

# Power-to-Heat als Chance für die Industrie

Wie Industrieunternehmen die Elektrifizierung ihrer Wärmeerzeugung als zusätzliche Erlösquelle nutzen können.

Benjamin Dausch, Marketing & Sales Manager, Entelios AG

## Aktuelle Herausforderungen und Energiepolitik

Aktuell steht die Industrie vor einer Vielzahl von Krisen und damit verbundenen Herausforderungen. Besonders dringlich sind Fragen rund um die Energie- und Dekarbonisierungsstrategien. Der Angriffskrieg Russlands auf die Ukraine hat die Notwendigkeit einer schnellen Reduzierung des Verbrauchs fossiler Brennstoffe, insbesondere von Erdgas, nochmal zusätzlich aus einer anderen Perspektive verdeutlicht. Die stark reduzierten Erdgaslieferungen haben rasch zu einer strukturellen Veränderung in unserer Energieversorgung geführt.

Eine drohende Gasmangellage konnte abgewendet werden, weshalb Wirtschaftsminister Robert Habeck die Energiekrise kürzlich als „abgearbeitet“ titulierte. Die Frage nach wettbewerbsfähigen Energiepreisen bleibt.

Aktuell bezieht Deutschland immer noch 90 % seiner fossilen Energien aus dem Ausland. Durch den Ausbau von erneuerbaren Energien soll der zukünftige Importanteil auf 30 % reduziert werden.

*Die Frage, wie die Industrie in Zukunft die benötigte Prozesswärme kostengünstig und CO<sub>2</sub>-frei erzeugen kann, ist eine der zentralen Herausforderungen der aktuellen industrie- und energiepolitischen Diskussionen.*

## Bedeutung der Elektrifizierung für die Industrie

Spätestens in 21 Jahren soll Deutschland laut Bundes-Klimaschutzgesetz klimaneutral sein. Aktuell emittiert der Industriesektor die zweithöchsten Treibhausgasemissionen nach der Energiewirtschaft. Eine schnelle Umstellung auf nachhaltige Wärmeerzeugung

in der Industrie ist entscheidend für den Klimaschutz und unerlässlich, um die deutschen Verpflichtungen zur Reduzierung des Erdgasverbrauchs im Rahmen des vor knapp zwei Jahren eingeführten REPowerEU Plans zu erfüllen. Bis zum Jahr 2030 könnten Industriestandorte in Deutschland durch die Elektrifizierung industrieller Prozesswärme bis zu 90 TWh Erdgas einsparen.

Dies entspricht etwa drei Viertel der notwendigen Einsparungen gemäß dem REPowerEU-Plan und würde dazu beitragen, 12,5 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> zu reduzieren, was 18 Prozent des deutschen Sektorziels für die Industrie ausmacht. Zu diesem Ergebnis kam eine Studie des Think Tanks Agora Industrie (Power-2-Heat, 09/2022).

## Branchenspezifisches Potenzial

Besonders groß ist das Potential der Elektrifizierung der industriellen Prozesswärme in den Branchen der Papier-, Lebensmittel- und Kunststoffindustrie im Temperaturbereich bis 500 Grad Celsius. Dieser Temperaturbereich umfasst ca. 45 Prozent des industriellen Prozesswärmebedarfs.

*Die Elektrifizierung der industriellen Prozesswärme birgt ein enormes Potenzial, insbesondere in den Industriebranchen Papier, Lebensmittel und Kunststoffe. Rund 45 Prozent des gesamten industriellen Wärmebedarfs entfallen auf Temperaturen bis zu 500 Grad Celsius.*

Unternehmen treiben ihre eigene Energie- und Dekarbonisierung ihrer Prozesswärme voran, indem sie die Nutzung fossiler Brennstoffe reduzieren, um ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen zu senken. Strombasierte

Wärmeerzeugung (Power-to-Heat) ermöglicht es, Prozesswärme in der Industrie – zum Beispiel bei Trocknungsprozessen in der Papier- und Lebensmittelbranche – unter Verwendung erneuerbarer Energien CO<sub>2</sub>-neutral zu erzeugen. Durch moderne thermische Speicher in Verbindung mit Power-to-Heat-Systemen können Gasheizkessel oder KWK-Anlagen zu bestimmten Zeiten oder perspektivisch sogar ganz ersetzt werden. Auf diese Weise können Unternehmen fossile Brennstoffe einfach reduzieren oder sogar vollständig ersetzen, ohne die Versorgungssicherheit für ihre Prozesse zu gefährden.

## Wichtiger Beitrag zur Dekarbonisierungsstrategie

Es ist notwendig, dass der Einsatz von Wärmepumpen und Elektrodenkesseln in der Industrie mit der Dekarbonisierung des Stromsektors einhergeht. Durch einen flexiblen Stromverbrauch können hohe Anteile erneuerbarer Energien besser integriert und deren schwankende Erzeugung optimal genutzt werden. Diese Flexibilität spielt eine entscheidende Rolle dabei, das Ziel der Bundesregierung, einen Anteil von 80 Prozent erneuerbarer Energien bis 2030 auch effizient zu erreichen.

## Sektorenkopplung durch Power-to-Heat

Strombasierte Wärmeerzeugung spielt eine bedeutende Rolle bei der Systemintegration erneuerbarer Energien. Die Volatilität dieser zunehmenden Energiequellen wird voraussichtlich zu häufigeren Überangebotsituationen auf dem Strommarkt führen. Die Umwandlung dieses Überschusses in Wärme ermöglicht eine zusätzliche Nutzung und trägt zu einem höheren Anteil erneuerbarer Energien im Wärmesektor bei. Dies ermöglicht eine sinnvolle Verbindung der Strom- und Wärmesektoren und reduziert gleichzeitig die Verwendung fossiler Energieträger.

Für Wärmesysteme, die im niedrigen bis mittleren Temperaturbereich arbeiten, ist der kombinierte Betrieb aus Elektrodenkessel und Wärmepumpe vorteilhaft. Dabei ist der Elektrodenkessel nicht nur eine Übergangslösung. Auch in einem zukünftig vollständig CO<sub>2</sub>-freien Energiesystem bilden flexible Elektrodenkessel eine ideale Ergänzung zu den kapitalintensiven, aber effizienten Wärmepumpen. Die Wärmepum-



Abb. 2 | Elektrodenkessel, Quelle: Kraftanlagen Energies & Services

pe trägt dabei hauptsächlich und energieeffizient zur Grundlastdeckung bei, während die Elektrodenkessel flexibel sowohl auf Spitzen im Wärmebedarf als auch auf externe Flexibilitätsanreize reagieren können. Während der Transformationsphase zeichnen sich Elektrodenkessel durch ihre kurzen Planungszeiten aus. Sie ermöglichen eine rasche Umsetzung der Elektrifizierung und bieten selbst bei geringen Betriebsstunden bereits wertvolle Flexibilität.

## Flexibilität von Elektrodenkesseln

Elektrodenkessel können bis zu 500 Grad Celsius eingesetzt werden, wodurch sie ein

breites Anwendungsfeld der Prozesswärme bzw. des Prozessdampfs abdecken.

Sie zeichnen sich durch außerordentlich gute Flexibilitätseigenschaften aus, da sie innerhalb weniger Sekunden reagieren und in wenigen Minuten von Null auf Vollast hochfahren können. Diese Fähigkeit ermöglicht es, schnell auf Veränderungen in der Erzeugung bzw. der Last sowie auf volatile Preisschwankungen am Strommarkt zu reagieren. Besonders im Day-Ahead- und Intradayhandel ist diese Schnelligkeit entscheidend, um kurzfristige Marktschwankungen effektiv nutzen zu können.

© Entelios AG

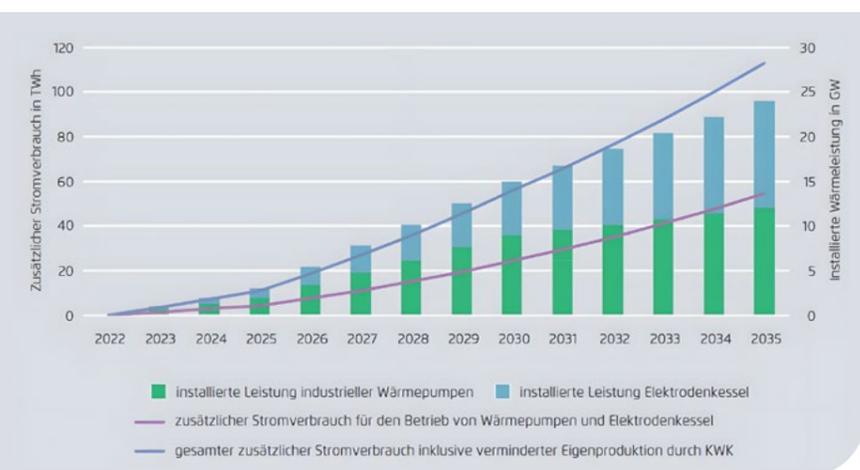


Abb. 1 | Installierte Kapazitäten und zusätzlicher Stromverbrauch; Quelle: Agora Industrie, FutureCamp (2022)

### Über Entelios

Gegründet im Jahr 2010, ist Entelios ein europäischer Pionier im Bereich der industrielle Demand-Response-Dienstleistungen mit umfangreicher Erfahrung in der Flexibilitätsoptimierung, für komplexe Anlagen in Regelreservemärkten und im Intraday-Handel. Mit eigenentwickelten Systemen maximiert Entelios die Erlöse seiner Kunden, indem Flexibilität an allen relevanten Kurzfristmärkten vermarktet und Kapazitäten intelligent zwischen FCR-, aFRR- und Intraday-Märkten verschoben werden. Die individuelle Beratung und Identifizierung von Flexibilitätspotenzialen spielen bei Entelios eine entscheidende Rolle. Als umfassender Dienstleister für Regelreservemärkte unterstützen wir unsere Kunden bei jedem Schritt des Präqualifizierungsprozesses und gewährleisten die n-1-Besicherung durch unsere Regelreservepools. Die Entelios AG ist aktives Mitglied im VIK. ✓

nen. Industriestandorte profitieren davon, indem sie ihre Betriebsweise nach Bedarf anpassen, und können somit verschiedene Vermarktungsoptionen gewinnbringend nutzen. Zudem eignet sich diese Technologie hervorragend für den Einsatz in Regelreserveprodukten zur Frequenzhaltung oder -wiederherstellung, wie bei der FCR (Frequency Containment Reserve) oder aFRR (automatic Frequency Restoration Reserve). Diese vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten tragen dazu bei, dass das Gesamtsystem auch in Zukunft stabil funktioniert und die Integration volatiler erneuerbarer Energie-

quellen wie Wind- und Solarenergie in das Strom- bzw. Energiesystem effektiv erfolgt.

### Einsatz von Großwärmepumpen in der Industrie

Großtechnische Wärmepumpen können im Gegensatz zu Elektrodenkesseln aktuell „lediglich“ für einen Temperaturbereich bis ca. 200 Grad Celsius eingesetzt werden, sofern eine geeignete Wärmequelle verfügbar ist. Durch Nutzung von Umwelt- oder Abwärmquellen sind in der Regel Leistungszahlen zwischen 3 und 6 möglich. Moderne Wärmepumpen sind nicht ganz so flexibel nutzbar

wie Elektrodenkessel, verfügen aber dennoch über gut nutzbare Flexibilitätseigenschaften. Mit ihrem eher grundlastorientierten Betrieb und einer deutlich höheren technischen Anlagenkomplexität sind Wärmepumpen beispielsweise eher für Optimierungen durch Lastverschiebungen als für Echtzeitpreis- oder Frequenzreaktionen geeignet.

Die Entwicklung von Großwärmepumpen, besonders für Anwendungen über 100 Grad Celsius, ist noch lange nicht an ihre physikalischen Grenzen gestoßen, was ein enormes Potenzial für weiteren Fortschritt bedeutet. Um einen umfassenden Zugang zu den verschiedenen Flexibilitätsmärkten im Kurzfristhandel zu gewährleisten, ist es erforderlich, dass die Wärmepumpe einen breiten Betriebsbereich abdeckt und in der Lage ist, schnelle Lastwechsel durchzuführen. Im Intradayhandel sollten und bei der mFRR (manual Frequency Restoration Reserve) müssen Großwärmepumpen sogar im 15-Minuten-Raster reagieren können. Die Teilnahme am FCR oder aFRR-Markt erfordert sogar noch kürzere Reaktionszeiten und höhere Präqualifikationsanforderungen. Um diesen gerecht zu werden, sind technische Anpassungen und eine optimierte Steuerung der Wärmepumpen erforderlich, einschließlich fortschrittlicher Regelungssysteme und Nutzung von Echtzeitdaten für einen effizienten Betrieb.

### Unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten in der Flexibilitätsnutzung

Neben dem primären Ziel der Dekarbonisierung haben beide Anlagentypen – jede mit ihren eigenen Charakteristika – den beschriebenen Vorteil der flexiblen Fahrweise und sind somit wichtige Optimierungsbau- steine für zukünftige Energiekonzepte von Industriestandorten.

Insgesamt bieten sowohl Elektrodenkessel als auch Wärmepumpen effiziente und kostengünstige Möglichkeiten für Industriestandorte, Flexibilität für unterschiedliche Zwecke zu nutzen:

- zur lokalen Optimierung, beispielsweise von Netzentgelten oder Eigenverbrauch erneuerbarer Erzeugung
- system- und netzdienlich, um die technische Stabilität des Gesamtsystems sicherzustellen
- marktdienlich, um Stromangebot und -nachfrage im Kurzfristhandel auszugleichen

Diese verschiedenen Einsatzzwecke von Flexibilität haben jeweils ihre eigenen und teils sehr unterschiedlichen technischen, betrieblichen und regulatorischen Anforderungen. Am Ende hat jedoch jede dieser Anwendungen eine bedeutende Rolle in unserem zukünftigen Energiesystem und unterstützt die Bewältigung der Herausforderungen dessen Umbaus.

Elektrodenkessel weisen zahlreiche positive Eigenschaften für die Flexibilitätserbringung auf. Dank ihrer schnellen Reaktionsfähigkeit eignen sie sich besonders gut für die Teilnahme an den Regelleistungsmärkten und dem Intraday-Handel. Die flexible Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Marktbedingungen macht sie zu einem vielseitigen Werkzeug. Man kann sie daher als Schweizer Taschenmesser der Flexibilitätsvermarktung betrachten.

*Im Gegensatz zur Großwärmepumpe, deren Aufgabenspektrum in der Bereitstellung von Flexibilität noch nicht vollständig geklärt ist, kann der Elektrodenkessel schon heute ohne Einschränkungen an allen Kurzfristmärkten teilnehmen. Elektrodenkessel können daher als Schweizer Taschenmesser der Flexibilitätsvermarktung betrachtet werden.*

### Maximaler Ertrag durch Cross-Market-Optimierung

Im Hinblick auf eine effiziente und wirtschaftliche Optimierung spielen zwei Faktoren eine entscheidende Rolle: Erstens muss die lokale Optimierung sicherstellen, dass die relevanten standortspezifischen Faktoren angemessen berücksichtigt und kontinuierlich optimiert werden. Zweitens ist es von wesentlicher Bedeutung, bei der Vermarktung von Flexibilität alle geeigneten Märkte und Produkte zu nutzen. Dies ist sowohl aus wirtschaftlichen Gründen als auch zur Steigerung der Widerstandsfähigkeit gegenüber regulatorischen oder saisonalen Marktentwicklungen unerlässlich.

Entelios nutzt eine selbst entwickelte Cross-Market-Optimierung (CMO), um Flexibilität aus Elektrodenkesseln zu vermarkten. Dabei ist es unerlässlich, dass die rollierende Optimierung über den Kurzfristhandel und die Regelreserve algorithmisch und automatisiert erfolgt. Die bereitgestellte Flexibilität wird kontinuierlich über alle Märkte hinweg optimiert, basierend auf zuvor definierten lokalen Restriktionen sowie externen Preissignalen. Der rein wirtschaftliche Mehrwert dieser umfassenden Strategie im Vergleich zur ausschließlichen Vermarktung in nur einem der beiden Marktsegmente liegt bereits heute – standortabhängig – bei bis zu 35 Prozent, teilweise sogar deutlich darüber. Mit Blick auf die zunehmende Volatilität in den Kurzfristmärkten ist eine steigende Tendenz wahrscheinlich.

In einem partnerschaftlichen Verständnis erarbeitet Entelios individuelle Vermarktungskonzepte, bei denen standortspezifische Faktoren identifiziert und berücksichtigt werden. Diese können beispielsweise technischer, betrieblicher oder wirtschaftlicher Art sein und beinhalten eine Analyse der technischen Anlagenparameter und deren Integration in die gesamte Produktions- und Energieinfrastruktur sowie die örtlichen wirtschaftlichen und regulatorischen Randbedingungen. Auf dieser Grundlage und mit 14 Jahren Erfahrung bei Industrieflexibilität hat Entelios eine standortindividuelle CMO-Strategie über alle relevanten Kurzfristmärkte hinweg entwickelt.

*Entelios erarbeitet in einem partnerschaftlichen Verständnis individuelle Vermarktungskonzepte, bei welchem standortspezifische Faktoren identifiziert und berücksichtigt werden.*

### Weiterentwicklung der Rahmenbedingungen zur Förderung der Elektrifizierung

Um die Elektrifizierung und damit die Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung weiter zu unterstützen, müssen bestehende regulatorische Barrieren mit hoher Priorität konsequent abgebaut werden. Ein erster wichtiger Schritt ist die Verlängerung der Ausnahmeregelung zur Flexibilitätserbringung unter Beibehaltung individueller Netzentgelte nach § 19 Abs. 2 Satz 2 StromNEV, der jedoch weiter verbessert und entwickelt werden muss.

Langfristig ist eine grundsätzliche Überarbeitung der Netzentgeltregelung erforderlich, welche die Wettbewerbsfähigkeit energieintensiver Industrien sicherstellt und zugleich den Einsatz flexibler Technologien fördert. Entscheidend ist, dass betroffene Akteure langfristig mit klaren und verlässlichen Regelungen planen können, um Investitionen in leistungsstärkere Netzanschlüsse, die mit elektrischen Wärmeerzeugern verbunden sind, zu tätigen. ✓

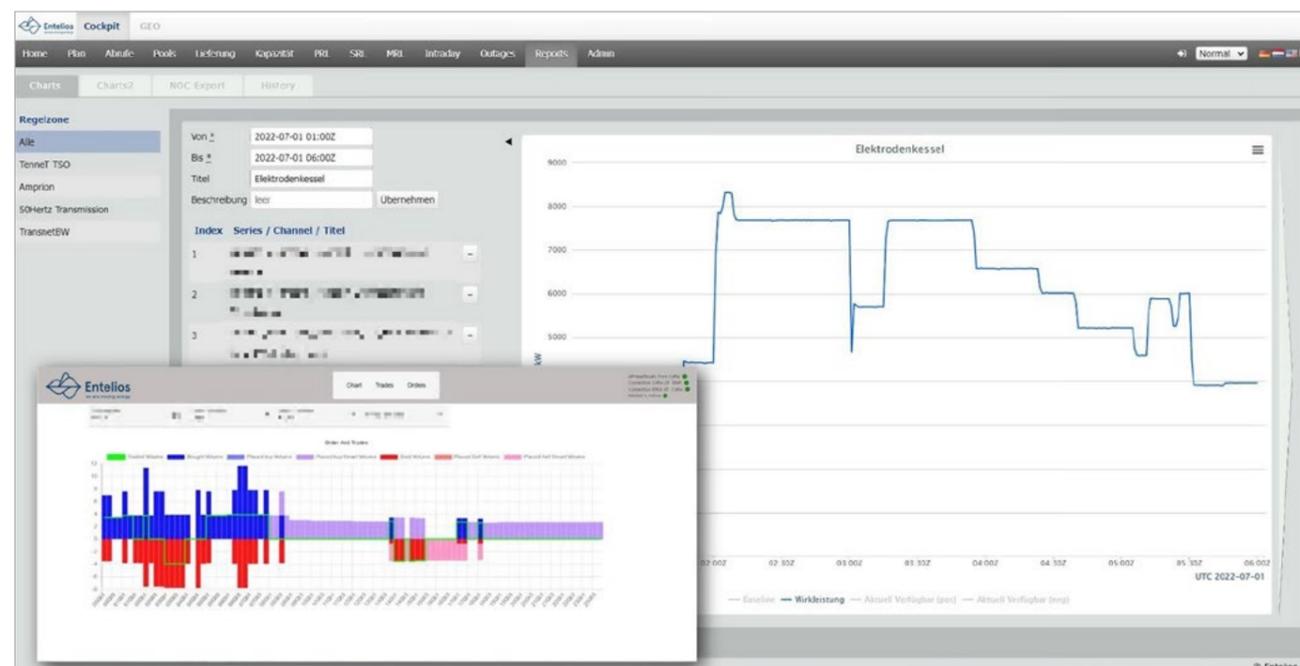


Abb. 3 | Live-Visualisierung der Entelios AG



**Benjamin Dausch**  
Marketing & Sales Manager  
Entelios AG  
+49 89-552-9968-37  
benjamin.dausch@entelios.com

### Über den Autor

Benjamin Dausch ist seit dem vergangenen Jahr Marketingverantwortlicher bei der Entelios AG und im Business Development tätig. Zuvor war er für ju:niz Energy GmbH, einem führenden EPC für Großbatteriespeicher tätig.