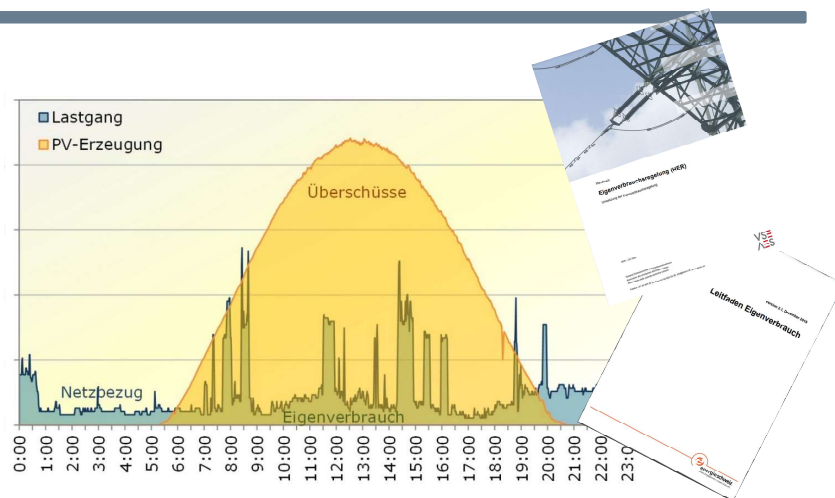
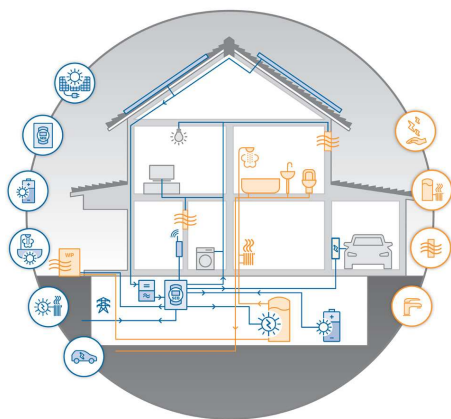




Berner Fachhochschule  
Haute école spécialisée bernoise  
Bern University of Applied Sciences



## Eigenverbrauchsoptimierung und Eigenverbrauchsgemeinschaften

Berner Fachhochschule  
BFH-Zentrum Energiespeicherung  
Labor für Elektrizitätsnetze

► Michael Höckel, Professor für Energiesysteme

IBI Energie Dialog Wochen, Interlaken, 13.1.2021

# BFH-Zentrum Energiespeicherung

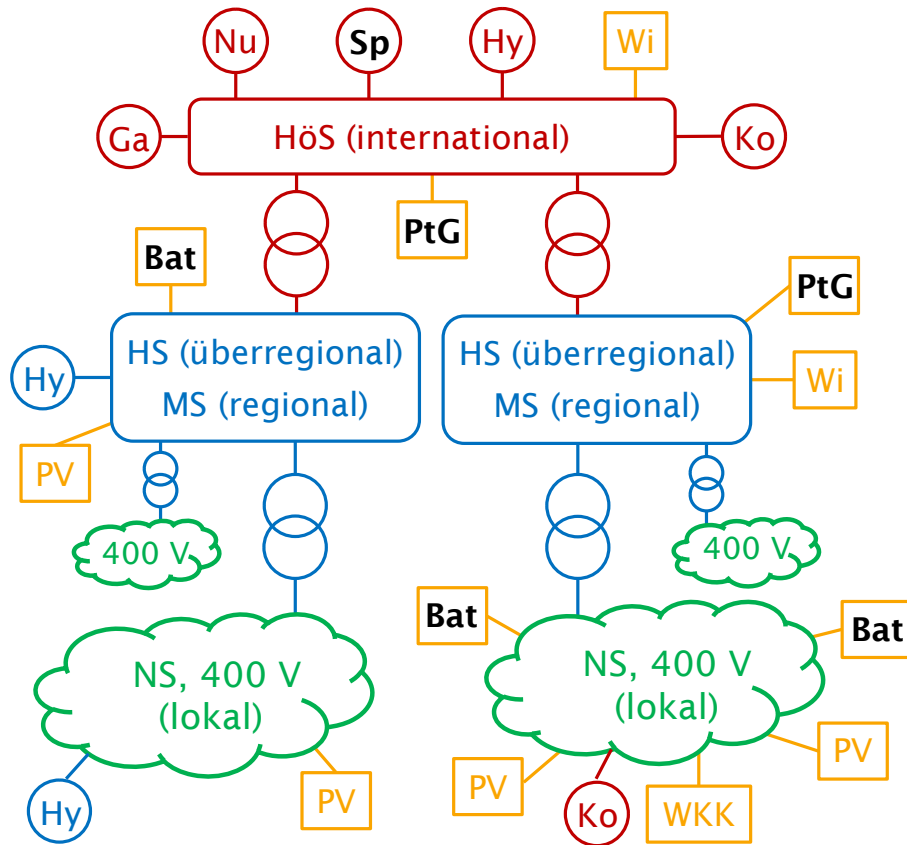


Die Berner Fachhochschule konzentriert ihre Forschungsgruppen zum Thema **elektrochemische Speichertechnologien** und **Stromnetze** im Gebäude des Switzerland Innovation Park Biel/Bienne.

[bfh.ch/energy](https://bfh.ch/energy)

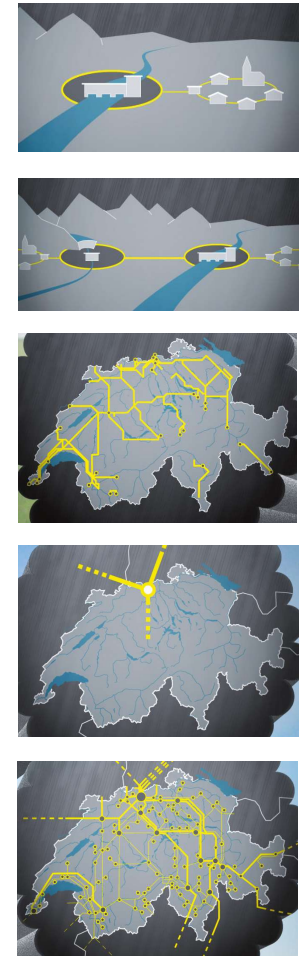


# Vier Phasen der Elektrizitätsversorgung



1. Die Elektrizitätsversorgung wurde lokal als Netzinseln gestartet
2. Die Netzinseln wurden regional (MS) und überregional (HS) verbunden
3. Die überregionalen Netze wurden international durch das Übertragungsnetz verbunden und grosse Kraftwerke wurden angeschlossen
4. Neue Erzeugungsarten werden dezentral an Verteilnetze angeschlossen, und Energiespeicher

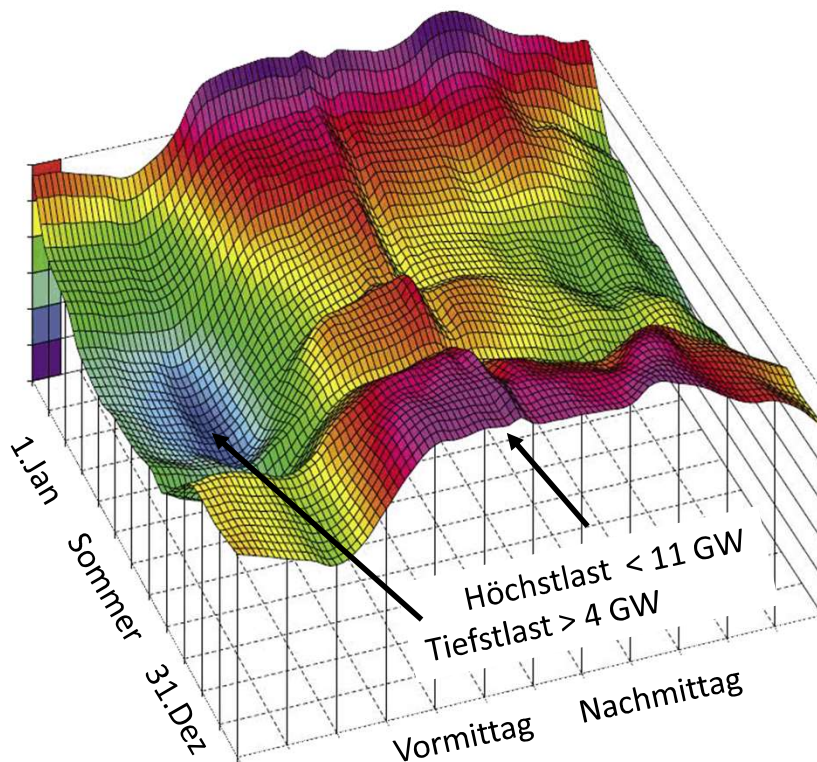
Bat = Batterie  
 Ga = Gaskraft  
 Hy = Wasserkraft  
 Ko = Kohle  
 Nu = Nuklear  
 PtG = Power-to-Gas  
 PV = Photovoltaik  
 Sp = Speichersee  
 Wi = Windkraft  
 WKK = Wärme-Kraft-Kopplung



Bildquelle: <https://strom-online.ch/die-geschichte-des-stromnetzes/>

## Energie (W) und Leistung (P) – im Netz

Bei Mehrfamilienhäusern geht man ab 30 Wohneinheiten bei der Auslegung des Netzanschlusses von einer Leistung pro Wohneinheit von nur 2.5 kVA aus. Das macht deutlich, wie stark sich die **Verbraucher verschachteln**, was die **Ausnutzung** des Netzes **mit zunehmender Grösse stark verbessert**. Somit kann man mit einem normalen Verteilnetztransformator ein ganzes Wohnquartier bis zu einem Stadtteil versorgen.



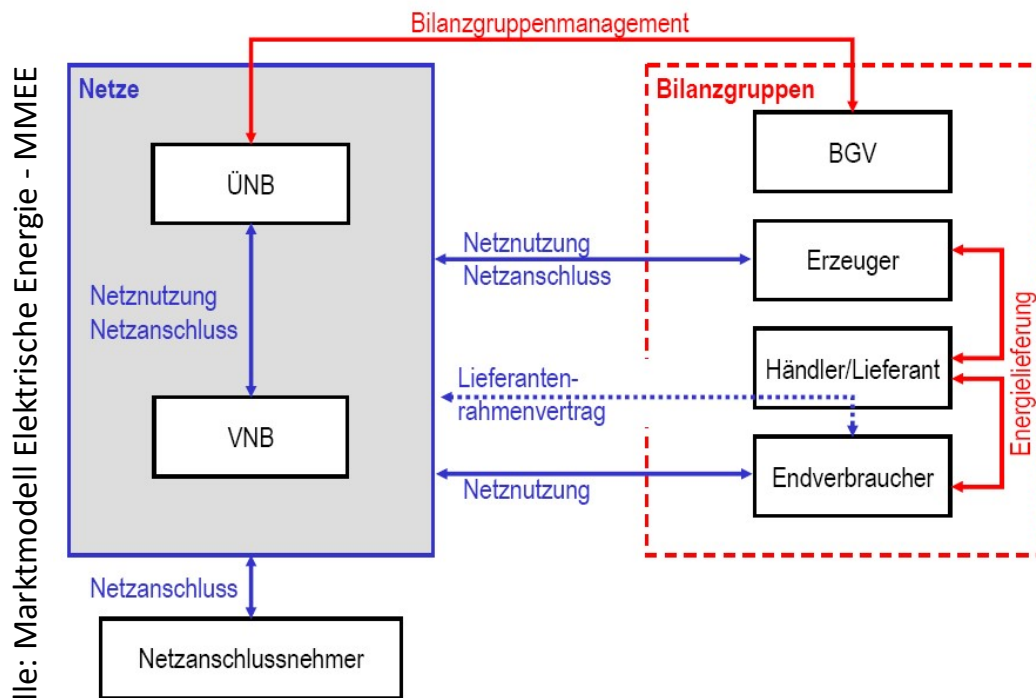
Betrachtet man den Endverbrauch an elektrischer Energie in der gesamten **Schweiz**, so werden zur Deckung des **Endverbrauches** von immerhin **60 TWh/a** eine gleichzeitige Einspeisung von zwischen 4 **und 11 GW** benötigt.

$$\bar{P}_{CH} = \frac{W_{CH}}{t} = \frac{60TWh/a}{8760 h/a} \approx 7GW$$

$$T = \frac{W}{P_{\max}} = \frac{60TWh}{11GW} \approx 5500h$$

# Trennung von Netz und Energie

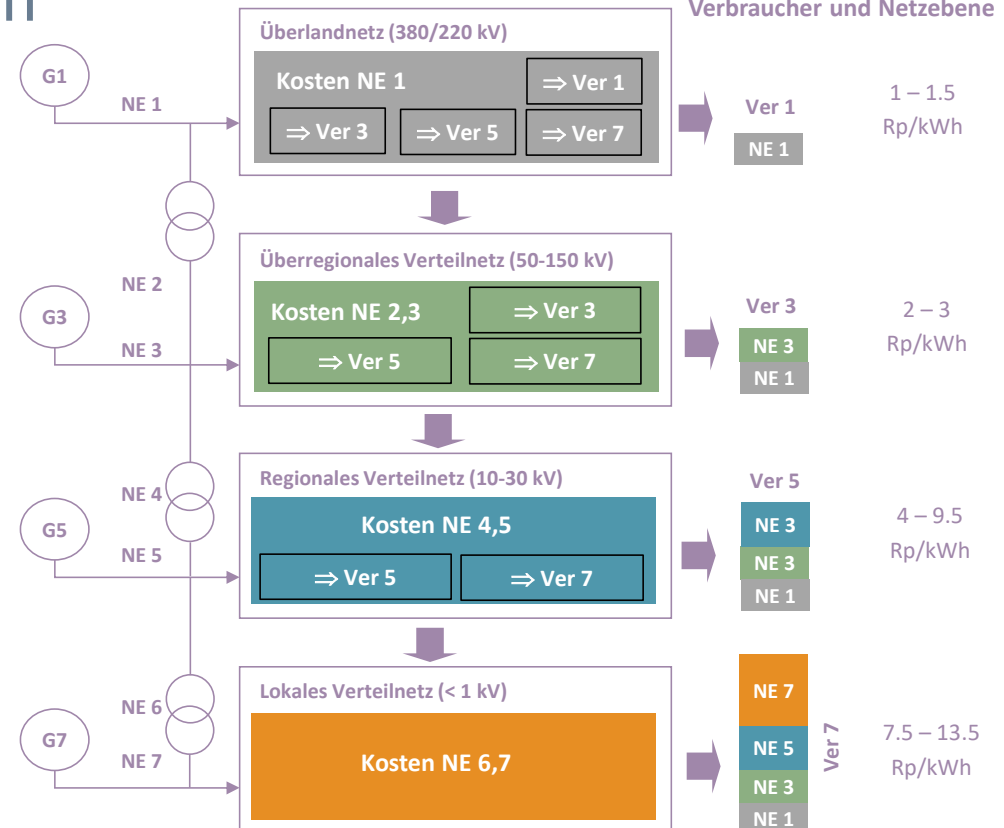
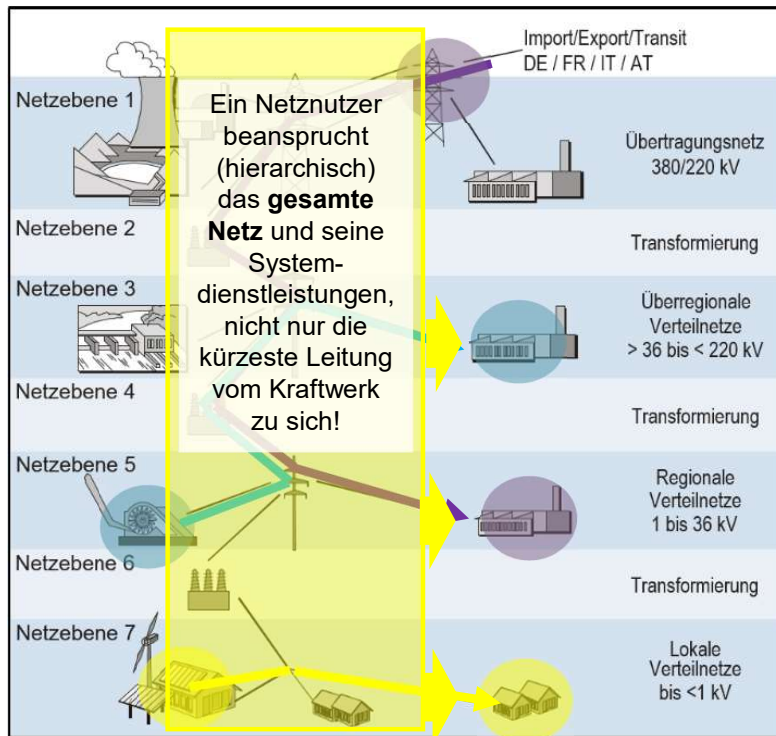
Die Belieferung mit elektrischer Energie kann aus dem Monopol des Netzbetriebs herausgelöst werden, wenn klare Regeln zur transparenten und diskriminierungsfreien Nutzung der Netzinfrastruktur vorhanden sind. Die wesentlichen Eckpunkte zur Strommarktöffnung CH sind:



- Organisation der Energiebelieferung in Bilanzgruppen
- Zentrale Organisation aller Aufgaben zur Netzstabilisierung und der Reservehaltung
- Messung und Prognose abrechnungsrelevanter Energiedaten in ¼ Stundenwerten
- Buchhalterische Trennung der Tätigkeitsbereiche in den Energieversorgungsunternehmen
- Messung, Verarbeitung und Nutzung von Energiedaten
- **Einheitliche Berechnung und verursachergerechte (nicht-diskriminierend) Verteilung der Netznutzungsentgelte**

*«Bilanzgruppen sind Mess- und Abrechnungseinheiten, in welchen eine beliebige Anzahl von Marktakteuren mit ihren Messstellen (real/virtuell) zusammengefasst sind und können somit «ausbilanziert» werden.*

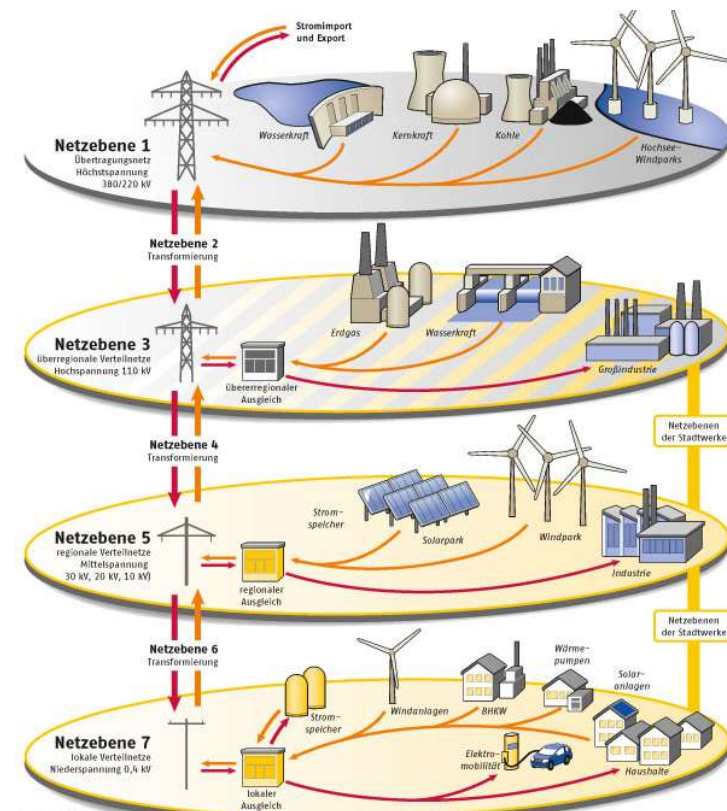
# Das Verrechnung der Netzkosten



- Anschlusspunktmodell (4 Ebenen)
- Ausspeisemodell (Erzeugte Energie trägt keine Netzkosten)

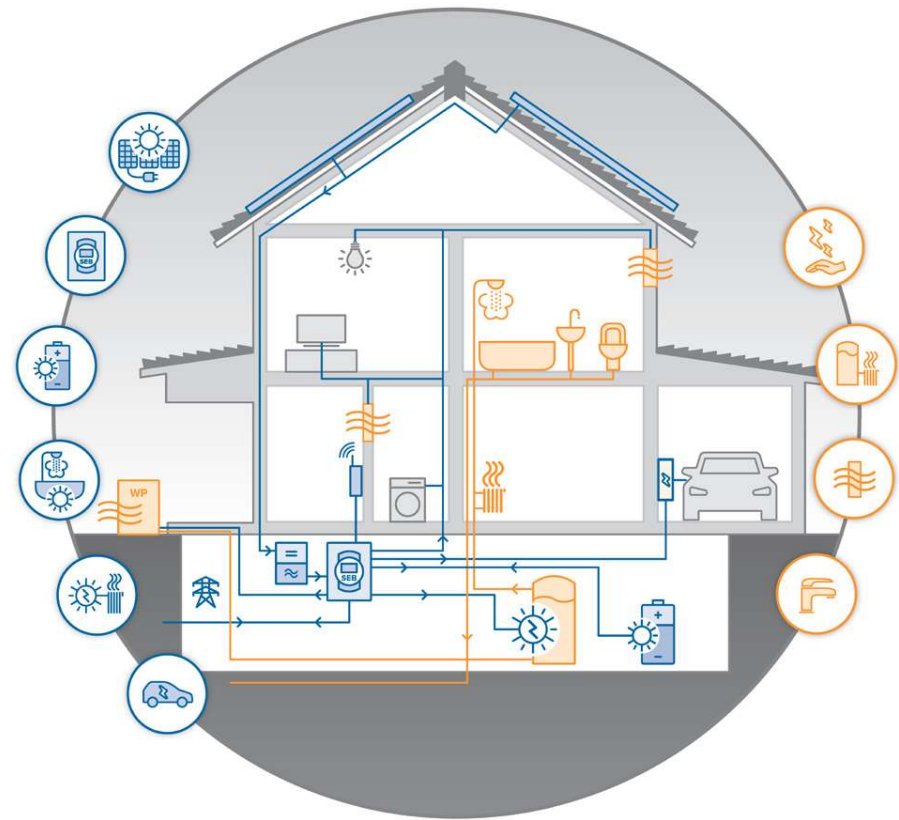
# Grundsätze der Verrechnung von Netzkosten

- Anschlusspunktmodell (Briefmarke)
- Kostentragung ausschliesslich durch den Verbrauch (ohne Pumpen)
- Gebietsolidarität innerhalb des Gebietes eines Netzbetreibers
- Jeder Verbrauch nutzt alle überlagerte Netzebenen
- Kostenverteilung zu 70% gemäss Nettoleistung und zu 30% gemäss Bruttoenergie
- Netzkosten müssen zu 70% über einen nicht-degressiven Arbeitstarif (Rp/kWh) erhoben werden
- Anschlusspunkte von Kunden in 4 Netzebenen
- Bildung von Kundengruppen nach einheitlichen Kriterien



# Prosumer: Der neue Standardkunde ?

- ▶ Ein Prosumer in der Energiebranche besitzt neben Verbraucheranlagen auch Einspeiseanlagen (PV-Anlagen, BHKW, ...)
- ▶ Er ist normalerweise elektrisch beheizt (Wärmepumpe, Boiler, ...), hat seine Lasten flexibilisiert (Smarte Haushaltsgeräte, EV, ...) und besitzt Speicher (auch Beteiligung).
- ▶ Über den Einsatz seiner Anlagen bestimmt er, wann er Konsument und Produzent ist.
- ▶ Über intelligente Algorithmen optimiert er den Anlagen-/Geräteinsatz:
  - Deckung seines Strombedarfes
    - Mit einer hohen Verfügbarkeit (100%)
    - Ohne Einschränkungen
    - Unter Inkaufnahme eines gewissen Komfortverlustes
  - Optimierung seiner Produktion
    - Maximale Eigenbedarfsdeckung
    - Maximale Autarkiegrad
  - Maximierung seines Gewinns
    - Langfristig / kurzfristig
  - Netzdienliches Verhalten





# Energie (W) und Leistung (P) im Haushalt

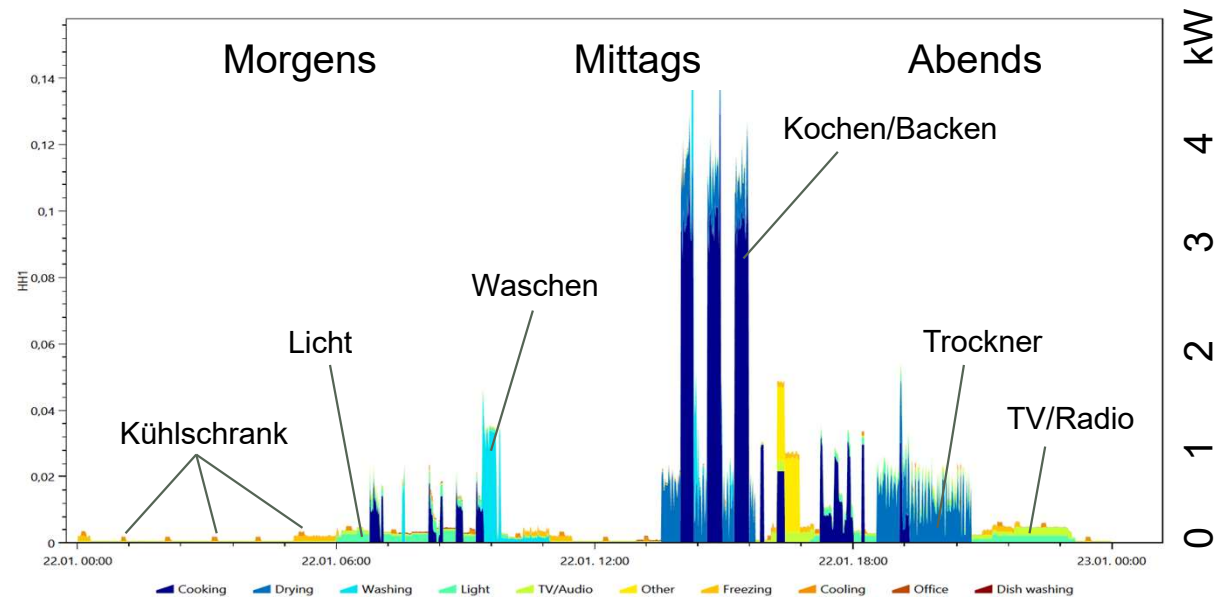
Ein **Durchschnittshaushalt** in der Schweiz hat einen jährlichen Energiebedarf von rund **4MWh/a** bzw. rund **10kWh/d**. Wird das Warmwasser elektrisch erzeugt kommen ca. 1MWh pro Person dazu.

Der Leistungsbedarf von einzelnen Geräte beträgt bis zu 2kVA, bzw. 6kVA. Der zeitliche Verlauf des Verbrauches ist allerdings recht ungleichmässig. Je nach Kumulation von Einzelgeräten, kann eine Leistung von bis zu 10 kW gemessen werden. Ein Hausanschluss ist mit mindestens **25A (≈ 17kVA)** abgesichert, ist also recht grosszügig dimensioniert.

$$\text{mittlere Leistung: } \bar{P} = \frac{W}{t} = \frac{4MWh}{8760 \text{ h/a}} \\ = 0.45 \text{ kWh/h} = 450W$$

$$T = \frac{W}{P_{\max}} = \frac{4MWh}{6kW} \approx 666h$$

$P$  = Wirkleistung [W]  
 $W$  = Energie [Wh]  
 $T$  = Vollaststunden [h]  
 = Benutzungsdauer der Höchstlast

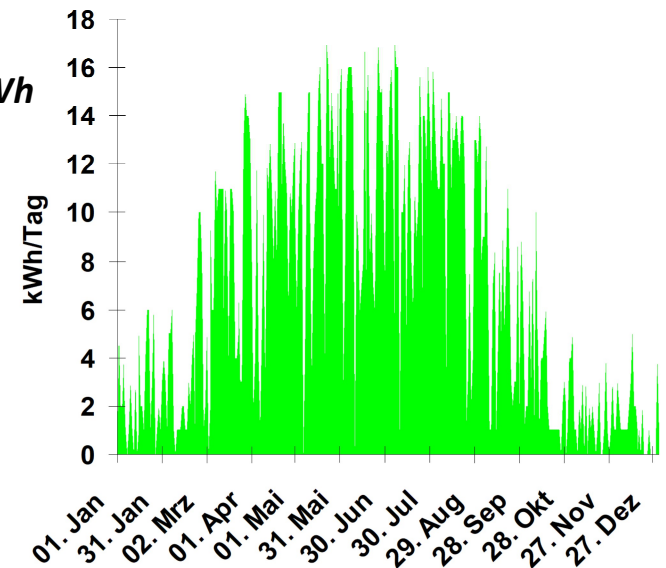
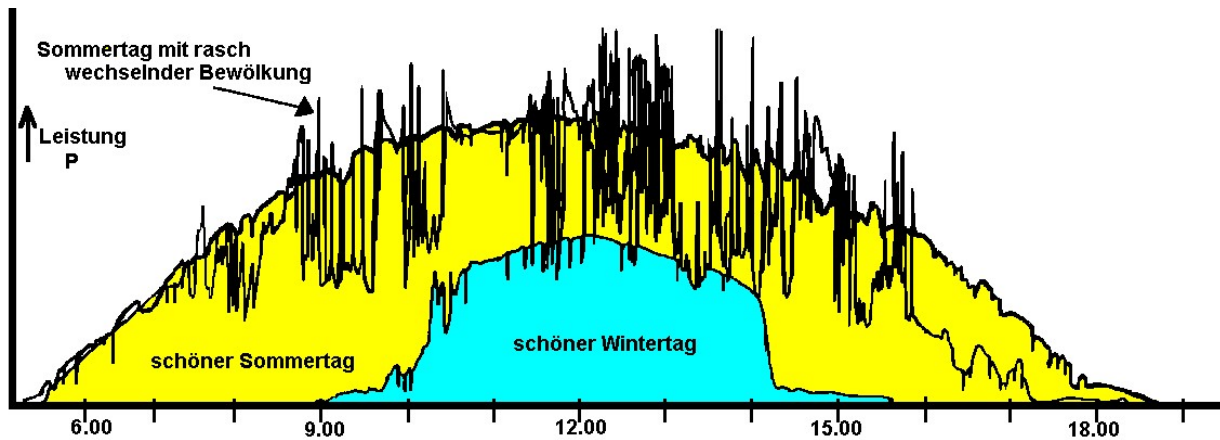


Für die Beheizung von modernen Wohnungen sind zwischen 38 (Minergie) und 75 kWh / qm u. a. anzusetzen. Nutzt man die Umgebungswärme (Wärmepumpen, JAZ 3) resultiert ein jährlicher Elektrizitätsbedarf von Wohnungen zwischen 1 und 5 MWh.

# Eigenproduktion am Beispiel PV

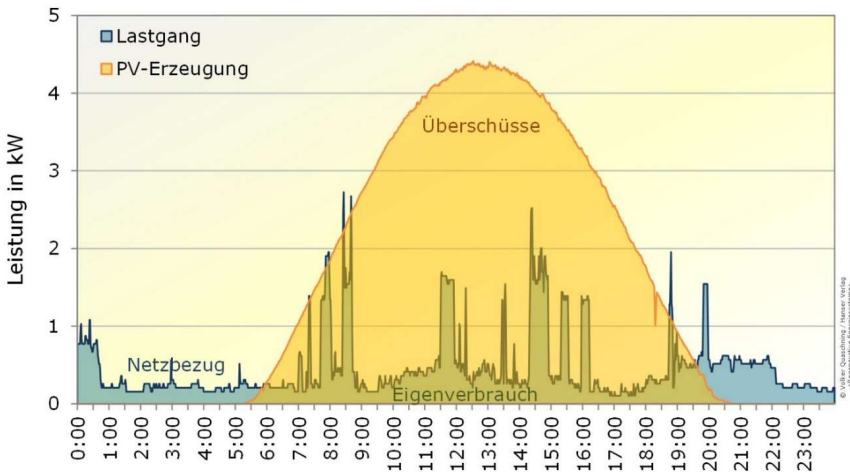
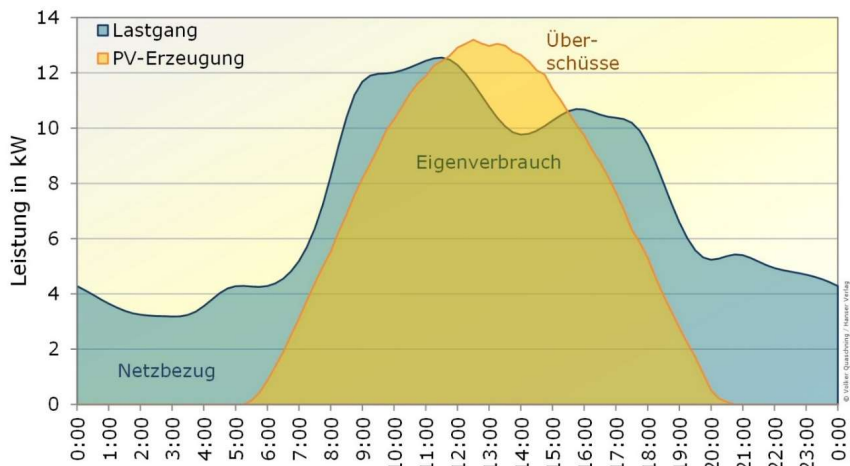


- *Spezifische Leistung:  $P = 150 \text{ W}_{el}/\text{m}^2$*
- *Energieausbeute:  $W_{el} = 1000 \text{ kWh}/\text{kW u. Jahr}$*
- *Spezifische Investitionen:  $I_{pV} = 2 - 3 \text{ Fr}/\text{W}_{el}$*
- *Typische Anlagengrösse  $P_{Inst} = 3 - 30 \text{ kW}_{el}$*
- *gesicherte Leitung:  $0 \text{ W}$*
- *Produktion im Winter:  $\sim 1/3$*
- *Erzeugungskosten:  $5 - 20 \text{ Rp}/\text{kWh}$*

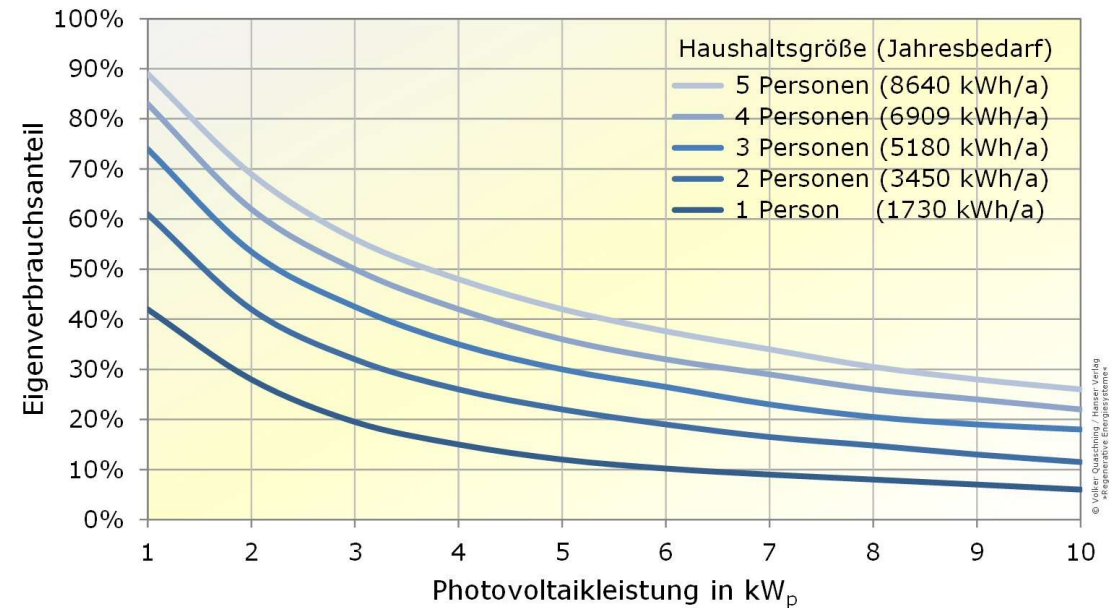


Produktionsdaten einer typischen PV-Anlage im Mittelland CH

# Eigenverbrauch



Das wirtschaftliche Ziel eines Prosumers ist also den Eigenverbrauch zu maximieren um Netznutzungsentgelte zu vermeiden!

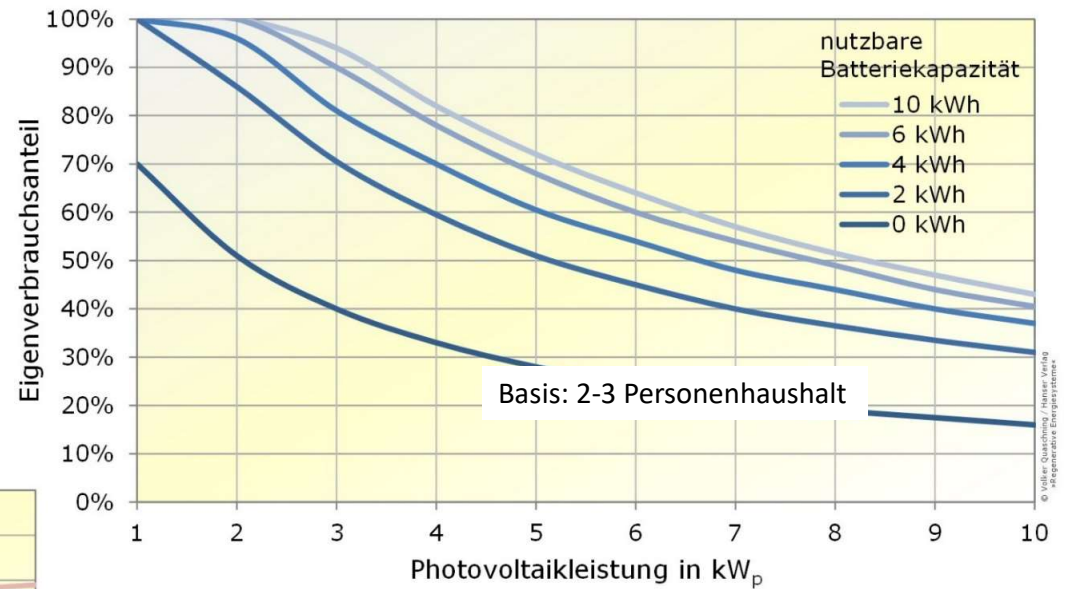
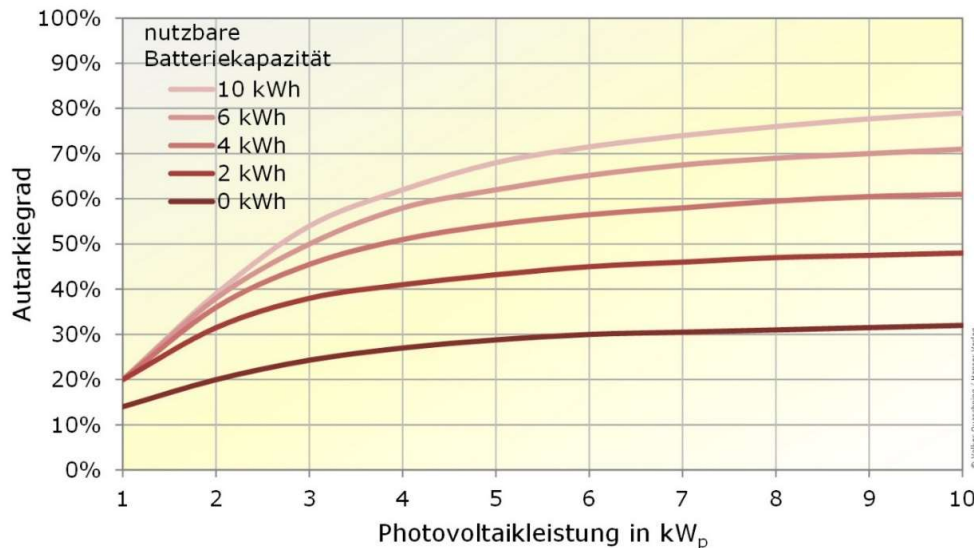


- Der Produktionsverlauf aus PV entspricht relativ gut dem Tagesgang eines Quartiers bzw. der Lastgang einer Transformatorstation.
- Betrachtet man einen isolierten Haushalt, ist an einem sonnigen Tag der Eigenverbrauchsanteil relative gering.

Quelle: Regenerative Energiesysteme, V. Quaschnig

# PV und Batterie

- Je nach Auslegung der Batterie lässt sich der Eigenverbrauchsanteil stark erhöhen
- Der Autarkiegrad kann bei grossen PV-Anlagen in Kombination mit grosszügig dimensionierten Batteriespeichern bis 80% erreichen.



Aufgrund der enormen Investitionen in Höhe von 500 – 1000 Fr/kWh sind heute Home-Batteriespeicheranlagen, welche ausschliesslich zur Erhöhung des Eigenverbrauchsanteils eingesetzt werden, wirtschaftlich nicht darstellbar!

# Was sagt das Energiegesetz EnG zum Eigenverbrauch ?

## Art. 15 EnG

### Abnahme- und Vergütungspflicht

- Abnahme- und Vergütungspflicht des VNB für Anlagen < 3 MW bzw. < 5'000 MWh
- Abnahmepreis: vermiedene Kosten

## Art. 16 EnG:

### Definition Eigenverbrauch

- Eigenverbrauch = der unmittelbare Verbrauch des Stroms **zeitgleich** mit der Produktion am Ort der Produktion oder die zeitgleiche Speicherung und der spätere Verbrauch am Ort der Produktion verstanden.

## Art. 17 EnG:

### Zusammenschluss zum Eigenverbrauch

- Mehrere Grundeigentümer am Ort der Produktion
- Produktionsleistung muss **erheblich** sein
- Vereinbarung mit dem VNB nötig
- ZEV ist für Versorgung auch von Mieter und Pächter verantwortlich, darunter auch für elektrische Installation gemäss NIV Art.5!
- Wahl Mieter/Pächter\* zwischen ZEV und Grundversorgung durch VNB nur zu Beginn möglich

# Was sagt die Energieverordnung EnV ?

Art. 14 EnV

Ort der Produktion

- Zusammenhängende Grundstücke, wovon mindestens eines an das Grundstück mit der Produktionsanlage grenzt
- Keine Inanspruchnahme des Verteilnetzes des Netzbetreibers;
- Kein ZEV über ein Grundstück, dessen Eigentümer am Zusammenschluss nicht teilnimmt;
- *Kein ZEV über öffentlichen Grund und Boden (Strasse, Bahntrasse, Bach etc.); Anpassung 1.4.2019: erlaubt falls Eigentümer/Gemeinde Teil vom ZEV*
- ZEV hat hinter einem einzigen Netzanschluss zu erfolgen;

Art. 15 EnV:

Voraussetzung für ZEV

$$\frac{\text{Produktionsleistung}}{\text{Anschlussleistung ZEV}} \geq 0.1$$

Art. 16 EnV:

Vorgaben an ZEV

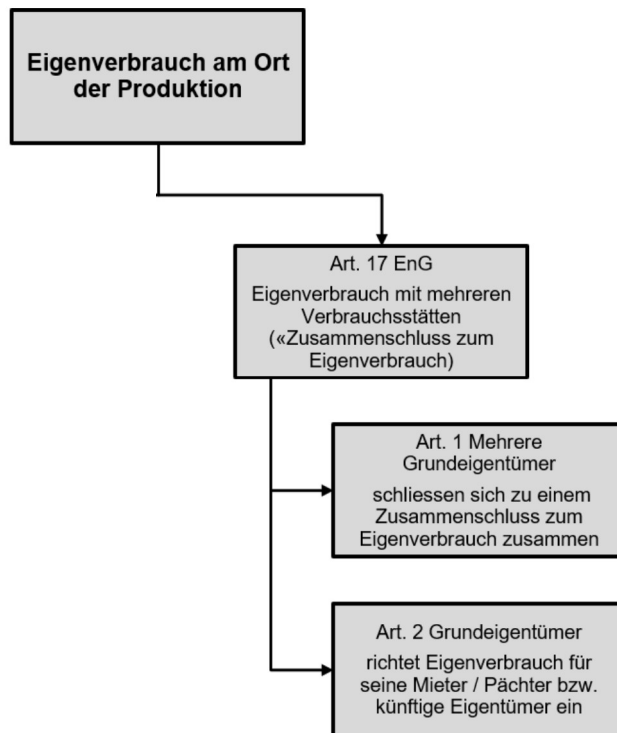
- Anrechnung an Mieter und Pächte verbrauchsabhängig, tatsächliche Kosten abzüglich Erlöse
- Interner Preis maximal so hoch wie Preis für externes Stromprodukt, Differenz zu ext. Stromprodukt max. zu 50% an Mieter verrechenbar (**Präzisierung EnV vom 23.10.2019**)
- Beendigung nur bei a) Wechsel in freien Markt, b) Grundeigentümer erfüllt Pflicht nicht
- Pflichtbefreiung für Grundeigentümer betr. Tarife offen legen und Kostenträgerrechnung

Art. 17 EnV:

Stromspeicher im ZEV

- Keine störenden Rückwirkungen
- von VNB gleich zu behandeln wie Endverbraucher oder Erzeuger
- separat gemessen werden, wenn Speicher sowohl aus dem VN beziehen als auch in das VN einspeisen kann; Messung saldiert über alle Phasen

# Zusammenschluss zum Eigenverbrauch ZEV



- Nach Art.17 EnG: Voraussetzungen müssen geprüft werden und sind notwendige Bedingung (Zusammenhängende Grundstücke, Feststellung erhebliche Leistung)
- Die Teilnehmer haben eine direkte vertragliche Verbindung zum ZEV und dieser zum VNB
- Der Strom wird hier vom ZEV an die Teilnehmer geliefert und mit ihnen abgerechnet.
- Austritt ist nur unter ganz bestimmten Umständen möglich
- Wenn der ZEV insgesamt einen Jahresverbrauch von mehr als 100 MWh Strom aufweist, hat er Anrecht auf den Netzzugang nach Art. 13 Abs. 1 StromVG. Dabei spielt es keine Rolle, welcher Anteil vom Verbrauch über das Netz bezogen oder von der eigenen Anlage produziert wurde.
- Herkunftsnachweise nur für den Überschussstrom

# Eigenverbrauchsgemeinschaft EVG

- Viele VNB bieten die Bildung einer EVG nach «Praxismodell VNB» an
- Dies ist eine weniger “offizielle” Variante des ZEV
- Von der ELCOM «genehmigt»
- Einfache Regelungen zwischen den Beteiligten im Rahmen Art.16 EnG

- die Beteiligten sind je einzeln Endverbraucher im Sinne des StromVG
- Stromprodukt (später Grundversorger) frei wählbar
- Teilnahme von Mietern ist grundsätzlich freiwillig
- Die Messung des Bezugs und der Rückspeisung am (Haus) Anschlusspunkt sowie die Produktionsmessung bei Anlagen > 30 kVA sind durch den VNB auszuführen.
- Das Netznutzungsentgelt (inkl. Leistungen und Abgaben) darf bei den Mietern/ Pächtern nur für den aus dem Verteilnetz bezogenen Strom erhoben werden.
- Der Strombezug vom Anlagenbetreiber und die anteilige Berechnung der Netznutzungsentgelte sind auf der Rechnung des Mieters/Pächters entsprechend transparent auszuweisen.
- Netzbetreiber können auch Möglichkeiten zur Nutzung vom Eigenverbrauch anbieten, bei welchen die Messung und Abrechnung der Endverbraucher durch den VNB erfolgt.

Eigenverbrauch am Ort der Produktion

Art. 16 EnG  
Eigenverbrauch generell

Ein Endverbraucher

Eigenverbrauch mit mehreren  
Verbrauchsstätten ohne  
Zusammenschluss  
(Kap. 3.4 (3) )



# Handbuch Eigenverbrauchsregelung



Detailregelungen durch die Branche im Subsidiaritätsprinzip:

- Beziehung EV, ZEV oder EVG zum VNB (nicht Innenverhältnis)
- Einheitlicher Umsetzungsvorschlag für VNB und Vorgehen/Prozessschritte
- Konkretisierungen:
  - Definition Produktionsleistung (bei PV = Gleichstrom-Spitzenleistung kWp)
  - Definition Anschlussleistung (Anschlusssicherung am HAK)
- Pflichtenaufteilung VNB / ZEV
- Anhang mit Beispielen und Checkliste für Vorgehen VNB



# Leitfaden Eigenverbrauch




## Umsetzungsvorschläge für Prosumer und Eigenverbrauchsgemeinschaften

- Rechtliche Grundlagen und Informationen
- Regelung Innenverhältnis
- Vertragslösung
- Lösung bei Mietverhältnissen
- Abrechnungsvorschlag Innenverhältnis mit konkretem Beispiel und Umsetzung im Mietverhältnis
- Hinweis auf Messmittelverordnung
- Fallbeispiele

# Zusammenfassung

- Was benötigt man für eine EVG/ZEV ?
- Was bedeutet dies für die Verteilnetze ?
- Wer profitiert ökologisch ?



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

[bfh.ch/energy](https://bfh.ch/energy)

**BFH-Zentrum Energiespeicherung**  
Labor für Elektrizitätsnetze  
Aarbergstrasse 5  
CH-2560 Nidau

Stefan Schori  
Michael Höckel  
Ron Buntschu

[sos1@bfh.ch](mailto:sos1@bfh.ch)  
[hkm1@bfh.ch](mailto:hkm1@bfh.ch)  
[bcr1@bfh.ch](mailto:bcr1@bfh.ch)