



# BET

ENERGIE. WEITER DENKEN

## Vorstellung der Studie:

# Ein Energiesystem der Zukunft für das Rheinische Revier

01.07.2021

Björn Uhlemeyer, Bergische Universität Wuppertal

Für den Auftraggeber:

Zukunftsagentur Rheinisches Revier  
Karl-Heinz-Beckurts-Straße 13  
52 428 Jülich



## AGENDA

1. Motivation für die Untersuchung des Energiesystems der Zukunft im Rheinischen Revier
2. Zielsetzung und Aufbau der Studie
3. Studienergebnisse
4. Key-Findings der Studie



## AGENDA

1. Motivation für die Untersuchung des Energiesystems der Zukunft im Rheinischen Revier
2. Zielsetzung und Aufbau der Studie
3. Studienergebnisse
4. Key-Findings der Studie



## MOTIVATION

### Wie sieht das Energiesystem der Zukunft im Rheinischen Revier aus?

Heute:

- 8,7 GW installierte Kraftwerksleistung mit über
- 70 TWh Stromerzeugung

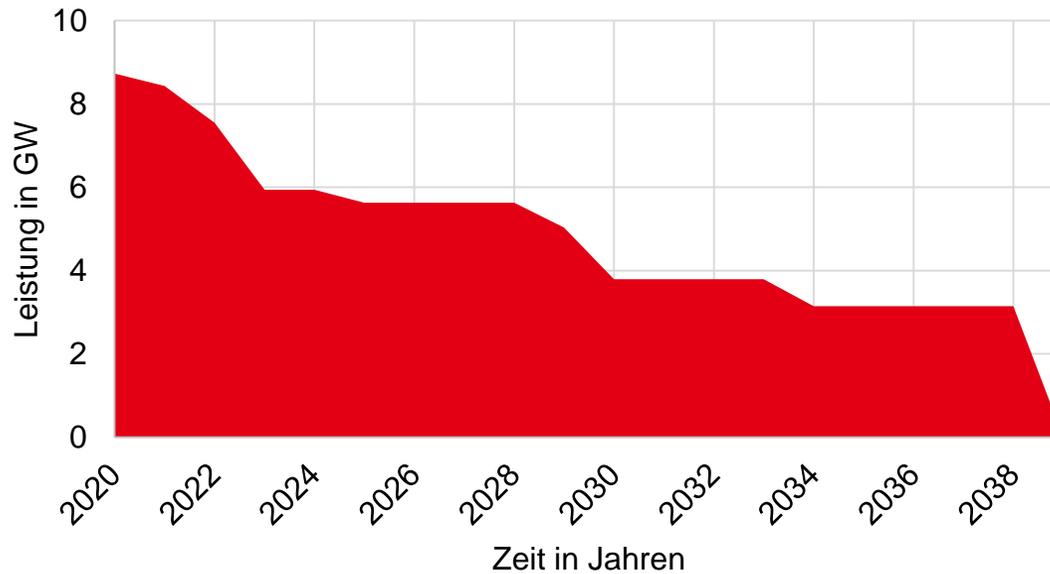
Um dies zu ersetzen würden

- ca. 150 WEA pro Jahr (bezogen auf die Leistung) bzw.
- ca. 600 WEA pro Jahr (bezogen auf die Energie) benötigt.

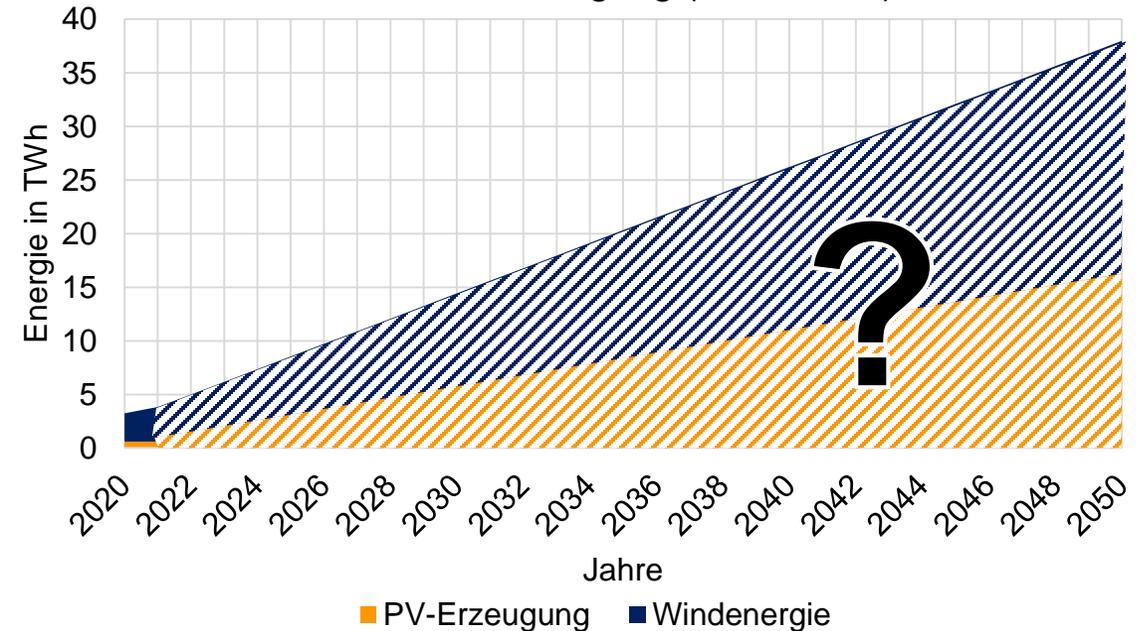
Bei einem Ersatz mit Freiflächen PV würden

- über 575 Fußballfelder pro Jahr an Fläche benötigt.

Braunkohlekraftwerksleistung im RR



Erneuerbare Stromerzeugung (PV & Wind) im RR



## AGENDA

1. Motivation für die Untersuchung des Energiesystems der  
Zukunft im Rheinischen Revier

2. Zielsetzung und Aufbau der Studie

3. Studienergebnisse

4. Key-Findings der Studie



## Zielsetzung und Aufbau der Studie und der vier Teile

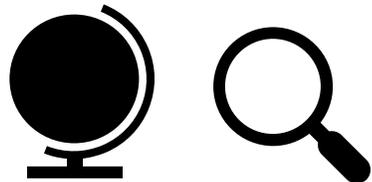
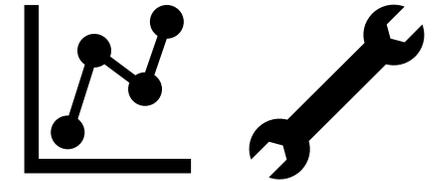


Was passiert auf DE- und RR-Ebene bzw. was wird prognostiziert?

**Metastudie**

Wie kann das RR quantitativ beschrieben und unterschiedliche Szenarien untersucht werden?

**Modellierungswerkzeug**

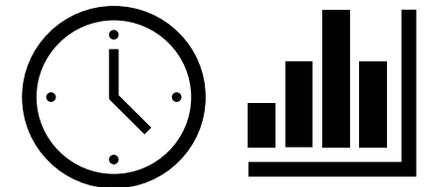


**Systemarchitektur**

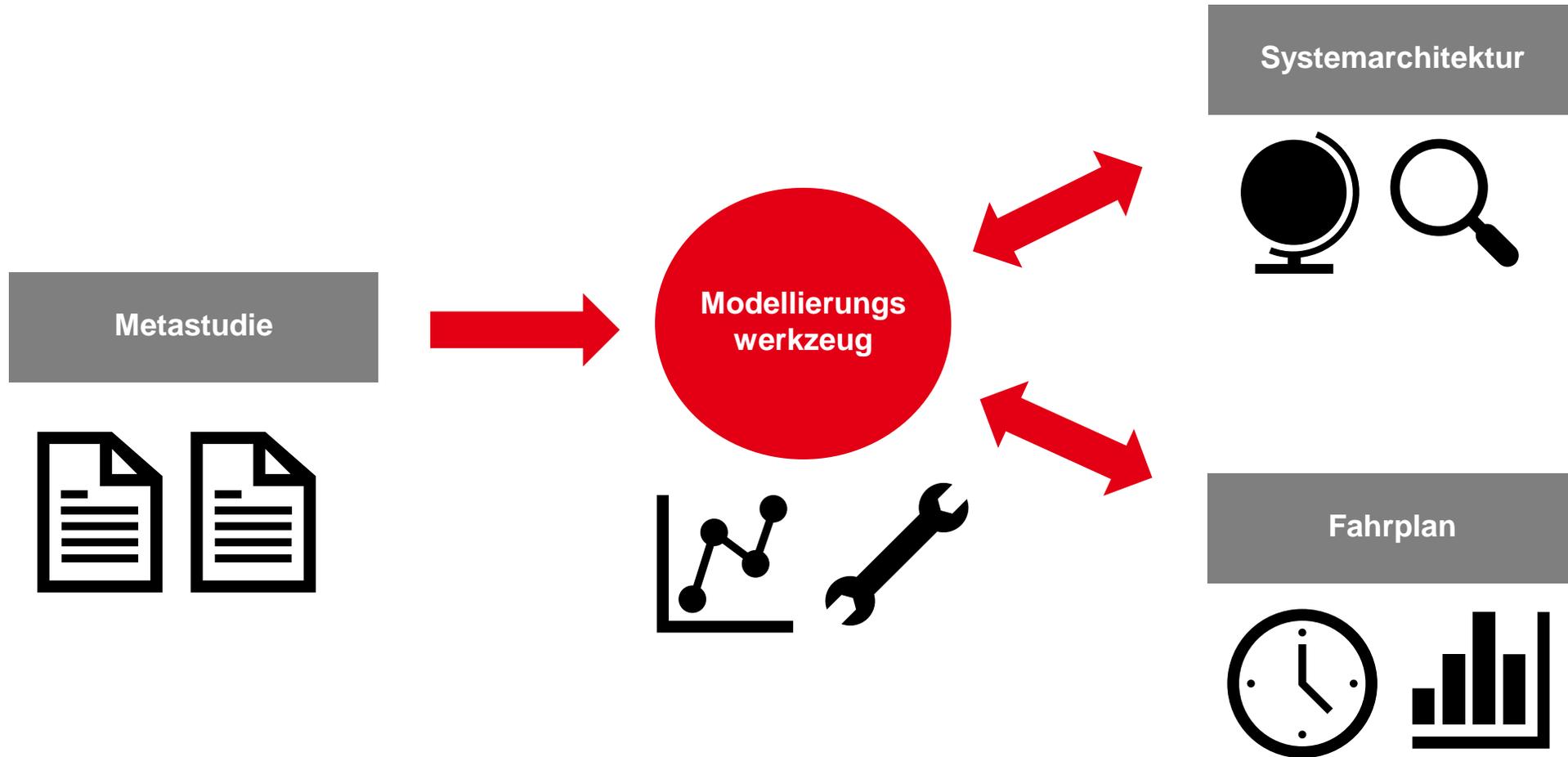
**Fahrplan**

Welche Energiesystemkomponenten können in welchen Bereichen des RR in Zukunft genutzt werden?

Wann müssen Energiesystemkomponenten und weitere Maßnahmen umgesetzt werden, um die Transformation erfolgreich zu gestalten.



**Gesamtkonzept – Untersuchung des Energiesystem der Zukunft im Rheinischen Revier**



## AGENDA

1. Motivation für die Untersuchung des Energiesystems der Zukunft im Rheinischen Revier
2. Zielsetzung und Aufbau der Studie
3. Studienergebnisse
4. Key-Findings der Studie



## Überblick der untersuchten Studien

Nr.	Herausgeber	Jahr	Name der Studie
[1]	BMWi	2018	Projektbericht „Erneuerbare Energien-Vorhaben in den Tagebauregionen“
[2]	RWI	2018	Strukturdaten für die Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“
[3]	Prognos	2018	Zukünftige Handlungsfelder zur Förderung von Maßnahmen zur Strukturanpassung in Braunkohleregionen
[4]	UBA	2019	Klimaschutz und Kohleausstieg: Politische Strategien und Maßnahmen bis 2030 und darüber hinaus
[5]	ewi	2019	Auswirkungen einer Beendigung der Kohleverstromung bis 2038 auf den Strommarkt, CO <sub>2</sub> -Emissionen und ausgewählte Industrien
[6]	Forschungszentrum Jülich	2019	Wege für die Energiewende – Kosteneffiziente klimagerechte Transformationsstrategie für das deutsche Energiesystem bis zum Jahr 2050
[7]	ewi/ef ruhr	2018	Kosteneffiziente Umsetzung der Sektorenkopplung
[8]	Frontier	2019	Energiepolitischer Handlungsbedarf durch einen beschleunigten Kohleausstieg
[9]	Agora Energiewende	2018	65 Prozent Erneuerbare bis 2030 und ein schrittweiser Kohleausstieg
[10]	Fraunhofer ISI et al	2017	Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland
[11]	dena	2018	Leitstudie Integrierte Energiewende – Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050
[12]	Agora Energiewende	2019	Die Kohlekommission. Ihre Empfehlungen und deren Auswirkungen auf den deutschen Stromsektor bis 2030

## Untersuchungsgegenstand und Fragestellungen

Fokus auf Braunkohleregionen

Fokus auf Deutschland

Quelle	1	2	3	4	8	12	5	6	7	9	10	11
I. Energiesystemdesign	Welche Komponenten sind im zukünftigen Energiesystem relevant?											
II. Technologische Entwicklung	Wie entwickeln sich Technologien und deren Wirkungsgrade weiter?											
III. Gesellschaftliche Auswirkung	In welchen Bereichen können neue Arbeitsplätze entstehen?											
IV. Wirtschaftliche Aspekte	Mit welchen Investitionen ist bezogen auf die Komponenten zu rechnen?											
V. Nachhaltigkeit / Klimaneutralität	Inwiefern wird die Nachhaltigkeit in den Studien betrachtet?											
VI. Geografische Auswirkung	In welchen Gebieten sind hohe bzw. niedrige EE-Potenziale?											
VII. Auswirkung von Megatrends	Wie wirkt sich die Digitalisierung (und weitere Megatrends) auf die Transformation aus?											
VIII. Rechtliche und regulatorische Analysen	Welche Gesetze und Regularien hemmen die Transformation?											

**Auswertung der untersuchten Fragestellungen je Studie**

Fokus auf Braunkohleregionen

Fokus auf Deutschland

Quelle	Fokus auf Braunkohleregionen						Fokus auf Deutschland					
	1	2	3	4	8	12	5	6	7	9	10	11
I. Energiesystemdesign	■			■		■	■	■	■	■	■	■
II. Technologische Entwicklung								■			■	
III. Gesellschaftliche Auswirkung		■										
IV. Wirtschaftliche Aspekte				■			■		■	■	■	■
V. Nachhaltigkeit / Klimaneutralität						■	■	■	■	■	■	■
VI. Geografische Auswirkung	■		■	■					■			
VII. Auswirkung von Megatrends												
VIII. Rechtliche und regulatorische Analysen	■		■	■	■	■			■		■	■

**Legende**  
■ Detaillierte Betrachtung:

**Auswertung der untersuchten Fragestellungen je Studie**

Fokus auf Braunkohleregionen

Fokus auf Deutschland

Quelle	1	2	3	4	8	12	5	6	7	9	10	11
I. Energiesystemdesign												
II. Technologische Entwicklung												
III. Gesellschaftliche Auswirkung												
IV. Wirtschaftliche Aspekte												
V. Nachhaltigkeit / Klimaneutralität												
VI. Geografische Auswirkung												
VII. Auswirkung von Megatrends												
VIII. Rechtliche und regulatorische Analysen												

**Legende**

Detaillierte Betrachtung:

Partielle Betrachtung:

**Auswertung der untersuchten Fragestellungen je Studie**

Fokus auf Braunkohleregionen

Fokus auf Deutschland

Quelle	1	2	3	4	8	12	5	6	7	9	10	11
I. Energiesystemdesign												
II. Technologische Entwicklung												
III. Gesellschaftliche Auswirkung												
IV. Wirtschaftliche Aspekte												
V. Nachhaltigkeit / Klimaneutralität												
VI. Geografische Auswirkung												
VII. Auswirkung von Megatrends												
VIII. Rechtliche und regulatorische Analysen												

**Legende**

Detaillierte Betrachtung:

Partielle Betrachtung:

Nicht betrachtet:

# Energiesystemdesign – Untersuchte Technologien im Rheinischen Revier

Untersuchungsgrad	Detailliert	Nur qualitativ	Nicht betrachtet
Technologien	Photovoltaik Windenergie-Onshore Geothermie (LANUV) Power-to-Gas (NRW Roadmap) Power-to-Liquid (NRW Roadmap)	Methanisierung Power-to-Heat	Gasturbine Gas- und Dampf Kraft-Wärme-Kopplung Chemische Energiespeicher Mechanische Energiespeicher Elektrofahrzeuge Wasserstofffahrzeuge Erdgasfahrzeuge Nutzung von Flexibilitäten

## Technologische Entwicklung

Entwicklung des Wirkungsgrads/Effizienz und/oder Lebensdauer

Starke Verbesserung

Leichte Verbesserung

Keine Verbesserung

Technologien

Power-to-Gas  
82 bis 87 % → 84 bis 95 %

Power-to-Liquid

Methanisierung  
83 → 90 %

Wasserstofffahrzeuge  
0,32 → 0,24 kWh/km

Chemische  
Energiespeicher

Photovoltaik  
20 → 22 %

Elektrofahrzeuge  
0,19 → 0,14 kWh/km

Erdgasfahrzeuge  
0,58 → 0,49 kWh/km

Power-to-Heat  
(COP von  
Wärmepumpen)

Windenergie-Onshore

Biomasse

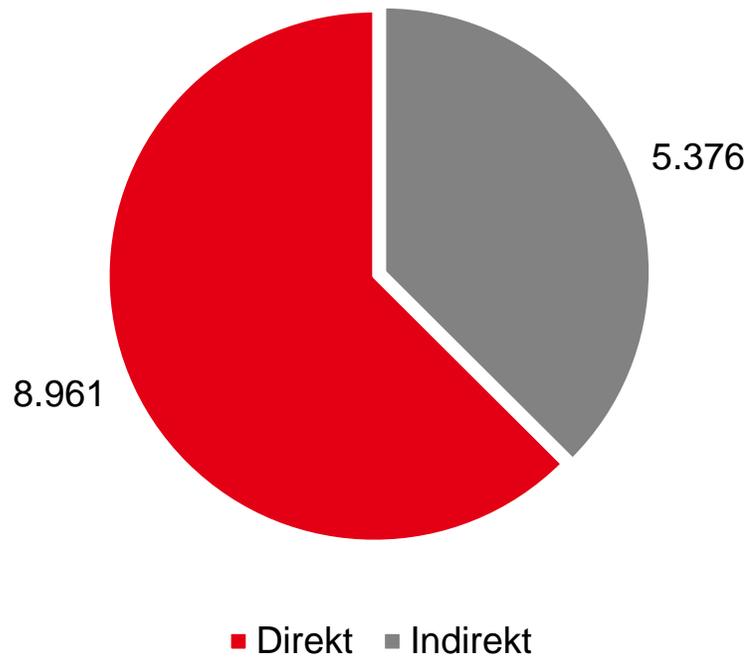
Kraft-Wärme-Kopplung

Pumpspeicher

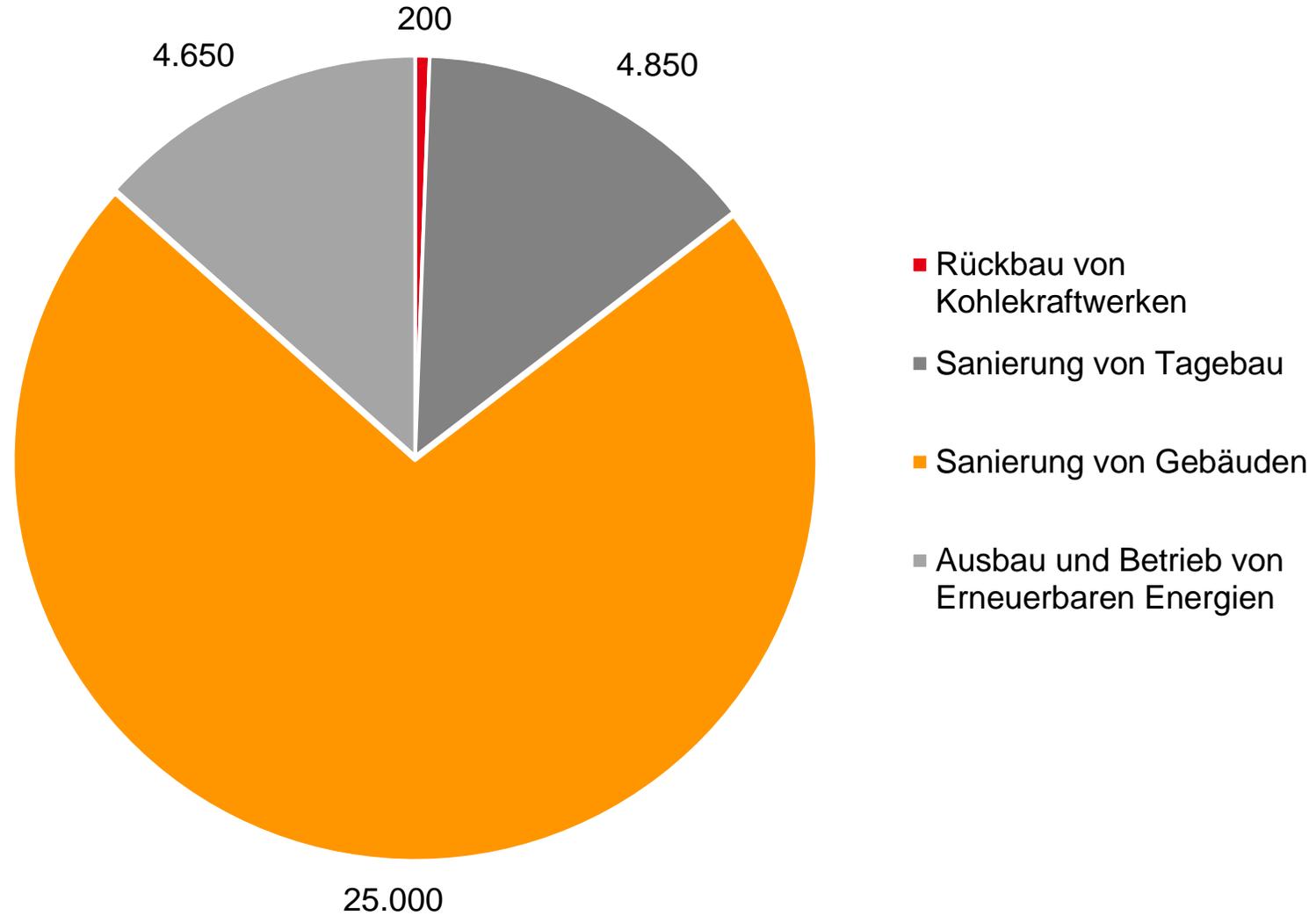
Mechanische Energiespeicher

Gas- und Dampf mit KWK

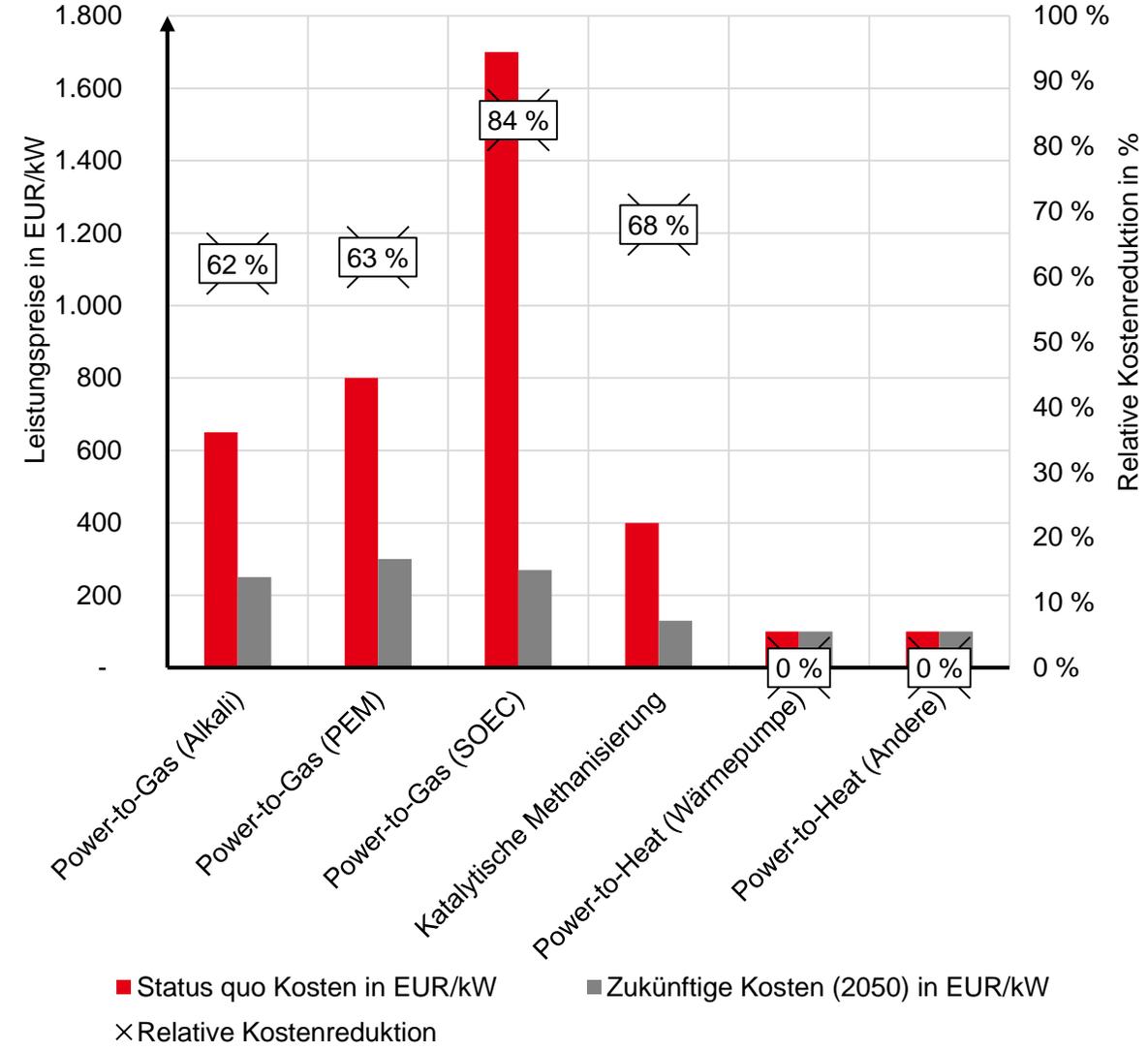
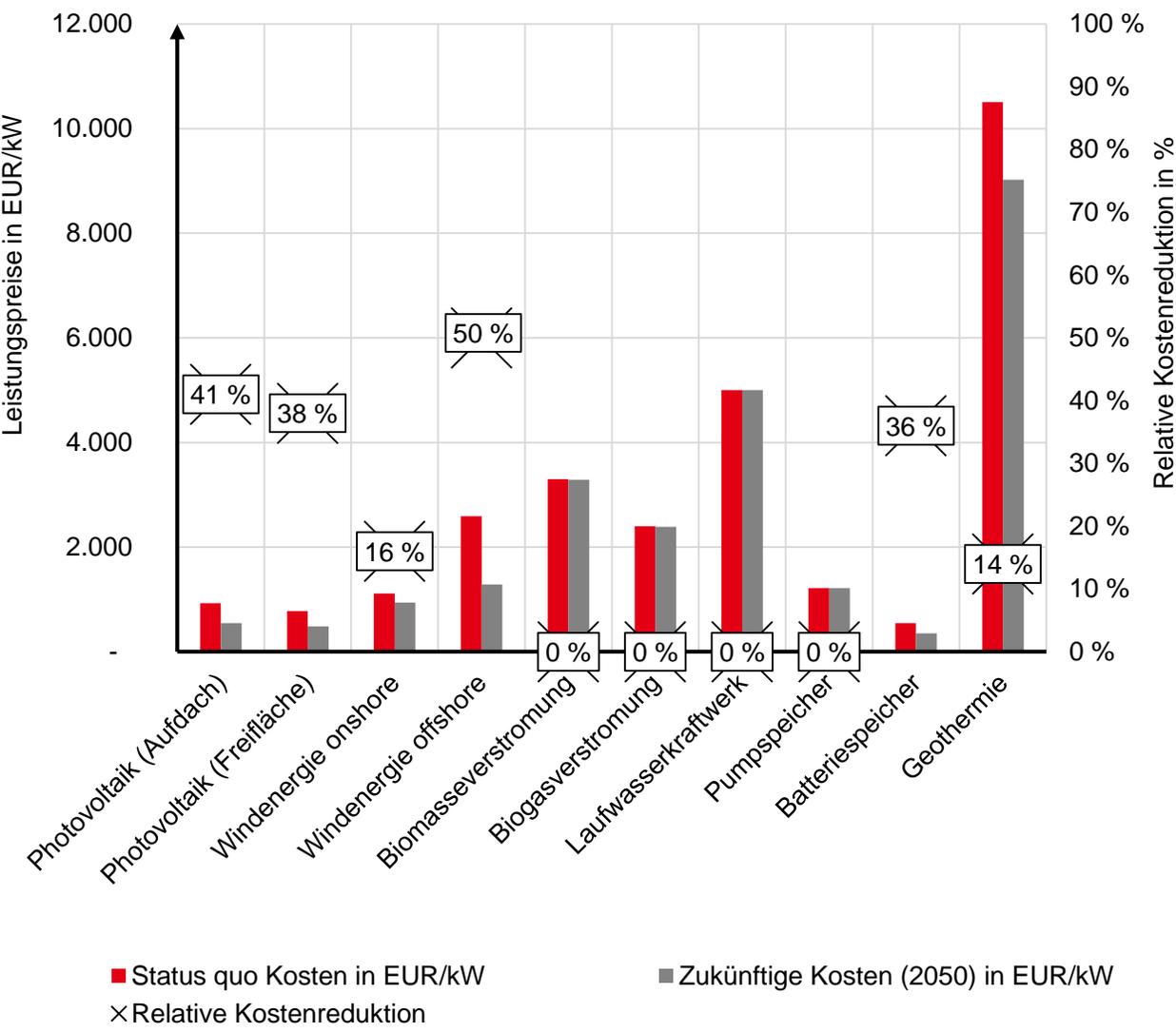
Beschäftigungseffekte in der Braunkohlenwirtschaft



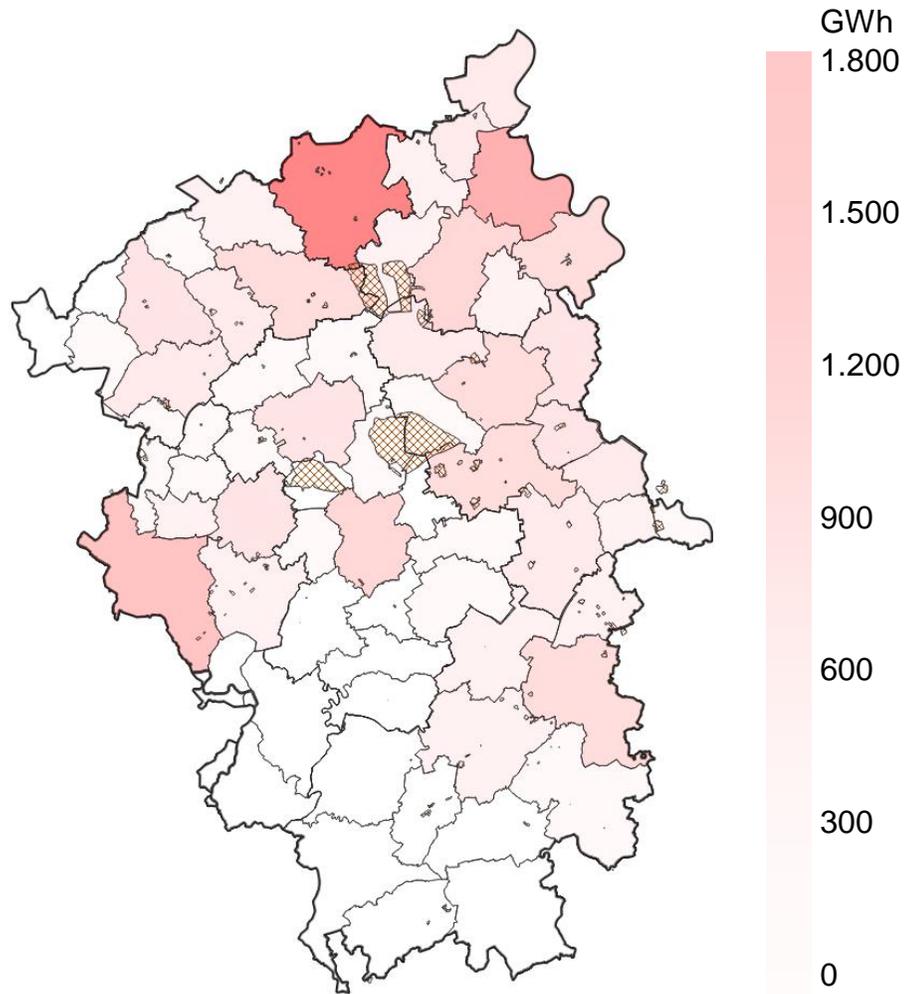
Potenzieller Bedarf an neuen Arbeitsplätzen



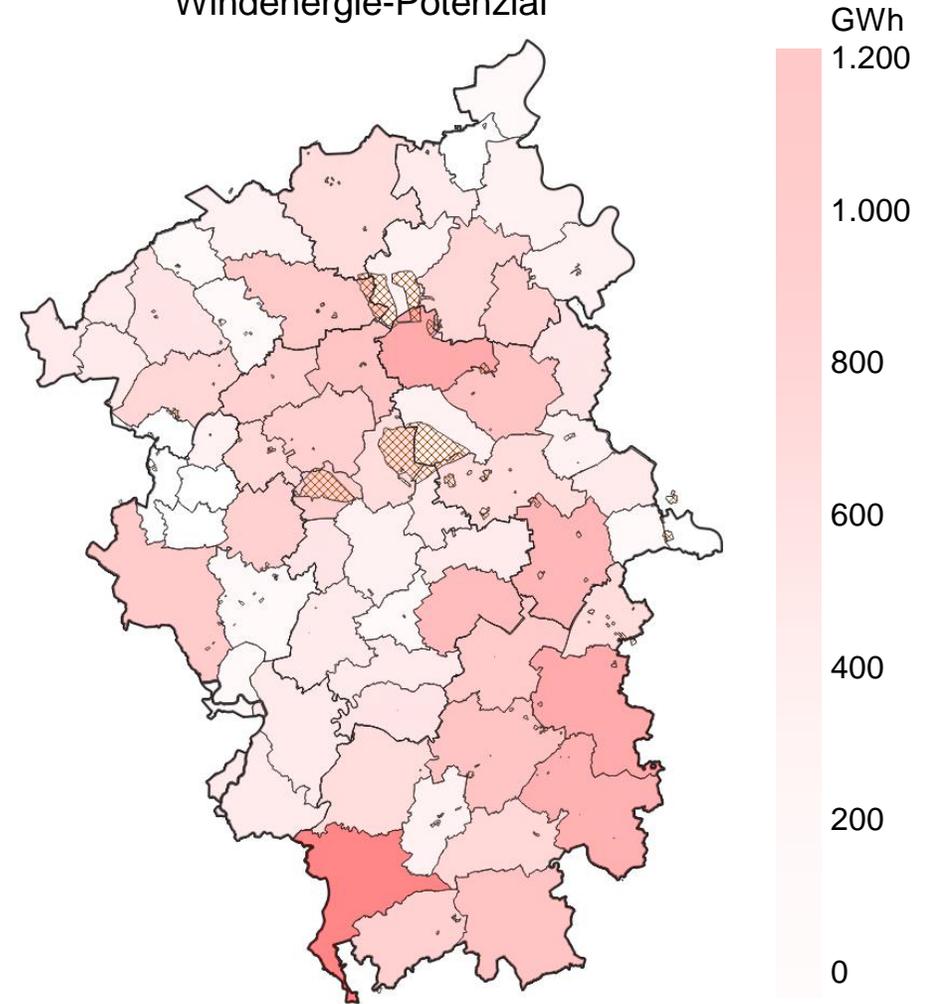
**Wirtschaftliche Entwicklung**



Photovoltaik-Potenzial



Windenergie-Potenzial



**Hemmnisse in Gesetzen und Regulatorik****Rechtliche/regulatorische Instrumente**

Kostenreflektierende Preissignale

Entgelt-, Abgaben- und Umlagesysteme

CO<sub>2</sub>-Bepreisung

Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung

Landesplanungsgesetz

Landesentwicklungsplan

Planungsrechtliche Nutzung von Flächen

Instrumente zur räumlichen Steuerung der Anlagen

Regionalpolitische Instrumente

Arbeitsmarkt- und sozialpolitische Instrumente

**Vorschläge und Forderungen**

Reformen z. B. adäquate Reflektion des Stromverbrauchs zur Netzbelastung und Anreize für den Einsatz bzw. die Bereitstellung von Flexibilität

Konsequente Umsetzung über alle Sektoren

Fortführung der Förderung

Voraussetzungen für die Entwicklung und Nutzung der Tagebauflächen müssen geschaffen werden

Akteure aus Bund, Ländern und Kommunen müssen zusammenwirken und Optionen prüfen (z. B. PtG)

Entwicklung zukunftsfähiger region. Wirtschaftszweige

Umschulungen oder Weiterbildungen fördern

## Technologien und Maßnahmen Aufwands-/Nutzen-Matrix

Wirksam  
(Nützlich/Bedeutsam)

## Low Hanging Fruits

=

Technologien und Maßnahmen, welche wirksam, wirtschaftlich und/oder bedeutsam **sind** und priorisiert werden sollten

## High Hanging Fruits

=

Technologien und Maßnahmen, welche wirksam, **noch nicht** wirtschaftlich und/oder bedeutsam sind und mittelfristig untersucht/umgesetzt werden sollten

Aufwand  
(Teuer/Forschung)

## Verdorbene Früchte

=

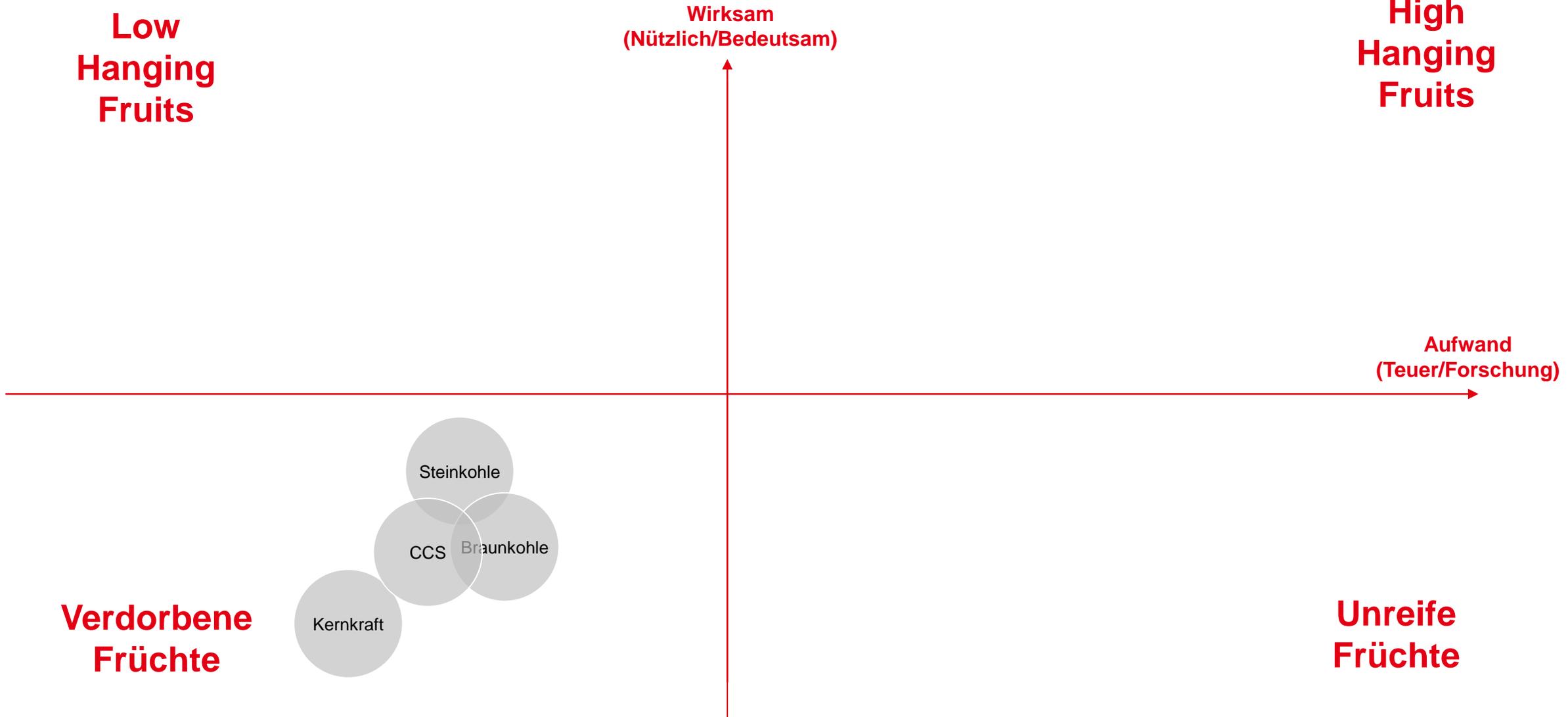
Technologien und Maßnahmen, welche wirksam, wirtschaftlich und/oder bedeutsam **waren** und eine abnehmende Relevanz aufweisen

## Unreife Früchte

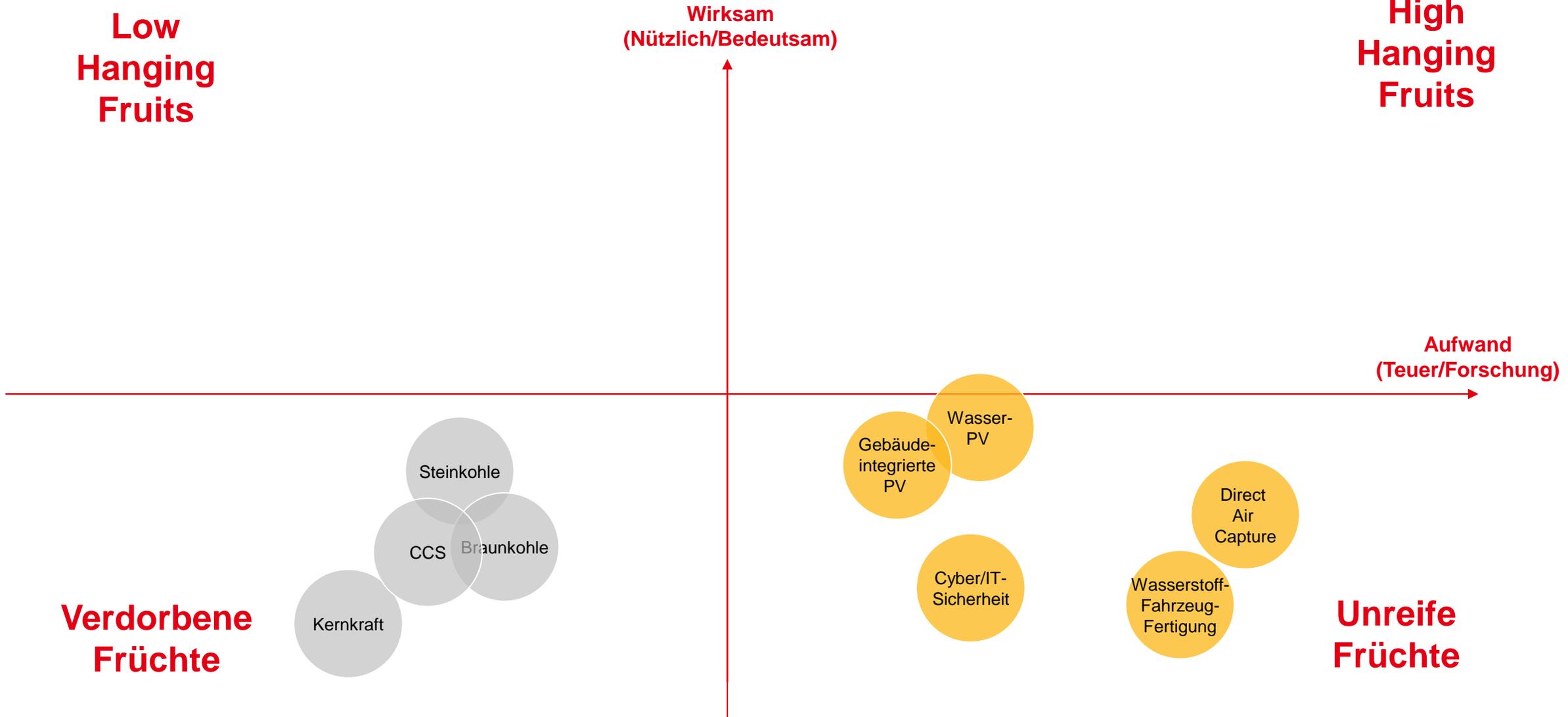
=

Technologien und Maßnahmen, welche wirksam, **noch (lange) nicht** wirtschaftlich und/oder bedeutsam sind und noch Forschung oder Kostenminderung notwendig ist

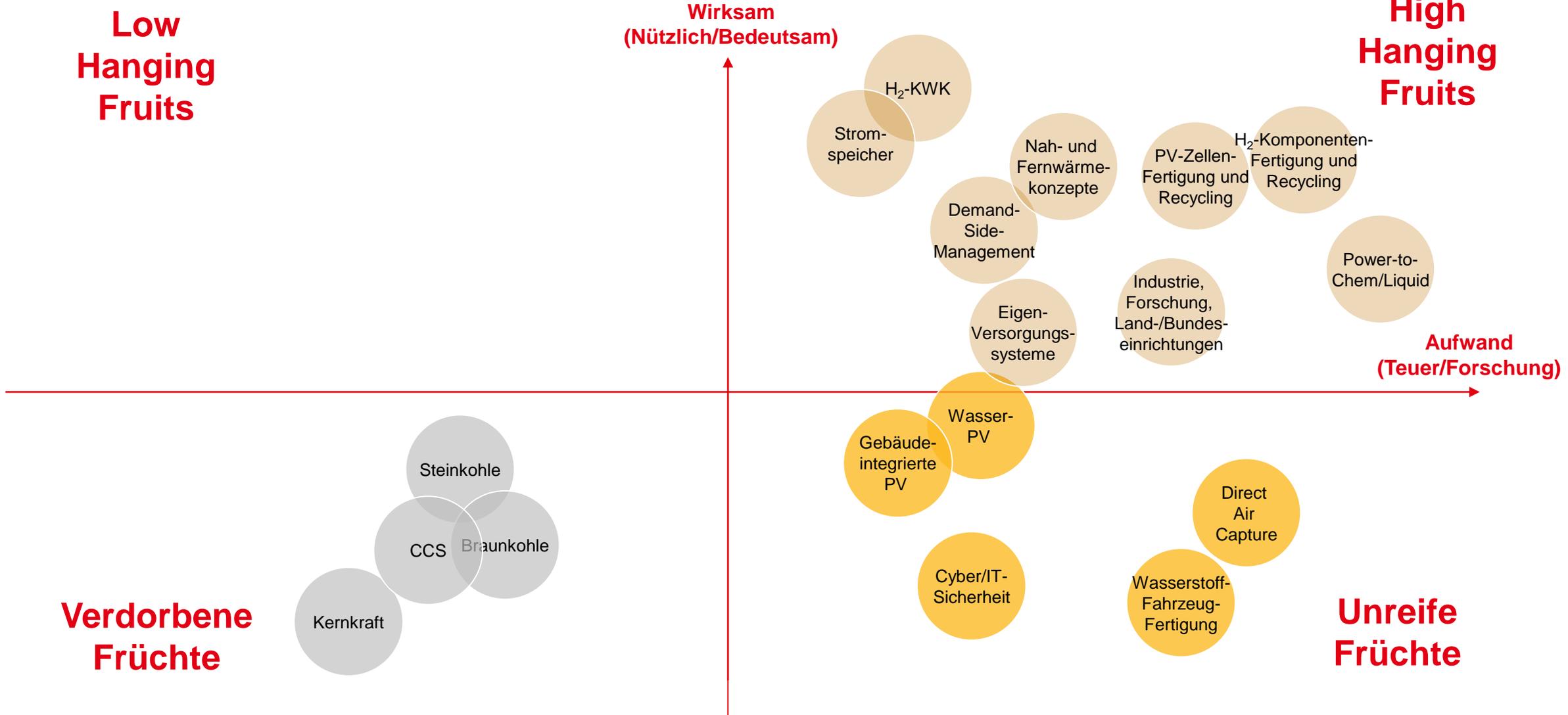
### Technologien und Maßnahmen Aufwands-/Nutzen-Matrix



### Technologien und Maßnahmen Aufwands-/Nutzen-Matrix

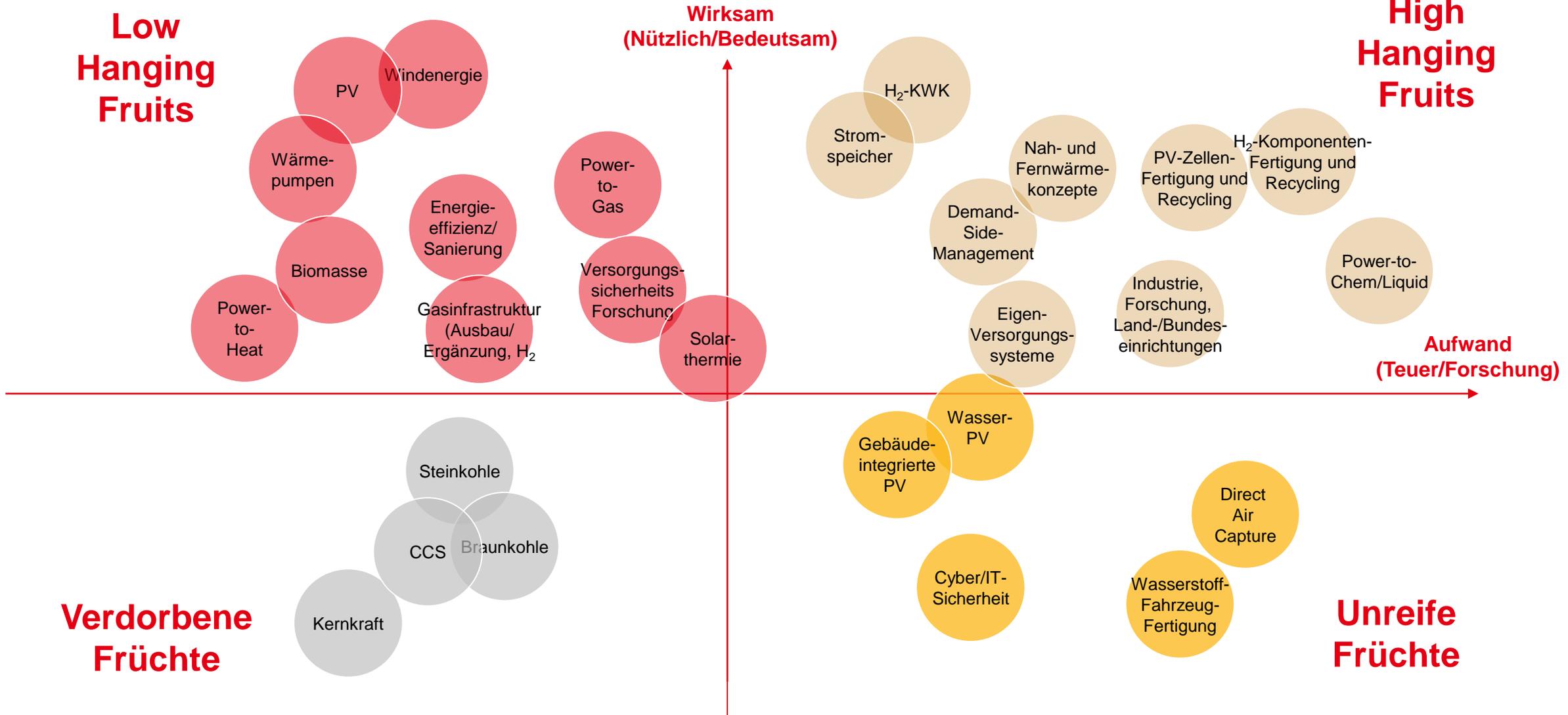


### Technologien und Maßnahmen Aufwands-/Nutzen-Matrix



Technologien und Maßnahmen Aufwands-/Nutzen-Matrix

Meta	Werkzeug
Architektur	Fahrplan



## AGENDA

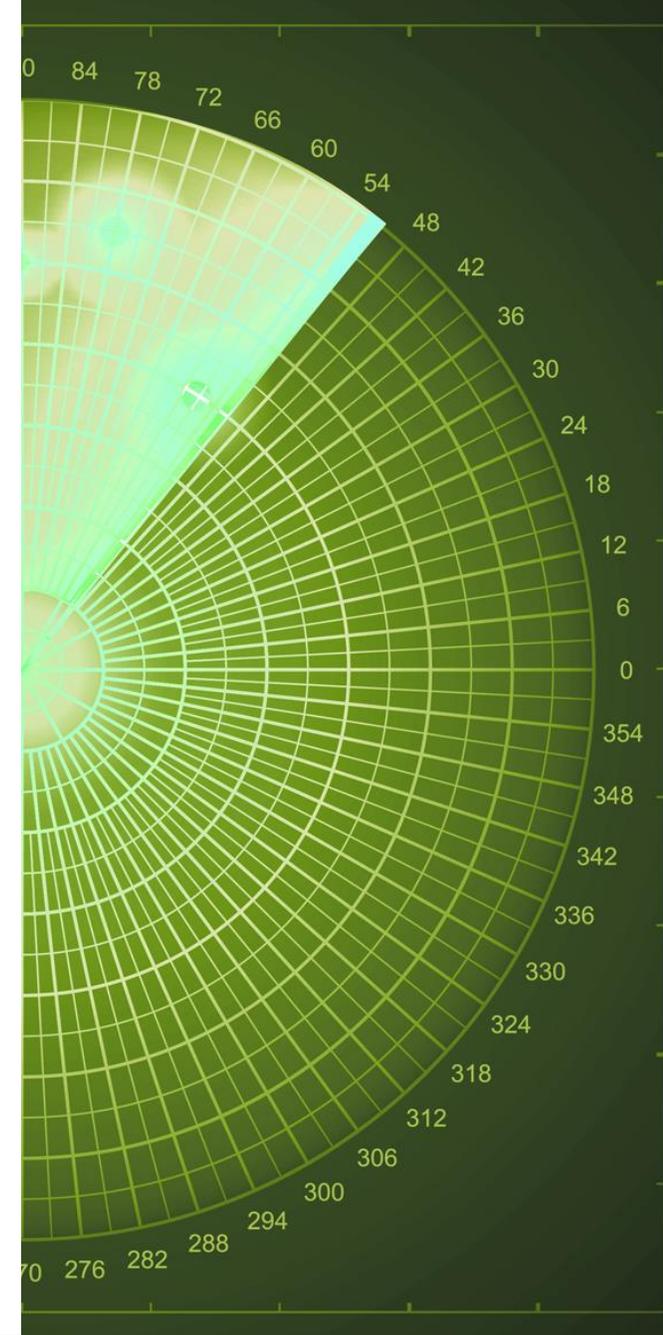
1. Motivation für die Untersuchung des Energiesystems der Zukunft im Rheinischen Revier
2. Zielsetzung und Aufbau der Studie
3. Studienergebnisse
4. Key-Findings der Studie



## KEY FINDINGS

### Misserfolgsk Faktoren („No-Gos“)

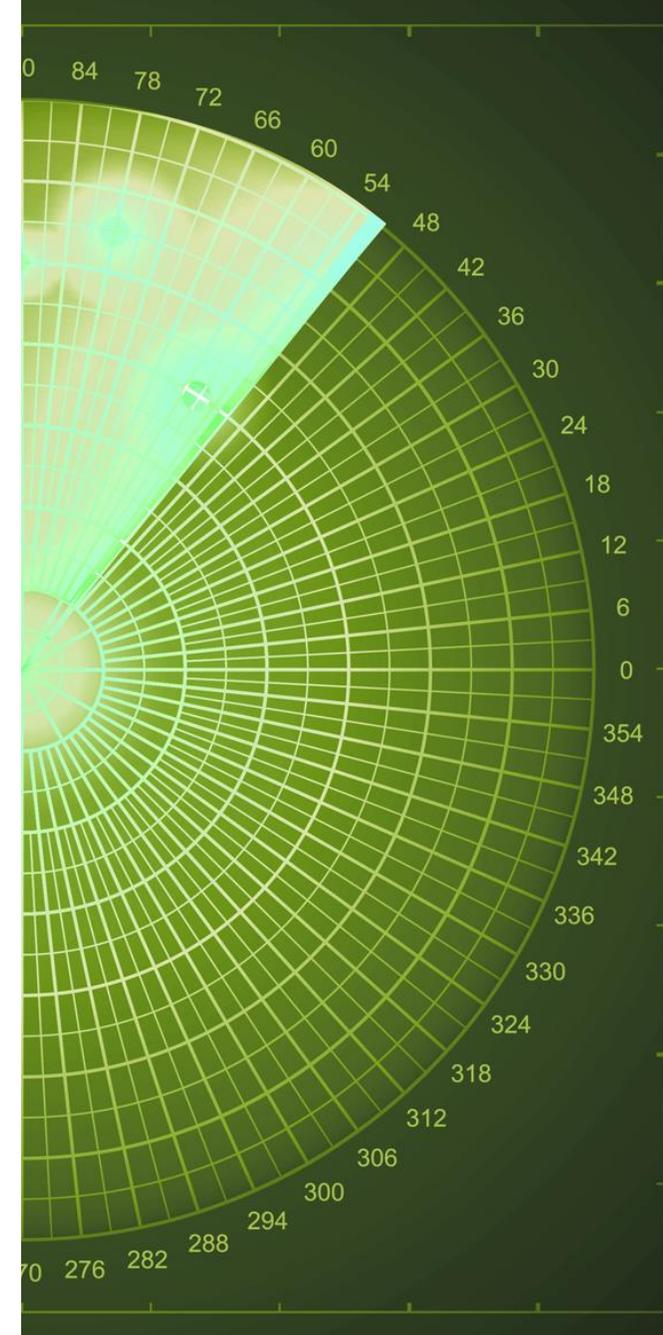
- › Politische/regulatorische Hemmnisse
- › Protektionismus von vorhandenen Strukturen
- › Thematische Verzettelung auf zu viele Maßnahmen und Aktionen
- › Fehlende Beteiligung der Bevölkerung
- › Mangelnde Vision für die gemeinsame Aufgabe der Region



## KEY FINDINGS

### Erfolgsfaktoren („Must-haves“)

- › **Thermische Sanierung** und Modernisierung von Gebäuden in der Region
- › **Grüne Fernwärme** (KWK-Gas, Solarthermie, Geothermie)
- › **Ansiedlung von Dienstleistungen** (Sanierung, PV-Bau, Wind, PtG-Bau)
- › **PV- und Windausbau**, nicht nur auf den Tagebauflächen
- › **Flexibilisierung von Last** (Demand Side Management) fördern/ermöglichen (Dienstleistungen)
- › Prüfung der Errichtung eines Groß-Batteriespeichers, um EE zu speichern und Regelenergie bereitzustellen
- › Großskalige **PtG-Pilot-Anlage** im Revier
- › Machbarkeitsstudie und Planung eines **Wasserstoff-GuD-Kraftwerks**
- › Machbarkeitsstudie und Planung **großskaliger Brennstoffzellen** (mit/ohne KWK)
- › Prüfung der Ansiedlung von **Forschungseinrichtungen** (z. B. bezüglich der Versorgungssicherheit)



## AGENDA

1. Motivation für die Untersuchung des Energiesystems der Zukunft im Rheinischen Revier
2. Zielsetzung und Aufbau der Studie
3. Studienergebnisse
4. Key-Findings der Studie



E N E R G I E .

Energiemarktmodelle & Preisprognosen  
Portfolio- & Risikomanagement  
Vertrieb

Netzinfrastruktur Technik  
Konzessionen

Organisation & Personal  
Unternehmensentwicklung

IT & Datenmanagement  
Digitale Lösungen

Systemanalyse  
Kaufmännische Bewertung  
Transaktionen

Regulierung  
Controlling  
Finanzierung

Erzeugung  
Erneuerbare Energien

**BET**  
**Büro für Energiewirtschaft**  
**und technische Planung GmbH**

Alfonsstraße 44  
D-52070 Aachen  
Telefon +49 241 47062-0  
Telefax +49 241 47062-600

info@bet-energie.de  
www.bet-energie.de

Geschäftsführer:  
Dr. Alexander Kox | Dr. Olaf Unruh

Generalbevollmächtigte:  
Dr. Michael Ritzau | Dr. Wolfgang Zander

Sitz der Gesellschaft: Aachen Registergericht: Aachen  
Handelsregister: HRB 5731  
USt-IdNr.: DE 161524830

Aachener Bank  
IBAN: DE19 3906 0180 0126 2450 17  
BIC: GENODED1AAC

Sparkasse Aachen  
IBAN: DE97 3905 0000 0001 0003 63  
BIC: AACSD33XXX

W E I T E R D E N K E N



www.bet-energie.de