
Wasserstofffähige Gaskraftwerke

Hintergrund zu dem Kraftwerkssicherheitsgesetz

Basierend auf einer Studie des Fraunhofer ISI

Die Bundesregierung hat einen Gesetzesentwurf zum Kraftwerkssicherheitsgesetz (KWSG) auf den Weg gebracht, welcher vorsieht, die Stromversorgung langfristig durch wasserstofffähige Gaskraftwerke zu sichern. Um die technischen Herausforderungen besser einzuschätzen hat die Deutsche Umwelthilfe das Fraunhofer ISI gebeten, die Marktreife wasserstofffähiger Turbinen sowie die Profitabilität der geplanten Kraftwerke zu untersuchen.

1. Zusammenfassung

Das geplante KWSG der Bundesregierung zielt darauf ab, die Versorgungssicherheit durch den Bau neuer wasserstofffähiger Gaskraftwerke zu erhöhen. Diese Anlagen sollen zunächst Erdgas nutzen, aber innerhalb von acht Jahren nach Inbetriebnahme auf reinen Wasserstoff umgestellt werden. Der Übergang zu 100% Wasserstoff bleibt jedoch unsicher und birgt erhebliche Risiken für die Erreichung der Klimaziele:

- **Wasserstoffturbinen sind momentan noch in der Forschungsphase und eine rechtzeitige Marktreife ist nicht garantiert.** Technische Herausforderungen wie NO_x-Emissionen, Materialbelastung, Flammenstabilität und Sicherheitsrisiken sind noch nicht vollständig gelöst.
- **Wasserstoffkraftwerke sind ineffizient und teuer.** Grüner Wasserstoff wird sehr begrenzt sein und die Effizienzverluste der Rückverstromung sind enorm. Es ist nicht sichergestellt, dass das Wasserstoffkernnetz rechtzeitig ausgebaut sein wird und die Kraftwerke überhaupt rechtzeitig Wasserstoff beziehen können.
- **Begrenzte Betriebsstunden sind wichtiger als Effizienz.** Früher galt Effizienz als Hauptkriterium für Kraftwerke – weniger fossiler Brennstoff, mehr Strom. Doch solche Anlagen lohnen sich oft nur bei hohen Betriebsstunden und sind weniger flexibel. Angesichts der Dringlichkeit, Emissionen zu senken, zählen heute geringe Betriebszeiten mehr als relativ niedrige Effizienzgewinne.
- **Geplante Kombikraftwerke zeichnen sich durch zu hohe Betriebsstunden aus.** Wir benötigen Kraftwerke, welche flexible Leistung erbringen können, keine Grundlastkraftwerke, welche zu hohen Emissionen von fossilem Gas oder der Verschwendung von kostbarem Wasserstoff führen werden.
- **Die Anwendung von CO₂-Abscheidung und -Speicherung (CCS) an Kraftwerken ist nicht klimakompatibel.** Dennoch erlaubt die aktuelle Fassung des KWSG deren Nutzung, wenn das Wasserstoffkernnetz nicht ausreichend ausgebaut ist. CCS an Kraftwerken ist jedoch großflächig unerprobt, dauerhaft teuer und ineffizient. Ein solcher Fokus auf CCS birgt die Gefahr, die dringend notwendige Dekarbonisierung weiter zu verzögern.

Insgesamt verstärkt das KWVG in seiner gegenwärtigen Form eine riskante Abhängigkeit von gasbasierten Lösungen, die die Klimaziele gefährden und den fossilen Energieverbrauch unnötig verlängern könnten. Aus Sicht der Deutschen Umwelthilfe ist eine Neuausrichtung entscheidend, um die Energiewende wirksam voranzubringen. Die genannten Risiken werden im Folgenden ausführlicher betrachtet.

2. Wasserstofffähige Kraftwerke: Bereits marktreif?

2.1. Was sind wasserstofffähige Gaskraftwerke?

Wasserstofffähige Gaskraftwerke, oft als „H₂ ready“ Gaskraftwerke bezeichnet, sind Anlagen, die so konzipiert sind, dass sie sowohl mit fossilem Erdgas als auch zukünftig mit reinem Wasserstoff betrieben werden könnten – zumindest in der Theorie. Diese Technologie wird oft als vielversprechender Schritt in Richtung eines klimafreundlicheren Energiesystems gesehen. Doch die Umstellung von Erdgas auf Wasserstoff bringt erhebliche technische Herausforderungen für zentrale Komponenten der Kraftwerke mit sich.

Ein wasserstofffähiges Gaskraftwerk basiert technisch auf derselben Grundstruktur wie ein konventionelles Erdgaskraftwerk, das Erdgas in einer Turbine verbrennt, um Strom zu erzeugen. Die zentrale Komponente eines Gaskraftwerks ist die Gasturbine. Diese ist darauf ausgelegt, Gas in einem sehr heißen Brennraum zu verbrennen und die dabei entstehenden Gase auf eine Turbine zu lenken, die mit ihrem Drehmoment einen Generator antreibt. Wasserstoff unterscheidet sich jedoch in wesentlichen Eigenschaften von Erdgas: Er hat eine höhere Flammengeschwindigkeit, eine höhere Flammentemperatur und ein anderes Verbrennungsverhalten.

2.2. Was sind die technischen Herausforderungen von Wasserstoffturbinen?

Diese physischen Unterschiede führen zu mehreren technischen Herausforderungen:

Verbrennungsdynamik und NO_x-Emissionen: Wasserstoff verbrennt bei höheren Temperaturen als Erdgas, was unerwünschte Stickoxidemissionen (NO_x) erhöht. Diese Emissionen können nur durch spezielle Verbrennungstechnologien gesenkt werden. Aktuelle Forschungsprojekte der Turbinenhersteller versuchen, sogenannte "Dry-Low-Emission" (DLE)-Brenner zu entwickeln, die stabile Verbrennung und niedrige Emissionen bei reinem Wasserstoff ermöglichen.

Materialbelastung und Wasserstoffversprödung: Wasserstoff kann Materialien wie Stahl verspröden, was zur Bildung von Mikrorissen und damit zu mechanischen Problemen führen kann. Deshalb müssen hitzebeständige und wasserstoffresistente Materialien entwickelt und getestet werden, die den extremen Bedingungen im Turbineninneren standhalten.

Flammenstabilität und Sicherheitsrisiken:

Durch die hohe Flammengeschwindigkeit von Wasserstoff besteht ein höheres Risiko für sogenannte Flashbacks, also eine Rückzündung in die Brennkammer, die schwere Schäden verursachen könnte.

2.3. Was ist der Entwicklungsstand der Turbinen?

Die zentralen Probleme sind die Verfügbarkeit und die technische Reife der Wasserstoffturbinen. Für einen dauerhaften Betrieb mit reinem Wasserstoff sind aktuell keine marktreifen Turbinen verfügbar; bestehende Modelle können lediglich eine begrenzte Menge H₂ beimischen, was den Dekarbonisierungseffekt stark einschränkt. Zwar gibt es bereits kleinere Gasturbinen, die mit hohem Wasserstoffanteilen oder reinem Wasserstoff betrieben werden können, doch für die großtechnischen, schwerlastfähigen Turbinen befindet sich die Technologie noch in der Entwicklungsphase.

Die führenden Hersteller Siemens Energy, General Electric und Mitsubishi Electric arbeiten an der Weiterentwicklung ihrer Verbrennungstechnologien. Verschiedene Pilotprojekte laufen bereits,

doch die Skalierung dieser Technologien auf Großanlagen sowie die notwendige Anpassung von Materialien und Sicherheitsmechanismen erfordern noch weitere Tests und Innovationen. Die geplante Marktreife in den frühen 2030ern wird von den Herstellern angestrebt, kann aber nicht garantiert werden.

3. Wasserstofffähige Kraftwerke: Retter des Stromsystems?

3.1. Was ist die Rolle von wasserstofffähigen Gaskraftwerken im Stromsystem?

In einem Energiesystem, das zunehmend auf schwankende erneuerbare Energiequellen wie Wind und Sonne setzt, erfüllen flexible Leistungen eine wichtige Funktion. Sie bieten gesicherte Leistung und können bei Bedarf Strom erzeugen, wenn Sonne und Wind nicht ausreichend Energie liefern. Gaskraftwerke können dies gut. Sie verursachen jedoch CO₂-Emissionen, ihr Betrieb gefährdet so die Klimaziele. Aus diesem Grund setzt die Politik zunehmend auf wasserstofffähige Kraftwerke, um eine langfristige Nutzung ohne fossile Emissionen zu ermöglichen.

Wasserstoffkraftwerke sind jedoch ineffizient, teuer und nicht zwangsläufig klimafreundlich. Die Produktion von grünem Wasserstoff erfordert große Mengen an erneuerbarem Strom, was hohe Umwandlungsverluste mit sich bringt, da bei der Elektrolyse bis zu 30-40 % der eingesetzten Energie verloren geht. Anschließend geht weitere Energie verloren, wenn der Wasserstoff in einem Kraftwerk verbrannt und wieder in Strom umgewandelt wird, was die Gesamteffizienz erheblich reduziert. Die Kosten für die Bereitstellung von grünem Wasserstoff sind hoch, da Elektrolyseure und entsprechende Infrastruktur noch nicht weit verbreitet und teuer sind. Besonders problematisch ist der Einsatz von Wasserstoff in Kraftwerken mit hohen Volllaststunden, da dies große Mengen Wasserstoff erfordert, die knapp und teuer bleiben.

3.2. Welche Rolle spielt das Kraftwerkssicherheitsgesetz?

Die Bundesregierung hat einen Gesetzesentwurf zum KWSG vorgelegt, welcher vorsieht, die Stromversorgung langfristig durch wasserstofffähige Gaskraftwerke abzusichern. Kernziel ist es, **12,5 Gigawatt an neuer Kraftwerkskapazität, darunter fünf Gigawatt neue wasserstofffähige Gaskraftwerke, zwei Gigawatt Modernisierungsprojekte und weitere fünf Gigawatt klassische Gaskraftwerke auszuschreiben.**

Die wasserstofffähigen Anlagen müssen spätestens acht Jahre nach Inbetriebnahme vollständig auf 100% Wasserstoffbetrieb umgestellt werden. Zusätzlich werden je 0,5 Gigawatt Wasserstoffsprinterkraftwerke (die von Beginn an mit reinem Wasserstoff betrieben werden) und Langzeitspeicher gefördert. Ab 2028 sollen alle geförderten Anlagen in einen neuen Kapazitätsmechanismus integriert werden, um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Das KWSG soll darüber hinaus einen Beitrag leisten, die Wasserstoffwirtschaft zu stärken.

3.3. Was für Kraftwerke sind momentan in Planung?

Die meisten derzeit geplanten wasserstofffähigen Kraftwerke sind als Kombikraftwerke ausgelegt. Hierbei wird die Abwärme der Gasturbine genutzt, um in einem zusätzlichen Dampfkraftwerksprozess weitere Energie zu erzeugen. Solche Kombikraftwerke erreichen hohe Effizienzwerte, sind jedoch für den Dauerbetrieb (hohe Volllaststunden) optimiert. In einem 100%-EE Stromsystem brauchen wir aber keinen Dauerbetrieb, sondern flexible Kapazitäten, welche rasch hoch- und runterfahren. Hohe Volllaststunden werden zu hohen Emissionen bei Erdgasbetrieb sowie verschwenderischem Konsum von limitiertem grünem Wasserstoff bei Wasserstoffbetrieb führen.

Ein anderer Typ, der für kürzere und flexiblere Einsätze ausgelegt ist, sind einfache Gasturbinenkraftwerke. Diese haben eine geringere Effizienz, da sie keine zusätzliche Dampfnutzung ermöglichen, können aber schneller hoch- und runtergefahren werden und

würden in der Summe weniger Wasserstoff benötigen. Trotz der niedrigeren Effizienz sind diese den Kombikraftwerken vorzuziehen.

4. Was sind weitere Herausforderungen?

Eine zentrale Herausforderung für wasserstofffähige Gaskraftwerke ist die Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff. Aktuelle Szenarien gehen davon aus, dass Deutschland erst ab den späten 2030er Jahren relevante Mengen an grünem Wasserstoff für die Energieversorgung bereitstellen könnte. Solange grüner Wasserstoff knapp ist und teuer bleibt, ist eine große Flotte an Wasserstoffkraftwerken unrealistisch. Der aktuelle Entwurf des KWVG enthält ein riskantes Schlupfloch: Sollte das Wasserstoffkernnetz nicht rechtzeitig ausreichend ausgebaut sein, könnten Kraftwerke weiterhin mit fossilem Gas betrieben werden – vorausgesetzt, sie sind mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung (CCS) ausgestattet. Diese Technologie ist jedoch nachweislich teuer, ineffizient und extrem energieintensiv. Bisher gibt es keine erfolgreichen Pilotprojekte, die den großflächigen Einsatz von CCS an Kraftwerken belegen. Statt echte Dekarbonisierung voranzutreiben, würde dieser Ansatz fossile Abhängigkeiten verlängern und wertvolle Ressourcen vergeuden.

5. Fazit

Wasserstofffähige Kraftwerke stehen vor erheblichen Herausforderungen und können in ihrer aktuellen Form keine magische Lösung für

eine klimafreundliche Energiezukunft bieten. Technische Probleme wie NO_x-Emissionen, Materialbelastung und Sicherheitsrisiken sind noch ungelöst und eine rechtzeitige Marktreife ist ungewiss.

Hinzu kommt, dass Wasserstoffkraftwerke ineffizient und teuer sind, während grüner Wasserstoff nur in begrenztem Umfang verfügbar sein wird. Der ineffiziente Rückverstromungsprozess sowie die Unsicherheit beim Ausbau des Wasserstoffkernnetzes verstärken diese Probleme.

Das KWVG setzt weiterhin auf gasbasierte Lösungen mit hohen Betriebsstunden und erlaubt die Nutzung von CCS, obwohl diese Technologie teuer, unerprobt und ineffizient ist. Eine solche Strategie gefährdet die Klimaziele und lenkt von dringend notwendigen Alternativen wie erneuerbaren Energien, mehr Flexibilität, Netzausbau und Speicherlösungen ab. Eine Neuausrichtung des Gesetzes ist dringend erforderlich, um die Energiewende konsequent und zukunftsfähig voranzutreiben.

Stand: 02.12.2024



Deutsche Umwelthilfe e.V.

Bundesgeschäftsstelle Radolfzell
Fritz-Reichle-Ring 4
78315 Radolfzell
Tel.: 07732 9995-0

Bundesgeschäftsstelle Berlin
Hackescher Markt 4
Eingang: Neue Promenade 3
10178 Berlin
Tel.: 030 2400867-0

Nadine Bethge
Stellvertretende Leiterin Energie &
Klimaschutz
bethge@duh.de

Merle Jürgens
Referentin Energie & Klimaschutz
juergens@duh.de

www.duh.de [@info@duh.de](mailto:info@duh.de) [X](#) [f](#) [@](#) [in](#) [d](#) [umwelthilfe](#)

[Wir halten Sie auf dem Laufenden: www.duh.de/newsletter-abo](http://www.duh.de/newsletter-abo)

Die Deutsche Umwelthilfe e.V. ist als gemeinnützige Umwelt- und Verbraucherschutzorganisation anerkannt. Wir sind unabhängig, klageberechtigt und kämpfen seit über 40 Jahren für den Erhalt von Natur und Artenvielfalt.

Transparent gemäß der Initiative Transparente Zivilgesellschaft. Ausgezeichnet mit dem DZI Spenden-Siegel für seriöse



Initiative
Transparente
Zivilgesellschaft

