnikerin für Tiefbau



██████████ „DER EXPERTE FÜR SOLARENERGIE“


**E-Mail:** ██████████@hm.edu

**Studiengang:** Regenerative Energien - Elektrotechnik

**Erfahrung:** Mitwirken bei Planung und Umsetzung von Kraftwerk- und Fernwärmeprojekten

**Rolle im Team:** Technische Konzeption

**Kompetenzen:** Modellierung von Energiesystemen, Grundkenntnisse zum Thema PV



██████████ „DIE MIT DEM KALKULATORISCHEN VERSTAND“

**E-Mail:** ██████████@hm.edu

**Studiengang:** Betriebswirtschaftslehre

**Erfahrung:** Praktikum und Werkstudententätigkeit in der Buchhaltung und Controlling

**Rolle im Team:** Controlling

**Kompetenzen:** Schwerpunkt Rechnungswesen und Controlling



██████████ „DIE MIT DEN MARKETING STRATEGIEN“


**E-Mail:** ██████████@hm.edu

**Studiengang:** Betriebswirtschaftslehre

**Erfahrung:** Praktikum im Bereich Content Marketing

**Rolle im Team:** Design und Marketing

**Kompetenzen:** Schwerpunkt International Management & Marketing



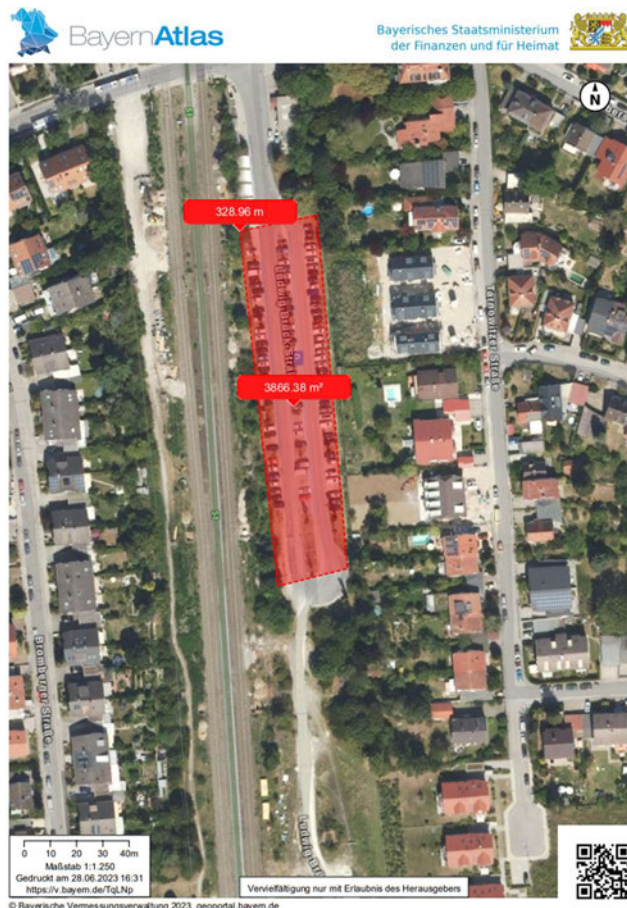


# 10 Anhang

Nachfolgend werden alle Informationen aufgeführt, welche nicht im Konzept aufgeführt werden, jedoch von Relevanz sind.

## 1 Flächenermittlung

Die Flächen aller P+R-Anlagen wurde mithilfe von BayernAtlas [geoportal.bayern.de/bayernatlas] ermittelt. Beispielhaft ist der ein Auszug für die Flächenermittlung des P+R Daglfing Ost gezeigt. Dabei wird aber verschattete Fläche nicht berücksichtigt.



## 2 Übersichtslageplan von P+R Anlage Daglfing

Um die im Konzept genannten bautechnischen Rahmenbedingungen darzustellen, wird im beigefügten Übersichtslageplan die Konstruktion der Anlage dargestellt. Dieser Entwurf ist nicht abschließend und lediglich ein Vorschlag im Rahmen dieses Konzeptes. Siehe hierzu separater Plan im Anhang.

## 3 Projektsteuerung

Während der Erstellung dieses Konzeptes wurden regelmäßige Termine zusammen mit der Ideenbörse der Stadt München und dem Projektteam abgehalten. Diese Termine wurden von der Stadt angeleitet. Um die daraus entstandenen Erkenntnisse, Aufgaben und offenen Fragen abschließend aufzuführen, befindet sich im Anhang die Dokumentation zur Projektsteuerung.

# Literaturverzeichnis

---

- [1] Allgemeiner Deutscher Automobil-Club e.V. (ADAC). Elektroauto im Winter: So massiv sinkt die Reichweite bei Kälte. <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/info/elektroauto-reichweite-winter/> (01. März 2022)
- [2] Böttcher, Jörg. Solarvorhaben - Wirtschaftliche, technische und rechtliche Aspekte. 4.4 Wirtschaftlichkeit und Ausgestaltung einer geeigneten Finanzierungsstruktur. München 2012 S.303ff
- [3] Bundesanstalt für Verwaltungsdienstleistungen, Aurich, 2021, <https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Bund/BMVI/ladeinfrastruktur-elektrofahrzeuge-in-deutschland.html>, 27.06.2023
- [4] Bundesministerium der Justiz, Verordnungen über technische Mindestanforderungen an den sicheren und interoperativen Aufbau und Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladepunkten für elektrisch betriebene Fahrzeuge 1, Bonn, 2016, <https://www.gesetze-im-internet.de/lsv/index.html#BJNR045700016BJNE000500000>, 27.06.2023
- [5] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. Klima und Erneuerbare Energien: Ist Elektromobilität wirklich klimafreundlich?. <https://www.bmuv.de/themen/luft-laerm-mobilitaet/verkehr/elektromobilitaet/klima-und-energie> und <https://www.bmuv.de/themen/luft-laerm-mobilitaet/verkehr/elektromobilitaet/luft-und-laerm> (22. September 2021) (28.März 2022)
- [6] DKV Euro Service GmbH + CO. KG, Wie sind die Kosten eines Elektroautos einzuschätzen?, DKV, Ratingen, 2023, <https://www.dkv-mobility.com/de/elektromobilitaet/ratgeber/kosten-elektroauto-pro-100km> 27.06.2023
- [7] Dürfeld, Kai. Lithium-Dendriten auf der Spur: Wie zerstörerische Strukturen in Batterien wachsen. [https://www.helmholtz-berlin.de/pubbin/news\\_seite?nid=23163&sprache=de&seitenid=74699](https://www.helmholtz-berlin.de/pubbin/news_seite?nid=23163&sprache=de&seitenid=74699) (01. September 2021)
- [8] elexon GmbH, Aachen, <https://elxon-charging.com/produkte-ac-ladestation/>, 27.06.2023
- [9] Europäischen Parlaments und des Rates. RICHTLINIE 2008/50/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES. 21.Mai 2008
- [10] FC Bayern München e.V., Zahlen, Fakten & Informationen zur Allianz Arena, 2005, München, <https://allianz-arena.com/de/die-arena/fakten-historie/allgemeine-informationen>, 27.06.2023
- [11] Fischer, Petra, Mitarbeiterin der Außenstelle München des Eisenbahn-Bundesamt, Planfeststellung, Recht , E-Mail „Studienprojekt an der HM“,2023, München, 07.06.2023,
- [12] Frahm, Thorben. Einspeisevergütung für Photovoltaik 2023. <https://www.solaranlagen-portal.com/photovoltaik/wirtschaftlichkeit/einspeiseverguetung#neue-einspeisevergtung-2022-2023-nach-verffentlichung-des-eeg-2023> (06. Februar 2023)
- [13] Google Ireland Limited, Google Maps,2023, <https://www.google.com/maps/place/>, 04.06.2023
- [14] Hardt, Christoph, Elektro-Autos: München deutschlandweit an der Spitze - zwei Aspekte könnten mit der Grund sein, Münchner Merkur, 2022, München, 21.04.2022
- [15] Horváth & Partners: Prognostizierte Anzahl der Personenkraftwagen mit Elektroantrieb in Deutschland von 2020 bis 2025 ; <https://de-statista-com.ezproxy.bib.hm.edu/statistik/daten/studie/1076854/umfrage/bestand-an-bev-und-phev-in-deutschland/>
- [16] Konrad, Frank. Planung von Photovoltaik-Anlagen. 3 Investition Wiesbaden (2008)
- [17] Landeshauptstadt München. Immissionsmessungen in München. <https://stadt.muenchen.de/infos/immissionsmessungen-muenchen> und <https://stadt.muenchen.de/infos/klimaschutz-nachhaltigkeit.html> (2023)
- [18] LfA Förderbank Bayern, Infrakredit Energie, LfA Förderbank Bayern . INFRAKREDIT ENERGIE [https://lfa.de/website/de/foerderangebote/infrastruktur/infrakredit\\_energie](https://lfa.de/website/de/foerderangebote/infrastruktur/infrakredit_energie) und [https://lfa.de/website/de/foerderangebote/infrastruktur/infrakredit\\_kommunal/](https://lfa.de/website/de/foerderangebote/infrastruktur/infrakredit_kommunal/) , 27.06.2023
- [19] Lokale Digitale Medien GmbH und Entsorgung.org, behandeltes-holz, Basel (CH), 2023, <https://entsorgen.org/behandeltes-holz/>, 13.06.2023
- [20] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Ba-Wü, Stuttgart, 2023, <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/klima/klimaschutz-in-bw/klimaschutz-und-klimawandelanpassungsgesetz-baden-wuerttemberg>, 27.04.2023
- [21] P+R Park & Ride GmbH; P+R GmbH; <https://www.parkundride.de/>; 06.04.2023
- [22] Park-Solar GmbH, Stuttgart 2023. <https://park-solar.com/>, 27.06.2023

- [23] Photovoltaix Geographical Information System, Performance of GRID-Connected PV, 2023, Ispra (IT), [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/), 27.06.2023
- [24] Quaschnig, Volker. Erneuerbare Energien und Klimaschutz - Hintergründe, Techniken und Planung, Ökonomie und Ökologie, Energiewende. Photovoltaik - Strom aus Sand. München (2013) S.151
- [25] RatsInformationssystem, Antrag Sonne in der Stadt, StR-Antrag 20-26 / A 02724, München, 12.05.2022 <https://risi.muenchen.de/risi/antrag/detail/7167810>
- [26] Referat für Klima und Umweltschutz, Dokument, München, 2021, [https://stadt.muenchen.de/dam/jcr:7401a2b4-e026-4077-9275-4c3751b81568/web\\_eeg\\_anlagen\\_muc\\_2019\\_final.pdf](https://stadt.muenchen.de/dam/jcr:7401a2b4-e026-4077-9275-4c3751b81568/web_eeg_anlagen_muc_2019_final.pdf), 02.2021
- [27] RIVA Stahl GmbH, Recyclingweltmeister Stahl, Henningsdorf, 2023, [https://www.rivastahl.com/de/corporate\\_responsibility/recyclingweltmeister\\_stahl](https://www.rivastahl.com/de/corporate_responsibility/recyclingweltmeister_stahl), 13.06.2023
- [28] Schramm, Simon, Dozent Hochschule München, Vorlesungsskriptum Regenerative Energien, S. 15, 04.03.2022.
- [29] SDG-Portal; Henrik Riedel, Die Agenda 2023 mit den 17 SDGs, Gütersloh, 2023, <https://sdg-portal.de/de/ueber-das-projekt/17-ziele>, 13.06.2023
- [30] Söfke, Art. 6 (5a) S. 1 BayBO i.v.m. Art. 6 (5) S. 1 BayBO, Beck Verlag, Nördlingen, 2021
- [31] Söfker, § 34 (1) S. 1 BauGB, Beck Verlag, Nördlingen, 2021
- [32] Solarwatt GmbH. Photovoltaik Kosten. <https://www.solarwatt.de/ratgeber/photovoltaik-kosten#:~:text=Laut%20ei-ner%20Studie%20des%20Fraunhofer,01%20Cent%20im%20sonnen%C3%A4rmeren%20Norden.> (28. April 2023)
- [33] Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie. Bayerisches Energieforschungsprogramm. <https://www.verkuendung-bayern.de/baymbl/2019-253/> (25.06.20223)]
- [34] Hoppe, Sven, München ist Pendlerhauptstadt, SZ München, 2023, <https://www.sueddeutsche.de/bayern/arbeits-muenchen-muenchen-ist-pendlerhauptstadt-dpa.urn-newsml-dpa-com-20090101-230427-99-472942>, 27.04.2023
- [35] Sven Christian Schulz. CO2-Ausstoß beim Flugzeug: So viel Emissionen verursachen Flugreisen. <https://utopia.de/ratgeber/co2-ausstoss-beim-flugzeug-so-viel-emissionen-verursachen-flugreisen/> (21. September 2021)
- [36] The Mobility House, Welche Reichweite hat mein E-Auto?, München, 2022, [https://www.mobilityhouse.com/de\\_de/ratgeber/ladezeiteneubersicht-fuer-elektroautos](https://www.mobilityhouse.com/de_de/ratgeber/ladezeiteneubersicht-fuer-elektroautos), 27.06.2023
- [37] Umwelt Bundesamt. Verkehrslärm. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/laerm/verkehrslaerm#rangfolge-der-massnahmen> (21. Juli 2022)
- [38] Weis, Klaus. Warum die Scheibe unterm Carport nicht friert. <https://www.swr.de/swr1/rp/carport-100.html> (2023)
- [39] Zimmermann, Matthias; ADAC Technikzentrum. Was ist der beste Sonnenschutz bei Hitze im Auto?. <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattung-technik-zubehoer/zubehoer/sonnenschutz-auto/> (29. Juni 2022)
- [40] Phovo: <https://www.phovo.de/muenchen-flughafen/parkhaus-51-am-muenchner-flughafen-erzeugt-solarstrom>, kein Datum
- [41] Bayerisches Landessamt für Statistik, München ist die Pendlerhauptstadt Deutschlands 27. April 2023, <https://www.statistik.bayern.de/presse/mitteilungen/2023/pm099/index.html>
- [42] mc R&D GmbH
- [43] Auskunft Ströer GmbH 2023
- [44] Münchner Stadtentwässerung, Umgang mit Niederschlagswasser, München, 2023, <https://stadt.muenchen.de/infos/umgang-mit-niederschlagswasser.html> und <https://stadt.muenchen.de/infos/wasserrechtliche-erlaubnis.html>, 04.06.2023
- [45] Ebert, Paulina, E-Mail-Verkehr, Stabstelle Neue Mobilität, P+R Park & Ride GmbH, 05.05.2023
- [46] Dr. Schütte, Fabian, Stabstelle Technologie/ TBiTechD, Mobilitätsreferat, Landeshauptstadt München, April 2023
- [47] Solarstrom vom Parkplatz. Süddeutsche Zeitung, 2022