

Kurzgutachten

**Strategische Optionen zur Dekarbonisierung und effizienteren Nutzung  
der Prozesswärme und -kälte**

Christian Maaß, Dr. Matthias Sandrock, Gerrit Fuß

Hamburg Institut

Im Auftrag der

HANNOVER MESSE und des

Bundesverband Erneuerbare Energie e.V. (BEE)

05. April 2018



## Inhalt

|   |    |
|---|----|
| 1. Zusammenfassung und Ergebnisse .....   | 3  |
| 2. Einleitung und Fragestellung.....  | 4  |
| 3. Bestandsaufnahme Prozesswärme und -kälte.....                                | 6  |
| 4. Potenziale für Klimaschutz in Prozesswärme/-kälte .....                      | 10 |
| Erneuerbare Energien .....  | 10 |
| Energieeffizienz .....  | 12 |
| Möglichkeiten der Digitalisierung .....   | 13 |
| 5. Investitionshemmnisse in Unternehmen.....                                    | 15 |
| 6. Technische Möglichkeiten zum Einsatz erneuerbarer Energien.....              | 16 |
| Ernährung.....  | 17 |
| Chemie .....  | 18 |
| Grundstoffverarbeitung .....  | 19 |
| Kraftfahrzeug- und Maschinenbau .....   | 20 |
| Hochtemperaturanwendungen .....   | 21 |
| 7. Fahrplan Dekarbonisierung.....   | 22 |
| 8. Politische Steuerungsinstrumente .....                                       | 24 |
| Bepreisung fossiler Brennstoffe (CO <sub>2</sub> -Steuer, Emissionshandel)..... | 24 |
| EU-Energieeffizienzrichtlinie.....  | 25 |
| Energieorientierte Raum- und Bauleitplanung .....                               | 25 |
| Förderung.....  | 26 |

## 1. Zusammenfassung und Ergebnisse

- Prozesswärme und -kälte sind für über 20% des Endenergiebedarfs verantwortlich – sie gehören damit zu den größten Energieverbrauchssektoren in Deutschland. Nach Jahren der Stagnation nimmt der Prozesswärmebedarf in Industrie und Gewerbe seit 2014 wieder zu.
- Lediglich knapp 6% der Prozesswärme werden heute durch erneuerbare Energien erzeugt.
- Trotz der hohen Bedeutung der Prozesswärme und –kälte für die Energiewende ist bisher keine ausreichende Entwicklung zur Dekarbonisierung und effizienteren Nutzung erkennbar.
- Mit der Solarthermie, Geothermie, Biomasse, (Groß-)Wärmepumpen sowie anderen strombasierten Formen der Wärmeerzeugung stehen verschiedene Technologien für die vollständige oder teilweise Dekarbonisierung vieler Prozesse bereit.
- Das wirtschaftlich zu hebende Effizienzpotenzial allein im Brennstoffbereich der Industrie beläuft sich auf ca. 10% des gesamten aktuellen Prozesswärmebedarfs. Mit ansteigenden CO<sub>2</sub>- oder Energiepreisen wächst dieses Potenzial.
- Nicht in den Betrieben nutzbare Abwärme sollte für Dritte nutzbar gemacht werden, z.B. durch Einspeisung in Fernwärmenetze. Mit Großwärmepumpen können dabei auch die bislang zu wenig beachteten Potenziale der Niedertemperatur-Abwärme genutzt werden.
- Mit der Digitalisierung ergeben sich aus den neuen Möglichkeiten zur Messung, Steuerung und Vernetzung von Prozessen zusätzliche Effizienzpotenziale. Auf der Erzeugungsseite entstehen neue Märkte für die „klassischen“ erneuerbaren Technologien und neue Optionen an der Schnittstelle von Wärme- und Strommarkt.
- Als strategische Option bieten sich im Niedertemperatur-Bereich (z.B. in der Nahrungsmittelindustrie) gute Möglichkeiten einer vollständigen Dekarbonisierung durch erneuerbare Energien und begleitende Effizienzmaßnahmen.
- Bei Branchen mit mittleren Temperaturen (z.B. Chemieindustrie, Grundstoffverarbeitung Maschinenbau, Kfz) sollte zunächst auf eine Teil-Dekarbonisierung gezielt werden, bei der erneuerbare Energien in Kombination mit fossilen Energieträgern eingesetzt werden.
- Um auch Hochtemperatur-Anwendungen zu dekarbonisieren, sind verstärkte F&E-Arbeiten nötig. Energieeffizienzmaßnahmen, verstärkte Abwärmenutzung und der Einsatz von Biomasse und Strom in Pilotprojekten können schon heute begonnen werden.
- Um Dekarbonisierungs- und Effizienz-Technologien auf dem Prozesswärme-Markt zum Durchbruch zu verhelfen wird ein Maßnahmenpaket aus Energiesteuern, Energieeinsparverpflichtungen, Änderungen des Planungsrechts und finanziellen Anreizen vorgeschlagen. Durch den Umbau des Fördersystems für Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen in Richtung einer übergreifenden Effizienz- und erneuerbaren Wärme-Förderung sollen schließlich fairere Bedingungen für die verschiedenen Technologien geschaffen werden.

## 2. Einleitung und Fragestellung

Während die Energiewende im Stromsektor voranschreitet, wurde die Wärmewende von der Politik erst in jüngerer Zeit als vordringliches Handlungsfeld identifiziert, obwohl der Wärmesektor mehr als 50 % des Endenergiebedarfs in Deutschland ausmacht.

Innerhalb dieses vernachlässigten Handlungsfeldes wird von der neuen Bundesregierung vor allem der Gebäudebereich in den Blick genommen (Gebäudeenergiegesetz, steuerliche Abschreibungen). Ein hoher Handlungsbedarf besteht jedoch auch im Bereich der Prozesswärme. Nach dem Raumwärmebedarf für die Beheizung der Gebäude ist die Prozesswärme der größte Anwendungssektor. Die benötigte Wärme- und Kälteenergie zum Schmelzen, Trocknen, Reinigen, Kühlen und diverse andere Prozesse macht mehr als 20% des deutschen Endenergiebedarfs aus – und damit fünf Mal so viel wie die Fernwärme.

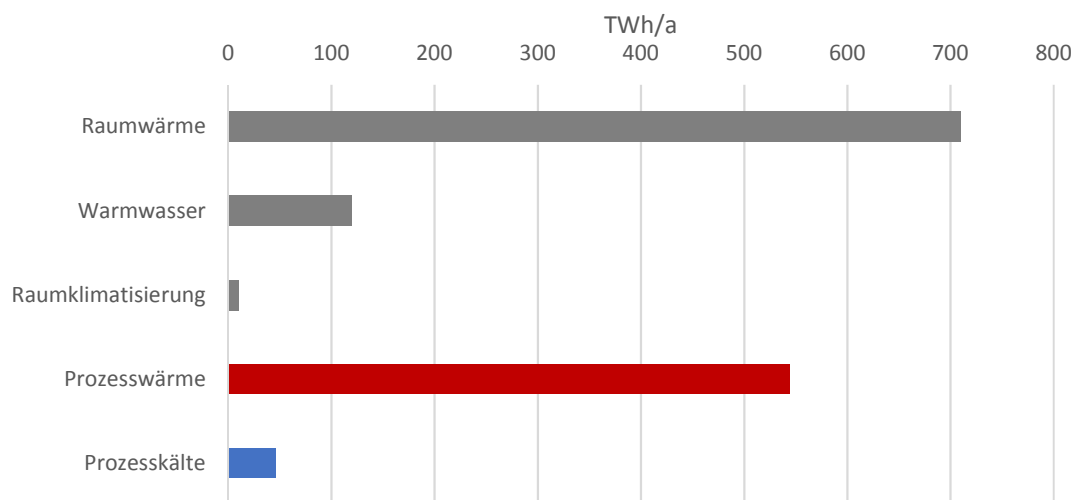


Abbildung 1: Endenergiebedarf nach Anwendungssektoren (Quelle: BMWi 2018: Energiedaten)

Und: Dieser Sektor befindet sich in Deutschland nach wie vor im fossilen Zeitalter. Lediglich knapp 6% der Prozesswärme werden heute durch erneuerbare Energien erzeugt. Auch ein direkter Einsatz erneuerbarer Energien in der Prozesskälte findet faktisch nicht statt. Zudem konnte bislang kein Rückgang des Prozesswärme- und -kältebedarfs durch steigende Effizienz erreicht werden.

Solarthermie, Wärmepumpen, Geothermie und Biomasse könnten aus technischer Sicht schon heute einen großen Beitrag zur Dekarbonisierung des Prozesswärme- und -kältebedarfs leisten. Auch Effizienz und Abwärmenutzung sind relevante Bausteine in diesem Prozess. Um diese Technologien in die Umsetzung zu bringen bedarf es jedoch einer deutlichen Änderung der wirtschaftlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen.

Mit dieser Kurzstudie soll aufgezeigt werden, welche Potenziale für die Dekarbonisierung des Bereichs und eine effizientere Nutzung der Prozesswärme und -kälte bestehen und welche politischen Instrumente umgesetzt werden sollten, um diese Potenziale zu heben.



Im Einzelnen geht die Kurzstudie dabei wie folgt vor:

- Es erfolgt eine Bestandsaufnahme der aktuellen Situation: Stand der Dekarbonisierung und der effizienteren Nutzung von Prozesswärme und –kälte und politische Rahmenbedingungen.
- Die quantitativen Potenziale für erneuerbare Energien und Energieeffizienz werden dargestellt.
- Die technischen Möglichkeiten zum Einsatz verschiedener Formen von erneuerbarer Energien im Bereich Prozesswärme und –kälte werden analysiert.
- Auf dieser Basis wird ein möglicher Fahrplan für die Dekarbonisierung des Sektors entwickelt.
- Sodann werden die maßgeblichen Investitionshemmnisse für die Akteure für die Umsetzung der Dekarbonisierung dargestellt.
- Schließlich werden politische Steuerungsinstrumente entwickelt, die ergriffen werden sollten, um die passenden Rahmenbedingungen für den Dekarbonisierungsprozess zu setzen.

### 3. Bestandsaufnahme Prozesswärme und -kälte

Prozesswärme und -kälte sind für über 20% des deutschen Endenergiebedarfs verantwortlich. Im Jahr 2016 wurden 544 TWh Prozesswärme benötigt, davon 476 TWh in der Industrie. Gleichzeitig lag der Prozesskältebedarf in Industrie und GHD bei 18 TWh.<sup>1</sup>

In Bezug auf den Energiebedarf in der Industrie stellen Prozesswärme und -kälte den bestimmenden Anteil dar. Etwa 67% des Endenergiebedarfs der Industrie und immerhin 10% in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) entfallen auf diese Energieanwendungen. Dabei ist ihr Einsatz weit vielfältiger als ihr Name annehmen lässt.<sup>2</sup>

So wird **Prozesswärme** bei der Bearbeitung von Metallen, für chemische Prozesse, bei der Behandlung und Weiterverarbeitung von unterschiedlichsten Grundstoffen, der Herstellung von Lebensmitteln und Konsumgütern und vielen weiteren Prozessen benötigt. Insbesondere die Metallindustrie, die chemische Industrie und die Glas- und Keramikindustrie haben besonders hohe Prozesswärmebedarfe (siehe Abbildung 2).

Dabei hat jede Anwendung ihr eigenes **Temperaturniveau**. Während manche Prozesse weit über 1.000°C Wärme benötigen, sind für andere Prozesse Temperaturen von lediglich 40°C ausreichend.

Von der Temperatur hängt letztlich auch das **Medium** der Wärmenutzung ab. In vielen Branchen ist die Wärmeversorgung über Dampf vorherrschend, in anderen werden mit Kohle oder Gas Prozesse direkt beheizt und für viele Prozesse wird Wasser im flüssigen Zustand verwendet.

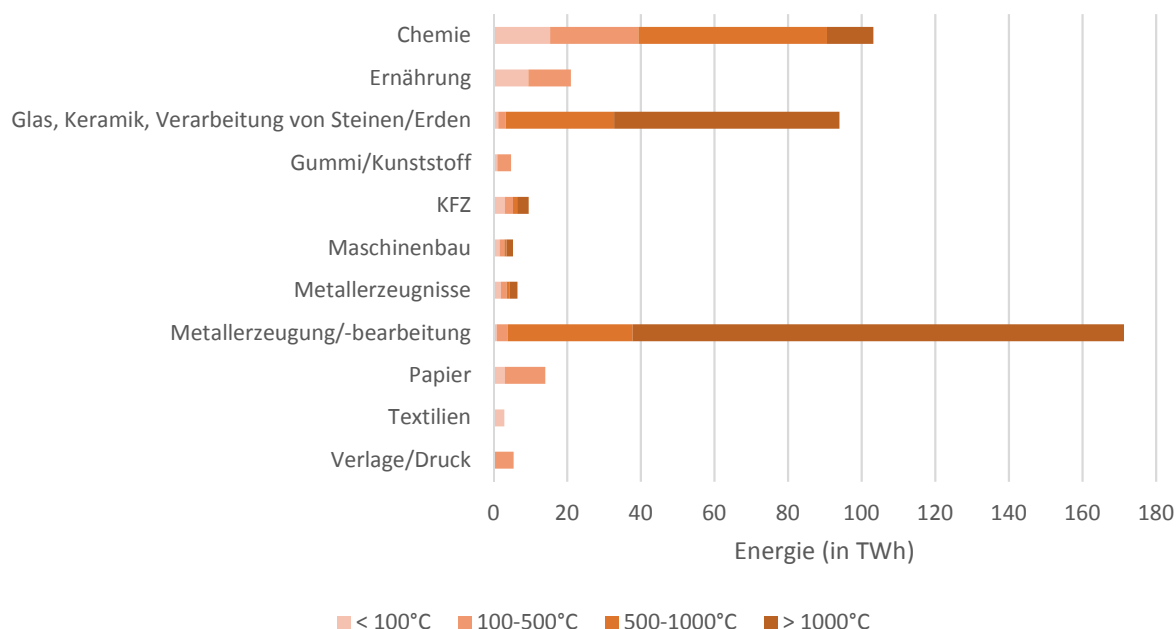


Abbildung 2: Temperaturniveaus der Prozesswärme in relevanten Branchen (Quelle: ifeu / DLR 2010: Prozesswärme im Marktanzreizprogramm).

<sup>1</sup> BMWi 2018: Energiedaten

<sup>2</sup> BMWi 2018: Energiedaten

Für die Bereitstellung von **Prozesskälte** wird im Vergleich zur Prozesswärme deutlich weniger Energie verbraucht. Im Verhältnis zur Prozesswärme sind dies lediglich knapp 4%. Sie wird beispielsweise für die Kühlung bei der Herstellung von Lebensmitteln, bei der Abkühlung von Zwischen- und Endprodukten oder für die Kühlung von Maschinen benötigt. Die Nahrungsmittelindustrie, die chemische Industrie, sowie die Kunststoff- und Gummiindustrie haben hohe Bedarfe.<sup>3</sup>

Der **Anteil der erneuerbaren Energien** stagniert seit vielen Jahren auf niedrigem Niveau (siehe Abbildung 3). Im Jahr 2016 lag ihr Anteil am Prozesswärmebedarf in den Sektoren Industrie und Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) bei lediglich 5,6%. Im gleichen Jahr betrug der Anteil erneuerbarer Energien bei Wärme und Kälte insgesamt 13,2 % und am Stromverbrauch 31,6% (siehe Abbildung 3).

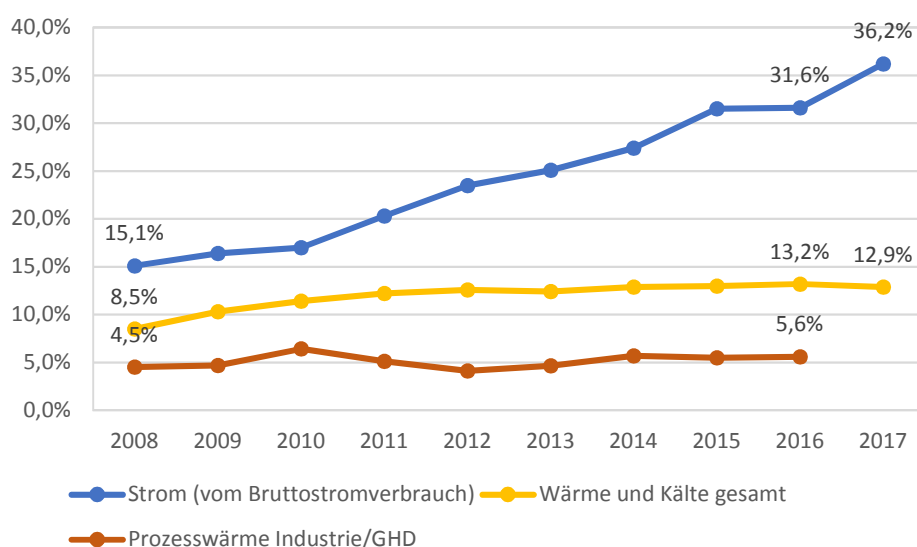


Abbildung 3: Anteile erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch der Bereiche Strom, Wärme und Kälte gesamt, sowie Prozesswärme Industrie/GHD (Quelle: BMWi 2018: Energiedaten / BMWi 2018: Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland).

Auch der **Gesamtbedarf an Prozesswärme** bleibt seit 2010 auf ähnlichem Niveau. Seit 2013 ist sogar ein leichter Anstieg zu verzeichnen (siehe Abbildung 4). Die notwendige Entkopplung des Prozesswärmeverbrauchs vom Wirtschaftswachstum durch Energieeffizienzmaßnahmen zeichnet sich daher noch nicht ab.

<sup>3</sup> Heinrich et al. 2014: Nachhaltige Kälteversorgung in Deutschland an den Beispielen Gebäudeklimatisierung und Industrie

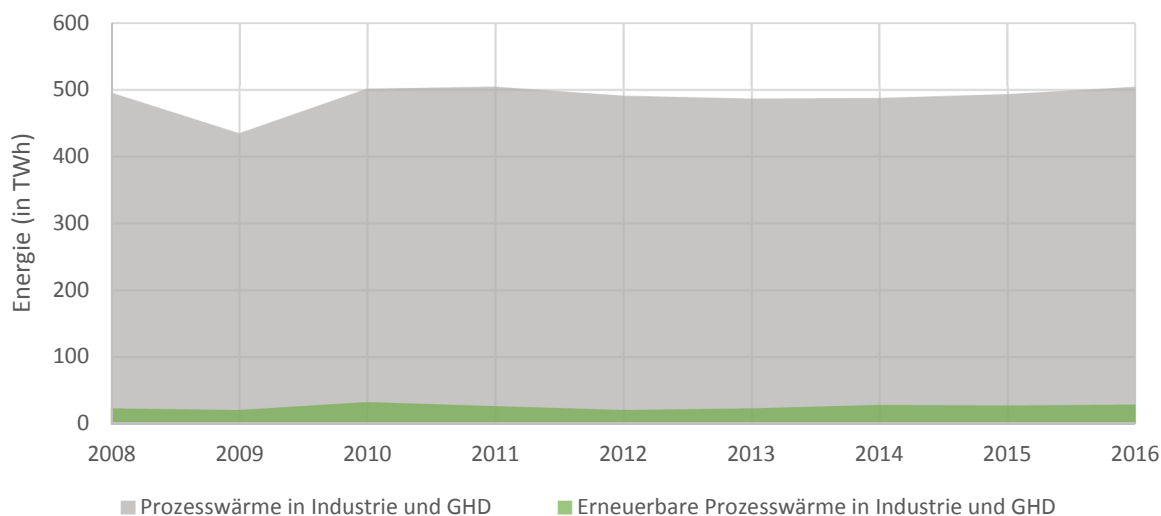
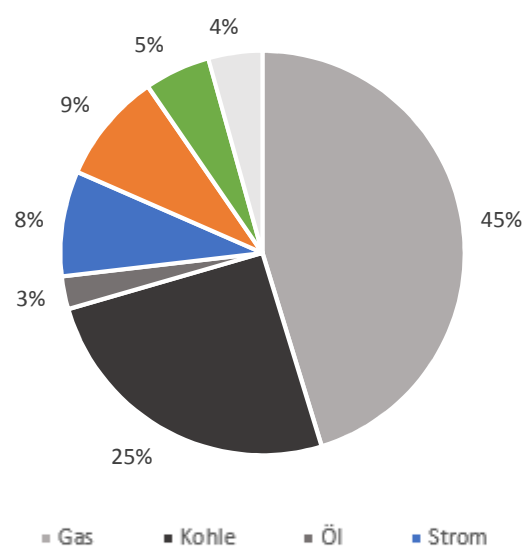


Abbildung 4: Endenergieeinsatz für Prozesswärme gesamt und erneuerbar in Industrie und GHD (Quelle: BMWi 2018: Energiedaten).

In den verschiedenen Sektoren liegt der Anteil erneuerbarer Energien bei **5% in der Industrie** und **11% in Gewerbe, Dienstleistung und Handel** (siehe Abbildung 5). In der Prozesskälte werden keine erneuerbaren Energien direkt angewendet.

Damit zeigt sich, dass **keine Entwicklung zur Dekarbonisierung der Prozesswärme und -kälte** auf Basis von erneuerbaren Energien oder der effizienten Nutzung stattgefunden hat.

#### Industrie



#### Gewerbe, Handel & Dienstleistungen (GHD)

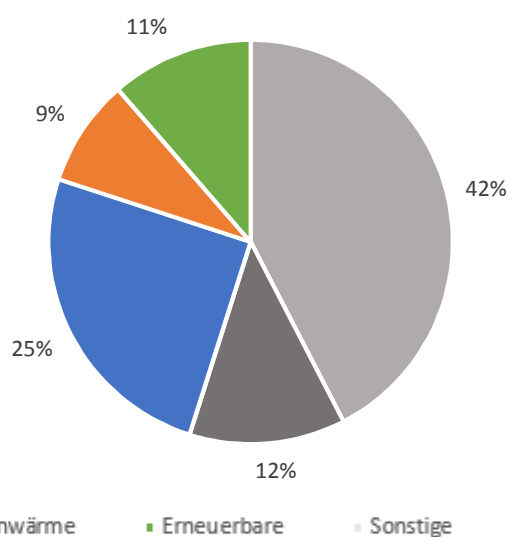


Abbildung 5: Anteile der Energieträger am Prozesswärmebedarf in Industrie und GHD (Quelle: BMWi 2018: Energiedaten).





Diese Situation spiegelt den **politischen Regelungsrahmen** der vergangenen Jahre. Die **wirtschaftlichen Rahmenbedingungen** für erneuerbare Prozesswärme sind aufgrund niedriger Brennstoffpreise nachteilig. Auch von Seiten der europäischen und deutschen Politik konnten bislang keine ausreichenden Impulse gesetzt werden, um die Benachteiligung der erneuerbaren Energien gegenüber fossilen Brennstoffen auszugleichen. Erst durch die jüngste, Anfang 2018 beschlossene Reform des europäischen Treibhausgas-Emissionshandels wurde eine Perspektive für einen mittelfristig steigenden CO<sub>2</sub>-Preis gesetzt, wobei die kurzfristig zu beobachtenden Auswirkungen bislang noch begrenzt sind.

Auch **ordnungsrechtlich** wurden in den vergangenen Jahren keine relevanten Regelungen geschaffen, die zu einem Absinken der Bedarfe für Prozesswärme und –kälte in Industrie und Gewerbe hätten führen können. Vor allem setzten die Gesetzgeber auf europäischer und Bundesebene auf informatorische Instrumente, z.B. durch die Einführung des verpflichtenden Energie-Audits für Nicht-KMU (Kleine und mittlere Unternehmen) in der Industrie oder durch die Förderung von Energieeffizienz-Netzwerken.

Des Weiteren wurde eine Vielzahl an **Förderprogrammen** geschaffen. Sie sollen Hürden der Unternehmen bei Investitionen in erneuerbare Energien, Energieeffizienzmaßnahmen oder Abwärmenutzung, sowie beim Aufbau von Energiemanagementsystemen oder beim Energie-Contracting unterstützen. Die zur Verfügung gestellten Gelder bleiben aktuell jedoch offenbar zu einem relevanten Teil ungenutzt.

Das wesentliche Instrument der EU-Energieeffizienzrichtlinie, ein System für Energieeinsparverpflichtungen, wurde in Deutschland nicht umgesetzt und durch Alternativmaßnahmen ersetzt.

**Insgesamt** ist zu konstatieren, dass die erforderliche Dekarbonisierung des Prozesswärme- und -kältesektors aufgrund eines unzulänglichen wirtschaftlichen und rechtlichen Rahmens ausbleibt und mangels politischer Steuerungsinstrumente mit Lenkungswirkung die Potenziale für erneuerbare Energien und Energieeffizienz in diesem Bereich nicht gehoben werden können.

## 4. Potenziale für Klimaschutz in Prozesswärme/-kälte

### Erneuerbare Energien

Die erneuerbaren Energien haben in der Prozesswärme und -kälte erhebliche technische Potenziale. Diese wurden in der Vergangenheit vornehmlich technologiespezifisch betrachtet. Besonders die Temperaturbereiche unter 500°C können schon sinnvoll abgedeckt werden (siehe Abbildung 6).

**Wärmepumpen** nutzen Umweltwärme oder Abwärme und bringen diese mit unterschiedlichen Techniken auf ein höheres Temperaturniveau. Abhängig von der Arbeitszahl (COP<sup>4</sup>) und dem für den Betrieb der Wärmepumpe eingesetzten Energieträger können dabei hohe Anteile erneuerbarer Energien erreicht werden. Moderne Wärmepumpen können standardmäßig Temperaturen von bis zu 100°C erreichen.

Nach einer Studie der Universität Stuttgart liegt das technische Potenzial auf diesem Temperaturniveau bei 121 TWh. Dies entspricht 23% des industriellen Wärmebedarfs in Deutschland. Daneben erreichen inzwischen die Wärmepumpen einiger Hersteller bis zu 140°C (im Forschungsbereich sogar darüber). Unter diesen Voraussetzungen läge das technische Potenzial bei 170 TWh.<sup>5</sup>

Die Wärmeerzeugung mit **Solarthermie** ist theoretisch bis zu einer Temperatur von 250°C möglich. In einer Studie der Universität Kassel wurden für die Solarthermie besonders attraktive Branchen identifiziert, die 42% des industriellen Prozesswärmebedarfs abdecken. Daraus ergibt sich ein theoretisches Potenzial von 130 TWh. Für die solarthermische Nutzung wurde daraus ein technisches Potenzial von 15,6 TWh ermittelt.<sup>6</sup> Als Restriktionen wurden beispielsweise fehlende Flächen für thermische Solaranlagen und betriebliche Gründe für die Wärmeproduktion aus anderen Quellen angenommen.

Für die Potenziale der Prozesswärmeerzeugung mit **Tiefengeothermie** sind derzeit keine aktuellen Studien vorhanden. Generell wird das Wärmeerzeugungspotenzial der hydrothermalen Tiefengeothermie auf 550 TWh/a beziffert.<sup>7</sup> Diese sind besonders im Norddeutschen Becken (139 TWh/a), im Oberrheingraben (167 TWh/a) und im süddeutschen Molassebecken (244 TWh/a) zu finden. Dabei sind in Deutschland im hydrothermalen Verfahren Temperaturen bis zu 190°C erreichbar. Für die Nutzbarkeit in konkreten Projekten sind die geologischen Rahmenbedingungen vor Ort ausschlaggebend.

Für die energetische Nutzung der **Biomasse** sind noch große ungenutzte Potenziale vorhanden. Allerdings existieren auch in diesem Bereich keine speziellen Potenzialstudien für die Prozesswärme. In der Prozesswärme hat Biomasse den Vorteil, auch höhere Temperaturniveaus abdecken zu können. Grundsätzlich sind besonders im Bereich der Reststoffe noch große Potenziale unberührt. Dies betrifft insbesondere Waldrestholz, Stroh und Gülle. Das ungenutzte technische Waldrestholz-

---

<sup>4</sup> Der COP (Coefficient Of Performance) beschreibt das Verhältnis von abgegebener Heizleistung zur aufgenommenen (meist elektrischen) Leistungsaufnahme unter vorgegebenen Ein- und Ausgangstemperaturen am Prüfstand.

<sup>5</sup> Wolf et al. 2014: Analyse des Potenzials von Industrierärmepumpen in Deutschland

<sup>6</sup> Lauterbach et al. 2011: Das Potenzial solarer Prozesswärme in Deutschland

<sup>7</sup> Kayser & Kaltschmitt 1998: Potenziale hydrothermalen Erdwärmes in Deutschland

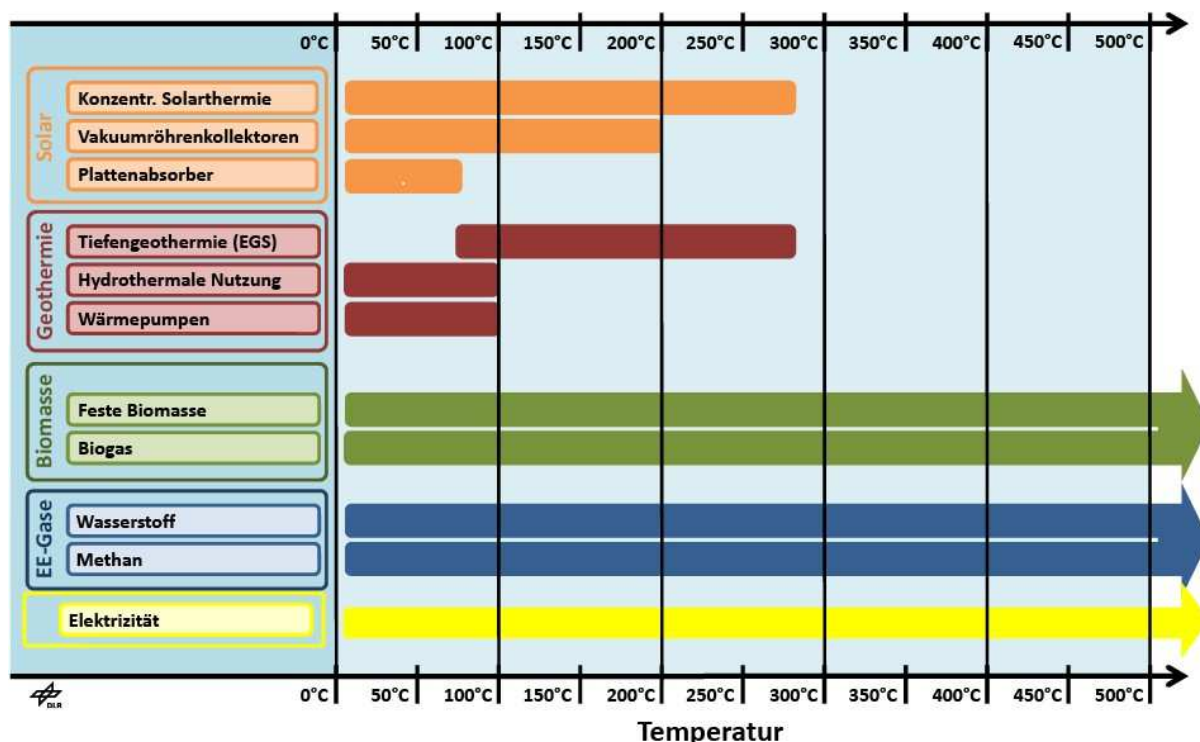


Abbildung 6: Erzielbare Temperaturen der unterschiedlichen Erneuerbaren Energieträger (Quelle: DLR 2016: Prozesswärme für die Industrie: Einsatz erneuerbarer Technologien abhängig von Temperaturanforderungen).

Potenzial liegt bei 61 TWh/a.<sup>8</sup> Für Stroh ist ein nachhaltiges Potenzial von 31-51 TWh/a vorhanden.<sup>9</sup> Für Gülle wird das technische Potenzial auf 32-40 TWh/a beziffert.<sup>10</sup>

Im Bereich des Biomethans geht die dena von einem technischen Potenzial von insgesamt 90-118 TWh aus, von dem werden derzeit lediglich 9 TWh genutzt werden. Auch hier gibt es besonders bei den Reststoffen noch große ungenutzte Potenziale.<sup>11</sup>

Grundsätzlich ist zu beachten, dass der Ersatz von fossiler Prozesswärmeerzeugung durch erneuerbare Wärmeerzeuger auch bei höheren geforderten Nutzttemperaturen möglich und sinnvoll ist. Reicht die erneuerbar zur Verfügung gestellte Temperatur nicht aus, so kann die restliche Temperaturerhöhung durch Kombination mit anderen Techniken erfolgen (z.B. in einer mehrstufigen Aufheizung in Kombination mit Kesseltechnologien). Durch derartige **Kombi-Lösungen zur Teil-De karbonisierung** von Prozessen verbreitert sich der mögliche Anwendungsbereich für erneuerbare Wärmeerzeuger, Wärmepumpen, Solarthermie oder Geothermie, und das Ersatzpotenzial fossil befeuerter Wärmeerzeugung deutlich.

In der **Prozesskälte** lassen sich erneuerbare Energien auf verschiedenen Wegen einbetten. Der überwiegende Anteil der Prozesskälte wird heute mit Strom erzeugt. Mit einem zunehmenden Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung steigt somit auch der erneuerbare Anteil der

<sup>8</sup> DBFZ 2015: Biomassepotenziale von Rest- und Abfallstoffen – Status Quo in Deutschland

<sup>9</sup> DBFZ 2011: Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen zur Bioenergiebereitstellung

<sup>10</sup> dena 2017: Rolle und Beitrag von Biomethan im Klimaschutz: heute und in 2050

<sup>11</sup> dena 2017: Rolle und Beitrag von Biomethan im Klimaschutz: heute und in 2050; die hier einbezogenen Mengen überschneiden sich z.T. mit den zuvor genannten Potenzialen für Stroh und Gülle.

Prozesskälte. Darüber hinaus lassen sich durch wärmegetriebene Systeme auch Abwärme oder erneuerbare Wärme zur Kälteerzeugung nutzen. Das Potenzial der Abwärme in der Kältebereitstellung wird beispielsweise auf 13% der Industriekälte und 8% der Kälte in der Nahrungsmittelherstellung beziffert.<sup>12</sup>

## Energieeffizienz

Im Jahr 2011 wurde das „attraktive“ **Effizienzpotenzial** im Brennstoffbereich der Industrie auf 33 TWh/a bis 2020 und 53 TWh/a bis 2030 geschätzt. Dies sind ca. 10% des heutigen Prozesswärmebedarfs. Diese Menge enthält alle technisch machbaren Potenziale, die gleichzeitig aufgrund der heutigen Kostenstruktur ökonomisch und betriebswirtschaftlich durchführbar sind. Bei der „Kältebereitstellung“ beträgt dieses Potenzial 1,4 bzw. 1,8 TWh/a. Im GHD-Bereich wurden keine Effizienzpotenziale bei der Prozesswärme angegeben. Andererseits wurden die „attraktiven“ Effizienzpotenziale bei „Kühl- und Gefriersystemen“ auf 2,7 bzw. 3 TWh beziffert.<sup>13</sup>

Neben der Verminderung des Wärmebedarfs durch die Verbesserung der innerbetrieblichen Effizienz oder die Umstellung von Prozessen besteht auch die Möglichkeit, **Abwärme** für Dritte nutzbar zu machen. Dies kann beispielsweise durch die Einspeisung in kommunale oder industrielle Fernwärmenetze geschehen, um die oft großen thermischen Leistungen aufnehmen zu können. Dabei können ggf. auch großvolumige Wärmespeicher eingesetzt werden, um das Angebot und die Nachfrage nach Wärme miteinander in Einklang zu bringen.

Abwärme ist dabei nur der Teil der Energie, der aus Produktionsprozessen oder Anlagen stammt, im Unternehmen nicht genutzt wird und als Wärmeüberschuss „entsorgt“ werden muss. Die Abführung der Abwärme kann dabei über unterschiedliche Medien erfolgen, z.B. Abgase, Abluft, Dämpfe, Thermoöl oder Kühl- und Prozesswasser.

Die Bereitstellung von Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen oder der Müllverbrennung gilt dabei nicht als Abwärme im engeren Sinn, weil diese Anlagen mittelbar oder unmittelbar mit dem Ziel der Energieerzeugung errichtet und betrieben werden. Für das theoretische Wärmepotenzial von Abwärme wird ein Korridor von 133 bis 226 TWh beziffert.<sup>14</sup>

Für die Nutzung der Abwärme lassen sich drei Kategorien unterscheiden:

- Hochkalorische Abwärme (> 140°C) aus industriellen Anwendungen
- Abwärme mittlerer Temperatur (60 – 140 °C)
- Niedertemperaturabwärme (20 - 60°C)

**Hochkalorische Abwärme** aus Industrieprozessen kann in vielen Fällen ohne eine exergetische Aufwertung direkt genutzt werden. Als Abwärmequellen kommen insbesondere die Branchen Metallerzeugung und –bearbeitung, die chemische Industrie, Herstellung von Glas und Keramik

---

<sup>12</sup> Heinrich et al. 2014: Nachhaltige Kälteversorgung in Deutschland an den Beispielen Gebäudeklimatisierung und Industrie

<sup>13</sup> ifeu / Fraunhofer ISI 2011: Energieeffizienz: Potenziale, volkswirtschaftliche Effekte und innovative Handlungs- und Förderfelder für die Nationale Klimaschutzinitiative

<sup>14</sup> ifeu 2010: Die Nutzung industrieller Abwärme –technisch-wirtschaftliche Potenziale und energiepolitische Umsetzung / IZES 2015: Abwärmenutzung - Potentiale, Hemmnisse und Umsetzungsvorschläge



sowie die Mineralölverarbeitung in Betracht. Das mögliche Potenzial dieser Abwärmeströme wird in einer aktuellen Untersuchung des IFEU mit etwa 83 TWh abgeschätzt.<sup>15</sup>

**Abwärme mittlerer Temperatur** entsteht in zahlreichen industriellen Branchen sowie auch bei gewerblichen Prozessen (z.B. Großbäckereien etc.). Die zur Verfügung stehenden Abwärmeströme weisen teilweise für eine direkte Nutzung eine zu niedrige Temperatur auf und müssen daher durch Wärmepumpen oder andere Technologien exergetisch aufgewertet werden. Die oben genannte Studie des IFEU schätzt das Potenzial dieser Abwärmeströme auf etwa 44 TWh.

**Niedertemperaturwärme** im Bereich von 20 – 60°C fällt bei vielen industriellen und gewerblichen Anwendungen an. In der Regel ist eine exergetische Aufwertung der Abwärmeströme durch Wärmepumpen notwendig. Zur Nutzung durch Wärmepumpen bieten die internen Kühlkreisläufe der Unternehmen in vielen Fällen hervorragende Wärmequellen. Hier stehen in der Regel große Mengen Wasser mit Temperaturen von 25 bis 40°C zur Verfügung. Auch die Abwärme von Rechenzentren bietet sich für die Nutzung durch Dritte an.

Eine belastbare Potenzialbestimmung für Deutschland liegt bisher wegen der vielfältigen möglichen Quellen nicht vor. Vermutlich geht das Potenzial an Niedertemperaturwärme deutlich über das Potenzial der „klassischen“ Abwärme hinaus.

## Möglichkeiten der Digitalisierung

Die Digitalisierung eröffnet weitere Potenziale für die Energieeffizienz und den Einsatz erneuerbarer Energien im Bereich der Prozesswärme und -kälte.

Diese ergeben sich hauptsächlich im Bereich der **Energieeffizienz**. Durch die detailliertere Messung und automatisierte Auswertung der Prozesswärme- und -kältebedarfe wird ein besseres Verständnis für die Energiebedarfe erlangt. Dadurch lassen sich Effizienzpotenziale heben, die bisher gänzlich unbekannt waren. Wie auch das Grünbuch Energieeffizienz der Bundesregierung im Jahr 2017 feststellte, kann die Digitalisierung daher als „Enabler“ für die Energieeffizienz betrachtet werden. Dabei sind die Möglichkeiten, die sich auch für den wachsenden Markt der Energiedienstleister durch die Digitalisierung bietet, nicht zu unterschätzen.

Perspektivisch sind weitere, deutlich tiefgreifendere Veränderungen durch die Digitalisierung möglich. Die Vernetzung der Prozesse und aller verfügbaren Daten lassen **dynamische Prozesssteuerungen** zu, die beispielsweise Teillastbetriebe oder Produktionspausen automatisch regeln können. Dabei sind durch maschinelles Lernen auch bessere Prognosen der Energienutzung möglich, die wiederum in die automatisierten Prozesse einfließen können. Die digitale Integration von Industrieprozessen, anderen Energieverbrauchern und Energieerzeugern an einem Standort bieten weitere Optimierungspotenziale. Denkbar ist zudem die Vernetzung über die Betriebsgrenzen hinaus. Diese „industriellen Symbiosen“ können beispielsweise die Abwärmennutzung deutlich attraktiver machen.

Im Bereich der Prozesswärme-Erzeugung durch **erneuerbare Energien** eröffnen sich durch die Digitalisierung ebenfalls neue Optionen. So lässt sich beispielsweise eine Teildekarbonisierung mit erneuerbaren Energien und fossilen Wärmeerzeugern in komplexen Prozessanordnungen vereinfacht implementieren. Eine grundlegende Verbesserung des Potenzials erneuerbarer Energien in der

---

<sup>15</sup> ifeu 2018: BMWi-Projekt NENIA



Prozesswärme durch die Möglichkeiten der Digitalisierung ist derzeit allerdings nicht abzusehen. An dieser Stelle wäre eine verstärkte wissenschaftliche Aufarbeitung sinnvoll.

Zusätzliche Potenziale können sich jedoch an der **Schnittstelle von Strom- und Wärmemarkt** ergeben. Ein Beispiel ist der Einsatz von Großwärmepumpen in Kombination mit KWK-Anlagen. So ist für den Einsatz ein schneller und effizienter Austausch von Informationen mit dem Strommarkt von großer wirtschaftlicher Bedeutung. Für eine Systemoptimierung muss jeweils anhand der aktuellen Gegebenheiten auf dem Strommarkt sowie im Produktionsprozess entschieden werden, ob der durch die KWK-Anlage produzierte Strom von der Wärmepumpe im Wege des Eigenverbrauchs genutzt wird, der KWK-Strom direkt vermarktet wird oder ob die Wärmepumpe Strom vom Strommarkt beziehen soll. Durch diese stetige Systemoptimierung können nicht nur Kostenvorteile für die Betreiber der KWK-Anlagen- und Großwärmepumpen-Betreiber erzielt werden, sondern es werden auch zusätzliche Beiträge zur Stabilisierung des Stromsystems geleistet. Es ist daher damit zu rechnen, dass diese Systeme auch mithilfe der Digitalisierung zukünftig verstärkt genutzt werden können, wenn sich auch die regulatorischen Rahmenbedingungen weiter verbessern.

## 5. Investitionshemmnisse in Unternehmen

Trotz **großer technischer Potenziale** der erneuerbaren Energien für Anwendungen in der Prozesswärme, **bleiben Investitionen bislang weitestgehend aus**. Die Gründe dafür sind vielfältig: Neben den fehlenden politisch-wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sind insbesondere mangelndes Wissen und andere Investitionsprioritäten bei den Entscheidungsträgern und wirtschaftliche Unsicherheiten zu nennen.

In den Unternehmen sind folgende Hemmnisse besonders ausschlaggebend:

- Unternehmensintern werden normalerweise **kurze Amortisationszeiten** von drei Jahren oder weniger gefordert. Diese Vorgabe können erneuerbare Energien unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen meist nicht erfüllen.
- Investitionen in die Energieversorgung haben in vielen Unternehmen eine **geringe Priorität**. In vielen Unternehmen macht die Energie nur einen geringen Anteil der Kosten aus. Häufig fällt die Entscheidung daher auf produktrelevante Investitionen.
- Dies hängt auch mit dem **Kapitalmangel** der Unternehmen zusammen. Freies Kapital muss möglichst zielführend eingesetzt werden, d.h. in der Regel in die Kernprozesse des Unternehmens, nicht in die Energiebereitstellung.
- Investitionen im Prozessablauf bringen **hohe Risiken** mit sich. Wenn bei Umstellung der Energieversorgung die Produktion ausfällt, hat dies beträchtliche Folgekosten.
- Der **Mangel an Wissen und Zeit** sorgt zudem dafür, dass vorhandene Möglichkeiten nicht zum Zuge kommen.
- Teilweise gibt es auch **technologiespezifische Hindernisse**, die den Einsatz bestimmter erneuerbarer Energien verhindern: Bei der Solarthermie kann dies z.B. die mangelnde kurzfristige Verfügbarkeit von hinreichend großen Freiflächen sein, bei der Geothermie die mangelnde geologische Eignung des Untergrundes, bei Wärmepumpen der lokale Mangel einer hinreichend großen Niedertemperatur-Wärmequelle.



## 6. Technische Möglichkeiten zum Einsatz erneuerbarer Energien

Wie im vorigen Abschnitt dargelegt, existieren **große technische Potenziale** für die Erzeugung von Prozesswärme und -kälte mit erneuerbaren Energien. Die Technologien zur erneuerbaren Wärmeerzeugung sind darüber hinaus technisch ausgereift und werden in verschiedenen Zusammenhängen eingesetzt.

Für die **verstärkte Durchdringung** des Marktes gibt es jedoch sehr unterschiedliche Anforderungen in den verschiedenen Branchen und Produktionsprozessen. Dabei sind im ersten Schritt die Temperaturniveaus der einzelnen Prozesse zu betrachten, darüber hinaus aber auch der Prozessaufbau in einzelnen Industriekomplexen und Fertigungsstandorten zu beachten. Zudem können im Einzelfall technische Anforderungen bestimmte Optionen ausschließen.

Vor diesem Hintergrund wurden **Prozesswärme-Cluster** gebildet, die einen großen Teil der Bedarfe in Deutschland abbilden und gleichzeitig versuchen die verschiedenen Anforderungen zu bündeln. Die Prozesskälte wird in diesem Kapitel aufgrund des vergleichsweise niedrigen Endenergiebedarfs (vgl. Kapitel 4) nicht detailliert betrachtet.

Die **Prozesswärme-Cluster** sind im Einzelnen:

- Ernährung
- Chemie
- Grundstoffverarbeitung
- Kfz/Maschinenbau
- Hochtemperaturanwendungen.



## Ernährung

### Kenndaten

Benötigte Temperaturen: bis 250°C

Typische Prozesse: Kochen, Pasteurisieren, Reinigen, Trocknen

Wirtschaftsstruktur: viele KMU, einige Großunternehmen

Beispielprodukte: Zucker, Milchprodukte, Fleischprodukte, Backwaren, Bier

Anteil am Prozesswärmebedarf: 4,7%

Das Cluster **Ernährung** zeichnet sich durch seine Vielzahl an Niedertemperatur-Prozessen und einen großen Anteil an kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) aus. Dies hat zur Folge, dass auch schon heute eine vergleichsweise große Anzahl an erneuerbaren Wärmelösungen in diesem Bereich umgesetzt sind.

Aufgrund der **vorteilhaften Ausgangsbedingungen** sind die Potenziale technisch gut zu heben. Alle betrachteten erneuerbaren Erzeugungstechnologien können in diesem Cluster angewandt werden. Letztlich existieren aber auch hier die Investitionshemmnisse, die in anderen Clustern zu finden sind (vgl. Kapitel 5). Gemessen am Endenergieverbrauch des Clusters sind noch große Effizienzpotenziale zu heben. Das Cluster eignet sich darüber hinaus zur Nutzung von Abwärme aus anderen Betrieben mit höheren Prozesswärme-Temperaturen.

### Umsetzungsbeispiele im Cluster **Ernährung**

#### *Solarthermie/Effizienz*

##### **Hütt-Brauerei, Baunatal**

Die Brauerei Hütt im Raum Kassel hat im Jahr 2010 eine Solarthermie-Anlage mit einer Kollektorfläche von 170 m<sup>2</sup>, die jährlich bis zu 70 MWh Wärme liefert. Mit der Wärme wird das Heißwasser, das für das Maischen und Läutern benötigt wird, vorgewärmt.

Des Weiteren wurde durch die Umstellung einzelner Prozesse und mit Wärmerückgewinnung der Energieverbrauch gesenkt.

#### *Geothermie/Biomasse*

##### **Roquette Frères Stärkefabrik, Beinheim (Elsass)**

Der Hersteller für Stärke, Glukose und Bioethanol Roquette Frères hat seit 2011 den Erdgasverbrauch an seinem Standort Beinheim im Elsass mit erneuerbaren Energien um 75% reduziert. Im Jahr 2011 nahm der Hersteller ein Biomasse-Heizkraftwerk mit einer Leistung von 43 MW in Betrieb, im Jahr 2016 ein Tiefengeothermie-Heizwerk mit 24 MW Leistung. Dieses liefert 165°C heißes Wasser aus 2600 Meter Tiefe.

## Chemie

### Kenndaten

Benötigte Temperaturen: bis über 1000°C

Typische Prozesse: verschiedenste chemische Reaktionen, Kochen, Destillieren

Wirtschaftsstruktur: kleine, mittlere und große Unternehmen

Bereiche: Anorgan. Grundchemikalien, Fein- und Spezialchemikalien, Petrochemie, Pharmazeutika, Polymere, Wasch- und Körperpflegemittel

Anteil am Prozesswärmebedarf: 23,1%

Das Cluster **Chemie** ist geprägt von seiner sehr hohen Anzahl verschiedener Prozesse und Prozessanordnungen. Es existieren viele historisch gewachsene Strukturen, die die Dekarbonisierung einzelner Prozesse erschweren. Zwar liegt der Anteil der Prozesse mit einem Wärmebedarf unter 500°C bei ca. 40%<sup>16</sup>, jedoch ist es vergleichsweise kompliziert, diese Potenziale zu heben.

Andererseits ist dieses Cluster sehr vorteilhaft für Effizienzmaßnahmen im Betrieb. Verschiedene Prozesse können sinnvoll miteinander verknüpft werden um Energie einzusparen. Bei einigen Hochtemperatur-Prozessen, wie z.B. im Bereich der Petrochemie, ist auch die Auskopplung von Abwärme für andere Zwecke, wie z.B. Fernwärme, möglich.

Allerdings finden sich in den Bereichen Feinchemikalien, Pharmazeutika oder Kosmetika Prozessanordnungen, die gar keine oder nur wenig Wärme im hohen Temperaturbereich benötigen.

### Umsetzungsbeispiele im Cluster **Chemie**

#### *Bioenergie (Wärme & Kälte)*

##### **Pfizer Arzneimittelwerk, Freiburg im Breisgau**

Das Pharma-Unternehmen Pfizer hat bereits im Jahr 2009 eine der größten Holzpellet-Heizkessel-Anlagen Europas in Betrieb genommen. Jährlich werden 5000 Tonnen Holzpellets zur Wärme- und Kälteerzeugung genutzt. Zur Kälteerzeugung wird mit Überschusswärme eine Absorptionskältemaschine angetrieben. Insgesamt deckt das Werk inzwischen mehr als 90% seines Energiebedarfs aus erneuerbaren Energien.

#### *Abwärme*

##### **Mineralölraffinerie Oberrhein, Karlsruhe**

Die Abwärme der Raffinerie in Karlsruhe erzeugt inzwischen ca. 60% der Karlsruher Fernwärme. Eine Wärmeleistung von 90 MW wird derzeit ausgekoppelt. Die Abwärme mit einer Temperatur von bis zu 130°C kann im Prozess nicht mehr wirtschaftlich genutzt werden, hat jedoch ein gutes Temperaturniveau für die Fernwärme. Zur Auskopplung der Abwärme wurden insgesamt 27 neue Plattenwärmetauscher installiert.

<sup>16</sup> ifeu / DLR 2010: Prozesswärme im Marktanreizprogramm

## Grundstoffverarbeitung

### **Kenndaten**

Benötigte Temperaturen: bis 500°C (vereinzelt darüber)

Typische Prozesse: Galvanisieren, Färben, Bleichen, Trocknen

Wirtschaftsstruktur: vorwiegend mittelständische und große Unternehmen

Bereiche: Metallverarbeitung, Papierproduktion, Textilproduktion, Holzverarbeitung, Gummi-/Kunststoffproduktion, Holzverarbeitung

Anteil am Prozesswärmebedarf: 6,7%

Im Cluster **Grundstoffverarbeitung** sind Metallverarbeitung, Papierproduktion, Textilproduktion, Holzverarbeitung und Gummi-/Kunststoffproduktion zusammengefasst. Diese Branchen zeichnen sich durch einen geringen Bedarf an Hochtemperatur-Wärme aus. Die meisten Prozesse benötigen Temperaturen unter 500°C. Es existieren besonders mittelständische und große Unternehmen. Besonders die Textilproduktion weist zudem sehr viele Familienunternehmen auf.

Dieses Cluster eignet sich daher gut für die Integration erneuerbarer Energien, aber auch für die Kombination erneuerbarer Energieträger und fossiler Energieträger für die weitere Aufheizung. Auf diesem Wege kann selbst bei Temperaturen bis 500°C eine Teildekarbonisierung stattfinden.

### Umsetzungsbeispiele im Cluster **Grundstoffverarbeitung**

#### *Wärmepumpe*

##### **Thoma Metallveredelung GmbH, Heimertingen**

Der Familienbetrieb zur Oberflächenveredelung Thoma installierte im Jahr 2009 eine elektrische Kompressionswärmepumpe in seinem Betrieb. Die Wärmepumpe mit einer Leistung von 143 kW ist kombiniert mit einem Pufferspeicher mit 40 m<sup>3</sup> Volumen. Dadurch kann die Wärmepumpe u.a. zur Aufheizung der Chrombäder beim Anfahren der Produktion eingesetzt werden. Die Wärmepumpe nutzt Wasser aus der Prozesskühlung als Wärmequelle und liefert Temperaturen zwischen 75 und 80°C.

#### *Wärmepumpe*

##### **Ludwig Michl GmbH, Wattersdorf**

Das mittelständische Unternehmen in der Blechbearbeitung Ludwig Michl GmbH setzt seit 2007 mehrere Absorptionswärmepumpen mit einer Gesamtleistung von 194 kW ein. Die Wärme mit einer Temperatur von 60°C wird in einer Teilereinigungsanlage genutzt. Als Wärmequelle dient Abwärme aus dem Serverraum, der Halle und der Maschinen.



## Kraftfahrzeug- und Maschinenbau

### **Kenndaten**

Benötigte Temperaturen: bis 500°C (vereinzelt darüber)

Typische Prozesse: Lackieren, Galvanisieren, Wärmebehandlung

Wirtschaftsstruktur: vorwiegend mittelständische und große Unternehmen

Bereiche: Kfz-Herstellung, Werkzeugmaschinen, Antriebstechnik, Hebezeuge/Fördermittel, usw.

Anteil am Prozesswärmebedarf: 3,3%

Das Cluster **Kfz/Maschinenbau** umfasst die beiden wichtigen Wirtschaftszweige Automobilherstellung und Maschinenbau. Das Cluster zeichnet sich durch einen geringen, aber durch die Größe der Branchen relevanten Prozesswärmebedarf aus. Zudem fallen große Raum- und Wasserwärmebedarfe an, die bei der Betrachtung der einzelnen Standorte zu berücksichtigen sind. Der Maschinenbau ist vorwiegend mittelständisch geprägt, während die Automobilindustrie durch Großunternehmen gekennzeichnet ist.

Da in diesem Cluster häufig nur einzelne Prozesse einen erhöhten Wärmebedarf haben, lassen sich Umstellungen in der Wärmeversorgung vergleichsweise einfach realisieren. Hier kommt es darauf an, den anderen Investitionshemmnissen (vgl. Kapitel 5) zu begegnen.

### Umsetzungsbeispiele im Cluster **Kfz/Maschinenbau**

#### *Wärmepumpe* **Volkswagen-Werk Emden**

Der Automobilhersteller Volkswagen setzt an seinem Standort Emden seit 2012 eine elektrische Kompressionswärmepumpe für die Wärmebereitstellung im Lackierprozess ein. Die Wärmepumpe hat eine Leistung von 1,7 MW und stellt Wärme mit einer Temperatur von 75°C bereit. Dabei hat sie einen COP von 5,6. Die Wärme wird insbesondere für die Erwärmung der Vorbehandlungsbecken, als auch die Trocknung des Lackierguts benötigt.



## Hochtemperaturanwendungen

### **Kenndaten**

Benötigte Temperaturen: bis 3000°C

Typische Prozesse: Schmelzen, Brennen, Formen

Wirtschaftsstruktur: kleine, mittlere und große Unternehmen

Bereiche: Metallerzeugung, Metallbearbeitung, Glasindustrie, Keramikindustrie

Anteil am Prozesswärmebedarf: 59,4%

Im Cluster **Hochtemperatur** finden sich die klassischen Branchen der Großindustrie. Von Metallerzeugung und -bearbeitung über die Glas- und Keramikindustrie bis hin zur Verarbeitung von Steinen und Erden. Die Prozesse in diesem Cluster eint ihre hohe Energieintensität und die hohen Temperaturen (größtenteils über 1000°C). Über die Hälfte des Prozesswärmebedarfs fällt in diesem Cluster an.

Der Einsatz von erneuerbaren Energien ist auf diesem Temperaturniveau erschwert. Trotzdem ist mithilfe von Bioenergieträgern, wie z.B. Biogas, oder erneuerbarem Strom eine erneuerbare Wärmebereitstellung möglich. Aufgrund der hohen Energieintensität der Prozesse ist dieses Cluster zudem für Energieeffizienzmaßnahmen besonders geeignet. Kleine Effizienzsteigerungen bedeuten hier große absolute Energiemengen.

### Umsetzungsbeispiele im Cluster **Hochtemperatur**

#### *Biogas*

##### **Verallia Glaswerk, Bad Wurzach**

Der Hersteller für Glasverpackungen Verallia führte im Jahr 2015 einen Langzeitversuch zum Einsatz von Biogas im Schmelzprozess durch. Es konnten bis zu 33% des Erdgases durch Biogas ersetzt werden, das unaufbereitet direkt zur Befeuerung der Schmelzwanne genutzt wurde. Das Unternehmen bewertet den Versuch sehr positiv, setzte jedoch aus ökonomischen Gründen nicht weiter Biogas im Regelbetrieb ein.



## 7. Fahrplan Dekarbonisierung

Aufgrund der technischen Potenziale und der vorhandenen Technologien lässt sich ein **Fahrplan Dekarbonisierung** darstellen. Dieser soll verdeutlichen, auf welche Art und Weise schnelle Fortschritte bei der Integration von erneuerbaren Energien und der Erhöhung der Effizienz in der deutschen Industrie erzielt werden können.

### **Dekarbonisierung des Clusters *Ernährung***

Durch seine niedrigen Temperaturbedarfe und viele umgesetzte erneuerbare-Energien-Projekte im In- und Ausland eignet sich das Cluster *Ernährung* besonders für den Einstieg in die vollständig dekarbonisierte Prozesswärme. Besonders gut eignet sich ein starker Einsatz der Solarthermie in den Branchenteilen, die in ländlichen Regionen angesiedelt sind.

### **Teildekarbonisierung der Cluster *Chemie, Grundstoffverarbeitung und Kfz/Maschinenbau***

In den Clustern *Chemie, Grundstoffverarbeitung* und *Kfz/Maschinenbau* sind viele Prozesse vorhanden, die bereits heute für den Einsatz von erneuerbaren Energien und die Steigerung der Energieeffizienz geeignet sind. In weiteren Prozessen kommt ein teilweiser Ersatz fossiler Brennstoffe durch erneuerbare Energien in Frage (z.B. Aufheizen mit erneuerbaren Energien auf 70 - 150°C, weitere Temperaturerhöhung auf das erforderliche Niveau mit fossilen Energien). Darüber hinaus bedarf es Forschung und Entwicklung zur technischen Veränderung von Prozessen, die bislang kaum für den Einsatz erneuerbarer Energien zugänglich sind.

### **Effizienzsteigerung, Forschung und Entwicklung sowie Abwärmenutzung im Cluster *Hochtemperatur***

Im Cluster *Hochtemperatur*, welches den größten Anteil am Prozesswärmebedarf in Deutschland hat, eignen sich technisch die erneuerbaren Energieträger Biomasse, Strom und synthetische Energieträger auf Basis erneuerbarer Energien zur Erreichung einer vollständigen Dekarbonisierung. In diesem Bereich sind verstärkte Forschungs- und Entwicklungs-Anstrengungen und zusätzliche Pilotprojekte zu unternehmen. Bereits heute können Maßnahmen für die weitere Steigerung der Effizienz in den Prozessen und zur Nutzung von Abwärme für externe Prozesse und die Fernwärme verstärkt gefördert und umgesetzt werden.

### **Technologieübergreifend optimieren in allen Clustern**

Die erneuerbaren Energieträger Solarthermie, Wärmepumpen, Geothermie und Biomasse stellen die Einstiegstechnologien zur Dekarbonisierung der Prozesswärme dar. Mit ihnen ist die CO<sub>2</sub>-freie Bereitstellung von Wärme unmittelbar möglich. Mit der Integration dieser Technologien in intelligente Energiekonzepte lässt sich ihre Reichweite jedoch deutlich steigern. Mit der Kombination von erneuerbaren Energieträgern und (grünem) Erdgas lassen sich auch höhere Temperaturniveaus teildekarbonisieren. Zudem lassen sich mit intelligenten Energiekonzepten Temperaturen senken und Prozesse sinnvoll vernetzen. Die Werkzeuge der Digitalisierung sind dabei verstärkt zu nutzen.

Bezogen auf die Dekarbonisierung der Prozesse auf verschiedenen Temperaturniveaus ergibt sich das folgende Bild für die Dekarbonisierung:



#### Niedriges Temperaturniveau (z.B. Nahrungsmittelindustrie)

- Am einfachsten zu erschließende Potenziale für Erneuerbare Energien
- Voll-Dekarbonisierung auch mit Solarthermie, Wärmepumpen und Geothermie
- Niedertemperatur-Abwärme bisher kaum erfasst und genutzt



#### Mittleres Temperaturniveau (z.B. Chemie, Maschinenbau)

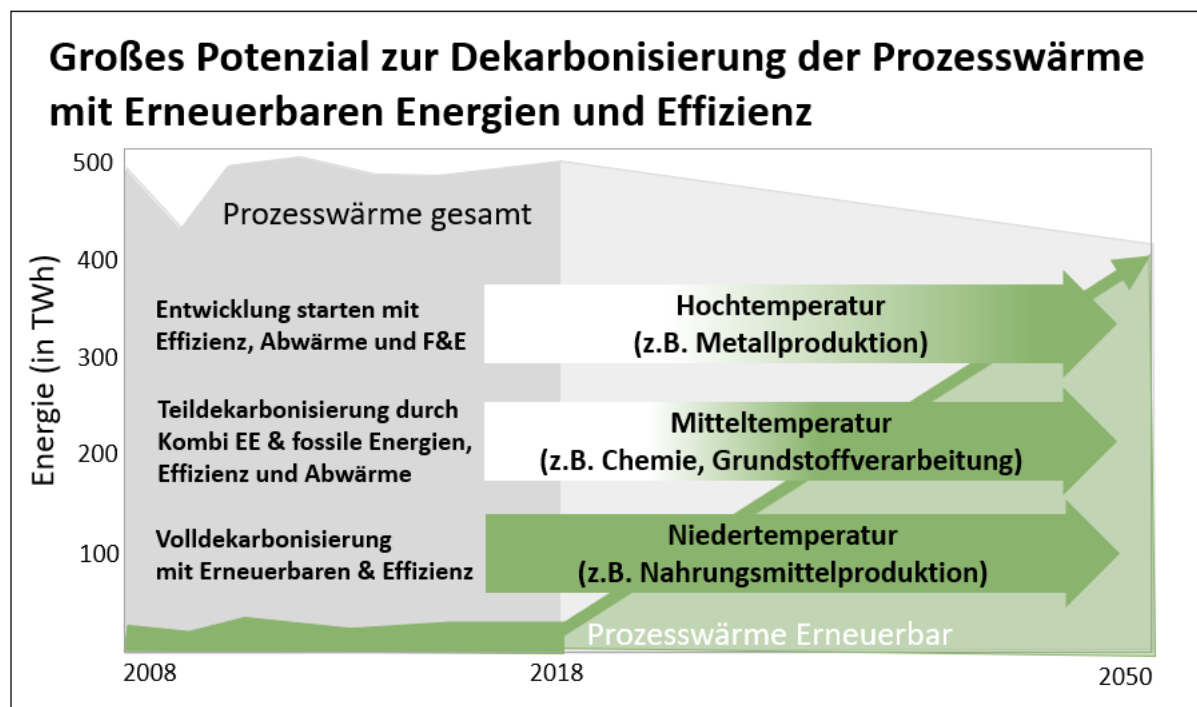
- Voll-Dekarbonisierung z.Zt. nur mit Biomasse oder synthetischen EE-Trägern
- Teildekarbonisierung durch Kombination von EE und fossilen Energieträgern
- Potenziale für Energieeffizienz, Abwärmenutzung und Sektorenkopplung
- F & E für angepasste Prozessen zum verstärkten EE-Einsatz



#### Hochtemperatur-Prozesse (z.B. Metallindustrie)

- Am schwierigsten zu erschließende Potenziale für EE
- Großes absolutes Effizienzpotenzial, abhängig von CO<sub>2</sub>- und Energiepreisen
- F & E für veränderte Prozesse und den EE-Einsatz
- Pilotprojekte mit Biomasse und EE-Strom (Sektorenkopplung)
- Besonders offenkundige, ungenutzte Abwärme-Potenziale.

Schematisch lässt sich der Pfad zur Dekarbonisierung der Prozesswärme wie folgt darstellen:<sup>17</sup>



<sup>17</sup> Bei den dargestellten Effizienzgewinnen und dem Wachstumspfad handelt es sich um bloße Annahmen, denen keine näheren Berechnungen zugrunde liegen und die lediglich zur anschaulichen Darstellung der Richtung des Transformationsprozesses dienen; ggf. kann insbesondere der durch Effizienz zu erbringende Anteil an der Dekarbonisierung des Sektors größer oder kleiner sein als hier dargestellt.

## 8. Politische Steuerungsinstrumente

Um den Anteil erneuerbarer Energien in der Prozesswärme und -kälte deutlich zu steigern und gleichzeitig eine Senkung des Gesamtenergiebedarfs zu erreichen, sind **neue politische Anreize** notwendig. Die bisherigen Maßnahmen im Bereich der Prozesswärme und -kälte haben ihre **Ziele deutlich verfehlt**.

Es werden folgende **politische Steuerungsinstrumente** vorgeschlagen:



### Bepreisung fossiler Brennstoffe (CO<sub>2</sub>-Steuer, Emissionshandel)

Ein ganz wesentliches Hindernis für eine erfolgreiche Wärmewende – einschließlich der Prozesswärme - liegt in den seit einigen Jahren niedrigen Brennstoffpreisen für Erdgas, Heizöl und Kohle. Dadurch sind die variablen Kosten für die Wärmeerzeugung mit diesen Brennstoffen niedrig. Investitionen in Effizienzmaßnahmen und erneuerbare Energien sind daher häufig unwirtschaftlich, insbesondere wenn die Investitionen sich in kurzen Zeiträumen amortisieren müssen.

Höhere Preise für fossile Brennstoffe können von Seiten der Politik über Änderungen des Europäischen Treibhausgas-Emissionshandelssystems (EHS) oder durch Steuern auf fossile Brennstoffe induziert werden.

Für den Bereich der Prozesswärme ist zu beachten, dass nur ein Teil der Anlagen zur Erzeugung von Prozesswärme in den Anwendungsbereich des EHS fällt, wie z.B. Verbrennungsanlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 20 MW sowie größere Anlagen für Prozesse in der Metallerzeugung und -verarbeitung oder der keramischen Industrie (siehe Anlage 1 des TEHG). Ein anderer Teil der Anlagen zur Erzeugung von Prozesswärme- und -kälte wird hingegen nicht vom THG-Handelssystem erfasst, insbesondere betrifft dies viele kleinere und mittlere Betriebe, deren Prozesswärmebedarf mit Anlagen unterhalb von 20 MW erzeugt werden kann, was z.B. für viele Betriebe der Nahrungsmittelindustrie zutrifft.

Soweit Prozesswärme-Anlagen dem Emissionshandelssystem unterliegen, hängen die zukünftigen Preise zur Wärmeerzeugung auch davon ab, ob die Anfang 2018 beschlossenen Reformen des EHS zu einem relevanten Anstieg der Zertifikatepreise führen. Solange die Preise sich auf dem niedrigen Niveau der Vergangenheit bewegen, gehen vom Emissionshandel keine ausreichenden Impulse für eine Dekarbonisierung der Prozesswärme aus. Um für die dem EHS unterliegenden Anlagen



entsprechende Investitionsimpulse zu setzen, könnte ein national gesetzter CO<sub>2</sub>-Mindestpreis bzw. eine ergänzende CO<sub>2</sub>-Steuer ein sinnvolles Instrument sein. allerdings müsste eine solche Steuer über den Bereich der Stromerzeugung hinausgehen, um Steuerungsimpulse für die Prozesswärme auszulösen. Des Weiteren müsste die Steuer auch Anlagen außerhalb des EHS erfassen, z.B. um in kleinteiligeren Branchen wie der Ernährungsindustrie neue Investitionsimpulse zu setzen. Dabei sollten Kompensations-Mechanismen geprüft werden, um eine Verschlechterung der Wettbewerbsfähigkeit deutscher Anbieter und ein hieraus resultierendes „carbon leakage“ zu verhindern.

## EU-Energieeffizienzrichtlinie

Die EU-Energieeffizienzrichtlinie ist ein wichtiger Baustein zur Beförderung der Energieeinsparung über alle Sektoren hinweg. Ihr Kerninstrument besteht in Energieeinsparverpflichtungen. Über diese soll bis 2020 1,5% des jährlichen Energieabsatzes der Energieverteiler und Energieeinzelhandelsunternehmen eingespart werden. Deutschland hatte beim Erlass der Effizienzrichtlinie jedoch eine Ausnahmemöglichkeit hiervon durchgesetzt. Unter Berufung hierauf (Art. 7 Abs. 9 der Richtlinie) verzichtet Deutschland bislang auf das Instrument der Energieeinsparverpflichtungen. Damit werden die geforderten Effizienzziele der Richtlinie allerdings nicht erreicht, so dass gerade Deutschland im Zuge der aktuellen Neufassung der Richtlinie ein Interesse an wirksamen Instrumenten zur Verbesserung der Energieeffizienz haben sollte.

Um die EU-Energieeffizienzrichtlinie zukünftig deutlich effektiver zu machen, sind folgende Veränderungen bei der Revision der Energieeffizienzrichtlinie und seiner Umsetzung in Deutschland angebracht:

- Energieeinsparverpflichtungen **obligatorisch für alle Mitgliedsstaaten**, Einschränkung der Ausnahmemöglichkeiten und Alternativmaßnahmen, weiterhin Offenheit des Systems für Primärenergieeinsparungen durch erneuerbare Energien
- Einführung eines Systems der **Energieeinsparverpflichtungen in Deutschland**;
- Ein Schwerpunkt sollte dabei in der **Primärenergieeinsparung durch erneuerbare Energieträger** liegen.

## Energieorientierte Raum- und Bauleitplanung

Die Erzeugung von Prozesswärme durch erneuerbare Energien stellt Anforderungen an die räumliche Planung. Während die Wärmeerzeugung auf Basis fossiler Energieträger praktisch überall stattfinden kann, ist die räumliche Verfügbarkeit vieler Formen Erneuerbarer Wärme begrenzt. Für die Raum- und Bauleitplanung heißt dies, dass im unmittelbaren Umfeld von Industriestandorten Flächen zur Erzeugung erneuerbarer Wärme planerisch gesichert und entwickelt werden müssen. Es muss **planerisch Vorsorge** getroffen werden, um die an Industrie- und Gewerbestandorten entstehenden Prozesswärmebedarfe mit erneuerbare Wärme decken zu können. Vorteilhaft ist dabei, dass die Industrie – anders als Wohngebäude – an vergleichsweise wenigen Standorten angesiedelt ist und somit eine gezielte Planung zur Versorgung von punktförmigen industriellen Wärmesenken entwickelt werden kann.



Für die unterschiedlichen Ebenen der Landes- und Bauleitplanung werden folgende Schritte vorgeschlagen:

- **Thematische Überarbeitung der Landesentwicklungspläne und Regionalpläne** zur Gewährleistung einer verbrauchsnahe Wärmeherzeugung mittels erneuerbarer Energien. Dabei sind z.B. die folgenden Aspekte zu prüfen:
- Die Ausweisung von **neuen Industrie- und Gewerbegebieten** mit hohem Wärmebedarf sollte gezielt an Standorten mit günstigen Bedingungen für erneuerbare Wärmeherzeugung erfolgen. Beispielsweise könnte in den Landesentwicklungs- und Regionalplänen der Länder mit geothermischen Ressourcen festgelegt werden, dass neue raumbedeutsame Industrieansiedlungen gezielt an Standorten entwickelt werden sollten, in denen die Wärme mittels Tiefen-Geothermie klimaneutral zur Verfügung gestellt werden kann.
- **Flächen für raumbedeutsame Vorhaben zur Erzeugung erneuerbarer Wärme** (insbesondere Solarthermie, ggf. auch Geothermie oder Wärmespeicher) sind spätestens auf der Ebene des Regionalplans planerisch zu sichern (z.B. Vorrangflächen für Solarthermie auf Freiflächen im Umfeld von großen Industriegebieten mit hohem Wärmebedarf).
- Wärmebedarfe sind auch bei **Flächennutzungs- und Bebauungsplänen** für Industrie- und Gewerbegebiete mitzudenken und zu regeln. Insbesondere bei neuen Bebauungsplänen, jedoch auch im Umfeld von bestehenden Industrie-/Gewerbegebieten mit relevanten Wärmebedarfen, sollten Flächen für die Erzeugung und Speicherung von Erneuerbarer Wärme, insbesondere Solarthermie, ausgewiesen werden.
- In die **Landes-Bauordnungen** sollten Regelungen für solare Industrie- und Gewerbegebäude aufgenommen werden. Denkbar sind z.B. beim Bau von großen Hallen verpflichtende statische und bauliche Vorkehrungen, um das Dach ohne nachträgliche bauliche Eingriffe für Solarthermie oder Fotovoltaik nutzen zu können oder ggf. sogar verpflichtende solare Nutzungspflichten auf großen Hallendächern.

## Förderung

Die Förderung ist derzeit das **Hauptinstrument** der Bundesregierung in den Bereichen Energieeffizienz und erneuerbare Energien. Eine Vielzahl von Förderprogrammen versucht derzeit Fortschritte zu erzielen. Dabei scheitert die Nutzung der Förderprogramme häufig an vermeidbaren Hürden im Antragsstellungsprozess. Des Weiteren konkurrieren verschiedene Förderlinien miteinander. So sorgt die im Vergleich zu erneuerbaren Energien häufig attraktivere Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung regelmäßig dafür, dass Investitionen nicht in erneuerbare Energieträger fließen.

Zur verbesserten Ausrichtung des Fördersystems auf erneuerbare Energieträger und Energieeffizienz sind daher folgende Maßnahmen sinnvoll:

- Mit einer **Vereinheitlichung der Förderprogramme** unter Berücksichtigung von Zuschussförderung und wettbewerblichen Komponenten lassen sich die Hürden für die Antragstellung deutlich abbauen und auch komplexe Investitionen in den Fördersystemen



abbilden. Die Einführung eines One-Stop-Shop-Verfahrens, also eines Ansprechpartners für alle relevanten Förderungen, verbessert die Attraktivität der Förderung weiter.

- Die **Verkürzung der steuerlichen Abschreibungszeiträume** für erneuerbare Energien und Energieeffizienztechnologien schafft einen unbürokratischen und für die öffentlichen Haushalte besonders kostengünstigen Anreiz. Mit diesem Instrument, das in vielen europäischen und außereuropäischen Ländern bereits erfolgreich genutzt wird, kann insbesondere die Amortisationszeit von Investitionen in Effizienzmaßnahmen und erneuerbare Energien in industriellen und gewerblichen Produktionsprozessen verkürzt werden. Es ist daher eine sinnvolle Ergänzung zur klassischen Förderung.
- **Staatliche Ausfallbürgschaften** für Investitionen durch Energiedienstleister machen Investitionen in diesen Bereichen deutlich attraktiver und sorgen für Sicherheit bei der Etablierung des Marktes. Hierbei steht insbesondere die Erweiterung des Know-Hows in den Bereichen erneuerbare Energien und Energieeffizienz in der Industrie im Fokus.
- Der **Umbau des Fördersystems für Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen** in Richtung einer übergreifenden Effizienz- und erneuerbaren Wärme-Förderung schafft fairere Bedingungen für die verschiedenen Technologien und erleichtert die Integration von erneuerbaren Energieträgern.