

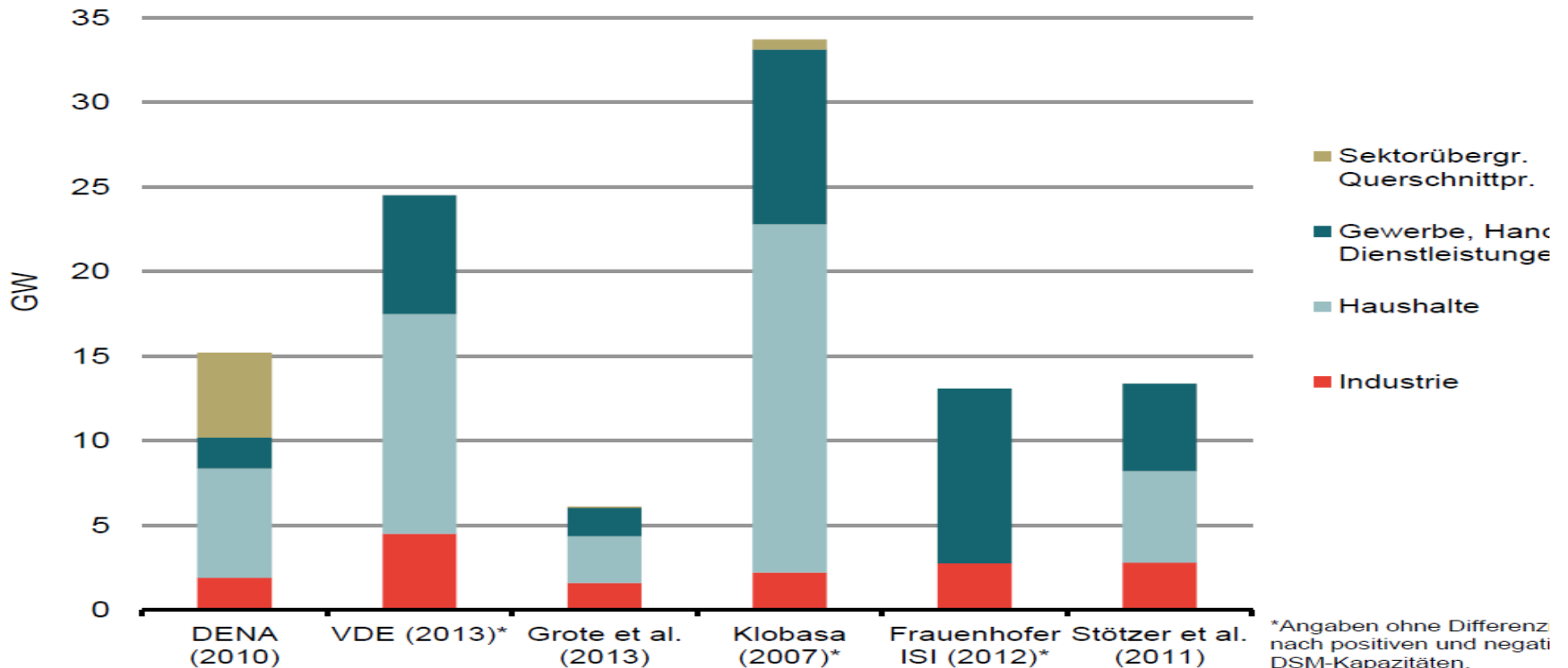
Storage for Renewable Energy Sources (StoRES) - Abschlussworkshop

Methodischer Exkurs: Implementierung von Demand Side Management in Energiesystemmodelle

Alexander Zerrahn, Wolf-Peter Schill

Motivation

- **Eine Definition von Demand Side Management (EC 2013, eigene Übersetzung)**
 - „Freiwillige Änderungen ihrer üblichen Elektrizitäts-Nutzungs-Muster durch Endkonsumenten – als Reaktion auf Marktsignale“
- **Unklare, potentiell hohe Kapazitäten in Deutschland (Frontier 2013)**

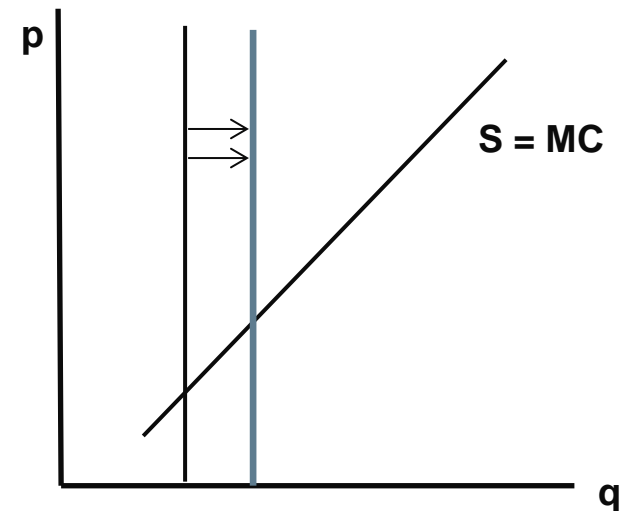
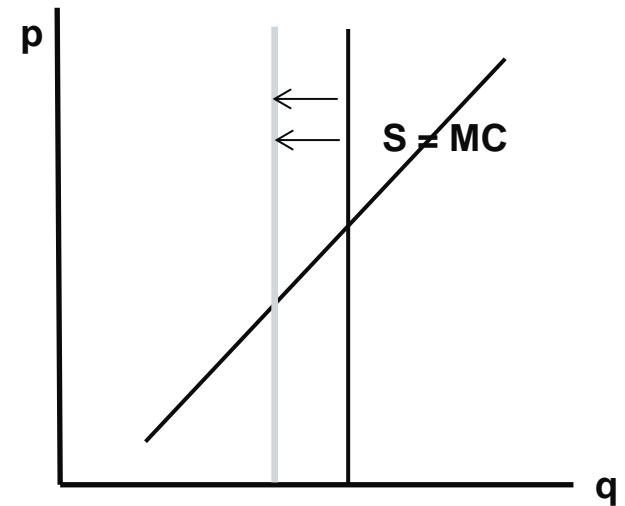


- **Zwei Aspekte**

- DSM (Lastverschiebung) kann eine wichtige Rolle spielen, um notwendige Flexibilität bereitzustellen
 - Integration EE, Arbitrage, Versorgungssicherheit, Netzmanagement
- In der Literatur keine überzeugende Formulierung für DSM in Stromsystemmodellen (TIMES, DIMENSION, ...)

- **Ziel**

- Entwicklung einer stilisierten, schlanken Formulierung für DSM
- ... linear und ohne Binärvariablen
- ... für kostenminimierende Dispatch-Modelle (mit unelastischer Nachfrage)



Perspektive des Modellierers

- **Wir schlagen eine neue stilisierte Formulierung für DSM Lastverschiebung vor**
- **Unterscheidet sich DSM Lastverschiebung überhaupt von (PSW) Speichern?**
- **Nein**
 - Installationen, die entweder konsumieren oder erzeugen
 - Leistungs- und Energierestriktionen
- **Ja**
 - Entscheidender Unterschied: Wie lange kann eine Last „gespeichert“ werden?
 - Drei Parameter
 - Maximale verschiebbare Last (in jeder Stunde)
 - Maximale Verschiebedauer
 - Maximal verschiebbare Energie
 - ... wobei eine Information redundant ist

- Wir schlagen eine neue stilisierte Formulierung für DSM Lastverschiebung vor

- Was wird benötigt?

- Kosten

$$c^{shift,up}, c^{shift,do} \geq 0$$

- In der Zielfunktion

$$\min_{g, dsm^{up}} \left(\sum_{pt} c_{ps} g_{pt} + \dots + \sum_t c^{shift,up} dsm_t^{up} \right)$$

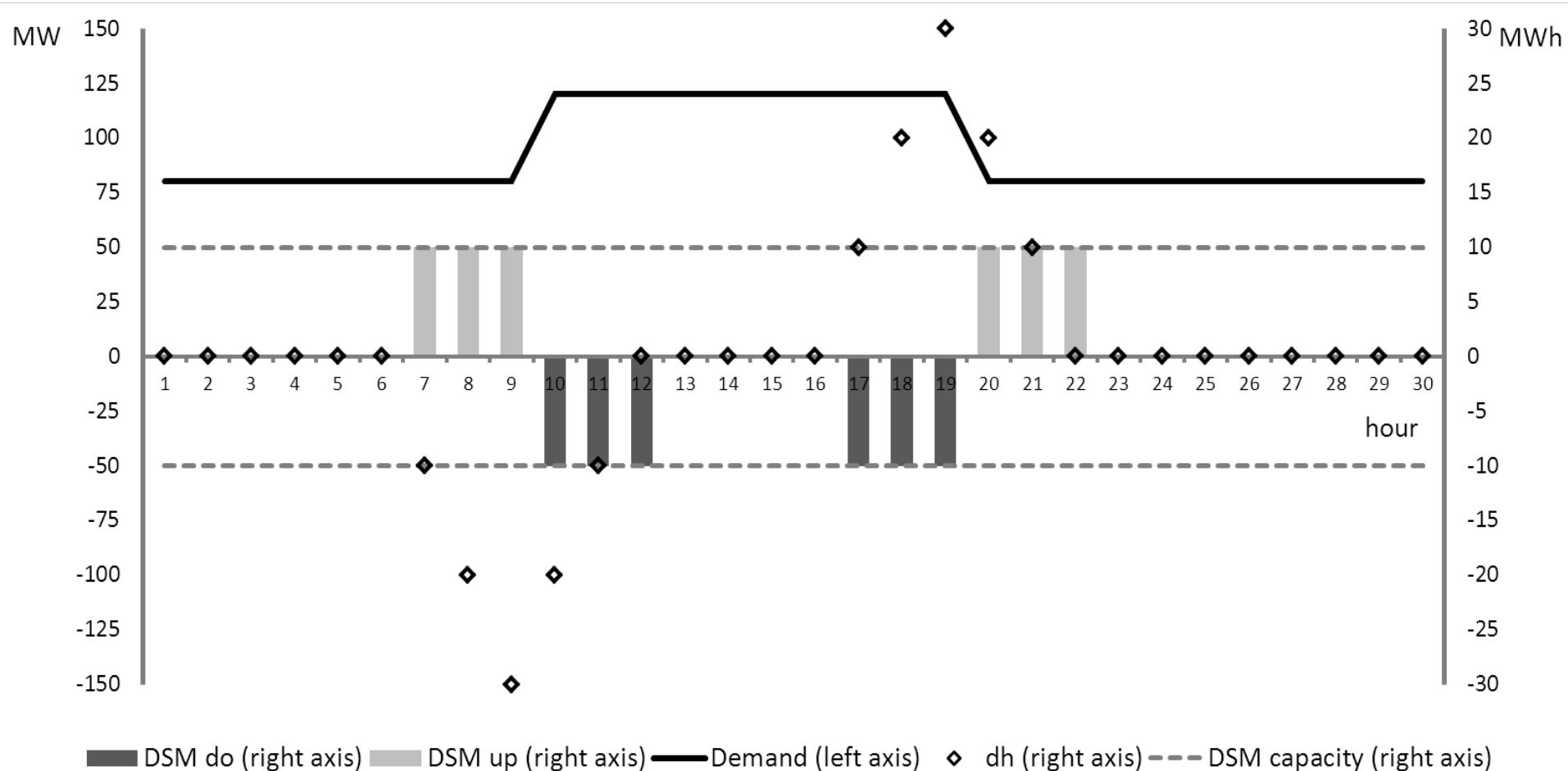
- Markträumung

$$\sum_p g_{pt} + \dots + \sum_{tt=t-L}^{t+L} dsm_{t,tt}^{do} = q_{nt} + dsm_t^{up} \quad \forall t$$

- Und Restriktionen auf die Verschiebekapazität und –dauer

→ Restriktion, die Verschiebungen in beide Richtungen verbindet

- Wir schlagen eine neue stilisierte Formulierung für DSM Lastverschiebung vor



- Wir schlagen eine neue stilisierte Formulierung für DSM Lastverschiebung vor
- Eine Lösung (Zerrahn, Schill 2014)
 - Energieerhöhung in Stunde t

$$dsm_t^{up}$$

- Zweiter Zeitindex tt für Energieverringeringen

$$dsm_{t,tt}^{do}$$

- Energie, die in Stunde tt verringert wird
- Um Erhöhungen aus Stunde t auszugleichen

- Wir schlagen eine neue stilisierte Formulierung für DSM Lastverschiebung vor

- Eine Lösung (Zerrahn, Schill 2014)

- Energieerhöhung in Stunde t

$$dsm_t^{up}$$

$$dsm_t^{up} = \sum_{tt=t-L}^{t+L} dsm_{t,tt}^{do} \quad \forall t$$

- Zweiter Zeitindex tt für Energieverringeringen

$$dsm_{t,tt}^{do}$$

- Energie, die in Stunde tt verringert wird
- Um Erhöhungen aus Stunde t auszugleichen
- Innerhalb einer maximalen Verschiebedauer L

- Wir schlagen eine neue stilisierte Formulierung für DSM Lastverschiebung vor

- Eine Lösung (Zerrahn, Schill 2014)

- Maximale Verschiebedauer beschränkt

$$dsm_t^{up} = \sum_{tt=t-L}^{t+L} dsm_{t,tt}^{do} \quad \forall t$$

- Zusätzlich wird die maximale stündliche Verschiebeleistung beschränkt

$$dsm_t^{up} \leq \overline{DSM}^{up} \quad \forall t$$

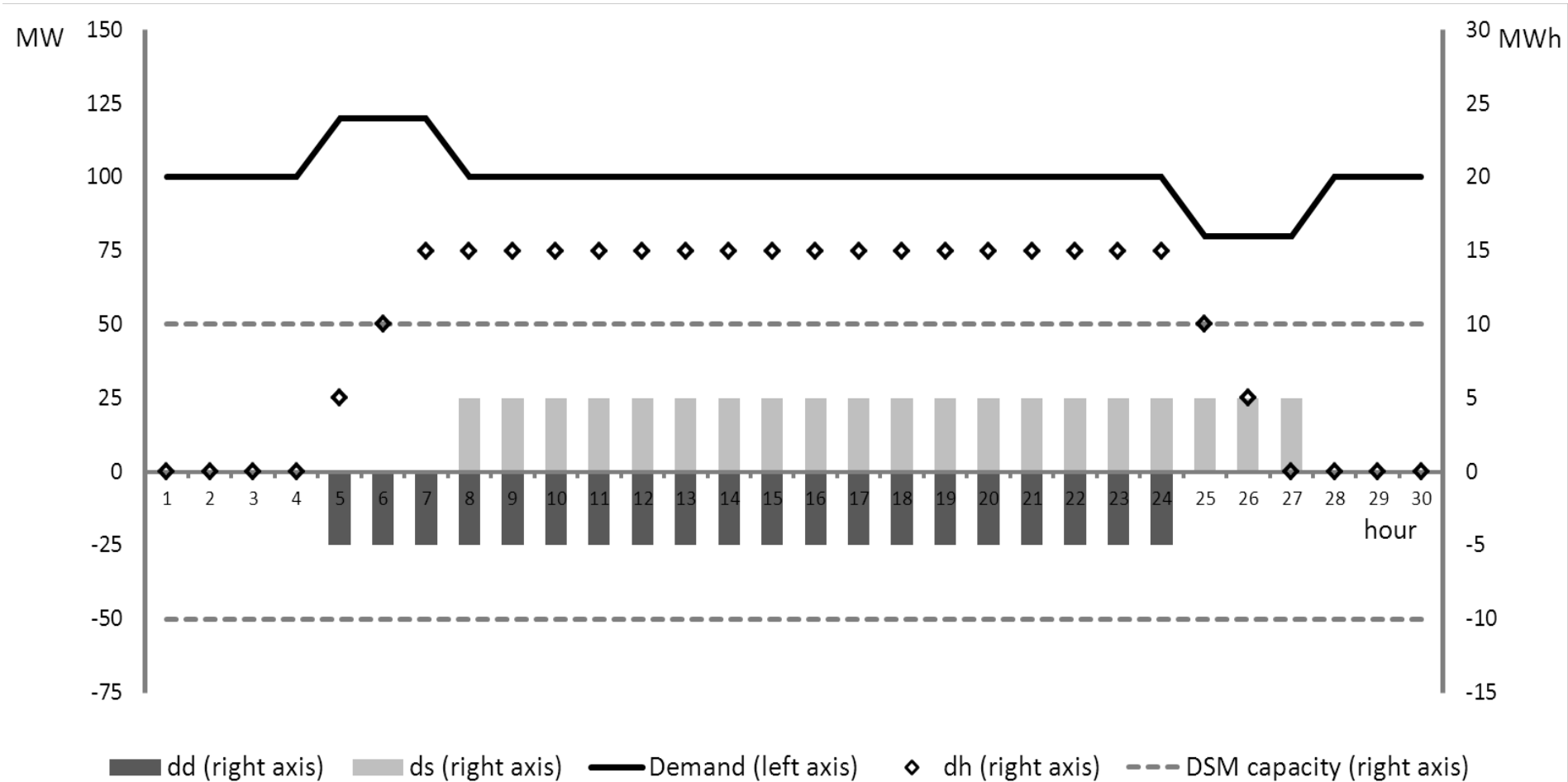
- Energierestriktion ist somit implizit gegeben

$$\sum_{t=tt-L}^{tt+L} dsm_{t,tt}^{do} \leq \overline{DSM}^{do} \quad \forall tt$$

- Wobei jede („granulare“) installierte Einheit eine Lastveränderung in nur eine Richtung durchführen kann

$$dsm_{tt}^{up} + \sum_{t=tt-L}^{tt+L} dsm_{t,tt}^{do} \leq \max\{\overline{DSM}^{up}, \overline{DSM}^{do}\} \quad \forall tt$$

- Wir schlagen eine neue stilisierte Formulierung für DSM Lastverschiebung vor



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.



**DIW Berlin — Deutsches Institut
für Wirtschaftsforschung e.V.**
Mohrenstraße 58, 10117 Berlin
www.diw.de

Redaktion
Alexander Zerrahn, Wolf-Peter Schill
azerrahn@diw.de

- **Europäische Kommission**, *Incorporating demand side flexibility, in particular demand response, in electricity markets*. Commission staff working document SWD(2013) 442 final, 2013.
- **Frontier Economics, and Formaet Services GmbH**, *Strommarkt in Deutschland – Gewährleistet das derzeitige Marktdesign Versorgungssicherheit?* Bericht für das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2014. URL: <http://www.bmwi.de/DE/Mediathek/publikationen,did=647540.html>
- **Pina, A., C. Silva, and P. Ferrao**, *The impact of demand side management strategies in the penetration of renewable electricity*. *Energy* (41): 128-137, 2012.
- **Richter, J.**, *DIMENSION – A Dispatch and Investment Model for European Electricity Markets*. EWI Working Papers (2011-3), 2011.
- **Zerrahn, A., and W.-P. Schill**, *On the representation of demand-side management in power system models*. Mimeo, 2014.