

Intelligentes Laden

Neon · Clemens Lohr, Anselm Eicke, Lion Hirth · Webinar · 26.02.2025



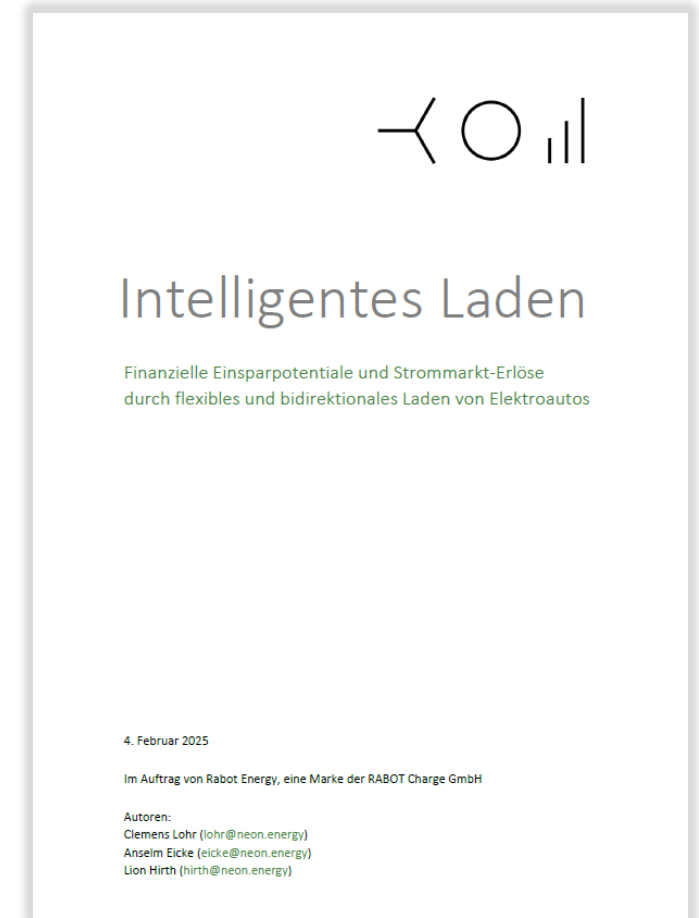
Intelligentes Laden

Eine Studie der Neon Neue Energieökonomik GmbH im Auftrag von Rabot Energy, eine Marke der RABOT Charge GmbH.

Die Ergebnisse und Aussagen in dieser Publikation liegen in der alleinigen Verantwortung der Autorinnen und Autoren und reflektieren nicht notwendigerweise die Sichtweise des Auftraggebers.

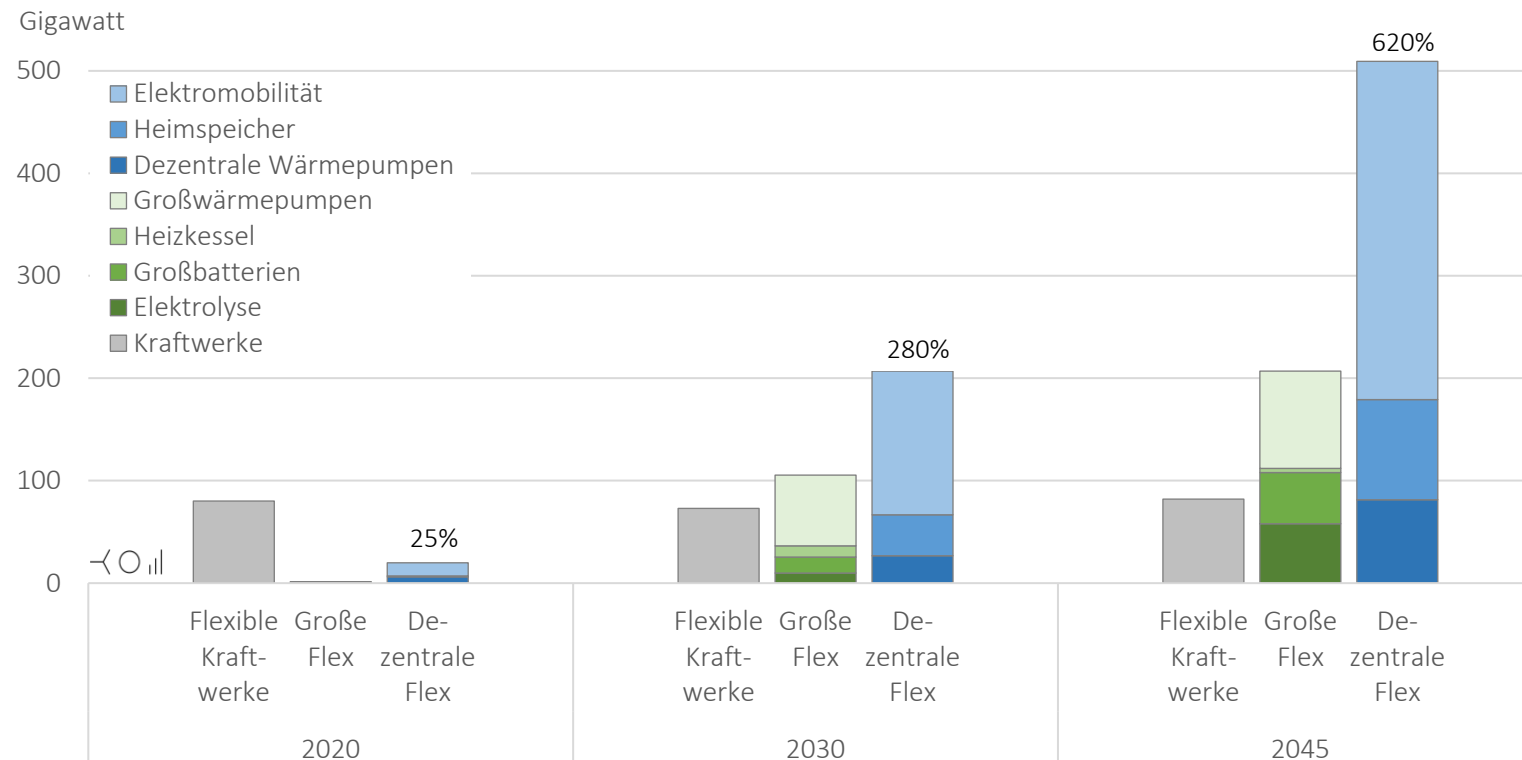
Die Studie ist verfügbar unter neon.energy/intelligentes-laden

Neon Neue Energieökonomik ist ein energiewirtschaftliches Beratungsunternehmen mit Sitz in Berlin. Als Boutique sind wir seit 2014 spezialisiert auf anspruchsvolle quantitative und ökonomisch-theoretische Analysen rund um den Strommarkt. Mit Beratungsprojekten, Studien und Schulungen unterstützen wir Entscheidungsträger bei den aktuellen Herausforderungen und Zukunftsfragen der Energiewende. Zu unseren Kunden gehören Regierungen, Regulierungsbehörden, Netzbetreiber, Energieversorger und Stromhändler aus Deutschland und Europa.



Die essenzielle Rolle lastseitiger Flexibilität

Installierte flexible Leistung bei Erzeugung und Verbrauch



Installierte Leistung verschiedener potenziell flexibler Technologien heute und in der Zukunft. Dezentrale Flexibilität bezieht sich auf Anschluss in der Niederspannung. Eigene Darstellung auf Basis des BMWK-Langfristszenarios „T45-Strom“ (2022) mit eigenen ergänzenden Annahmen.

Dezentrale Flexibilität

- Heute: 20 GW
- 2030 bereits über 200 GW

Zu befürchten

- Hohe Gleichzeitigkeit zu Spitzenlastzeiten
- Immenser Bedarf an Netzen & Kraftwerken

Zu hoffen

- Intelligenter Betrieb mit Flex-Bereitstellung für Markt & Netz

Voraussetzung: Anreize

- Fehlen heute weitgehend

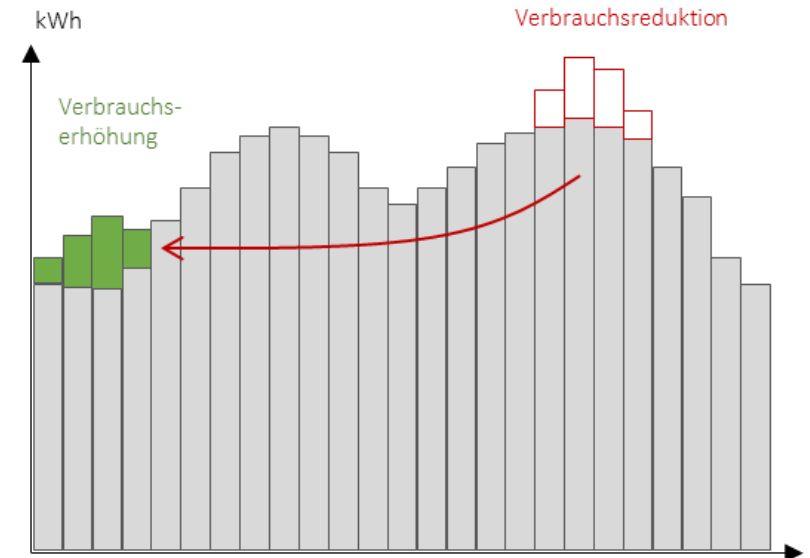
Flexibilität für Strommarkt *und* Verteilnetz

Flexibilität für den Strommarkt

- Reaktion auf Schwankung von Erzeugung und Verbrauch
- Mehr Verbrauch bei Stromüberschuss und Schwachlast, weniger Verbrauch bei Dunkelflaute und Nachfragespitzen
- Verschieben des Ladens in die Nacht und/oder den Mittag

Flexibilität für das Stromnetz

- Überlastung von Verteilnetzen vermeiden
- Weniger Verbrauch bei (drohender) Netzüberlastung, Nachholen oder Vorziehen bei freien Netzen



Diese Studie

Ziel: Einsparpotentiale von intelligentem Laden

- Welche Einsparpotentiale sind heute bereits möglich?
- Welche weiteren Einsparpotentiale sind zukünftig möglich?

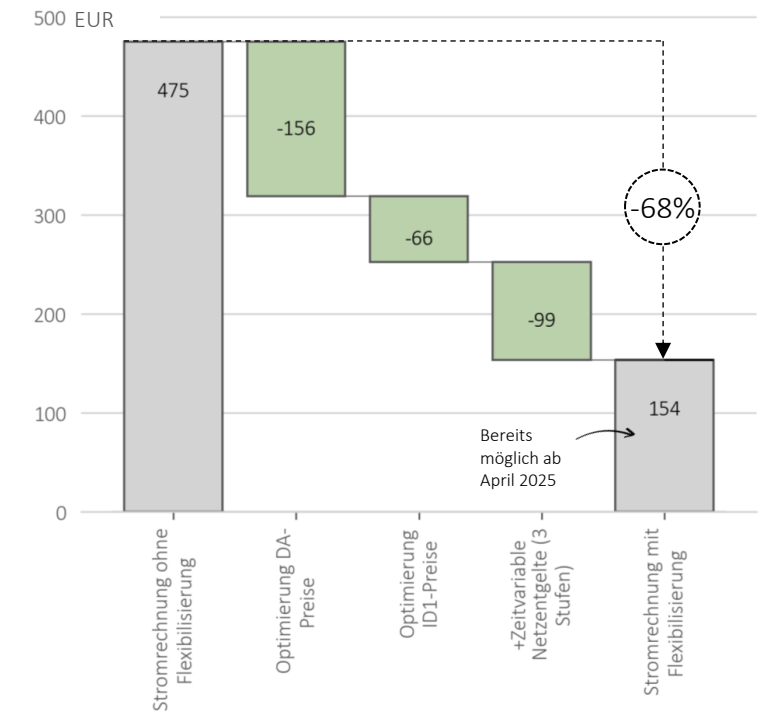
Vorgehen: 15-minütige Optimierung der Ladestrategie

- Unterschiedliche Stromtarife: Festpreis, dynamischer Tarif, variable Netzentgelte (ab 1. April), ...

Ergebnisse: Große Einsparpotentiale für die Stromrechnung

- Heute möglich: 50-70% Einsparung
- Nach politischen Reformen: bis 90%
- Mit bidirektionalem Laden: >100% - Geld verdienen statt bezahlen

Einsparpotential heute



Vorgehen & Daten

Vorgehen & Annahmen

Methodik zur Bestimmung der Einsparpotentiale

- Viertelstundenscharfe Optimierung des Ladeverhaltens eines E-Autos
- Minimierung der Stromrechnung mit dynamischen Stromtarifen (kein PV-Eigenverbrauch)

Ladestrategie-Vergleich

- Sofort Laden (Referenz): Batterie wird frühestmöglich geladen
- Intelligent Laden: Verschiebung des Ladens in Stunden mit günstigsten Strompreisen

Annahmen zum Elektroauto

- Erfüllen eines realen, repräsentativen Fahrprofils (Berufspendler)
- Einhaltung von physikalischen Grenzen und Flex-Einschränkungen

VW ID 3 Pure	
Speichergröße	45 kWh
Maximale Ladeleistung	11 kW
Jahresstromverbrauch EV	2180 kWh
Jährliche Fahrleistung	10442 km
Ladeverfügbarkeit	75%
Ladeanteil außerhalb des Haushalts	28%
Ladeverluste der Batterie	je 5% für Laden & Entladen
Batteriedegradationskosten	5 ct/kWh

Untersuchte Stromtarife

Festpreis ohne Anreiz für Verschiebung für Ladezeitpunkt

- Alle drei Komponenten des Stromtarifs (Energie, Netzentgelte, STAU) sind zeitinvariant (Referenz)
- Stromrechnung 475 € für zu Hause geladenen Strom (1584 kWh)

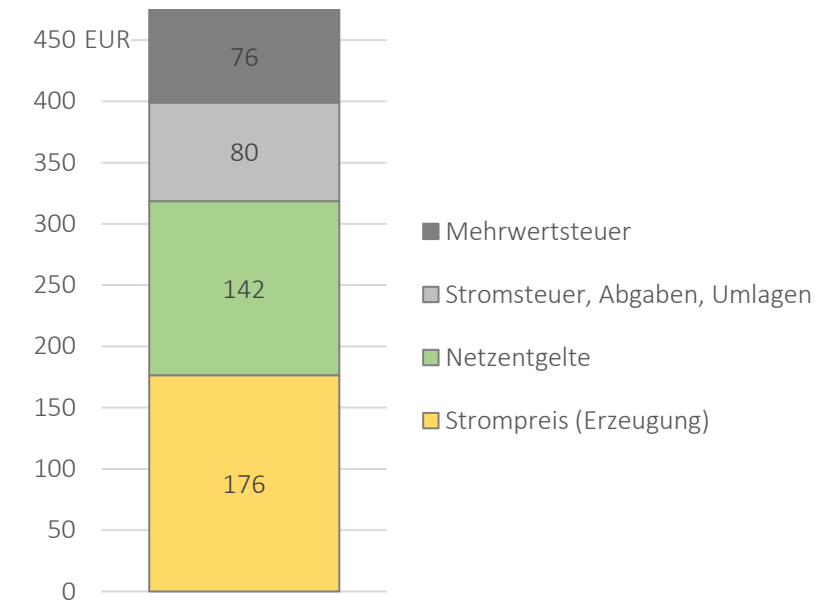
Dynamische Stromtarife im aktuellen Rechtsrahmen

- Weitergabe von Day-ahead-/Intraday-Preisen
- Dynamische Netzentgelte in drei Stufen (§14a EnWG Modul 3)

Dynamische Stromtarife in zukünftig möglichem Rechtsrahmen

- Dynamisches stufenloses Netzentgelt sowie zeitvariable Steuern, Abgaben & Umlagen
- Bidirektional Laden: Netzeinspeisung bei hohen Strompreisen

Stromrechnung im Referenzfall



Ergebnisse

Einsparpotentiale durch
Flexibilisierung

Verschiebung des Ladens bei Day-ahead Strompreis

Dynamischer Stromtarif

- Weitergabe des Day-ahead Großhandelspreis
- Alle anderen Tarifbestandteile zeitinvariant

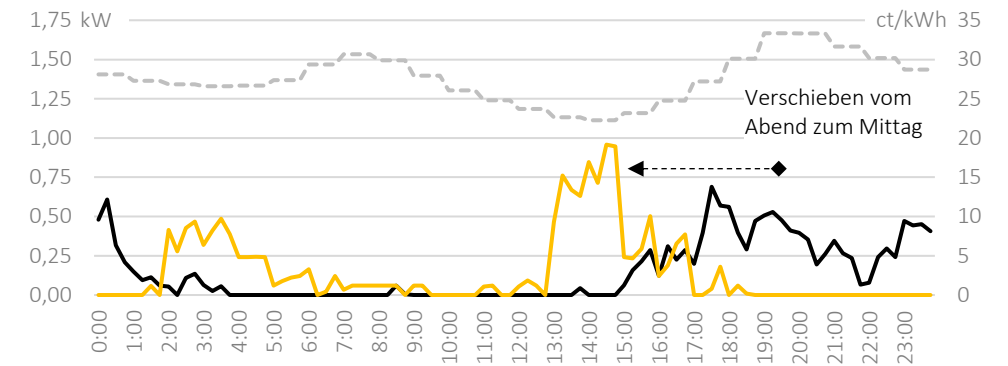
Referenz-Ladestrategie

- Sofortiges Laden, wenn das Auto nach Hause kommt
- Im Sommer und Winter vor allem abends, trotz hoher Großhandelspreise

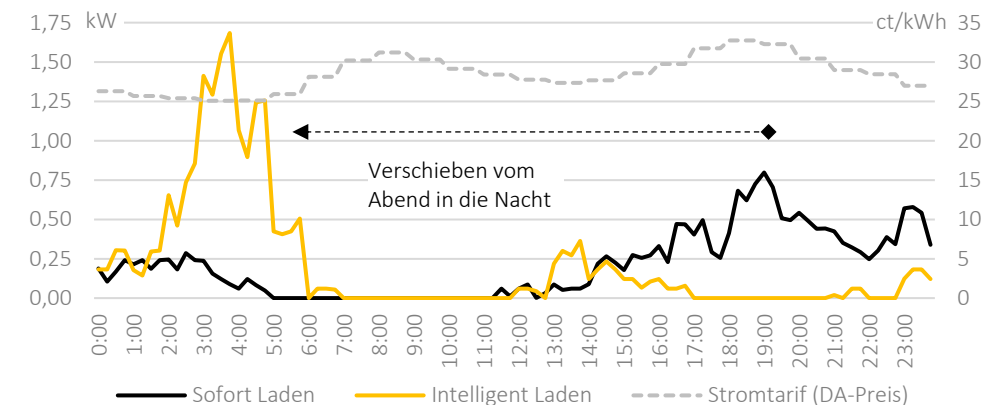
Intelligentes Laden

- Soweit ohne Einschränkung des Nutzerverhalten möglich: Laden in Stunden mit niedrigen Strompreisen
- Im Sommer mittags, im Winter nachts

Durchschnittliche Ladeleistung im Sommer



Durchschnittliche Ladeleistung im Winter



Bereits mögliche Einsparungen

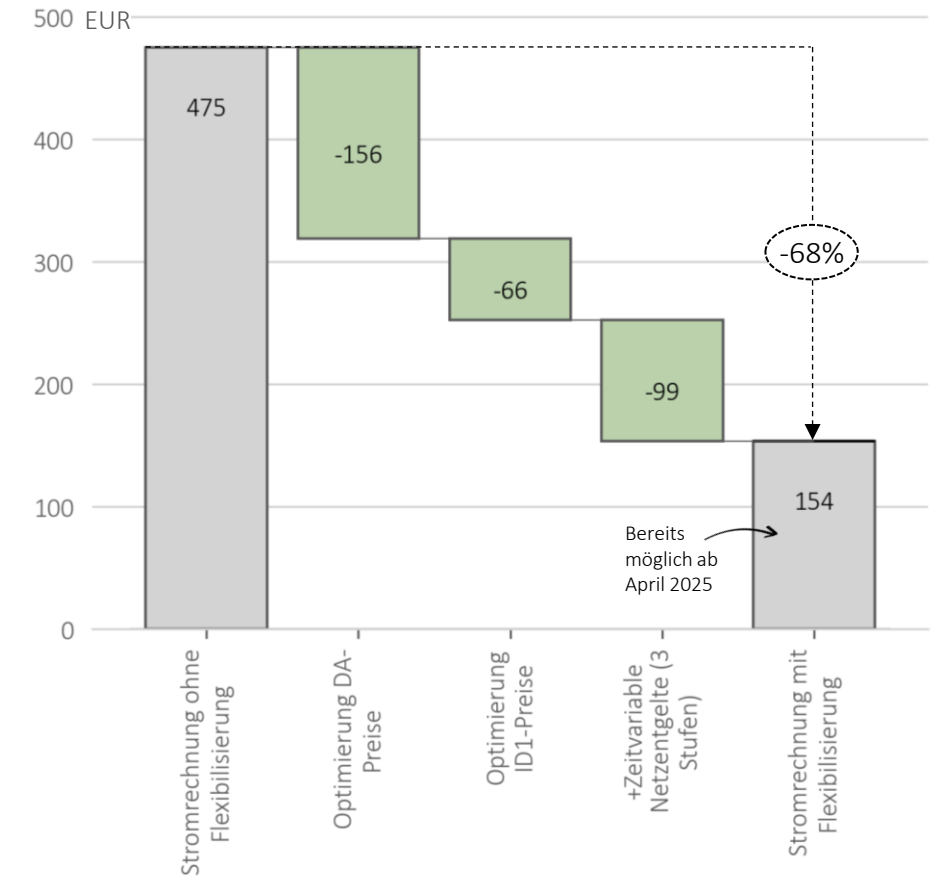
Dynamische Stromtarife

- Weitergabe des Großhandelspreises (Day-ahead oder Intraday)
- Bereits Laden nach Day-ahead Preis erzielt hohe Einsparungen i.H.v. einem Drittel der Stromrechnung
- Optimierung auf Intraday-Preise halbiert die Stromrechnung

Neu: Zeitvariable Netzentgelte

- Zusätzliche Einsparungen durch Laden bei niedrigen Netzentgelten
- Möglich ab April 2025 im Rahmen von EnWG §14a Modul 3
- Optimierung auf zeitvariable Netzentgelte erhöht kaum die Kosten der Strombeschaffung im Großhandel

Einsparpotentiale (Stromnetz Berlin)



Zukünftig denkbare Einsparungen

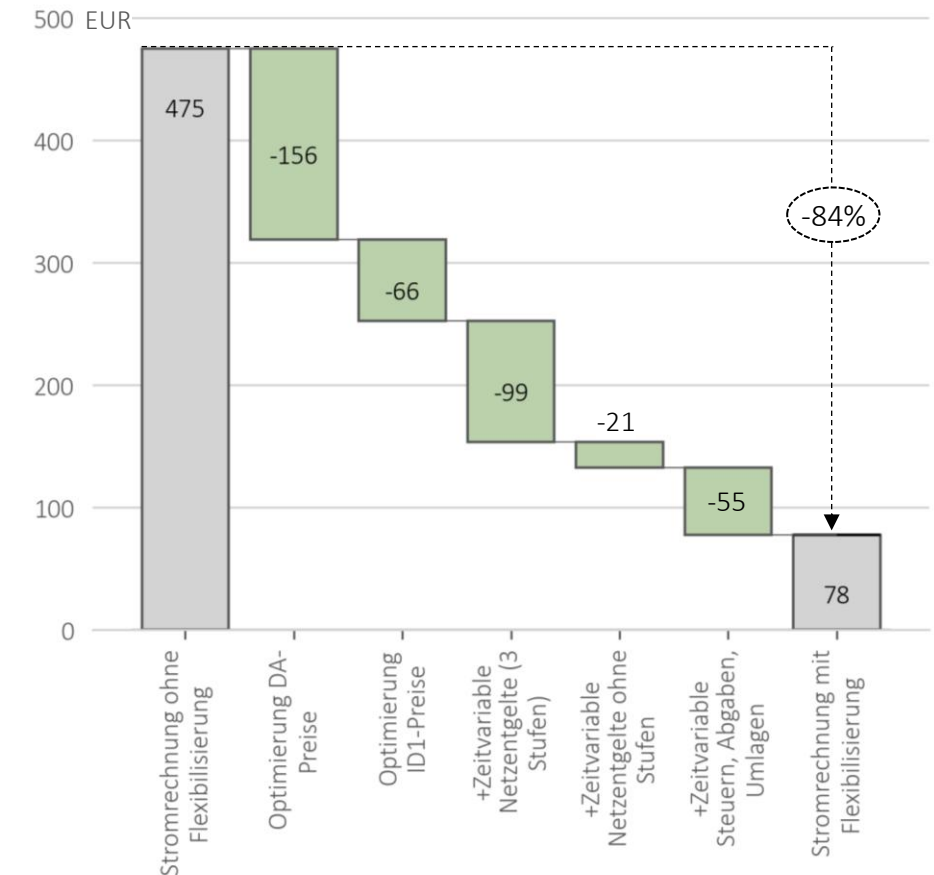
Zwei weitere regulatorische Änderungen

- Kontinuierliche zeitvariable Netzentgelte statt Netzentgelt mit 3 Stufen
- Zeitvariable Stromsteuer, Abgaben und Umlagen statt konstant wie bisher

Stromrechnung kann weiter reduziert werden

- Mit unseren Annahmen Einsparung von 84%
- „Umsonst-Laden“ grundsätzlich denkbar

Einsparpotentiale (Stromnetz Berlin)



Bidirektionales Laden

Bidirektionales Laden

- Rechtlich und regulatorisch noch nicht möglich

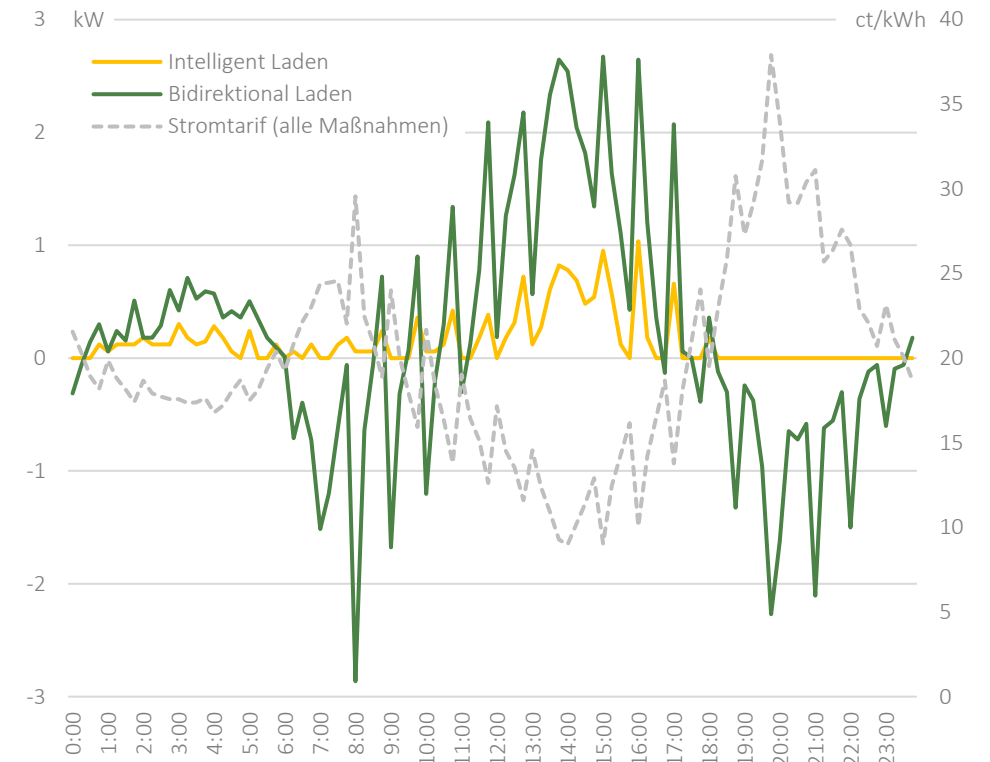
Auswirkungen

- Ladezeitpunkte ähnlich wie bei intelligentem Laden
- Im Mittel höhere Ladeleistung für spätere Netzentladung
- Menge von gespeichertem Strom verdreifacht sich
- Rückspeisung von Strom vom Auto ins Netz (2489 kWh)

Entlastung des Stromsystems

- Am Abend sind Verteilnetz und Energiesystem oft belastet
- Elektroauto würde dann Strom ins Netz einspeisen, anstatt ihn zu beziehen

Durchschnittliche Ladeleistung im Sommer



Einsparungen durch bidirektionales Laden

Synergie zwischen bidirektionalem Laden und Preisvolatilität

- Bidirektionales Laden hebt weitere Flex-Vorteile
- Einsparpotentiale durch zeitvariable Tarife verdoppeln bis vervierfachen sich

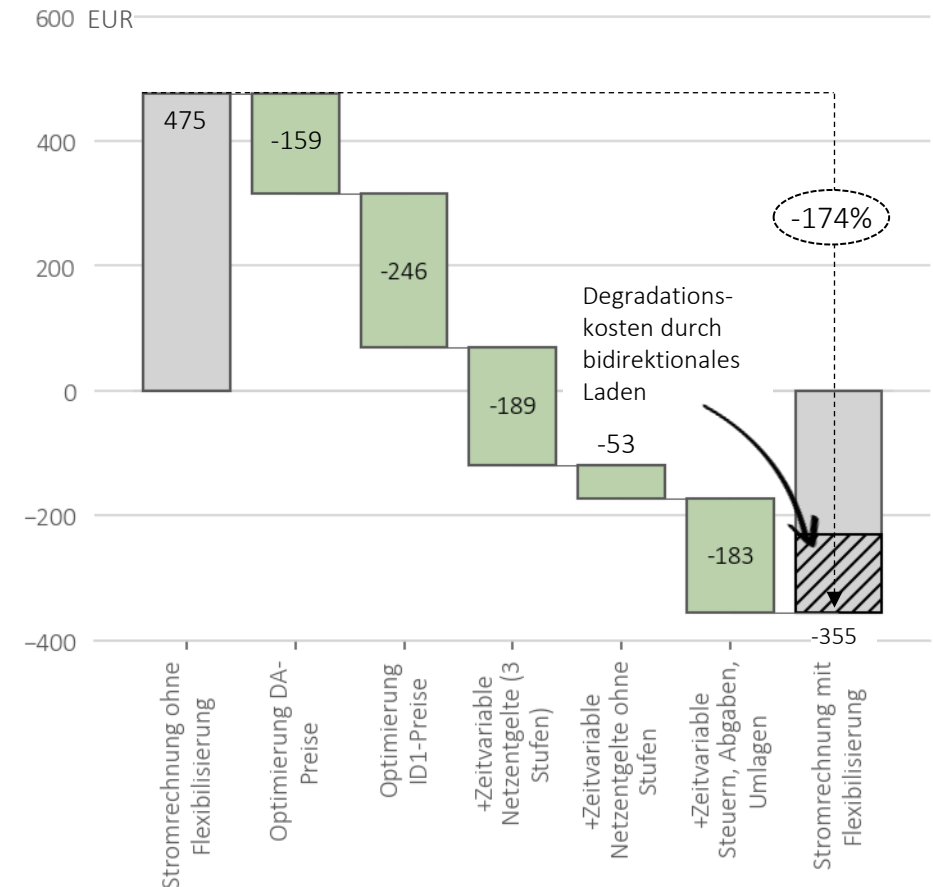
Einsparpotentiale

- Durch bidirektionales Laden lässt sich netto Geld verdienen
- „Negative Stromrechnung“

Netto-Erlös trotz Batterie-Degradation

- Zusätzliche Batterienutzung verursacht auch Kosten (125 €)
- Einsparpotentiale überwiegen jedoch

Einsparpotentiale (Stromnetz Berlin)



Robustheit der Ergebnisse

Keine Flexibilitätseinschränkungen

- Ladegrad der Batterie muss morgens nicht auf mindestens 60% sein und Batterie darf bei bidirektionalem Laden vollständig entladen werden (vorher nur bis 20% Ladegrad)
- Flex-Einschränkung bedeutet nur geringe finanzielle Einbußen (max. 60 – 90 €)

Verteilnetz mit hoher PV-Erzeugung

- LEW Verteilnetz mit Spitze durch Erzeugungsüberschuss anstelle von städtischem lastdominierten Verteilnetz (Stromnetz Berlin)
- Trotz strukturell anderer Beschaffenheit des Netzes nur vernachlässigbare Unterschiede der Einsparpotentiale

Vielfahrerprofil

- Reales Profil eines Tesla Model 3 mit um den Faktor 5 höheren Fahrleistung als das Standardprofil
- Absolut höhere (830 – 1255 €), aber relativ geringere (57 – 85%) Einsparpotentiale

Politische Empfehlungen

Wie sollte es nun weitergehen?

Keine Zukunftsmusik: Intelligentes Laden von E-Autos ist heute schon möglich

- Dynamische Tarife kann man heute bereits abschließen
- Zeitvariable Netzentgelte kommen ab dem 1. April (opt in)
- Es ist noch mehr drin: Wenn Politik und Regulierung handelt, ist kostenloser Strom für E-Autos eine erreichbare Vision

Günstige Smart Meter in der Fläche

- Nutzung normaler Smart Meter anstatt deutscher Sonderweg Gateway / Steuerbox (260 Euro pro Jahr)

Weiterentwicklung zeitvariabler Netzentgelte

- Vortag, feiner aufgelöst, näher an der echten Netzbelastung
- Automatisierung, Automatisierung, Automatisierung (bitte keine verschwurbelten PDF-Preisblätter auf Websites)

Bidirektionales Laden ermöglichen

- Diverse regulatorische und technische Hürden
- Es lohnt sich: große Einsparpotentiale

Neon Neue Energieökonomik ist ein energiewirtschaftliches Beratungsunternehmen mit Sitz in Berlin. Als Boutique sind wir seit 2014 spezialisiert auf anspruchsvolle quantitative und ökonomisch-theoretische Analysen rund um den Strommarkt. Mit Beratungsprojekten, Studien und Schulungen unterstützen wir Entscheidungsträger bei den aktuellen Herausforderungen und Zukunftsfragen der Energiewende. Zu unseren Kunden gehören Regierungen, Regulierungsbehörden, Netzbetreiber, Energieversorger und Stromhändler aus Deutschland und Europa.

Prof. Dr. Lion Hirth

hirth@neon.energy
+49 157-55 199 715

Neon Neue Energieökonomik GmbH
Schönleinstraße 31
10967 Berlin