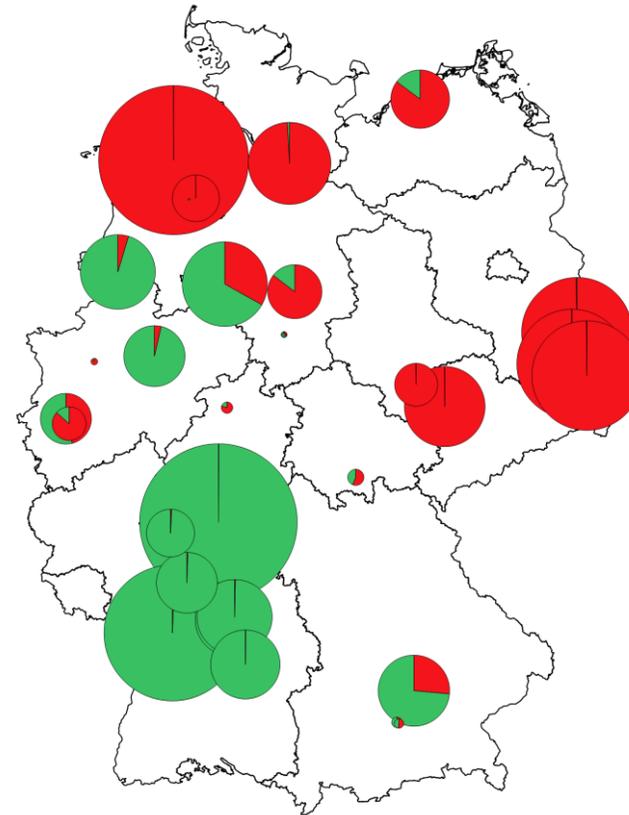


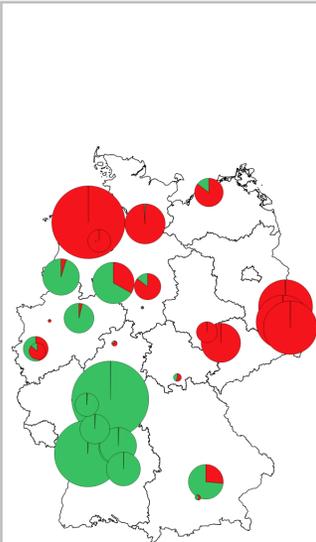


Use Case Redispatch

Steckbrief

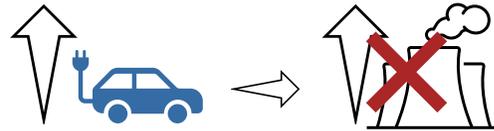


Use Case Beschreibung



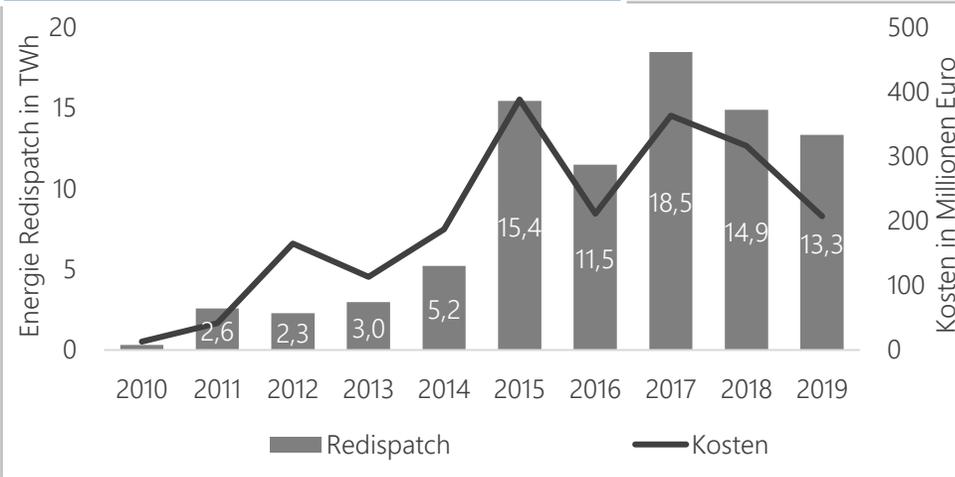
Ziel:
Anpassung von Lade- oder Entladeleistung zur Behebung von regionalen Netzengpässen.

Motivation:
Laden von anderweitig abgeregelten Strommengen aus negativen Redispatchmaßnahmen und Entladen in Zeiten positiver Maßnahmen, um diese zu vermindern.



Erlösquelle:
Mögliche Vergütung der Anpassung der Lade-/Entladeleistung durch den Übertragungsnetzbetreiber.

Historische Entwicklung Einspeisemanagement



Optimierungsziel

Die Lade- und Entladezeitpunkte im Use Case Redispatch werden in jeder der betroffenen Regionen so verschoben, dass die positive und negative Redispatcharbeit reduziert werden können. Die Bewertung wird für das Jahr 2019 durchgeführt



Basiskonfiguration Simulationsparameter

	Maximale Vollzyklenzahl keine Einschränkung
	Maximale Ladegleichzeitigkeit keine Einschränkung
	Anzahl Fahrzeuge 1000

	Batteriekapazität 60 kWh
	Ladewirkungsgrad 98 %
	Fahrzeugklasse Mittelklasse

	Ansteckwahrscheinlichkeit "immer Anstecken"
	Ziel/Sicherheits SOC 30 % / 70 %
	Nutzergruppe Alle Nutzergruppen

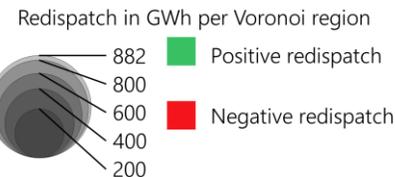
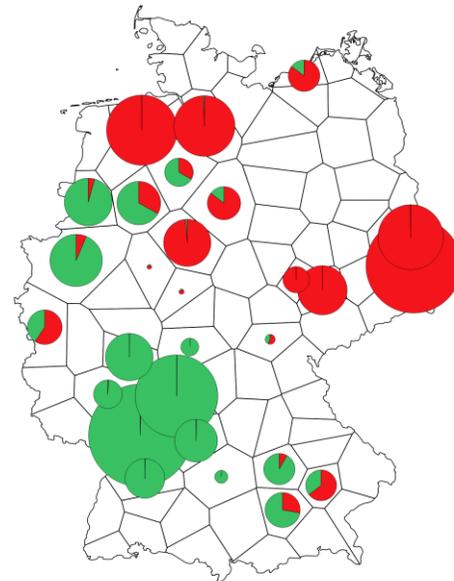
	Ladeort zu Hause
	Ladeleistung 11 kW
	Wirkungsgrad 94 %

Auswertung der Ladesteuerung in Voronoi-Regionen um Netzknoten des Höchstspannungsnetzes in 2019



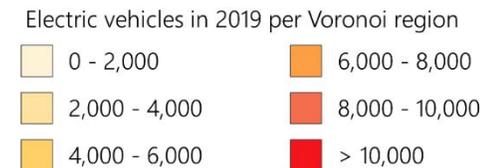
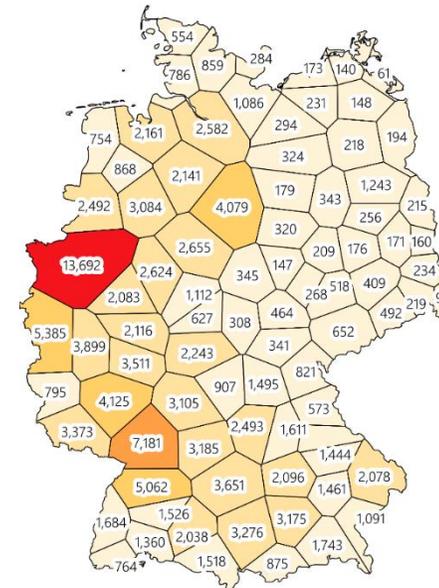
Regionalisierung Redispatchmaßnahmen

- Die von den ÜNB veröffentlichten, kraftwerksscharfen Daten zu positiven und negativen Redispatchmaßnahmen werden in **regional aufgelöste Zeitreihen** überführt. Die Methodik wird in [1] beschrieben.
- Diese anlagenscharfen Zeitreihen werden anschließend auf **Voronoi-Regionen** um die Netzknoten des deutschen Höchstspannungsnetzes aggregiert und der Optimierung der Ladestrategien zur Verfügung gestellt.



Regionalisierung Elektrofahrzeuge

- Die Regionalisierung der **136.617 Elektrofahrzeuge** die im Jahr 2019 nach KBA zugelassen waren erfolgt anhand von regional aufgelösten, charakteristischen und strukturellen Parametern. Die zugrundeliegende Methodik wird in [2] beschrieben.
- Die so auf Landkreisebene regionalisierte Zahl von Fahrzeugen wird anschließend auf **Voronoi-Regionen** um die Netzknoten des deutschen Höchstspannungsnetzes aggregiert und der Optimierung der Ladestrategien zur Verfügung gestellt.



Rein Redispatch optimiertes Laden

Im rein Redispatch optimierten Laden werden die Ladezeitpunkte der Fahrzeuge in jeder Region auf die Nutzung der anderweitig im Zuge des negativen Redispatches abgeregelten Strommengen hin optimiert, die Entladezeitpunkte hingegen auf die Reduktion des Hochfahrens von Kraftwerken im Zuge des positiven Redispatches. Die Ergebnisse werden bezüglich der reduzierten Redispatcharbeit und der resultierenden betrieblichen Emissionen der Fahrzeuge ausgewertet.

Redispatch- und emissionsoptimiertes Laden

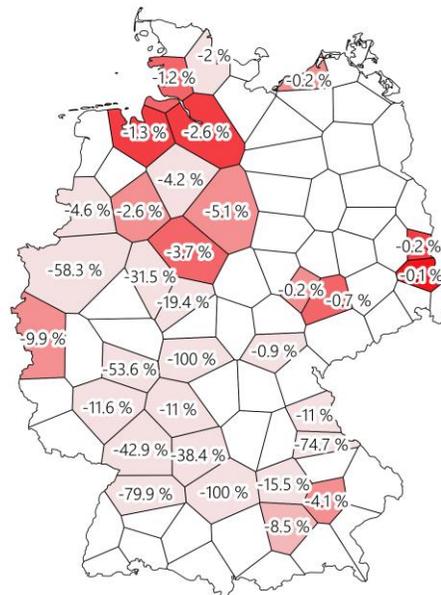
Das primäre Ziel dieser Ladestrategie ist zunächst die Reduktion der Redispatcharbeit. Weiterhin wird hier jedoch zusätzlich ein emissionsoptimiertes Laden der Fahrzeuge abgebildet. Auch hier werden die Ergebnisse bezüglich der reduzierten Redispatcharbeit und der resultierenden betrieblichen Emissionen der Fahrzeuge ausgewertet.

Untersuchte Ladesteuerungen

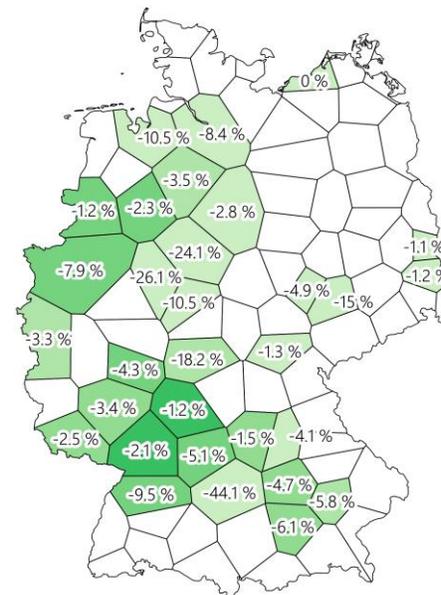
[1] Fattler, Steffen: Economic and Environmental Assessment of Electric Vehicle Charging Strategies. Dissertation, TU München 2021.

[2] Ebner, Michael et al.: Kurzstudie Elektromobilität - Modellierung für die Szenarienentwicklung des Netzentwicklungsplans. München, FfE 2019

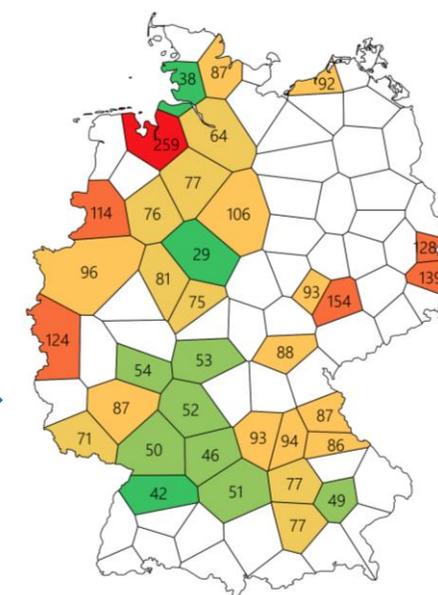
Ergebnisse des rein Redispatch optimierten Ladens im Jahr 2019



Negativer Redispatch in GWh pro Voronoi-Region



Positiver Redispatch in GWh pro Voronoi-Region



Betriebliche Emissionen der Fahrzeuge in g CO₂-äq./km (ungesteuert: 85 g CO₂-äq./km)

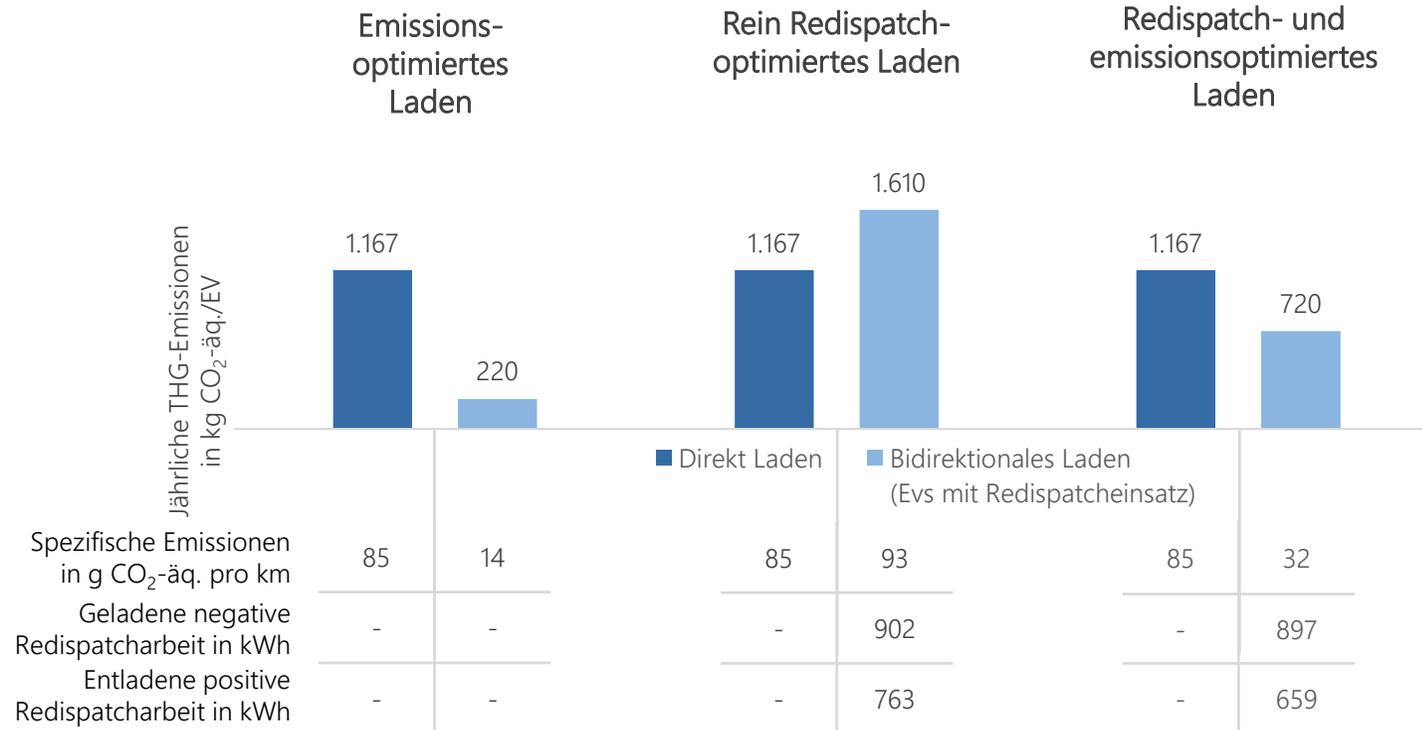
Reduktion der Redispatchmaßnahmen

- Aufgrund der insgesamt geringen Zahl von Fahrzeugen kann nur eine **geringe Menge** der Redispatch-Maßnahmen reduziert werden (1,8 % bzw. 53,4 GWh des negativen, 3,6 % bzw. 106,6 GWh des positiven Redispatch).
- In Regionen mit geringer Redispatcharbeit und vielen Fahrzeugen kann jedoch die gesamte Redispatcharbeit durch die Fahrzeuge reduziert werden.

Einfluss auf die betrieblichen Emissionen

- Wird ein Fahrzeug für die Reduktion von Redispatch-Maßnahmen verwendet, werden ihm die Emissionen des jeweiligen Kraftwerks voll alloziert. Entsprechend **unterscheiden sich die resultierenden Emissionen** der Fahrzeuge je nach Region beträchtlich.
- Das **Laden** von anderweitig reduzierten Strommengen im **negativen Redispatch** führt entsprechend zu **steigenden betrieblichen Emissionen**, während die **Verminderung des Hochfahrens** konventioneller Kraftwerke im **positiven Redispatch** die **Emissionen reduziert**.

Emissionsreduktionen durch Engpassmanagement-optimiertes Laden im Jahr 2019



Herausforderungen

Der aktuelle regulatorische Rahmen sieht den Einsatz von dezentralen Flexibilitäten wie Elektrofahrzeugen zur Behebung von Netzengpässen nicht vor. Zudem **fehlt ein entsprechendes Vergütungsmodell** bzw. eine Marktlogik für **dezentrale Flexibilitäten**, um dem Fahrzeugnutzer einen Anreiz für die Bereitstellung dieser Flexibilität zu bieten.

Das unbeschränkt optimierte Laden führt zu einer deutlichen Erhöhung der **Ladegleichzeitigkeiten**. Das unbeschränkte **bidirektionale Laden** der Fahrzeuge in der Basiskonfiguration der Simulationsparameter führt zudem zu einer starken **Erhöhung der Vollzyklen**. Die Begrenzung dieser Parameter reduziert das mögliche Potenzial deutlich.

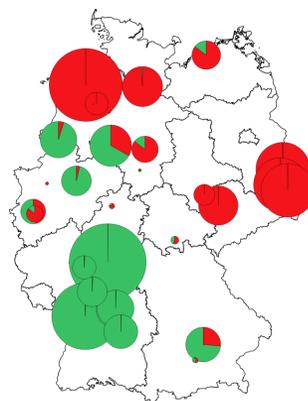
Kernergebnisse

- Da die Redispatch-Maßnahmen deutscher Kraftwerke im Jahr 2019 insgesamt zu einer Nettoerhöhung von Emissionen führen, hat die Reduktion dieser Maßnahmen durch eine Flotte von Elektrofahrzeugen im Flottendurchschnitt einen **Anstieg derer betrieblicher Emissionen** zur Folge.
- Die Berücksichtigung der **Emissionsfaktoren als sekundäres Optimierungsziel** kann diese Zunahme an Emissionen jedoch wieder kompensieren und führt insgesamt zu einer **Reduktion** des Flottendurchschnitts **betrieblicher Emissionen**. Dieser bleibt jedoch deutlich hinter dem des rein emissionsoptimierten Ladens zurück.
- Die dargestellten Ergebnisse beruhen auf einem vereinfachten Ansatz der keine Rückwirkungen der Ladestrategien auf die tatsächliche Netzbelastung abbildet und dienen der Potenzialabschätzung. Weitergehende Untersuchungen sollten unter Anwendung entsprechender Lastflusssimulationen erfolgen.

Fazit

- Die Untersuchungen zeigen, dass Elektrofahrzeuge durch eine entsprechende Ladesteuerung genutzt werden können, um den Redispatch von konventionellen Kraftwerken aufgrund von Netzengpässen zu vermindern.
- Die **geringe Zahl von Elektrofahrzeugen** im Jahr 2019 kombiniert mit einer geringen räumlichen Korrelation von Elektrofahrzeugen und **negativen Redispatchmaßnahmen** führt insgesamt nur zu einer **geringen Reduktion** von 1,8 % bzw. 53,4 GWh.
- Die bessere räumliche Korrelation im Falle des **positiven Redispatches** führt zu einer **höheren möglichen Reduktion** der Maßnahmen, fällt jedoch insgesamt immer noch **verhältnismäßig niedrig** aus..
- Je nachdem ob hauptsächlich negativer oder positiver Redispatch vermindert wird führt die Ladestrategie zu einer Erhöhung bzw. Reduktion der betrieblichen Emissionen der Fahrzeuge.
- Durch Berücksichtigung des **sekundären Optimierungsziels** der Emissionsreduktion kann die Zunahme der Emissionen kompensiert werden, sodass im Flottendurchschnitt weiterhin eine **Emissionsreduktion** möglich ist.
- Die Ergebnisse sind stark von der jeweiligen Region abhängig in der sich die Fahrzeuge befinden und werfen somit **weiteren Forschungsbedarf** auf.

Use Case Beschreibung

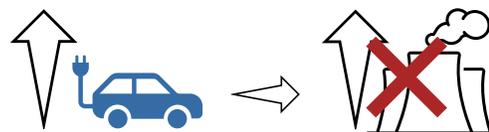


Ziel:

Anpassung von Lade- oder Entladeleistung zur Behebung von regionalen Netzengpässen.

Motivation:

Laden von anderweitig abgeregelten Strommengen aus negativen Redispatchmaßnahmen und Entladen in Zeiten positiver Maßnahmen, um diese zu vermindern.



Erlösquelle:

Mögliche Vergütung der Anpassung der Lade-/Entladeleistung durch den Übertragungsnetzbetreiber.

Handlungsempfehlungen

- Eine Ladesteuerung, die **lediglich auf die Reduktion** des emissionsintensiven Hochfahrens konventioneller Kraftwerke im Zuge **des positiven Redispatch abzielt**, würde einen positiven Effekt auf die betrieblichen Emissionen der Fahrzeuge haben und gleichzeitig einen Beitrag zur Systemstabilität leisten und sollte **Gegenstand weiterer Untersuchungen** sein.
- Aus der uneingeschränkten Optimierung der Ladezeitpunkte innerhalb der Flotte entstehen **hohe Ladegleichzeitigkeiten** und eine entsprechende Belastung in den unteren Spannungsebenen des Stromnetzes. Entsprechende Ladestrategien sollten deshalb in enger Zusammenarbeit mit den verantwortlichen Netzbetreibern erarbeitet und umgesetzt werden.

Herausforderungen

- Hoher Anstieg der **Ladegleichzeitigkeiten** von ~10% im ungesteuerten Laden auf ~90 % im optimierten Laden wenn keine Einschränkungen vorgenommen werden.
- Die hohen **Ladegleichzeitigkeiten** können zu **Netzbelastungen im Verteilnetz** führen. Hier ist eine enge Abstimmung mit dem verantwortlichen Netzbetreiber erforderlich.
- Die **Realisierbarkeit** des Use Cases hängt von der Befreiung von entsprechenden **Strompreisbestandteilen** ab. Der Strombezugspreis eines Haushalts wird mit über 80 % durch Abgaben und Umlagen geprägt. Die entscheidende regulatorisch noch ungeklärte Frage ist, ob bidirektionale EVs für zwischengespeicherten Strom von Netzentgelten, EEG-Umlage und Stromsteuer befreit werden.
- Bei größeren Zahlen von entsprechend optimierten Fahrzeugen müssen außerdem die **Energiesystemrückwirkungen** berücksichtigt werden.