



Technische
Universität
Braunschweig

elenia
Institut für Hochspannungstechnik
und Elektrische Energieanlagen



Erfahrungen als E-Mobilist und Prosumager

Prof. Bernd Engel, 26.05.2020 Scientist for Future Braunschweig
Digitale Vortragsreihe Klimaschutz – Antworten der Wissenschaft



Agenda

1. Vorstellung Vortragenden und Institut elenia
2. Erfahrungen als Elektromobilist
3. Prosumager
4. Zusammenfassung

Lebenslauf Prof. Engel

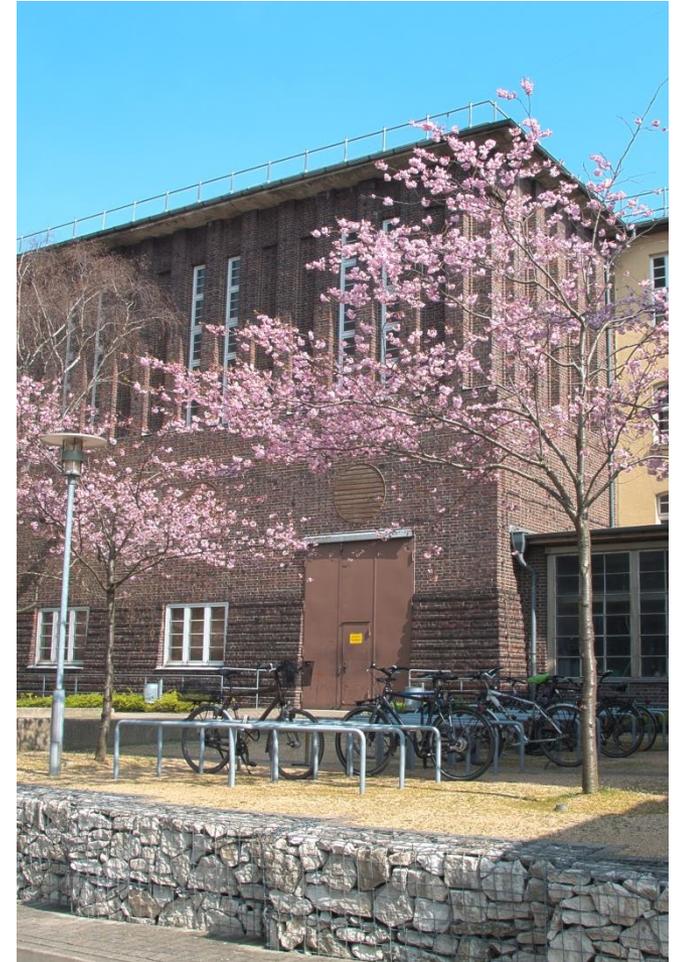
- 1966** Geboren in Groß-Gerau
- 1985-1991** Studium der Allg.Elektrotechnik an der TU Darmstadt
- 1991-1996** Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IEE der TU Clausthal
- 1996** Promotion bei Prof. Beck über eine mechatronische
Regelung von Hochleistungsantrieben bei Lokomotiven
- 1996-2003** Aufbau der Kompetenz Fahrzeugelektrik bei Alstom LHB
GmbH, Salzgitter, zuletzt als Site Engineering Director
- 2003-2011** Bereichsleiter Entwicklung beim internationalen Markt- und
Technologieführer für Solarwechselrichter SMA Solar Technology AG
- 1.10.2011** Ernennung zum Universitäts-Professor auf dem Fachgebiet
Komponenten nachhaltiger Energiesysteme am elenia der TU Braunschweig
- Zur Zeit** Geschäftsführender Leiter des elenia, Vorstand der ETG, Vorstand des EFZN,
Mitglied bei Acatech, Mitglied im Forum FNN



Das elenia in Zahlen

- 1** Institut
- 2** Professoren
- 6** Forschergruppen
- 11** Mitarbeiter in Technik/Verwaltung
- 36** Wissenschaftliche Mitarbeiter
- ca. 40** Wissenschaftliche Hilfskräfte

- ca. 60** Studentische Arbeiten
- ca. 40** Veröffentlichungen
- 21** Vorlesungen
- 5** Vorlesungsbegleitende Praktika
- ca. 2** Mio. Euro Drittmittel



Forschungsschwerpunkte des elenia

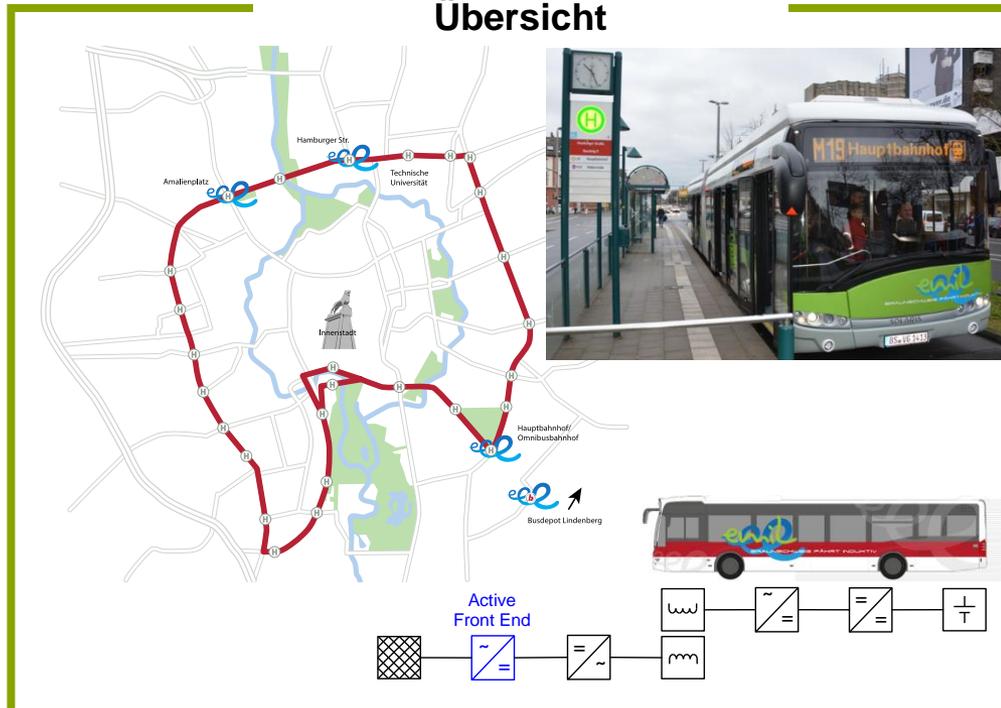


Elektromobilität mittels induktiver Ladung - emil



Anwendung induktiver Energieübertragung im Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) – Primove (emil 1)

Übersicht



Ziele

Gesamtprojektziel:

Die erstmalige Echanwendung induktiver Ladung von Elektrobussen im Linienverkehr.

elenia

Netzanbindung, Messung/Abrechnung
EMV-Messung, Geschäftsmodelle

IMAB

Auslegung, Simulation, Optimierung

iVA

Betriebliche Szenarien,
Integration in Infrastruktur,
Information/Kommunikation

Kooperationspartner



Projektrahmen

Juni 2012 – Feb. 2015

Projektstatus: In Bearbeitung



Elektromobilität mittels induktiver Ladung im Automobil - emilia



Induktives Laden für Bus und Taxi (emil 2 / emilia)



Ziele

Gesamtprojektziel:

Gemeinsame Nutzung der induktiven Ladung von Fahrzeugen des ÖPNVs und des Individualverkehrs

emilia

Anbindung der Ladeinfrastruktur mit hoher Leistung an schwachen Netzen

IMAB

Entwicklung von PKW-Induktivlade-stromaufnehmern mit großer Leistung

iVA

Verkehrssimulative Abbildung groß-flächig elektrifizierter Fahrzeugflotten

Kooperationspartner



Projektrahmen

Juni 2013 – Mai 2016

Projektstatus: In Bearbeitung



Das Institut elenia beschäftigt sich mit der Netz- und Systemintegration von Elektromobilität

Wir haben eine eigene Ladeinfrastruktur:

- 1 Schnelllade-Station mit 50 kW DC CCS/CHAdeMO und 22 kW AC
- 2 Wallboxen 22 kW AC



Quelle: Projekt lautlos und einsatzbereit

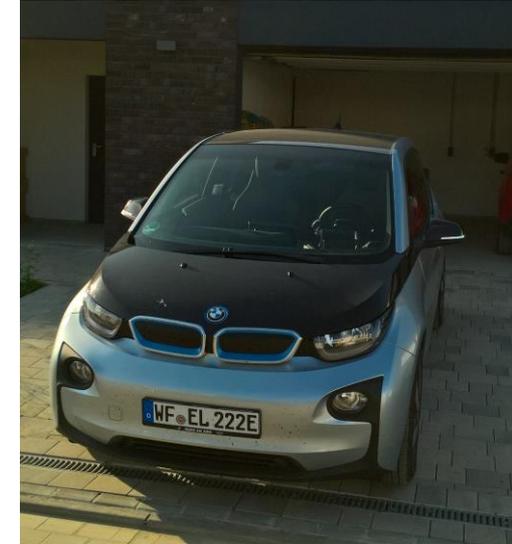
Agenda

1. Vorstellung Vortragenden und Institut elenia
2. Erfahrungen als Elektromobilist
3. Prosumager
4. Zusammenfassung

Seit 2014 private Elektromobilität (vorher „dicke“ Audi Diesel)

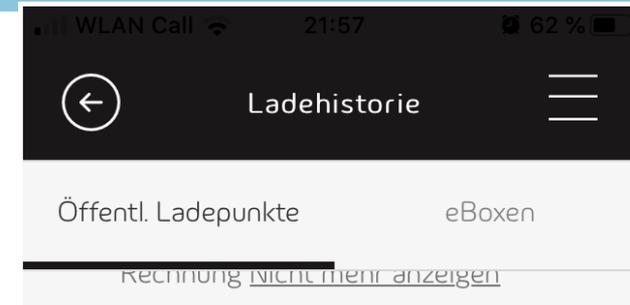
- **2014-2018 V60 D6 Twin Engine (Plug-in Hybrid)**
 - 50 km elektrisch, 50 kW Elektromotor auf der Hinterachse
 - 158 kW 2,4l-5Zyl.-Diesel, Vorderachse angetrieben
 - Also “Allrad” möglich
 - E-Kennzeichen 2015 nach Elektromobilitätsgesetz
 - Laden 3 kW einphasig, 11,3 kWh LG-Batterie

- **2018-2020 BMW i3 (94Ah)**
 - 125 kW Synchronmotor, Batterie 33/27,2 kWh (installiert/nutzbar) von Samsung SDI
 - Reichweite 150 – 200 km nutzbar
 - Laden 50 kW DC CCS; 11 kW 400 VAC; 2,7 kW 230 VAC
 - Beschleunigung 7,3 s bei 0 – 100 km/h
 - 4 Sitzler mit CFK-Karosserie und “Selbstmördertüren”
 - Rückgabe 23.4.2020



Erfahrungen: Vieles noch nicht nutzerfreundlich

- Viele Ladesäulen funktionieren nicht beim ersten Mal
- Viel zu kompliziert: Ladekarten-Chaos
- Vergleich Mobilfunk
- Warum nicht Buchung auf die heimische Stromrechnung?



Bahnhofstr. 18
06308 Klostermansfeld
BC-6612-4
1 Std. 3 Min. (14:55 -
15:57)
⚡ 27,28 kWh
€ ca. 9,5 € (PayPal)

Ladebeleg

Nicht verrechnet >



Bahnhofstr. 18
06308 Klostermansfeld
BC-6612-4
⌚ 2 Min. (14:52 - 14:53)
⚡ kWh
€ ca. 9,5 € (PayPal)

Und ab 4/2020?

- Zunächst Reparatur des elenia-Pedelec und 5 Wochen Erprobung auf Arbeitsweg WF-BS-WF (12,3 -14 km einfache Distanz)
- **22.5.2020 Kauf eines Riese & Müller Delite Pedelec**
 - Batterie 0,5 kWh statt 33 kWh (Faktor 1/60)
 - Anschlussleistung 0,400 kW statt 11 kW (1/27)
 - Verbrauch 0,8 kWh/100 km statt 15 kWh/100 km (Faktor 1/20)
 - Cardio-Training
 - zeitlicher Vergleich: PKW: 20-35 Min. (Verkehr?), Pedelec 32 Min.
 - Vergleich Fahrrad: schwitzen oder nicht schwitzen
- **Ab Spätjahr 2020: Volkswagen ID.3?**



Quelle: OEM

Wieviel CO2 steckt im Ladestrom meines BMWi3?

- Eine Antwort könnte sein **401 gCO₂/kWh** entsprechend **deutschem Strommix 2019** (PM Umweltbundesamt vom 8.4.2019, 1990 noch 764 gCo₂/kWh)
- Eine zweite Antwort könnte sein: **0 gCO₂/kWh** wegen:
 - Speisung durch lokale PV (bzw. mit Zwischenspeicherung) zu Hause
 - Speisung durch PV beim Arbeitgeber durch elenia-Versuchsanlage
 - Vor allem in Herbst/Winter Ökostromtarif bei BS/Energy

BS|Naturstrom Gold

Zertifizierter Strom aus regenerativen Energien

Sie wollen noch mehr für einen schnelleren Ausbau der Erneuerbaren Energien tun? BS|Naturstrom Gold wird vollständig aus regenerativen Energiequellen gewonnen. **Außerdem: Mit jeder verbrauchten Kilowattstunde unterstützen Sie den Neubau von klimaschonenden Anlagen oder Maßnahmen bzw. Zukunftsprojekte zur Förderung der Energiewende mit 1,00 Cent.** Das tun viele Ökostromanbieter nicht.

Damit entspricht BS|Naturstrom Gold den strengen Anforderungen des Grüner Strom Label, dem Siegel für Ökostrom mit besonders hohem Umweltnutzen.

Die Vertragslaufzeit beträgt ein Jahr ab dem tatsächlichen Lieferbeginn. Sie verlängert sich jeweils um ein Jahr, wenn der Vertrag nicht von einer der Parteien mit einer Frist von einem Monat vor Ende der Vertragslaufzeit gekündigt wird.



Quelle: BS Energy

Agenda

1. Vorstellung Vortragenden und Institut elenia
2. Erfahrungen als Elektromobilist
3. Prosumager
4. Zusammenfassung

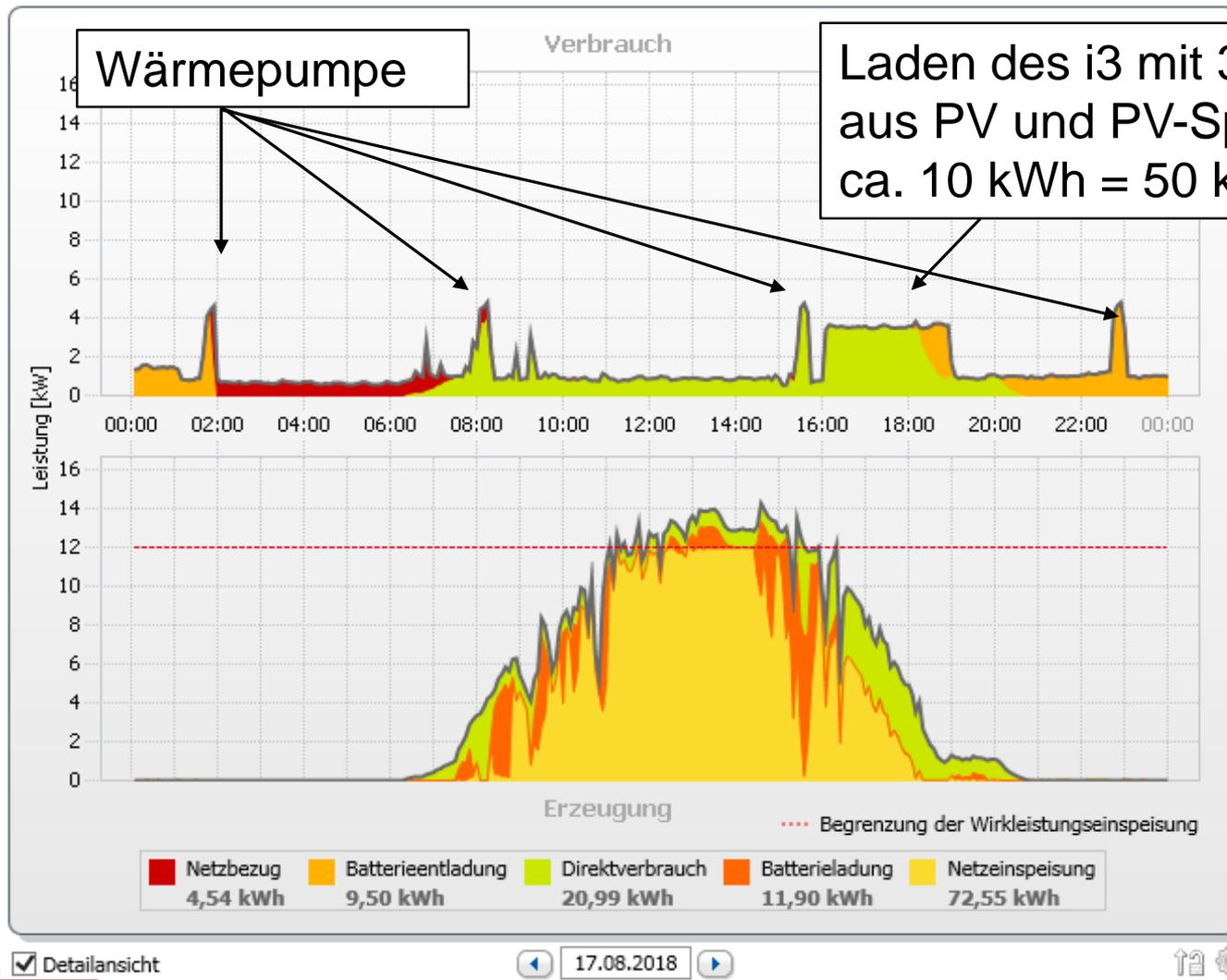
Im Prosumer-Haushalt Engel wird versucht, Sektorenkopplung und Energiemanagement zu leben



- KfW-Effizienzhaus 40 Plus
- 20 kWp PV (60 Module SunPower à 330 Wp, 150 m²)
- 18,7 kWh Speicher, notstromfähig!
- Wärmepumpe im Keller für Heizung und Kühlung
drei Erdsonden 90 m tief
- 2 x 22 kW Steckdosen für Elektromobilität in der Garage
- **Prosumager = Prosumer + Consumer + Storager**



Aus PV wird (teilweise über Speicher) das e-Kfz und die Wärmepumpe gespeist.



Energieplushaus (15,9 MWh Einspeisung, 6,8 MWh Netzbezug)

Achtung:

- Supersommer 18!
- Milder Winter
- 12,5° Dachneigung nicht optimal



Erfahrungen sind in Acatech-Studie „Zentrale und dezentrale Elemente im Energiesystem“ eingeflossen

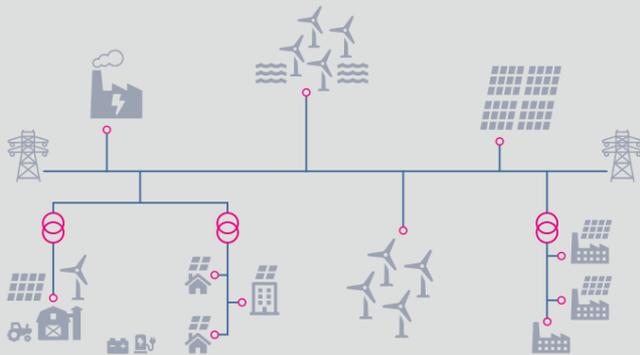
Was heißt eigentlich dezentral? Dimensionen von (de-)zentralen Energiesystemen



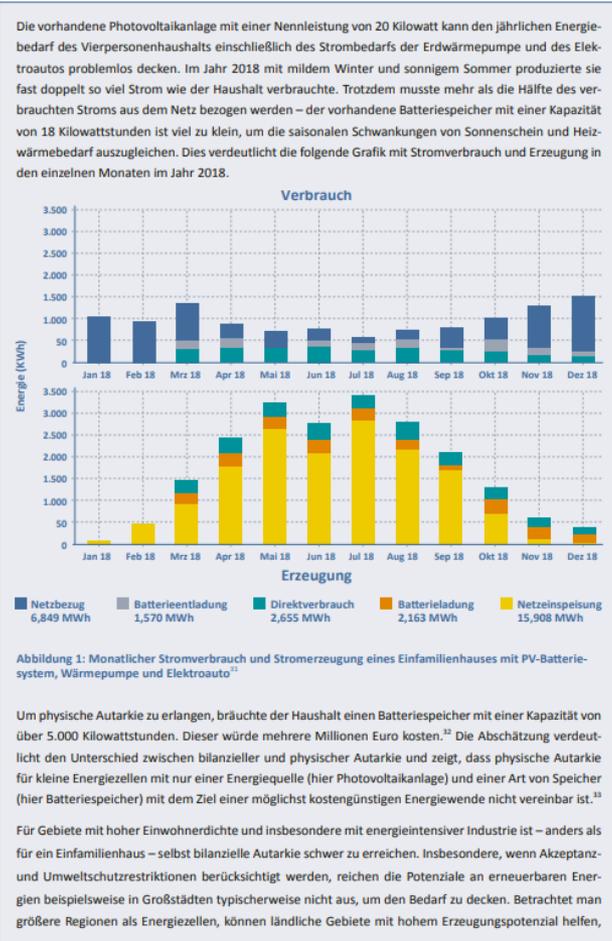
Januar 2020
Stellungnahme

Zentrale und dezentrale Elemente im Energiesystem

Der richtige Mix für eine stabile und nachhaltige Versorgung



„Energiesysteme der Zukunft“ ist ein Projekt von:
Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina | www.leopoldina.org
acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften | www.acatech.de
Union der deutschen Akademien der Wissenschaften | www.akademienunion.de



Quelle: acatech



³¹ © Professor Bernd Engel, elenia, TU Braunschweig.



PV-Anlagen dezentral oder zentral

10 kWp-Dachanlage zur Eigenversorgung im vorstädtischen Raum



Quelle: elenia

- Vergütung nach **EEG** (neue Anlagen ca. 11ct/kWh)
- errichtet von **Privatpersonen**
- mit **Speicher** und **Energiemanagement**
- **Sektorenkopplung (Wärmepumpe und Elektromobilität)** möglich und immer mehr üblich
- speist bei KfW-Förderung nur 50 % der inst. PV-Leistung in **lastdominierte Niederspannungsnetze** (wg. Elektromobilität/WP)
- trägt zur lokalen Spannungshaltung und zur Frequenzhaltung bei
- kann in lastdominierten lokalen Netzen teilweise **Netzausbau verringern/verzögern**

85 MWp bis >1 GWp – Solarkraftwerk in z. B. Brandenburg, Meck.-Pomm mit PPA

<https://www.pv-magazine.de/2019/02/14/enbw-und-energiekontor-schliessen-15-jaehrigen-ppa-fuer-foerderfreien-solarpark-in-deutschland/>



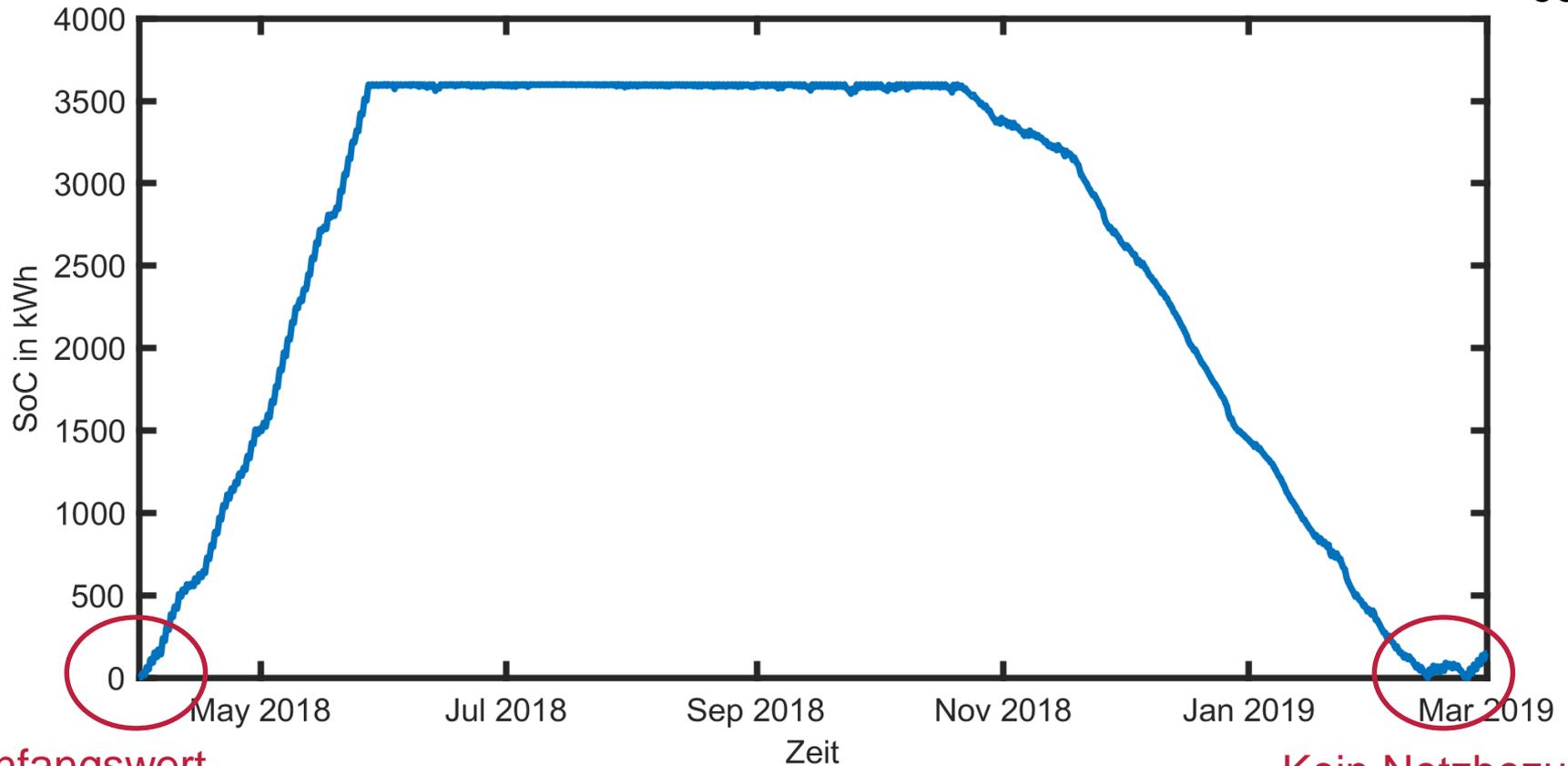
Quelle: SMA

- Vergütung nach **PPA** (Power Purchasing Agreement) mit Energieversorgern außerhalb des EEG
- errichtet unter Beteiligung großer **Energiekonzerne**
- Normalerweise speist je nach Wechselrichterdimensionierung bis zu 100 % der inst. PV-Leistung lastfern ein in **erzeugungsdominierte Höchst-/Hochspannungsnetze(-teile) (zusätzlicher Netzausbau?, Erzeugungsmanagement?)**
- weitergehende Anforderung an Spannungs- und Frequenzhaltung
- Bereitstellung **weiterer Systemdienstleistungen** (z.B. Regelleistung, Blindleistungsmanagement)

Speichergröße – „Winterspeicher“

Benötigte Speichergröße: ~3600 kWh

$\eta_{\text{ges}} = 95\%$



Anfangswert

Kein Netzbezug!



Abschätzung nach Korrekturen durch Verluste etc. : 5,6 MWh Batteriespeicher

Überschlägt man jetzt die Effekte durch:

- dem guten Sonnenjahr 2018 (+11 %)
- dem milden Winter 2018/2019 (+12 % auf abgeschätzte Heizenergie von 4000 kWh)
- Wirkungsgrad von 90 % PV2BAT und PV2AC und 96 % für die Batterie siehe https://www.sma.de/fileadmin/Partner/SMA_Partnerprogramm/SMA_Regional-Treff_2018/09_Speicher_Effizienzleitfaden.ext.pdf
- eine Selbstentladung angenommen für im Mittel drei Monate von 4 % im Monat (also in Summe etwa 12,5 %), siehe <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4414.pdf>

Damit errechnet sich überschlägig **eine notwendige Speichergröße – ohne Komforteinbußen – bei vollkommener Autarkie von etwa 5.600 kWh (=5,6 MWh), um mit einer 20 kWp-Anlage für einen Einfamilienhaushalt über den Winter zu kommen.**

Das ist mehr als die Hälfte des berühmten WEMAG-Speichers mit 10 MWh.

10 MWh Batteriespeicher Schwerin Lankow



Rudolph-Kramer
<https://www.wemag.com/aktuelles-presse/blog/wemag-speicher-zeigt-schwarzstartfaehigkeit>



Nur mal eben für zuhause...

Rudolph-Kramer; <https://www.wemag.com/aktuelles-presse/blog/wemag-speicher-zeigt-schwarzstartfaehigkeit>

26.5.2020 | Bernd Engel | S4F: E-Mobilist und Prosumager | Seite 24



Technische
Universität
Braunschweig

elenia
Institut für Hochspannungstechnik
und Elektrische Energieanlagen

Bin ich autark?

Nein, weil **ich nutze das elektrische Netz** weiterhin zeitweise (so großer Speicher ist unwirtschaftlich)

- als **Verbraucher** (wegen Sektorenkopplung mit Wärme und Mobilität brauche ich mit 6800 kWh im Jahr mehr Netzstrom als Normalfamilie 4000-4500 kWh)
- als **Erzeuger** (15.800 kWh erneuerbare Energien sollten genutzt werden, um konventionelle Erzeugung zu ersetzen)

Nur im Notstrombetrieb (wenige Stunden)

Zusammenfassung

- Mit **Energieplushaus** ist es trotz **Sektorenkopplung** mit **Elektromobilität** und **Wärmepumpe** möglich, **doppelt** so viel ins **Netz** zu **speisen** wie aus dem **Netz** zu beziehen
- Der **Prosumager** ist eine **Säule** der **Energiewende**
- Trotz der **positiven Bilanz** brauchen wir das **Netz**
- **Elektromobilität** macht **Spaß** mit **vier** und **zwei Rädern**
- **Einsparung** durch **Energieplushaus 8 t CO2** pro Jahr

Noch Fragen ? Diskussion

Kontakt



Technische Universität Braunschweig
elenia Institut für Hochspannungstechnik und Energiesysteme

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Bernd Engel
Schleinitzstraße 23
38106 Braunschweig
bernd.engel@tu-braunschweig.de
Telefon: +49 531 391 7740
Fax: +49 531 391 8106
<http://www.tu-braunschweig.de/elenia>