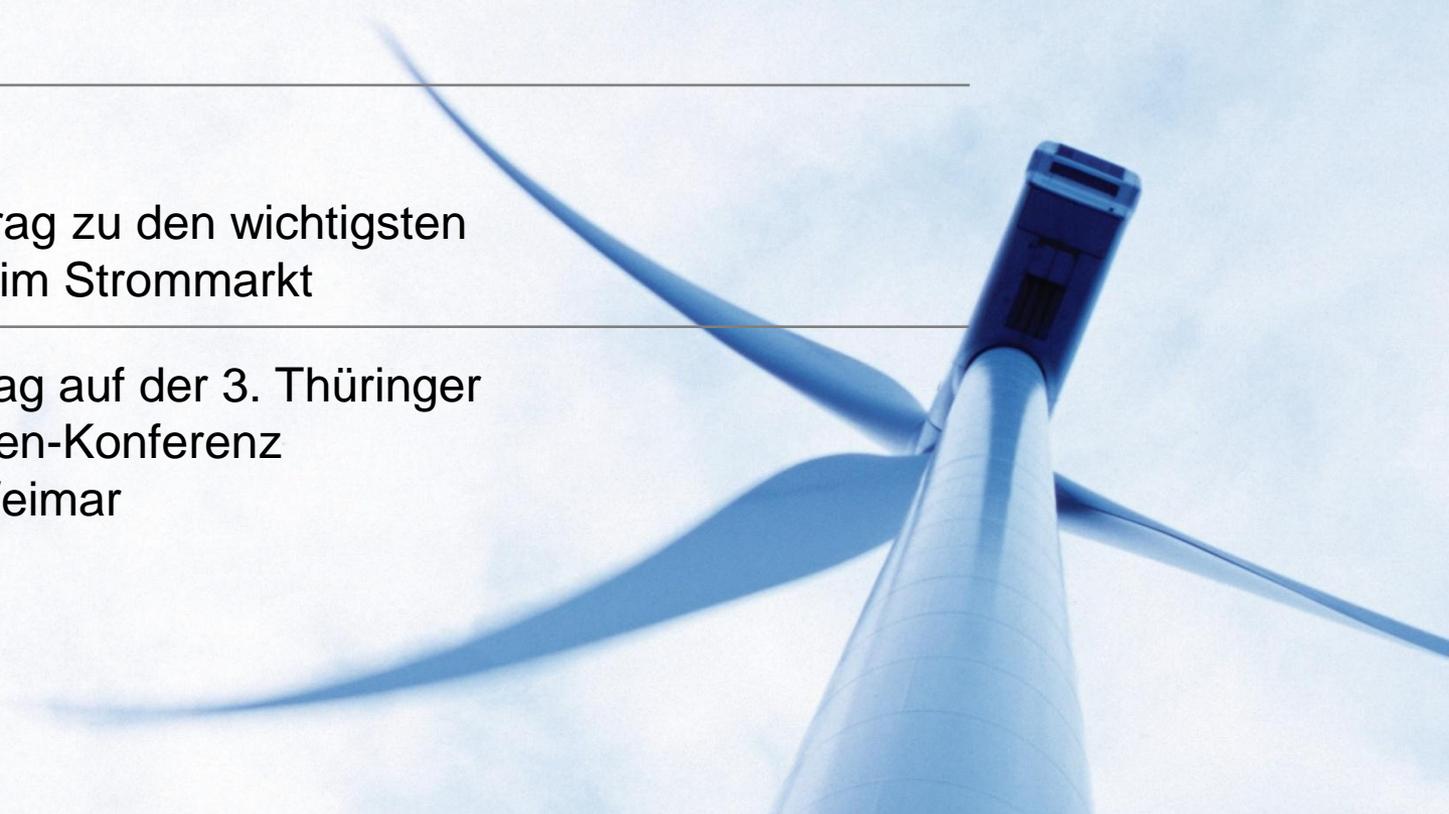




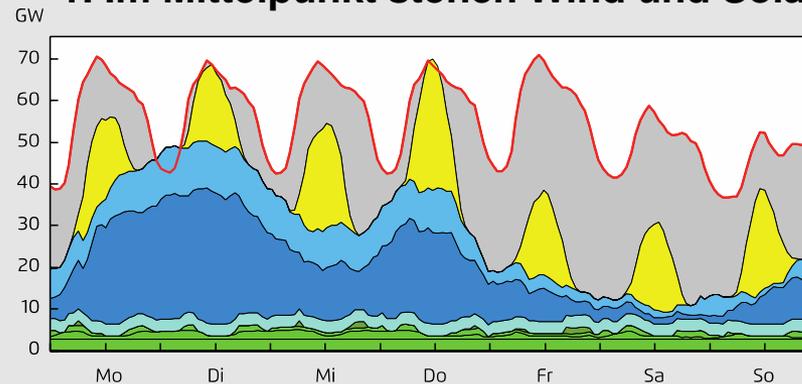
# 12 Thesen zur Energiewende

Ein Diskussionsbeitrag zu den wichtigsten  
Herausforderungen im Strommarkt

Rainer Baake, Vortrag auf der 3. Thüringer  
Erneuerbare-Energien-Konferenz  
am 25.02.2013 in Weimar



## 1. Im Mittelpunkt stehen Wind und Solar



Wind und PV sind die günstigsten Erneuerbaren Energien

Das Potenzial anderer Erneuerbarer Energien ist begrenzt

- > dargebotsabhängig
- > schnell fluktuierend
- > nur Kapitalkosten

Wie synchronisieren wir Nachfrage und Angebot?  
Wie minimieren wir die Kosten?  
Wie realisieren wir die Energiewende im europäischen Kontext?

### TECHNISCHES SYSTEM

2. »Grundlastkraftwerke« gibt es nicht mehr: Gas und Kohle arbeiten Teilzeit
3. Flexibilität gibt es reichlich – nur lohnt sie sich bislang nicht
4. Netze sind billiger als Speicher
5. Die Sicherung der Höchstlast ist kostengünstig
6. Die Integration des Wärmesektors ist sinnvoll

### MARKTDESIGN UND REGULIERUNG

7. Der heutige Strommarkt handelt Kilowattstunden – er garantiert keine Versorgungssicherheit
8. Am heutigen Grenzkostenmarkt können sich Wind und PV prinzipiell nicht refinanzieren
9. Ein neuer Energiewende-Markt ist erforderlich
10. Der Energiewende-Markt bindet die Nachfrage ein
11. Er muss im europäischen Kontext gedacht werden

12. Effizienz: Eine gesparte kWh ist die günstigste

### **Der erste Hauptsatz der Energiewende lautet: Im Mittelpunkt stehen Wind und Solar**

---

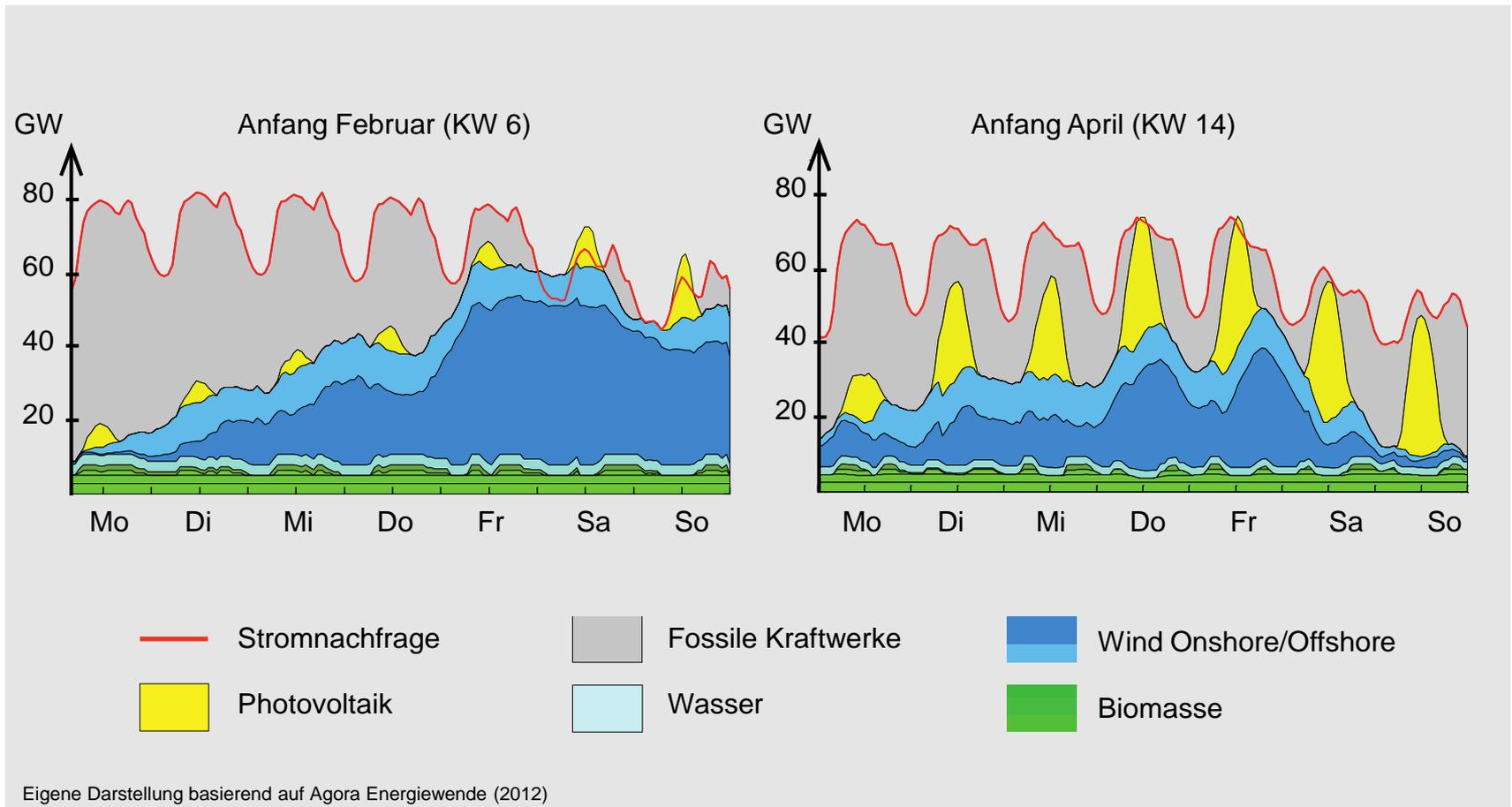
- > Der Technologie-Wettbewerb des Erneuerbare-Energien-Gesetzes kennt zwei Sieger: Windkraft und Photovoltaik; sie sind absehbar die kostengünstigsten Technologien und haben das größte Potenzial
  - > Alle anderen Technologien sind entweder deutlich teurer, bzw. haben nur begrenzte Ausbaupotenziale (Wasser, Biomasse/Biogas, Geothermie) und/oder sind noch im Forschungsstadium (Wellenenergie, Osmose, etc.)
  - > Wind und PV-Anlagen werden 2015 Vollkosten von 7-10 ct/kWh haben – ein System aus Wind, PV und Backup-Kapazitäten liegt damit in der gleichen Größenordnung wie neue Gas- und Kohlekraftwerke
- => Wind und PV sind die beiden wichtigsten Säulen der Energiewende!

### **Der erste Hauptsatz der Energiewende lautet: Im Mittelpunkt stehen Wind und Solar**

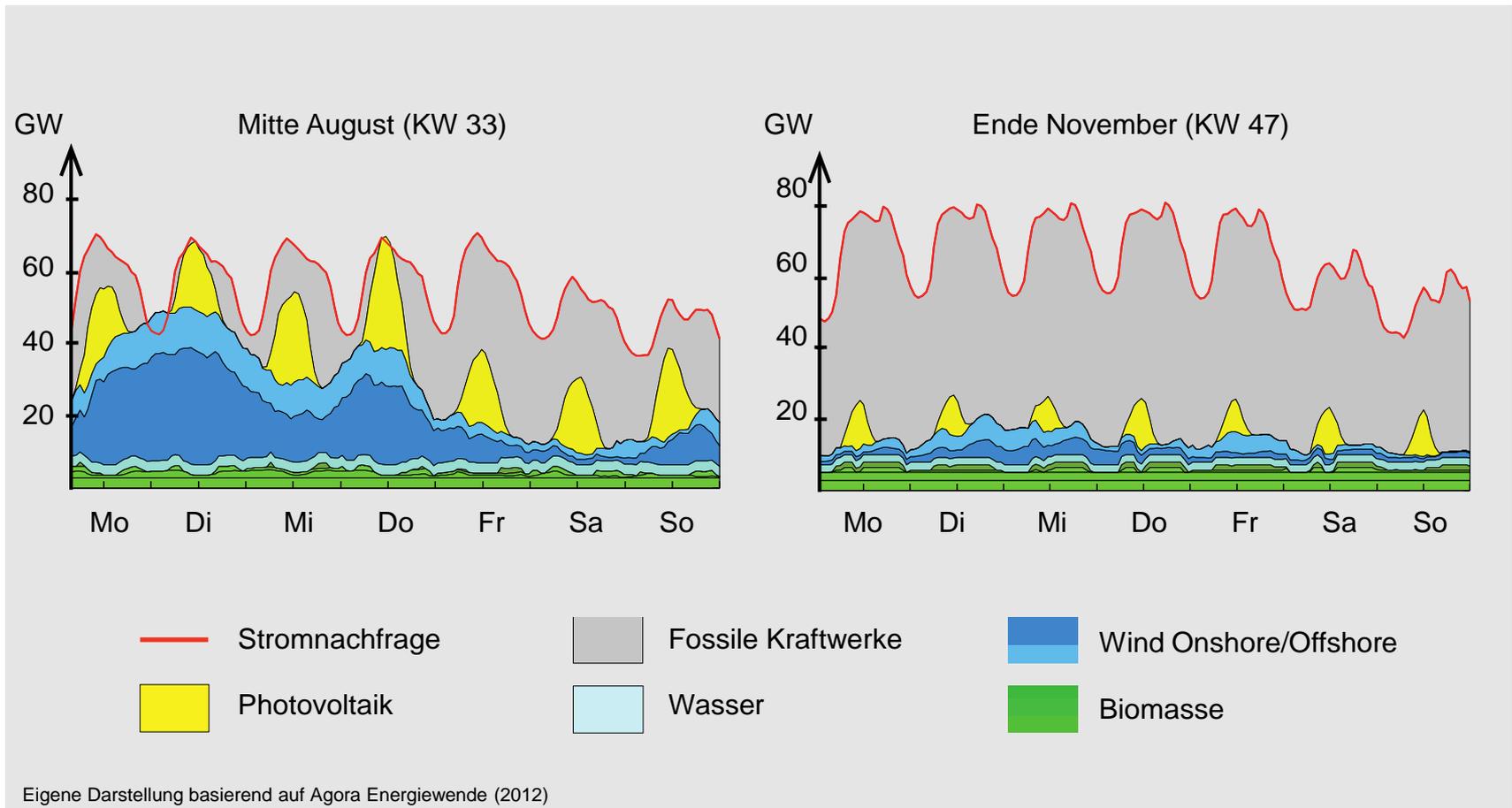
---

- > Wind und Solarenergie haben drei zentrale Eigenschaften:
  - Sie sind dargebotsabhängig, d.h. die Stromproduktion hängt vom Wetter ab
  - Sie haben hohe Kapitalkosten und (fast) keine Betriebskosten
  - Ihre Stromproduktion ist schnell fluktuierend
- > Diese Eigenschaften sind grundlegend anders als die von Kohle und Gas; sie verändern das Energiesystem und den Energiemarkt fundamental
- > Wind und PV sollten parallel ausgebaut werden, denn sie ergänzen sich gegenseitig: In der Regel weht der Wind dann, wenn die Sonne nicht scheint – und umgekehrt

## Darstellung der Stromnachfrage und Erzeugung aus Erneuerbaren Energien im Jahr 2022 (Teil 1)



## Darstellung der Stromnachfrage und Erzeugung aus Erneuerbaren Energien im Jahr 2022 (Teil 2)

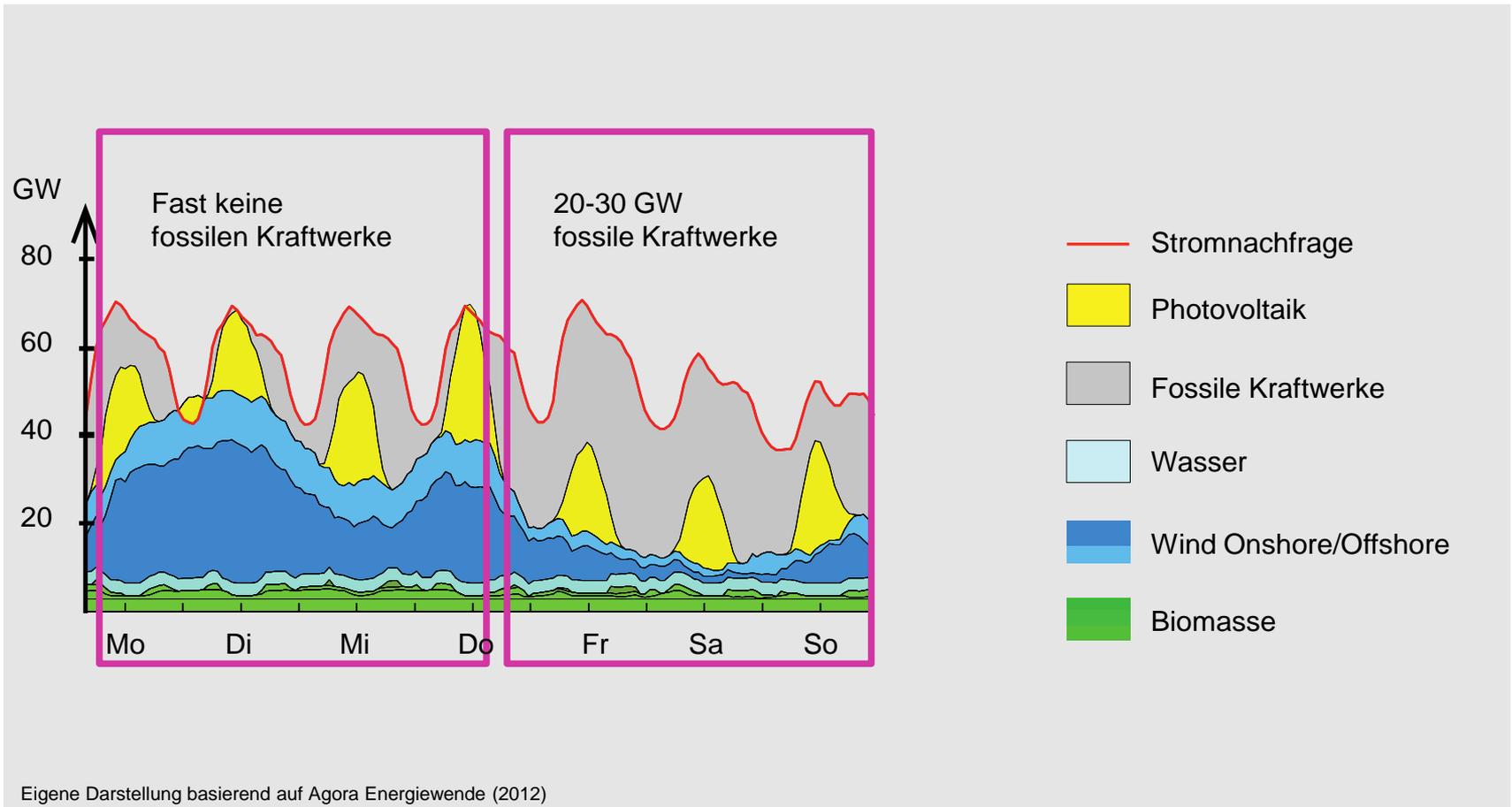


# „Grundlastkraftwerke“ gibt es nicht mehr: Gas und Kohle arbeiten Teilzeit

---

- > Wind und PV werden zur Basis der Stromversorgung; das restliche Stromsystem wird sich um diese herum optimieren
- > Die meisten Kraftwerke werden nur in Zeiten von wenig Sonne und Wind gebraucht, ihre Auslastung sinkt: „Grundlastkraftwerke“ gibt es nicht mehr
- > Schnelle Änderungen der Einspeisung sowie Prognoseunsicherheiten stellen neue Anforderungen an kurz- und langfristige Flexibilität
- > Kraft-Wärme-Kopplung und Biomasse müssen mittelfristig nach dem Strombedarf betrieben werden
- > Lastmanagement und Speicher tragen zur Synchronisation bei

## Darstellung des Bedarfs an fossilen Kraftwerken im Jahr 2022 (August)

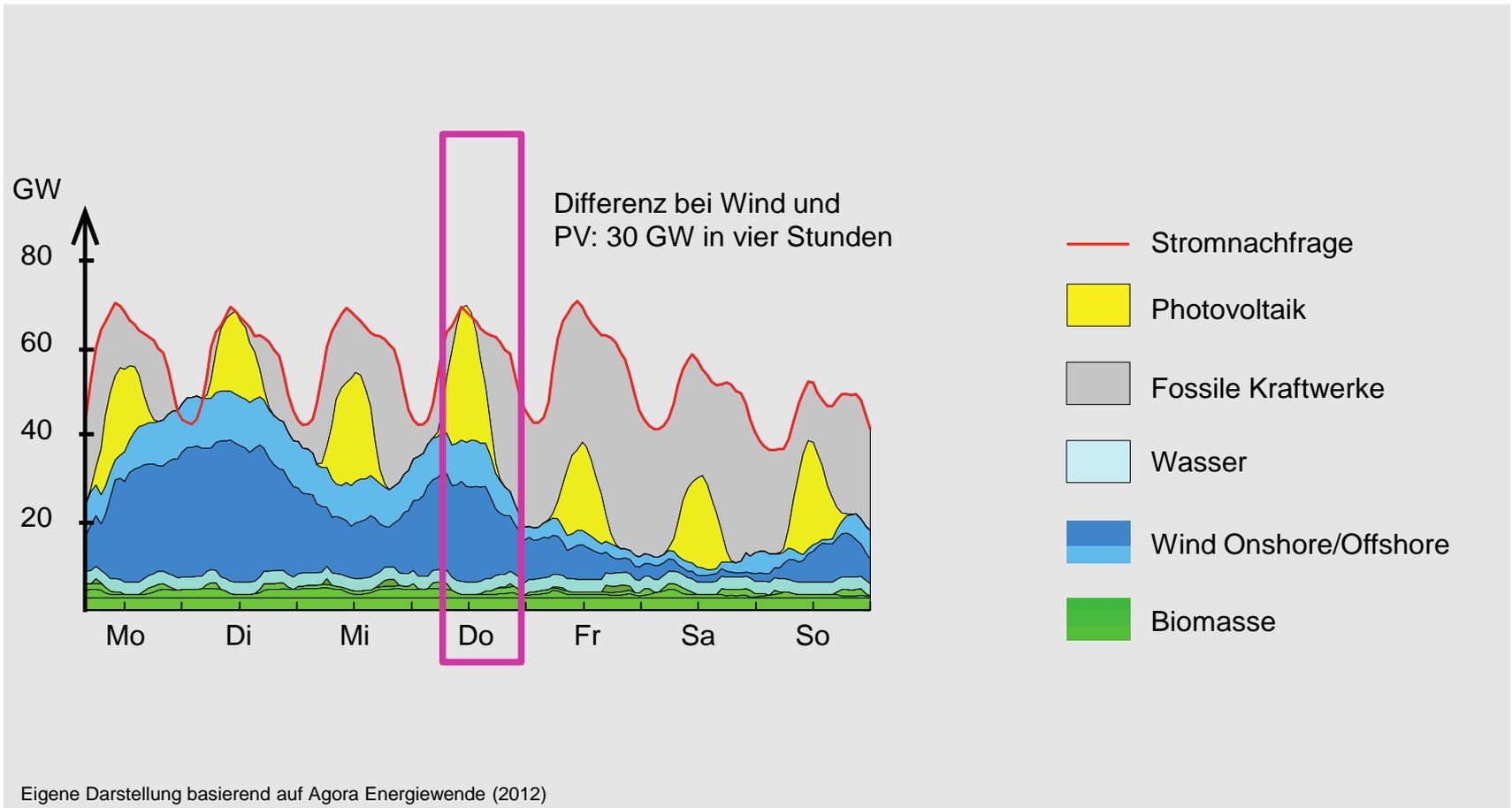


# Flexibilität gibt es reichlich – nur lohnt sie sich bislang nicht

---

- > Schwankungen in der Erzeugung (Wind und PV) erfordern zukünftig eine wesentlich höhere Flexibilität des Stromsystems
- > Technische Lösungen sind umfangreich vorhanden, z.B.
  - nach Strombedarf betriebene KWK- und Biomasseanlagen
  - Flexibilisierung fossiler Kraftwerke (Mindestleistung, Startzeiten)
  - Erzeugungsspitzen von Wind und PV vermeiden oder für Wärme nutzen
  - Lastverschiebung und abschaltbare Lasten in der Industrie
- > Die Herausforderung liegt nicht in der Technik oder ihrer Steuerung, sondern in den richtigen Anreizen
- > Kleinteilige Flexibilitätsoptionen auf Haushaltsebene über Smart Meter zu aktivieren ist derzeit zu teuer

## Darstellung der Flexibilitätsanforderungen im Jahr 2022 (August)

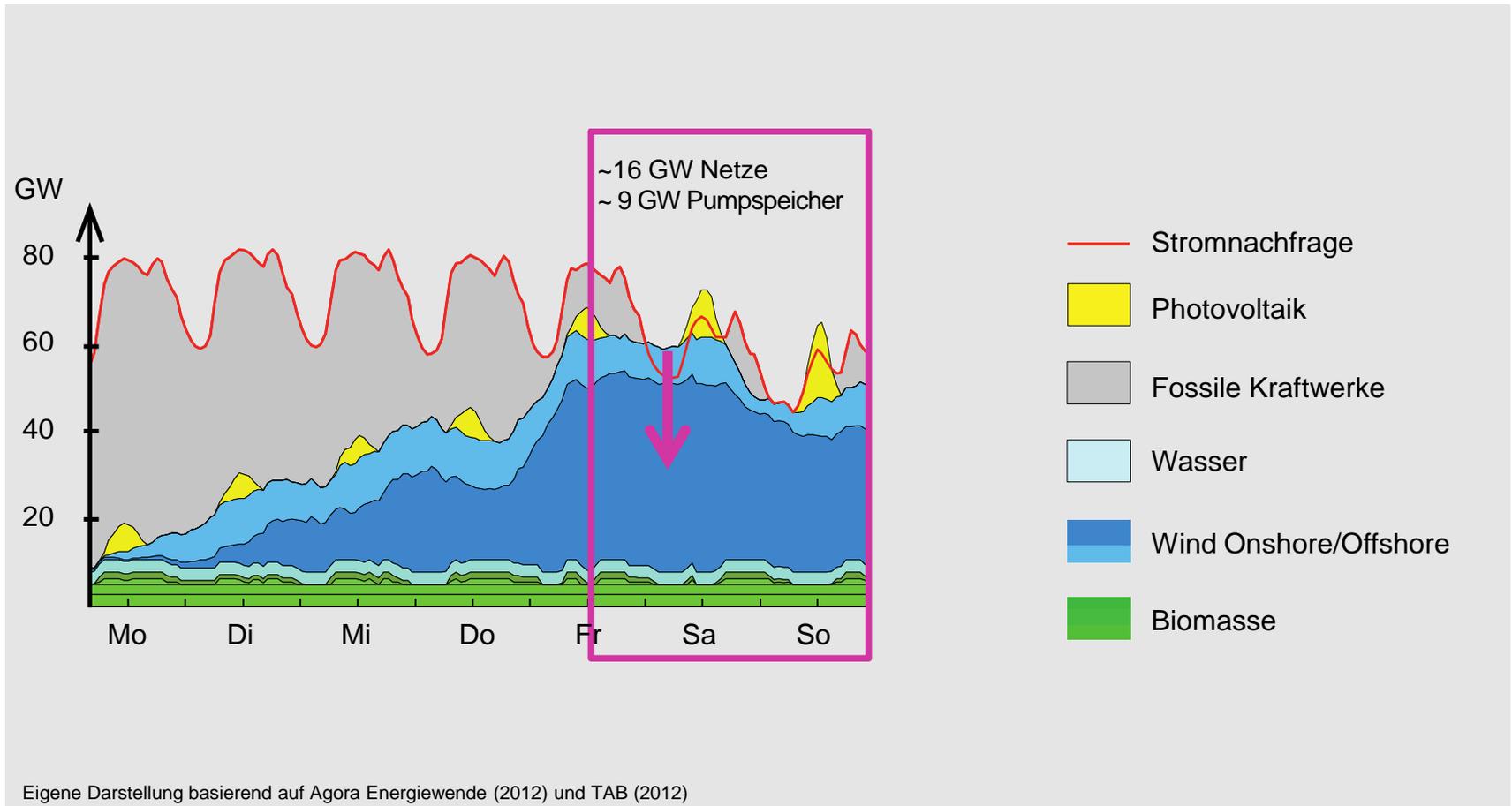


## Netze sind billiger als Speicher

---

- > Netze reduzieren Flexibilitätsbedarf: Schwankungen in Erzeugung (Wind und PV) und Nachfrage werden über große Distanzen ausgeglichen
- > Netze ermöglichen Zugriff auf die kostengünstigsten Flexibilitätsoptionen in Deutschland und Europa
- > Übertragungsnetze reduzieren dadurch die Gesamtsystemkosten bei relativ geringen Investitionskosten
- > Auch der Aus- und Umbau der Verteilnetze ist günstiger als lokale Speicher
- > Neue Speichertechnologien werden erst ab einem Anteil von mehr als 70% Erneuerbare Energien erforderlich
- > Lokale PV-Batterie-Systeme können sich – aufgrund von gesparten Abgaben und Steuern – schon früher betriebswirtschaftlich rechnen

## Darstellung der Bedeutung von Netzen und Pumpspeichern im Jahr 2022 (Februar)

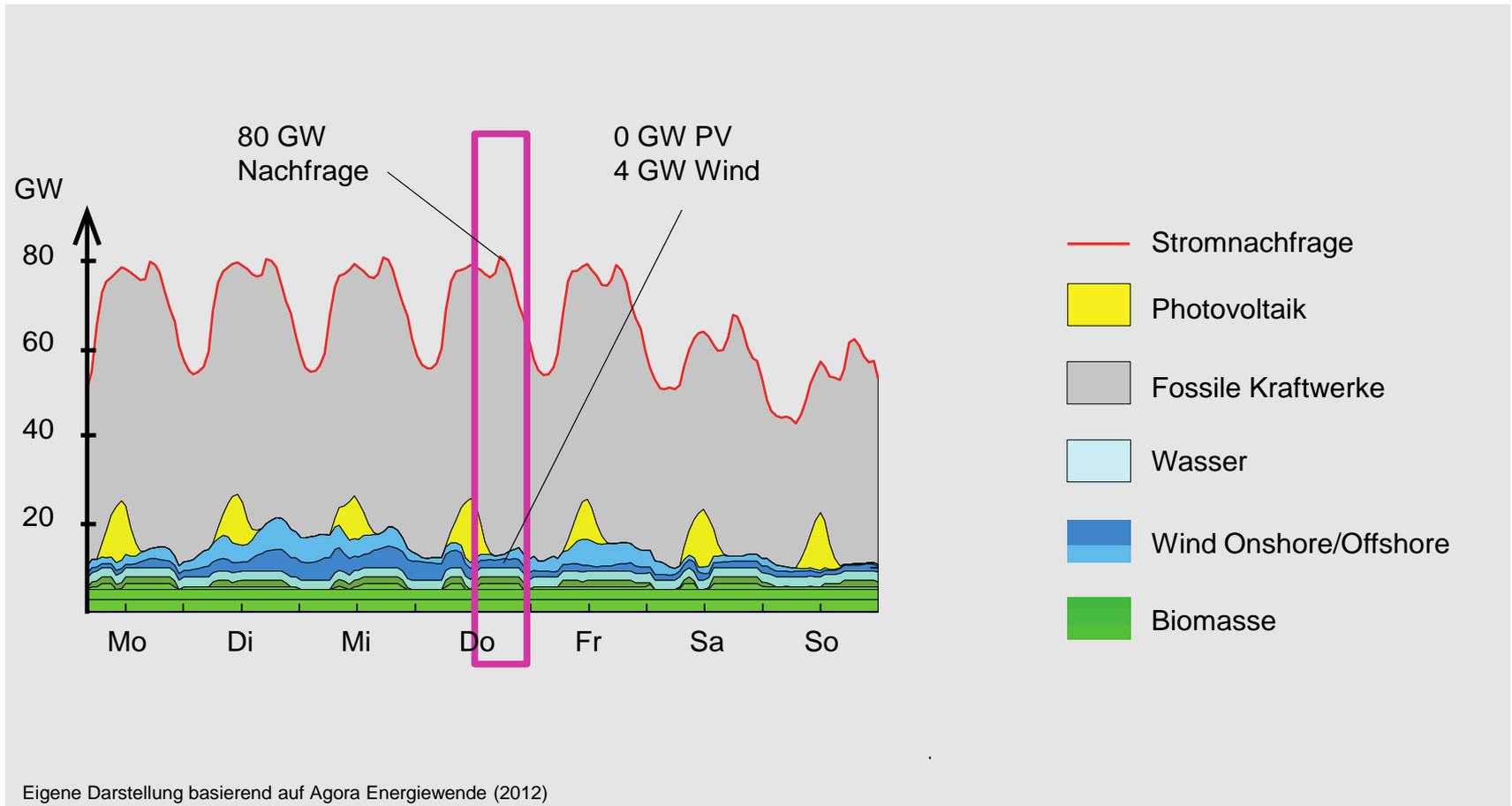


## Die Sicherung der Höchstlast ist kostengünstig

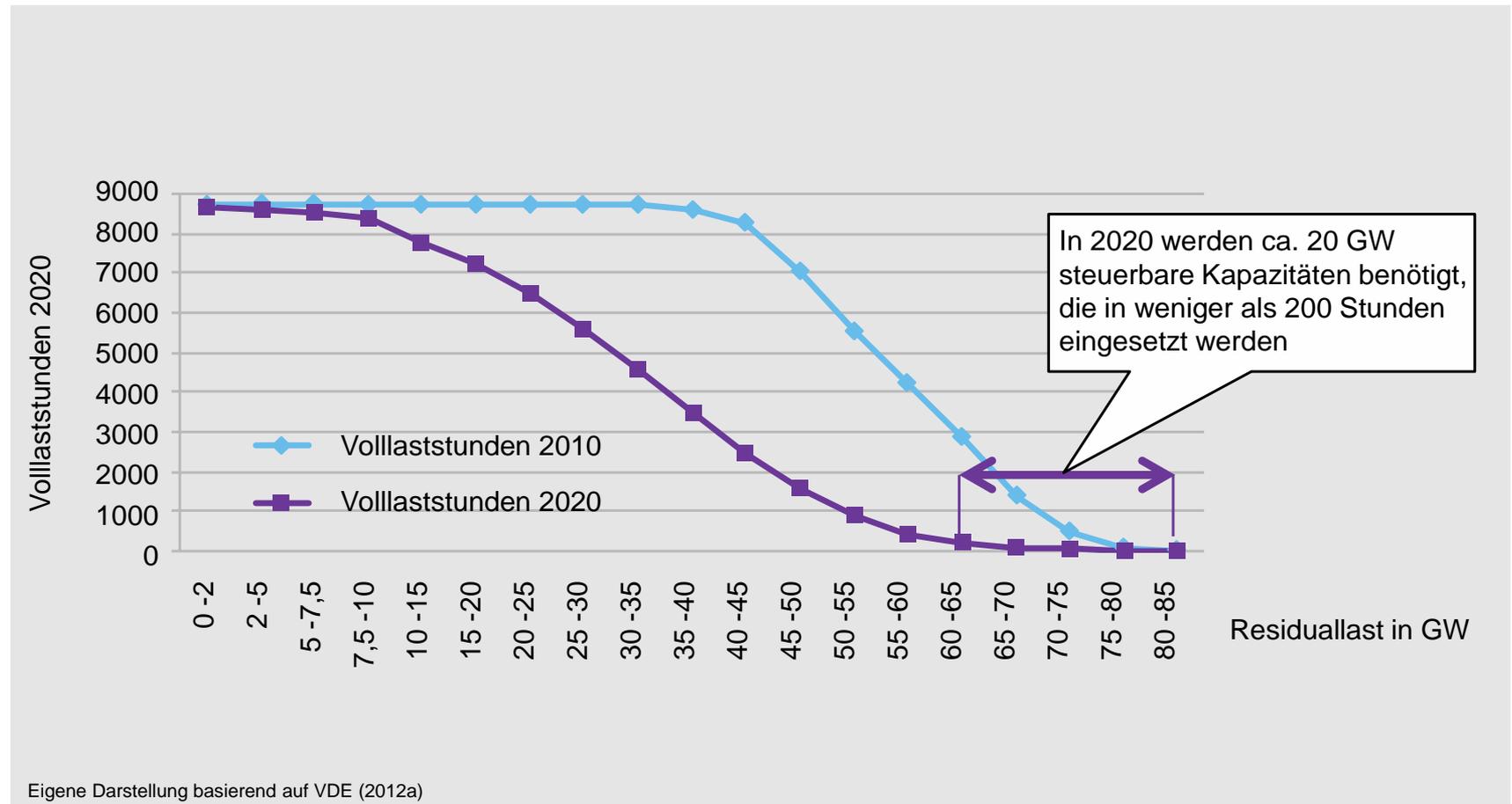
---

- > Wind und PV können in bestimmten Zeiten (z.B. bei Windflaute im Winter) nicht zur Sicherung der Höchstlast beitragen, daher sind steuerbare Kapazitäten in ähnlicher Größenordnung wie heute erforderlich
- > Die Höchstlast kann durch gesicherte Leistung gedeckt oder nachfrageseitige Maßnahmen gesenkt werden; fast ein Viertel des Bedarfs (ca. 15-25 GW) fällt nur in sehr wenigen Stunden im Jahr an (<200)
- > Gasturbinen können diesen Bedarf kostengünstig decken (35-70 Mio. EUR pro Jahr pro GW), abschaltbare Lasten oder alte Kraftwerke eventuell noch günstiger
- > Durch den europäischen Verbund wird die Sicherung der Höchstlast einfacher und kostengünstiger

## Darstellung der Sicherung der Höchstlast im Jahr 2022 (November)



# Darstellung der benötigten steuerbaren Kapazitäten im Jahr 2020

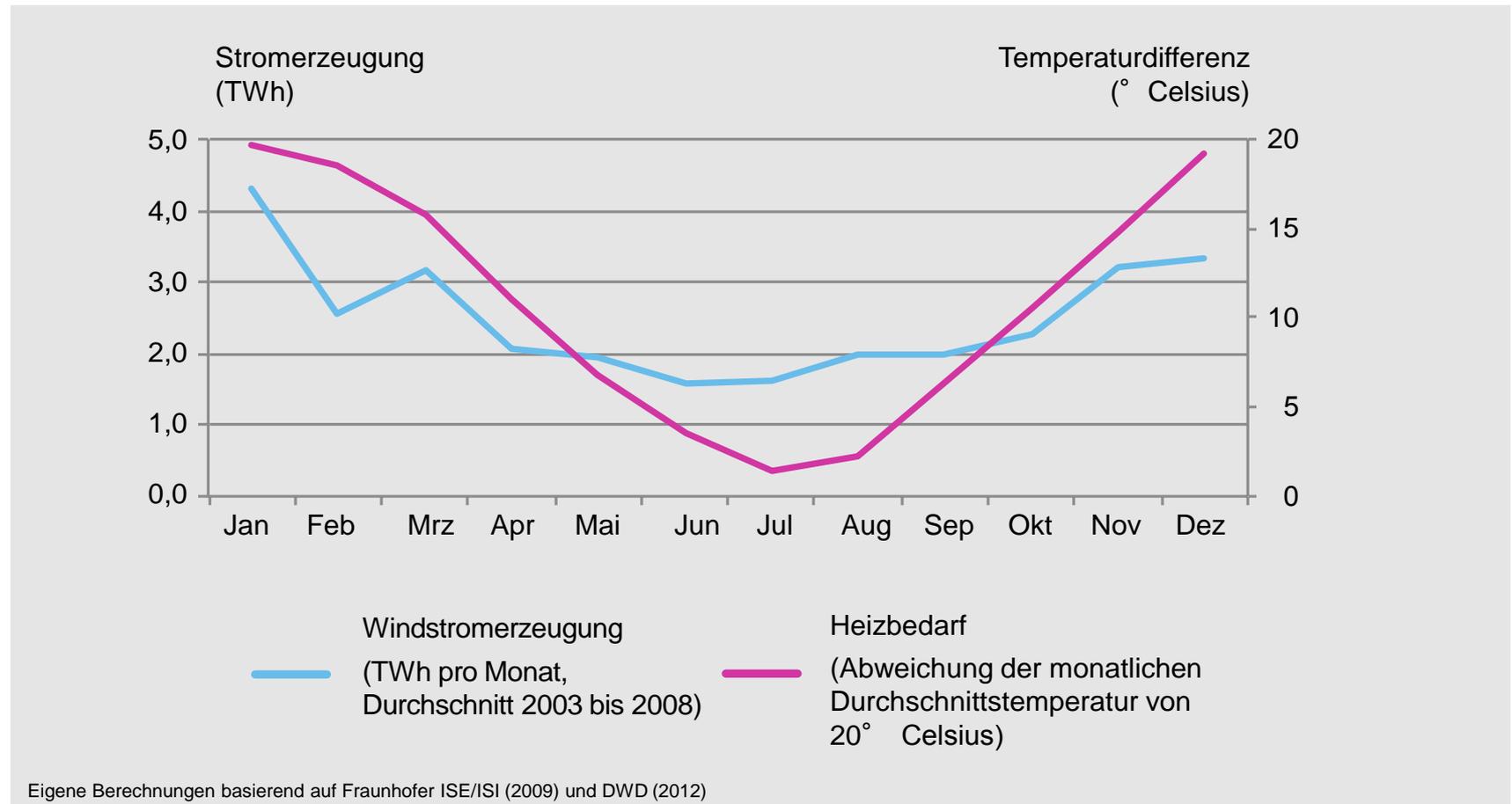


## Die Integration des Wärmesektors ist sinnvoll

---

- > Der Wärmesektor bietet enorme Flexibilitätspotenziale
  - Er ist doppelt so groß wie der Stromsektor, Gas und Öl müssen zur Erreichung der Klimaziele (fast) vollständig ersetzt werden
  - Wärme ist im Gegensatz zu Strom gut speicherbar
  - Wärme wird v.a. im Winter benötigt, wenn das Windaufkommen hoch ist
- > KWK verbindet schon heute den Strom- mit dem Wärmesektor
- > Mittelfristig kommen bei hohem Windaufkommen bivalente Heizsysteme, die sowohl Brennstoffe als auch Strom nutzen können, zum Einsatz
- > Langfristige Integration über einen gemeinsamen Brennstoff:  
Erdgas/Biogas/Power-to-Gas

## Darstellung des Heizbedarfs und der Windstromerzeugung in Deutschland im monatlichen Verlauf

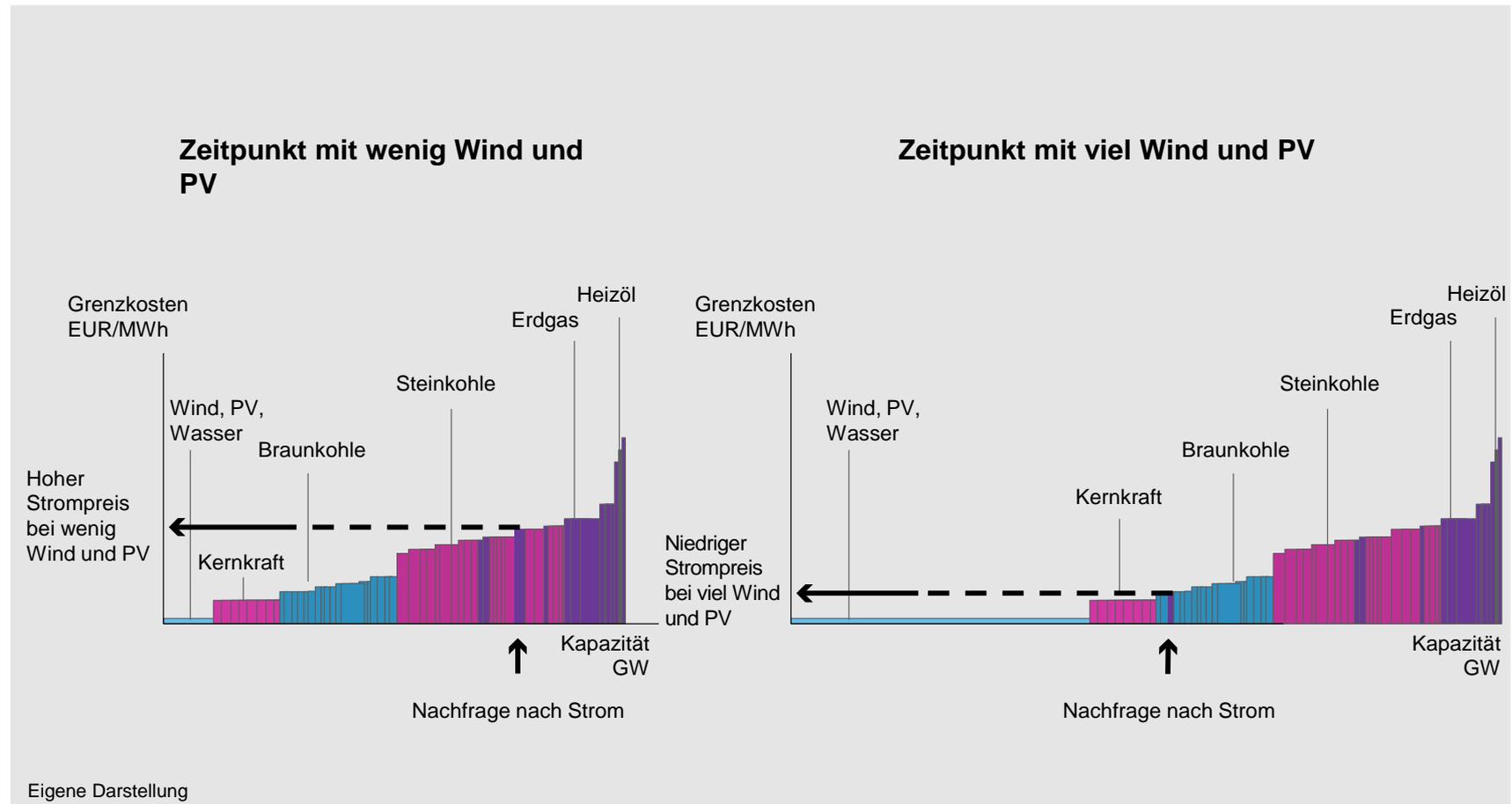


# Der heutige Strommarkt handelt Kilowattstunden – er garantiert keine Versorgungssicherheit

---

- > Am heutigen Strommarkt werden Strommengen gehandelt (*Energy Only*)
- > Der Strompreis wird – stündlich – durch die Betriebskosten des teuersten laufenden Kraftwerks bestimmt (Grenzkosten); dieser Mechanismus stellt sicher, dass zuerst die Kraftwerke mit den niedrigsten Betriebskosten eingesetzt werden, dann die mit höheren
- > Es ist nicht gesichert, dass dieser Strommengenmarkt genügend Anreize für Neu- und Bestandsanlagen schafft, um dauerhaft das öffentliche Gut Versorgungssicherheit zu gewährleisten
- > Die Energiewende verschärft diese Frage, weil Wind und PV den durchschnittlichen Börsenstrompreis und die Auslastung fossiler Kraftwerke senken

## Darstellung der Logik der Strompreisbildung anhand der *Merit Order*-Kurve

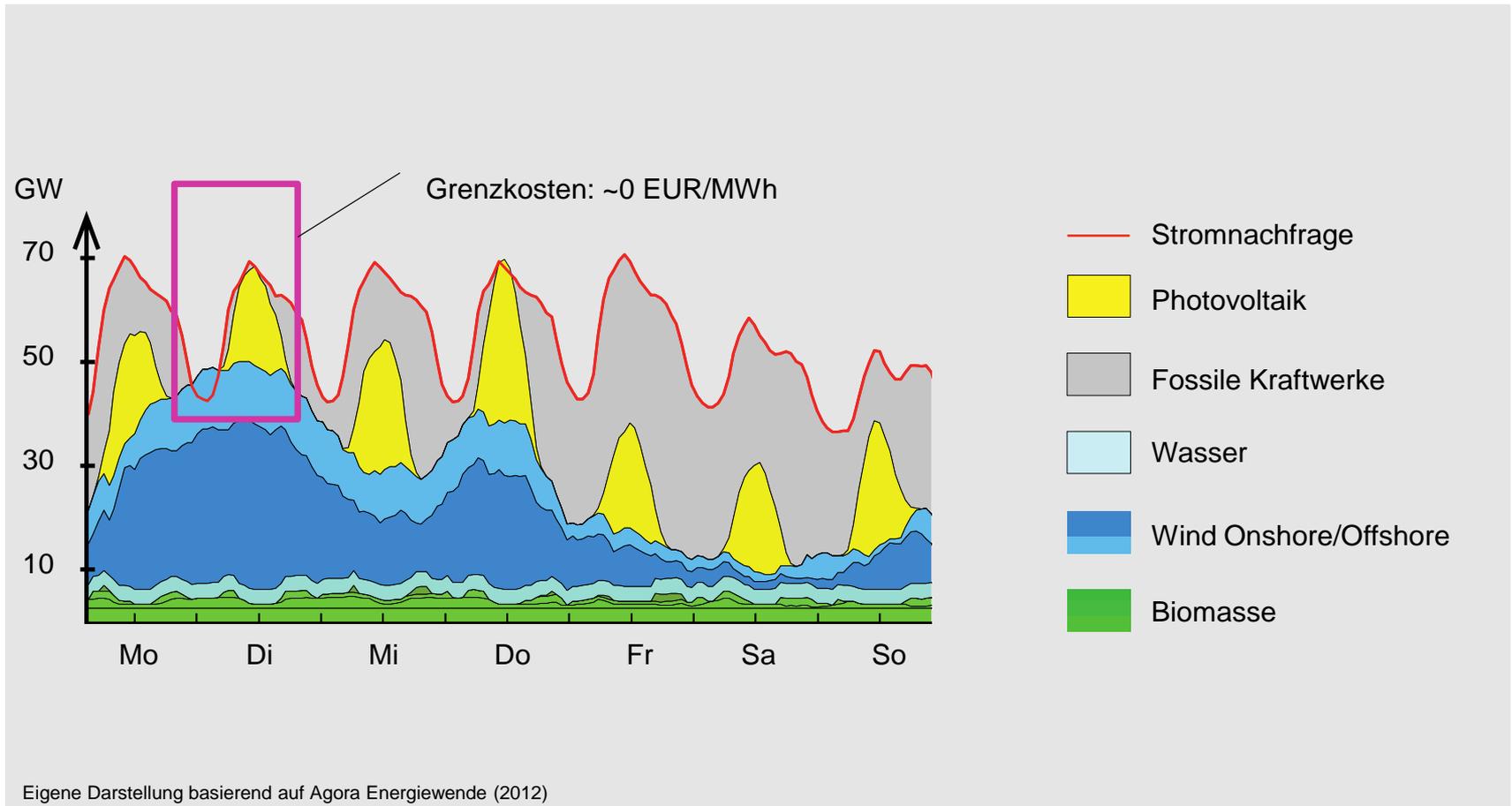


# Am Grenzkostenmarkt können sich Wind und PV prinzipiell nicht refinanzieren

---

- > Wind und PV haben Betriebskosten von nahe Null
- > Sie produzieren Strom dann, wenn der Wind weht bzw. die Sonne scheint – unabhängig vom Börsenstrompreis
- > In Zeiten von viel Wind und/oder Sonne produzieren die Wind- und PV-Anlagen soviel Strom, dass sie die Preise am Spotmarkt senken; die Folge: Wind und PV machen sich an der Börse „ihren eigenen Preis“ kaputt
- > Daher können sich Wind und PV am Grenzkostenmarkt prinzipiell nicht refinanzieren – selbst wenn ihre Vollkosten zukünftig unter denen von Kohle und Gas liegen
- > Hohe CO<sub>2</sub>-Preise ändern daran grundsätzlich nichts

## Darstellung des Einflusses hoher Wind- und PV-Erzeugung auf den Börsenpreis im Jahr 2022 (August)

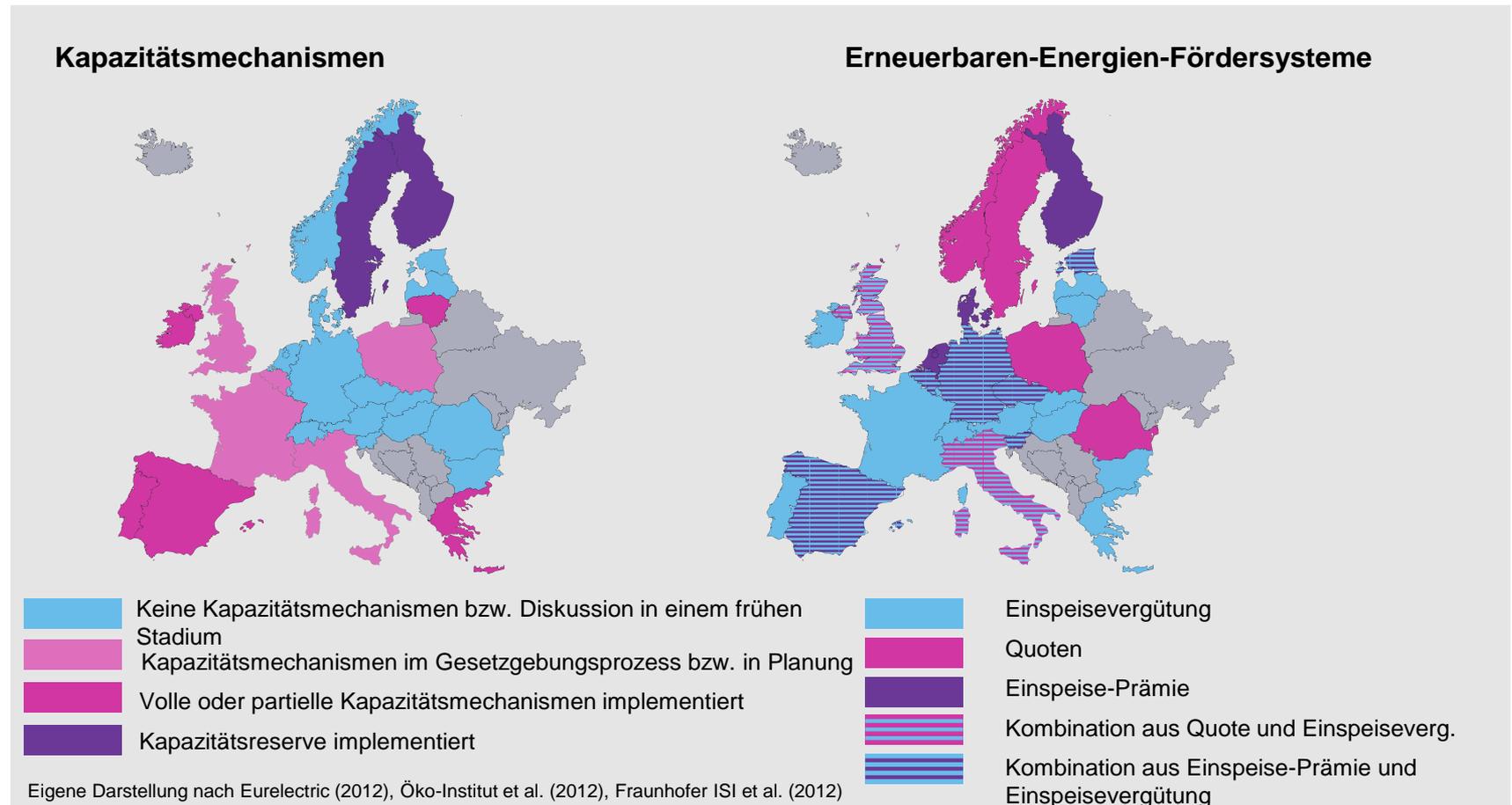


## Ein neuer Energiewende-Markt ist erforderlich

---

- > Der zukünftige „Energiewende-Markt“ sollte zwei Funktionen erfüllen:
  1. den Einsatz der Kapazitäten steuern, um eine effiziente Synchronisation von Angebot und Nachfrage zu erreichen
  2. Investitionssignale für Erneuerbare Energien einerseits sowie konventionelle Anlagen, Flexibilisierung der Nachfrage und (langfristig) Speicher andererseits senden
- > Dabei werden zwei Zahlungsströme entstehen:
  - a. Erlöse (wie bisher) aus einem Markt für Strommengen (MWh) – grenzkostenbasierter *Energy Only*-Markt
  - b. Erlöse an einem neuen Markt für Investitionen in Kapazität (MW)
- > Daneben gibt es einen Wettbewerb für Systemdienstleistungen (z.B. Regelleistung), in dem fossile Kraftwerke, Erneuerbare Energien, Nachfrage und Speicher miteinander konkurrieren

## Darstellung von Kapazitätsmechanismen und Erneuerbaren-Energien-Fördersysteme in Europa

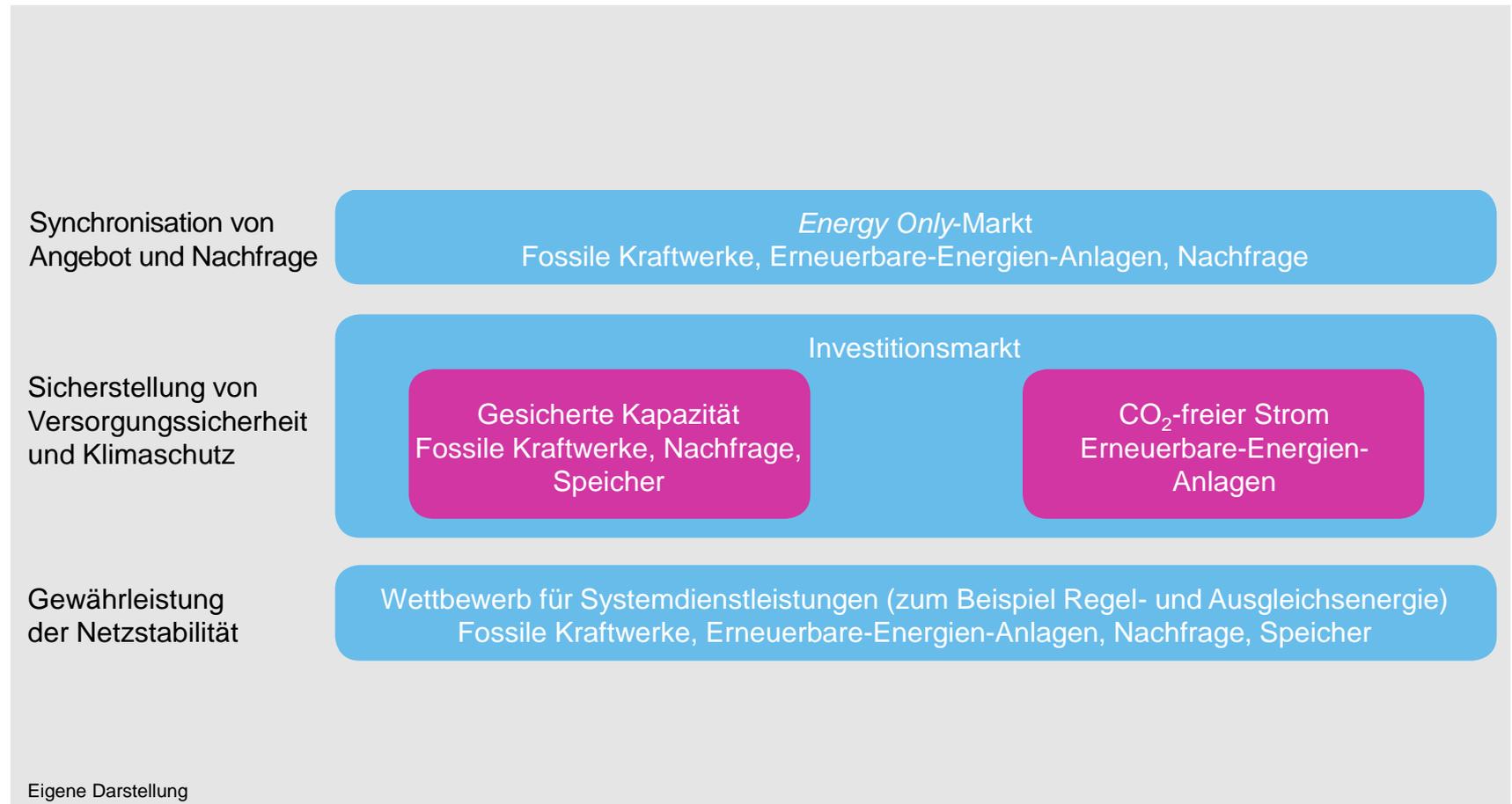


### Ein neuer Energiewende-Markt ist erforderlich

---

- > Der neue Markt für Investitionen in Kapazität generiert Vergütungen für:
  1. das Produkt „gesicherte flexible Leistung“, bzw. „gesicherte flexible Lastverschiebung“ zur Sicherstellung der Versorgungssicherheit
  2. das Produkt „CO<sub>2</sub>-freie Strommengen“, um den kontinuierlichen Umstieg auf Erneuerbare Energien zu gewährleisten
- > Die Ausgestaltung dieses neuen Marktes bedarf noch genauerer Analysen. Verschiedene Optionen (Prämien/Boni, Ausschreibungen, Zertifikate), deren Wirkungen noch genauer betrachtet werden müssen, sind möglich
- > Ein Umstieg von der Einspeisevergütung für Erneuerbare Energien auf einen neuen Mechanismus ist nur gerechtfertigt, wenn eine Effizienzsteigerung zu erwarten ist

## Darstellung eines möglichen Marktdesigns für die Energiewende

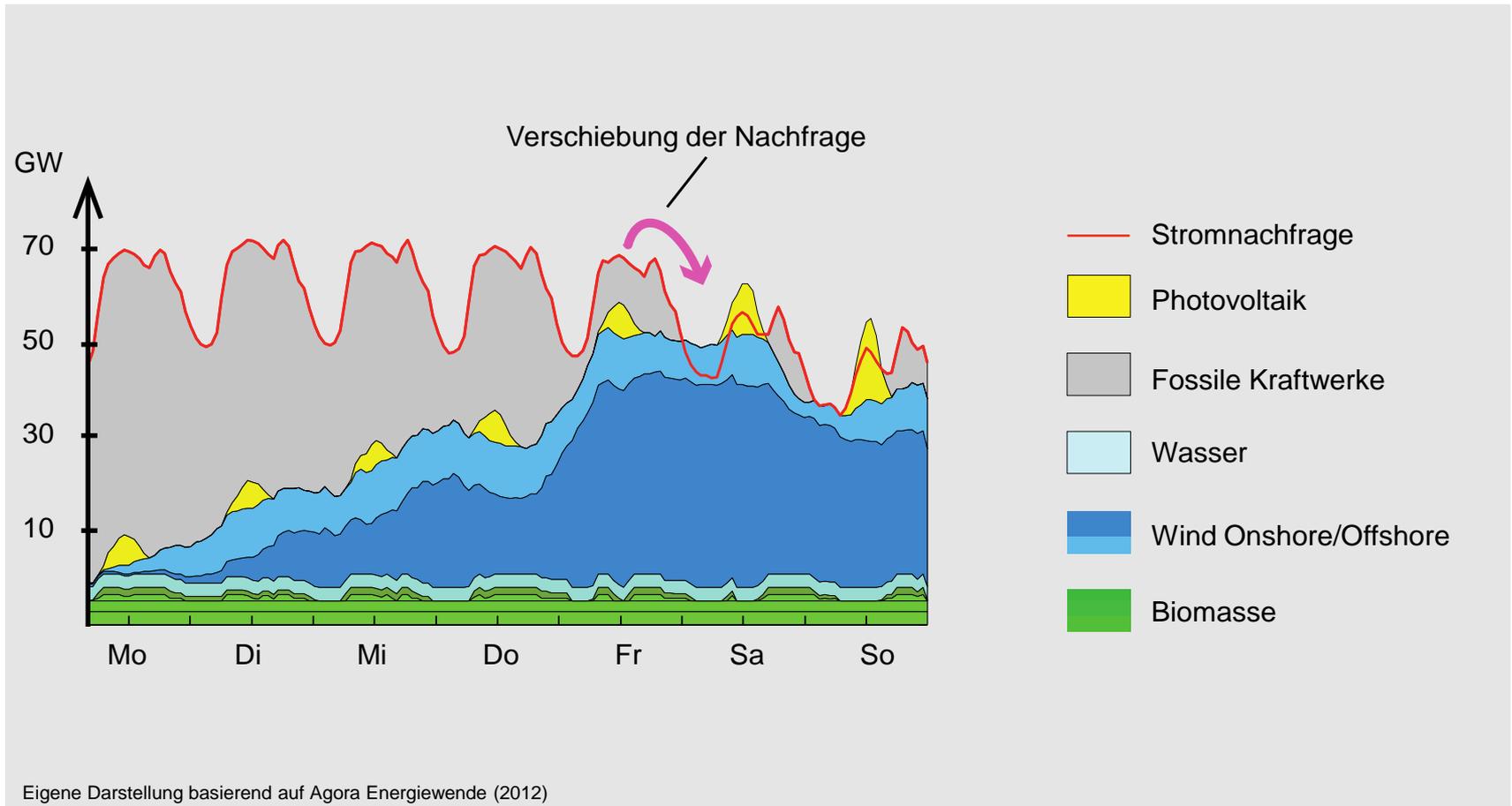


# Der neue Energiewende-Markt bindet die Nachfrageseite aktiv ein

---

- > Die Flexibilisierung der Nachfrageseite ist ein entscheidender Baustein, um mehr Wind- und PV-Strom nutzen zu können
- > Die Verschiebung der Nachfragelast ist oft kostengünstiger als die Speicherung von Strom oder die Vorhaltung von Kraftwerksleistung
- > Die bisherigen Regelungen bei Netzentgelten und Systemdienstleistungen, wie etwa Regelenergiemärkten, laufen dem aber oft zuwider und sollten deshalb reformiert werden
- > Der neue Markt für Investitionen in Kapazität muss so ausgestaltet werden, dass die Nachfrageseite hier aktiv teilnimmt (über die Verschiebung von Nachfragelast)

## Darstellung des Beitrags der Nachfrage zur Flexibilisierung im Jahr 2022 (Februar)

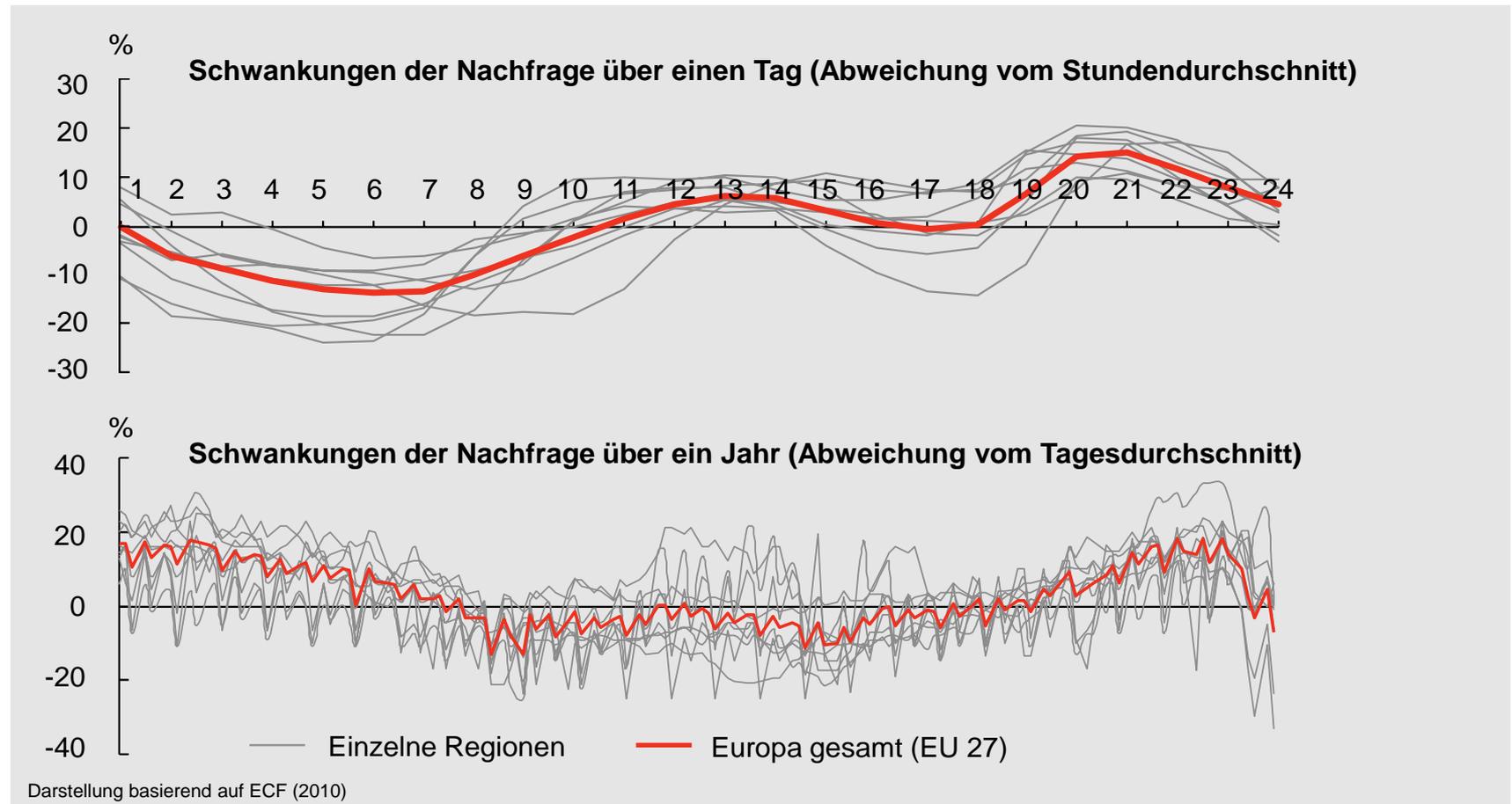


# Der Energiewende-Markt muss im europäischen Kontext gedacht werden

---

- > Die zunehmende Integration des deutschen in das europäische Stromsystem macht die Energiewende günstiger und einfacher, weil
  - sich Fluktuationen von Wind und PV über die größere geographische Verteilung ausgleichen
  - gesicherte Kapazität gemeinsam vorgehalten werden kann
  - günstige Flexibilitätsoptionen in Europa genutzt werden können (z.B. Speicher in Skandinavien und den Alpenländern)
- > Der europäische Stromhandel stabilisiert die Börsenpreise
- > Langfristig wird der europäische Strommarkt vollständig integriert werden

## Darstellung der Schwankungen der Stromnachfrage im regionalen Vergleich

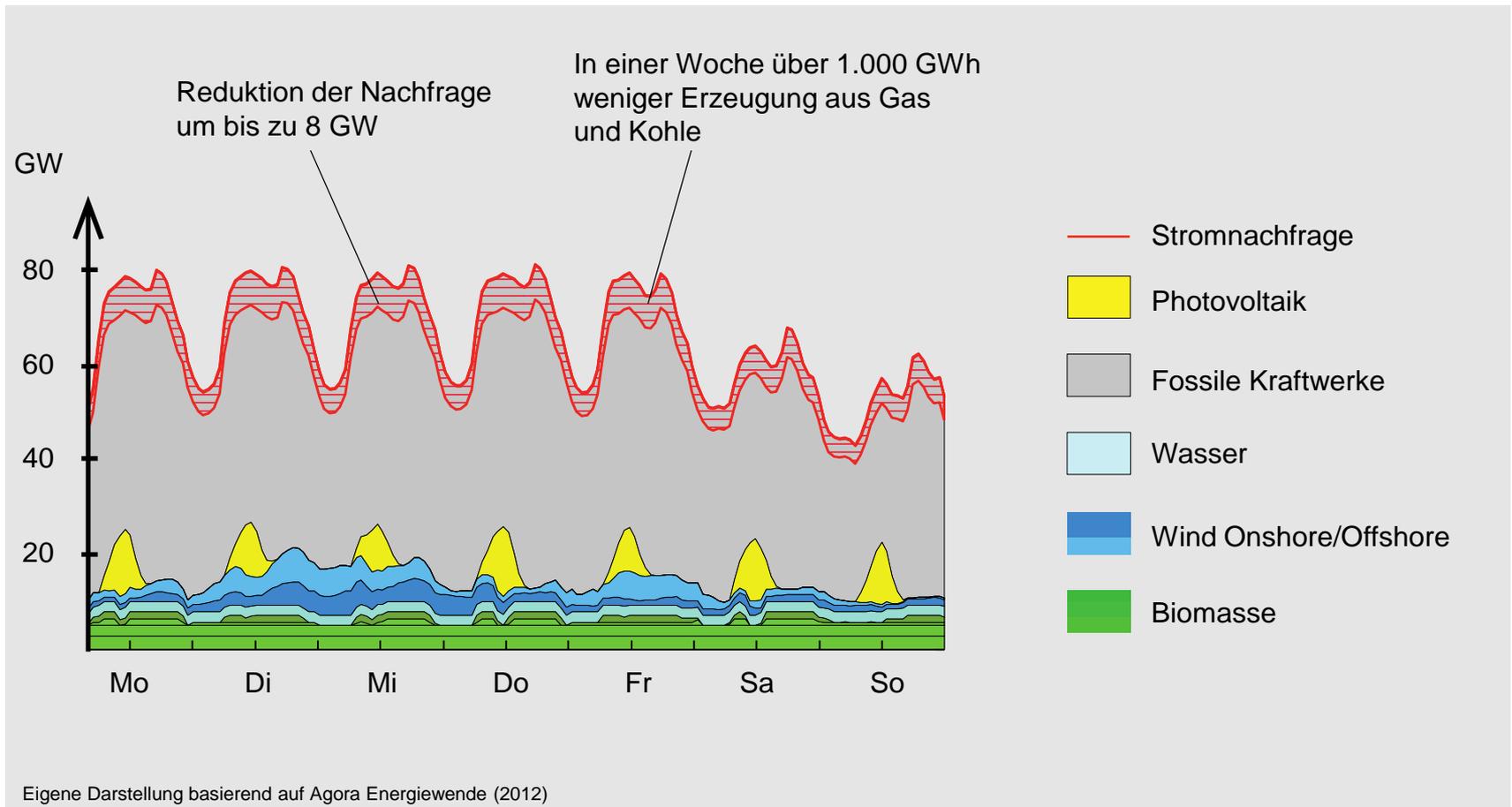


## Effizienz: Eine gesparte kWh ist die günstigste

---

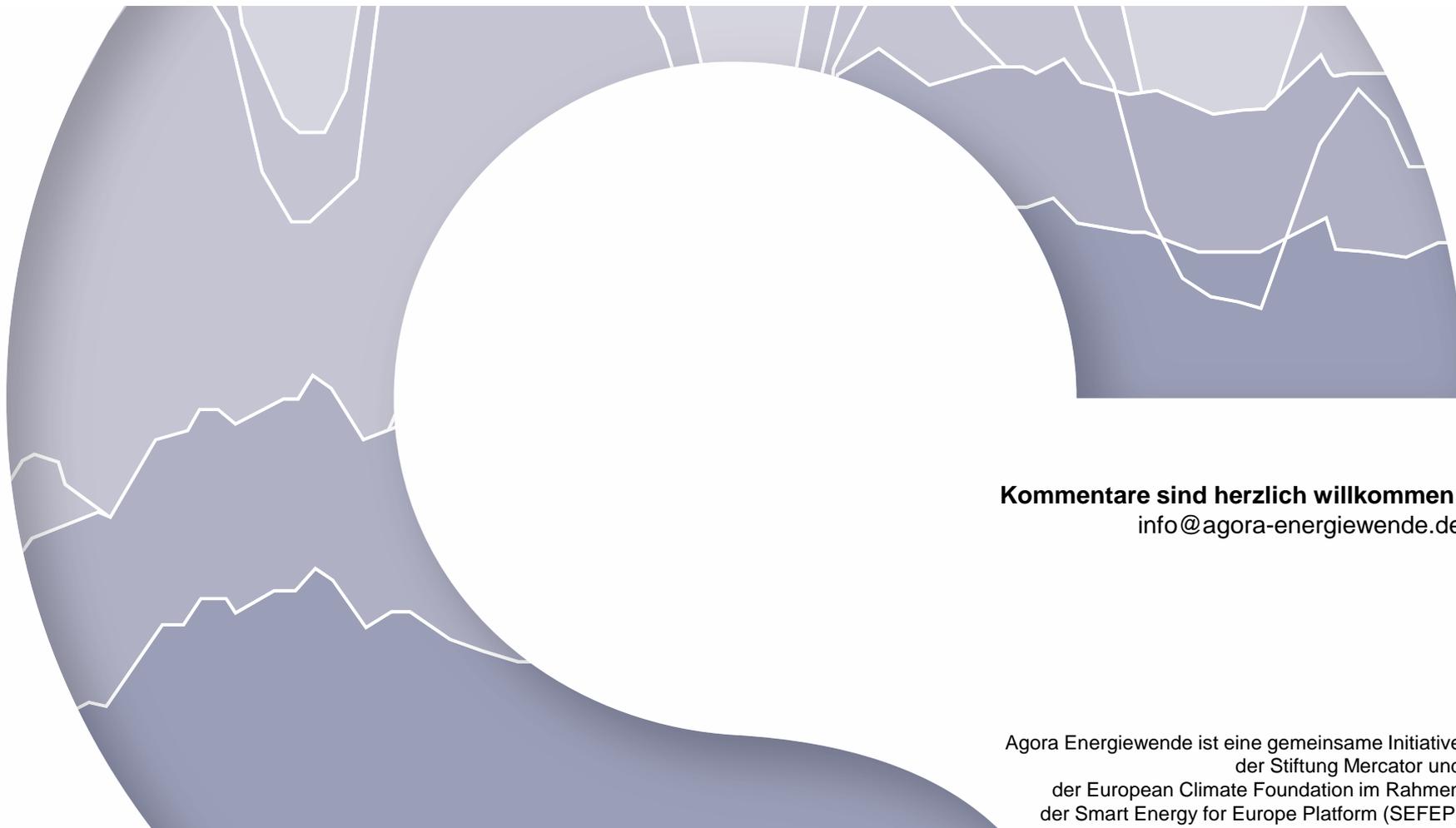
- > Ein effizienter Umgang mit Energie senkt die Gesamtkosten
- > Die Steigerung der Energieproduktivität ermöglicht die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch
- > Jede gesparte kWh erfordert weniger
  - Verbrennung von Gas und Kohle
  - Investitionen in neue Kraftwerke - fossile und erneuerbare
- > Die Herausforderung liegt weniger in der Technik als in den Anreizen
- > Eine gesamthafte Betrachtung von Strom, Wärme und Transport ist erforderlich: Wärmepumpen und Elektrofahrzeuge erhöhen den Strombedarf, sind aber kein Widerspruch zur Effizienz

## Darstellung der Wirkung von Effizienz im Jahr 2022 (November)



**Agora Energiewende**  
Rosenstraße 2  
10178 Berlin

**T** +49 (0)30 284 49 01-00  
**F** +49 (0)30 284 49 01-29  
[www.agora-energiewende.de](http://www.agora-energiewende.de)



**Kommentare sind herzlich willkommen:**  
[info@agora-energiewende.de](mailto:info@agora-energiewende.de)

Agora Energiewende ist eine gemeinsame Initiative  
der Stiftung Mercator und  
der European Climate Foundation im Rahmen  
der Smart Energy for Europe Platform (SEFEP)