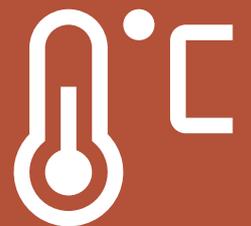




**WASSERSTOFF
KOMPASS**

ENERGIEVERSORGUNG

Prozesswärme





WASSERSTOFF KOMPASS

ÜBERGREIFENDE ASPEKTE

- Regulatorischer Rahmen
- Zielgerichteter H₂-Einsatz
- Fachkräftesicherung
- Akzeptanz und Sicherheit
- Klima und Ressourcen

BEREITSTELLUNG

- H₂-Erzeugung
- H₂-Import
- Infrastruktur

INDUSTRIEZWEIGE

- Stahlindustrie
- Chemische Industrie
- Raffinerien
- Zementindustrie
- Glasindustrie

MOBILITÄT UND TRANSPORT

- Kraftfahrzeuge
- Schifffahrt
- Luftverkehr
- Schienenverkehr

ENERGIEVERSORGUNG

- Gebäudewärme
- Prozesswärme**
- Stromsystem

GLOSSAR

1 Generelle Aspekte der Prozesswärme

- 2 Eingesetzte Energieträger
- 3 Benötigte Temperaturniveaus
- 4 Notwendigkeit einer branchen- und prozessspezifischen Betrachtung
- 5 Versorgungssicherheit

6 Literatur

Prozesswärme

- > Die Industrie hat den größten Energiebedarf an Prozesswärme (etwa 472 Terawattstunden). Aber auch andere Sektoren müssen berücksichtigt werden.
- > Je nach Anwendungen werden unterschiedliche Temperaturniveaus benötigt. Daher muss eine branchen- und prozessspezifische Betrachtung bei der Umstellung der Wärmebereitstellung erfolgen.
- > Bei allen Optionen gilt es zu berücksichtigen, dass aktuell eingesetzte kohlenstoffhaltige Brennstoffe teilweise auch als Hilfsstoffe fungieren. In solchen Fällen ist eine Dekarbonisierung (=vollständige Vermeidung von Kohlenstoff) nicht möglich.

Generelle Aspekte der Prozesswärme

Prozesswärme bezeichnet Wärme, die für Vorgänge (Prozesse) wie Trocknen, Backen oder Schmelzen benötigt wird. Der größte Bedarf für Prozesswärme fällt in industriellen Prozessen an. Im Jahr 2021 belief sich der Energiebedarf der Industrie für Prozesswärme auf etwa 472 Terawattstunden. Den größten Energiebedarf für Prozesswärme hatten die Metallerzeugung und -bearbeitung mit insgesamt etwa 140 Terawattstunden gefolgt von der chemischen Industrie mit etwa 125 Terawattstunden. Im Gegensatz dazu wurden für die Gewinnung von Steinen und Erden nur etwa zwei Terawattstunden benötigt.^[2]

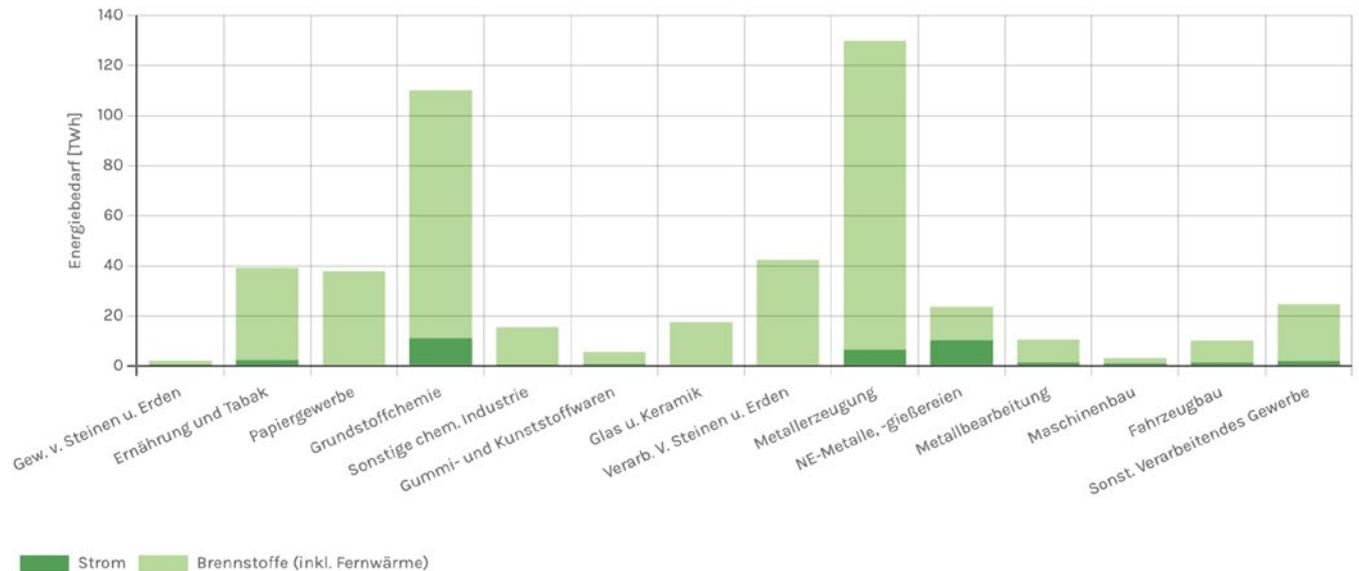
Eingesetzte Energieträger

Neben der Industrie ist der Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) ein Bezieher von Prozesswärme, auch wenn dessen Anteil im Vergleich zur Industrie eher gering ausfällt. Im Jahr 2021 fiel für den Sektor GHD ein Prozesswärmebedarf von etwa 31,8 Terawattstunden an.^[2]

Der aktuelle Energiebedarf für Prozesswärme wird primär aus der Nutzung von fossilen Brennstoffen gedeckt. Den größten Anteil stellen wie Erdgas (40,5 Prozent) sowie Stein- und Braunkohle (23,8 Prozent). Teilweise wird der Wärmebedarf aber auch über Fernwärme (9,1 Prozent) oder Strom (7,7 Prozent) gedeckt.^[2] Allerdings kann sich der Brennstoffmix je nach Industriezweig und Prozess stark unterscheiden. So werden beispielsweise in der Zementindustrie insbesondere alternative Brennstoffe wie Siedlungsabfälle oder Klärschlamm genutzt.

Energiebedarf für Prozesswärme

Aufschlüsselung nach verschiedenen Industriezweigen (insgesamt etwa 472 TWh)^[2]

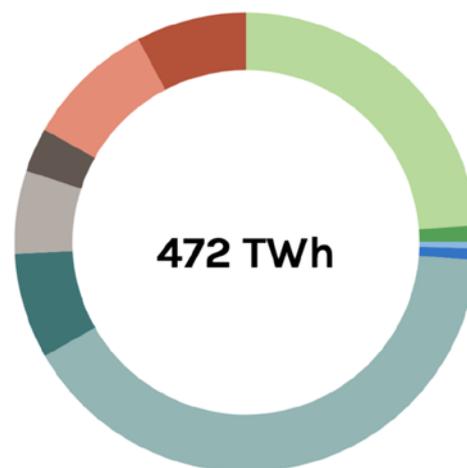


Benötigte Temperaturniveaus

Oftmals wird zwischen Niedertemperatur (< 100 Grad Celsius), Mitteltemperatur (100 bis 500 Grad Celsius) und Hochtemperatur (> 500 Grad Celsius) unterschieden. Je nach Energieträger sind dabei verschiedene Temperaturniveaus zugänglich. Fossile Brennstoffe wie Erdgas oder Stein- und Braunkohle, biobasierte Brennstoffe wie Holz oder synthetische Gase wie Wasserstoff und synthetisches Methan bieten den Vorteil, dass sämtliche Temperaturniveaus zugänglich sind.^[4] Im Gegensatz dazu wird durch Fernwärme typischerweise Wärme im Bereich von 80 bis 130 Grad Celsius bereitgestellt.^[5] Einen Sonderfall bildet der Einsatz von (erneuerbarem) Strom. Hier hängt es von der eingesetzten/verfügbaren Technologie ab, welche Temperaturniveaus strombasiert zugänglich sind.

Dies gilt es zu berücksichtigen, denn je nach Art der Anwendung werden unterschiedliche Temperaturniveaus benötigt. So wird beispielsweise im Papier- und Ernährungsgewerbe nur Prozesswärme im Bereich von bis zu 500 Grad Celsius benötigt. Im Gegensatz dazu werden in der Metallherzeugung und -bearbeitung, aber auch im Glas- und Keramikgewerbe Temperaturen über 1.000 Grad Celsius benötigt. Die nachfolgende Darstellung bietet einen Überblick über die benötigten Temperaturniveaus in verschiedenen Industriezweigen.^[1]

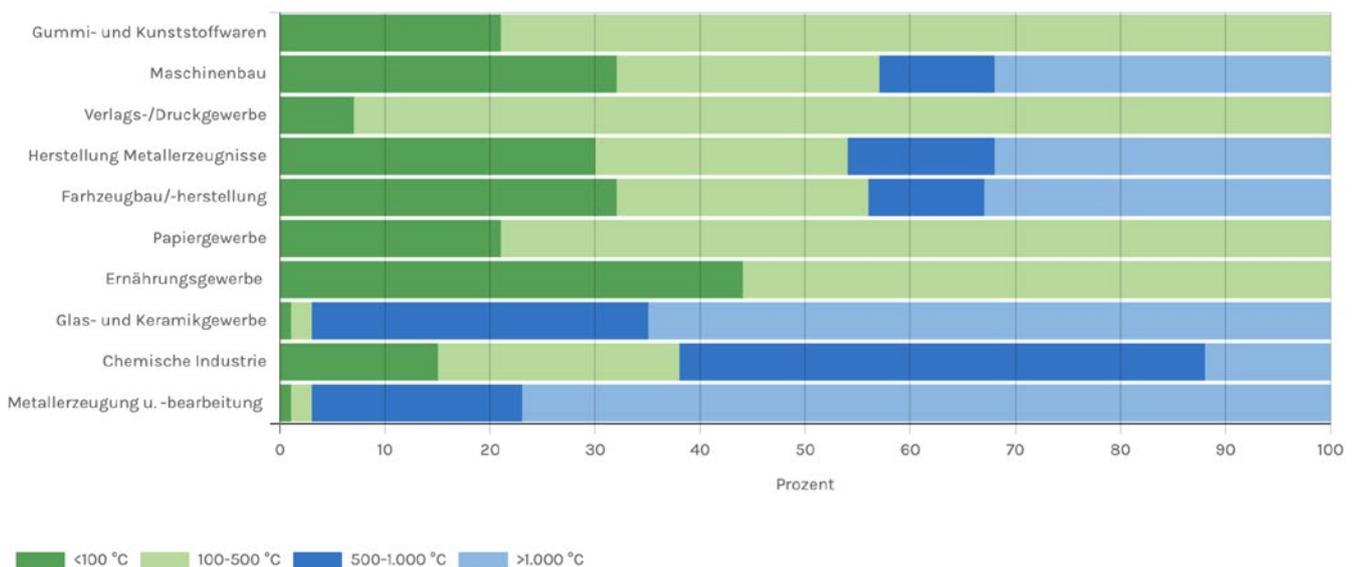
Energiebedarf für Prozesswärme
Aufschlüsselung nach Energieträgern^[2]



Notwendigkeit einer branchen- und prozessspezifischen Betrachtung

Wie oben bereits dargestellt müssen je nach Industriezweig und Anwendung unterschiedliche Temperaturniveaus und Energiebedarfe gedeckt werden.

Industrieller Wärmebedarf nach Wirtschaftszweigen
 Nach Temperaturniveau in Grad Celsius. Quelle: Adaptiert von [1]



Darüber hinaus kommt Brennstoffen in einigen Fällen eine zusätzliche Funktion als Hilfsstoff zu. Das bedeutet, dass sie teilweise nicht nur rein energetisch genutzt werden. Zu nennen ist beispielsweise der Einsatz von Koks Kohle bei der Stahlerzeugung, da die Kohle dort sowohl als Brennstoff als auch als Reduktionsmittel dient.^[3] Dies verdeutlicht, dass es keine universelle Lösung für den Ersatz fossiler Brennstoffe geben kann. Stattdessen werden immer branchen- und prozessspezifische Lösungen benötigt:

- > Die hohen Temperaturen, die zur Stahlerzeugung erforderlich sind, können auch durch synthetische Gase bereitgestellt werden. In einigen Fällen sind auch strombasierte Technologien möglich, etwa bei der Nutzung eines Elektrolichtbogenofens. Für eine großflächige Umstellung der fossilbetriebenen Hochöfe wird jedoch ein technologischer Wechsel auf die Eisendirektreduktion unvermeidbar sein.

- › Für die Bereitstellung von Temperaturen von 1.450 bis 1.650 Grad Celsius in den Schmelzwannen bei der Glasherstellung kommt aktuell vorwiegend Erdgas zum Einsatz. Potenziell kann die benötigte Prozesswärme in den Schmelzwannen über erneuerbaren Strom, über synthetische Gase (Wasserstoff oder synthetisches Methan) oder über Biogas bereitgestellt werden.
- › In der Zementherstellung werden ebenfalls Temperaturen oberhalb von 1.000 Grad Celsius benötigt, um den Kalkstein im Kalzinator aufzuarbeiten. Aktuell werden hierfür Großteils alternative Brennstoffe wie Siedlungsabfälle oder Klärschlamm genutzt. Ein großskaliger Ersatz durch Wasserstoff und andere synthetische Gase ist hier nicht notwendig und absehbar nicht wirtschaftlich.
- › In der chemischen Industrie können Prozesse zur Erzeugung von Prozessdampf im Bereich bis zu dreihundert Grad Celsius auf strombasierte Prozesse umgestellt werden, zum Beispiel durch den Einsatz von (Hochtemperatur-)Wärmepumpen oder Elektrodenkesseln. Für die Bereitstellung von Prozesswärme oberhalb von 300 Grad Celsius bedarf es Alternativen zu den bisher primär erdgasbefeuerten Verfahren. Dies kann über die energetische Nutzung von Biomasse oder synthetischen Gasen (Wasserstoff oder synthetisches Methan) erfolgen. Der Einsatz strombasierter Cracker zur Naphthaaufbereitung wird zudem im Demonstrationsmaßstab getestet.

Versorgungssicherheit

Der Bedarf an Prozesswärme wird auch zukünftig bestehen bleiben und ist ein elementarer Aspekt sowohl für den Erhalt des deutschen Industriestandorts als auch für den Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen. Eine Umstellung der Prozesswärmebereitstellung weg von fossilen Rohstoffen könnte zudem dazu beitragen, Importabhängigkeiten zu reduzieren.

Literatur

- [1] **Agentur für erneuerbare Energien e. V. (2017):** Industrieller Wärmebedarf nach Wirtschaftszweigen (Grafik). <https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/industrieller-waermebedarf-nach-wirtschaftszweigen>
- [2] **AG Energiebilanzen (2022):** Erstellung von Anwendungsbilanzen für die Jahre 2021 bis 2023 für die Sektoren Industrie und GHD. https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2021/02/Anwendungsbilanz_Industrie_2021_final_20221222.pdf
- [3] **Carbon Management Strategie NRW (2021):** Kohlenstoff kann Klimaschutz. https://www.wirtschaft.nrw/sites/default/files/documents/mwide_carbon_management_strategie_barrierefrei.pdf
- [4] **IN4Climate.NRW (2021):** Industrierwärme Klimaneutral: Strategien und für die Transformation. https://www.energy4climate.nrw/fileadmin/Service/Publikationen/Ergebnisse_IN4climate.NRW/2021/diskussionspapier-klimaneutrale-waerme-industrie-cr-in4climatenrw.pdf
- [5] **RP-Energie-Lexikon:** Fernwärme. <https://www.energie-lexikon.info/fernwaerme.html>



Beteiligte Institutionen

DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

acatech Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V.

acatech berät Politik und Gesellschaft, unterstützt die innovationspolitische Willensbildung und vertritt die Technikwissenschaften international. Ihren von Bund und Ländern erteilten Beratungsauftrag erfüllt die Akademie unabhängig, wissenschaftsbasiert und gemeinwohlorientiert. acatech verdeutlicht Chancen und Risiken technologischer Entwicklungen und setzt sich dafür ein, dass aus Ideen Innovationen und aus Innovationen Wohlstand, Wohlfahrt und Lebensqualität erwachsen. acatech bringt Wissenschaft und Wirtschaft zusammen. Die Mitglieder der Akademie sind herausragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Ingenieur- und den Naturwissenschaften, der Medizin sowie aus den Geistes- und Sozialwissenschaften. Die Senatorinnen und Senatoren sind Persönlichkeiten aus technologieorientierten Unternehmen und Vereinigungen sowie den großen Wissenschaftsorganisationen. Neben dem acatech FORUM in München als Hauptsitz unterhält acatech Büros in Berlin und Brüssel.

www.acatech.de

Gesellschaft für Chemische Technik
und Biotechnologie e.V.

DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.

Die DECHEMA ist das kompetente Netzwerk für chemische Technik und Biotechnologie in Deutschland. Sie vertritt als gemeinnützige Fachgesellschaft diese Gebiete in Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft. Die DECHEMA fördert den technisch-wissenschaftlichen Austausch von Fachleuten unterschiedlicher Disziplinen, Organisationen und Generationen und bündelt das Know-how von über 5.500 Einzel- und Fördermitgliedern. Sie engagiert sich in (inter-)nationalen technischen Expertengremien und ist in öffentlich geförderten F&E-Projekten sowie der Auftragsforschung aktiv. Dabei koordiniert sie große Forschungsverbände und ist in verschiedenen Fördermaßnahmen für die Begleitforschung verantwortlich.

www.dechema.de

Autor*innen

- > **Dr. Jens Artz**
Teamleiter DECHEMA
- > **Dr. Benjamin Baur**
Referent Stakeholder-Dialog acatech
- > **Marie Biegel**
Studentische Hilfskraft acatech
- > **Dr. Dominik Blaumeiser**
Wissenschaftlicher Referent DECHEMA
- > **Jasper Eitze**
Teamleiter acatech
- > **Dr. Alexandra Göbel**
Wissenschaftliche Referentin DECHEMA
- > **Tamara Hanstein**
Wissenschaftliche Referentin DECHEMA
- > **Dr. Christopher Hecht**
Wissenschaftlicher Referent ISEA RWTH Aachen University / acatech
- > **Thomas Hild**
Wissenschaftlicher Referent DECHEMA
- > **Florian Hölting**
Wissenschaftlicher Referent ISEA RWTH Aachen University / acatech
- > **David Knichel**
Wissenschaftlicher Referent acatech
- > **Valerie Kwan**
Referentin Stakeholder-Dialog acatech
- > **Jördis Lemke**
Teamassistentin acatech
- > **Dr. Michaela Löffler**
Wissenschaftliche Referentin DECHEMA
- > **Dr. Andrea Lübcke**
Teamleiterin acatech
- > **Alena Müller**
Referentin Stakeholder-Dialog acatech
- > **Lars Ole Reimer**
Redakteur Multimedia acatech
- > **Dr. Damien Rolland**
Wissenschaftlicher Referent DECHEMA
- > **Anna Runkel**
Studentische Hilfskraft acatech
- > **Emre Yildirim**
Studentische Hilfskraft acatech

Ansprechpartner*innen acatech

- > **Jasper Eitze**
eitze@acatech.de
- > **Dr. Andrea Lübcke**
luebcke@acatech.de

Ansprechpartner*innen DECHEMA

- > **Dr. Jens Artz**
jens.artz@dechema.de
- > **Dr. Michaela Löffler**
michaela.loeffler@dechema.de



WASSERSTOFF KOMPASS

IMPRESSUM

Wasserstoff-Kompass
- Handlungsoptionen für die Wasserstoffwirtschaft

Herausgebende

**acatech – Deutsche Akademie
der Technikwissenschaften e.V.**

Geschäftsstelle
Karolinenplatz 4
80333 München
T +49 (0) 89 / 52 03 09-0
F +49 (0) 89 / 52 03 09-900
info@acatech.de
www.acatech.de

**DECHEMA Gesellschaft für
Chemische Technik und Biotechnologie e.V.**

Theodor-Heuss-Allee 25
60486 Frankfurt am Main
T +49 (0) 69 / 75 64-0
info@dechema.de
www.dechema.de

Geschäftsführendes Gremium des Präsidiums / acatech

Prof. Dr. Ann-Kristin Achleitner, Prof. Dr. Ursula Gather,
Dr. Stefan Oschmann, Manfred Rauhmeier,
Prof. Dr. Christoph M. Schmidt, Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber,
Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner
Vorstand i.S.v. § 26 BGB:
Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner,
Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber, Manfred Rauhmeier

Verantwortlicher im Sinne des Presserechts

Dr. Jens Artz, DECHEMA

Redaktion

Jasper Eitze, Dr. Andrea Lübcke / acatech
Dr. Jens Artz, Dr. Michaela Löffler / DECHEMA

Gestaltung und Satz

Lindner & Steffen GmbH, www.lindner-steffen.de

Bildnachweis

AdobeStock: Epic Photos

Die Projektpartner danken dem Bundesministerium
für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) sowie dem
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
für die finanzielle Unterstützung des Vorhabens
(FKZ 03EWT002).

Betreut wurde das Projekt durch den Projektträger Jülich.

Erschienen im März 2024 in Frankfurt am Main

1. Auflage

ISBN 978-3-89746-245-8

www.wasserstoff-kompass.de

Empfohlene Zitierweise

acatech, DECHEMA (Hrsg.): Wasserstoff-Kompass
- Handlungsoptionen für die Wasserstoffwirtschaft,
Frankfurt am Main 2023, ISBN: 978-3-89746-245-8
<https://www.wasserstoff-kompass.de/handlungsfelder#>



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages