

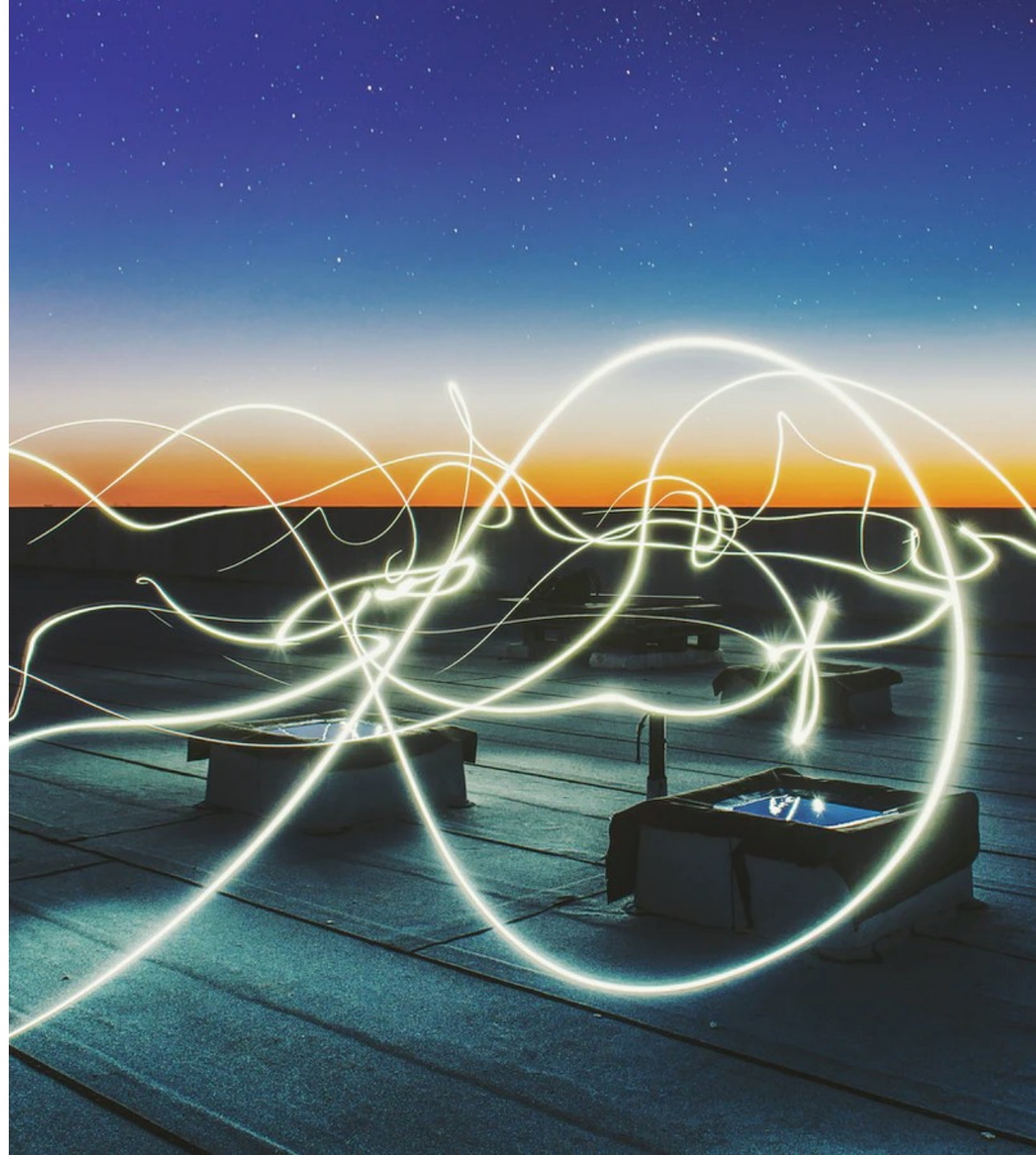
Hochschule
München
University of
Applied Sciences

Wandel der Stromnetze im Rahmen der Energiewende

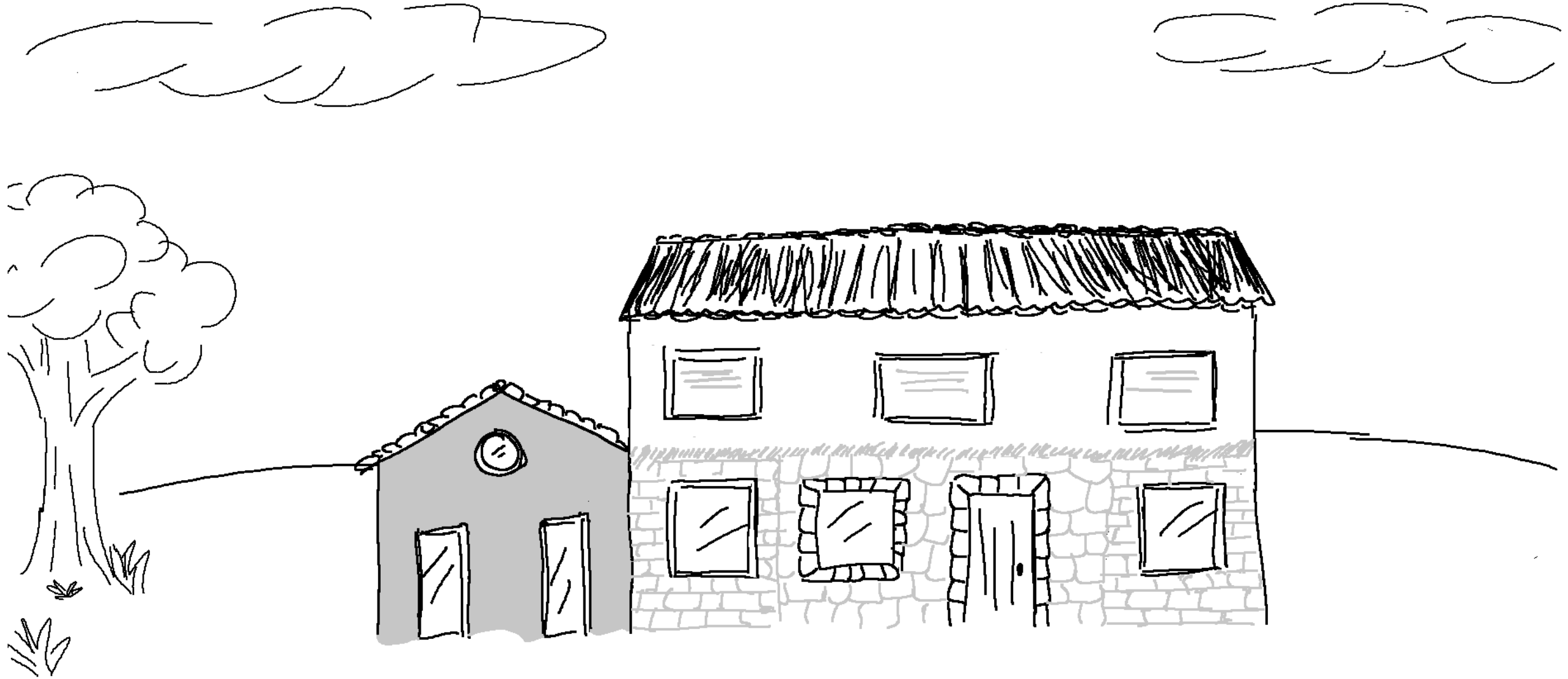
Stephanie Uhrig

HMM 

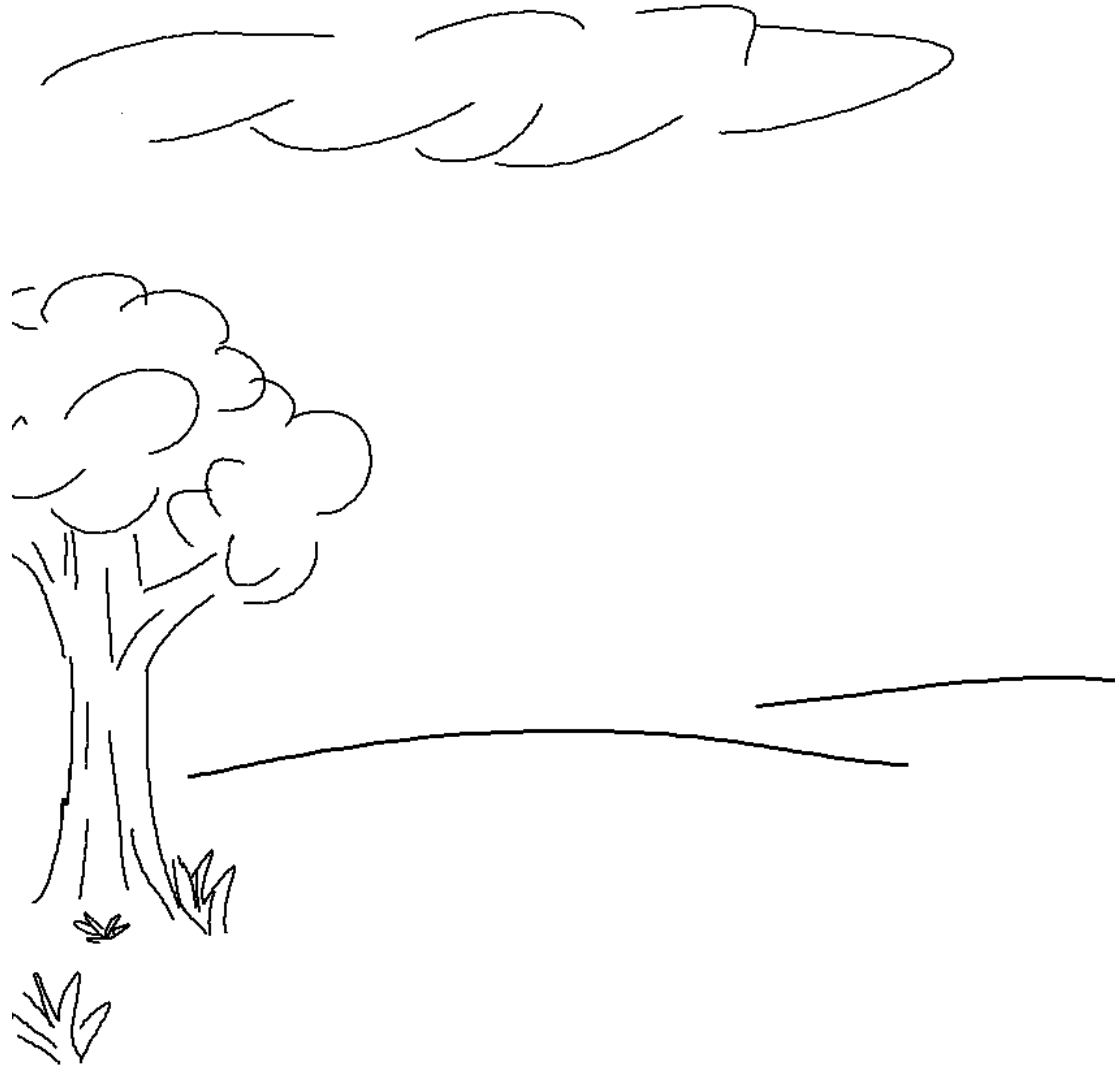
 ISES



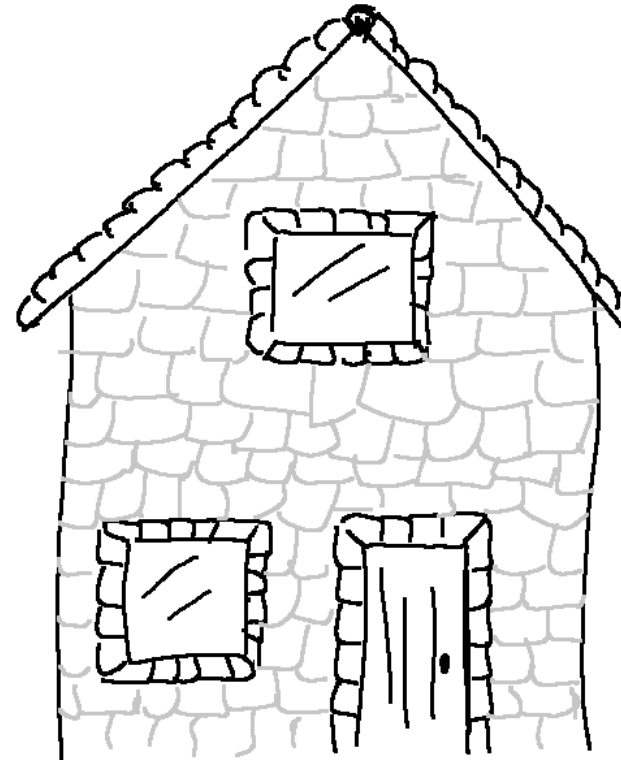
Gewachsene Strukturen



Gewachsene Strukturen

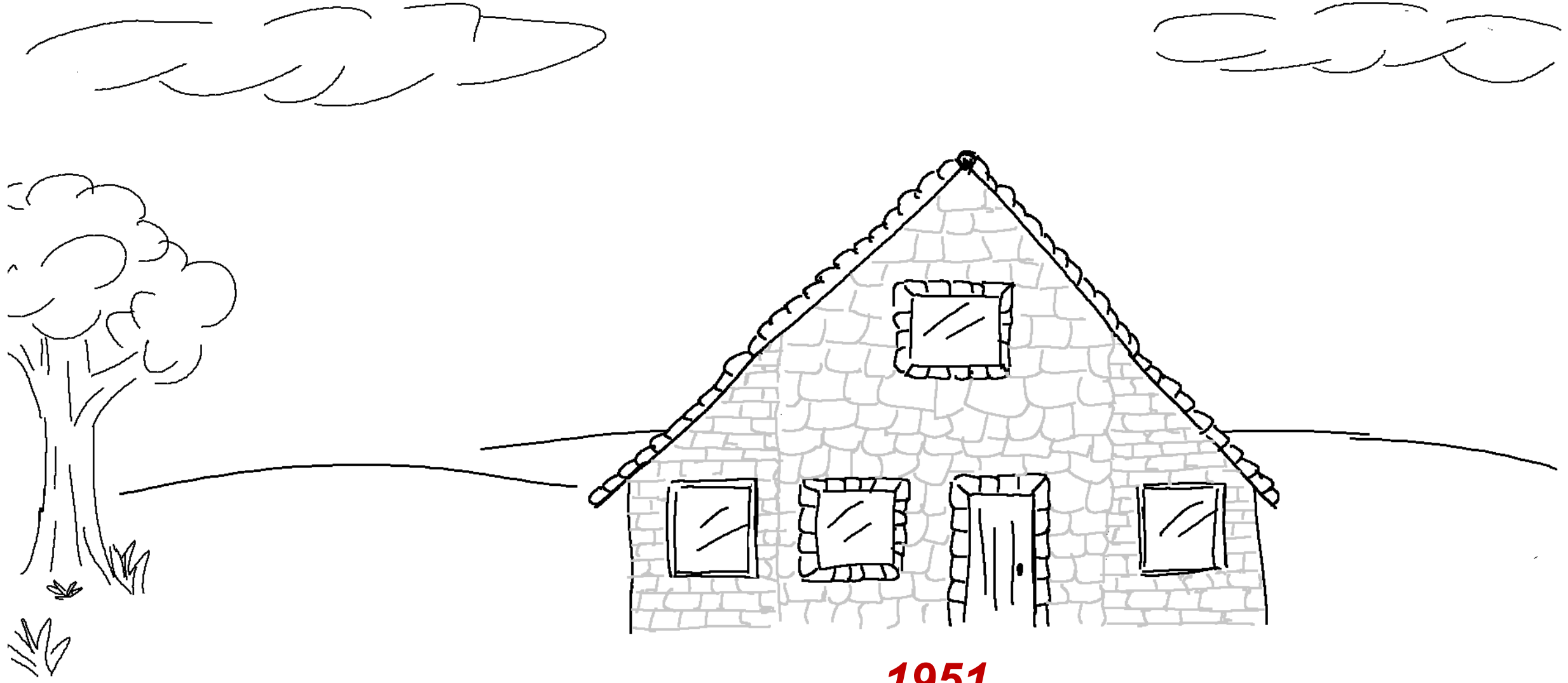


HM



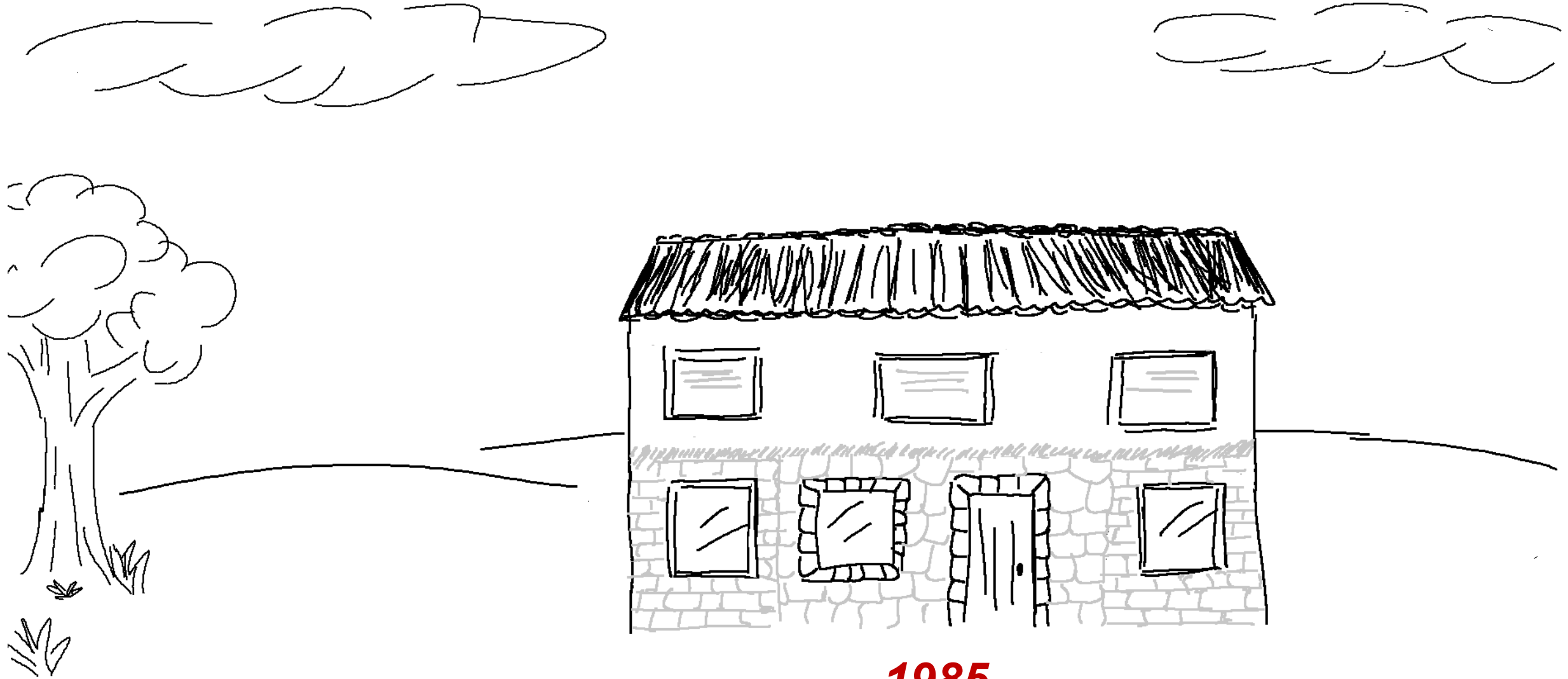
1920

Gewachsene Strukturen



1951

Gewachsene Strukturen

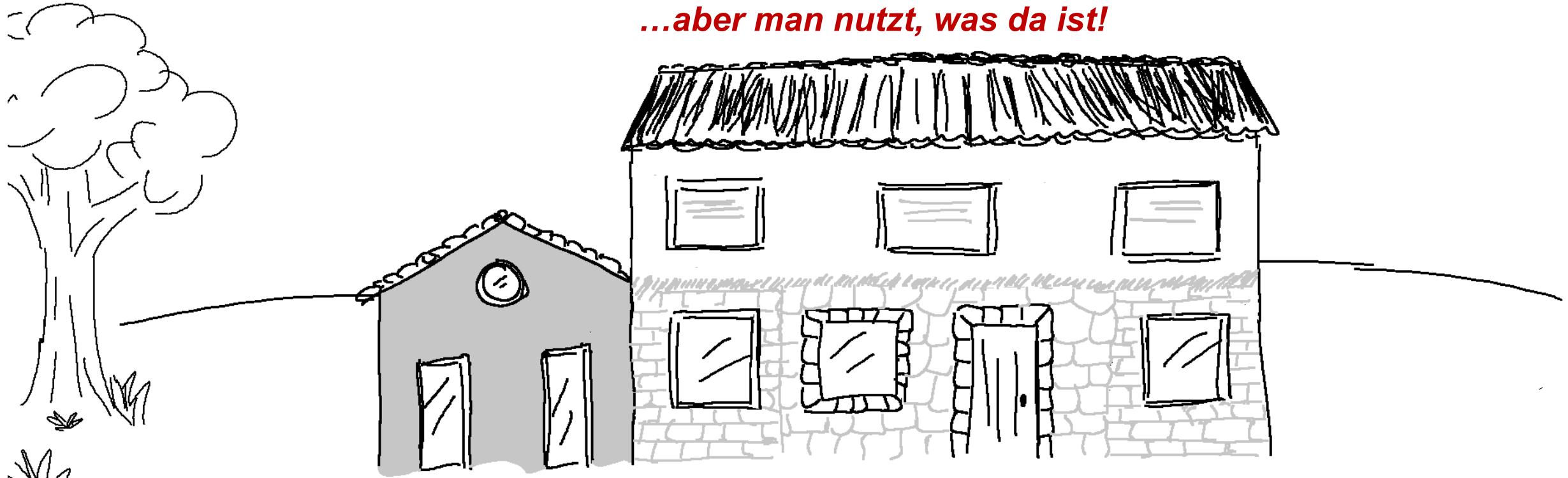


1985

Gewachsene Strukturen

Auf der grünen Wiese würde man anders bauen...

...aber man nutzt, was da ist!



2022

Gliederung

1. Definitionen und Erläuterungen
2. Warum das Netz so „gewachsen“ ist, wie es ist
3. Quellen und Senken – der Energiefluss der Vergangenheit und heute
4. Konsequenzen für unser Stromnetz

Warum ist Netzausbau notwendig?

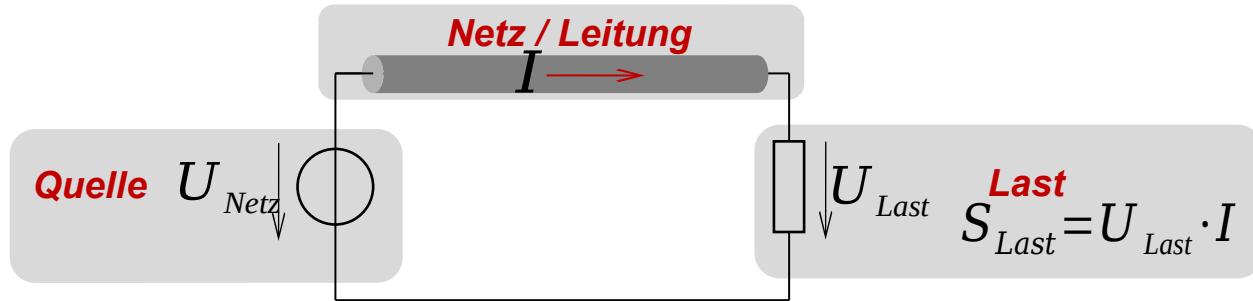
Was versteht man unter einem Smart Grid?

Warum helfen intelligente Strategien wie „Demand-Side-Management“?

5. Wo geht's noch hin?

Definitionen und Erläuterungen

Das „Stromnetz“ ist die physikalische Verbindung vom Erzeuger zum Verbraucher



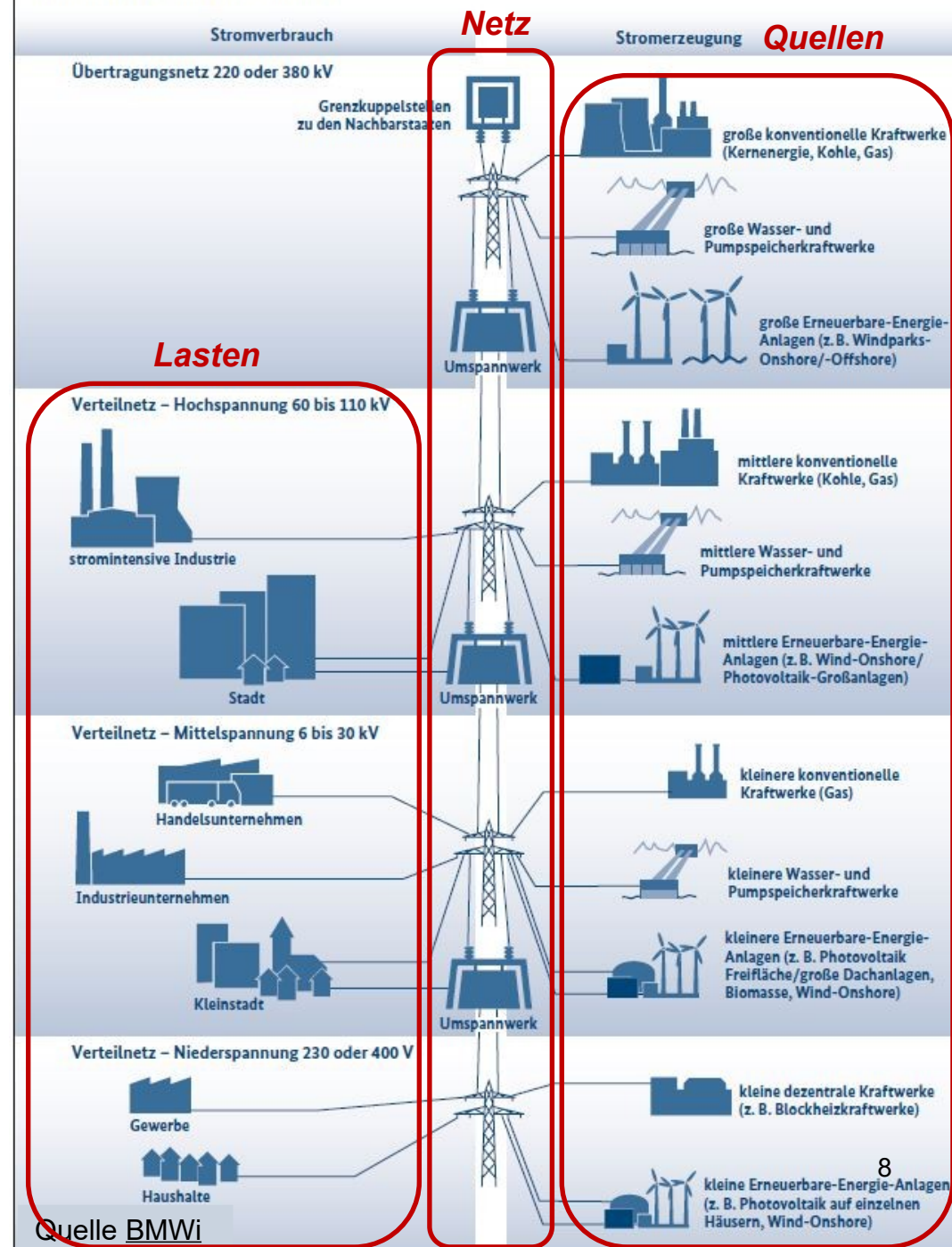
Warum wird Energie mit Hochspannung übertragen?

→ Verluste der Leitung sollen minimiert werden

$$P_V = R \cdot I^2 \hat{=} R \cdot \left(\frac{S_{\text{Last}}}{U_{\text{Last}}} \right)^2$$

→ **Erhöhung der Spannung verringert die Verluste!**

Abbildung 1: Das deutsche Stromnetz



Definitionen und Erläuterungen

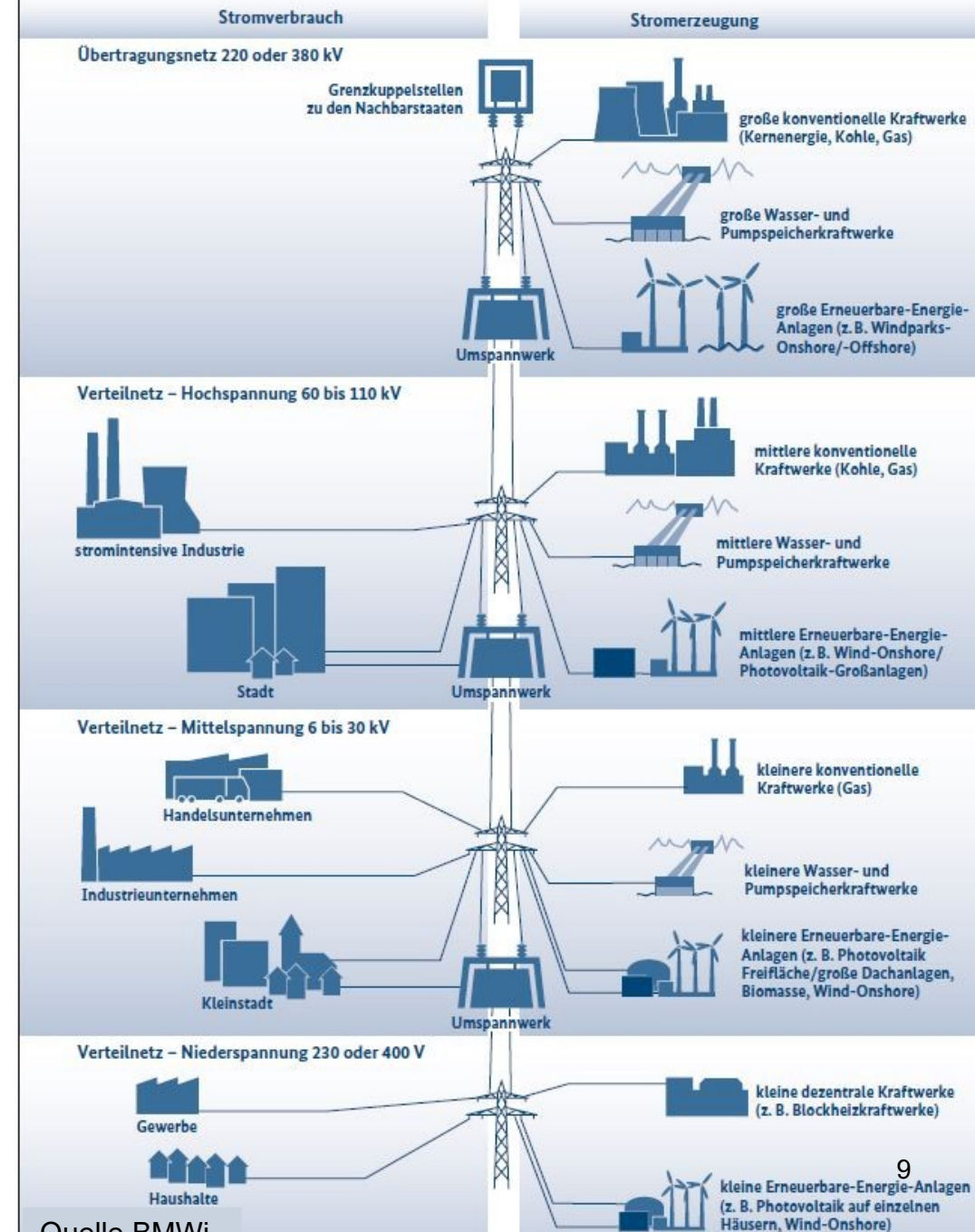
Warum wird überwiegend Wechselspannung genutzt?

- Vergleichsweise einfache Transformation auf andere Spannungsebenen möglich
- **Einfach erweiterbar** (Verzweigung / Kupplung von Netzen)
- Aber: höhere Leitungsverluste

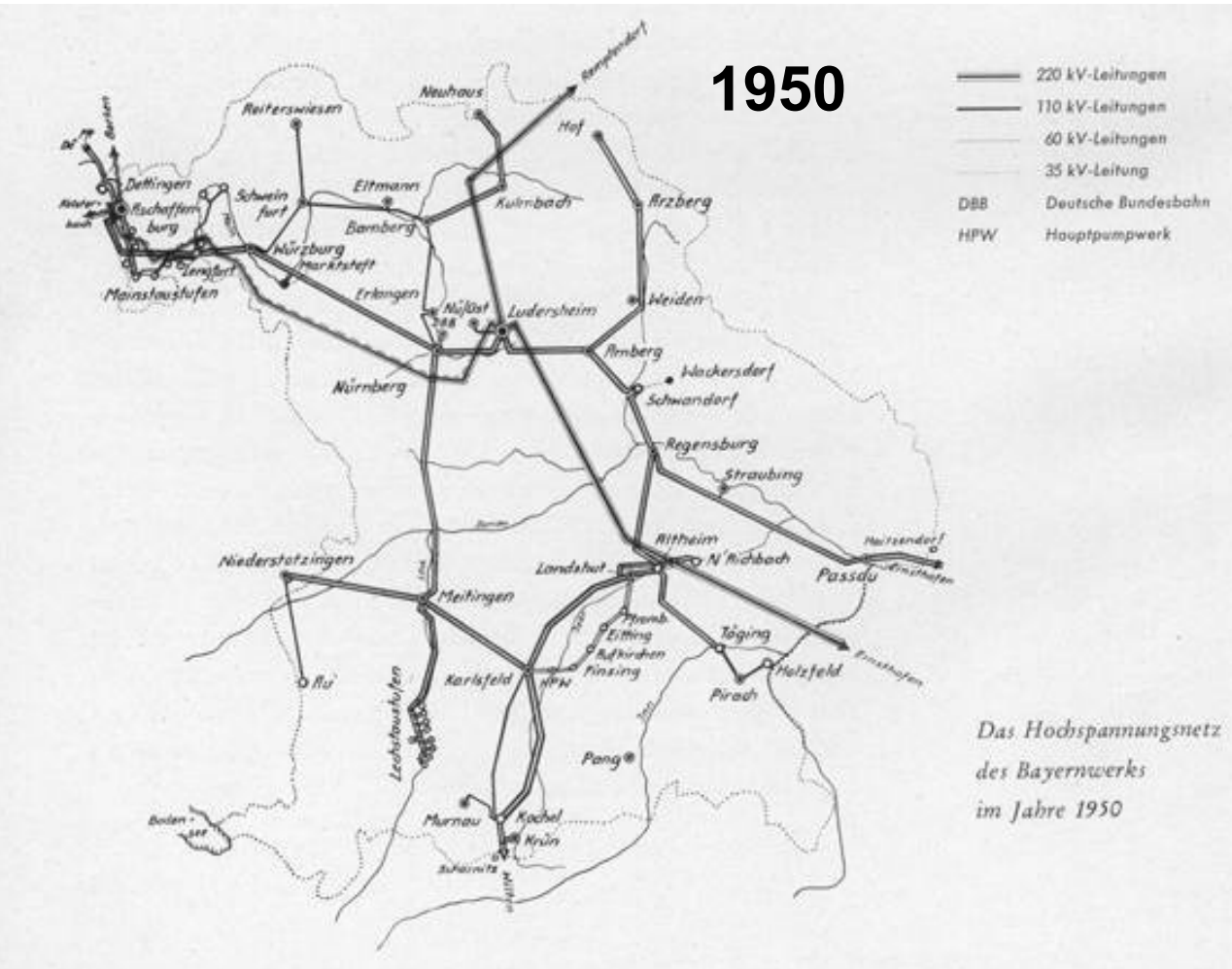
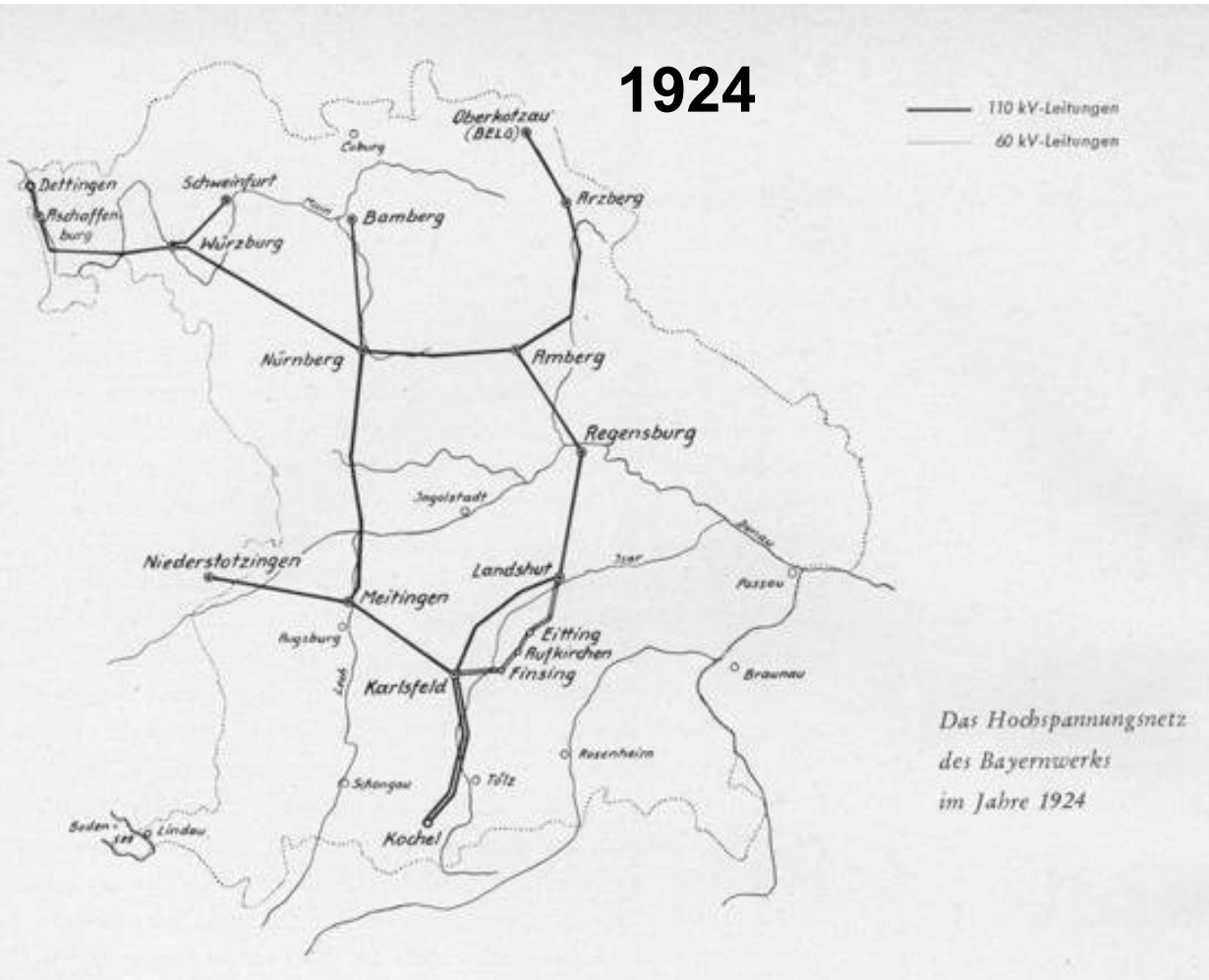
Gleichspannungstrassen sind „**Energiepipelines**“

- Sehr gut für Punkt-zu-Punkt Verbindungen; Verzweigungen kompliziert und teuer
- Bei hohen Übertragungsleistungen günstiger

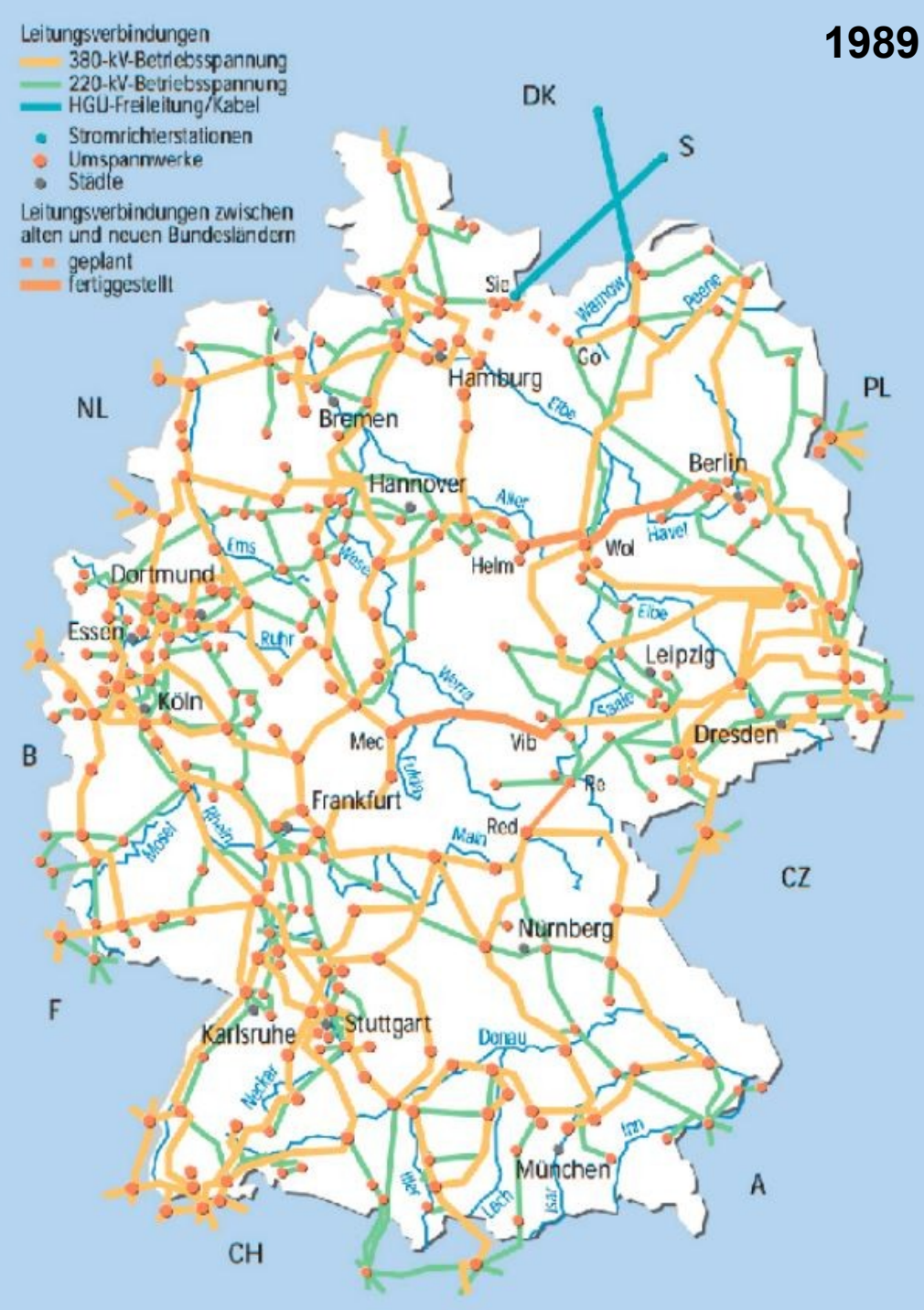
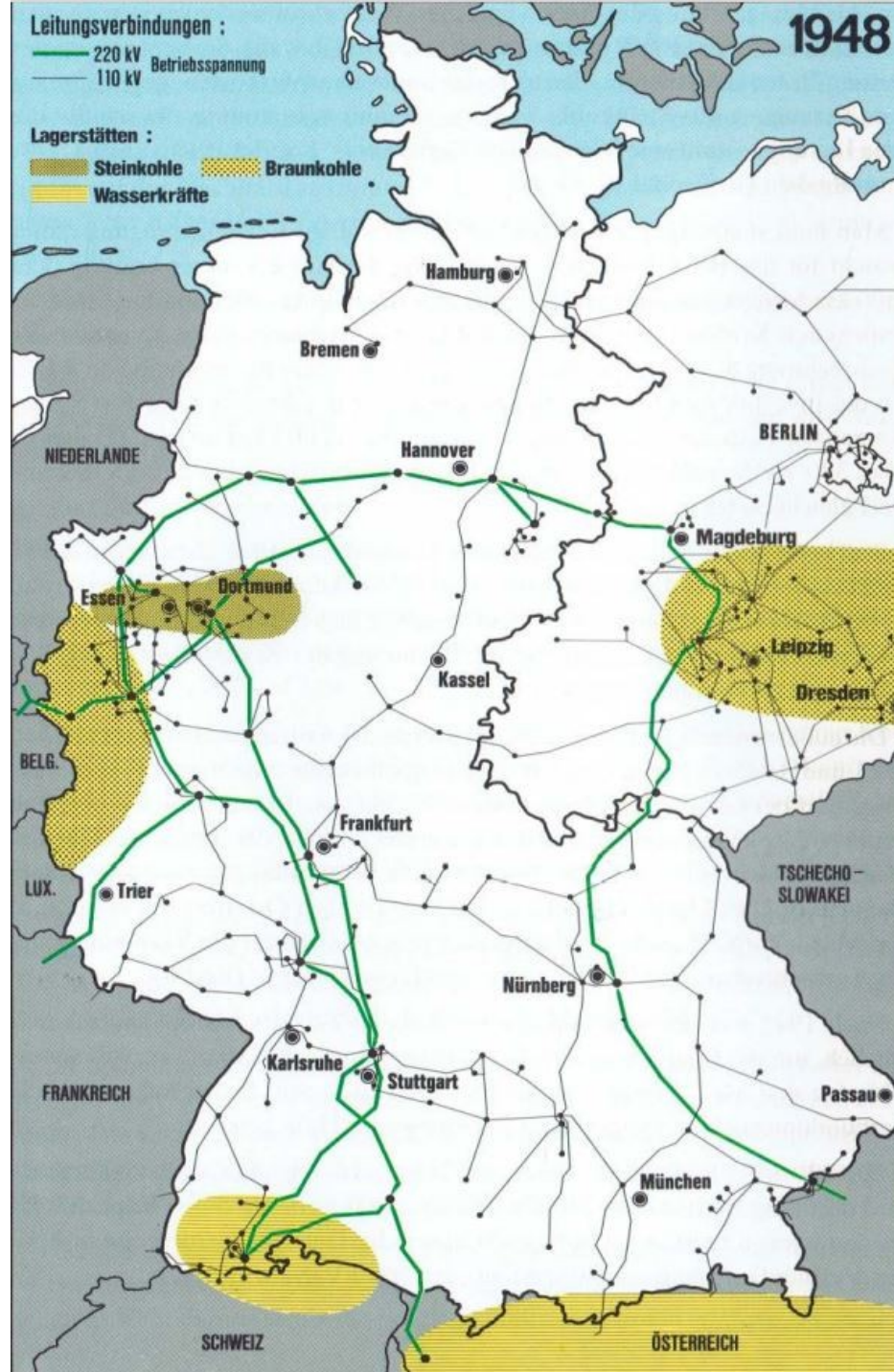
Abbildung 1: Das deutsche Stromnetz



Hochspannungsnetz des Bayernwerkes



Deutsches Stromnetz



Quelle: www.vde.com
 25 Jahre Elektrische
 Wiedervereinigung Deutschlands
 Walter Schossig, VDE Thüringen

Das Netz ist träge...

Historisch: (2012 !!!)

- Großkraftwerke erzeugen große Leistungen
- Einspeisung in Höchstspannung und Übertragung zwischen Verbraucherzentren
- Verteilung nahe Verbraucherzentren

Einführung EEG 2000:

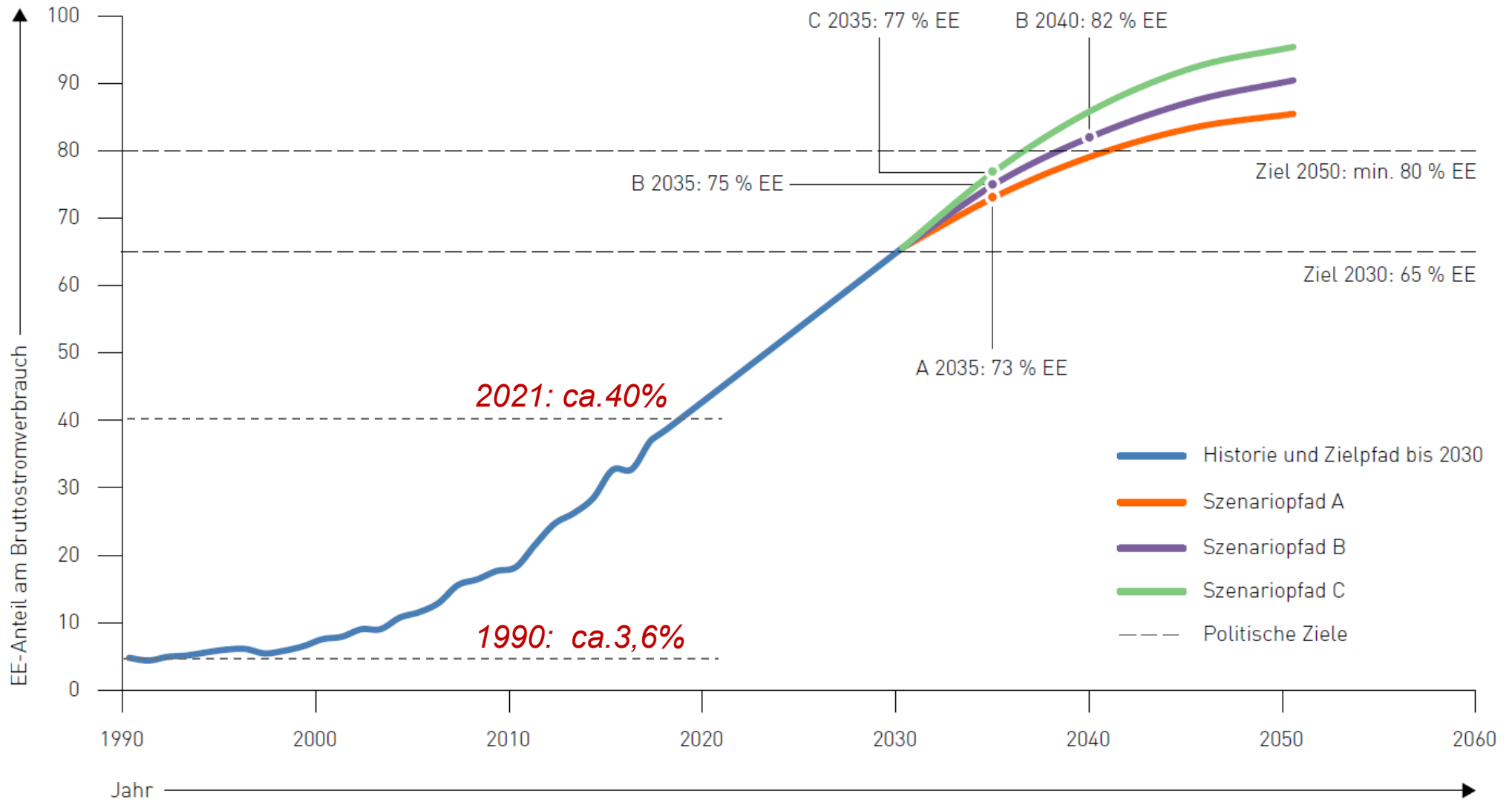
- Zunächst „Bürgerenergie“ (Privatpersonen und kommunale Energieversorger)
- PV-Boom um 2010
- Aber: 2013 produziert RWE produzierte nur 2,6% seines Stroms aus erneuerbaren Energien

→ „**Netzumbau**“ also erst seit etwa 10 Jahren!

HM



Anteil Erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch



Entwicklung der installierten Kraftwerksleistung

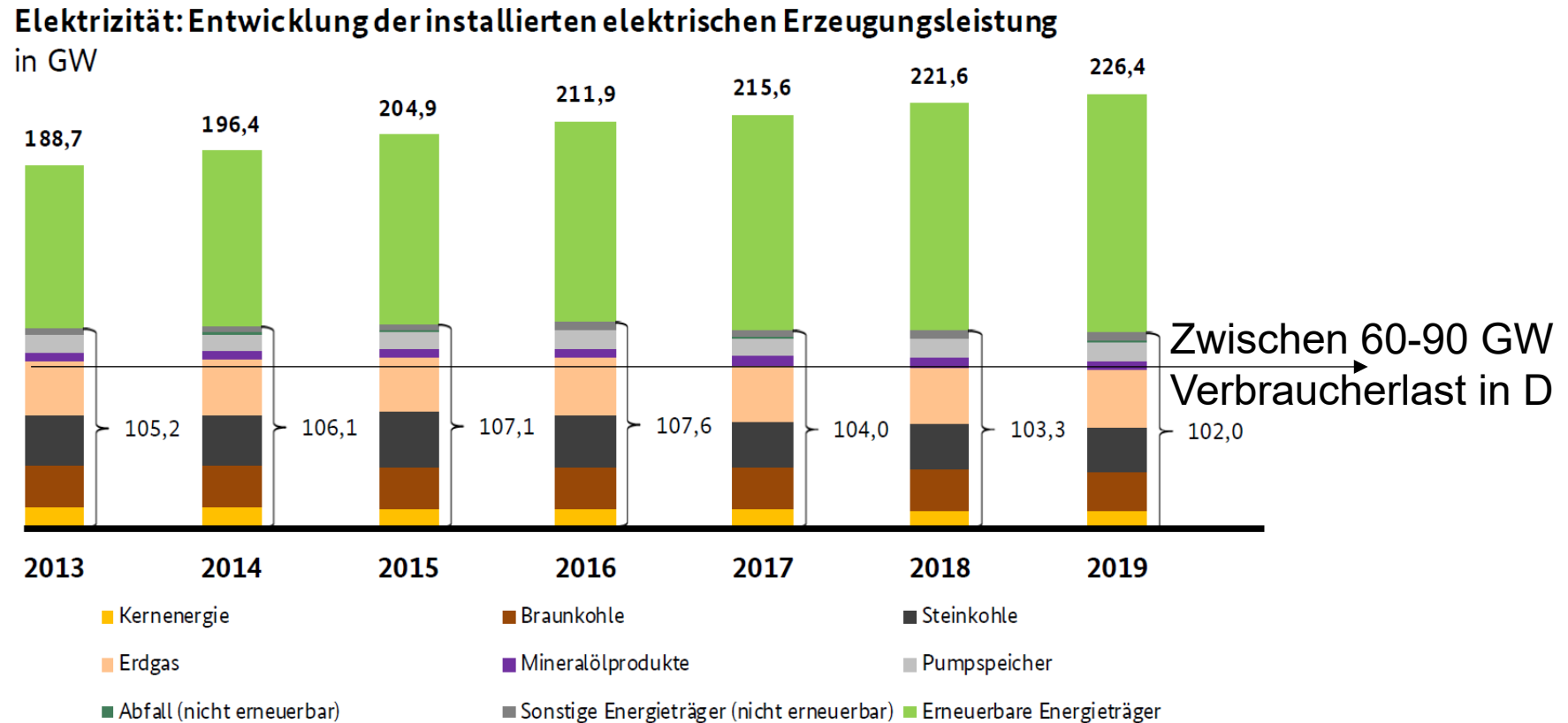


Abbildung 10: Entwicklung der installierten elektrischen Erzeugungsleistung

... auch die Orte der Erzeugung ändern sich

historisch:

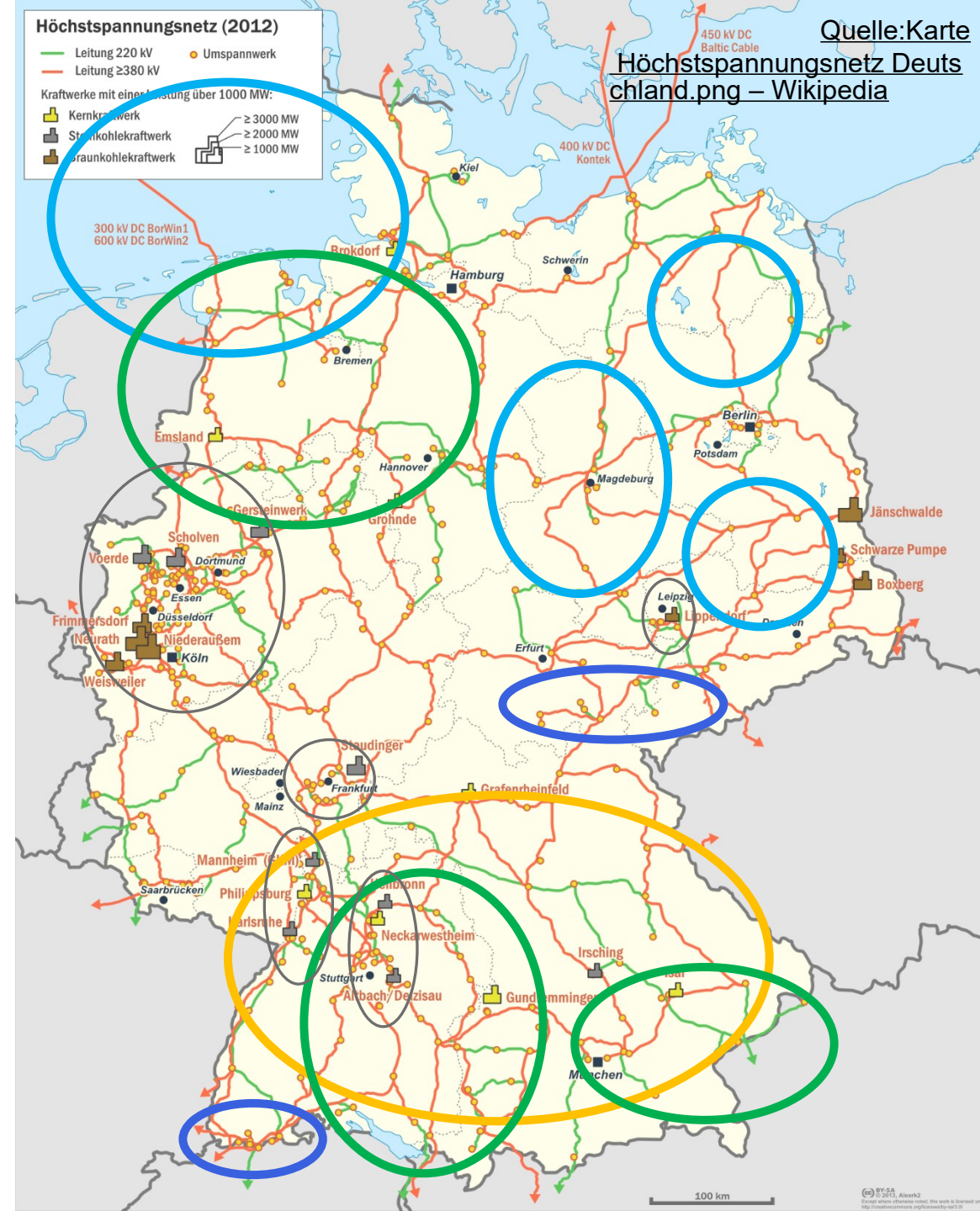
- Großkraftwerke nahe Verbraucherzentren
- **Wasserkraft** in der Mitte und im Süden

heute:

- **Windkraft** im Norden
- Verteilte **Photovoltaik**, besonders stark im Süden
- **Biogasanlagen** im Nordwesten und Süden

→ **dort aber teils schwach ausgebautes Netz!**

HM



Netz-*um*-bau auf Grund der Energiewende

- 110-kV-Trasse
- 110/20-kV-Umspannwerk
- 380-kV-Trasse
- 380/110-kV-Umspannwerk

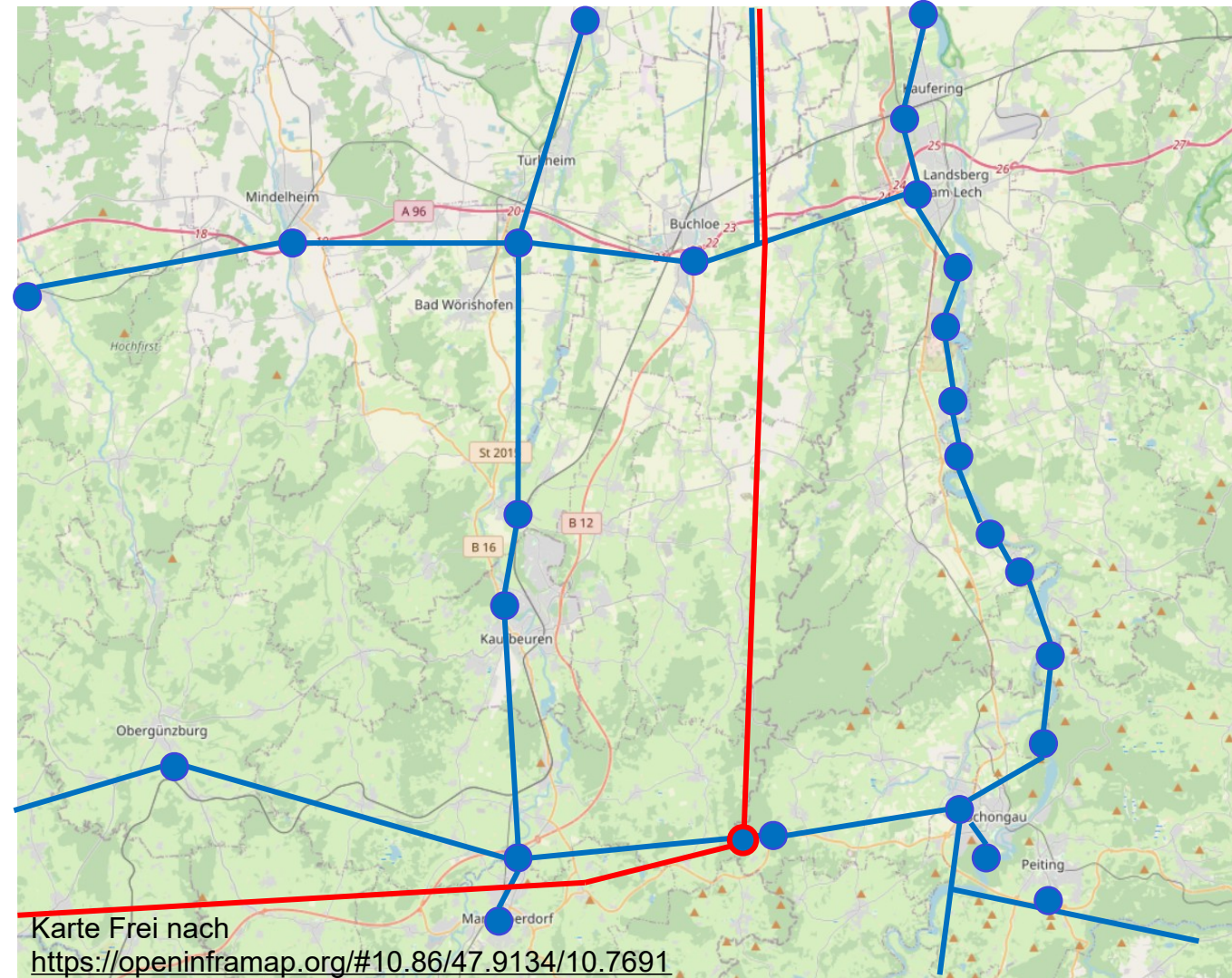
Ursprünglich gebaut für Versorgung der Last

→ Hauptknoten / Umspannwerke dort wo hohe Verbraucherlasten (Industrie/Stadt) oder Einspeiser (Wasserkraft) waren

Wo werden EEG gebaut?

Dort wo die Bedingungen gut sind!

- günstige Flächen
- hohe Windhöffigkeit
- wenig Kundenbeschwerden
- die Biomasse für die Biogasanlage anfällt



... die Konsequenzen

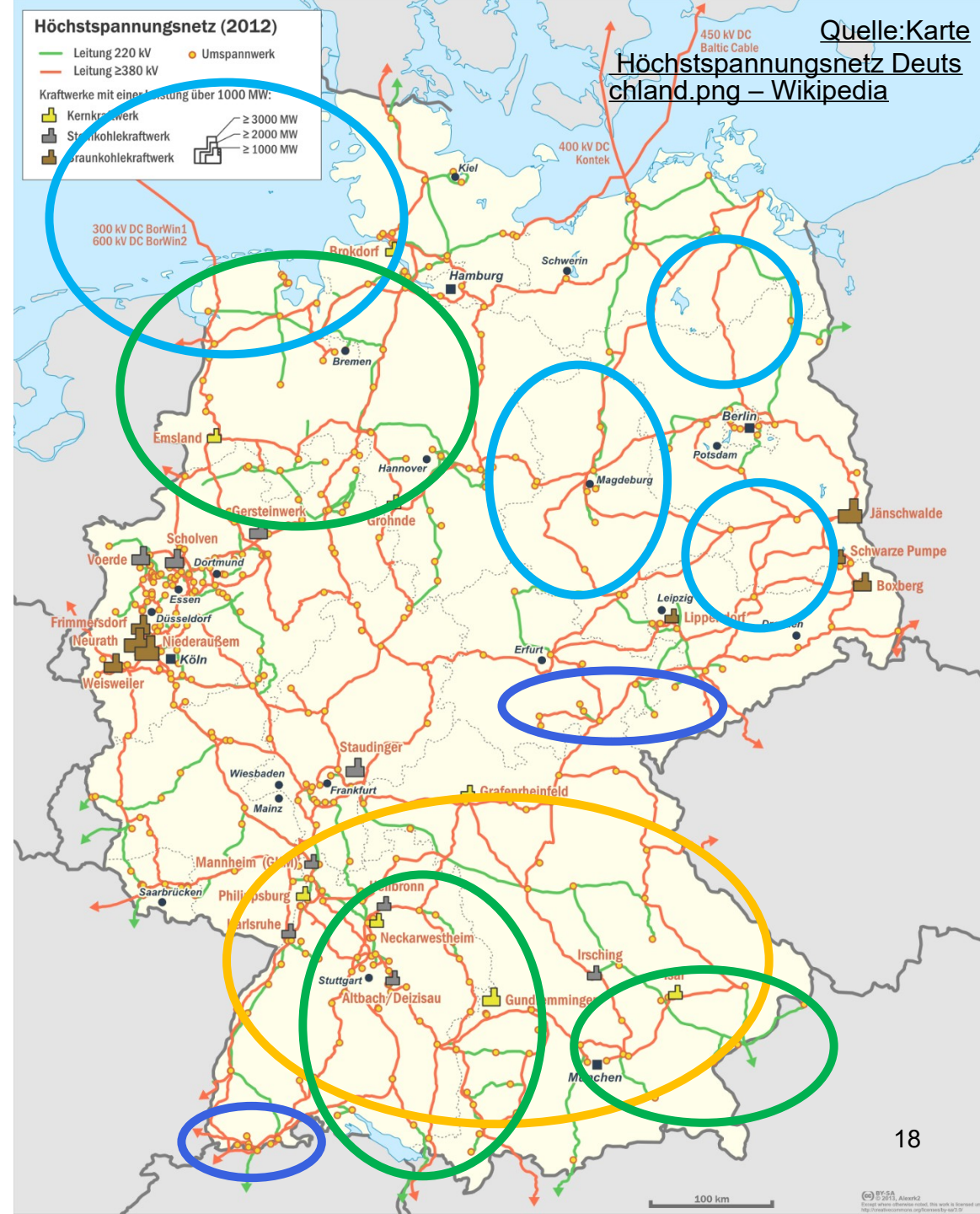
- Netze sind noch konzipiert für Großkraftwerke
- „Netzumbau“ verzögert sich durch langwierige Genehmigungsprozesse (10 Jahre und länger)
- Lebensdauer für Netzbetriebsmittel ca. 50 Jahre; in 10 Jahren wird nur rund 1/5 umgebaut

→ **Wir müssen mit „alter“ Netzstruktur arbeiten!**

Was können wir tun?

Langfristig: Netzausbau = Netzumbau

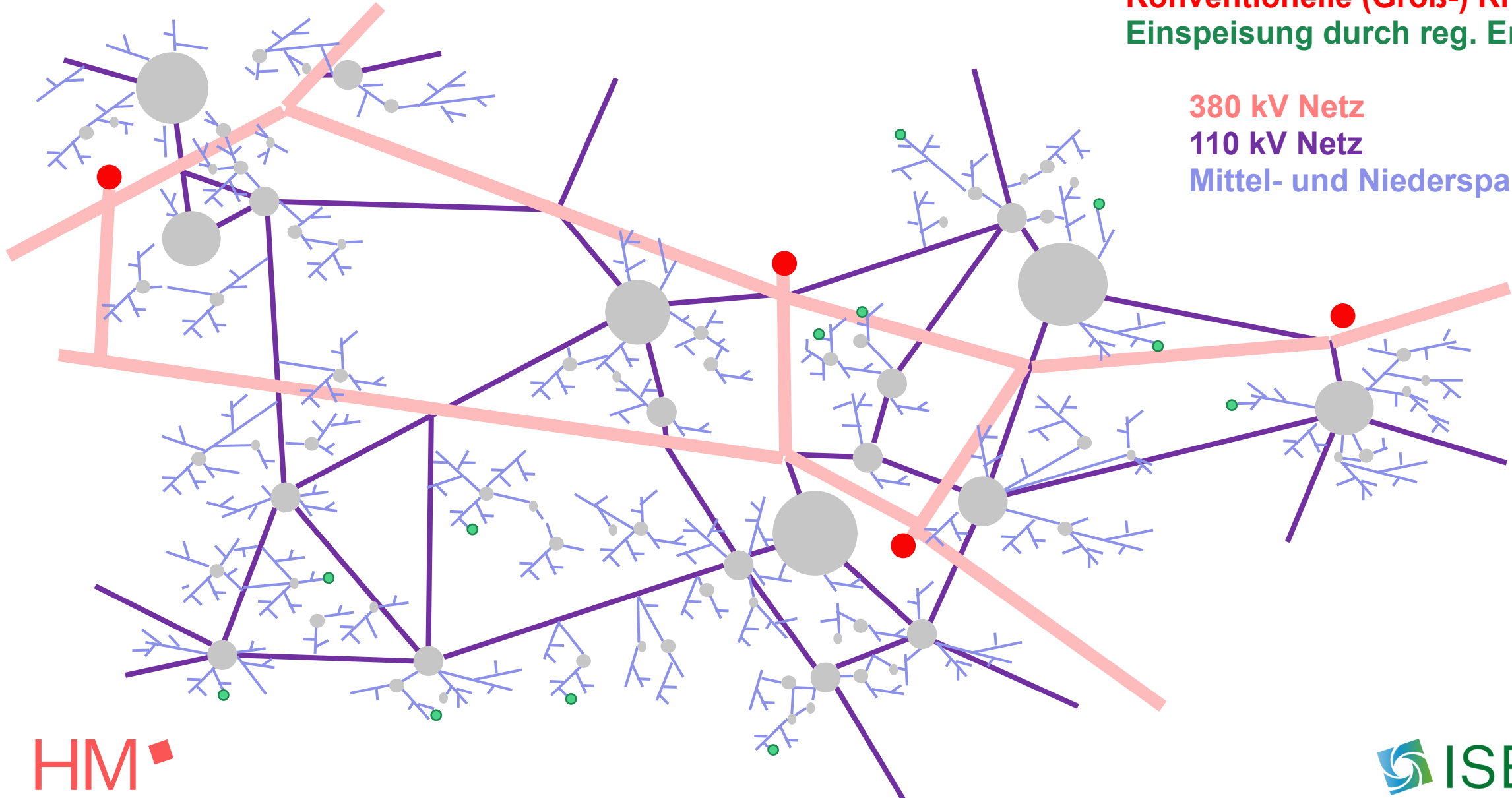
*Kurzfristig: bestehendes Netz intelligent betreiben
= Smart Grid*



Netzstruktur

Verbraucher (Städte und Industrie)
Konventionelle (Groß-) Kraftwerke
Einspeisung durch reg. Energien

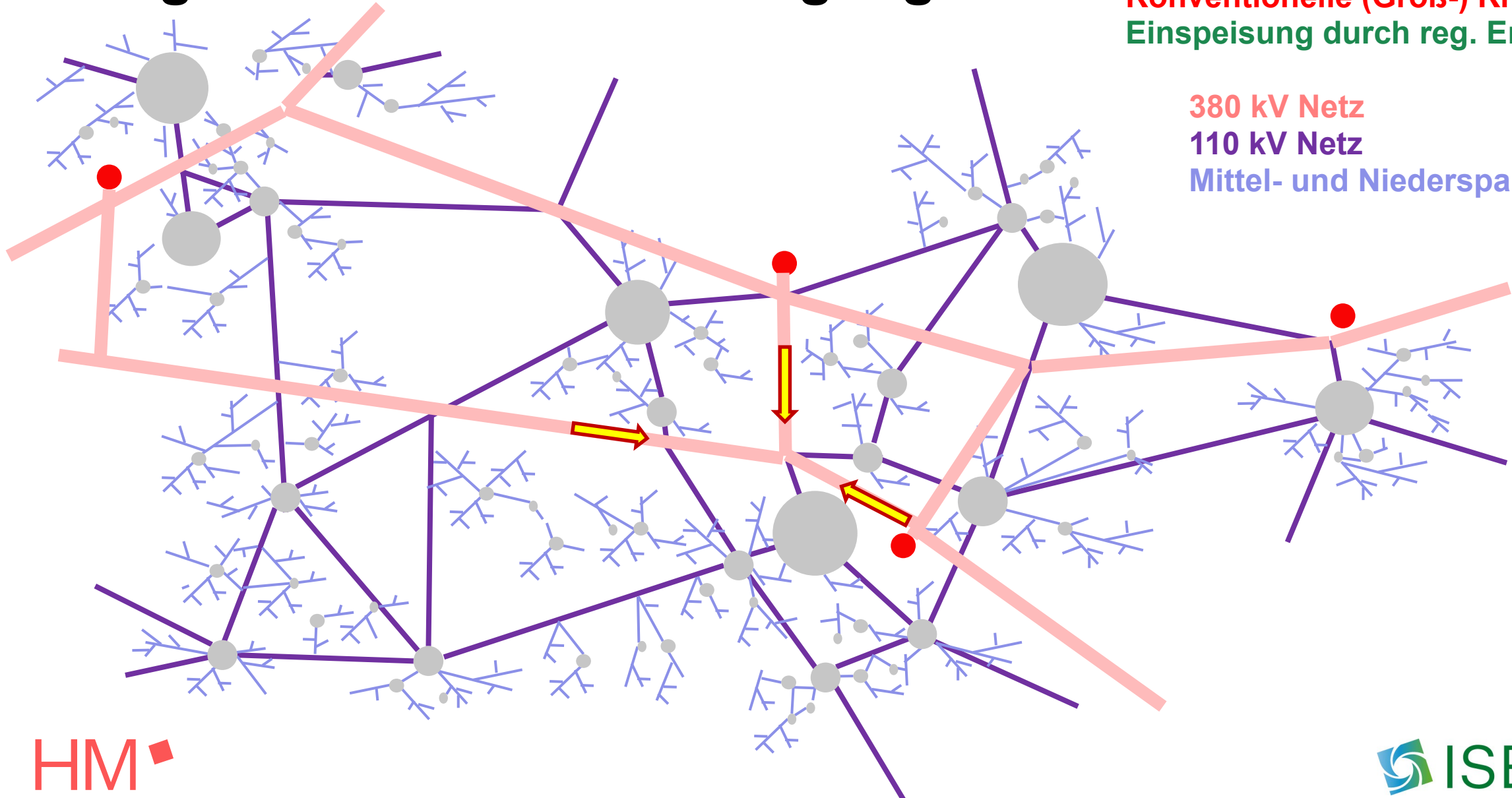
380 kV Netz
110 kV Netz
Mittel- und Niederspannung



Energiefluss mit konv. Erzeugung

Verbraucher (Städte und Industrie)
Konventionelle (Groß-) Kraftwerke
Einspeisung durch reg. Energien

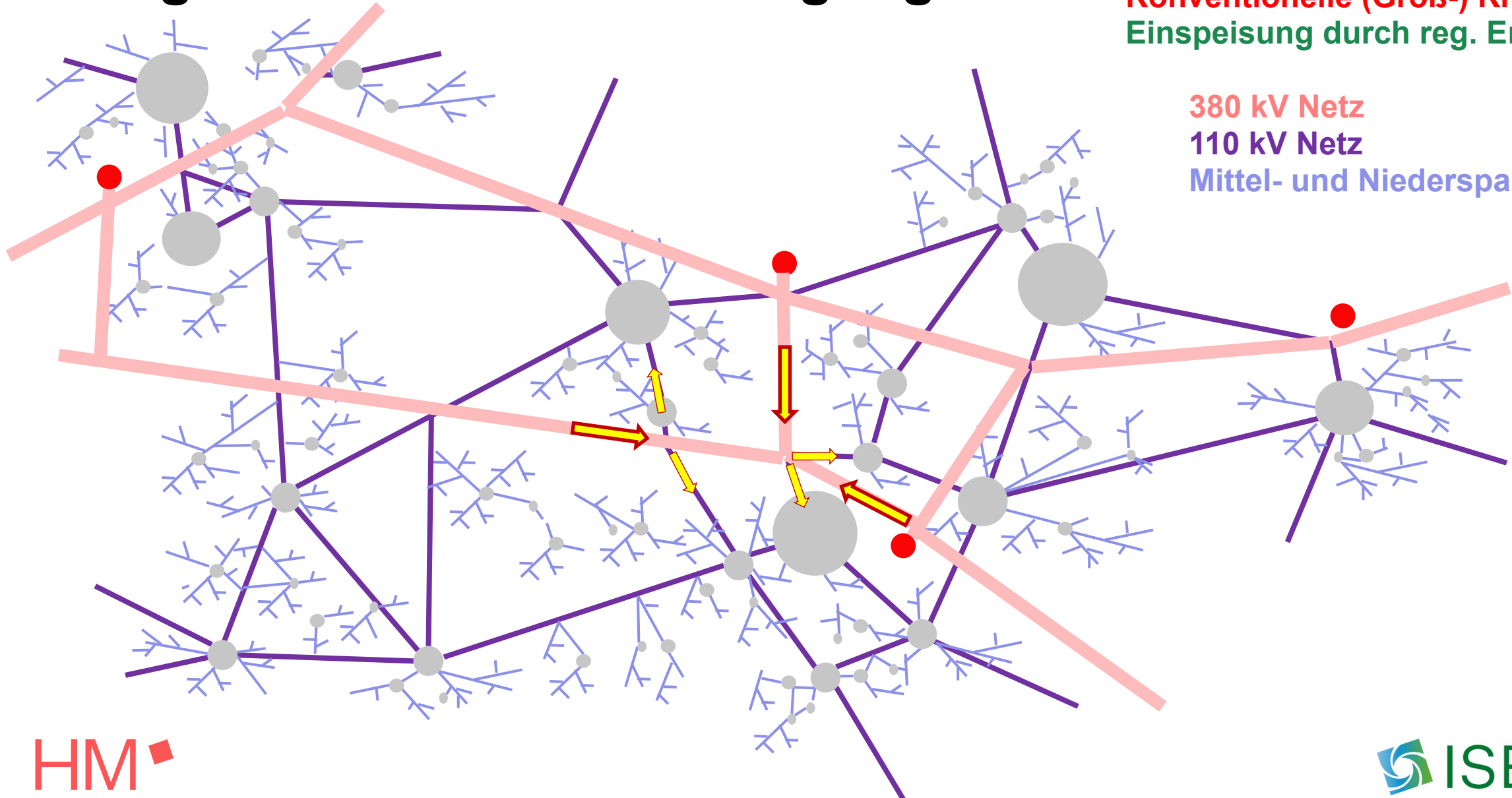
380 kV Netz
110 kV Netz
Mittel- und Niederspannung



Energiefluss mit konv. Erzeugung

Verbraucher (Städte und Industrie)
Konventionelle (Groß-) Kraftwerke
Einspeisung durch reg. Energien

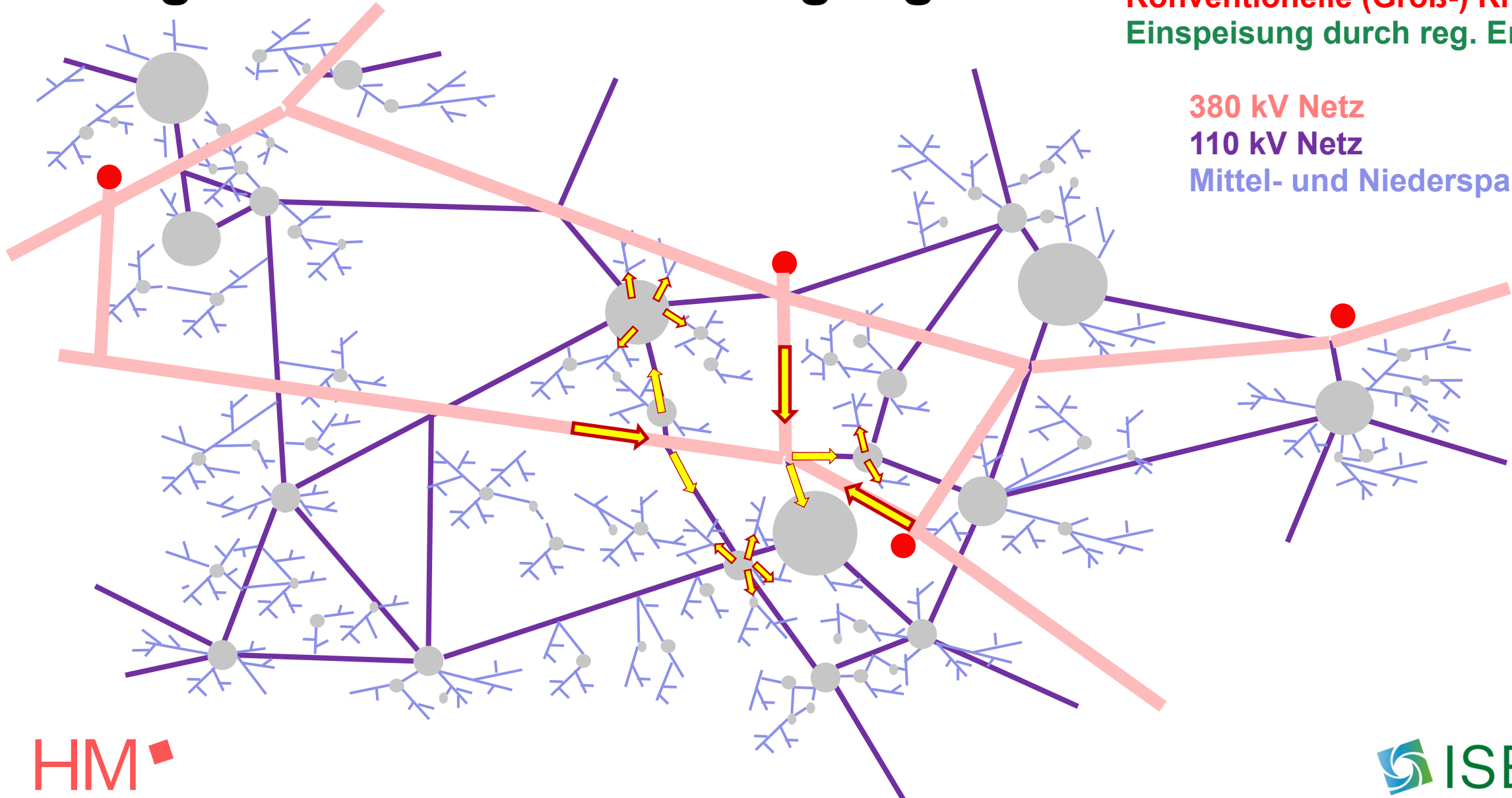
380 kV Netz
110 kV Netz
Mittel- und Niederspannung



Energiefluss mit konv. Erzeugung

Verbraucher (Städte und Industrie)
Konventionelle (Groß-) Kraftwerke
Einspeisung durch reg. Energien

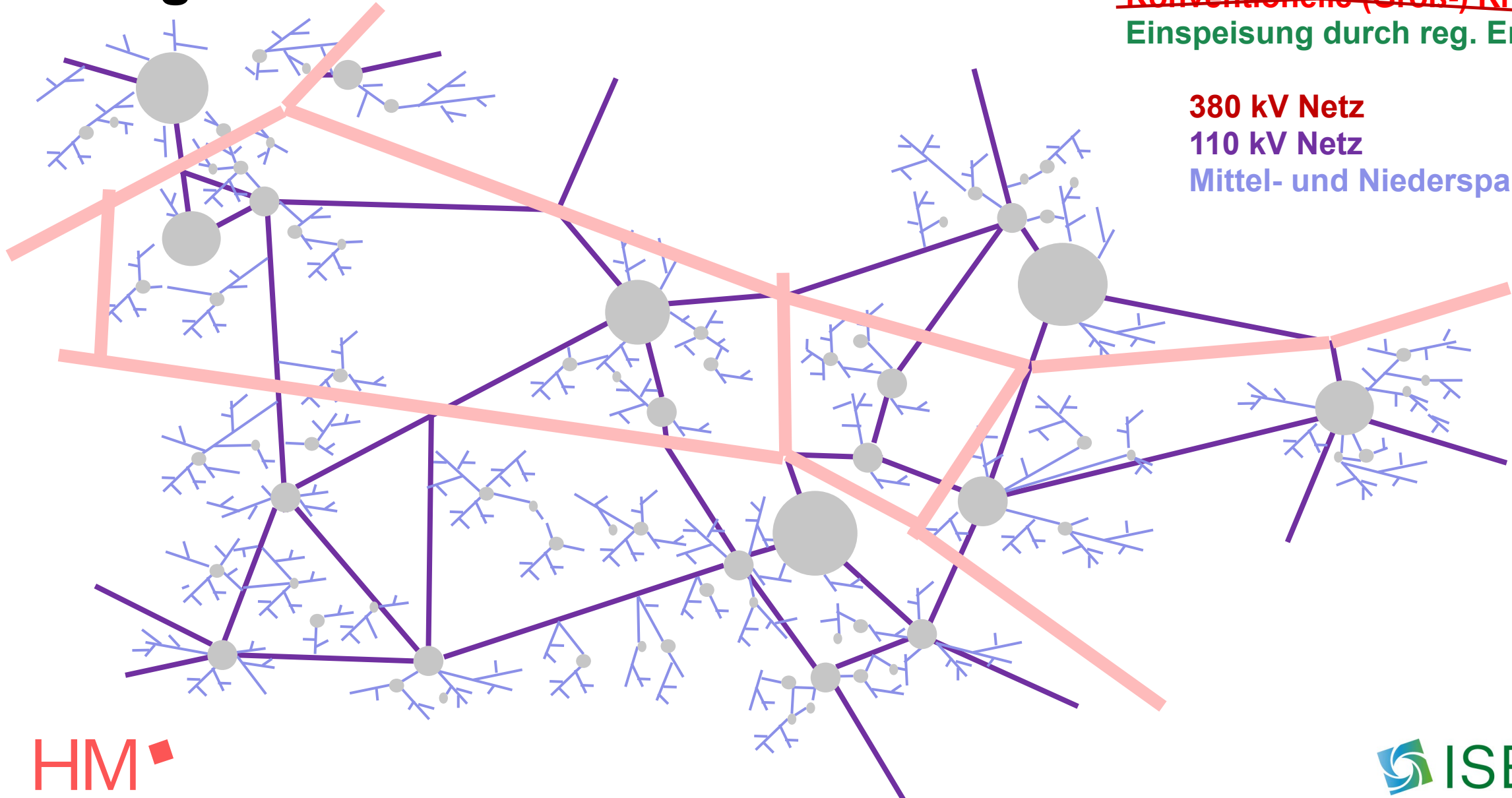
380 kV Netz
110 kV Netz
Mittel- und Niederspannung



Energiewende

Verbraucher (Städte und Industrie)
~~Konventionelle (Groß-) Kraftwerke~~
Einspeisung durch reg. Energien

380 kV Netz
110 kV Netz
Mittel- und Niederspannung



Energiewende

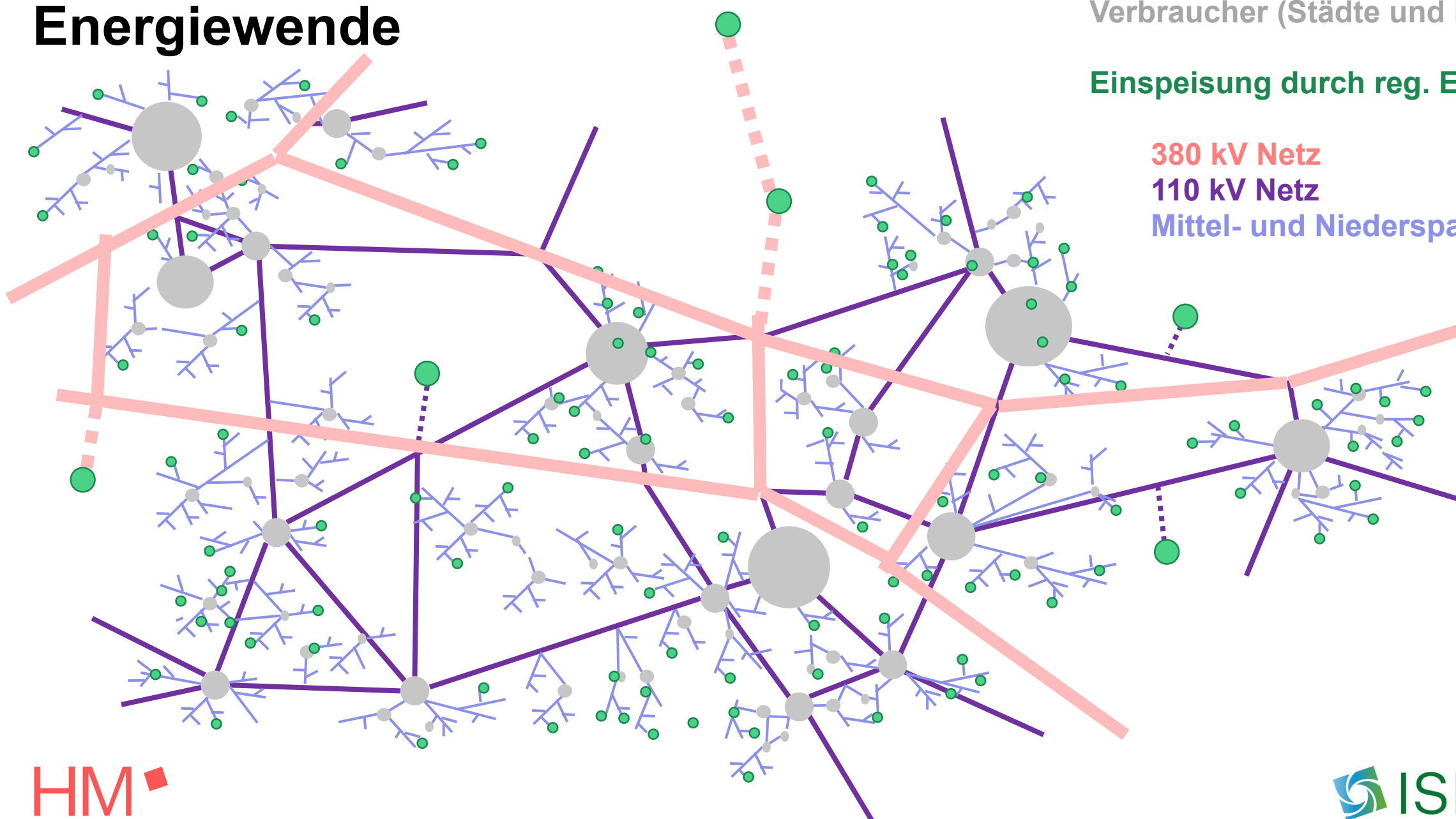
Verbraucher (Städte und Industrie)

Einspeisung durch reg. Energien

380 kV Netz

110 kV Netz

Mittel- und Niederspannung



„Energieflussumkehr“

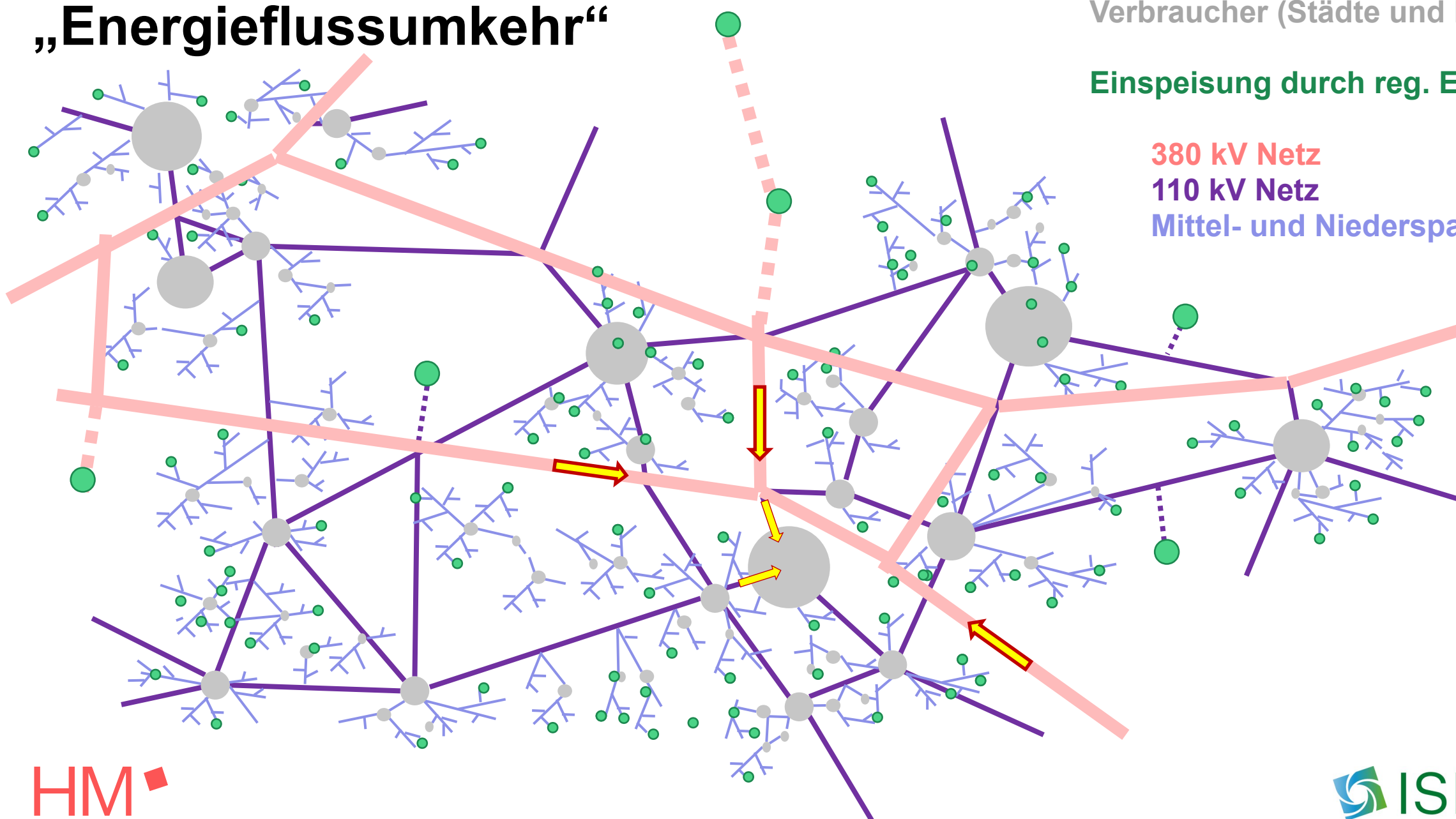
Verbraucher (Städte und Industrie)

Einspeisung durch reg. Energien

380 kV Netz

110 kV Netz

Mittel- und Niederspannung



„Energieflussumkehr“

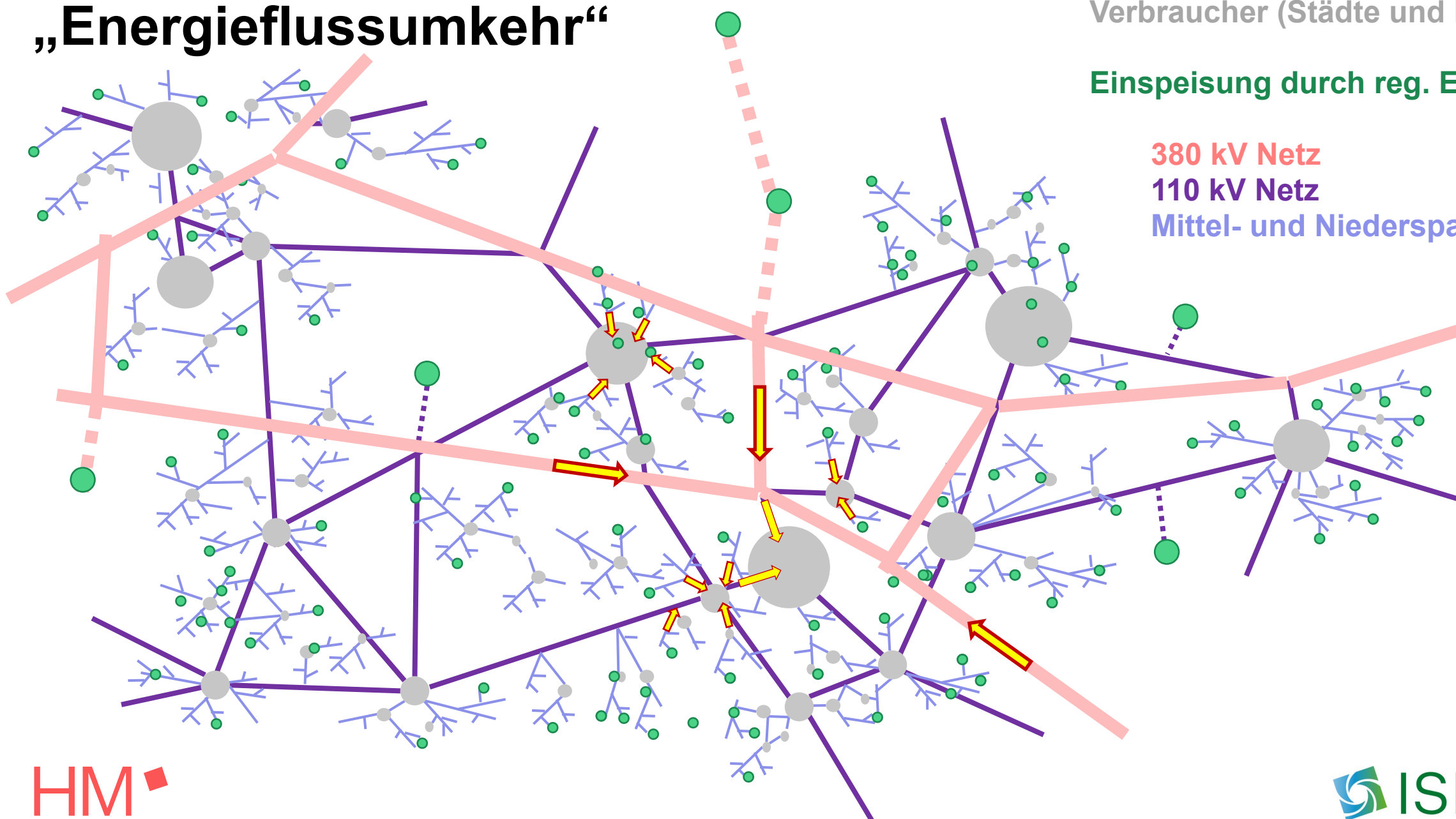
Verbraucher (Städte und Industrie)

Einspeisung durch reg. Energien

380 kV Netz

110 kV Netz

Mittel- und Niederspannung



„Energieflussumkehr“

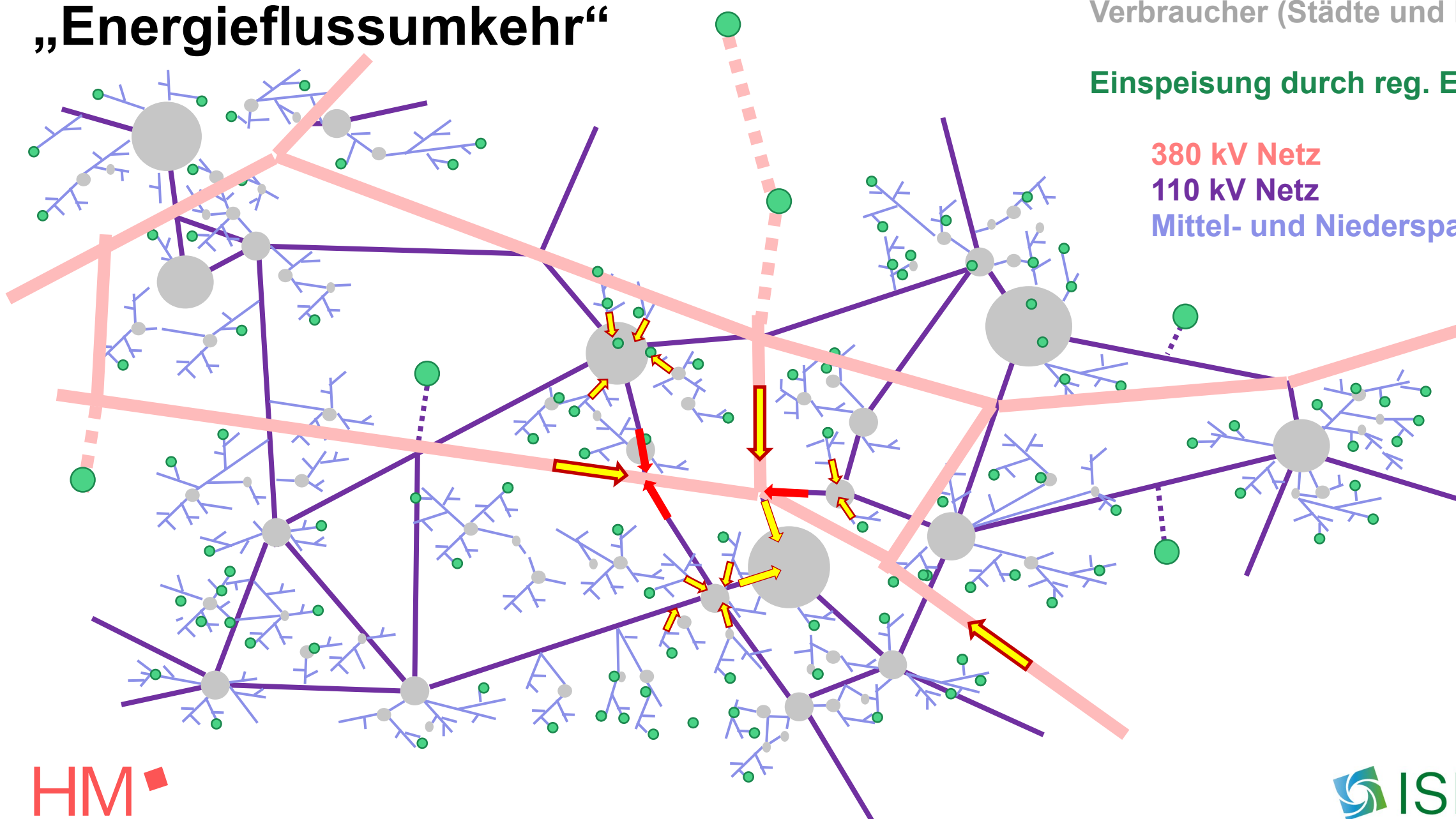
Verbraucher (Städte und Industrie)

Einspeisung durch reg. Energien

380 kV Netz

110 kV Netz

Mittel- und Niederspannung



„Energieflussumkehr“

Verbraucher (Städte und Industrie)

Einspeisung durch reg. Energien

380 kV Netz

110 kV Netz

Mittel- und Niederspannung

**Energie fließt in der 110-kV-Ebene nun
von der Nieder-/Mittelspannung bis zur 380-kV-Ebene
und nicht mehr umgekehrt!**

Ausbaubedarf in der Mittel- und Niederspannung!

Konsequenzen für den Netzausbau

1. Netzausbau auf der Höchstspannungsebene

- Anschluss Offshore
- Import fehlender und Export überschüssiger Energie aus Nachbarländern

2. Netz-um-bau in der Nieder- und Mittelspannung

- Anschluss der dezentralen Erneuerbaren Erzeugeranlagen
- Ertüchtigung, um Energiemengen aufnehmen zu können
- Integration von Flexibilitäten, um auf fluktuierende Einspeisung reagieren zu können

Bis dahin

***...müssen wir unser bestehendes Netz
besser und effizienter nutzen!***

Weiterentwicklung der Netze zu Smart Grids

Ein Smart Grid ist ein elektrisches Netz, das die Aktionen aller seiner Nutzer – Erzeuger, Verbraucher und Speicher – intelligent integriert, um die effiziente, nachhaltige, wirtschaftliche und sichere Elektroenergieversorgung zu gewährleisten.

[Quelle: Buchholz, B.; Styczynski, Z.: Smart Grids, 2. Auflage, VDE Verlag, 2018]

Wie macht man das Netz „intelligent“?

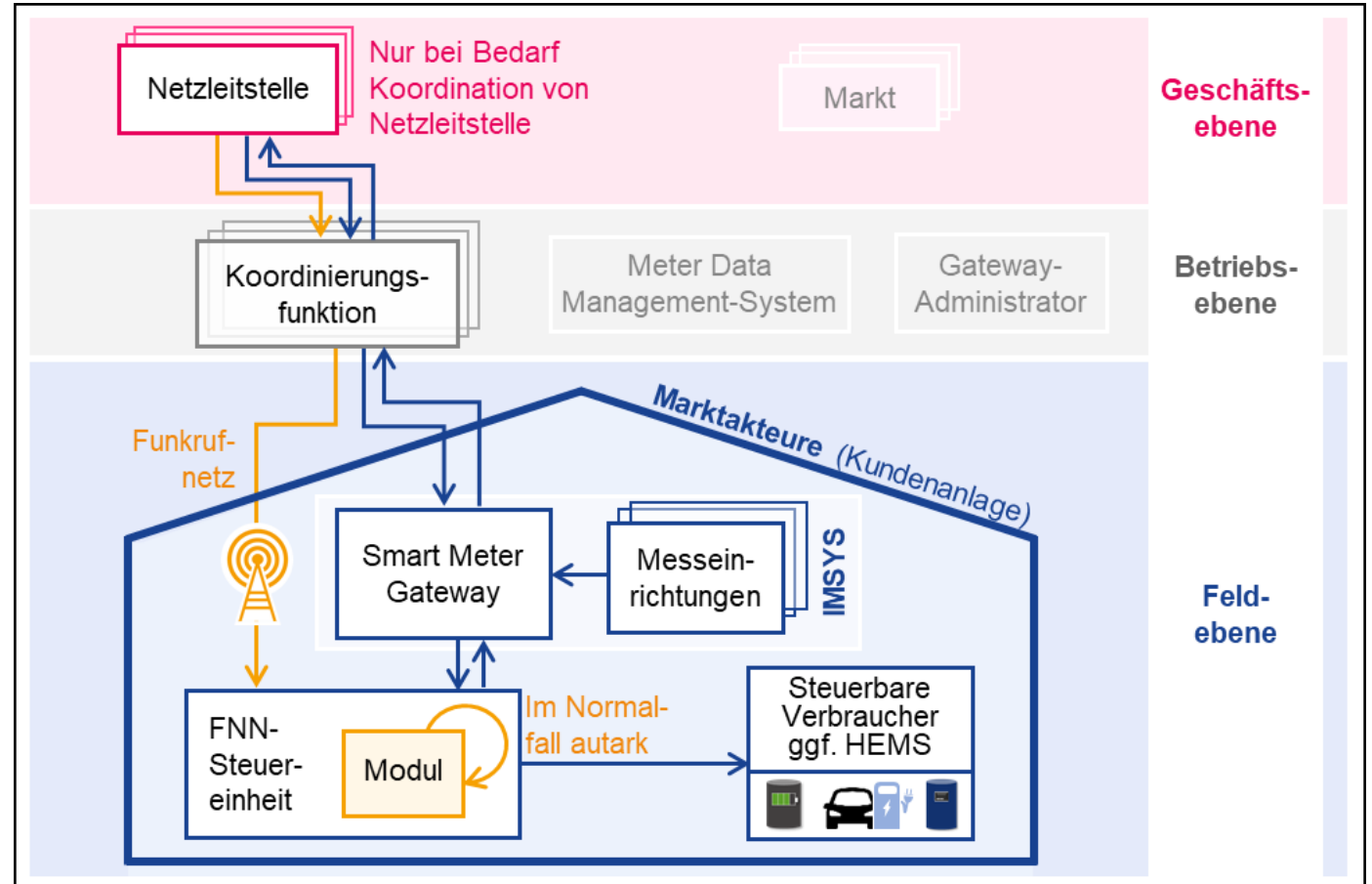
Mit Kommunikation und Steuerung!

Intelligentes Messsystem (*IMSYS*) und *Smart Meter Gateway* sorgen für Informationsfluss

Intelligente Betriebsmittel können kommunizieren und gesteuert werden (z.B. rONT regelbarer Ortsnetztransformator)

Flexibilisierung von Verbrauch und Netzbetrieb

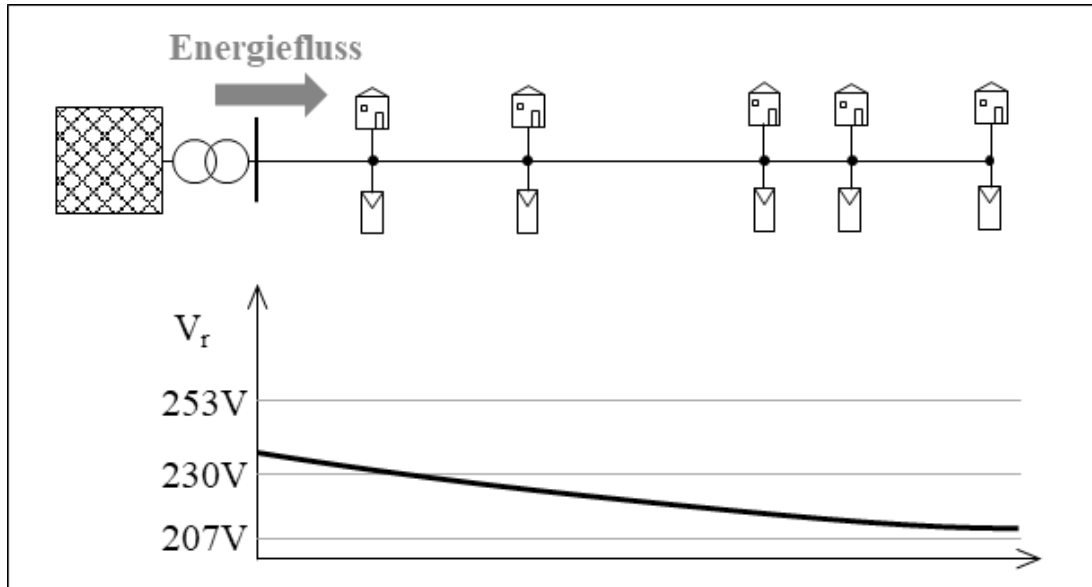
Schematische Darstellung des Datenflusses mit IMSYS



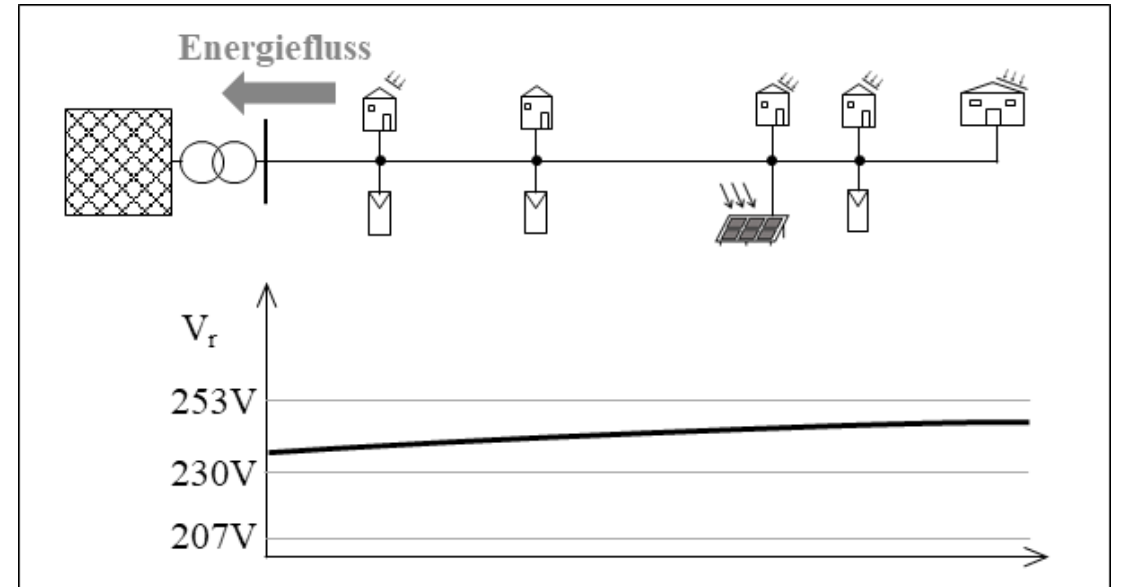
***...und was merke ich davon?
Schon heute?***

Spannungsschwankungen am Hausanschluss

$$U_{\text{Netz}} - \Delta U_{\text{Leitung}} = U_{\text{Haus}}$$



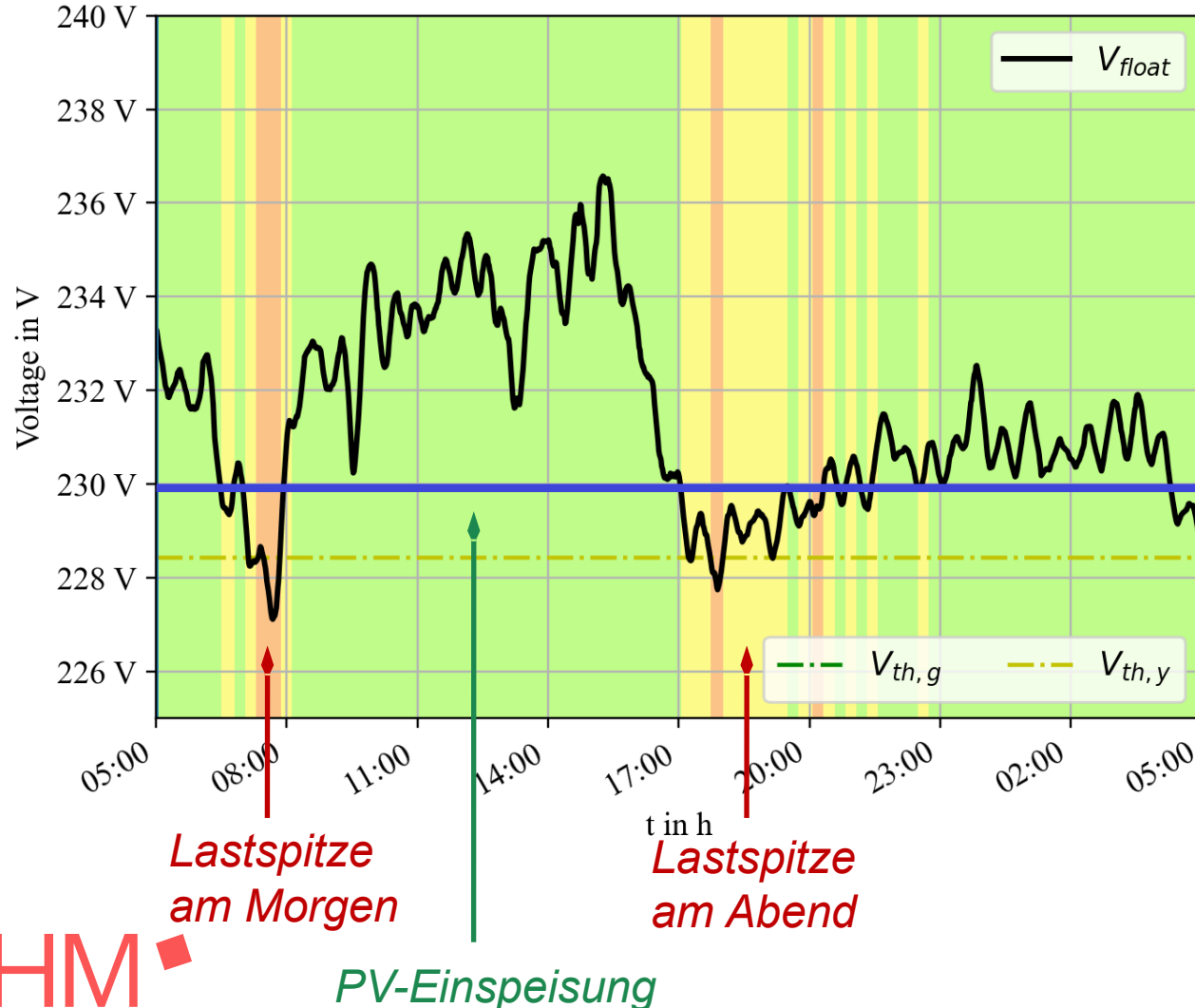
$$U_{\text{Netz}} + \Delta U_{\text{Leitung}} = U_{\text{Haus}}$$



- wird normalerweise ausgeregelt (fix)
- Spannung am Hausanschluss schwankt
- umso stärker, je mehr Energie fließt ()

Spannungsschwankungen am Hausanschluss

Gemessene Spannung an einem Hausanschluss in Bayrisch-Schwaben



historisch:

- Last (Energiebedarf) wurde abgeschätzt
- Kraftwerke so gefahren, dass Bedarf gedeckt

heute:

- Last ist kalkulierbar
 - Einspeisung ist stark wetterabhängig
- Flexibilisierung des Netzbetriebes notwendig

Wie?

Zeitl. Verschiebung Bezug, Speicher, ...

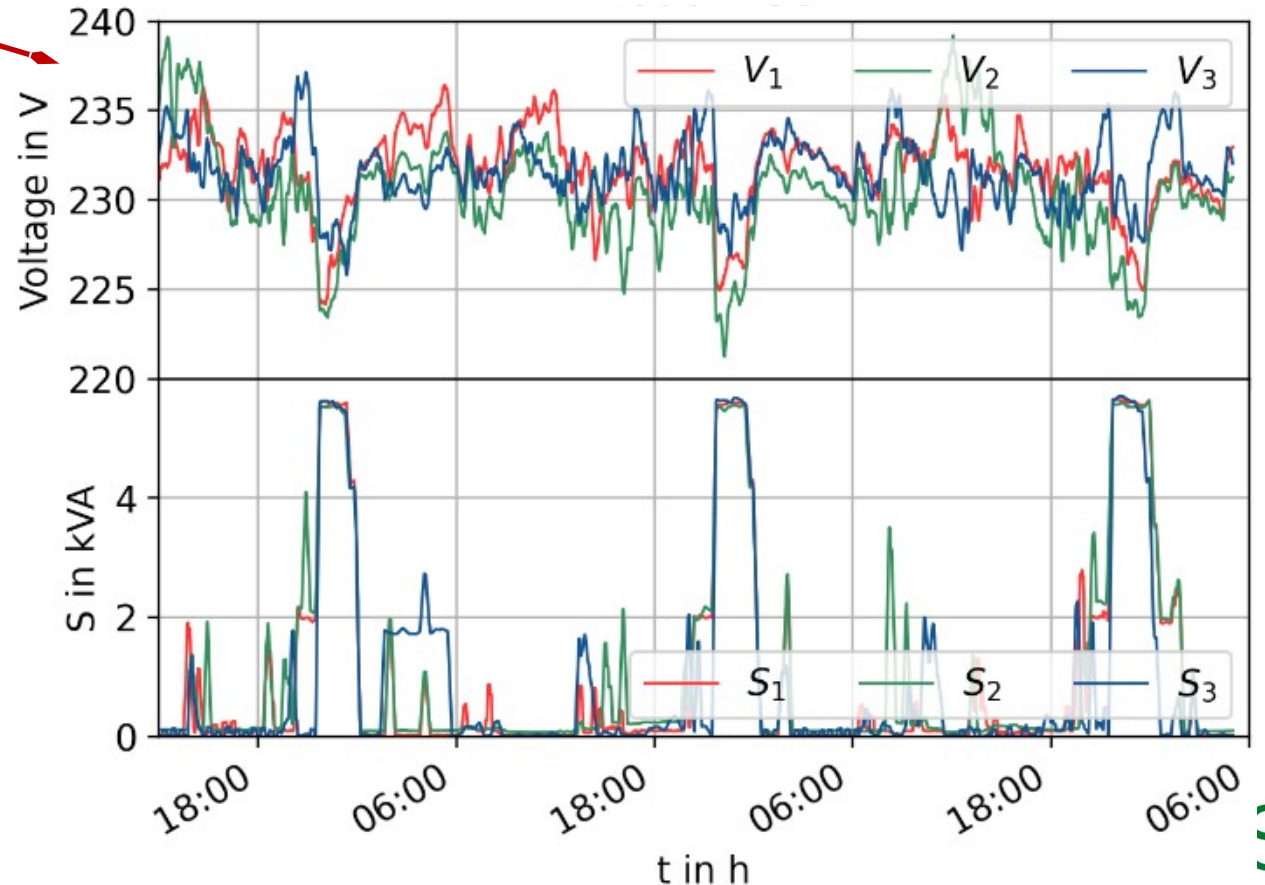
Vermeidung von Gleichzeitigkeiten

besonders problematisch: gleichzeitiges Zu-/Wegschalten von Erzeugern oder Verbrauchern

Dreiphasig gemessene Spannung an einem Hausanschluss in Bayrisch-Schwaben (mit **Speicherheizung** und sechs weiteren angeschlossen an gleicher Ortsnetzstation)

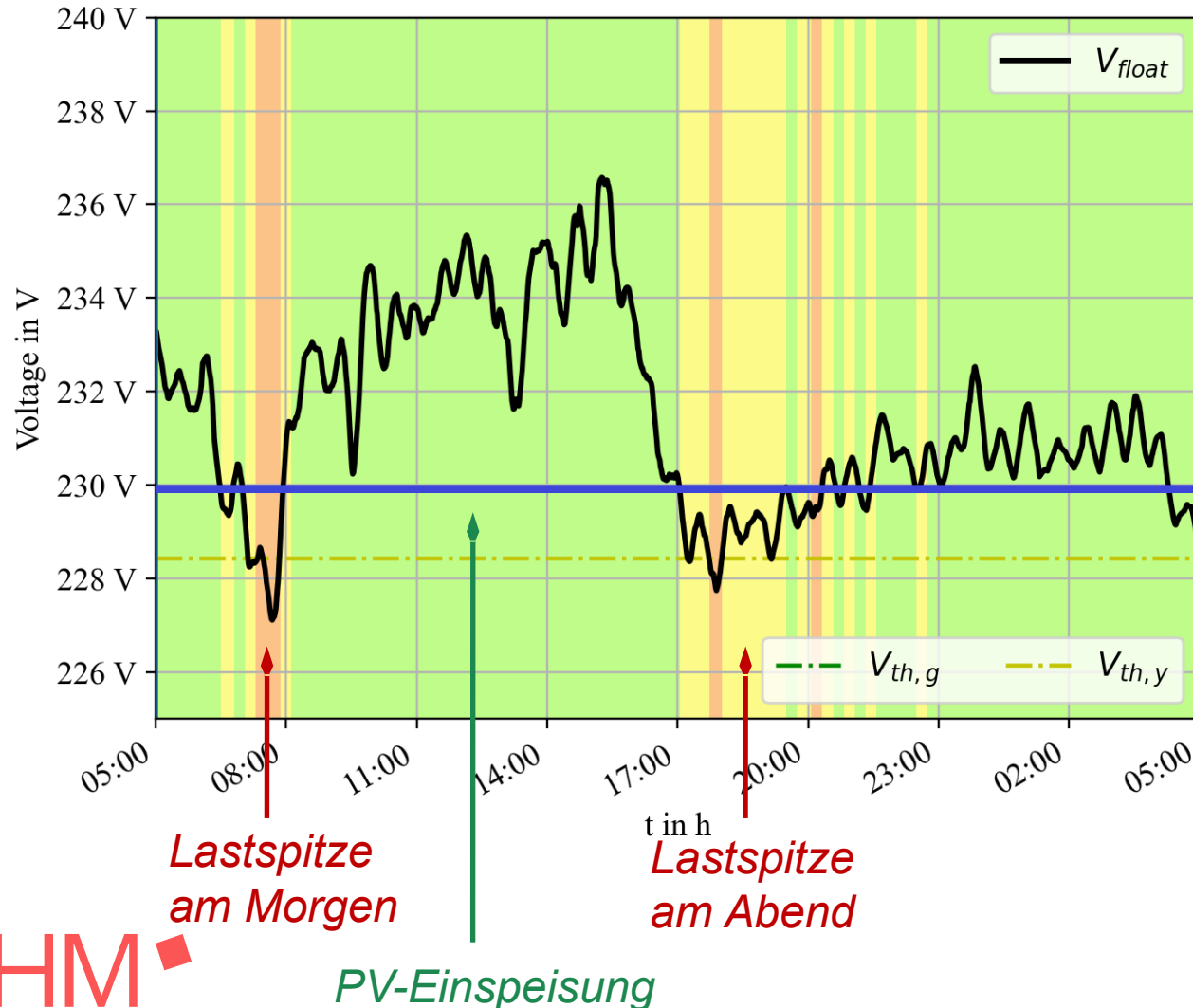
- Gleichzeitiges Laden ab 21:30 Uhr
- Spannungsabfall um ca. 10 V

→ *vermeidbar durch gezielte zeitl. Variation*



Zeitliche Diskrepanz zwischen Energieerzeugung und -bezug

Gemessene Spannung an einem Hausanschluss in Bayrisch-Schwaben



Wäre es nicht geschickt, die Energie dann zu nutzen, wenn sie im Überschuss da ist?

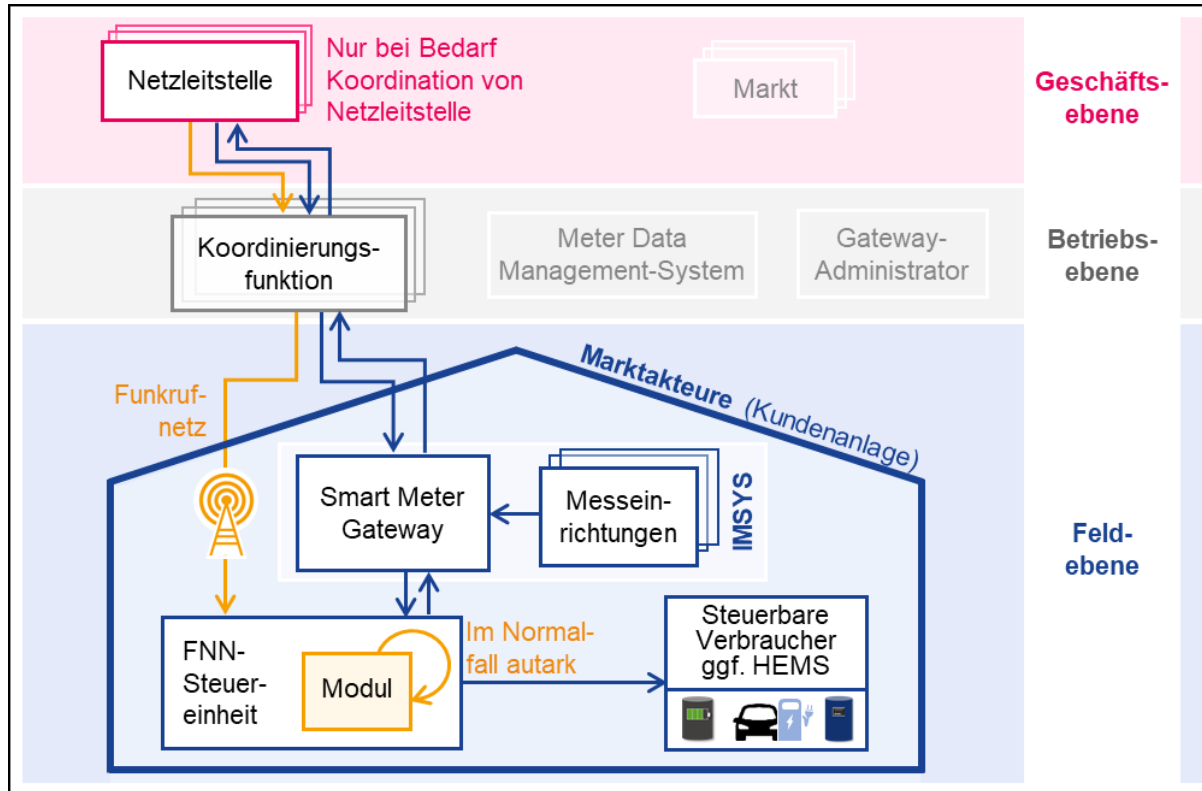
- Nicht für alle Lasten möglich, manche schon
- Zeitliche Verschiebung des Bezugs

→ *Demand-Side-Management*

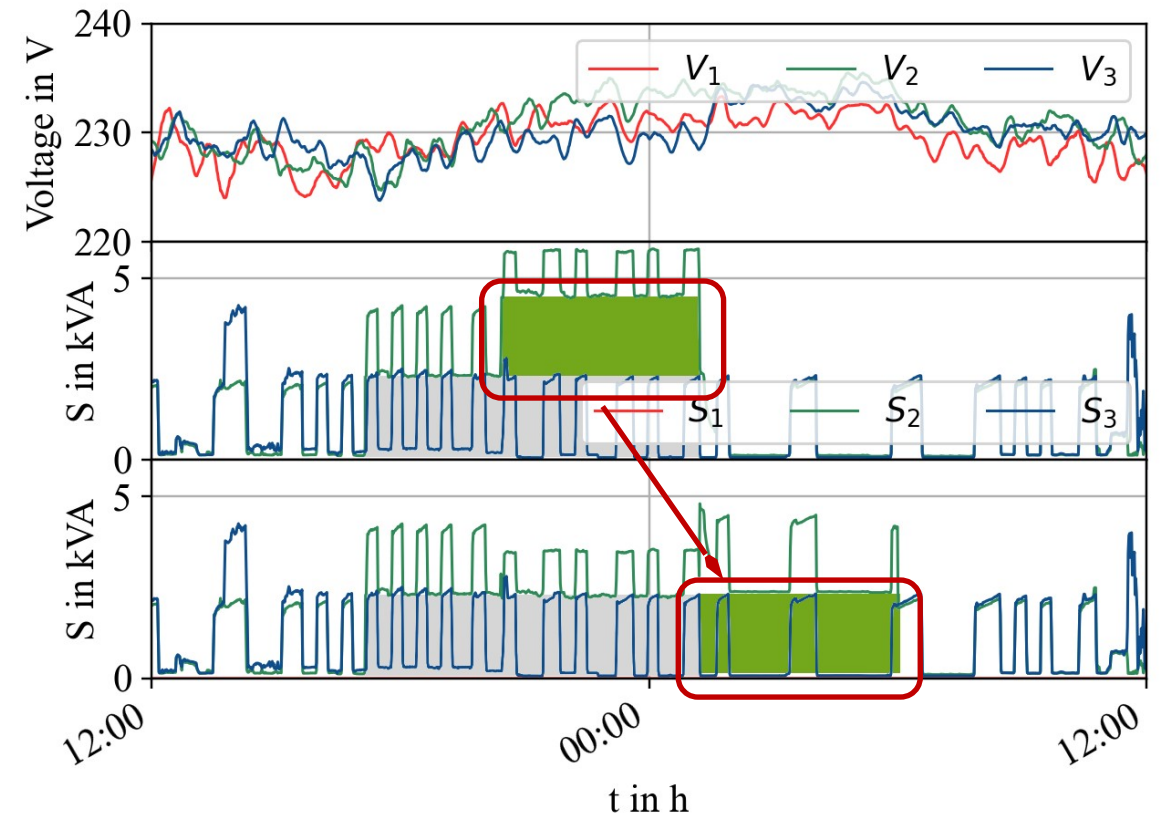
Demand-Side-Management

= zeitliche Verschiebung flexibler Verbraucher abhängig vom Energieangebot

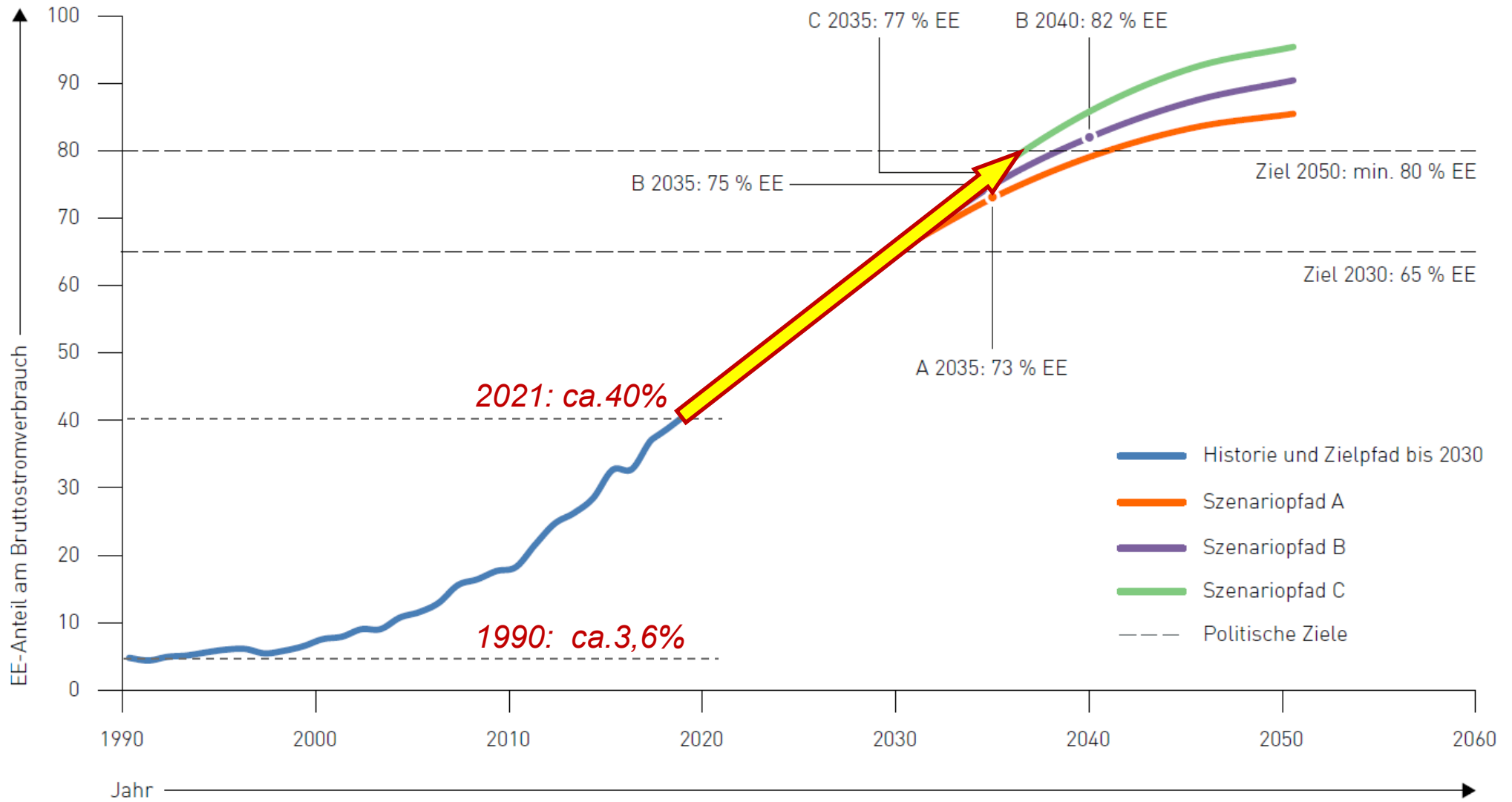
Schematische Darstellung des Datenflusses mit IMSYS



Haushalt mit Wärmepumpe und zwei Elektroautos, die gleichzeitig laden – Potenzial für zeitl. Verschiebung



Wo geht's noch hin?

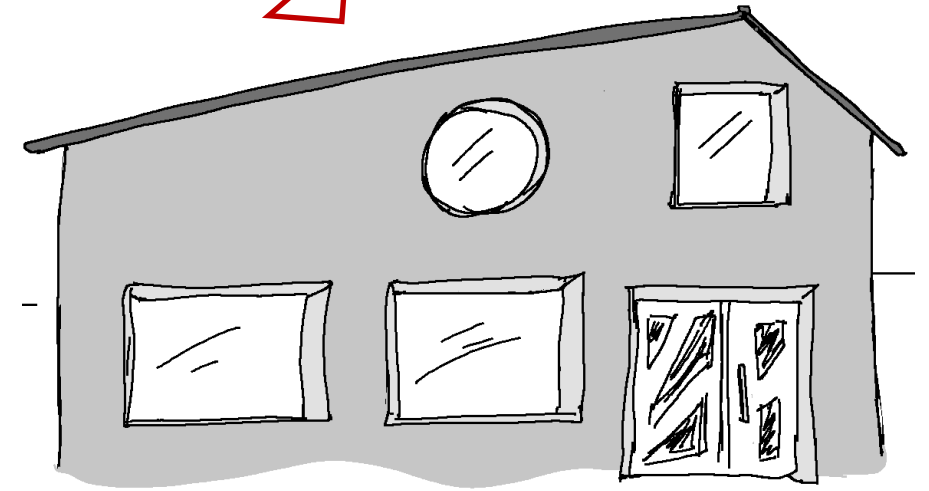
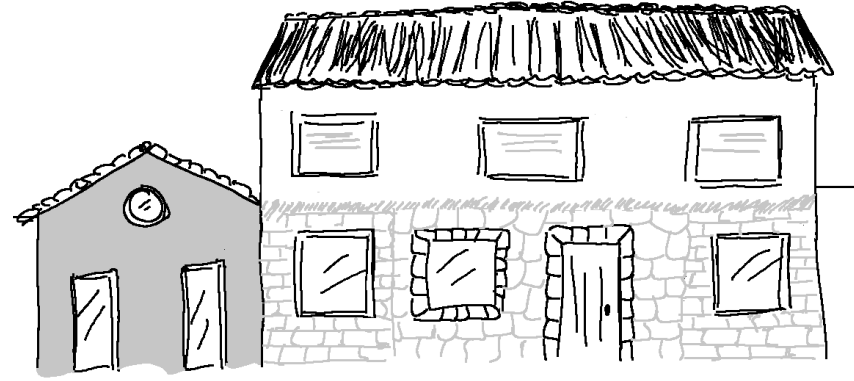


Fazit

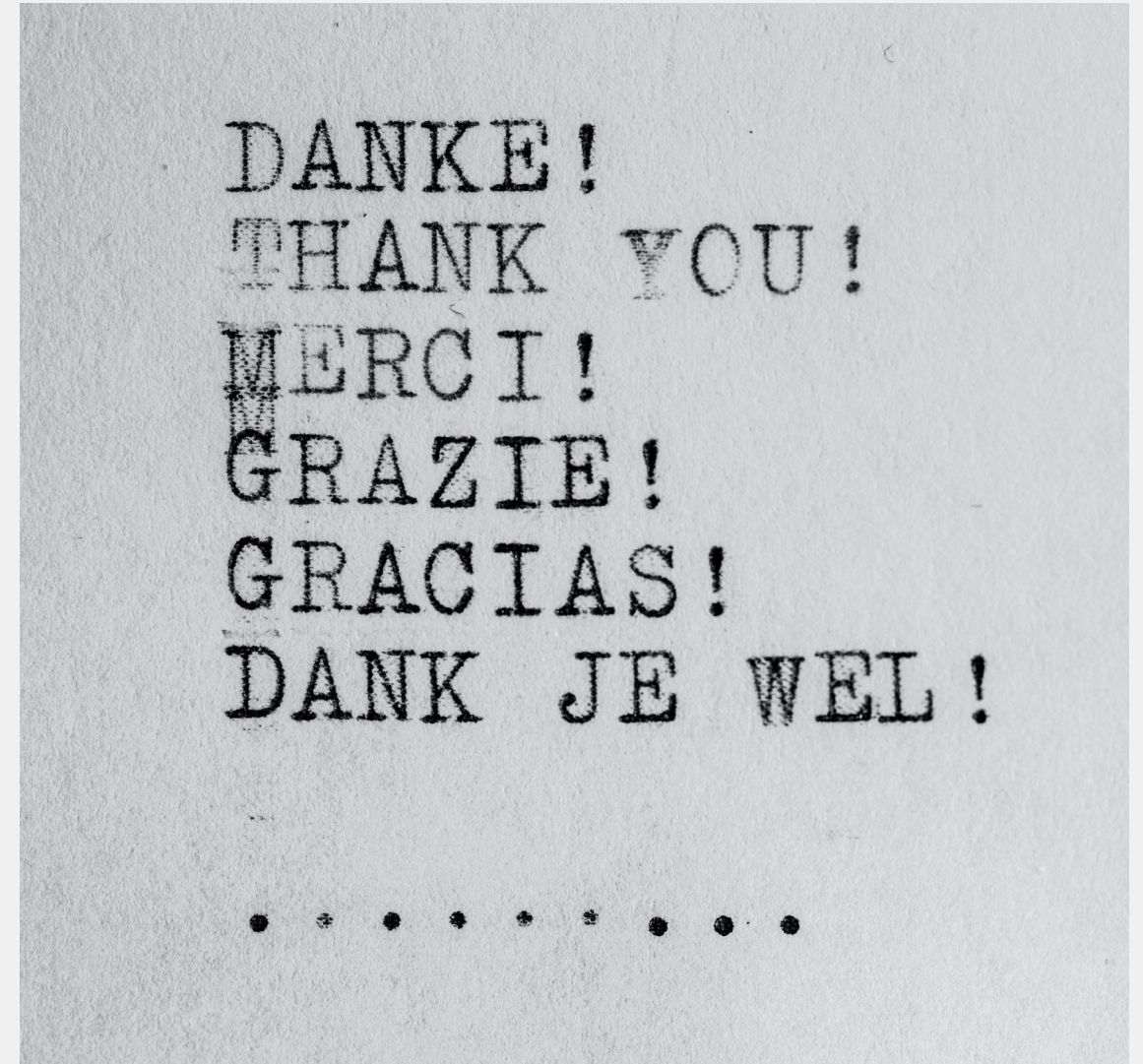
- Energiebedarf steigt
- Anteil volatiler Energieerzeugung wird steigen
- Anteil konventioneller Erzeugung sinkt

*Netz wird noch lange nicht auf Anforderungen
umgebaut und optimiert sein!*

- Notwendigkeit der Energieeffizienz
Energiebedarf begrenzen
- Lokale Nutzung der Energie
Transport vermeiden
- Netzbetrieb optimieren
Nutzung vorhandener Flexibilitäten



Thank you!



Anhang