



Nadelöhr Netzausbau

Referentin: Dipl.-Ing. Rebecca Hofmann (KEA-BW)

Moderation: Dr. Franz Ecker (KEA-BW)

Erwartungen



<https://www.mentimeter.com/>
Code: 4773 5298



Agenda

01

Entstehung
des Nadelöhrs

02

Herausforderungen

03

Chancen

04

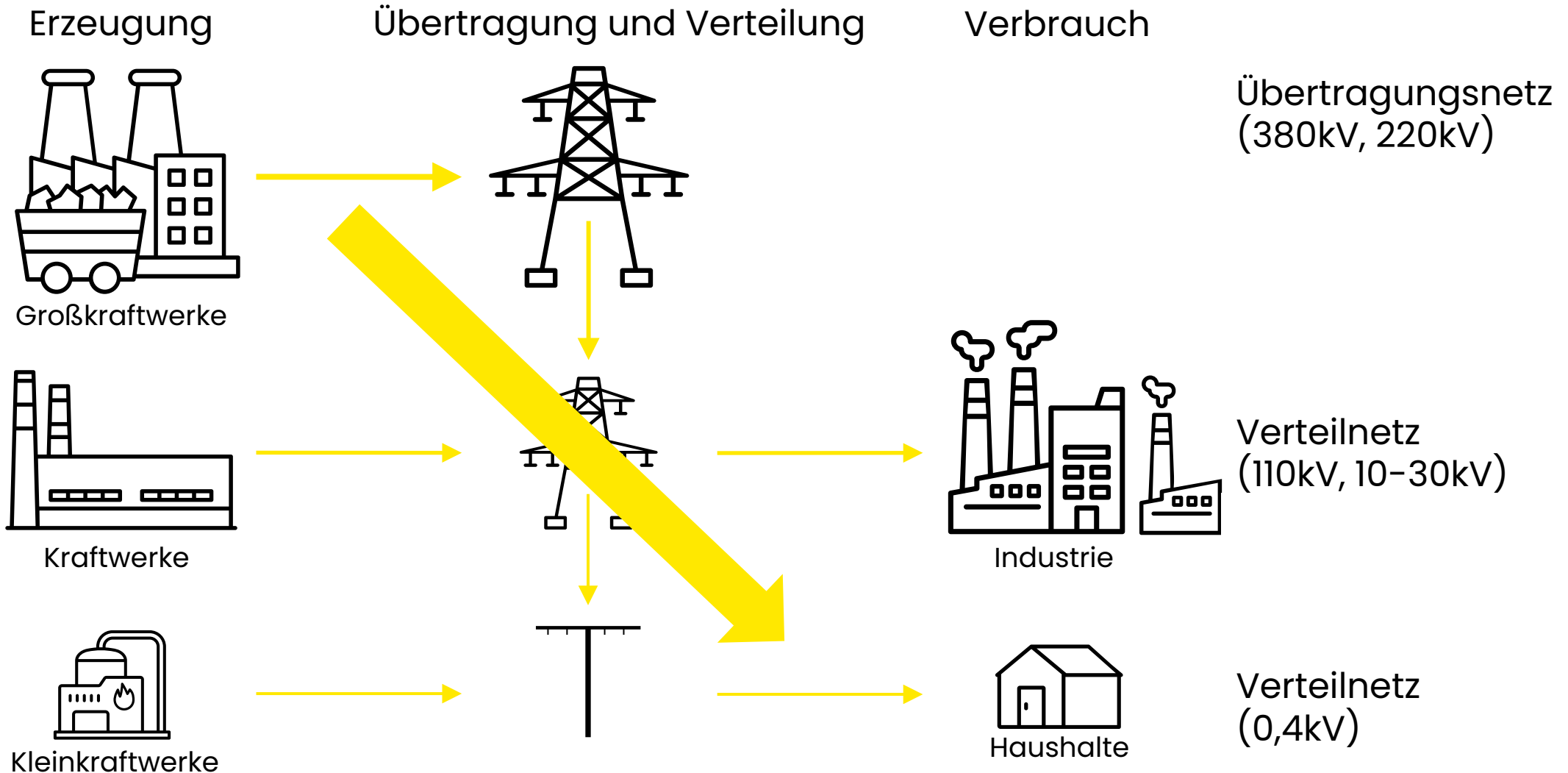
Fragen

01

Entstehung des Nadelöhrs



Stromnetz – historisch



Eigene Darstellung nach EnBW Verteilung und Transport – Stromnetz

Entstehung des Nadelöhrs

Die Aufgabe: Energiewende

- **Treibhausgasneutrale Energieversorgung**
keine fossile Verbrennung
- **Elektrifizierung**
Erneuerbare Energien (EE) stellen vor allem elektrische Energie bereit (Wind, PV, Wasser)
- **Sektorenkopplung**
Mit Strom andere Sektoren wie Verkehr und Wärme dekarbonisieren

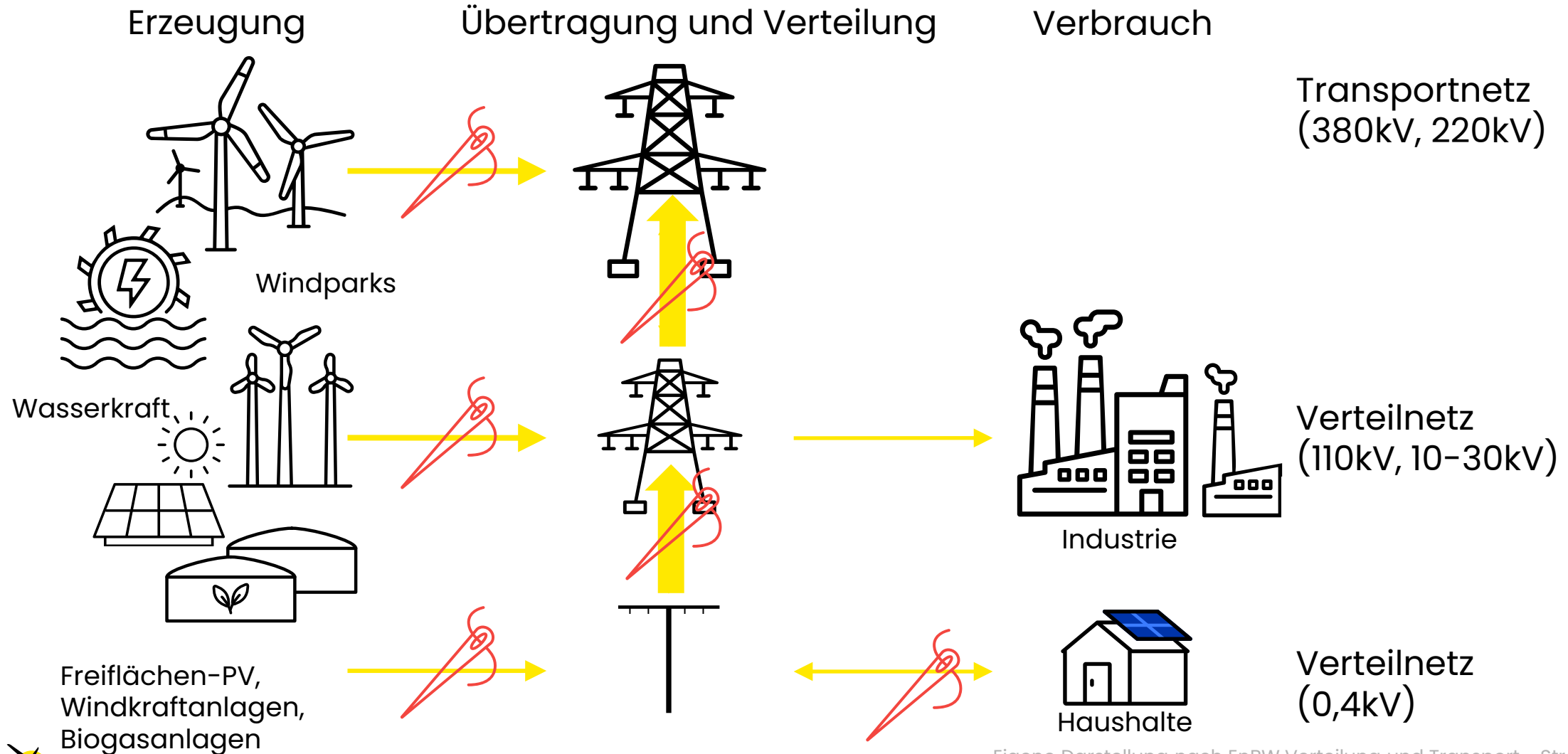


Energiewende: Elektrifizierung

- **Erneuerbare Energien gut zur Bereitstellung von Strom geeignet (Wind, PV, Wasser)**
- **Möglich u.A. durch Fortschritte in der Leistungselektronik und Halbleitertechnik**
 - Umrichter (z.B. Wechselrichter für PV-Anlagen)
 - Regelung (z.B. Regelung von Windenergieanlagen)
- **Dezentrale Einspeisung**
 - Neue Einspeisestandorte
 - Energieflüsse kehren sich um – auch in das Verteilnetz wird jetzt eingespeist
 - Fehlende Infrastruktur (Leitungen, Umspannwerke)



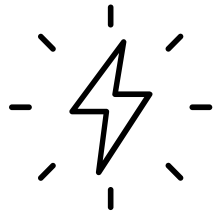
Stromnetz - zukünftig



Eigene Darstellung nach EnBW Verteilung und Transport - Stromnetz

Entstehung des Nadelöhrs

Energiewende: Sektorenkopplung



Stromsektor



Verkehrssektor

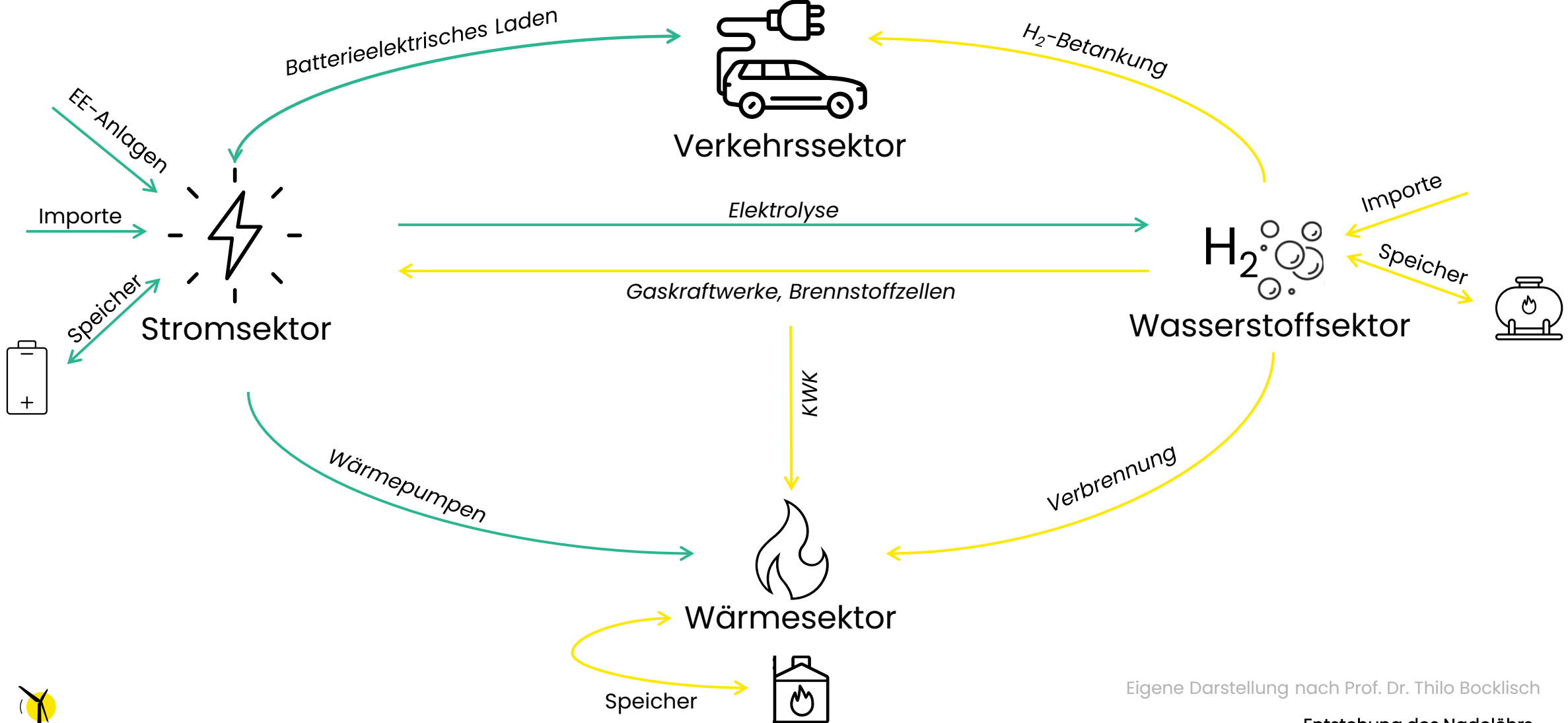


Gassektor



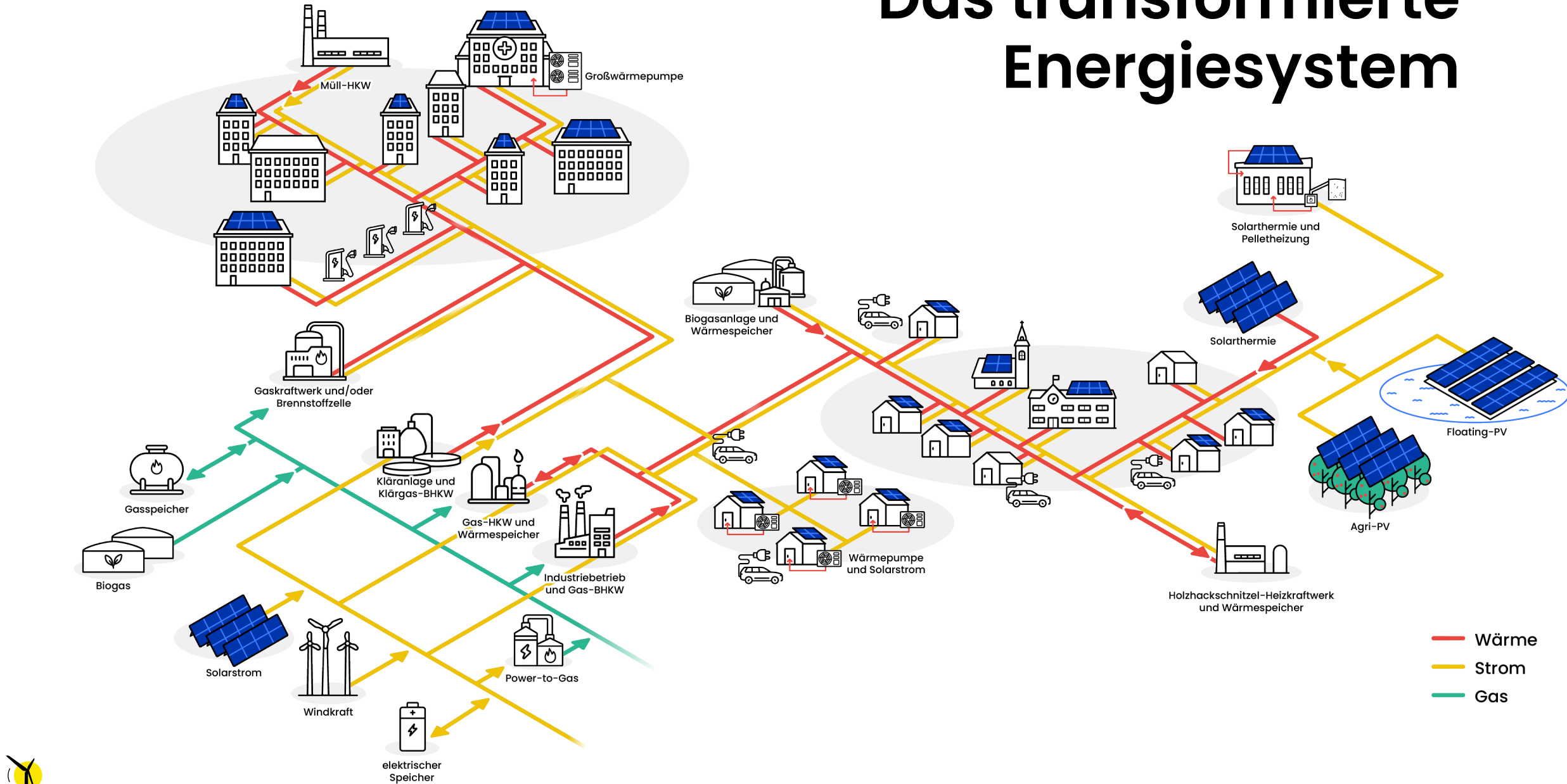
Wärmesektor

Energiewende: Sektorenkopplung



Eigene Darstellung nach Prof. Dr. Thilo Bocklisch

Das transformierte Energiesystem



Entstehung des Nadelohrs

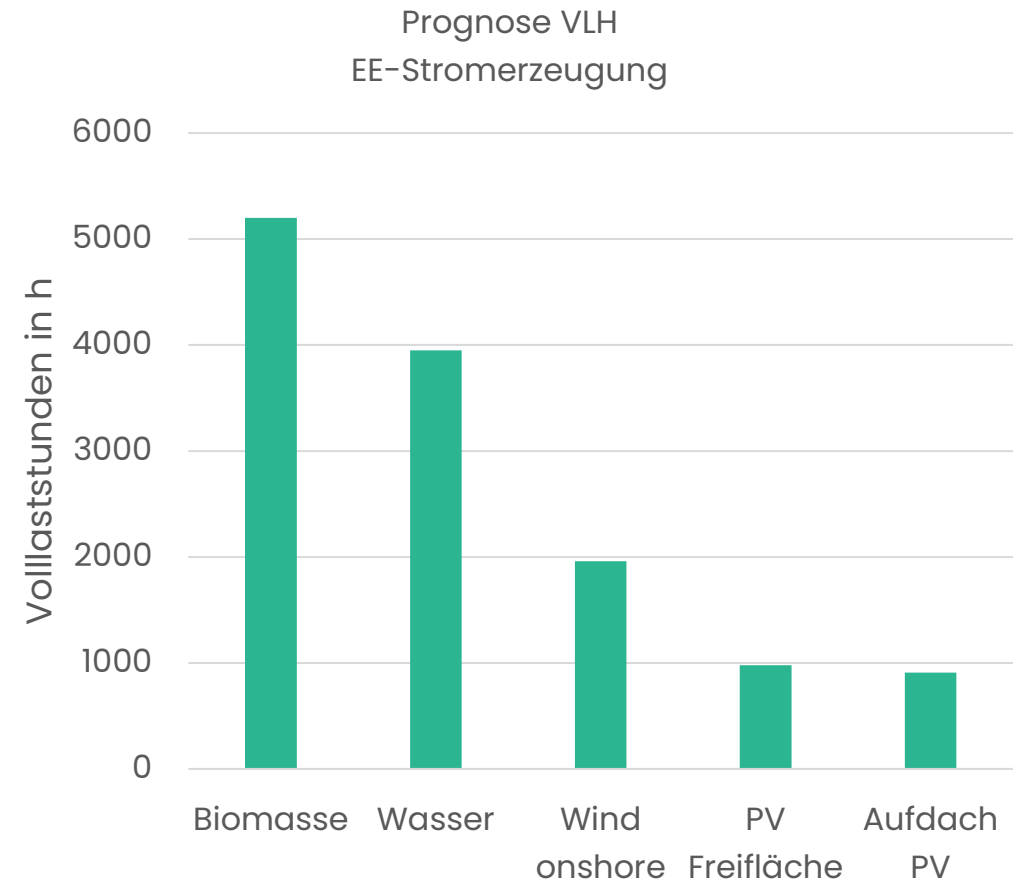
02

Herausforderungen



Volatile Energiebereitstellung durch Erneuerbare Energien

- **Geringere Vollaststundenzahl (VLH) als fossile Kraftwerke**
 - 1 Jahr: 8.760 h
- **Mehr installierte EE-Leistung notwendig, um den Energiebedarf zu decken**
 - Bilanzielle Rechnung:
 $\text{Installierte Leistung (W)} \times \text{VLH (h)} = \text{bereitgestellte Energie (Wh)}$



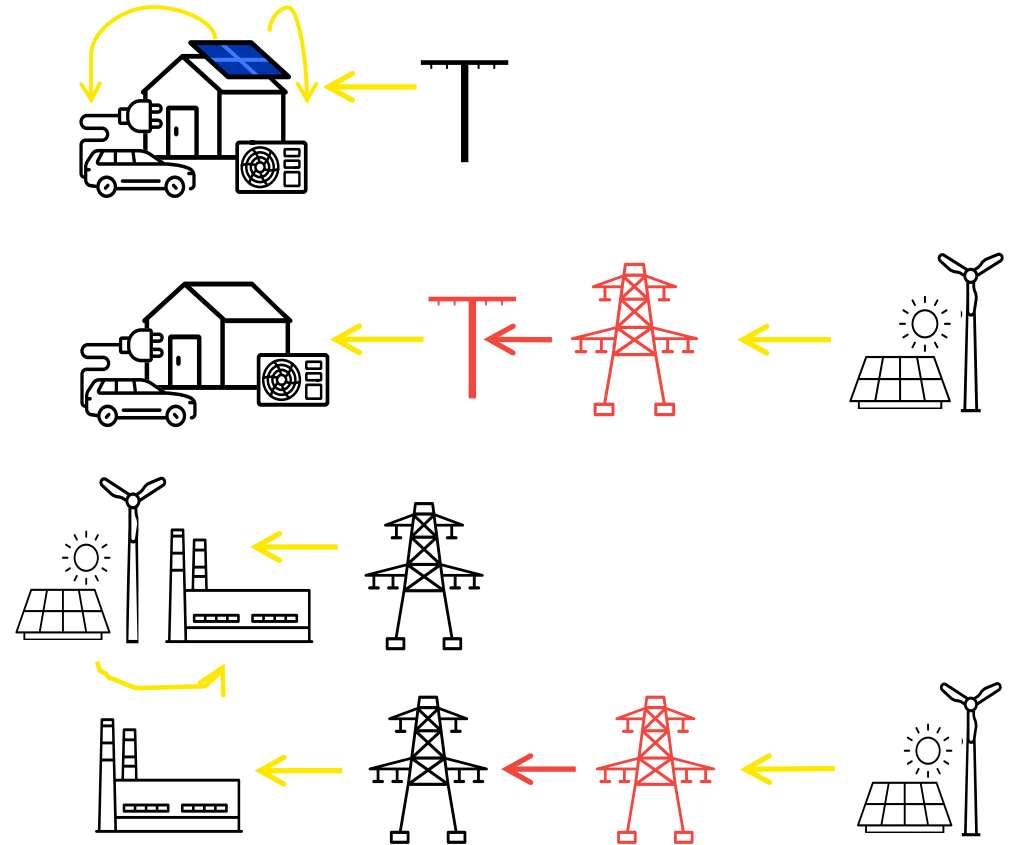
Quelle: Fraunhofer ISE, Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland (03.04.2024)



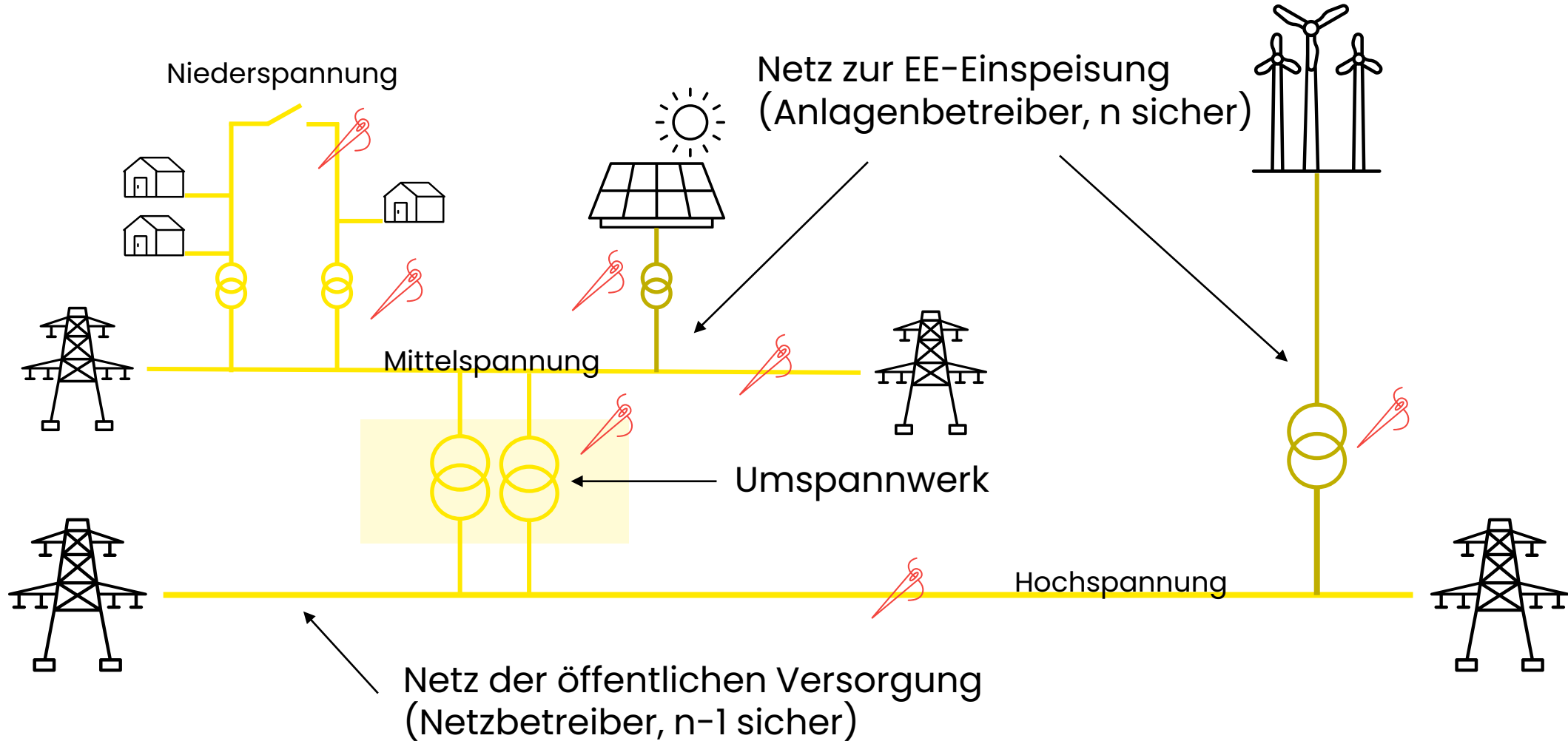
Räumliche und zeitliche Verschiebung von Erzeugung und Verbrauch

- **Das Verteilnetz als Kupferplatte**

- Regulatorischer Rahmen: Netzanschluss garantiert Abnahme der gemeldeten Leistung
- Unproblematisch, solange am Netzverknüpfungspunkt gilt: Erzeugungsleistung $\approx$ Verbrauchsleistung (Energiezelle, auch Sektorenübergreifend)
- Liegen Erzeugung und Verbrauch räumlich auseinander, steigt der Ausbaubedarf

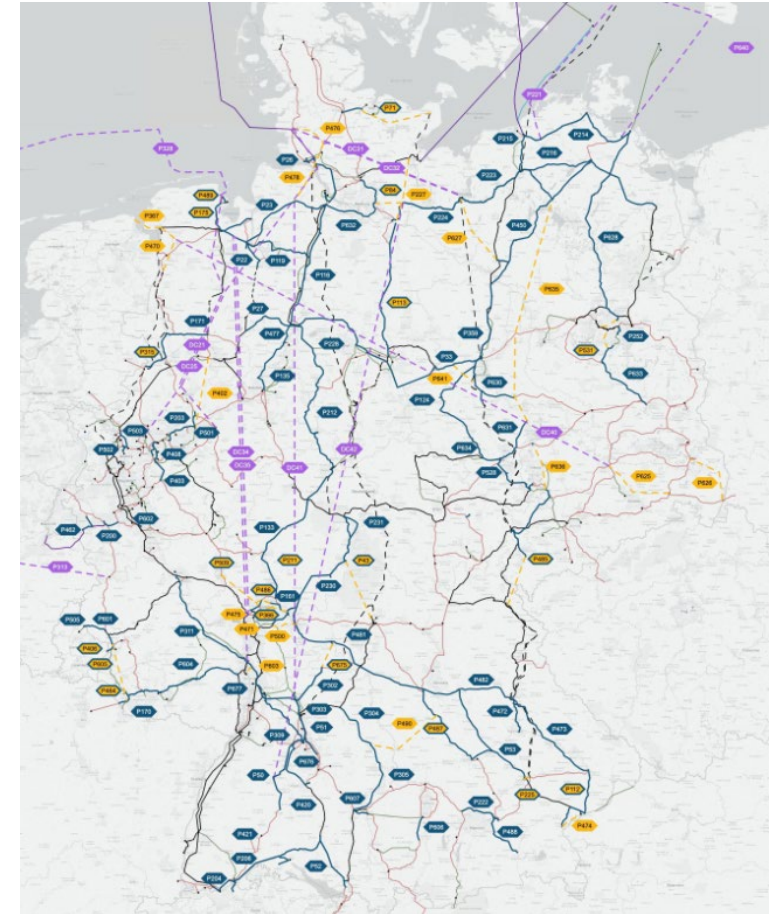


Netzanschluss von EE-Anlagen



Feststellen des Netzausbaubedarfs

- **Übertragungsnetz**
 - Netzentwicklungsplan der Übertragungsnetzbetreiber (NEP, §12b EnWG)
 - Orientierung an Prognosen und Szenarien
- **Verteilnetz**
 - Netzausbaupläne der Verteilnetzbetreiber (NAP, §14d EnWG)
 - Orientierung an Netzanschlussbegehren (§8 EEG) und am NEP
 - Einsehbar auf VNBdigital
- **Beim Netzausbau gilt das NOVA-Prinzip**
 - Netzoptimierung vor Verstärkung vor Ausbau



Quelle: NEP 2037/2045 2. Entwurf



Wahl der Spannungsebene

Warum kann nicht in eine beliebige Spannungsebene eingespeist werden?

- **Verluste bei der Übertragung**

- Höhere Spannungen für größere Distanzen
- Unterschiedliche Betriebsmittel für verschiedene Spannungen
- Unterschiedliche Übertragungskapazität der Betriebsmittel

Hinweis: Angabe Scheinleistung, nicht Wirkleistung

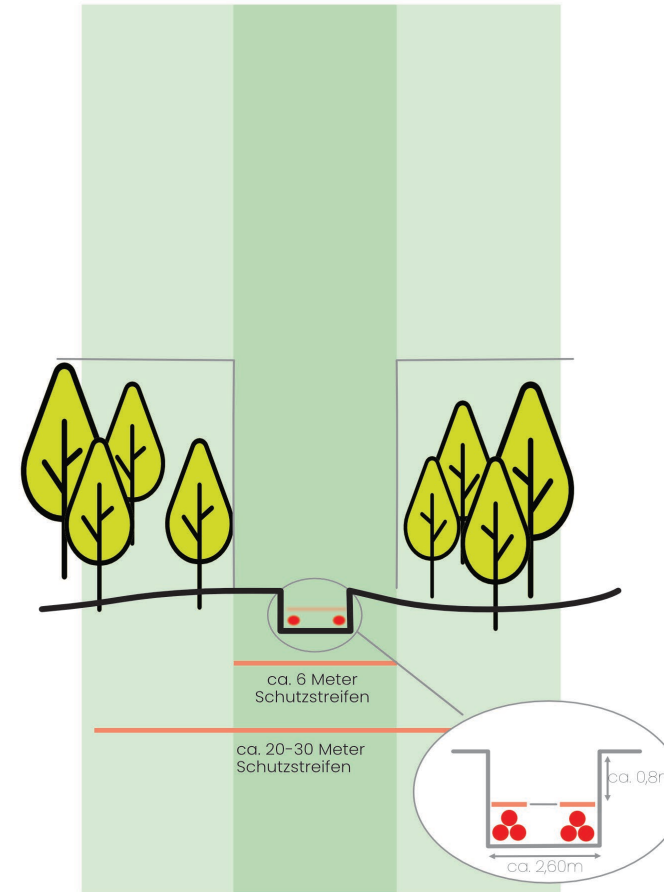
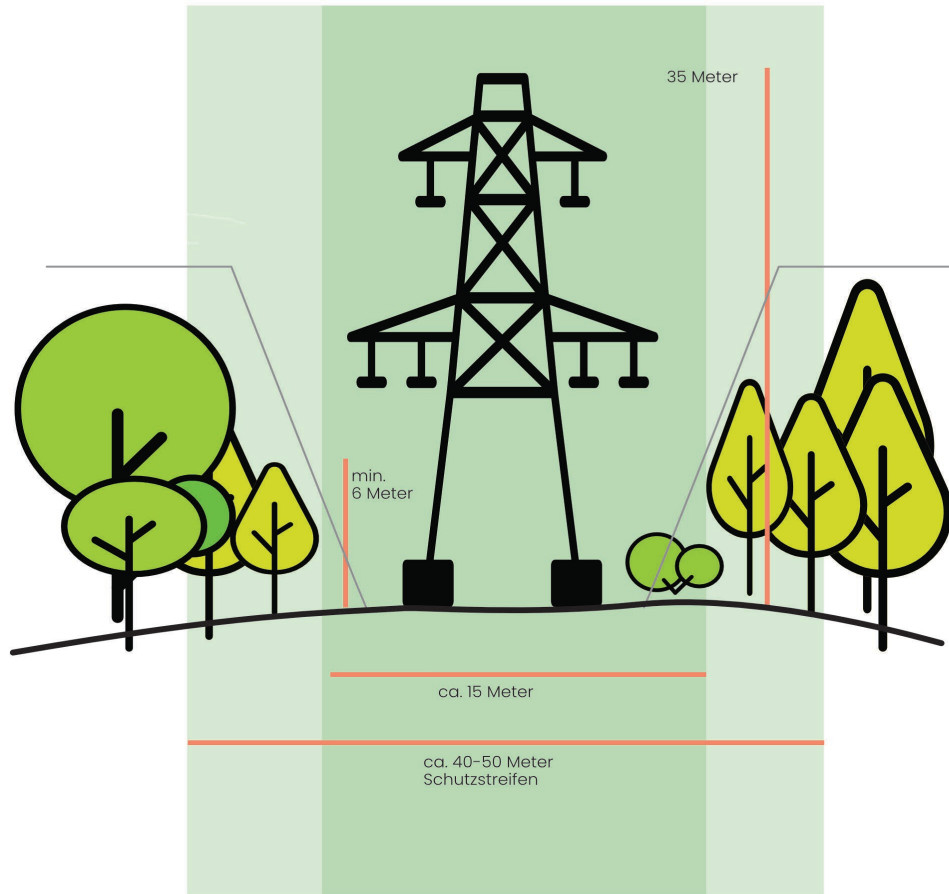
Netzebene	Übertragungsfähigkeit von typischen Betriebsmitteln
Niederspannung	170 kVA
Umspannung MS/NS	400 kVA
Mittelspannung 10kV	6.200 kVA
Mittelspannung 20kV	11.000 kVA
Mittelspannung 30kV	22.000 kVA
Umspannung HS/MS	40.000 kVA
Hochspannung 110 kV	130.000 kVA

Quelle: VDE | FNN Hinweispapier Ermittlung Netzanschlusspunkt für Anlagen nach EEG/KWKG



Netzausbau

Freileitung vs. Erdkabel



Eigene Darstellung nach NetzeBW Veröffentlichung Drüber oder drunter?
– Freileitung und Erdkabel im Vergleich

Netzausbau

Freileitung vs. Erdkabel



Erdkabel

- Weniger Störeinflüsse von außen (z.B. Wetter)
- Schlechte Kühlung
- Aufwendige Wartung
- z.T. neue Betriebskonzepte notwendig
- >220kV: Kabelübergangsanlage

Freileitung

- Mehr Störeinflüsse von außen
- Gute Kühlung durch Umgebungsluft
- Geringer Wartungsaufwand



Quelle: TenneT, Drehstrom-Erdkabel – Chancen und Herausforderungen bei 380-kV-Erdkabeln im Drehstromnetz

Netzausbau

Freileitung vs. Erdkabel



Gesetzeslage

- **Allgemein zu berücksichtigen:**
 - Nähe zu Wohngebäuden
 - Bundesnaturschutzgesetz
 - Querung großer Wasserstraßen
 - Bestandstrassen
- **EnWG §43h – Ausbau Hochspannung**
 - Für 110kV oder weniger:
 - Gesamtkosten Erdkabel < Gesamtkosten Freileitung * 2,75
 - Antrag auf Freileitung möglich

- **EnLAG §2 – Hochspannung 110kV**

- Möglichkeit zur Errichtung als Erdkabel für Pilotprojekte

Bundesbedarfsplan

- **BBPlG §3 – Höchstspannung Gleichstrom**
 - Festlegung von Vorhaben als Erdkabel
- **BBPlG §4 – Höchstspannung Drehstrom**
 - Möglichkeit zur Errichtung als Erdkabel für Pilotprojekte



Netzausbau

Freileitung vs. Erdkabel



Kosten für Erdkabel gegenüber Freileitung

Achtung! Nicht Äpfel mit Birnen vergleichen!

- Höchstspannung Gleichstrom Neubau:
Faktor 10 (Energia Plus)
Faktor 3 (Netzentwicklungsplan)
- Höchstspannung Drehstrom Neubau:
Faktor 4-16 pro Kilometer Investition
(50Hertz)
Faktor 5 (Netzentwicklungsplan 2019)
- 110kV Drehstrom
 - Faktor 3-6
 - Kostentreiber:
Material- und Tiefbaukosten
Trassenweg
Trenntransformator
Lebensdauer (Faktor 2)

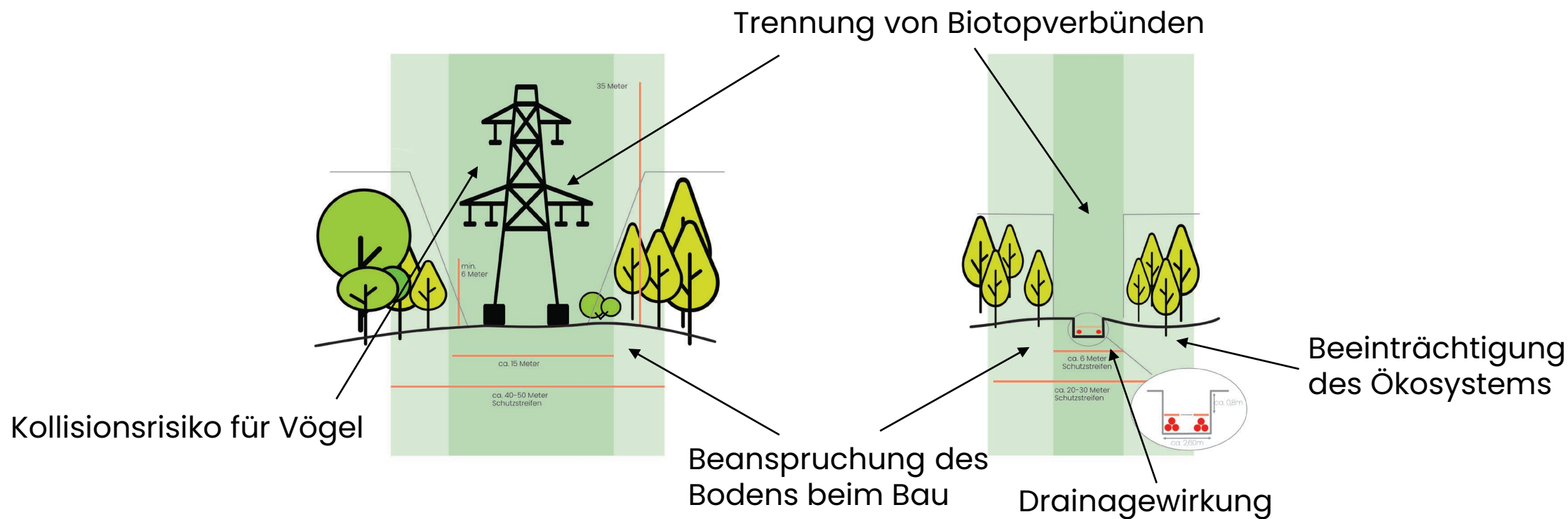
Quelle: Ernst & Young, Investitions- und Kostenvergleich – 110kV Erdkabel und Freileitung im ländlichen Raum (2018);
NetzeBW, Pressemitteilung Erdkabel versus Freileitung (2016), Veröffentlichung Drüber oder drunter?



Netzausbau Freileitung vs. Erdkabel



Naturschutz – Einflüsse auf den Raumwiderstand

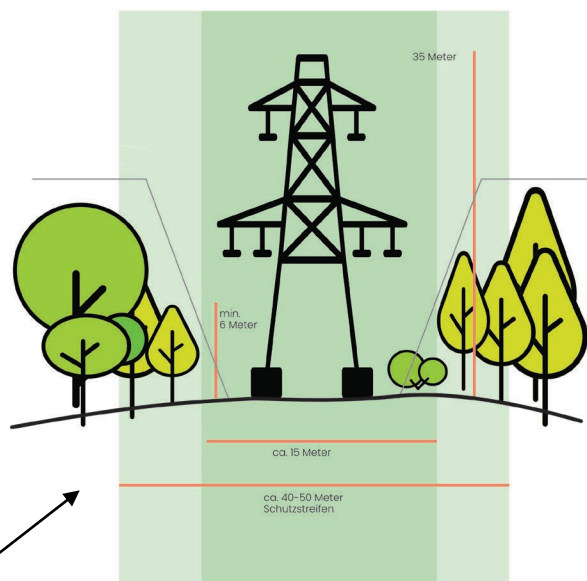


Quelle: Dialogforum Erneuerbare Energien und Naturschutz,
Verteilnetzausbau – Konflikte und Lösungsansätze aus Naturschutzsicht

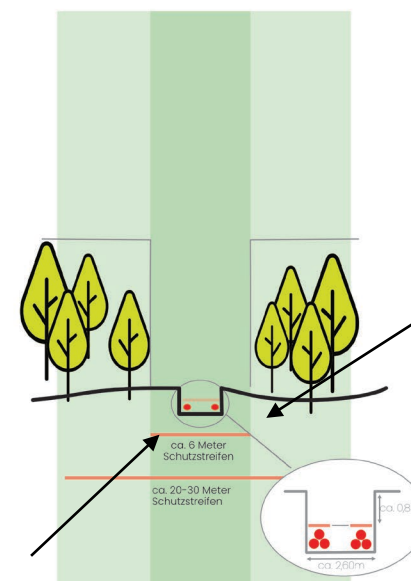


Netzausbau Freileitung vs. Erdkabel

 Landwirtschaft



Höhere finanzielle Entschädigung



Keine tief wurzelnden
Pflanzen bis 1,5m Tiefe

Hohe Beanspruchung
des Bodens beim Bau

Quelle: Ernst & Young, Investitions- und Kostenvergleich – 110kV Erdkabel und Freileitung im ländlichen Raum (2018);
Pressemitteilung der NetzeBW Erdkabel versus Freileitung (2016), Drüber oder drunter?

Netzanschluss von EE-Anlagen

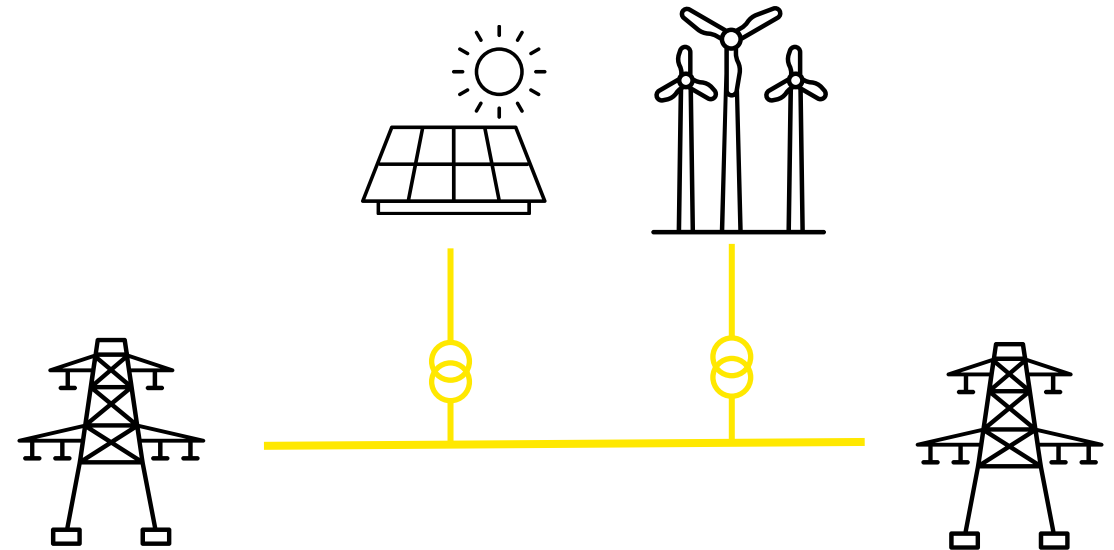
- **Einzelbetrachtung von Netzanschlussbegehren**

- §8 EEG: unverzüglicher und vorrangiger Anschluss an nächste wirtschaftliche Stelle im Netz

- **Keine Bündelung von EE-Anlagen durch den Netzbetreiber**

- **Geringe Überbauung von Netzverknüpfungspunkten**

- Gleichzeitigkeit von Wind und PV gering
- Einspeisung in gleiche Infrastruktur erhöht Ausnutzungsgrad



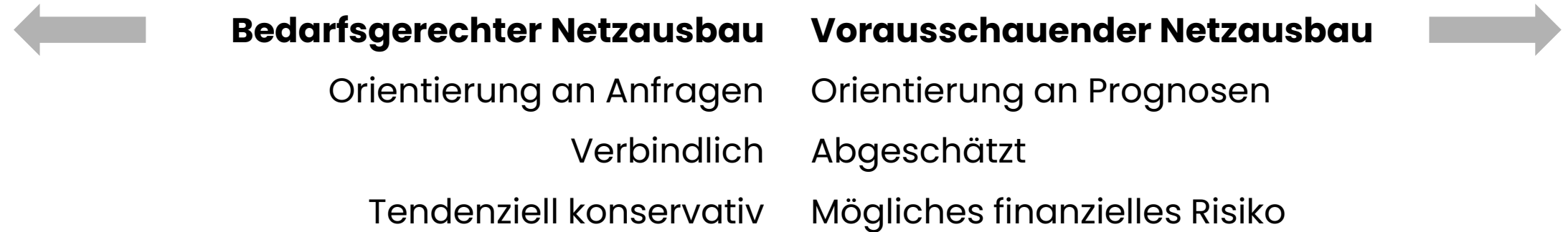
Quelle: Bundesverband Erneuerbare Energien, Netzverknüpfungspunkte-Studie – Gemeinsame Nutzung von Netzverknüpfungspunkten durch Erneuerbare Energien, Speicher und Anlagen zur Sektorenkopplung



Henne-Ei-Problem: Netzanschlussbegehren EE-Einspeisung

Kostenstruktur:

- Refinanzierung von Investitionen in den Netzausbau über Netzentgelte
- Kosten werden von der Regulierungsbehörde anerkannt



Herausforderungen



Zeitaufwand für Netzausbau

- Netzausbau erst nach Annahme des Netzanschlusspunktes (Verbindlichkeit)
- Genehmigungsverfahren
- Bauplanverfahren
- Beschaffung von Betriebsmitteln
z.B. Transformatoren mit Lieferzeiten bis zu drei Jahren
- Netzausbau zwischen einigen Monaten und mehrere Jahre



Kosten

- Finanzierung von Netzausbauvorhaben
- Deutlich steigendes Investitionsvolumen
- Transformation des Energiesystems, aber keine Veränderung der Finanzierungsstruktur



Herausforderungen



Flächenverfügbarkeit

- Alle Projekte – nicht nur die Energiewende – brauchen Flächen
- Ortsnetzstationen, Umspannwerke, Leitungstrassen auf allen Spannungsebenen
- Fläche Kompaktstation Ortsnetz $\approx$ 1 Autoparkplatz



Zusammendenken aller Sektoren

- Planung der Wärme- und Stromversorgung
- Keine unerwünschten Lock-in Effekte produzieren
- Beseitigen von Unsicherheit



03

Chancen





05

Fragen



**Unsere nächsten Termine:
immer dienstags
von 10:45 bis 11:45 Uhr**

- **Di., 4. Juni 2024
Chancen und Umsetzung der Photovoltaik-
Pflicht in Baden-Württemberg**

weitere Termine und Anmeldung siehe:

www.kea-bw.de/veranstaltungen



Linksammlung

Aufbau Stromnetz

<https://www.enbw.com/energie-entdecken/verteilung-und-transport/stromnetz/>

<https://www.bdew.de/media/documents/Profile.zip>

Statistiken Stromerzeugung

<https://www.statistik-bw.de/Energie/ErzeugVerwend/EN-BS-LR.jsp>

<https://www.statistik-bw.de/Energie/Energiebilanz/LRt1002.jsp>

<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf> (03.04.2024)



Linksammlung

Netzentwicklungsplan

https://www.netzentwicklungsplan.de/sites/default/files/2023-07/NEP_2037_2045_V2023_2_Entwurf_Teill_1.pdf

Weitere Informationen: <https://www.netzentwicklungsplan.de/nep-aktuell/netzentwicklungsplan-20372045-2023>

Netzanschluss

https://www.bee-ev.de/fileadmin/Redaktion/Dokumente/Meldungen/Studien/2024/20240310_BEE_Studie_NVP.pdf

<https://www.vde.com/resource/blob/2243824/d6839169827fe6e93527a9a7188bfc14/fnn-hinweis-ermittlung-netzanschlusspunkte-fuer-anlangen-nach-eeg-kwkg-data.pdf>



Linksammlung

Erdkabel vs. Freileitung

https://www.netzausbau.de/SharedDocs/Downloads/DE/Infomaterial/BroschuereFreileitung.n.pdf?__blob=publicationFile

https://www.netzausbau.de/SharedDocs/Downloads/DE/Infomaterial/BroschuereErdkabel.pdf?__blob=publicationFile

https://assets.ctfassets.net/xytfblvrn7of/6FWpmXXnRRp4Xl1q1ysxH6/31258fca5820c84ac29c2d9be6945152/Freileitung_und_Erdkabel_im_Vergleich.pdf

https://www.land-oberoesterreich.gv.at/Mediendateien/Formulare/Dokumente%20UWD%20Abt_US/4_RK_2018128_Praesentation%20Ooe%20Ergebnisse.pdf



Linksammlung

Erdkabel vs. Freileitung

https://netztransparenz.tennet.eu/fileadmin/user_upload/Company/Publications/AC-Cable/Brosch%C3%BCre_Drehstrom.pdf

https://www.dialogforum-energie-natur.de/wp-content/uploads/2019/01/webversion_nabu_bund_verteilnetzaufbau_und_infografik_1802_rz_final_einzelseiten.pdf

Erdkabel vs. Freileitung – Kosten

<https://energeiaplus.com/2020/06/17/freileitung-oder-erdverkabelung-nicht-nur-eine-kostenfrage/>

<https://www.50hertz.com/Portals/1/Dokumente/Netz/Freileitung%20und%20Kabel/Brosch%C3%BCre%20Freileitung%20oder%20Erdkabel.pdf>

https://www.netzentwicklungsplan.de/sites/default/files/paragraphs-files/NEP_2030_2019_2_Entwurf_Kostenschaetzungen.pdf



Henne-Ei-Problem: Netzanschlussbegehren EE-Einspeisung

1. Flächensicherung
2. Netzanschlussbegehren beim Netzbetreiber
3. Bis zu acht Wochen Bearbeitung
4. Antwort des Netzbetreibers
5. Reservierung der Netzkapazität (i.d.R. 6 Monate)
6. Erbringen von Ernsthaftigkeitsnachweisen

Inhalt des Netzanschlussbegehren

- Lageplan
- Antragsformular des Netzbetreibers
- Datenblatt (z.B. Typ der Anlage)
- Einheitenzertifikat
- Netzverträglichkeitsprüfung

Inhalt der Antwort des Netzbetreibers

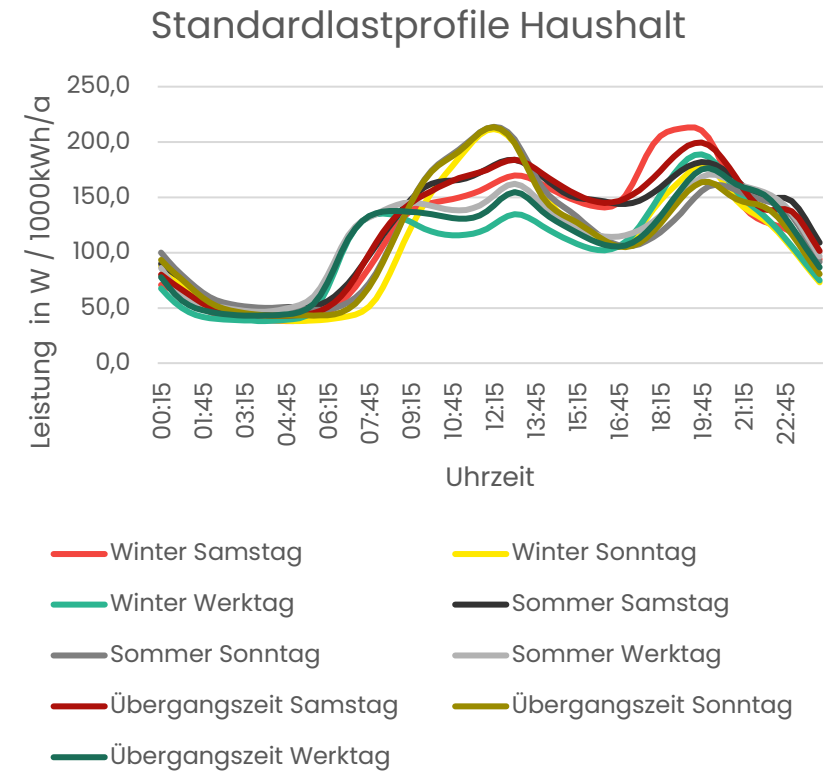
- Netzanschlusspunkt (Koordinaten)
- Ausgestaltung Netzanschluss
- Zeitplanung
- Kostenvoranschlag

Quelle: VDE | FNN Hinweispapier Ermittlung Netzanschlusspunkt für Anlagen nach EEG/KWKG
Diese Folie ist nicht rechtlich bindend



Historische Energieversorgung

- **Energiebereitstellung in Großkraftwerken**
- **Unidirektionale Energieversorgung - Strom**
 - Übertragung: 220kV und 380kV (Hochspannung (HS))
 - Verteilung: 110kV (HS), 10-30kV (Mittelspannung (MS)), 0,4kV (Niederspannung (NS))
- **Gut prognostizierbar**
 - planbare Industrie
 - Standardlastprofile für Gewerbe und Haushalte



Quelle: BDEW-Datensatz representative Lastprofile



04

Unterstützung durch Erneuerbare BW

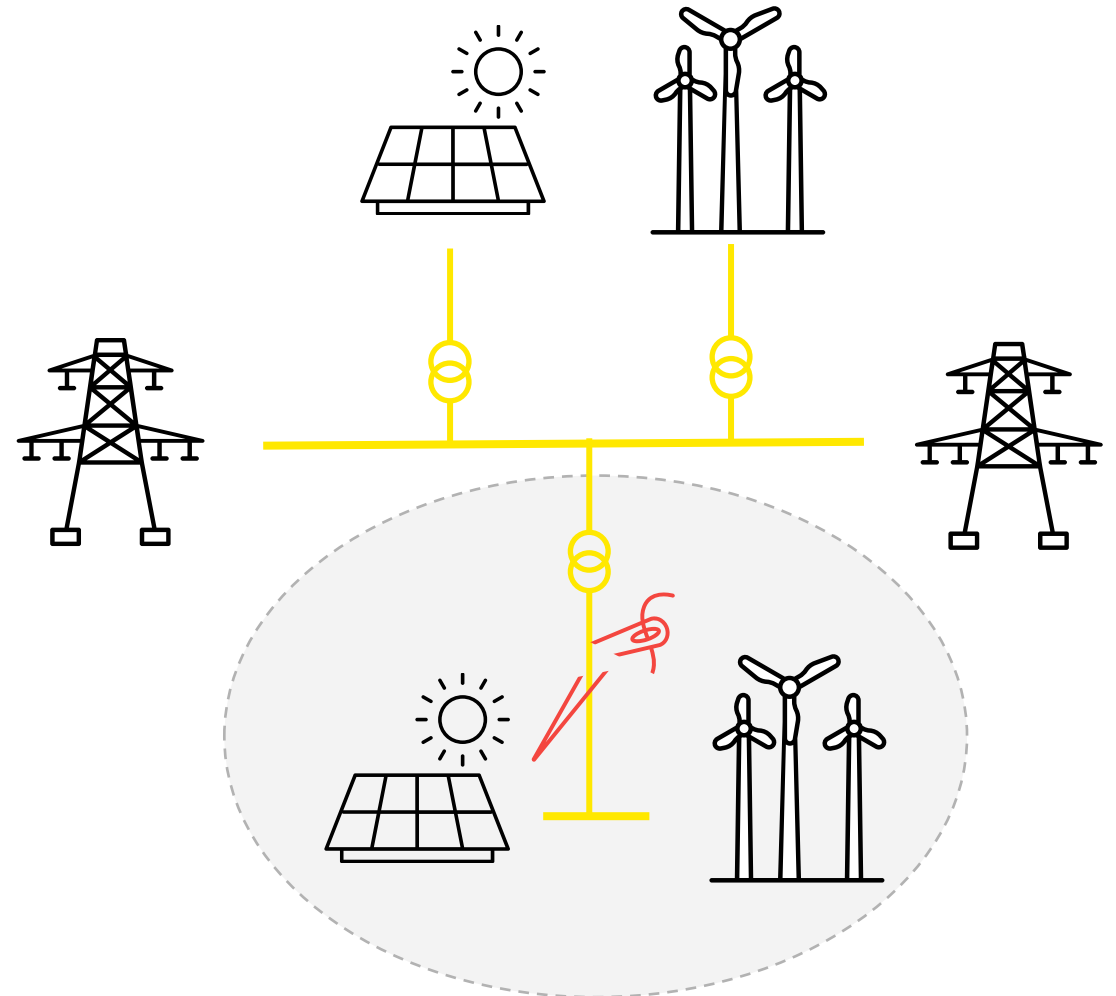


Netzanschlussgemeinschaften



Bündelung von EE-Anlagen

- Koordination von Projekten in einer Region
- Vertragspartner an einen Tisch bringen
- Rechtliche Hilfe vermitteln
- Ermöglicht gemeinsame Einspeisung der einzelnen Projekte



Beraten und Konflikte auflösen



Informationsfluss zwischen Projektieren und Netzbetreibern erhöhen

- Mehr Transparenz ermöglichen
- Konsensfindung beschleunigen



Bereitstellen von Informationen zu den Themen
Netzanschluss und Stromnetzausbau

- Schulungen zu diversen Themen der Energiewende
- Verständnis für die Herausforderungen erzeugen
- Auf Chancen der Energiewende hinweisen



Sektorenkopplung

Gemeinsamen Infrastrukturbau fördern

- Verschneiden von Wärme- und Strombedarfsplanung (+ Breitbandausbau)
- Nutzen von Synergieeffekten der Energieversorgung
- Reduktion der Anzahl an Baumaßnahmen
- Reduktion der Kosten
- Entlastung der Netze



Naturschutz – frühe & förmliche Öffentlichkeitsbeteiligung

Infrastrukturbau ist immer ein Eingriff in die Natur

- **Einbezug der lokalen Naturschutzverbände**

- Orts- und Artenkenntnis



- **Biotopverbunde**

- Zerschneidung von Lebensräumen kann in der Planung vermindert oder vermieden werden

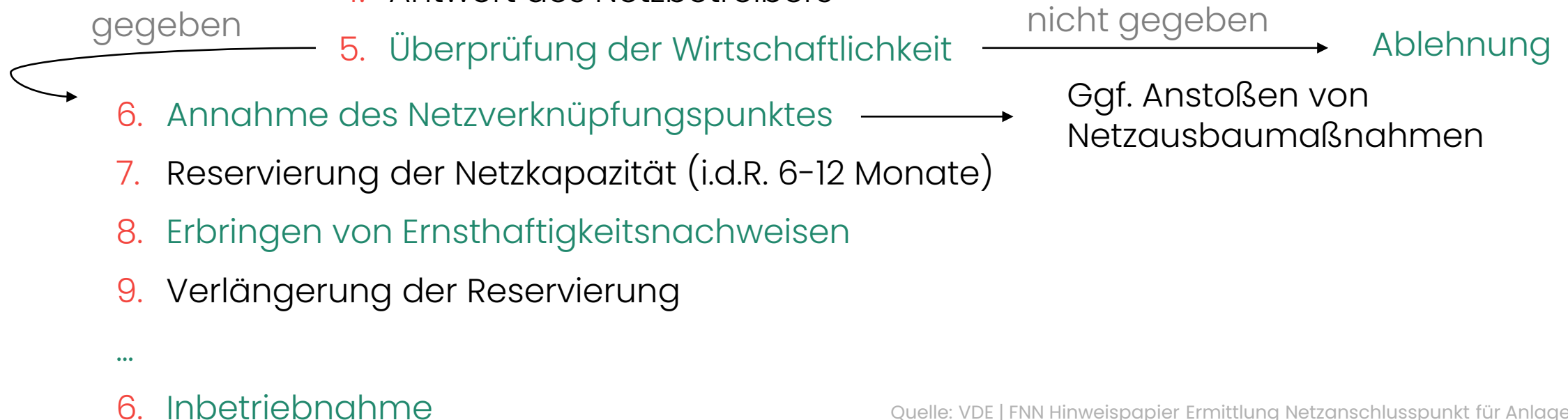
- **Ökologisches Trassenmanagement**

- Nutzen von Schutzstreifen unter Freileitungen oder über Erdkabeln



Henne-Ei-Problem: Netzanschlussbegehren EE-Einspeisung

1. Flächensicherung
2. Netzanschlussbegehren beim Netzbetreiber
3. Bis zu acht Wochen Bearbeitung
4. Antwort des Netzbetreibers



Quelle: VDE | FNN Hinweispapier Ermittlung Netzanschlusspunkt für Anlagen nach EEG/KWKG