
FENIX – Virtuelle Kraftwerke und Möglichkeiten der Bereitstellung von Netzdienstleistungen

**5.Hanauer Dialog
“Strom aus Biomasse:
Der Systemdienstleister der Erneuerbaren”**

08. Februar 2007

Martin Braun

- 1. Was behandelt das europäische Projekt FENIX?**
- 2. Was sind Dezentrale Energieanlagen (DEA) und deren technischen Möglichkeiten?**
- 3. Was ist ein virtuelles Kraftwerk (VK)?**
- 4. Mögliche Potenziale für Biomasse-Anlagen im Rahmen virtueller Kraftwerke (VK)**

- **Heute:**
 - Schnell wachsende Zahl dezentraler Energieanlagen (DEA) ohne Regelungsmöglichkeiten (bedingt durch EEG)
 - Bei hohem Anteil DEA:
Herausforderungen die Netzstabilität zu gewährleisten
- **Zukunft:**
 - Einbindung dezentraler Energieanlagen (DEA) in den Netzbetrieb für
 - eine nachhaltige und sichere Energieversorgung durch
 - den Ersatz herkömmlicher Kraftwerke
 - **Herausforderung:**
DEA sind klein und haben oft ein unsicheres Verhalten (Sonne, Wind, Verbraucher)
 - **Lösungsansatz:**
Aggregation in Virtuellen Kraftwerken (VK)

1) FENIX

1) FENIX (<http://www.fenix-project.org>)



EUROPEAN
COMMISSION

Community research

fenix

*'...a step towards the future of
electricity network'*

*Flexible Electricity Networks to Integrate
the eXpected 'energy evolution'*

1) FENIX (<http://www.fenix-project.org>)

a) Ziele

**Durch die Zusammenfassung
in virtuellen Kraftwerken (VK)
sollen dezentrale Energieanlagen (DEA)
das europäische Stromerzeugungssystem
kosteneffizient, sicher und
nachhaltig gestalten.**

1) FENIX (<http://www.fenix-project.org>)

b) Geplante Ergebnisse von FENIX

- 1. Entwicklung intelligenter Schnittstellen für die Einbindung von DEA in virtuelle Kraftwerke (VK)
→ FENIX box**
 - 2. Entwicklung neuer Tools für das Energiemanagement (DEMS) und das Netzmanagement (DMS, EMS) zur Einbindung von VK in den Betrieb der Stromnetze**
 - 3. Entwicklung eines geeigneten wirtschaftlichen und regulatorischen Rahmens zur Umsetzung der neuen technischen Lösungen**
 - 4. Demonstration der Entwicklungen im Rahmen zweier Feldtests in Spanien und Großbritannien**
-

1) FENIX (<http://www.fenix-project.org>)

c) 20 Projektpartner in FENIX



Integrated Project (Okt 2005 – Sep 2009)

Budget: 14,7 Mio €

2) Was sind DEA und deren Möglichkeiten?

(insbesondere Biomasse-Anlagen)

2) DEA und deren Möglichkeiten

a) DEA

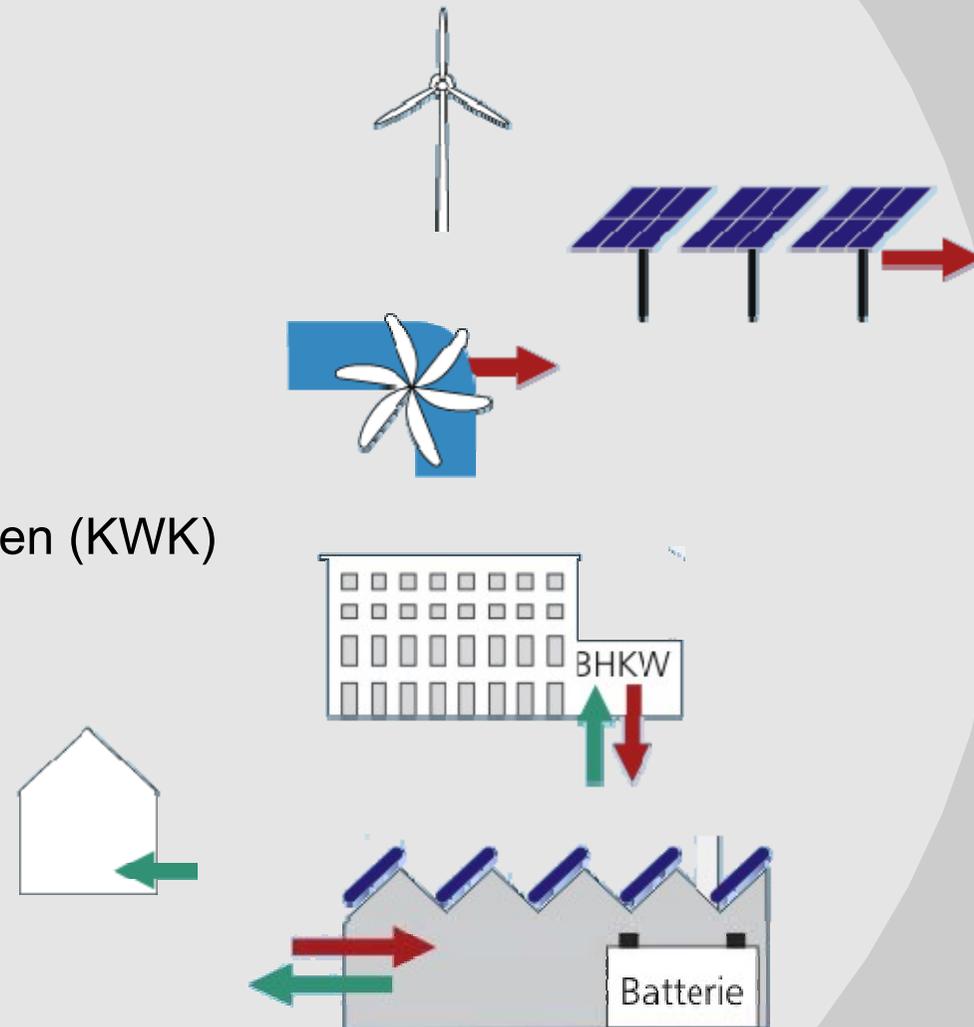
DEA (Dezentrale Energieanlagen) umfassen:

1. Verteilte Erzeuger

- Windkraftanlagen (WKA)
- Photovoltaikanlagen (PV)
- Wasserkraftanlagen
- Kraft- Wärme-Kopplungsanlagen (KWK)
 - wärmegeführt
 - stromgeführt

2. Verteilte Lasten

3. Verteilte Speicher



2) DEA und deren Möglichkeiten

b) Mögliche Energiedienstleistungen

1. Stromerzeugung für den eigenen Bedarf

← P

lokal

- Spitzenlastmanagement
- Energiemanagement
 - angebotsseitig und
 - nachfrageseitig

2. Stromerzeugung für andere

← P

- bilateral
- Markt (e.g. EEX)
 - Day ahead
 - Intraday

nicht lokal

2) DEA und deren Möglichkeiten

b) Mögliche Netzdienstleistungen

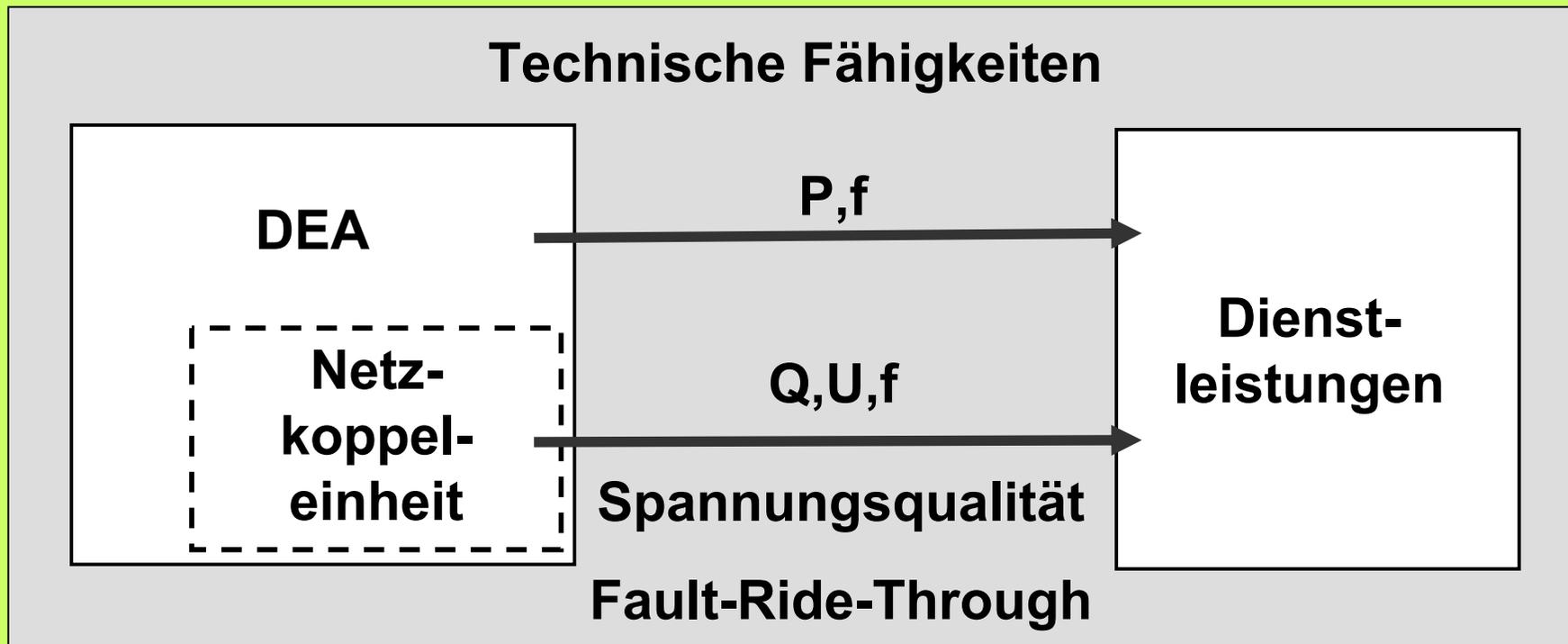
1. Frequenzregelung <ul style="list-style-type: none">• Primärregelung• Sekundärregelung• Minutenreserve• Dauerreserve	← P	<i>nicht lokal</i>
2. Spannungsregelung primär, sekundär, tertiär	← P,Q	
3. Engpassmanagement	← P,Q	
4. Verbesserung der Spannungsqualität	← Reduktion THD, Flicker	
5. Fähigkeit zum Netzwiederaufbau (Schwarzstart)	← P,Q,f,U	
6. Fähigkeit zum Inselbetrieb (Verbesserung der Versorgungszuverlässigkeit)	← P,Q,f,U	
7. Verringerung der Netzverluste	← P,Q	<i>lokal</i>

2) DEA und deren Möglichkeiten

c) Ansatz der Bestimmung der Möglichkeiten von DEA

Wirtschaftlicher Rahmen

Technische Fähigkeiten



2) DEA und deren Möglichkeiten

c) Ansatz der Bestimmung der Möglichkeiten von DEA

Netzkoppeleinheit:

- **Asynchron-generator (AG)**
- **Synchron-generator (SG)**
- **Doppeltgespeister Asynchrongenerator (DAG)**
- **Wechselrichter (WR)**



DEA:

- **Wind**
- **Photovoltaik**
- **Wasser**
- **KWK**
 - Dampfturbine
 - Gasturbine
 - Mikrogasturbine
 - Verbrennungsmotor
 - Stirling Motor
 - Brennstoffzelle

2) DEA und deren Möglichkeiten

d) Möglichkeiten durch Netzkoppeleinheit

Regelmöglichkeiten	AG	DAG	SG	WR
Blindleistungsregelung Q		+	++	++
Spannungsregelung U		+	++	++
Verbesserung Spannungsqualität		+		++

2) DEA und deren Möglichkeiten

d) Möglichkeiten durch DEA

Ancillary Services	DER Unit	WTG	PV	Hydro		CCHP				Storage	Loads	
						thermal-driven		electricity-driven				
Frequency Control		+	+		+		no		++		++	+
Voltage Control, Congestion Management, Optimisation of Grid Losses	Inv	++	++	Inv	++	Inv	+	Inv	++	Inv	++	+
	SG	++		SG	++	SG	+	SG	++	SG	++	
	DFIG	+										
	IG	-		IG	-	IG	no	IG	-	IG	-	
Improvement of Voltage Quality	Inv	++	++	Inv	++	Inv	++	Inv	++	Inv	++	-
	SG	no		SG	no	SG	no	SG	no	SG	no	
	DFIG	+										
	IG	no		IG	no	IG	no	IG	no	IG	no	
Black Start	Inv	+	+	Inv	+	Inv	no	Inv	++	Inv	++	no
	SG	+		SG	+	SG		SG	+	SG	+	
	DFIG	-										
	IG	no		IG	no	IG		IG	no	IG	no	
Islanded Operation	Inv	+	+	Inv	+	Inv	no	Inv	++	Inv	++	no
	SG	+		SG	+	SG		SG	++	SG	++	
	DFIG	-										
	IG	no		IG	no	IG		IG	no	IG	no	
Fault-Ride-Through	Inv	++	++	Inv	++	Inv	++	Inv	++	Inv	++	-
	SG	-		SG	-	SG	-	SG	-	SG	-	
	DFIG	+										
	IG	--		IG	--	IG	--	IG	--	IG	--	
Legend	Grid Coupling Technology IG directly-coupled induction generators SG directly-coupled synchronous generators DFIG doubly-fed induction generators Inv inverters (including inverter-coupled IG and SG)						++ indicates very good capabilities + indicates good capabilities - indicates little capabilities -- indicates very little capabilities no indicates that this is not possible without additional external equipment					

2) DEA und deren Möglichkeiten

d) Möglichkeiten von Biomasse-Anlagen (KWK-Anlagen)

Dienstleistungen	Wärmegeführte KWK		Stromgeführte KWK	
	WR		WR	
Stromerzeugung (variabel), Frequenzregelung (P)	WR		WR	++
	SG		SG	++
	AG		AG	++
Spannungsregelung, Engpassmanagement, Minimierung der Netzverluste (Q,P)	WR	+	WR	++
	SG	+	SG	++
	AG		AG	-
Verbesserung der Spannungsqualität	WR	++	WR	++
	SG		SG	
	AG		AG	
Fähigkeit zum Netzwiederaufbau (P,Q,U,f)	WR		WR	++
	SG		SG	++
	AG		AG	
Inselbetrieb (P,Q,U,f)	WR		WR	++
	SG		SG	++
	AG		AG	

2) DEA und deren Möglichkeiten

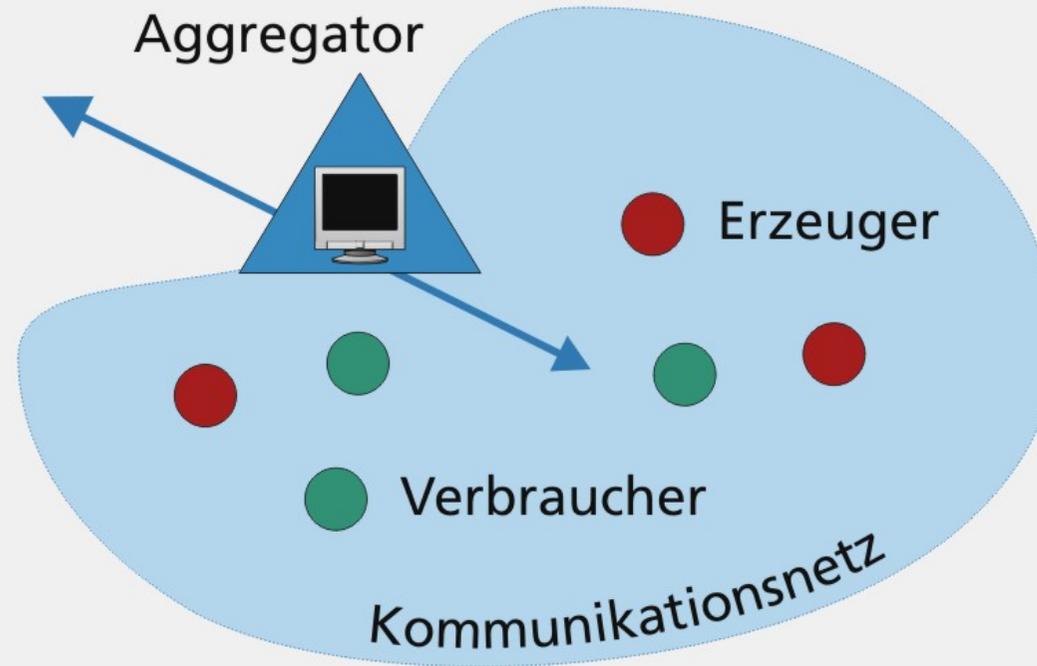
e) Notwendige technische Erweiterungen

- **Allgemein:**
 - Erweiterung der Anlagensteuerung
- **Für lokale Funktionen:**
 - Verbesserte Messeinrichtungen
- **Für zentrale Funktionen:**
 - ICT für Informationsaustausch mit dem Aggregator
- **Für Netzwiederaufbau:**
 - Speicher für Startenergie (z.B. DAG, SG mit Erregung und KWK mit Notwendigkeit zur Zündung oder Vorheizung)
 - Synchronisationseinheit

3) Was ist ein virtuelles Kraftwerk (VK)?

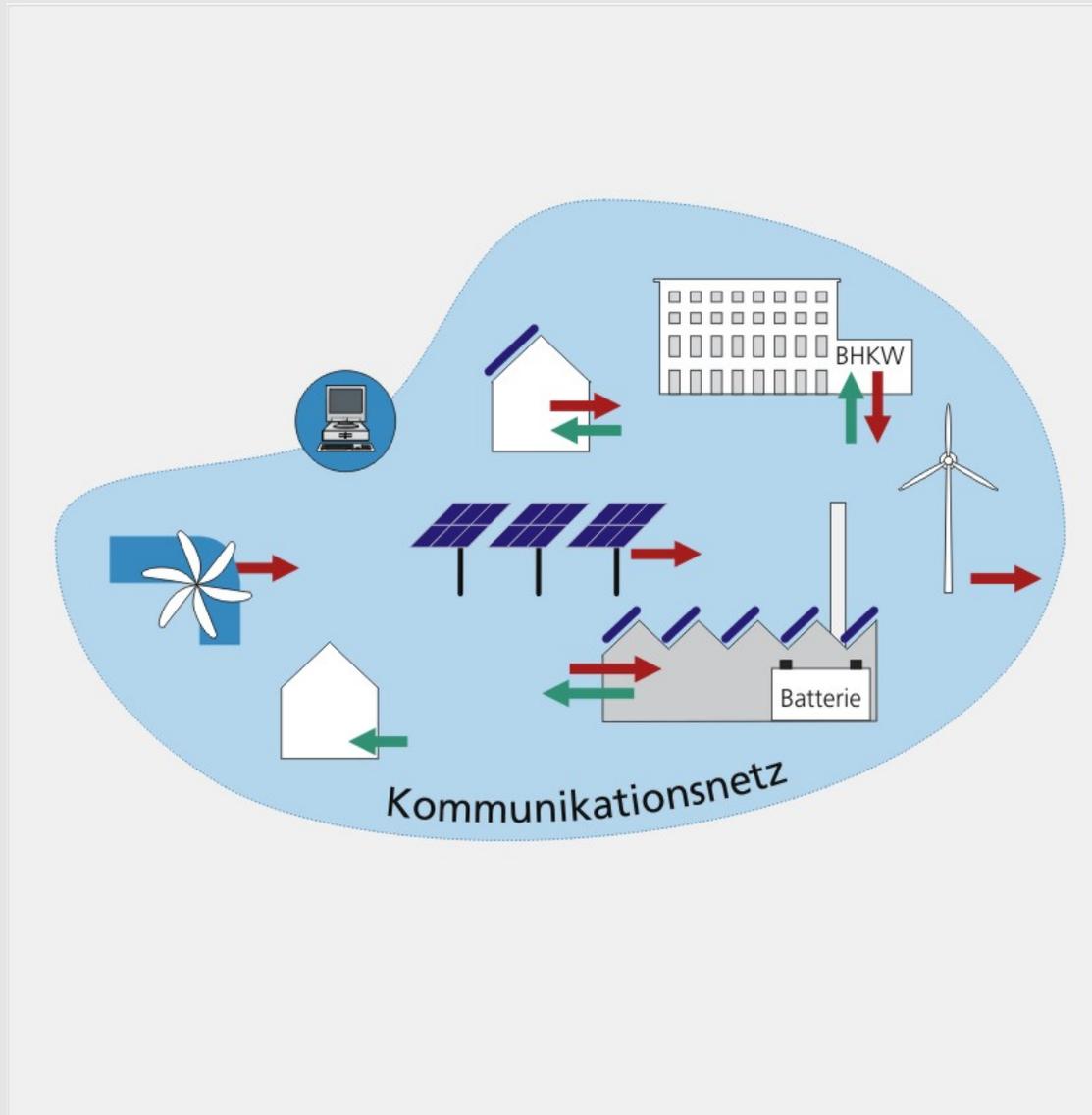
3) Was ist ein Virtuelles Kraftwerk (VK)?

a) Prinzip

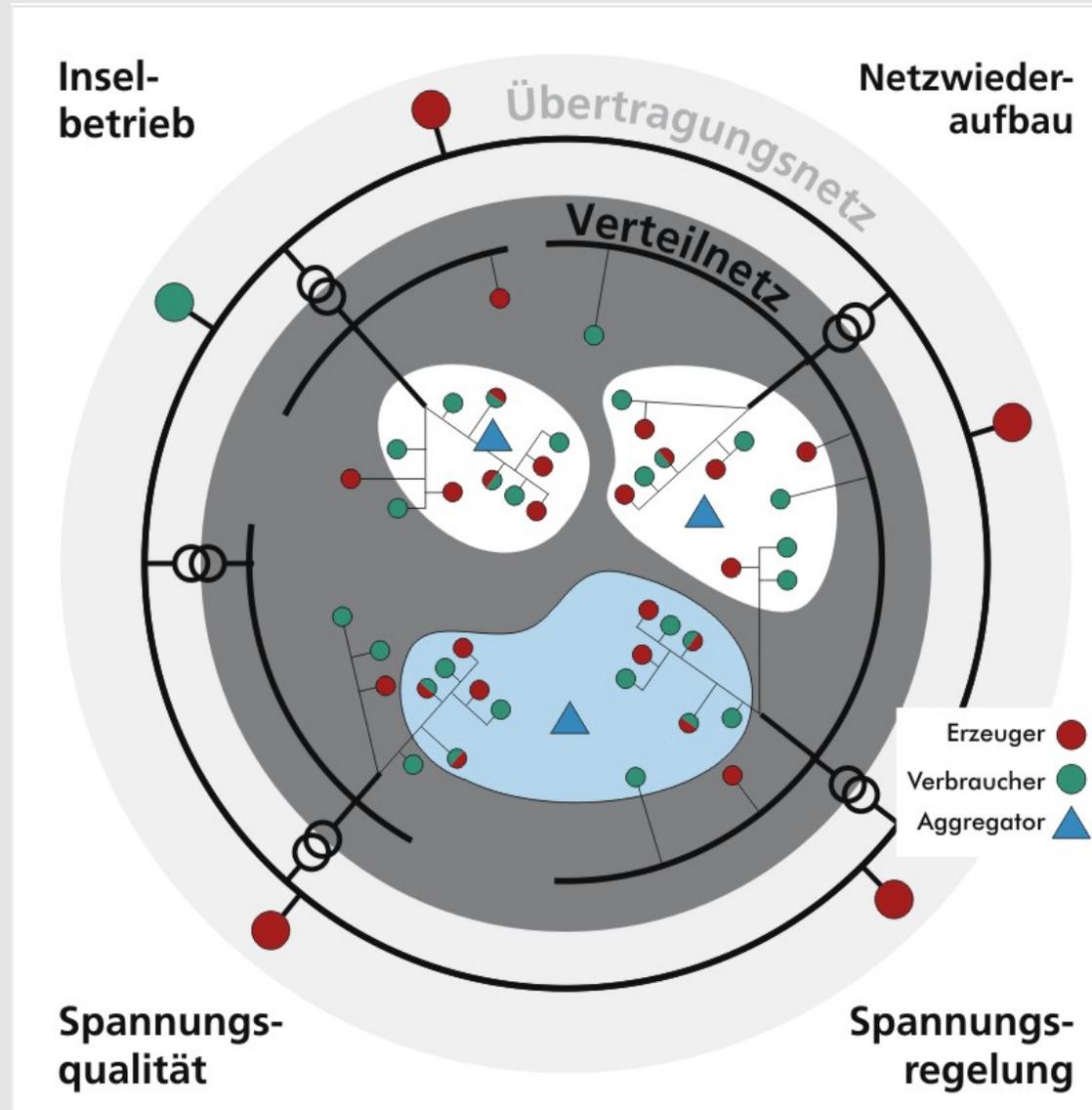


3) Was ist ein Virtuelles Kraftwerk (VK)?

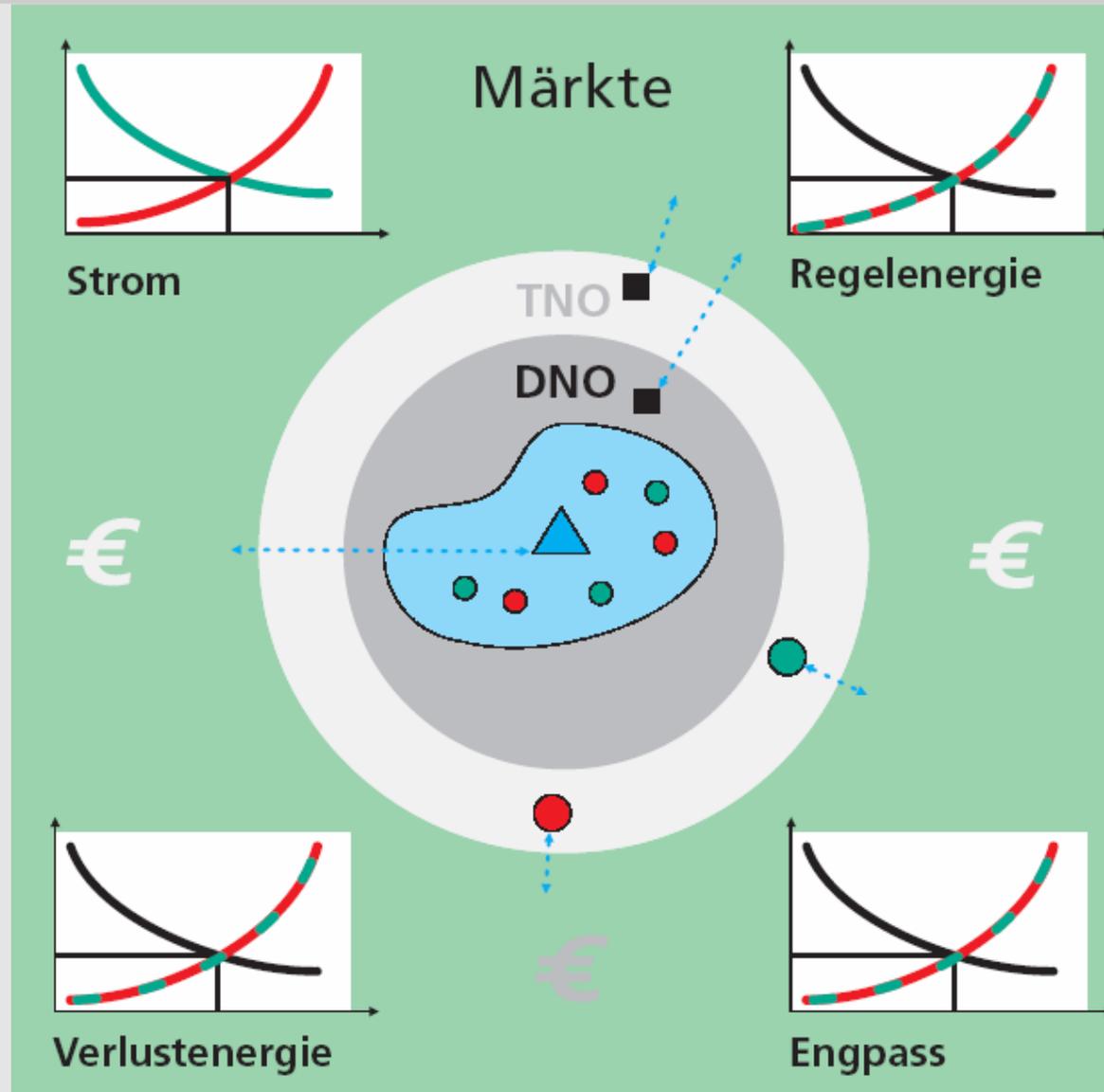
a) Komponenten



3) Was ist ein Virtuelles Kraftwerk (VK)? b) Technische Perspektive

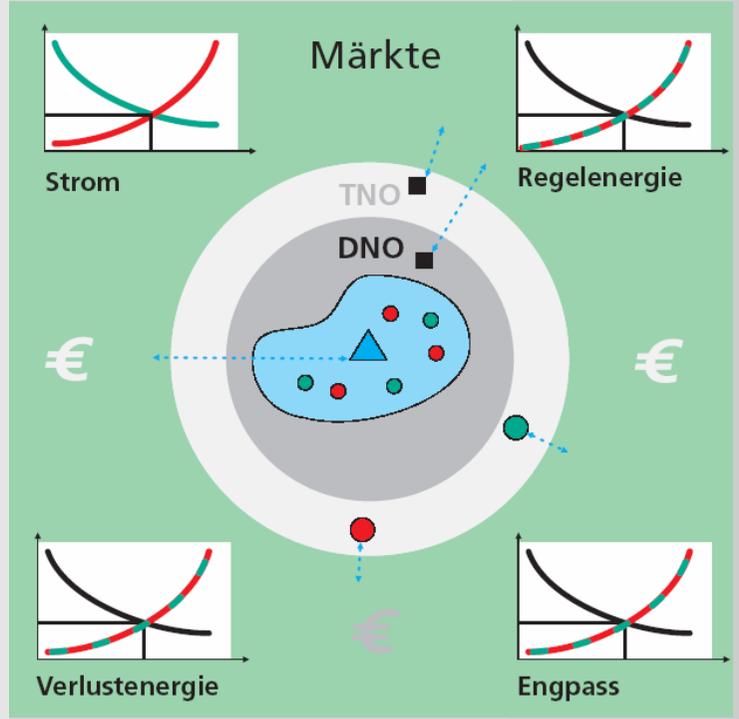
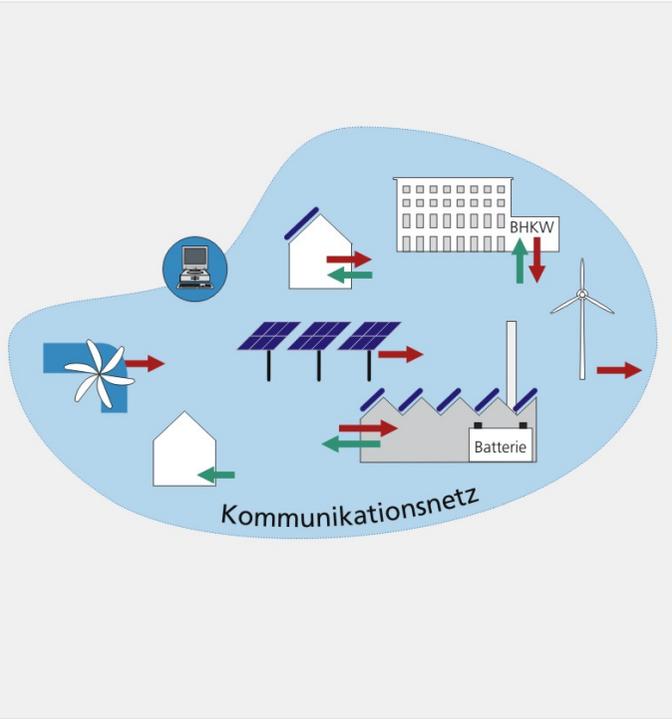
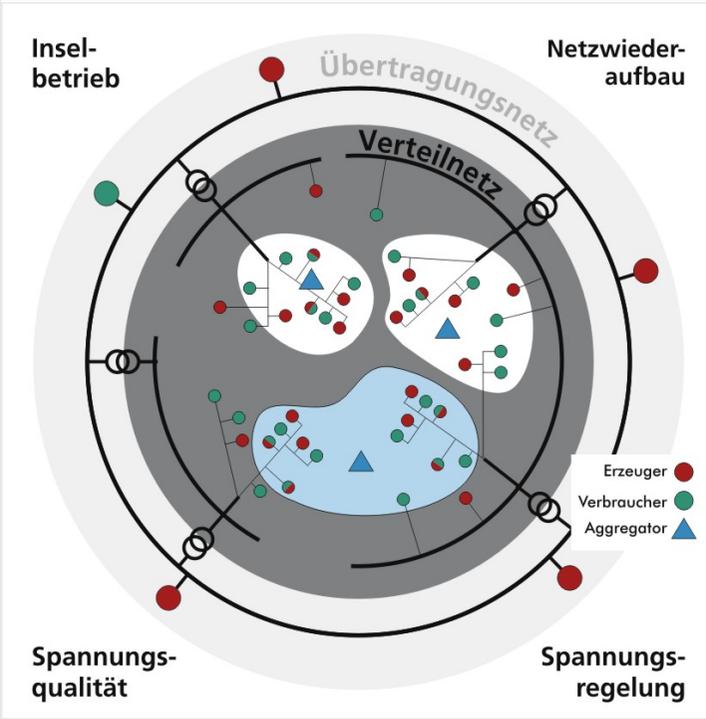


3) Was ist ein Virtuelles Kraftwerk (VK)? c) Marktperspektive



3) Was ist ein Virtuelles Kraftwerk (VK)?

d) Gesamtdarstellung



3) Was ist ein Virtuelles Kraftwerk (VK)?

d) Beispiele in Deutschland

- **VK Unna**
- **VFCPP (Vaillant u.a.)**
- **DISPOWER / PoMS / Stutensee**
- **KonWerl**
- **Edison**
- **PEM Oberhausen**
- **VK Harz**
- **I²ERN**
- **Steag Saarenergie**
- **ISET: BEMI**

→ **alle betrachten nur einen kleinen Teil des ganzen Spektrums**

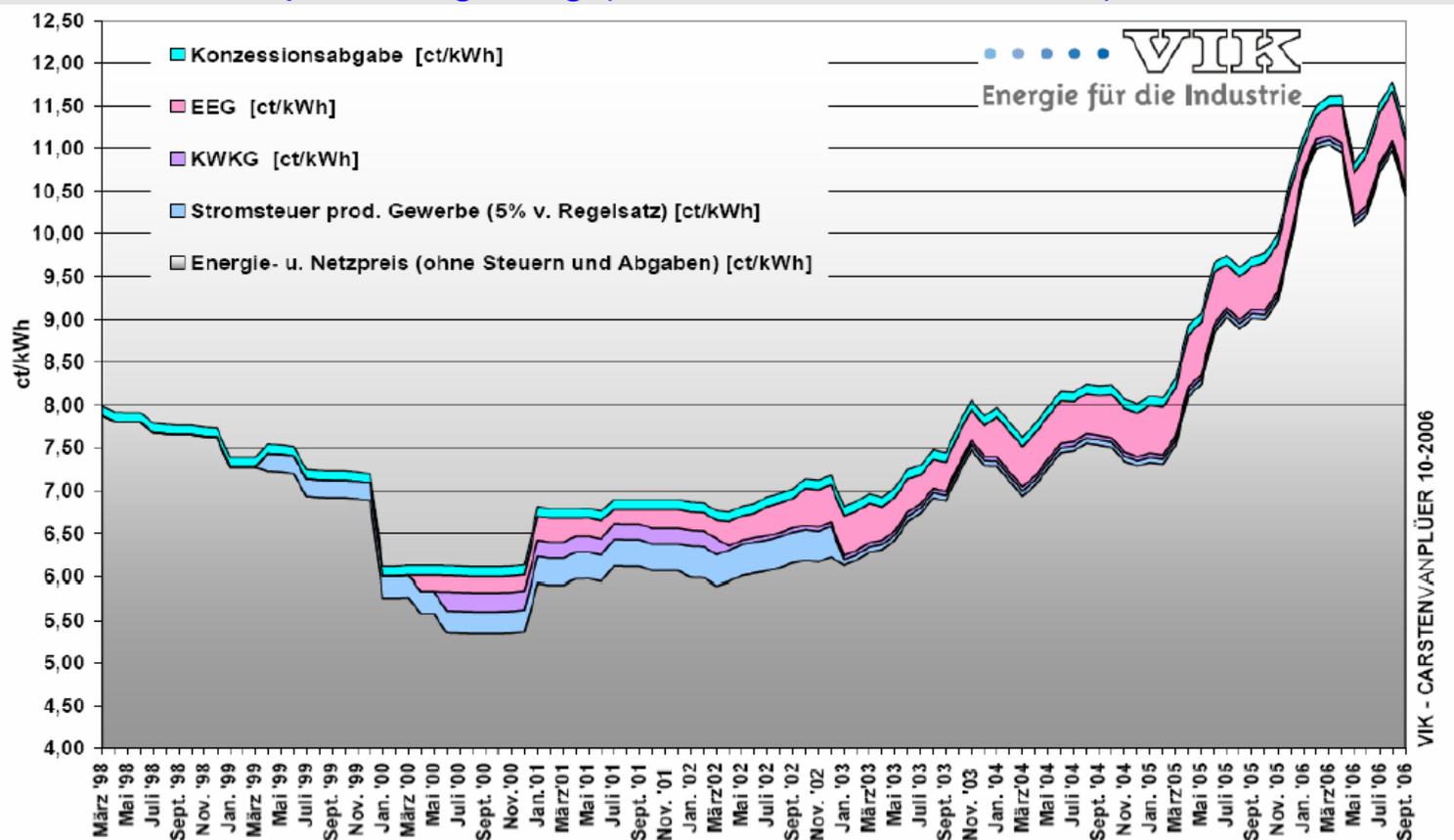
4) Mögliche Potenziale für Biomasse-Anlagen im Rahmen virtueller Kraftwerke (VK)

4) Potenziale für Biomasse-Anlagen im Rahmen von VK

a) Mögliche Energiedienstleistungen

1. Stromerzeugung für den eigenen Bedarf

- Spitzenlastmanagement (Leistungspreise)
→ Interessant, falls Leistungspreise gezahlt werden müssen und Lastspitzen auftreten
- Energiemanagement (Arbeitspreise)
→ Interessant, bspw. wenn Strombezugspreise höher sind als die Einspeisevergütung (z.B. bei variablen Tarifen)



Strompreise
der Industrie
Quelle: VIK

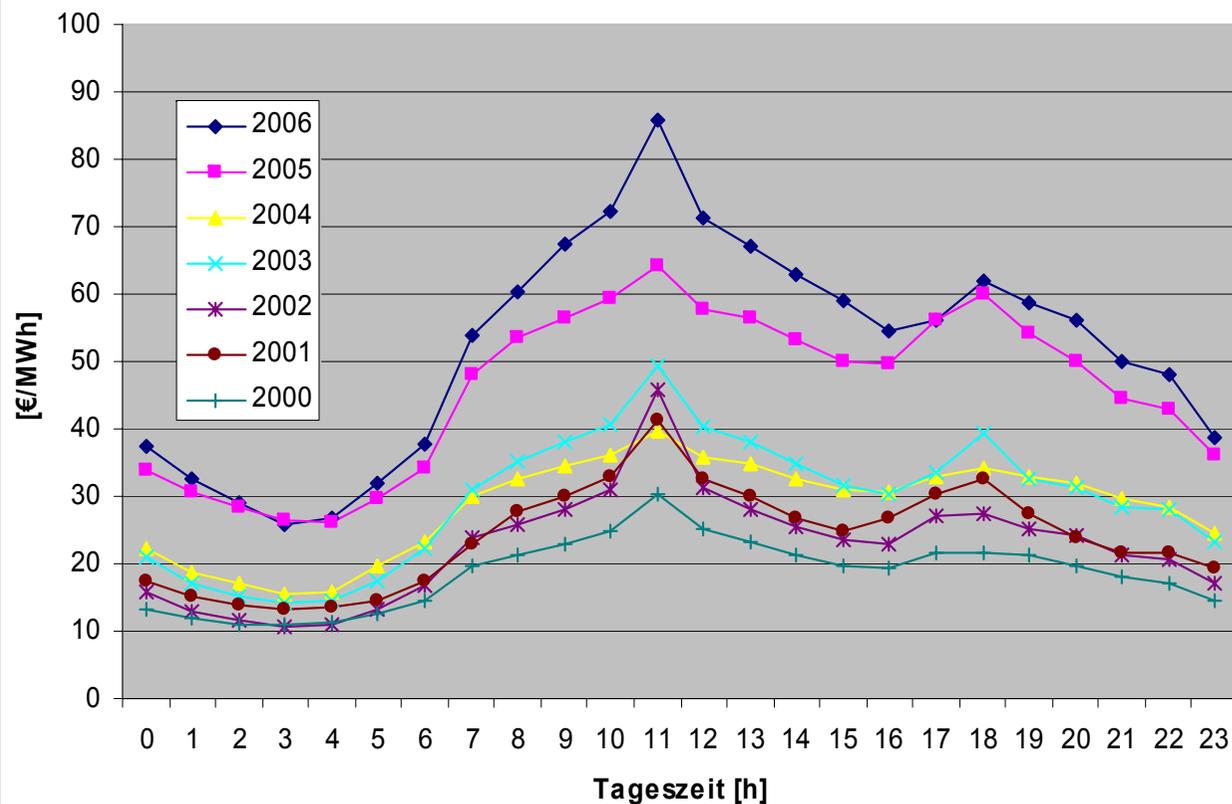
4) Mögliche Potenziale für Biomasse-Anlagen

a) Mögliche Energiedienstleistungen

2. Stromerzeugung für andere

- EEX: Day Ahead
 - Zugangs-/Anbindungskosten: 20.300 €/a
 - Stundenblöcke in Stufen von 1MW
- Interessant, falls größere Anlage oder Pool

Betriebskosten bedeutet hier eigentlich entgangene EEG Vergütung



Gewinn in € einer 1 MW-Anlage bei Betriebskosten von	2004	2005	2006
5 €-Ct/kWh	1.749	59.645	93.486
10 €-Ct/kWh	52	13.931	20.233
15 €-Ct/kWh	0	6.241	13.957
20 €-Ct/kWh	0	2.868	11.492
25 €-Ct/kWh	0	1.648	9.815
30 €-Ct/kWh	0	830	8.463
35 €-Ct/kWh	0	454	7.762
40 €-Ct/kWh	0	218	7.077
45 €-Ct/kWh	0	100	6.477
50 €-Ct/kWh	0	0	5.928

4) DEA und deren Möglichkeiten

b) Mögliche Energiedienstleistungen

2. Stromerzeugung für andere

- EEX: Intraday
 - Zugangs-/Anbindungskosten: 7.500 €/a
 - Stundenblöcke in Stufen von 100 kW
- derzeit uninteressant auf Grund geringer Preise
(existiert aber erst seit 25.09.2006)

Stunden mit Arbeitspreis	25.09.2006-15.01.2007
> 5 €-Ct/kWh	618
> 10 €-Ct/kWh	1

Von 2712
möglichen
Stunden

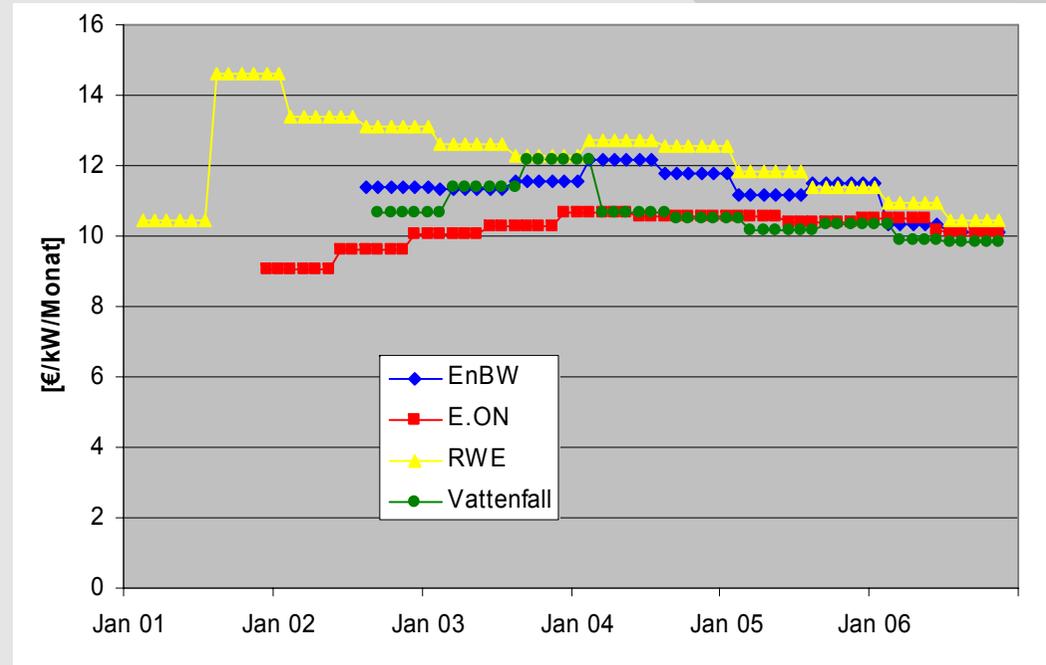
4) DEA und deren Möglichkeiten

b) Mögliche Netzdienstleistungen

1. Frequenzregelung

- Primärregelung (PR)
 - Halbjährliche Lieferverpflichtung
 - Mindestleistung 2 MW
 - Kein Pooling
 - Präqualifikationskosten
 - Volumen: 657 MW
 - Preise: ca. 120 € / (kW*Jahr)
 - Leistungsreserve notwendig

→ bei derzeitigen Größen nicht möglich



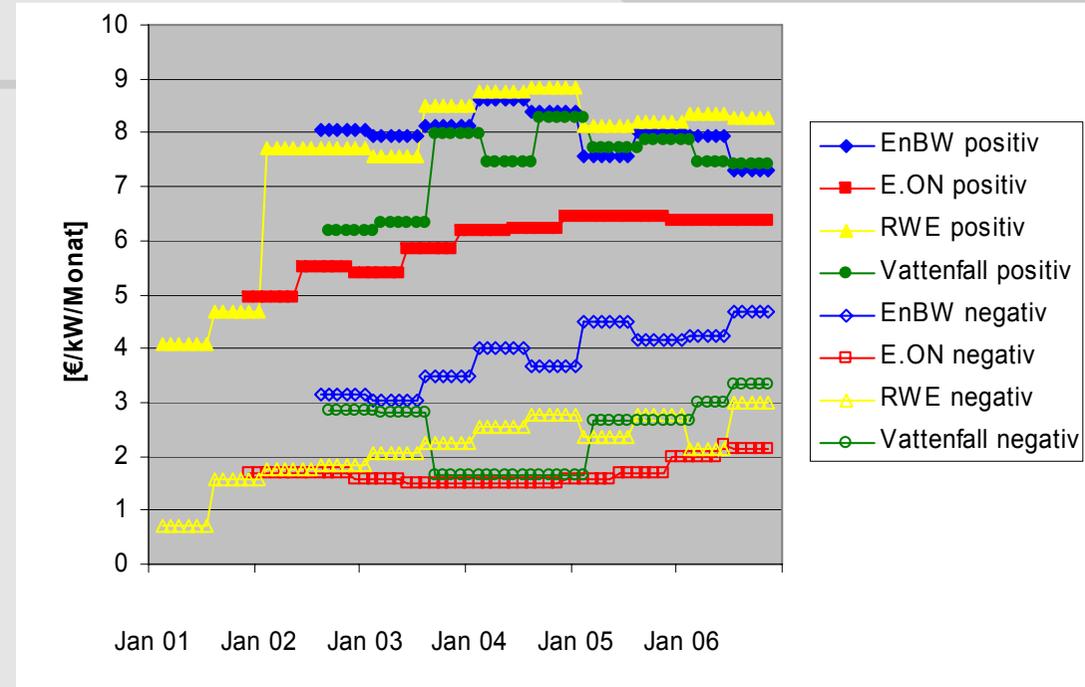
4) DEA und deren Möglichkeiten

b) Mögliche Netzdienstleistungen

1. Frequenzregelung

- Sekundärregelung (SR)
 - Halbjährliche Lieferverpflichtung
 - Mindestleistung 30 MW
 - Pooling möglich
 - Präqualifikationskosten
 - positive SR
 - Volumen: +3330 MW
 - Preise: im Mittel 75-100 € / (kW*Jahr) & ca. 6-12 Cent/kWh
 - Leistungsreserve notwendig
 - negative SR
 - Volumen -2600 MW
 - Preise: im Mittel 25-50 € / (kW*Jahr) & ca. 0-1,5 Cent/kWh

→ interessant bei Anwendung des Poolings



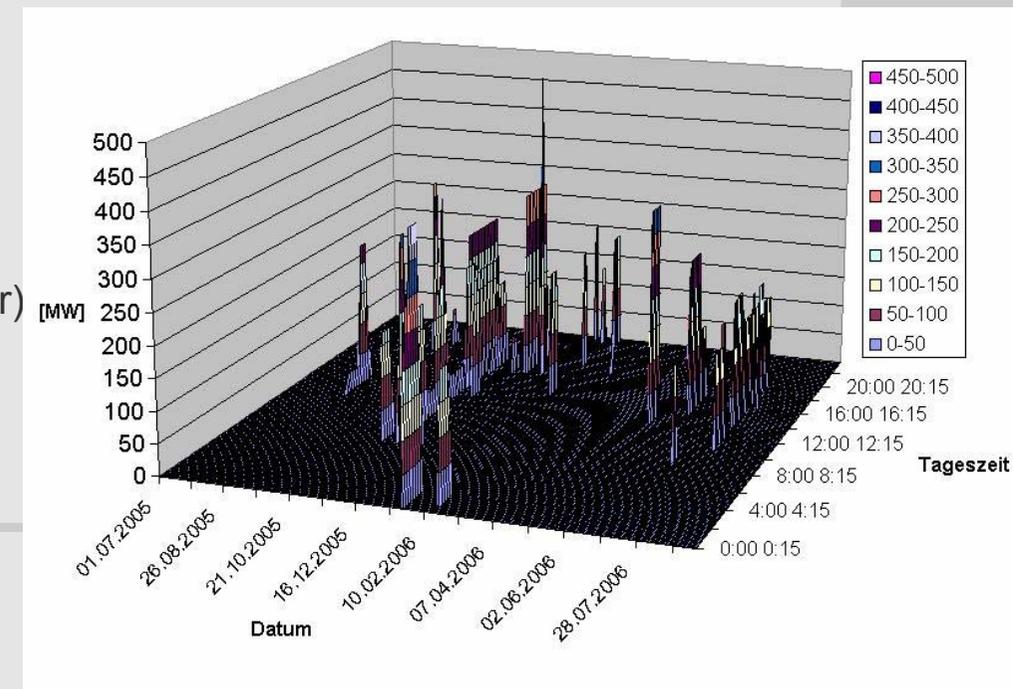
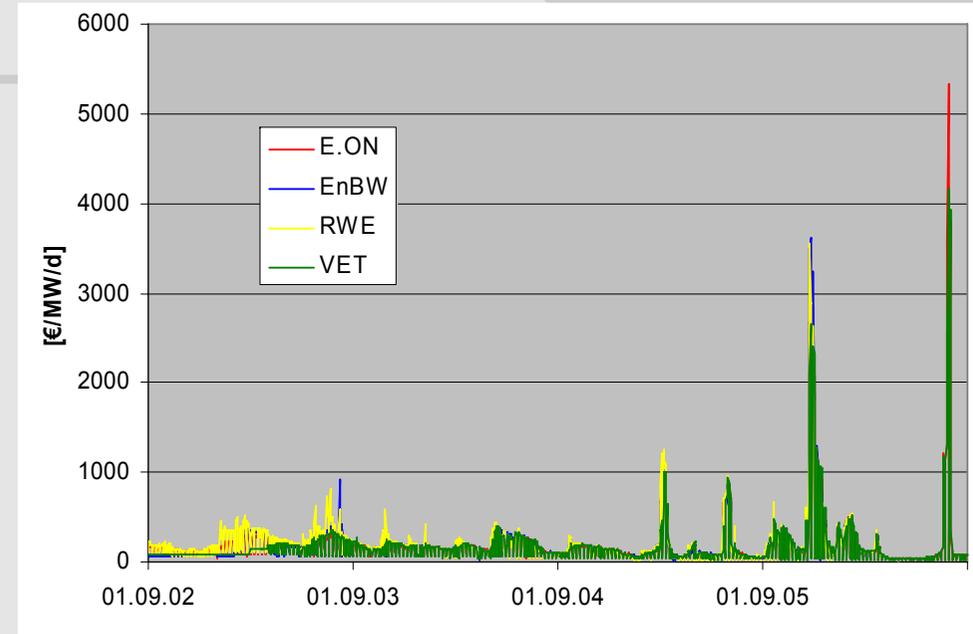
4) DEA und deren Möglichkeiten

b) Mögliche Netzdienstleistungen

1. Frequenzregelung

- Minutenreserve (MR)
 - Zeitscheiben von 4 h
 - Mindestleistung 15 MW
 - Pooling möglich
 - Präqualifikationskosten
 - positive MR
 - Volumen: +3340 MW
 - Preise: im Mittel 10-(>200) € / (kW*Jahr)
& ca. 10-(>200) Cent/kWh
 - Leistungsreserve notwendig
 - negative MR
 - Volumen -2020 MW
 - Preise: im Mittel 20-70 € / (kW*Jahr)
& ca. 0 Cent/kWh

→ sehr interessant bei Anwendung des Poolings (siehe STEAG Saar Energie)



4) DEA und deren Möglichkeiten

b) Mögliche Netzdienstleistungen

1. Frequenzregelung

- Dauerreserve:
 - Aufgabe des BKV (Bilanzkreisverantwortlichen)
 - Einsatz bei Abweichung der Fahrpläne und nach Ablauf der Minutenreserve (1 Stunde)
- muss im Einzelfall erörtert werden, ob interessant oder nicht

4) DEA und deren Möglichkeiten

b) Mögliche Netzdienstleistungen

2. Bereitstellung von Blindleistung zur

- Lokalen Kompensation (Einhaltung bestimmter Leistungsfaktoren)
 - Als Ersatz für statische Kompensationsanlagen interessant, aber (ausreichende Dimensionierung notwendig)
- Spannungsregelung
 - Existiert derzeit noch kein Markt in Deutschland, aber in Spanien und GB, (ausreichende Dimensionierung notwendig)

- technische möglich bei Einsatz von Synchrongeneratoren und Wechselrichtern zur Netzkopplung
- Wirtschaftlichkeit abhängig von lokalen Begebenheiten

4) DEA und deren Möglichkeiten

b) Mögliche Netzdienstleistungen

3. Verbesserung der Spannungsqualität

- Bei Einsatz von Entkopplungsdrosseln ist lokale Verbesserung möglich
→ interessant bei Kopplung mit Wechselrichtern und lokalem Bedarf

4. Fähigkeit zum Netzwiederaufbau (Schwarzstart)

- technisch möglich, aber derzeit noch nicht umsetzbar

5. Fähigkeit zum Inselbetrieb (analog Unterbrechungsfreie Stromversorgung) (Verbesserung der Versorgungszuverlässigkeit)

- bei Einsatz von Wechselrichtern und Synchrongeneratoren technisch möglich
- wirtschaftlich interessant bei lokalem Bedarf nach erhöhter Versorgungszuverlässigkeit

6. Verringerung der Netzverluste

- wirtschaftlich derzeit eher uninteressant, da Preise bei ca. 5-7 €-Cent/kWh liegen

Schlussfolgerung

- **Umfangreiche technische Möglichkeiten von DEA (insbesondere von Biomasse-Anlagen) zur Bereitstellung von**
 - Energiedienstleistungen und
 - Netzdienstleistungen
 - **Verbesserte und weitere Möglichkeiten bei Einbindung in Virtuelle Kraftwerke durch**
 - Größere Leistung (Überwindung von Marktbarrieren) und
 - Geringeres Risiko (Portfolio)
 - **Derzeitiges Spektrum an Möglichkeiten wird noch nicht ausgeschöpft**
- **Dezentrale Erzeugungsanlagen können (im Rahmen virtueller Kraftwerke) alle Energie- und Netzdienstleistungen bereitstellen**
- **Ein vollständiger Ersatz konventioneller Kraftwerke ist damit möglich wie auch eine nachhaltige und sichere Stromversorgung**