

# ENTWICKLUNG EINER RESIDUALLAST-ANGEPASSTEN DRUCKLUFTBEREITSTELLUNG

Jan-Niklas GERDES<sup>1\*</sup>, Ekrem KÖSE<sup>2</sup>, Christian DIEROLF<sup>1</sup>, Alexander SAUER<sup>2</sup>

## Kurzfassung

In diesem Artikel wird das Konzept und die Möglichkeiten einer hybriden Betriebsweise eines Druckluftheizkraftwerks (DHKW) mit Strom und Gas vorgestellt. Anhand von drei realen Szenarien sollen die situationsabhängigen Vorteile anhand eines Demonstrators gezeigt werden. Die verwendeten Szenarien unterscheiden sich hinsichtlich ihres Anteils an erneuerbaren Energien, dessen Volatilität in Zukunft einen starken Einfluss auf die Energieversorgung haben wird. Durch die hybride Betriebsweise kann ein effizientes, umweltfreundliches, energieflexibles und resilientes Anlagenkonzept ermöglicht werden.

## Inhalt

Druckluft stellt aufgrund der großen Energieverluste bei der Erzeugung eines der teuersten Medien in der Industrie dar. Diese entstehen vor allem aufgrund der Zwischenkühlung bei der mehrstufigen Verdichtung, sodass 90-96% der zugeführten Energie in Form von Wärme abgeführt werden muss [1]. Aufgrund der verbreiteten Anwendung von Druckluft in der Industrie bieten Effizienzmaßnahmen ein großes Potenzial zur ökologischen Optimierung. Da die Energiekosten einer Druckluftanlage auf den gesamten Lebenszyklus 70-90% der Gesamtkosten ausmachen, sind Investitionen in die Effizienz von Druckluftsystemen nicht nur ökologisch, sondern auch wirtschaftlich sinnvoll [2].

Eine potenzielle Lösung bieten Druckluftheizkraftwerke (DHKW), die basierend auf dem Konzept der Kraft-Wärme-Kopplung mechanische und thermische Energie bereitstellen. Im Gegensatz zu konventioneller Erzeugung von Druckluft und Wärme, durch Kompressoren und Heizkessel, können so erhebliche Einsparungen an Energiekosten und CO<sub>2</sub> erreicht werden [1].

Im Rahmen des Projektes „SynErgie“ wurden unterschiedliche Konzepte und Technologien zur Flexibilisierung der Druckluftbereitstellung untersucht, wobei eine hybride Betriebsweise eines der größten Potenziale generiert. Durch die Befähigung zu einer bivalenten Fahrweise könnte daher ein erheblicher Beitrag zum Gelingen der Energiewende geleistet werden [3].

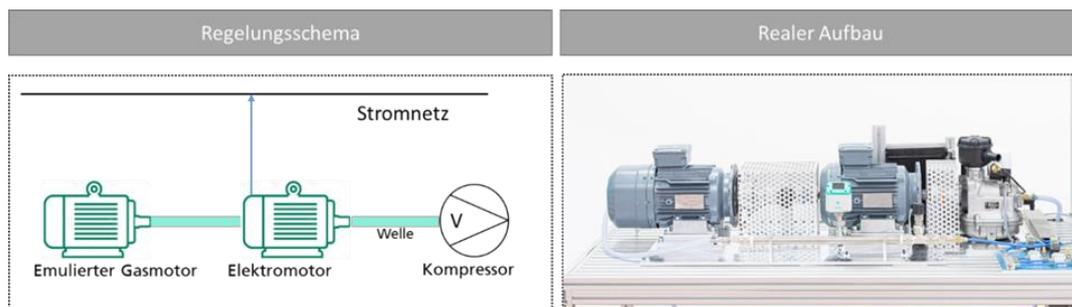


Abbildung 1: Bivalenter Demonstrator mit emuliertem Gasmotor

Durch die Hybridisierung eines DHKWs wird der Betrieb mit mehreren Energieträgern ermöglicht und um einen Betrieb mit Strom in einem Elektromotor erweitert. Dieser Elektromotor ist dabei zusätzlich in der Lage einen Teil der mechanischen Energie zu rekuperieren. Im Vergleich zu herkömmlichen DHKW-Anlagen ermöglicht ein bivalenter Betrieb mit Strom und Gas die folgenden Vorteile:

- Die Rekuperation in elektrische Energie ermöglicht eine längere Betriebsdauer der Anlage, auch wenn kein Druckluftbedarf vorliegt, sodass die Wirtschaftlichkeit und Effizienz des Systems verbessert wird

<sup>1</sup> Universität Stuttgart, Institut für Energieeffizienz in der Produktion, Nobelstr. 12 in 70569 Stuttgart, Telefonnr. +49 711 970 1675, jan-niklas.gerdes@eep.uni-stuttgart.de, www.eep.uni-stuttgart.de

<sup>2</sup> Fraunhofer Institut für Produktions- und Automatisierungstechnik, Nobelstr. 12 in 70569 Stuttgart, Telefonnr. +49 711 970-3624, ekrem.köse@ipa.fraunhofer.de, www.ipa.fraunhofer.de

- Die hybride Betriebsweise ermöglicht die Nutzung des Energieflexibilitätpotenzials unter anderem als netzdienliche Leistung, oder zum Peak-Shifting des Energieverbrauchs
- Über den eingebauten Elektromotor kann die Anlage negative Strompreise, aufgrund der volatilen erneuerbaren Energien, nutzen und klimaneutral Druckluft bereitstellen

### Konzept

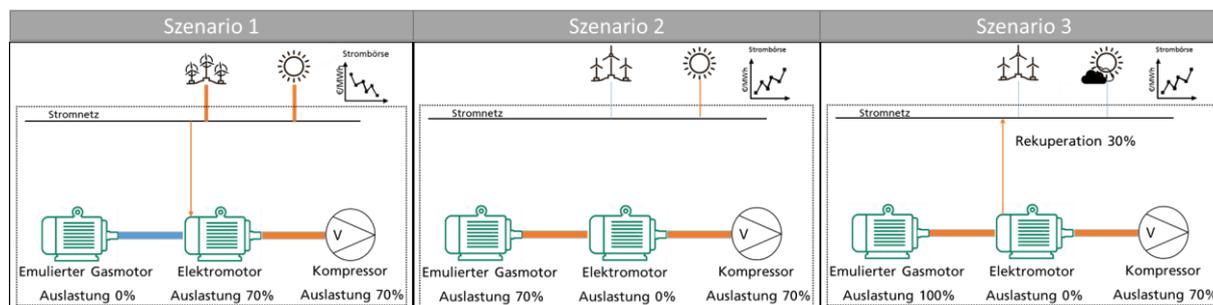


Abbildung 1: Simulierte Szenarien mit dem bivalenten Druckluftdemonstrator – in allen Eventualitäten effizient und residuallast-angepasst

Der Nutzen eines solchen Anlagenkonzepts wird anhand eines Demonstrators mit drei verschiedenen Szenarien gezeigt. Im Szenario 1 liegt ein windiger Sommertag vor, an dem der Anteil der regenerativen Energien an der Stromerzeugung sehr hoch ist und die Börsenstrompreise niedrig (oder sogar negativ). Die Druckluft wird über den Elektromotor erzeugt, der durch den CO<sub>2</sub>-armen Strommix angetrieben wird. An einem Tag mit moderatem regenerativen Anteil an der Stromerzeugung ist der Strompreis höher (Szenario 2). Die Druckluft wird dann über den Gasmotor erzeugt werden, wobei idealerweise klimaneutrales Gas verwendet wird. Die erzeugte Wärme aus dem Gasmotor wird dabei direkt genutzt oder zwischengespeichert. Im Falle einer Dunkelflaute (Szenario 3) wird der niedrige Anteil der regenerativen Energien den Strompreis in die Höhe treiben. Die Erzeugung der Druckluft wird ebenfalls über den Gasmotor realisiert, wobei ein Teil der mechanischen Energie am Elektromotor rekuperiert und ins Netz eingespeist wird. Dadurch lassen sich zusätzliche Erlöse durch den Stromverkauf realisieren und es kann einen Beitrag zur Stabilisierung des Netzes geleistet werden. Der Aufbau des Konzepts, sowie eine Visualisierung der Szenarien sind in Abbildung 2 gezeigt.

### Ergebnisse

Anhand des Demonstrators konnten die Vorteile eines hybriden Betriebes, die Rekuperation und damit einhergehenden Steigerung der Wirtschaftlichkeit und Effizienz, sowie das Energieflexibilitätpotenzial und die Nutzung von negativen Strompreisen, validiert. Somit wird nicht nur eine Einbindung von Energieflexibilität bei Unternehmen ohne negativen Einfluss auf die Produktion dargestellt, sondern auch eine sinnvolle und einfach implementierbare Effizienzmaßnahme in der Druckluftherzeugung demonstriert. Weiterhin wird das Gesamtpotenzial von hybriden Druckluftsystemen in der deutschen Industrie aufgezeigt, was sich in den Branchen, Ernährung, Tabak, chemische Industrie, Metallerzeugung und -verarbeitung, Glas und Keramik, Gummi- und Kunststoffe und Kraftwagen, auf ca. 31.000 relevanten Kompressoren und ungefähr 580 MW Leistungsaufnahme durch Druckluft-Kompressoren beläuft [4].

### Referenzen

- [1] M. Dehli, Hg., Energieeffizienz in Industrie, Dienstleistung und Gewerbe: Energietechnische Optimierungskonzepte für Unternehmen, 1. Aufl. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint: Springer Vieweg, 2020.
- [2] dena, „Energieeffizienz in kleinen und mittleren Unternehmen. Energiekosten senken. Wettbewerbsvorteile sichern.“, 2015.
- [3] Sauer, E. Abele und H. U. Buhl, „Energieflexibilität in der deutschen Industrie: Ergebnisse aus dem Kopernikus-Projekt - Synchronisierte und energieadaptive Produktionstechnik zur flexiblen Ausrichtung von Industrieprozessen auf eine fluktuierende Energieversorgung - SynErgie“, 2019.
- [4] M. Blesl und A. Kessler, Energieeffizienz in der Industrie. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2017.