
Flexibilitäten in der Industrie intelligent nutzen – Potenziale heute und im Strommarkt der Zukunft!

Patrick Selzam

Innovationsforum Hybrid-Heating

Aachen

12.04.2019

FRAUNHOFER IEE

ENERGIEWIRTSCHAFT UND ENERGIESYSTEMTECHNIK



Das Fraunhofer IEE forscht in den Bereichen Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik.

Wir entwickeln Lösungen für wirtschaftliche und technische Herausforderungen bei der Transformation der Energieversorgungssysteme.



- Mitarbeiter: rund 360
- Jahresbudget: ca. 22,5 Mio EUR
- Leitung: Prof. Dr. Clemens Hoffmann

www.iee.fraunhofer.de

Curriculum vitae

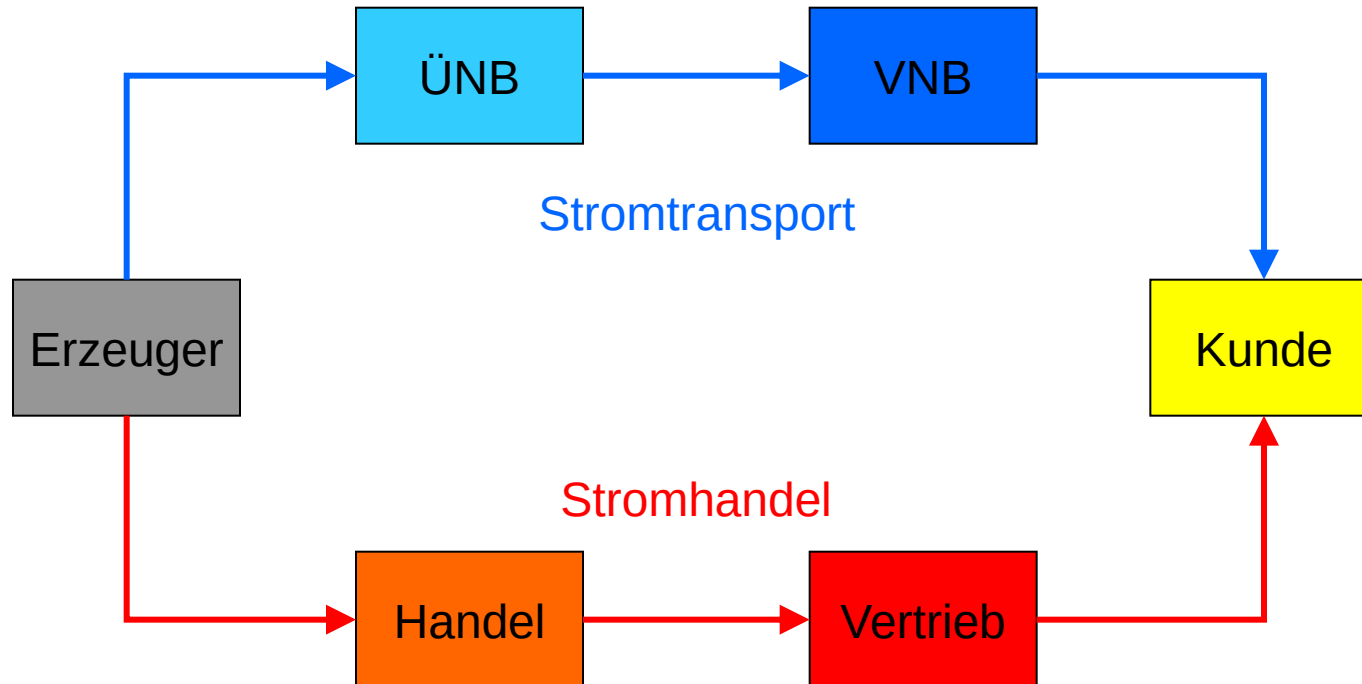
- Dipl.-Ing. Energie- u. Wärmetechnik
- Dipl.-Betriebswirt
- ehemals Produktmanager Stadtwerke Gießen
- Wissenschaftlicher Mitarbeiter Fraunhofer IEE
- Mitglied VDI-Fachausschuss Mikro-KWK-Anlage
 - Mitarbeit VDI-Richtlinie 4656 (Planung und Dimensionierung)
 - Mitarbeit Überarbeitung VDI-Richtlinie 4655 (Lastprofile)



Inhalt

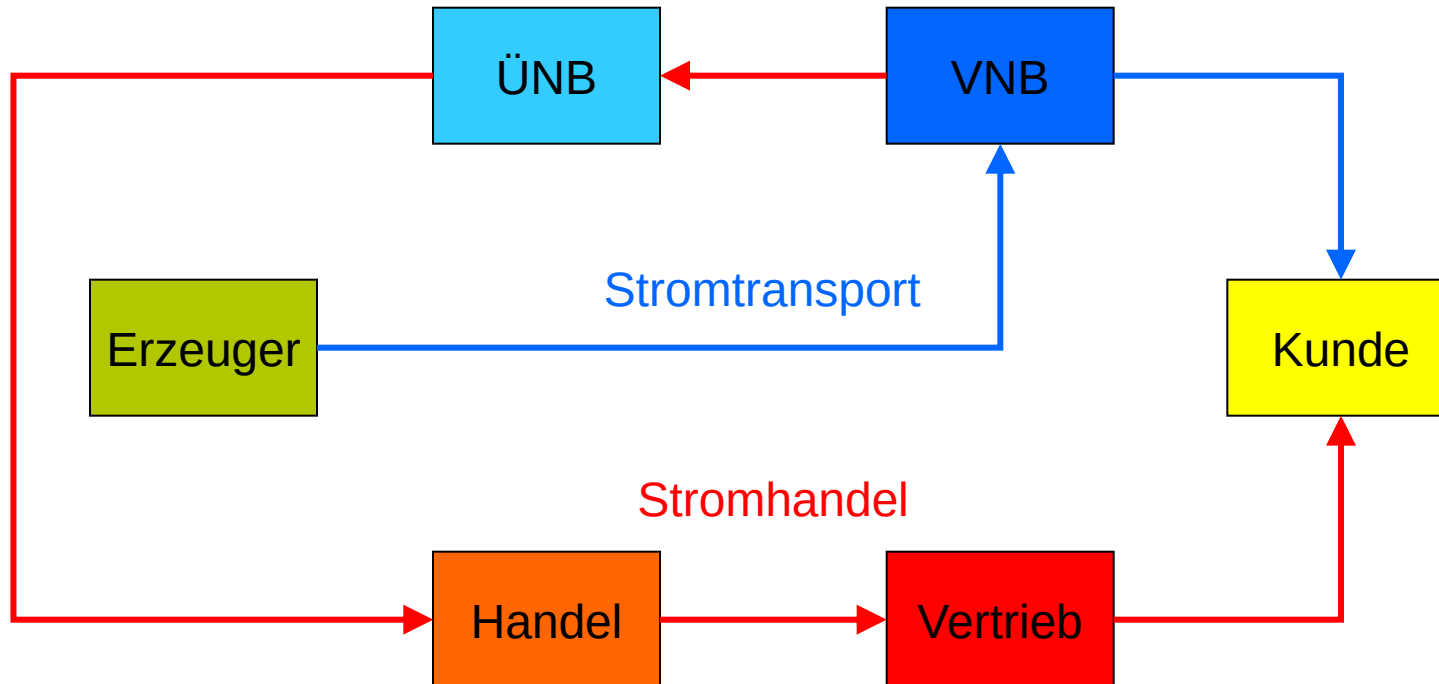
- **Strommarkt**
- **Anreizsysteme**
- **Potenzialanalyse-Tools**
- **Empfehlungen**

Der liberalisierte Strommarkt (konventionelle Kraftwerke)



Quelle: <http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-410914.html>

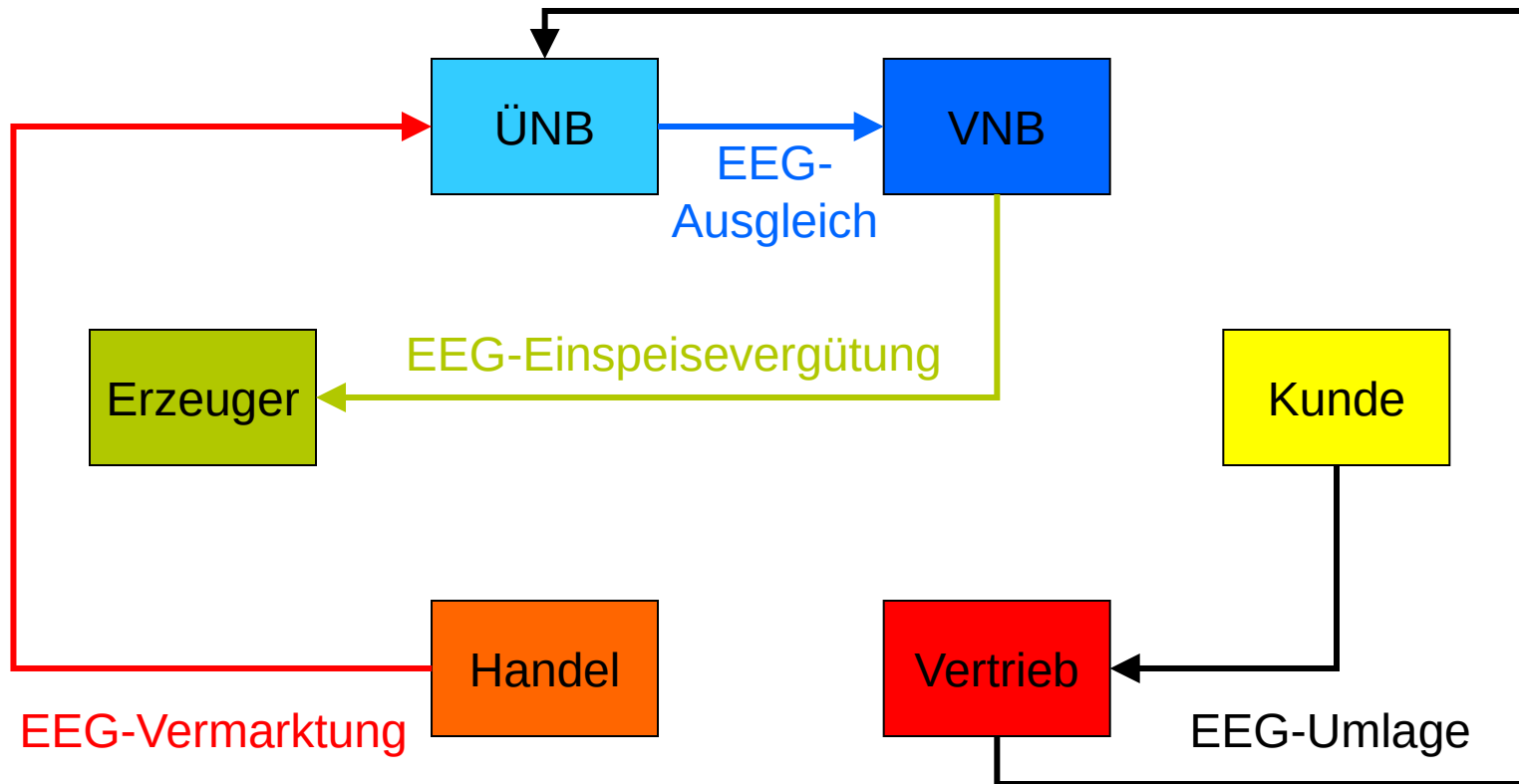
EEG-Erzeugung im liberalisierten Strommarkt*



Quelle: <http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-410914.html>

*sukzessive Umstellung auf Direktvermarktung mit Marktpremien

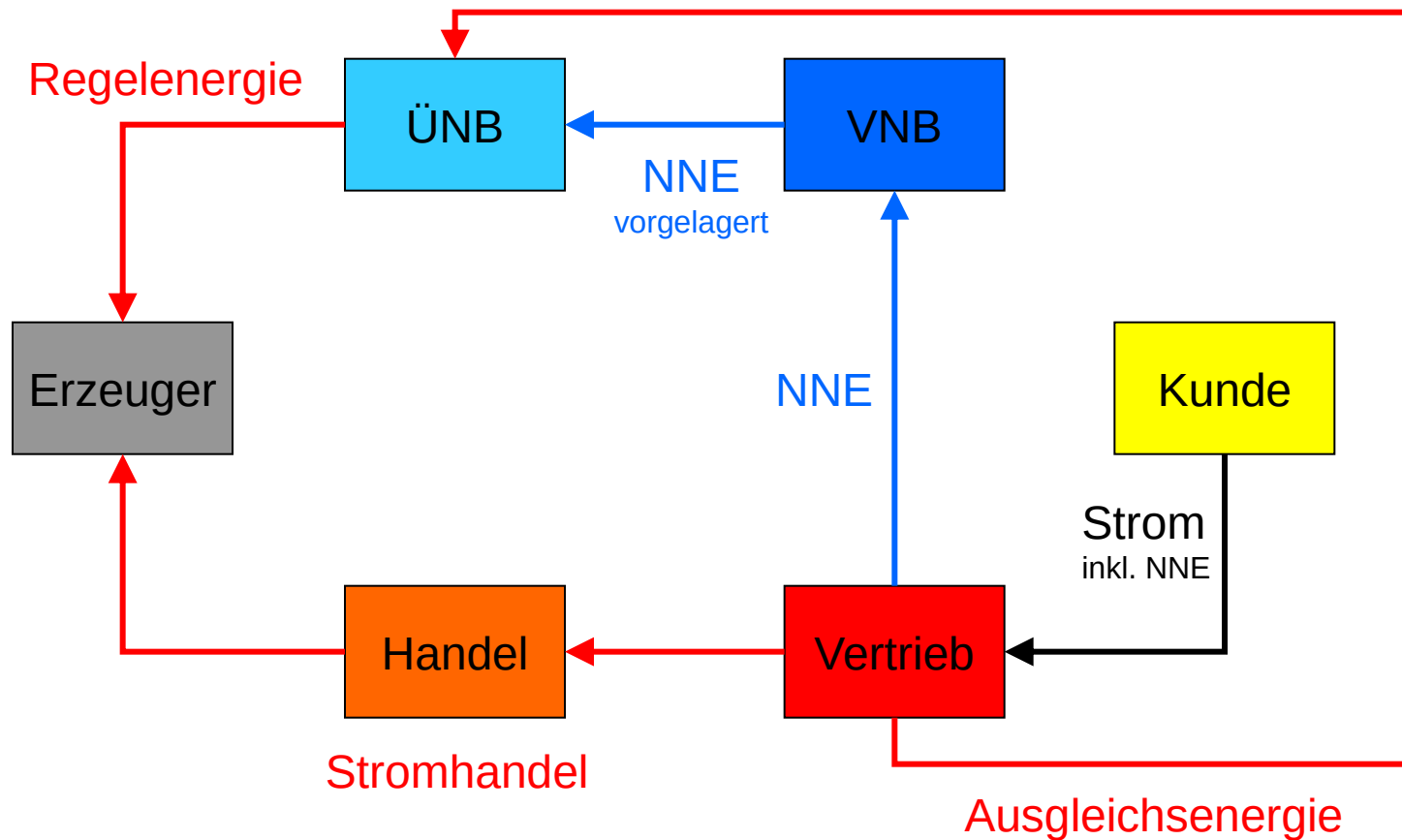
Zahlungsströme EEG (klassisch*)



Quelle: <http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-410914.html>

*sukzessive Umstellung auf Direktvermarktung mit Marktprämien

Zahlungsströme im liberalisierten Strommarkt



Quelle: <http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-410914.html>

Inhalt

- Strommarkt
- **Anreizsysteme**
- Potenzialanalyse-Tools
- Empfehlungen

Energiewende

Probleme

- Sonne und Wind sind fluktuierende Energiequellen
- Elektrische Energie ist nur bedingt speicherbar
- teilw. Erzeugung und Verbrauch weit auseinander

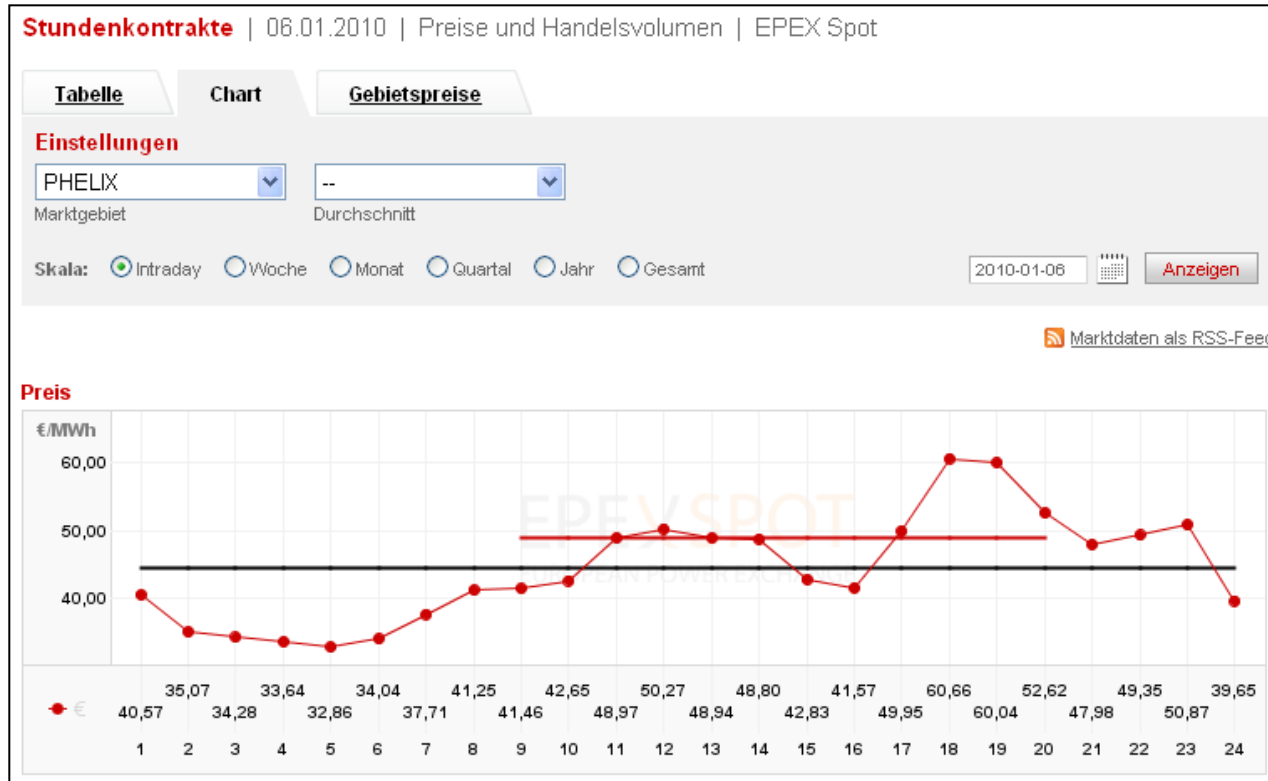
Lösungsansätze

- Netzausbau
- Abschaltbarkeit von EE
- Speicherung von EE
- Nutzung von Flexibilitäten

Anreizsysteme

- Flexibilitäten* benötigen Anreize und Informationen, wann sie ein- bzw. ausgeschaltet werden sollen.
- Es gibt direkte und indirekte Anreizsysteme:
 - Direkte Anreize (Steuerbefehle, Sperrzeiten, etc.)
 - Indirekte Anreize (Variable Tarife, Variable Netzentgelte, etc.)

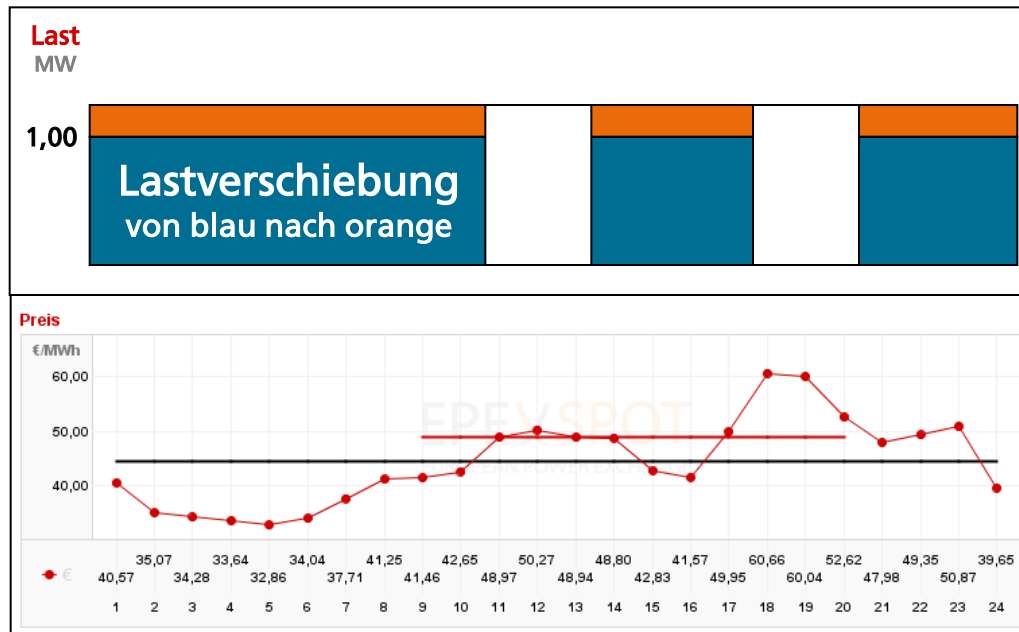
Spotmarktoptimierung



Einen Tag vor der Lieferung um 12:30 Uhr die Stundenpreise des Spotmarkts auf www.eex.de bekannt gegeben. **Diese Preise können bei hoher Windeinspeisung und gleichzeitig geringem Verbrauch auch negativ sein!**

Spotmarktoptimierung

„Variable Gutschrift“ Beispiel Kühlhaus



Das SOC-Gerät wurde von 11-13 Uhr und 18-20 Uhr abgeschaltet. Der Kunde zahlt für den gesamten Strom (blaue und orangene Fläche) den „normalen“ Strompreis (Vollstromversorgung).

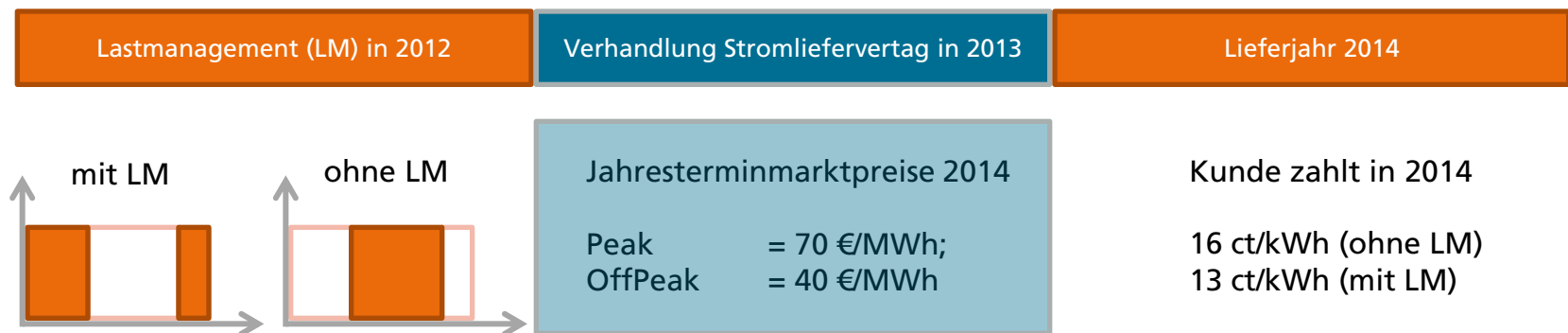
Stunde	Preis	Menge	Gutschrift
10	42,65	0,00	0,00
11	48,97	1,00	48,97
12	50,27	1,00	50,27
13	48,94	1,00	48,94
14	48,80	0,00	0,00
15	42,83	0,00	0,00
16	41,57	0,00	0,00
17	49,95	0,00	0,00
18	60,66	1,00	60,66
19	60,04	1,00	60,04
20	52,62	1,00	52,62
21	47,90	0,00	0,00
			321,50

Indirekte Spotmarktoptimierung

Vorgehensweise

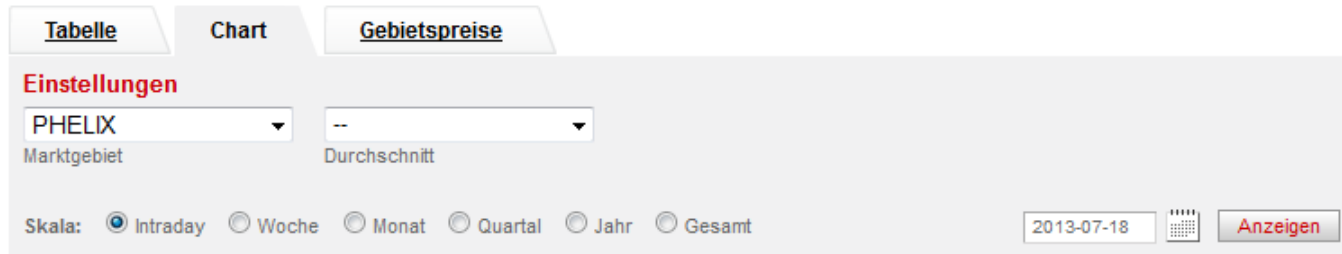
- Stromkunden erhalten einen günstigeren Energielieferpreis, wenn sie insbesondere dann Strom verbrauchen, wenn die Stundenpreise der Price Forward Curve günstig sind.
- Wenn beispielsweise ein Kunde 2012 seine Flexibilitäten gemäß den Spotmarktpreisen von 2012 optimiert, wird er 2013 einen günstigeren (fixen) Energielieferpreis für 2014 aushandeln können!

Plakatives Beispiel:



Wirkung der (ind.) Spotmarktoptimierung auf die EEG-Umlage

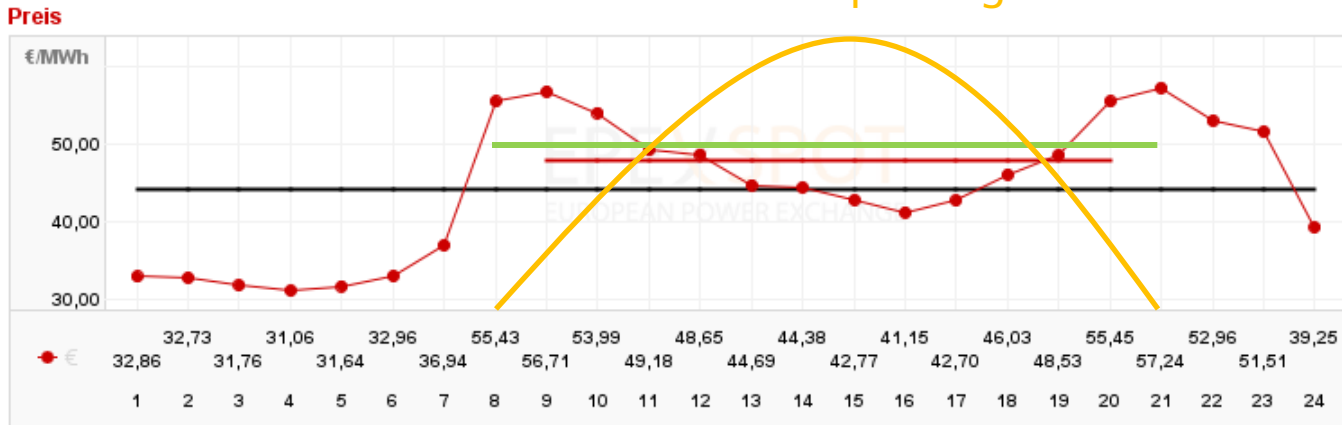
Stundenkontrakte | 18.07.2013 | Preise und Handelsvolumen | EPEX Spot



PV-Vergütung

PV-Einspeisung

Marktdaten als RSS-Feed



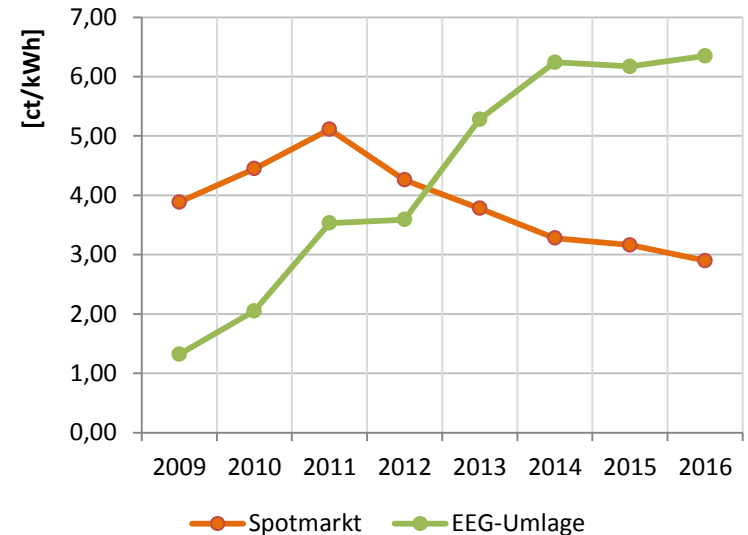
Spotmarktoptimierung vergleichmäßigt Spotpreise und senkt so die EEG-Umlage!

EEG-Umlage senkt Spotmarktpreise

Einfluss der EEG-Umlage auf Strombörsenpreise

- Zubau Erneuerbarer Energien beeinflusst Strommarkt
 - EEG-Umlage ist durch den Zubau Erneuerbarer von 2009 – 2013 enorm gestiegen
 - Börsenstrompreise (Spot- & Terminmarkt) sind von 2011 – 2015 gesunken
 - Auch Preisvolatilität ist gesunken
- Marktdesign ist nicht „Energiewende-gerecht“
 - Spotmarkt verliert Preislenkungsfunktion
 - Geringe Volatilität reizt wenig Flexibilität an
- Variable EEG-Umlage „repariert“ Marktdesign
 - Erhöht Preisvolatilität

Entwicklung EEG-Umlage und Spotpreise



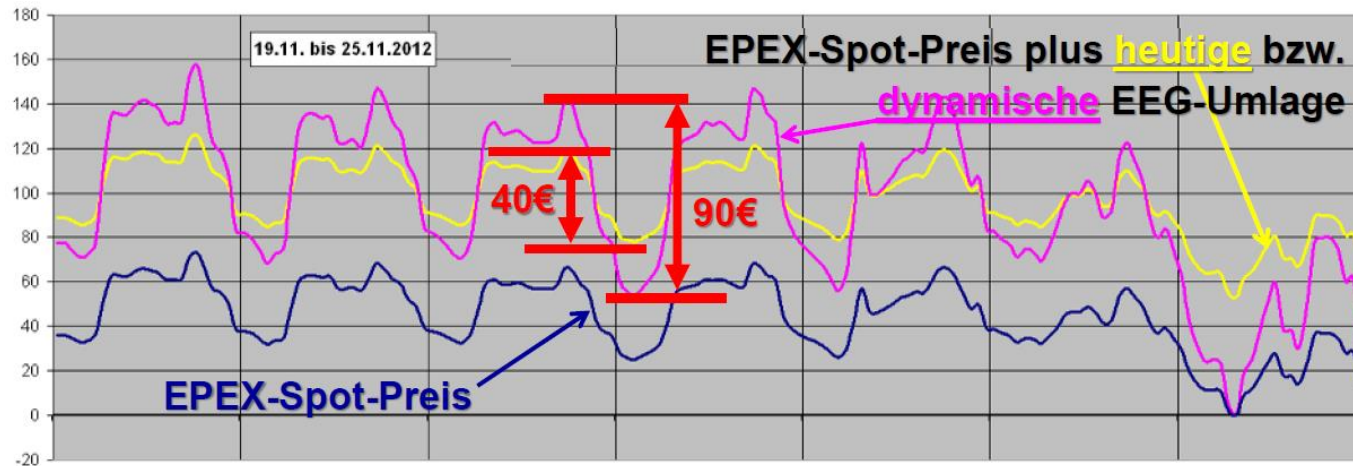
[Datenquellen: eex.com, netztransparenz.de]

Variable EEG-Umlage

Variable EEG-Umlage (vaEEG) - Beschreibung

- Potenzielles neues Anreizsystem
- Dynamisierung der EEG-Umlage anhand des Spotmarktpreises an der Börse
 - EEG-Umlage ist das x-fache des Spotmarktpreises (z.B. Multiplikationsfaktor 1,2)
 - Faktor wird jedes Jahr so festgelegt, dass Jahresertrag die EEG-Kosten deckt

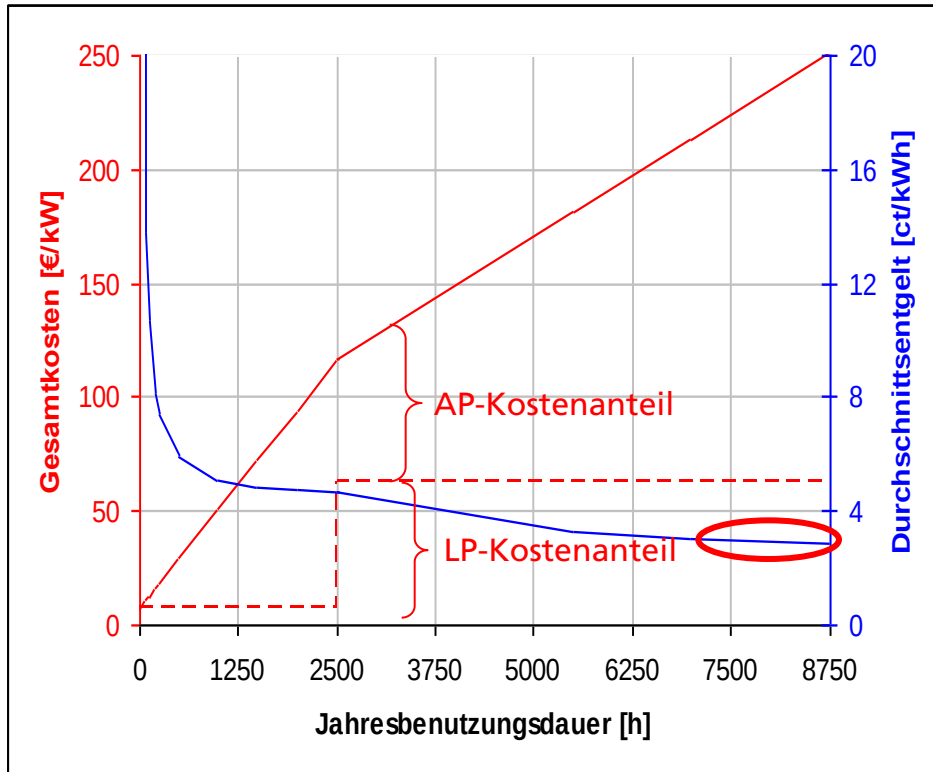
Beispiel Variable EEG-Umlage



[Quelle: BNetzA, P. Stratmann]

Leistungspreis

Beispiel Leistungspreis



[Quelle: moma]

Anreizstrategie:

Optimale
Benutzungsdauer

=

Optimale Nutzung des
Kabelquerschnitts

=

Optimale Nutzung
der Kraftwerke

=

Optimaler Preis für die
Netznutzung pro kWh!

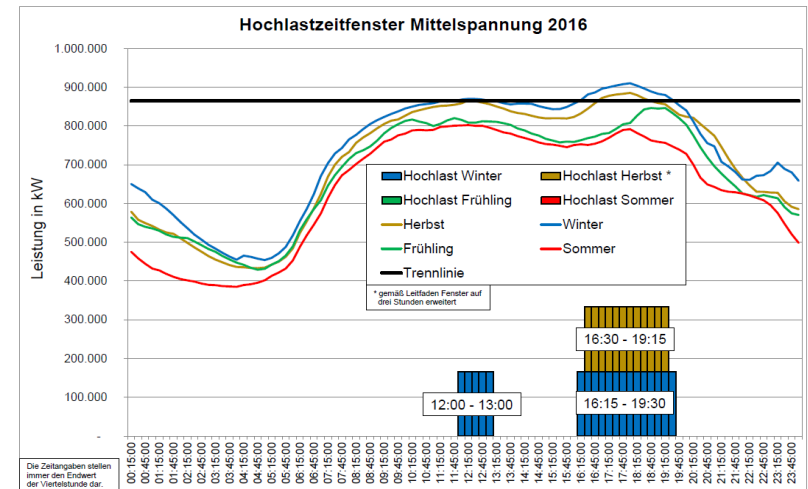
Aber: Nicht alle Kunden verhalten sich gleich!

Atypische Netznutzung

Atypische Netznutzung gemäß § 19 StromNEV Abs. 2 - Beschreibung

- VNB veröffentlicht „Hochlastzeiten“ pro Netzebene bis zum 31.10. für das nächste Jahr
 - Transparentes Berechnungsverfahren → 95 % der Netzspitzenlast
- Letztverbraucher beantragt atypische Netznutzung bei BNetzA → bis 30.9. des Lieferjahres
- Letztverbraucher zahlt nur die Lastspitze in den Hochlastzeiten
 - Abrechnung als „Variable Gutschrift“ (im Nachgang wird berechnet, wie viele kW in den Hochlastfenstern eingespart wurden und entsprechend rückgezahlt werden müssen)
- Bedingungen
 - Mind. 100 kW Einsparung zu Jahreshöchstlast
 - Mind. x % Einsparung (Niederspannung 30%)
- Bewertung
 - Anreizsystem macht Sinn, ist aber zu statisch

Beispiel Hochlastzeitfenster



[Quelle: Stadtwerke München]

Intensive Netznutzung

Intensive Netznutzung gemäß § 19 StromNEV Abs. 2, Satz 2 - Beschreibung

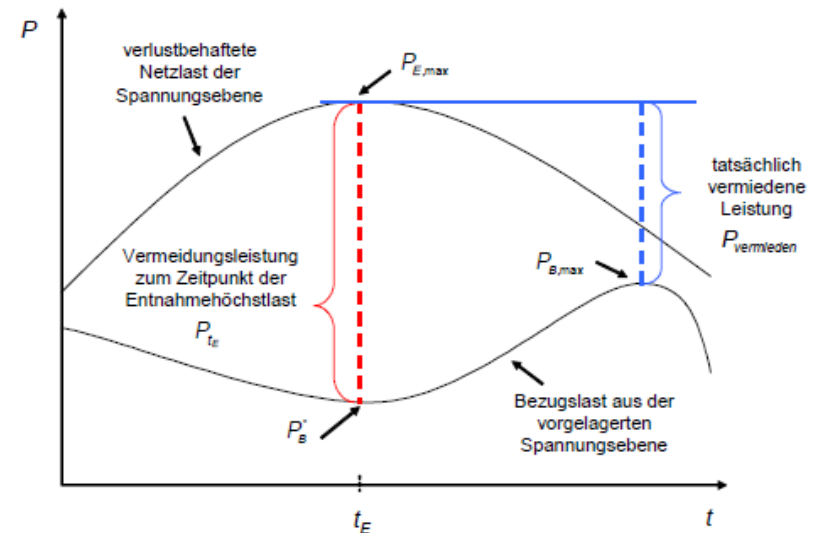
- Kunden mit hohem Stromverbrauch und sehr hohen Jahresbenutzungsstunden zahlen nur sehr geringe Netzentgelte:
 - 20 % bei Benutzungstundenzahl von mindestens 7 000 Stunden im Jahr
 - 15 % bei Benutzungstundenzahl von mindestens 7 500 Stunden im Jahr
 - 10 % bei Benutzungstundenzahl von mindestens 8 000 Stunden im Jahr
- Bedingung
 - Mind. 10 Mio. kWh Bezug aus dem Netz pro Abnahmestelle
- Bewertung
 - Anreizsystem ist kontraproduktiv und sollte abgeschafft werden!

Vermiedene Netzentgelte

Vermiedene Netzentgelte gemäß § 18 StromNEV - Beschreibung

- VNB zahlt Kraftwerken für Einspeisung in das Stromnetz die vermiedenen Netzentgelte, die eigentlich an den vorgelagerten Netzbetreiber zu zahlen gewesen wären
 - Vermiedene Arbeit steht in der Kritik wegen zunehmend bilateralem Lastfluss
 - VNB zahlt auch vermiedene Leistung
- Bedingungen
 - Netzeinspeisung zum Zeitpunkt (15 min.) der tatsächlichen Netzspitzenlast
 - Wärmepumpen können nur in Kombination mit KWK profitieren (Ausnahmefall)
- Bewertung
 - Anreizsystem ist gut, aber schwer umsetzbar (nur relevant, wenn ausreichend Erzeugung vorhanden ist)

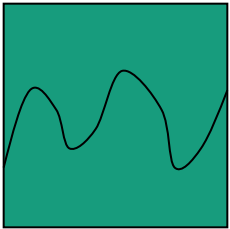
Vermiedene Leistung



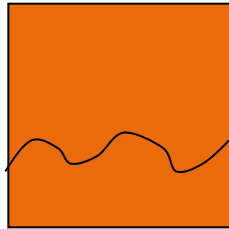
[Quelle: VDN-§18-Leitfaden]

Variable Netzentgelte – Darstellung VNB Webportal

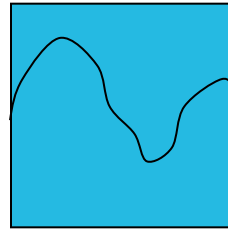
Prognosen dayahead in kW:



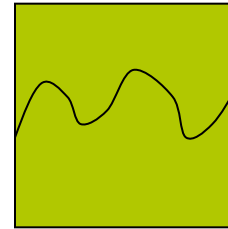
Netzlast



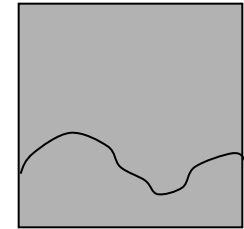
Solar/Wind



Speicher



KWK



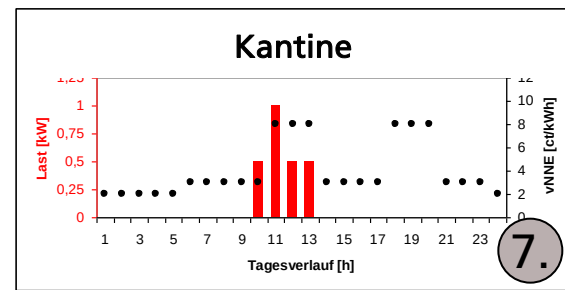
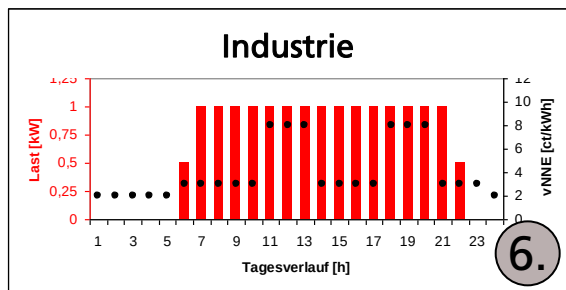
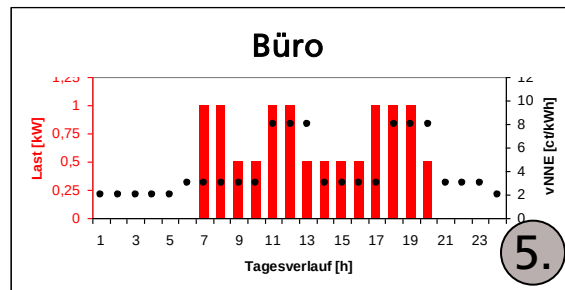
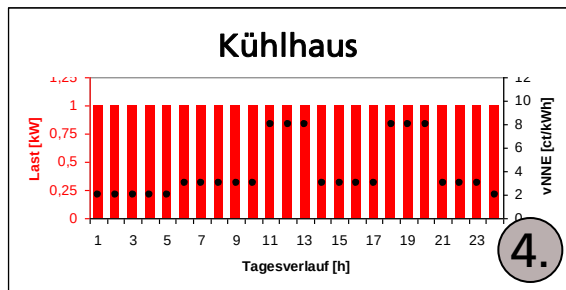
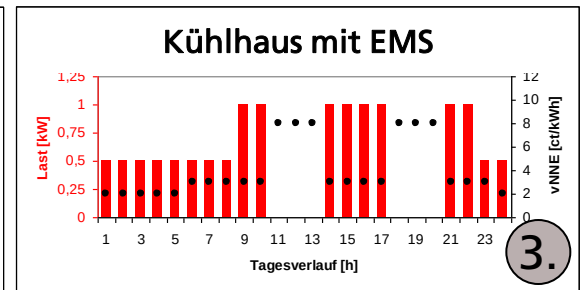
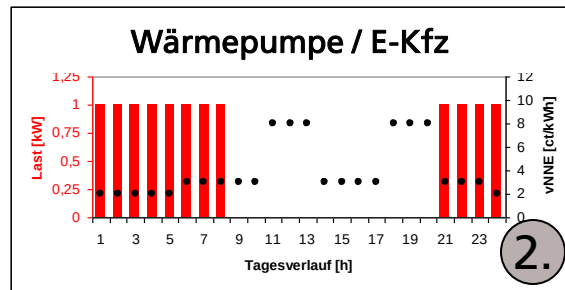
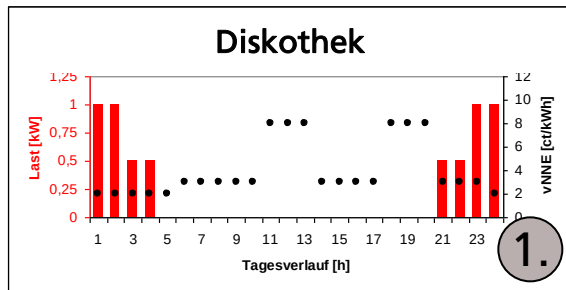
Verluste

Variable Netzentgelte (VaNE) dayahead in Ct/kWh:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	1	2	2	2	3	3	3	3	5	6	7	5	4	3	4	5	5	6	7	5	4	3	2

Quelle: http://www.modellstadt-mannheim.de/moma/web/media/pdf/Endbericht_A557.pdf (siehe Kapitel 5)

Gewinner und Verlierer vaNE

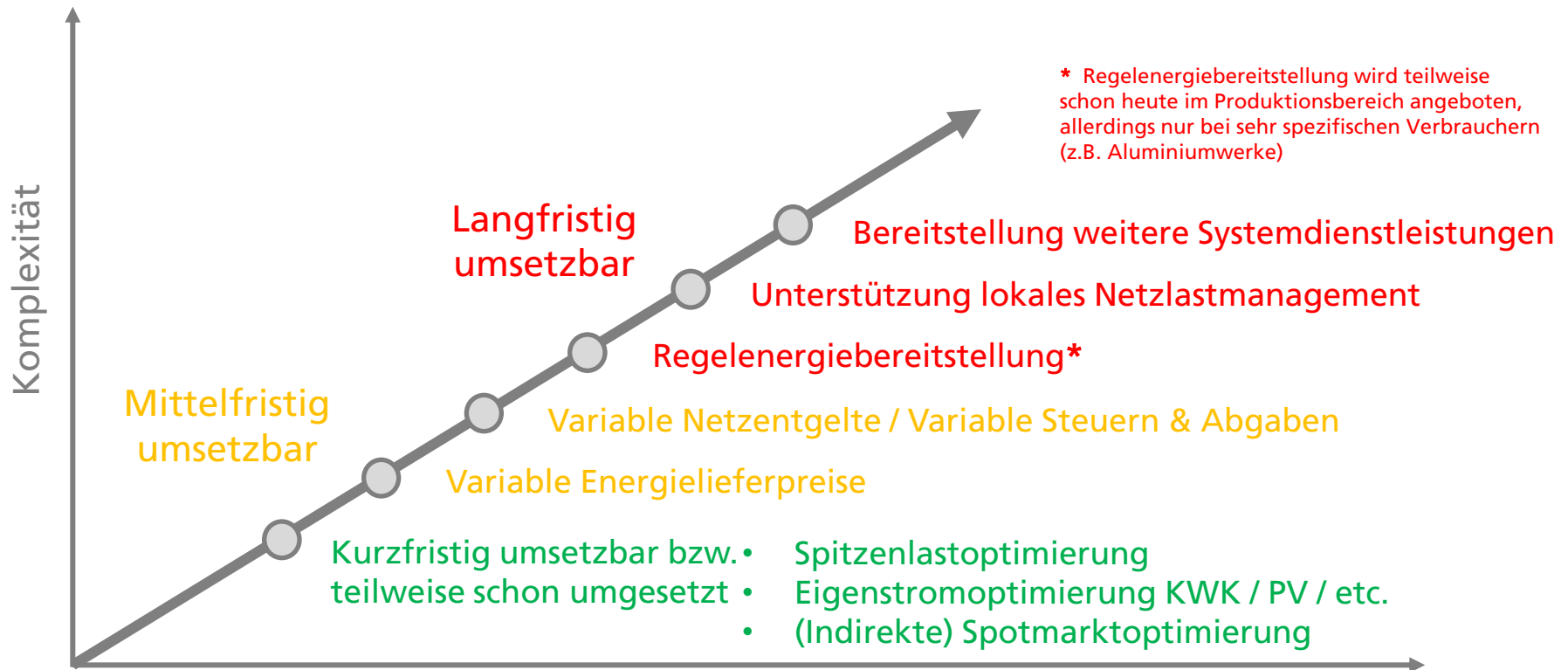


Durchschnittsentgelte [ct/kWh]:

Kunde	vaNE	NE	Diff.
Disco	2,33	4,70	-2,37
WP/E-Kfz	2,50	3,59	-1,09
EMS Kühl.	2,77	3,48	-0,71
Kühlhaus	4,00	2,87	1,13
Büro	5,38	3,79	1,59
Industrie	4,88	3,23	1,65
Kantine	7,00	5,19	1,81

Quelle: http://www.modellstadt-mannheim.de/moma/web/media/pdf/Endbericht_AS57.pdf (siehe Kapitel 5)

Ganzheitliches Energiemanagement (in der Industrie)



Inhalt

- Strommarkt
- Anreizsysteme
- **Potenzialanalyse-Tools**
- Empfehlungen

LVT-Simulationssoftware

The screenshot shows the LVT-Simulationssoftware interface. At the top, there are navigation tabs: Mandant, Lastgang, Bepreisung, and Lastverschiebung. The 'Lastverschiebung' tab is active. Below the tabs, the 'Mandant: Mustermann AG (Kd-Nr.: 123)' is displayed. The main section is titled 'Lastverschiebung analysieren'. It contains a 'Lastgang-Verwaltung' table with columns 'Lastgang', 'Hochladedatum', and 'Einheit'. The table shows a single entry: 'Mustermann' with '04.03.14 16:33' and 'kWh'. Below the table are two buttons: 'Lastgang auswählen' and 'Lastgang anlegen'. The 'Verschiebbare Last konfigurieren' section is below the table. It has a 'Bezeichnung der Last' field set to 'Pumpe'. To its right is 'Lastgang der verschiebbaren Last' with a 'Datei auswählen' button and 'Keine ausgewählt' text. Below these are 'Anzahl Programmläufe pro Tag' (3) and 'Lasthöhe' (45 kW). Further down are 'min. Regenerationszeit' (2 h), 'max. Verschiebungszeit' (5 h), 'frühester Startzeitpunkt' (4:00 hh:mm), and 'spätester Endzeitpunkt' (23:00 hh:mm). At the bottom, there are checkboxes for 'Verschiebungskalender' (Montag-Freitag, Samstag, Sonntag, Sondertage) and a 'Berechnung' button.

Beispiel:

Eingabedaten für
Wasserpumpe als
verschiebbare Last

Handbuch: https://www.iese.fraunhofer.de/content/dam/iwes-neu/energiesystemtechnik/de/Dokumente/Veroeffentlichungen/2014/IWES_LVT_Kurzhandbuch_Selzam.pdf

Weitere Informationen unter: www.stromeinkauf.info

LVT - Ertrags-/Einsparberechnung ISMO

[Mandant](#)
[Lastgang](#)
[Bepreisung](#)
[Lastverschiebung](#)



Ergebnisse Mustermann

Lieferjahr: 2015

	Lastgang 2015	Optimierung	Differenz
Jahreseinkaufspreis	3,9868 ct/kWh	3,8676 ct/kWh	-0,1192 ct/kWh
Jahresmenge	673.426 kWh	673.426 kWh	0 kWh
Jahresmenge Peak	324.954 kWh	301.914 kWh	-23.040 kWh
Jahresmenge Off-Peak	348.472 kWh	371.512 kWh	23.040 kWh
Jahresspitzenlast	259,04 kW	259,04 kW	0,00 kW
Jahresbenutzungsstunden	2.600 h	2.600 h	0 h
Jahreslieferkosten	26.848,20 €	26.045,43 €	-802,77 €

ISMO-Ergebnisse (orange):

Jahreseinkaufspreis

Jahreslieferkosten

ISMO-Vorteil = 802,77 €

Graphik-Legende:

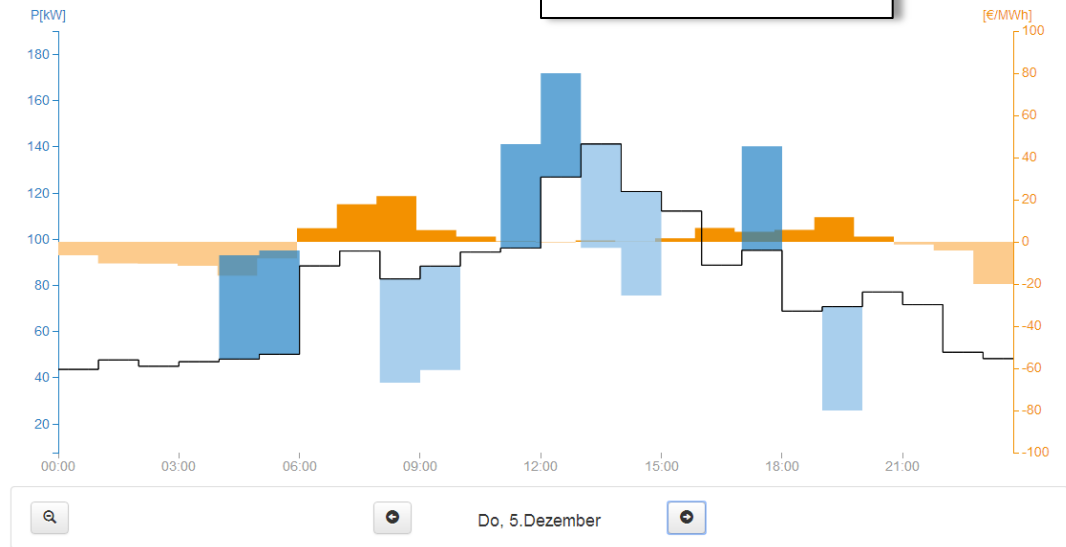
Mehrmengen

Mindermengen

Differenzpreise



[Mandant](#)
[Lastgang](#)
[Bepreisung](#)
[Lastverschiebung](#)



Das Energiemanagementsystem IEE.Ems

Eine Energiemanagement Software



Fahrplanoptimierung für Erneuerbare Energien-Anlagenportfolios

- Erzeugung, Verbrauch, Speicherung
- Elektrizität|Wärme|Gas|Biomasse



Dezentrales Energiemanagement

- DSM in Haushalten, Quartieren, Gemeinden
- Dezentrale Erzeugungsplanung



Energiemanagement in der Industrie

- DSM für beispielsweise Wasserwerke, Gewächshäuser, Industrieanlagen
- Industrielle Erzeugungsplanung

Optimierungskern IEE.Ems-microSCOPE

- Anlageneinsatz- und Fahrplanoptimierung
- Gemischt-ganzzahlige lineare Programmierung

In der Entwicklung

- Optimierungskerne basierend auf Verfahren des maschinellen Lernens

ermöglicht

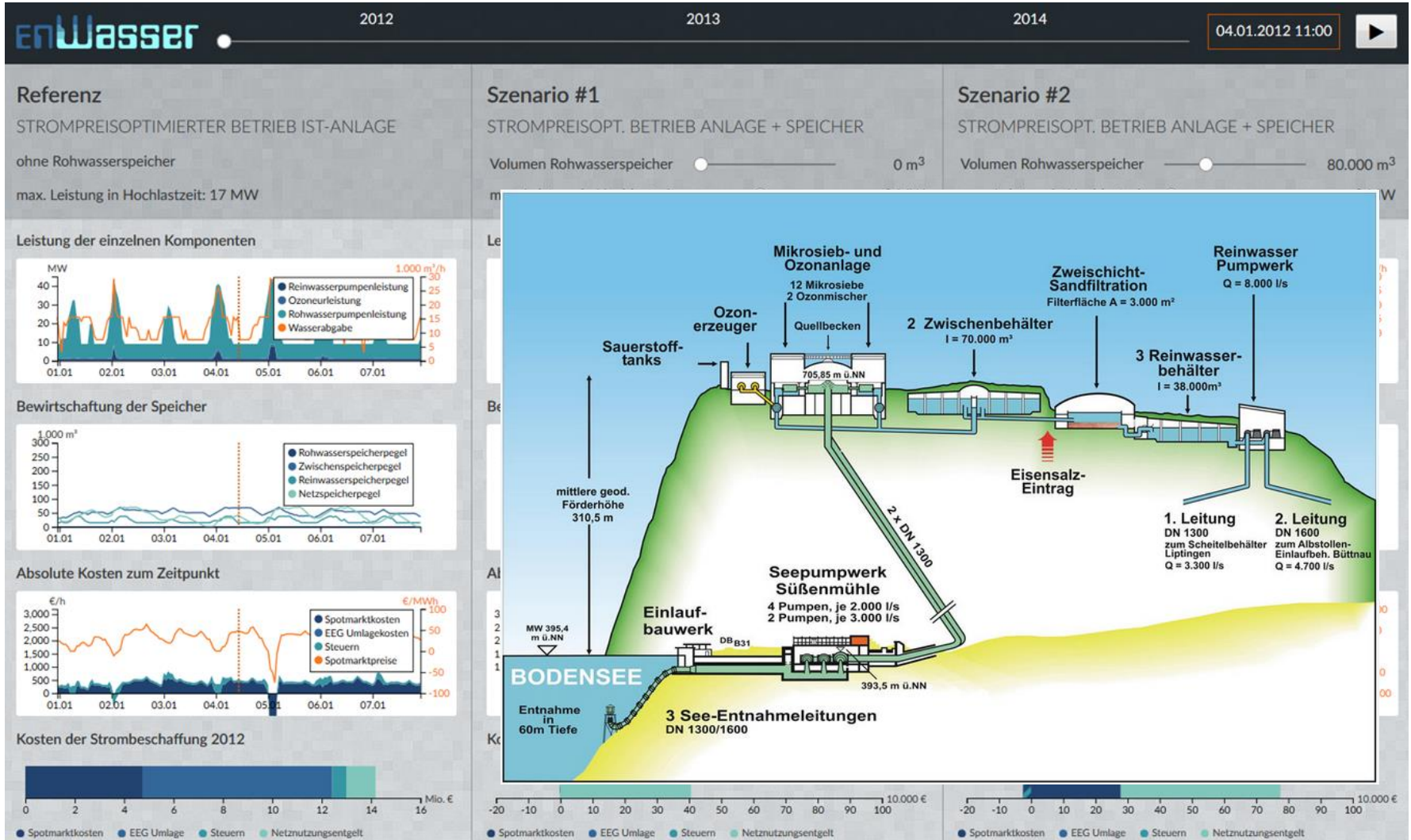
Simulationen

- Wirtschaftliche Flexibilitätspotenzialanalysen, Unterstützung von Investitionsentscheidungen

Automatisierte Anlagensteuerung

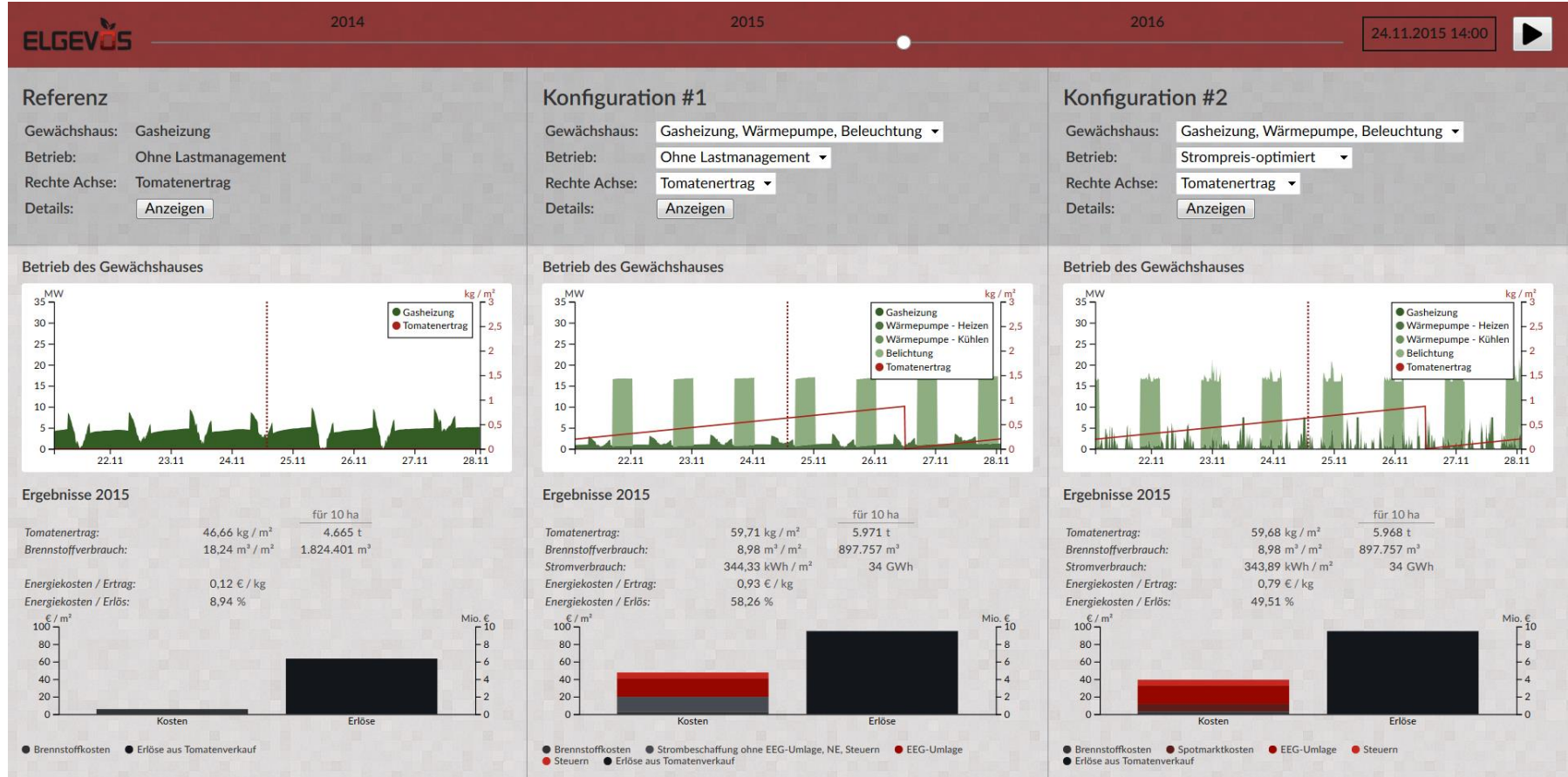
- über IEE.vpp oder externe Leitsystem-Software

Beispiel Wasserversorgung



Animation unter: www.enwasser.net

Beispiel Gewächshäuser



Animation unter: www.elgevos.de/animation

Inhalt

- Strommarkt
- Anreizsysteme
- Potenzialanalyse-Tools
- Empfehlungen

Empfehlungen Anreizsysteme

Kurzfristige Anpassungen:

	Nicht-RLM	RLM
Markt	– Spotmarktpreise (optional) – Variable EEG-Umlage für negative Börsenstrompreise (optional)	– Spotmarktpreise (optional) – Variable EEG-Umlage für negative Börsenstrompreise (optional)
Netz	– Flexibilisierung der Sperrzonen und der HT-/NT-Tarife (gemäß § 14a EnWG)	– Flexibilisierung Hochlastzeitfenster atypischer Netznutzung – Reduzierung der Kriterien zur Beantragung atypischer Netznutzung

Langfristige Weiterentwicklung:

	Nicht-RLM	RLM
Markt	– Spotmarktpreise – Variable Steuern & Abgaben	– Spotmarktpreise – Variable Steuern & Abgaben
Netz	– Variable Netzentgelte	– Variable Netzentgelte

Empfehlungen Energiemanagement

Kurzfriststrategie:

- Eigenstromoptimierung
- Spitzenlastoptimierung (atypische Netznutzung prüfen)
- (Indirekte) Spotmarktoptimierung

Langfriststrategie:

- Ganzheitliches Energiemanagement
- Regelenergiebereitstellung über Dienstleister (z.B. Aggregatoren)
- Komplexität beherrschen durch IKT

Fazit

Intelligentes Energiemanagement (nicht nur) in der Industrie ...

- ... optimiert den eigenen Strompreis
- ... reduziert die eigenen Energiekosten
- ... verbessert die Integration fluktuierender Erzeuger
- ... vermeidet (teilweise) anstehenden Netzausbau
- ... reduziert die volkswirtschaftlichen Kosten (z.B. EEG-Umlage)

**Empfehlung für dieses Forum:
„SMART Hybrid-Heating“!**

Kontakt

Patrick Selzam

Fraunhofer IEE, Königstor 59, 34119 Kassel,

Tel 0561-7294-303

Fax 0561-7294-200

patrick.selzam@iee.fraunhofer.de