

# JOHANN

## Optimierung eines multimodelen Batterie- und Wasserstoffspeichers

Daniel Schwabeneder, Georg Lettner  
TU Wien – Energy Economics Group

IEWT 2023  
13. Internationale Energiewirtschaftstagung  
15.02.2023  
Campus Gußhaus  
TU Wien

- JOHANN ist eine von EEG Elements Energy entwickelte hybride Energiespeicherlösung bestehend aus:
  - Batterie
  - Elektrolyseur
  - H2-Speicher
  - Brennstoffzelle
- Die Batterie erlaubt effiziente Kurzzeitspeicherung und die hohe Kapazität des H2-Speichers ermöglicht saisonale Speicherung.
- Im Projekt Energiezelle JOHANN wird der Betrieb von JOHANN in drei verschiedenen Use Cases demonstriert:
  - Bauernhof (NÖ)
  - Reitstall (Bglld)
  - Schule (Stmk)

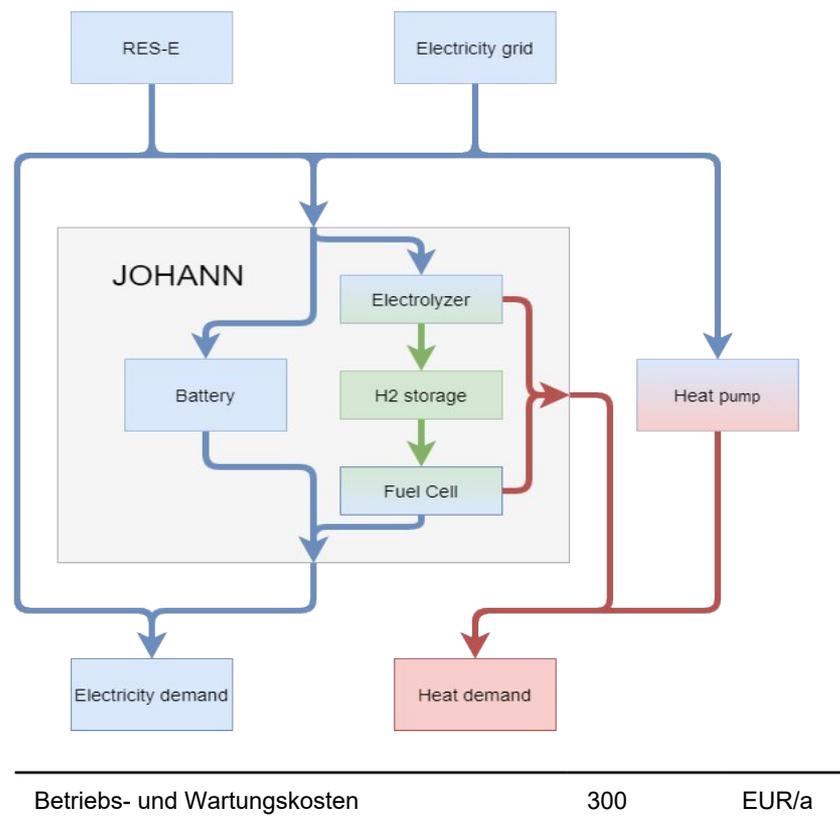


<https://greenenergylab.at/projects/energiezelle-johann/>

In diesem Vortrag werden Simulationen für unterschiedliche Kundentypen präsentiert, die folgende Forschungsfragen behandeln:

- Was ist der operative Nutzen von JOHANN in Bezug auf
  - Energiekosten?
  - Autarkiegrad?
  - PV-Eigenverbrauchsanteil?
- Welche Parameter beeinflussen die Wirtschaftlichkeit von JOHANN?

Batterie		
Kapazität	9.6	kWh
Ladeleistung	5.0	kW
Ladewirkungsgrad	95	%
Entladeleistung	16.5 (bis 75)	kW
Entladewirkungsgrad	95	%
Standby-Verbrauch	30	W
Wasserstoff		
Kapazität	1200 (300 bis 1500)	kWh
Ladeleistung (Elektrolyse)	5.0	kW
Ladewirkungsgrad elektrisch	50	%
Ladewirkungsgrad thermisch	40	%
Entladeleistung (Brennstoffzelle)	4.8	kW
Entladewirkungsgrad elektrisch	50	%
Entladewirkungsgrad thermisch	40	%
Standby-Verbrauch	30	W



## Zielfunktion

$$\min \Delta t \cdot \sum_t \left( p_t^{e,buy} \cdot x_t^{e,buy} - p_t^{e,sell} \cdot x_t^{e,sell} + p_t^{h,buy} \cdot x_t^{h,buy} \right) + p_{peak}^e \cdot x_{peak}^e$$

## Nebenbedingungen

$$soc_t^{JB} = (1-l) \cdot soc_{t-1}^{JB} + \Delta t \cdot \left( \eta_{in}^{JB} \cdot x_t^{JB,in} - \frac{1}{\eta_{out}^{JB}} \cdot x_t^{JB,out} \right)$$

$$soc_t^{JH} = soc_{t-1}^{JH} + \Delta t \cdot \left( \eta_{in}^{JH} \cdot x_t^{JH,in} - \frac{1}{\eta_{out}^{JH}} \cdot x_t^{JH,out} \right)$$

$$x_t^{HP,out} = cop_t^{HP} \cdot x_t^{HP,in}$$

$$x_t^{JH,h} = \eta_h^{JH} \cdot x_t^{JH,in} + \frac{\eta_h^{JH}}{\eta_{out}^{JH}} \cdot x_t^{JH,out}$$

$$x_{peak}^e \geq x_t^{e,buy}$$

$$x_t^{e,demand} + x_t^{e,sell} + x_t^{HP,in} + x_t^{JB,in} + x_t^{JH,in} = x_t^{e,PV} + x_t^{e,buy} + x_t^{JB,out} + x_t^{JH,out}$$

$$x_t^{h,demand} + x_t^{h,loss} = x_t^{e,PV} \cdot x_t^{h,buy} + x_t^{HP,out} + x_t^{JH,h}$$

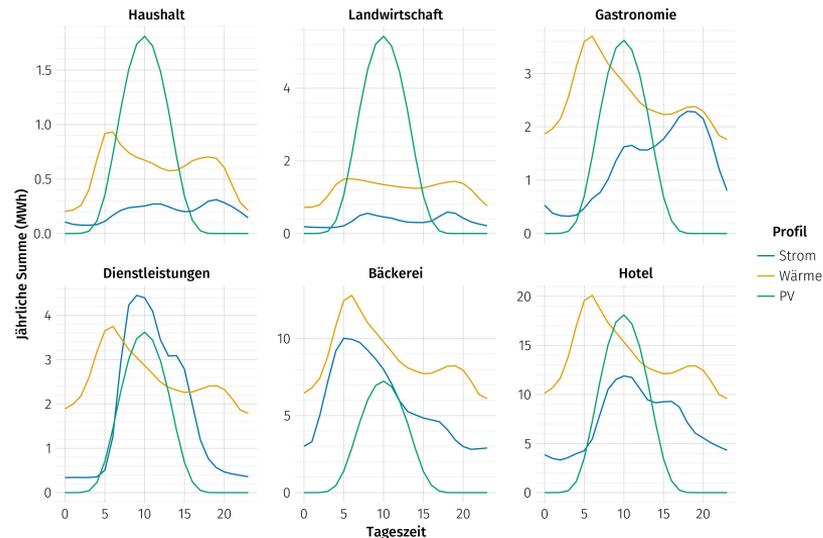
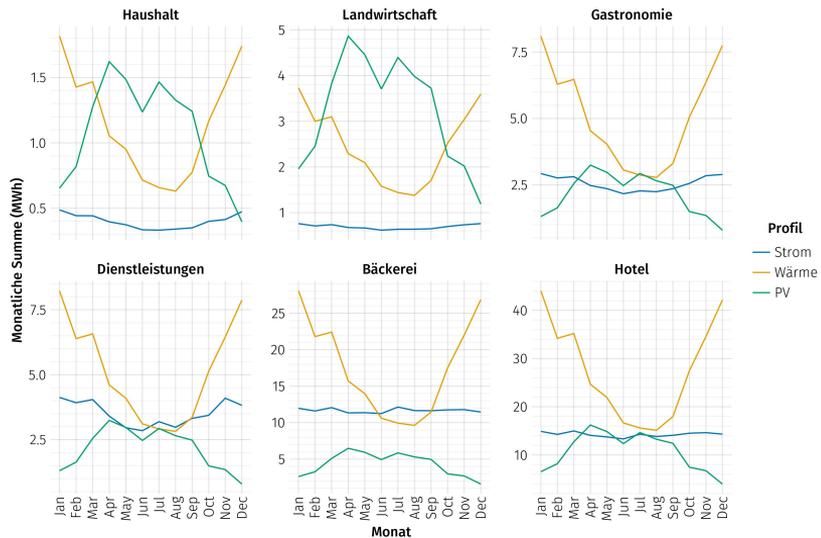
## Nomenklatur

$t$	Zeitpunkt
$\Delta t$	Länge eines Zeitschritts (h)
$e$	Strom
$h$	Wärme
$p$	Preis (EUR/MWh   EUR/MW)
$x$	Leistung (MW)
soc	State of Charge (MWh)
$l$	Standby-Verluste
$\eta$	Wirkungsgrad
cop	Coefficient of performance
JB	JOHANN Batterie
JH	JOHANN H2 Speicher
HP	Wärmepumpe

Kategorie	Stromverbrauch (MWh/a)	Wärmeverbrauch (MWh/a)	PV-Leistung (kWp)
Haushalt	4.78 [1,2]	13.85 [1,2]	10
Landwirtschaft	8.28 [3,4]	29.47 [3,4,5]	30
Gastronomie	30.65 [6,7]	60.62 [6,7]	20
Öffentliche & private Dienstleistungen	42.15 [8,9]	61.55 [5,8,9]	20
Bäckerei	140.00 [10,11]	210.00 [10,11]	40
Hotel	170.96 [12,13]	329.57 [12,13]	100

## Quellen:

- <https://www.statistik.at/statistiken/bevoelkerung-und-soziales/bevoelkerung/familien-haushalte-lebensformen/privathaushalte>
- <https://www.statistik.at/statistiken/energie-und-umwelt/energie/energieeinsatz-der-haushalte>
- <https://www.statistik.at/statistiken/land-und-forstwirtschaft/betriebsstruktur/betriebsdaten/betriebe>
- [https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:5306bbb3-ad3b-44a6-bfe6-6b3a9e1cbef1/BMK\\_Energieflussbild2021.pdf](https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:5306bbb3-ad3b-44a6-bfe6-6b3a9e1cbef1/BMK_Energieflussbild2021.pdf)
- [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/technology\\_data\\_heating\\_installations\\_-\\_0003.xlsx](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/technology_data_heating_installations_-_0003.xlsx)
- [https://www.wko.at/branchen/tourismus-freizeitwirtschaft/gastronomie/B\\_601\\_2021.pdf](https://www.wko.at/branchen/tourismus-freizeitwirtschaft/gastronomie/B_601_2021.pdf)
- [https://www.oegut.at/downloads/pdf/e\\_kennzahlen-ev-dlg\\_zb.pdf](https://www.oegut.at/downloads/pdf/e_kennzahlen-ev-dlg_zb.pdf)
- <https://www.statistik.at/statistiken/industrie-bau-handel-und-dienstleistungen/leistungs-und-strukturdaten>
- [https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:5306bbb3-ad3b-44a6-bfe6-6b3a9e1cbef1/BMK\\_Energieflussbild2021.pdf](https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:5306bbb3-ad3b-44a6-bfe6-6b3a9e1cbef1/BMK_Energieflussbild2021.pdf)
- <https://www.wko.at/branchen/gewerbe-handwerk/lebensmittelgewerbe/baecker/branchen-statistik-baecker-mai-2022.pdf>
- [https://www.wko.at/service/umwelt-energie/ee\\_baecker.pdf](https://www.wko.at/service/umwelt-energie/ee_baecker.pdf)
- [https://www.statistik.at/fileadmin/publications/tourismus\\_in\\_oesterreich\\_2021.pdf](https://www.statistik.at/fileadmin/publications/tourismus_in_oesterreich_2021.pdf)
- [https://www.oegut.at/downloads/pdf/e\\_kennzahlen-ev-dlg\\_zb.pdf](https://www.oegut.at/downloads/pdf/e_kennzahlen-ev-dlg_zb.pdf)

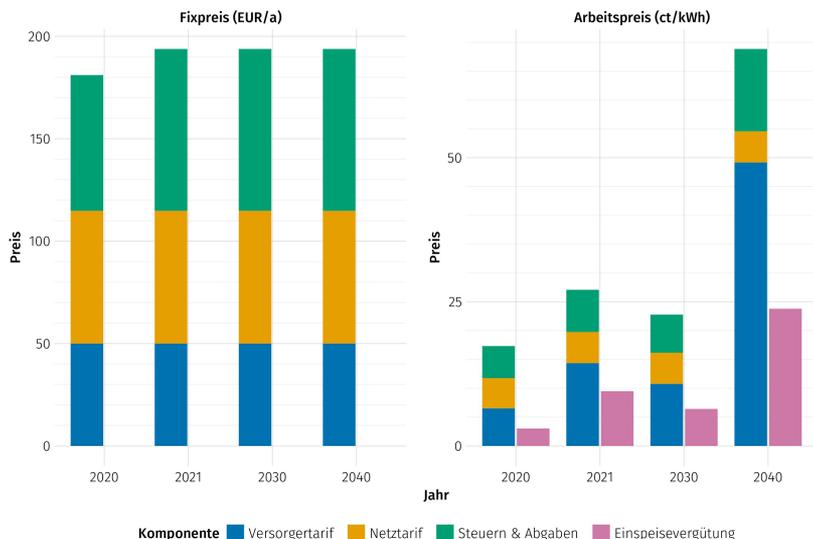


Strom: <https://www.apcs.at/de/clearing/technisches-clearing/lastprofile>

Wärme: <https://github.com/oruhnau/when2heat>

PV: <https://www.renewables.ninja/>

- 4 Marktpreisszenarien:
  - 2020 (historisch)
  - 2021 (historisch)
  - 2030 (EDisOn Modell)
  - 2040 (EDisOn Modell)



## Versorgertarif

Stündlicher Marktpreis gewichtet mit dem Lastprofil + Marge

## Einspeisevergütung:

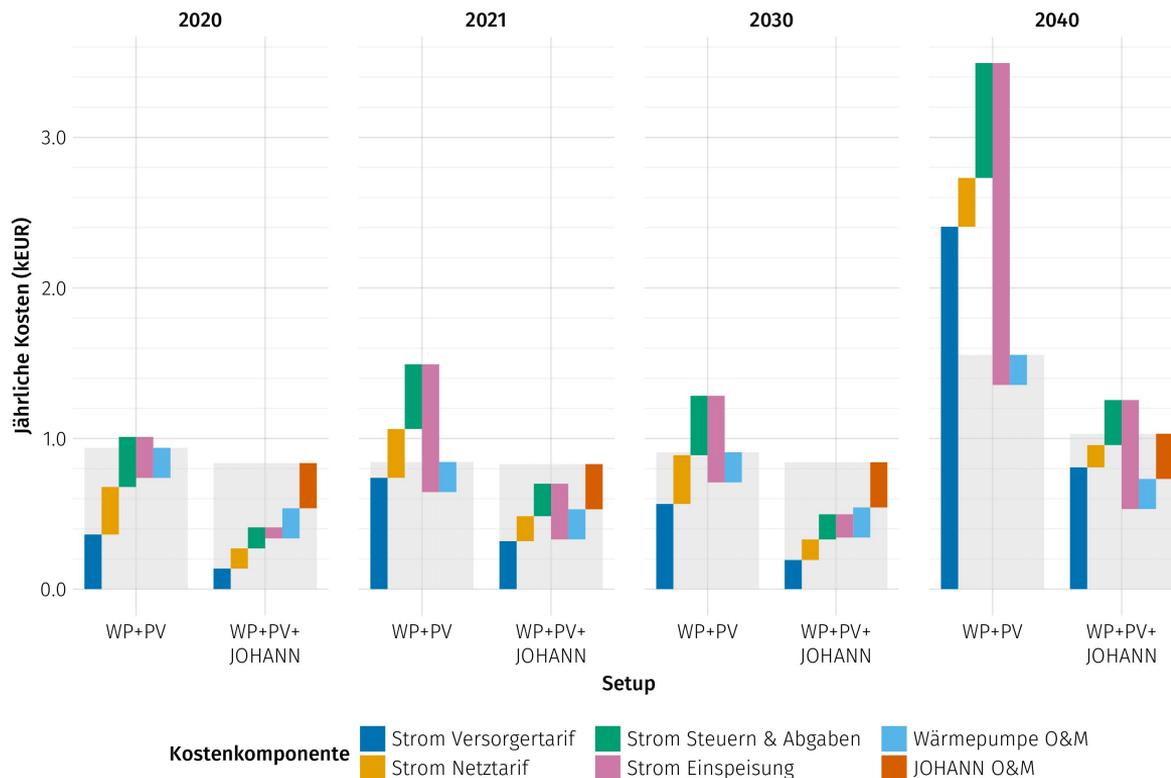
Stündlicher Marktpreis gewichtet mit dem PV- Erzeugungsprofil

## Netztarif:

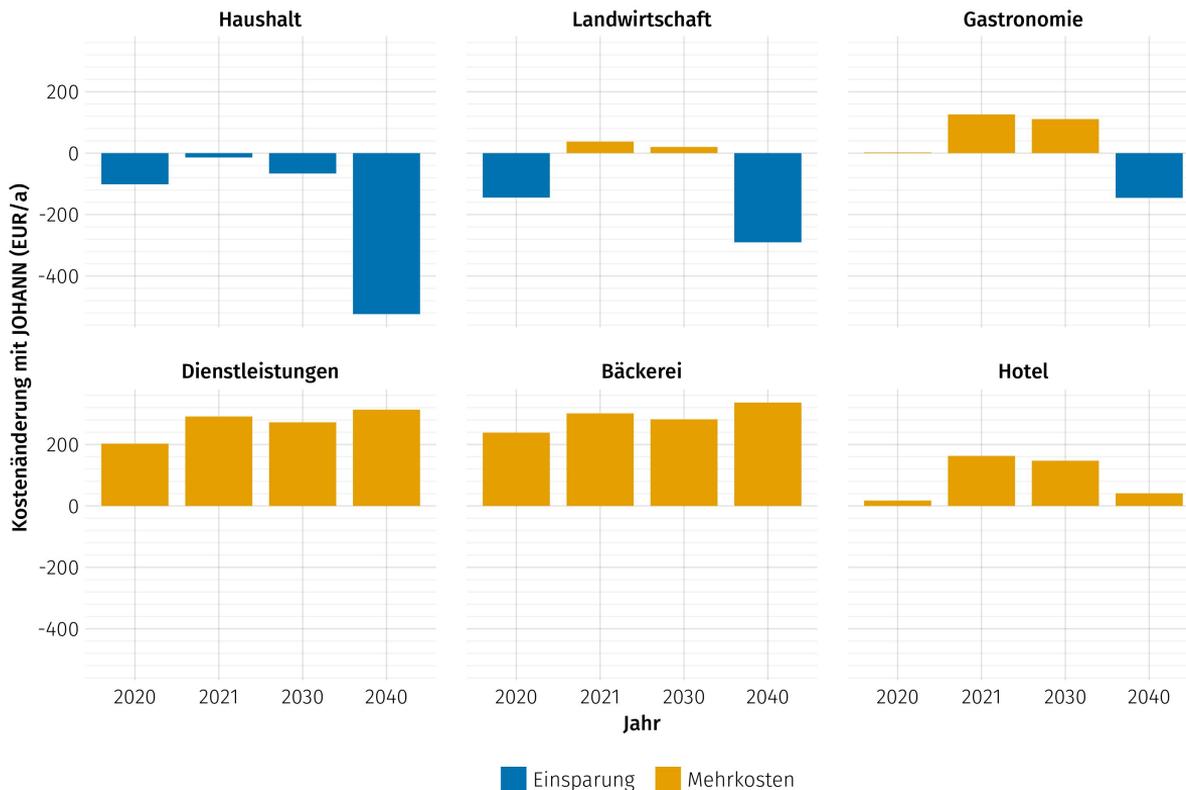
- [https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BG\\_BLA\\_2019\\_II\\_424/BGBLA\\_2019\\_II\\_424.html](https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BG_BLA_2019_II_424/BGBLA_2019_II_424.html)
- [https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BG\\_BLA\\_2020\\_II\\_578/BGBLA\\_2020\\_II\\_578.html](https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BG_BLA_2020_II_578/BGBLA_2020_II_578.html)

## Steuern & Abgaben:

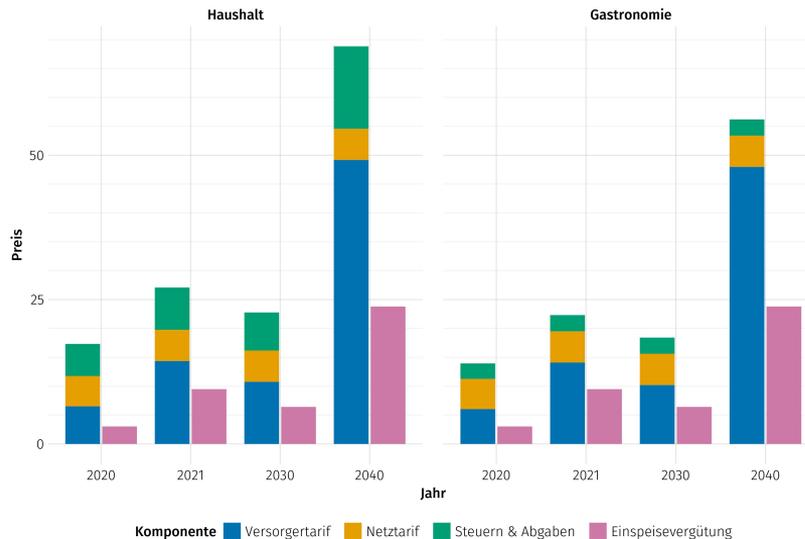
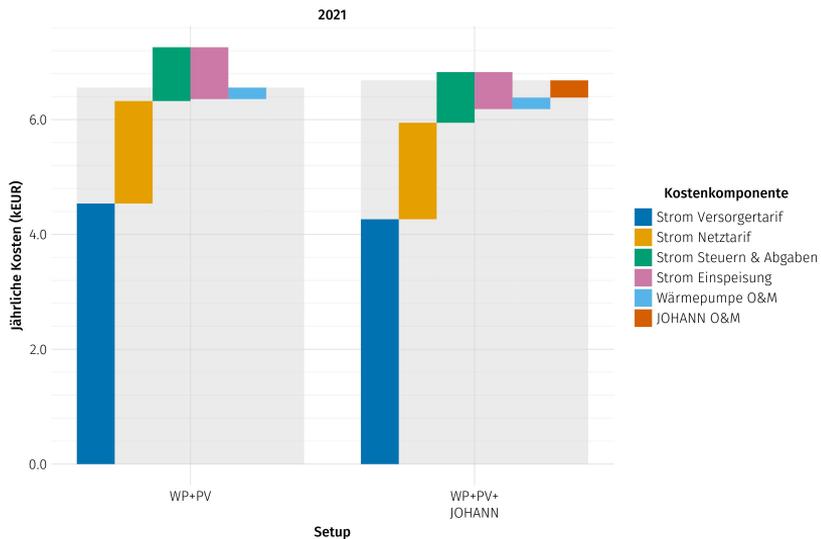
- [https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BG\\_BLA\\_2019\\_II\\_426/BGBLA\\_2019\\_II\\_426.html](https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BG_BLA_2019_II_426/BGBLA_2019_II_426.html)
- [https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BG\\_BLA\\_2017\\_II\\_382/BGBLA\\_2017\\_II\\_382.html](https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BG_BLA_2017_II_382/BGBLA_2017_II_382.html)
- [https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BG\\_BLA\\_2020\\_II\\_623/BGBLA\\_2020\\_II\\_623.html](https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BG_BLA_2020_II_623/BGBLA_2020_II_623.html)
- [https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BG\\_BLA\\_2020\\_II\\_622/BGBLA\\_2020\\_II\\_622.html](https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BG_BLA_2020_II_622/BGBLA_2020_II_622.html)



- Sehr abhängig von Tarifen (Jahr)
- Jährliche Kostenreduktion zwischen 15 EUR (2021) und 530 EUR (2040)

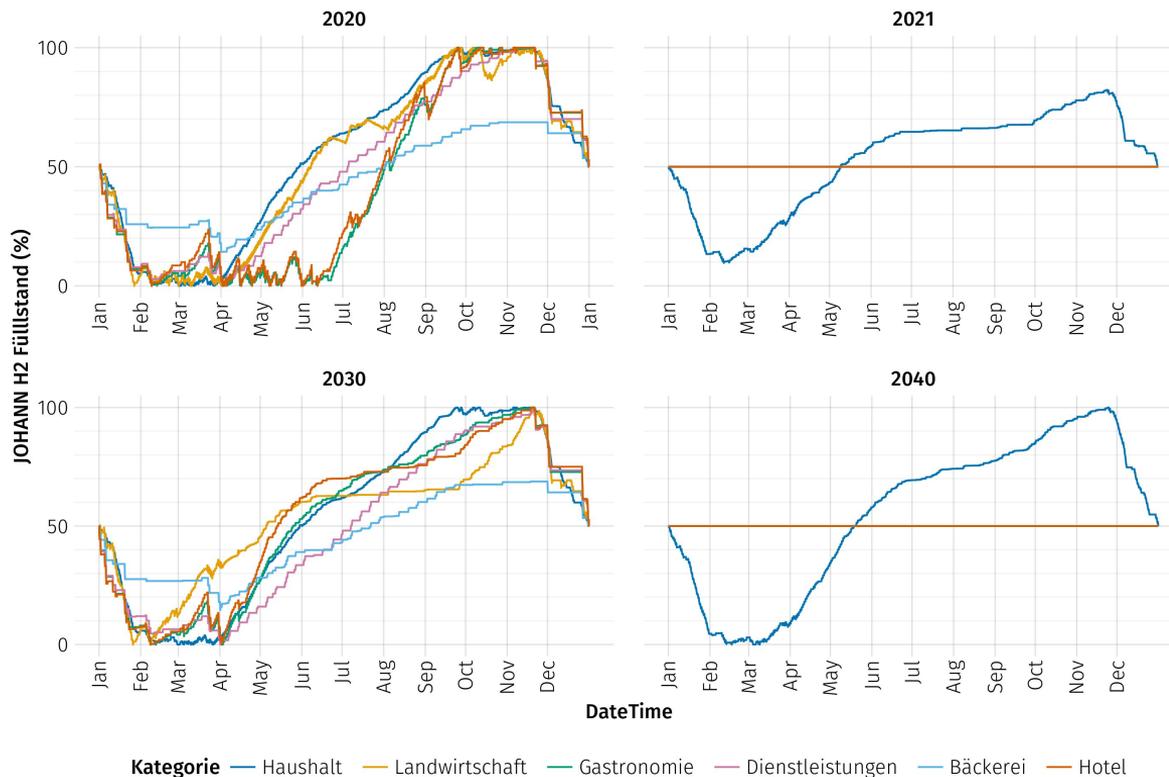


Für andere Kundentypen kann JOHANN auch zu höheren jährlichen Kosten führen.



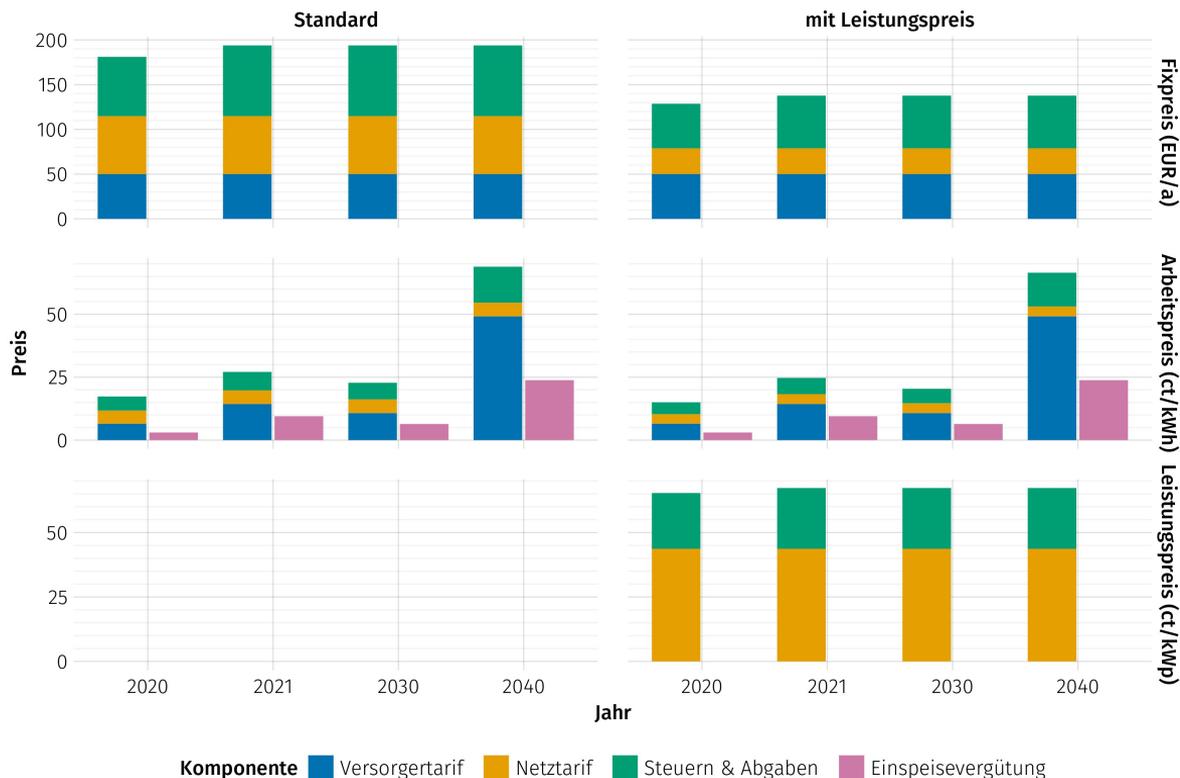
Durch fixe Betriebskosten und den Standby-Verbrauch von JOHANN kann es selbst bei optimalem Betrieb zu Mehrkosten kommen.

Außerdem unterscheiden sich die Tarife der verschiedenen Kundentypen leicht.

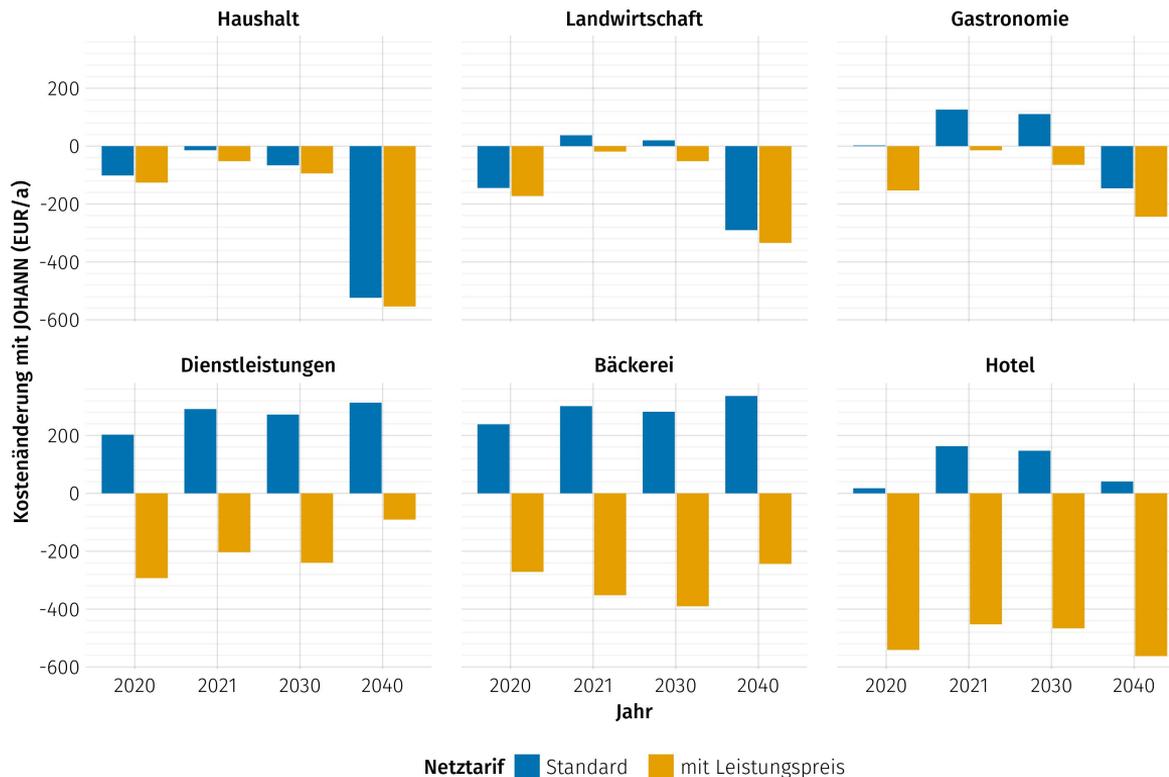


In den Jahren 2021 und 2040 wird der H2-Speicher nur vom Haushalt verwendet.

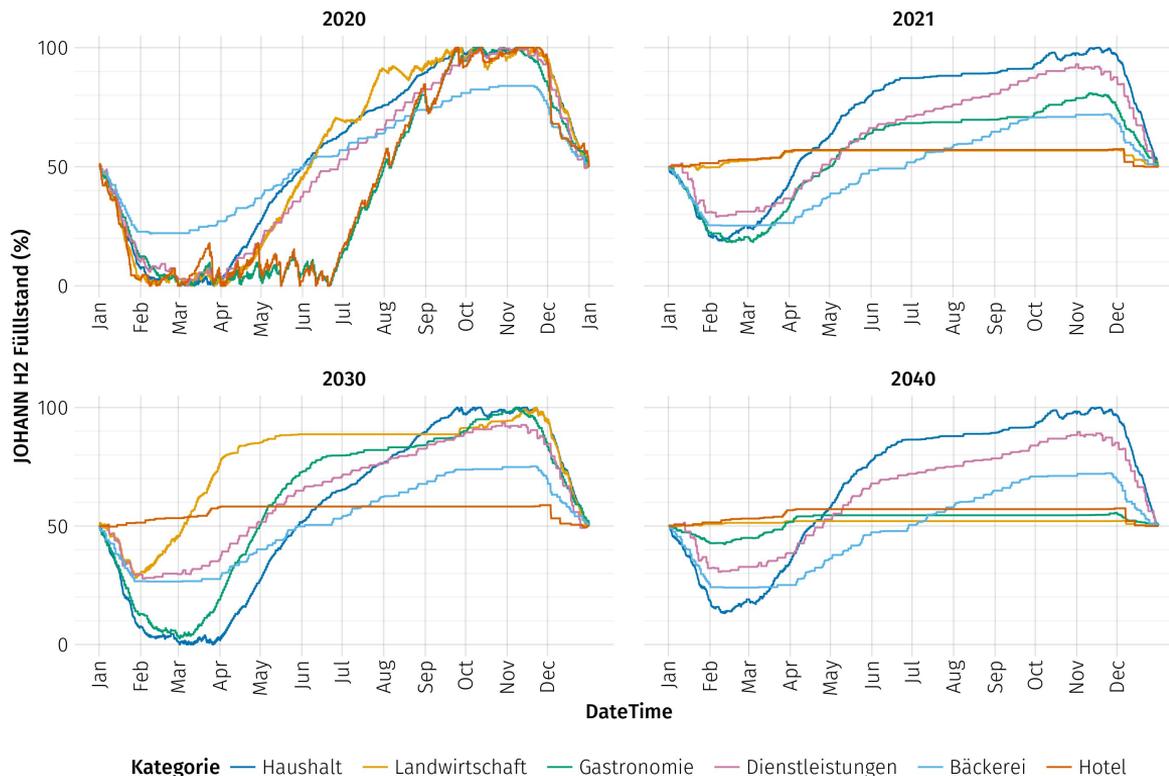
D.h. Für die anderen Kategorien ist der Preis-Spread für die Strom-H2-Strom-Wirkungsgrade zu gering.



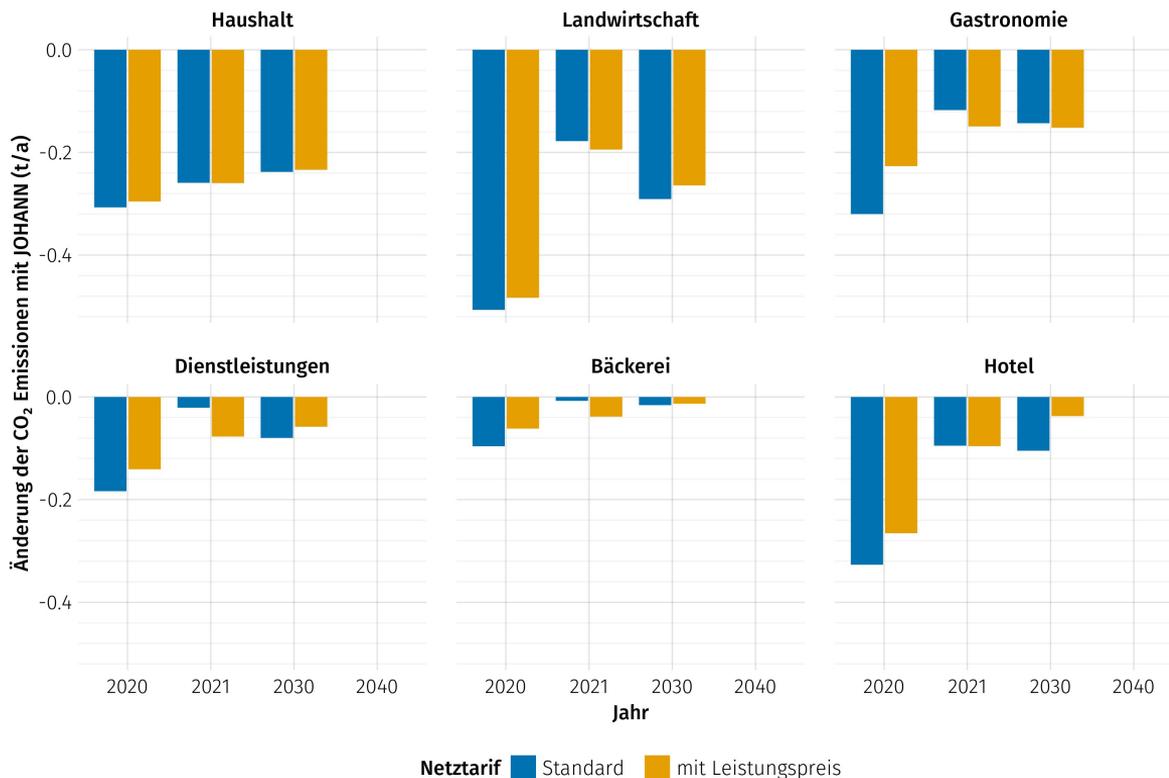
Kann ein Leistungspreis im Netztarif zusätzliche Anreize für die Nutzung des H2-Speichers von JOHANN liefern?



Mit Leistungspreis erzielen alle Kundentypen eine Kostenreduktion durch die Nutzung von JOHANN.

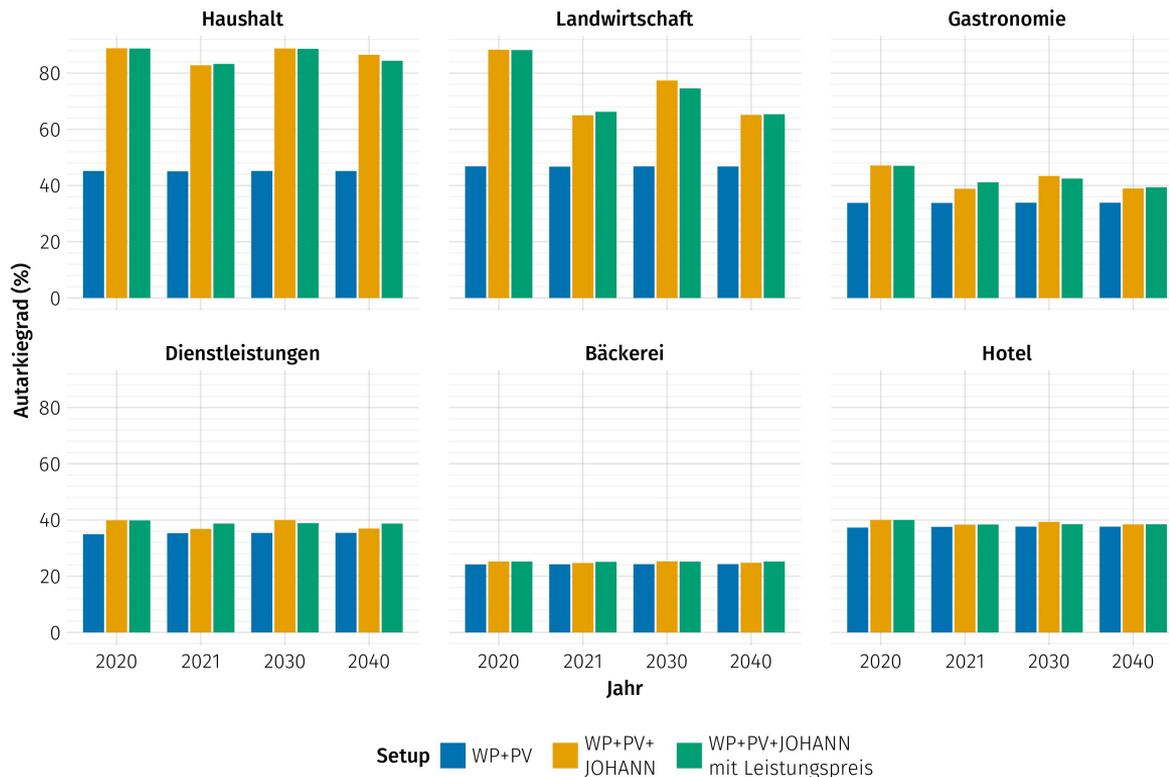


Mit Leistungspreis wird der H2-Speicher auch in den Jahren 2021 und 2040 von allen Kundentypen verwendet – allerdings nicht immer unbedingt zur saisonalen Speicherung



JOHANN erzielt in allen Szenarien eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen.

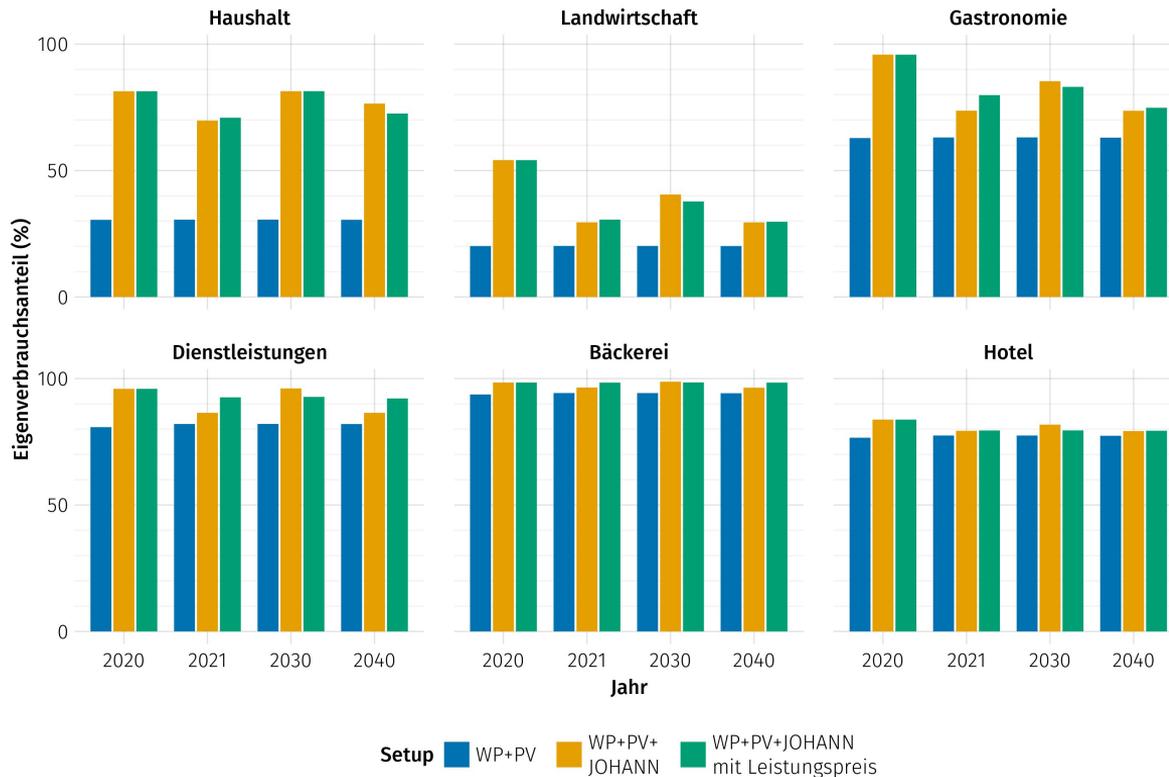
(Im Jahr 2040 ist zumindest im EDisON-Modell die Stromerzeugung 100% erneuerbar)



JOHANN kann den Autarkiegrad signifikant erhöhen.

Für Kundentypen mit geringerer Nachfrage ist der relative Einfluss wesentlich höher.

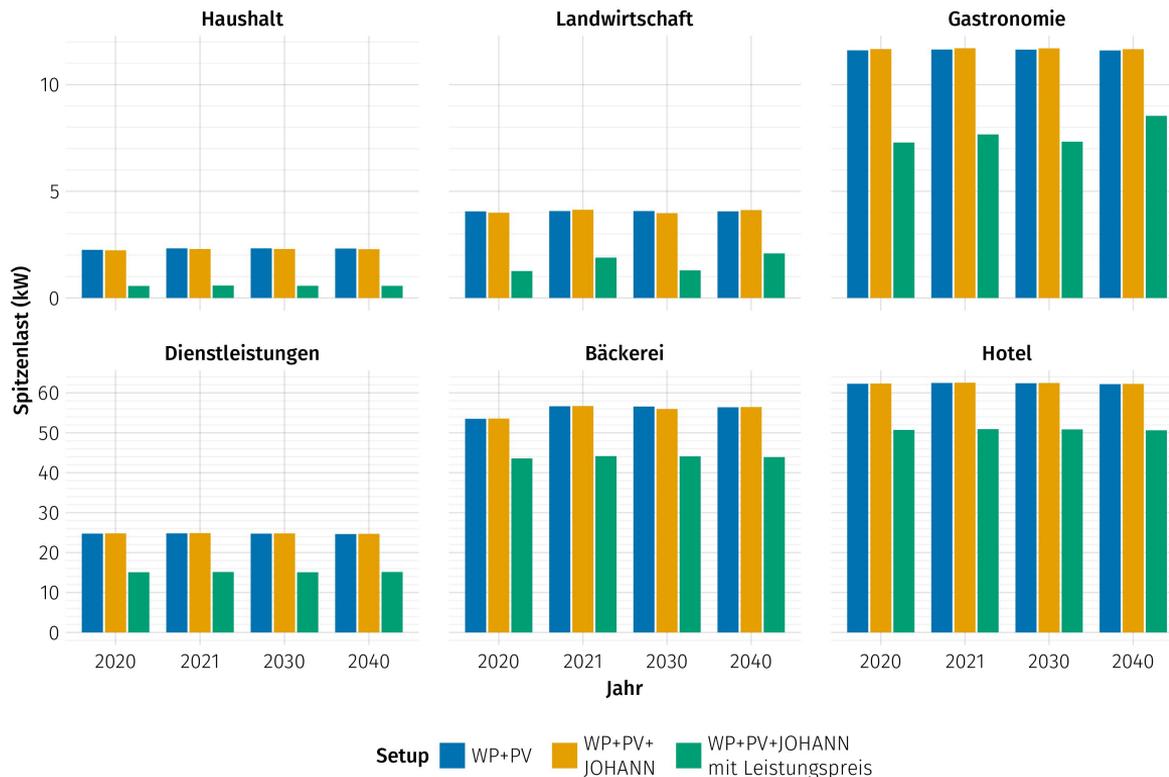
In den Jahren mit schlechteren Preisanreizen (2021, 2040) führt der Leistungspreis zu höherem Autarkiegrad – ansonsten umgekehrt.



JOHANN kann den Eigenverbrauchsanteil signifikant erhöhen.

Für Kundentypen mit geringerer Nachfrage ist der relative Einfluss wesentlich höher.

In den Jahren mit schlechteren Preisanreizen (2021, 2040) führt der Leistungspreis zu höherem Eigenverbrauchsanteil – ansonsten umgekehrt.



JOHANN kann die Spitzenlast bei geeigneten Anreizen mittels Leistungspreis deutlich reduzieren.

- Die erzielbaren Kostenreduktionen sind sehr abhängig von den Tarifannahmen.
- Folgende Parameter wirken sich positiv auf die Wirtschaftlichkeit von JOHANN aus:
  - Steigende Strombezugspreise
  - Steigende **relative** Preis-Spreads zwischen Bezug und Einspeisung
  - Steigende Wärmegestehungskosten
  - Leistungspreise im Netztarif
  - Sinkende Einspeisevergütung
- Die Nutzung von JOHANN wirkt sich positiv auf folgende Parameter aus
  - Autarkiegrad
  - Eigenverbrauchsanteil
  - CO2-Reduktion
- Bei entsprechenden Anreizen kann JOHANN die Spitzenlast signifikant reduzieren.

## Daniel Schwabeneder

TU Wien  
Institute of Energy Systems and Electrical Drives  
Energy Economics Group

Gußhausstraße 25-29 / E370-3  
1040 Vienna, Austria

[P] +43 1 58801 370 375  
[E] [schwabeneder@eeg.tuwien.ac.at](mailto:schwabeneder@eeg.tuwien.ac.at)  
[W] [www.eeg.tuwien.ac.at](http://www.eeg.tuwien.ac.at)

Für welche Kombination aus PV-Leistung, Stromverbrauch und Wärmeverbrauch ergibt JOHANN Sinn?

Parametervariation:

- PV-Leistung: 0 - 25 kW
- Stromnachfrage: 5 - 30 MWh/a
- Wärmenachfrage: 0 - 25 MWh/a

(Haushalt, 2020, ohne Leistungspreis, WP+PV vs WP+PV+JOHANN)

