



Berner Fachhochschule  
Haute école spécialisée bernoise  
Bern University of Applied Sciences

# Modellierung von Wasser- und Energieverbräuchen in Haushalten

Prof. Urs Muntwyler / Dr. Noah Pflugradt

Gliederung

1. Problemstellung

2. Lösung

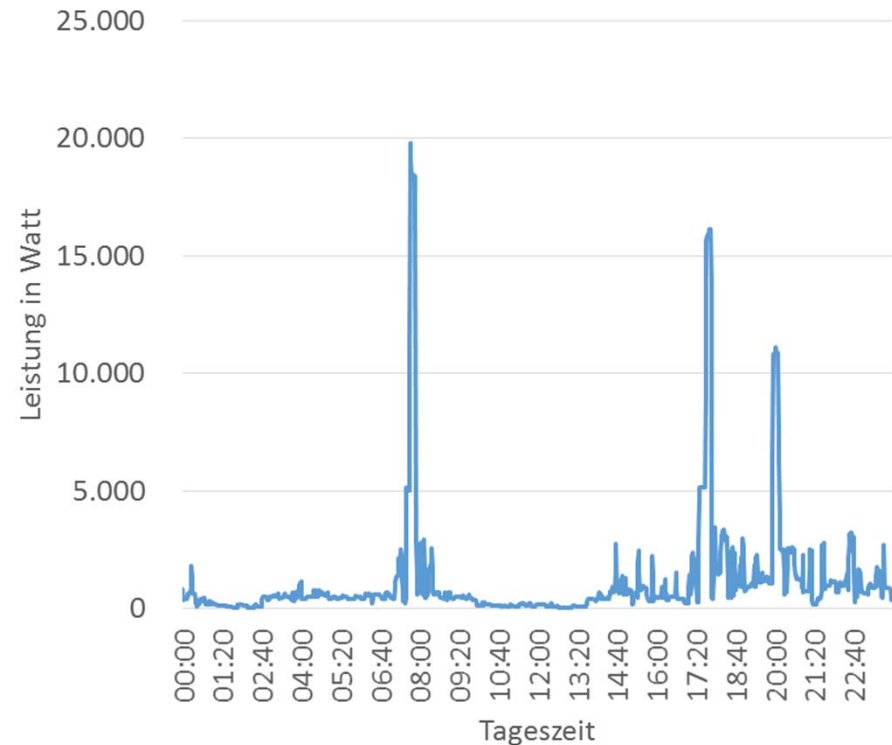
3. Ergebnisse

# Problemstellung

- Für viele Simulationen im Bereich „Energie“ werden Lastprofile für Privathaushalte benötigt.
- Verwendungszwecke sind z.B.:
  - ▶ Untersuchungen zu Systemen für erneuerbare Energien
  - ▶ Simulationen von Niederspannungsnetzen
  - ▶ Analysen von Demand-Side-Management-Systemen
  - ▶ Testen von Steuerungsalgorithmen
- ▶ Passende gemessene Lastprofile sind häufig nicht verfügbar, z.B. wegen Datenschutzproblemen, finanziellen Zwängen oder weil die Situation (noch) nicht existiert.
- Einziger Ausweg ist dann die synthetische Erstellung.
- Dafür werden Lastprofilgeneratoren verwendet.

# Aufbau von Lastprofilen für Privathaushalte

- ▶ Haushaltslastprofile sind sehr unregelmäßig.
- ▶ Die Geräteaktivierungen folgen meist keinen einfachen Regeln. Wann z.B. die Waschmaschine eingeschaltet wird, hängt ab von:
  - ▶ Wochentag
  - ▶ Uhrzeit
  - ▶ Reinlichkeitsbedürfnis
  - ▶ Anzahl der Personen im Haushalt
  - ▶ Anwesenheit
  - ▶ usw.
- ▶ Modellierung erfordert die Abbildung der Abhängigkeiten



Messung eines Privathaushalts für einen Tag

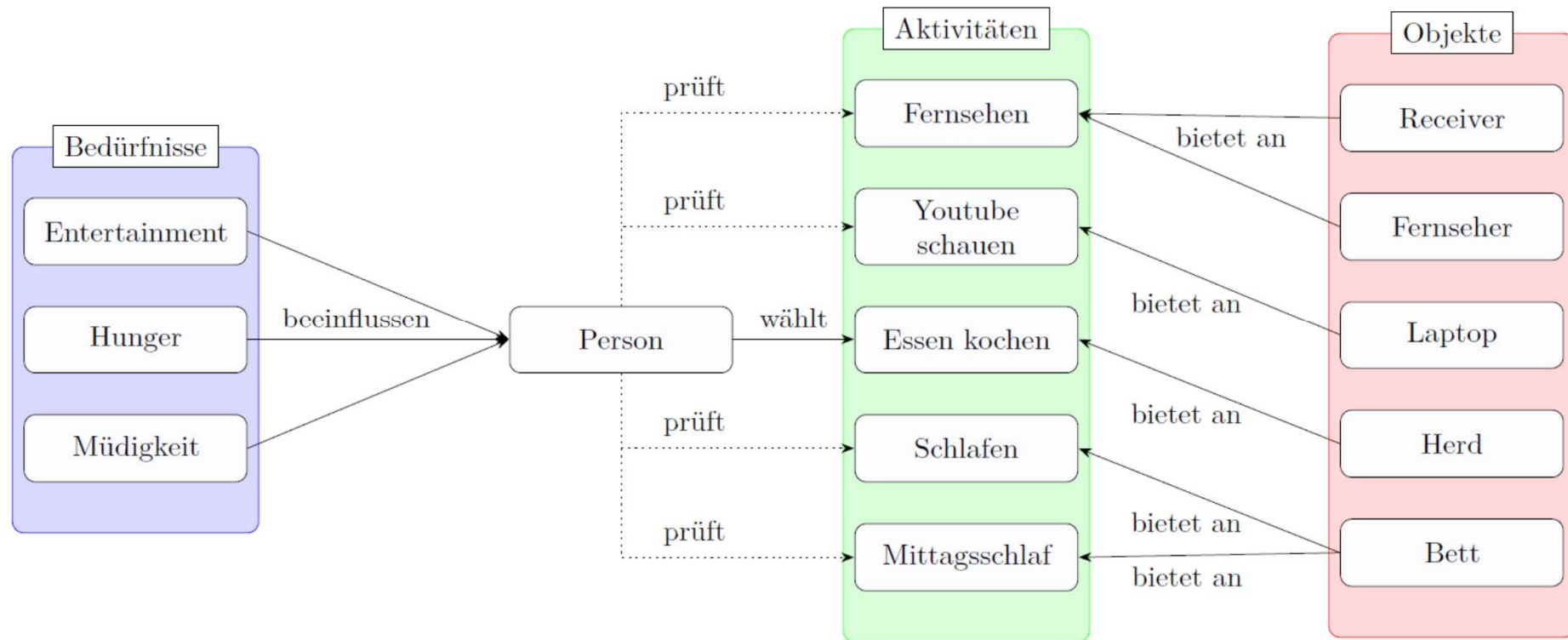
# Stand der Technik - Lastprofilgeneratoren

- Es gibt sehr viele Lastprofilgeneratoren für unterschiedliche Einsatzzwecke, Länder und Medien (Strom, Warmwasser, Kaltwasser, etc.)
- Grundidee sind meist Wahrscheinlichkeitsverteilungen, also z.B.: „Wochentags, 19:00-22:00, 90% Chance für Fernseher einschalten“.
- Menschliches Verhalten ist sehr viel komplexer.
- Daher wird viel Mühe aufgewendet, um die Ergebnisse zu verbessern, z.B.:
  - Anwesenheits-Modellierung
  - Modellierung von Aktivitäten statt Geräten
  - Spezielle Wahrscheinlichkeitsverteilungen
- Erfordert gute Datenbasis für die Erstellung der Wahrscheinlichkeitsverteilungen. Änderungen sind nicht trivial und Abhängigkeiten schwierig abzubilden.

1. Problemstellung
2. Lösung
3. Ergebnisse

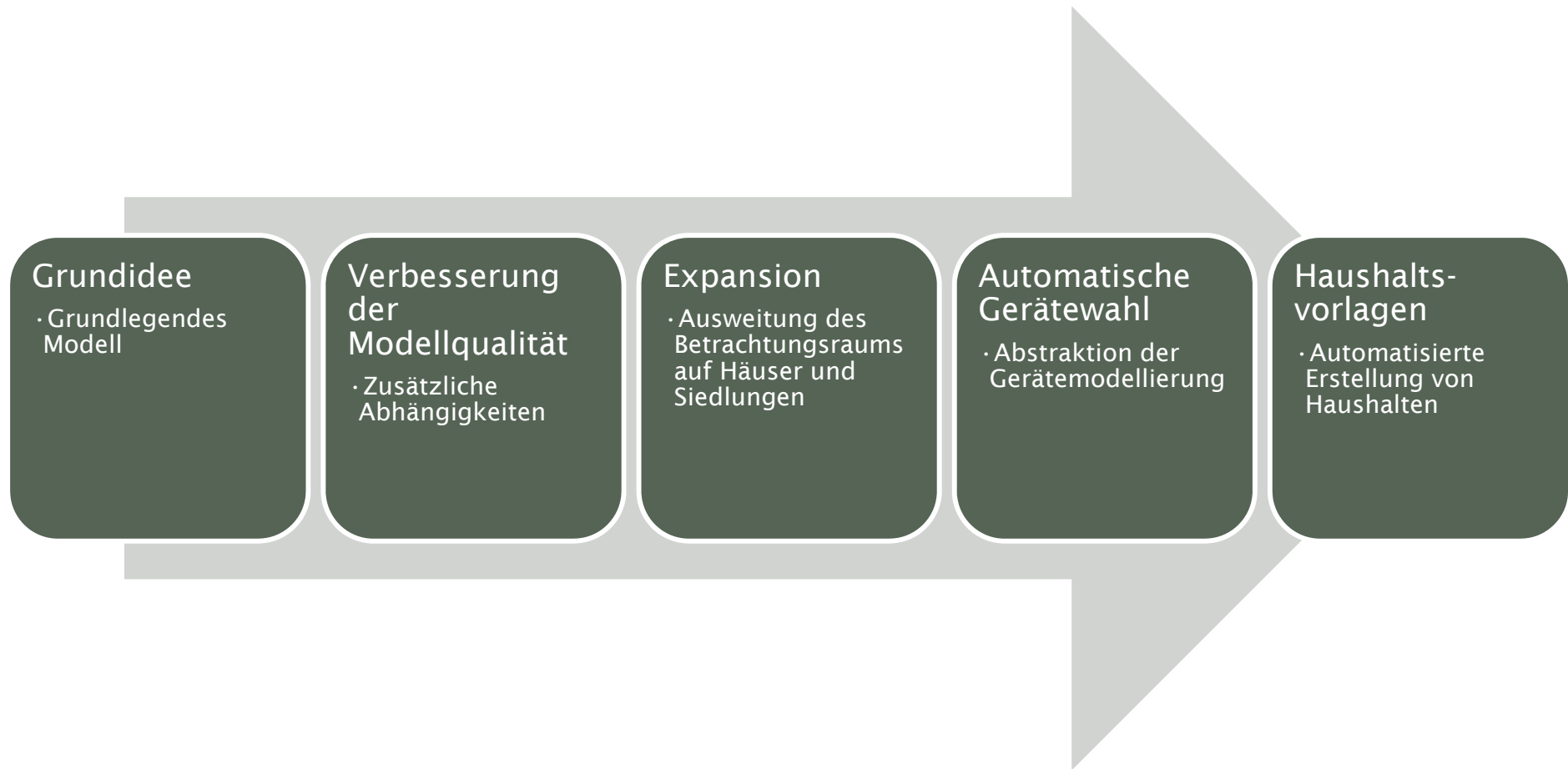
# Grundidee

Die Grundidee des LoadProfileGenerators (LPG) ist simpel und basiert auf einem Modell aus der Psychologie.



# Stufen der Weiterentwicklung

Die Grundidee reicht noch nicht für realistische Profile, daher wurde das Modell in mehreren Schritten weiterentwickelt.










# Vorteile des Modellierungsansatzes

- ▶ Implizite Berücksichtigung von Anwesenheit.
- ▶ Problemloses Einfügen weiterer Aktivitäten. Bestehende Aktivitäten werden automatisch angepasst.
- ▶ Es kommen plausible Aktivitätsprofile zustande.
- ▶ Aktivitätsprofile sind deutlich leichter auf Plausibilität zu prüfen als Lastprofile.
- ▶ Keine Wahrscheinlichkeitsverteilungen notwendig.
- ▶ Sowohl Wasser- als auch Stromprofile können generiert werden.
- ▶ Selbst unregelmäßiges Verhalten kann einfach abgebildet werden: Z.B. ein Schichtarbeiter, welcher immer Dienstags ins Fitnessstudio geht, außer er arbeitet.
- ▶ Auch z.B. Krankheit, Wochenendtrips, Gartenarbeit bei schönem Wetter, unregelmäßiges Wäschewaschen nach Bedarf und Urlaubsreisen sind modellierbar.

# Einsatzbereich des LPG

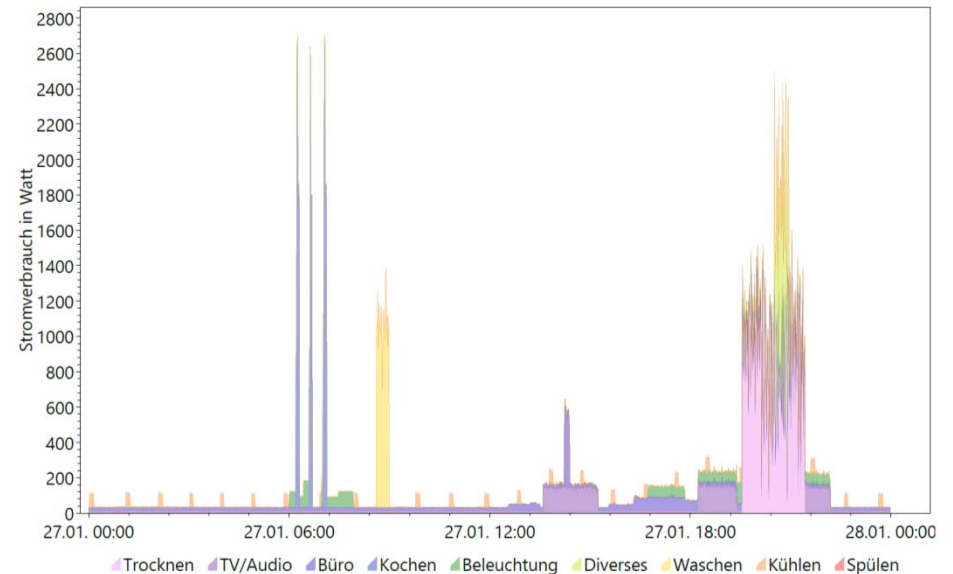
Der LPG ist bereits einsetzbar, wenn nur grobe Vorstellungen vorliegen, da über den Bottom-Up-Ansatz das Verhalten der Bewohner simuliert wird. Nachteil ist dafür lange Berechnungszeiten und die Notwendigkeit iterativer Kalibrierung.

|  | Gemessene Lastprofile   | Stochastische Lastprofil-generatoren  | LoadProfile-Generator.de   |
|--|---|---|--|
| Keine konkreten Daten                            |   |   |  |
| Wenige konkrete Daten                            |   |   |  |
| Messungen und Aufzeichnungen für kurze Zeiträume |   |  |  |
| Messungen und Aufzeichnungen für Jahre           |  |  |  |

1. Problemstellung
2. Lösung
3. Ergebnisse

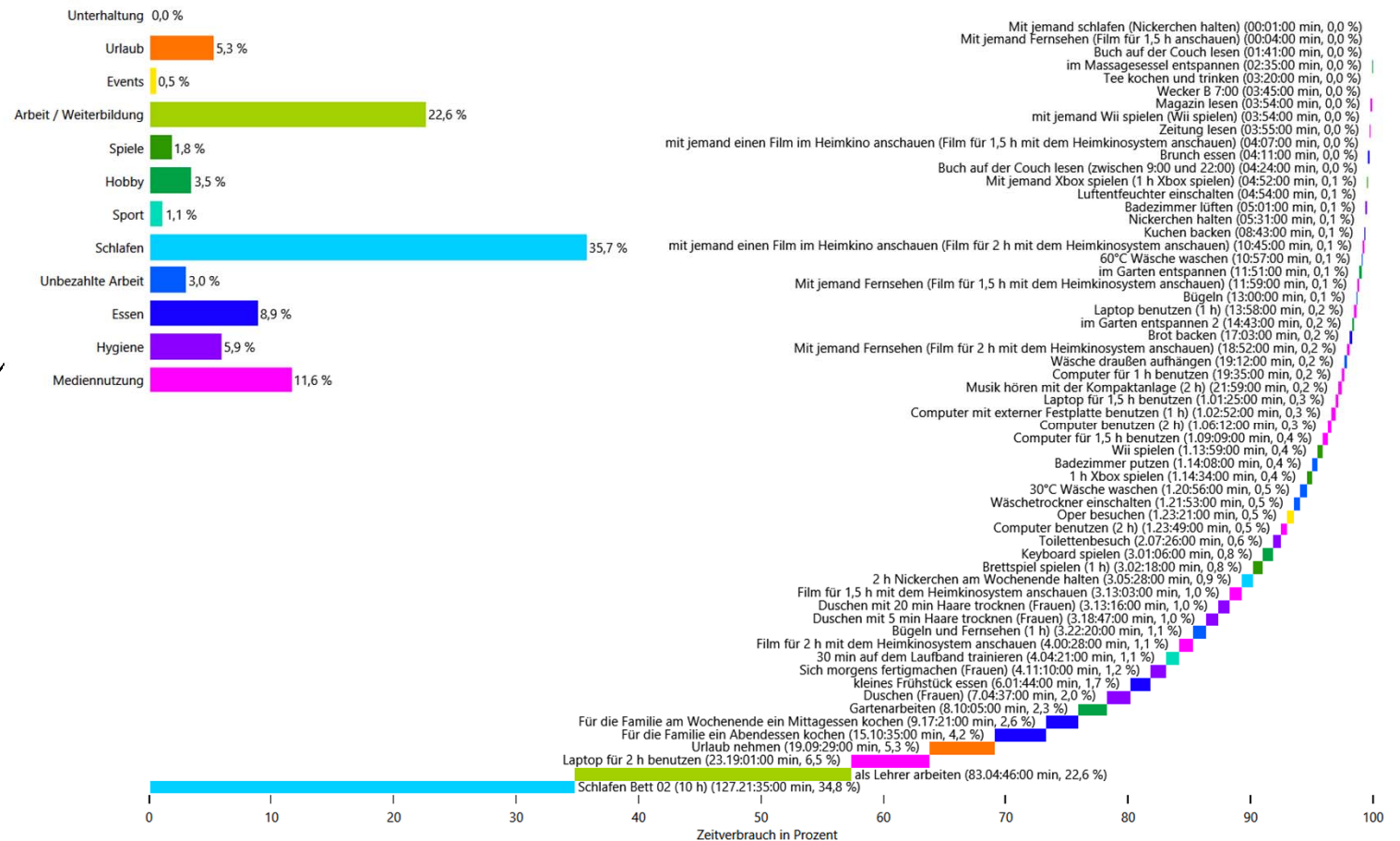
# Validierung

- ▶ Validierung von synthetischen Lastprofilen ist nicht trivial.
- ▶ Ähnlichkeitsvergleiche selbst mit z.B. Dynamic Time Warping liefern kaum nützliche Ergebnisse.
- ▶ Daher Fokus auf:
  - ▶ Plausibilitäts-Prüfungen
  - ▶ Vergleich mit anderen Datenquellen



# Beispiel Ergebnisse Einzelhaushalt - Zeitverbrauch

- ▶ Der LPG generiert sehr detaillierte Auswertungen.
- ▶ Jede der Aktivitäten ist genau nachvollziehbar.
- ▶ Für den Vergleich mit statistischen Daten.



# Bisherige Anwendungsfälle

Die Software steht kostenlos im Netz zur Verfügung. Einige der bisherigen Anwendungsfälle waren:

- ▶ Untersuchungen zur Lastflussoptimierung im Niederspannungsnetz
- ▶ Untersuchungen zu PV-Eigenverbräuchen
- ▶ Untersuchungen zu Batteriespeichern
- ▶ Untersuchung zur Reduzierung von Netzbelastungen durch PV-Systeme
- ▶ Generierung von Profilen für Versuchsstände
- ▶ Erstellung von Lastprofilen für die Integration in Velasolaris Polysun
- ▶ Erstellung von Profilen für die Integration in SMA Sunny Design
- ▶ Erstellung von Profilen für Demand Side Management Studien
- ▶ Untersuchungen zum Einfluss von Lastprofilen auf das Batteriespeicherdesign
- ▶ Erstellung von Lastprofilen für Tansania
- ▶ Etc.

# Fazit

- ▶ Es wurde als Dissertation an der Technischen Universität Chemnitz ein gut funktionierender Lastprofilgenerator mit sehr hohem Detaillierungsgrad geschaffen.
- ▶ Der Modellierungsansatz hat sich sehr gut bewährt.
- ▶ Der LPG wurde über 1000 mal heruntergeladen und in zahlreichen Papern und Arbeiten eingesetzt.
- ▶ Jetzt an der BFH im Labor für Photovoltaik-Systeme Weiterentwicklung und Anpassung auf Schweizer Verhältnisse.
- ▶ Geplant:
  - ▶ Ergänzung um Elektromobilität
  - ▶ Ausweitung auf Gewerbelastprofile
  - ▶ Integration in das ProsumerLab
- ▶ Gegenwärtig: Suche nach Projektpartnern für die Weiterentwicklung

# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Der LPG ist erhältlich unter:

[www.loadprofilegenerator.de](http://www.loadprofilegenerator.de)

Kontakt:

[Noah.Pflugradt@bfh.ch](mailto:Noah.Pflugradt@bfh.ch)

[Urs.Muntwyler@bfh.ch](mailto:Urs.Muntwyler@bfh.ch)