

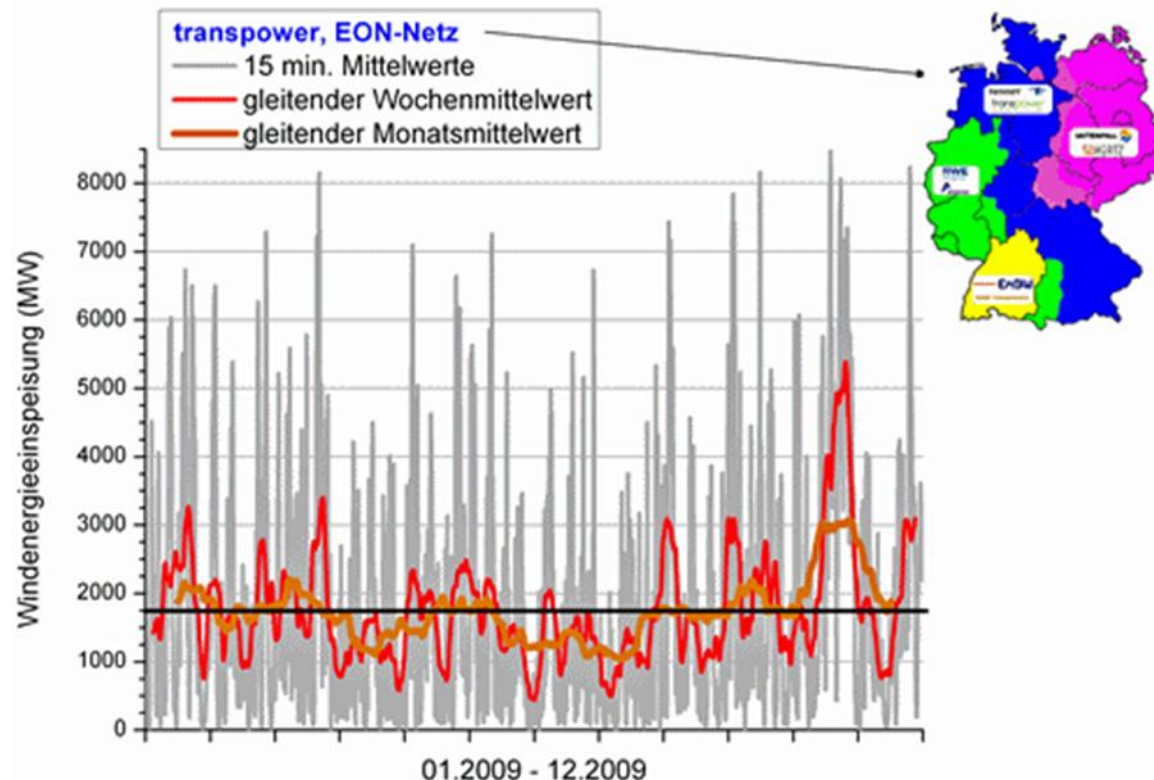


# Integrating Data Centres into Demand-Response Management

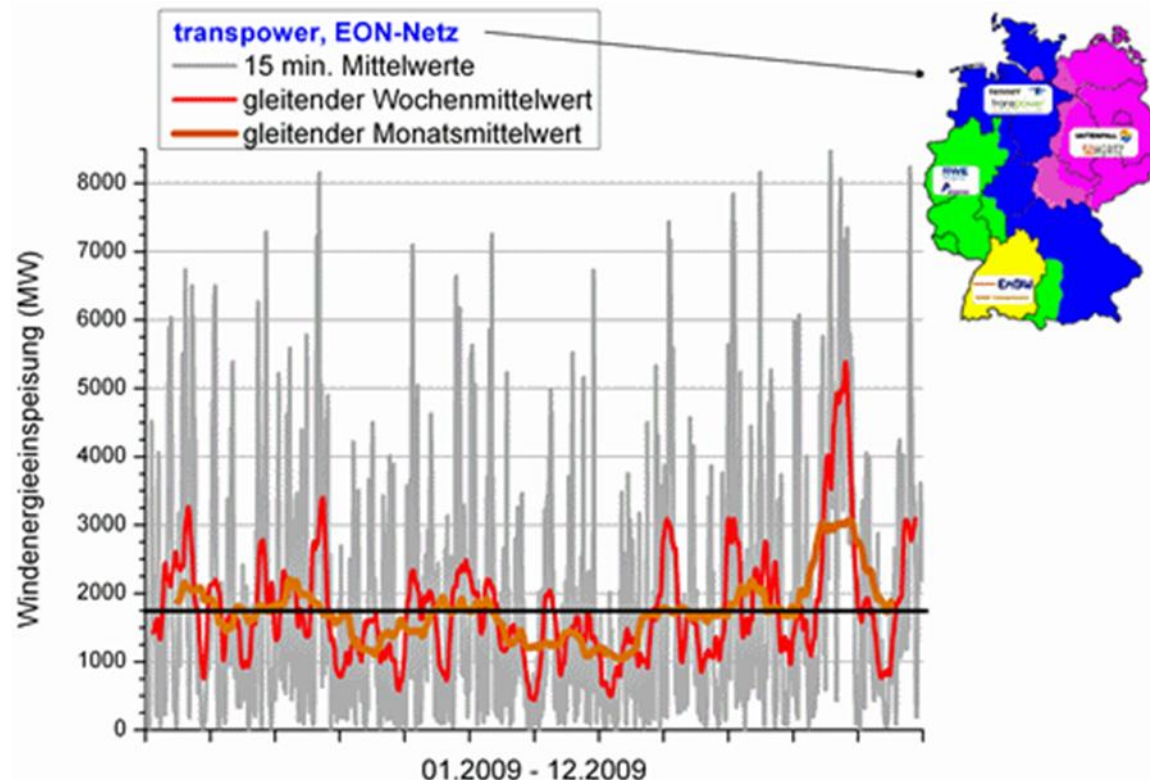
## A Local Case Study

Andreas Berl (Universität Passau), Sonja Klingert  
(Universität Mannheim), Michael Till Beck (SWP),  
Hermann de Meer (Universität Passau)

# Motivation: Warum Demand Response....

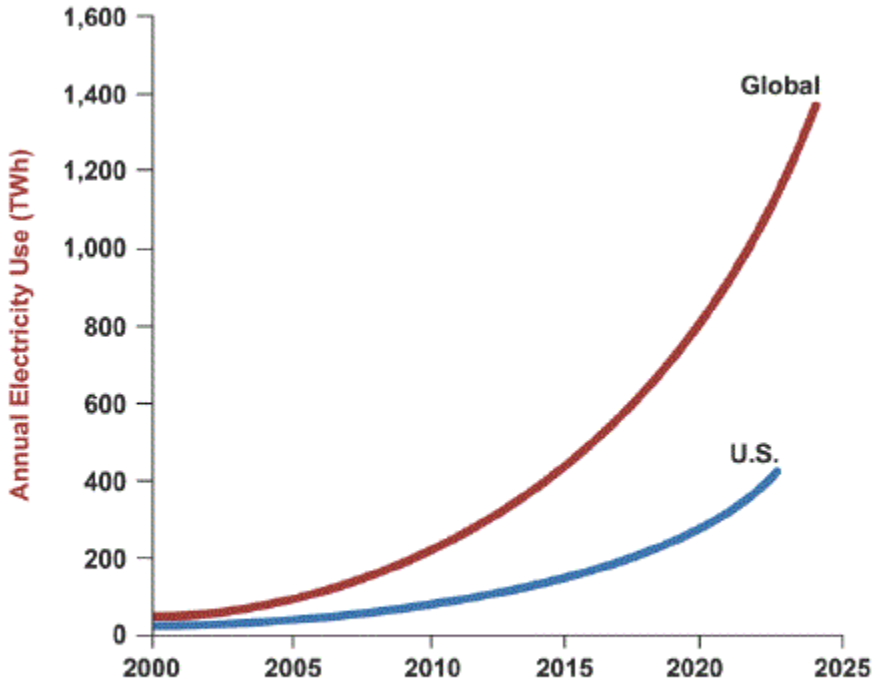


# Motivation: Warum Demand Response....



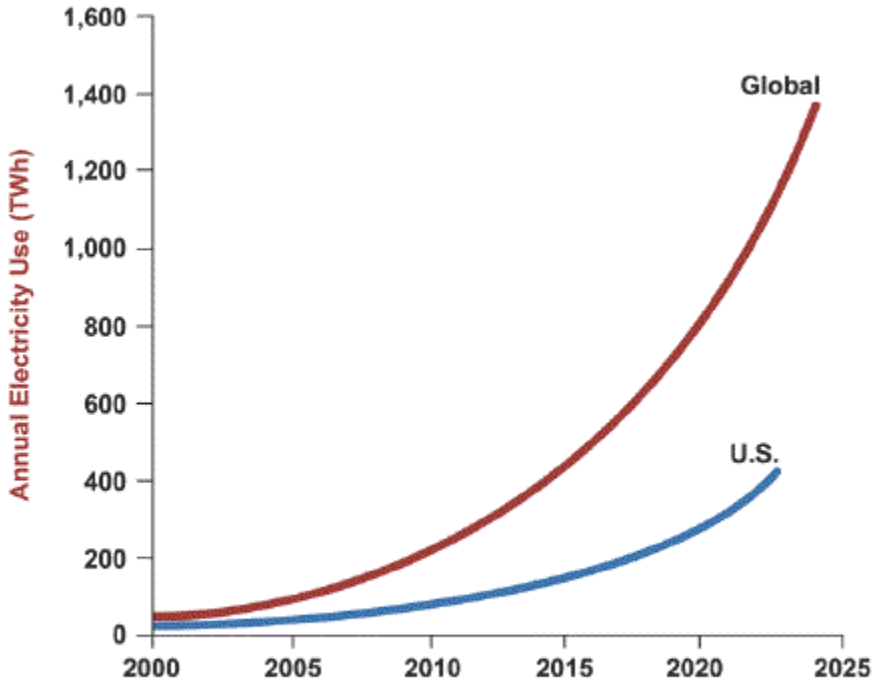
...muß bei einer Energiekonferenz heute nicht mehr motiviert werden.

# Motivation: ..... mit Rechenzentren?

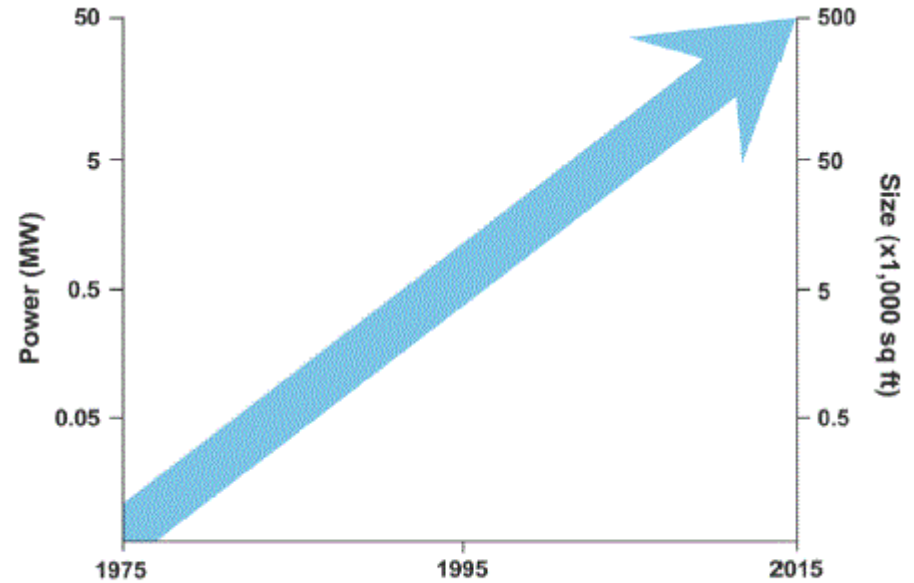


Source: Microsoft Global Foundation Services

# Motivation: ..... mit Rechenzentren?



Source: Microsoft Global Foundation Services



Source: Sun Microsystems



- **Der weltweite Leistungsbedarf von Rechenzentren stieg zwischen 2011 und 2012 um 63% auf 38GW<sup>1</sup>.**
- Dieselbe Studie berichtet von gestiegenen KW/Server Rack.
- Die Rechenzentren, die sich am European Code of Conduct beteiligen, benötigen im Schnitt 15 MWh/Jahr, das größte 70 MWh<sup>2</sup>.
- Laut Erhebung für das UBA gab es in D 2010 50 RZ mit einer Durchschnittsleistung von 5,7 MW und ca. 350 mit einer Durchschnittsleistung von 0,5 MW<sup>3</sup>.

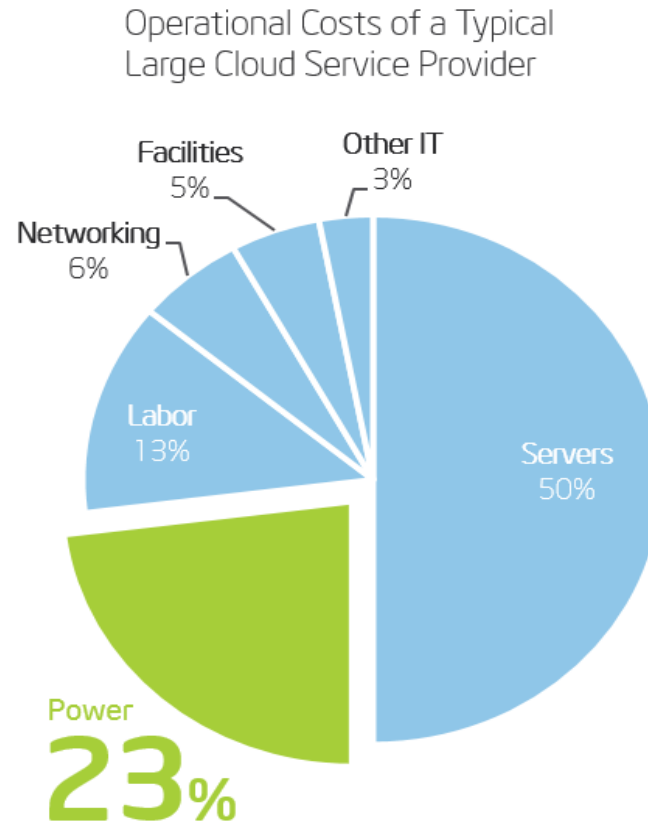
<sup>1</sup> <http://www.computerweekly.com/news/2240164589/Datacentre-power-demand-grew-63-in-2012-Global-datacentre-census>, *DatacenterDynamics 2012*

<sup>2</sup> [http://ec.europa.eu/dgs/jrc/index.cfm?id=1410&dt\\_code=NWS&obj\\_id=16920&ori=RSS](http://ec.europa.eu/dgs/jrc/index.cfm?id=1410&dt_code=NWS&obj_id=16920&ori=RSS)

<sup>3</sup> „Materialbestand der Rechenzentren in Deutschland: Eine Bestandsaufnahme zur Ermittlung von Ressourcen- und Energieeinsatz“, UBA Whitepaper 55/2010



- Energie- und energiebezogene Kosten 25<sup>1</sup>-50<sup>2</sup>% der operationalen Kosten eines Rechenzentrums



<sup>1</sup><http://www.informationweek.com/hardware/data-centers/5-data-center-trends-for-2013/240145349>

<sup>2</sup>J. Hamilton, "Cooperative expendable micro-slice servers (cems): Low cost, low power servers for internet-scale services," Jan. 2009

Source Image: <https://www.icc-usa.com/1/intel-xeon/>

# Motivation: ..... von Rechenzentren?



**SPIEGEL ONLINE NETZWELT**

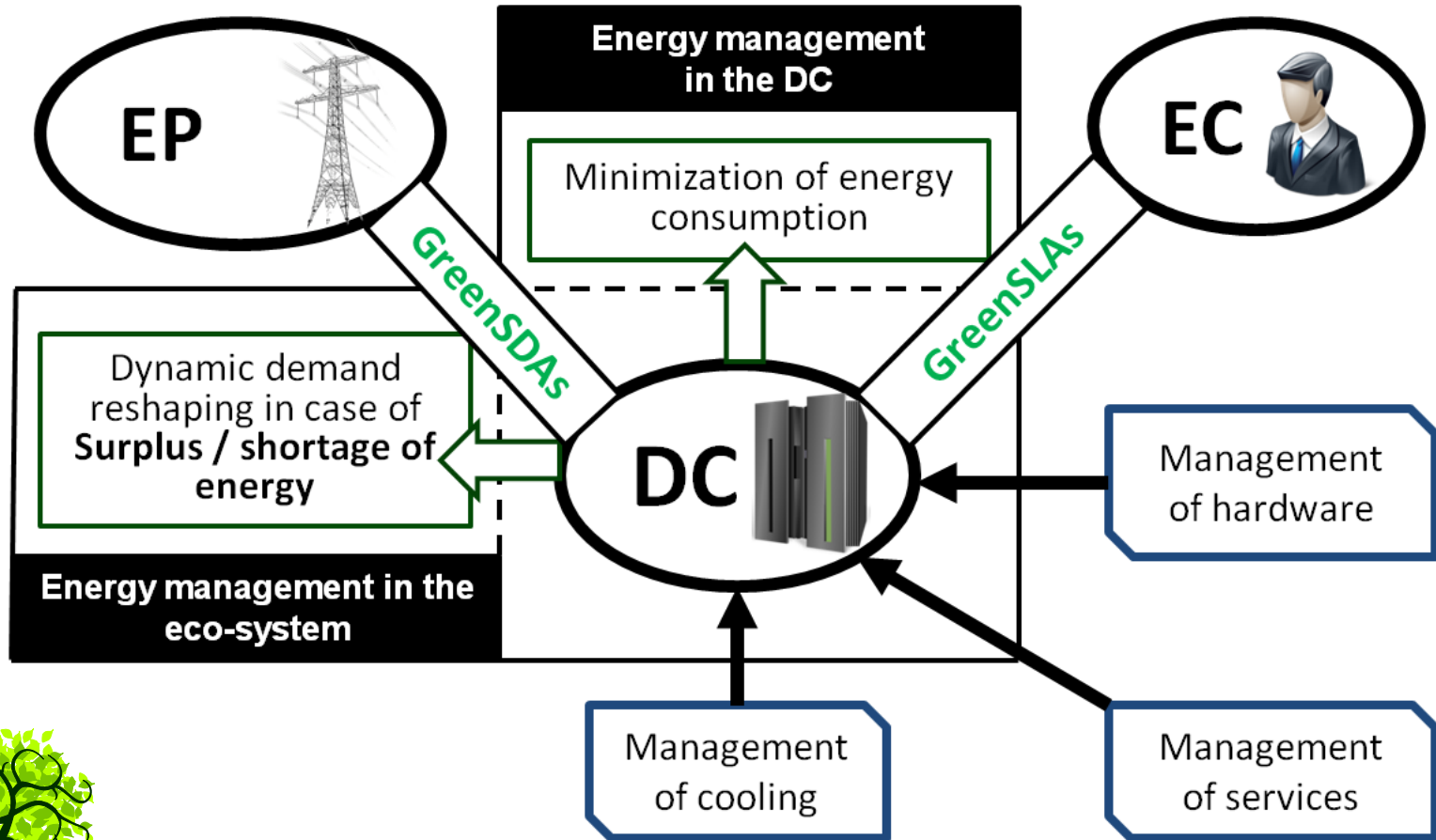
**Panne im Überwachungszentrum: Stromschwankungen bringen NSA-Technik zum Schmelzen**

Der US-Geheimdienst NSA kann sein neues, milliardenteures Rechenzentrum in Utah nicht in Betrieb nehmen. Laut "Wall Street Journal" gibt es massive technische Probleme: Immer wieder treten Stromschwankungen auf, die sogar Metall zum Schmelzen bringen.

8.10.2013

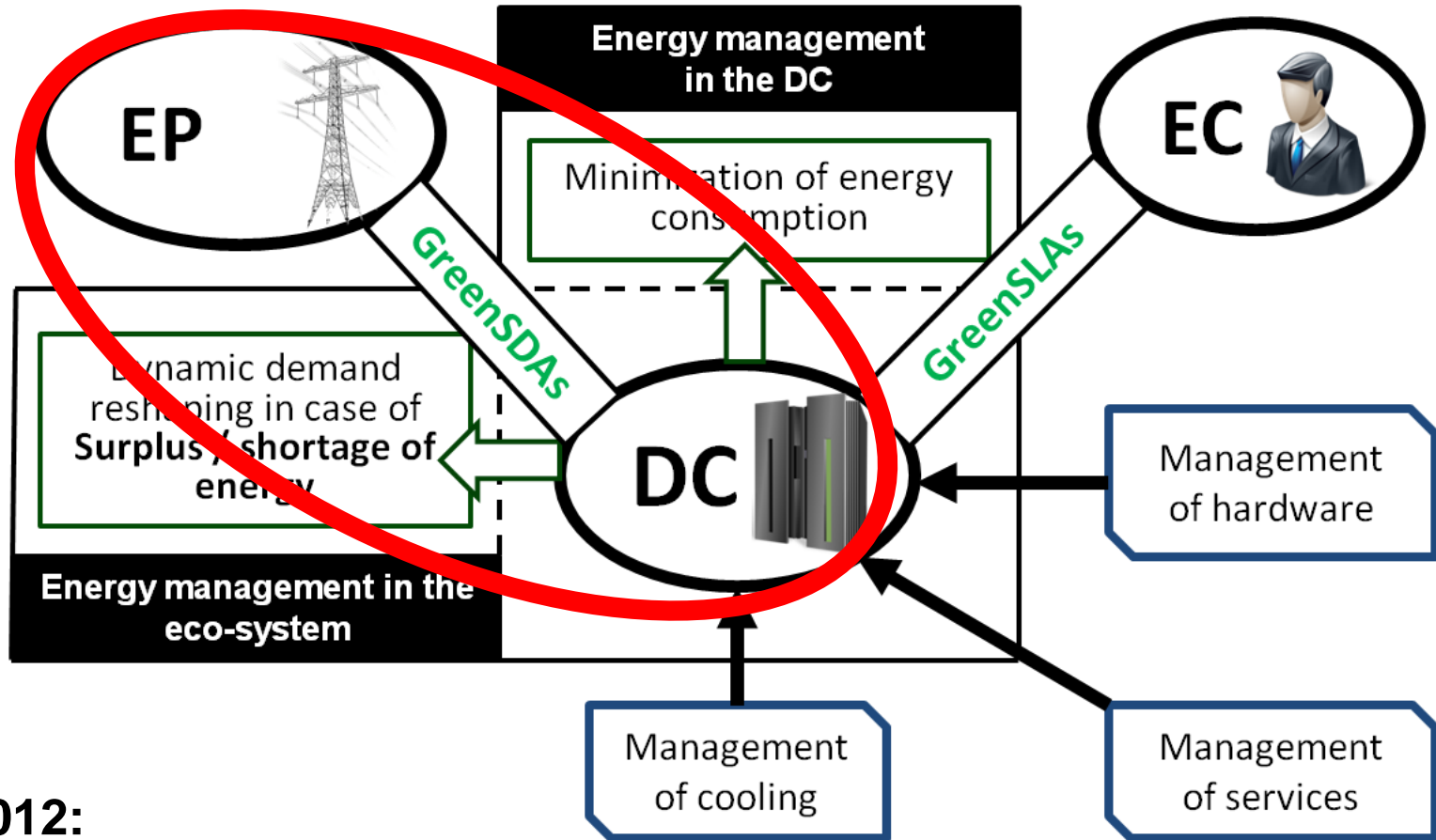


# All4Green: RZ „Ökosystem“!



**All4green**

# All4Green: RZ „Ökosystem“!



## LBNL 2012:

Temporary power reductions of 25%  
at the data center level or 10%-12%  
at building level



- Serverkonsolidierung
- Zeitliche Verschiebung von Batch-Prozessen
  - Eigene Messungen: abh. v. Kunden Leistungsreduktion von zwischen 2-7% bei einer zeitlichen Verlagerung des Virusscans
  - Kombination von verschiedenen Flexibilitäten wie Front-End Performance und Server Redundanzen bringen abh. von Kunden Leistungreduzierung zwischen 8-60%
- Unterschiedliche Energieoptionen der Hardware
- Migration von Prozessen nach anderen Rechenzentren (federated data centres)
- UPS/USV
- Setpoint Kühlsysteme



- **Dynamisierung der Strompreise**
  - Time of Use (TOU): relativ unflexibel, Anpassungsergebnis nicht vorhersehbar
  - Real Time Pricing (RTP): flexibel, Anpassungsergebnis nicht vorhersehbar
- **Vertragliche Bindung (Vorbild USA)**
  - „Programme“: Fixer Bonus abhängig von der Bereitschaft, kurzfristig zu reagieren, Anpassungsergebnis vorhersehbar
  - Ziel: Vermeidung von Blackouts oder Brownouts
  - Feinsteuerung (grüne Phase) nicht möglich
- **Lösung: GreenSDA: verbindet Flexibilität mit relativ hoher Vorhersehbarkeit der Anpassung**
- **Vorbild: Service Level Agreements (SLA) zw. RZ und EC**



- GreenSDA ersetzt/ergänzt den normalen Stromliefervertrag
- Ermöglicht die Einbindung der Ziele des Energieversorgungssystems (Stabilität der Netzspannung) in das Zielsystem des RZ
- Mittel:
  - Flexibilisierung der Stromlieferung
  - Anfragenbasiert
  - In den ausgehandelten Grenzen
  - Gegen finanziellen Anreizmechanismus



## Annahmen:

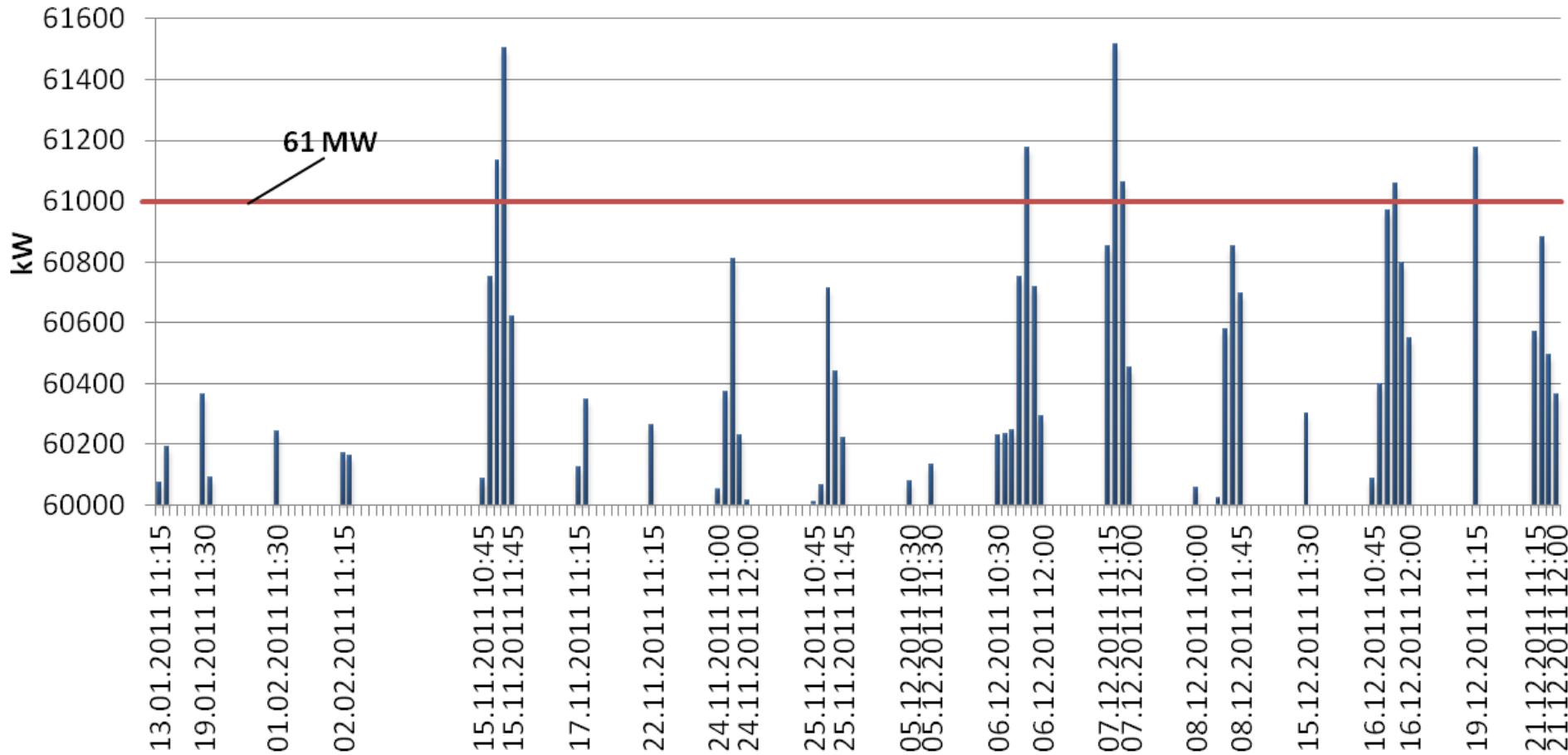
- Mittleres RZ (550kW)
- Stromkosten: 20400/Monat (ohne Steuern)

No.	Parameter
1	<p>Requests EP: Decrease Power</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• EP can request a power reduction of up to 300 kW, see evaluation</li> <li>• The requested duration of this decrease can be up to 30 minutes</li> <li>• Such request must be issued no more than twice per week from November to April and no more than three times per week from April to September</li> </ul>
2	<p>Requests EP: Increase Power</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• EP can request a power increase of up to 50kW</li> <li>• The requested duration of this increase can be up to 4 hours</li> <li>• Such request must be issued no more than once per week from November to April and no more than 4 times per week from April to September</li> </ul>
3	<p>Negotiation: Answer from DC to requests</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• An EP request must either be acknowledged by the DC</li> <li>• Or an EP request can be answered with a counter-offer. Negotiation stops when a partner acknowledges/declines the other's counter-offer.</li> <li>• Or an EP request can be declined by the DC</li> </ul>
4	<p>Monitoring Collaboration EP-DC</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>CollDC = \frac{AcknDC}{RequestsEP}</math></li> </ul>
5	<p>Monitoring Eco-result of GreenSDA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>GreenKPI = \Sigma  shiftedKWH_{DC}  * \Delta CEF</math></li> </ul>
6	<p>DC GreenSDA reward</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fixed reward FixRew = 100Euro/100kW</li> <li>• Variable reward VarRew = 3 * CollDC * <math>\Sigma  shiftedKWH_{DC} </math> for CollDC <math>\geq 0,5</math></li> </ul>
7	<p>DC Penalty for breach of contract</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>Penalty = (1 - CollDC) * 2000Euro</math> for CollDC <math>\leq 0,3</math></li> </ul>



- **Fixer Bonus**
  - Für die grundsätzliche Bereitschaft zur Zusammenarbeit
  - Abhängig vom Grad der Verpflichtung
- **Variabler Bonus**
  - Abhängig von tatsächlich erfolgter Kollaboration
- **Vertragsstrafe**
  - Bei Kollaboration unter der vereinbarten Schwelle
- **Trade-off**
  - Risikoteilung zwischen EV und RZ
  - Verbindlichkeit/Vorhersagbarkeit des Anpassungsergebnisses

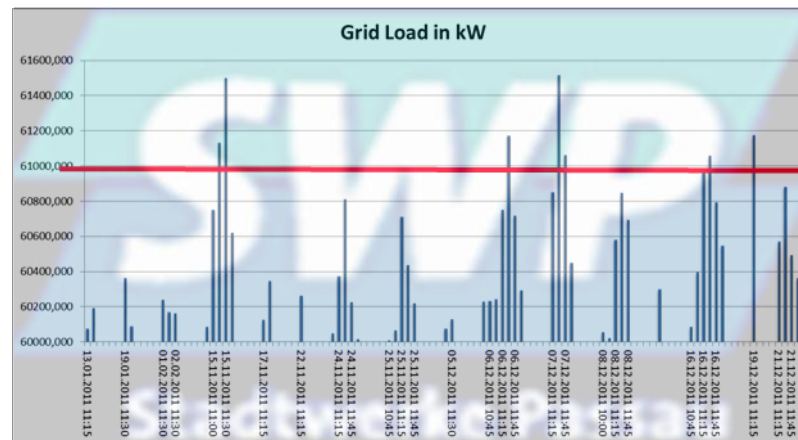
# Fallstudie Passau: Problem



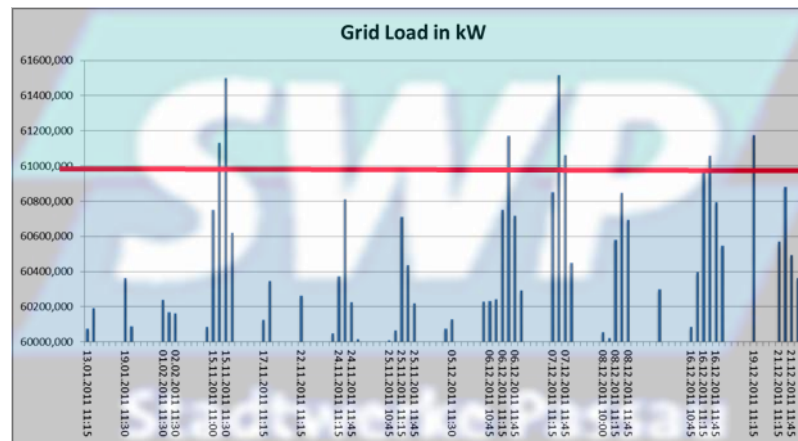
Nur 5 Peaks unterschiedlicher Länge und Höhe



# Fallstudie Passau: Lösung?



# Fallstudie Passau: Lösung?

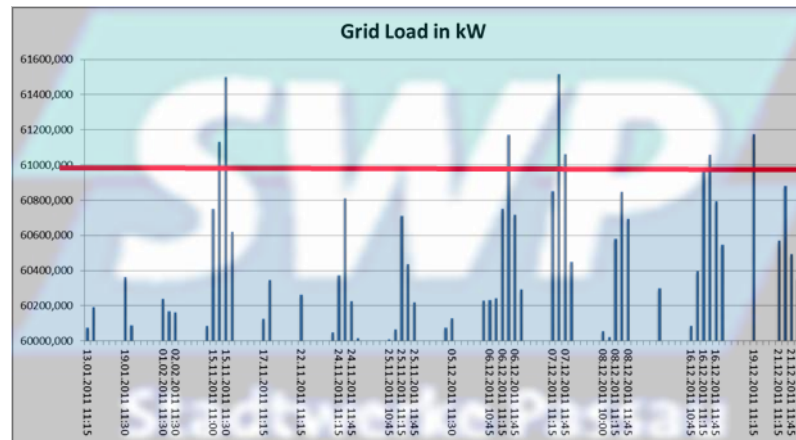


# Fallstudie Passau: Lösung?

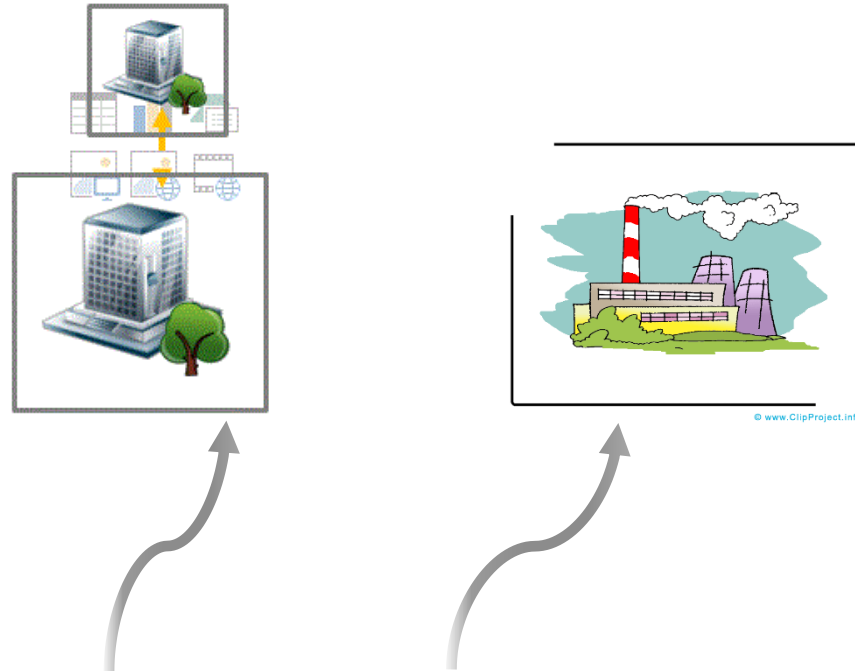


Die  
Großen 4

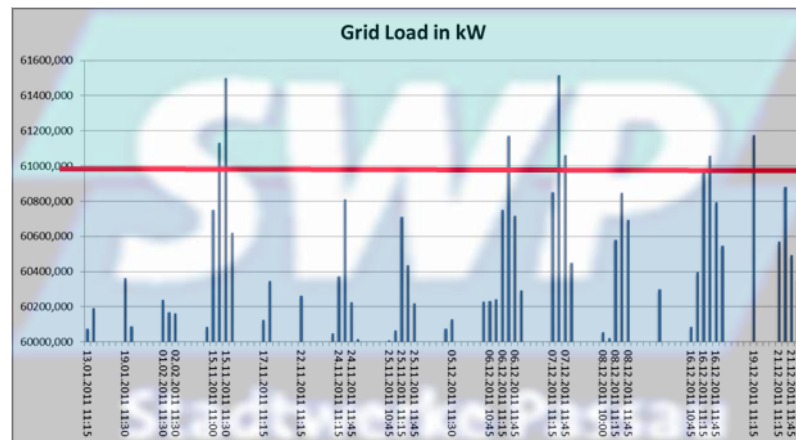
eeX



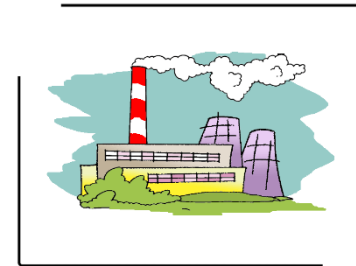
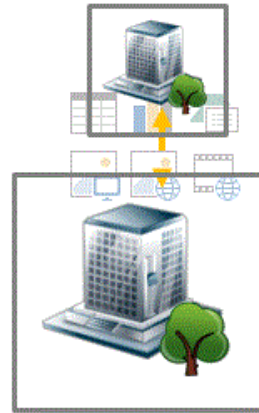
# Fallstudie Passau: Lösung?



© www.ClipProject.info



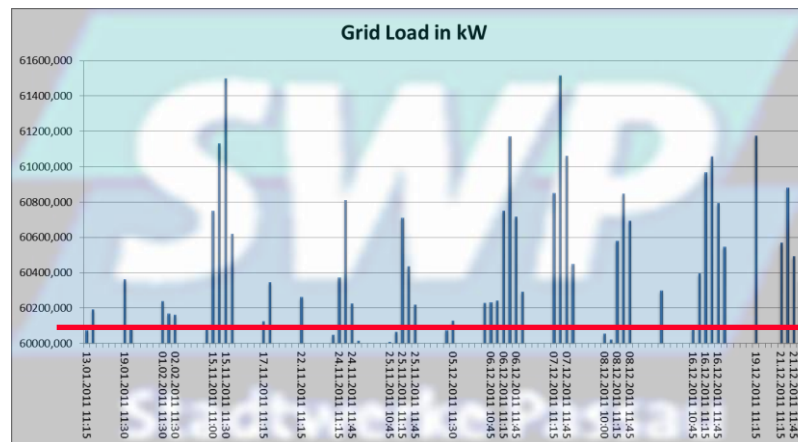
# Fallstudie Passau: Lösung?



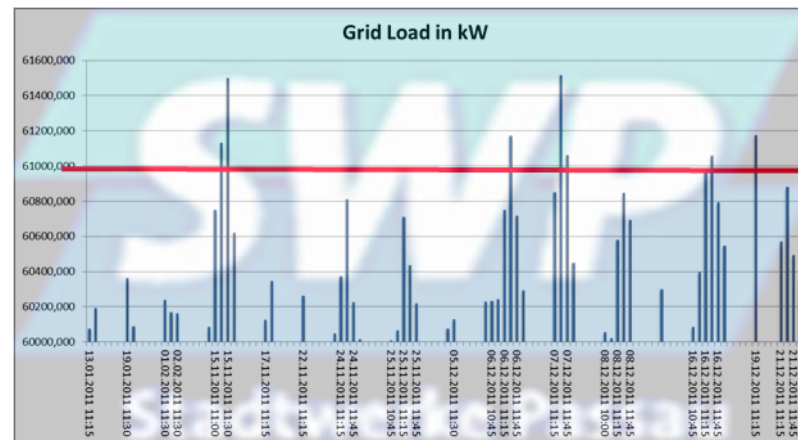
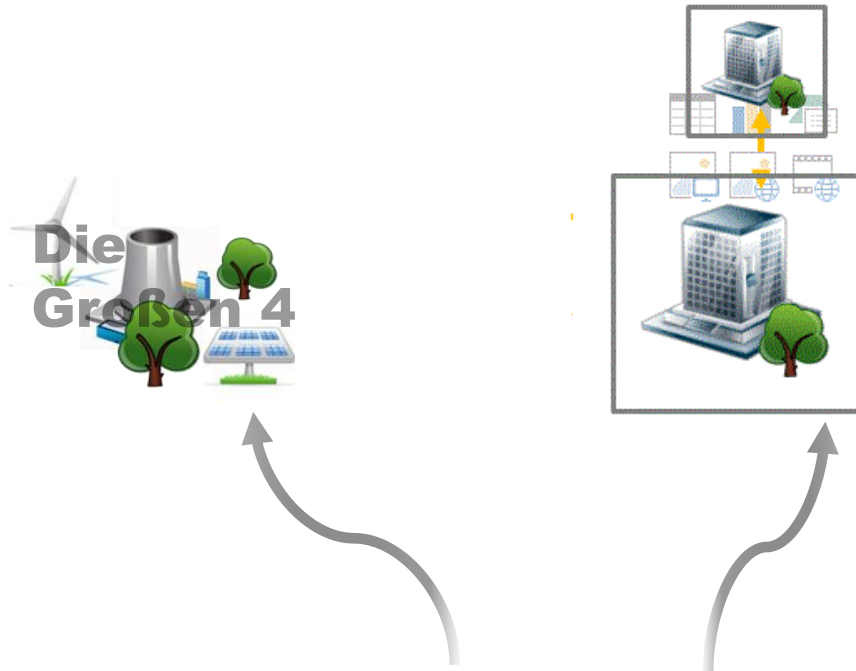
© www.ClipProject.info



**eex**



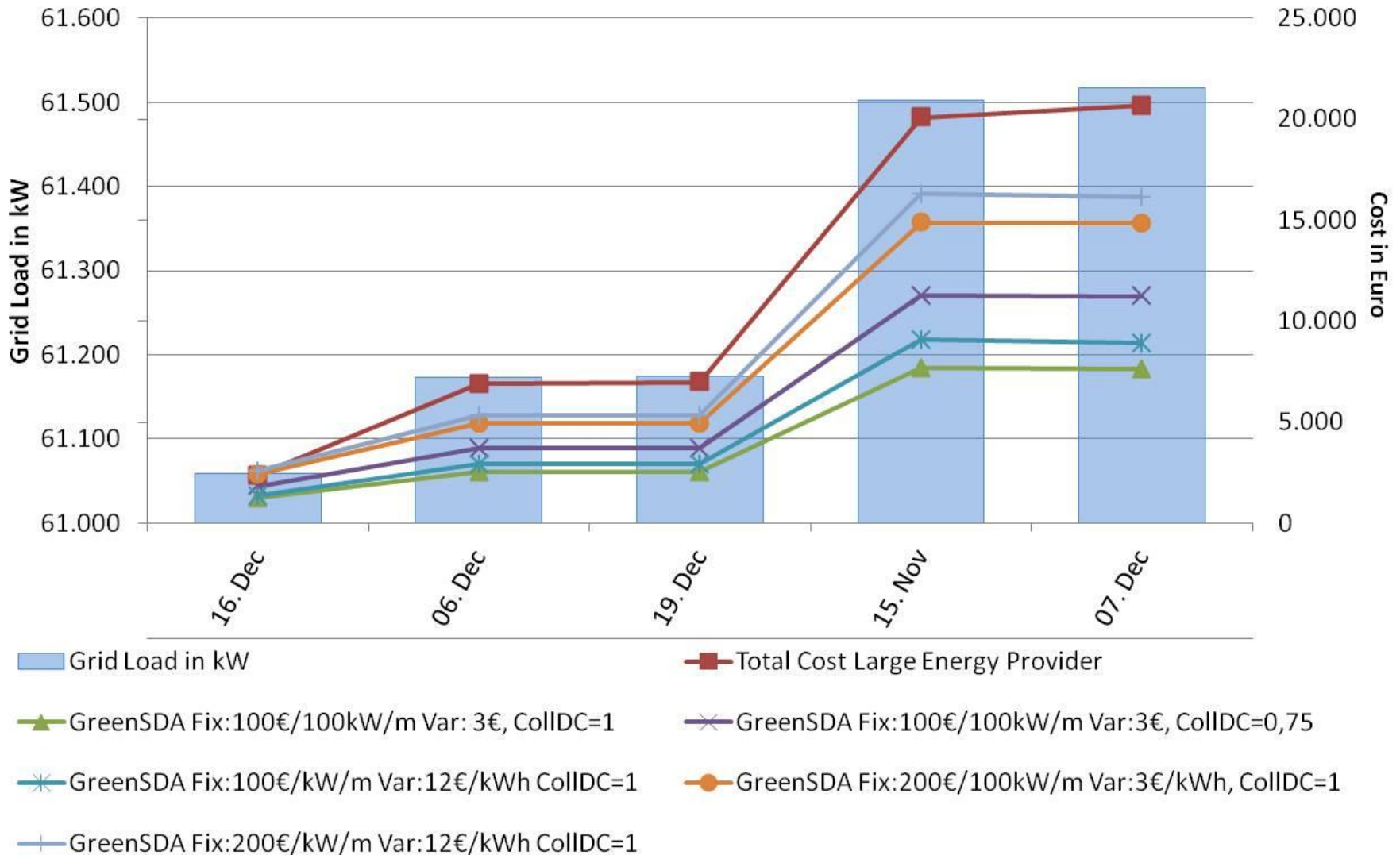
# Fallstudie Passau: Lösung?





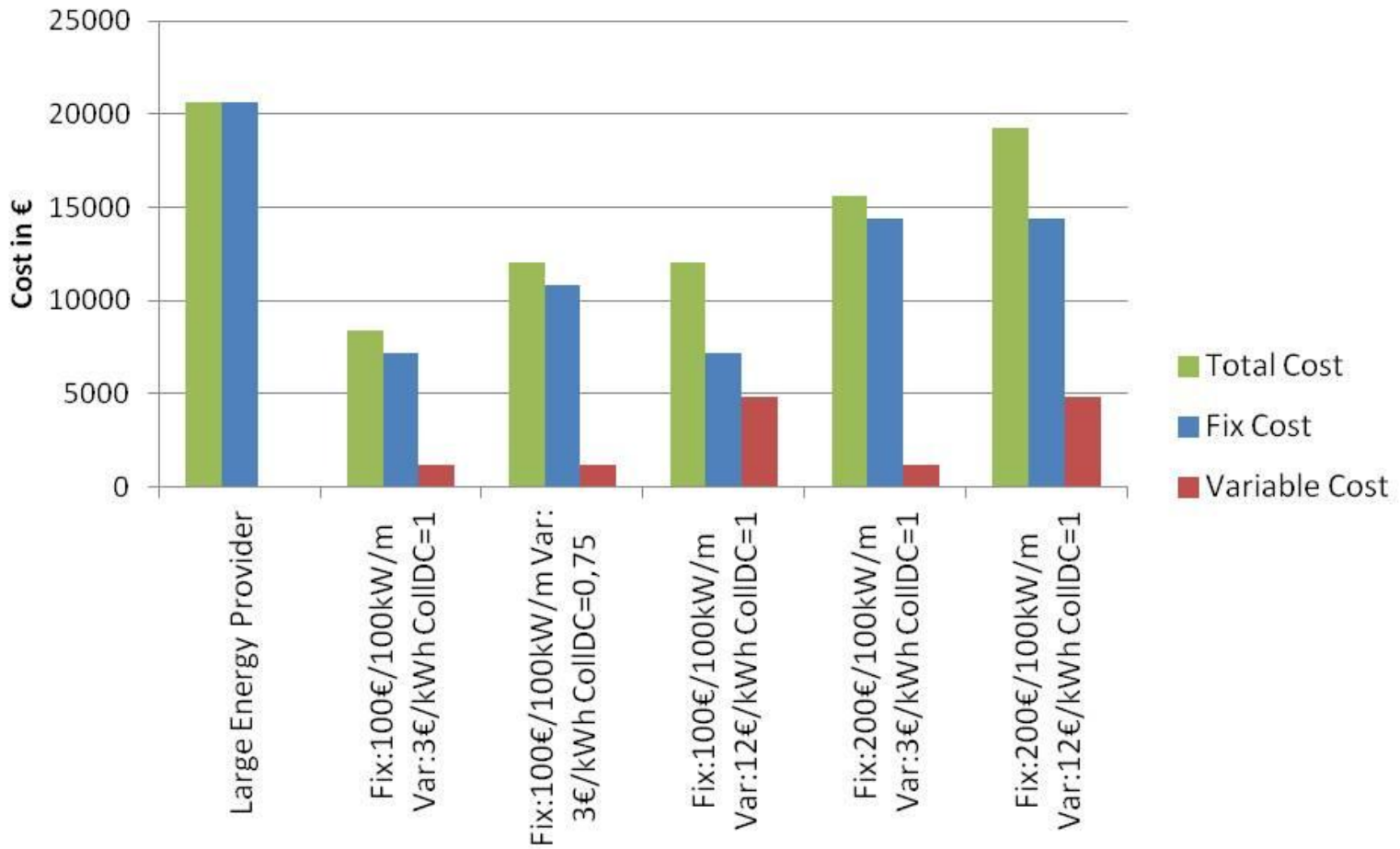
- Wäre es für SWP in Jahr 2011 rückblickend vorteilhaft gewesen, Rechenzentren per GreenSDA zur Zusammenarbeit zu bewegen?
  - Welche Konstellation von fixen und variablen Rabatten wäre sinnvoll gewesen?
  
- Annahmen
  - SWP möchte die Spitzenlast von 61.5 auf 61 MW reduzieren
  - Jede KW über 61MW kostet 40€ (für ein Jahr), jede kWh 0,047€
  - Es gibt im Einzugsbereich von SWP RZ mit einer möglichen Lastverschiebung von 600 kW (UPS/15 Minuten) und gültigem GreenSDA Kostenentlastungen für repräsentatives RZ mit o.g. GreenSDA
  - Keine „Erholungszeit“ der RZ
  - CO2: 380g/kWh bei großem EV, Solar 100g/kWh

# Fallstudie Passau: Ergebnisse





# Fallstudie Passau: Ergebnisse





- GreenSDA können sich sowohl für den EV als auch für das RZ lohnen
- Eine Kombination aus fixen und variablen Preisen für die Kollaboration ist sinnvoll denn
  - Fixpreiskomponente reduziert Risiko für den EV, schränkt aber die Flexibilität des RZ ein
  - Variable Preiskomponente macht Zusammenarbeit für EV weniger vorhersagbar, läßt aber dem RZ Spielraum
- Kostenreduzierung für repräsentatives RZ in betrachteten Fällen zwischen 2 % und 4 % (ohne Steuern) für die Zusammenarbeit (Reduzierung um bis zu 300kW für 15Minuten) in maximal 3 Fällen
- CO2 Reduktion der verlagerten 404 kWh: -25%



- Es gibt viel zu tun....
- Problem wurde sehr beschränkt betrachtet: Wenige kurze Peaks, die von einer geringen Anzahl RZ gedeckt wurden  
→ Betrachtung von rollierendem System mit Regenerationszeit
- Kosten für DR berücksichtigen
- Potential in RZ eingehender untersuchen und differenzierter betrachten
- Kosten/Nutzen-Rechnung nicht nur für EP, sondern auch für RZ, um Kollaborationswillig- und fähigkeit besser abschätzen zu können
- Generische Funktionen statt punktueller Beispiele

# Danke schön – Fragen?



- [berl@uni-passau.de](mailto:berl@uni-passau.de)
- [klingert@informatik.uni-mannheim.de](mailto:klingert@informatik.uni-mannheim.de)
- [demeer@uni-passau.de](mailto:demeer@uni-passau.de)