



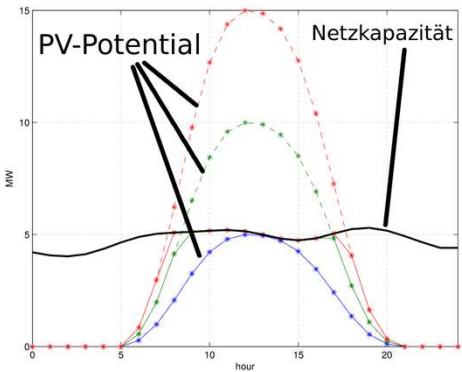
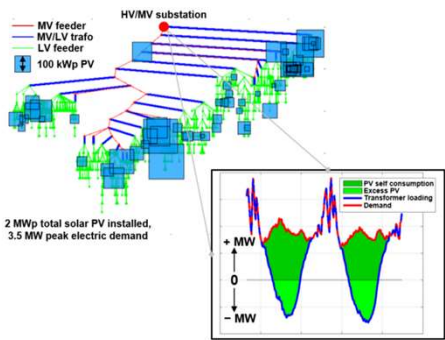
Simulationsresultate von Verteilnetzen mit viel PV

22. Schweizer Photovoltaik-Tagung

Dr. Alexander Fuchs
mit Dr. Yaman Evrenosoglu und Dr. Turhan Demiray

Forschungsstelle Energienetze, ETH Zürich
22. März 2024

Hintergrund: Transformation der Verteilnetze

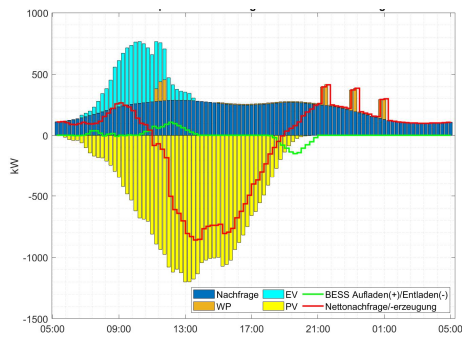


- Ausbauziele Erneuerbare Stromgesetz, vor allem durch PV-Anlagen:
 - 35 TWh in 2035
 - 45 TWh in 2050
- 35 TWh PV sind etwa 35 GWp
Wohin damit? Wie gelingt die Integration?
- Verteilnetze können an Kapazitäts-Grenzen geraten ("Flaschenhals der Energiewende")
- **Netzausbau in Zukunft oft durch PV getrieben**
- Neue Integrationsstrategien sind gefordert

Beispiel: Ländliches NE7-Verteilnetz der Zukunft

Zukünftige Entwicklung der Lastprofile

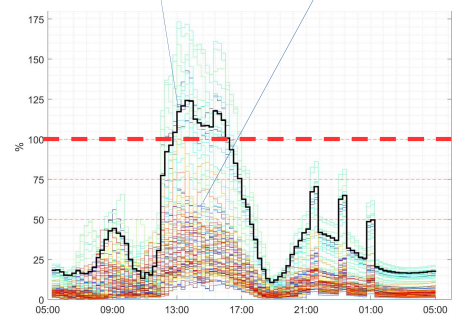
Photovoltaik, Ladestationen, Wärmepumpen, Batterien



Hohe Lastflüsse in beide Richtungen

Resultierender Ausbaubedarf

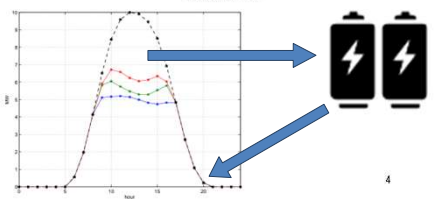
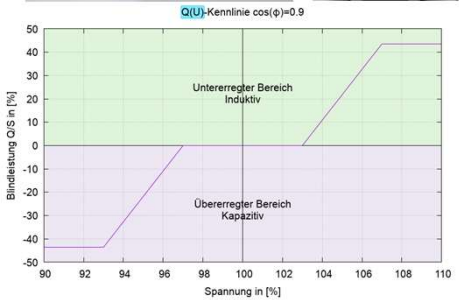
Transformator und Leitungen



Leitungs-Überlastungen durch PV-Überschuss. Zusätzlich auch Spannungsprobleme.

Ausbau- und PV-Integrationsstrategien

- Traditioneller **Netzausbau**
(bestehende Anlagen werden beibehalten)
- **Regelbare Transformatoren**
(OLTC/RONT) auf NE4 und NE6
- **Q(U)-Regelung** durch PV-Umrichter
- **Flexibilität** von Wärmepumpen und Ladestationen
(zeitliche Verschiebung um bis zu 2 Stunden)
- **PV-Abregelung**
(bis 30%, maximal 3% der Jahresenergie)
- **Batterien** nicht modelliert, aber Effekt aufs Netz
ähnlich wie PV-Abregelung

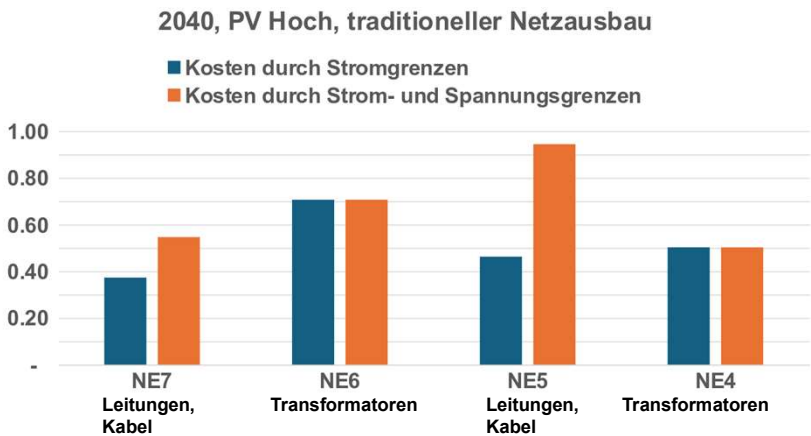


Vergleich der Varianten anhand einer Verteilnetzstudie

- Illustration mit einem **ländlichen Schweizer Verteilnetz** (NE4 – NE7)
Planung für **2030, 2035 und 2040**
- Umlegung der Ziele des **Stromgesetzes** auf die Netzgebiete
- Umfang des **PV-Zubaus bis 2040**: entspricht **circa 35 GWp schweizweit**
(leicht unter Stromgesetz-Zielen)
- **Optimistische Planungsannahmen**:
 - Zukünftige Belastung bis 100% der Grenzen (heute maximal 50%), entspricht maximalem NOVA-Prinzip
 - Bei 80% Belastung: etwa Verdoppelung der Kosten für Verstärkungen
- **Ähnliche Ergebnisse** mit so hohem PV-Anteil bei breiter Auswahl anderer Schweizer Netze

Zusätzliche Kosten für Verstärkungen im Verteilnetz (NE4 bis NE7)

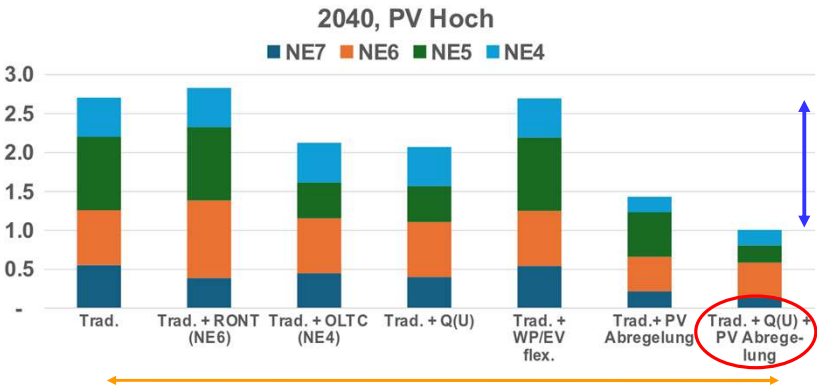
Ausbaubedarf durch **Strom- und Spannungsgrenzen**
Vergleich zwischen **Netzebenen**



- Ausbaubedarf durch **PV** bestimmt
- Ausbaubedarf für **Transformatoren** (NE4 und NE6) und **Leitungen** (NE5 und NE7) ähnlich
- **Spannungsgrenzen treiben die Netzkosten**
- Kosten können zum Teil zwischen NE5 und NE7 **verschoben** werden

Zusätzliche Kosten für Verstärkungen im Verteilnetz (NE4 bis NE7)

Vergleich der Ausbaustrategien



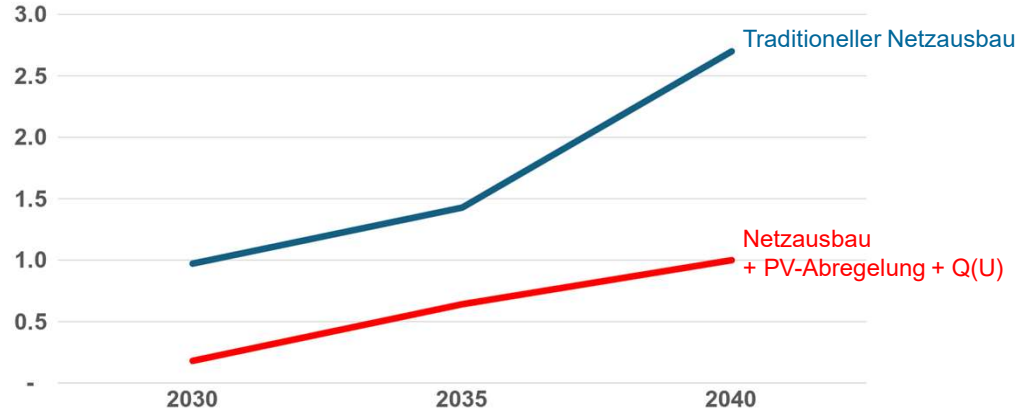
Hohe **Varianz** der Ausbaukosten je nach **Ausbaustrategie**

Q(U) und PV-Abregelung (bzw. Speicherung) senkt Ausbaukosten um 63%

ETH zürich FEN Die Ausbaukosten sind normiert. Der Wert 1.0 bezieht sich auf die zusätzlichen Kosten für Verstärkungen im Verteilnetz bis 2040, Strategie Netzausbau + PV-Abregelung + Q(U). Der Neuinvestitionswert des heutigen Netzes liegt bei etwa 8.

Zusätzliche Kosten für Verstärkungen im Verteilnetz (NE4 bis NE7)

Zeitliche Verteilung der Kosten



Nutzen **alternativer Strategien** für Netzausbau nimmt mit PV-Ausbau stark zu.

ETH zürich FEN Die Ausbaukosten sind normiert. Der Wert 1.0 bezieht sich auf die zusätzlichen Kosten für Verstärkungen im Verteilnetz bis 2040, Strategie Netzausbau + PV-Abregelung + Q(U). Der Neuinvestitionswert des heutigen Netzes liegt bei etwa 8.

Fazit

- Allgemein wird **PV den Netzausbau bestimmen**
(Ausnahmen z.B. in Skigebieten; abgelegen mit viel Ladestationen)
- Wichtigkeit **neuer Strategien für Netzausbau** nimmt stark zu, vor allem:
 - **Q(U)-Regelung**
 - Punktuelle **PV-Abregelung** bzw. **lokale Batterie-Speicherung**
- **Flexibilität** (Lasten und PV) verzögert oder vermeidet Netzausbau:
Einfache **regelbasierte Umsetzung** ausreichend.
- **Synergien** zwischen **Endkunden und Netzbetreibern**: Eigenverbrauchsoptimierung entschärft Leistungsspitzen.
- **Smart-Meter**-Daten: Nutzen zur **Planung**, Echtzeit nicht zwingend notwendig.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dr. Turhan Demiray
Forschungsleiter
demiray@fen.ethz.ch

Dr. Alexander Fuchs
Leitender Experte
fuchs@fen.ethz.ch

Dr. Yaman Evrenosoglu
Leitender Experte
evrenosoglu@ethz.ch

ETH Zurich
Forschungsstelle Energienetze
Sonneggstrasse 28
8006 Zürich, Schweiz

<http://www.fen.ethz.ch>

