

# **Thementisch: Kalkulation von Kosten und Nutzen bei der Flottenelektrifizierung**

Anlauf- und Koordinierungsstelle E-mobiles Brandenburg (AK EMO)

- **Vorstellung der Teilnehmer\*innen**
- Grundsätzliche Eigenschaften batterieelektrischer Antriebe
- Anschaffungskosten
- Energiekosten
- Wartung, Inspektion, Reparatur
- Weitere Vorteile
- Ladeinfrastruktur
- Weiche Faktoren
- **Kostenbeispiele & Diskussion**
- Empfehlenswerte Seiten

# Vorstellung der Teilnehmer\*innen

Eigenschaft	Batterieelektrisch	Verbrennungsmotor
Lokale Emission	+	-
Umweltbilanz	(+)	-
Anschaffungskosten	-	+
Laufende Kosten	+	-
Reichweite	-	+
Tank-/Ladezeit	-	+
Eigenerzeugung Energie	+	-

# Grundsätzliche Eigenschaften batterieelektrischer Antrieb

## Wirtschaftlichkeitsfaktoren

- hohe Jahreslaufleistungen
- hohe Tagesfahrleistung (im Rahmen der jeweiligen Reichweite)
- gleichmäßige/planbare Fahrprofile
- hoher Anteil an Stadtfahrten/Kurzstrecken
- Mehrfachnutzung von Fahrzeugen
- ausreichend lange Standzeiten (z.B. nachts, für Ladevorgang)
- Nutzung von selbsterzeugtem (z.B. PV) Strom

- Preise sinken
- Leistung/Batteriekapazitäten steigen
- Umweltbonus vom bis zu 6.000 €
- Teilweise höher als Verbrenner → Gesamtkosten aber entscheidend
- Elektrofahrzeuge sind häufig recht hoch ausgestattet → Preise um Ausstattung bereinigen

- Ein Großteil der Ladevorgänge wird betrieblich stattfinden.
- Stromkosten im betrieblichen Laden sind abhängig vom Verbrauch und der Tarifstruktur (ca. 20 – 30 Cent pro kWh)
- Preise beim öffentlichen Laden schwanken, tendenziell höher
- Durch angepasste Fahrweise, Auswahl von sparsamen Fahrzeugen, gutem Ladeverhalten und Mitarbeiterschulung sind Verbrauchssenkungen möglich
- Wenn möglich, PV-Anlage nutzen (Stromgestehungskosten ca. 10 – 15 Cent)
- Bei einem Tarif mit registrierender Leistungsmessung (RLM) kann durch Lastmanagement die Entstehung von Lastspitzen vermieden und damit der Leistungspreis begrenzt werden
- Bei kleineren Stromkunden (SLP) gibt es z.B. Spezialtarife mit Abschaltung

### Reichweite ist abhängig von den folgenden Einflussfaktoren:

- Temperatur
- Geschwindigkeit
- Luftwiderstand
- Fahrprofil (Stadtverkehr / Außerorts / Autobahn)
- Rekuperation (Bremsenergierückgewinnung)



# Energiekosten

Einflussfaktoren Reichweite, Beispiel VW Golf

- **Temperatureinfluss:**

Am Markt 1 Spremberg → Cottbus Hauptbahnhof (ca. 24 km, Bundesstraße)

20°C:	11,9 kWh/100 km	
5°C:	12,8 kWh/100 km	+ 7,6 %
-10°C:	15,5 kWh/100 km	+ 30,3 %

- **Verschiedene Geschwindigkeiten**

Am Markt 1 Spremberg → Lübbenau/Spreewald (ca. 50 km, 2/3 Autobahn)

100 km/h:	14,9 kWh/km	
110 km/h:	16,1 kWh/km	+ 8,1 %
120 km/h:	17,5 kWh/km	+ 17,4 %
130 km/h:	18,9 kWh/km	+ 26,8 %
140 km/h:	20,5 kWh/km	+ 37,8 %

Quelle: <https://abetterrouteplanner.com/>

## Verluste

- Verluste abhängig vom Ladegerät, Umgebungsbedingungen und Ladeleistung
- Größenordnung 10 – 20 %
- Sehr kleine Ladeleistungen → höhere Verluste

### Tabelle Ladedauer Ladeverluste einphasiges Laden Hyundai IONIQ

Ladestrom Vorgabe [A]	Ladestrom gemessen [A]	Leistung gemessen [kW]	Wirkungsgrad [%]
6	5,21	1,13	74,7
10	9,00	2,01	84,3
13	12,10	2,70	88,9
16	15,20	3,40	90,4
20	19,28	4,34	91,6
32	31,63	7,07	91,6

Quelle: <https://cdn.goingelectric.de/forum/resources/image/44896>

- **Wartung/Inspektion/Reparatur ca. 1/3 weniger als beim Verbrenner**
  - Ölwechsel, Zündkerzen etc. nicht vorhanden
  - Kein Zahnriemen, Auspuff, Turbolader, Partikelfilter
- **Keine Abgasuntersuchung nötig**
- **Aber: teilweise wenig Langzeiterfahrungen mit teuren Elektrokomponenten**
  - Leistungselektronik, Ladegerät
  - Elektromotor
- **Möglicher Kostenfaktor Batterie durch Garantie entschärft**
  - VW: 160.000 km, 8 Jahre, 70 %
  - Hyundai: 160.000 km, 8 Jahre, 70 %
  - Nissan: 160.000 km, 8 Jahre, 70 %
  - Tesla: Model S: 240.000 km, 8 Jahre, 70 %/ Model 3: 160.000 km, 8 Jahre, 70 %
  - BMW: 160.000 km, 8 Jahre, 70 %

- 10 Jahre keine KFZ-Steuer
- Teilweise von Parkgebühr befreit
- Kein Risiko für geplante Fahrverbote, Umweltzonen etc.

## Hardware & Installation

- Kosten für die Installation (Montage, Fundament, Kabelverlegung, Anschluss im Stromverteilerkasten...) schwanken sehr stark
- Ggf. muss der Netzanschluss verstärkt werden
- Durch sinnvolle Planung können Kosten eingespart werden (Kurze Kabelwege, Wallbox statt Ladesäule)
- Intelligente Wallboxen mit Freischaltung (z.B. RFID), Datenverbindung, Lastmanagement kosten ca. 1000 € bis 2000 € pro Ladepunkt
- Mehrkosten für eichrechtskonforme Wallboxen mit einem Ladepunkt gegenüber einer vergleichbaren Wallbox ohne Eichrechtskonformität betragen ca. 300 € bis 500 €

### **Nach Innen:**

- Fortschrittliches Image
- Motivation für junge, technikaffine und an Nachhaltigkeit interessierte Bewerber

### **Nach Außen:**

- Nachhaltigkeit/Umweltbewusstsein zeigen
- (noch) kostenlose PR durch Lokale Medien

# Kostenbeispiele & Diskussion

## Vorbereitung ist notwendig, da Technologie für viele unbekannt

- **Information und Schulung der Mitarbeiter notwendig**
  - Handhabung Ladestation und Fahrzeug
  - Umgang mit der Rekuperation und fehlender Schaltung
- **Umgang mit skeptischen Mitarbeitern planen**
  - Probefahrten anbieten, Ängste ernst nehmen
  - Mitspracherecht geben, schrittweise Umstellung
- **Ladetechnik**
  - Installation Ladepunkte, Lastmanagement planen
  - Ggf. neuer Stromtarif notwendig
- **Kommunikation**
  - Öffentlichkeitsarbeit, Fahrzeugbeklebung
  - Mitarbeiter für Fragen schulen



# Empfehlenswerte Seiten

## Ladeinfrastruktur

- <https://www.goingelectric.de/Lemnet>
- <https://www.lemnet.org/de/>
- <http://e-mobiles-brandenburg.wfbb.de/de>

## Fahrzeugbeschaffung (Wirtschaftlichkeit)

- <https://emob-flottenrechner.oeko.de/#/>
- <https://emob-kostenrechner.oeko.de/#/>
- Siehe außerdem die zwei Excel-Tools, die während der Veranstaltung besprochen worden sind

## E-Routenplanung

- <https://abetterouteplanner.com/>



Ein Angebot der  
Wirtschaftsförderung  
Brandenburg | **WFBB**

Wir freuen uns  
auf eine erfolgreiche Zusammenarbeit.

---

**[www.e-mobiles-brandenburg.de](http://www.e-mobiles-brandenburg.de)**

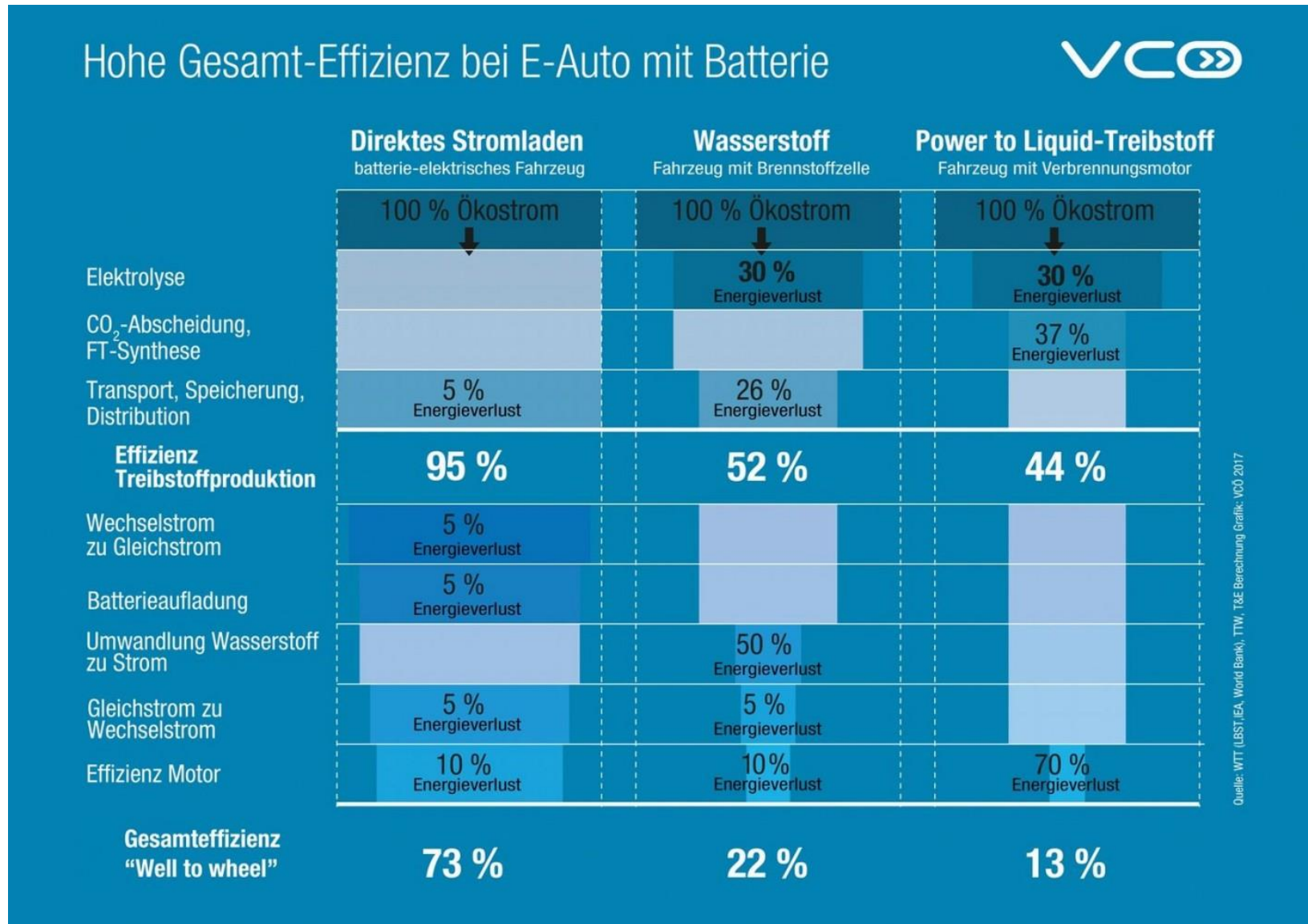
Wirtschaftsförderung  
Land Brandenburg GmbH  
Babelsberger Straße 21  
14473 Potsdam

WFBB Energie  
Lennart Mumm  
Tel. 0331 – 730 61-409  
Lennart.Mumm@wfbb.de

Diese Unterlagen sind ausschließlich für Präsentationszwecke bestimmt. Der Inhalt ist durch das Urheberrecht geschützt. Alle Rechte an der Präsentation und deren Inhalt stehen der Wirtschaftsförderung Brandenburg (WFBB) zu. Eine Weitergabe an Dritte ebenso wie jede Vervielfältigung, Veränderung oder sonstige Verwendung und Nutzung ganz oder in Teilen bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung der WFBB.

# Backup

- Bei einem maximalen Nettolistenpreis von 40.000 Euro wird der Umweltbonus für rein elektrische Fahrzeuge um 50 Prozent auf 6.000 Euro und für Plug-In-Hybride auf 4.500 Euro angehoben.
- Über einem Nettolistenpreis von 40.000 Euro wird der Umweltbonus für rein elektrische Fahrzeuge 5.000 Euro und für Plug-In-Hybride 3.750 Euro betragen.
- Der Umweltbonus wird weiterhin jeweils zur Hälfte von der Bundesregierung und von der Industrie finanziert.

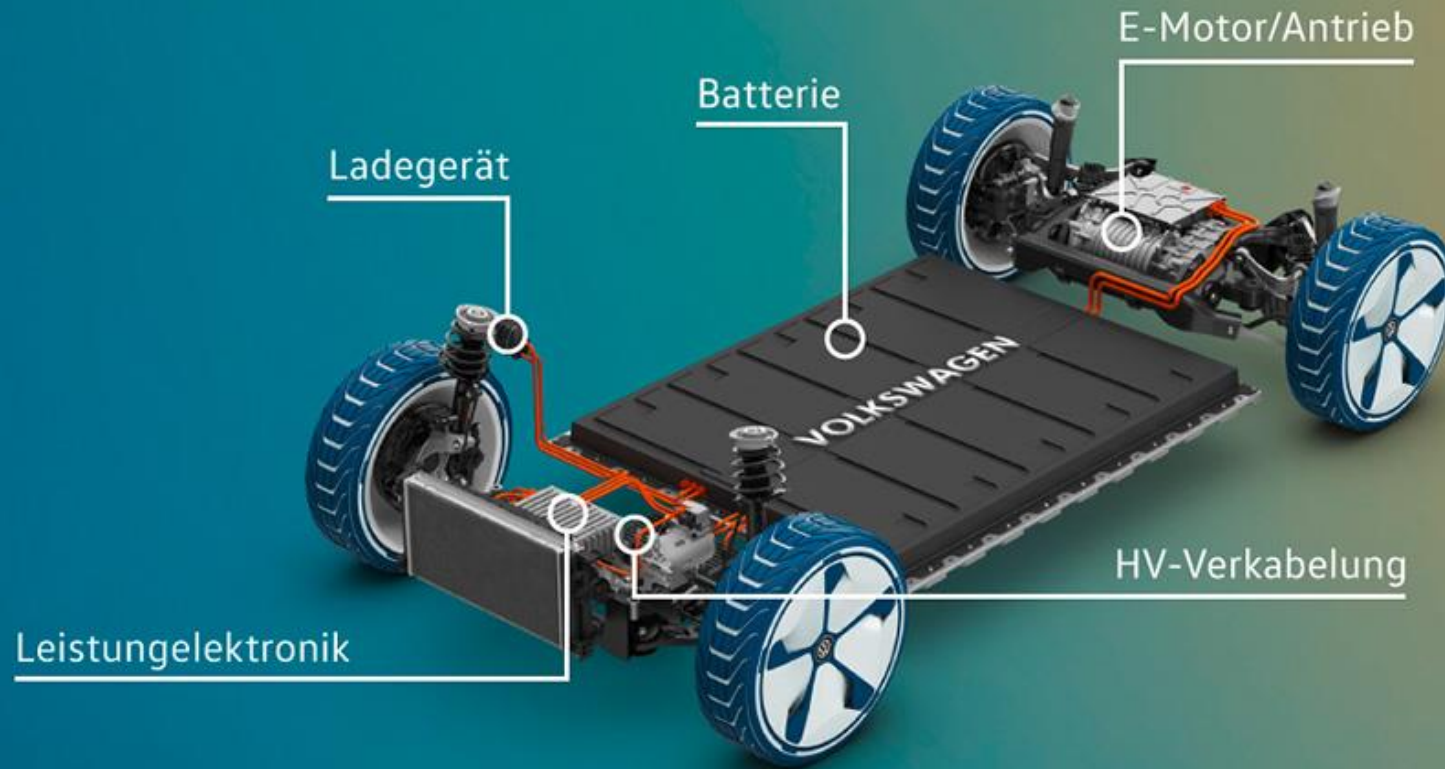


Quelle: <https://www.vcoe.at/service/fragen-und-antworten/Warum-nicht-auf-brennstoffzelle-oder-treibstoffe-aus-wasserstoff-warten>

# Einführung und technische Grundlagen

## Das steckt im neuen ID. Chassis

Die wichtigsten Komponenten der Volkswagen e-Modellserie im Überblick



Quelle: <https://ecomento.de/wp-content/uploads/2018/09/VW-MEB-Elektroauto-11.jpg>



# Normalladen

## Normalladen

- Stromart: Wechselstrom (AC)
- Ladeleistung: Ca. 1 kW bis 22 kW
- Ladestrom: Ca. 6 A bis 32 A
- Ort des Ladegerätes: Im Fahrzeug eingebaut
- Steckertyp: Typ 2, Typ 1
- Anschluss: Öffentlich meist eine Steckdose, Privat eher ein angeschlagenes Kabel
- Standort: POIs, Langzeitparkplätze, Tiefgarage
- Ladedauer: Ca. 1 Stunde bis 1 Tag
- Kosten: 0 € bis 6.000 € je Ladepunkt

## Normalladen



Quelle: <https://www.mobile-zeitgeist.com/nrgkick-smart-steckdose-emobility-mobilitat-ladelosung-strom/>



Quelle: <https://www.electrive.net/wp-content/uploads/2017/06/green-motion-ladestation-wallbox-schweiz.png>

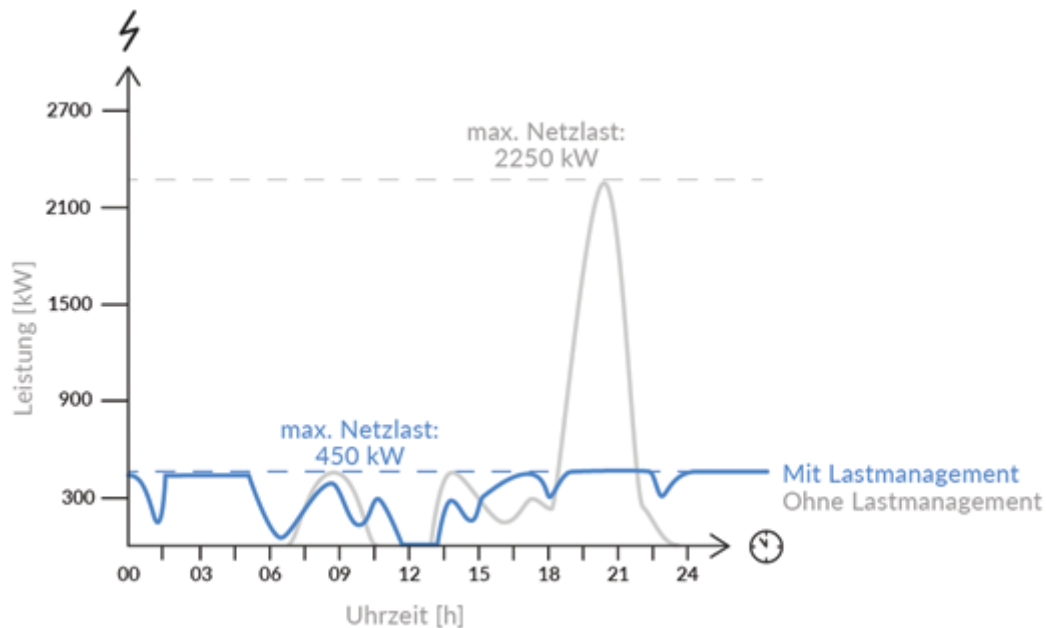


Quelle: AK EMO



Quelle: AK EMO

- Verfügbare Leistung technisch oder vertraglich begrenzt
- Hohe Lastspitzen erzeugen Kosten
- Begrenzung durch ein Lastmanagementsystem (statisch, dynamisch, volldynamisch)



Quelle: [https://www.mobilityhouse.com/de\\_de/lade-management/lastmanagement.html](https://www.mobilityhouse.com/de_de/lade-management/lastmanagement.html)

# Schnellladen

## Schnellladen

- Nutzung bei überörtlichen Fahrten an Fernstraßen
- Für den Anwendungsfall nicht besonders relevant
- Kostenintensiv

# Kalkulation von Kosten und Nutzen bei der Flottenelektrifizierung

# Zusammenfassung / Ausblick



## Fragen an meinen Fuhrpark

### Analyse der Tagesfahrleistung – Auswertung der Fahrtenbücher

- Genügt die Reichweite der Fahrzeuge für die Tagesfahrleistung?
- Welche Fahrzeuge besitzen die nötigen Eigenschaften?
- Abgleich mit zukünftigen Entwicklungen

### Stellplatz Verfügbarkeit prüfen und bedarfsgerechte Ladetechnik identifizieren

- Welche Ladetechnik deckt den Energiebedarf?
- Wie erfolgt der Stromanschluss?
- Wie sichere ich den Zugang zur Ladeinfrastruktur?

### Option: Anfrage Probetrieb von E Fahrzeugen Autohaus

- Reale Reichweiten ermitteln
- Alltagsverbrauch feststellen

## Vorbereitung ist notwendig, da Technologie für viele unbekannt

### Information und Schulung der Mitarbeiter notwendig

- Handhabung Ladestation und Fahrzeug
- Umgang mit der Rekuperation und fehlender Schaltung

### Umgang mit skeptischen Mitarbeitern planen

- Probefahrten anbieten, Ängste ernst nehmen
- Mitspracherecht geben, schrittweise Umstellung

### Ladetechnik

- Installation Ladepunkte, Lastmanagement planen
- Ggf. neuer Stromtarif notwendig

### Kommunikation

- Öffentlichkeitsarbeit, Fahrzeugbeklebung,
- Mitarbeiter für Fragen schulen

### Tabelle Ladedauer

- Mittlere Akkugröße von 35 kWh, Verbrauch inkl. Verluste und ggf. Vorklimatisierung 20 kWh pro 100 km

Ladeleistung [kW]	Reichweite pro Stunde [km]	Energiemenge nach 4 Stunden [kWh]	Energiemenge nach 8 Stunden [kWh]	Energiemenge nach 12 Stunden [kWh]
2,3	11,5	9,2	18,4	27,6
4,6	23	18,4	36,8	55,2
11	55	44	88	132
22	110	88	176	264

# Rechtliche/Organisatorische Grundlagen

- Nach der neugefassten Legaldefinition des § 3 Nr. 25 EnWG wird der Betreiber eines Ladepunkts für E-Fahrzeuge hinsichtlich des Strombezugs einem Letztverbraucher gleichgestellt.
- Damit ist das Unternehmen, das die Ladesäule betreibt, aus **energiewirtschaftsrechtlicher Sicht Letztverbraucher** und nicht Energieversorger, wodurch diverse Pflichten entfallen.
- An Marktrolle „Energieversorger“ wären nämlich diverse Pflichten (Transparenz von Rechnungen, Meldepflichten, Angabe vom Strommix) gestellt.

Ziel des **Eichrechts**: korrekte Erfassung und Abrechnung der ins Fahrzeug geladenen Energie und damit Schutz des Verbrauchers und Schutz des lautereren Handelsverkehrs.

- Ein eichrechtskonformer Ladevorgang benötigt eichrechtskonforme (konformitätsbewertete) Messgeräte sowie eine gesicherte Messwertübermittlung an den Kunden
- das Mess- und Eichrecht gilt immer dann, wenn Strom verrechnet wird (z.B. auch gegenüber Mitarbeitern)
- Grundprinzipien: Messwertrichtigkeit (Vollständigkeit und Integrität) und Nachvollziehbarkeit (z.B. durch Display an Ladesäule, Anzeige im Smartphone mit gesicherter Messwertübertragung)

Ziel der **Preisangabenverordnung**: Verbraucherinnen und Verbrauchern vollständige Informationen zu Preisen zu garantieren.

- Dazu sollen Preise vergleichbar sein und Transparenz hergestellt werden.

- Reine Abrechnung nach Verbrauch (**kWh**)
- **kWh plus Startgebühr**, Grundgebühr, Zeittarif
- Nutzung einer **Flatrate (Monat oder Jahr)**
- **kWh-Zeit-Tarif** (kWh für das Ladesystem, Zeit für das Parken)
- **Verschenken** des Stroms

- **Tages- und Wochenflat**
- Reiner **Zeittarif**
- Session Fee (**Pauschale** pro Ladevorgang)
- Parkplätze mit Ladeeinrichtung mit einem **höheren Preis als andere Parkplätze** abrechnen, da verdeckte Abrechnung des Stroms → Umgehung



- Kostenloses Laden von privaten PKWs von Mitarbeitern an Ladeinfrastruktur des Unternehmens ist kein geldwerter Vorteil
- Gilt bis 2030

- Eichrechtskonforme Ladetechnik ermöglicht alle Abrechnungs-Varianten und ist flexibel für die Zukunft
- Einfache Ladetechnik (ohne Eichrechtskonformität) schränkt die Nutzung ein. Folgende Möglichkeiten sind dann nur möglich:
  - Strom wird an Mitarbeiter und Besucher dauerhaft verschenkt, eigene Fahrzeuge können über preiswerte MID-Zähler intern erfasst werden
  - Strom wird an Mitarbeiter über eine Flatrate abgerechnet, Besucher können kostenlos laden (da Flatrate unpraktikabel)

Quellen:

[https://www.now-gmbh.de/content/3-bundesfoerderung-ladeinfrastruktur/1-foerderrichtlinie-foerderaufufe/information\\_mess-eichrecht\\_preisangabenverordnung.pdf](https://www.now-gmbh.de/content/3-bundesfoerderung-ladeinfrastruktur/1-foerderrichtlinie-foerderaufufe/information_mess-eichrecht_preisangabenverordnung.pdf)

[https://www.now-gmbh.de/content/3-bundesfoerderung-ladeinfrastruktur/1-foerderrichtlinie-foerderaufufe/2019\\_04\\_30\\_webinar\\_eichrecht\\_pangv.pdf](https://www.now-gmbh.de/content/3-bundesfoerderung-ladeinfrastruktur/1-foerderrichtlinie-foerderaufufe/2019_04_30_webinar_eichrecht_pangv.pdf)

[https://wts.com/wts.de/publications/fachbeitraege/2019/bb-32\\_2019-ladesaulen-auf-dem-betriebsgelande-schulte-beckhausen-et.al..pdf](https://wts.com/wts.de/publications/fachbeitraege/2019/bb-32_2019-ladesaulen-auf-dem-betriebsgelande-schulte-beckhausen-et.al..pdf)