

Virtuelle Speicher als adaptierbare Verbrauchermodelle zur Lastprognose und Betriebsführung in Verteilnetzen

Simon Waczowicz

Dortmund | 5. Dezember 2013

INSTITUT FÜR ANGEWANDTE INFORMATIK (IAI)

- 1 Motivation
- 2 Virtueller Speicher
- 3 Datensatz
- 4 Parameterstudie
- 5 Zusammenfassung

1.) Motivation für die Entwicklung eines neuen Verbrauchermodells

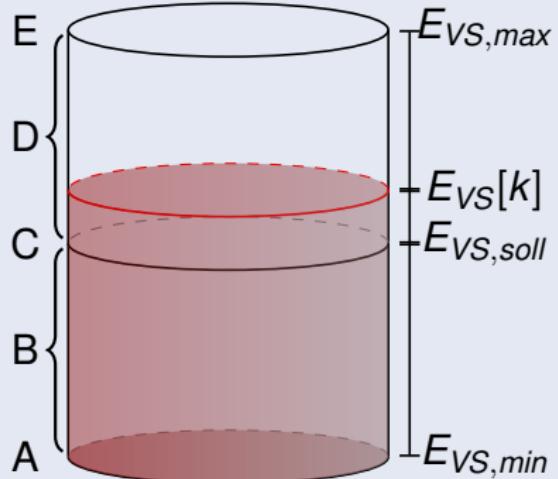
- konstanter Strompreis setzt keine Anreize zur Laständerung/-verlagerung (unbeeinflusste Lastkurve)
- Änderung des Verbrauchsverhalten durch (manuelle) Verlagerung von Strommengen hin zu Zeiten günstigen Strompreises (beeinflusste Lastkurve)
- Lastverlagerungspotenzial je Haushalt unterschiedlich, abhängig von individueller Ausstattung mit großen Haushaltsgeräten (Kühl-/Gefrierschrank, Wasch-/Geschirrspülmaschine, Elektrospeicherheizung, Wärmepumpe, Klimageräte, ...)
- zu jedem Tageszeitpunkt nur ein bestimmter Anteil der Gesamtlast verschiebbar

→ Modellierung mithilfe des **virtuellen Speichers**

2.) Virtuelle Speicher als adaptierbare Verbrauchermodelle

Aufbau des virtuellen Speichers je Haushalt:

- minimaler Füllstand des virtuellen Speichers $E_{VS,min}$
- Sollwert des Füllstandes des virtuellen Speichers $E_{VS,soll}$
- maximaler Füllstand des virtuellen Speichers $E_{VS,max}$
- aktueller Speicherfüllstand $E_{VS}[k]$
- Speicherbe-/ -entladegeschwindigkeit a



2.) Modellierung des Verbrauchsverhaltens

Auswirkung einer Laständerung auf den Speicherfüllstand (Ladeverhalten):

- (vorgezogenes) **Einschalten** von elektrischen Verbrauchern bzw. Erhöhung der Last bewirkt das **Füllen** des virtuellen Speichers
- keine Änderung des Verbrauchs bzw. der Last hat auch keine Änderung des Speicherfüllstandes zur Folge
- **Abschalten** elektrischer Lasten bzw. Lastabsenkung führt zum **Entleeren** des virtuellen Speichers

Entscheidungskriterien für modellierte Laständerung:

- zukünftige Entwicklung des Strompreises im Beobachtungshorizont $\Delta t_h = K_h \cdot \Delta t_s$:
 - Szenario 1: steigender Verlauf des Strompreises
 - Szenario 2: konstanter Verlauf des Strompreises
 - Szenario 3: sinkender Verlauf des Strompreises
- aktueller Füllstand des virtuellen Speichers $E_{vs}[k]$:
 - Bereich A bis Bereich E

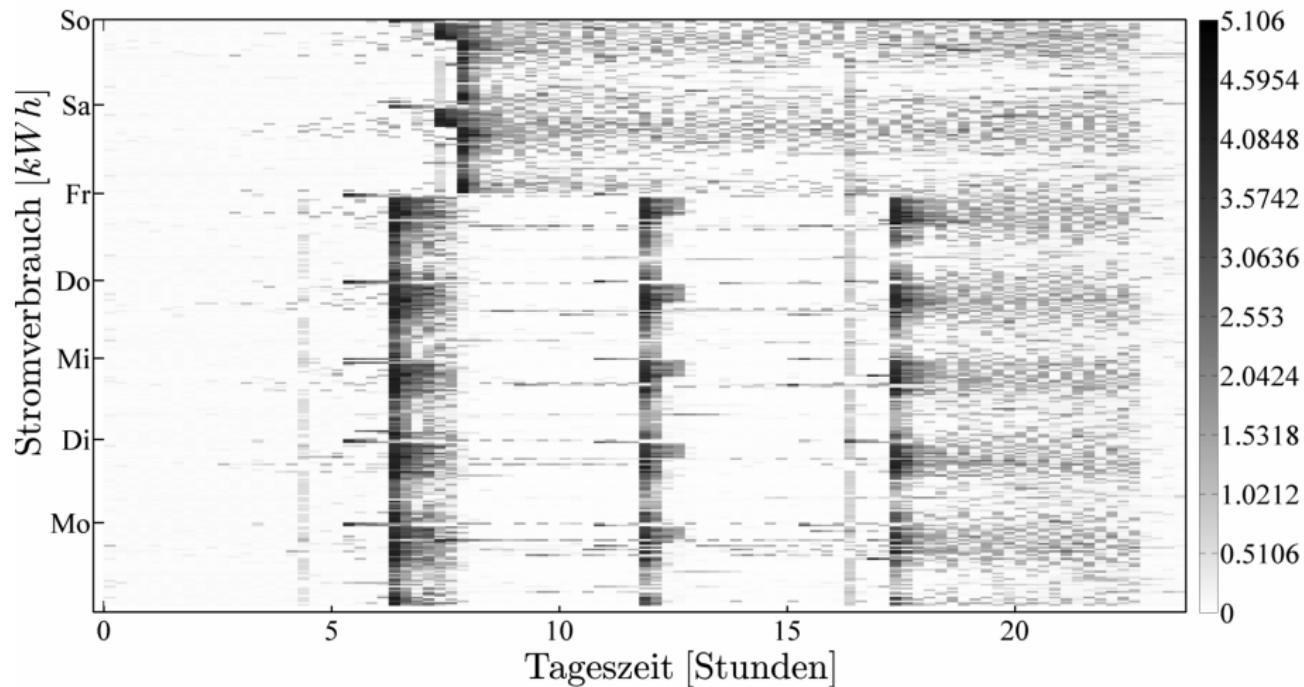
→ nichtlineares Differenzengleichungsmodell mit 15

Handlungsstrategien je Füllstandsbereich und Szenario für jeden
betrachteten Haushalt

Olympic Peninsula Project - Tarifgruppen:

- TOU-Gruppe: Verhalten von Verbrauchern bzgl. zeitvariabler Tarife (*on-/off-peak price*) (7330 Datentupel = D gültige Tage x N Haushalte)
- FIXED-Gruppe: konstanter Strompreis (7401 Datentupel)
- RTP-Gruppe: Verhalten von Verbrauchern bzgl. Echtzeit-Elektrizitätspreisen (dynamischer Tarif) (7163 Datentupel)
- insgesamt 21894 Datentupel verteilt auf 84 Haushalte
- durchschnittlich 260 gültige Tage je Haushalt

3.) Olympic Peninsula Project - Repräsentativer Haushalt



Motivation

○

Virtueller Speicher

○○○

Datensatz

○●

Parameterstudie

○○○○○○○

Zusammenfassung

○○

Durchführung der Parameterstudie:

- Vorgabe der Bereiche je Modellparameter:
 - Speicherbe-/ -entladegeschwindigkeit a
 - Beobachtungshorizont K_h
 - maximale Speichergröße $E_{VS,max}$
- Vergleich: realer beeinflusster Verbrauch (TOU) mit Modellschätzung des beeinflussten Verbrauchs (MODEL)
- automatisierte Parameterstudie (Grafiken, Auswerteskript, Video, Gait-CAD Auswerteprojekt) mithilfe des Gait-CAD Packages „Energy“

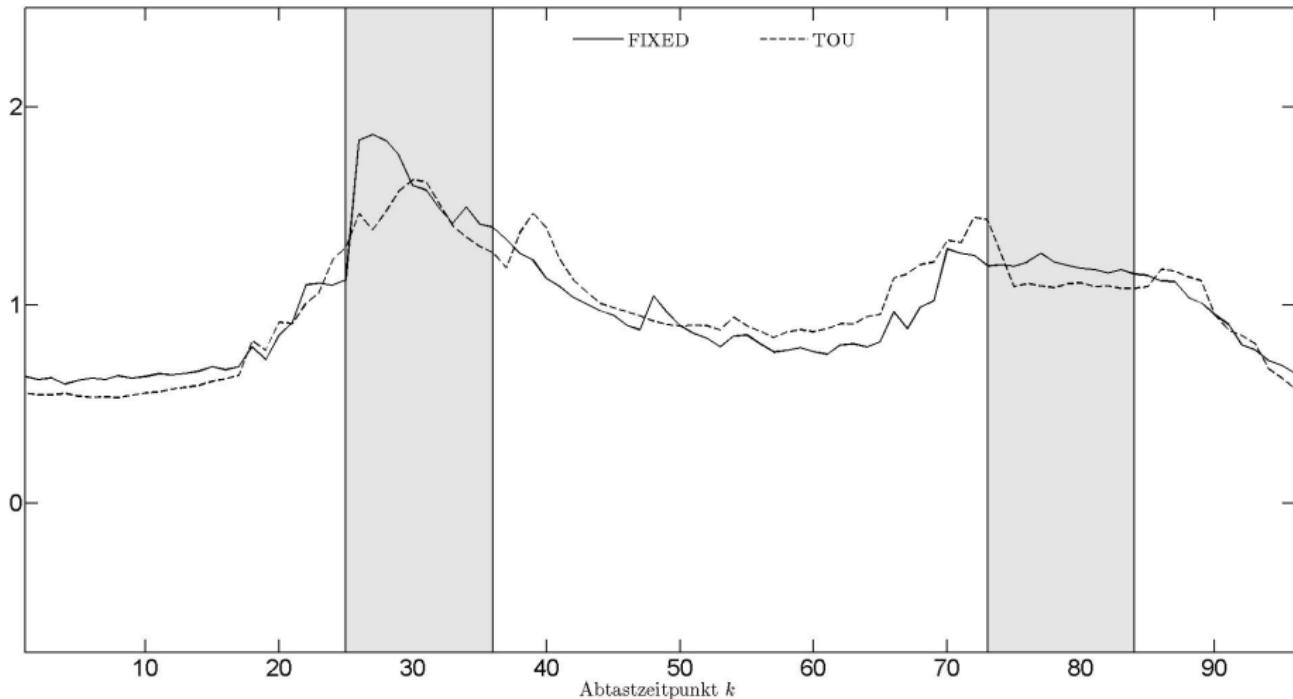
Bestes Modell hinsichtlich geringstem Modellfehler:

- Konfiguration der Modellparameter:

- $a = 0.3$
- $K_h = 12$
- $E_{VS,min} = 0$
- $E_{VS,soll} = 1.5$
- $E_{VS,max} = 3$

4.) Verbrauchsverhalten als Reaktion auf TOU-Tarif

$$K_h = 12 \mid a = 0.3 \mid E_{VS,max} = 3 \mid E_{VS,soll} = 1.5 \parallel Q_{RMSE} = 0.10023 \mid R = 0.94005 \mid \bar{C}_R = 1.3307$$



Motivation

○

Virtueller Speicher

○○○

Datensatz

○○

Parameterstudie

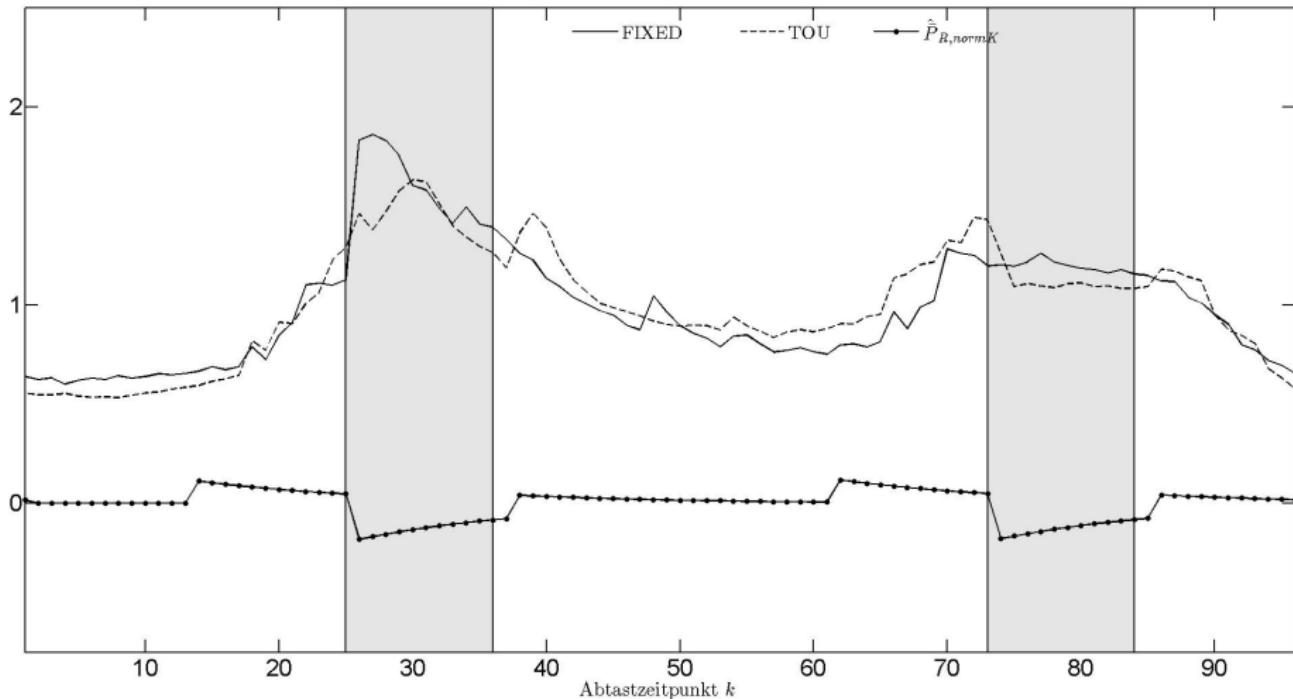
○○●○○○○

Zusammenfassung

○○

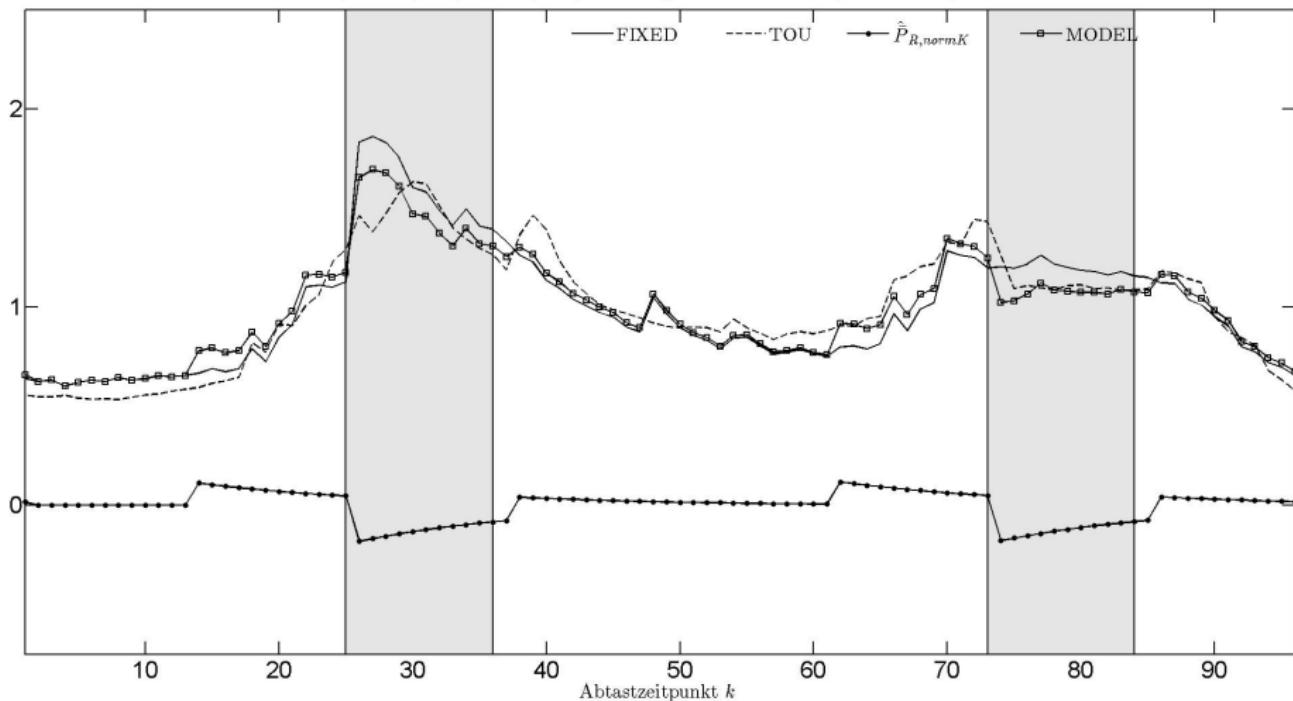
4.) Verbrauchsverhalten als Reaktion auf TOU-Tarif

$$K_h = 12 \mid a = 0.3 \mid E_{VS,max} = 3 \mid E_{VS,soll} = 1.5 \parallel Q_{RMSE} = 0.10023 \mid R = 0.94005 \mid \bar{C}_R = 1.3307$$



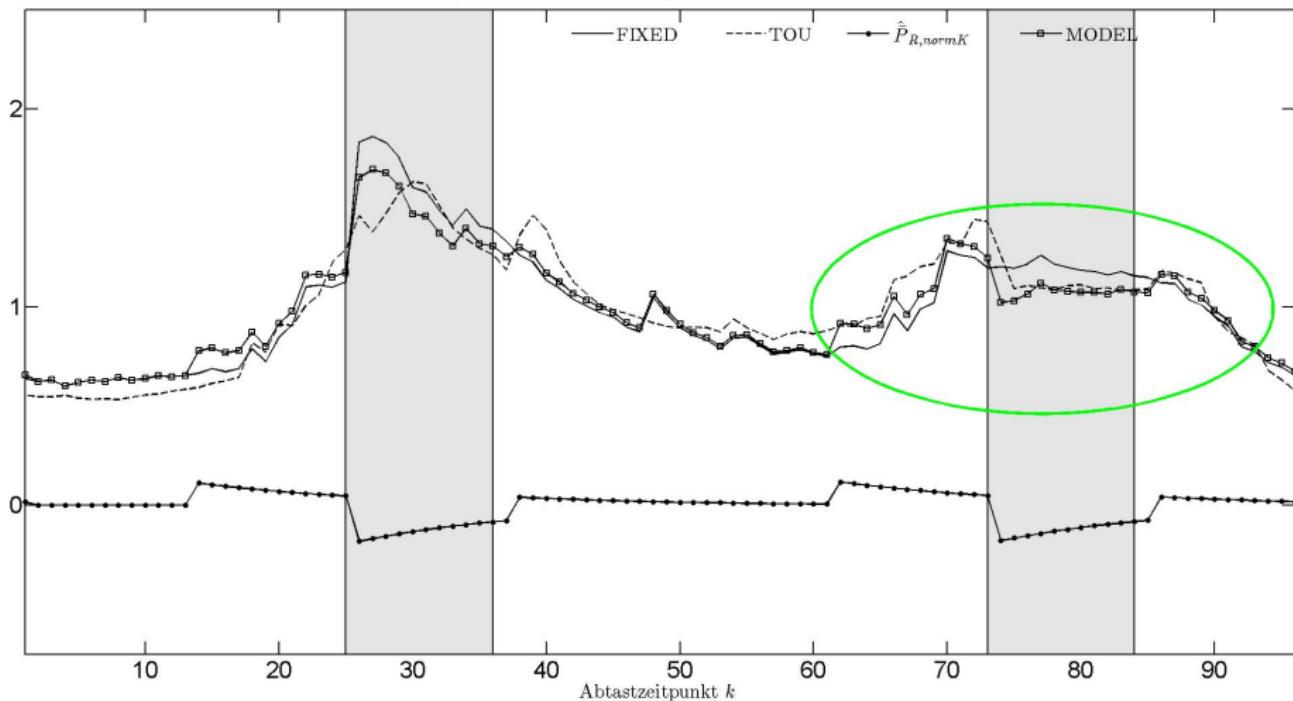
4.) Verbrauchsverhalten als Reaktion auf TOU-Tarif

$$K_h = 12 \mid a = 0.3 \mid E_{VS,max} = 3 \mid E_{VS,soll} = 1.5 \mid Q_{RMSE} = 0.10023 \mid R = 0.94005 \mid \bar{C}_R = 1.3307$$



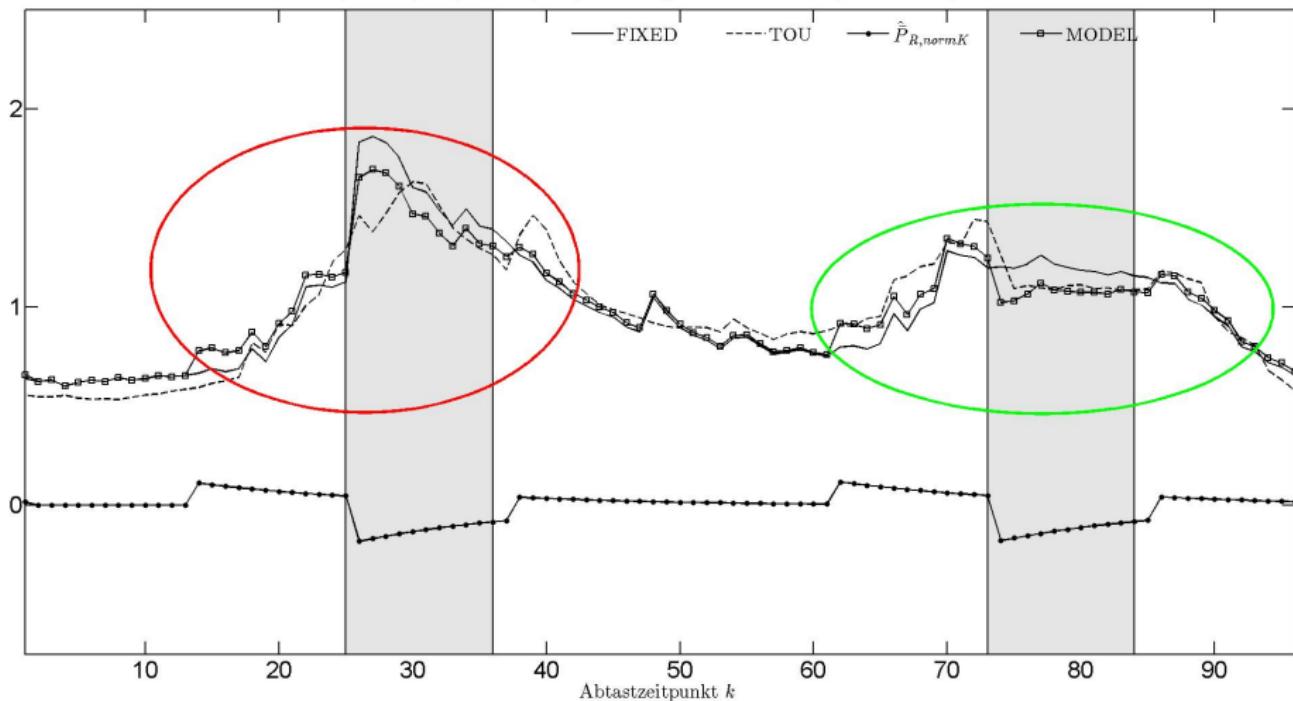
4.) Verbrauchsverhalten als Reaktion auf TOU-Tarif

$$K_h = 12 \mid a = 0.3 \mid E_{VS,max} = 3 \mid E_{VS,soll} = 1.5 \mid Q_{RMSE} = 0.10023 \mid R = 0.94005 \mid \bar{C}_R = 1.3307$$



4.) Verbrauchsverhalten als Reaktion auf TOU-Tarif

$$K_h = 12 \mid a = 0.3 \mid E_{VS,max} = 3 \mid E_{VS,soll} = 1.5 \parallel Q_{RMSE} = 0.10023 \mid R = 0.94005 \mid \bar{C}_R = 1.3307$$



5.) Zusammenfassung

Zusammenfassung:

- Virtueller Speicher als adaptierbares, parametrierbares (*Gray-Box*)-Verbrauchermodell
- reale Stromverbrauchs-/ -preisdaten als bereinigte Gait-CAD-Datenprojekte
- automatisierte Parameterstudie (Grafiken, Auswerteskript, Video, Gait-CAD Auswerteprojekt)
- Gait-CAD Package „Energy“
- Wirksamkeit des Modellkonzeptes bestätigt

5.) Ausblick

Ausblick:

- weitere Modifizierung der Modells
- Modellkonzept auf neue Datensätze (RTP-Gruppe des *Olympic Peninsula Project*, komplett neuer Datensatz) anwenden
- Vergleich mit alternativen Modellen (sozio-demographische Modelle, FIR-Modelle, autoregressive Modelle, probabilistische Modelle)
- Einbinden der Modelle in Netzsimulation