



VDI-Fachkonferenz: Dezentrale Energieerzeugung
bei Stadtwerken

Karlsruhe, 20-21 Juni 2012

Bedarfsorientierte Einspeisung Erneuerbarer Energien mittels virtueller Kraftwerke am Beispiel der Regenerativen Modellregion Harz

Dr. Kurt Rohrig

**Institut für Windenergie und
Energiesystemtechnik
Bremerhaven/Kassel
Germany**

kurt.rohrig@iwes.fraunhofer.de

Seite 1

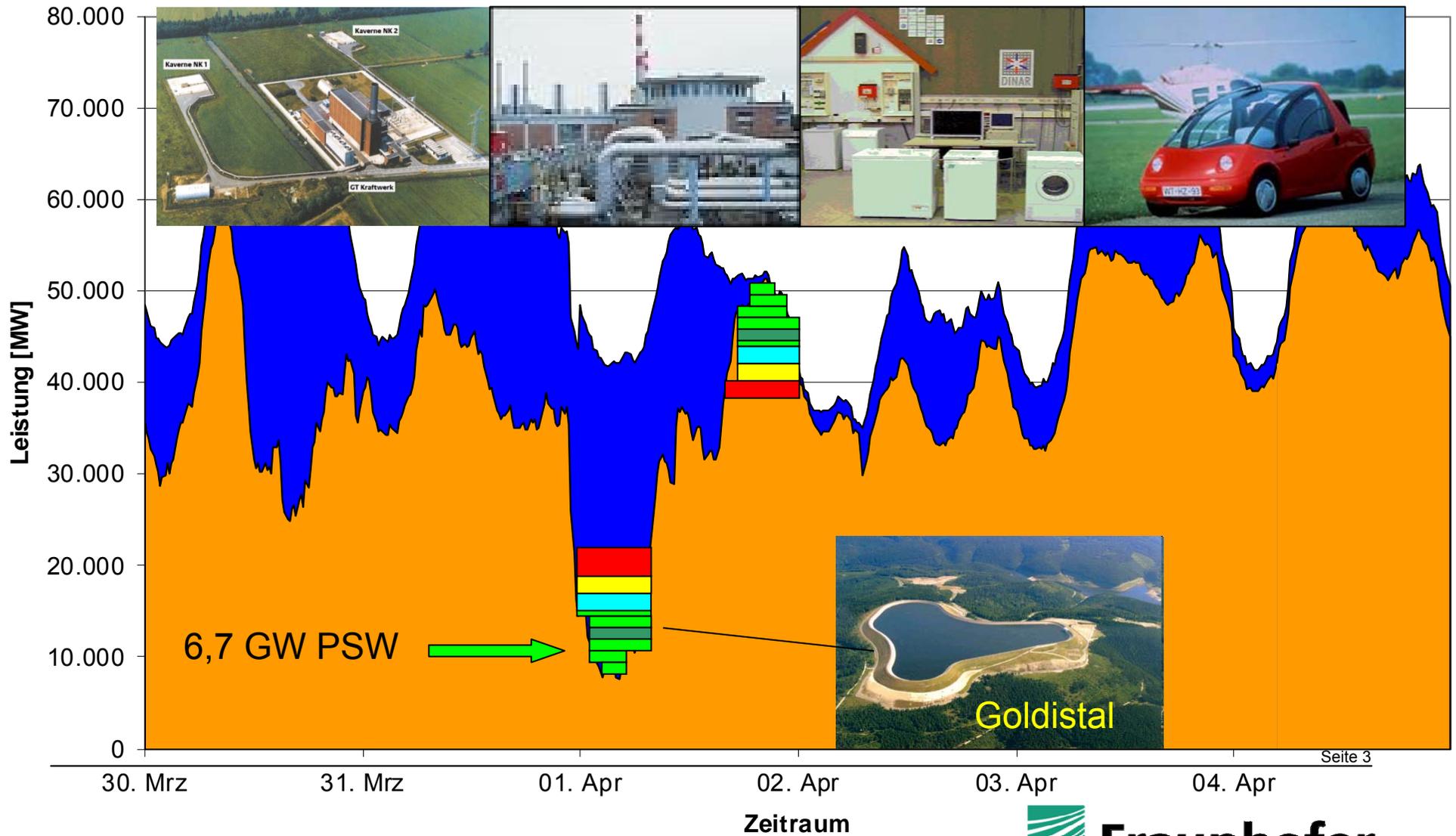
Bedarfsorientierte Einspeisung Erneuerbarer Energien mittels virtueller Kraftwerke am Beispiel der Regenerativen Modellregion Harz

Ertragsmaximierung durch Einsatz von Speichern und steuerbaren Lasten

Bereitstellung einer Marktplattform zur aktiven Marktteilnahme der Erzeuger und Verbraucher von IKT

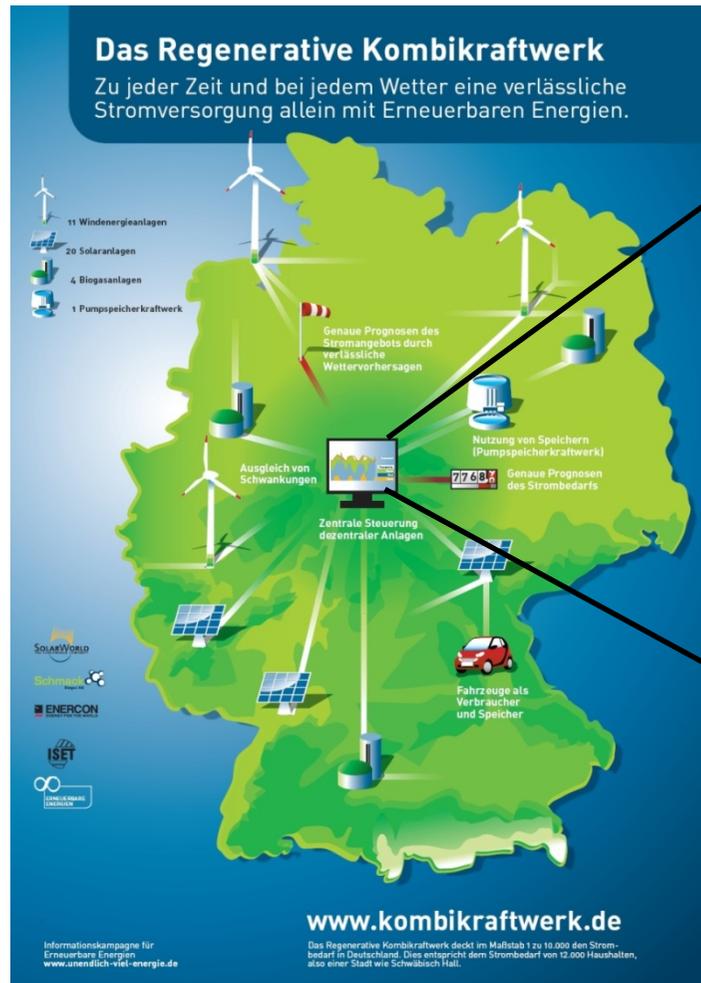
Unterstützung des Netzbetriebs durch Systemdienstleistungen
Koordinierte Flexibilisierung von Angebot und Nachfrage

Integration in das elektrische Energiesystem

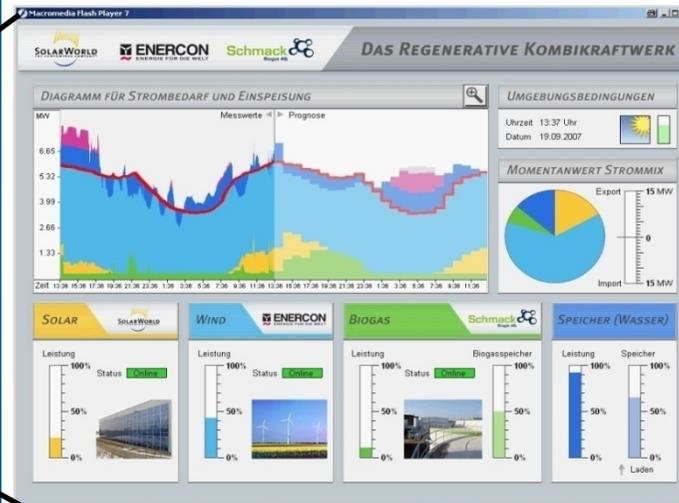


Seite 3

Das Regenerative Kombikraftwerk



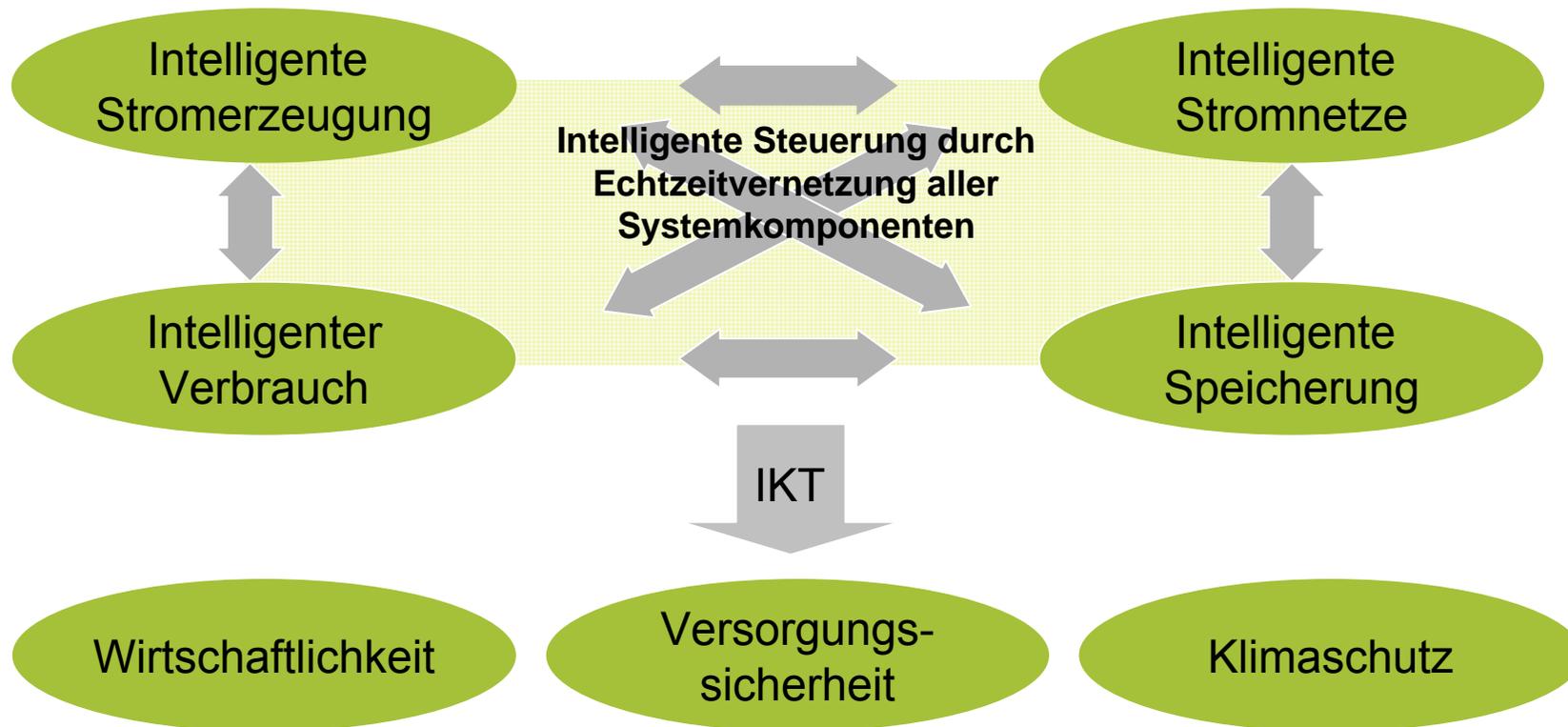
Wind	Solar	Biogas	Hydro	Import/ Export
12,6 MW	5,5 MW	4,0 MW	1,0 MW	1,0 MW



Deckung der Lastkurve Deutschlands 1/10000 zu jedem Zeitpunkt

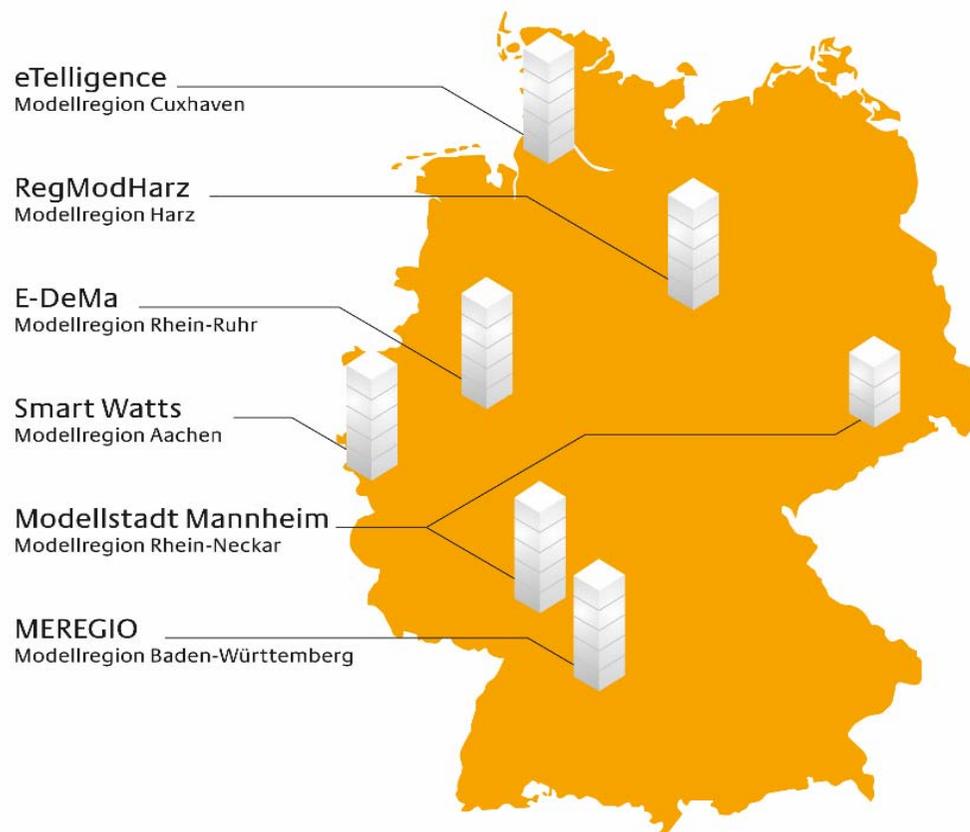
Steuerung realer Anlagen

E-Energy - IKT-basiertes Energiesystem der Zukunft



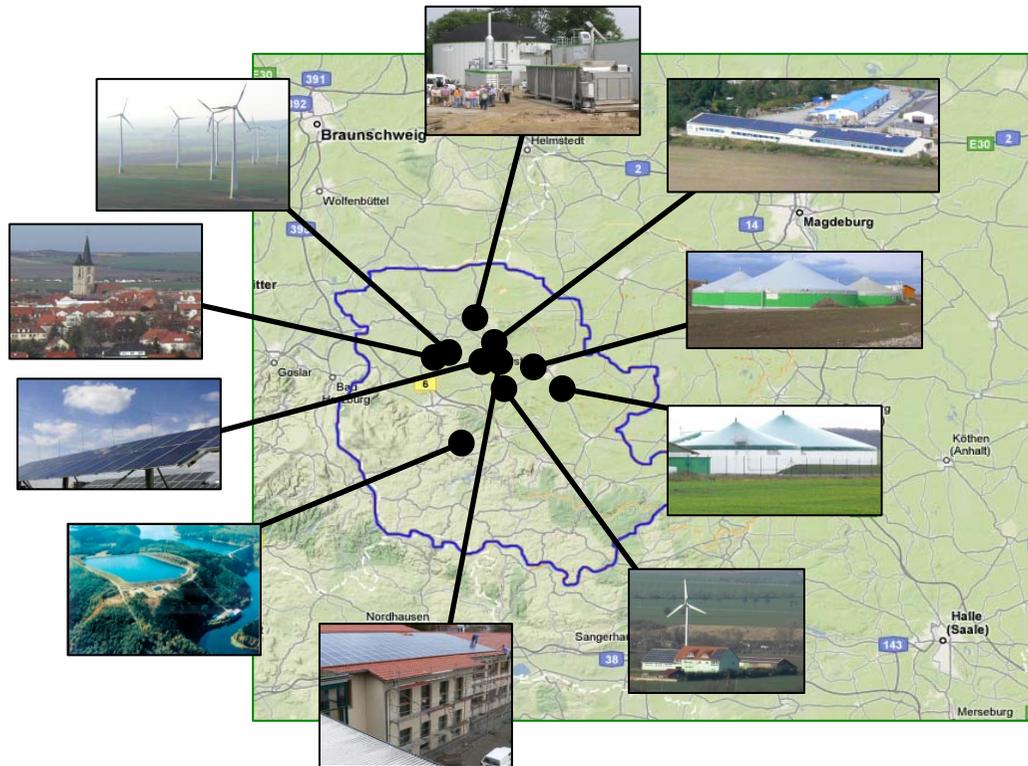
Seite 5

E-Energy



- Förderprogramm vom BMWi und BMU
- 6 Modellregionen
- Entwicklung/Erprobung von Schlüsseltechnologien und Geschäfts-Modellen für ein „Internet der Energien“

Landkreis Harz



Bundesland: Sachsen-Anhalt

Einwohner: 241017

Fläche: 2104 km²

Gründungsdatum: 01.07.2007

Projektdaten

- Laufzeit: 11.2008 – 10.2012
- Projektetat: circa 16 Mio. €, Fördersumme 10 Mio. €
- Projektpartner:



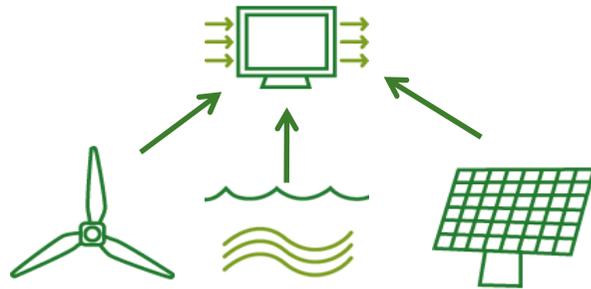
Landkreis Harz



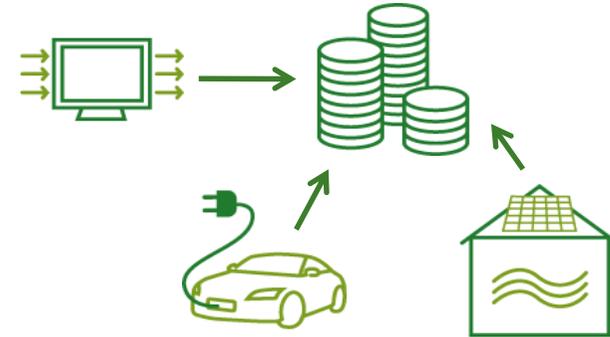
Seite 8

Leitziele

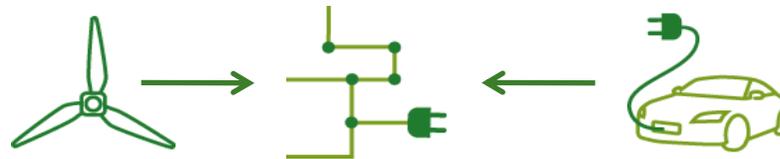
Aufbau einer funktionsfähigen Leitstelle zur Steuerung des VK Harz



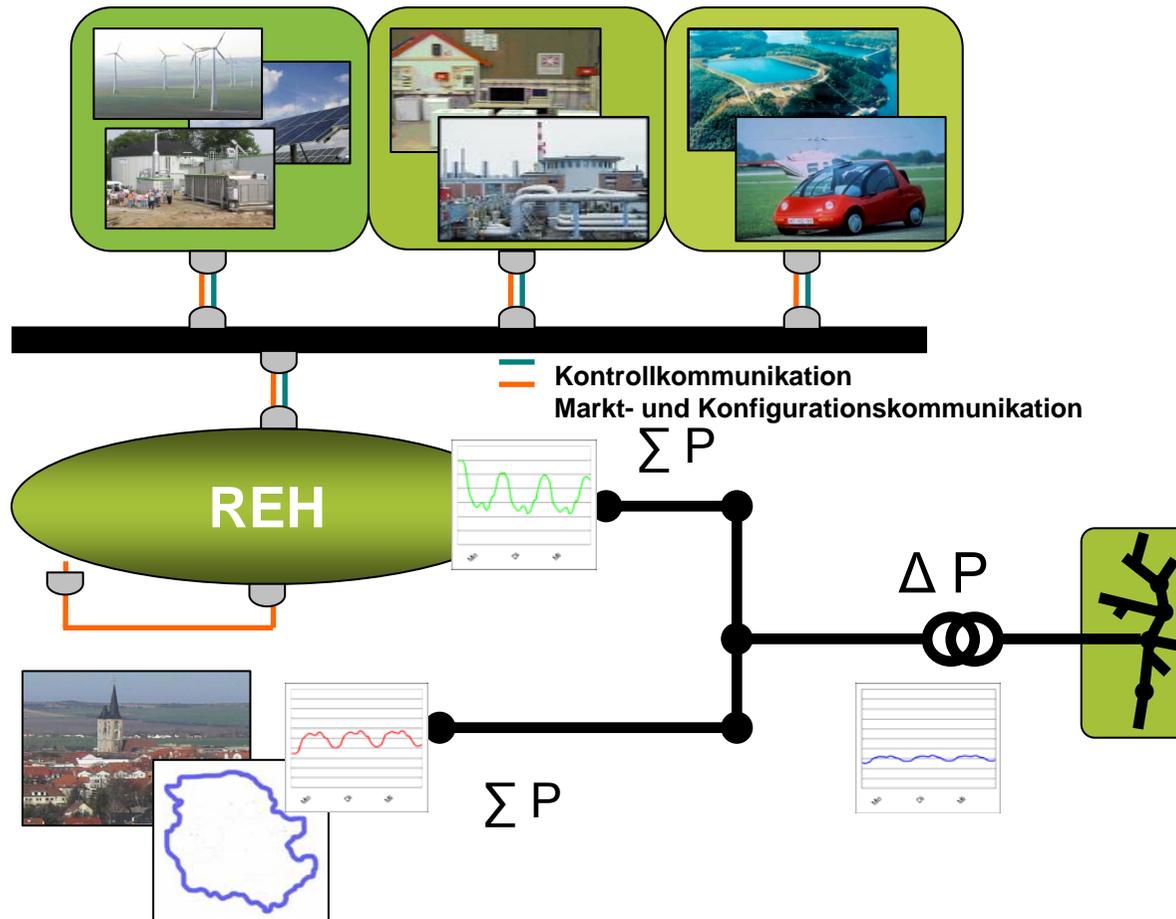
Vermarktung des im VK Harz erzeugten Stroms



Netzmonitoring und Systemdienstleistungen zur Unterstützung des Netzbetriebs



Funktionsweise

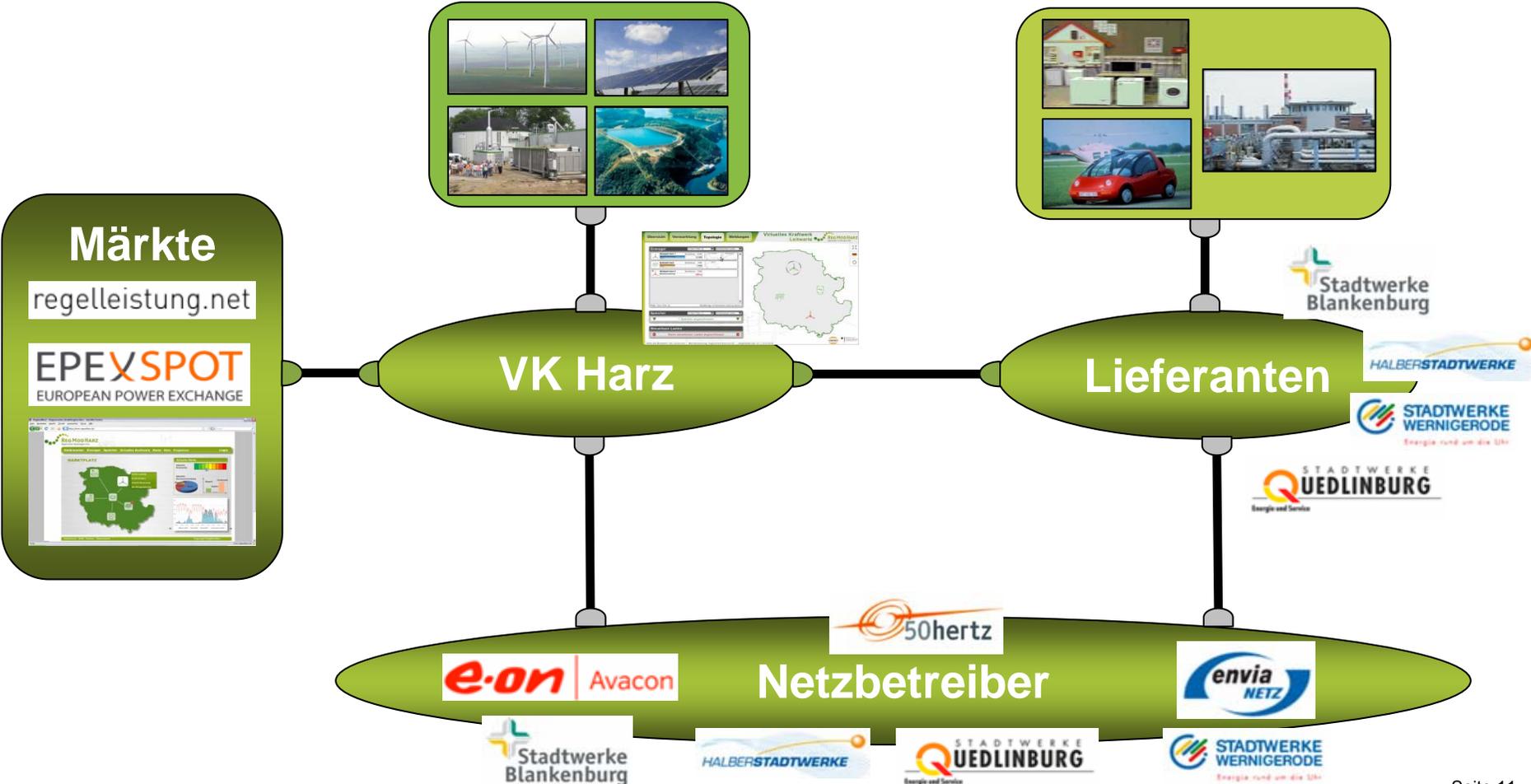


Unterschiedliche Steuerungsmöglichkeiten für das REHV (Regenerativer Energieverbund Harz)

- Indirekt durch flexible Tarife
- Direkte Steuerung durch die REHV-Leitwarte
- Direkte Steuerung durch ÜNB bei Gefährdung der Netzsicherheit

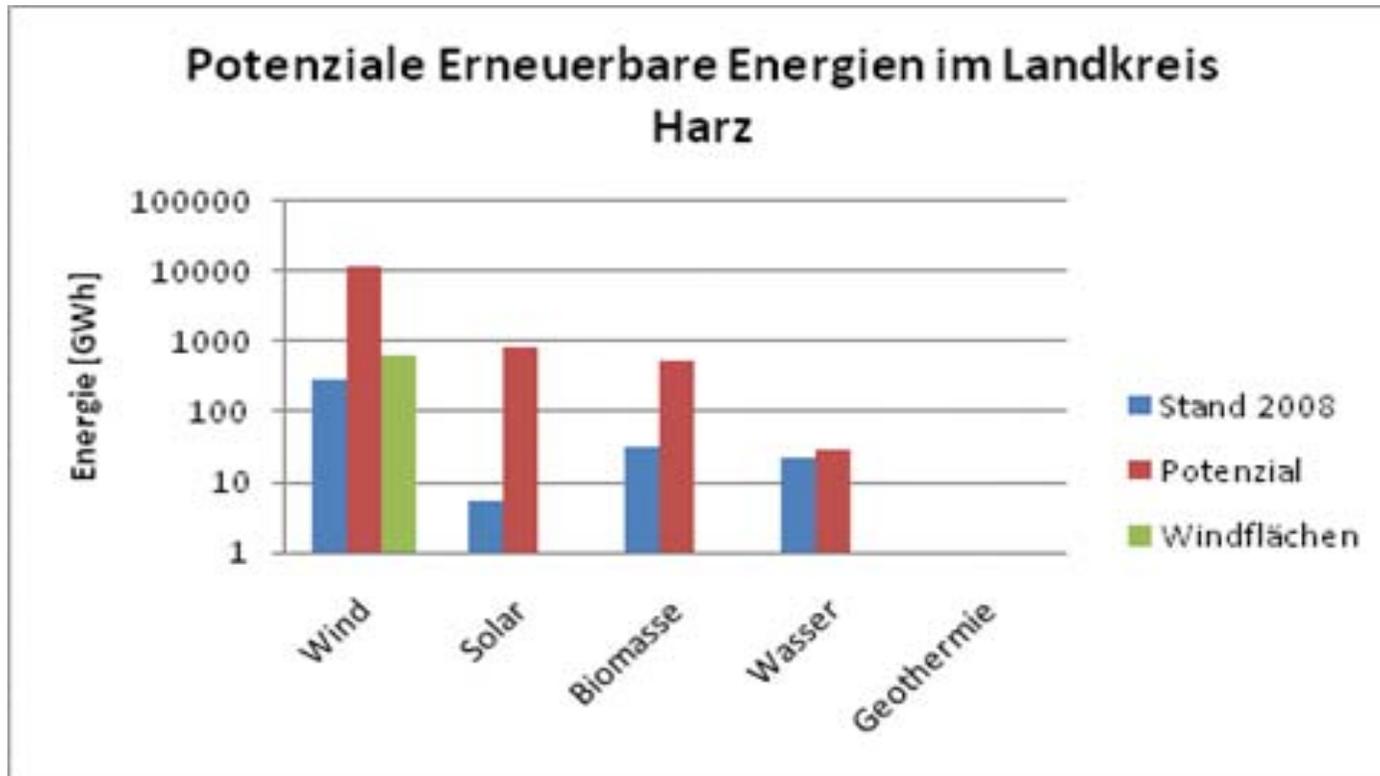
Voraussetzung: IKT

Regenerativer Energieverbund Harz



Potenziale

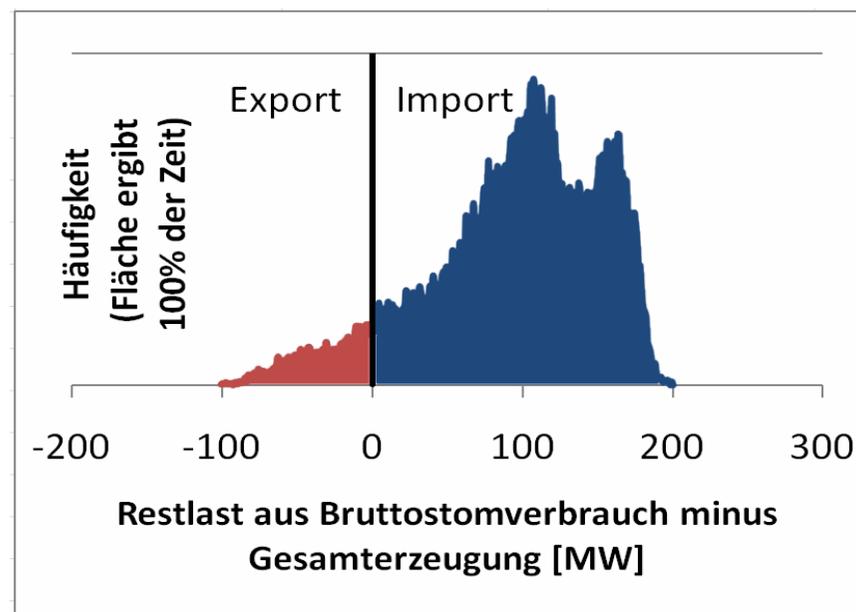
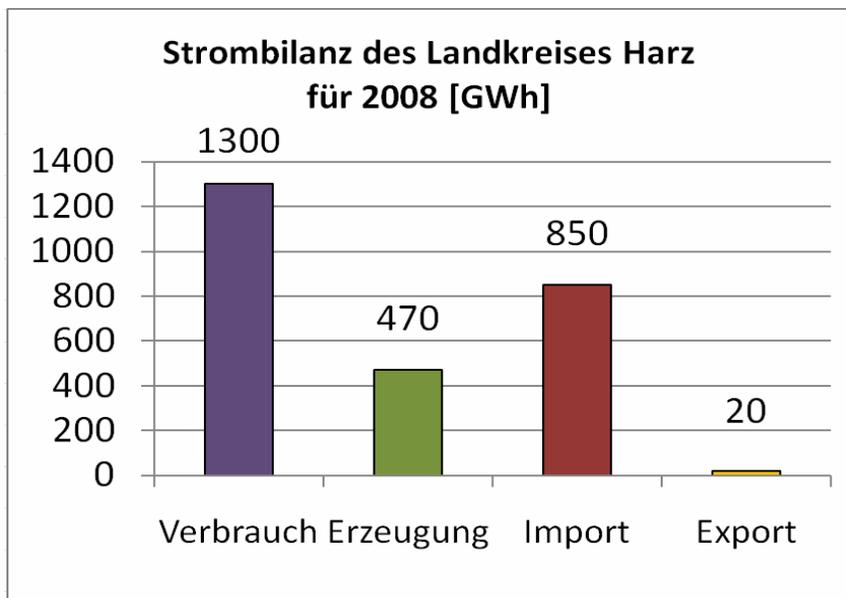
Windenergie hat das größte Potenzial und ist die flächeneffizienteste Technologie



- Flächeneffizienzen
- Wind: 64 kWh_{el}/m²
 - PV: 33 kWh_{el}/m²
 - Biogas: 1 kWh_{el}/m²

Dezentrale Erzeugung aus regionalen Kraftwerken, Import & Export

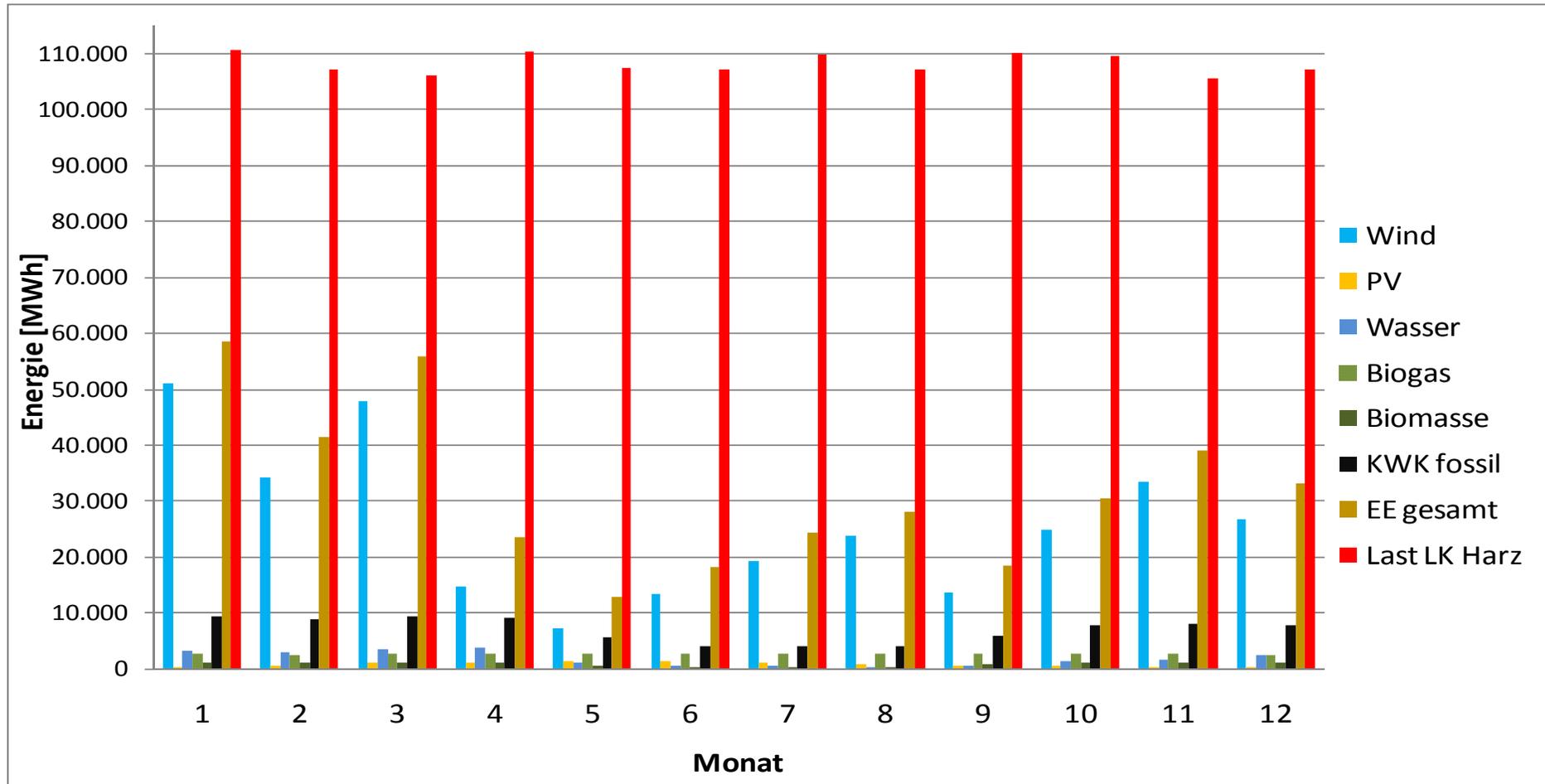
Rund 30% des Jahresverbrauchs wird aus dezentralen EE Anlagen erzeugt



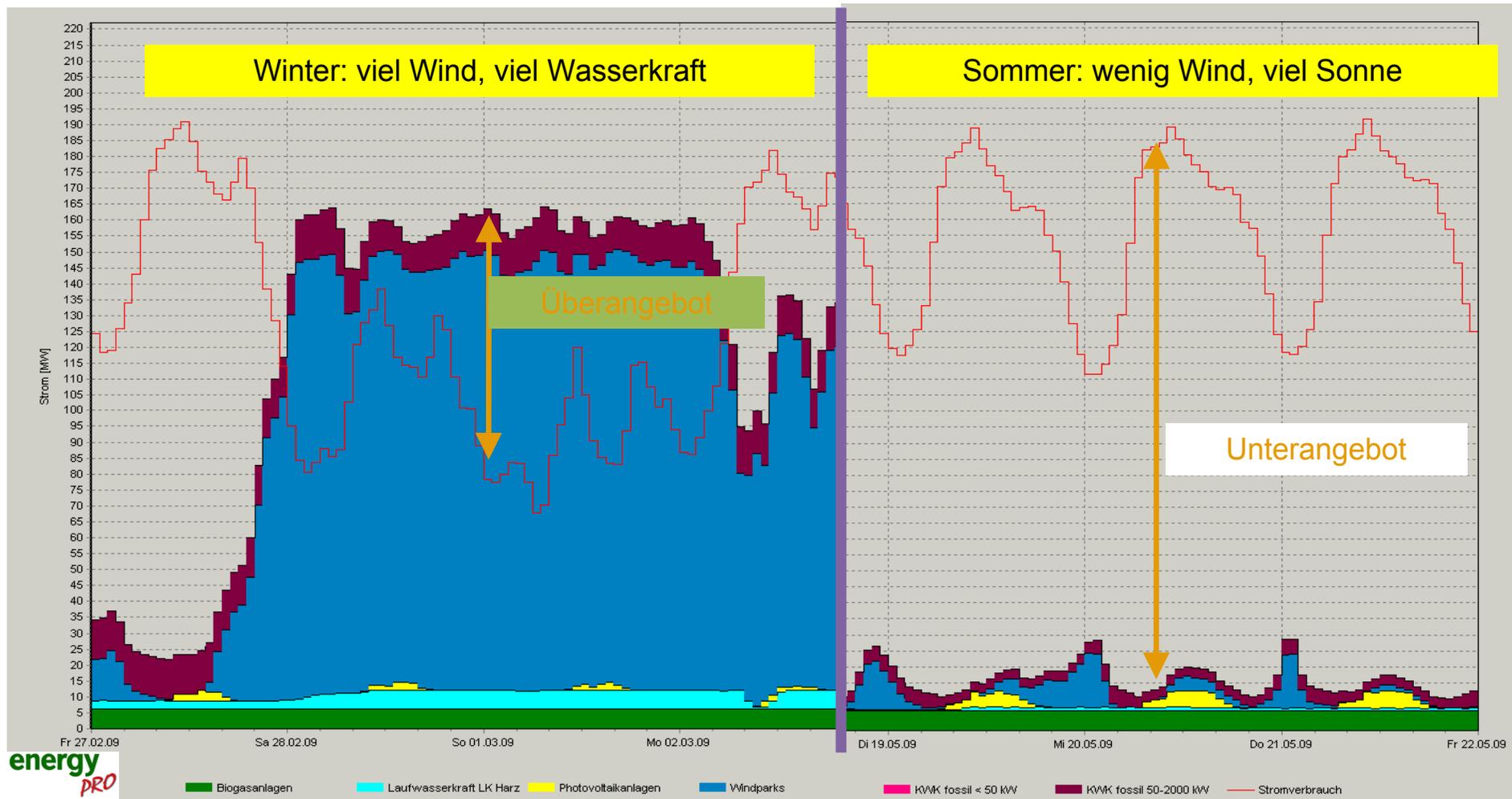
Stromüberschuss 21.700 MWh, 528h
Unterdeckung 853.000 MWh

Seite 10

Dezentrale Erzeugung und Verbrauch, monatliche Verteilung



¼ h Simulation: Erzeugung und Verbrauch, Winter und Sommer

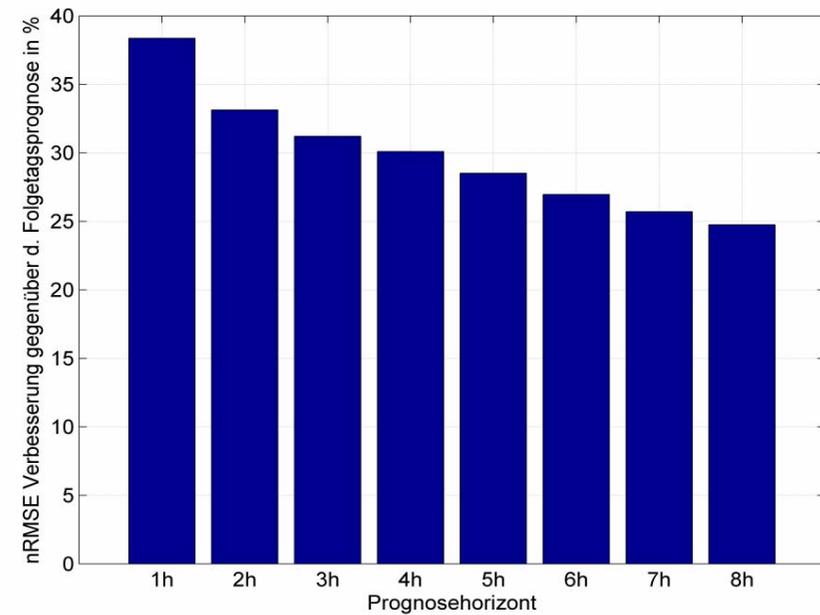
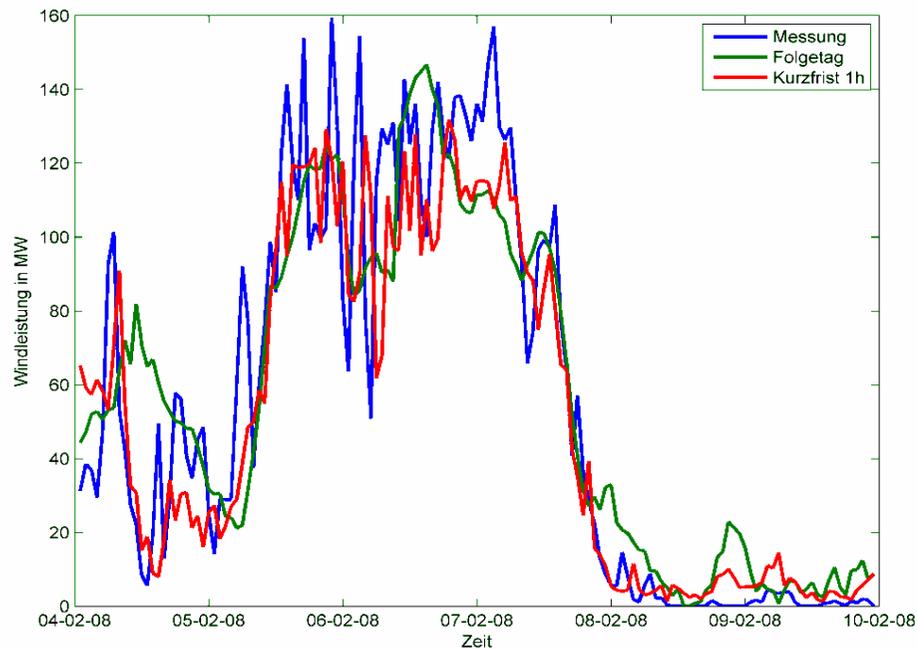


Architektur



Prognosen - Wind

- Prognosen als wichtiges Element der Vermarktung.
- Kurzfristprognosen sind genauer als Folgetagsprognosen.

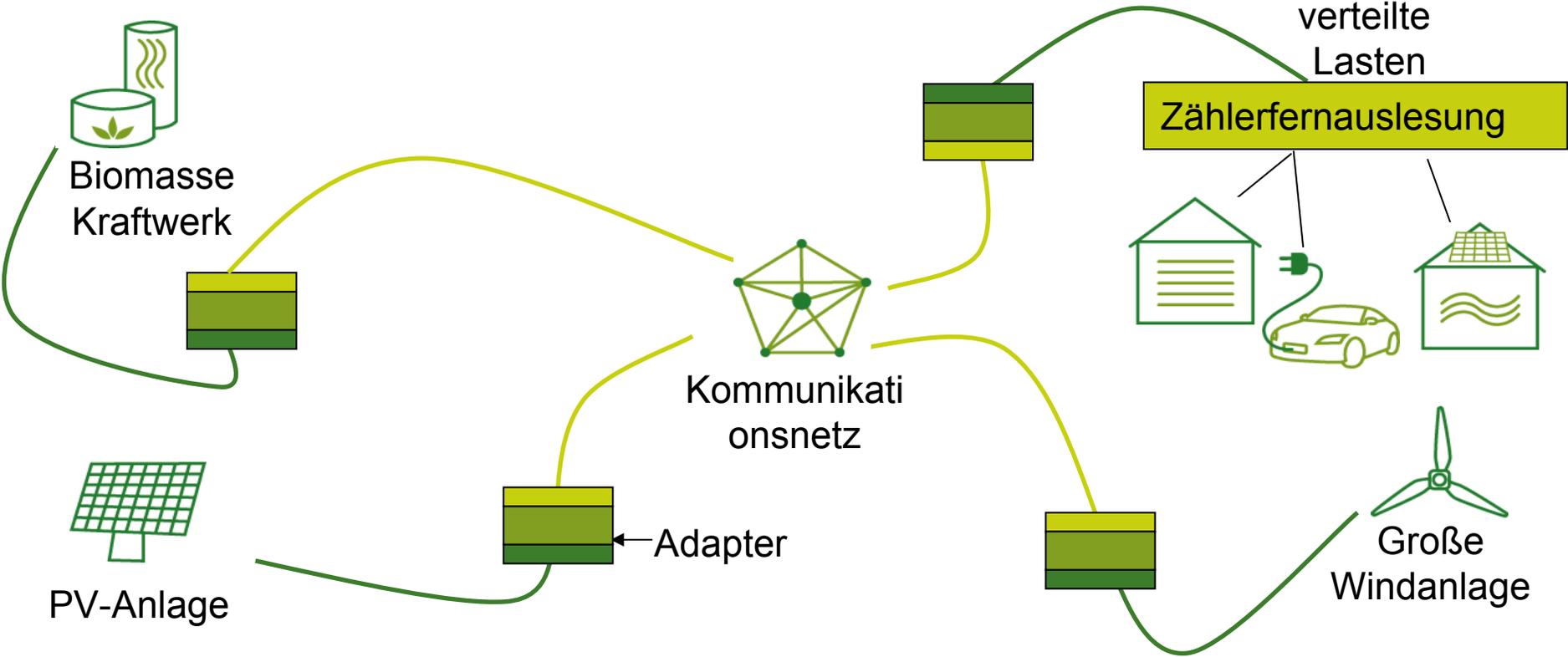


Prognosen - PV



Leistung: 10,4 MW
nRSME: 8,13%

Kommunikation

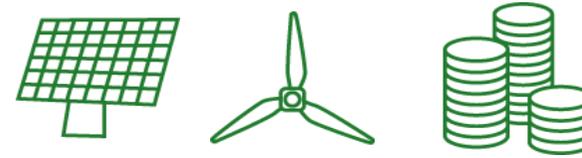


Geschäftsmodelle

Regionaler Innovativer Stromtarif
aus Erneuerbaren Energien



Direktvermarktung von Energiemengen
des VK über den Poolkoordinator



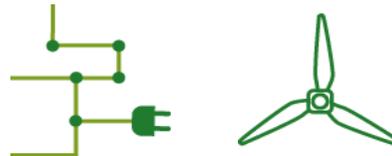
Speicher



E-Kfz bei den Haushalten



Netzdienstleistungen im Verteilnetz



Die Nutzerschnittstelle des BEMIs

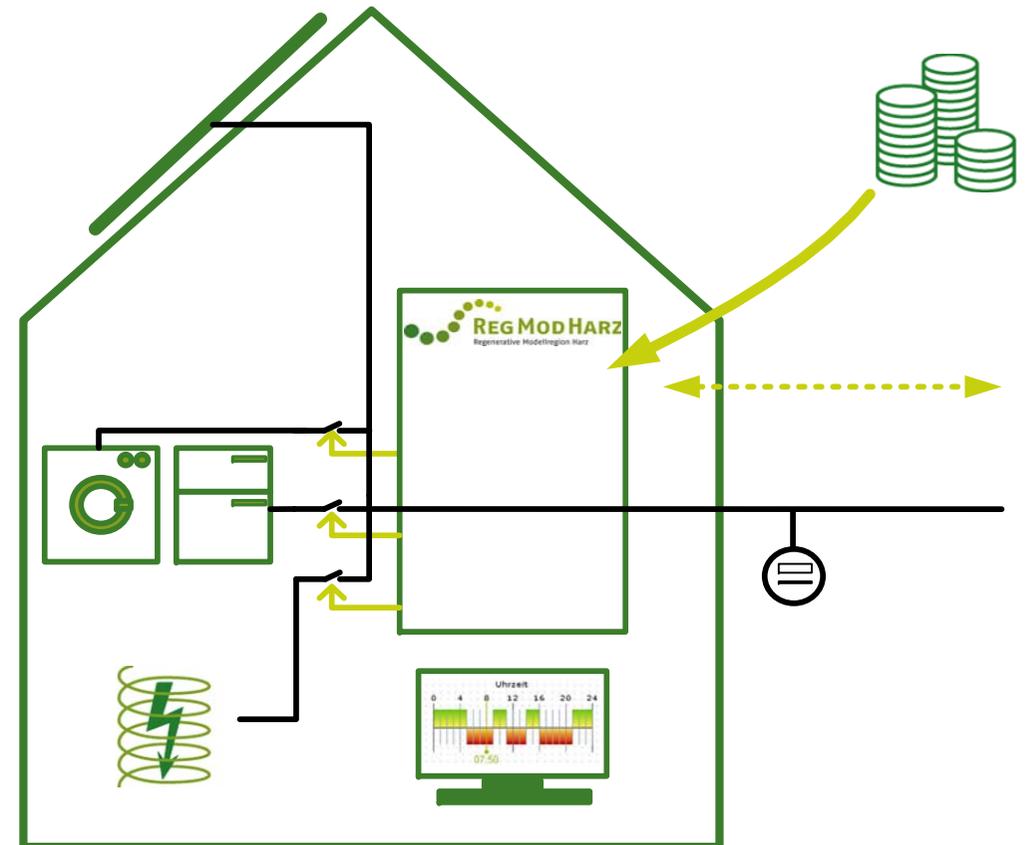
Display und integrierter Webbrowser zur:

- Anzeige des Preisprofils
- Anzeige und Änderung von Einsatzplänen
- Anzeige der Leistungs-, Verbrauchs- und Temperaturprofile (bei Kühl- und Gefriergeräten) der angeschlossenen Geräte
- Anzeige des Leistungs- und Verbrauchsprofils des gesamten Haushalts
- Anzeige und Änderung der Konfiguration

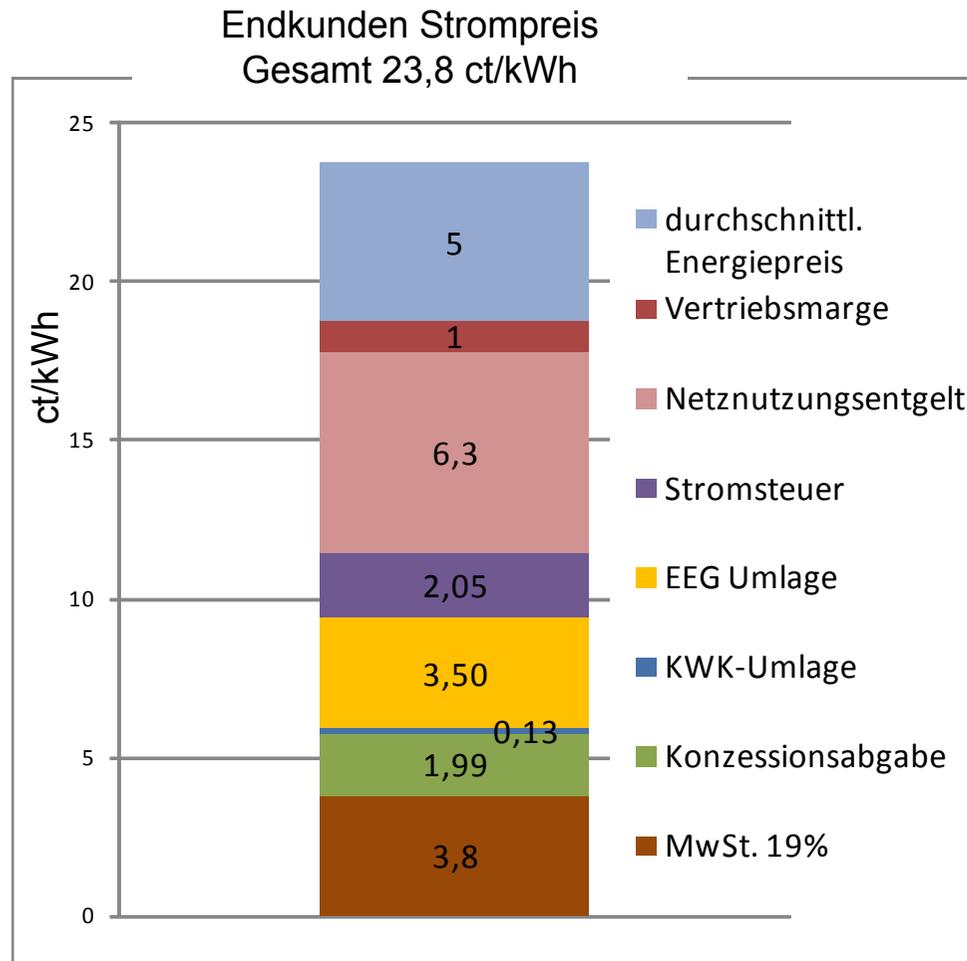


Das BEMI in der Übersicht

- Installation in 46 Haushalten im LK Harz
 - Internetanschluss via DSL-Router (wird durch den Haushalt gestellt) zum Abrufen des Preisprofils von der Marktplattform
 - Funk-Steckdosen für zwei Hausgeräte
 - Einbindung eines E-Kfzs (optional)
 - Berechnung optimaler Einsatzpläne
 - Online-Auslesen des Gesamtleistungs- und Gesamtverbrauchsprofils des Haushalts vom Smart Meter per Ethernet
 - Display und Webbrowser integriert
-



Typischer Strompreis Haushalt (2011) im LK



GM1 Regionaler Innovativer Stromtarif aus Erneuerbaren Energien

- **Konzept**

- 1-stündiger 9-Stufentarif (je 3 x grün, gelb, rot) mit einheitlichen Preisspreizungen z.B. 3ct/kWh
- ein Tag im Voraus verbindliche Preise für Haushaltskunden
- Vertrieb zu Haushaltskunde
- WEB-Marktplattform für Transparenz, Abrechnung und Auswertetools

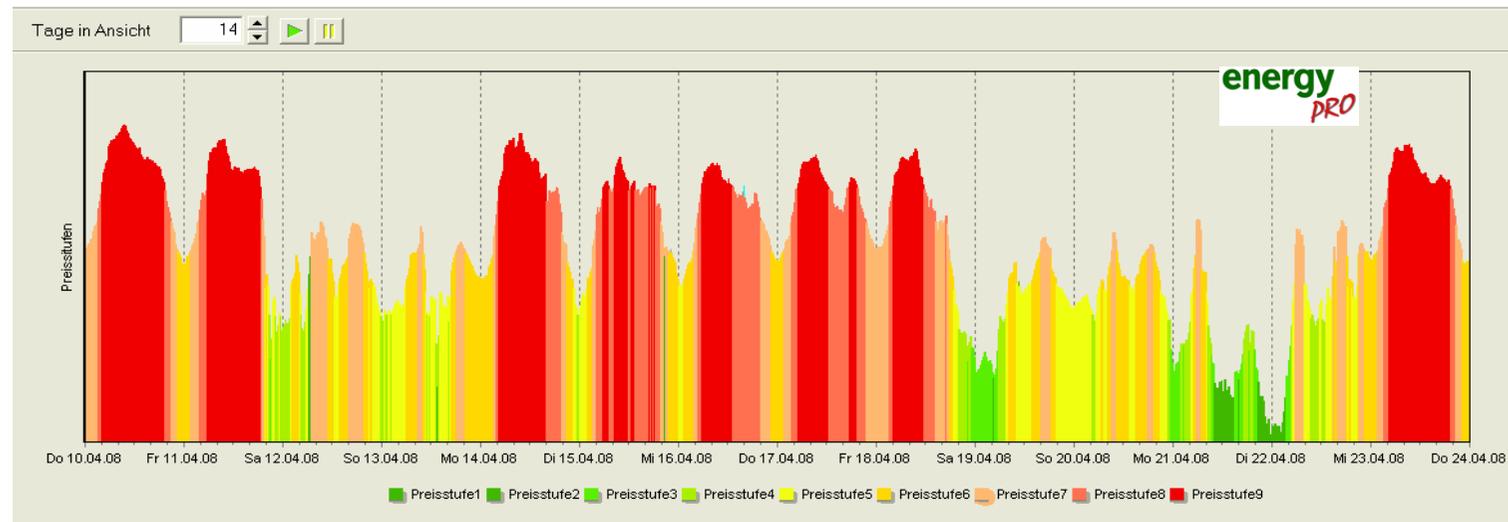
- **Umsetzung im Feldtest 2011/2012**

- Einbau von Smart Meter und Energiemanager „BEMI“
- Bonussystem über Netzbetreiber
- Preisbildung anhand der Residualen Last
- Abrechnung über die Marktplattform

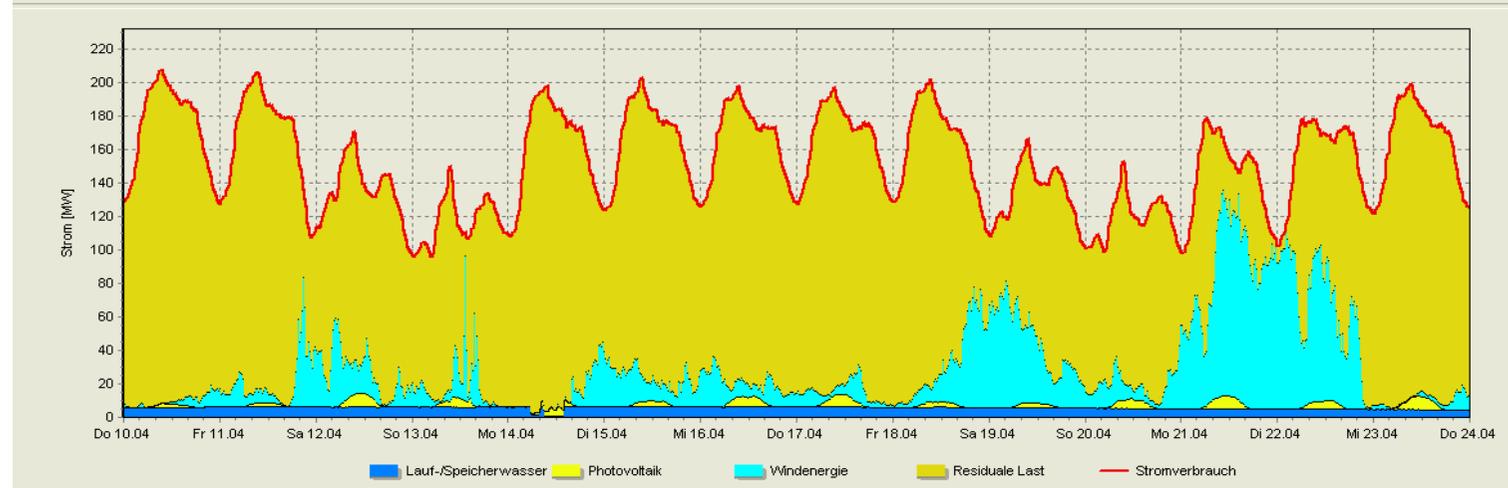
Tarifstufe	Bonus / Malus [ct/kWh] wie wir ihn im Feldtest berechnen	Interpretations-beispiel bei einem mittleren Strompreis von 23 ct/kWh*
9	16 ct/kWh Malus	39 ct/kWh
8	12 ct/kWh Malus	35 ct/kWh
7	8 ct/kWh Malus	31 ct/kWh
6	4 ct/kWh Malus	27 ct/kWh
5	0	23 ct/kWh
4	4 ct/kWh Bonus	19 ct/kWh
3	8 ct/kWh Bonus	15 ct/kWh
2	12 ct/kWh Bonus	11 ct/kWh
1	16 ct/kWh Bonus	7 ct/kWh

Beispiel: Preisvariabler Tarif

Zeitreihe
preisvariabler Tarif

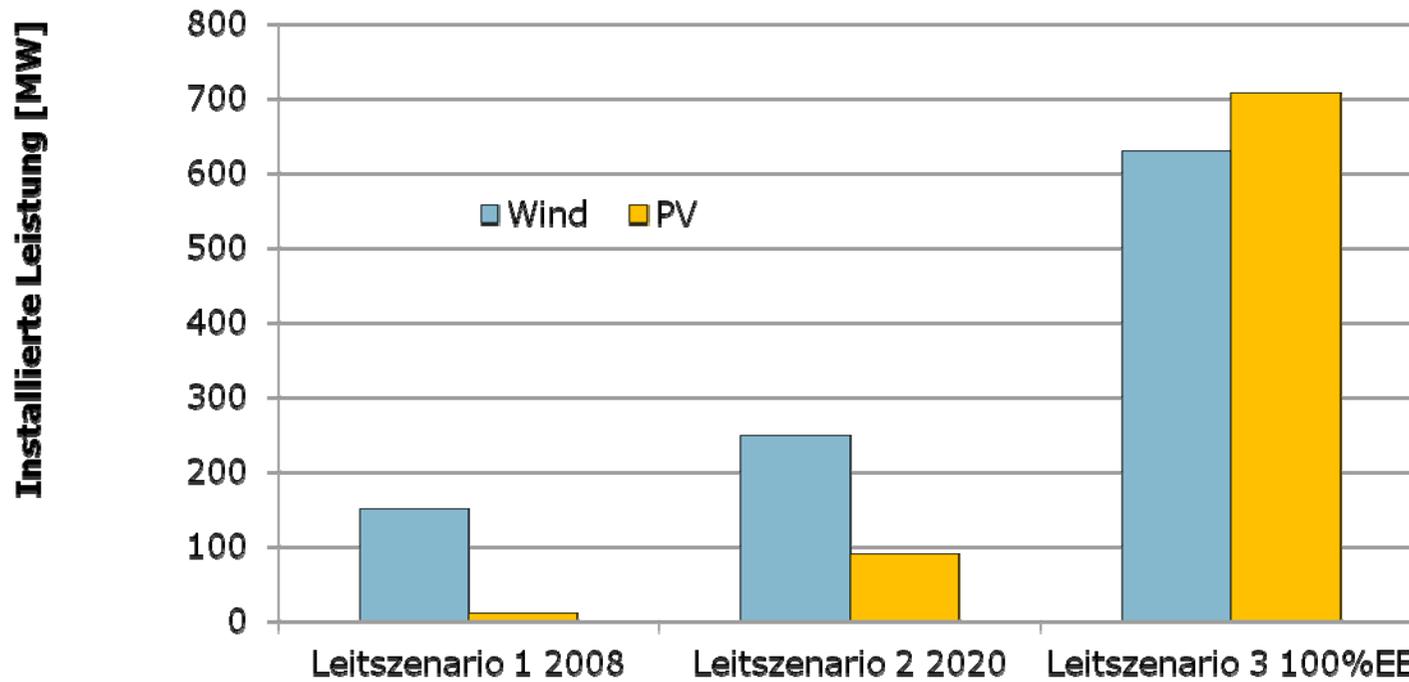


Zeitreihe
Residuale Last



Leitszenarien für RegModHarz

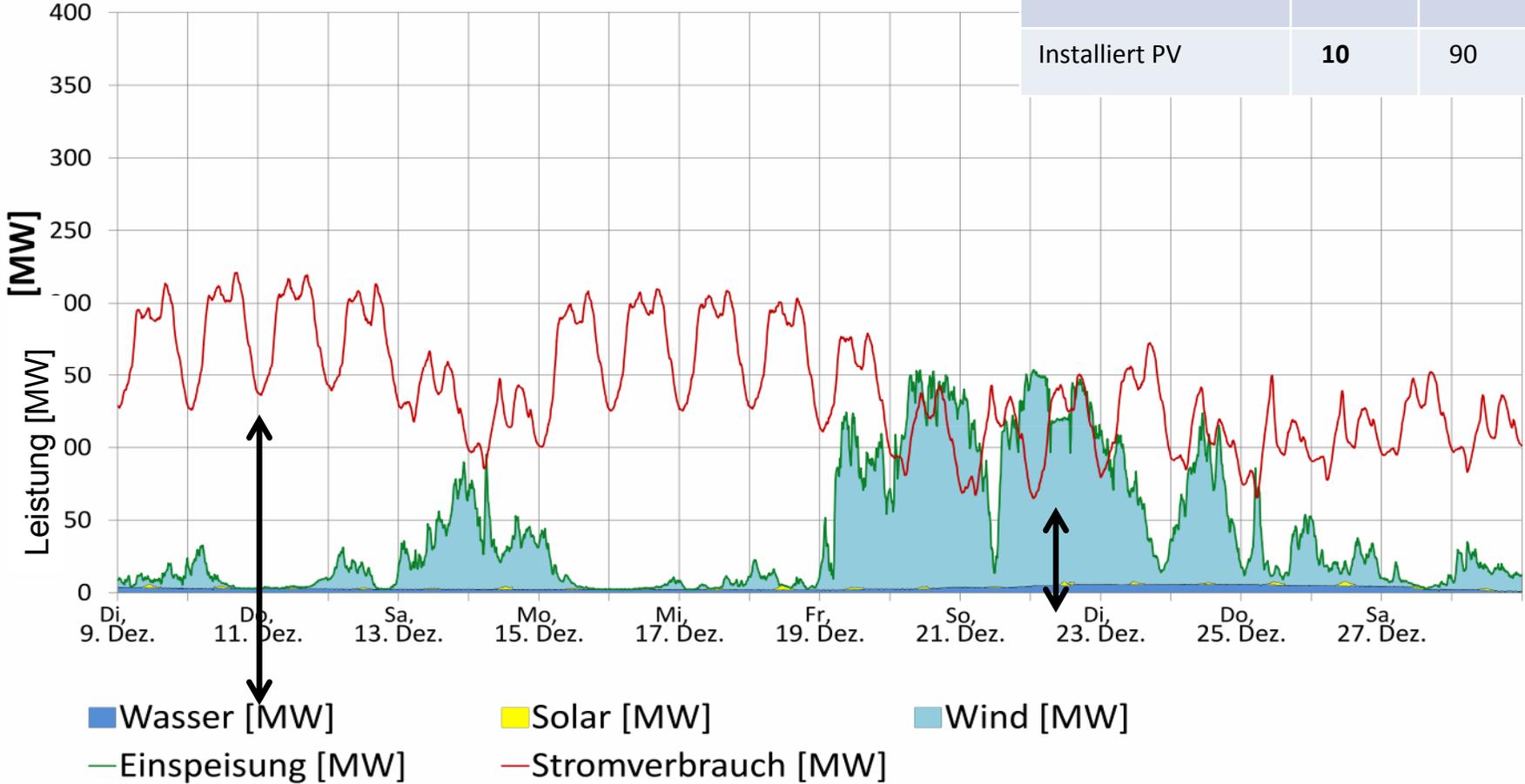
Zukunftsorientierte Szenarien für interdisziplinäre Simulationen bei den Projektpartnern



Szenario 1 – Jahr 2008

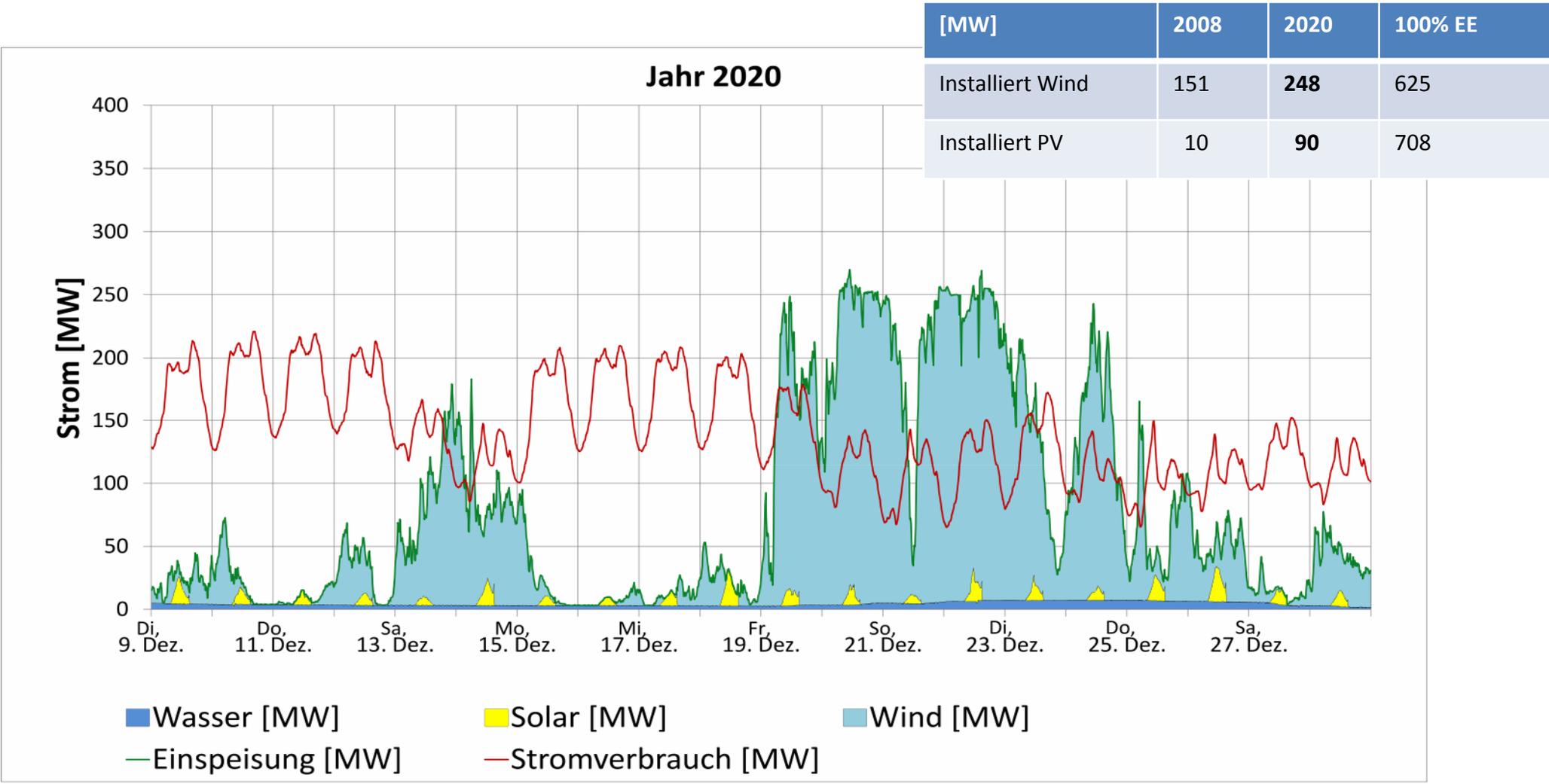
[MW]	2008	2020	100% EE
Installiert Wind	151	248	625
Installiert PV	10	90	708

Jahr 2008

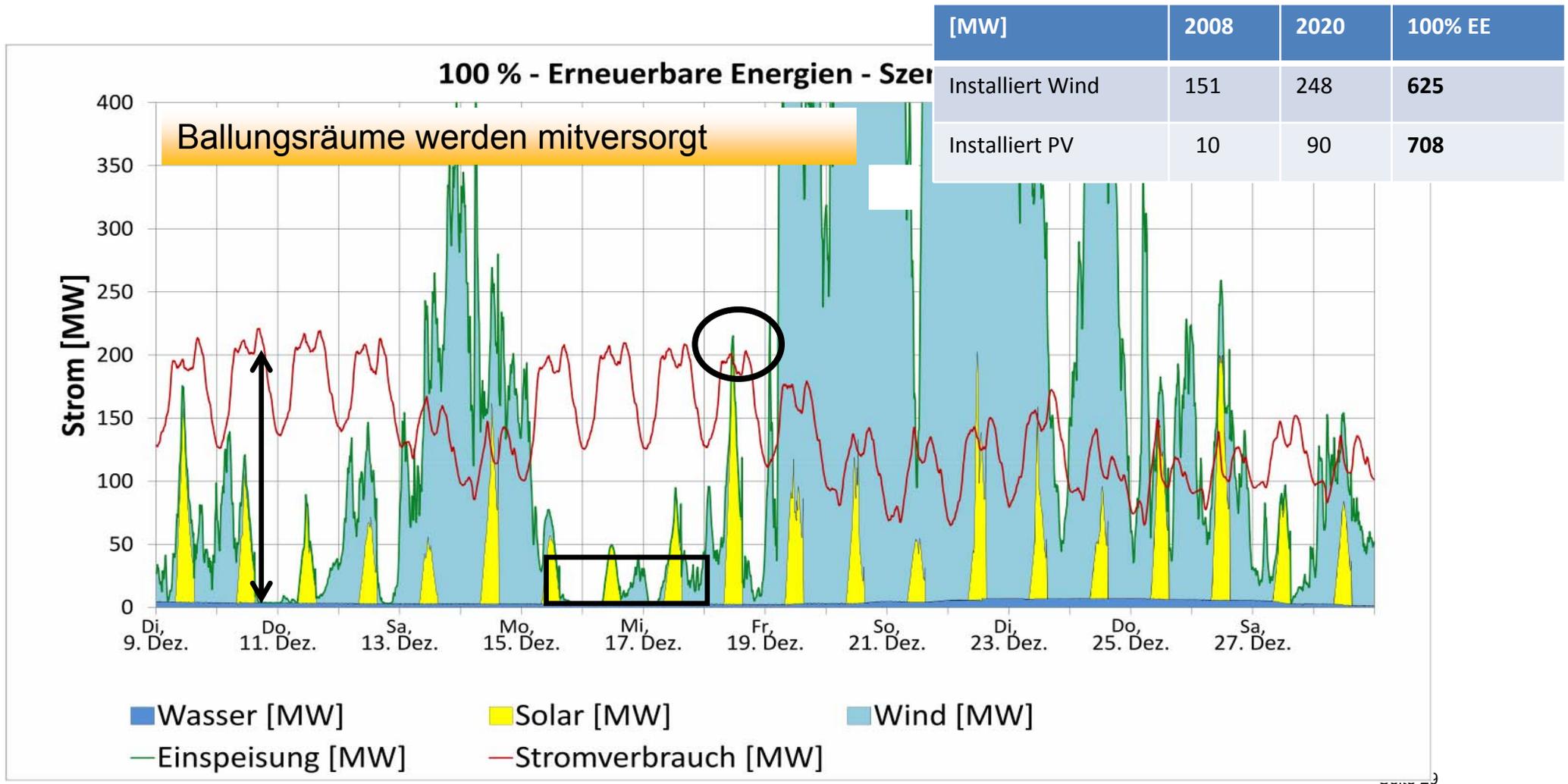


Seite 27

Szenario 2 – Ausbau Erneuerbarer Jahr 2020



Szenario 3 – 100% Erneuerbare Energien Strom



Preisstufen der verschiedenen Szenarien

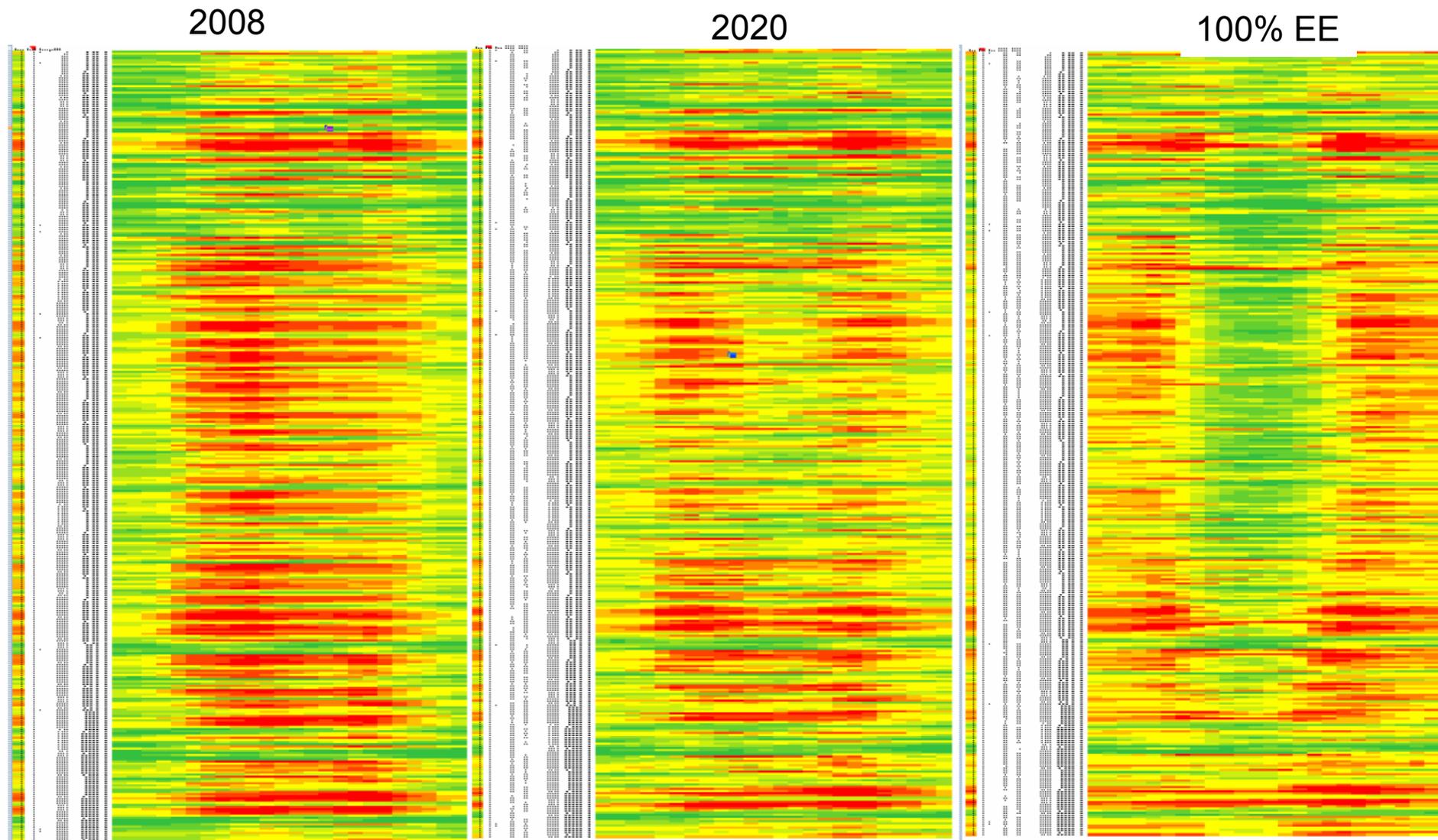
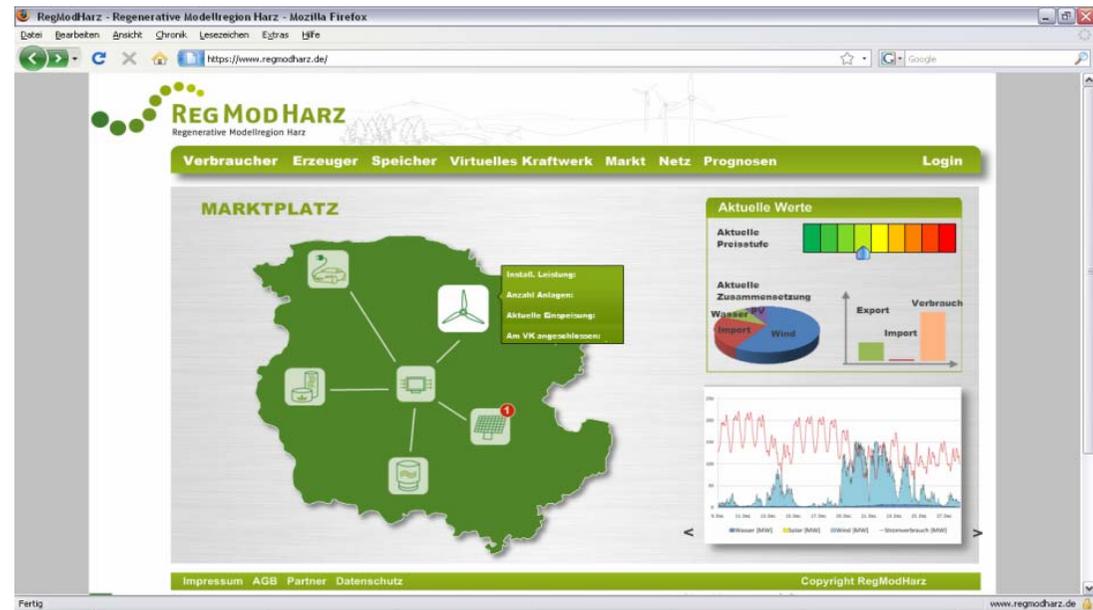


Abbildung links: Leitszenario 1/2008; Mitte: Leitszenario 2/2020; Rechts: Leitszenario 3 / 100%EE;
Zeilen: 24 Stunden des Tages; Spalten: Tage des Jahres; grün-gelb-rot: Preisstufen 1-9; jeweils UTC-Zeitstempel

Showcase Marktplattform & GM1

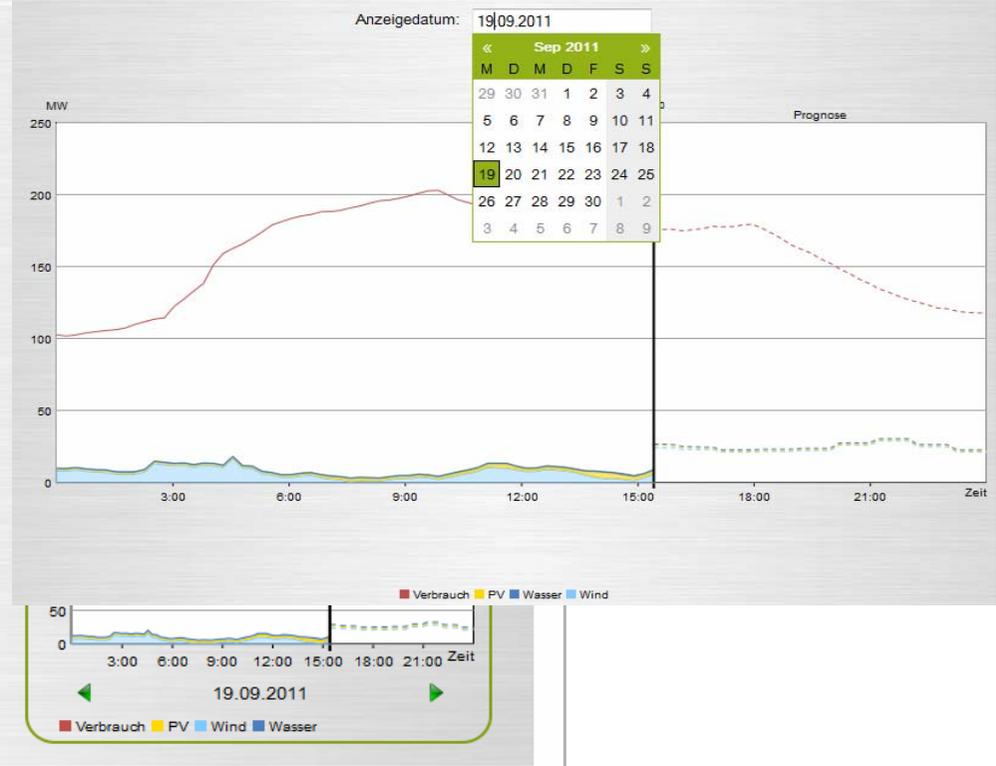
- Identifikation der Bürger mit RegModHarz als Forschungsprojekt mit direktem Alltagsbezug
- Motivation der Bevölkerung, ihren Beitrag zu leisten
- Hebung und Aufklärung des Potenzials zur Lastverschiebung bei Haushalten und Betrieben
- Darstellung und Vermittlung des „Innovativen regionalen Stromtarif aus erneuerbaren Energien“
- Transparenzinformationen zu Tarif und Verbrauch im personalisierten Kundenbereich
- Zeigen, welche Möglichkeiten die Transparenzinformationen zur Stromzusammensetzung bieten



Startseite



Home Verbraucher Erzeuger Markt Virtuelles Kraftwerk 100% EE Szenario



Impressum AGB Partner Datenschutz Kontakt

Erzeugerbereich

REG MOD HARZ
Regenerative Modellregion Harz

Home Verbraucher Erzeuger Markt Virtuelles Kraftwerk 100% EE Szenario

Wind
Photovoltaik
Wasser
Biogas
Biomasse
KWK

150 MW
120
90
60
30
0

18:00 2.9. 12:00 4.9. 6:00 6.9. 0:00 8.9. 18:00 9.9. 12:00 11.9. 6:00 13.9. 0:00 15.9. Zeit

Biogas Biomasse KWK PV Wasser Wind

Wind PV Biogas Biomasse KWK Wasser

Landkreis Harz am virtuellen Kraftwerk angeschlossen

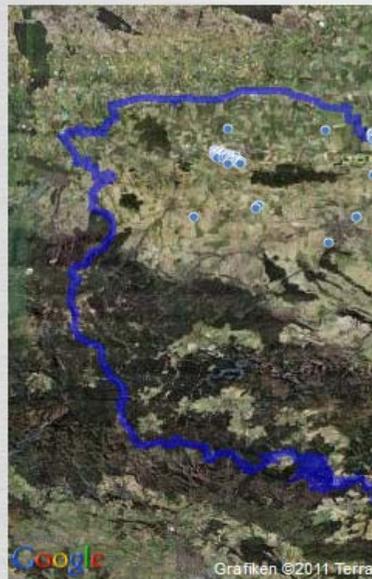
Impressum AGB Partner Datenschutz Kontakt

Erzeugerbereich



Home Verbraucher Erzeuger Ma

- Wind
- Photovoltaik
- Wasser
- Biogas
- Biomasse
- KWK



Erzeuger Prognose
 Landkreis Harz Am VK angeschlossen

Impressum AGB Partner Datenschutz Kontakt

Seite 34

Verbraucherbereich

- Allgemeine Informationen zu Tarif und Stromzusammensetzung
- Loginbereich für Feldtestkunden
- Dashboard mit allen Informationen in der Übersicht
- Monitoring im Detail
- Abrechnung (Vergleich mit 100% Szenario)
- Benchmark im Projekt



Monatliche Verbrauchsinformation zum RegModHarz BEMI-Tarif Juni 2012

Kunden ID: xxxxx; Smart Meter ID: xxxxx; Netzbetreiber: xxxxx; Netzbetreiber ID: xxxxx

Abrechnungszeitraum: 01.05.2012 bis 31.05.2012

Währung: 1 Herz-Taler [T] = 100 Kreuzer [K] / Umrechnung Taler zu Euro = 1:1

Tarifstufe	Bonus bzw. Malus [Kreuzer/kWh]	Durchschnittlicher Verbrauch aller Haushalte [kWh]	Ihr Verbrauch im Monat Mai 2012 [kWh]	Betrag [Taler]
9	16 kg/kWh Malus	25 kWh	20 kWh	-3,20 T
8	12 kg/kWh Malus	25 kWh	20 kWh	-2,40 T
7	8 kg/kWh Malus	35 kWh	30 kWh	-2,40 T
6	4 kg/kWh Malus	35 kWh	30 kWh	-1,20 T
5	0	50 kWh	60 kWh	+/- 0 T
4	4 kg/kWh Bonus	35 kWh	30 kWh	+1,20 T
3	8 kg/kWh Bonus	40 kWh	30 kWh	+2,40 T
2	12 kg/kWh Bonus	35 kWh	40 kWh	+4,80 T
1	16 kg/kWh Bonus	25 kWh	50 kWh	+8,00 T

Ergebnis: 330 kWh **310 kWh** + 7,20 T

Anfangszählerstand Mai 2012: 1.750 kWh

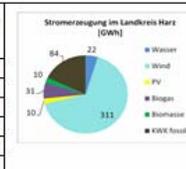
Letzter Kontostand Ende April: +13,70 T

Endzählerstand Mai 2012: 2.060 kWh

Aktueller Kontostand Ende Mai: +20,90 T

Stromherkunft:

Energieträger	Monatsbilanz Strom gemäß Ihres Verbrauchs* [%]	Monatsbilanz Strom Durchschnitt aller Haushalte [%]
PV	2 %	1 %
Wind	50 %	45 %
Wasser	5 %	5 %
Biogas	15 %	15 %
Biomasse	5 %	5 %
Erdgas fossil	23 %	29 %



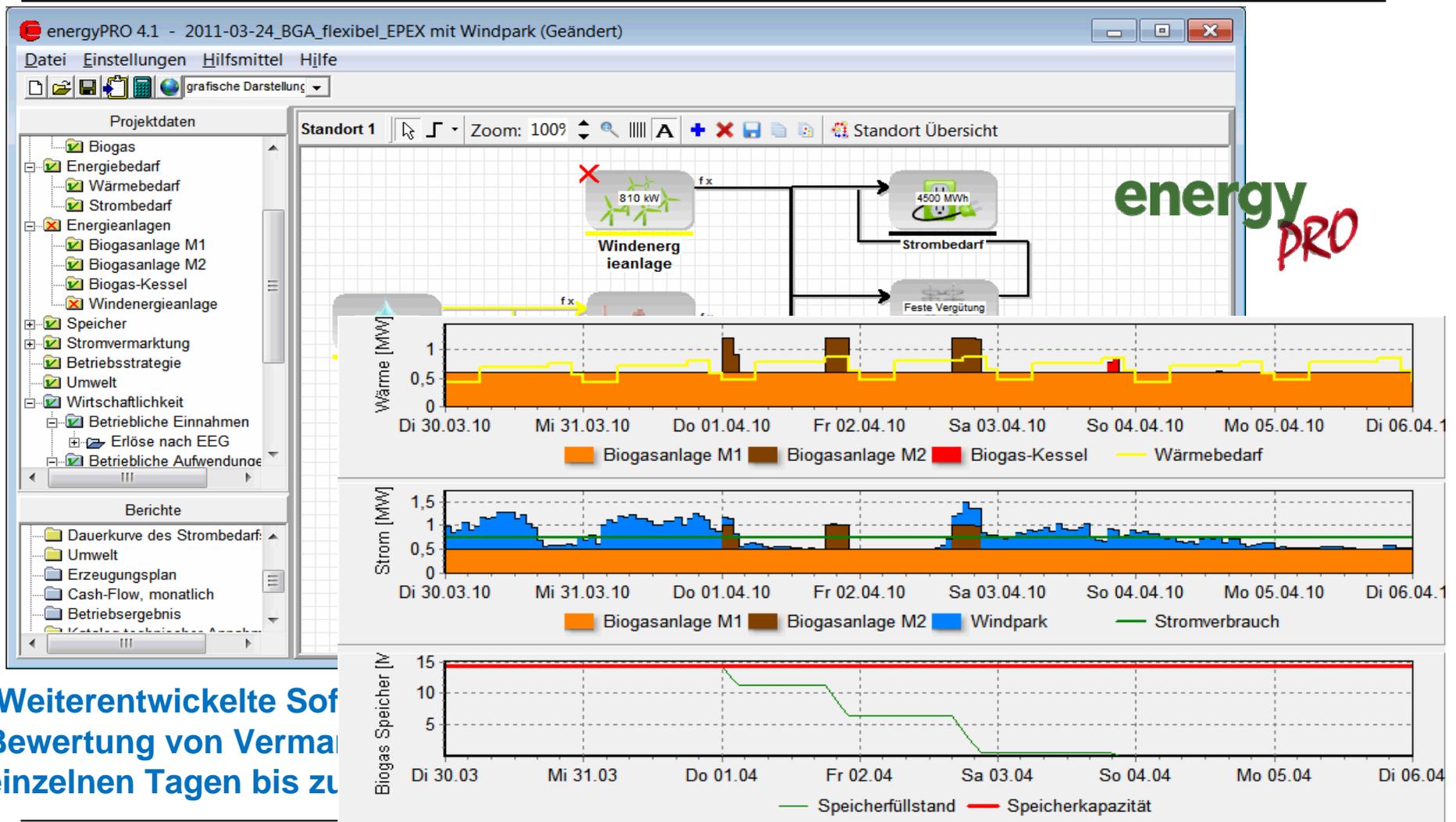
* in den Bonus-Preisstufen überwiegt Strom aus den fluktuierend einspeisenden regenerativen Energiequellen Wind und PV, die keinen Brennstoff benötigen. In den Malus-Preisstufen kommen derzeit weiterhin noch fossile Energieträger zum Einsatz. Weitere Informationen siehe www.reamodharz-marktplattform.de



Tarifstufe	Auftreten der Preisstufe (Anteil der Stunden im Monat Mai)	Häufigste Tageszeit (2 h Block)	Ihr Anteil dieser Preisstufe im Monat Mai 2012 [%]	Durchschnittlicher Anteil aller Haushalte [%]
9	7 %	18-20 Uhr	6,5 %	8,0 %
8	9 %	18-20 Uhr	6,5 %	8,0 %
7	12 %	10-12 Uhr	9,7 %	10,0 %
6	12 %	10-12 Uhr	9,7 %	10,0 %
5	20 %	8-10 Uhr	19,4 %	15,5 %
4	12 %	8-10 Uhr	9,7 %	10,0 %
3	12 %	6-8 Uhr	9,7 %	14,1 %
2	9 %	6-8 Uhr	13,0 %	12,8 %
1	7 %	2-4 Uhr	16,1 %	8,9 %

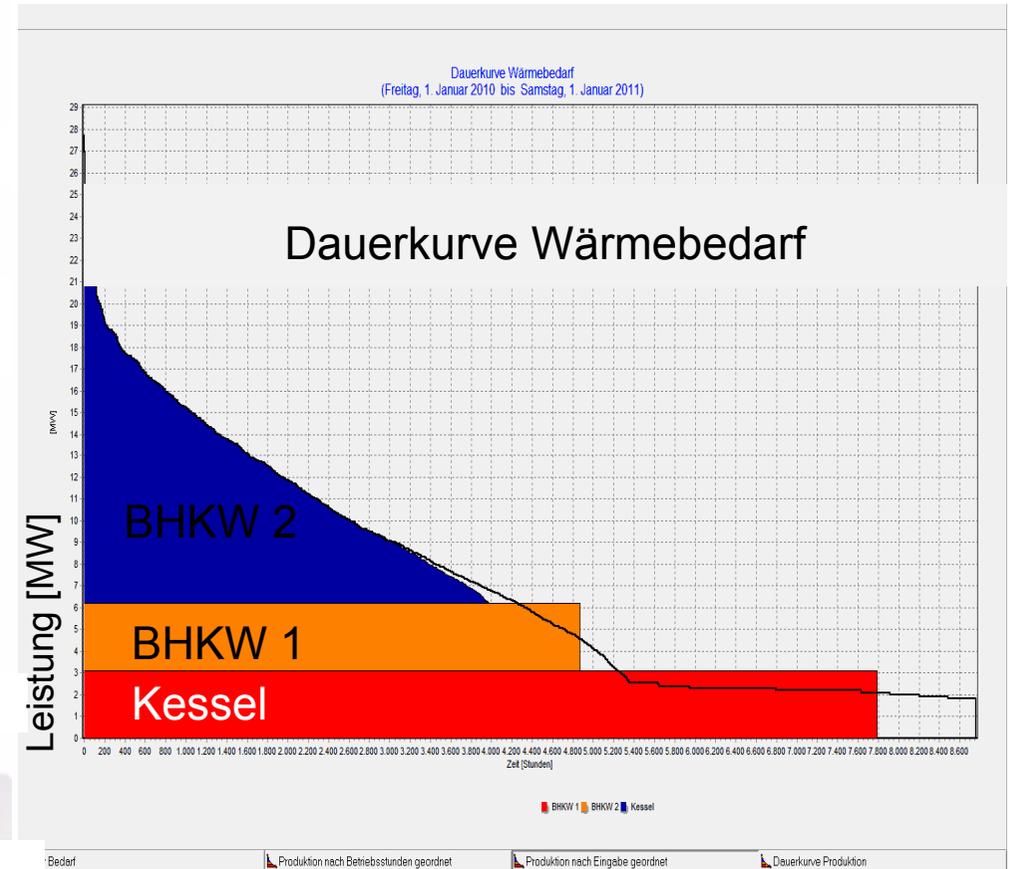
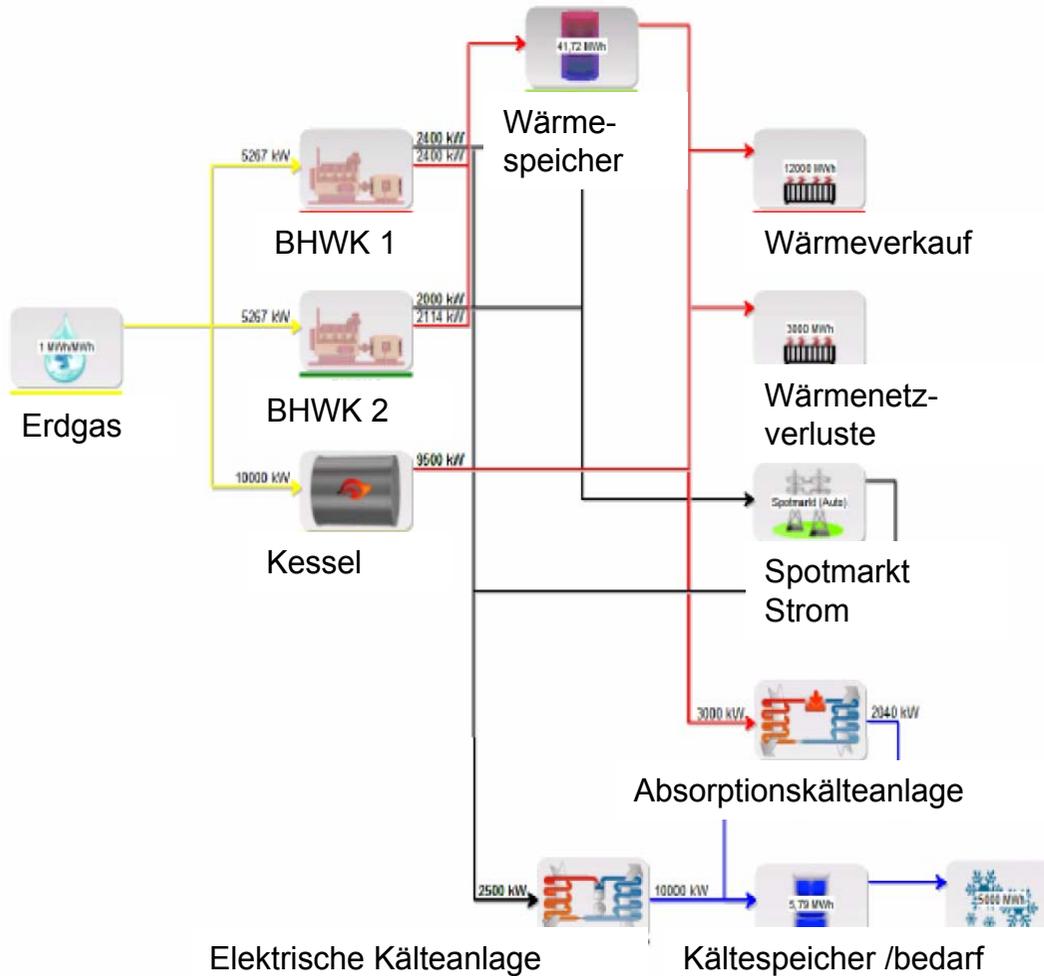


Energiewirtschaftliche Simulationen für Geschäftsmodelle



• Weiterentwickelte Software zur Bewertung von Vermarktungsstrategien von einzelnen Tagen bis zu

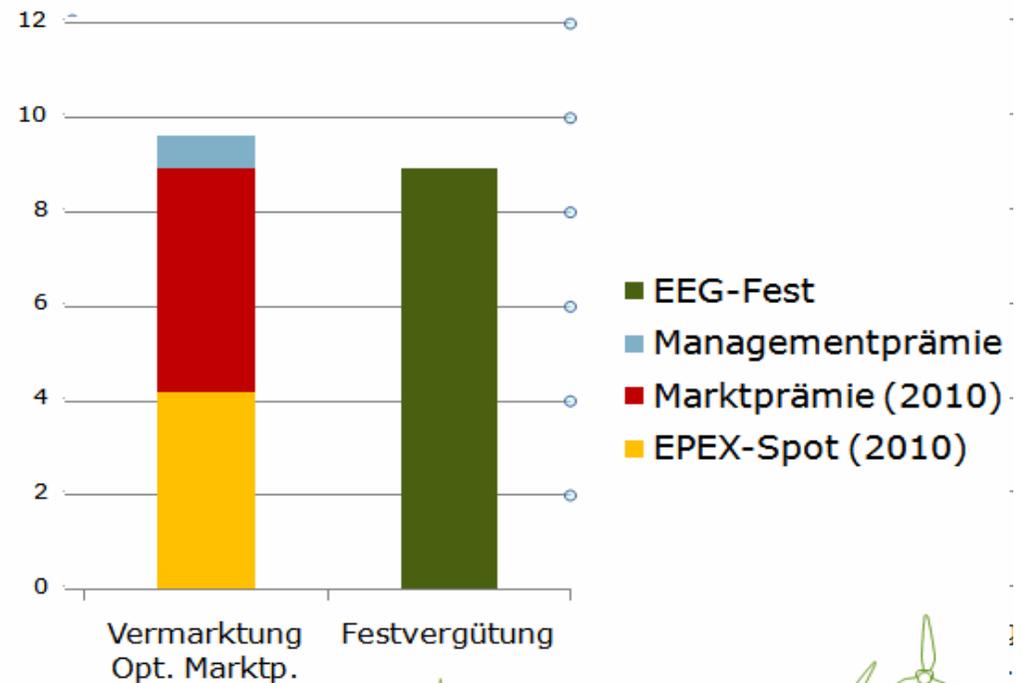
Kopplung von Strom-, Wärme- und Kälteerzeugung



Simulationen EEG 2012–Referentenentwurf

Drei Formen der optionalen Direktvermarktung nach EEG 2012

- § 33 Nr. 1: Marktprämie
- § 33 Nr. 2: Grünstromprivileg
- § 33 Nr. 3: sonstige Direktvermarktung



Beispiele Simulation zur Marktprämie - Ergebnisse 1. Jahr

Ergebnisse für Windpark mit 30 MW

– Produktion	49.550 MWh	
– Einnahmen		
• Börsenvermarktung:	2.083 T€	
• Marktprämie:	2.342 T€	
• Managementprämie:	595 T€	
– Aufwendungen		
• Ausgleichsenergie:	435 T€	
	-188 T€	

	247 T€ (5% d. Einn.)	
• Handel & Prognose	52 T€	
• Personal&Büro 24/7/365	400 T€	
• Zusatz WEA 0,25ct/kWh	124 T€	
• Kapitaldienst	59 T€	
– Betriebliches Ergebnis		

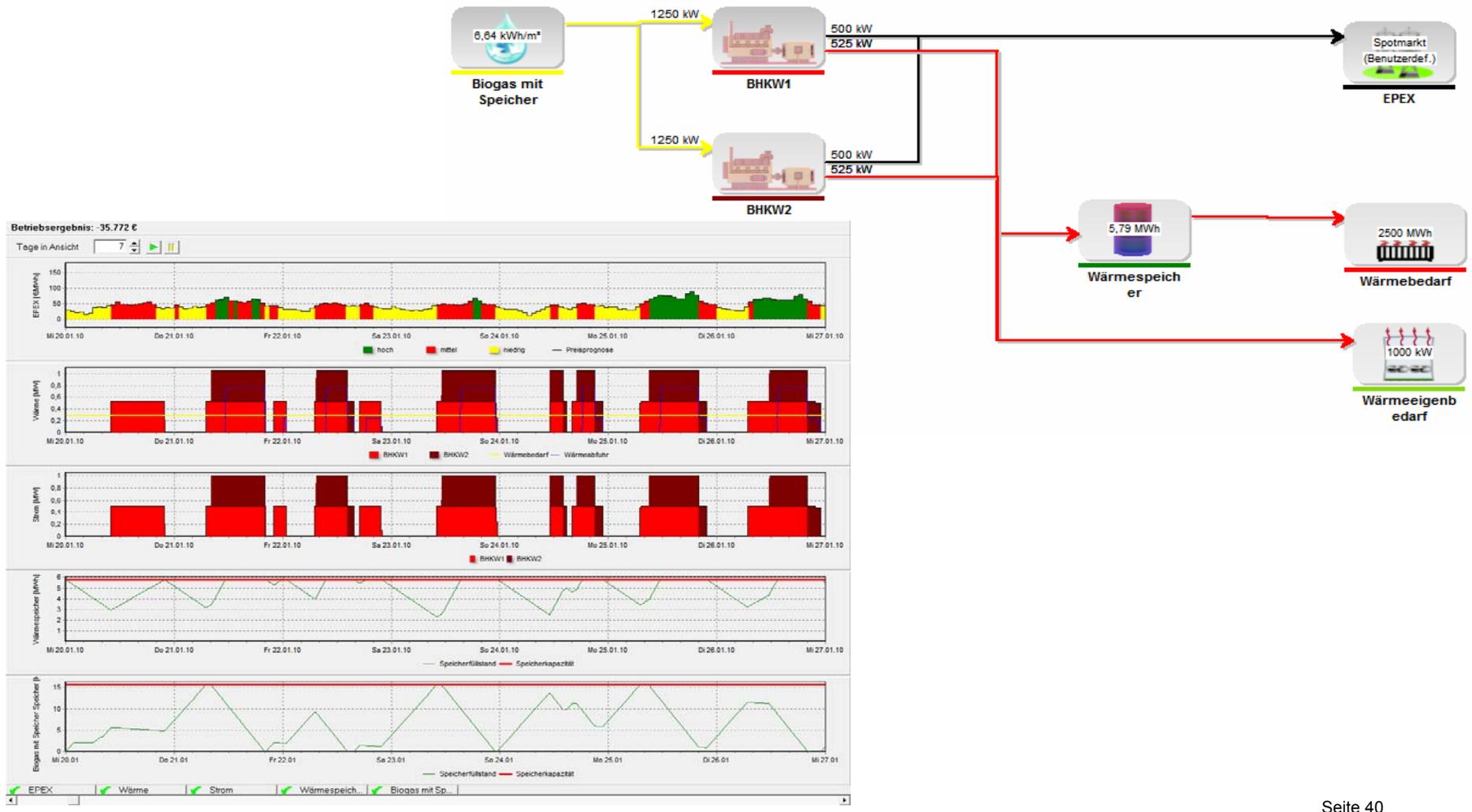
• mit Marktprämie:	4.137 T€	
• mit Festvergütung:	4.425 T€	→ - 288 T€

Ergebnisse für Windpark mit 300 MW

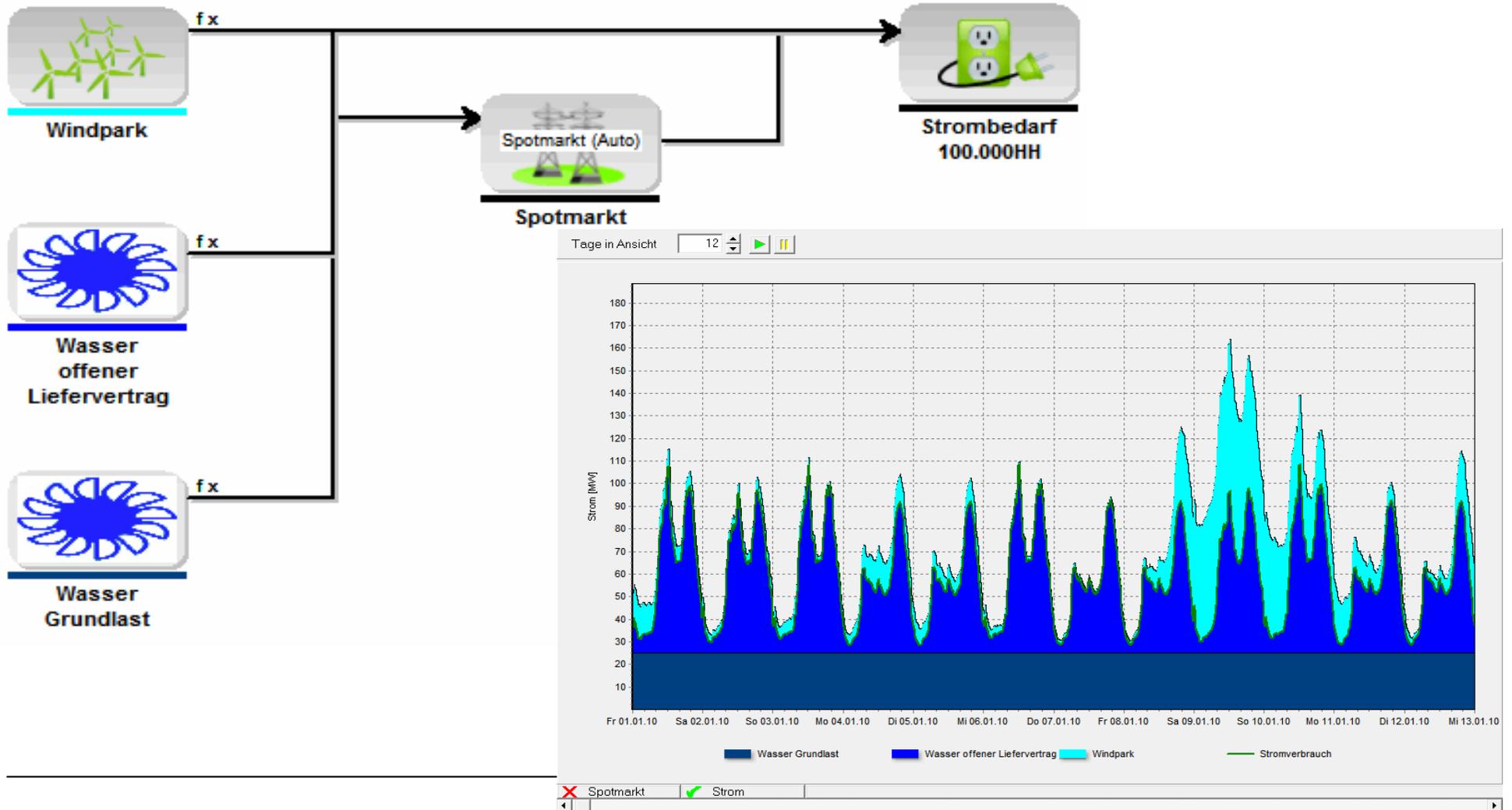
• Produktion	495.500 MWh	
• Einnahmen		
• Börsenvermarktung:	20.829 T€	
• Marktprämie:	23.421 T€	
• Managementprämie:	5.946 T€	
• Aufwendungen		
• Ausgleichsenergie:	4.160 T€	
	-1.662 T€	

	2.497 T€	
• Handel & Prognose	591 T€	
• Personal&Büro 24/7/365	800 T€	
• Zusatz WEA 0,25ct/kWh	1239 T€	
• Kapitaldienst	595 T€	
• Betriebliches Ergebnis		-----
• mit Marktprämie:	44.474 T€	
• mit Festvergütung:	44.250 T€	→ +224 T€

Simulation Flexibilitätsprämie Beispiel Biogasanlage 2x500kW



Simulation Grünstromprivileg Windpark mit Wasserkraft



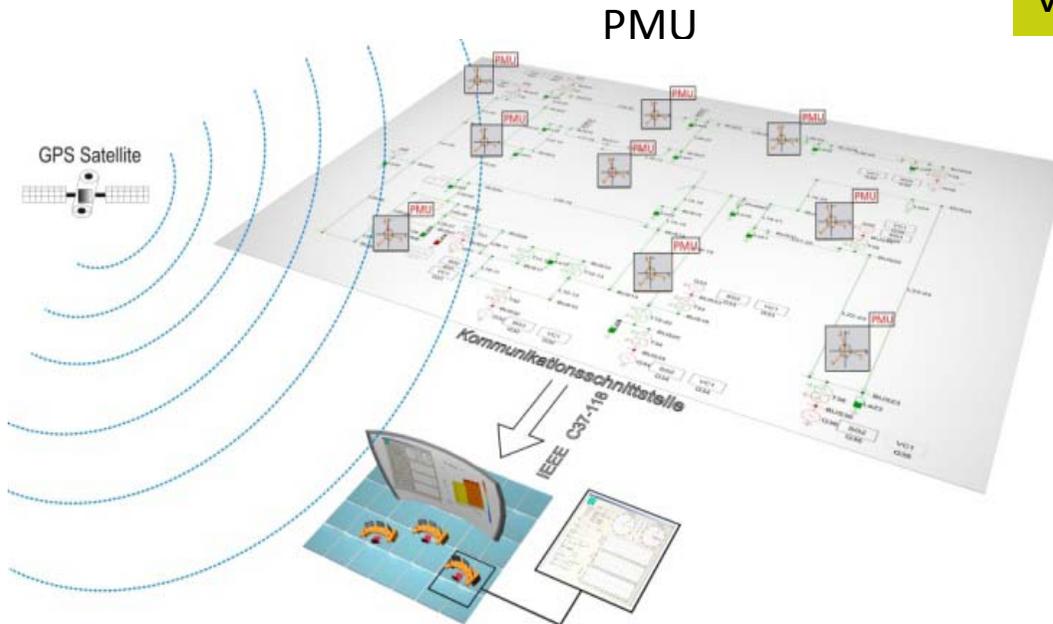
Phasor Measurement Units (PMU)

zeitsynchrone Messung von:

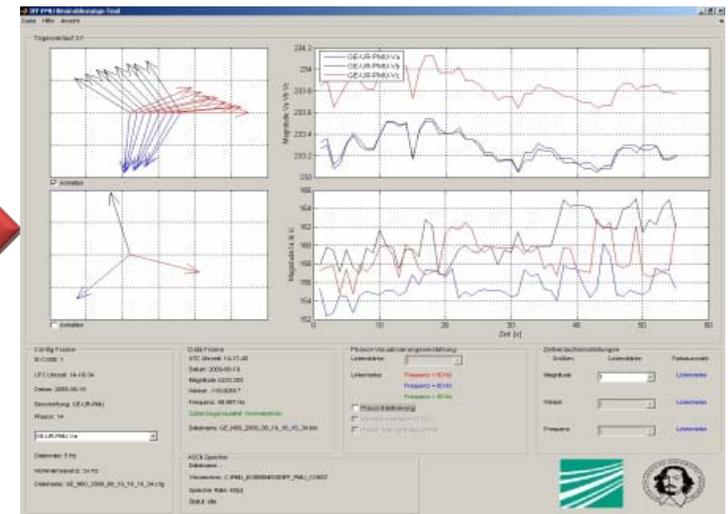
- Frequenz
- Spannung
- Strom

Ziel: Beobachtbarkeit des Netzes

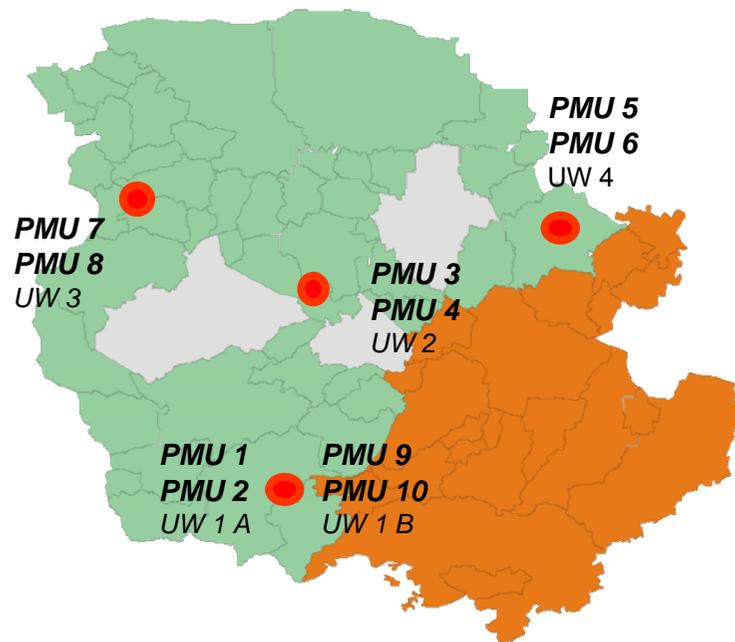
- Systemzustand innerhalb von Millisekunden ermittelbar
- Voraussetzung für Verbesserung der Versorgungssicherheit



Auswertesoftware



Einbindung von Phasor Measurement Units



PMU-Installation in einem Umspannwerk der Modellregion



- Verbesserung der Beobachtbarkeit des Netzes
- Erfassung von Teilnetzen
- Messungen an den Grenzen des Netzgebietes bzw. Übergängen zu anderen Netzen
- Erfassung der Power Quality Aspekte (EN 50160)

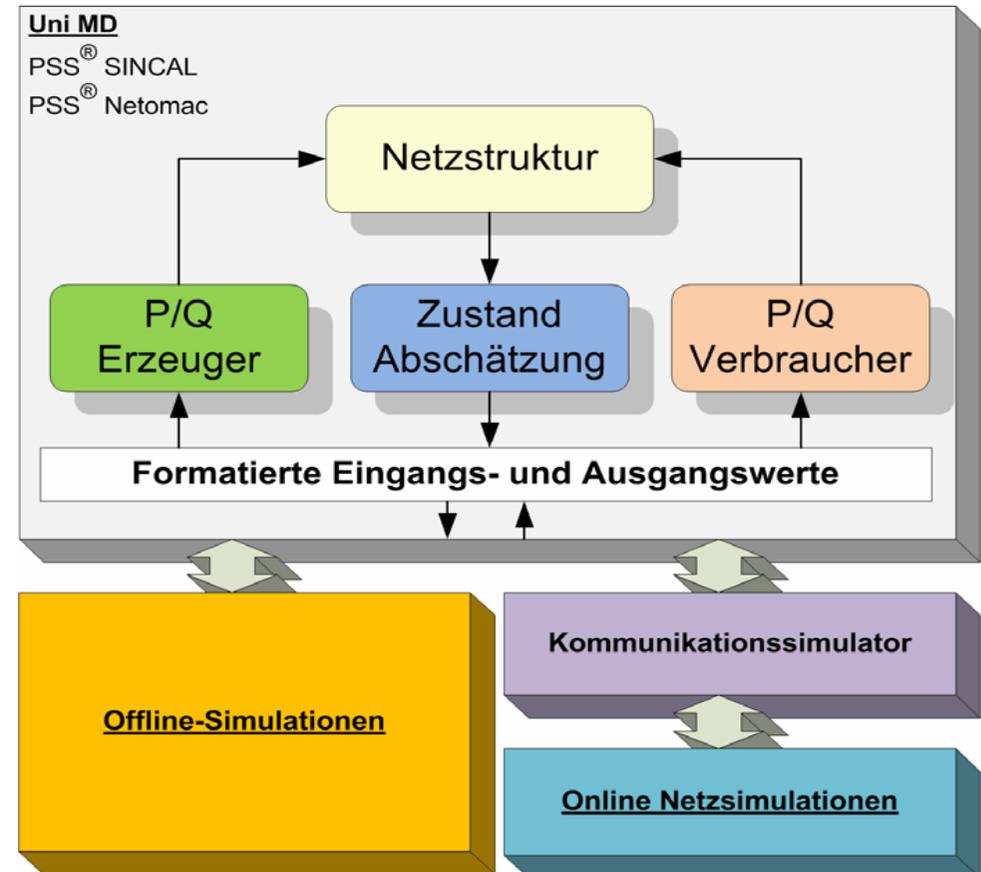
Netzsimulationen

Offline Simulation (basiert auf Leitszenarien)

- Einfluss von erneuerbaren Erzeugern auf Netzzustand (DIN EN 50160) - Variantenrechnung
- Wirksamkeit des Netzsicherheits-managements
- Zuverlässigkeitsanalyse des elektrischen Netzes
- Dynamische Analyse des elektrischen Netzes (z.B. Inselbildung)

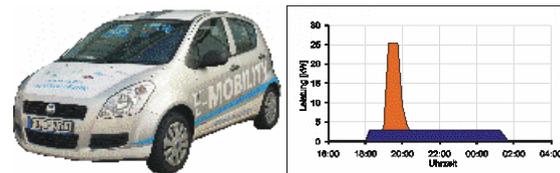
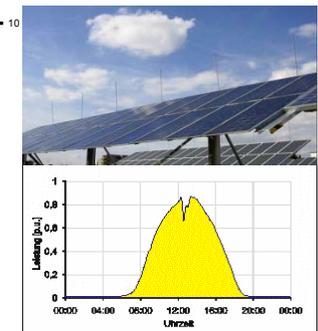
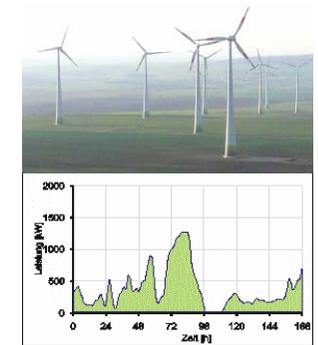
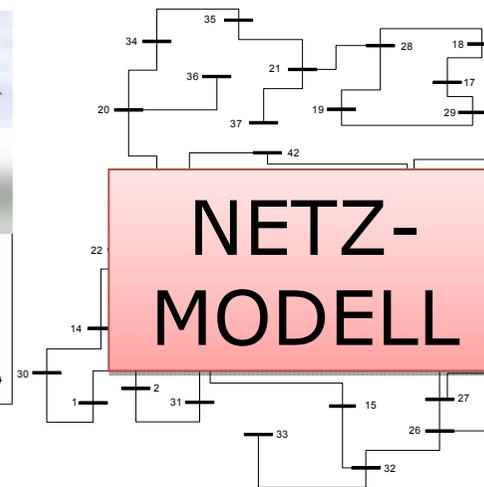
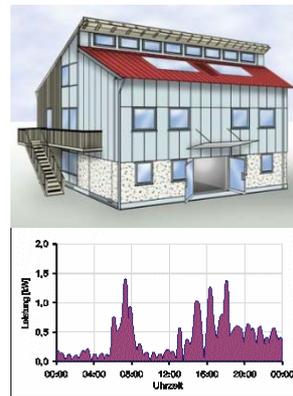
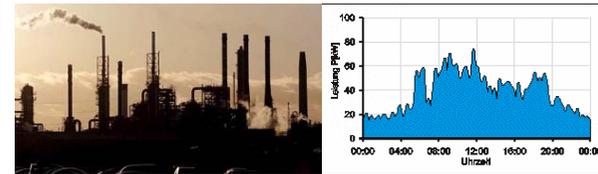
Online Simulation

- Gekoppelte Simulation von Kommunikation und elektrischen Netzen
- Online Netzzustandsmonitoring

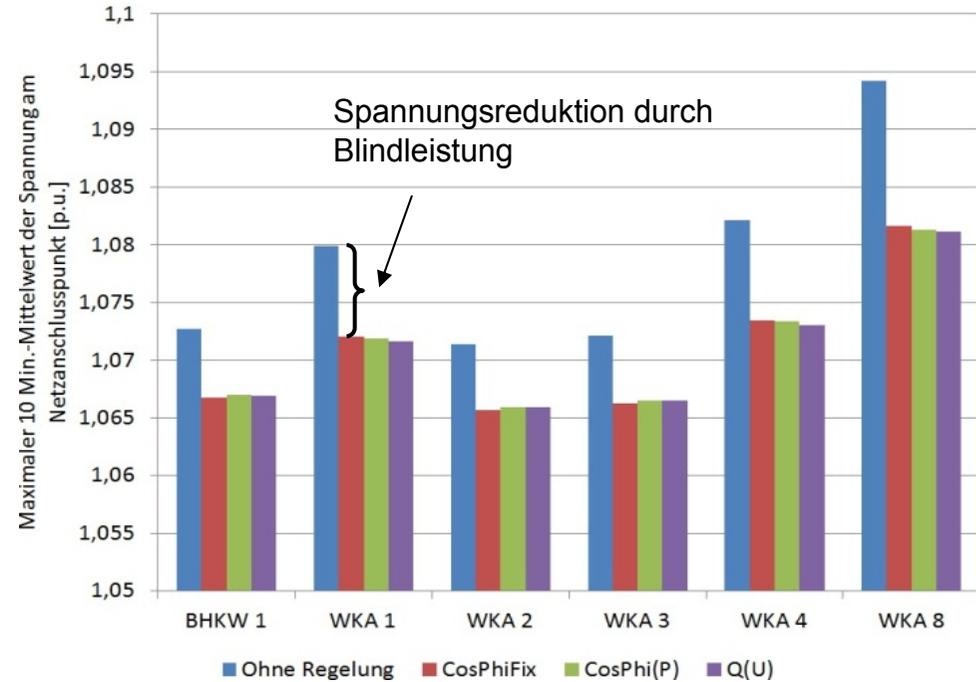
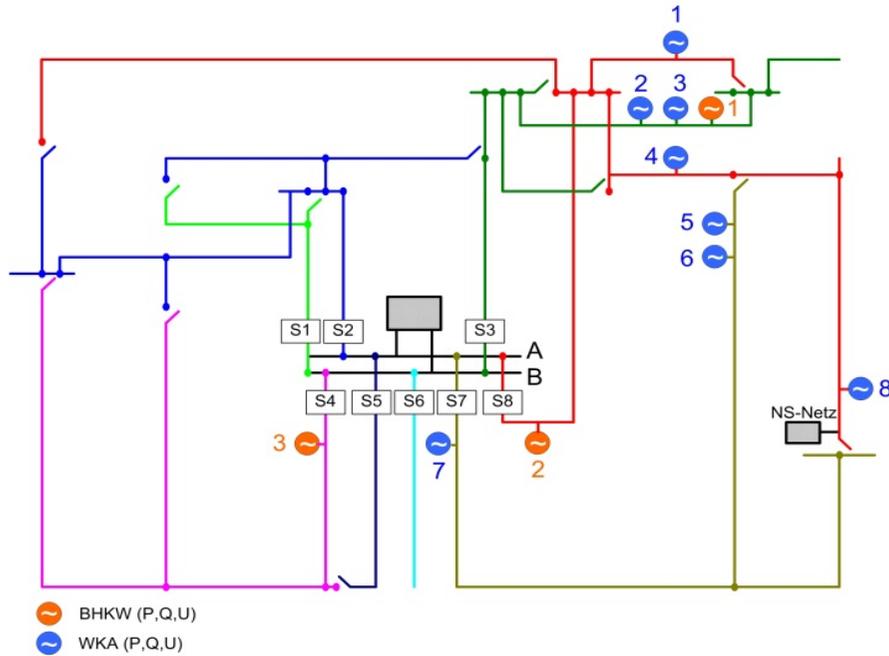


Netzsimulationen

- Simulationsszenarien für 2008 und 2020,
- Szenario bei 100% regenerativer Erzeugung (Jahresenergie)
- anhand realer und Prognose-Lastprofilen
- mit veränderlichen Erzeuger- und Lastanteilen je Leitszenario
- Untersuchungen hinsichtlich der Betriebsmittelauslastungen
- Einfluss von Freileitungsmonitoring auf den Netzbetrieb



Spannungshaltung im Mittelspannungsnetz durch DEA



Aussage für untersuchtes Fallbeispiel:

- Spannungsreduktionspotenzial durch Blindleistung vorhanden
- Spannungsreduktionspotenzial stark vom jeweiligen Netz abhängig
- Spannungshaltung kann durch Blindleistung alleine nicht garantiert werden.

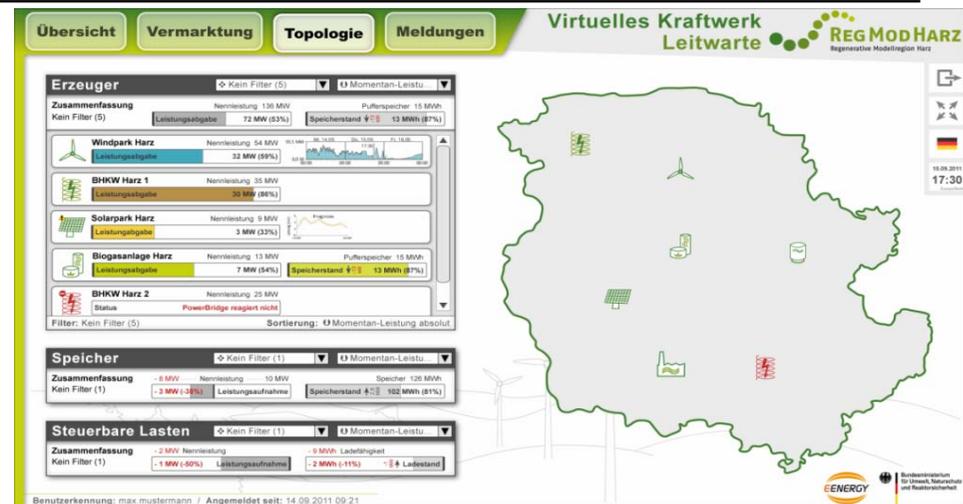
Virtuelles Kraftwerk/Leitwarte

Demonstration des VK Harz

- Übersicht
- Vermarktung
- Topologie
- Meldungen

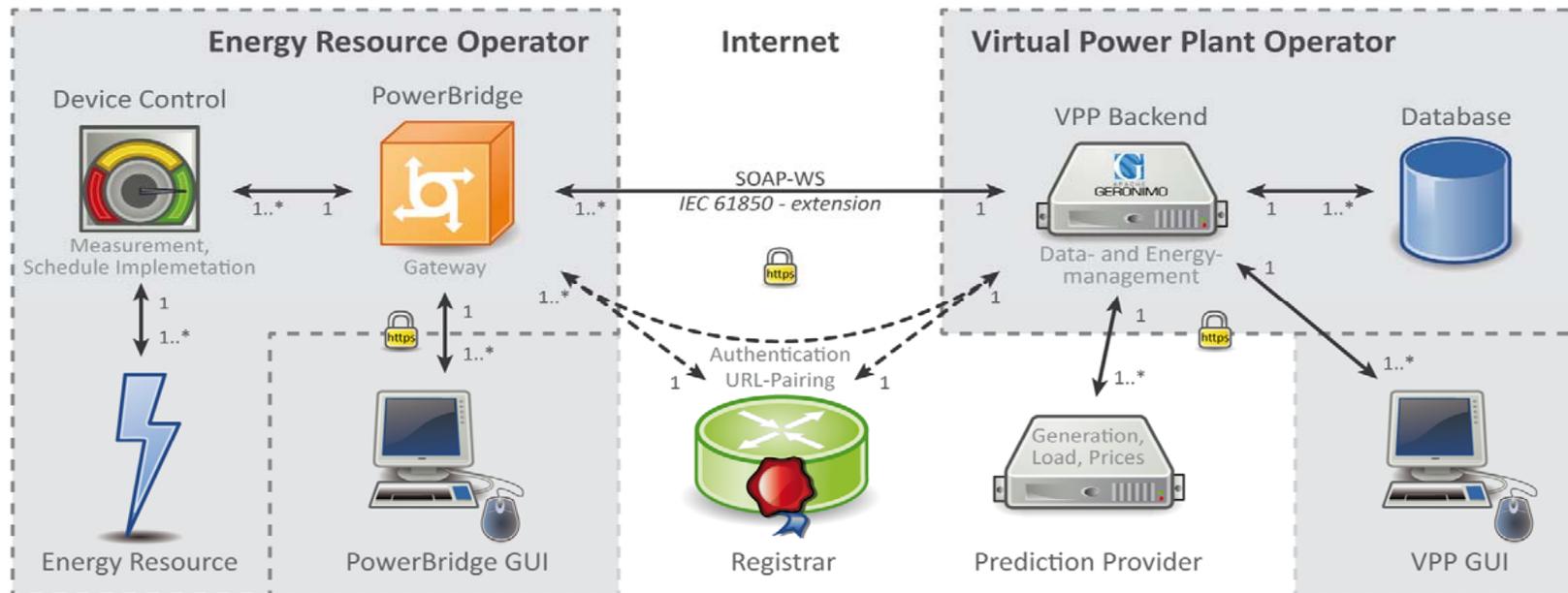
Inhaltliche Ziele des Show Case:

- Darstellung des Monitoring und des Energiemanagements des VK Harz
- Betonung der Bedeutung von...
 - ...guten Prognosen für das Energiemanagement
 - ... dem Intraday Markt im Zusammenhang mit Kurzfristprognosen



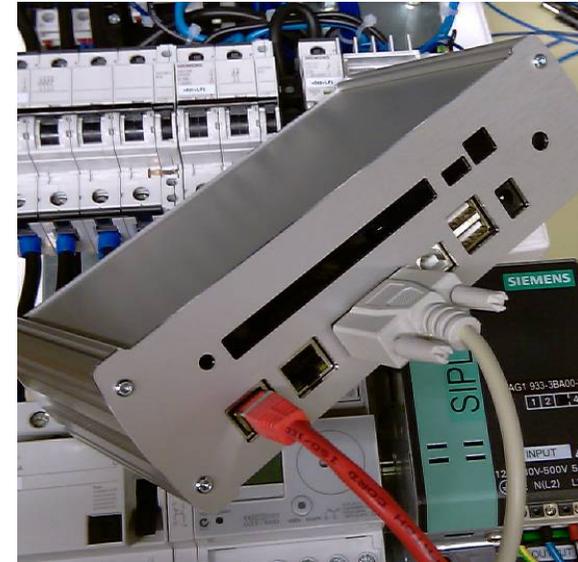
Virtuelles Kraftwerk/Leitwarte

- Zusammenführung aller notwendigen IKT-Komponenten
- Durchführung des Energiemanagements
- Umsetzung von Betriebsführungskonzepten



Dynamische Einbindung dezentraler Energieanlagen

- **Dynamische Einbindung dezentraler Energieanlagen mit IKT Gateway**
 - Hohe Dynamik erfordert automatische Einbindung von Anlagen
 - „Plug & Play“ statt Engineering
 - Umgang mit „unzuverlässigen“ Anlagen und Kommunikationswegen
 - Nutzung von IEC 61850 und von Web Technologien
- **Inhaltliche Ziele**
 - Automatische Registrierung des IKT Gateways einer dezentralen Energieanlage
 - Austausch der notwendigen Zertifikate
 - Automatische Einbindung der Anlage in den Betrieb des virtuellen Kraftwerks





Landkreis Harz



- **Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

-
- **Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik
Bremerhaven und Kassel**
 - **advancing wind energy and energy system technology**

Forschungsspektrum:

Windenergie von der Materialentwicklung bis zur Netzoptimierung

Energiesystemtechnik für die erneuerbaren Energien

Gründung: 1. 1. 2009 **Mitarbeiter:** ca. 380 Personen

Leitung: Prof. Dr. Andreas Reuter, Prof. Dr. Jürgen Schmid

Hervorgegangen aus:

Fraunhofer-Center für Windenergie und Meerestechnik
CWMT in Bremerhaven

Institut für Solare Energieversorgungstechnik
ISET in Kassel

Kontakt: Dr. Kurt Rohrig
 kurt.rohrig@iwes.fraunhofer.de
 Tel. 0561 7294-328

