

Dynamische Tarife und Netzentgelte in der aktuellen Debatte

Ein Überblick aus aktuellen
Veröffentlichungen

Präsentation zum Webinar
vom 16.07.2024



SET Hub

Dynamische Tarife und Netzentgelte in der aktuellen Debatte

Ein Überblick aus aktuellen Veröffentlichungen

16.07.2024, Berlin / online

Alexander R. D. Müller

Teamleiter Energieinfrastruktur, dena

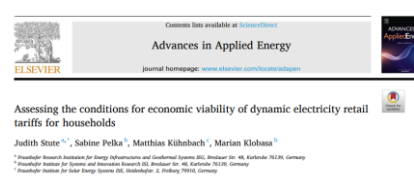
Aktuell gibt es eine Vielzahl von Veröffentlichungen rund um das Themenfeld, z.B.:



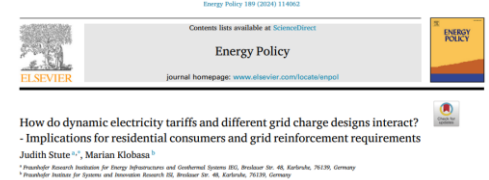
**Wissenschaftliches Inputpapier für die AG Flexibilität der PKNS:
 Dynamische Tarife aus Stromsystemperspektive**

Erstellt von: 20.10.2023
 Guidehouse Germany GmbH durch die Autor*innen
 Philipp Creutzburg
 Nele Moss
 Karoline Steinbacher
 Christian Nabe

Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)



Fraunhofer IEG, ISI, ISE



Fraunhofer IEG, ISI

Agora Energiewende/FfE

Guidehouse



Neon Neue Energieökonomik (1)



Neon Neue Energieökonomik (2)



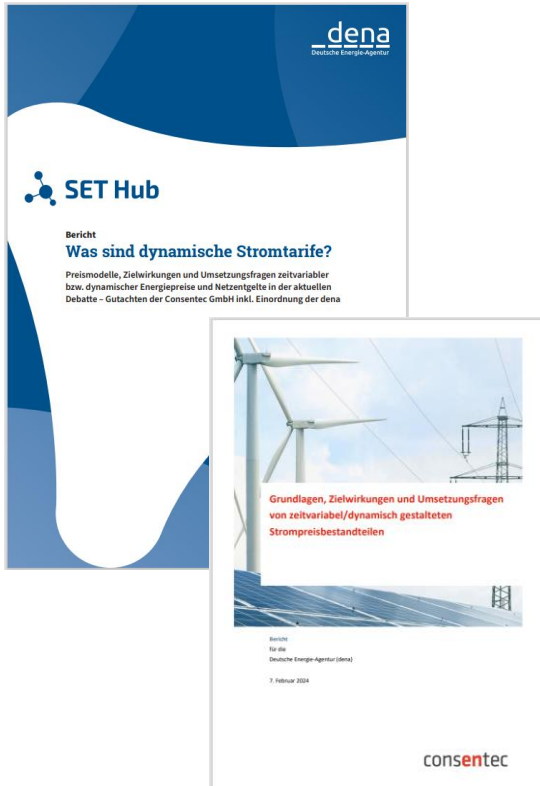
Stiftung Umweltenergierecht



Fraunhofer IEE



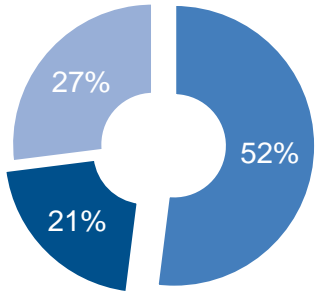
Jüngst hat die *dena* gemeinsame mit Consentec eine Grundlagenanalyse veröffentlicht.



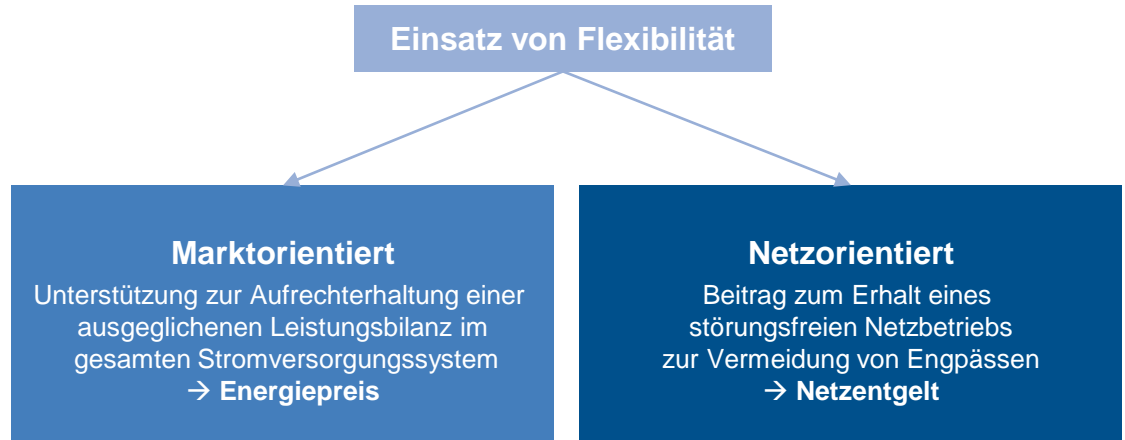
- Sortierung von Begrifflichkeiten
- Warum sollten Strompreisbestandteile überhaupt variabilisiert bzw. dynamisiert werden?
- Wechselwirkungen und Koordinationsbedarf
- Mögliche Modelle und ihre technischen Voraussetzungen

Gutachten der Consentec GmbH mit Einordnung der dena
→ Zum [Bericht](#)

Vorbemerkung: „Dynamische“ Tarife setzen Anreize, den Verbrauch zeitlich zu verschieben.



- Energiepreis
- Netzentgelt
- Staatlich veranlasste Preisbestandteile



AGENDA

14:00 Uhr *Begrüßung und Einführung*
Alexander R. D. Müller, dena

Block I: Überblick über dynamische Tarife und Aspekte systemischer Auswirkungen

14:10 Uhr *Zielwirkungen, Ausgestaltungsmöglichkeiten und technische Voraussetzungen*
Dr. Wolfgang Fritz & Anna Weiß, Consentec

14:25 Uhr *Systemrisiken durch dynamische Tarife – Reales Risiko oder unbegründete Sorge?*
Philipp Creutzburg, Guidehouse

14:40 Uhr *Q&A Session Block I*

Block II: Tarifausgestaltung

14:45 Uhr *Stromtarife für Preissicherheit und Flexibilität – Ausgestaltung eines dynamischen Tarifs mit Preisabsicherung*
Dr. Ingmar Schlecht, Neon Neue Energieökonomik

15:00 Uhr *Q&A Session Block II*

Block III: Systemischer Nutzen dyn. Tarife und Auswirkungen auf das Verteilnetz

15:05 Uhr *Mehrwert dezentraler Flexibilität – Oder: Was kostet die verschleppte Flexibilisierung von Wärmepumpen, Elektroautos und Heimspeichern?*
Dr. Anselm Eicke, Neon Neue Energieökonomik

15:20 Uhr *Haushaltsnahe Flexibilitäten nutzen – Wie Elektrofahrzeuge, Wärmepumpen und Co. die Stromkosten für alle senken können*
Philipp Godron, Agora Energiewende
Niklas Jooß, Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE)

15:35 Uhr *Q&A Session Block III*

Block IV: Abschlussstatements

15:40 Uhr *Reaktionen & Abschlussstatements der Referierenden*

16:00 Uhr *Ende der Veranstaltung*

Fragen stellen: Nutzung des Online-Tools Slido

- Fragen können über das **Online-Tool Slido** gestellt werden
- **Favorisierung** der Fragen mittels **Likes** im **Online-Tool Slido**
- In der **Q&A Session** jedes Themenblocks werden die Fragen an die Referierenden gestellt, welche die **meisten Likes** erhalten haben

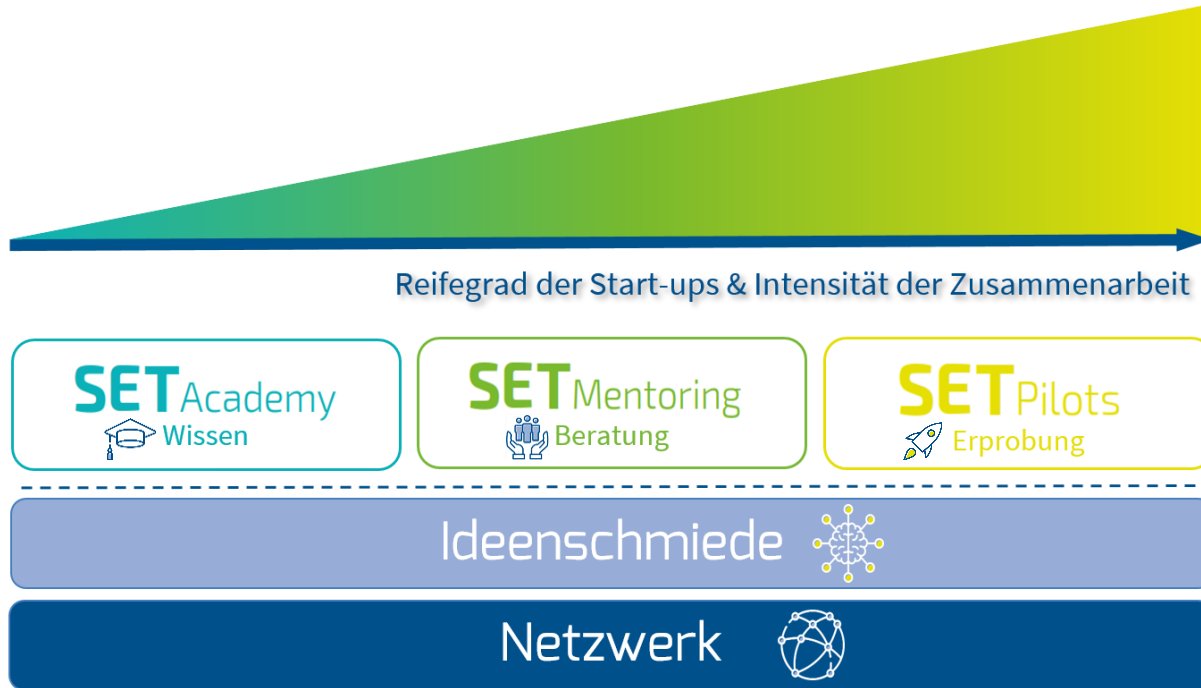
Link zum Online-Tool Slido:*

<https://app.sli.do/event/72NE7gd6z3UWgypVwTgahp>



* Link zum Online-Tool Slido auch im Zoom-Chat.

SET Hub Projekte



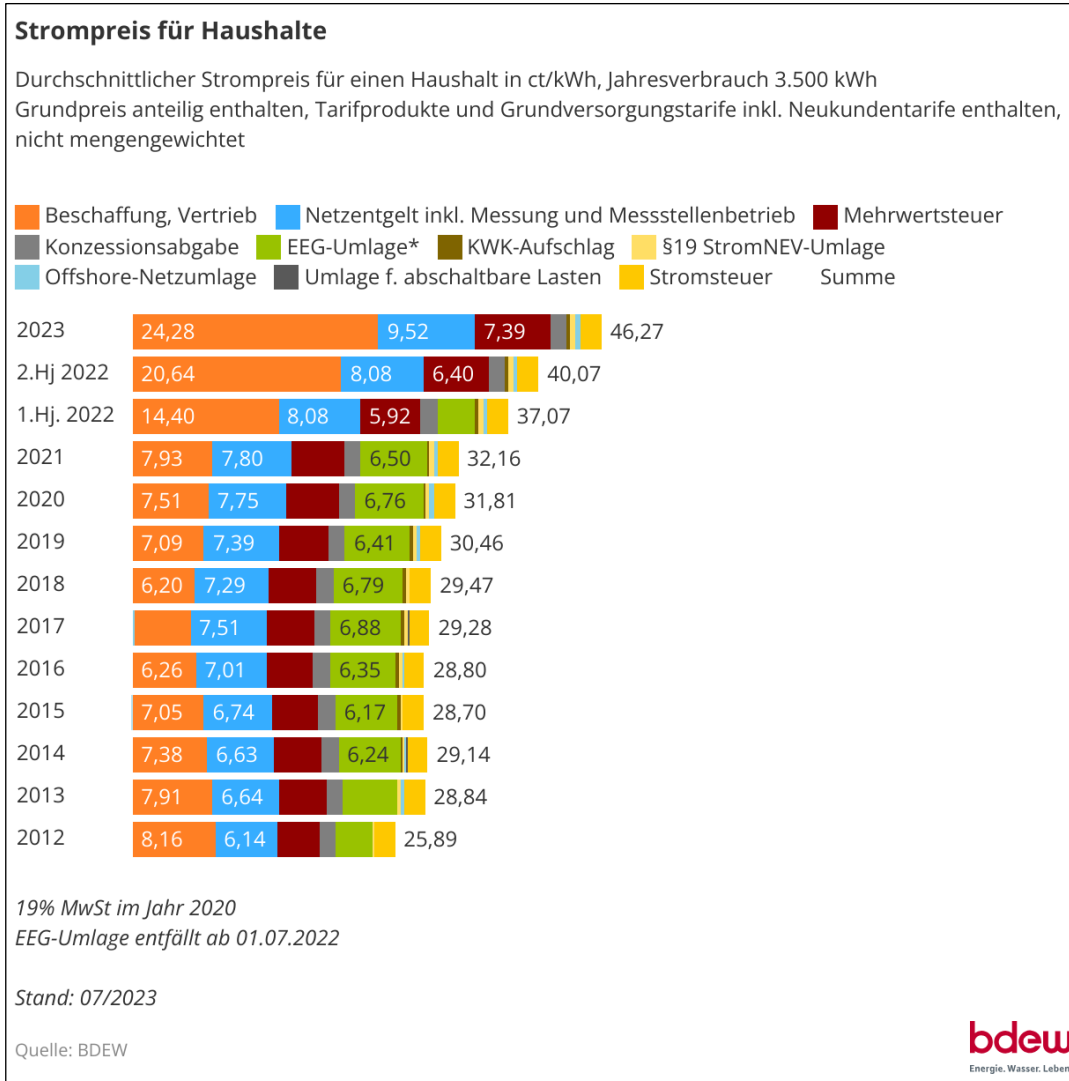


Impulsvortrag: Ausgestaltungsoptionen und Zielwirkungen von variabel gestalteten Strompreisbestandteilen

dena Webinar: Dynamische Tarife und variable Netzentgelte

Wolfgang Fritz, Anna Weiß | Berlin | 16.07.2024

Strompreisbestandteile und deren Eignung für zeitvariable Preissignale



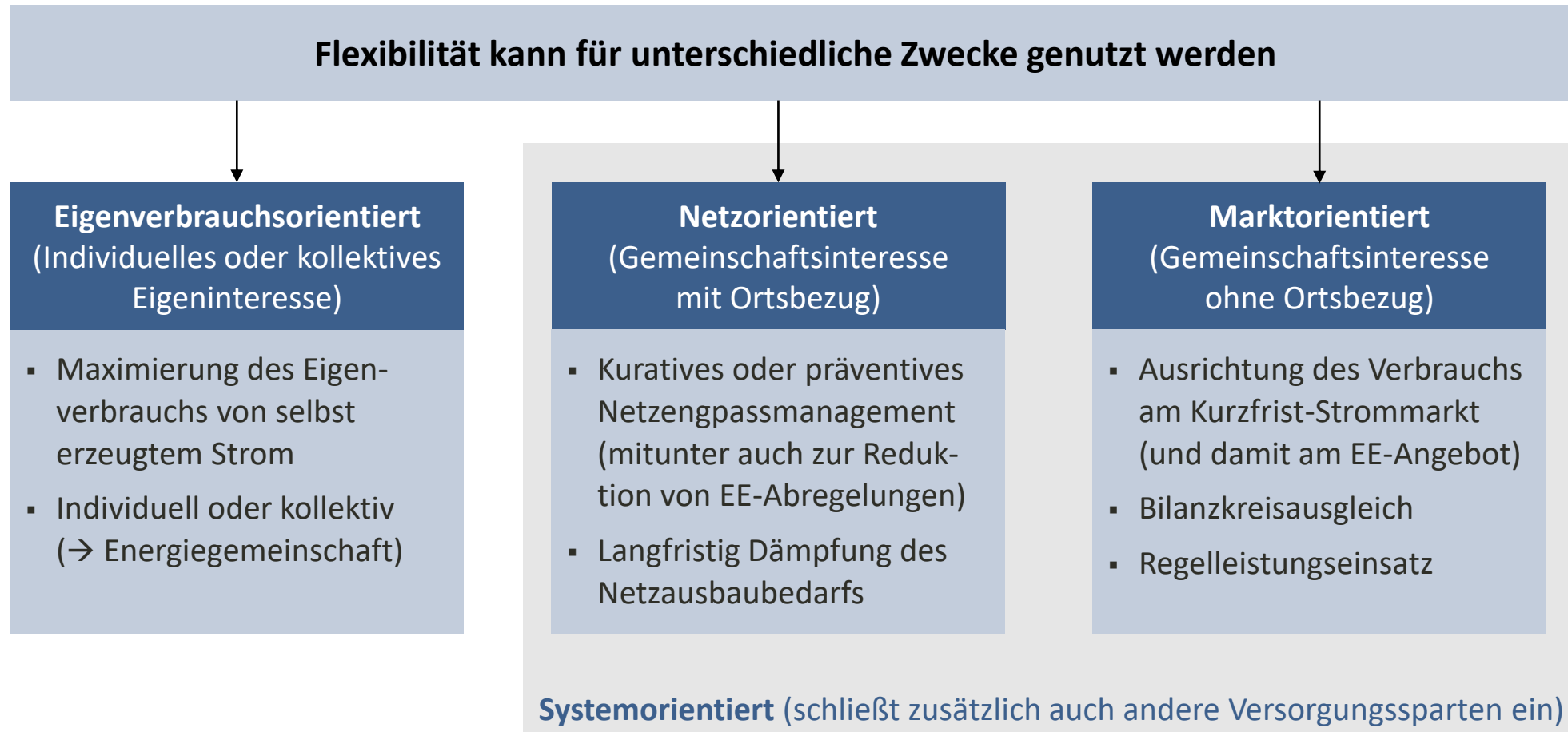
Gut geeignet für zeitvariable Gestaltung:

- Preis für Beschaffung und Vertrieb (im Weiteren „Energiepreis“)
- Netzentgelt (v.a. Arbeitspreis)

Übrige Preisbestandteile kommen hierfür weniger in Frage, v.a. weil

- Berechnungsgrundlage nicht oder nur schwer anpassbar ist und/oder
- Preisanteil zu gering ist

Stromverbraucher können durch zeitvariable/dynamische Strompreise an Mechanismen der Flexibilitätsnutzung beteiligt werden



Hinweis: Die Begriffe netz-, markt- und systemorientiert werden nicht immer einheitlich verwendet. Diese Begriffswahl beruht auf einem Vorschlag der dena.

Überblick über Unterscheidungsmerkmale von Modellen für zeitvariable/dynamische Strompreisbestandteile

Unterscheidungsmerkmal	Erläuterung
Variierter Preisbestandteil	Energiepreis oder Netzentgelt
Treiber/Basis der Preisfestlegung	Motivation und Einflussgrößen für die Ermittlung des Preisverlaufs
Adressierte Letztverbrauchergruppen	Eventuelle Fokussierung nach Größe und Art von Verbrauchern
Messtechnische Voraussetzungen	Konventionelle, moderne oder intelligente Messeinrichtungen
Variierte Netzentgeltkomponente	(Nur bei Netzentgelten:) Arbeits- und/oder Leistungspreis
Zeitliche und preisliche Granularität	Länge der Zeiträume mit jeweils gleichbleibenden Preisen
Frist zur Festlegung des Preisverlaufs	Vorlaufzeit der endgültigen Festlegung der Preise (oder Zeitfenster)
Örtliche Granularität	Art/Ausmaß der Abhängigkeit vom Ort des Netzanschlusspunkts
Absicherung gegen Preisschwankungen	Eventuelle Mechanismen zur Begrenzung von Preisausschlägen

Überblick über Unterscheidungsmerkmale von Modellen für zeitvariable/dynamische Strompreisbestandteile

Unterscheidungsmerkmal	Erläuterung
Variierter Preisbestandteil	Energiepreis oder Netzentgelt
Treiber/Basis der Preisfestlegung	Motivation und Einflussgrößen für die Ermittlung des Preisverlaufs
Adressierte Letztverbrauchergruppen	Eventuelle Fokussierung nach Größe und Art von Verbrauchern
Messtechnische Voraussetzungen	Konventionelle, moderne oder intelligente Messeinrichtungen
Variierte Netzentgeltkomponente	(Nur bei Netzentgelten:) Arbeits- und/oder Leistungspreis
Zeitliche und preisliche Granularität	Länge der Zeiträume mit jeweils gleichbleibenden Preisen
Frist zur Festlegung des Preisverlaufs	Vorlaufzeit der endgültigen Festlegung der Preise (oder Zeitfenster)
Örtliche Granularität	Art/Ausmaß der Abhängigkeit vom Ort des Netzanschlusspunkts
Absicherung gegen Preisschwankungen	Eventuelle Mechanismen zur Begrenzung von Preisausschlägen

- Je höher die zeitliche und preisliche Granularität, desto höher die Zielgenauigkeit des Modells
- Gleichzeitig steigen hierdurch auch die Anforderungen an die Messtechnik sowie die kundenseitige Absicherung

Überblick über verschiedene Zählerkonzepte und deren Eignung für zeitvariable/dynamische Strompreismodelle

	Eintarifzähler	Mehrtarifzähler	Moderne Messeinrichtung + Verbrauchstracker	Intelligentes Messsystem
Zählwerk	Mechanisch		Digital	
Granularität der Messung	Erfassung des Summenverbrauchs zwischen zwei Ablesungen	Erfassung des Verbrauchs für vorab definierte Zeitfenster	Erfassung des Verbrauchs in Echtzeit und Ermittlung von Viertelstundenwerten	
Kommunikation	Manuelle Erfassung und Meldung an den Versorger		Kontinuierliche, automatisierte Übermittlung über Internet an den Versorger	Kontinuierliche, automatisierte Übermittlung über Smart Meter Gateway an den Messstellenbetreiber
Abrechnung gegenüber dem Versorger	Gesamtverbrauch innerhalb des Preiszeitraums (Monat/Saison/Jahr)	Gesamtverbrauch innerhalb des Preiszeitraums (Preisstufen)	Tatsächlicher Verbrauch in festgelegten Intervallen (z.B. stündlich)	
Grundlage für energetische Bilanzierung	Standardlastprofile und Mehr-/Mindermengenabrechnung			Tatsächlicher Verbrauch in viertelstündlichen Intervallen
Eignung	Statische Preismodelle oder Preismodelle mit monatlich/saisonal wechselnden Preisen*	Statisch-zeitvariable Preismodelle mit vorab festgelegten Preiszeitfenstern (z.B. HT/NT)	Dynamische Preismodelle mit kontinuierlichem Preisverlauf	

*Erfordert Ablesung des Zählerstands am Ende jedes Preiszeitraums

Überblick über verschiedene Zählerkonzepte und deren Eignung für zeitvariable/dynamische Strompreismodelle

	Eintarifzähler	Mehrtarifzähler	Moderne Messeinrichtung + Verbrauchstracker	Intelligentes Messsystem
Zählwerk	Mechanisch		Digital	
Granularität der Messung	Erfassung des Summenverbrauchs zwischen zwei Ablesungen	Erfassung des Verbrauchs für vorab definierte Zeitfenster	Erfassung des Verbrauchs in Echtzeit und Ermittlung von Viertelstundenwerten	
Kommunikation	Manuelle Erfassung und Meldung an den Versorger		Kontinuierliche, automatisierte Übermittlung über Internet an den Versorger	Kontinuierliche, automatisierte Übermittlung über Smart Meter Gateway an den Messstellenbetreiber
Abrechnung gegenüber dem Versorger	Gesamtverbrauch innerhalb des Preiszeitraums (Monat/Saison/Jahr)	Gesamtverbrauch innerhalb des Preiszeitraums (Preisstufen)	Tatsächlicher Verbrauch in festgelegten Intervallen (z.B. stündlich)	
Grundlage für energetische Bilanzierung	Standardlastprofile und Mehr-/Mindermengenabrechnung			Tatsächlicher Verbrauch in viertelstündlichen Intervallen
Eignung	Statische Preismodelle oder Preismodelle mit monatlich/saisonal wechselnden Preisen*	Statisch-zeitvariable Preismodelle mit vorab festgelegten Preiszeitfenstern (z.B. HT/NT)	Dynamische Preismodelle mit kontinuierlichem Preisverlauf	

*Erfordert Ablesung des Zählerstands am Ende jedes Preiszeitraums



consentec

Consentec GmbH
Grüner Weg 1
52070 Aachen
Deutschland

Tel. +49 241 93836-0
Fax +49 241 93836-15
info@consentec.de
www.consentec.de



Dynamische Tarife aus
Systemperspektive

Hintergrund Verpflichtendes Angebot dynamischer Tarife reizt Flexibilisierung auf Haushaltsebene an



Ausgangspunkt

**Kleinteilige Flexibilitäts-
optionen** auf Haushalts-
ebene stellen
perspektivisch ein **sehr
hohes Flexibilitäts-
potenzial** dar



Komplikation

**Verpflichtendes Angebot
dynamischer Tarife** durch
alle Lieferanten zum
1.1.2025 (Gesetz zum
Neustart der Digitalisierung
der Energiewende)

Flexibilisierung auf
Haushaltsebene wird
erstmalig umfassend
angereizt



Frage

Können – neben den
positiven Effekten der
Flexibilisierung – durch
dynamische Tarife auch
Herausforderungen aus
Systemperspektive
entstehen?

Wenn ja, **welche?**

Wie sind diese
einzuordnen?



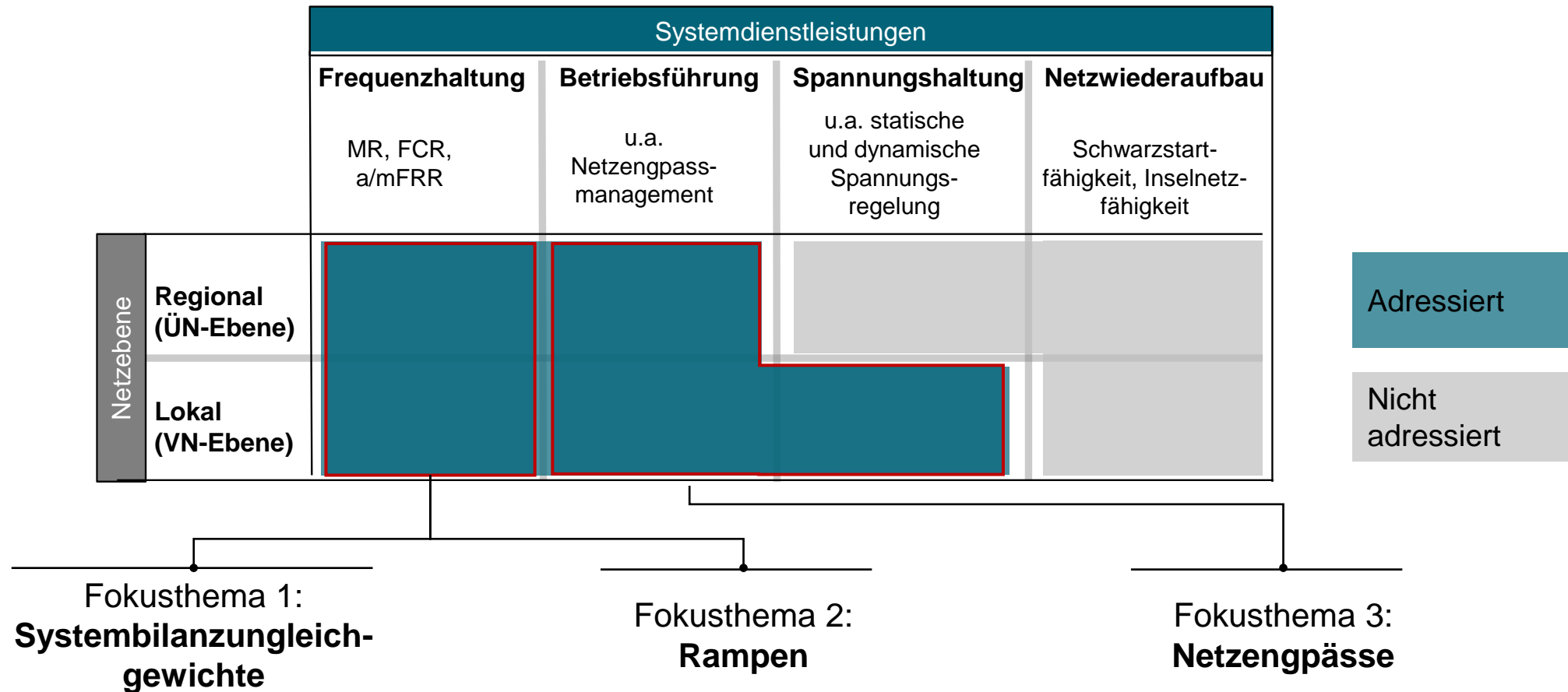
Antwort

**Dynamische Tarife aus
Stromsystemperspektive**

Workshop und Input-
papier für die AG
Flexibilität der
Plattform
klimaneutrales
Stromsystem
(PKNS)
(10/2023)



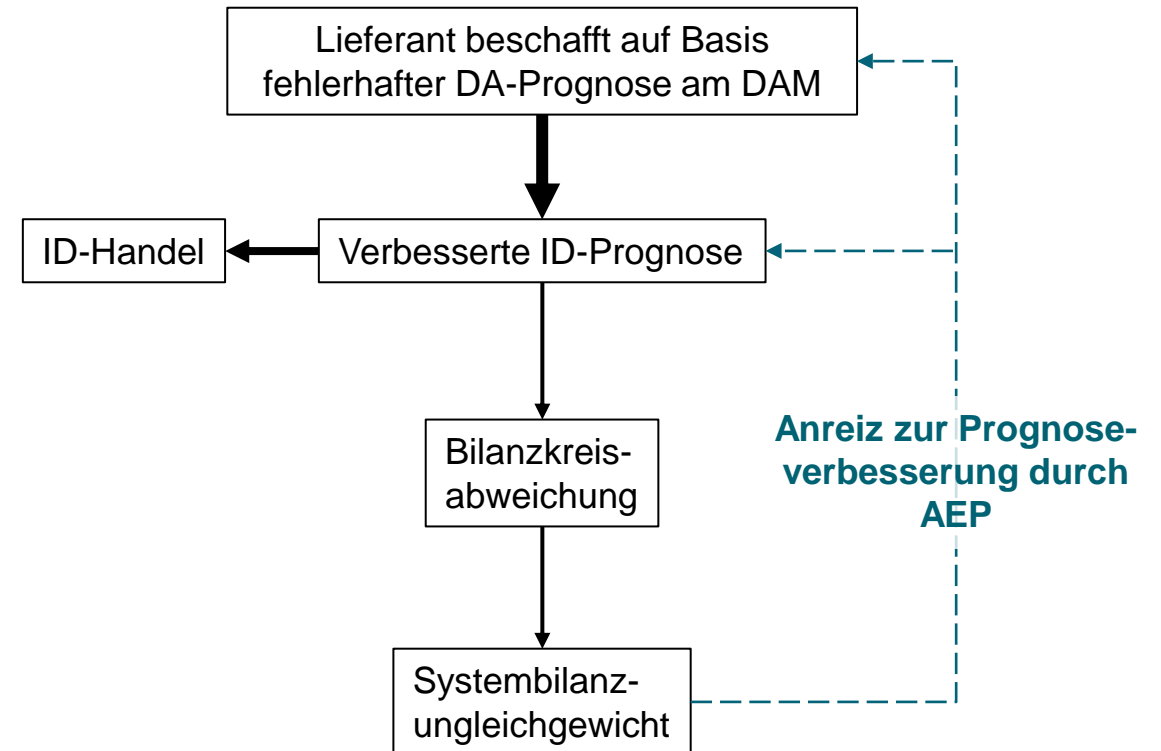
Struktur Drei potenzielle Herausforderungen für die Systemsicherheit wurden identifiziert und analysiert



ÜN – Übertragungsnetz, VN – Verteilnetz, MR – Momentanreserve, FCR/aFRR/mFRR – Primär-, Sekundär-, Minutenregelleistung

Ergebnis Der Ausgleichsenergiepreis setzt starke Anreize Bilanzungleichgewichte zu verhindern

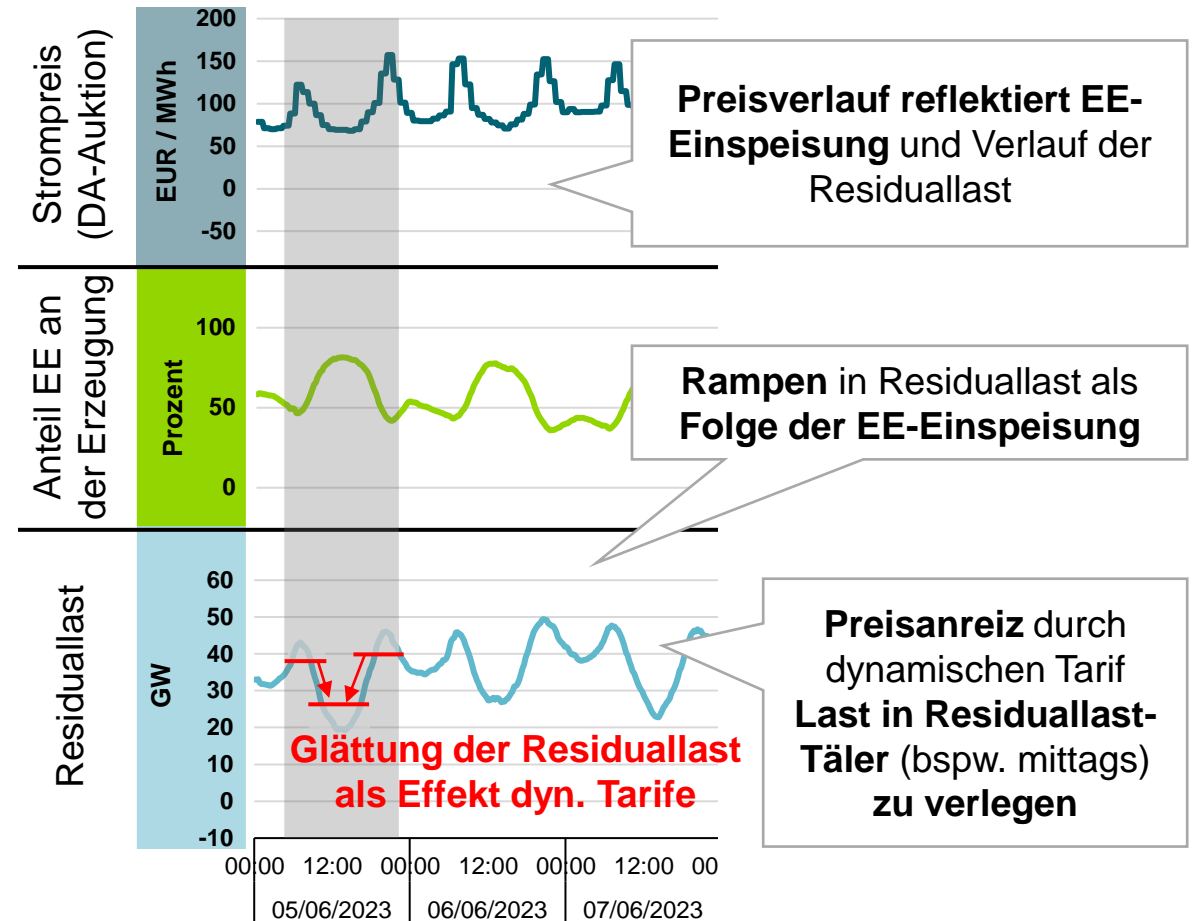
	Fokusthema 1: Systembilanz- ungleichgewichte
Voraussetzungen:	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe flexible Leistung, die auf dyn. Tarife synchron reagiert • Geringe Prognosegüte
Einordnung:	<ul style="list-style-type: none"> • Prognosegüte entscheidend • Lerneffekte erwartbar
Umgang mit Risiken:	<ul style="list-style-type: none"> • Wirkung beobachten • Anreize (AEP) vorhanden • Steuerung flexibler Anlagen nicht notwendig



DA – Day-ahead, DAM – DA-Markt, ID – Intraday, AEP - Ausgleichsenergiepreis

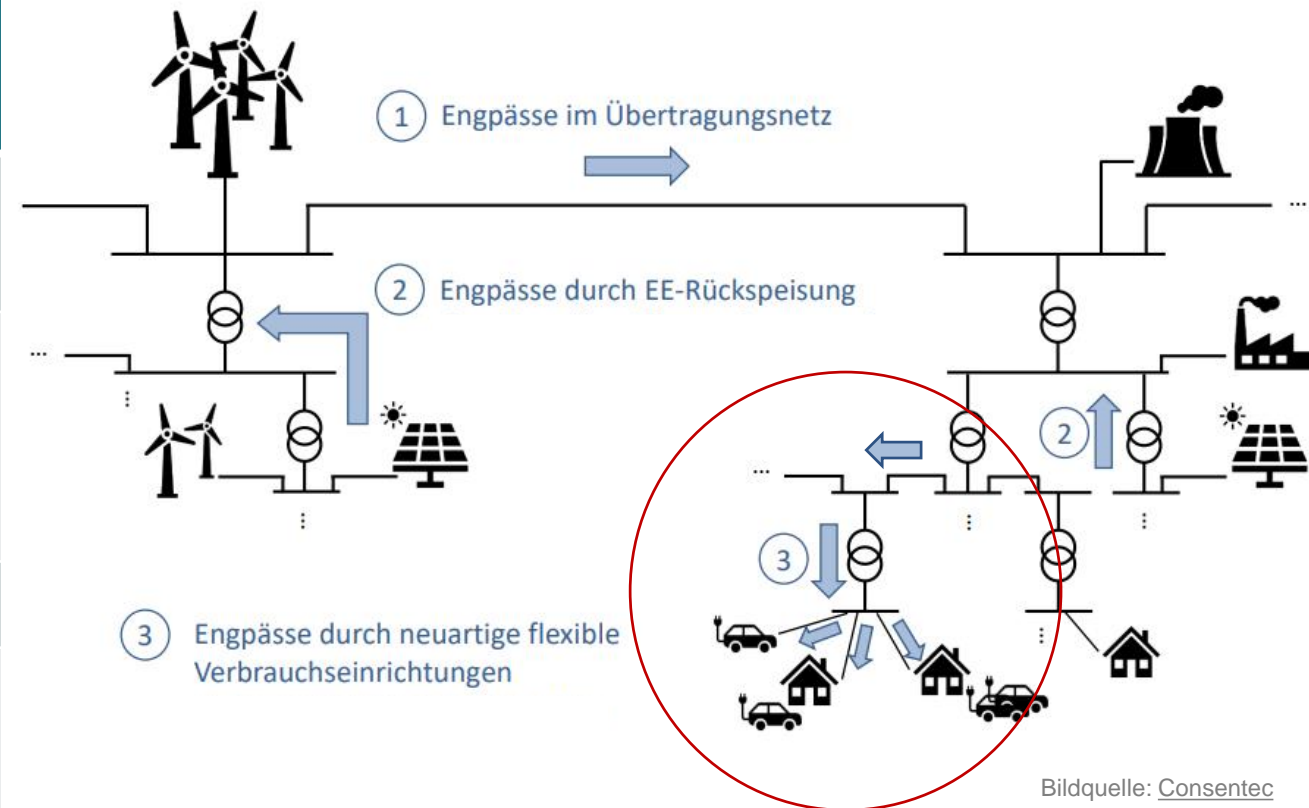
Ergebnis Dynamische Tarife wirken glättend auf Residuallastkurve, aber Ausnahmen möglich

Fokusthema 2: Rampen	
Voraussetzungen:	<ul style="list-style-type: none"> Hohe flexible Leistung, die auf dyn. Tarife synchron reagiert Extremsituationen
Einordnung:	<ul style="list-style-type: none"> Glättung der Residuallastkurve erwartbar Rampen bereits von Erzeugung bekannt
Umgang mit Risiken:	<ul style="list-style-type: none"> Wirkung beobachten Instrumente für Erzeugungs-/Lastrampen zukünftig denkbar



Ergebnis Netzengpässe im Verteilnetz können durch verschiedene Instrumente adressiert werden

Fokusthema 3: Netzengpässe	
Voraussetzungen:	<ul style="list-style-type: none"> • Wenige flexible Lasten ausreichend (lokale Ebene)
Einordnung:	<ul style="list-style-type: none"> • Spannungsbedingte Engpässe bekannt von PV und (begrenzt) von EVs • Wenige flexible Lasten ausreichend
Umgang mit Risiken:	<ul style="list-style-type: none"> • Wirkung beobachten
	<ul style="list-style-type: none"> • Instrumente vorhanden (14a, dyn. Netzentgelte)





Philipp Creutzburg
Managing Consultant
philipp.creutzburg@guidehouse.com

Karoline Steinbacher
Associate Director
karoline.steinbacher@guidehouse.com

Christian Nabe
Associate Director
christian.nabe@guidehouse.com

Thank You

©2024 Guidehouse Inc. All rights reserved. Proprietary and competition sensitive. This content is for general information purposes only, and should not be used as a substitute for consultation with professional advisors.



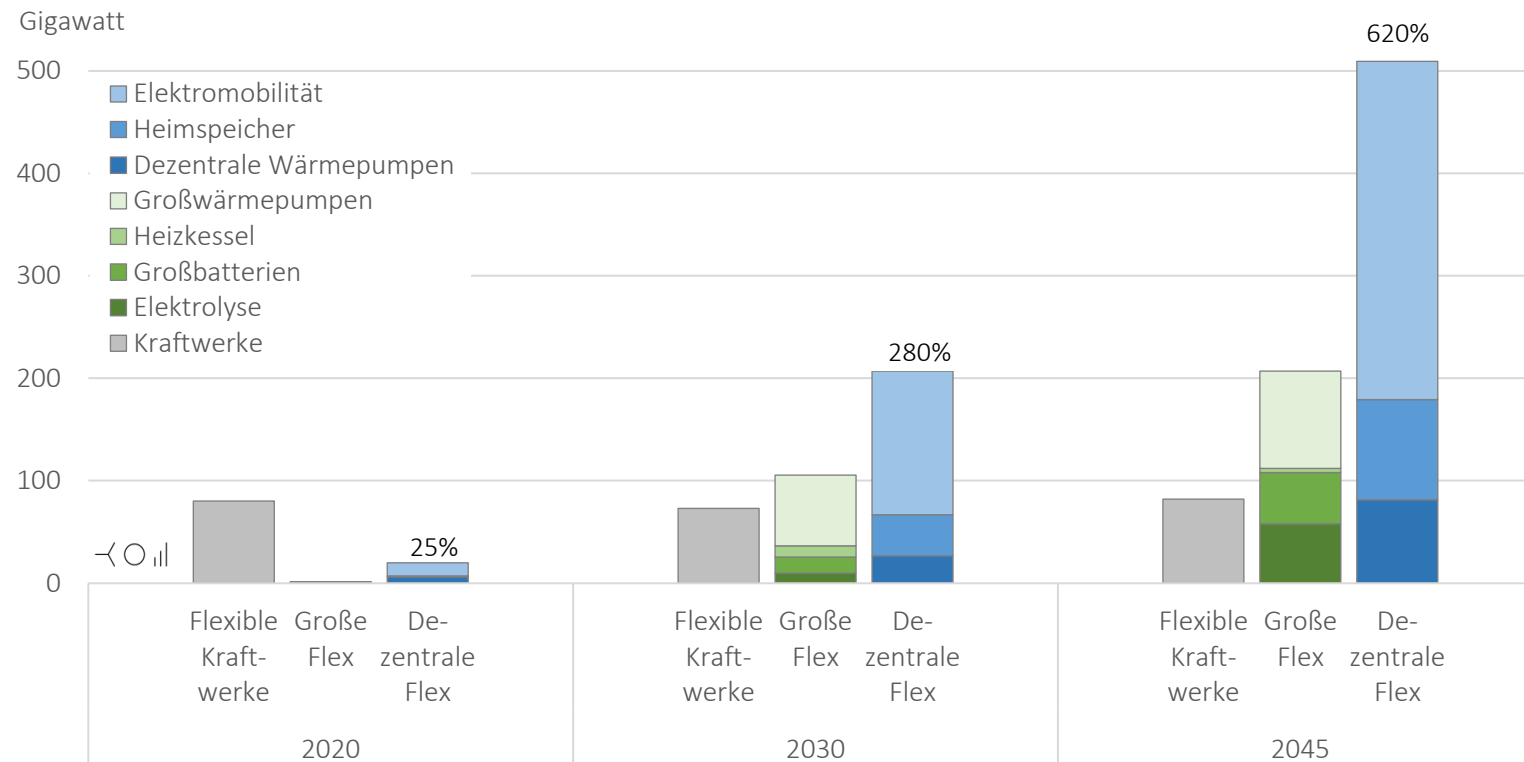
Stromtarife für Preissicherheit *und* Flexibilität

Ingmar Schlecht · dena Webinar · 16.7.2024



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

Strom-Tarife für Haushalte

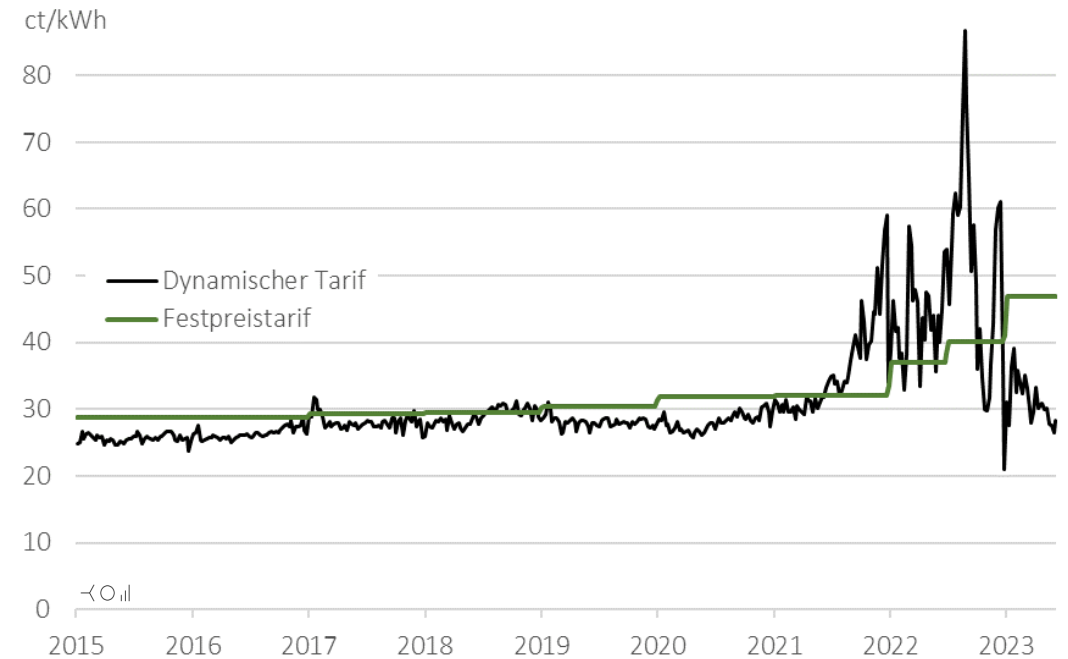
Endkumentarife heute

- Festpreistarife
- Spotttarife
- wenige Zwischenformen

Ziele der Tarifgestaltung

- Anreize für Lastverschiebung („Flex“)
- Anreize für situatives Energiesparen (Dunkelflaute)
- Kostensicherheit (stabile Stromrechnung)

Festpreistarif vs. dynamischer Tarif für Haushaltskunden



Der dynamische Tarif mit Preisabsicherung

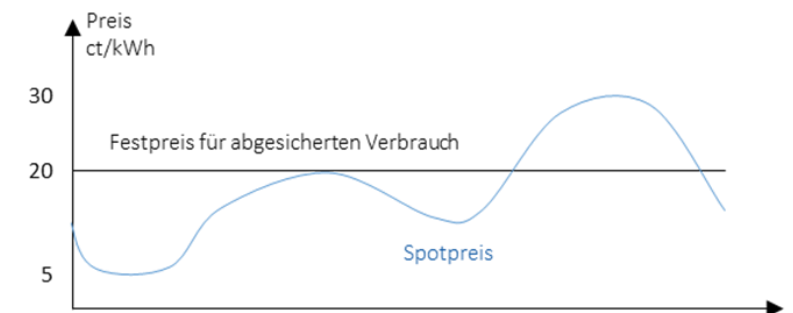
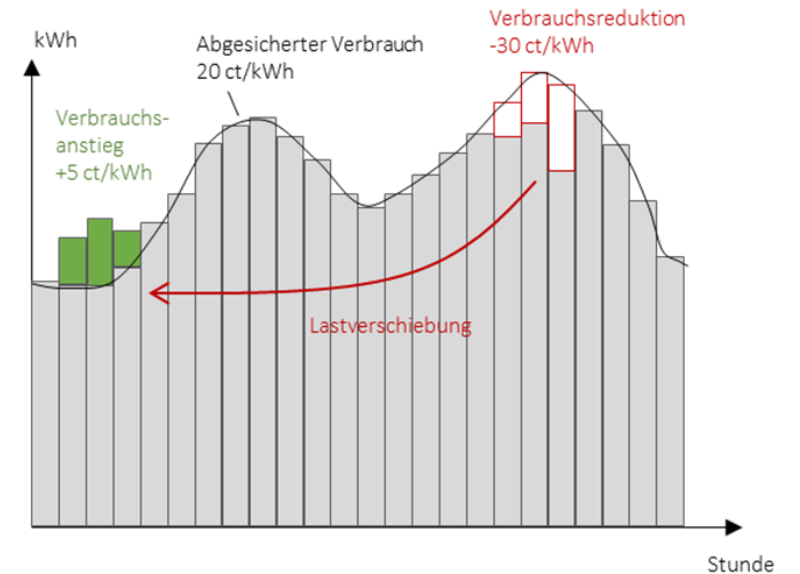
Ein abgesicherter Spotttarif spezifiziert drei Elemente

- (a) ein jährliches Volumen
- (b) ein stündliches Verbrauchsprofil wie z. B. ein Standardlastprofil
- (c) einen Preis für das vorab definierte Verbrauchsprofil
- Für alle Abweichungen vom vereinbarten Profil gilt der Spotpreis

Unverzerrte Anreize trotz Versicherungswirkung

- Anreize für Lastverschiebungen

Anreize für Lastverschiebung



Der dynamische Tarif mit Preisabsicherung

Ein abgesicherter Spottarif spezifiziert drei Elemente

- (a) ein jährliches Volumen
- (b) ein stündliches Verbrauchsprofil wie z. B. ein Standardlastprofil
- (c) einen Preis für das vorab definierte Verbrauchsprofil
- Für alle Abweichungen vom vereinbarten Profil gilt der Spotpreis

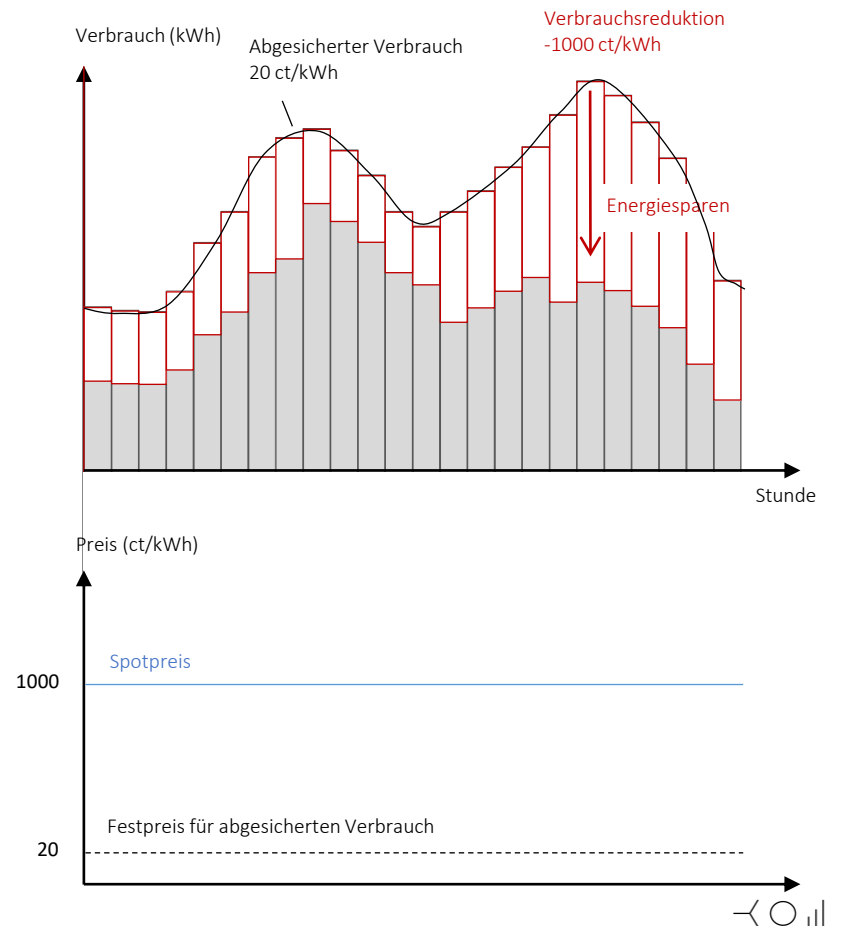
Unverzerrte Anreize trotz Versicherungswirkung

- Anreize für Lastverschiebungen
- Anreize für situatives Energiesparen

Vorteile von Preisanreiz gegenüber Eingriffsrechten

- Erreicht auch situatives Energiesparen – Kund:innen profitieren!
- Kann mit über die Zeit variierender Flex-Bereitschaft umgehen

Anreize für situatives Energiesparen



Vertragsdauer und Kündigungsrecht

Zielkonflikt: Wunsch nach Absicherung vs. kurze Kündigungsfristen

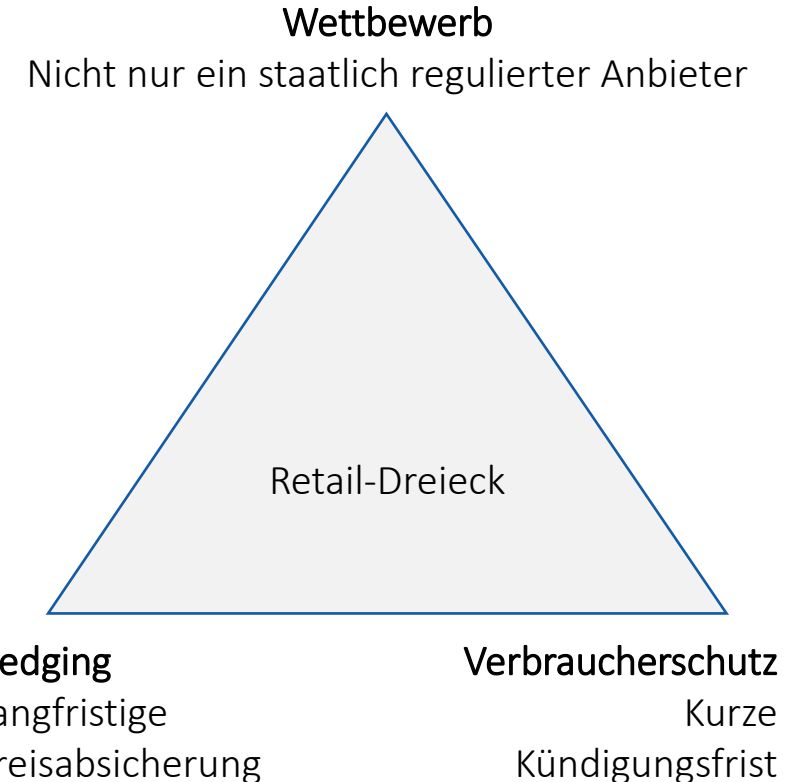
- Wunsch nach Absicherung: Strom wird auch in Zukunft verbraucht
- Vermeidung von Lock-in: Schlechte Verträge nicht unendlich lang

Auflösung des Zielkonflikts möglich?

- Staatliches Monopol → Hat viele Nachteile (Innovation, Kosten, etc.)
- Wechselgebühren → Würden für Absicherungsverluste kompensieren

Ausgestaltung von Wechselgebühren

- Kompensiert die Preisentwicklung auf Forward-Märkten zwischen Vertragsabschluss und Kündigung
- Kann in beide Richtungen gehen (Auszahlung an vs. Zahlung des Kunden)
- Müsste reguliert sein: Verbraucherschutz





KURZGUTACHTEN

Stromtarife für Preissicherheit *und* Flexibilität

Ausgestaltung eines dynamischen Tarifs mit Preisabsicherung

21. September 2023

Im Auftrag von LichtBlick SE

Verfasst von Neon Neue Energieökonomik durch die Autoren

Lion Hirth (hirth@neon.energy)

Ingmar Schlecht (schlecht@neon.energy)

Jonathan Mühlenpfordt (muehlenpfordt@neon.energy)



Mehrwert dezentraler Flexibilität

Anselm Eicke · 16. Juli 2024



Mehrwert dezentraler Flexibilität

Dezentrale (haushaltsnahe) nachfrageseitige Flexibilität

- Drei Technologien im Fokus: Elektroautos, Heimspeicher, Wärmepumpen
- Flexibel, weil inhärentes Potential zur Lastverschiebung

Ziele dieser Studie: Mehrwert von Flexibilität aufzeigen

- Quantifizierung des Mehrwerts – pro Haushalt & volkswirtschaftlich
- Unterscheidung des Mehrwerts für Strommarkt und fürs Verteilnetz
- Vorschläge für Regulierung & Marktdesign



Lastverschiebung im Strommarkt fast immer sinnvoll

Alle Stunden

- Verbrauchsverschiebung in Stunden mit niedrigen Preisen
- Bessere Auslastung von Kraftwerken, weniger Abregelung von erneuerbaren Energien

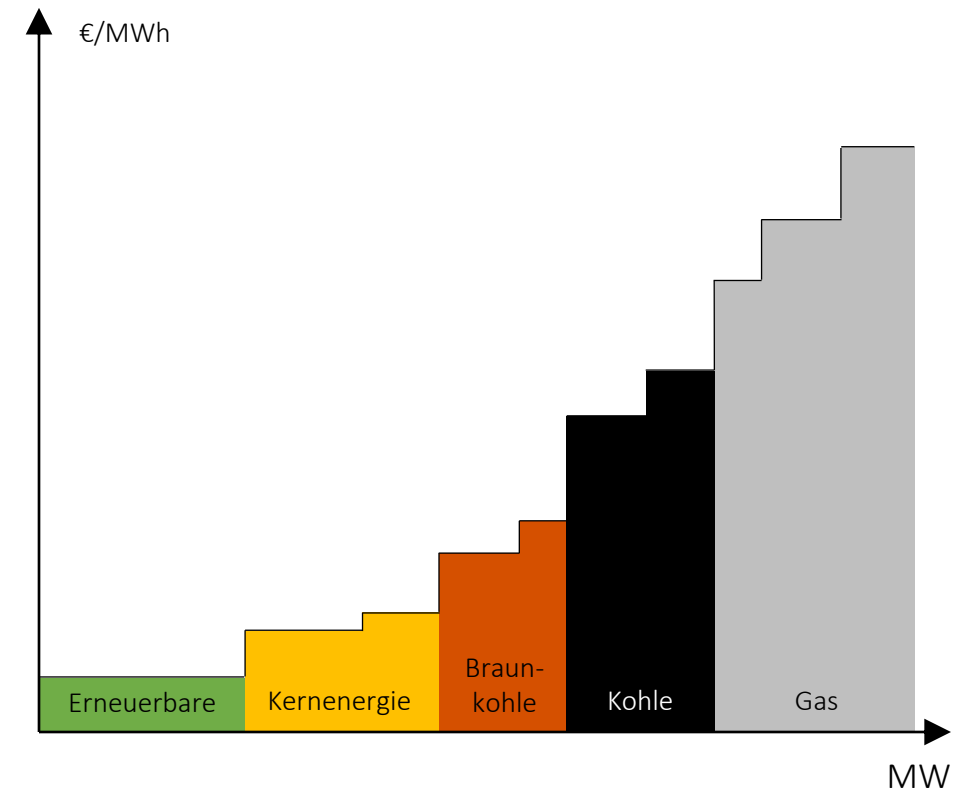
Stunden der Spitzenlast

- Reduziert Bedarf an gesicherter Leistung, z.B. Erzeugungsleistung oder Flex (z.B. Interkonnektoren, Großbatterien)

Strompreis robuster Indikator für Mehrwert von Flex

- Gilt für alle Strommärkte (Day-ahead, Intraday, Ausgleichsenergie)

Grenzkosten der Erzeugung



Lastverschiebung fürs Netz nur bei Überlastung

Grenzkosten des Netzes

- In einzelnen Netzelemente: Bei Überlastung Kosten für Netzausbau, sonst nahe Null (Leistungsverluste)
- In größerem Netzgebiet: Grenzkosten steigen mit Wahrscheinlichkeit der Überlastung einzelner Netzelemente

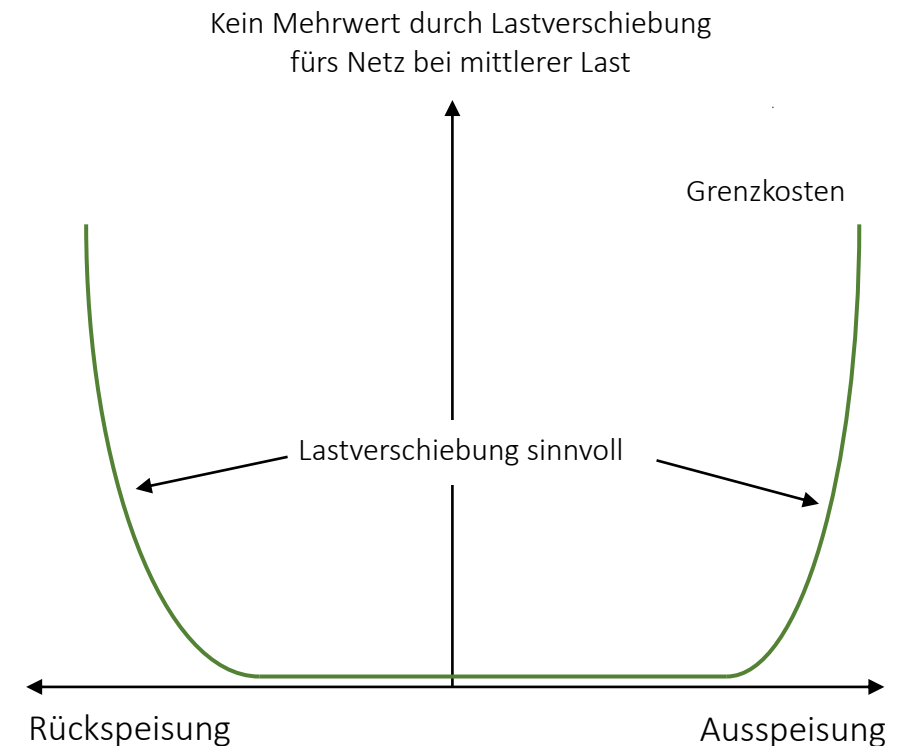
Lastverschiebung nur sinnvoll wenn Netzüberlastung droht

- Sonst kein Mehrwert für Verteilnetz
- Eingriff verhindert Flex für Strommarkt & verursacht Kosten

Kein robustes natürliches Preissignal im Verteilnetz

- ... und unzureichende Messinfrastruktur im Verteilnetz

Grenzkosten des Verteilnetzes



Unser methodischer Ansatz

Analyse der größten Flex im Haushalt

- Wärmepumpe, Elektroauto und Heimspeicher

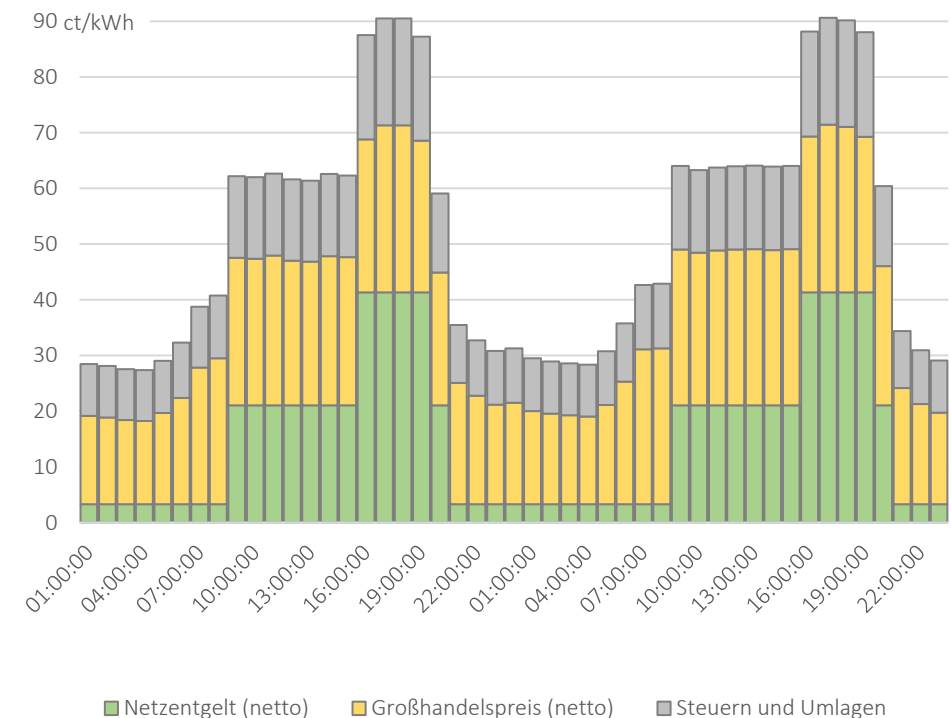
Vergleich der Betriebsweise unter drei Tarifen

- Festpreis
- Halb-Flex Tarif (Börsenstrompreis + konstante Netzentgelte)
- Voll-Flex-Tarif (Börsenstrompreis + zeitvariable Netzentgelte)

Implementierung: Python-Optimierungsmodell

- Stündliche Großhandelspreise und Netzbelastung aus 2021
- Zielfunktion: Minimierung der (privaten) Stromkosten
- Auswertung der Verbrauchsprofile mit Tarifen, Börsenstrompreisen und approximierten Netzkosten

Komponenten des Voll-Flex-Tarifs



Abschätzung der zeitvariablen Verteilnetzkosten

Annahmen

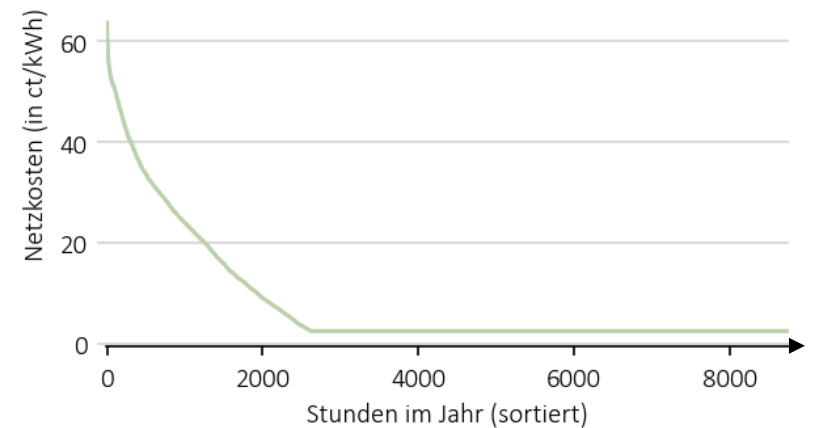
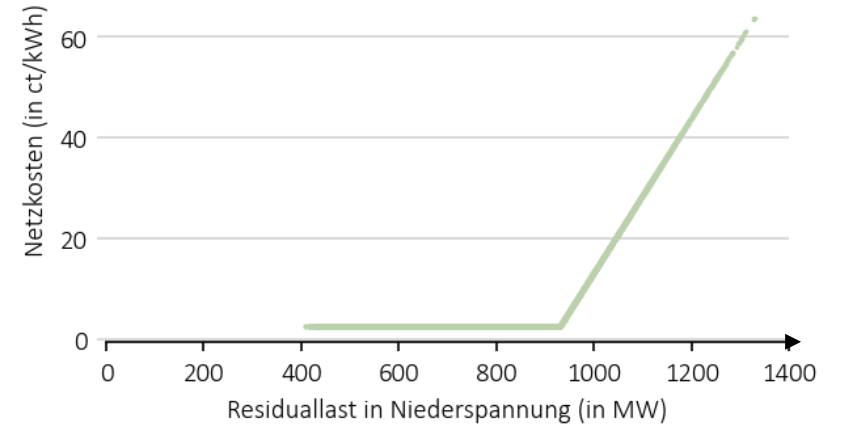
- Zeit-Konstante Kosten des Übertragungsnetz (2 ct/kWh) und Leitungsverluste (0,5 ct/kWh)
- Steigende Verteilnetzkosten bei zunehmender (residualer) Netzlast

Resultierende Kostenkurve

- <70% der Höchstlast: Verluste + Übertragungsnetz (2,5 ct/kWh)
- >70% der Höchstlast: linear ansteigende Netzkosten (bis 60 ct/kWh)

Kalibrierung: Residuallast der Berliner Niederspannung

- Durchschnittliche Netzkosten = aktuelle Netzentgelte für Haushalte (8,2 ct/kWh)



Quantitative Ergebnisse der Studie

Großes Einsparpotential durch Flexibilität

- Stromsystem-Kosten für Wärmepumpen können um 24% gesenkt werden, bei Elektroautos sogar um 70%
- Nicht-Flexibilität ist teuer: Konventionell geladenes EV verursacht mehr als 3x so hohe Kosten wie intelligent geladenes

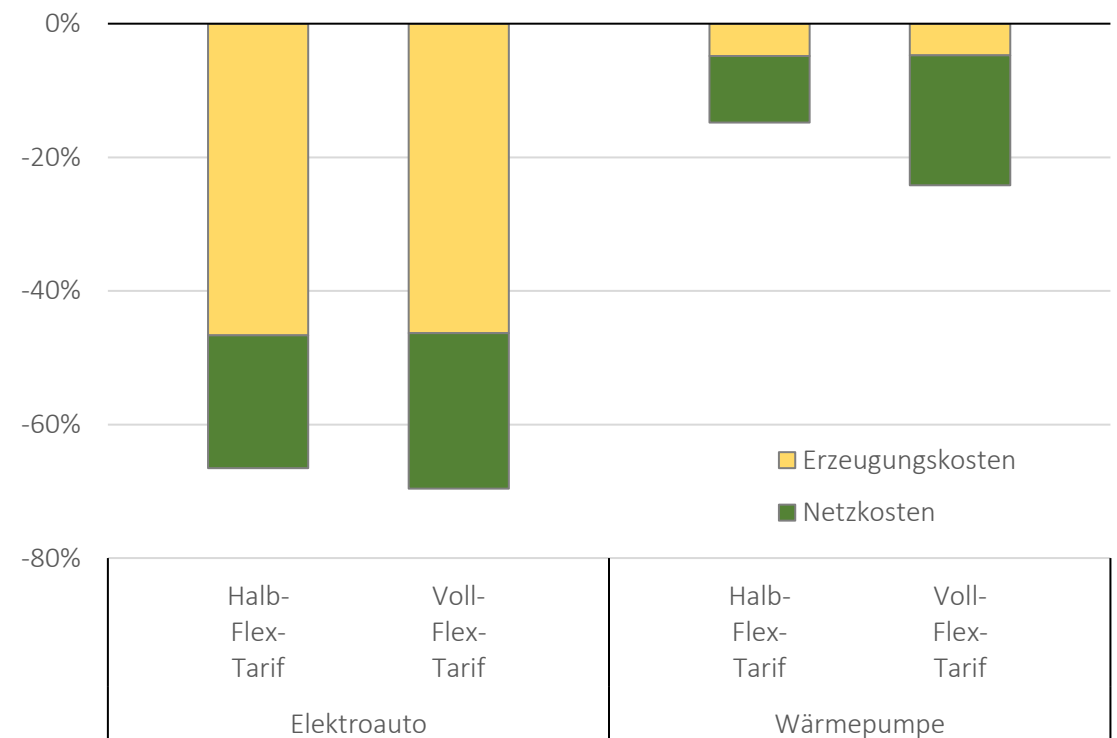
Vorteile nicht nur für flexiblen Haushalt, sondern für alle

- Niedrigere Strompreise und geringere Netzentgelte

Marktgetriebene Flexibilität entlastet das Verteilnetz

- Halb-Flex-Tarif ist aktuell netzdienlich

Reduktion der Systemkosten durch Flexibilisierung



Regulierung und Marktdesign

Lastverschiebung für Strommarkt: Halb-Flex-Tarife

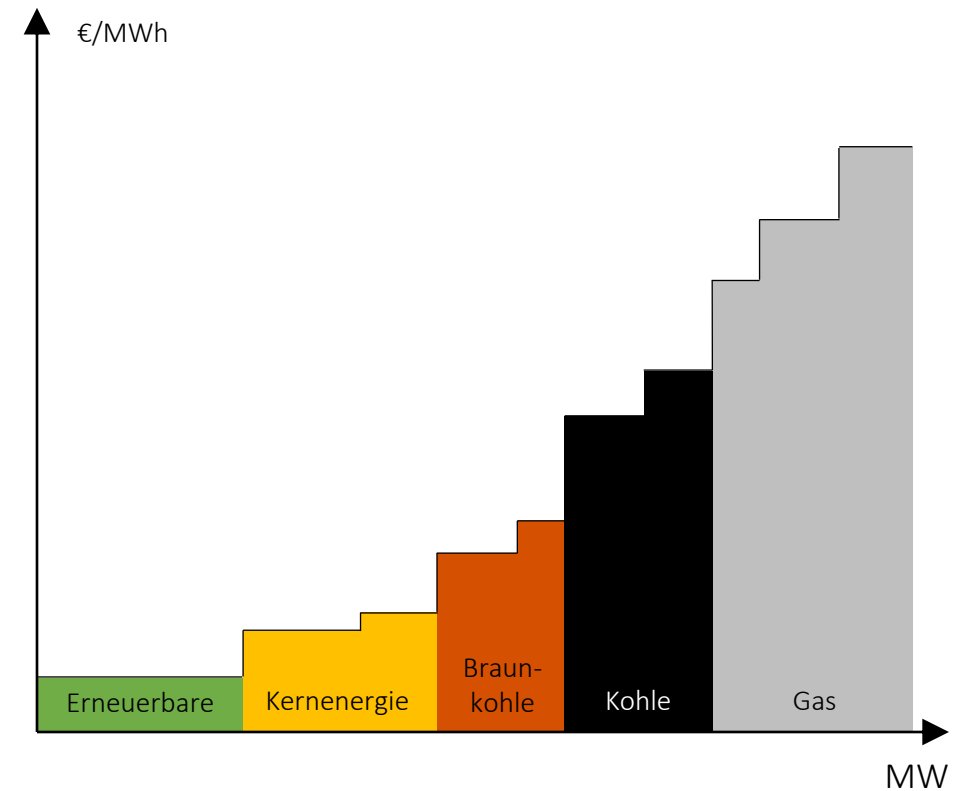
Großhandelspreis an Verbraucher weitergeben

- Preis spiegelt Grenzkosten der Erzeugung
- Sinnvoller Anreiz zur Lastverschiebung für Strommarkt

Umsetzbarkeit

- In vielen Ländern seit langem weit verbreitet („dynamischer Tarif“)
- In Deutschland seit wenigen Jahren verfügbar, aber wegen fehlenden Smart Metern noch wenig verbreitet

Grenzkosten der Erzeugung



Lastverschiebung fürs Netz: viele denkbare Instrumente

Drei wesentliche Ausgestaltungsoptionen

1. Freiwilligkeit im Abruf (Eingriffsrecht vs. Preissignal)
2. Vorlaufzeit (Jahr, Tage, Stunden oder rückwirkend)
3. Präzision der Steuerung (von binär bis kontinuierlich)

Dimensionen unabhängig voneinander kombinierbar

- In der Diskussion oft vermischt
- Diskussion um Eingriffsrecht vs. Preissignal hat beide anderen Aspekte bislang überlagert

Instrument	
Eingriffsrechte	Dimmung ausgewählter Anlagen
	Abschaltung ausgewählter Anlagen
	Dimmung des gesamten Haushaltsverbrauchs
Preisinstrumente	Statisch-zeitvariable Netznutzungsentgelte
	Dynamisch-zeitvariable Netznutzungsentgelte
	Critical peak pricing
	Netzentgelt-Aufschlag bei Netzhöchstlast
	Situative, kurze Leistungspreise

1. Freiwilligkeit des Abrufs

Preissignal

- z.B. zeitvariables Netzentgelt
- Verbraucher / Aggregator entscheidet über Verbrauchsanpassung
- Finanzieller Vorteil: im Mittel geringere Netzentgelte

Eingriffsrecht für VNB

- VNB dimmt einzelne Verbraucher oder schaltet diese komplett ab
- Finanzieller Vorteil: pauschale Kompensation, z.B. reduziertes Netzentgelt
- Eingriffsrecht in der Lenkungswirkung äquivalent zu unendlich hohem Netzentgelt

	Eingriffsrecht	Preissignal
Priorisierung der Verbraucher	Alle Verbraucher gleich	Differenzierung der Verbraucher nach Zahlungsbereitschaft
Zusammenspiel von Signalen	Keine Abwägung: Netzsignal überwiegt immer Marktsignal	Wechselwirkung zwischen Preissignalen aus Strommarkt und Verteilnetz
Sicherheit über Lastverschiebung	Hohe Sicherheit	Weniger Sicherheit
Ökonomische Effizienz	Ineffizient (vgl. Steuer vs. Cap-and-trade, aber ohne Handel)	Effiziente Nutzung von Potentialen

2. Vorlaufzeit

Lange Vorlaufzeit (statische Netzentgelte)

- Netzbelastung teilweise kalendarisch determinierbar
- Planbarkeit ermöglicht stärkere Flex-Reaktion (z.B. Vorziehen)

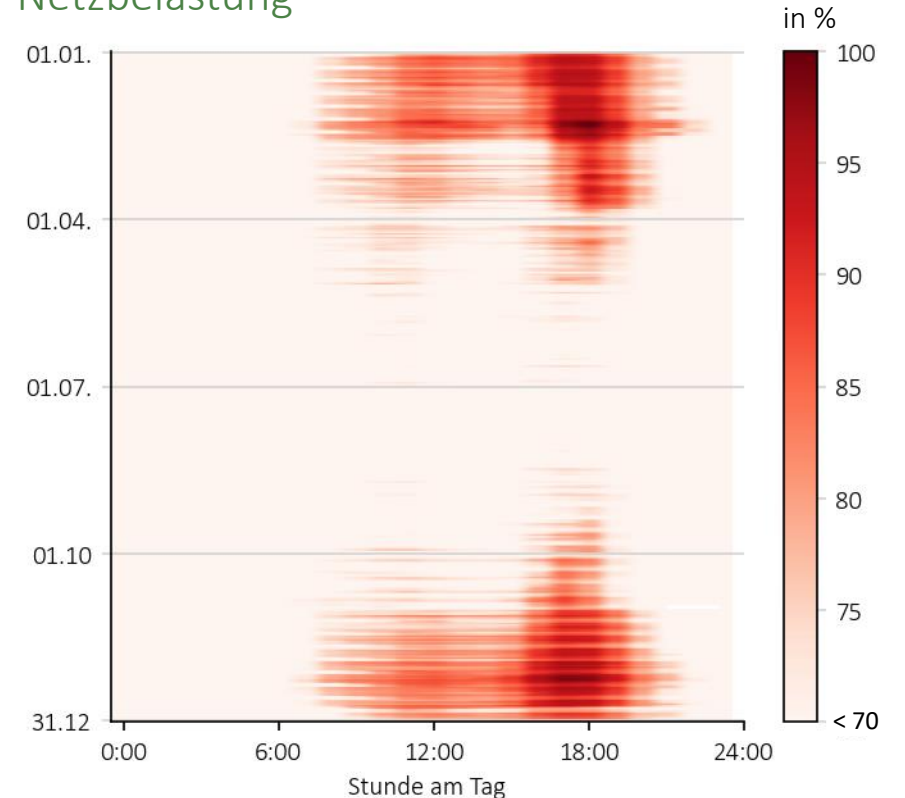
Kurze Vorlaufzeit (dynamische Netzentgelte)

- Wetterbedingte Netzbelastung (EE, Heizen, Kühlen) nur kurzfristig vorhersehbar
- Kurze Vorlaufzeit vermeidet Flex-Einsatz in Zeiten ohne Engpass

Sinnvolle Vorlaufzeit abhängig vom Netzgebiet

- Empirische Frage: Wie gut lassen sich Überlast-Ereignisse kalendarisch bestimmen?

Netzbelastung



Berliner Niederspannung, Jahr 2021

3. Präzision der Steuerung

Wie präzise ist Lastreduktion / -erhöhung möglich?

Kontinuum zwischen

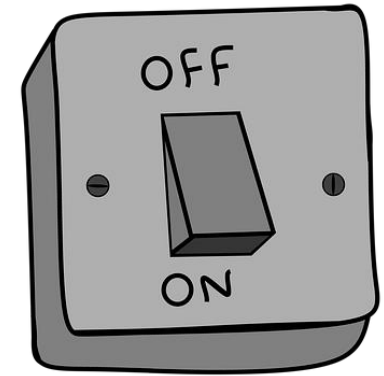
- Binär (Sperrzeiten mit Last Abregelung / unendlich hohe Netzentgelte)
- Fein-gestuft (kontinuierliche Dimmung / viele Preisstufen)

Präzise Steuerung „verschmiert“ Nachhol- / Vorzugseffekte

- Binäre Steuerung: höhere Gefahr neuer Lastspitzen durch zeitgleichen Einsatz

Bewertung

- Begrenzung des Flex-Abrufs aufs Notwendigste wünschenswert
- Nur möglich, wenn Netzzustand (hinreichend) bekannt





Mehrwert dezentraler Flexibilität

Anselm Eicke · 16. Juli 2024



Neue Netzbelastung durch Verbrauchskonzentration

Befürchtung: Alle Verbraucher reagieren gleichzeitig

- Flex-Einsatz bewirkt neue Netzüberlastung

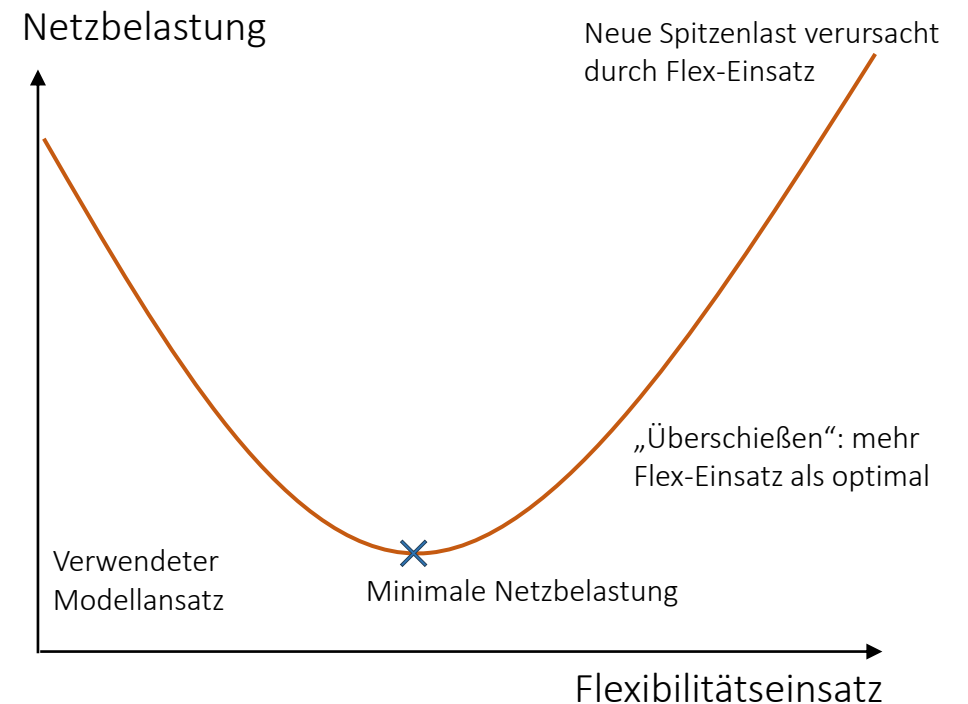
Grundproblem: fehlende Rückkopplung

- Auslösung durch alle Instrumente, die kein Feedback erlauben
- Netzentgelte, Sperrzeitfenster, day-ahead Großhandelspreise

Empirische Frage: Wie stark konzentriert sich der Verbrauch?

- Hängt ab vom Grad der Synchronisierung der Anlagen
- Anlagenkonfiguration, Korrelation der Tagesrhythmen der Verbraucher:innen, Präferenzen hinsichtlich Lastverschiebung, Unterschiedlichkeit der Optimierungsansätze
- Optimierungsmodelle bilden Heterogenität inhärent schlecht ab

Einfluss von Flex auf Netz



Ergebnis Wärmepumpe

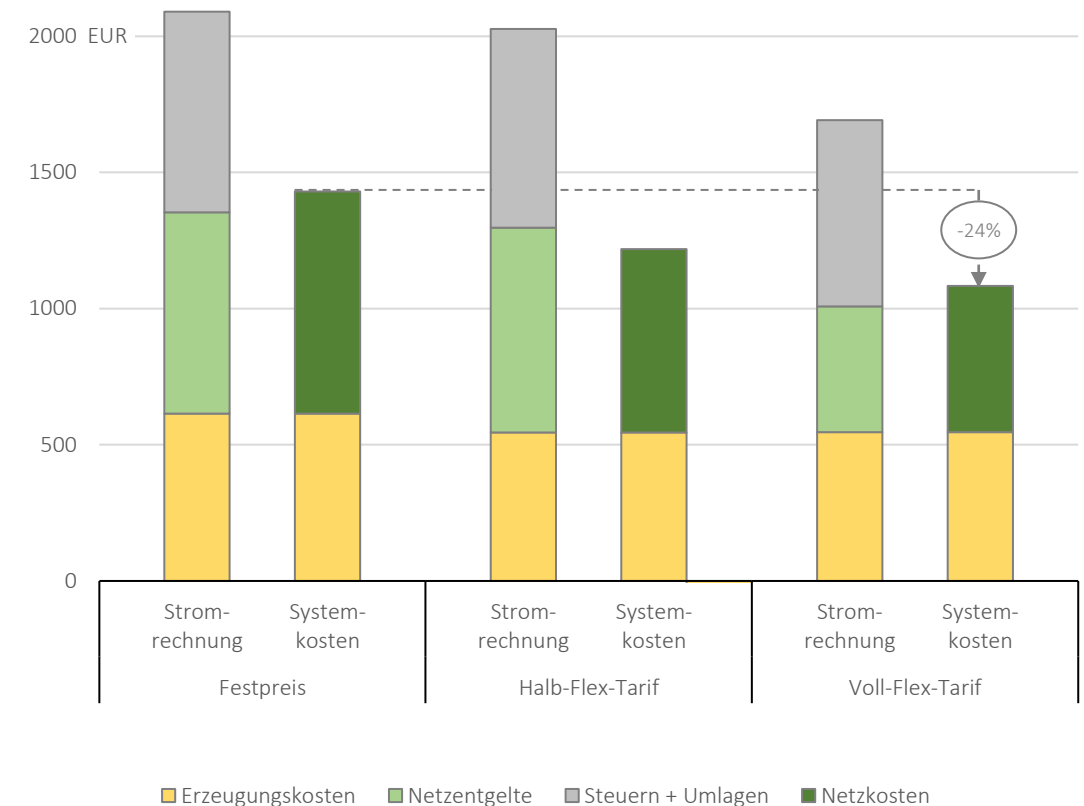
Stromrechnung

- Reduktion um 3% bei Halb-Flex-Tarif
- Um 19% bei Voll-Flex (knapp 400 EUR p.a.)

Systemnutzen

- Flex-Nutzung verzögert Netzausbau
- Reduziert Stromgestehungskosten
- Systemkosten sinken bei Halb-Flex-Tarif um 15% (212 EUR), bei Voll-Flex sogar um 24% (346 EUR)
- Halb-Flex reduziert auch Netzkosten

Jährliche Stromkosten für Wärmepumpe



Ergebnis Elektroauto

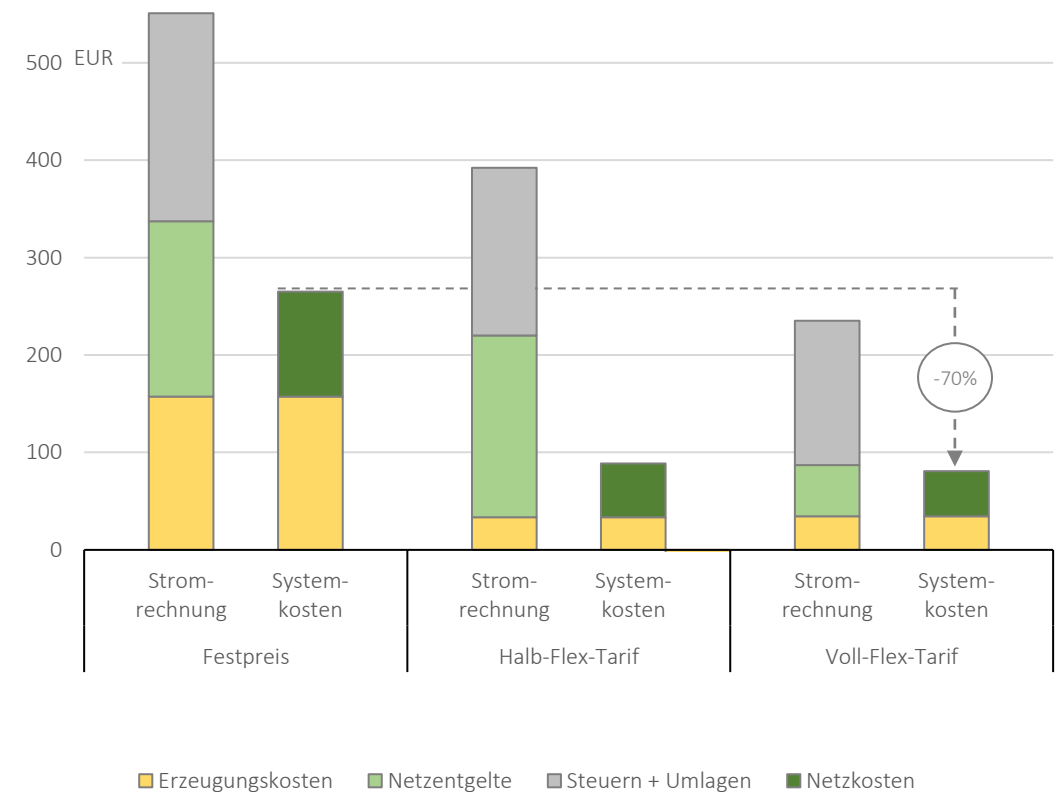
Stromrechnung

- Sinkt erheblich durch flexible Tarife
- Um 158 EUR (29%) bei Halb-Flex
- Um 316 EUR (43%) Voll-Flex-Tarif

Systemnutzen

- Hoher Nutzen bereits bei Halb-Flex-Tarif
- Erzeugungskosten sinken um 124 EUR, Netzkosten um 53 EUR

Jährliche Stromkosten für Elektroauto



Ergebnis Heimspeicher

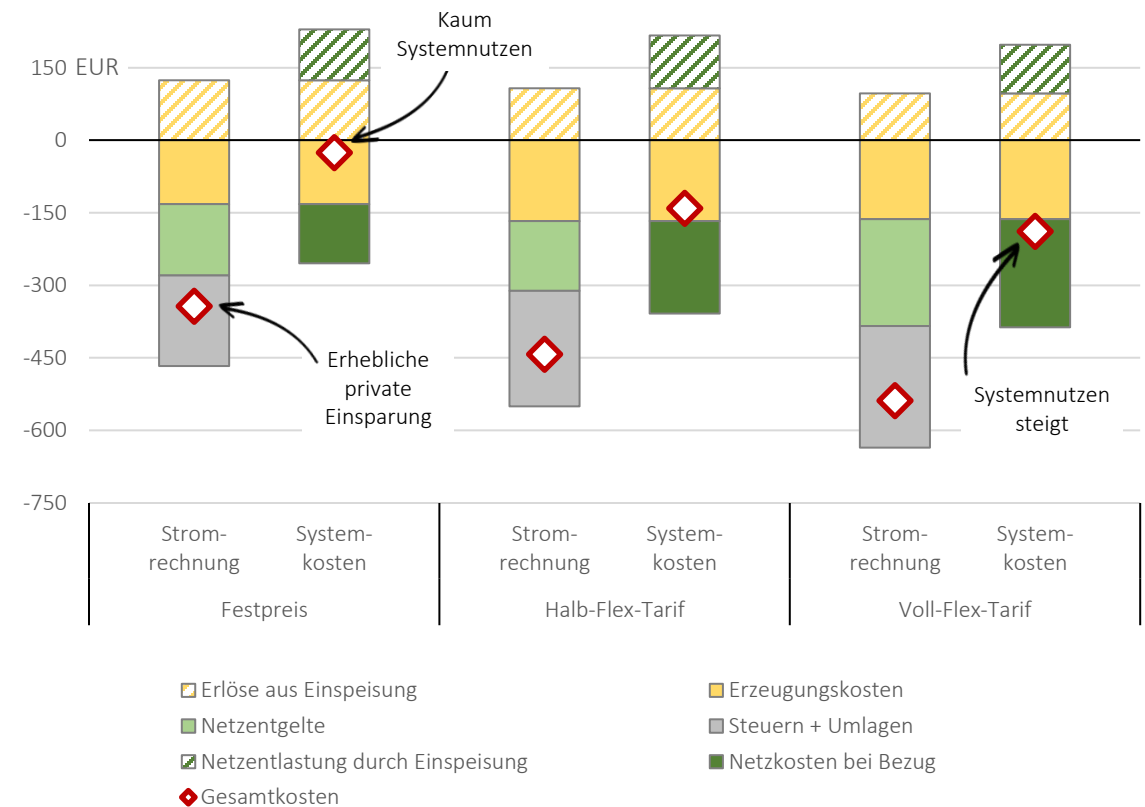
Geringer Systemnutzen des Heimspeichers bei Festpreis

- Speicher reduziert Stromrechnung um 343 EUR
- Stromsystem nur um 26 EUR entlastet
- Differenz ist Umverteilung

Flexible Tarife reduzieren Systemkosten

- Stromrechnung sinkt weiter
- Systemnutzen im Beispiel sieben Mal höher als bei Festpreis

Einsparung durch Heimspeicher (ggü. kein Speicher)



Haushaltsnahe Flexibilitäten nutzen

Wie Elektrofahrzeuge, Wärmepumpen
und Co. die Stromkosten für alle senken
können

Philipp Godron, Niklas Jooß
16. Juli 2024

Agora Energiewende hat die Auswirkungen von vier Stromtarifmodellen auf die Betriebsweise haushaltsnaher Flexibilitäten untersucht.

Die Studie: Haushaltsnahe Flexibilitäten nutzen



- **Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. (ffE)** hat detaillierte Netzmodellierungen vorgenommen
- mithilfe von Typnetzen wurde die gesamte deutsche Niederspannungsebene abgebildet, an der Haushalte angeschlossen sind
- Lastflusssimulation zur Bestimmung der Netzausbaubedarfe unter Berücksichtigung von vier Tarifmodellen
- Modellierungsergebnisse wurden ergänzt durch eine Gesamtsystemkostenbetrachtung von Agora Energiewende
- regelmäßiger Austausch mit einem **Begleitkreis** besetzt mit Vertreter:innen der Energiewirtschaft (Verteilnetzbetreiber, Aggregatoren, Hersteller)

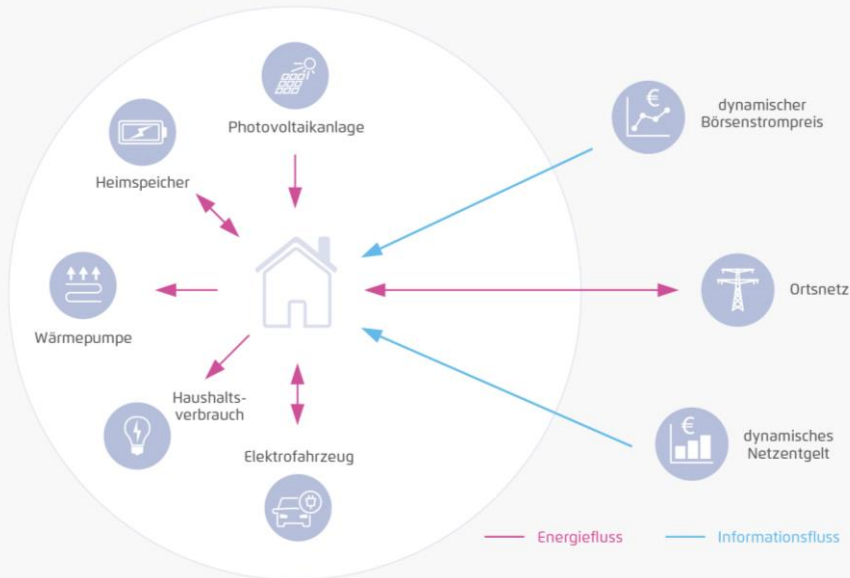
Ergebnisse auf einen Blick:

- 1 E-Autos, Wärmepumpen und Heimspeicher können allein im Jahr 2035 100 Terawattstunden Stromnachfrage flexibilisieren und dadurch im Stromsystem 4,8 Milliarden Euro einsparen.**
- 2 Dynamische Stromtarife (inkl. dynamischer Netzentgelte) aktivieren haushaltsnahe Flexibilitäten und reduzieren gleichzeitig den Ausbaubedarf der Stromnetze.**
- 3 Die Digitalisierung der Verteilnetze ermöglicht eine Einführung dynamischer Stromtarife (inkl. dynamischer Netzentgelte).**
- 4 Verbraucher:innen sparen bei der Stromrechnung und können die Energiewende aktiv mitgestalten.**

Methodik

Modellierung der Auswirkungen einer Integration von haushaltsnaher Flexibilität im Verteilnetz.

Übersicht der finanziellen Optimierung am Hausanschluss



- Charakteristik des deutschen Niederspannungsnetzes wurde mit Hilfe von Typnetzen abgebildet
- haushaltsnahe Flexibilitäten wurden räumlich zugeordnet, orientiert an den Hochlaufzahlen der Agora-Studie *Klimaneutrales Stromsystem 2035*.
- detaillierte Teilnahmequoten wurden festgelegt und eine finanzielle Optimierung an jedem Hausanschluss modelliert
- Lastflusssimulation zur Bestimmung der Netzausbaubedarfe wurde unter Berücksichtigung von vier Tarifmodellen vorgenommen
- Auswirkungen des Netzengpassmanagements nach § 14a EnWG auf den Netzausbaubedarf wurden ebenfalls modelliert

Die vier Tarifmodelle unterscheiden sich darin, wie stark sie den aktuellen Börsenstrompreis beziehungsweise die Netzauslastung berücksichtigen.

Zusammensetzung der dynamischen Stromtarife je Szenario

Szenario	Beschaffungspreis	Netzentgelte	Zeitfenster der Netzentgelte
lowFlex	konstant	konstant	–
Flex	dynamisch*	konstant	–
Flex-zeitvarNe	dynamisch*	zeitvariabel	statisch
Flex-dynNe	dynamisch*	zeitvariabel	dynamisch

Zeitvariable Netzentgelte:

- Zeitfenster werden lange zuvor definiert
- Preiszeitreihe variiert zw. verschiedenen Tagen, Regionen, Jahreszeiten; in einem Verteilnetz gleich
- ähnlich Preismodul 3 bei §14a Festlegung

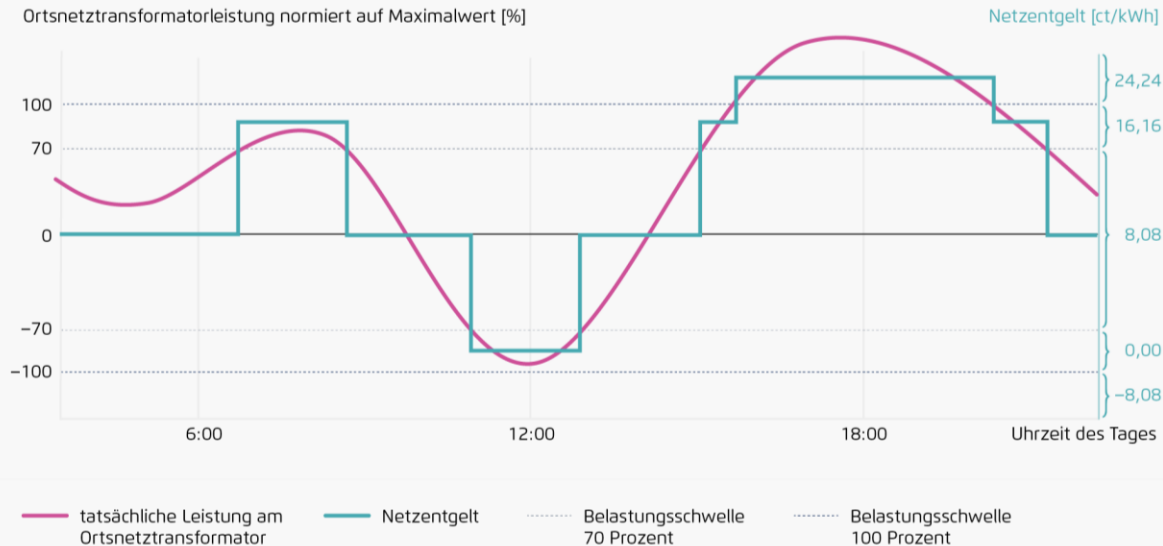
Dynamische Netzentgelte:

- Zeitfenster werden kurzfristig definiert
- Preiszeitreihe ergibt sich aus Auslastungsprognose am Ortsnetztransformator
- gem. BNetzA-Film = volldynamische Netzentgelte

*dynamischer Beschaffungspreis = direkte Weitergabe des Börsenstrompreises. Dafür werden Dispatch-Preise aus der Studie *Klimaneutrales Stromsystem 2035* verwendet, welche als Repräsentant der kurzfristigen Börsenstrompreise eingesetzt werden.

Dynamische Netzentgelte spiegeln die lokale Netzauslastung wirkungsvoll wider.

Schematische Darstellung der Bestimmung der dynamischen Netzentgelte in Abhängigkeit der Ortsnetztransformatorauslastung



Dynamische Netzentgelte

→ Basis: Auslastungsprognose des Ortsnetztransformators

→ Inputparameter:

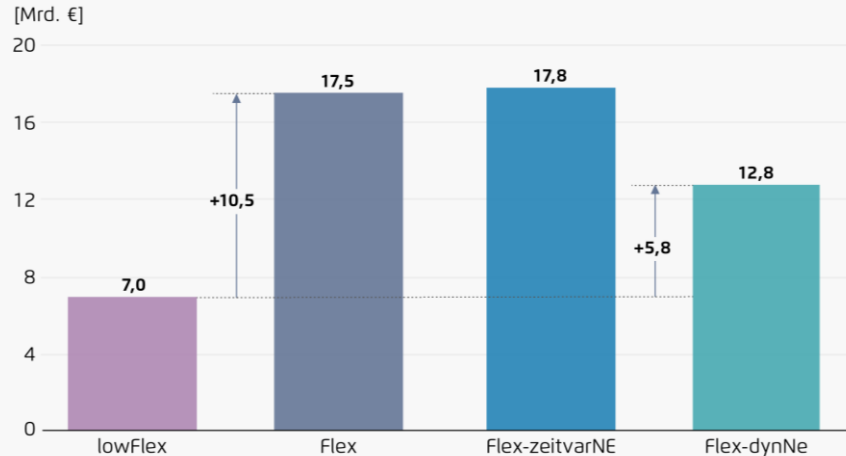
- Messwerte des Transformators
- Verbrauchsfahrpläne bzw. –prognosen der Kund:innen,
- Wetterdaten
- Börsenstrompreis

→ Netzentgeltstufen in angemessenem Verhältnis zum mittleren Börsenstrompreis-Spread

Ergebnisse

Beim Hochlauf von E-Autos, Wärmepumpen und Heimspeichern können dynamische Netzentgelte wirksam die Netzausbaukosten reduzieren.

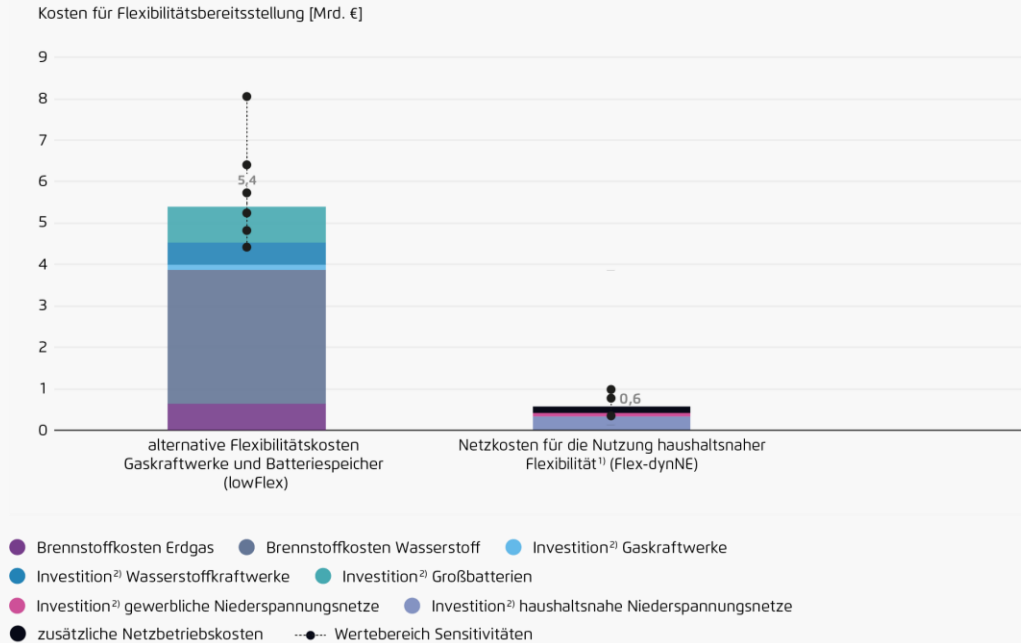
Kumulierte Netzausbaukosten in der Niederspannung bis zum Jahr 2035



- Zusätzliche Nachfrage führt in allen Fällen zu höheren Netzausbaukosten, auch wenn es keine Preisanreize für Flexibilitätsbereitstellung gibt
- Lastverschiebung, angereizt allein durch dynamisches Börsenstrompreissignal -> deutlich höhere Ausbaukosten
- Dynamische Stromtarife + dynamische Netzentgelte reduzieren Ausbaukosten erheblich
- Zeitvariable Netzentgelte:
 - langfristig nicht geeignet zur Reduktion Netzausbaukosten
 - können aber erster Schritt Richtung Umsetzung dynamischer Netzentgelte sein

Dynamische Stromtarife können Flexibilität weitaus günstiger bereitstellen als flexible Erzeugungsanlagen.

Annuitätischer Kostenvergleich der Optionen zur Flexibilitätsbereitstellung in 2035



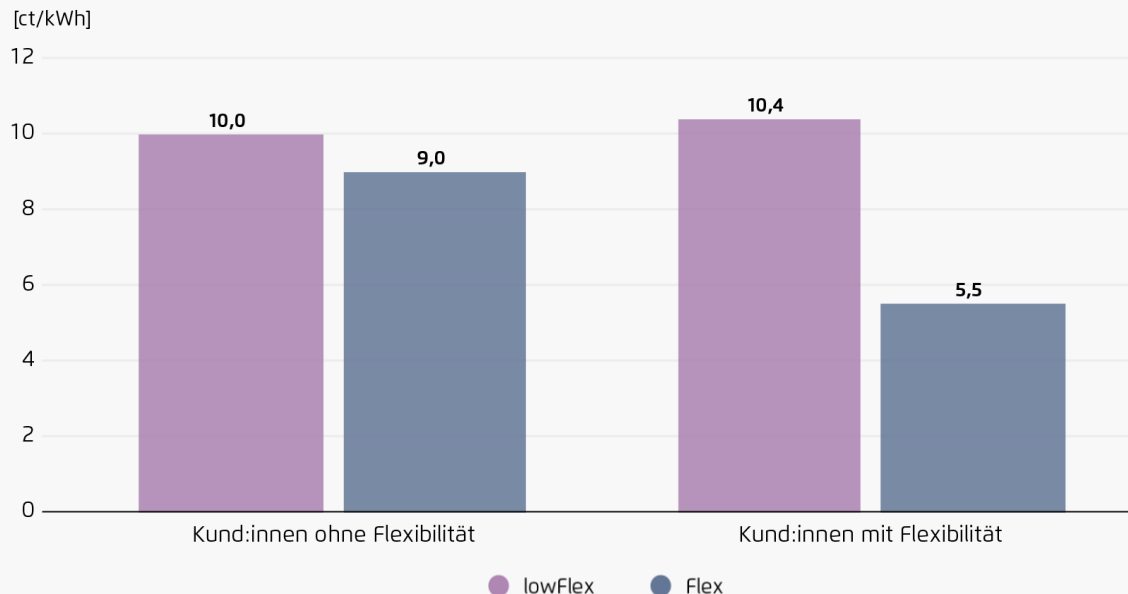
→ Nutzung von Lastflexibilität der Haushalte

- spart 20 Terawattstunden Erzeugung / Jahr
- verringert Bedarf an teurem Brennstoff
- erhöht Verteilnetz-Ausbaubedarf
- Mehrkosten durch dynamische Netzentgelte begrenzt

→ Allein im Jahr 2035 Ersparnis von 4,8 Milliarden Euro

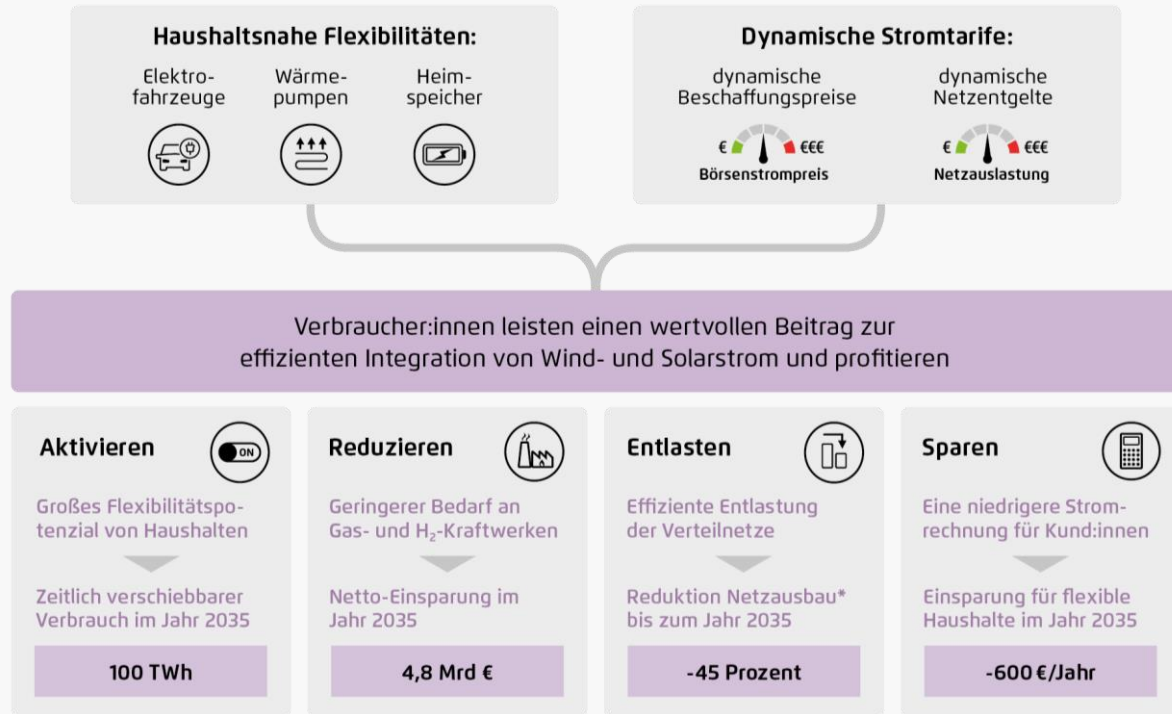
Von der Aktivierung haushaltsnaher Flexibilität profitieren alle Kund:innen.

Durchschnittliche Beschaffungspreise von Kund:innen mit und ohne Flexibilität im Jahr 2035



- Aktivieren von Flexibilitäten reduziert Strombeschaffungspreis für alle Kund:innen
- Kund:innen mit flexiblem Verbrauchsverhalten sparen zusätzlich Netzentgelte in Höhe von 11 Prozent je Kilowattstunde
- 4-Personen-Haushalt mit flexiblem Einsatz der Wärmepumpe kann mit dynamischen Stromtarifen (inkl. dynamischen Netzentgelten) perspektivisch 600 Euro/a sparen
- Alle Kund:innen profitieren von niedrigeren Netzausbaukosten und einer besseren Netzauslastung

Die Einführung dynamischer Netzentgelte lohnt sich. BNetzA und VNB sollten Prozess einleiten für breite Anwendung in 2030er Jahren.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Haben Sie Fragen oder Anmerkungen?

Philipp Godron
philipp.godron@agora-energiewende.de

Niklas Jooß
njooss@ffe.de

www.agora-energiewende.de