

TransNetz

Entwicklung von robusten Transformationspfaden zur Umsetzung der Klimaziele auf Verteilnetzebene (Phase I)

Abschlussbericht

**Friedemann Mörs, Katharina Bär, Christiane Staudt, Maximilian Heneka,
Volkan Isik, Wolfgang Köppel**
DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des KIT, Karlsruhe
Tobias Müller, Marco Kerzel, Markus Zdrallek
Bergische Universität Wuppertal
Michael Wupperfeld, Sylvana Zöllner, Maik Hoffmann, Jens Hüttenrauch
DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH
Jörg Leicher, Anne Giese, Ben Wortmann, Annika Heyer, Jörn Benthin
Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.



**TransNetz
Entwicklung von robusten
Transformationspfaden zur Umsetzung
der Klimaziele auf Verteilnetzebene
(Phase I)**

Abschlussbericht

Dezember 2023

DVGW-Förderkennzeichen G 202145

unterschieden sich daher auch deutlich zwischen den Ausprägungen und den Gebietstypen. Ein (teilweiser) Rückbau der Gasverteilnetze kann vor allem in Gebieten beobachtet werden, in denen ein Wechsel der Gaskunden zu Wärmenetzen erfolgt und z.B. straßenweise auf Parallelleitungen (Gas, Wärme) verzichtet werden kann. Dies betrifft im Wesentlichen die Nieder- und Mitteldrucknetze. In den Hochdrucknetzen, aus denen die Nieder- und Mitteldrucknetze gespeist und Industrie, HKW und BHKW direkt versorgt werden, zeigen dagegen eine geringere Abhängigkeit und somit einen geringeren Rückbau. Durch eine Zunahme der Anschlüsse von BHKW für z.B. die Versorgung von Wärmenetzen und Bereitstellung von KWK-Strom steigen sogar die Anschlüsse und das Verhältnis Gasverbrauch zu Netzlänge in den betrachteten Netzen eher an. Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Anpassungsoptionen für die Netze und die Auswirkungen auf die Netzstruktur und Netzlänge sowie den resultierenden Netzkosten für z.B. Betrieb, Erneuerung aber auch Umstellung auf Wasserstoff im Wesentlichen von der Entwicklung der Kundenstruktur in Bezug auf Wärmenetze und Elektrifizierung abhängen. Daher müssen sie für jedes Netz unter Beachtung der tatsächlichen regionalen Randbedingungen individuell abgeleitet werden.

Energiebedarfe Wohnsektor

Aktuelle, sowie zukünftige Wärmebedarfe und Wärmenetzgebiete konnten mit hoher räumlicher Auflösung deutschlandweit bestimmt und Siedlungstypologien zugeordnet werden. Auf Basis einer statistischen Auswertung der Wärme- und Gasnetzgebiete in den Typologien konnten deren Potentiale von 89 TWh identifiziert werden. Im Wesentlichen werden die Netze in Gebieten mit einer hohen Siedlungsdichte liegen. Es gilt dabei zu beachten, dass hier nur die den Wohngebäuden für Raumwärme und Warmwasser zur Verfügung zu stellenden Energiemengen betrachtet wurden.

Eine genaue Analyse der Gebäudeeigenschaften und der lokalen Siedlungsstruktur ermöglichte zudem eine Abschätzung der Wärmepumpen- und Biomasse-Potentiale der Typologien. Hierbei zeigte sich innerhalb der Annahmen, dass Wasserstoffheizungen bei Wasserstoffpreisen von 10 -12 Cent/kWh konkurrenzfähig zu Wärmepumpen mit Strompreisen von ca. 30 Cent/kWh wären.

Energiebedarfe Industrie

Die fertigende Industrie, hier vor allem die so genannten Grundstoffindustrien, müssen neben ihren oft energieintensiven Fertigungsprozessen auch Aspekte wie etwa Anforderungen an die Produktqualität, das Einhalten von Emissionsgrenzwerten für Schadstoffe wie etwa Stickoxide (NO_x) und ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit berücksichtigen. Für eine Defossilisierung gelten die Elektrifizierung (mit regenerativem Strom) und der Einsatz von („grünem“ oder „blauem“) Wasserstoff als die beiden vielversprechendsten Optionen. Wasserstoff lässt sich oft besser in bestehende erdgasbasierte Prozesse einbinden. Auch müssen die enormen Mengen an Energie an einem Standort beachtet werden, der zu einem deutlichen Ausbau der Stromnetze bei einer Elektrifizierung führen würde.

Ferner sind benötigten Wärmeflussdichten und Temperaturniveaus oder die erreichbaren Temperaturhomogenitäten im Wärmegut zu beachten, die mit einer Elektrifizierung teilweise schwer erfüllbar sind. Für manche Anwendungen der Thermoprozesstechnik steht zudem nicht nur die reine Erwärmung, sondern auch die Interaktion des Wärmegut mit einer genau definierten Ofenatmosphäre im Vordergrund, bei der ein Flamme Vorteile aufweist. Andererseits sind manche Werkstoffe wie Metalle und Gläser je nach Prozess und Produkt leichter elektrisch zu beheizen als andere wie Keramiken oder Kunststoffen.

Insbesondere konnten Lücken im Kenntnisstand zum industriellen Einsatz von Wasserstoff als Energieträger identifiziert werden. Eine feuerungstechnische Frage, die weiter untersucht werden muss, ist die Anpassung bestehender NO_x-Minderungsmaßnahmen auf den Brennstoff Wasserstoff. Ferner muss die Interaktion von Wasserstoff mit Produkten und Feuerfestmaterialien weiter untersucht werden. Erfreulich ist jedoch, dass für die Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik Anbieter und Dienstleister schon Geräte entwickelt haben.

Systemische Analyse

Systemische Analysen basieren meist auf der volkswirtschaftlichen Auswertung von Szenarien, um zukünftige Entscheidungen und Strategien abzuleiten. Hierbei werden im Wesentlichen die technologischen Seiten analysiert und es wird davon ausgegangen, dass die Infrastruktur und die Energieträger immer dann zur Verfügung stehen. Preise, Markteffekte, Kundenverhalten oder verhaltensökonomische Aspekte werden in den Modellen jedoch üblicherweise nicht berücksichtigt. Zusätzlich werden die sogenannten "weichen Faktoren", wie Akzeptanz, Markt, Fachkräftemangel in der Regel nicht berücksichtigt. Dabei sind gerade individuelle Entscheidungen der Akteure ein wichtiger Aspekt, die zu einem veränderten Transformationspfad im Vergleich als einer reinen wohlfahrtsorientierte volkswirtschaftliche Analyse führen können. Z.B. ist gerade aus Kundenperspektive es zentral, dass die Kosten für Sanierung und Energie zusammen mit Lebenshaltungskosten nicht zu stark ansteigen. Des Weiteren kann die Informationsbeschaffung eine stark hemmende Wirkung auf die Umsetzung der Transformation haben. Die Unterstellung in Studien, dass zum einen alle vernunftbezogen agieren und somit alle Informationen haben, kann in der Realität nicht erreicht werden. Auch spielen bei Entscheidungen die persönlichen Lebensumstände, das Alter eine wichtige Rolle. Z.B. könnte die Altersstruktur gekoppelt mit Einkommen und Kapital für eine realitätsnähere Sanierungsrate von Ein- und Zweifamilienhäusern herangezogen werden und somit von starren Vorgaben abgekoppelt werden. Aber auch bei den Energieversorgern sind Faktoren zu identifizieren, die Einfluss auf Szenarien nehmen. Z.B. kann ein einfacher Zugang zu Daten über das Kundenverhalten den Energieversorgern helfen, die zukünftige Energieversorgung zu optimieren und effizient zu steuern. Mit diesen weichen Faktoren und auch der Einbeziehung detaillierter technischer Kenntnisse in den einzelnen Sektoren auf Verteilnetzebene, können zukünftige Szenarien realitätsnäher und weniger zielorientiert entwickelt werden.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Energiebereitstellung.....	3
2.1	Einleitung	3
2.2	Klimafreundliche Gase sowie EE-Strompotenziale in Deutschland.....	3
2.2.1	Biomethan in Deutschland	3
2.2.2	Erzeugungspotential von erneuerbarem Strom und grünem Wasserstoff in Deutschland.....	8
2.2.3	Grüner Wasserstoff in Deutschland	19
2.2.4	Power-to-Methan in Deutschland	24
2.3	Europäische und weltweite Bereitstellung klimafreundlicher Gase	26
2.3.1	Potenziale klimafreundlicher Gase	27
2.3.2	Bereitstellung.....	29
2.4	Zusammenfassung und Ausblick.....	38
2.5	Anhang.....	39
3	Infrastrukturentwicklung Gasverteilnetze	43
3.1	Einleitung und Zielstellung.....	43
3.2	Methodik	43
3.3	Veränderung der Versorgungsaufgabe	45
3.3.1	Szenarien: Definition und Randbedingungen	45
3.3.2	Szenarien Wärmemarkt	55
3.3.3	Szenarien Prozesswärmebereitstellung	67
3.3.4	Zusammenfassung und Fazit.....	75
3.4	Auswirkungen auf Gasverteilnetzstrukturen und -betrieb.....	75
3.4.1	Das fiktive Gasverteilnetz – Überblick	75
3.4.2	Szenarioabhängige Veränderung der Netz-, Kunden- und Verbrauchsstruktur am Beispiel des fiktiven Gasverteilnetzes	79
3.5	Exkurs – Biomethanbeimischung und Gasabrechnung	106
3.6	Zusammenfassung.....	112
4	Energieverwendung	113
4.1	Wohnsektor	113
4.1.1	Metastudie gebäudespezifische Wärmebereitstellungsoptionen	113
4.1.2	Stadtraumspezifische Versorgungskonzepte	127
4.1.3	Räumlich aufgelöste Hochrechnung auf die nationale Ebene	140
4.1.4	Zusammenfassung und Ausblick	147
4.2	Industrie	148
4.2.1	Einleitung.....	148
4.2.2	Wasserstoff für die Prozesswärme in „hard-to-abate applications“ (D4.5)	151
4.2.3	„Gap Analysis“: Metastudie zum Einsatz von H ₂ für industrielle Prozesswärme-Erzeugung, Identifikation von Forschungsbedarf (D4.6)	156
4.2.4	Marktübersicht MSR-Technik und ihre Eignung für Wasserstoff und Erdgas-Wasserstoff-Gemische (D4.7)	167
4.2.5	Zusammenfassung und Ausblick	169

5	Systemische Aspekte	172
5.1	Einleitung	172
5.2	Metastudie Energiewende auf Verteilnetzebene.....	174
5.2.1	Nationale Studien	175
5.2.2	Überblick Studien Verteilnetzebene	185
5.3	Anforderungsprofil Kunden.....	188
5.4	Anforderungsprofil Energieversorger.....	191
5.5	Zusammenfassung.....	194
6	Literaturverzeichnis	196
7	Abbildungsverzeichnis.....	210
8	Tabellenverzeichnis.....	216