

Dokumentation zum Ariadne-Dialog

Klimaneutrale Industrie ermöglichen: Zwischen wachsendem Strombedarf und neuen CO₂-Infrastrukturen

Siebttes Dialogforum zur Industriewende im Rahmen des
Forschungsprojekts Ariadne am 15. Oktober 2025

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

Ihre Ansprechpersonen für Fragen und Kommentare:

Leitung der Policy Unit: Ann-Katrin Schenk, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung

Leitung des Arbeitspakets Industriewende: Dr. Tobias Fleiter, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Dr. Benjamin Pflüger, Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie, Dr. Falko Ueckerdt, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung

Konzeption und Durchführung des Stakeholder-Dialogs sowie Dokumentation: Daria Ivleva, adelphi (Kontakt: ivleva@adelphi.de), Selina Kohl, adelphi

Herausgegeben von

Kopernikus-Projekt Ariadne
Potsdam-Institut für Klimafolgen-
forschung (PIK)
Telegrafenberg A 31
14473 Potsdam

März 2026

Die vorliegende Ariadne-Dokumentation wurde von den oben genannten Autorinnen und Autoren des Ariadne-Konsortiums ausgearbeitet. Sie spiegelt nicht die Meinung jedes einzelnen Konsortiumspartners vollumfänglich wider.

Einleitung

Am 15. Oktober 2025 fand das siebte Dialogforum zur Industriewende im Rahmen des Forschungsprojekts Ariadne in den Räumlichkeiten des Fraunhofer ENIQ am EUREF-Campus in Berlin statt. Expertinnen und Experten aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft diskutierten über zentrale Herausforderungen und Lösungsansätze für die Transformation der Industrie hin zur Klimaneutralität. Im Mittelpunkt standen die Infrastrukturen für den Wasserstoffhochlauf und die CO₂-Abscheidung, Transport und Nutzung sowie die Elektrifizierung der Prozesswärme. Das Dialogforum verband fachliche Impulse, offene Diskussion und den Austausch von Erfahrungen aus unterschiedlichen Branchen, um konkrete Handlungsräume für Politik und Praxis auszuloten.

Input I: Wasserstoff: Wie ist der Stand bei Kernnetz und Co.?

Dr. Benjamin Pfluger vom Fraunhofer IEG stellte die aktuelle Entwicklung des Wasserstoffhochlaufs und die Herausforderungen für die Infrastrukturplanung dar. Er betonte, dass der „Wasserstoff-Hype“ das Ergebnis einer neuen Allianz zwischen Gasbranche, Industrie und Umweltakteuren sei. Trotz grundlegender politischer Weichenstellungen – wie die Genehmigung des Wasserstoff-Kernnetzes und das Wasserstoff-Beschleunigungsgesetz – blieben entscheidende Fragen offen.

Ein zentrales Problem sei die **Unsicherheit hinsichtlich der Planung und der Energiekosten**: Projekte werden abgesagt oder verzögert; aktuelle Berechnungen¹ korrigieren die bisher unterschätzten Systemkosten und unrealistischen Strompreisannahmen nach oben (s. Abbildung 1). Zudem variierten die Bezugskosten für Wasserstoff stark je nach Nachfrageprofil. Während der Wasserstoffhochlauf ein angemessenes Netz benötige, zeige sich zunehmend, dass das **auch Netz auf ausreichend Wasserstoff angewiesen** ist. Die derzeitige Planung des Kernnetzes sei vermutlich **zu groß dimensioniert** angesichts des hinter den Erwartungen bleibenden Hochlaufs von grünem Stahl und der chemischen Industrie. Gleichzeitig veranschaulichte das Projekt Stegra (ehemals H2 Green Steel) in Schweden, wie mit geringerer staatlicher Unterstützung eine große integrierte Elektrolyse-Anlage aufgebaut und eine stabile Nachfrage geschaffen werden kann (über Abnahmeverträge mit Unternehmen wie Mercedes-Benz, IKEA und Microsoft).

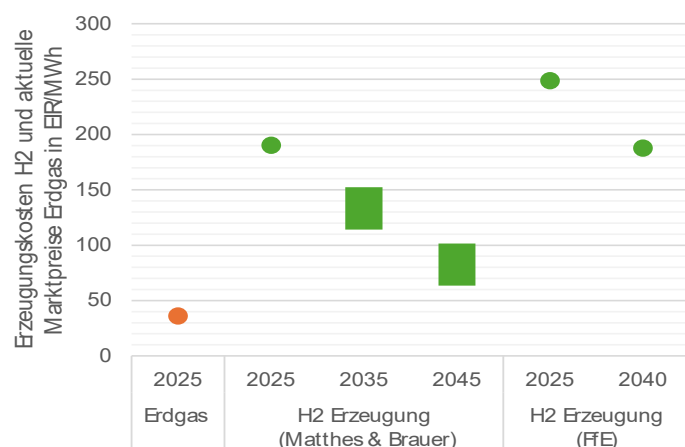


Abbildung 1: Zwei aktuelle Studien ergeben höhere H₂-Erzeugungskosten als bisher oft angenommen (Quelle: Fraunhofer IEG)

¹ Zwei aktuelle Studien (Juni 2025) wurden zitiert: „Wasserstoff-Erzeugungskosten. Determinanten, Stand und Perspektiven“ von Öko-Institut & Deloitte sowie „Von der Theorie zur Praxis: Warum grüner Wasserstoff teurer ist als gedacht“ von FfE; s. Abbildung 1.

Pfluger plädierte daher für eine **ehrlliche Erwartungshaltung, eine Schärfung des Fokus und eine langfristige, finanziell abgesicherte Strategie**. Die politische Steuerung sollte eine nachhaltige Entwicklung des Wasserstoffmarktes und der Infrastruktur gewährleisten.

Input II: Robuste CO₂-Transportinfrastruktur für den Hochlauf eines CCUS-Systems

Dr. Marius Neuwirth vom Fraunhofer ISI präsentierte die aktuellen Entwicklungen und Herausforderungen beim Aufbau einer robusten Infrastruktur für den Hochlauf eines Systems für Abscheidung, Nutzung und Speicherung von CO₂ in Deutschland. Er unterstrich, dass **schwer vermeidbare CO₂-Quellen** in der Industrie – insbesondere in der Zement- und Kalkherstellung sowie in Müllverbrennungsanlagen – eine CO₂-Abscheidung und -Speicherung erfordern. Auch die Nutzung von **CO₂ als Rohstoff** für die Herstellung von Methanol und anderen petrochemischen Grundstoffen werde zunehmend relevant. Die Schließung des CO₂-Kreislaufs – etwa durch *Carbon Capture and Utilization (CCU)* und die Einbindung biogener Quellen für Negativemissionen – sei für eine langfristig klimaneutrale Industrie essenziell. Internationale Kooperationen, gemeinsame Nutzung von Speichern und die Entwicklung von CO₂-Hubs (beispielsweise Wilhelmshaven) seien zentrale Bausteine. Die Offshore-Speicherung, etwa in der Nordsee, rücke dabei besonders in den Fokus.

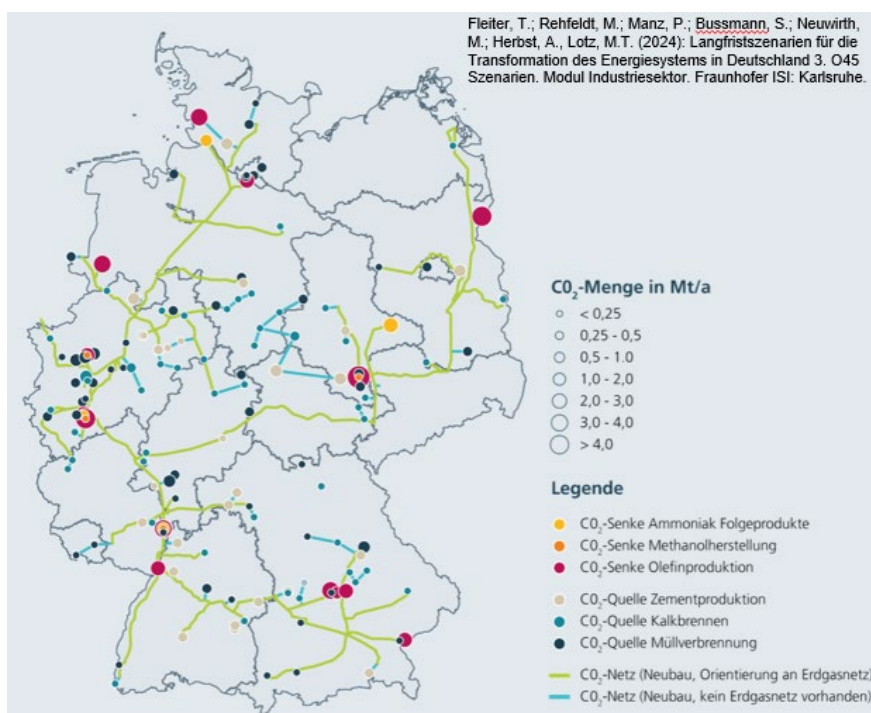


Abbildung 2: Netztopologie und Anschlussstruktur eines möglichen CO₂-Netzes in Deutschland 2045
(Quelle: Fraunhofer ISI)

Die Abbildung 2 zeigt die Netztopologie eines möglichen CO₂-Netzes im Jahr 2045. Sie veranschaulicht die Gesamtlänge von etwa **6000 km** und den Investitionsbedarf von über **20 Milliarden Euro**. So könnten alle großen Zementwerke, Kalkwerke und Müllverbrennungsanlagen an das Netz angeschlossen und **Grenzübergangspunkte und CO₂-Hubs** integriert werden. Die Szenario-Annahmen beeinflussten die Netztopologie maßgeblich,

insbesondere die transportierten Mengen und die Anzahl der Grenzübergangspunkte. Lokale Cluster und zusätzliche Systemkomponenten könnten die Kosten reduzieren, wobei die Unsicherheiten bei Quellen und Senken weiterhin groß sind. Die Zielsetzung der aktuellen Ariadne-Arbeiten ist es, den zukünftigen Bedarf für eine CO₂-Pipeline-Infrastruktur zu konkretisieren und damit Politik und Wirtschaft Orientierung für den Hochlauf des CO₂-Systems zu geben. Die Herausforderung liege darin, ein „**robustes minimum-regret CO₂-Netz**“ bis 2035 zu entwerfen, das langfristige Optionen bei hohen Unsicherheiten offenhält und Anpassungen ermöglicht.

Diskussion: Wasserstoffhochlauf und CO₂-Infrastruktur – Herausforderungen und Perspektiven

Die Diskussion nahm die Herausforderungen und Wechselwirkungen von Wasserstoffhochlauf und CO₂-Infrastruktur in den Blick. Zentral war die Frage, wie die Entwicklung von Wasserstoff- und CO₂-Netzen besser aufeinander abgestimmt werden kann. Die Teilnehmenden brachten an, dass die Infrastrukturplanung häufig ambitionierter erfolge als der tatsächliche Hochlauf in der Industrie. Die **Gefahr von Überdimensionierung, Leerstand und Fehlinvestitionen** wurde mehrfach angesprochen. Eine flexible, schrittweise Entwicklung, die sich eng an den realen Bedarf und die Marktentwicklung anlehnt, sei sowohl beim Wasserstoff-Kernnetz als auch bei CO₂-Infrastrukturen notwendig. Pflüger plädierte dafür, die Erfahrungen aus dem Wasserstoff-Kernnetzprozess für die CO₂-Infrastruktur zu nutzen und mehr organisches Wachstum zuzulassen. Neuwirth ergänzte, dass die Unsicherheiten in Bezug auf die Mengen, die Speicheroptionen und die zukünftigen Anforderungen sowohl beim Wasserstoff als auch beim CO₂ **eine hohe Anpassungsfähigkeit der Infrastruktur** erfordern. Kontinuierliche Weiterentwicklung von Szenarioanalysen und eine enge Abstimmung mit der Industrie sollten dazu beitragen.

Die Teilnehmenden waren sich einig, dass die Investitionssicherheit und die Frage nach **langfristig tragfähigen Geschäftsmodellen** für den Erfolg beider Infrastrukturarten entscheidend sind. Es wurde auf die hohen Kosten für Transport und Speicherung hingewiesen, die in den vorgestellten Analysen transparent gemacht wurden. Die Teilnehmenden forderten stabile regulatorische Vorgaben und eine klare politische Steuerung, um die erforderlichen Investitionen auszulösen und die Wirtschaftlichkeit der Transformation zu sichern. **Synergien** zwischen Wasserstoff- und CO₂-Infrastruktur wurden als wichtiger Hebel identifiziert, um Kosten und Komplexität zu reduzieren. **Cluster-Ansätze** und die Nutzung bestehender Infrastrukturen könnten dazu beitragen, die Anschlussfähigkeit verschiedener Industriestandorte zu gewährleisten. Gleichzeitig wurden **potenzielle Trade-Offs** und Konkurrenzsituationen zwischen beiden Systemen diskutiert, etwa bei der Nutzung von Speichern oder beim Aufbau von Transportnetzen. Abschließend herrschte Konsens, dass die **zusammengedachte Entwicklung** von Wasserstoff- und CO₂-Infrastrukturen eine zentrale Voraussetzung für die Erreichung der Klimaziele und die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie ist.

Input III: Elektrifizierung der Prozesswärme

Dr. Tobias Fleiter (Fraunhofer ISI) stellte in seinem Input die wichtigsten Erkenntnisse und Herausforderungen zur Elektrifizierung der industriellen Prozesswärme vor. Im Zentrum stand die Frage, **welche Strompreise und regulatorischen Rahmenbedingungen** notwendig sind, um eine wettbewerbsfähige und klimaneutrale Industrie zu ermöglichen. Fleiter zeigte zunächst die **große Bandbreite industrieller Anwendungen** auf, mit unterschiedlichsten Durchsätzen, Energiebedarfen und Prozesstemperaturen. Diese Diversität mache eine pauschale Elektrifizierungsstrategie schwierig und verlange nach differenzierten Lösungen für verschiedene Branchen und Prozesse.

Die Wirtschaftlichkeit der Vollelektrifizierung hänge stark vom Industriestrompreis ab. Fleiter zeigte, dass sich eine Vollelektrifizierung für die meisten Anwendungen bei den aktuellen Strom- bzw. Erdgaspreisen sowie bei einem CO₂-Preis von 75 Euro pro Tonne nicht rechnet. Erst **wenn der Strompreis auf ein ähnliches Niveau sinke wie der Erdgaspreis (inklusive CO₂-Kosten)** oder hohe Effizienzgewinne – etwa durch Wärmepumpen – realisiert werden, werde Elektrifizierung attraktiv. Die Bandbreite solcher „Break-Even“-Strompreise liege für die meisten Anwendungen zwischen **50 und 100 Euro pro MWh**, für Wärmepumpen auch höher (s. Abbildung 3).

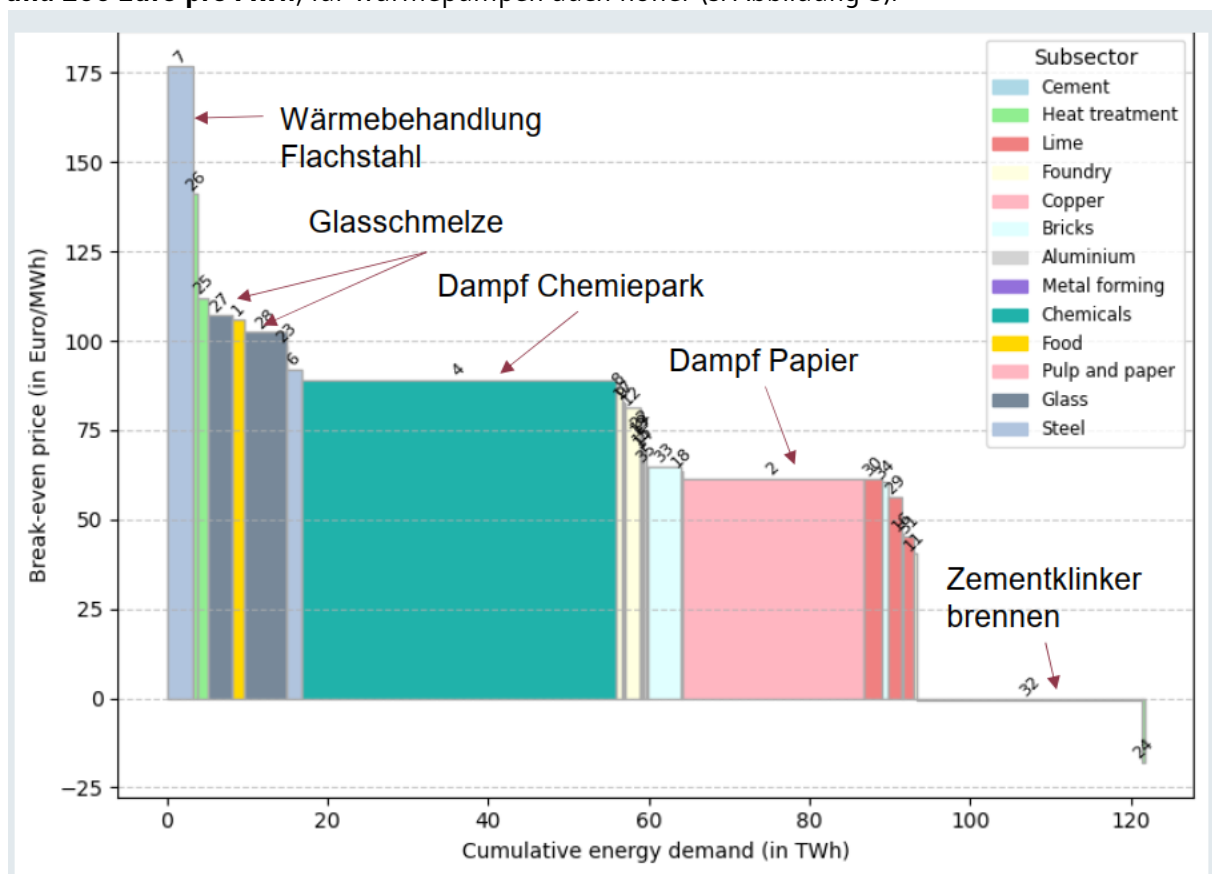


Abbildung 3: Die „Break-even“-Strompreise für unterschiedliche Subsektoren zeigen die Wirtschaftlichkeit von Elektrifizierung der Prozesswärme gegenüber Erdgas (Quelle: Fraunhofer ISI)

Als pragmatischen Einstieg empfahl Fleiter **hybride, flexible Prozesswärme-Lösungen**: Diese senkten bereits heute CO₂-Emissionen gegenüber gasbasierten Systemen deutlich und könnten

einen wichtigen Beitrag zur Integration erneuerbarer Energien leisten. Es zeige sich zudem, dass **atypische Netznutzung und gezielte Netzentgelterleichterungen** entscheidend seien, um die Elektrifizierung wirtschaftlich darstellbar zu machen.

Für eine Strategie zur klimaneutralen und wettbewerbsfähigen Prozesswärme brauche es neben einem robusten Industriestrompreis und CO₂-Preis Lösungen für schwer elektrifizierbare Prozesse wie Stahl- und Zementindustrie, Wasserstoff, CO₂-Abscheidung und Biomasse. Unterstützende Maßnahmen sollten den Aufbau von Kompetenzen, die Demonstration technologischer Reife und die Modernisierung des Anlagenparks umfassen. Kurzfristig sollten Netzentgelte reformiert, Förderbedingungen angepasst und Netzanschlussanfragen priorisiert werden.

Diskussionsrunde: Elektrifizierung der Prozesswärme

Im Anschluss an den Input wurden die technischen, wirtschaftlichen und regulatorischen Hürden der für eine klimaneutrale Industrie notwendigen Elektrifizierungslösungen diskutiert. Ein zentrales Thema war die Vielfalt der industriellen Anwendungen und die daraus resultierenden unterschiedlichen Anforderungen. Vertreterinnen und Vertreter der Industrie betonten, dass insbesondere energieintensive Unternehmen vor der Herausforderung stehen, die Wirtschaftlichkeit von Investitionen in elektrische Prozesswärme sicherzustellen. Die derzeitigen Industriestrompreise bremsten Investitionen in Elektrifizierung. Die Diskussion unterstrich erneut, dass die Wirtschaftlichkeit stark von den Strompreisen und den Netzentgelten abhängt. Mehrere Teilnehmende unterstützten die **hybride Prozesswärme** als wirtschaftlich sinnvollen Einstieg in die Transformation. Besonders die Möglichkeit, bestehende gasbasierte Systeme mit Elektrodenkesseln zu ergänzen, wurde als praktikabel bewertet. Die reduzierten Netzentgelte und regulatorische Ausnahmeregelungen wurden jedoch als notwendig angesehen.

Die Frage nach der **Flexibilität der Industrieprozesse** wurde intensiv diskutiert. Es wurde deutlich, dass eine flexible Anpassung der Produktion an die Strompreissignale nicht in allen Branchen und Prozessen gleichermaßen möglich ist. Besonders für kontinuierlich laufende Anlagen oder Hochtemperaturprozesse sind die Möglichkeiten zur Flexibilisierung oft begrenzt. Gleichzeitig wurde betont, dass **Speicherlösungen und intelligente Steuerungssysteme** einen wichtigen Beitrag zur Integration erneuerbarer Energien und zur Senkung der Emissionen leisten können.

Ein wiederkehrendes Thema war die Bedeutung von Planungssicherheit und langfristigen Rahmenbedingungen für die Industrie. Die Teilnehmenden forderten eine verlässliche, transparente und langfristig ausgerichtete Politik. Es wurde angeregt, die **Reform der Netzentgelte und die Entwicklung eines robusten Industriestrompreises** weiter voranzutreiben, um die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie im internationalen Vergleich zu stärken. Weiterhin wurden in der Diskussion auch die Rolle von **Förderprogrammen**, die Notwendigkeit von **Demonstrationsprojekten** und der Aufbau von **Kompetenzen** in den Unternehmen hervorgehoben.

Feedback und Ausblick

In der abschließenden Feedbackrunde hoben die Teilnehmenden hervor, wie wichtig eine realistische Einschätzung der wirtschaftlichen und technischen Herausforderungen für die Transformation der Industrie sei. Besonders die **Diskussionen zu den Unsicherheiten bei Wasserstoff- und CO₂-Infrastruktur sowie zu den Strompreisen und Netzentgelten** bei der Elektrifizierung wurden als zentral und praxisnah bewertet. Es wurde betont, dass die Verzahnung von Infrastrukturplanung, politischen Rahmenbedingungen und Innovationsförderung entscheidend für den Erfolg der Industriewende sei.

Die Teilnehmenden sprachen sich für eine stärkere Abstimmung zwischen Politik, Wirtschaft und Forschung aus. Mit Blick auf die nächsten Schritte wurde angeregt, die **Synergien zwischen Wasserstoff-, CO₂- und Elektrifizierungsstrategien** weiter auszuloten und die **Entwicklung von Leitmärkten** sowie die **Reform der Netzentgelte** voranzutreiben. Die Bedeutung von **Flexibilität und Anpassungsfähigkeit der Infrastruktur** wurde ebenso hervorgehoben wie die Notwendigkeit, regulatorische Hürden frühzeitig zu adressieren.

Die gewonnenen Erkenntnisse bringen die Ariadne-Forschenden in ihre aktuellen Arbeiten ein. Der zwischen mit den Stakeholder-Organisationen wird mit dem nächsten Dialogforum im 1. Halbjahr 2026 sowie in weiteren Formaten des Forschungsvorhabens fortgesetzt.



Der rote Faden durch die Energiewende: Das Kopernikus-Projekt Ariadne führt durch einen gemeinsamen Lernprozess mit Politik, Wirtschaft und Gesellschaft, um Optionen zur Gestaltung der Energiewende zu erforschen und politischen Entscheidern wichtiges Orientierungswissen auf dem Weg zu einem klimaneutralen Deutschland bereitzustellen.

Folgen Sie dem Ariadnefaden:



@ariadneprojekt.bsky.social



Kopernikus-Projekt Ariadne



ariadneprojekt.de

Mehr zu den Kopernikus-Projekten des BMFTR auf kopernikus-projekte.de

Wer ist Ariadne? In der griechischen Mythologie gelang Theseus durch den Faden der Ariadne die sichere Navigation durch das Labyrinth des Minotaurus. Dies ist die Leitidee für das Energiewende-Projekt Ariadne im Konsortium von 26 wissenschaftlichen Partnern. Wir sind Ariadne:

adelphi | Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg (BTU) | Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) | Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) | Ecologic Institute | Forschungsinstitut für Nachhaltigkeit – Helmholtz-Zentrum Potsdam (RIFS) | Fraunhofer Cluster of Excellence Integrated Energy Systems (CINES) | Hertie School | ifo Institut – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München | Institut der deutschen Wirtschaft Köln | Julius-Maximilian-Universität Würzburg | Öko-Institut | Potsdam-Institut für Klima-folgenforschung (PIK) | RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung | Stiftung Umweltenergierecht | Stiftung Wissenschaft und Politik | Technische Universität Berlin | Technische Universität Darmstadt | Technische Universität München | Technische Universität Nürnberg | Universität Duisburg-Essen | Universität Greifswald | Universität Hamburg | Universität Potsdam | Universität Stuttgart – Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) | ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung