

AQUA & GAS

Fachzeitschrift für Wasser, Gas und Wärme
Revue pour l'eau, le gaz et la chaleur

N° 3 | 2022

Qualität und Kompetenz:
Alles aus einem Guss



 **HAGENBUCHER**

ENERGIEWENDE
Einbindung neuer
Technologien

WASSERSTOFF
Chancen und
Herausforderungen
Lizenz für Pamela Bauer, p.bauer@hagenbucher.ch
Herta und Paul Amiridis AG, Zürich

SCHWERLASTVERKEHR
Bio-Methan als
Treibstoff

Ihr Ziel ist es, sowohl die Effizienz Ihrer Anlage zu steigern als auch gesetzliche Normen einzuhalten.

EINHALTEN + HAUSHALTEN

Wir unterstützen Sie dabei, Vorgaben einzuhalten und die Kosten zu verringern, um so die Ressource Wasser zu schützen.



Proline Promag W 0 x DN full bore - Das weltweit erste magnetisch-induktive Durchflussmessgerät für uneingeschränkte Messungen



- Zuverlässig messen - unabhängig von Strömungsprofil und Einbauort
- Das erste und einzige magnetisch-induktive Durchflussmessgerät ohne Ein- und Auslaufstrecken (0 x DN) bei vollem Rohrdurchgang (Full-Bore-Ausführung) und damit ohne Druckverlust
- Einbau direkt nach Bögen, perfekt für beengte Platzverhältnisse und auf Skids

Möchten Sie mehr erfahren?
www.ch.endress.com/5W4C

Endress+Hauser 

People for Process Automation

**Lizenz für Pamela Bauer, p.bauer@hagenbucher.ch
TMH Hagenbucher AG, Zürich**



LIEBE LESERINNEN UND LESER

Die Energieversorgung der Zukunft muss dekarbonisiert werden, gleichzeitig aber auch sicher und wirtschaftlich tragbar bleiben. In der Gasversorgung kann dieser Schritt durch den Ersatz von Erdgas durch erneuerbare Gase, wie Biogas oder Wasserstoff, gelingen. Dabei spielt die Beschaffenheit des verteilten Gasgemisches eine zentrale Rolle. Die steigenden Gehalte an Biogas wie auch die Einspeisung von Wasserstoff verändern die physikalischen und chemischen Eigenschaften verglichen mit importiertem Erdgas. Um weiterhin einen sicheren Betrieb des Gasnetzes und aller Anwendungen zu gewährleisten, muss das SVGW-Regelwerk im Bereich Gas überarbeitet und angepasst werden. Mehrere Richtlinien sind bereits in Revision in den entsprechenden Kommissionen; in die grundlegende Richtlinie G18 zur Gasbeschaffenheit werden zurzeit die Stellungnahmen aus der Vernehmlassung eingebaut. Diese spannende Herausforderung, das Gas-Regelwerk fit für die Zukunft zu machen, gehen wir zusammen mit unseren Mitgliedern an, die durch ihre Mitarbeit in verschiedenen Kommissionen einen entscheidenden Beitrag dazu leisten. Der SVGW unterstützt die Werke bei der Transition zu einer dekarbonisierten und technisch sicheren Gasversorgung!



CHÈRES LECTRICES, CHERS LECTEURS

L'approvisionnement en énergie de demain doit être décarbonisé, tout en restant sûr et économiquement viable. Dans le domaine de l'approvisionnement en gaz, cette étape peut être accomplie en remplaçant le gaz naturel par des gaz renouvelables, tels que le biogaz ou l'hydrogène. Dans ce contexte, la qualité du mélange de gaz distribué joue un rôle central. Les teneurs croissantes en biogaz, tout comme l'injection d'hydrogène, modifient les propriétés physiques et chimiques par rapport au gaz naturel importé. Afin de continuer à garantir une exploitation sûre du réseau de gaz ainsi que de toutes les applications, la réglementation de la SSIGE dans le domaine du gaz doit être révisée et adaptée. Plusieurs directives sont déjà en cours de révision dans les commissions correspondantes, et nous sommes en train d'intégrer les avis exprimés lors de la consultation dans la directive fondamentale G18 sur la qualité du gaz. Ce défi passionnant consistant à préparer la réglementation du gaz pour l'avenir, nous le relevons en collaboration avec nos membres, qui apportent une contribution décisive en participant à différentes commissions. La SSIGE soutient les distributeurs dans leur transition vers un approvisionnement en gaz décarbonisé et techniquement sûr!

*Bettina Bordenet, SVGW
Fachspezialistin Gas*





2022 Groundwater

GRUNDWASSER Der unsichtbare Schatz

AKTUELL | ACTUALITÉ

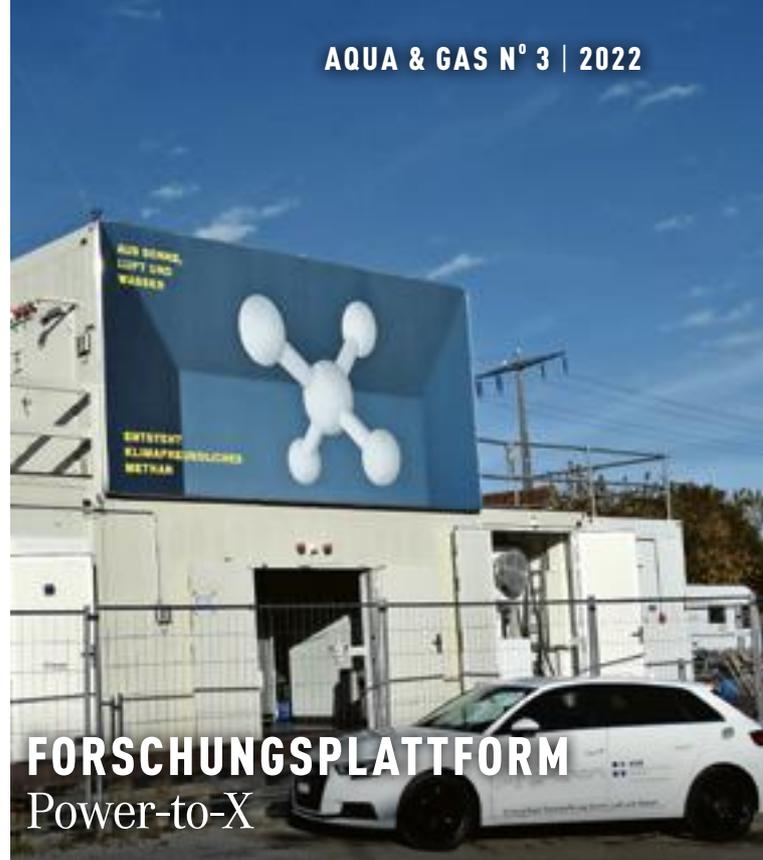
4 **WELTWASSTERTAG 2022 – GRUNDWASSER, DER UNSICHTBARE SCHATZ**

FORSCHUNG | RECHERCHE

6 **CH-GNet – NEUE PLATTFORM FÜR GRUNDWASSERTHEMEN LANCIERT**



swissgroundwaternetzwerk.ch



FORSCHUNGSPLATTFORM Power-to-X

9 **PROLOG: «WASSERSTOFF – HERAUSFORDERUNG UND CHANCE»**
Bruno Broger, Liechtensteinische Gasversorgung

10 **INTERVIEW: «H2VORORT IST DIE DEKARBONISIERUNGS-INITIATIVE DER DEUTSCHEN GASVERTEILNETZE»**
Florian Feller, Erdgas Schwaben GmbH, H2vorOrt

14 **INTERNATIONALES H₂-MOMENTUM HÄLT AN**
Carsten Rolle, Maira Kusch

20 **WASSERSTOFF-PROJEKTE IN EUROPA**
Margarete Bucheli

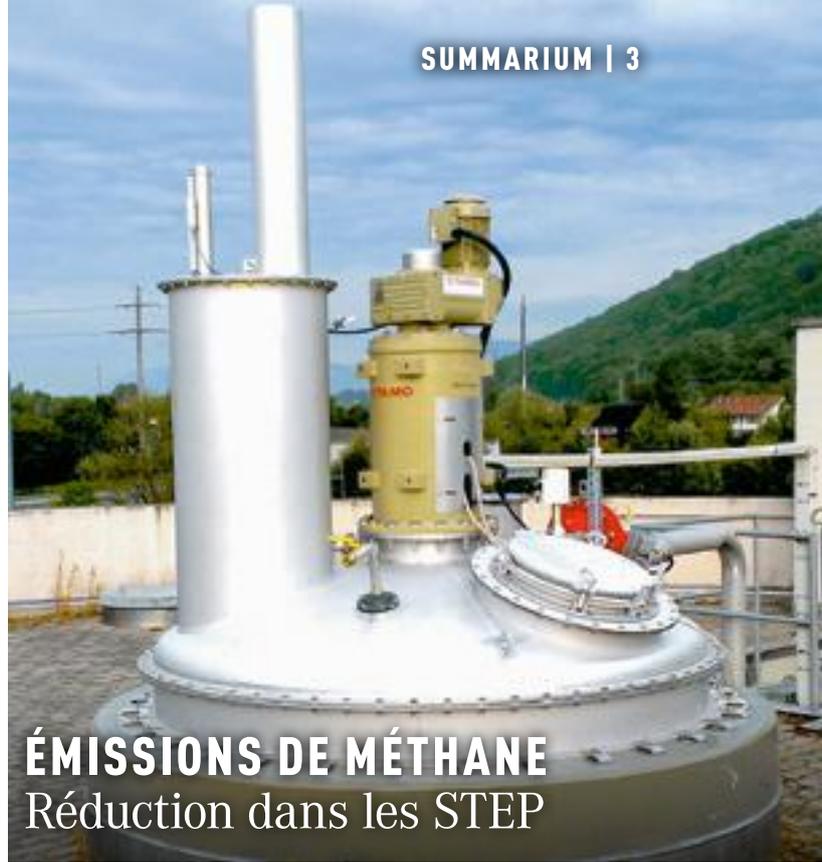
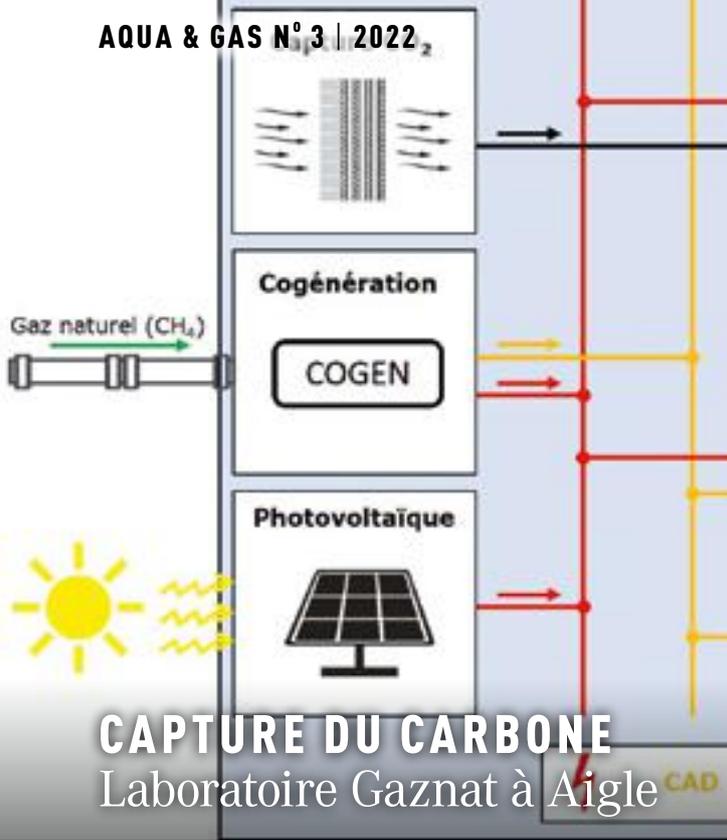


TITELSEITE

TMH Hagenbucher AG
Tel. +41 (0)44 306 47 48
www.hagenbucher.ch



AQUA & GAS
102. Jahrgang / 102^e année
Eine Publikation des SVGW
Une publication de la SSIGE
www.aquaetgas.ch



CAPTURE DU CARBONE
Laboratoire Gaznat à Aigle

ÉMISSIONS DE MÉTHANE
Réduction dans les STEP

28 FORSCHUNGSPLATTFORM FÜR POWER-TO-X

Markus Friedl et al.

36 SENSORENTWICKLUNG UND SMART MATERIALS

Samuel Hecht, Andre Heel

41 VERFLÜSSIGTES BIO-METHAN ALS TREIBSTOFF

Elimar Frank et al.

46 CAPTURE DU CARBONE

Kumar Varoon Agrawal et al.

54 ÉMISSIONS DE MÉTHANE

Clara Baumhauer et al.

RUBRIKEN | RUBRIQUES

58 AGENDA

61 MARKTPLATZ

67 NEU ERSCIENEN

68 PRESSE

70 VORSCHAU | APERÇU | IMPRESSUM

84 STELLENMARKT

BRANCHE

71 GAT | WAT 2021

MITTEILUNGEN | COMMUNICATIONS

73 SVGW | SSIGE

79 VSA



Zwischenergebnisse aus dem Projekt «HelloLBG», S. 41

IN KÜRZE | EN BREF



Guter Umgang mit Regenwasser – Schweizer Praxisbeispiele zu Schwammstadt, Liegenschafts- und Strassenentwässerung. Die Beispielsammlung findet sich auf der Website des Verbands Kommunale Infrastruktur.

(©SVKI)

SCHWEIZER BEISPIELSAMMLUNG VERÖFFENTLICHT

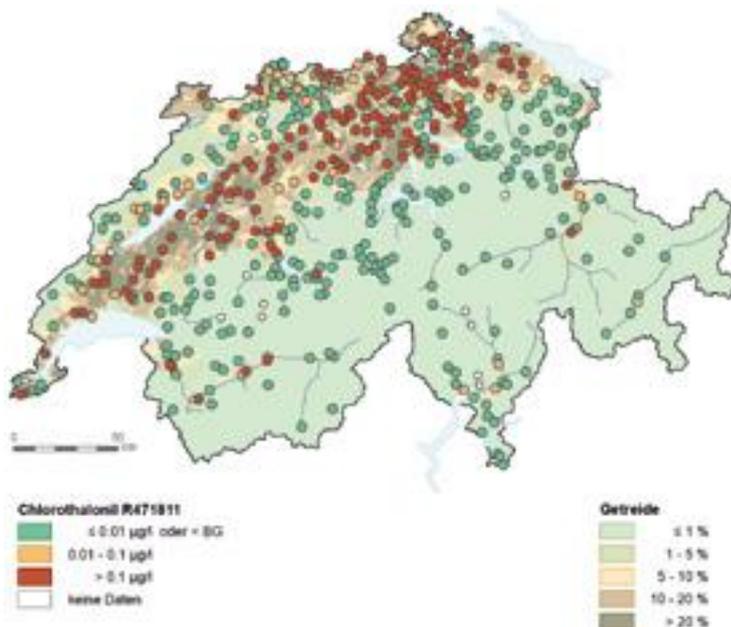
Der gute Umgang mit Regenwasser – die Entsiegelung von Flächen und die Förderung von Verdunstung, Versickerung und Retention (Schwammstadt-Prinzip) – soll bei Bauvorhaben so früh wie möglich berücksichtigt werden. Um zu zeigen, dass auch in der Schweiz Schwammstadt gelebt wird, haben acht Städte (Basel, Bern, Biel, Luzern, St.Gallen, Winterthur, Zürich und Zug) in Zusammenarbeit mit der *Holinger AG* eine Schweizer Beispielsammlung mit inspirierenden Projekten aus der Liegenschafts- und Strassenentwässerung erarbeitet. Diese soll die zuständigen Ämter und Fachplanerinnen bei der Gestaltung der Entwässerung des Regenwassers unterstützen. Ein besonderes Augenmerk wurde auf die Chancen und Herausforderungen des Bewilligungsverfahrens sowie auf den Mehrfachnutzen der verschiedenen Massnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung gelegt. Die Beispielsammlung ist auf der Website des Schweizerischen Verbands Kommunale Infrastruktur (SVKI) gratis und öffentlich zugänglich.

<https://kommunale-infrastruktur.ch/de>

CHLOROTHALONIL: JEDE DRITTE MESSSTELLE HAT ZU HOHE WERTE

In mehr als der Hälfte aller Kantone treten Chlorothalonil-Metaboliten im Grundwasser in einer Konzentration von 0,1 Mikrogramm pro Liter ($\mu\text{g}/\text{l}$) Wasser auf, wie das Bundesamt für Umwelt (BAFU) Anfang Februar mitteilte. Neu liegt nun auch ein landesweiter Datensatz zu Chlorothalonil R471811 vor, dem am meisten registrierten Abbauprodukt. Der entsprechende Messwert überschreite im Mittelland an mehr als 60 Prozent der Messstellen den Grenzwert.

Auch der Metabolit R417888 verunreinige das Grundwasser in vielen landwirtschaftlich genutzten Gebieten des Mittellandes



Die BAFU-Website zu Chlorothalonil im Grundwasser (www.bafu.admin.ch/chlorothalonil) wurde mit den landesweiten Statistiken und Analysen der Nationalen Grundwasserbeobachtung (Naqua) der Kampagne 2020 aktualisiert. Für 2020 liegt nun auch ein landesweiter Datensatz zu Chlorothalonil R471811 vor. (©BAFU)

GRUNDWASSER: DER VERBORGENE SCHATZ

grossflächig. Hier liege der Messwert an mehr als 20 Prozent der Messstellen über 0,1 Mikrogramm pro Liter.

Werte von über 0,1 µg/l weisen demnach die Kantone Aargau, Bern, Freiburg, Genf, Graubünden, Jura, Luzern, Neuenburg, St. Gallen, Schaffhausen, Solothurn, Thurgau, Waadt, Wallis, Zug und Zürich auf. An einigen wenigen Messstellen würden auch die Metaboliten R419492 und SYN507900 in erhöhten Konzentrationen nachgewiesen.

UMSTRITTENER GRENZWERT

Das BAFU geht davon aus, dass die Verunreinigungen die Qualität des Grundwassers noch während Jahren in grösserem Ausmass beeinträchtigen werden. Alle betroffenen Wasserversorger seien über die Ergebnisse informiert.

Im Dezember 2019 hatte das Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV) alle Abbauprodukte von Chlorothalonil als trinkwasserrelevant eingestuft. Für diese Stoffe gilt somit ein Höchstwert von 0,1 µg/l für Trinkwasser, der in diesem Fall auch für das Grundwasser als Grenzwert gültig ist. Im September 2020 musste das BLV nach einer Zwischenverfügung des Bundesverwaltungsgerichts auf einen Antrag des Agrochemiekonzerns *Syngenta Agro* eine an die Kantone versandte Weisung von seiner Website entfernen, in der Chlorothalonil und die Metaboliten dieses Wirkstoffes als toxikologisch relevant eingestuft wurden. Die Einstufung als «relevant» hat Folgen für die Grenzwerte im Grund- und Trinkwasser. (sda)

Im Rahmen einer Pilotstudie der Nationalen Grundwasserbeobachtung *Naqua* wurden 2017 erstmals Metaboliten des Pflanzenschutzmittels Chlorothalonil im Grundwasser nachgewiesen. 2018 wurden die Untersuchungen auf weitere Messstellen ausgedehnt. Seit 2019 liegt ein landesweiter Datensatz zum Chlorothalonil-Metabolit R417888 vor, für 2020 nun auch zu R471811.

Am diesjährigen Uno-Weltwassertag wird das Unsichtbare sichtbar gemacht: das Grundwasser. Die Themenwahl soll seine Bedeutung, aber auch seine Gefährdung durch menschliche Aktivitäten und Klimawandel ins Bewusstsein rücken.

Der Weltwassertag am 22. März steht stets unter einem anderen Motto. Normalerweise tangieren die Themen die wasserreiche Schweiz nur am Rande. Ist doch der Aktions- und Gedenktag vor allem lanciert worden, um an die über zwei Milliarden Menschen zu erinnern, die keinen regelmässigen Zugang zu sauberem Wasser und sanitären Anlagen haben.

DAS UNSICHTBARE SICHTBAR MACHEN

Das diesjährige Motto betrifft uns hingegen sehr wohl, schliesslich geht es um den unsichtbaren Schatz in der Tiefe: das Grundwasser. Seiner elementaren Bedeutung als Ressource – gemäss der aktuellen SVGW-Wasserstatistik werden rund 80% des Trinkwassers aus Quell- und Grundwasser gewonnen – und seiner Belastungen durch Pestizide, Dünger und Klimawandel ist man sich ausserhalb der Branche oft nicht bewusst. Umso wichtiger ist es, den Wert dieses unsichtbaren Schatzes sichtbar zu machen und so ins Bewusstsein zu rufen.

Grundwasser kann fast naturbelassen abgegeben werden. Die Vielzahl der durchlässigen Erd- und Gesteinsschichten, durch die das Niederschlag- oder Flusswasser mal schneller mal langsamer sickert, sorgt für eine höchst wirksame Filtration. Dies bedingt aber einen funktionierenden Boden- und Gewässerschutz und somit Massnahmen zur Reduktion von Pflanzenschutzmitteln und Phosphoreinträgen durch die Landwirtschaft. Denn wie die jüngsten Zahlen der *Naqua* zeigen, treten landesweit Chlorothalonil-Metaboliten in jeder dritten Messstelle auf (s. Beitrag links).

GEWÄSSERTYP DES JAHRES

Um die Wichtigkeit des Grundwassers zu unterstreichen, hat sich das Deutsche

Umweltbundesamt dem Motto des Weltwassertags angeschlossen und das Grundwasser auch als Gewässertyp des Jahres 2022 benannt – vergangenes Jahr kam die Ehre den Alpenseen zu. In der Schweiz gibt es keinen offiziellen Gewässertyp des Jahres.



EIN JAHR, EIN MOTTO

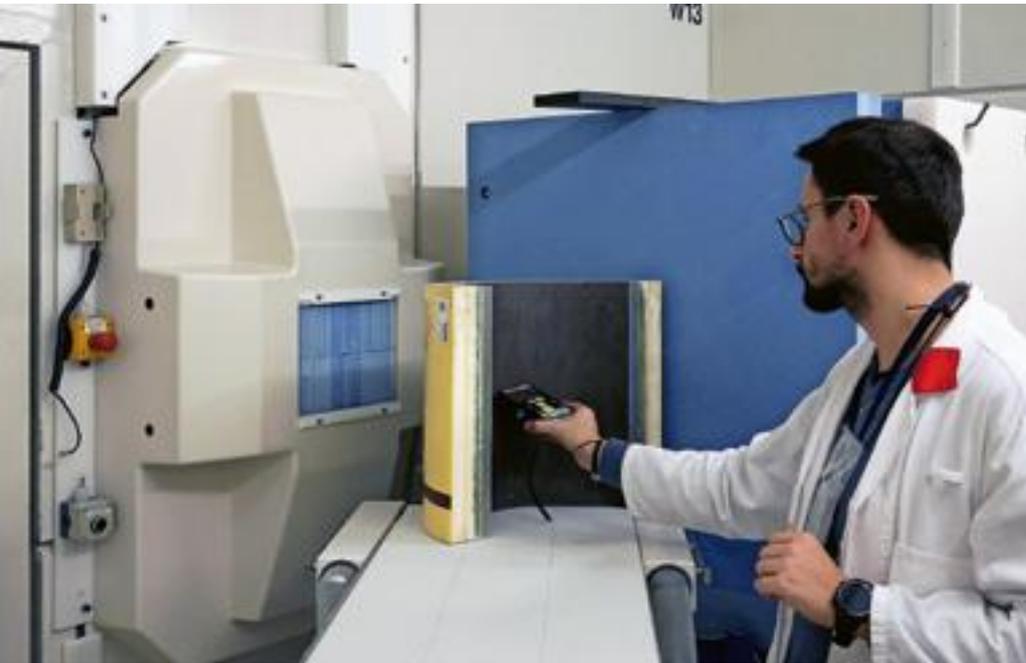
Seit bald zwanzig Jahren wird der Weltwassertag am 22. März begangen, stets mit wechselndem Motto. Vorgeschlagen wurde der Gedenktag an der Uno-Konferenz für Umwelt und Entwicklung (UNCED) in Rio de Janeiro und von der Generalversammlung der Vereinten Nationen in einer Resolution am 22. Dezember 1992 beschlossen. Seither lädt die Uno ihre Mitgliedstaaten, nichtstaatliche Organisationen, Wasserversorger, grosse Städte wie auch kleine Gemeinden sowie engagierte Menschen dazu ein, den Weltwassertag zu nutzen, um mit Aktionen die Aufmerksamkeit auf kritische Wassertemen wie Ressourcenschutz oder Wasserqualitätssicherung zu lenken (s. auch S. 59). Ank

WEITERE INFOS

www.worldwaterday.org

www.unwater.org

FELD UND LABOR



Eine neue neutronenbasierte Methode hilft, Unterwasserpipelines offen zu halten, indem sie die Bildung von Pfropfen in-situ und zerstörungsfrei zu identifizieren vermag. Im Bild: Einrichten eines Pipeline-Rohr-segments am Instrument FaNGAS.

(©S. Bouat/Science-S.A.V.E.D./TUM)



Ulmer Forschende haben die sonnenlichtgetriebene Herstellung von Wasserstoff vom Tagesverlauf entkoppelt. Ihr Einzelmolekülkatalysator kann solaren Wasserstoff auch an dunklen Wintertagen herstellen.

Im Bild: Bestrahlungsapparatur im Institut für Anorganische Chemie I.

(© H. Grandel)

NEUTRONEN ERKENNEN VERSTOPFUNGEN IN PIPELINES

Nicht selten verstopfen Ablagerungen Öl- und Gaspipelines unter Wasser. Um eine Verstopfung vor Ort zu beheben, muss zunächst der betroffene Abschnitt der Pipeline gefunden werden. Die Verstopfung von aussen zu lokalisieren, ist eine grosse Herausforderung. In der Regel werden dazu Wärmebildkameras und Gammastrahlen eingesetzt, aber keine dieser Methoden funktioniert unter Wasser. *TechnipFMC*, ein auf Unterwasserpipelines spezialisiertes Unternehmen, war deshalb auf der Suche nach einer effizienteren Methode, um trotz dicker Wände solche Pfropfen berührungsfrei, zerstörungsfrei und zuverlässig aufspüren zu können. Neutronen seien die perfekte Sonde für diese Aufgabe, meinte *Sophie Bouat*, CEO von *Science-S.A.V.E.D. (Scientific Analysis Vitalises Enterprise Development)*. «Mit der Prompten Gamma-Neutronen-Aktivierungsanalyse lassen sich insbesondere leichte Atome und Wasserstoff sehr genau nachweisen», sagt sie. Da sich Hydrate sowie Öl und Gas in ihrem Wasserstoffgehalt erheblich unterscheiden, sollte es möglich sein, Verstopfungen durch Messung der Wasserstoffkonzentration zu erkennen. *Ralph Gilles*, Industriekoordinator an der Forschungs-Neutronenquelle FRM II, führte zusammen mit weiteren Kollegen eine Machbarkeitsstudie zu diesem Thema durch. Mit dem Instrument PGAA - *Prompt Gamma Activation Analysis* -, das kalte Neutronen des FRM II nutzt, durchleuchtete das Forschungsteam Proben und konnte belegen, dass auf diese Weise tatsächlich zwischen Öl und Gas beziehungsweise dem Pfropf unterschieden werden kann.

GRÜNER WASSERSTOFF AUF KNOPFDRECK

Um einen signifikanten Beitrag auf dem Weg zur Klimaneutralität zu leisten,

CH-GNET – NEUE PLATTFORM FÜR GRUNDWASSERTHEMEN LANCIERT

muss Wasserstoff (H₂) «grün» sein – also ausschliesslich mit erneuerbaren Energien hergestellt. Doch wie lässt sich zum Beispiel solarer Wasserstoff je nach Bedarf abends oder im Winter produzieren? Ulmer Chemikerinnen und Chemiker könnten eine Antwort gefunden haben: Erstmals ist es ihnen mit einem molekularen photochemischen System gelungen, die sonnenlichtgetriebene Wasserstoffherstellung vom Tagesverlauf zu entkoppeln. Das neue System macht sogar die Lichtenergiespeicherung möglich, sodass die Wasserstoffproduktion nachfrageorientiert und auch bei Dunkelheit starten kann.

Frühere Modelle zur Wasserstoffherstellung beruhten oftmals auf der Kopplung mehrerer Komponenten wie Photovoltaikzellen, Batterien und Elektrolyseuren. Dabei summieren sich die Energieverluste jedoch bei jedem Schritt; die Wasserstoffproduktion ist wenig effizient. Im Gegensatz dazu basiert die Ulmer Alternative auf einem einzigen Molekül, das Sonnenlicht aufnehmen, Energie speichern und Wasserstoff herstellen kann. In dieser kompakten Einheit wird also die räumliche und zeitliche Trennung dieser Schritte möglich. «Lichteinstrahlung führt in unserem Molekül zur Ladungstrennung und Elektronenspeicherung – im Ergebnis entsteht ein flüssiger, leicht speicherbarer Treibstoff. Die bedarfsgerechte Erzeugung des gasförmigen Wasserstoffs wird durch die Zugabe einer Protonenquelle erreicht», erklärt Professor *Carsten Streb* vom Institut für Anorganische Chemie I der Universität Ulm.

Die Forschenden haben die Leistungsfähigkeit mit verschiedensten Analysemethoden überprüft (u. a. Katalysetestes). Im Ergebnis zeigt die molekulare Einheit eine exzellente chemische und photochemische Stabilität. In Zukunft soll das Modell hochskaliert werden und somit als «Blaupause» für dezentrale Energiespeicher dienen.

Das Schweizer Grundwassernetzwerk, kurz CH-GNet, hat nun eine Web-Plattform.

Die Gewinnung von qualitativ einwandfreiem Grundwasser in ausreichender Menge ist in der Schweiz heute nicht mehr selbstverständlich, weiss Eawag-Forscher *Mario Schirmer*, Mitinitiant und Mitglied des Leitungsteams des neuen Schweizer Grundwassernetzwerks (CH-GNet). Grundwasservorkommen weisen zunehmend Verunreinigungen auf und Trockenphasen werden häufiger und länger.

CH-GNet: HYDROGEOLOGISCHE FRAGEN UND HERAUSFORDERUNGEN IM FOKUS

Aus diesem Grund hat die Eawag 2020 beschlossen, ein Grundwassernetzwerk aufzubauen. Eine Austausch-, Info- und Vernetzungsplattform für Fachleute aus dem Grundwassersektor, der Forschung, von Behörden, Vollzug- und Praxisseite und am Thema Interessierte. Ziel des Netzwerks ist es, hydrogeologische Fragen und Herausforderungen unter dem Einfluss neuer Entwicklungen zu erfassen, Lösungsansätze und Massnahmen zu erarbeiten, diese helfen umzusetzen und die Sichtbarkeit von grundwasserrelevanten Themen zu erhöhen. *Christian Möck*, Eawag-Forscher und CH-GNet-Manager, erläutert die Hintergründe: «Es besteht grosser Bedarf an einem kontinuierlichen Kompetenzaufbau, fachlicher Begleitung und einem schweizweiten Austausch zwischen Forschung und verschiedensten grundwasserrelevanten Interessengruppen.» Durch CH-GNet möchte man daher nicht nur grundwasserrelevante Themenbereiche sichtbar machen und praxisorientiert bearbeiten, sondern auch Pilotstudien initiieren und mit dem Netzwerk eine Vordenkerrolle einnehmen, ergänzt der Grundwasserexperte Schirmer.

GEBÜNDELTES WISSEN UND KNOW-HOW

Mit dem *Go live* seines Onlineauftritts hat das Netzwerk nun einen weiteren



Plattform für Vernetzung und interdisziplinären Transfer zwischen Fachleuten, Wissenschaft und Praxis. (© Eawag)

wichtigen Schritt in Richtung Vernetzung und interdisziplinärem Transfer gemacht. Auf der Web-Plattform finden Fachleute, neben Hintergrundinformation und Kontakt- und Austauschoptionen, auch grundwasserrelevante Ergebnisse und aussagekräftiges Datenmaterial, das es in dieser Bündelung bis dato in der Schweiz nicht gab und welches stetig erweitert und an neue Entwicklungen angepasst wird. Damit stehen den Akteuren wesentliche Informationen zur Verfügung, die eine fundierte Beurteilung verschiedener Fragestellungen erlauben. Auch die Sichtbarkeit des Themas sowie aktueller und zukünftiger Herausforderungen wird mit der Web-Präsenz verbessert. So sind dort verschiedene Aktivitäten gelistet, die sich mit unterschiedlichen Handlungsfeldern wie beispielsweise Mikroplastik im Grundwasser, Landwirtschaft und Grundwasser oder Grundwasserdynamiken/-neubildungen befassen und diese so erleichtert zugänglich machen. Auch werden auf dem Infoportal zahlreiche Weiterbildungen zum Thema Grundwasser publiziert, womit praktische Werkzeuge bereitgestellt und Know-how zum Thema vermittelt wird.

www.swissgroundwaternetzwerk.ch

Konzeptionell und präventiv

Erfahrung macht den Unterschied

Die umfassenden Kontrollarbeiten bieten Synergien im gesamten Hinni Angebot. Eine frühe Leckerkennung und eine intakte Infrastruktur sind Ihr Kundennutzen.



hinni.ch

zur Broschüre
Netzkontrolle

Lizenz für Pamela Bauer, p.bauer@hagenbucher.ch
TMH Hagenbucher AG, Zürich



WASSERSTOFF – HERAUSFORDERUNG UND CHANCE L'HYDROGÈNE – UN DÉFI ET UNE CHANCE

Der Philosoph *Heraklit von Ephesos* stellte schon 500 v. Chr. fest: «Nichts ist so beständig wie der Wandel». In unserer Branche ergibt sich der Wandel beispielsweise durch äussere Einflüsse, durch neue Gesetze und Rahmenbedingungen, Innovationen und Technologien, die den Markt erobern, oder einfach durch ein geändertes Kaufverhalten der Kundinnen und Kunden.

Als ich vor über 35 Jahren meine erste Stelle bei einem Gasversorgungsunternehmen antrat, war Erdgas der umweltfreundliche und zukunftssträchtige Energieträger schlechthin. Heute werden diese Eigenschaften nicht mehr mit Erdgas, sondern mit Wasserstoff in Verbindung gebracht.

Als Netzbetreiber verfügen wir über eine sichere und bestens funktionierende Infrastruktur. Erdgas als fossiler Energieträger liegt jedoch nicht mehr im Fokus der Kunden und wird über kurz oder lang zum Auslaufmodell.

Im Sinne politisch beschlossener Energiestrategien und -visionen als auch langfristiger Unternehmensstrategien sind für die Gasversorgung klimaneutrale Energieträger wie Biomethan, synthetische Gase oder Wasserstoff ebenfalls von existenzieller Bedeutung.

Die Gasversorgungsunternehmen stehen daher vor einer grossen Transformationsaufgabe, weg vom Erdgas hin zu erneuerbaren Gasen, insbesondere Wasserstoff. Die Analyse und Überprüfung der bestehenden Gasinfrastruktur ist dabei nur ein Teil der Aufgabe. Allenfalls erforderliche Umbauten und Investitionen in das Gasnetz gilt es in den nächsten Jahren strukturiert zu planen und umzusetzen. Bei der Projektierung und Errichtung neuer Anlagen ist eine geänderte Gasqualität bereits heute zu berücksichtigen (Zulassung, Dimensionierung, Material). Der SVGW ist in diesem Bereich aktiv und bietet umfassende Hilfestellung an.

Die rechtlichen Rahmenbedingungen für den Ausbau der Produktions-, Transport- und Speicherkapazitäten von Wasserstoff müssen durch die politischen und strategischen Entscheidungsträger geschaffen werden. Wir dürfen hier jedoch nicht tatenlos zusehen und abwarten, sondern müssen uns aktiv in den Prozess einbringen. Der Energieträger Wasserstoff ist für die Gasbranche sowohl eine Herausforderung als auch eine Chance, die es anzunehmen gilt.

Le philosophe *Héraclite d'Ephèse* le constatait déjà 500 ans avant JC: «Rien n'est permanent, sauf le changement». Dans notre branche, le changement résulte par exemple d'influences extérieures, de nouvelles lois et conditions-cadres, d'innovations et de technologies qui conquièrent le marché ou tout simplement d'un changement de comportement chez les acheteurs. Lorsque j'ai pris mon premier poste dans une entreprise de distribution de gaz il y a plus de 35 ans, le gaz naturel était la source d'énergie écologique et prometteuse par excellence. Aujourd'hui, ces qualités ne sont plus associées au gaz naturel, mais à l'hydrogène. En tant que gestionnaire de réseau, nous disposons d'une infrastructure sûre et fonctionnant parfaitement. Le gaz naturel, en tant que source d'énergie fossile, n'est toutefois plus au centre des préoccupations des clients et deviendra tôt ou tard obsolète. Conformément aux stratégies et visions énergétiques décidées au niveau politique ainsi qu'aux stratégies d'entreprise à long terme, les sources d'énergie climatiquement neutres telles que le biométhane, les gaz synthétiques ou l'hydrogène revêtent aussi une importance essentielle pour l'approvisionnement en gaz. Les entreprises d'approvisionnement en gaz sont donc confrontées à une grande tâche de transformation, à savoir l'abandon du gaz naturel au profit des gaz renouvelables, notamment l'hydrogène. L'analyse et le contrôle ne constituent qu'une partie de la tâche. Les éventuelles transformations et investissements nécessaires dans le réseau de gaz doivent être planifiés et mis en œuvre de manière structurée au cours des prochaines années. Lors de la conception et de la construction de nouvelles installations, il faut dès maintenant tenir compte d'une modification de la qualité du gaz (autorisation, dimensionnement, matériel). La SSIGE est active dans ce domaine et propose une assistance complète. Les décideurs politiques et stratégiques doivent créer les conditions-cadres juridiques pour le développement des capacités de production, de transport et de stockage de l'hydrogène. Nous ne pouvons toutefois pas rester les bras croisés et attendre, mais nous devons participer activement au processus. Pour le secteur gazier, l'hydrogène comme source d'énergie est à la fois un défi et une opportunité qu'il ne faut pas manquer.



Bruno Broger
Leiter Technik
Liechtensteinische Gasversorgung



FLORIAN FELLER: «H2VORORT IST DIE DEKARBONISIERUNGSSINITIATIVE DER DEUTSCHEN GASVERTEILNETZE»

Wasserstoff gilt als ein zentraler Faktor für das Gelingen der Energiewende. Um auf regionaler Ebene die Potenziale von Wasserstoff nutzen zu können, braucht es die Gasverteilnetze. Daher lancierte eine Gruppe deutscher Verteilnetzbetreiber gemeinsam mit dem DVGW und dem VKU die Initiative «H2vorOrt» mit dem Ziel, ihre Netze für Wasserstoff und erneuerbare Gase fit zum machen. Die Projektpartner haben einen Transformationspfad der Verteilinfrastruktur hin zur Klimaneutralität entwickelt und eine Handlungsagenda formuliert, die Florian Feller, Leiter Klimastrategie & Politische Arbeit bei der Erdgas Schwaben GmbH und Vorsitzender H2vorOrt, im Interview vorstellt.

Margarete Bucheli (Fotos und Bilder: H2vorOrt)

Herr Feller, Deutschland strebt – wie viele andere Länder auch – Klimaneutralität an. Wo befindet sich Deutschland derzeit auf dem Weg dorthin?

Deutschland will bis 2045 klimaneutral sein und hat auch ambitionierte Zwischenziele. Einige Bundesländer, z.B. Bayern, haben das Ziel, die Klimaneutralität bereits bis 2040 zu erreichen. Heute stehen wir jedoch noch relativ am Anfang. 2020 hatte Deutschland einen Anteil von 19,2% erneuerbarer Energien am Brutto-Endenergieverbrauch – ohne verbrauchsmindernde Effekte durch die Coronapandemie wäre diese Zahl sogar noch niedriger gewesen. Mehr als 80% unserer Energie sind also noch nicht klimaneutral und müssen in den nächsten 23 Jahren durch klimaneutrale Energieträger (erneuerbarer Strom und klimaneutrale Gase) ersetzt oder eingespart werden.

«Neben der Verstromung ist die Dekarbonisierung der eingesetzten Energieträger ein komplementärer Schlüsselfaktor, um die Klimaziele zu erreichen.»

Welche die Herausforderungen gilt es dabei zu meistern?

Die Herausforderungen sind enorm und vielfältig: Die Industrie muss kostengünstig dekarbonisieren, um einerseits die Klimaziele zu erreichen und zugleich international wettbewerbsfähig zu bleiben. Eine Senkung der Industrieemissionen durch

eine Abwanderung der Betriebe ins Ausland – auch «Carbon Leakage» genannt – muss dringend vermieden werden.

Im Gebäudesektor – also den gut 40 Millionen Haushalten –, der ähnlich viel Endenergie verbraucht, sind ca. die Hälfte der Häuser heute mit Erdgas beheizt und ein Viertel mit Öl. Fernwärmeversorgt sind 14% und Stromheizungen machen gegenwärtig ca. 5% aus. Den Wohnungsbestand zur Klimaneutralität zu transformieren wird eine der grössten Aufgaben. Hier wird von manchen Akteuren der Einbau einer elektrischen Wärmepumpe als Allheilmittel gesehen, und diese ist, ohne Zweifel, ein sehr wichtiger Baustein zur Erreichung der Klimaneutralität. Jedoch ist der Grossteil des Gebäudebestands in Deutschland nicht in einem bauphysikalischen Zustand, der den Einsatz von Wärmepumpen ohne umfangreiche Ertüchtigungsmassnahmen erlaubt. Bei Betrachtung der gegenwärtigen Sanierungsrate von rund 1% wird einem schnell klar, dass dies selbst mit deutlichen Steigerungen bis 2045 oder früher nicht klappen wird. Gleichzeitig müssten die Stromnetze, die bereits durch die wachsende Elektromobilität vor neuen Herausforderungen stehen, massiv und teils in einem in diesem Zeitraum kaum leistbaren Umfang ausgebaut und auf im Stromnetz eher ungünstige, sehr grosse saisonale Schwankungen vorbereitet werden.

Daher ist neben der Verstromung die Dekarbonisierung der eingesetzten Energieträger ein komplementärer Schlüsselfaktor, um unsere Ziele zu erreichen. Die Nutzung der bestehenden



Gasinfrastruktur zur Versorgung mit klimaneutralen Gasen wie Wasserstoff oder Biomethan kann im Bereich der Gebäudewärme und Industrie viel leisten, und dies vor allem schnell. Insbesondere die über 500 000 km Gasverteilnetze in Deutschland, die heute über 1,8 Millionen Industrie- und Gewerbekunden und rund 20 Millionen Haushalte beliefern, haben ein Dekarbonisierungspotenzial, auf das wir nicht verzichten können.

Deutschland steht am Anfang des Weges in eine Wasserstoffzukunft. Viele Initiativen und Projekte werden aufgegleist, darunter das Projekt H2vorOrt. Worum geht es bei diesem Projekt?

H2vorOrt ist die zentrale strategische Dekarbonisierungsinitiative der deutschen Gasverteilnetze. Die Projektpartner betreiben deutlich mehr als die Hälfte der Leitungskilometer und Anschlüsse der deutschen Gasverteilnetze. Ihre Mitglieder bekennen sich klar zu den deutschen Klimazielen und wollen deren Erreichung mit starken Commitments voranbringen. Diese aktuell ca. 45 Unternehmen arbeiten bei H2vorOrt im DVGW zusammen mit dem Verband kommunaler Unternehmen (VKU) daran, die Dekarbonisierung der Gasverteilnetze und damit die Energiewende in den Kommunen vor Ort zum Erfolg zu bringen. Denn als Versorger wissen wir, dass die Energiewende nicht nur politisch-strategisch aus Berlin und von den Landesregierungen geplant wird. Letztendlich passiert sie in den Haushalten und Betrieben bei den Menschen. Und hier müssen Lösungen geschaffen werden, die einerseits unsere Klimaziele und andererseits auch die Bedürfnisse der Menschen, der Kommunen sowie der Wirtschaft vor Ort erfüllen. Unsere Mitgliedsunternehmen tragen dort heute schon die Verantwortung der energetischen Daseinsvorsorge und erarbeiten im Kontext dieser Verantwortung Lösungen und Angebote, um die Klimaneutralität schnell, kosteneffizient und sozial zu erreichen.

Die H2vorOrt-Initiative spricht von drei Säulen der Entwicklung einer klimaneutralen Gasversorgung. Welches sind diese drei und wie spielen sie zusammen?

Hierbei geht es um die Quellen klimaneutraler Gase. Zunächst gibt es die dezentrale Erzeugung klimaneutraler Gase. Dies ist zum einen die heute schon existierende Biomethanproduktion, die jedoch noch ein relevantes Ausbaupotenzial hat. Zum anderen wird auch dezentral Wasserstoff erzeugt werden, denn er ist ideal geeignet, um die grossen Überschussmengen erneuerbarer Energien zu speichern. Doch das allein wird nicht genügen. Wir importieren heute ungefähr 75% unserer Primärenergie. Wir werden auch zukünftig kein energetisch autarkes Land sein. Das erkannte die Bundesregierung ebenfalls. Zudem sind die Erzeugungsbedingungen für erneuerbaren Strom in anderen Ländern aufgrund des deutlich höheren Wind- und

Sonnenangebots deutlich besser. Dieser Strom lässt sich am besten in Form von Wasserstoff oder eines seiner Folgeprodukte speichern und transportieren. Der deutsche und europäische Wasserstoff-Backbone – also die Fernleitungsinfrastruktur – wird hierbei eine zentrale Transportaufgabe übernehmen und den Wasserstoff zu den Verteilnetzen liefern, die ihn dann zu den Kunden weitertransportieren.

«Um 100% Wasserstoff zu verteilen, muss eine Marktraumumstellung durchgeführt werden, wie wir sie in Deutschland schon zweimal hinter uns gebracht haben.»

Gasverteilnetze lassen sich nicht von heute auf morgen von Erdgas auf klimaneutrale Gase umstellen. Welches Vorgehen schlägt H2vorOrt vor?

H2vorOrt sieht grundsätzlich drei Zielszenarien der Versorgung mit klimaneutralen Gasen – die Versorgung mit reinem Wasserstoff, die Versorgung mit klimaneutralem Methan und die Versorgung durch klimaneutrales Methan mit Wasserstoffbeimischung. Eine Umstellung auf reines, klimaneutrales Methan wie Biomethan wäre heute schon möglich. Auch bei der Beimischung mit Wasserstoff (bis zu 20–30%) wäre dies möglich, es müssten jedoch Lösungen für sensible Abnehmer wie CNG-Tankstellen gefunden werden. Bei 100% Wasserstoff sieht es noch etwas anders aus. Hier muss eine Marktraumumstellung durchgeführt werden, wie wir sie in Deutschland schon zweimal hinter uns gebracht haben, nämlich beim Wechsel von Stadtgas auf Erdgas und beim Wechsel von L-Gas auf H-Gas. Neben einigen Ertüchtigungen am Gasnetz müssen dabei auch die Endgeräte in den Haushalten getauscht werden, was jedoch im Vergleich mit dem Wechsel auf eine Wärmepumpe ein sehr geringer Aufwand ist. Glücklicherweise ist der Bestand an Heizgeräten in Deutschland relativ alt, sodass hier bereits im Rahmen des Regeltauschs durch die Verwendung von H₂-ready-Geräten viel erreicht werden kann. Entsprechende Geräte sind laut dem Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie (BDH) spätestens 2025 zu gleichen Preisen wie Erdgasbrennwertgeräte am Markt erhältlich.

Für den Weg zur Klimaneutralität vor Ort haben die Projektpartner einige Commitments abgegeben. Welche sind die wichtigsten?

Die Erreichung der Klimaneutralität bis spätestens 2045 und die umfassende Herstellung der H₂-Readiness oder anderer klimaneutraler Lösungen vor Ort bis 2040 sind sicherlich die grossen strategischen Leitplanken. Zudem wollen alle Projekt-

partner bis 2030 jeweils erste Wasserstoffprojekte im eigenen Netzgebiet umgesetzt haben. Um diese Ziele zu erreichen, ist es jedoch besonders wichtig, jetzt anzufangen. Daher fokussieren wir uns ab sofort auf den Einbau von H₂-ready-Komponenten in den Gasnetzen, und die Partner haben zugesagt, bis 2025 jeweils Planungen zur Erreichung der H₂-Readiness vorzulegen. Diese Planungen werden standardisiert vorgenommen und in einem deutschlandweiten Gasnetzgebietstransformationsplan (GTP) konsolidiert. Gegenwärtig erarbeiten wir die Leitlinien für eine solche Planung und beabsichtigen, dieses Jahr besagte Planungen erstmalig zu erstellen und in einem ersten GTP zu konsolidieren. Diese Planungen werden dann in den Folgejahren in Umfang und Tiefe weiterentwickelt, um möglichst bald eine detaillierte und konkrete Bottom-up-Transformationsplanung der deutschen Gasverteilnetze zu erreichen. Die Einzelplanungen werden natürlich mit dem jeweilig vorgelagerten (Fernleitungs-)Netzbetreiber (FNB) abgestimmt. Zusammen mit den Konzepten der FNB wollen wir auf diese Weise einen konkreten Transformationspfad für die deutschen Gasnetze zur Klimaneutralität vorlegen und diesen operativ in die Tat umsetzen.

Ist auch eine Kopplung mit den Strom- und/oder Wärmeinfrastrukturen angedacht? Gibt es eine gemeinsame Planung der verschiedenen leitungsgebundenen Infrastrukturen und wie werden dabei die Kommunen eingebunden?

Im Rahmen des GTP ist ein intensiver Dialog mit Kommunen und Grosskunden vorgesehen. Nur wenn wir die Bedürfnisse unserer Kommunen und Industriepartner kennen, können wir eine lokale Dekarbonisierungsstrategie entwickeln, die möglichst gut zur Kommune und Region passt. Die im Koalitionsvertrag verankerte flächendeckende kommunale Wärmeplanung ist hier naturgemäss ein guter Anknüpfungspunkt. Eine stärkere netzübergreifende Planung ist dort ebenso und vollkommen richtig angelegt. Die Energieversorgung der Zukunft wird immer stärker sektorübergreifend funktionieren – dies ist allein aus Resilienzgründen geboten. Viele unserer Partnerunternehmen betreiben neben Gasverteilnetzen auch die jeweiligen Stromverteilnetze vor Ort. Der GTP wird also über mehrere Ebenen dazu beitragen, eine optimierte lokale Energieversorgung zu entwerfen.

«Wir fokussieren uns ab sofort auf den Einbau von H₂-ready-Komponenten in den Gasnetzen, und die Partner haben zugesagt, bis 2025 jeweils Planungen zur Erreichung der H₂-Readiness vorzulegen.»

Voraussetzung für die Transformation ist eine technische Ertüchtigung der Gasverteilnetze zur vollständigen H₂-Readiness. Wo stehen die deutschen Gasverteilnetze diesbezüglich, wo gibt es noch viel zu tun?

Glücklicherweise gibt es in Deutschland nur noch einen kleinen einstelligen Prozentsatz an Leitungen aus Grauguss. Hier könnte der Transport von 100% Wasserstoff eventuell problematisch sein. Diese Graugussleitungen werden sowieso in den nächsten Jahren ersetzt werden. Abgesehen von diesem sehr kleinen Teil, bestehen die Leitungen entweder aus Kunststoff oder Stahl, was beides grundsätzlich für den Transport von Wasserstoff geeignet ist. Der Ertüchtigungsbedarf liegt also weniger

beim Rohrkörper als bei einzelnen Komponenten in Anlagen oder beispielsweise bei gewissen Typen von Zählern. Natürlich muss eine Umstellung auf Wasserstoff absolut technisch sicher erfolgen, weswegen diese Themen vom DVGW kontinuierlich intensiv untersucht, geprüft und weiterentwickelt werden.

Zur Herstellung der H₂-Readiness ist es vor allem wichtig, dass diese im regulatorischen Rahmen sinnvoll abgebildet wird und entsprechende Investitionen vollumfänglich anerkannt werden und nicht zu Nachteilen im Effizienzvergleich führen. Je früher dies geschieht, umso grösser ist der Anteil, der im Rahmen der regelmässigen Austauschzyklen H₂-ready gemacht werden kann.

Für die H₂-Readiness muss die Branche zusammenarbeiten – nicht nur die Hersteller von Endgeräten, die Bundesnetzagentur und die Verteilnetzbetreiber, sondern auch die Hersteller von Netzkomponenten sind in einer Schlüsselposition. Neben dem Verkauf von neuen, H₂-ready-Komponenten ist es wichtig, dass sie sich mit der H₂-Readiness ihrer Bestandsprodukte auseinandersetzen und entsprechende Erklärungen abgeben. Ich denke, dies wird auch ein relevanter Faktor dafür sein, das Vertrauen der Verteilnetzbetreiber bei anstehenden Ersatzinvestitionen zu gewinnen.

Wie sieht das Zusammenspiel zwischen Fernleitungsnetzbetreibern und Verteilnetzbetreibern bzw. der Initiative H2vorOrt aus?

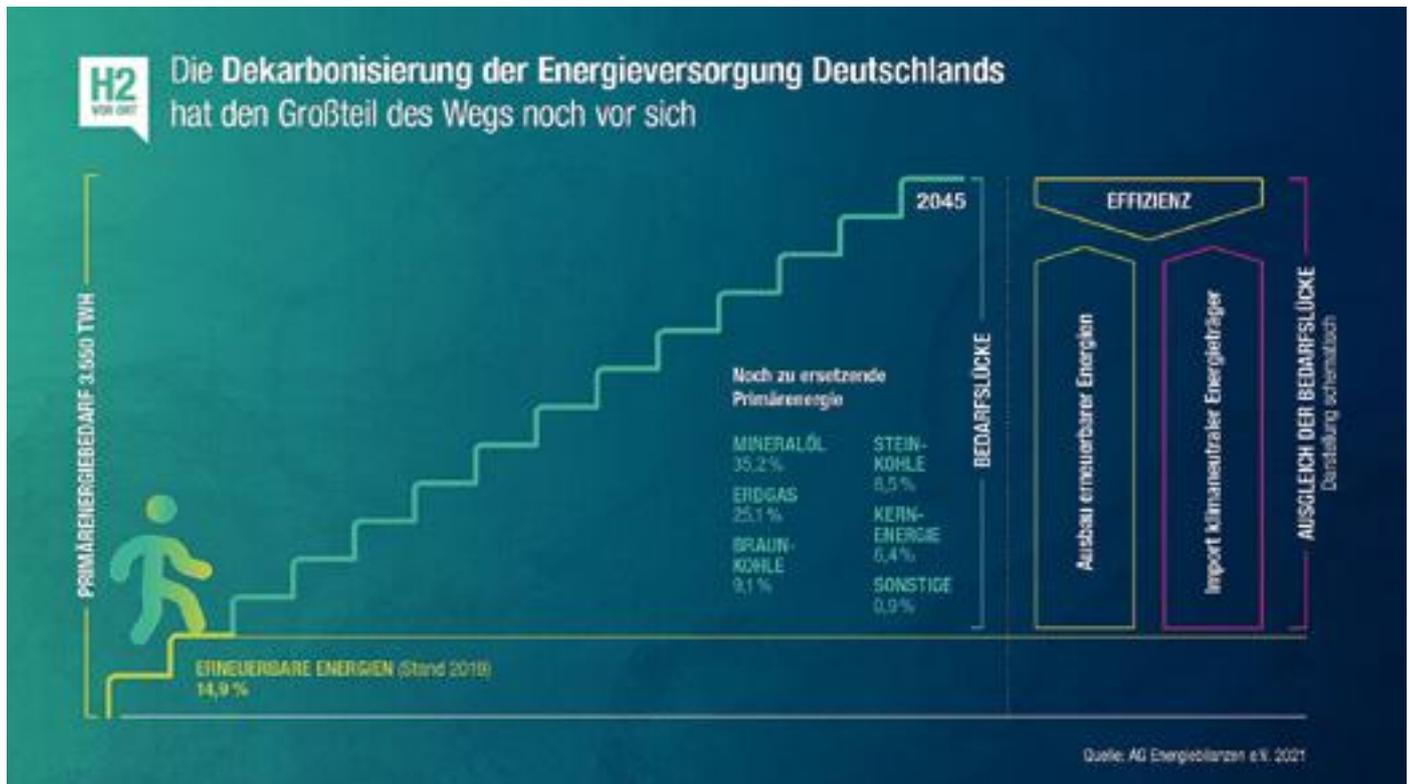
Der Dialog ist hier sehr partnerschaftlich und kooperativ. Das muss er auch sein. Denn die Fernleitungsnetzbetreiber sind für den Gastransport über ganz Deutschland – also die grossen Strecken – verantwortlich und beliefern zudem gut 500 Grosskunden direkt. Die Verteilnetzbetreiber bringen über ihre Netze das Gas zu den Millionen Endkunden – das sind knapp 80% der Gasmengen. Wir haben also unterschiedliche Rollen, sind jedoch Teil eines grossen Ganzen.

Wird künftig eine klare Unterscheidung zwischen Verteil- und Fernnetz noch aufrechterhalten werden?

Wir brauchen Rahmenbedingungen, die eine Transformation der Bestandsinfrastruktur möglichst stark erleichtern, wenn wir unsere Klimaziele erreichen wollen. Die Unterscheidung in Transport- und Verteilungsaufgabe ist hier mit bewährten Prozessen hinterlegt. Ein Eingriff in diesen Status quo würde Unsicherheit schaffen und kommt auf europäischer Ebene im Rahmen des Gaspaketentwurfs vermutlich aus einer Gedankenwelt, die eher einer grünen Wiese als dem Ist-Zustand Rechnung trägt. Verbindet man diese Ansätze mit dem ebenso im Entwurf des Gasmarktpakets angelegten *Ownership Unbundling*, so gefährdet dies die Transition zur Klimaneutralität massiv. Sie werden daher von den Verteilnetzbetreibern strikt abgelehnt und auch von FNB-Seite, denke ich, nicht als sinnvoll angesehen. Da mindestens in Deutschland bei den Verteilnetzen auch verbreitet kommunales Eigentum betroffen ist, gehen wir davon aus, dass seitens des Parlaments noch deutlicher Nachbesserungsbedarf angemeldet wird.

Welche Handlungsempfehlungen hat die Initiative H2vorOrt für die deutsche Politik zusammengestellt?

Neben einigen Ideen zur Förderung der Anwendung klimaneutraler Gase sehen wir insbesondere zwei zentrale Punkte: – Einerseits muss die Regulierung von Wasserstoffnetzen so



Bis 2045 soll Deutschland klimaneutral werden, wofür noch 85% der Energie dekarbonisiert werden müssen. Klimaneutrale Gase wie Biomethan oder Wasserstoff sind dabei unverzichtbar, denn besonders im Wärmemarkt, der im Jahr 2019 mit 1,330 TWh mehr als die Hälfte der deutschen Endenergie ausmachte, wird die Energie grossenteils in Form von Molekülen zur Verfügung gestellt. Die H2vorOrt-Initiative setzt sich für die regionale Energiewende vor Ort ein (<https://www.dvgw.de/themen/energiewende/wasserstoff-und-energiewende/h2vorort/>). Die Projektpartner suchen Lösungen, um eine regionale und sichere Versorgung mit klimaneutralen Gasen in Zukunft in ganz Deutschland konkret umzusetzen.

ausgestaltet werden, dass die Transformation der Gasnetze möglichst einfach vonstattengehen kann. Idealerweise geschieht dies durch eine gemeinsame Regulierung von Gas- und Wasserstoffnetzen im bekannten Rahmen. So finden Erüchtigungsmassnahmen und der Betrieb der umgestellten Leitungen im selben Rahmen statt. Gas- und Wasserstoffnetze müssen letztendlich als infrastrukturelle Einheit gedacht werden.

- Zum anderen wünschen wir uns eine gesetzliche Verankerung eines Ziels für klimaneutrale Gase. Für Strom haben wir ein solches Ziel ja schon seit vielen Jahren, das nun im Koalitionsvertrag auf 80% für 2030 angehoben wurde. An einem solchen Ziel werden nachfolgende Investitionen ausgerichtet werden und es bildet auch die Basis für Begleitmassnahmen. Dies hat auch zur Folge, dass eine entsprechende Investitionssicherheit auch bei den Erzeugern klimaneutraler Gase geschaffen werden kann, wodurch der Markthochlauf für klimaneutrale Gase beschleunigt wird. Dies ist dringend notwendig, denn H₂-Readiness ist nur der eine Teil. Wir brauchen Angebot und Nachfrage, damit der Wasserstoff in die Netze kommt.

Verteilnetzbetreiber aus mehreren europäischen Ländern starteten im Herbst letzten Jahres ein neues Projekt mit dem Namen «Ready4H2» (Ready for Hydrogen). Das Projekt zielt darauf ab, das Wasserstoff-Know-how und die Erfahrungen der europäischen Gasverteilnetzbetreiber zu bündeln. Wie ist H2vorOrt darin eingebunden? Werden mit Ready4H2 ähnlichen Ziele angestrebt wie bei der deutschen Initiative H2vorOrt?

H2vorOrt vertritt Deutschland in Ready4H2, wir sind also sehr gut eingebunden. Ready4H2 gibt H2vorOrt und anderen europäischen Ländervorhaben einen gemeinsamen europäischen Rahmen mit einem klaren Ziel: die Verteilnetze für die Erreichung der Klimaneutralität optimal zu nutzen und zur führenden Verteilinfrastruktur für Wasserstoff in Europa zu entwickeln. Das Schöne hierbei ist: Auf europäischer Ebene sieht man eine ähnliche Diversität wie in Deutschland auf regionaler Ebene – manche Länder sehen einen stärkeren Einsatz von Biomethan, andere sehen nur reinen Wasserstoff. Ready4H2 setzt sich dafür ein, dass der europäische Rechtsrahmen alle Wege zur Klimaneutralität im Gasnetz maximal unterstützt. Dies kommt uns in Deutschland optimal entgegen.

INTERNATIONALES H₂-MOMENTUM HÄLT AN

2020 war das Jahr des Wasserstoffs. Staaten rund um den Globus legten Wasserstoffstrategien vor und beschlossen nationale Wasserstoffaktivitäten. Anfang 2022 zeigt ein Blick in die Welt, dass das Thema bislang nichts von seiner Dynamik eingebüsst hat. Weitere Strategiepapiere sind in Planung und auch die Zahl bi- und multilateraler Wasserstoffpartnerschaften wächst. Auf dem Weg zu einem globalen Markt für Wasserstoff gibt es aber noch Hindernisse.

*Carsten Rolle; Maira Kusch**
Weltenergierat – Deutschland e.V.

RÉSUMÉ

L'ENGOUEMENT INTERNATIONAL POUR L'HYDROGÈNE NE FAIBLIT PAS

Le thème de l'hydrogène est devenu une nouvelle priorité politique dans le monde entier. Fin 2020, le Conseil mondial de l'énergie – Allemagne a conclu dans une étude que plus de 20 pays dans le monde avaient adopté leurs propres stratégies en matière d'hydrogène ou avaient prévu de le faire prochainement. En outre, plus de 30 autres pays soutiennent des projets nationaux d'hydrogène ou discutent des premières étapes de l'utilisation de l'hydrogène (H₂).

Depuis lors, le nombre de stratégies nationales en matière d'hydrogène et de pays ayant des activités dans ce domaine n'a cessé d'augmenter. Certains observateurs ont déjà évoqué le proche déclin de cet engouement. Cependant, le sujet reste d'actualité en 2022. D'autres documents stratégiques sont en cours de planification et le nombre de partenariats bilatéraux et multilatéraux sur l'hydrogène ne cesse d'augmenter. Des obstacles subsistent toutefois sur la voie d'un marché mondial de l'hydrogène, comme l'absence d'un système mondial de certification de l'hydrogène renouvelable.

EINLEITUNG

Das Thema Wasserstoff (H₂) hat sich weltweit zu einer politischen Priorität entwickelt. Bereits im September 2020 kam die Studie *International Hydrogen Strategies* des Weltenergierats – Deutschland [1] zu dem Ergebnis, dass über 20 Staaten weltweit eigene Wasserstoffstrategien erlassen bzw. geplant hatten, dies zeitnah anzugehen. Mehr als 30 weitere Länder unterstützten zudem entweder nationale Wasserstoffprojekte oder diskutierten erste Schritte zur Nutzung von Wasserstoff. Seitdem ist die Zahl der nationalen H₂-Strategien sowie der Länder mit H₂-Aktivitäten kontinuierlich gestiegen (Fig. 1).

H₂-STRATEGIEN ALS INDIZ FÜR WACHSENDEN MARKT

Globaler Vorreiter im H₂-Bereich war Japan. Bereits 2017 legte die japanische Regierung ein Strategiepapier zur H₂-Nutzung vor. Frankreich folgte ein halbes Jahr später mit einem ersten Entwicklungsplan für Wasserstoff, der im September 2020 durch eine grüne H₂-Strategie ergänzt wurde. Auch Südkorea und Australien, die ihre jeweiligen Strategiepapiere 2019 veröffentlichten, gehörten zu den ersten Staaten mit umfassenden H₂-Plänen. Im Jahr 2020 kam es dann zu einem internationalen Boom an Regierungsstrategien zu Wasserstoff (Fig. 2). Darunter

* Kontakt: kusch@weltenergierat.de

(©limbi007/123RF.com)

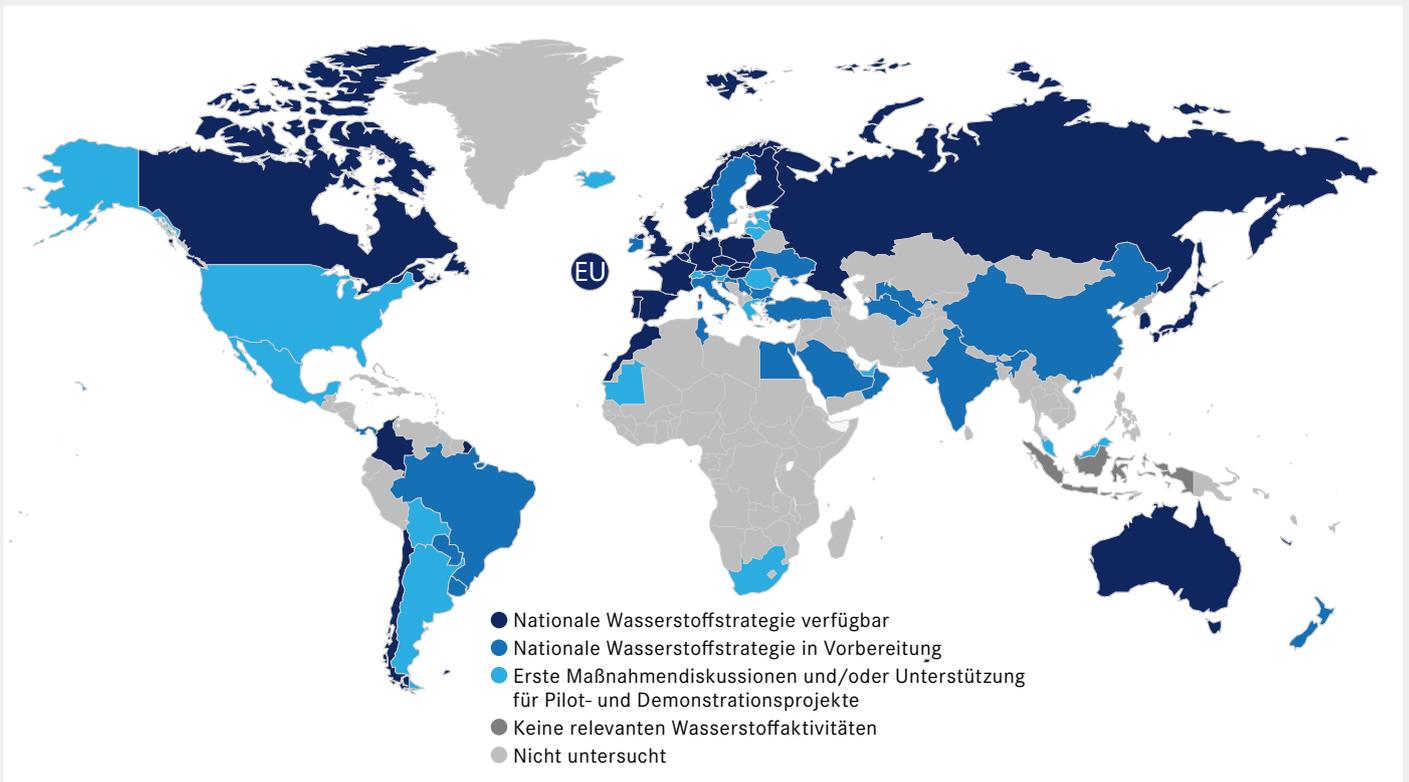


Fig. 1 Überblick über die H₂-Aktivitäten weltweit (Stand: Januar 2022).

befanden sich viele europäische Länder, u.a. Deutschland, die Niederlande, Norwegen, Portugal und Spanien, aber auch Chile und Kanada.

Auch die Europäische Union (EU) veröffentlichte im Sommer 2020 eine H₂-Strategie für ein klimaneutrales Europa. 2021 folgten Ungarn, Tschechien, die Slowakei, das Vereinigte Königreich, Belgien, Marokko, Polen und Dänemark.

Die Zahl der Staaten, die angekündigt haben, ebenfalls eigene Strategiedokumente zu veröffentlichen, steigt global weiter rasant. Neben EU-Mitgliedstaaten wie Italien, Österreich und Schweden gehören auch asiatische Schwergewichte wie China und Indien dazu sowie südamerikanische Länder, wie z. B. Uruguay. Bei den H₂-Aktivitäten handelt sich damit nicht nur um einen

europäischen Trend, sondern um ein globales Phänomen.

GRÜNDE FÜR DEN GLOBALEN BOOM

Die Weltenergiarat-Studie von 2020, die in Kooperation mit der *Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH* erstellt wurde, ist zu dem Schluss gekommen, dass sich die nationalen Strategiedokumente

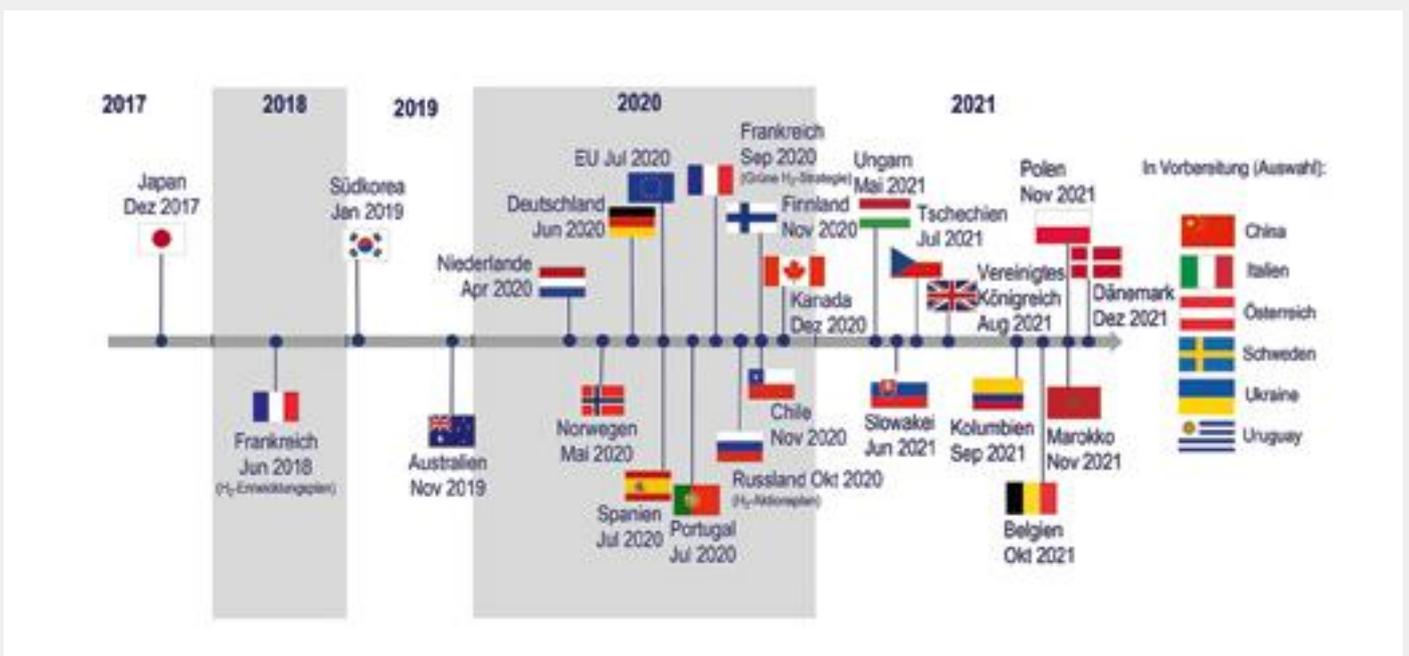


Fig. 2 Veröffentlichte und geplante nationale H₂-Strategien weltweit (Stand: Januar 2022).

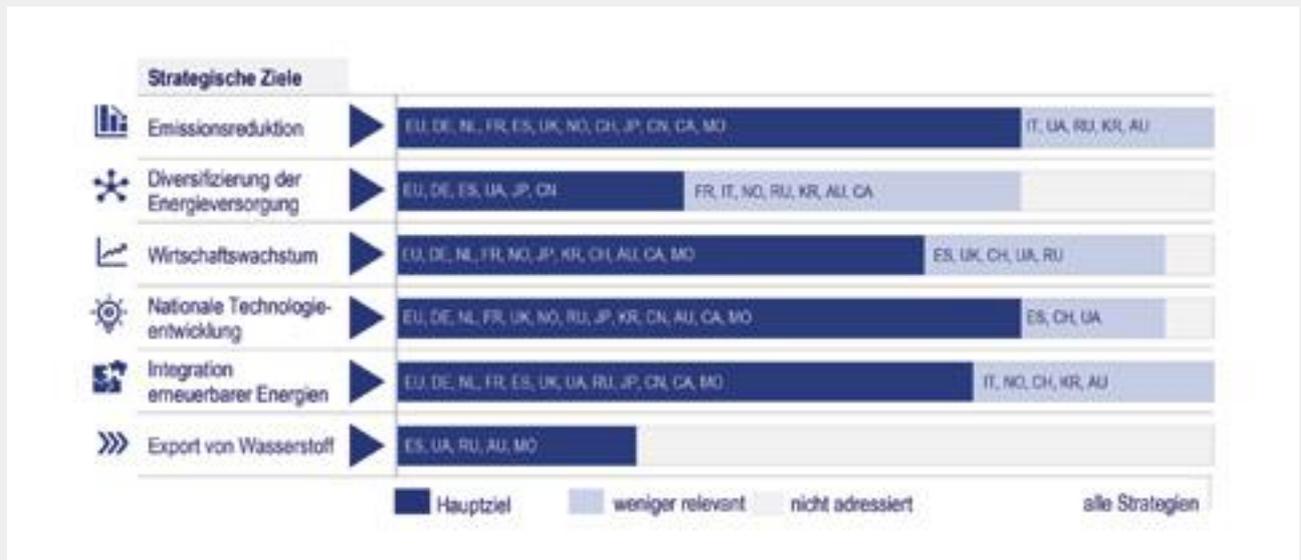


Fig. 3 Strategische Ziele hinter den H₂-Aktivitäten ausgewählter Länder.

häufig hinsichtlich ihrer Schwerpunkte, ihres Konkretisierungsgrads und der vorgesehenen Massnahmen stark voneinander unterscheiden. Einige Staaten, wie Japan, Südkorea und Deutschland, veröffentlichten umfassende Strategien, die den Einsatz des alternativen Energieträgers in unterschiedlichen Bereichen vorsehen. Andere Länder wie die Schweiz konzentrierten sich bei ihren nationalen Aktivitäten bisher auf bestimmte Aspekte der H₂-Nutzung, etwa auf den Einsatz im Verkehrssektor. Ein Grossteil der Strategien fixiert zunächst allgemeine Rahmenbedingungen, die in der Folgezeit noch konkretisiert werden sollen. Insgesamt lässt sich jedoch festhalten, dass die Motive hinter den H₂-Aktivitäten häufig ähnlich sind (Fig. 3). Dazu gehören das Erreichen von Klimaschutzzielen, wie die Reduktion der nationalen Treibhausgasemissionen und verstärkte Integration erneuerbarer Energien (EE)

in das Energiesystem, sowie eine Diversifizierung der Energiequellen. Auch wirtschaftliche Gründe stehen bei vielen Ländern, wie Südkorea, Deutschland, den Niederlanden und Australien, im Fokus ihrer H₂-Ambitionen. Immer wieder betont werden die Chancen, die für das eigene Wirtschaftswachstum gesehen werden, etwa durch den Aufbau einer eigenen H₂-Wirtschaft, die Schaffung neuer Arbeitsplätze, technologische Fortschritte oder H₂- und Technologieexporte.

DIE ARTEN DES WASSERSTOFFS

Hinsichtlich der Frage, wie der Wasserstoff künftig produziert werden soll, zeigen die Strategien teilweise unterschiedliche Wege auf (Fig. 4). Kurz- bis mittelfristig (bis ca. 2030) betrachten viele Regierungen verschiedene Arten – oder Farben – von Wasserstoff als eine Möglichkeit, um die benötigten H₂-

Mengen bereitzustellen und den Hochlauf des alternativen Energieträgers zu unterstützen. Viele Staaten, wie z.B. Deutschland, Japan oder Australien, nutzen bereits sogenannten grauen Wasserstoff, der auf Basis fossiler Energieträger, wie konventionellem Erdgas und Kohle, produziert wird. Blauer Wasserstoff aus fossilen Brennstoffen, bei dem die CO₂-Emissionen abgeschieden und gespeichert werden (Carbon Capture and Storage, CCS), wird ebenfalls von vielen analysierten Strategien als Teil der Lösung angesehen. Einige Staaten, besonders in Asien, setzen auch nach 2030 auf den CO₂-armen blauen Wasserstoff. Türkiser Wasserstoff, der sich durch die Pyrolyse von Methan gewinnen lässt, wird vor allem in der deutschen und russischen Strategie als Option diskutiert. Bis zur Jahrhundertmitte heben die meisten analysierten H₂-Pläne allerdings die Bedeutung von grünem Wasser-



Fig. 4 Die anvisierten Quellen für Wasserstoff nach ausgewählten Ländern und Zeithorizonten.

stoff hervor, der mithilfe von EE-Strom produziert wird. Dieser erneuerbare Wasserstoff wird als wichtiges Instrument betrachtet, um den nationalen CO₂-Ausstoss zu verringern und damit das Ziel der Klimaneutralität zu erreichen, das sich viele Staaten gesetzt haben. Der Fokus auf den langfristigen Einsatz von grünem Wasserstoff ist besonders in der EU und ihren Mitgliedstaaten ausgeprägt. Nur in einigen wenigen Ländern, wie Russland und Südkorea, wird auch grauer Wasserstoff noch auf unbestimmte Zeit eine Rolle spielen.

ZIELSEKTOREN FÜR WASSERSTOFF

INDUSTRIE

Als Einsatzbereiche für den alternativen Energieträger werden in den analysierten Strategien insbesondere der Verkehr und die Industrie identifiziert. Wasserstoff spielt in Raffinerien sowie in der chemischen Industrie bereits heute eine wichtige Rolle, etwa als Ausgangsstoff für eine Vielzahl von Produkten wie Ammoniak, Methanol und anderen Chemikalien. Bislang wird der Wasserstoff hauptsächlich fossil gewonnen, etwa mittels Erdgas. Der Ersatz fossiler Energien durch grünen oder CO₂-armen Wasserstoff im Industriebereich wird in vielen nationalen H₂-Plänen skizziert.

VERKEHR

Auch der Mobilitätssektor stellt in allen Plänen einen relevanten Zielsektor dar, jedoch regional mit unterschiedlichem Fokus. Viele asiatische Staaten, wie Japan, Südkorea und China, schreiben Brennstoffzellenfahrzeugen beispielsweise in allen Sektoren des Strassenverkehrs eine wichtige Rolle zu, auch im Pkw-Bereich. Die europäischen Strategien setzen vor allem auf den H₂-Einsatz in schweren Nutzfahrzeugen und Bussen. Auch die Nutzung grüner synthetischer Kraftstoffe auf H₂-Basis (sogenannte *e-fuels*) wird in einigen Strategien als Option erwogen. Diese lassen sich ohne grössere Modifikationen in der bestehenden Infrastruktur nutzen und bieten damit in Bereichen, in denen die direkte Nutzung von Strom schwierig oder nicht wettbewerbsfähig ist, eine Perspektive für eine rasche Dekarbonisierung.

WÄRME

Japan und Südkorea sehen auch den Wärmemarkt als bedeutenden An-

wendungsbereich für Wasserstoff. Brennstoffzellen kommt hier bereits heute eine grosse Bedeutung zu.

EXPORT

Länder wie Australien und die Ukraine setzen zudem auf Wasserstoff für den Export. Der Aufbau eines Binnenmarkts wird hier vor allem als Ausgangspunkt für die Schaffung der notwendigen Wertschöpfungsketten für die künftigen H₂-Exporte betrachtet.

DER ERWARTETE H₂-BEDARF UND SEINE IMPLIKATIONEN

Die Frage nach den künftig benötigten Mengen an Wasserstoff tritt zunehmend in das Zentrum der H₂-Debatte. Der erwartete H₂-Bedarf wird dabei nicht in allen untersuchten Strategien quantifiziert. In den Ländern, die dies tun, liegt der vermutete Verbrauch jedoch – bezogen auf die Wirtschaftsleistung – bei einer ähnlichen Grössenordnung. Die Weltenergieat-Studie schätzt den globalen H₂-Bedarf für das Jahr 2050 auf ungefähr 9000 Terawattstunden (TWh) bzw. 270 Mio. Tonnen (t) jährlich. Das entspricht in etwa der Menge an Primärenergie, die weltweit im Jahr durch erneuerbare Energien bereitgestellt wird.

BEGRENZTE EE-POTENZIALE IN POTENZIELLEN IMPORTLÄNDERN

Viele Staaten werden ihren Verbrauch an insbesondere grünem Wasserstoff voraussichtlich nicht durch die eigenen Erzeugungskapazitäten decken können, etwa aufgrund begrenzter EE-Potenziale. Bis 2050 könnte der Gesamtbedarf an Wasserstoff und H₂-basierten Brennstoffen allein in der EU von aktuell ca. 10 Mio. auf bis zu 60 Mio. t bzw. 2000 TWh steigen. Das ist das Ergebnis der neuen europäischen Studie des Weltenergierats *Decarbonised Hydrogen Imports into the European Union: challenges and opportunities* [2]. Sie schätzt den Anteil der Produktion am Verbrauch von Wasserstoff und H₂-basierten Brennstoffen im Jahr 2050 auf etwa 50 Prozent. Das bedeutet, dass die EU bis zur Jahrhundertmitte rund 30 Mio. t dekarbonisierten Wasserstoff und entsprechende Derivate pro Jahr importieren muss. Auch Staaten wie Japan und Südkorea stellen sich bereits darauf ein, einen erheblichen Teil ihres künftigen H₂-Bedarfs mittel- und langfristig zu importieren.

HOHE EE-POTENZIALE IN POTENZIELLEN EXPORTLÄNDERN

Andere Länder verfügen hingegen über ein hohes Potenzial an Erneuerbaren und damit für die Produktion von grünem Wasserstoff. Für diese bieten sich grosse Wachstums- und Entwicklungschancen durch den Aufbau einer eigenen H₂-Wirtschaft und H₂-Exporte. Der Aufbau von Produktionskapazitäten und der logistischen Infrastruktur in den Exportländern wird erhebliche Investitionen erfordern. Die Etablierung von H₂-Beziehungen zwischen potenziellen Import- und Exportländern bietet in diesem Zusammenhang die Möglichkeit, Synergien zu nutzen, die Risiken für das eingesetzte Kapital zu reduzieren und neue Wertschöpfungsketten zu entwickeln.

Die deutsche H₂-Strategie beispielsweise sieht allein 2 Mio. Euro für den Aufbau internationaler H₂-Partnerschaften vor. Deutschland hat mit dem Förderprogramm *H2Global* ein Instrument ins Leben gerufen, das den Import sowie den Markthochlauf von grünem Wasserstoff befördern soll. Eine eigens eingerichtete Stiftung soll das H₂-Angebot im Ausland mit der Nachfrage im Inland mithilfe eines Doppelauktionsmechanismus zusammenzubringen. Differenzen zwischen dem Angebots- und dem Nachfragepreis sollen dabei über Differenzverträge (*Contracts for Difference*) ausgeglichen werden.

ENTSTEHUNG INTERNATIONALER H₂-PARTNERSCHAFTEN

In den vergangenen Monaten hat sich weltweit bereits eine grosse Zahl bi- und trilateraler H₂-Beziehungen gebildet (Fig. 5). Die Partnerschaften reichen von ersten Gesprächen zu einer möglichen Kooperation über Absichtsvereinbarungen (sogenannte *Memorandums of Understanding*) bis hin zu Forschungs-kooperationen sowie gemeinsamen Pilot- und Demonstrationsprojekten. Eines der ersten Projekte dieser Art ist das *Hydrogen Energy Supply Chain* (HESC)-Pilotprojekt zwischen Australien und Japan. Dabei soll Wasserstoff aus Braunkohle im australischen Bundesstaat Victoria produziert und per Schiff nach Japan transportiert werden. Es ist geplant, die dabei anfallenden CO₂-Emissionen abzuscheiden und unter dem Meeresboden zu lagern.

Die deutsche Bundesregierung ist an der Umsetzung des Projekts *Haru Oni*

W12-Selbstkontrolle und Instandhaltung Besser digital.



Mit App und
zertifiziertem
W12-Modul



inventsys.ch/wasser

Mit Inventsys überblicken Sie jederzeit wer was wann wo zu erledigen hat. Gleichzeitig ist es mit unserer App besonders leicht die W12-Richtlinie durchzuarbeiten. So können Sie Inspektionen gelassen entgegensehen.



- schweizweit
- dans toute la Suisse
- in tutta la Svizzera

Lizenz für Pamela Bauer, p.bauer@hagenbucher.ch
TMH Hagenbucher AG, Zürich

Inventsys

WASSERSTOFF-PROJEKTE IN EUROPA

Das Netzwerk HIPS-NET ist aus dem Forschungsprojekt «Hydrogen in Pipeline Systems» hervorgegangen und bezweckt, seine rund 40 Mitglieder (darunter auch den SVGW) über die neusten Erkenntnisse zur Wasserstofftoleranz der Gasinfrastruktur zu informieren, den Erfahrungsaustausch unter europäischen Fachleuten zu fördern sowie den Forschungsbedarf in den Bereichen Transport, Speicherung, Verteilung und Anwendung von wasserstoffhaltigen Gasen respektive reinem Wasserstoff zu identifizieren. Dabei sind die mehrmals pro Jahr erscheinenden Newsletter ein zentrales Element. Aus den letztjährigen sind hier einige Beiträge zusammengefasst.

Margarete Bucheli, basierend auf den HIPS-NET-Newslettern 31–35

RÉSUMÉ

PROJETS EN LIEN AVEC L'HYDROGÈNE EN EUROPE

Le réseau HIPS-NET est issu du projet de recherche «Hydrogen in Pipeline Systems» et a pour but d'informer ses quelque 40 membres (dont la SSIGE) des dernières connaissances en matière de tolérance à l'hydrogène des infrastructures gazières, de promouvoir l'échange d'expériences entre spécialistes européens et d'identifier les besoins de recherche dans les domaines du transport, du stockage, de la distribution et de l'utilisation des gaz contenant de l'hydrogène, respectivement de l'hydrogène pur. La newsletter, qui paraît plusieurs fois par an, est un outil important à cet égard.

Le présent article résume quelques contributions tirées des newsletters de l'année dernière. Les projets et études suivants sont présentés:

- HyWay 27: Transport d'hydrogène en utilisant le réseau de gaz existant? (Pays-Bas; newsletter 32)
- Étude de l'aptitude d'un régulateur de pression de gaz à être utilisé avec 100% d'hydrogène (Pays-Bas; newsletter 32)
- H2morrow - Potentiels de l'hydrogène pour une industrie décarbonisée (Allemagne, Norvège; newsletter 31)
- Re-Stream - Étude sur la réutilisation de l'infrastructure pétrolière et gazière pour l'hydrogène et le CCS en Europe (newsletter 35)

HIPS-NET-NEWSLETTER

Im letzten Jahr wurden fünf Newsletter, Nummer 31 bis 35, versendet. Zusammengestellt und geschrieben wurden die Newsletter von einer Gruppe von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern – Gert Müller-Syring, Charlotte Grosse, Ruven Fleming, Anja Wehling und Josephine Glandien – der DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, die das Netzwerk in enger Kooperation mit GERG, der European Gas Research Group, koordiniert.

Als Fortführung des Artikels im Aqua & Gas 3/2021 über das Wasserstoffnetzwerk [1], in dem Auszüge aus den HIPS-NET-Newslettern des Jahres 2020 präsentiert wurden, werden im Folgenden Beiträge der Newsletter des Jahres 2021 über diese Studien und Projekte zusammengefasst:

- HyWay 27: Wasserstofftransport unter Nutzung des bestehenden Gasnetzes? (Niederlande; Newsletter 32)
- Untersuchung der Eignung einer Gasdruckregelanlage für den Einsatz mit 100% Wasserstoff (Niederlande; Newsletter 32)
- H2morrow - Potenziale von Wasserstoff für eine dekarbonisierte Industrie (Deutschland, Norwegen; Newsletter 31)
- Re-Stream - Studie über die Wiederverwendung der Öl- und Gasinfrastruktur für Wasserstoff und CCS in Europa (Newsletter 35)

Kontakt: b.bordenet@svgw.ch; m.hafner@svgw.ch

(© malp/123RF.com)

– HYPOS-Projekt H2-Netz: Entwicklung innovativer Infrastrukturen zur Versorgung von Verbrauchern im Wasserstoffdorf (Deutschland; Newsletter 33 und 34).

Als Mitglied von HIPS-NET erhält der SVGW die englischen Newsletter. Bei Interesse können diese bei *Bettina Bordenet* (b.bordenet@svgw.ch) oder *Matthias Hafner* (m.hafner@svgw.ch) nachgefragt werden.

HYWAY 27

Im Frühling 2020 wurde die Vision der niederländischen Regierung für Wasserstoff veröffentlicht (siehe auch Artikel S. 14 in dieser Ausgabe). Demnach wird ein Engagement für Wasserstoff als unerlässliches Element der Energiewende in den Niederlanden angesehen. Es wird davon ausgegangen, dass bis zu 50% des gesamten Energiebedarfs mit dem nachhaltigen Gas abgedeckt werden müssen. Bereits vorgängig wurden im niederländischen Klimaabkommen (unterzeichnet im Jahr 2019) Ziele zum Thema Wasserstoff formuliert. So sollen der Aufbau einer CO₂-freien Wasserstoffversorgungskette gefördert und bis 2030 eine Elektrolysekapazität von 3 bis 4 GW geschaffen werden.

BESTEHENDES ERDGASNETZ FÜR DEN WASSERSTOFFTRANSPORT NUTZEN

Mit Blick auf die Kosteneffizienz des Aufbaus der Wasserstoffversorgungskette ist eine der zentralen Annahmen, dass die bestehende Erdgasinfrastruktur (schrittweise) für den Transport von Wasserstoff umgenutzt wird, wo immer dies möglich ist. Dafür wurde die Studie «HyWay 27: Wasserstofftransport unter Nutzung des bestehenden Gasnetzes?» vom niederländischen Ministerium für Wirtschaft und Klimapolitik gemeinsam mit den Fernleitungsnetzbetreibern *Gasunie* und *TenneT* durchgeführt. Der Bericht mit den Studienergebnissen wurde im Juni 2021 veröffentlicht [2]. Darin sind Antworten auf die folgenden Fragen zu finden:

- Wird ein Transportnetz für Wasserstoff benötigt, und wenn ja, wann?
- Kann das bestehende Erdgasnetz für den Transport von Wasserstoff genutzt werden, und wenn ja, ist dies wünschenswert?
- Welche staatlichen Massnahmen sind notwendig, um ein Transportnetz für Wasserstoff zu realisieren?

Wasserstoff wird als ein wesentlicher Baustein für eine klimaneutrale Wirtschaft angesehen, insbesondere um den auch künftig vorhandenen Bedarf an einem CO₂-freien «Systemmolekül» zu decken. Damit CO₂-freier Wasserstoff zunehmend genutzt werden kann und um die ersten grossen Wasserstoffprojekte, die geplant sind, zu ermöglichen, müssen neue Transportketten und auch Speichermöglichkeiten aufgebaut werden. Anbieter und Abnehmer von Wasserstoff in den Niederlanden sollen vernetzt werden. Die HyWay-27-Studie kommt zum Schluss, dass sich Wasserstoff via Rohrleitungen am effizientesten transportieren lässt.

UMRÜSTUNG DES ERDGASNETZES

Die Studie geht davon aus, dass das Volumen des in den Niederlanden transportierten Erdgases bis zum Jahr 2030 um ungefähr 40% sinken wird im Vergleich zu heute – dies auch wegen der rück-

läufigen Exporte, weil die Gasförderung in Groningen (L-Gas) eingestellt werden soll. Ausserdem besteht das niederländische Haupttransportnetz für Erdgas grossenteils aus mehreren parallel verlaufenden Rohrleitungen. Somit hat der nationale Fernleitungsnetzbetreiber *Gasunie* die Möglichkeit, die Erdgastransportströme so umzugestalten, dass einzelne Rohrleitungen für eine alternative Nutzung frei werden. Teile des bestehenden Erdgastransportnetzes können also für den Wasserstofftransport zur Verfügung gestellt werden (Fig. 1).

Neben der Frage der vorhandenen Kapazitäten wurde auch der Frage der Sicherheit von umgerüsteten Erdgasnetzen nachgegangen. Der HyWay-27-Bericht kommt – basierend auf früheren Studien – zum Schluss, dass die aktuell für den Transport von Erdgas verwendeten Rohrleitungen grundsätzlich sicher für den Transport von Wasserstoff genutzt werden können. Gewisse Anpassungen

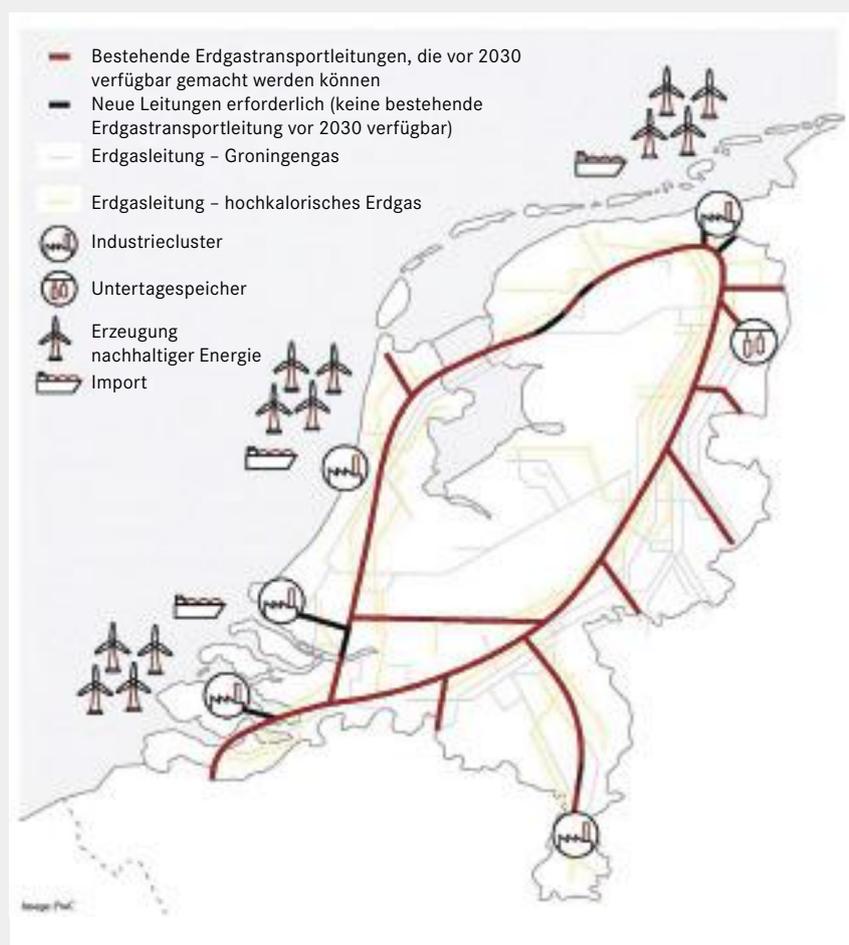


Fig. 1 Die möglichen Wasserstofftransportnetze in den Niederlanden im Jahr 2030: Über einen Transportleitungsring werden niederländische und ausländische Industriecluster sowie Wasserstoffproduzenten und Speicherbetreiber in einem Netzwerk miteinander verbunden. Um alle vorgesehenen Verbraucher an das Transportnetz anschliessen zu können, müssen einige neue Trassen angelegt werden (in der Karte schwarz eingezeichnet). (Quelle: [2])

	Massnahme	Art der Massnahmen	
		Änderungen am bestehenden Netz	Änderungen in Arbeitsverfahren
Leckageanfälligkeit	Austausch u/o Überholung von Absperrreinrichtungen wegen möglicher Leckage	x	
	Austausch übriger leckanfälliger Teile (ausser Absperrreinrichtungen)	x	
Verunreinigungen	Reinigung von Bestandsleitungen aufgrund von Verunreinigungen, die vom vorausgegangenen Erdgastransport stammen	x	
Geringere (Energie-) Dichte	Justieren oder Austausch von Messvorrichtungen wegen geänderter Strömungsgeschwindigkeit und Gaszusammensetzung	x	
	Hinzufügen von Verdichtern wegen der Untauglichkeit vorhandener Modelle	x	
Defektwachstum	Erfassung der max. Betriebsdrücke, Anpassung der Betriebsverfahren, Erstellung von Leitungsdokumentation		x
	Entwicklung und Anpassung von Arbeitsverfahren für die Ausführung von Inline-Prüfungen		x
Zündgefahr	Schulung des technischen Personals im Umgang mit Wasserstoff		x
	Anpassung der Arbeitsverfahren bei Modifikationen an Leitungen		x
	Anschaffung sicherer elektronischer Messgeräte für Betrieb und Instandhaltung		x

Tab. 1 Um einen sicheren Wasserstofftransport zu gewährleisten, sind Anpassungen am bestehenden Erdgasnetz und an den Arbeitsmethoden erforderlich. (Quelle: [2])

der Transportnetze sowie der Verfahren sind jedoch nötig. Die wichtigsten Massnahmen für einen sicheren Wasserstofftransport in umgenutzten Erdgasleitungen sind die Folgenden (siehe auch Tab. 1):

- Austausch der Absperrreinrichtungen
- Gründliche Reinigung der Leitungen (je nach gewünschter Reinheit des Wasserstoffs)
- Austausch oder Justierung von Messgeräten
- Anpassung betrieblicher Verfahren, wie z.B. zur Vermeidung von Druckwechseln
- Anpassung von Verwaltungs- und Wartungsprozeduren

Voraussichtlich ist die Umrüstung einer Bestandsleitung deutlich günstiger als die Realisierung der gleichen Kapazität über eine neue Leitung. Daher ist es billiger (ca. um den Faktor 4), bestehende Erdgasnetze wiederzuverwenden, als neue Rohrleitungen für den Wasserstofftransport zu erstellen. Für den Aufbau

eines niederländischen Transportnetzes, über das alle Industriecluster mit vorgesehenen Produzenten und Speicherstätten verbunden werden, wurde eine Investitionssumme von ca. 1,5 Mrd. Euro abgeschätzt. Gasunie nimmt an, dass die gesamten Investitionen, die für die Umrüstung erforderlich sind, ungefähr 0,84 Mio. Euro pro Kilometer betragen (Tab. 2). Der Grossteil der eigentlichen

	Kosten in Mio. € pro km	Erläuterungen
Reinigung und Vorbereitung der Leitungen	0,3	10% der Investitionsausgaben (CAPEX) für den Neubau einer vergleichbaren Leitung
Einbau von Absperr-einrichtungen	0,09	1,5 Mio. € pro Stück; benötigt an jedem Anfangs- und Endpunkt einer Trasse und alle 32 km (inkl. Ausbau bestehender Absperrreinrichtungen)
Umrüstungskosten gesamt	0,38	
Entschädigung für bestehende Vermögenswerte	0,46	Durchschnittliche regulatorische Kapitalbasis (RAB) pro Kilometer
Gesamtkosten	0,84	

Tab. 2 Aufteilung der Kosten (Orientierungswerte) für die Umrüstung bestehender Erdgasleitungen (Annahme: 36-Zoll-Leitungen). (Quelle: [2])

Umrüstungskosten (gut drei Viertel) entfällt auf die Reinigung und Vorbereitung der Leitungen. Im Gegensatz zu den Investitionskosten unterscheiden sich die Betriebskosten für den Wasserstofftransport in einer umgerüsteten Erdgasleitung nicht oder nur wenig von denjenigen, die bei Verwendung einer komplett neuen Wasserstoffleitung anfallen.

ERFORDERLICHE STAATLICHE MASSNAHMEN

Die Empfehlung des Studienberichts lautet, möglichst bald den Grundsatzentscheid zu treffen, einen Teil der bestehenden niederländischen Erdgasnetze für den Transport von Wasserstoff zu nutzen. Ist dies geschehen, kann damit begonnen werden, einen Umsetzungsplan zu entwickeln, in dem umrissen wird, wo und wann der Roll-out des Transportnetzes erfolgt. Überdies müssen Regelungen zur Marktordnung des Wasserstofftransports gefunden werden. Schliesslich wird der niederländischen Regierung nahegelegt, die verfügbaren finanziellen Mittel zu benennen und einen Plan zu erstellen, der beschreibt, welche Finanzinstrumente am besten zur Verteilung dieser Mittel eingesetzt werden können. Die Notwendigkeit staatlicher Eingriffe und finanzieller Unterstützung wird betont, damit Investitionen in die Umrüstung getätigt werden, denn Investitionen in die Umrüstung des Erdgasnetzes können nicht rentabel sein, weil die Kette noch entwickelt werden muss.

GASDRUCKREGELANLAGE FÜR 100% WASSERSTOFF GEEIGNET

Derzeit ist noch nicht bekannt, ob die heutigen (Erd-)Gasdruckregelanlagen

technisch geeignet sind, den Druck von Wasserstoff korrekt, zuverlässig und sicher zu reduzieren. Zum einen unterscheiden sich die physikalischen Eigenschaften von Wasserstoff und Erdgas. Zum anderen muss die Geschwindigkeit des Wasserstoffs in den Leitungen um den Faktor drei erhöht werden, um die gleiche Energiemenge wie mit Erdgas zu liefern. Daher ist zu prüfen, ob diese Faktoren einen Einfluss auf den technischen Betrieb von Gasdruckregelanlagen haben. Dementsprechend wurden vom Prüf-, Inspektions- und Zertifizierungsinstitut KIWA praktische Tests durchgeführt und somit Einblicke in die Funktionsweise und Eignung einer neuen Gasdruckregelanlage gewonnen beim Einsatz von Wasserstoff anstelle von Erdgas [3]. Im Einzelnen wurden folgende Aspekte untersucht:

- die äussere Leckdichtigkeit der gesamten Gasdruckregelanlage bei Verwendung von Wasserstoff
- das korrekte Funktionieren der Komponenten bei der Verwendung von Wasserstoff
- die interne Leckage der Ventile und Sicherheitseinrichtungen
- das Funktionieren der Sicherheitseinrichtungen
- das Betriebs-/Regelverhalten des Reglers

Für die Untersuchungen stellte der niederländische Netzbetreiber *Rendo* eine gängige Gasdruckregelanlage zur Verfügung. Diese enthält u. a. den Gasdruckregler RS350S DN50 des Herstellers *Wigersma & Sikkema*. Ausserdem wurde die Gasdruckregelanlage mit Sicherheits-Messkupplungen und Sicherheits-Diagnosekupplungen zum Anschluss eines Plexor-Prüfgerätes ausgestattet. Die Gasdruckregelanlage wurde zunächst mit Erdgas bis zu einer maximalen Durchflussrate von 750 Nm³/h getestet. Anschliessend wurde die Gasdruckregelanlage mit Wasserstoff bis zu einer maximalen Durchflussrate von 2250 Nm³/h getestet. Aus den in *Tabelle 3* zusammengefassten Testresultaten lässt sich ablesen, dass die für Erdgas ausgelegte Gasdruckregelanlage ohne Anpassungen mit 100% Wasserstoff betrieben werden kann. Diese Schlussfolgerung beschränkt sich aber auf das technische Funktionieren. Überdies kann über das langfristige Verhalten keine Aussage gemacht werden.

	Betrieb mit Wasserstoff im Vergleich zu Betrieb mit Erdgas	Bemerkung
Äussere Leckdichtigkeit	0	
Leckdichtigkeit der internen Ventile	0	
Druckverlust über Filter	0	Indikative Messung
Auslösedruck Sicherheitsventil und Sicherheitsabsperrentil	0	Medium hat keinen Einfluss
Schliesszeit Sicherheitsventil	0	Medium hat keinen Einfluss
Leckdichtigkeit der internen Sicherheits- und Sicherheitsabsperrentile	0	
Schliessdruck	0	Abweichung möglicherweise verursacht durch Variation der Schliessgeschwindigkeit des manuell betätigten Regelventils
Druckstabilität	0	
Lärmemission	+	Betrieb mit Wasserstoff verursacht weniger Lärm
Temperatureinfluss auf Druckreduzierung	0	Nur beim Betrieb mit Wasserstoff bestimmt; nur geringfügige Beeinflussung ist zu erwarten
Vibrationen und Pulsieren	0	

Tab. 3 Prüfung einer Gasdruckregelanlage mit 100% Wasserstoff: Übersicht der durchgeführten Messungen und Vergleich mit Messungen mit Erdgas. Messergebnisse, die für Wasserstoff (fast) gleich waren wie für Erdgas, werden mit «0» angegeben, und solche, die für Wasserstoff günstiger waren, mit «+».

(Quelle: [3])

H2MORROW

VERSORGUNG DER (STAHL-)INDUSTRIE MIT BLAUEM WASSERSTOFF

Im Herbst 2019 startete das Pilotprojekt «H2morrow», eine Kooperation des Energieunternehmens *Equinor ASA* und des deutschen Fernleitungsnetzbetreibers *Open Grid Europe GmbH (OGE)*, mit dem Ziel, bis 2030 die Industrie (insbesondere die Stahlindustrie) und andere Endkunden in Nordrhein-Westfalen mit jährlich 8,6 TWh Wasserstoff aus dekarbonisiertem Erdgas zu versorgen. Im Zentrum des Projekts steht blauer Wasserstoff, also Wasserstoff, der durch Reformierung von Erdgas gewonnen wird, wobei das entstehende CO₂ abgetrennt und gespeichert wird. Es ist vorgesehen, Erdgas aus Norwegen über das bereits bestehende Transportnetz zu einer Reformierungsanlage an der niederländischen und/oder deutschen Nordseeküste zu transportieren. Der blaue Wasserstoff soll ins Gasnetz eingespeist werden, um unter anderem ein Stahlwerk damit zu versorgen. Für den Wasserstofftransport sollen hauptsächlich umgerüstete Erdgasleitungen, in begrenztem Umfang aber auch neu gebaute Leitungen verwendet werden. Transport und Speicherung des bei der

Reformierung anfallenden CO₂ könnten folgendermassen aussehen: Das CO₂ wird verflüssigt und dann per Schiff zu einem Zwischenspeicher an der norwegischen Küste transportiert. Von dort wird es durch eine 120km lange Unterwasserpipeline zur Verpressungsanlage geleitet. Diese pumpt das CO₂ für die dauerhafte Speicherung mehr als 2600 m unter den Meeresboden (Offshore-Speicherung).

OPTIMIERTES REFORMIERUNGSVERFAHREN

Zur Herstellung von blauem Wasserstoff setzt H2morrow auf die autotherme Reformierung (ATR). Bei diesem Verfahren wird Methan mit Sauerstoff und Dampf partiell oxidiert und anschliessend katalytisch reformiert. Der Prozess läuft autotherm, es wird also keine Wärmezufuhr von aussen benötigt. Dies hat zwei Vorteile: Erstens kann das Erdgas noch effizienter in Wasserstoff umgewandelt werden, und zweitens liegt das CO₂ unter einem höheren Partialdruck, also höher konzentriert vor als bei der herkömmlichen Dampfreformierung. Dies macht die Abscheidung und Sequestrierung kostengünstiger.

MACHBARKEITSTUDIE

Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie von «H2morrow steel», an der neben den

Projektpartnern von H2morrow auch der Stahlhersteller *thyssenkrupp Steel Europe* beteiligt war, wurden Wege für die dekarbonisierte Produktion von blauem Wasserstoff aus Erdgas sowie die Versorgung des grössten deutschen Stahlwerks in Duisburg mit diesem Wasserstoff untersucht ([4]; Fig. 2). Dabei wurden mehrere Optionen für die Gewinnung und den Transport des Wasserstoffs zum Stahlwerk sowie Optionen für den Transport und die Speicherung des Kohlendioxids angeschaut.

Bei der Beurteilung möglicher Standorte für die Wasserstoffproduktion bestätigte

die Studie drei Standorte als prinzipiell geeignet: einen möglichen Produktionsstandort an der niederländischen Küste in Eemshaven und zwei weitere an der deutschen Nordseeküste. Für den Transport von Wasserstoff erwiesen sich alle Optionen, die nicht auf Pipelines basieren, als unwirtschaftlich. Es zeigte sich, dass ein wirtschaftlicher Transport über Pipelines möglich ist, da die Kosten für den Pipelinetransport im Vergleich zu den Kosten für die Wasserstoffproduktion gering sind.

Im Hinblick auf Transport und Lagerung von CO₂ wurden als eine Möglichkeit das

Projekt «Northern Lights» in Norwegen sowie weitere Lageroptionen geprüft, darunter das Porthos-Projekt vor der Küste von Rotterdam, wobei Northern Lights am weitesten fortgeschritten ist. Gemäss den Studienergebnissen kommt je nach Produktionskapazität entweder der CO₂-Transport per Schiff oder per Pipeline in Frage.

Die Studie schätzt den Preis für blauen Wasserstoff auf ca. 2,1 Euro/kg (entspricht 58 Euro/MWh) bei einem voraussichtlichen zukünftigen und langfristigen durchschnittlichen Erdgaspreis von 23 Euro/MWh. Weiter kommt sie zum Schluss, dass die politischen und regulatorischen Rahmenbedingungen in Deutschland und der EU geklärt werden müssen. Dabei geht es vor allem um die Umstellung von Erdgas- auf Wasserstoffleitungen und den Transport von Wasserstoff – unabhängig von der Produktionstechnologie. Darüber hinaus sind Abstimmungen zwischen den Niederlanden und Deutschland zum Netzausbau wie auch länderübergreifende Transportvereinbarungen notwendig. Ausserdem braucht es auf EU-Ebene einen einheitlichen und systematischen Ansatz für Wasserstoff aller Produktionstechniken, der den jeweiligen CO₂-Fussabdruck berücksichtigt, sowie eine Änderung der Gesetzgebung zum CO₂-Transport per Schiff. Schliesslich kommt die Machbarkeitsstudie zum Ergebnis, dass die gesamte Wertschöpfungskette des Projekts frühestens 2027 realisiert werden kann.

RE-STREAM

Um die ambitionierten Klimaziele der EU zu erreichen, muss die Dekarbonisierung des Industrie-, des Energie- und des Verkehrssektors in Europa vorangetrieben werden. Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (*Carbon Capture and Storage, CCS*) und der kohlenstofffreie Energieträger Wasserstoff werden als Technologien erachtet, die wesentlich zur Erreichung der EU-Ziele beitragen könnten. Sowohl für CCS als auch für die Nutzung von Wasserstoff in grossem Massstab wird eine Transportinfrastruktur benötigt. Es wird vorgeschlagen, bestehende Öl- und Gasinfrastrukturen wiederzuverwenden, weil dies zu einer kosteneffizienteren Einführung von CCS- und Wasserstofftechnologien führen und die Kosten für die Erreichung der Klima-

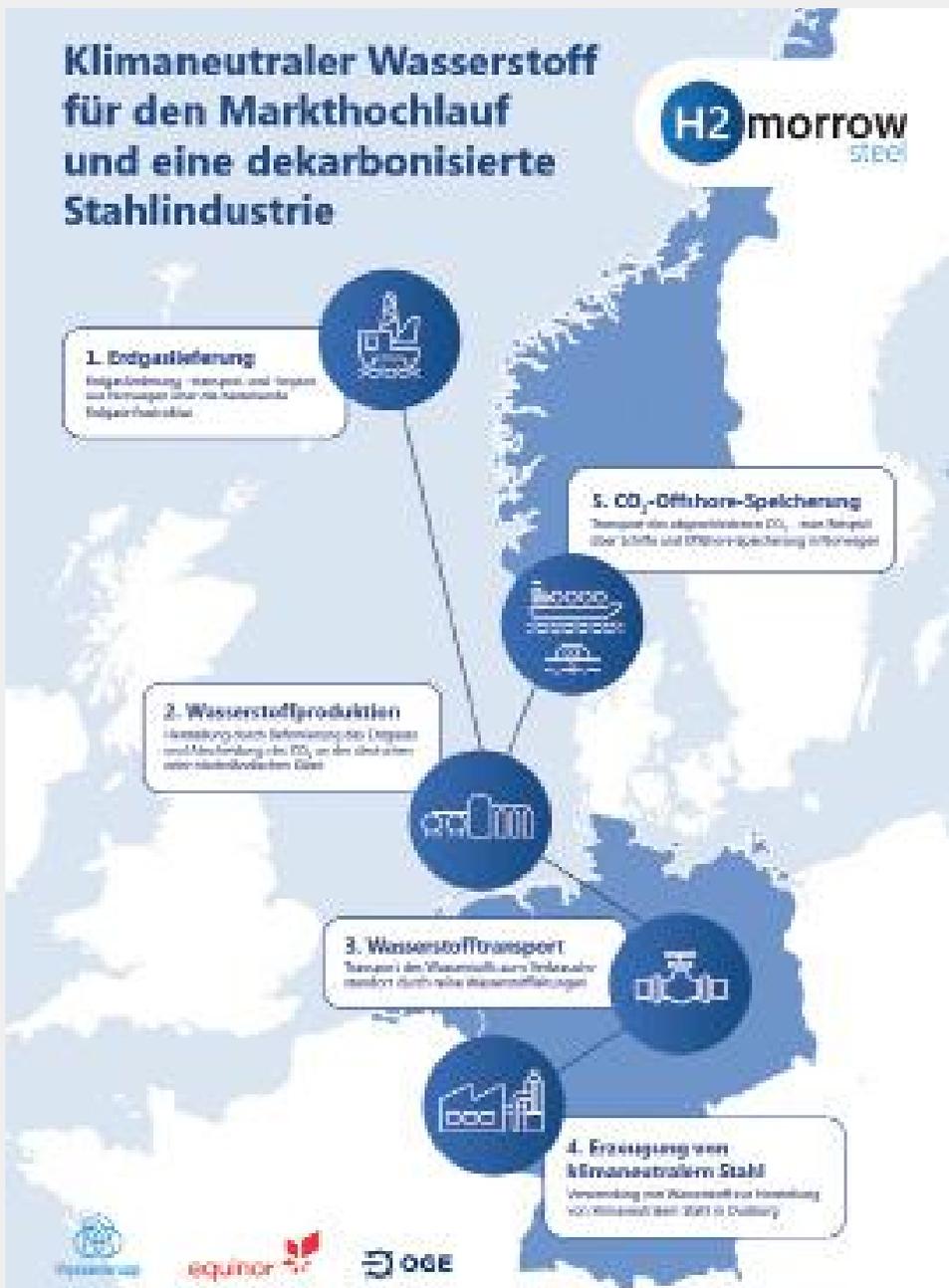


Fig. 2 Schematischer Überblick über die in der Machbarkeitsstudie von H2morrow steel betrachteten Elemente der Herstellung und Verteilung von blauem Wasserstoff. Mittlerweile ist auch der Fernleitungsbetreiber Thyssengas dem Projekt H2morrow steel beigetreten. (Quelle: [4])

ziele begrenzen kann. Um diese Annahme zu untermauern, wurde die Re-Stream-Studie durchgeführt. Im Rahmen dieser wurde das technische Potenzial auf EU-Ebene für die Wiederverwendung von Öl- und Gaspipelines für den CO₂- und H₂-Transport bewertet, das wirtschaftliche Interesse der Wiederverwendung überprüft und bestätigt wie auch die verbleibenden technischen Herausforderungen aufgezeigt [5]. *Carbon Limits* und DNV führten die technischen Analysen durch.

ÜBER 80 000 PIPELINE-KILOMETER BETRACHTET

65 Pipeline-Betreiber – 32 Transportnetzbetreiber, 18 Betreiber von Onshore-Ölpipelines und 15 Betreiber von Offshore-Öl- und Gasinfrastruktur – nahmen an der Re-Stream-Studie teil und lieferten Daten. So konnten rund 58 000 km Pipelines untersucht werden. Dazu kommen weitere 24 200 km, die bereits von den Betreibern selbst als für die H₂-Wiederverwendung geeignet eingestuft wurden. Das entspricht der Hälfte der gesamten Offshore-Pipelinelänge und etwa einem Drittel der Öl- und Gaspipelines an Land.

Die Daten wurden einem ersten technischen Screening unterzogen, um die generelle Wiederverwertbarkeit der Pipelines zu beurteilen. Als Kriterien dienten das Baumaterial und die Konstruktionsmerkmale der Pipeline (z.B. die Beständigkeit gegen duktile Brüche im Falle des CO₂-Transports), der innere Zustand der Pipeline, Sicherheitsaspekte, das Alter und die Transportkapazität. Für Berechnungen wurden die Auslegungsdrücke entsprechend den Normen und Durchflussanforderungen angepasst. Andere Parameter wie die chemische Zusammensetzung, die Wärmebehandlungen des Materials, die Spezifikation des Schweissverfahrens und die Art und Weise, wie eine Pipeline in der Vergangenheit betrieben wurde, konnten in diesem Stadium nicht berücksichtigt werden.

CO₂-TRANSPORT

Die Analyse bestehender Onshore- und Offshore-Pipelines ergab keinerlei Hindernisse für den Transport von CO₂ in der Gasphase. Anders sieht es aus für den Transport von CO₂ in überkritischem Zustand, was höhere Massenströme

ermöglicht. Onshore- und Offshore-Pipelines unterscheiden sich im maximal zulässigen Druck, der bei Offshore-Pipelines in der Regel höher ist. Während in den meisten Onshore-Pipelines das CO₂ daher nur als Gas transportiert werden kann, ist der CO₂-Transport in überkritischem Zustand in mehr als der Hälfte der Offshore-Pipelines nach derzeitigem Kenntnisstand und gemäss den geltenden Normen möglich. Weitere 40% der Offshore-Länge könnten gegebenenfalls nach zusätzlichen Untersuchungen und/oder einer Aktualisierung der Normen dafür verwendet werden.

H₂-TRANSPORT

Ausgehend vom derzeitigen Wissensstand und von den geltenden Normen können fast 70% der Gesamtlänge der Pipelines für den H₂-Transport wiederverwendet werden. Auch der Rest ist potenziell wiederverwendbar, allerdings sind weitere Tests oder Aktualisierungen der Standards erforderlich. Keine der untersuchten Rohrleitungen kann zum jetzigen Zeitpunkt kategorisch von der Wiederverwendung ausgeschlossen werden.

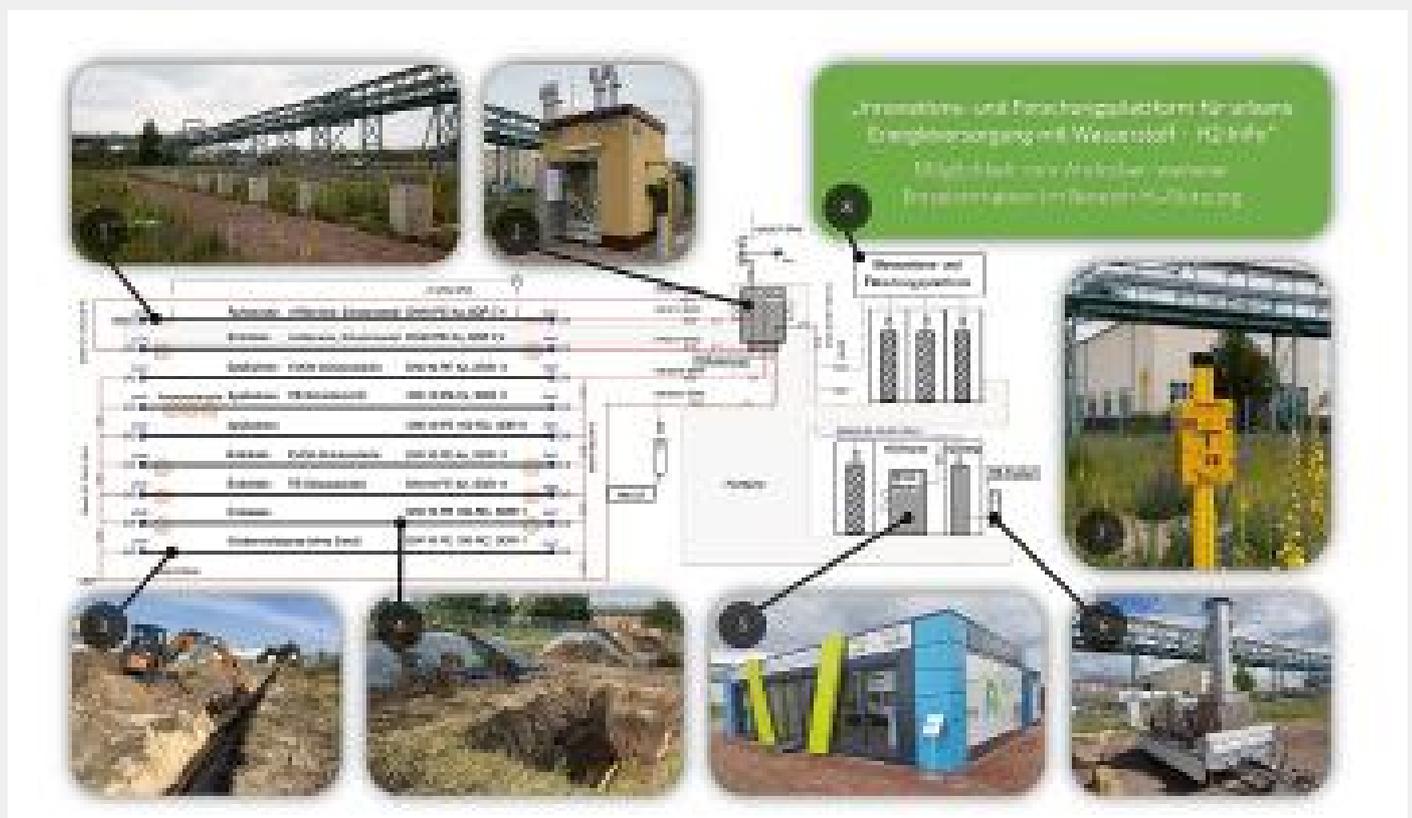


Fig. 3 Versuchsanlage des HYPOS-Projekts H₂-Netz und des Anschlussprojekts H₂-Infra: (1) oberirdisch verlegte Kunststoffrohrleitung (Rohrbrücke) mit Permeationsmesszelle; (2) Gasdruckregel- und Messanlage mit Odorierungsanlage; (3) Kunststoffrohrleitung, offene Grabenverlegung; (4) Kunststoffrohrleitung, grabenlose Verlegung mit Erdrakete; (5) Energiepavillon mit H₂-BHKW (HYPOS-H₂-Home); (6) mobile Wasserstoffackel; (7) Etikettenwechsel für Wasserstoff; (8) H₂-Infra (Quelle: DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH)

HYPOS-PROJEKT H2-NETZ

Im Jahr 2013 startete das Innovationsprojekt HYPOS «Hydrogen Power Storage & Solutions East Germany» zum Thema grüner Wasserstoff in Mitteldeutschland. Ziel ist es, grünen Wasserstoff aus erneuerbarem Strom im grosstechnischen Massstab für die Chemieindustrie, die Elektromobilität und die urbane Energieversorgung zur Verfügung zu stellen. Unter dem Dach von HYPOS erforschen 34 Projektkonsortien Innovationspotenziale von der Strombereitstellung über Herstellung, Speicherung, Verteilung und Nutzung von grünem Wasserstoff und decken damit die gesamte Wertschöpfungskette der grünen Wasserstoffwirtschaft ab. Die HYPOS-Projekte sind fünf Themenbereichen zugeordnet:

- Chemische Umwandlung
- Transport und Speicherung
- Sicherheit
- Verwertung und Vertrieb
- Strategie

WASSERSTOFFDORF

Im Bereich «Transport und Speicherung» angesiedelt ist das Projekt «H2-Netz», bei dem es um die Entwicklung von Infra-

strukturen zur Versorgung von Verbrauchern im Wasserstoffdorf geht. Beim Wasserstoffdorf handelt es sich um eine Versuchsanlage, die vom regionalen Gasverteilnetzbetreiber *Mitnetz Gas* (Mitteldeutsche Netzgesellschaft Gas) auf einem etwa 12000 m² grossen Gelände inmitten im Chemiepark Bitterfeld-Wolfen errichtet wurde (Fig. 3). Es umfasst ein etwa 1,4 km langes Verteilnetz, eine Gasdruckregel- und -messanlage samt Odorierungsanlage, einen Versuchcontainer mit Messtechnik sowie einen Informationspavillon, der einen regulären Hausanschluss simuliert. Weiter gehören ein BHKW auf Basis einer Niedertemperatur-PEM-Brennstoffzelle und ein Spitzenlastkessel zum Wasserstoffdorf, um wasserstoffbasierte Endverbrauchstechnologien zu untersuchen, was im Rahmen eines anderen HYPOS-Projekts, H2-Home, geschieht. Das Verteilnetz besteht aus 10 Testpipelineabschnitten mit 3 Druckstufen (DP25, DP10 und DP1). Die Abschnitte unterscheiden sich durch die Verlegeart (Bohrspülungsverfahren, Grabenverlegung und Erdrakete) und die Rohrleitungsmaterialien. Im Gegensatz zur klassischen industriellen Wasserstoffverteilung standen nicht Stahlwerk-

stoffe im Vordergrund, sondern es kamen hochdichte Metall-Kunststoff-Verbundrohre (PE-Xa-Rohre mit Sauerstoffsperrschicht EVOH und PE-Xa-Rohre mit PE-Schutzschicht) sowie hochspannungsrisssbeständige Polyethylen-Rohre (PE 100-RC) der Firma *Rehau* zum Einsatz. Nach Inbetriebnahme des Wasserstoffdorfs im Frühjahr 2019 konnte im H2-Netz-Projekt eine Wasserstoffinfrastruktur unter realen Bedingungen getestet werden. Der Fokus lag auf der Qualifizierung moderner Kunststoffleitungen für den sicheren Transport von Wasserstoff. Ziel war es, offene Fragen zum Betrieb und zur Eignung von Anlagen und Komponenten zu beantworten. Projektpartner sind: *Mitnetz Gas*, *DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH*, *TÜV Süd Industrie Service*, *Rehau* und die Fakultät Maschinenbau und Energietechnik der *Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur* (HTWK) Leipzig.

UNTERSUCHUNG VON ABSPERRTECHNOLOGIEN FÜR NEUE LEITUNGSMATERIALIEN

Ein Forschungsschwerpunkt lag auf der Überprüfung der Absperntechnologien Abquetschen und Blasensetzen im realen Testfeld. Dafür wurden im Hoch-

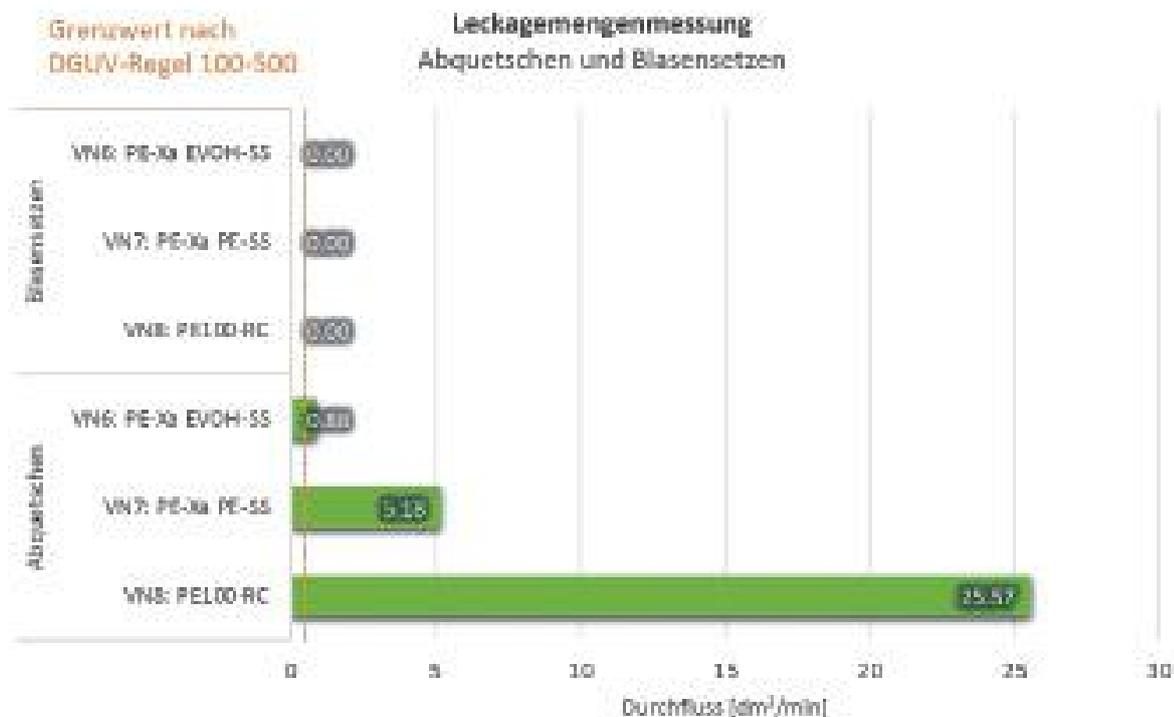


Fig. 4 Ergebnisse der Leckagemessungen nach Abquetschen und Blasensetzen bei verschiedenen Kunststoffrohrmaterialien.

(Quelle: [6])

druckbereich des Netzes (DP10) drei verschiedene Rohrleitungsabschnitte aus den vorgängig genannten Materialien freigelegt. An diesen wurde zum einen das Abquetschen der Rohre bei einem Überdruck von 1 bar getestet und zum anderen die Absperrung mit einer Gas-Absperrblase bei einem Druck von 4 bar. Es wurden Leckagemessungen zur Dichtheitsprüfung der Gasabsperrtechniken, Permeationsmessungen zur Prüfung der Rohrbeschädigung durch den Einsatz der Rohrpresse wie auch Messungen des Rückformungsverhaltens der Rohrleitungen nach Öffnung der Rohrpresse durchgeführt [6].

Die Leckagemessungen zeigten (Fig. 4), dass nur die Blasensetztechnik für hundertprozentige Wasserstoffbedingungen geeignet ist. Beim Abquetschen hingegen wird der Wasserstoffvolumenstrom nicht vollständig abgesperrt. Dennoch kann es Situationen geben, in denen Abquetschen sinnvoll ist: Im Falle einer beschädigten Leitung und eines Gasaustritts kann das Quetschen der Rohre weitere Schäden oder sogar eine Explosion schnell verhindern.

Mit Messungen des horizontalen und vertikalen Durchmessers wurden in einem Zeitraum von einer Stunde nach Abpressen die Rückverformungseigenschaften der drei Kunststoffrohre untersucht. Dabei schnitten die beiden PE-Xa-Rohre etwas besser ab als das PE-100-RC-Rohr. Bei Ersteren wurde eine maximale Abweichung von ca. 14% zwischen der gequetschten Rohrleitung nach einer Stunde natürlicher Rückverformung und dem ursprünglich kreisrunden Rohrleitungsprofil festgestellt, was eine manuelle Rückverformung zur Gewährleistung eines sicheren Rohrleitungsbetriebs nicht erforderlich macht. Nur bei der PE-Xa-Rohrleitung mit EVOH-Schicht wurde eine Verschlechterung der Permeationseigenschaften durch das Abquetschen beobachtet. Das Permeationsvolumen war etwa doppelt so hoch wie bei der nicht verpressten Leitung, aber es lag dennoch ausserhalb des sicherheitskritischen Bereichs.

ODORIERUNG VON WASSERSTOFF

Ein weiterer Forschungsschwerpunkt war die Odorierung von Wasserstoff. Hierfür wurde eine innovative Mikro-Odorieranlage entwickelt. Mit dieser konnte erstmals die Odorierung von kleinsten Mengen Wasserstoff im Feld-

versuch erprobt werden. Verschiedene Odorierungsmittel, darunter sowohl ein schwefelfreies (*Gasodor®S-Free*, Acrylatgemisch) als auch ein schwefelarmes (*Spotleak®1009*, Mercaptangemisch) wurden untersucht [7].

Die chemische und olfaktorische Stabilität dieser gängigen Odorierungsmittel, die im Erdgassektor verwendet werden, wurde in einer Wasserstoffmatrix durch periodische Konzentrationsmessungen und olfaktorische Kontrollen nachgewiesen. Die beiden verwendeten Odoranten zeigten eine hohe Stabilität und eine gute Wahrnehmbarkeit. Auch die Sättigung des Netzes wurde mit ihnen erreicht. In Abhängigkeit vom Gasverbrauch und anderen Einflussfaktoren (Dosierpumpe, Impfstelle, Endverbraucher) wurden Rückgewinnungsraten berechnet. Im Vergleich zu den aus dem Erdgasnetz bekannten Rückgewinnungsraten erfüllten die Raten in einer Wasserstoffmatrix die Erwartungen.

Zusätzlich ist geplant, ein eigens für die Odorierung von Wasserstoff entwickeltes Odorierungsmittel namens *Gasodor®Hydrogen* zu testen. Der Vorteil dieses Odoranten liegt darin, dass die enthaltenen Stoffe für die Anwendungstechnologie Brennstoffzelle gut verträglich sind.

AUSBLICK: H2-INFRA

Ende 2021 wurde das HYPOS-Projekt H2-Netz abgeschlossen. Eine Fortsetzung ist bereits lanciert: Am 1. Januar 2022 startete das Nachfolgeprojekt «H2-Infrastruktur – Effizienter und sicherer Betrieb von Wasserstoffverteilnetzen», das mit ca. 1,6 Mio. Euro durch das Deutsche Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert wird. Der Fokus liegt auf der Sicherstellung der Funktionalität eines Wasserstoff-Verteilnetzes inklusive aller Komponenten unter dynamischen Betriebsbedingungen und insbesondere auf der Bereitstellung einer extrem hohen Gasqualität und Versorgungssicherheit für die zukünftigen Anwendungen. Das Konsortium – bestehend aus *DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH*, *Mitnetz Gas* und *HTWK Leipzig* – setzt systematisch die Forschungsarbeiten der beiden HYPOS-Projekte H2-Netz und H2-Home fort. Zur Klärung zahlreicher offener Fragen wird die im Rahmen dieser Projekte entstandene Forschungsinfrastruktur für Wasserstoffverteilnetze in Bitterfeld-Wolfen (Fig. 3) genutzt und weiterentwickelt.

Im Rahmen des Anschlussprojekts H2-Infra sollen im Einzelnen folgende Forschungsthemen behandelt werden:

- Definition von Qualitätsanforderungen für Rohrleitungsmaterialien
- Versorgungssicherheit für zukünftige Wasserstoffanwendungstechnologien
- Weiterentwicklung von Wartungs- und Instandhaltungsstrategien für Wasserstoffanlagen
- Bewertung von Arbeitsschutz- und Sicherheitskonzepten
- LCA (*Life Cycle Assessment*) der Wasserstoff-Wertschöpfungskette
- Wirtschaftliche Analyse des Wasserstoffnetzes und Übertragung auf zukünftige Infrastrukturen

BIBLIOGRAFIE

- [1] Bucheli, M. (2021): *Wasserstoff-Netzwerk HIPS-NET – Verständnis schaffen für zulässige Wasserstoffkonzentrationen im Erdgassystem. Aqua & Gas 3/2021: 32–38*
- [2] Tezel, G.; Hensgens, R. (2021): *HyWay 27: Wasserstofftransport unter Nutzung des bestehenden Gasnetzes? Endgültiger Bericht für das niederländische Ministerium für Wirtschaft und Klima.*
- [3] Kiwa N.V. (2021): *Gas pressure regulation station for hydrogen: Research of suitability of natural gas station as hydrogen station*
- [4] *H2morrow steel* (2021): *Kimaneutraler Wasserstoff für den Markthochlauf und eine dekarbonisierte Stahlindustrie*
- [5] *Carbon Limits; DNV* (2021): *Re-Stream – Study on the reuse of oil and gas infrastructure for hydrogen and CCS in Europe*
- [6] Pischko, R.; Huhn, R.; Henel, M. (2021): *Überprüfung der Absperrtechnologien im HYPOS-Projekt H2-Netz – Abquetschen und Blasensetzen unter realen Bedingungen der Wasserstoffinfrastruktur im Mittel- und Hochdruckbereich. gwf Gas + Energie 9/2021: 34–41*
- [7] Mothes, R.; Lubenau, U.; Damp, P. (2021): *Odorierung von Wasserstoff im HYPOS-Projekt «H2-Netz». gwf Gas + Energie 10/2021: 46–52*

> SUITE DU RÉSUMÉ

- Projet HYPOS «H2-Netz»: Développement d'infrastructures innovantes pour l'approvisionnement des consommateurs dans le village hydrogène (Allemagne; newsletters 33 et 34).

En tant que membre de HIPS-NET, la SSIGE reçoit les newsletters en anglais. Si vous souhaitez les consulter, vous pouvez contacter *Bettina Bordenet* (b.bordenet@svgw.ch) ou *Matthias Hafner* (m.hafner@svgw.ch).

FORSCHUNGSPLATTFORM FÜR POWER-TO-X

HIGH EFFICIENCY POWER-TO-METHANE PILOT (HEPP)

In der zukünftigen, erneuerbaren Energieversorgung stabilisieren Power-to-Gas und Power-to-X das Stromnetz, speichern Energie und erzeugen erneuerbares Gas und weitere Energieträger. In Rapperswil hat das IET Institut für Energietechnik eine Forschungsplattform aufgebaut, in der zusammen mit Partnern neue Technologien und Systeme entwickelt werden. Es konnten bereits wichtige Beiträge für die Etablierung von Power-to-Gas in der Schweiz erarbeitet werden.

Markus Friedli; Christoph Steiner; Fabian Ruoss; Luiz Carlos Reichenbach de Sousa, OST Ostschweizer Fachhochschule, IET Institut für Energietechnik

Luca Schmidlin, OST Ostschweizer Fachhochschule, IET Institut für Energietechnik und Alphasynt*

RÉSUMÉ

PLATEFORME DE RECHERCHE POUR LE POWER-TO-X – HEPP

Le Power-to-Gas (PtG) remplit, avec d'autres technologies, trois fonctions dans l'approvisionnement énergétique futur: Stockage de l'énergie pendant des semaines, voire des mois; stabilisation du réseau électrique; mise à disposition d'énergie renouvelable pour les utilisations d'hydrogène et de méthane. L'Institut de technique énergétique (IET) de l'OST – Haute école spécialisée de Suisse orientale – a mis en place à Rapperswil, en collaboration avec de nombreux partenaires, une plate-forme de recherche pour les technologies Power-to-X, inclus PtG. L'objectif principal du projet de recherche HEPP est d'augmenter l'efficacité du processus power-to-méthane de 20 points de pourcentage. Cet objectif sera atteint en collaboration avec le *Group of Energy Materials* (GEM) de l'EPFL, qui a construit un système d'électrolyse à haute température. Ensemble, les équipes du GEM et de l'IET intègrent ce système dans la plateforme de recherche et souhaitent démontrer de manière expérimentale le gain d'efficacité. Une technologie de membrane a été développée avec la société *Apex AG* pour le traitement des gaz dans les installations power-to-méthane. Un développement avec la société *Mems AG* a permis de mettre au point des capteurs qui, comparés aux chromatographes en phase gazeuse, mesurent la composition du gaz de manière plus économique et plus rapide et fournissent des signaux pour la régulation des installations PtG.

**Lizenz für Pamela Bauer, p.bauer@hagenbucher.ch
TMH Hagenbucher AG, Zürich**

EINLEITUNG

Im aktuellen Energiesystem der Schweiz sind 25% der Endenergie Elektrizität und 60% chemische Energieträger (Benzin, Diesel, Kerosin, Heizöl, Methan). Holz, Kohle, Industrieabfälle, Fernwärme und Sonne decken die restlichen 15% der Endenergie [1]. Von den chemischen Energieträgern sind heute nur wenige Prozent erneuerbar [2, 3]. Im zukünftigen, nachhaltigen Energiesystem der Schweiz wird die Bedeutung von Elektrizität zunehmen (Wärmepumpen, Elektromobilität), die chemischen Energieträger werden weitgehend erneuerbar sein und weiterhin einen substantziellen Teil der Endenergie ausmachen [4]: Gemäss Energieperspektiven 2050+ des Bundes werden im Szenario «Zero Base» im Jahr 2050 45% des Endenergiebedarfs durch chemische Energieträger – vor allem Wasserstoff – gedeckt. Sie sind zu ca. 95% erneuerbar [4]. Power-to-Gas (PtG), Sektorkopplung und die bestehende Gasinfrastruktur werden dabei eine wichtige Rolle übernehmen [5].

Power-to-Gas-Anlagen verwenden überschüssigen, erneuerbaren Strom. Auch wenn der Begriff «Überschussstrom» nicht eindeutig definiert ist, produziert die Schweiz in den Monaten Mai, Juni, Juli und August mehr Strom, als sie verbraucht [6]. Weil dann auch im umliegenden Europa wegen der

* Kontakt: luca.schmidlin@ost.ch

(©Franca Sidler)

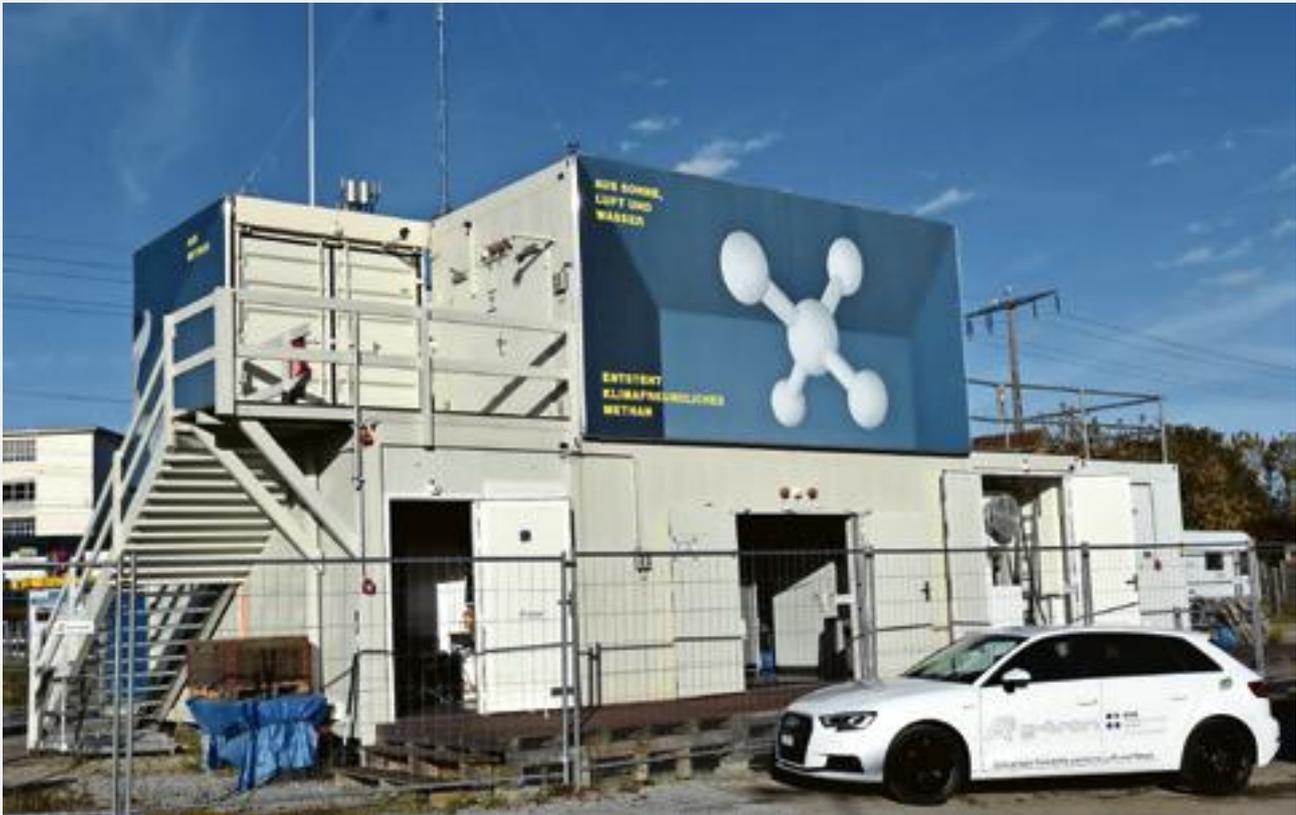


Fig. 1 Forschungsplattform für Power-to-X in Rapperswil.

Photovoltaikanlagen viel erneuerbarer Strom angeboten wird, muss Schweizer «Überschussstrom» im Sommer zu einem tiefen Preis exportiert werden. Alternativ könnten Power-to-Gas-Anlagen mit diesem Strom, der dann definitiv nicht mehr «überschüssig» wäre, in einem Elektrolyseur Wasserstoff (H_2) produzieren (Power-to-Hydrogen). Wasserstoff kann direkt genutzt werden oder in einem zusätzlichen Reaktor zusammen mit Kohlendioxid (CO_2) in Methan (CH_4) umgewandelt werden (Power-to-Methane). Auf diese Weise koppelt Power-to-Gas die Sektoren «Strom», «Transport und Mobilität» und «Wärme und Kälte» und ist eine von mehreren Möglichkeiten, die saisonal schwankende Verfügbarkeit erneuerbarer Energiequellen auszugleichen [7].

H₂ ODER METHAN: VOR- UND NACHTEILE

Anders als bei Power-to-Hydrogen, sind bei Power-to-Methane CO_2 -Quellen zu erschliessen, z.B. Rauchgase von Zementwerken oder von Kehrriechverbrennungsanlagen, Rohbiogas aus der Abwasserreinigung und aus Biogasanlagen oder CO_2 aus der Atmosphäre. Zudem fallen bei Power-to-Methane zusätzliche Verluste in Form von Wärme an. Im Vergleich zu Wasserstoff hat Methan



Fig. 2 Partnerschaften der Power-to-X-Forschungsplattform in Rapperswil.

zwei Vorteile: Es kann günstiger und in grösseren Mengen gespeichert werden [7], und für die Verteilung und Nutzung steht die vorhandene Gasinfrastruktur zur Verfügung. In der Schweiz umfasst die Infrastruktur 20 000 km Erdgasleitungen [2, 8], verfügt über ca. 1,5 TWh Speicherkapazität [9] und zählt 150 CNG- sowie aktuell drei LNG-Tankstellen [10, 11].

SEIT 2013 PtG-FORSCHUNG AN DER OST

Das IET Institut für Energietechnik der OST Ostschweizer Fachhochschule

beschäftigt sich seit 2013 mit Power-to-Gas und hat zwischen Januar 2014 und Dezember 2017 die erste Power-to-Methane-Forschungsanlage der Schweiz betrieben [12]. Aufbauend auf den Erkenntnissen aus diesem Projekt wurde eine neue Anlage konzipiert und im Rahmen zahlreicher Partnerschaften aus der Energieversorgung, der Wirtschaft und der Akademie sowie mit Unterstützung verschiedener Förderorganisationen zur Forschungsplattform ausgebaut (Fig. 1 und 2).

FORSCHUNGSPLATTFORM

Das IET Institut für Energietechnik verfolgt mit der Forschungsplattform zwei Ziele:

- Weiterentwicklung von neuen Power-to-X-Technologien in einer realen Umgebung und Wissenstransfer in die Wirtschaft
- Öffentlichkeitsarbeit und Demonstration der Power-to-X-Technologie von der Produktion über die Verteilung bis zur Verwendung

Figur 3 zeigt das grobe Layout der Plattform. Sie ist mit den beiden grossen Energieinfrastrukturen - dem Stromnetz und dem Gasnetz - verbunden. Die Weiterentwicklung von neuen Technologien findet im Zentrum der Forschungsplattform statt. In Figur 3 sind eine konventionelle Elektrolyse und parallel dazu eine Hochtemperatur-Elektrolyse dargestellt. Wasserstoff aus den Elektrolysen wird mit CO₂ oder mit Rohbiogas gemischt, das aus ca. 40% CO₂ und 60% CH₄ besteht. Das Gasmisch wird wahlweise zu einem der Reaktoren für die Methanisierung geleitet, in denen neue Katalysatoren und neue Systemeinbindungen entwickelt werden. Um ein reales Umfeld zu gewährleisten und sie für Demonstrationszwecke zu nutzen, verfügt die Plattform zusätzlich zu den Anschlüssen an die Energienetze über eine PV-Anlage, eine Kleinwindanlage, eine CO₂-Abscheidung aus der Atmosphäre und eine CNG-Tankstelle, die 100% erneuerbares Gas liefert [13].

In diesem Artikel wird aufgezeigt, wie die Effizienz von Power-to-Methane gesteigert werden kann. Zudem werden einige Beispiele aus zahlreichen Untersuchungen in der Plattform näher erklärt. Auf die nachfolgenden Komponenten wird im Artikel nicht weiter eingegangen:

- CNG-Klein-Tankstelle
- Lieferant und Finanzierung: *Apex AG*
 - Kompressoren: zwei *Fuelmaker FM4*
 - Speichertanks: 12 x 75 Liter bei max. 200 barg
 - halböffentlich mit Batchsystem
 - Gaslieferant/Finanzierung Unterhalt: *Energie Zürichsee Linth AG*

- CO₂-Abscheidung
- Hersteller: *Climeworks AG*
 - Typ: *CW4104*, Abscheidung von 6,6 kg CO₂/Tag
 - Finanzierung: *Audi AG*

Neue Methanisierungstechnologien

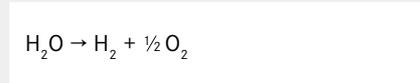
Sorptionsbasierte Methanisierung und *SmartCat* - ein Katalysator, der bei Schäden durch Schwefelverbindungen repariert werden kann - werden in einem separaten Artikel in dieser Ausgabe behandelt (s. Artikel Hecht & Heel, S. 36).

POWER-TO-METHANE

Die Forschungsplattform enthält die Komponenten einer konventionellen Power-to-Methane-Anlage bestehend aus den beiden Schritten Elektrolyse und Methanisierung:

ELEKTROLYSE

In der Elektrolyse wird flüssiges Wasser H₂O in Wasserstoff H₂ und Sauerstoff O₂ aufgespalten:



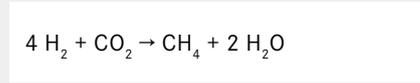
Es gibt verschiedene Typen von Elektrolyseuren: alkalisch, *Proton Exchange Membrane* (PEM) und *Anion Exchange Membrane* (AEM). Mit ca. 1 MW elektrischer Leistung können im grossen Massstab ca. 200 Nm³/h Wasserstoff H₂ erzeugt werden [14-16] (spezifischer Elektrizitätsverbrauch 5,0 kWh/Nm³), was einer Effizienz bezüglich Brennwert von ca. 70% entspricht.

Kenndaten des PEM-Elektrolyseurs der Forschungsplattform in Rapperswil:

- Hersteller: *Proton Onsite*
- Typ: *Hydrogen Generator Series 4*
- nominale Wasserstoffproduktion bei Vollast: 2 Nm³/h
- spezifischer Elektrizitätsverbrauch: 6,57 kWh/Nm³
- Effizienz bezüglich Brennwert¹: 53,9 %

METHANISIERUNG

In der Methanisierung reagiert der Wasserstoff H₂ aus der Elektrolyse mit CO₂:



Es gibt die beiden Technologien chemische Methanisierung bei einer Temperatur von ca. 280 °C mit Unterstützung eines Katalysators und die biologische Methanisierung bei einer Temperatur von ca. 50 °C mittels Mikroorganismen (Archaeen). Bei einer vollständigen Umwandlung gemäss der obestehenden Reaktionsgleichung ergibt sich ein Wirkungsgrad bezogen auf die Brennwerte² von 78%.

Die Plattform des IET verfügt über eine chemische Methanisierung in einem vertikalen Rohrreaktor mit einer Gesamtlänge von 1600 mm, der von oben nach unten durchströmt wird. Der Reaktor

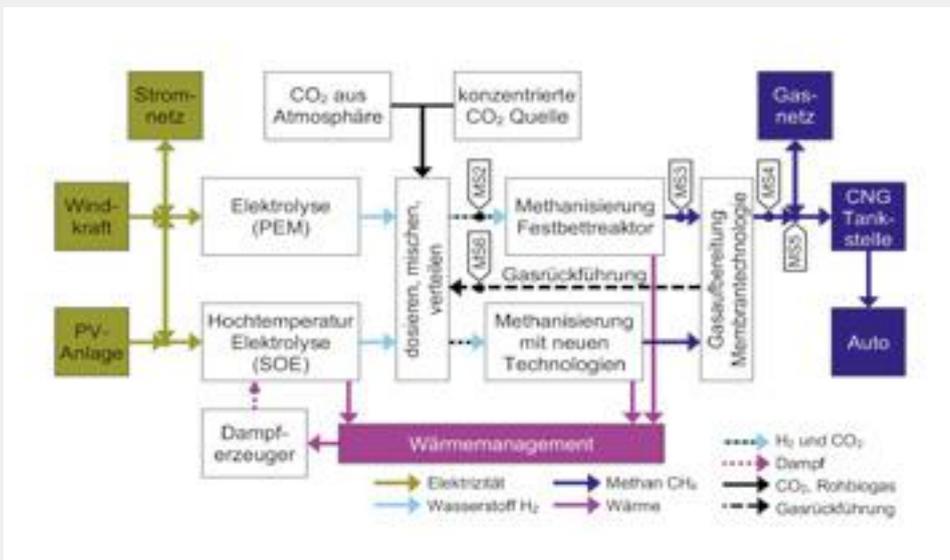


Fig. 3 Layout der Forschungsplattform Power-to-Gas in Rapperswil. Die Messstellen MS2, MS3, MS4, MS5 und MS6 sind in Tabelle 2 aufgelistet und werden im Kapitel «Gas-Sensorik» diskutiert.

¹ Brennwert: $H_{o,H_2} = 141,8 \text{ MJ/kg} = 39,4 \text{ kWh/kg}$,
 Wirkungsgrad_{Elektrolyse} = $(\dot{m}_{H_2} \times H_{o,H_2}) / (\text{el. Leistung})$
² Brennwerte: $H_{o,CH_4} = 55,515 \text{ MJ/kg} = 15,4 \text{ kWh/kg}$,
 $H_{o,H_2} = 141,8 \text{ MJ/kg} = 39,4 \text{ kWh/kg}$,
 Wirkungsgrad_{Methanisierung} = $(\dot{m}_{CH_4} \times H_{o,CH_4}) / (\dot{m}_{H_2} \times H_{o,H_2})$

enthält zwei Katalysatorschüttungen mit einem Durchmesser von 37 mm und einer Gesamtlänge von zusammen 1370 mm, die sich im Verhältnis 1 zu 2 auf das erste und zweite Bett verteilen. Es handelt sich um einen Nickel-Katalysators der Firma *Hitachi Zosen Inova*, der auf der porösen Oberfläche von Zylindern mit 3 mm Durchmesser und 3 mm Länge aufgebracht ist. Zwischen den Katalysatorschüttungen befindet sich eine inerte Schüttung, in der CO₂ zugeführt werden kann. So kann die Reaktion auf die beiden Katalysatorschüttungen aufgeteilt werden. Eine Sonde mit zehn Messpunkten erlaubt es, die Temperatur auf der zentralen Achse des Reaktors zu messen. Der Reaktormantel wird mit Thermo-Öl auf 250–280 °C gekühlt. Der Druck der Methanisierung ist einstellbar zwischen 1 barg bis 10 barg.

Mit diesen Technologien lassen sich im grossen Massstab ab 1 MW elektrischer Leistung Power-to-Methane-Anlagen bauen mit einem Wirkungsgrad bezogen auf den Brennwert³ von ca. 50% (ohne Wärmenutzung). Ein grobes Energieflussdiagramm einer solchen Anlage ist in *Figur 4* gezeigt.

Bei der Auslegung, beim Bau und der Inbetriebnahme der Forschungsplattform konnte zusammen mit den Projektpartnern und den Zulassungsbehörden zahlreiche relevante Erfahrungen gesammelt werden. Das Design des Reaktors für die Methanisierung hat sich bewährt. In Experimenten wurden optimale Betriebsparameter der Methanisierung bestimmt. Es wurden Prozeduren für das Aufstarten und das Abschalten sowie für den Standby-Betrieb entwickelt, die auch auf grosse Anlagen angewendet werden können.

EFFIZIENZSTEIGERUNG DES POWER-TO-METHANE-PROZESSES

Die Effizienz des Power-to-Methane-Prozesses kann gesteigert werden, indem anstelle einer konventionellen Elektrolyse eine Hochtemperatur-Elektrolyse verwendet wird, die Wasserdampf H₂O in Sauerstoff O₂ und Wasserstoff H₂ aufspaltet. Kann der Wasserdampf mit der Abwärme des restlichen Prozesses erzeugt werden, insbesondere mit derjenigen aus der katalytischen Methanisierung



Fig. 4 Energieflussdiagramm von Power-to-Methane im grossen Massstab mit konventioneller Elektrolyse. Elektr. Leistung für Methanisierung und Balance of Plant berücksichtigt. Die Angaben zu den chemische Energieflüssen beziehen sich auf Brennwerte, Wärmeflüsse referenziert auf 25 °C. Farbcodierung s. Fig. 3.

bei 250 °C, kann ein deutlich grösserer Wirkungsgrad erreicht werden. Er liegt 15 bis 20 Prozentpunkte über demjenigen mit konventioneller Elektrolyse. Dies ist im vereinfachten Energieflussbild in *Figur 5* gezeigt. Um die gleiche Menge an Methan zu erzeugen, benötigt eine Anlage mit Hochtemperatur-Elektrolyse anstatt 1,1 MW elektrische Leistung nur etwas mehr als 0,8 MW.

Die Hochtemperatur-Elektrolyse ist wie die Brennstoffzelle ein elektrochemischer Prozess, der sich bei ca. 800 °C abspielt. Im Zentrum einer Hochtemperatur-Elektrolyse steht wie bei der Brennstoffzelle ein Zellstapel, und zwar aus Festoxidzellen. Deshalb spricht man auch von *Solid Oxide Electrolyser* (SOE), analog zur *Solid Oxide Fuel Cell* (SOFC). Der zurzeit weltgrösste Hochtemperatur-Elektrolyseur im Bau wird eine elektrische Leistung von 2,4 MW haben [17]. Konventionelle Elektrolyseure sind technisch reifer und stossen aktuell in Grössen von 100 MW elektrischer Leistung vor. Es wird berichtet, dass Hochtemperatur-Elektrolyseure im grossen Massstab einen spezifischen Elektrizitätsverbrauch von 3,6 kWh/Nm³ aufweisen, was bezogen auf den Brennwert über 95% Effizienz¹ entspricht [18, 19]. Das Diagramm in *Figur 5* wurde mit einer konservativen Annahme für die Effizienz der Hochtemperatur-Elektrolyse von 90% bezogen auf den Brennwert¹ gezeichnet.

In den Projekten *High Efficiency Power-to-Methane Pilot* (HEPP) und *HotCat4Steam* wird die erhöhte Effizienz experimentell demonstriert. In der Forschungsplattform in Rapperswil ist ein durch die *École polytechnique fédérale de Lausanne EPFL, Group of Energy Materials GEM*, Sion, unter der Leitung von *Jan van Herle* entwickeltes Hochtemperatur-Elektrolysesystem eingebaut mit einer Kapazität zur Erzeugung von 2 Nm³/h Wasserstoff. Der Zellstapel wurde durch *Solid Power GmbH* hergestellt. Darum herum gibt es ein System (*Balance of Plant*), das die Zufuhr und das Wegführen der Medien, ihre Vorwärmung, eine Rezirkulation, eine Wärmerückgewinnung sowie alle Systeme für Anfahren mit Vorheizung und Herunterfahren sowie den Standby-Betrieb im heissen und kalten Zustand gewährleistet. Das Hochtemperatur-Elektrolysesystem hat ihre eigene Regelung und Steuerung, die auch jederzeit den sicheren Betrieb des Elektrolysesystems gewährleistet und mit der Forschungsplattform kommuniziert. Von diesem Elektrolysesystem gibt es noch keine Messwerte zur Effizienz. Gemäss Literatur [20] hat sie in diesem kleinen Massstab einen spezifischen Elektrizitätsverbrauch von 4,2 kWh/Nm³ und somit eine Effizienz bezogen auf den Brennwert¹ von 84 Prozent. Das Wärmemanagement ist als Kreislauf von Thermo-Öl realisiert, das seine Wärme aus der Kühlung des Mantels der Methanisierung bei 250 °C bezieht. Der



Fig. 5 Grobes Energieflussdiagramm von Hocheffizienz-Power-to-Methane mit Hochtemperatur-Elektrolyse, Wärmemanagement und Verdampfer im grossen Massstab. Chemische Energieflüsse bezogen auf Brennwerte, Wärmeflüsse referenziert auf 25 °C. Farbcodierung s. Fig. 3.

³ Wirkungsgrad_{Power-to-Methane} = ($\dot{m}_{\text{CH}_4} \times H_{\text{O,CH}_4}$) / (el. Leistung)

Dampf für die Hochtemperatur-Elektrolyse wird mit Wärme aus dem Thermoöl in einem Verdampfer erzeugt und mit 240 °C der Hochtemperatur-Elektrolyse übergeben. Um den empfindlichen Stapel aus Festoxidzellen nicht zu beschädigen, darf der Druck des Wasserdampfs nur im Bereich von wenigen Millibar schwanken. Mit den bis jetzt erzeugten experimentellen Resultaten aus dem Wärmemanagement und dem Verdampfer erscheint es realistisch, dass eine Effizienzsteigerung von 20 Prozentpunkten im Verlauf des Jahres 2022 demonstriert werden kann. In anderen Projekten [18, 21] wurde die hohe Effizienz bis jetzt nur rechnerisch nachgewiesen.

MEMBRANTECHNOLOGIE

Die Zusammensetzung des Gases direkt nach dem Methanisierungsreaktor ist in *Tabelle 1* zusammen mit den Anforderungen für uneingeschränkte Einspeisung ins Gasnetz gezeigt. Auch in einem Betrieb mit optimierten Parametern (Druck, Temperatur und Aufteilung des CO₂ auf die beiden Katalysatorschüttungen) werden diese Anforderungen nicht erreicht. Deswegen wird das Gas aufbereitet, indem es an einer Membran der Firma *Evonik Fibres GmbH* vorbeiströmt, auf deren anderer Seite ein tieferer Druck herrscht. Wasserstoff und Kohlendioxid gelangen leichter auf die andere Seite der Membran als Methan. So werden die Anteile von H₂ und CO₂ im produzierten Gas reduziert. Das Verhalten der Membran hängt ab von Membranfläche, Durchfluss, Drücken auf beiden Seiten der Membran, Temperatur und Gaszusammensetzung.

Das Know-how zum Einbau der Membran in Biogasanlagen stammt von der Firma *Apex AG* und konnte in einer Zusammenarbeit auf Power-to-Gas-Anlagen erweitert werden.

Bei der Membrantrennung existiert ein Zielkonflikt: Einerseits sollte ein möglichst grosser Anteil des Wasserstoffs und Kohlendioxids für die Gasrückführung abgetrennt werden, ohne dabei zu viel Methan abzuführen. Eine höhere Druckdifferenz über die Membran ermöglicht ein hohe Abtrennrates von H₂ und CO₂, lässt aber auch mehr CH₄ durch die Membran. Zusätzlich ist wegen der höheren Druckdifferenz und wegen des höheren Massenstroms mehr Arbeit für die Gasrückführung notwendig. Es hat sich bewährt, die Methanisierung mit einem leicht überstöchiometrischen Verhältnis von H₂ zu CO₂ zu betreiben. Gleichzeitig wird die Druckdifferenz über die Membran so eingestellt, dass im Produktgas (Messstelle MS4 aus *Fig. 3* und *Tab. 2*) der Wasserstoffanteil den maximal erlaubten Volumenanteil von 2,0% gerade erfüllt.

OPTIMIERTES ANFAHREN

Beim Starten der Methanisierung wird diese zuerst mit reinem H₂ gespült. Nachher wird CO₂ dazugegeben, sodass die exotherme Reaktion $4 \text{ H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{ H}_2\text{O}$ beginnt. Um Hotspots im Reaktor zu vermeiden, die den Katalysator beschädigen würden, wird die Dosierung von CO₂ kontinuierlich erhöht, bis das stöchiometrische Verhältnis von 4 mol H₂ zu 1 mol CO₂ erreicht ist. Vor diesem Zeitpunkt kann der Prozess nicht die geforderte Gasqualität aus *Tabelle 1* liefern, sodass das Gas nicht eingespeist werden darf. Es muss verworfen werden, wird also bei Grossanlagen in einer Fackel verbrannt. Die Gasrückführung kann dazu verwendet werden, beim Aufstarten diese verworfene Gasmenge zu minimieren. Das konnte in einem Versuch auf der Forschungsanlage gezeigt werden.

Figur 6 zeigt die Auswertung dieses Versuchs: Zunächst strömt (ab der Zeit

05:12) nur Wasserstoff an der Messstelle MS2 in den Festbettreaktor (*Fig. 3*). Nach 2 Minuten (ab 05:14) wird CO₂ zugegeben und das Gas vom Reaktorausstritt (MS3) direkt und ohne Kontakt mit der Membran über die Gasrückführung (*Recycle*) wieder zum Eintritt der Methanisierung (MS2) geführt. Das Volumen nimmt durch die chemische Reaktion ($4 \text{ H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{ H}_2\text{O}$) ab und durch das Einströmen von zusätzlichem Gas zu. Weil der zweite Effekt schliesslich überwiegt, steigt der Druck (*Pressure Recycle*) im ganzen System. Sobald 9 barg erreicht werden (bei 5:22), wird ein Ventil betätigt und das Gas aus dem Reaktor durch die Membran geleitet sowie in der Gasrückführung ein zusätzlicher Puffertank dazugeschaltet. Das vergrössert das Anlagenvolumen stark und der Druck in der Gasrückführung (*Pressure Recycle*) sinkt. Dank des rasch verfügbaren, hohen Differenzdruckes über der Membran ist die Gasqualität während nur 90 Sekunden ungenügend und es müssen nur 5 g Methan verworfen werden. Anschliessend (ab 05:23:30) erreicht die Gasqualität die geforderten Werte, sodass das Gas eingespeist werden kann. Ohne dieses optimierte Anfahren wäre das produzierte Gas für rund 20 Minuten von ungenügender Qualität und müsste verworfen werden.

GAS-SENORIK

Die Forschungsplattform ist mit einem Massenspektrometer ausgestattet (*GAM200* der Firma *InProcess Instruments*), um an bestimmten Orten die Zusammensetzung der Gasströme zu bestimmen und die Anlage zu regeln. In Zusammenarbeit mit der Firma *Mems AG* (Birmensdorf) wurden Sensoren auf der Basis ihrer *gasQSTM*-Technologie weiterentwickelt, die eine schnellere und günstigere Bestimmung der Gaszusammensetzung an mehr Orten gleichzeitig erlauben als mit einem Massenspektrometer oder einem Gaschromatographie. Es gibt zwei Sensortypen:

gasQS static

Messung der Wärmeleitfähigkeit, um die Zusammensetzung von Gasgemischen aus zwei Komponenten zu bestimmen. Druck bis 9 barg (optional bis 15 barg). Messung im durchströmten Rohr.

		Wasserstoff H ₂	Kohlendioxid CO ₂	Methan CH ₄
Austritt Methanisierung nach Kondensatabscheidung MS3	je nach Betrieb des Reaktors	6–32%	0,5–10%	64–88%
	im optimierten Betrieb	7,54%	3,66%	88,9%
Anforderungen an uneingeschränkt einspeisefähiges Gas, SVGW-Richtlinien [2, 23]		max. 2%	max. 4%	min. 96%
Austritt nach Membran MS4 bei Druckdifferenz von 7.6 bar		1,96%	0,23 %	97,8%

Tab. 1 Volumenanteile des Gasgemischs (trocken) nach der Methanisierung (Zeile 1) im Vergleich mit den Anforderungen an die uneingeschränkte Einspeisung ins Gasnetz (Zeile 2). Diese kann mit der Membranaufbereitung erreicht werden (Zeile 3).

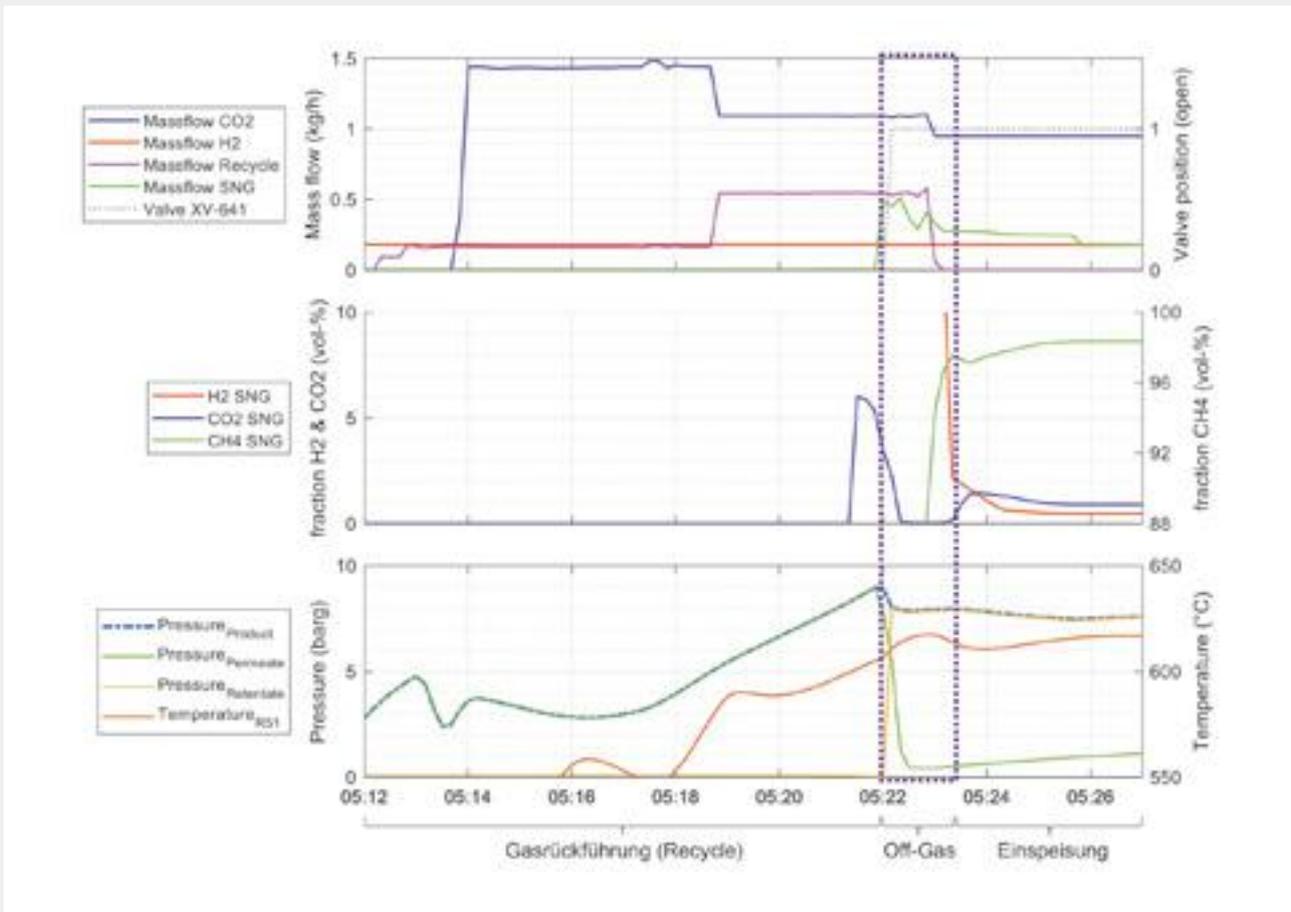


Fig. 6 Starten der Methanisierung mithilfe der Gasrückführung (Recycle) aus Figur 3. Die horizontale Achse ist eine Zeit in Stunden und Minuten.

gasQS flonic

Messung der Wärmeleitfähigkeit, der Wärmekapazität und der Dichte, um die Zusammensetzung von Gasgemischen aus mehreren Komponenten zu bestimmen. Druck zwischen 4 barg und 9 barg. Messung an einem Bypass mit kritisch durchströmter Düse.

Auf der Forschungsplattform sind an den Messstellen (MS 2-6) Mems-Sensoren verbaut (Tab. 2). Die Tabelle zeigt auch die an diesen Stellen zu erwartenden Konzentrationen der drei Gase Wasserstoff, Kohlendioxid und Methan. In Versuchen wurden die Sensoren kalibriert und die Korrelationskoeffizienten der Sensoren auf das Einsatzgebiet von

Power-to-Methane-Anlagen optimiert. Durch Vergleiche mit dem Massenspektrometer konnte in Versuchen gezeigt werden, dass die Mems-Sensoren die Konzentrationen der Gase in Echtzeit mit einer Abtastraten von 1 Sekunde (gasQS static) und 40 Sekunden (gasQS flonic) mit einer Genauigkeit von 1 bis 2% des gemessenen Methangehalts unter realen Bedingungen bestimmen können.

Es wurde eine einfache Messmöglichkeit entwickelt, um zu bestimmen, ob Gas uneingeschränkt einspeisefähig ist und die Anforderungen aus Tabelle 1 erfüllt. So wurde ein Sensor gasQSTM static neu konfiguriert und kalibriert und kurz vor der Einspeisung (Mess-

stelle MS5, Fig. 3) installiert. Der Sensor ist ursprünglich für Gasgemische mit zwei Komponenten ausgelegt, misst an dieser Stelle jedoch die Wärmeleitfähigkeit von Gasgemischen aus Methan, Kohlendioxid und Wasserstoff. Dank der Kalibration kann der Sensor direkt in der Leitung bestimmen, ob das Gas die Anforderungen erfüllt, ohne die exakte Gaszusammensetzung zu kennen. Eine Produktionsanlage kann basierend auf diesem Signal das Gas einspeisen oder verwerfen.

AUSBLICK

Nach Möglichkeit wird die Anlage basierend auf den beschriebenen

Messstelle aus Fig. 3	Bezeichnung	Mems gasQS Sensor	Volumenanteil		
			H ₂	CO ₂	CH ₄
MS2	Eintritt Reaktor	flonic	60-100%	0-15%	0-30%
MS3	Austritt Reaktor nach Kondensatabscheidung	flonic	20-100%	0-10%	0-86%
MS4	Produkt vor Pufferspeicher	flonic	0-100%	0-10%	0-98%
MS5	Produkt nach Pufferspeicher	static	0-40%	0-10%	0-98%
MS6	Gasrückführung nach Kompressor	flonic	0-40%	0-10%	0-80%

Tab. 2 Messstellen aus Figur 3 für Sensoren gasQSTM der Firma Mems auf der Forschungsplattform und die möglichen Bereiche an Konzentrationen.

WISSENSTRANSFER

Ein wichtiger Teil des Projektes ist der Wissenstransfer in die Gesellschaft und die Wirtschaft. Bereits 1200 Personen haben die Anlage im Rahmen von Führungen durch IET-Mitarbeitende besichtigt. (Anmeldung: besuch-ptx@ost.ch; Unkostenbeitrag).

Das IET und der SVGW organisieren ein zweitägiges Ausbildungsseminar zum Thema «Wasserstoff», in dem Wissen aus den Projekten vermittelt wird: 4./5. Mai 2022.

Wissenstransfer findet auch im Rahmen der Projekte zu unseren Industriepartnern statt und wenn Mitarbeitende Spin-Offs gründen. Mit den Firmen *Alphasynt GmbH* und *Grinix GmbH* gibt es davon bereits zwei.

Sensoren automatisiert, sodass Langzeitversuche auch ohne Schichtbetrieb möglich sind. Aktuell arbeitet das IET an einem Projekt, das durch *Innosuisse* gefördert wird und in dem zusammen mit den Industriepartnern *Burckhardt Compression AG*, *Arbor Fluidtec AG*

DANKSAGUNG

Die Autoren bedanken sich für die Finanzierungen und Kooperationen bei den Partnerschaften aus *Figur 2*, S. 29, und für die umsichtige Begleitung des Projektes beim Steering Committee: *Ernst Uhler* (EZL), *Martin Landolt* (Die Mitte), *Barbara Keller-Inhelder* (SVP), *Marcel Dobler* (FDP), *Peter Graf* (SGSW), *Michael Bätcher* (EWJR), *Bettina Bordenet* (SVGW), *Daniela Decurtins* (VSG), *Nadine Brauchli* (VSE), *Arne Siemens* (Audi), *Dominique Kronenberg* (Climeworks), *Boris Meier* (OST) und *Elimar Frank* (OST).

(*Swagelok Schweiz*) und *Endress+Hauser (Schweiz) AG* eine kostengünstige Wasserstofftankstelle entwickelt wird. Der Prototyp wird zunächst auf der Forschungsplattform in Betrieb genommen und getestet, bevor er in einem Feldtest zum Einsatz kommt. In Zukunft sollen auf der Forschungsplattform weitere innovative Technologien und Systeme entwickelt werden.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Bundesamt für Energie (2021): Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2020
- [2] VSG (2021): Erdgas und Biogas in der Schweiz, Jahresstatistik des VSG, Ausgabe 2020, Verband der Schweizerischen Gasindustrie VSG
- [3] www.biosprit.org, Zugriff 5. Dezember 2021
- [4] Prognos AG; Infrac; TEP Energy GmbH; Ecoplan (Eds.) (2020): Energieperspektiven 2050+, Kurzbericht, Bundesamt für Energie, November 2020
- [5] VSG (2020): Nur mit Wasserstoff lassen sich die Klimaziele erreichen, Thesenpapier Verband der Schweizerischen Gasindustrie VSG
- [6] Bundesamt für Energie (Juli 2021): Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2020
- [7] Friedl, M. et al. (2018): Saisonale Flexibilisierung einer nachhaltigen Energieversorgung der Schweiz, Fokusstudie, Forum Energiespeicher Schweiz (FESS), [aeesuisse](http://aeesuisse.ch)
- [8] Ruoss, F. (2014) Erdgasinfrastruktur der Schweiz, Faktenblatt, IET Institut für Energietechnik, HSR Hochschule für Technik Rapperswil,
- [9] IET Institut für Energietechnik, HSR Hochschule für Technik Rapperswil (2017): Erdgasspeicherkapazität der Schweiz, Faktenblatt, 24. Februar 2021
- [10] www.cng-mobility.ch, Zugriff 16. Dezember 2021
- [11] Krummen Kerzers (2020): Mitteilung, <https://krummen.com/aktuelles/dritte-Ing-tankstelle-in-der-schweiz/>, Zugriff 15. Dezember 2021
- [12] Cramer, V. et al. (2015): Erneuerbare Treibstoffe mit Power-to-Gas, *Aqua & Gas* No. 10, pp. 20 bis 28
- [13] Ruoss, F.; Schmidlin, L.; Friedl, M. (2021): Effizientere Methansynthese, *Bulletin.ch* No. 12, VSE und Electro Suisse, pp. 2 bis 5
- [14] Kopp, M. et al. (2017): Energiepark Mainz. Technical and economic analysis of the worldwide largest Power-to-Gas plant with PEM electrolysis. In *International Journal of Hydrogen Energy* 42 (19), pp. 13311–13320. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2016.12.145
- [15] Rieke, S.; Waldstein, G. (2017): Schlussbericht Verbundprojekt FKZ 0325428B – WOMBAT, Wirkungsgrad-Optimierung von Methanisierungs- und Biogasanlagen-Technologien im Rahmen eines EE-Speicherungs-Pilotprojektes
- [16] Buttler, A.; Spliethoff, H. (2018): Current status of water electrolysis for energy storage, gridbalancing and sector coupling via power-to-gas and power-to-liquids: A review. *Renew Sustain Energy Rev* 2018;82:2440–54
- [17] Sunfire (2021): Multiply Project proceeds into execution phase, Pressemitteilung der Firma Sunfire, www.sunfire.de, 23. November 2021
- [18] Haldor Topsøe (2018): Electrical Upgrading of Biogas, Projektbericht
- [19] Posdziech, H. (2021): Production of renewable hydrogen and syngas via high-temperature electrolysis, Präsentation der Firma Sunfire im EU-Projekt Multyphy, www.multiply-project.eu
- [20] Wang, L. et al. (2019): Power-to-fuels via solid-oxide electrolyzer: Operating window and technoeconomics, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 110, 174–187
- [21] Trimis, D.; Harth, S.; Gruber, M. (2018): HELMETH Integrated High-Temperature Electrolysis and Methanation for Effective Power to Gas Conversion. Final Report Summary
- [22] SVGW (2016): G13 d Richtlinie für die Einspeisung von erneuerbaren Gasen, Schweizerischer Verband des Gas- und Wasserfaches SVGW
- [23] SVGW (2013): G18 d Richtlinie für die Gasbeschaffenheit, Schweizerischer Verband des Gas- und Wasserfaches SVGW



Ihr Partner für Innovation, Präzision und qualitative Messtechnik in der Schweiz

Entdecken Sie unsere neuen Lösungen für ein Wassermanagement auf dem neuesten Stand der Technologie!



TOPAS® SONIC

Intelligenter Ultraschall-Wasserzähler für den Wohnbereich mit Free Flow-Technologie



RUBIN® SONIC

Intelligenter Ultraschall-Grosswasserzähler mit Free Flow Technologie



aquastream®

Kommunikationsmodul für aquabasic® Wasserzähler PMK

Aquametro AG
Ringstrasse 75, 4106 Therwil

info@aquametro.com
www.aquametro.com



Die Alternative

Supraflow – Die Anbohrarmatur

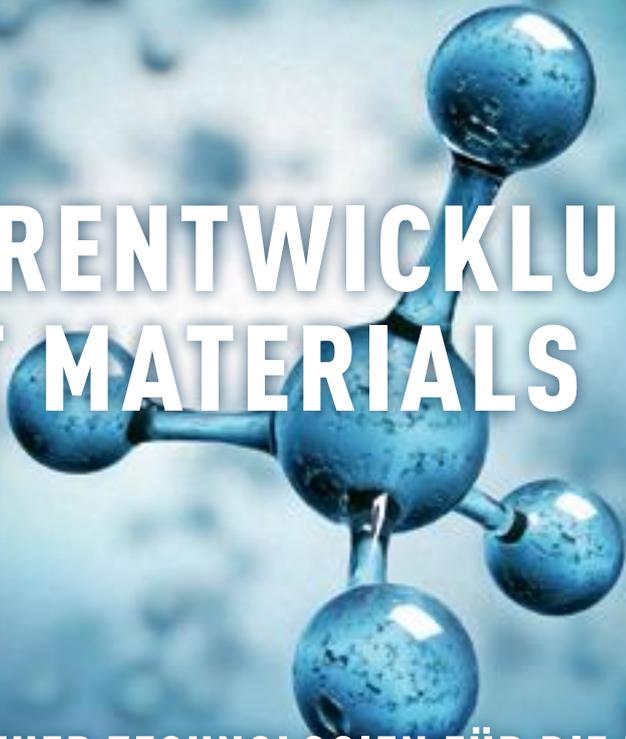
Für Abgänge in grossen Dimensionen unter Druck stehender Gas- und Wasserleitungen aus Polyethylen.



Georg Fischer Rohrleitungssysteme (Schweiz) AG
8201 Scha hausen
Telefon: +41 52 631 30 26
ch.ps@georgfischer.com | www.gfps.com/ch



SENSORENTWICKLUNG & SMART MATERIALS



EINBINDUNG NEUER TECHNOLOGIEN FÜR DIE ENERGIEWENDE

30% erneuerbare Gase bis 2030 im Wärmemarkt der Schweiz! Um dieses Ziel zu erreichen, braucht es die Einbindung neuer Technologien in den Gasmarkt. Am Beispiel von zwei ineinandergreifenden Projekten wird aufgezeigt, wie eine innovative Methanisierungstechnologie als Biogas-Upgrade und eine Sensorentwicklung zur Ermittlung der Gasqualität für ein «Real-Time-Pricing» dabei helfen können, die selbstgesteckten Ziele der Schweizer Gaswirtschaft zu erreichen.

Samuel Hecht; Andre Heel,
UMTEC, OST- Ostschweizer Fachhochschule*

RÉSUMÉ

DÉVELOPPEMENT DE CAPTEURS ET MATÉRIAUX INTELLIGENTS

Les fournisseurs d'énergie s'efforcent de limiter les émissions de CO_2 provenant de l'utilisation de sources d'énergie fossiles, tout en garantissant la sécurité de l'approvisionnement. L'intégration accrue de gaz combustibles produits de manière renouvelable sous forme de biogaz, d' H_2 et de CH_4 synthétique permet de répondre à cet objectif. Comme ces gaz présentent des caractéristiques plus variées, cela pose de nouveaux défis en matière de gestion de la qualité du gaz. En conséquence, de nombreuses injections décentralisées dans le réseau entraîneront à l'avenir des qualités de gaz plus hétérogènes dans le réseau de gaz naturel. En vue de l'évolution du marché, l'entreprise *Mems AG* et l'Institut de l'environnement et de la technique des procédés de l'OST – soutenus par l'industrie gazière – développent un capteur de gaz évolutif. En tenant compte des exigences des directives G13 et G18 révisées, ce capteur permettra d'évaluer de manière fiable la composition et la qualité des gaz combustibles. Le pouvoir calorifique et l'indice de Wobbe sont déterminés comme critères de qualité afin d'effectuer un contrôle de qualité aux points d'injection. Le capteur permet ainsi une «tarification en temps réel» du gaz à injecter, basée sur la qualité du gaz. Le capteur se caractérise également par des procédures de commande intégrées, permettant de commander des procédés catalytiques exigeants, comme la méthanisation du CO_2 basée sur la sorption, en fonction de la qualité du gaz.

EINLEITUNG

Im Hinblick auf die Klimaziele bis 2050 sind die Energieversorger bemüht, die klimaschädlichen CO_2 -Emissionen durch fossile Energieträger zu begrenzen, und dabei die Versorgungssicherheit dennoch zu gewährleisten. Durch die Einbindung von regenerativ erzeugten Energien in Form von Biogas, Wasserstoff oder synthetischem Methan – wie sie bereits im Mittelpunkt zahlreicher Strategien verschiedenster Industriezweige stehen –, kann dieser Herausforderung Rechnung getragen werden. So will die schweizerische Gasbranche bis 2030 30% erneuerbare Gase in den Wärmemarkt der Schweiz integrieren. Neben dem Ausbau bereits bewährter Biogasanlagen ist dafür auch der Einbezug neuer Konzepte in Form von Power-to-Gas-Technologien notwendig.

Neben dem Power-to-Gas-Konzept stehen weitere, sehr diverse Verfahren mit unterschiedlich resultierenden Gaszusammensetzungen an Methan (CH_4), Wasserstoff (H_2) und residualem Kohlendioxid (CO_2) zur Verfügung. Diese Diversifizierung der lokal einspeisenden Technologien in das Erdgasnetz führt in Zukunft zu heterogenen Gasqualitäten im Netz.

Im Hinblick auf diesen transienten Systemwandel ziehen die zunehmenden Veränderungen im Gasnetz auch die Überarbeitung der SVGW-Richtlinien G13 «Einspeisung von erneuerbaren

* Kontakt: samuel.hecht@ost.ch

(©vchalup/123RF.com)

Gasen» und G18 «Gasbeschaffenheit» in der Schweiz nach sich [1]. Die gesetzliche Regelung der Gasqualität und Einspeisung ist wichtig und notwendig, aber am Ende benötigt es neben einem reinen Monitoring auch eine Kontrolle zur Einhaltung von Gasqualitäten und eine Brennwert-Bewertung, die Konsumenten, Versorgern und Einspeisenden ein faires «Pricing» der Gasqualität erlaubt. Denn der Brennwert ändert sich mit der Gaszusammensetzung, insbesondere mit der signifikanten Zugabe von Wasserstoff. Und in naher Zukunft – mit dem ersten Schritt auf dem Weg zu einer möglicherweise reinen Wasserstoffgesellschaft – werden neu auch bis zu 10 mol-% Wasserstoff erlaubt sein. Aus diesem Grund müssen die lokal im Netz vorhandene Gasbeschaffenheit und die brenntechnischen Kenndaten als Grundlage zur Bewertung herangezogen werden.

PROJEKT GASEM

Die Anpassung der Richtlinien G13 und G18 definieren die Gaszusammensetzung und deren Qualität einerseits über die erlaubten Komponenten wie Methan, höhere Kohlenwasserstoffe (C_2 - C_6), Wasserstoff sowie CO_2 und deren Zusammensetzung. Andererseits definieren die Richtlinien auch Eigenschaften wie Wobbe-Index, Brennwert und relative Dichte, weil insbesondere H_2 eine deutlich niedrigere Gasdichte und Brennwert besitzt. Aus den diverseren Erzeugerquellen (Fig. 1) resultiert demnach zwingend die Notwendigkeit nach einem zukunftsorientierten, aber kostengünstigen Gasqualitätsmanagement in Form eines Industriesensors, der diese Bewertung durchführt. Mit einer einheitlichen Sensorik im gesamten Gasnetz können Gasqualitäten an Einspeisepunkten überprüft und bewertet werden.

GASQUALITÄTSMANAGEMENT

Um dieser Herausforderung und dem Bedarf im Energiesystem gerecht zu werden, unterstützen der Forschungsfonds Gas (FOGA) des Verbandes der Schweizer Gasindustrie und der Forschungsfonds Aargau (FFA) das Projekt *Gasem*. Das Akronym steht hierbei für «Gasqualitätsbasierte Sensoren für industrielle Qualitätskontrolle & Management von Gaseinspeisepunkten und Power-to-Gas-Anlagen». Im Projekt entwickeln die Firma *Mems AG* zusammen mit dem Institut für

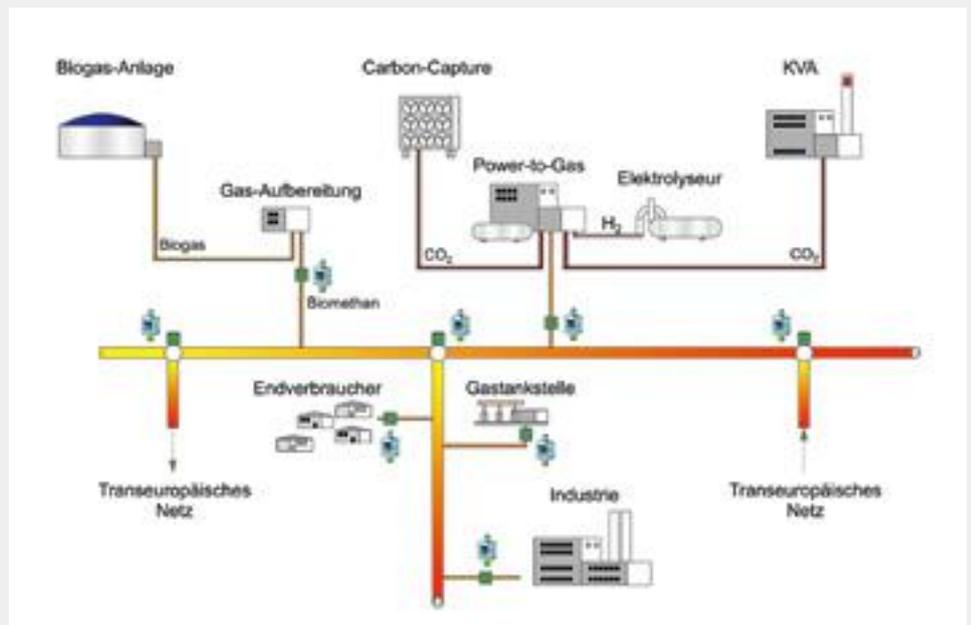


Fig. 1 Künftige Anwendungen des Gasqualitätssensor.

Umwelt und Verfahrenstechnik (UMTEC) an der OST genau solche zukunfts-fähigen *In-situ*-Gassensoren. Die industriell vielfach bewährte *Mems*-Sensor-Technologie *gasQS™* wird im Rahmen des Projekts für neue Gasqualitätskriterien wie der Brennwertbestimmung mit hohen H_2 -Gehalten adaptiert (Fig. 2). Der Sensor ist dabei als Full-Range-Sensor ausgelegt, um auch für Gaszusammensetzungen mit deutlich über 10 mol-% Wasserstoff zuverlässig Daten zur Gasqualität in Form von Brennwert und Wobbe-Index als Qualitätskriterium ermitteln zu können. Für



Fig. 2 «gasQS»-Sensor der Firma Mems AG.

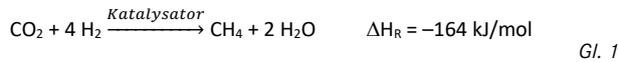
den vorgesehenen Einsatz in einem industriellen Umfeld stehen zudem die Eigensicherheit und Explosionsschutz des Sensors in einem H_2 - und Brenngasumfeld im Fokus. Zusätzlich wird der Sensor mit Steuerfunktionen auf Basis von industrietauglichen, digitalen HART-Kommunikationsprotokollen versehen und für die Einbindung in SPS-Anlagensteuerungen mit Modbus-Schnittstellen ausgelegt.

REAL-TIME-PRICING VON EINSPEISEGASEN

Damit ist der Sensor in der Lage, an beliebigen Einspeisestellen in Echtzeit den H_2 -Anteil in Methan oder Erdgas und gleichzeitig Verunreinigungen durch CO_2 zu bestimmen. Qualität und Preis des eingespeisten Gases lässt sich so an Ort und Stelle und zu jeder Zeit beurteilen. Diese sensorische Gasbeurteilung lässt sich flexibel an beliebigen Einspeisepunkten zur Qualitätsüberwachung einsetzen und erlaubt damit ein gasqualitätsbasiertes «Real-Time-Pricing» des einzuspeisenden Gases. In diesem Sinne setzt der neue Sensor Massstäbe im Gasmanagement und in der Qualitätssicherung bei der Erzeugung, Einspeisung und Transport von erneuerbaren Gasen.

Führt man den Gedanken des industrie-kompatiblen Sensors weiter, so eröffnet sich – wie im Projekt *Gasem* verfolgt – auch der Einsatz in Power-to-Gas-Anlagen. Dabei ist es unbedeutend, ob es sich bei den Gasen um Wasserstoff aus Elektrolyseuren handelt, um Methan aus einer Biogasanlage oder eine kata-

lytische CO₂-Methanisierung. Insbesondere letztere Technologien benötigt gemäss der *Sabatier*-Reaktion für die CO₂-Methanisierung (Gl. 1) ein CO₂ zu H₂-Verhältnis von 1 zu 4, das präzise eingestellt werden sollte:



Weicht die CO₂-Menge am Eingang jedoch von der Stöchiometrie ab, oder bringt der katalytische Reaktor, z.B. durch Alterung, Störfälle oder Degradation, keinen optimalen Umsatz, führt dies im ungünstigsten Fall zu einer viermal so hohen Abweichung an nicht umgesetzten H₂ am Reaktorausgang und man erhält eine Mischung mit hohem Wasserstoffanteil. Werden nur 99% CO₂ umgesetzt, so liegt der Anteil an CO₂ und H₂ zusammen bereits bei fünf Prozent. Dieses Gasgemisch ist nicht direkt einspeisefähig. Eine kontinuierliche *In-situ*-Prozessüberwachung an dieser Stelle ist in der Lage, automatisiert Gasqualitäten von Power-to-Gas-Reaktoren oder Produktionsanlagen zu erfassen und zu bewerten. So kann das Gemisch am Reaktoreinlass instantan korrigiert werden, bevor zu grosse Abweichungen auftreten. Das entstehende Gemisch aus synthetischem Methan, CO₂ und Wasserstoff müsste aufwändig und vor allem ökonomisch nachteilig vor der Netzeinspeisung aufbereitet werden. Da aber selbst Gasaufbereitungsanlagen wie Aminwäscher oder Membrantechnologien mit sehr unterschiedlichen Gasqualitäten aufwarten, kann der Sensor eingesetzt werden, um ein unzureichend aufbereitetes Methangas zu rezyklieren. Selbst der CO₂-reiche Abgasstrom eines Biogases, der einen substantziellen Methangehalt aufweisen kann (Methanschlupf), ist dadurch analysierbar. Infolgedessen kann der Sensor an Einspeisestellen, kritischen Infrastrukturen und selbst für die Steuerung von Power-to-Gas-Anlagen eingesetzt werden und so einer automatisierten Qualitätssicherung dienen.

HISTORISCHE ENTWICKLUNG DES PTG-KONZEPTS

Im Folgenden wird ein neuartiges CO₂-Methanisierungskonzept auf Sorptionsbasis beleuchtet, die sogenannte «SmartCat»-Technologie, und wie die Sensortechnologie aus *Gasem* dabei hilft, den Markteintritt zu beschleunigen und den *Technology Readiness Level* (TRL) zu erhöhen:

Die der CO₂-Methanisierung zugrundeliegende Chemie ist bereits seit 1902 bekannt und wurde 1912 mit dem Nobelpreis für *Paul Sabatier* geehrt [2]. Die katalytische Umwandlung von CO₂ zu CH₄ gemäss *Gleichung 1* läuft heutzutage typischerweise bei Temperaturen zwischen 300 bis 550 °C und bei Drücken von 10 bis 100 bar ab. Als Katalysator können u.a. Elemente wie Nickel, Ruthenium, Rhodium, Kobalt oder Eisen eingesetzt werden, jedoch wird derzeit nur Nickel verwendet, weil es neben der hohen Aktivität und Selektivität zu Methan auch ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis bietet.

Das Konzept der Speicherung und Verteilung von regenerativen Energien in Form von CH₄ im Gasnetz wurde erstmals 1996 durch *Hitachi Zosen* in Zusammenarbeit mit der Tohoku University publiziert [3]. 2009 wurde das PtG-Konzept vom Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) in Kooperation mit dem Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) und der Firma *Etogas* in Deutsch-

land demonstriert [4], die sich heute in Besitz von *Hitachi Zosen Inova* befindet (Schweiz/Japan). An der OST erforscht und entwickelt hierzu das UMTEC neue Materialien, Katalysatoren und Verfahren für die Herstellung von synthetischem Methan, Methanol sowie anderen chemischen Vorläufern für Treibstoffe und Chemikalien. Im Fokus der Entwicklungsarbeiten steht der Anspruch und die Herausforderung, Prozesse effizienter und vor allem ökonomisch attraktiver zu gestalten.

SMART, SMARTER SMART MATERIALS

Hier setzen die Entwicklungsarbeiten zu innovativen Materialien, Katalysatoren und Verfahrenskonzepten in Form einer sogenannten «Sorptionskatalyse» an. Unter Einsatz des «SmartCat» genannten Katalysators wird an der OST das bei der Umsetzungsreaktion von CO₂ zu CH₄ entstehende H₂O mittels eines sorptionsfähigen Zeolithen von den Reaktionszentren des Nickels entfernt und im Porensystem temporär eingelagert (Fig. 3).

Durch die Wasseradsorption verschiebt sich – gemäss dem Prinzip von *Le Chatelier* – das Gleichgewicht der Reaktion hin zur Produktseite und damit zu Methan. Der Grund hierfür liegt in der unmittelbaren Adsorption der Wassermoleküle im Zeolithen, wodurch auch die Reaktionszentren des Nickel-

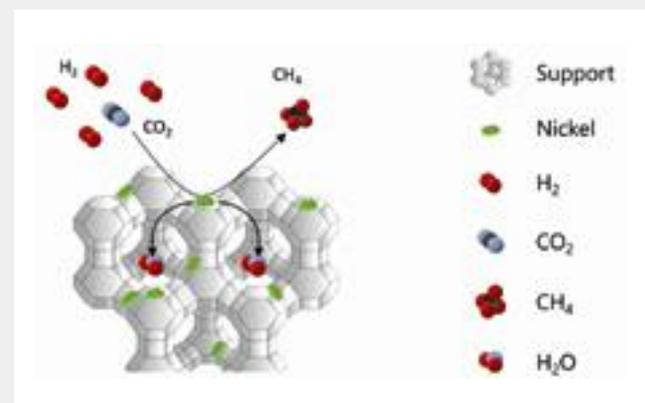


Fig. 3 Prinzip des Sorptionskatalysator zur Synthese von reinem CH₄ aus CO₂-Quellen.

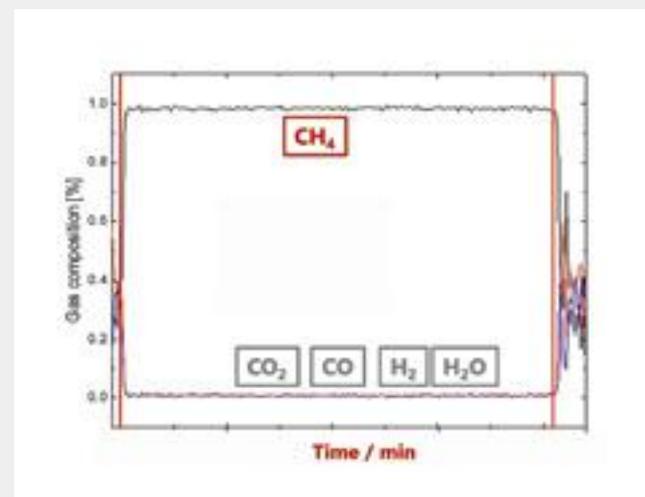


Fig. 4 Produktgaszusammensetzung bei der sorptionsbasierten Methanisierung von CO₂ zu CH₄ bei 300 °C und 1 bar. Die Gaszusammensetzung ist direkt nach dem Methanisierungsreaktor und ohne Gasaufbereitung gemessen.

katalysators freigehalten werden. In diesem «SmartCat»-Sorptionsmodus wird das CO₂ in direkter Konsequenz hocheffizient und zu 100% zu CH₄ umgesetzt (Fig. 4). Ein kleiner Effekt, aber mit grosser Wirkung: Der «SmartCat» erreicht damit einen 100%-Umsatz bereits bei atmosphärischem Druck und 300 °C. Konventionelle Katalysatoren erreichen diesen Wert noch nicht einmal bei einem Prozessdruck von 20 bar (Fig. 5).

In Zusammenarbeit mit Andreas Borgschulte (Empa) konnte die Adsorption des Wassers im Träger durch die räumliche Wasserverteilung in einem Festbettreaktor mit zeitaufgelöster Neutronenabbildung gemessen werden [5, 6] (Fig. 5). Sobald die Reaktionsfront den Auslass erreicht, nimmt die Umsatzrate der sorptionsverstärkten Methanisierung ab. Ab diesem Zeitpunkt verhält sich der «SmartCat» dann wie jeder gewöhnliche Katalysator und erreicht konventionelle Produktgasqualitäten. Diese sind meist nicht direkt einspeisefähig, denn sie weisen keinen CH₄-Anteil > 96% aus. Sie müssen aufbereitet werden, indem das CO₂ abgetrennt und/oder der H₂-Überschuss zurückgeführt wird.

Die sorptionsbasierte CO₂-Methanisierung liefert eine sehr hohe Methanreinheit, aber die grösste Herausforderung besteht in der kombinierten Optimierung der Katalysatoraktivität und der Wasseradsorptionskapazität bei 300 °C. Denn je höher die Temperatur, desto geringer die Adsorptionskapazität eines Zeolithen. Damit werden die optimalen Betriebszeiten für die Sorptionskatalyse kürzer. Infolgedessen wurden verbesserte Katalysatoren auf Nickelbasis [7] und umweltfreundlichere und kostengünstigere Katalysatoren auf Eisenbasis entwickelt (SmartHiFe²) [8]. So gelang es, die Betriebszeiten signifikant um den Faktor 10 zu verlängern, bevor der Reaktor einen Trocknungszyklus durchlaufen muss. Interessanterweise zeigen die aktuellen Studien auch, dass der optimierte «SmartCat»-Katalysator selbst dann einen Vollumsatz von 100% erlaubt, wenn ein CO₂/H₂-Gemisch mit über 70% an weiteren «Ballastgasen» wie CH₄ aus Biogasprozessen vermengt ist. Damit übertrifft diese innovative Technologie alle konventionellen Katalysatoren hinsichtlich des CO₂-Umsatzgrads, der bei gleichen Bedingungen lediglich 80–85% beträgt. Es ist also nicht zwingend notwendig, CO₂ vorgängig zu separieren,

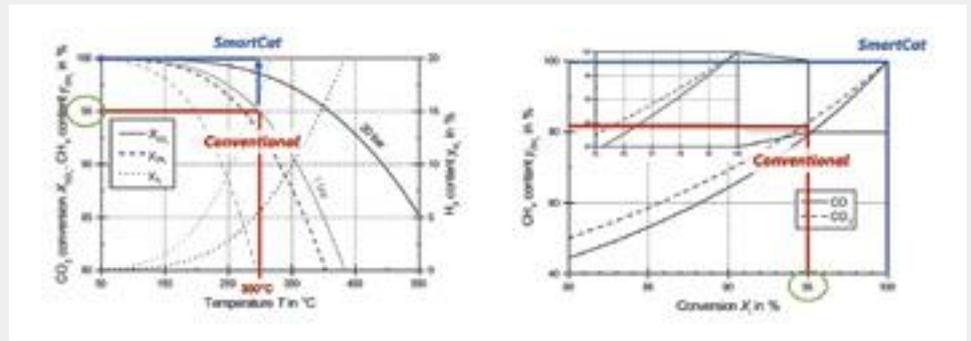


Fig. 5 CO₂-Umsatz (links) und daraus resultierender CH₄-Anteil (rechts) im Produktgasstrom. Hier als Vergleich zwischen einem konventionellen Nickelkatalysator (rot) und dem «SmartCat» (blau) bei 1 bar Betriebsdruck.

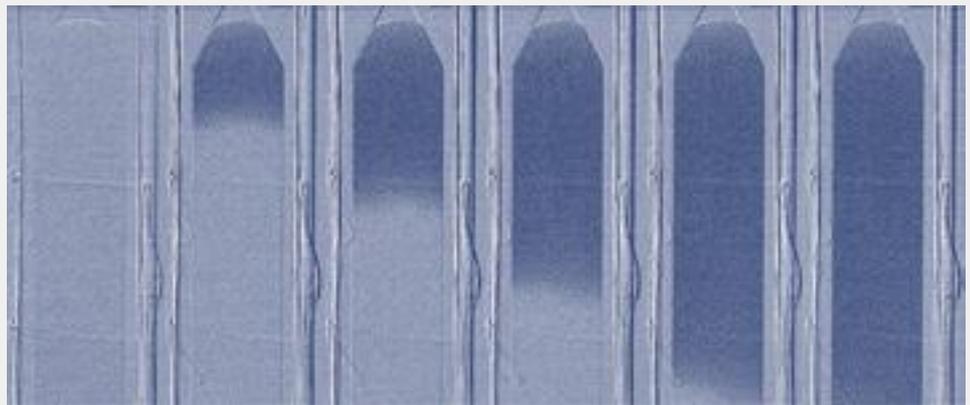


Fig. 6 Querschnitt des Festbettreaktors mit dem «SmartCat»-Sorptionskatalysator. Die fortschreitende Sorptionsfront (dunkel) konnte durch einen zeitaufgelösten Neutronenabschwächungskoeffizienten im Reaktor visualisiert werden.

was einen wirtschaftlichen Vorteil im Hinblick auf die Investitionskosten von PtG-Anlagen bedeutet. Die Technologie kann vorteilhaft als *In-line-Biogas-Upgrade* eingesetzt werden, indem lediglich H₂ zum Beispiel zu biogenen CH₄/CO₂-Gemischen zudosiert wird. «SmartCat» liefert dann direkt einspeisefähige Methanqualität.

FROM LAB TO INDUSTRY: HEPP INTEGRATION

Da der Katalysator in einer sorptionsgestützten Methanisierung eine Sättigung hinsichtlich des gebildeten Wassers erreicht und dann die Einspeisequalität wie bei jedem anderen Katalysator nicht mehr gegeben wäre, muss der Reaktor von einer Produktionsphase in eine Regenerationsphase, sprich Trocknung, umschalten. Um dies zu realisieren und den *Technology Readiness Level* des Konzepts weiter zu erhöhen, wurde im *Gasem*-Projekt ein Doppelreaktor eingesetzt und mittels der *Gasem*-Sensoren automatisiert (Fig. 7). Als Sensoren dienen dabei die neuentwickelten *gasQS*TM-Sensoren

mit integrierten Steueralgorithmen. Sie steuern – in Abhängigkeit der vorherrschenden Gasqualität – den Wechsel

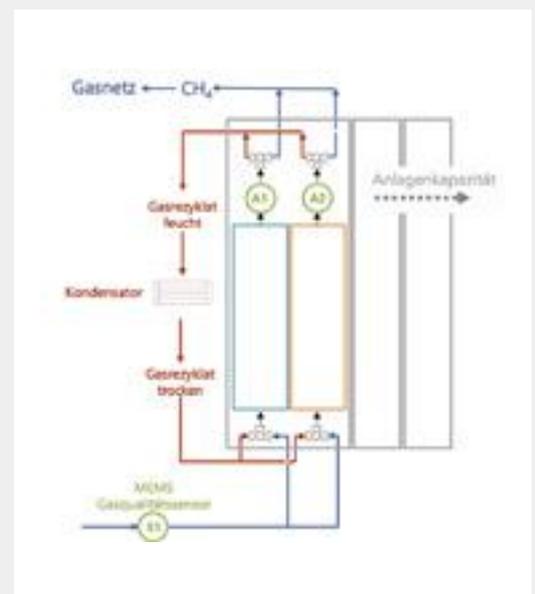


Fig. 7 Schaltschema des automatisierten Sorptionsreaktor-modul im *Gasem*-Projekt: Der Sensor E1 steuert die Stöchiometrie von H₂ und CO₂ für alle Reaktoren und ein Sensor (A1 oder A2) ist für die Gasqualitätsbeurteilung und -sicherung verantwortlich.

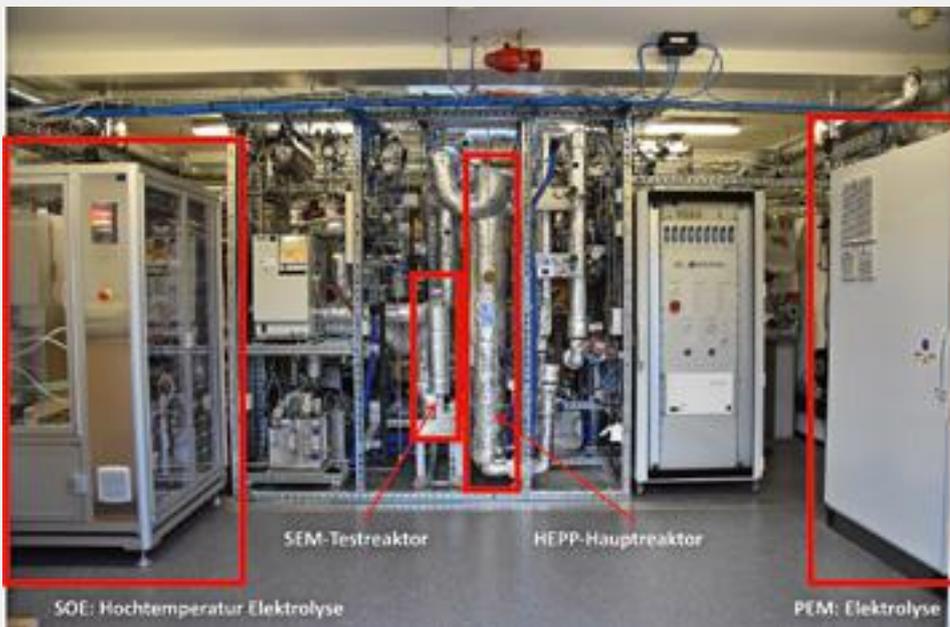


Fig. 8 Links: Zentraler Anlagenteil der HEPP-Anlage des IET an der OST in Rapperswil (www.iet.hsr.ch). Rechts: Design des hotspot-freien und skalierbaren «SmartCat»-Reaktors.

von Methanisierung und Trocknung. Die Sensoren ermöglichen es, einen beliebig wählbaren Grenzwert für die CH_4 -Gasqualität voreinzustellen. Mittels industrieller Kommunikationsschnittstellen werden die Sensordaten von einer SPS ausgelesen und verarbeitet. Während die Sensoren (A1, A2) in Echtzeit die Gasqualität am Reaktorausgang überwachen und bei einer Sättigung die Reaktoren in einen Regenerationsbetrieb umschalten, versorgt ein Sensor (E1) alle Reaktoren präzise mit dem stöchiometrischen CO_2/H_2 -Verhältnis.

Nach dem *Stand-Alone*-Betrieb im Labor steht in der letzten Projektphase die Integration des automatisierten Doppelreaktors in der 10-kW-HEPP-Anlage (*High Efficiency Power-to-Methane Pilot*) in Rapperswil an (s. Friedl et al., S. 28). Ein zentrales Ziel, welches das Institut für Energietechnik (IET) mit der HEPP-Anlage an der OST verfolgt, ist die Wirkungsgradsteigerung von Power-to-Gas-Anlagen. Neben der Verschaltung von Wärme- und Stoffflüssen, werden auch effizientere *Balance-of-Plant*-Komponenten eingesetzt wie z.B. eine Hochtemperaturolektrolyse (SOEC) zur Wasserstofferzeugung oder eine Hocheffizienz-Methanisierung. Die zuvor beschriebene Sorptionsmethanisierung wurde kürzlich erfolgreich eingesetzt (Fig. 8).

Aktuell starten die Vorbereitungen zum Betrieb des automatisierten Doppel-Reaktorsystems mit den neuentwickelten

Gasem-Sensoren, so dass ein autonomer Betrieb gewährleistet ist. Für 2022 wird der Laborreaktor durch einen in enger Zusammenarbeit mit der Firma *Fluitec* entwickelten, isothermen und hotspot-freien Reaktor ersetzt. Das industriereifere Design hat aktuell einen Durchmesser von 10 cm, ein Katalysatorvolumen von 10 Litern und ist für Betriebsdrücke bis 30 bar ausgelegt. Jedoch sind mit dieser neuen Konstruktion auch Betriebsdrücke bis 100 bar möglich und – im Hinblick auf grosse PtG-Anlagen – auch Durchmesser im Meterbereich und beliebiger Länge fertigbar. Damit sind deutlich höhere Durchsätze für die sorptionsbasierte Methanisierung möglich und man gelangt in den Bereich, wie er von industriell relevanten Anlagen erwartet wird. Damit ist man dem Ziel von 30% erneuerbare Gase im Wärmemarkt wieder ein gutes Stück nähergekommen. «From Lab-to-Industry» eben!

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Bordenet, B.; Hafner, M. (2021): Gasbeschaffenheit. *Aqua & Gas* 12/2021: 58-62. https://www.aquaetgas.ch/energie/gas/20211126_ag12_gasbeschaffenheit/
- [2] Sabatier, P.; Senderens, J.B. (1902): *New Synthesis of Methane*, *Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances del Academie des Scrences* 134: 514-516
- [3] Bailera, M. et al. (2016): *Power to Gas projects review: Lab, pilot and demo plants for storing renewable energy and CO₂*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 69, 292-312
- [4] Specht, M. et al. (2009): *Speicherung von Bio-*

energie und erneuerbarem Strom im Erdgasnetz. In: *FVEE Jahrestagung 2009, Berlin*

- [5] Borgschulte, A. et al. (2016): *Water distribution in a sorption enhanced methanation reactor by time resolved neutron imaging*, *Phys. Chem. Chem. Phys.* 18(26): 17217-17223
- [6] Terreni, J. et al. (2018): *Observing Chemical Reactions by Time-Resolved High-Resolution Neutron Imaging*, *J. Phys. Chem. C* 122: 23574-23581
- [7] Delmelle, R. et al. (2018): *Evolution of Water Diffusion in a Sorption-Enhanced Methanation Catalyst*, *Catalysts*, 8(9): 341. <https://doi.org/10.3390/catal8090341>
- [8] Franken, T.; Heel, A. (2020): *Are Fe based catalysts an upcoming alternative to Ni in CO₂ methanation at elevated pressure?* *Journal of CO₂ Utilization* 39: 101175. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2020.101175>
- [9] Bildmaterial (Stand 31.01.2022) mit Genehmigung des Instituts für Energietechnik (IET), OST: <https://www.ost.ch/de/projekt/fe-auf-der-hepp-anlage>

ACKNOWLEDGEMENT

Die Autoren bedanken sich für die Zusammenarbeit bei *Philippe Prêtre* und *Daniel Matter* (Mems AG) im Projekt *Gasem* sowie bei *Andreas Borgschulte* (Empa) im Projekt «SmartCat». Wir bedanken uns weiter für die Förderung durch den Forschungs-, Entwicklungs- und Förderungsfonds der Schweizerischen Gasindustrie (FOGA) und den Forschungsfonds Aargau (FFA) sowie beim Bundesamt für Energie (BFE).

VERFLÜSSIGTES BIOMETHAN ALS TREIBSTOFF

SCHWEIZER SCHWERLASTVERKEHR – ZWISCHENERGEBNISSE AUS DEM PROJEKT «HelloLBG»

Für die Logistikbranche steigt der Druck, fossilfreie Transportdienstleistungen anzubieten. Ein Team der OST – Ostschweizer Fachhochschule hat zusammen mit dem Transportunternehmen Krummen Kerzers AG und der Lidl Schweiz AG im Projekt «HelloLBG» die Treibhausgasreduktionen untersucht, die mit biologisch hergestelltem und verflüssigtem Methan (LBG) für schwere Nutzfahrzeuge in der Schweiz erreicht werden können. Darüber hinaus untersuchten die Partner die Wirtschaftlichkeit und die relevanten technoökonomischen Aspekte für den Import von LBG und eine mögliche LBG-Produktion in der Schweiz.

Elimar Frank; Fabian Ruoss; Zoe Stadler, OST – Ostschweizer Fachhochschule*

RÉSUMÉ

LE BIOMÉTHANE LIQUÉFIÉ COMME CARBURANT – RÉSULTATS INTERMÉDIAIRES DU PROJET «HelloLBG»

L'utilisation de biométhane liquéfié (LBG) comme carburant permet de réduire considérablement les émissions ayant un impact sur le climat dans le secteur du transport lourd par rapport au diesel. Dans le cadre du projet «HelloLBG», les premières valeurs comparatives ont pu être déterminées pour le biométhane liquéfié de différents fournisseurs dans le cadre d'une analyse «well-to-wheel». L'exemple du LBG provenant d'une usine de liquéfaction située dans le nord de la Scandinavie a permis de déterminer qu'une réduction globale de plus de 70% des émissions de gaz à effet de serre par rapport au diesel est obtenue dans la mesure où le biogaz est produit sans utiliser de combustibles fossiles. Environ la moitié des émissions sont dues au transport du LBG depuis la Scandinavie. L'importation de LBG depuis des sites de production proches, voire une production de LBG en Suisse, ainsi que la prévention des dégazages à la station-service devraient permettre d'améliorer encore le bilan «well-to-wheel».

EINLEITUNG

Europaweit wird zunehmend verflüssigtes Methan (*Liquefied Natural Gas*, LNG) als Treibstoff für den Schwerlastverkehr eingesetzt. Verschiedene Berichte weisen darauf hin, dass im Schwerlastverkehr mit dem Umstieg von Diesel auf LNG eine CO₂-Minderung von bis zu 20% erreicht werden kann [1–3]. Ein «Fuel Switch» von fossilem LNG auf erneuerbares verflüssigtes Biomethan (*Liquefied Biogas*, LBG) ist danach nutzerseitig ohne zusätzliche technische Anpassungen möglich. Gleich verhält es sich beim «Blending», das eine teilweise und sukzessive Reduktion der Treibhausgasemissionen bewirkt.

Noch ist der Markt für verflüssigtes Biomethan klein. Während es in der Schweiz noch keine Produktionsstätten gibt, sind in Europa (v.a. in Skandinavien) einige Anlagen bereits seit mehreren Jahren in Betrieb, und es ist eine zunehmende Anzahl Anlagen in der Planungs- oder Realisierungsphase zu beobachten.

LBG – HERSTELLUNG UND IMPORT

LBG ist tiefkaltes, verflüssigtes Methan (ca. -162 °C bei 1 bar Absolutdruck), das im Gegensatz zu LNG aus biologischen Rohstoffen hergestellt wird. Zur Herstellung von LBG werden nachwachsende Rohstoffe oder biologische Abfälle verwendet.

* Kontakt: elimar.frank@ost.ch

(© Lidl Schweiz)

PROJEKT «HelloLBG»

Das Projekt «HelloLBG» wird finanziell vom Bundesamt für Energie (BFE), vom Forschungsfonds Gas (FOGA) der schweizerischen Gasindustrie und der *Lidl Schweiz AG* unterstützt. Umsetzungspartner sind die *Krummen Kerzers AG* und die *Lidl Schweiz AG*. Die Autorinnen und Autoren bedanken sich für die gute Zusammenarbeit.

In der Schweiz existiert aktuell keine LBG-Produktion, aber in verschiedenen europäischen Ländern gibt es Anbieter von verflüssigtem Biomethan. Der Import gestaltet sich jedoch nicht leicht; für eine Schweizer Anerkennung als Biogas muss beispielsweise nachgewiesen werden, dass das LBG aus Substraten produziert wird, die den Vorgaben der Eidgenössischen Zolldirektion bzw. den entsprechenden Gesetzen und Verordnungen entsprechen. Diese sind beispielsweise erfüllt, wenn das Substrat aus Abfallprodukten gewonnen wird, die sich nicht für die Tierfütterung eignen, und wenn das Substrat nicht extra für die Biogasproduktion erzeugt wird. Durch die Verwendung von biologischen Rohstoffen kann der Kohlenstoffkreislauf bei der Verbrennung von LBG geschlossen werden, sodass kein zusätzliches CO₂ in die Atmosphäre abgegeben wird. Dennoch muss für eine belastbare ökologische Bewertung die Vorkette bei Produktion, Transport und Zwischenspeicherung des LBG berücksichtigt und quantifiziert

werden, um die ökonomisch relevante Befreiung von der Mineralölsteuer und die Reduktion der LSWA-Abgabe zu erreichen [4].

IDEAL FÜR DEN EINSATZ IM SCHWERLASTVERKEHR

Flüssiges Methan hat eine ca. 600-fach höhere Energiedichte als gasförmiges Methan bei Standardbedingungen und ist deshalb für den Einsatz im Schwerlastverkehr sehr gut geeignet. Zur Verflüssigung werden Kühlkreisläufe eingesetzt. Die eingesetzte Technologie ist abhängig von der Anlagengrösse. LBG-Produktionsstandorte haben heute Jahresproduktionskapazitäten zwischen 1000 und mehreren 10 000 Tonnen LBG. Zum Vergleich: Bei LNG werden international Mengen <500 000 Tonnen pro Jahr als «small-scale LNG production» bezeichnet. Im Zusammenhang mit LBG müsste also eher «nano-scale» als Einordnung verwendet werden.

Für die Verflüssigung von Biomethan wird aktuell überwiegend die «Mixed Refrigerant Technology» verwendet, die auf mehreren verschiedenen Kältemitteln basiert [5]. Es gibt jedoch auch weitere Technologien und laufende Entwicklungsprojekte für die kleinmasstäbliche Verflüssigung. Der Energiebedarf für kleine Verflüssigungsanlagen liegt derzeit im Bereich von 0,7 bis 1,8 kWh pro kg LNG.

WELL-TO-WHEEL-ANALYSE

Zentrales Ziel des Projekts «HelloLBG» ist die Untersuchung, ob und wie LBG

ökologisch und ökonomisch sinnvoll in der Schweiz im Schwerlastverkehr eingesetzt werden kann. Hierzu analysierte das Projektteam den Energiebedarf und die Emissionen während der ganzen Wertschöpfungskette: von der Produktion des LBG über den Transport und die Lagerung bis hin zur Verwendung im Fahrzeug. Bei dieser *Well-to-Wheel*-Analyse wurden nicht nur die direkten CO₂-Emissionen bestimmt, sondern auch zusätzliche relevante Treibhausgasemissionen als CO₂-Äquivalente berücksichtigt. Bei der Verbrennung des Treibstoffes wurden zudem weitere Schadstoffemissionen, beispielsweise NO_x und Feinstaub, gemessen. Dazu wurden eigens für das Projekt zwei Lkw mit verschiedenen Motortechnologien für LNG als Treibstoff (*High Pressure Direct Injection*, HPDI, und *Spark Ignition*, SI) und eine LNG-Tankstelle angeschafft und untersucht.

METHODIK

Um die Emissionen von Methan und Kohlenstoffdioxid über die Wertschöpfungskette hinweg bestimmen zu können, wurden im Projekt einerseits Messungen an Tankstelle und Fahrzeugen durchgeführt und andererseits Betriebsdaten von bestehenden LBG-Produktionsanlagen verwendet. Für die Ermittlung der *Well-to-Wheel*-Emissionen (berechnet in CO₂-Äquivalenten pro Megajoule) wurde das auf europäischer Ebene breit abgestützte Berechnungs-

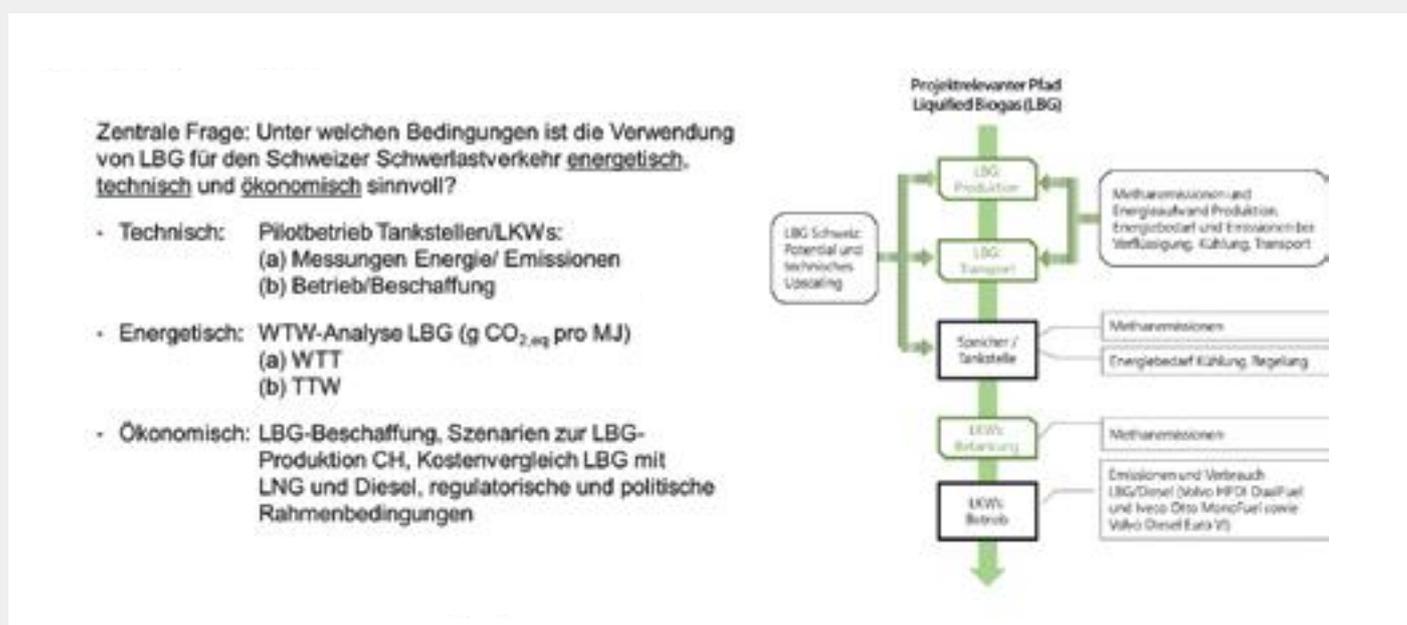


Fig. 1 Darstellung der Untersuchungsaspekte des Projektes entlang der Wertschöpfungskette von LBG.

Tool «BioGrace» verwendet und spezifisch für das Projekt weiterentwickelt, d. h. insbesondere für Verflüssigung, Transport und Speicherung von LBG bzw. LNG erweitert.

Die Messungen an der Tankstelle umfassten Methanemissionen bei der Umfüllung sowie das sogenannte «Venting», das bei der Lkw-Betankung unter speziellen Bedingungen vorkommen kann und im Rahmen des Projekts über angepasste Betriebsstrategien verringert wurde. Zusätzlich wurden der elektrische Energiebedarf, der Druck in der Tankstelle sowie die Betankungsmenge erfasst. Die detaillierten Untersuchungen der Emissionen im Betrieb unterschiedlicher LNG-Lkw erfolgten in Zusammenarbeit mit der Berner Fachhochschule. Die Untersuchungen der Lkw wurden mit LNG und nicht wie geplant und vorbereitet mit LBG durchgeführt, da während des Projektes pandemiebedingt nur limitiert LBG zur Verfügung stand.

DIREKTE METHANEMISSIONEN

Ein wichtiger Punkt, der bei der ökologischen Beurteilung von LBG und LNG zu beachten ist, sind direkte Methanemissionen in allen Prozessschritten. Weil Methan ein 28-fach stärker wirkendes Treibhausgas ist als CO₂ (bezogen auf 100 Jahre), fallen direkte Methanemissionen entsprechend stärker ins Gewicht als CO₂, das bei der Verbrennung von Methan entsteht und in die Atmosphäre gelangt. Dies muss bei allen Herstell- und Verwendungsschritten von LBG und LNG berücksichtigt werden (Produktion, Aufbereitung, Transport, Lagerung, Betrieb). Das bedeutet, dass Leckagen und sonstige Methanemissionen sowohl in der Produktion des Biogases sowie auch im Transport und Einsatz des LBG zu prüfen, zu quantifizieren und so weit als möglich zu vermeiden sind. Daneben sind das Substrat, der Energiebedarf der Biogas- und LBG-Produktion, der Transport des LBG an den Verwendungsort inklusive Tankstellenbetrieb sowie der Kraftstoffverbrauch der Lkw entscheidende Faktoren bei der ökologischen Beurteilung.

LBG-LAGERUNG

Das flüssige Methan wird sowohl im Lkw wie auch in der Tankstelle ohne aktive Kühlung in vakuumisolierten Tanks gelagert. Trotz Vakuumisolation erwärmt

sich das flüssige Methan von anfänglich -162 °C (1 bar), wobei ein Teil des Methans gasförmig wird und der Absolutdruck im Tank steigt. Würde dieser im Fall der untersuchten Tankstelle 16 bar überschreiten, müsste aus Sicherheitsgründen Gas abgeführt werden. Ist kein geeignetes System zur Speicherung und/oder Verwendung vorhanden (z. B. Rückverflüssigung, Einspeisung in das Erdgasnetz, CNG-Tankstelle), wird das abgeführte Methan an die Umgebung abgegeben. Das kann beispielsweise vorkommen, wenn ein Lkw zu lange (d. h. > 5 Tage) nicht bewegt wird oder an einer Tankstelle zu wenig getankt wird. Durch die Entnahme von Gas aus den Tanks sinken Druck und Temperatur wieder.

Zur Quantifizierung solcher Emissionen wurde ein Messsystem entwickelt. Zusätzlich wurden Fahrzeuge und Tankstelle mittels einer *GasCam* auf Leckage geprüft. Die Verbrauchsdaten der Lkw (LNG HPDI, LNG SI, Diesel) wurden über die Flottenmanagementsysteme der Hersteller über den Zeitraum von einem Jahr untersucht und mit den Messergebnissen verglichen. Zusätzlich wurden Referenzmessungen für alle drei Motorentechnologien mittels PEMS (*Portable Emission Measurement System*) gemacht. Dabei durchliefen die Lkw mehrfach mit derselben Beladung ein RDE-Prüfverfahren (*Real Driving Emissions*).

ERFAHRUNGEN IM TANKSTELLENBETRIEB

Um Lessons Learned aus dem Betrieb einer LNG-Tankstelle und -Lkw-Flotte zu formulieren, wurden die gewonnenen Erkenntnisse an den eigenen beiden Tankstellen sowie bei der eigenen Lkw-Flotte durch die Partner der Projektgruppe protokolliert.

ZWISCHENERGEBNISSE

Die detaillierten Ergebnisse werden 2022 in einem Projektabschlussbericht publiziert. Ausgewählte Zwischenergebnisse sind in den folgenden Abschnitten festgehalten.

LBG-PRODUKTION

Im Rahmen des «HelloLBG»-Projekts fand ein Austausch mit verschiedenen LBG-Produktionsanlagen in Europa statt, die sich in vielem unterschieden:

- Anlagengrösse
- verwendete Technologien

- Energieeinsatz bei Biogasproduktion
- Aufbereitung und Verflüssigung
- Verwendung von Substraten

Verallgemeinert konnte dabei festgestellt werden, dass

- (a) es ökonomisch valable Optionen für Verflüssigungsanlagen bereits ab Produktionsmengen von etwa fünf Tonnen pro Tag gibt,
- (b) die Erneuerbarkeit der Strom- und ggf. Wärmezufuhr bei der Produktion entscheidend ist und
- (c) die transportbedingten Emissionen dann eine untergeordnete Rolle für die *Well-to-Wheel-Bilanz* spielen - sogar, wenn die (einfache) Transportdistanz > 2000 km beträgt.

Die bisherigen Berechnungen für eine Anlage in Nordskandinavien (Produktionskapazität etwa 20 t pro Tag) zeigen, dass Emissionsminderungen von bis zu 82% gegenüber fossilem Diesel (gerechnet mit 95,1 g CO_{2,eq}/MJ, was den durchschnittlichen Emissionen von in Europa verwendetem Diesel bezogen auf die benötigte Energie entspricht, vgl. [6]) erreicht werden können, sofern erneuerbare Energie für die Produktion eingesetzt wird. Stammen Wärme und/oder Strom für die Produktion und Verflüssigung des Biogases nicht aus erneuerbaren Quellen, reduziert sich die Emissionsminderung zum Teil erheblich, im spezifischen Fall fast um die Hälfte auf 46%. Die LBG-Produktion einschliesslich Verflüssigung wurde mit 8 g CO_{2,eq}/MJ berechnet, die verbleibenden Emissionen von nochmals etwa 9 g CO_{2,eq}/MJ können durch die Verringerung der Transportdistanz (bei gleicher Anlagengrösse) und das konsequente Vermeiden von «Ventings» beim Tankstellen- und Lkw-Betrieb (s. «*Tankstelle für LBG*») nochmals erheblich reduziert werden.

Bei der Analyse der Kosten für eine LBG-Produktion in der Schweiz (unter Annahme einer Produktionskapazität von mindestens 5 t LBG pro Tag) wurde ermittelt, dass etwa 80 Prozent auf die Biogasproduktion entfallen. Die restlichen 20 Prozent resultieren aus Aufbereitung, Verflüssigung und Transport des LBG. Ein ähnliches Bild ergibt sich für die Emissionen in der Wertschöpfungskette von LBG, das in der Schweiz hergestellt würde. Bei Verwendung nichterneuerbarer Energiequellen fallen rund 90 Prozent der Emissionen bei der

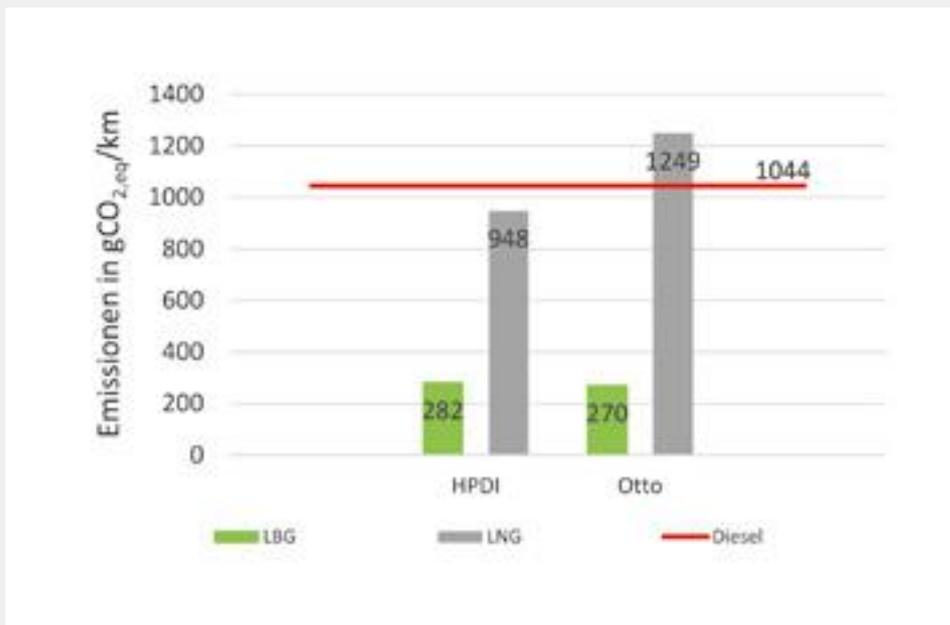


Fig. 2 Direkte CO_{2,eq}-Emissionen (CO₂ und CH₄) im Abgas für die Lkw aus den PEMS-Messungen. Im Projekt wurden zwei LNG-Lkw mit unterschiedlichen Motoren, d.h. einer mit Ottomotor (Spark Injection) und einer mit HPDI-Motor (High Pressure Direct Injection), und ein Diesel-Lkw untersucht.

Biogasproduktion inkl. Aufbereitung an und 10 Prozent bei Verflüssigung und Transport. Dennoch beträgt die geschätzte Reduktion der CO_{2,eq}-Emissionen gegenüber fossilem Diesel rund 73 Prozent. Kommen ausschliesslich erneuerbare Energiequellen zum Einsatz, ist der Anteil der Emissionen für Verflüssigung und Transport sehr klein, und die CO_{2,eq}-Emissionen sind rund 82% geringer als bei fossilem Diesel.

TANKSTELLE FÜR LBG

Der Transport des LBG von Nordskandinavien in die Schweiz mit einem Diesel-Lkw sowie die Lagerung des LBG in der Tankstelle haben einen etwa gleich hohen Einfluss auf die Gesamtbilanz wie die LBG-Produktion (im spezifischen Fall zusammen knapp 9 g CO_{2,eq}/MJ). Diese Emissionen lassen sich durch den Transport mit LBG-betriebenen Lkw deutlich reduzieren.

4,2 g CO_{2,eq}/MJ sind in den Untersuchungen auf Methanemissionen der Tankstelle zurückzuführen. Diese entstehen durch «Venting», wobei Methan aus einem Lkw-Tank aufgrund der Druckdifferenz zur Tankstelle zurückgeführt wird. Liegt der Druck in der Tankstelle über 9,5 bar, kann das Methan nicht in die Tankstelle zurückgeführt werden, sondern wird an die Umgebung abgegeben. Dadurch wird ein zu schnelles Erwärmen des Methans in der Tankstelle verhindert. Diese «Ventings» konnten durch einen höheren Methanumsatz an der Tankstelle (ca. 2000 kg pro Tag) sowie gezielte Anpassungen in der Disponierung der Lkw auf nahezu null reduziert werden. Der gemessene elektrische Energiebedarf der Tankstelle liegt bei knapp 0,07% der betankten Energiemenge und hat damit kaum Einfluss auf die Emissionen.

VERGLEICH IM LKW-BETRIEB

Bei zwei LNG-Lkw sowie einem Diesel-Lkw wurden mit einem PEMS Abgasmessungen durchgeführt, um die effektiven Emissionen feststellen zu können (inklusive Methanschleupf). Es sind Unterschiede zwischen den verschiedenen Technologien von LNG-Lkw bemerkbar. So wies das Fahrzeug mit SI-Motor (Ottomotor, Lambda = 1) höhere CO₂-Emissionen auf als das Fahrzeug mit HPDI-Motor, das für die Zündung jedoch zusätzlich noch Diesel einsetzt. Der höhere Verbrauch des Lkw mit Ottomotor ist auf die geringere Effizienz dieser Technologie gegenüber der HDPI- und Dieselmotortechnologie zurückzuführen. HPDI-Motoren können nicht vollständig auf LBG umgestellt werden, da immer ein Rest von ca. 10% (Masse) an Diesel benötigt wird. Es wird davon ausgegangen, dass der 10%-Dieselanteil nicht durch eine emissionsarme Alternative ersetzt werden kann.

Durch den Ersatz von fossilem Diesel durch LBG aus Skandinavien können die Emissionen von 1044 g auf bis zu 270 g CO_{2,eq}/km gesenkt werden (Fig. 2). Dabei wurden Optimierungen des Transportes oder der Tankstelle, wie sie im Projekt ermittelt wurden, noch nicht berücksichtigt. Der Einsatz von fossilem LNG lohnt sich aus ökologischer Sicht bezogen auf die CO_{2,eq}-Emissionen nur für Lkw mit HPDI-Motoren. Als Basis für die LNG-Emissionen dient der Referenzwert von 74,5 g CO_{2,eq}/MJ [6] (durch-

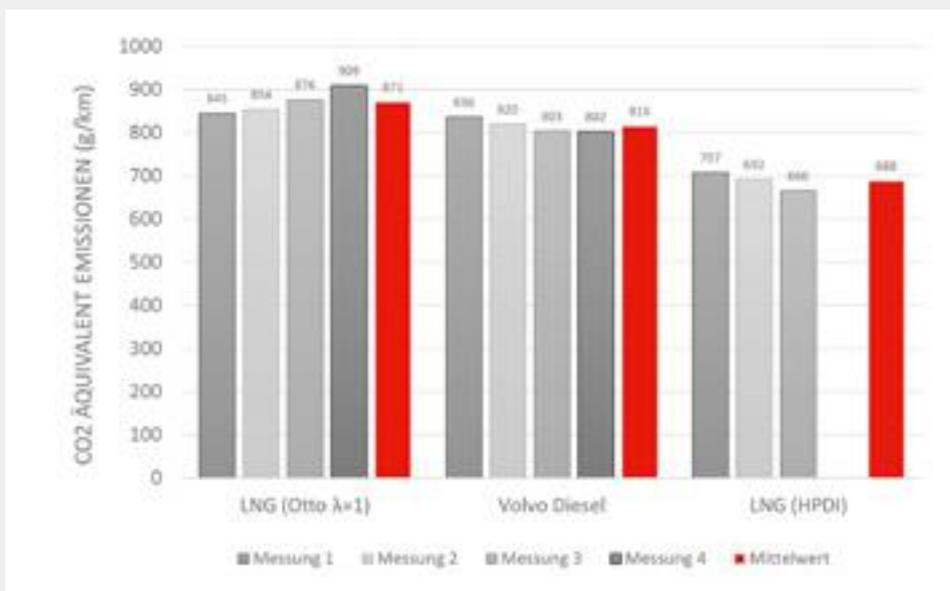


Fig. 3 Ergebnisse der Well-to-Wheel-Analyse für LBG aus Nordskandinavien (grün). In den Angaben sind alle Emissionen (CO_{2,eq}) enthalten, die während der Herstellung, der Lagerung sowie der Verwendung entstehen. Als Vergleich sind die Emissionen von LNG (grau) sowie die Emissionen eines Diesel-Lkw ebenfalls dargestellt. Die Well-to-Wheel-Analyse zeigt eine erhebliche Emissionsminderung bei der Verwendung des LBG gegenüber LNG oder Diesel.

schnittliche Emissionen von in Europa verwendetem LNG bezogen auf die benötigte Energie) plus die Emissionen von $4,2 \text{ gCO}_{2,\text{eq}}/\text{MJ}$ für die Emissionen bei der Lagerung in der Tankstelle. Der Lkw mit SI-Technologie (Ottomotor) zeigte mit LNG höhere $\text{CO}_{2,\text{eq}}$ -Emissionen als das dieselbetriebene Referenzfahrzeug. Für die Emissionen pro Kilometer ($\text{gCO}_{2,\text{eq}}/\text{km}$) werden die energiebezogenen Emissionen ($\text{gCO}_{2,\text{eq}}/\text{MJ}$) mit der von den Lastwagen benötigten Energie pro Kilometer (MJ/km) multipliziert (Fig. 3).

BETRIEB UND PLANUNG DER INFRASTRUKTUR

AUSGEWÄHLTE ERFAHRUNGEN

Bei der Planung einer LNG-Tankstelle ist zu beachten, dass nicht alle LNG-Tankstellen und LNG-Fahrzeuge in Bezug auf ihre Anschlüsse kompatibel sind. Für den Bau sollten Anlagenplaner herbeigezogen werden, die neben den technischen Aspekten auch logistische und regulatorische Kenntnisse einbringen können. In Bezug auf die Schweiz ist zu beachten, dass es kantonale Unterschiede bei baulichen Vorgaben, Auslegung der Störfallverordnung und Klassifizierung gemäss Brandschutznormen gibt.

Schwierigkeiten im Tankstellenbetrieb
Einerseits war die Anlieferung von LNG abhängig vom Transportunternehmen

nicht immer problemlos terminierbar, was eine genaue Abstimmung der Bestellmenge und Liefertermine erforderlich macht. Abhängigkeiten und Einschränkungen im Betrieb können durch ein dichteres Tankstellennetz vermindert werden, wodurch mehr Flexibilität erreicht werden kann.

Andererseits waren die Füllstandsanzeigen der Tankstelle zum Teil ungenau, was wiederum die Planung von Lieferungen sowie den Befüllvorgang erschwerte.

FAZIT UND AUSBLICK

Durch den Einsatz von verflüssigtem Biomethan als Treibstoff können die klimarelevanten Emissionen von Lkw im Schwerverkehr deutlich reduziert werden im Vergleich mit fossilem Diesel und mit verflüssigtem Erdgas. Während im Fahrzeugeinsatz (*Tank-to-Wheel*) aufgrund der weitgehend identischen chemischen Zusammensetzung von LNG und LBG zunächst ähnliche Emissionen auftreten, zeigt eine ganzheitliche *Well-to-Wheel*-Betrachtung ein anderes Bild: Hier werden für biogene Treibstoffe die CO_2 -Emissionen bei der Verbrennung im Motor durch den pflanzlichen Zyklus egalisiert. Allerdings sind auch beim LBG die produktions- und transportbedingten (Vorketten-) Emissionen zu quantifizieren wie auch diejenigen Gase, die beim Einsatz im Lkw neben dem CO_2 gebildet werden.

Im Projekt «HelloLGB» konnten im Rahmen einer *Well-to-Wheel*-Analyse von flüssigem Biogas verschiedener Anbieter erste Vergleichswerte bestimmt werden. Am Beispiel von LBG aus einer Verflüssigungsanlage in Nordskandinavien wurde ermittelt, dass bei fossilfreier Produktion des Biogases gesamthaft eine Reduktion der Treibhausgasemissionen gegenüber Diesel von über 70% erreicht wird. Dabei entfällt etwa die Hälfte der verbleibenden Emissionen in der *Well-to-Wheel*-Bilanz auf den Transport des LBG.

Mit dem Import von LBG von nahegelegenen Produktionsstandorten oder sogar einer LBG-Produktion in der Schweiz sowie der Verhinderung von «Ventings» an der Tankstelle sind weitere Emissionsreduktionen möglich.

VERWENDETE ABKÜRZUNGEN

HPDI	High Pressure Direct Injection
LBG	Liquefied Biogas, verflüssigtes Biomethan
LNG	Liquefied Natural Gas, verflüssigtes Methan
LSVA	leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe
PEMS	Portable Emission Measurement System
RDE	Real Driving Emissions
SI	Spark Ignition

Datendienstleistungen für Netzbetreiber

Wir unterstützen Versorgungsunternehmen kompetent in den Bereichen:

- Mess- und Energiedatenmanagement (Gas, Strom, Wärme, Wasser)
- Metering und Zählerfernauslesung
- Visualisierung, Reporting, Portale
- Datenschutz und Datensicherheit (ISO 27001 zertifiziert)
- Arbeitsunterstützung und Support



Sysdex AG

Usterstrasse 111
CH-8600 Dübendorf

Telefon +41 44 801 68 88

E-Mail info@sysdex.ch

NEUTRAL



SICHER



ZUVERLÄSSIG

CAPTURE DU CARBONE

CAPTURE PAR MEMBRANES EN GRAPHÈNE À NANOPORES: DU CONCEPT À LA RÉALISATION À GRANDE ÉCHELLE

Pour répondre aux défis environnementaux, l'EPFL, en collaboration avec Gaznat, a développé une nouvelle technologie de membranes basée sur un filtre en graphène à nanopores qui améliore considérablement l'efficacité et la sélectivité lors de la capture en postcombustion de sources d'émissions ponctuelles de dioxyde de carbone. La technologie est en passe d'atteindre une maturité élevée avec l'intégration d'un prototype de démonstration dans une installation pilote au sein du futur laboratoire d'innovation de Gaznat à Aigle.

Kumar Varoon Agrawal, Laboratory of Advanced Separations (LAS), École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)
René Bautz, Gaznat SA*

ZUSAMMENFASSUNG

KOHLENSTOFFABSCHIEDUNG DURCH GRAPHEN-MEMBRANEN MIT NANOPOREN: VOM KONZEPT ZUR UMSETZUNG IM GROSSEN MASSSTAB

Eine vielversprechende Möglichkeit, die durch CO₂-Emissionen verursachte globale Erwärmung zu bekämpfen, besteht darin, die Emissionen aus der Industrie zu reduzieren. Dieses Ziel kann durch die Entwicklung von Technologien zur CO₂-Abscheidung erreicht werden, die CO₂ aus punktuellen Emissionsquellen entfernen, z. B. aus den Verbrennungsgasen von Wärmekraftwerken, von Kehrrichtverwertungsanlagen, der Zement- und Stahlindustrie usw. Die ETH Lausanne hat in Zusammenarbeit mit Gaznat eine hochmoderne Abscheidungstechnologie ausgearbeitet auf Basis der Filtration von CO₂ aus Verbrennungsgasen mithilfe von Hochleistungsmembranen, die aus einer atomdicken selektiven Schicht bestehen. Die Technologie verwendet Graphen als gasselektive Schicht, bei der die CO₂/N₂-Trennung durch Nanoporen erfolgt, die in das Graphen eingearbeitet sind. Dabei wird der geringe Grössenunterschied zwischen diesen beiden Molekülen ausgenutzt. Die Nanoporen, die nur die Dicke eines Atoms haben, ermöglichen eine maximale CO₂-Permeationsrate. Die Fortschritte bei der Einarbeitung von Nanoporen mit hoher Dichte und enger Grössenverteilung haben zu Rekordleistungen bei der Nachverbrennungsabscheidung geführt, wodurch die Membranabscheidung energieeffizienter und kostengünstiger als die derzeitige Technologie der CO₂-Entfernung

INTRODUCTION

La consommation mondiale d'énergie a bien augmenté ces dernières années et devrait continuer à progresser au cours des prochaines décennies. Le secteur de l'énergie est largement dépendant des carburants et combustibles fossiles et le restera en bonne partie en raison de l'intermittence intrinsèque des ressources renouvelables, de l'utilisation intensive d'énergie de certaines industries et du besoin de stockage saisonnier. La concentration en CO₂ dans l'atmosphère a connu, quant à elle, une augmentation continue, et croît actuellement à un rythme de 2 à 3 ppm par an. Afin de limiter l'ampleur du réchauffement climatique, les réglementations environnementales se sont renforcées au cours de la dernière décennie, donnant lieu à diverses taxations sur les émissions de carbone.

Dans le contexte local, le Conseil fédéral suisse s'est engagé à réduire à zéro les émissions nettes de CO₂ d'ici à 2050. Il est donc primordial de développer rapidement des instruments et des techniques efficaces sur les plans énergétique et économique pour réduire les émissions de CO₂. Cet objectif peut être atteint en développant des technologies de capture du carbone qui éliminent le CO₂ à partir de sources d'émissions ponctuelles, comme par exemple les gaz de combustion des centrales ther-

* Contact: kumar.agrawal@epfl.ch

Lizenz für Pamela Bauer, p.bauer@hagenbucher.ch
TMH Hagenbucher AG, Zürich

miques, des usines d'incinération, des industries du ciment et de l'acier, etc.

TECHNOLOGIES DE CAPTURE DE CO₂ EN POSTCOMBUSTION

Les technologies actuelles de capture en postcombustion consomment beaucoup d'énergie, car elles reposent sur l'épuration des gaz de combustion par solvants chimiques. Les solvants aqueux du type amine sont chargés de CO₂ et régénérés à la fin du processus. Ils consomment 3 à 4 GJ d'énergie thermique par tonne de CO₂, ce qui, ajouté au coût du capital, correspond à un coût de capture d'environ 50 à 110 francs par tonne de CO₂ [1].

MEMBRANES SÉLECTIVES DE CO₂

On s'attend à ce que les membranes sélectives de CO₂ à haute performance jouent un rôle crucial dans l'amélioration de l'efficacité énergétique et la réduction du coût de la capture [2]. Dans ce but, le Laboratoire de Séparations Avancées (LAS) de l'Institut des Sciences et Ingénierie Chimiques (ISIC) de l'EPFL a développé des processus innovants pour fabriquer des membranes comportant une couche sélective de CO₂ d'une épaisseur d'un seul atome. Cette approche est motivée par le fait que la perméance au CO₂ d'une membrane est inversement proportionnelle à l'épaisseur de la couche sélective. Par conséquent, les matériaux d'une épaisseur d'un atome, comme le graphène monocouche, constituent une limite ultime de ce concept. Celui-ci est extrêmement pertinent pour la capture du carbone en postcombustion, car les analyses technico-économiques ont démontré que les membranes présentant une grande perméance au CO₂ (10 000

unités de perméation de gaz ou GPU, 1 GPU = $3,35 \times 10^{-10} \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$) et une sélectivité CO₂/N₂ modérée (30) minimisent la surface de membrane nécessaire (qui représente une partie importante du coût d'investissement) ainsi que la consommation d'énergie (répercutée sur le coût d'exploitation, par exemple en utilisant des pompes à vide) pour la capture, ce qui se traduit par une pénalité énergétique de 1,6 GJ par tonne de CO₂ et un coût de capture de 30 à 40 francs par tonne de CO₂ [3].

Traditionnellement, les membranes pour la capture en postcombustion sont dominées par des matériaux polymères, car ceux-ci peuvent être rapidement transformés en une morphologie de film fin. Cependant, les performances de capture, en particulier la perméance au CO₂ des membranes polymères, ne peuvent être améliorées au-delà d'une certaine limite imposée par les propriétés intrinsèques de celui-ci (volume libre entre les chaînes polymères, rigidité de la chaîne, propriétés de liaison) qui déterminent la sorption et la diffusion du gaz [4]. Par conséquent, les membranes de capture du carbone les plus récentes basées sur des membranes polymères tendent à réduire l'épaisseur de la couche sélective à 20–100 nm en adoptant une morphologie composite à film fin pour maximiser la perméance. Pour autant, la perméance au CO₂ des membranes les plus modernes est limitée à 1000–3000 GPU [1].

Les membranes basées sur des matériaux inorganiques nanoporeux tels que les zéolithes, les structures métallo-organiques, les tamis moléculaires de carbone, etc. présentent des avantages intrinsèques par rapport aux films polymères denses, car leur matrice nanoporeuse améliore le

taux de perméation du CO₂. Cependant, il est encore difficile de synthétiser des membranes inorganiques de manière évolutive et rentable pour justifier la complexité supplémentaire de la synthèse. Une solution consiste à réduire l'épaisseur de la couche sélective de la membrane. Comme mentionné précédemment, un film d'une épaisseur d'un atome, tel que le graphène monocouche (fig. 1), constitue la limite ultime de ce qui peut être réalisé en tant que couche sélective la plus fine. Ces dernières années, le graphène s'est imposé comme un matériau extraordinaire qui répond à presque toutes les exigences d'un matériau innovant pour les membranes à haute performance [6]. C'est l'un des matériaux les plus résistants connus des chercheurs [7]. Il est chimiquement et thermiquement stable pour une application dans le processus de capture. Les films de graphène de grande surface peuvent être synthétisés par dépôt chimique en phase vapeur [8] dont l'adaptation des fours industriels permettra la production de films de graphène de 1000 m² en un seul lot et en un seul jour. Cependant, les plus grands défis résident dans la science fondamentale traitant de l'incorporation de nanopores sélectifs de CO₂ dans le réseau de graphène et dans l'ingénierie du module de membranes en graphène d'une manière évolutive.

LES DÉFIS SCIENTIFIQUES FONDAMENTAUX

La capture en postcombustion utilisant le graphène comme couche sélective nécessite l'incorporation de trous ou de pores (également appelés nanopores) qui peuvent séparer le CO₂ du N₂. Heureusement, il existe une petite différence de taille entre le CO₂ et le N₂. Le diamètre cinétique du CO₂ est de 3,30 Å, alors

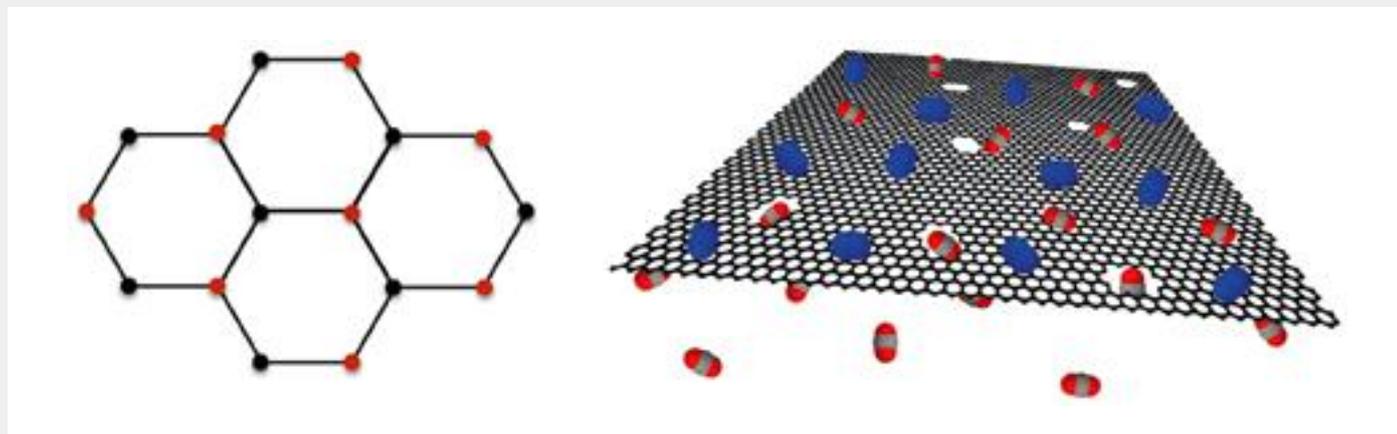


Fig. 1 Le graphène monocouche. À gauche: structure du réseau de graphène. À droite: une représentation du réseau de graphène à nanopores séparant le CO₂ (en rouge et gris) du N₂ (en bleu).

que celui du N_2 est de 3,64 Å. Le CO_2 est donc plus petit de 0,34 Å que le N_2 , ce qui offre la possibilité de développer des membranes à taille réduite. Étant donné que les trous dans le graphène sont réalisés en retirant des atomes de carbone, il faut créer des trous de taille similaire à celle du CO_2 mais plus petits que le N_2 . En termes de nombre d'atomes de carbone, cela correspond à retirer 10 à 13 atomes de carbone du réseau de graphène. Les trous plus petits ne laisseront pas passer le CO_2 ou le laisseront passer à un débit extrêmement lent. Les trous plus grands ne sont pas souhaitables car ils permettent la perméation de N_2 , ce qui compromet la sélectivité CO_2/N_2 .

Le défi majeur est donc l'incorporation de nanopores à l'échelle Å (10^{12} pores par cm^2) dans le graphène de sorte que la plupart des pores soient perméables au CO_2 et que très peu soient perméables au N_2 . La porosité élevée est nécessaire pour s'assurer qu'il y a une grande perméabilité au CO_2 à partir des membranes de graphène à nanopores.

La première démonstration de faisabilité d'un filtrage de gaz à partir de graphène a été faite en 2012 par un groupe de recherche basé aux États-Unis (*Prof. Scott Bunch*; [9]). Ils ont obtenu des plages de graphène bicouche de taille micrométrique par exfoliation micromécanique du graphite à l'aide d'un ruban adhésif. La plage de graphène a été suspendue au-dessus d'une alvéole de silicium, après quoi l'alvéole a été pressurisée avec un gaz sélectionné. En raison de la différence de pression sur les deux côtés du film de graphène, le graphène suspendu s'est gonflé. Ensuite, ils ont pu créer quelques nanopores dans le graphène en suspension en exposant le graphène à un environnement de lumière ultraviolette (UV) et d'ozone. Dans ces conditions, de l'oxygène atomique est généré et peut attaquer le graphène même à température ambiante lorsqu'il est aidé par la lumière UV. La création de nanopores a été contrôlée en pilotant l'exposition aux UV/ozone. Ils ont calculé le taux de transport des gaz en mesurant la déviation du graphène gonflé à l'aide d'un microscope atomique, un processus extrêmement lent et fastidieux. Grâce à cette approche, ils ont démontré que des pores sélectifs pour le CO_2 peuvent être incorporés dans le graphène, ce qui permet d'obtenir une sélectivité CO_2/N_2 supérieure à 1000.

LES DÉFIS TECHNIQUES

La démonstration de faisabilité a établi le potentiel des membranes en graphène pour la séparation des gaz. Cependant, le défi fondamental mentionné ci-dessus, à savoir l'incorporation d'une haute densité de nanopores sélectifs de CO_2 dans le graphène, ainsi que les défis d'ingénierie liés à la fabrication de membranes en graphène de haute qualité, ont empêché la réalisation de membranes macroscopiques pratiques (à l'échelle du millimètre ou du centimètre) pour la séparation de mélanges gazeux jusqu'en 2018, année où la première démonstration réussie de séparation de mélanges gazeux a été effectuée par l'équipe du LAS de l'EPFL [10]. Les films de graphène sont délicats à manipuler. Par conséquent, il n'est pas facile de fabriquer des membranes macroscopiques pratiques avec des couches sélectives de graphène sans éviter les fissures et les déchirures qui détériorent la sélectivité.

DÉVELOPPEMENT DE MEMBRANES EN GRAPHÈNE À NANOPORES

Au cours des cinq dernières années, le LAS a relevé les défis fondamentaux liés à l'incorporation de pores sélectifs de CO_2 , ainsi que les défis d'ingénierie liés à la fabrication de membranes en graphène à nanopores. Le LAS s'est attaqué au problème fondamental de l'incorporation de nanopores dans le graphène pour la séparation CO_2/N_2 en développant des voies de gravure chimique et de chemins fonctionnels.

GRAVURE CHIMIQUE À BASE DE L'OZONE

Le défi a été relevé en développant une nouvelle chimie de gazéification à base d'ozone [10]. Cette chimie est différente de la méthode rapportée par *Bunch* et ses collègues [9] qui utilisaient l'ozone en combinaison avec les UV. Des études à l'EPFL ont montré que l'ozone par lui-même est assez réactif envers le graphène et peut structurer le réseau en graphène même à température ambiante. L'avantage de l'utilisation de l'ozone seul par rapport aux UV/ozone est que l'ozone peut être introduit directement dans le dispositif de dépôt chimique en phase vapeur pour la synthèse du graphène, juste après l'étape de synthèse, ce qui fait que toute la chimie est dans un seul contenant. L'ozone étant un gaz, il permet également d'obtenir une fonctionnalisation et une gravure uniformes.

La réaction de l'ozone avec le graphène est assez simple. En substance, l'ozone se fixe fortement sur le graphène et, après avoir franchi une barrière énergétique d'environ 0,75 eV [12], il greffe un groupe époxy sur la structure du graphène. Ces groupes époxy sont très mobiles et s'organisent en cluster pour réduire l'énergie globale du système. À une taille critique de l'amas et surtout lorsqu'il est chauffé, le groupe époxy se gazéifie en molécules de CO et de CO_2 [13], incorporant ainsi les défauts libres dans le graphène.

CONTRÔLE DE LA RÉACTION

Le LAS a mis au point une cinétique de réaction pour contrôler l'oxydation du graphène par l'ozone de manière à ce que les nanopores aient une taille similaire à celle du gaz en question. Pour cela, le LAS a développé des schémas de réaction contrôlant les paramètres clés du processus d'oxydation, à savoir la concentration d'ozone, la température et le temps de réaction. En utilisant cette approche, il a été démontré que l'exposition du graphène à l'ozone à 150 °C pendant 10 s peut incorporer des nanopores qui peuvent séparer l'hydrogène (diamètre cinétique de 2,89 Å) du gaz naturel (diamètre cinétique de 3,80 Å). [11] Étant donné que la séparation CO_2/N_2 est plus difficile que la séparation H_2/CH_4 , le LAS a récemment conçu un nouveau réacteur de gazéification ultra-rapide contrôlant le temps de réaction du graphène avec l'ozone en seulement quelques millisecondes [14]. Par conséquent, le graphène a pu être exposé à l'ozone à 250–300 °C pendant seulement 100 à 200 millisecondes d'une manière extrêmement contrôlable, ce qui a donné des nanopores qui ont réussi à séparer le CO_2 du N_2 . En optimisant davantage les conditions de réaction, principalement celles qui favorisent la nucléation des pores et ralentissent leur expansion, l'équipe pourra encore améliorer les performances de séparation [15].

AMÉLIORATION DES PERFORMANCES DES MEMBRANES EN GRAPHÈNE

Le LAS développe également des méthodes d'ingénierie post-synthétique pour améliorer les performances des membranes en graphène à nanopores qui atteignent une perméance au CO_2 record (10 000 GPU) avec une sélectivité CO_2/N_2 supérieure à 30 (fig. 2). Les outils qui ont été développés sont l'ajustement post-synthétique de la coupure moléculaire.

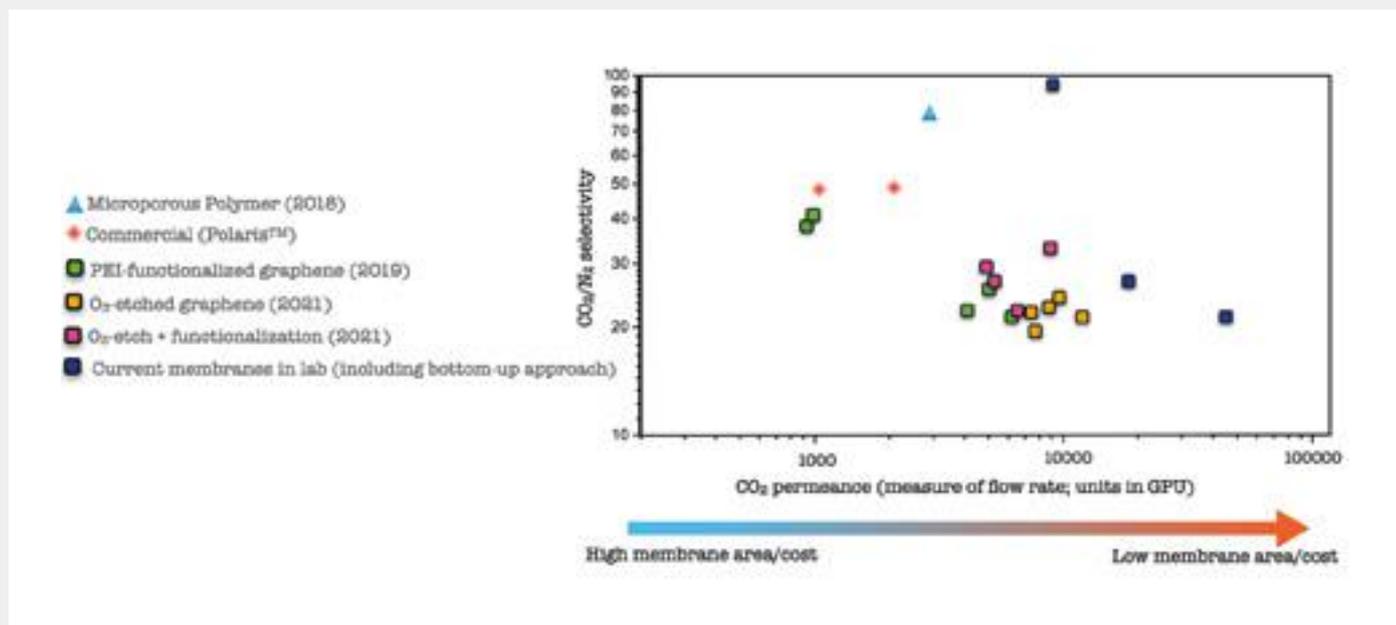


Fig. 2 Performance de séparation CO_2/N_2 des membranes de graphène nanoporeux développées au LAS.

laire par l'expansion lente des nanopores dans l'oxygène [14], la fonctionnalisation des nanopores avec des groupes pendants sélectifs du CO_2 tels que des polymères riches en amines ou simplement des amines primaires [15, 16], le recouvrement des nanopores de graphène avec des films polymères à nanopores qui servent le double objectif de support mécanique et de réduction de l'impact des pores non sélectifs en limitant le flux global [17].

APPROCHE SYNTHÉTIQUE DIRECTE DE BAS EN HAUT

Récemment, le LAS a démontré la possibilité de synthétiser un film en graphène à nanopores par l'approche synthétique directe de bas en haut, ce qui a une grande incidence dans la réduction de la complexité de la synthèse à grande échelle des membranes de graphène [18]. Dans le passé, le LAS avait signalé le transport sélectif de gaz à partir de films de graphène synthétisés sans incorporer délibérément de nanopores, et l'avait attribué à la présence de défauts libres intrinsèques de taille moléculaire dans le graphène [10, 19, 20]. Ces défauts sont essentiellement des défauts de limite de grain ou des défauts gravés par l'oxygène résiduel/fuyant dans le réacteur CVD¹ [21]. Cependant, ils sont présents à faible concentration ($<10^{10}$ pores par cm^2) et le contrôle

de la distribution de la taille de leurs pores n'est pas trivial. Pour y parvenir, le LAS s'est concentré sur la synthèse du graphène par un mécanisme de cristallisation différent du report initial de CVD sur des feuilles de cuivre où la croissance du graphène suit un mécanisme basé sur la nucléation et la croissance de surface. Puisque l'objectif était de maximiser la densité de nucléation, le LAS a essayé d'augmenter les défauts aux limites des grains en synthétisant du graphène nanocristallin, par un mécanisme de précipitation du carbone sur une feuille de nickel où le transport/la diffusion local du carbone par précipitation définirait une taille de grain éventuelle. Pour contrôler le flux de carbone, la quantité de précurseur de carbone a été limitée en déposant un film de polymère d'une épaisseur connue (200 nm) sur une feuille de nickel, également d'une épaisseur connue (25 μm), et le LAS a étudié la pyrolyse catalytique du polymère sur la feuille de nickel. En effet, en contrôlant le profil de température, en particulier le taux de refroidissement, une haute densité (10^{12} pores par cm^2) de nanopores de séparation moléculaire a pu être incorporée dans le graphène, ce qui a conduit à des performances record de séparation H_2/CH_4 . Actuellement, le LAS parvient à contrôler la distribution de la taille des pores dans ces films en fonction de la croissance des grains en modifiant systématiquement le taux de refroidissement lors de l'étape de précipitation du carbone. Par conséquent, le LAS est maintenant également en mesure d'obtenir des

données de séparation CO_2/N_2 extrêmement intéressantes à partir de l'approche de synthèse ascendante.

PROJET DE DÉMONSTRATION

En raison du potentiel élevé de ces membranes pour la capture du carbone en postcombustion, le LAS collabore avec Gaznat sur un projet de démonstration dans une installation pilote (*voir encadré 1*) et a récemment obtenu le soutien de l'Office fédéral de l'énergie. L'objectif du projet est d'abord de réaliser à grande échelle des membranes en graphène à nanopores, puis d'utiliser un processus de membranes optimisé pour capturer 10 kg de CO_2 par jour à partir d'unités de cogénération alimentées au gaz naturel (*fig. 4*). Ce projet est en cours depuis environ un an et le LAS a réussi à concevoir et à fabriquer une installation de dépôt chimique en phase vapeur à grande échelle capable de synthétiser 20 m^2 de graphène en un seul lot. L'installation est conçue de manière à ce que la gravure du réseau en graphène par ozone puisse être effectuée à l'intérieur du four immédiatement après la synthèse de celui-ci. Le projet vise à achever sa première étape de mise à l'échelle de la membrane en graphène d'ici à l'été 2022. Cette étape se poursuivra par la phase suivante, au cours de laquelle un assemblage de membranes sera produit en vue de son intégration dans une unité encapsulée à double étage pour purifier le CO_2 en tant que matière première à valoriser dans le réacteur de méthanation (CH_4 vert).

¹ Les réacteurs de dépôt chimique en phase vapeur (CVD, chemical vapor deposition) sont utilisés dans des applications qui impliquent le dépôt d'une ou plusieurs couches d'une substance sur une surface.

LABORATOIRE D'INNOVATION À AIGLE

L'industrie gazière suisse soutient le développement de nouvelles technologies nécessaires pour atteindre les objectifs climatiques fixés par le Conseil fédéral suisse. La capture du CO₂ est une des voies utiles à la décarbonisation de la chaîne énergétique. Bien que la séquestration du carbone soit une option à considérer, la variante du recyclage est à poursuivre dans le contexte suisse où la production de gaz de synthèse dans des installations Power-to-Gas pourrait contribuer à améliorer la sécurité de l'approvisionnement en énergie et équilibrer les bilans saisonniers. Afin d'établir un état de situation de ces nouvelles technologies, Gaznat a lancé un projet appelé *Greengas* sur son site d'Aigle qui consiste à construire un laboratoire d'essai industriel pour

tester les prototypes développés par les instituts de recherche tels que l'EPFL. Ce laboratoire d'innovation (fig. 3) sera alimenté par différentes centrales de production de chaleur et d'électricité (systèmes photovoltaïques et de cogénération). Il comprendra également une centrale Power-to-Gas, ainsi que des unités de stockage d'énergie (électricité, hydrogène et CO₂). Une installation de capture de CO₂ à membranes en graphène sera également incorporée aux unités de cogénération pour alimenter la centrale Power-to-Gas qui produira du gaz de synthèse à travers un réacteur de méthanation. L'ensemble de ces équipements sera raccordé à des réseaux de distribution internes d'électricité, de chauffage à distance, d'hydrogène, de méthane et de CO₂. Ce laboratoire sera opérationnel courant 2022.

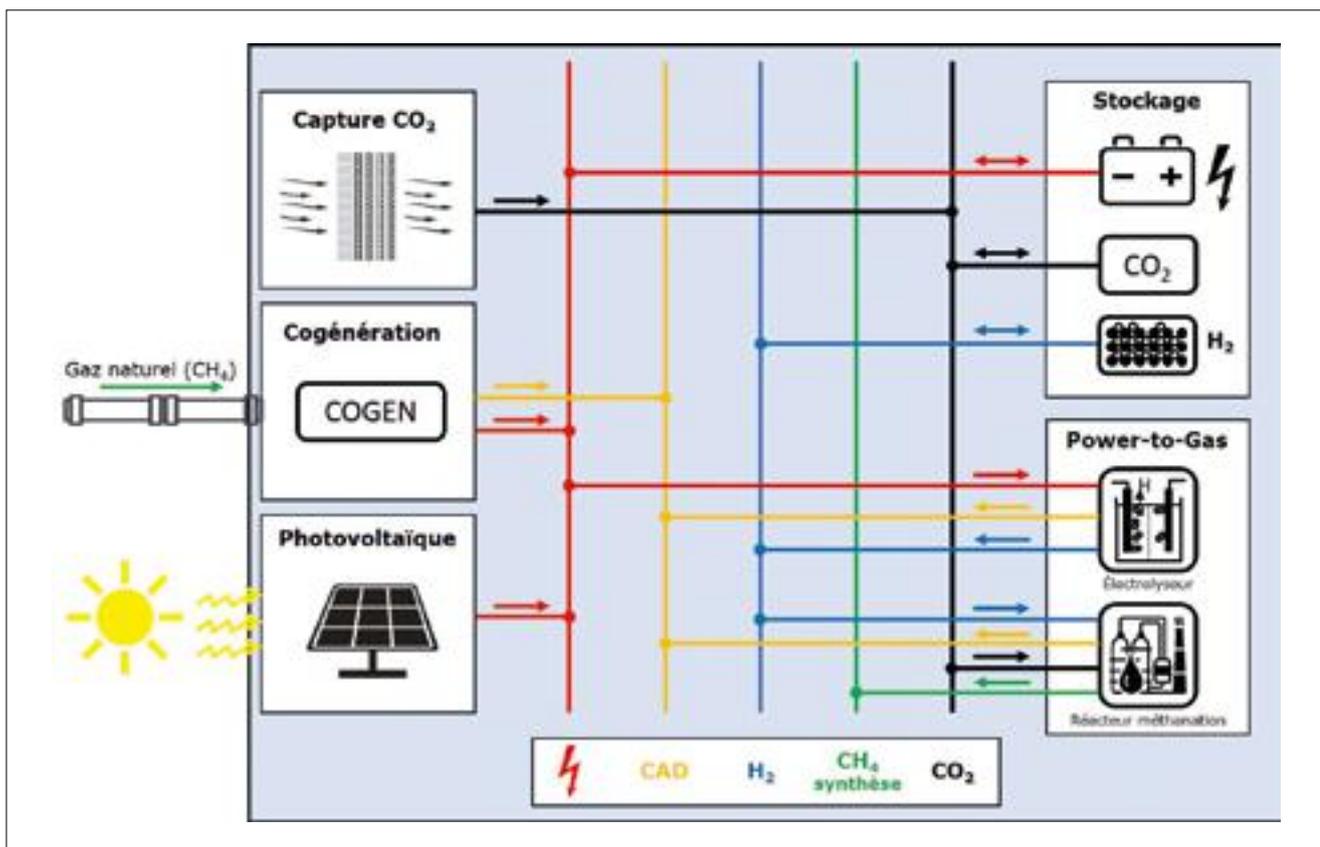


Fig. 3 Laboratoire d'innovation Gaznat à Aigle.

Encadré 1

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les membranes en graphène à nanopores pour la capture en postcombustion apparaissent rapidement comme une technologie très prometteuse qui permet de surmonter les problèmes liés à l'énergie et au coût de capture que pose la technologie de l'épuration à base de solvants. Fondamentalement, le graphène, mince comme un atome, est un matériau idéal pour la séparation avancée.

Un certain nombre de défis fondamentaux et techniques liés au développement de

membranes en graphène à nanopores ont été résolus au cours des dernières années. Cela a conduit à un projet de démonstration dans une future installation pilote pour la capture du CO₂ des unités de cogénération alimentées au gaz naturel dans le futur laboratoire d'innovation de Gaznat à Aigle (encadré 1).

Néanmoins, il existe encore de nombreux défis qui méritent d'être mentionnés:

- Mieux comprendre la stabilité des membranes en graphène à nanopores dans des conditions d'exploitation réelles: les résultats préliminaires du

LAS ont indiqué que les nanopores sont très stables et que les contaminants bloquant les pores peuvent être éliminés en chauffant simplement les membranes à 150 °C pendant 30 minutes. La compréhension de cet aspect sera grandement améliorée dans un avenir proche, grâce au projet de démonstration dans l'installation pilote utilisant comme alimentation les gaz de combustion des unités de cogénération au gaz naturel.

- Sur le plan fondamental, une meilleure compréhension du mécanisme de gra-

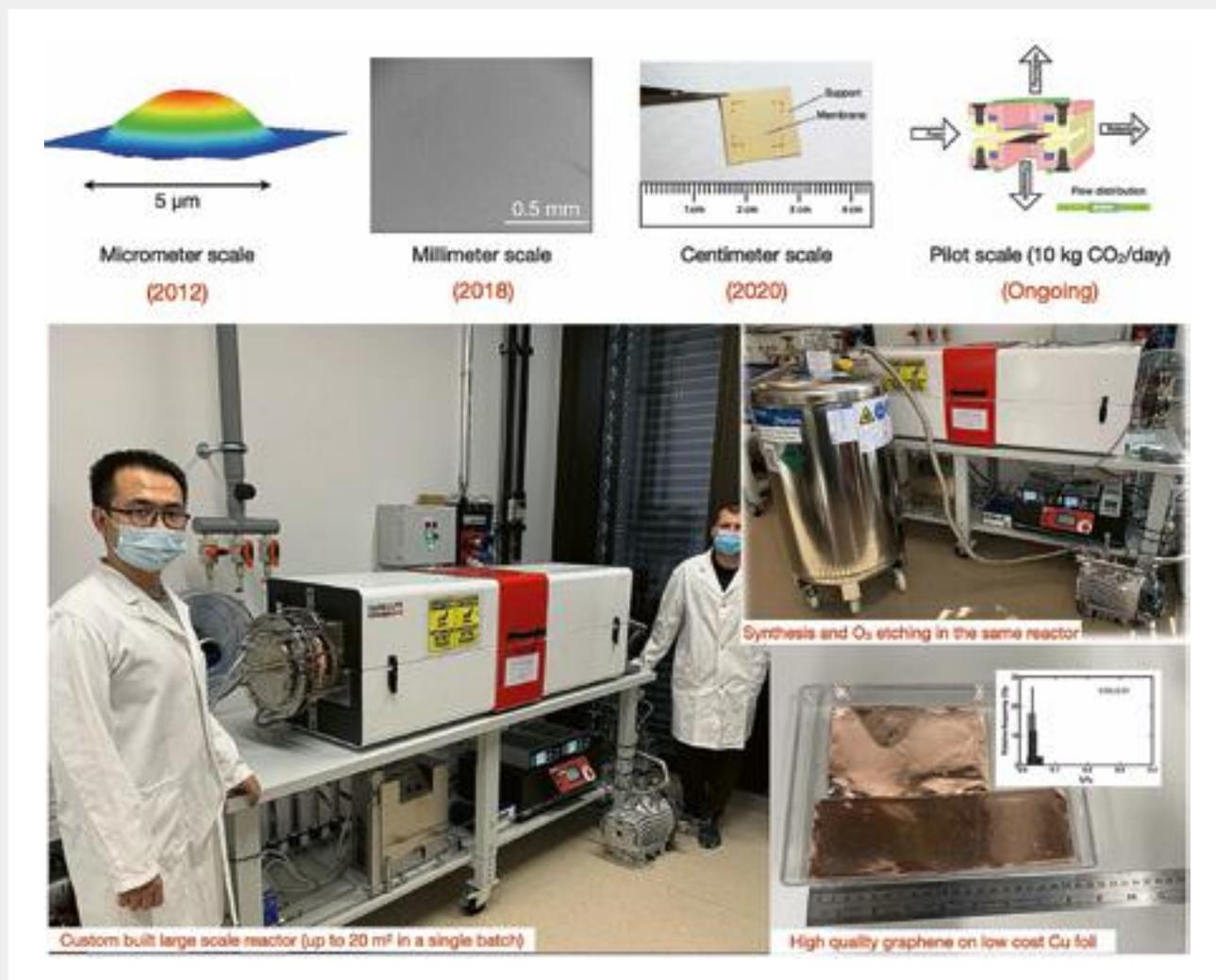


Fig. 4 Ligne du haut: agrandissement (scale-up) des membranes en graphène à nanopores au cours de la dernière décennie. Rangée du bas: progrès récents dans la conception des membranes en graphène au LAS.

vure et de l'évolution de la distribution de la taille des pores dans le graphène est nécessaire, ce qui conduirait idéalement à une nucléation et à une expansion des pores découplées, permettant un meilleur contrôle de la création des nanopores.

- Sur le plan de l'ingénierie, il est nécessaire de développer des assemblages peu coûteux et flexibles, présentant une grande surface de membranes dans un petit volume. Les assemblages en spirale, dont la densité de remplissage est d'environ $300 \text{ m}^2/\text{m}^3$, constituent une bonne référence à cet égard. Étant donné que le graphène a une épaisseur négligeable, une telle densité d'assemblage est effectivement réalisable.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Rubin, E.S. et al. (2015): The cost of CO_2 capture and storage. *Int. J. Greenh. Gas Control* 40: 378-400

[2] Merkel, T.C. et al. (2010): Power plant post-combustion carbon dioxide capture: An opportunity for membranes. *J. Memb. Sci.* 359(1-2): 126-139

[3] Micari, M. et al. (2021): Techno-economic assessment of postcombustion carbon capture using high-performance nanoporous single-layer graphene membranes. *J. Memb. Sci.* 624: 119103

[4] Park, H.B. et al. (2017): Maximizing the right stuff: The trade-off between membrane permeability and selectivity. *Science* 356(6343): aab0530. [DOI: 10.1126/science.aab0530](https://doi.org/10.1126/science.aab0530)

[5] White, L.S. et al. (2017): Extended field trials of Polaris sweep modules for carbon capture. *J. Memb. Sci.* 542: 217-225

[6] Wang, L. et al. (2017): Fundamental transport mechanisms, fabrication and potential applications of nanoporous atomically thin membranes. *Nat. Nanotechnol.* 12(6): 509-522

[7] Lee, C. et al. (2008): Measurement of the Elastic Properties and Intrinsic Strength of Monolayer Graphene. *Science* 321(5887): 385-388.

[8] Li, X. et al. (2009): Large-Area Synthesis of High-Quality and Uniform Graphene Films on Copper Foils. *Science* 324(5932): 1312-1314

[9] Koenig, S.P. et al. (2012): Selective molecular sieving through porous graphene. *Nat. Nanotechnol.* 7(11): 728-732

[10] Huang, S. et al. (2018): Single-layer graphene membranes by crack-free transfer for gas mixture separation. *Nat. Commun.* 9: 2632

[11] Zhao, J. et al. (2019): Etching gas-sieving nanopores in single-layer graphene with an angstrom precision for high-performance gas mixture separation. *Sci. Adv.* 5(1): eaav1851. [DOI: 10.1126/sciadv.aav1851](https://doi.org/10.1126/sciadv.aav1851)

[12] Lee, G. et al. (2009): Ozone adsorption on graphene: ab initio study and experimental validation. *J. Phys. Chem. C* 113(32): 14225-14229

[13] Larciprete, R. et al. (2011): Dual Path Mechanism in the Thermal Reduction of Graphene Oxide. *J. Am. Chem. Soc.* 133(43): 17315-17321

[14] Huang, S. et al. (2021): Millisecond lattice gasification for high-density CO_2 - and O_2 -sieving nanopores in single-layer graphene. *Sci. Adv.* 7(9): 1-13

[15] Huang, S. et al. (2021): Systematic design of millisecond gasification reactor for the incorporation of gas-sieving nanopores in single-

layer graphene. *J. Memb. Sci.* 637: 119628

- [16] He, G. et al. (2019): High-permeance polymer-functionalized single-layer graphene membranes that surpass the postcombustion carbon capture target. *Energy Environ. Sci.* 12(11): 3305–3312
- [17] He, G. et al. (2020): Synergistic CO₂-Sieving from Polymer with Intrinsic Microporosity Masking Nanoporous Single-Layer Graphene. *Adv. Funct. Mater.* 30(39): 1–10
- [18] Villalobos, L.F. et al. (2021): Bottom-up synthesis of graphene films hosting atom-thick molecular-sieving apertures. *PNAS* 118(37): e2022201118
- [19] Khan, M.H. et al. (2019): Hydrogen sieving from intrinsic defects of benzene-derived single-layer graphene. *Carbon* 153: 458–466
- [20] Rezaei, M. et al. (2020): Hydrogen-sieving single-layer graphene membranes obtained by crystallographic and morphological optimization of catalytic copper foil. *J. Memb. Sci.* 612: 118406

- [21] Agrawal, K.V. et al. (2017): Fabrication, Pressure Testing, and Nanopore Formation of Single-Layer

Graphene Membranes. *J. Phys. Chem. C* 121(26): 14312–14321

> FORTSETZUNG DER ZUSAMMENFASSUNG

durch Lösungsmittel ist. Angesichts des grossen Potenzials dieser Technologie entwickeln die ETH Lausanne und Gaznat einen Demonstrationsprototyp als Teil einer Pilotanlage im künftigen Innovationslabor von Gaznat in Aigle. Das Innovationslabor wird auch vom Schweizer Bundesamt für Energie (BFE) unterstützt. Das Projekt wird Nanoporen-haltiges Graphen als vielversprechende Technologie für die energieeffiziente Kohlenstoffabscheidung etablieren und deren Umsetzung im grossen Massstab vorantreiben.

Verband Schweizer
Abwasser- und
Gewässerschutz-
fachleute

Association suisse
des professionnels
de la protection
des eaux

Associazione svizzera
dei professionisti
della protezione
delle acque

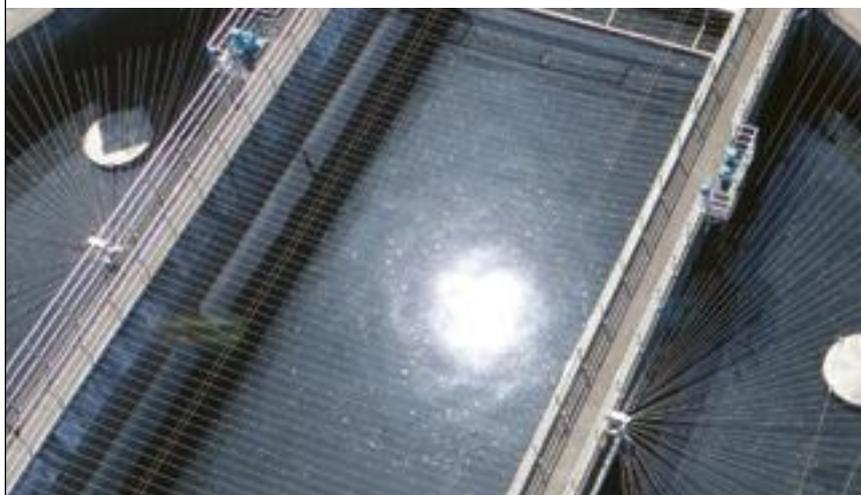
Swiss Water
Association



Fachtagung/Fortbildungskurs FBK

FOKUS STICKSTOFF, TREIBHAUSGASE UND ENERGIE WOHIN GEHST DU, ARA?

10. und 11. Mai 2022, Kandersteg



Der Fokus des diesjährigen FBK liegt auf dem Stickstoff, der Treibhausgase und der Energie. Der Fortbildungskurs eignet sich für Betreiber, Vorstände und Verbände von Kläranlagen, Planerinnen und Planer und Systemlieferanten, BAFU, Kantonale Abwasserämter sowie Forschende und Entwickler.



vsa.ch/FBK

«Unsere anspruchsvollen Kunden erreichen wir nur in qualitativ hochstehenden Medien. Das Q-Label steht dafür.»

MARCO CIRFETA

Leiter Verkauf und Marketing, Mikron Tool SA, Agno
Präzisionswerkzeuge in höchster Qualität



Darum inserieren wir in Fach- und Spezialmedien: In Medien mit dem Q-Label sprechen Sie Ihre Zielgruppen direkt an. Ohne Streuverluste. So steigern Sie die Werbewirkung und senken die Kosten.

Q-PUBLIKATIONEN: FOKUSSIERT – KOMPETENT – TRANSPARENT

AQUA & GAS – Die Fachzeitschrift für Wasser, Gas und Wärme – FACHMEDIEN, aquagas@fachmedien.ch



**Lizenz für Pamela Bauer, p.bauer@hagenbucher.ch
TMH Hagenbucher AG, Zürich**

ÉMISSIONS DE MÉTHANE

RÉDUCTION DANS LES STATIONS D'ÉPURATION DES EAUX USÉES

Le méthane est émis dans l'atmosphère en quantités considérables, entre autres dans les stations d'épuration des eaux usées. Ces émissions peuvent être fortement réduites en installant une couverture étanche au gaz sur le stockeur de boue. Comme le démontre l'étude de 18 stations d'épuration en Suisse, c'est réalisable avec des mesures simples et même rentables grâce au programme de financement de South Pole.

Clara Baumhauer*; Hannes Etter, South Pole
Simon Ambühl; Gian Andri Levy, Holinger AG
Ernst A. Müller, InfraWatt; Traduction: Martine Felber, InfraWatt

ZUSAMMENFASSUNG

REDUKTION DER METHANEMISSIONEN – EIN WIRTSCHAFTLICH INTERESSANTER BEITRAG ZUM KLIMASCHUTZ

In kommunalen Kläranlagen werden grosse Mengen an Methan in die Atmosphäre freigesetzt. Methan hat ein 25- bis 28-mal höheres Erderwärmungspotenzial als CO₂. Kläranlagen sind für 0,3% der gesamten Treibhausgasemissionen bzw. für 2,8% der gesamten Methanemissionen in der Schweiz verantwortlich. In Studien wurden die verschiedenen methanemittierenden Teile von Kläranlagen analysiert. Dabei hat sich gezeigt, dass die anaerobe Schlammbehandlung (Faulung) besonders betroffen ist. Entsprechend besteht hier ein erhebliches Potenzial zur Verringerung der Treibhausgasemissionen. Beim Schlammstapel kann mit einfachen Massnahmen der Verlust an Methan bzw. Treibhausgasen beträchtlich reduziert und die nutzbare Klärgasmenge erhöht werden. Anlagenbetreiber, die diese Massnahmen umsetzen, werden durch Fördergelder von South Pole unterstützt und profitieren so von den Erfahrungen vieler realisierter Anlagen. Die Investitionen amortisieren sich in der Regel dank der Förderung innerhalb weniger Jahre. Oftmals kann das gefasste Methan energetisch genutzt und zusätzliche Gewinne durch den Mehrverkauf von Gas oder Strom erzielt werden. Mit Unterstützung des Förderprogramms können Kläranlagen einen wirksamen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

BESOIN D' ACTIONS SUR LES STATIONS D'ÉPURATION

De grandes quantités de méthane sont émises dans l'atmosphère par les stations d'épuration des eaux usées (STEP) communales. Le potentiel de réchauffement climatique du méthane est 25-28 fois supérieur à celui du CO₂. Globalement, les stations d'épuration sont responsables de 0,3% des émissions totales de gaz à effet de serre et de 2,8% des émissions totales de méthane en Suisse. Dans le cadre d'une étude, la société *Holinger AG* a mené une enquête dans les STEP du canton de Zurich afin de déterminer les pertes de méthane dans les stockeurs de boues ouverts et de les comparer à la production totale de gaz d'épuration de la STEP.

JUSQU'À 15% DE PERTE DE GAZ D'ÉPURATION

La *figure 1* montre les pertes relatives de gaz d'épuration déterminées dans le stockeur de boues, en fonction du temps de séjour dans le digesteur et dans le stockeur. Les valeurs indiquées sont un instantané, les fluctuations saisonnières ne sont pas prises en compte. La perte relative de gaz d'épuration se reflète dans la taille des points de données. Les pertes sont considérables et vont de 2 à 15% de la production totale de gaz d'épuration. La couverture des stockeurs de boues ouverts serait donc judicieuse d'un point de vue écologique et intéressante d'un

* Contact: c.baumhauer@southpole.com

point de vue économique. Les pertes élevées lors du stockage de boues signifient que, sur l'ensemble du processus, la production d'énergie à partir des gaz d'épuration renouvelables n'est pas « neutre sur le plan climatique », mais entraîne même une pollution supplémentaire par des gaz à effet de serre. En d'autres termes, les émissions de méthane et de gaz à effet de serre doivent être réduites au maximum dans tous les secteurs de la STEP.

MÉTHODES DE DÉTERMINATION DES ÉMISSIONS DE MÉTHANE

Plus les pertes de méthane sont élevées, plus il est urgent de couvrir les stockeurs

de boues ouverts et plus l'efficacité est grande. Dans un premier temps, les pertes de méthane sont déterminées, ce qui peut être fait de différentes manières:

TEST DE DÉGRADATION ANAÉROBIE EN LABORATOIRE

Dans le test de dégradation anaérobie, la mesure de la production de méthane a lieu avec un mélange complet. De cette manière, la production de méthane en laboratoire – par rapport à un échantillon non mélangé de la chambre de post-digestion – tend à être surestimée, avec une erreur de l'ordre d'un pourcentage à un chiffre (< 10%).

MESURE DE LA MATIÈRE SÈCHE ET DU TAUX DE CENDRES

La teneur en matière organique de la matière sèche (MS) est calculée à partir du taux de cendres (matière minérale, MM). Les données obtenues peuvent être utilisées pour déterminer la différence entre le taux de matière organique avant le déversement des boues dans le stockeur et celui au moment où elles en sont retirées pour être éliminées. La dégradation organique dans le stockeur des boues peut ainsi être directement convertie proportionnellement en une production de gaz correspondante. Les pertes au feu (différences entre MS et MM) mesurées sur un an, présentées dans la *figure 2*, montrent la diminution systématique du taux de matière organique dans la chambre de post-digestion.

MESURE AUTOMATISÉE DANS LES STOCKEURS DE BOUES FERMÉS

Cette mesure permet d'apprécier le volume des émissions de méthane évitées au niveau du stockeur des boues. La mesure de la réduction du méthane permet de déterminer le gain obtenu avec la fermeture du conteneur en termes d'équivalent CO₂ et donc le calcul des subventions de *South Pole*. Le paiement annuel est basé sur la réduction effective des émissions de CO₂, telle que documentée dans le suivi annuel.

ÉVALUATION DE LA VIABILITÉ ÉCONOMIQUE

La société d'ingénierie Holinger AG a planifié et construit des couvertures étanches aux gaz pour les stockeurs (*fig. 3 et 4*) dans huit stations d'épuration de Suisse. Ces projets donnent un aperçu des investissements, de l'efficacité économique de la couverture des stockeurs et des rendements supplémentaires en gaz d'épuration. L'expérience montre que la taille de l'ouverture à obturer au-dessus du stockeur est un facteur de coût important. Les coûts et les subventions de *South Pole* pour ces huit stations sont basés sur les hypothèses suivantes:

- La couverture étanche aux gaz sera réalisée en 2021.
- La mise en service, respectivement les réductions d'émissions démarreront le 1^{er} janvier 2022.
- Les subventions de *South Pole/KliK* (Fondation pour la protection du climat et la compensation de CO₂) sont prises en compte jusqu'au 31 décembre 2030.

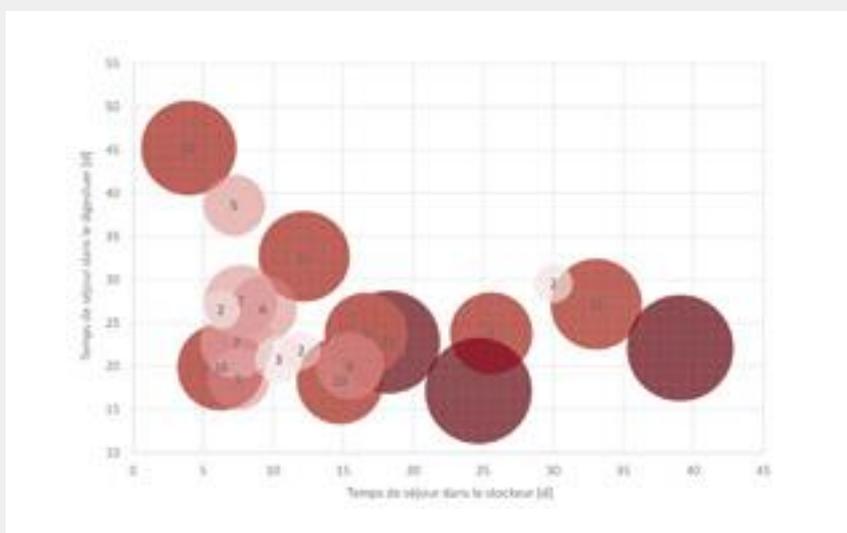


Fig. 1 Perte de gaz d'épuration au niveau du stockeur par rapport à la production totale de gaz de la STEP (la taille des cercles correspond au pourcentage), en fonction du temps passé dans le stockeur de boues et le digesteur.

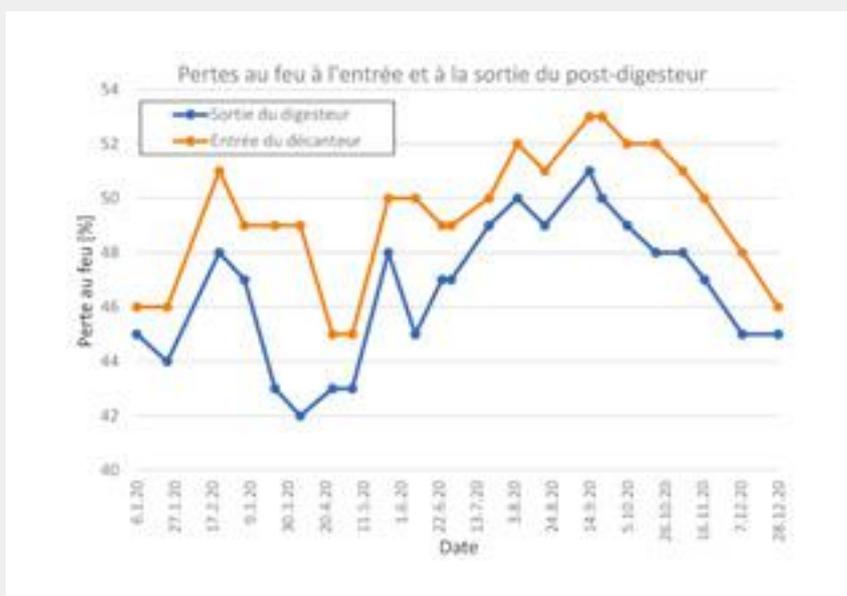


Fig. 2 Modification de la teneur en matière organique dans le stockeur en fonction du temps. Représenté en pourcentage de pertes au feu à l'entrée et à la sortie du post-digesteur.



Fig. 3 Vue aérienne de la station d'épuration de Niederglatt. La STEP a fait recouvrir le stockeur boues d'une couverture étanche aux gaz dans le cadre du programme de promotion de South Pole.



Fig. 4 Grâce à la couverture étanche aux gaz, la STEP d'Aarburg fait des expériences positives en matière de réduction des émissions de méthane et a déjà pu compenser les investissements grâce au programme de promotion de South Pole.

- Les coûts d'exploitation annuels supplémentaires sont pris en compte à hauteur de 5000 francs.

L'analyse des coûts pour les différentes STEP est présentée dans le *tableau 1*. Les pertes de méthane dans les huit STEP se situent entre 6 et 11% et tendent vers 0% grâce à la couverture. Aux STEP 3 et 7, non seulement la couverture sera mise en place, mais le stockeur sera entièrement rénové. Dans le cas de ces deux STEP, des investissements supplémentaires importants sont nécessaires par rapport à la simple couverture du stockeur des boues, c'est pourquoi le total des inves-

tissements pour la rénovation globale ne peut pas être entièrement remboursé par les subventions. Pour toutes les stations d'épuration restantes, sans la rénovation des stockeurs, les investissements seront plus que remboursés d'ici à 2030 grâce aux subventions. L'excédent de recettes est considérable et est compris entre 4700 et 90 700 francs. En particulier, les STEP 3, 5 et 6 obtiennent un gain remarquable de 9 à 10% de gaz d'épuration. Pour ces trois STEP, les recettes annuelles provenant de la production de gaz supplémentaire se situent entre 3000 et 7500 francs, ce qui représente environ 27 000 à 67 500 francs d'ici à 2030. Les économies

réalisées grâce à la réduction du volume des boues à éliminer n'ont pas encore été prises en compte. Les résultats montrent que, outre les avantages écologiques, la couverture de stockeurs de boues est également intéressante sur le plan financier grâce au programme de soutien de South Pole. La couverture doit donc être examinée pour tous les stockeurs de boues ouverts.

Le potentiel grâce à la couverture est particulièrement élevé pour les STEP présentant les caractéristiques suivantes:

- un débit de boue important
- de courts temps de séjour dans le digesteur

STEP	Pile de boue		Coûts		Revenu	Balance	Commentaires
	Émissions du stockeur de boues ouvert	Part des pertes de méthane dans la production de gaz	Investissement	Coûts d'exploitation 2022-2030	Rémunération de KliK 2022-2030	Recettes - Coûts *	
	[t CO ₂ -eq/an]	[%]	[CHF]	[CHF]	[CHF]	[CHF]	
STEP 1	261	7	170 000	45 000	241 800	26 850	Rayon de couverture < 5 m
STEP 2	350	8	240 000		317 000	32 000	Rayon de couverture < 5 m
STEP 3	146	9	200 000		189 300	-55 700	Rayon de couverture < 5 m Remise à neuf du stockeur inclus
STEP 4	434	7	402 000		451 700	4 700	Rayon de couverture 11 m
STEP 5	126	10	72 000		136 700	19 700	Rayon de couverture < 5 m
STEP 6	383	10	111 000		246 700	90 700	Rayon de couverture < 5 m
STEP 7	140	11	765 000		359 600	-450 400	Rayon de couverture 9 m Remise à neuf du stockeur inclus
STEP 8	289	6	211 000		276 200	20 200	Rayon de couverture < 5 m

* Sans recettes provenant de la production supplémentaire de gaz d'épuration et sans économies réalisées grâce à la réduction du volume des boues à éliminer.

Tab. 1 Répartition des coûts des couvertures étanches au gaz des stockeurs de boues.

- une mauvaise décomposition de la matière organique dans le digesteur
- de grands volumes de stockage ouverts avec un long temps d'entreposage des boues

Lors de la planification de la couverture du stockeur de boues, il est judicieux de vérifier si le stockeur, une fois étanchéifié aux gaz, peut être équipé pour devenir un digesteur à part entière en l'intégrant au système de chauffage des boues et en installant un agitateur. Avec cette dépense supplémentaire relativement faible, la redondance du processus de digestion à un seul flux préexistant est grandement améliorée. Ainsi, en cas de révision ou de vidange du digesteur, le stockeur de boue couvert avec agitateur, c'est-à-dire le post-digesteur, permet de maintenir la digestion des boues et d'éviter des émissions de méthane temporairement élevées pendant la révision du digesteur. En même temps, la sécurité du travail en termes de protection contre les explosions est également améliorée lors de ces révisions. Dans la digestion des boues à un seul flux, les réacteurs sont rarement vidés pour des raisons compréhensibles. Si un deuxième digesteur est disponible, ces inspections peuvent être effectuées plus fréquemment à un coût raisonnable et des modifications indésirables dans le digesteur (dépôts, pourritures, dommages aux installations et à la structure, etc.) peuvent être détectées à temps.

PROGRAMME D'AIDE À LA RÉDUCTION DU MÉTHANE DANS LES STEP

Afin d'exploiter le potentiel considérable de réduction du méthane dans les stations d'épuration des eaux usées, South Pole, une entreprise spécialisée dans les solutions de protection du climat, a mis au point un programme de soutien intitulé «Réduction du méthane dans les STEP».

TRAITEMENT DES FLUX D'AIR CONTENANT DU MÉTHANE

Pour réduire les émissions de méthane, les étapes du traitement des boues anaérobies sont équipées d'une couverture étanche aux gaz. Cela permet de capter les flux d'air d'échappement et d'empêcher le méthane de s'échapper dans l'atmosphère. Dans le cadre de ce programme, une ou plusieurs des mesures suivantes

peuvent être appliquées pour traiter les flux d'air contenant du méthane:

Traitement dans l'incinération des boues

Il s'agit d'installer ou d'aménager un système d'aération actif dans les étapes du processus fermé. Le méthane est capté par la ventilation. L'air évacué est acheminé vers une usine existante d'incinération des boues comme source d'oxygène.

Utilisation dans une unité de cogénération

Dans ce cas, un système de ventilation actif est également installé ou aménagé dans les étapes du processus fermé. Le méthane est capté par la ventilation et l'air évacué est acheminé vers une unité de cogénération existante comme source d'oxygène.

Connexion du stockeur de boues à l'installation de digestion

Les phases gazeuses de l'étape de traitement concernée (par exemple, le stockeur de boues) sont connectées à la phase gazeuse du digesteur via la tuyauterie. Le gaz produit au cours de l'étape du processus fermé est ainsi acheminé vers le réservoir de stockage du gaz.

CONTRIBUTIONS DU PROGRAMME

Les exploitants d'installations reçoivent de South Pole 140 francs par tonne réduite d'équivalents CO₂ jusqu'au remboursement de l'investissement. Ensuite, les exploitants des STEP recevront 10 000 francs par an pour l'exploitation et 25 francs supplémentaires par tonne de CO₂ jusqu'en 2030.

Actuellement, 18 stations d'épuration (toutes en Suisse alémanique) participent déjà au programme. Dans un premier temps, South Pole propose à toutes les STEP un test de faisabilité gratuit et non contraignant. Si l'exploitant de l'usine est intéressé, il peut alors passer à la planification préliminaire avec une société d'ingénierie de son choix.

UNE INVESTIGATION EST RECOMMANDÉE

Dès que possible, et pour les raisons suivantes, une investigation sur les émissions de méthane dans les stations d'épuration des eaux usées est judicieuse et recommandée:

- La majorité des stations d'épuration des eaux usées avec des stockeurs de boues

INFORMATIONS SUR LE PROGRAMME DE SOUTIEN

De plus amples informations sur le programme de soutien peuvent être obtenues sur le site web de *South Pole*:

<https://www.southpole.com/de/kunden/>
(Fördergelder für Klimaschutz auf Kläranlagen)
ou par mail: swissprojects@southpole.com

ouverts ne sont pas exploitées de manière neutre en termes de CO₂.

- Les subventions de South Pole peuvent être appliquées aussi longtemps que la mesure de réduction des émissions de CO₂ est volontaire et n'est pas mise en œuvre, par exemple, en raison des exigences cantonales.
- Les contributions de soutien financier sont garanties et limitées dans le temps jusqu'en 2030; plus la mesure est mise en œuvre tôt, plus les contributions de soutien se cumulent.
- En raison du remboursement intégral des coûts d'investissement, il n'y a pratiquement aucun risque financier pour l'opérateur de la STEP. La seule condition est la mise à disposition des investissements nécessaires à la couverture des stockeurs de boues.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] *South Pole (2008): Methanverluste bei der Biogas-aufbereitung. Mit Unterstützung vom Bundesamt für Energie, ZHAW und PSI*
- [2] *Neosys AG (2020): Die Klimagasbilanz als Kontrollinstrument für eine nachhaltige Gemeindeentwicklung. Umwelttechnik Schweiz 10/2020: 4-5*

AUTRES PROGRAMMES DE PROTECTION DU CLIMAT EN COURS DE DÉVELOPPEMENT

Les stations d'épuration des eaux usées ont également des possibilités de réduire les émissions de dioxyde de carbone et d'oxyde nitreux, pour lesquelles South Pole élabore actuellement d'autres programmes de protection du climat. Une approche concrète est le traitement du CO₂ séparé lors de la purification des gaz d'épuration. [1]. Le CO₂ n'est plus rejeté dans l'atmosphère, mais liquéfié et peut ainsi être utilisé dans l'industrie ou stocké de manière permanente. Un autre projet vise à réduire les émissions d'oxyde nitreux (N₂O) provenant des boues d'épuration grâce à des installations de pyrolyse dans les stations d'épuration.

AGENDA

MÄRZ

GASTAGUNG 2022

18. März | St. Gallen
www.gastagung.ch

TAG DER HYDROLOGIE 2022

Im Wandel – Klima, Wasser u. Gesellschaft
 22./23. März | Garching bei München (D)
<http://tdh2022.hydrologie.ed.tum.de/>

APRIL | MAI

ENERGISSIMA

Salon des solutions durables pour la construction, l'habitat et la mobilité
 28. April–1. Mai | Bulle
www.energissima.ch

SWISSBAU

3.–6. Mai | Basel
www.swissbau.ch

JUNI

IFAT 2022

Weltleitmesse für Wasser-, Abwasser-,
 Abfall- und Rohstoffwirtschaft
 30. Mai – 3. Juni | München (D)
www.ifat.de

AQUAPRO 2022

B2B-Plattform für Fachkräfte im Wasser
 8.–10. Juni | Bulle
www.aqua-pro.ch

E-WORLD

energy & water
 21.–23. Juni | Essen (D)
www.e-world-essen.com

AUGUST

10. BERNER WASSERTAG

Klimaveränderungen:
 Umgang mit Extremen
 30. August | Bern
www.bvd.be.ch

VOLLER ENERGIE

Datum 6. März bis 30. Dezember 2022
Ort Museum Burghalde, Lenzburg
Info www.burghalde.ch
www.vollerenergie.ch

Anlässlich des 100-Jahr-Jubiläums der SWL Energie AG widmet sich das Museum Burghalde mit diversen Partnern den Themen Wasser und Energie. Dabei stehen Fragen nach dem Energieverbrauch, nach dem Wert und der Wertschätzung von Energie sowie der kulturhistorische Aspekt im Fokus. Künstlerische Interventionen mit einer Outdoor-Ausstellung, musikalische Anlässe, Führungen sowie Vermittlungsangebote wie Schulklassenworkshops



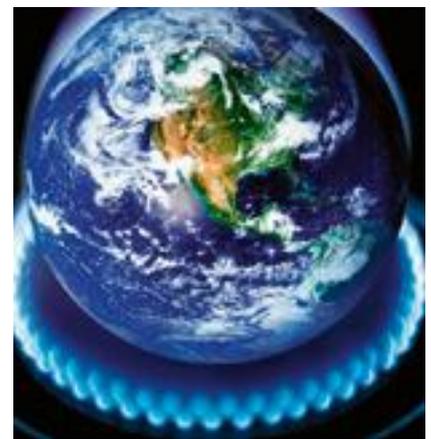
führen das Publikum auf unterschiedliche Weise ins vielfältigen Themenfeld ein.

Spielerisch lässt sich bei der Sonderausstellung «Voller Energie» über Themeninseln und physikalische Experimente im Labor der natürliche Kreislauf des Wassers, die Nutzbarmachung für den Alltag des Menschen, die Natur und die Industrie entdecken.

Die Ausstellung in der Dépendance Seifi (ab März) wird begleitet von einer Pop-Up-Ausstellung über «Superpower» im Ikonenmuseum (ab Juni 2022).

GASTAGUNG 2022: GAS – BAUSTEIN FÜR NETTO-NULL?

Datum 18. März 2022
Ort Kantonsratsaal St. Gallen
Info www.gastagung.ch



Das Bekenntnis des Bundesrates zu Netto-Null setzt dem fossilen Erdgas zu. Der Weg zu grünen Gasen ist technisch wie wirtschaftlich anspruchsvoll. Fachexperten zeigen im Rahmen von Referaten den aktuellen Stand der Diskussion auf, vertreten Meinungen und versuchen, Entwicklungen zu prognostizieren.

EXPERTINNEN- UND EXPERTEN- GESPRÄCHE POWER-TO-X

Datum 24. März 2022
Ort Eventhouse Rapperswil
Info www.ost.ch

Der Fokus liegt auf realen Projekten im grossen Massstab. Zuerst wird ein nationales Forschungsprojekt vorgestellt, dann präsentiert das IET Institut für Energietechnik eine internationale Kooperation im Bereich des öffentlichen Verkehrs, bei dem sich mehrere erneuerbare Energiequellen ergänzen, und zum Abschluss fünf Wasserstoffprojekte, die in der Schweiz realisiert werden.

WELTWASSERTAG

WELTWASSERWOCHE 2022 IM KANTON ZÜRICH

Im März 2022 bieten die Zürcher Blue Communities um den Weltwassertag erneut eine Wasserwoche mit verschiedenen Veranstaltungen wie Referaten, Führungen, Podiumsdiskussion und Workshop an.

WASSER – GRUNDRECHT ODER WARE?

Datum 22. März 2022
Ort Wasserkirche Zürich
Info www.zuerich.vpod.ch

Ist Wasser eine Ware oder ein Grundrecht? Was geschieht, wenn Lebensmittelfirmen ganzen Gemeinden das Wasser abzapft? Und wieso beteiligt sich die Schweizer Entwicklungshilfe an solchen Projekten? Über Nestlé und die Kommerzialisierung von Trinkwasser diskutieren *Jacqueline Badran* (Nationalrätin SP, Mitglied der Aussenpolitischen Kommission APK) und *Dominik Waser* (Zürcher Stadtratskandidat Junge Grüne, Zürcher und Klimaaktivist mit

Fridays for Future) in der Wasserkirche am diesjährigen Weltwassertag.

FÜHRUNG DURCH DIE WASSERWERKE ZÜRICH

Datum 21. März 2022, 16:30
22. März 2022, 9:30
Ort Wasserwerke Zürich
Treffpunkt Tramhaltestelle Tüffenwies
Info www.zuerich.vpod.ch

Die Wasserversorgung Zürich stellt die Trinkwasserversorgung für rund 800 000 Menschen in der Stadt und der Region Zürich rund um die Uhr sicher. Dies geschieht meist ohne grosses Aufheben, so dass sauberes Leitungswasser von vielen Leuten als Selbstverständlichkeit erachtet wird.

Der Verband des Personals öffentlicher Dienste VPOD Zürich lädt als Mitglied der Blue Community zu einer zweistündigen Werkführung ein, während der Angestellte der Zürcher Wasserwerke erklären, welche Aufbereitung es braucht, bis das Wasser in einwandfreier Qualität aus dem Wasserhahn fliesst.

WORKSHOP MIT ERNST BROMEIS

Datum 25. März 2022, 14:30–16:30 h
Ort Wasserkirche Zürich
Info www.bluecommunity.ch

Der Workshop mit *Ernst Bromeis*, Wasserbotschafter und Expeditionsschwimmer, richtet sich an Schülerinnen und Schüler der Oberstufe. Die Jugendlichen erfahren im Workshop die Wasser-Zusammenhänge zwischen der Schweiz, Europa und der Welt. Sie diskutieren über das Menschenrecht auf Wasser und die Möglichkeit einer Menschenpflicht auf Wasser. Zudem erleben sie objektive und berührende Geschichten, um die Lebendigkeit des Elements zu spüren. Sie können sich unter Gleichaltrigen zu einem existentiellen Thema austauschen.

TAG DER OFFENEN TÜR IM PUMPWERK SCHÖNENWERD

Datum 26. März 2022, 9–18 h
Ort Pumpwerk Schönenwerd,
Dietikon
Info www.dietikon.ch

Die Tore des Pumpwerks Dietikon werden geöffnet. Mitarbeitende der Wasserversorgung Dietikon machen das Motto des diesjährigen Weltwassertages «Groundwater – making the invisible visible» direkt erlebbar. Dietikon feiert zudem seine Blue-Community-Zugehörigkeit. Die Initiative der Blue Community wird mit Plakaten vorgestellt und mit experimentellen Objekten werden deren Grundsätze anschaulich erklärt. Eine Hüpfburg bringt auch für die Kleinsten Spass und ein kleiner Imbiss wird von der Stadt Dietikon offeriert.



Anlässlich des Weltwassertags am 22. März laden die Blue Community und Gleichgesinnte zu einer Vielzahl von Veranstaltungen und Führungen im ganzen Kanton Zürich.

Die Eröffungsveranstaltung der Weltwasserwoche und Diskussion mit *Pedro Arrojo-Agudo*, dem *Uno-Sonderberichterstatte*r für die Menschenrechte auf Wasser und Sanitärversorgung, findet am 18. März in der Wasserkirche Zürich statt.

(©bloodua/123RF.com)

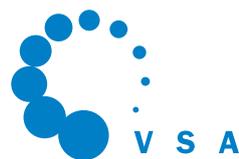
Lizenz für Pamela Bauer, p.bauer@hagenbucher.ch
TMH Hagenbucher AG, Zürich

LOKALES WASSER 37 SEIT 1559

Datum 27. März 2022, 12:30 h
Ort Rennweg 37, Zürich

Seit mehr als 500 Jahren wird am Rennweg 37 in Zürich Trinkwasser abgefüllt. Der historische Abfüllort kann besichtigt werden.

Verband Schweizer
Abwasser- und
Gewässerschutz-
fachleute
Association suisse
des professionnels
de la protection
des eaux
Associazione svizzera
dei professionisti
della protezione
delle acque
Swiss Water
Association



78. VSA-Mitgliederversammlung und Fachtagung

«ZERO POLLUTION» UND «NETTO NULL» WAS BEDEUTET DAS FÜR DEN GEWÄSSERSCHUTZ?

Donnerstag 28. April 2022 im Grand Casino Luzern



Was bedeuten die Zielsetzungen «Zero pollution» und «Netto-Null» für den Schweizer Gewässerschutz? Wir gehen dieser Frage nach. Im Anschluss findet die 78. Mitgliederversammlung des VSA statt. Auf dem «heissen Stuhl» stellt sich Nationalrätin Kathrin Bertschy den Fragen des VSA.



Verband Schweizer
Abwasser- und
Gewässerschutz-
fachleute
Association suisse
des professionnels
de la protection
des eaux
Associazione svizzera
dei professionisti
della protezione
delle acque
Swiss Water
Association



Fachtagung

DIGITALE PLANUNG AUF KLÄRANLAGEN

6. September 2022, Baden



Die Digitale Planung in der Abwasserbranche der Schweiz soll standardisiert werden. Verschiedene Arbeitsgruppen informieren über den aktuellen Stand ihrer Arbeiten und präsentieren ihre Resultate.

Angesprochen werden Anlagenbetreiber, Bauherren, Planer und Ausrüster.



ULTRASCHALL-KOMPAKTGASZÄHLER

SICK AG

TEL. +41 (0)41 619 29 25

WWW.SICK.CH

FÜR DEN EINSATZ IN DER GAS- VERTEILUNG: FLOWSIC500

Ultraschall-Durchflussmessgeräte liegen auch beim Einsatz eichfähiger Messungen weit vorn: modernste Technologie für höchste Messsicherheit. Der Ultraschall-Kompaktgaszähler FLOWSIC500 von SICK ist speziell für den eichpflichtigen Einsatz in der Erdgasverteilung konzipiert und sorgt für eine hochgenaue Verrechnung. Ideal für Stadtwerke, gewerbliche und industrielle Verbraucher.

Übergabestationen, Messstationen, kontinuierliche Gasversorgung – Erdgas ist eine Handelsware, bei der es auf die hochgenaue Verrechnung der Liefermenge ankommt. Keiner will zu viel bezahlen oder zu wenig bekommen. Schon kleinste Messungenauigkeiten können hohe Verluste bedeuten.

Das kompakte Design beansprucht wenig Platz und kommt ohne gerade Ein- und Auslaufstrecke aus. Die eigentliche Messtechnik ist in einer Kartusche untergebracht, die mit wenigen Handgriffen ausgetauscht werden kann. FLOWSIC500 arbeitet ausfallsicher mit Backup-Batterien im eigenen Netzbetrieb. Alternativ ist ein energieautarker Batteriebetrieb möglich – und das bei einer Laufzeit von bis zu zehn Jahren. Der Rekalibrierprozess vor Ort ist einfach und schnell.

Verschleiss ist kein Thema, mechanisch bewegte Teile werden nicht benötigt. Kein Teil des Messgerätes stört den Gasstrom. Die von SICK entwickelten Ultraschallsensoren messen unempfindlich gegenüber Störungen – das sorgt für langfristig stabile Messsicherheit. Unempfindlich gegen Überlastung verarbeitet es dynamische Lastwechsel. Die eingebaute automatische Selbstüberwachung erkennt frühzeitig Veränderungen der Messbedingungen, welche die spezifizierte Genauigkeit des Gaszählers gefährden könnten. Auf den Punkt gebracht ist dies ein Frühwarnsystem für eine bisher nicht gekannte Messgenauigkeit und Messsicherheit in der Erdgasverteilung.



FLOWSIC500: Gaszähler mit modernster Ultraschall-Technologie.



FLOWSIC500: beansprucht wenig Platz.

Selbst jede Gefahr der Verblockung des Gasstroms durch das Messgerät ist ausgeschlossen. Die hohe Funktionssicherheit von FLOWSIC500 bedeutet auch: Eignung für Anwendungen, in denen eine kontinuierliche Gasversorgung gewährleistet sein muss, wie beispielsweise für Krankenhäuser. Höchste Messsicherheit mit absolut einfacher Handhabung bei reduzierten Installations- und Betriebs-

kosten, wie gemacht für die Erdgasverteilung. Der FLOWSIC500 passt haargenau in die Lücke, die Ihr ersatzreifer konventioneller Gaszähler beim Ausbau hinterlässt. Ihr FLOWSIC500 wird in vier Nennweiten passend zu den gängigen Bau-längen in der Erdgasverteilung angeboten. Er ist nach allen relevanten Normen und Richtlinien für die Erdgasverteilung zugelassen.

KEINE KOMPROMISSE BEI DER DURCHFLUSSMESSUNG

ENDRESS+HAUSER (SCHWEIZ) AG
 TEL. +41 (0)61 715 75 75
 WWW.CH.ENDRESS.COM

MAGNETISCH-INDUKTIVES DURCHFLUSSMESSGERÄT

In der Wasser- und Abwasserindustrie ist eine hohe Messgenauigkeit für die Prozessregelung unerlässlich, für Bilanzierungen und Abrechnungen gar ein absolutes Muss. Bei beengten Platzverhältnissen vor Ort ist die Einhaltung der standardmässig notwendigen 5 x DN / 2 x DN Ein-/Auslaufstrecke nicht immer möglich. Komponenten wie Rohrbögen, T-Stücke etc. verursachen Strömungsturbulenzen, die bei geringen Einlaufstrecken die Messgenauigkeit negativ beeinträchtigen. Für diese Anwendungen entwickelte Endress+Hauser das magnetisch-induktive Durchflussmessgerät **Promag W** mit der Option «0 x DN Full Bore», das gänzlich ohne Einlauf- und Auslaufstrecke auskommt.

Beim Messkonzept *Promag W 0 x DN Full Bore* erfassen mehrere Messelektroden die Strömung. Die damit im Vergleich zu Standardgeräten höhere Messdatendichte sowie die verfeinerte Signalanalyse ermöglichen auch bei Wirbelströmungen verlässliche Messresultate. Das Resultat: maximal genaue Messleistung auch ohne Ein-/Auslaufstrecke und das ohne Rohreinschnürung und somit ohne Druckverlust. Häufig auftretende Wirbelströmungen nach Hindernissen wie Rohrbögen und Einsteckmessgeräten oder überstehende Dichtungen oder unterschiedliche Innen-



Mehrere Messelektroden ermöglichen eine optimale Erfassung des Strömungsprofils.

durchmesser sind für *Promag W 0 x DN Full Bore* kein Problem.

FLEXIBLER EINBAU OHNE DRUCKVERLUST

Bisher mussten Anlagenbetreiber die empfohlenen Ein-/Auslaufstrecken einhalten, notfalls mussten sie bei geringeren Strecken eine erhöhte Messabweichung in Kauf nehmen. Durch diese nicht quantifizierbaren Messabweichung befindet sich der Anwender im «Graubereich». Alternativ sind bereits Messgeräte auf dem Markt – auch von *Endress+Hauser* –, die über eine im Gerät integrierte Rohreinschnürung, s. g. «0 x DN-Sensoren» verfügen. Die damit verbundene Fließgeschwindigkeitserhöhung und Glättung des Strömungsprofils ermöglicht auch bei reduzierten Einlaufstrecken volle Messgenauigkeit. Nachteil: Durch die Einschnürung entsteht ein signifikanter Druckverlust. Dies führt zu einem erhöhten Energieverbrauch beim Pumpenbetrieb. Mit der neuen Option «0 x DN Full Bore» sind diese Herausforderungen nun gelöst. So sind verlässliche Messwerte mit voller Genauigkeit von $\pm 0,5\%$ v. M., ein flexibler Einbau und ein kosteneffizienter Messbetrieb kein Widerspruch mehr.

INDUSTRIE 4.0 READY

Im Rahmen der Digitalisierung von Wasser- und Abwasserbetrieben – Stich-

wort «Wasser 4.0» – ist ein Trend zu Messgeräten erkennbar, die neben Zuverlässigkeit und Flexibilität auch moderne Konzepte wie digitale Integration in übergeordnete und weiterführende Systeme, *Wireless*-Bedienung und passende *Life Cycle Management*-Konzepte unterstützen. *Promag W 300/500/400* verbindet diese Anforderungen, indem der zuverlässige *Promag W*-Aufnehmer mit der neuen Transmittergeneration 300/500/400 kombiniert wird. Mit einer Vielfalt an digitalen Protokollen wie HART, EtherNet/IP, Modbus RS485 und PROFIBUS DP erfüllt er Voraussetzungen für eine nahtlose Systemintegration. Die *Proline 300/500*-Geräte verfügen über eine PROFINET-Schnittstelle im Gerät. Die Messgeräte können also direkt in ein *Industrial Ethernet*-Netzwerk integriert werden.

Da Anwender von Messgeräten – vor allem bei schlecht erreichbaren Messstellen – immer häufiger auf Remote-Bedienbarkeit Wert legen, unterstützt *Proline 300/500/400* eine WLAN-Verbindung mit Laptop, Tablet oder Smartphone. Die Bedienung kann mit einem gängigen Webbrowser durchgeführt werden.

ANSCHLUSS UND INSTANDHALTUNG

Das standardmässig integrierte Weitbereichsnetzteil vereinfacht die Lagerhaltung an Ersatzteilen, sorgt aber auch

PROMAG W 0 x DN FULL BORE

- Nennweiten 0 x DN: DN25...DN1800
- Prozessanschlüsse: Festflansch (Polyurethan, Hartgummi), Losflansch (PTFE)
- Maximale Messabweichung: 0,5 % v.M.
- Erforderlicher Einlauf/Auslauf: 0x DN
- Flexibles Engineering – Messaufnehmer mit Festflanschen oder Losflanschen
- Internationale Trinkwasserzulassungen: KTW/W270, ACS, NFS61, WRAS
- Basierend auf praxisbewährten Messaufnehmern: Seit 1977 über 2 Mio. Mal erfolgreich installiert

für mehr Sicherheit. Sowohl der Betrieb bei 24 V DC als auch bei 230 V AC ist möglich, eine Inbetriebnahme mit der falschen Versorgungsspannung ist ausgeschlossen. Sollte ein Geräte- oder Bauteiltausch notwendig sein, greift das *HistoROM*-Datenspeicherkonzept. Alle Parameter-Daten werden automatisch auf Speicherbausteinen gesichert. Bei einem Komponentenwechsel wird die Information beim Gerätestart automatisch auf das neue Bauteil übertragen. Dadurch geht die Messstelle ohne jegliche Neuparametrierung schnell wieder ans Netz, die Anlagenverfügbarkeit wird erhöht. Das gilt auch beim Austausch eines kompletten Gerätes. Die notwendigen Parameter können ohne Neukonfiguration auf das Ersatzgerät übertragen werden.

EINFACHE PRÜFUNG AUF KNOPFDROCK

Um Anlagenbetreiber bei Wartung und Prüfung zu unterstützen, bieten die neuen

Elektroniken *Proline 300/500/400* mit der *Heartbeat*-Verifikation eine Geräteprüfung auf Knopfdruck. Hierbei erfolgt die Verifikation im eingebauten Zustand und ohne Prozessunterbrechung, weitere Hilfsmittel sind nicht nötig. Die Geräte benötigen nur wenige Sekunden, der 4-seitige Prüfbericht wird im Anschluss automatisch erstellt. Wenn in der Anlage digitale Übertragungsmöglichkeiten genutzt werden, kann die Verifikation sogar direkt über die Warte angestossen und die Dokumentation von dort auch abgerufen werden. Die *Heartbeat*-Verifikation erfüllt die Anforderungen an eine rückführbare Verifikation gemäss ISO9001, bescheinigt vom *TÜV Süd*.

Seit über 35 Jahren gewährleisten *Promag W*-Durchflussmessgeräte unerreichte Messleistung unter verschiedensten Prozessbedingungen. Seit 1977 wurden über 3 Mio. magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte von *Endress+Hauser* aus-

PROMAG 300/500/400

- Modernste Webserver- und WLAN-Technologie für Gerätekonfiguration im Feld
- *HistoROM*: Hohe Anlagenverfügbarkeit durch automatische Datenspeicherung
- *Heartbeat Technology* ermöglicht eine rückführbare Geräteverifikation ohne Prozessunterbrechung gemäss ISO9001 (bestätigt durch TÜV-Zertifikat).
- Zahlreiche und moderne Feldbusse (HART, PROFIBUS DP, Modbus RS485, EtherNet/IP, PROFINET)

geliefert, davon über eine Million Stück an die Wasser- und Abwasserindustrie. *Promag W 300/500/400* ist also die ideale Lösung, um die aktuellen und zukünftigen Herausforderungen zu meistern – ohne Abstriche und ohne Kompromisse. *Patrick Klank, Fachverantwortlicher Durchflussmesstechnik, Endress+Hauser*



Volle Messleistung trotz Einbau direkt nach Bögen und T-Stücken, bei hereinragenden Bauteilen oder nach Nennweitensprüngen.

SWISSGAS MISE SUR LES PRODUITS WILD

WILD ARMATUREN SA
TEL. +41 (0)55 224 04 04
WWW.WILDARMATUREN.CH

ROBINETS SPHÉRIQUES

En juillet 2020, les vieilles vannes de la station de sectionnement Utzenstorf ont été remplacés par un robinet sphérique DN 400 et trois robinets sphériques DN 200 pour ANSI 600.

Le réseau suisse de transport de gaz naturel couvre 2250km, dont 260km sont exploités par *Swissgas AG*. Avec ses ac-

tionnaires *Erdgas Ostschweiz AG*, *Erdgas Zentralschweiz AG*, *Gasverbund Mittelland AG* et *Gaznat SA*, *Swissgas* est notamment responsable du dédouanement et de l'importation du gaz naturel en Suisse. En tant qu'actionnaire principal de *Transitgas AG*, qui est responsable de l'entretien et de l'exploitation des systèmes de transport, *Swissgas AG* est non seulement un vecteur

central du savoir sur le territoire national, mais contribue aussi à la transition énergétique en Europe centrale.

FONCTION DE L'INSTALLATION « UTZENSTORF »

L'ordonnance sur la sécurité des installations de transport par conduites (OSITC) prévoit, pour des raisons de sécurité, que les conduites de gaz haute pression de niveau 2 soient divisées en tronçons de 20 km. La station de sectionnement Utzenstorf remplit précisément cette tâche, elle est située entre deux sections de 20 km.

NOUVEAU ROBINET SPHÉRIQUE DE WILD

Comme les robinets d'arrêt existants de la station Utzenstorf ne répondaient plus aux actuelles exigences techniques d'étanchéité, *Swissgas AG* a décidé de les remplacer par de nouveaux robinets sphériques. Les robinets sphériques haute pression de Wild sont conçus comme *Double Block & Bleed (DBB)* avec double piston et sont étanches à pleine différence de pression dans les deux sens. Une interface clairement définie permet l'équipement avec différents entraînements, comme p.ex. électrique, hydraulique ou pneumatique, ce, afin de pouvoir répondre aux exigences spécifiques du projet, telles que temps de fermeture plus courts de 2 sec ou exigences d'utilisation dans les réserves naturelles.

PRÊT POUR L'AVENIR ÉNERGÉTIQUE

De nombreux acteurs du secteur de l'énergie estiment que le gaz jouera un rôle important dans la transition énergétique, favorisant l'intégration des formes d'énergie renouvelables telles que l'éolien et le solaire, ainsi que les technologies power-to-gas (P2G). Toutefois dans ce contexte, la composition future du gaz en tant que porteur d'énergie n'est pas encore claire. C'est pourquoi il était extrêmement important pour *Swissgas* que les robinets répondent non seulement aux actuels critères de qualité suisse, mais qu'ils ré-



Station de sectionnement entièrement rénovée



Livraison des nouveaux robinets sphériques...



... et l'installation selon des normes de sécurité sévères

sistent également à une teneur en hydrogène plus élevée du gaz. La société Wild a satisfait à toutes les exigences du projet Swissgas AG et a remporté le marché pour

des robinets sphériques en acier conçus non seulement pour le gaz naturel, mais aussi pour l'hydrogène. Un robinet sphérique DN 400 et trois robinets sphériques

DN 200 pour le niveau de pression ANSI 600 ont été installés à la station Utzentsdorf.

WILD – GARANT DE SÉCURITÉ POUR L'APPROVISIONNEMENT EN GAZ

L'approvisionnement en gaz priorise la sécurité absolue. Dès 1987, Wild a introduit sur le marché du gaz, des produits de haute technologie et a été l'un des premiers à satisfaire aux nombreuses annexes et versions de normes et réglementations. Avec ses spécialistes du gaz, Wild s'efforce de satisfaire les exigences techniques futures dès aujourd'hui et de contribuer à l'avenir du réseau de gaz, ainsi qu'à la stratégie énergétique suisse. L'entière gamme de produits Wild couvre toutes les applications – du passage de mur des réseaux de distribution aux robinets sphériques des réseaux de transport, en passant par les solutions et produits modernes de métrologie. Que ce soit H₂, biogaz ou gaz naturel conventionnel, nous fournissons des robinets de haute qualité et des solutions sur mesure pour vos applications.

MAÎTRE D'OUVRAGE

Swissgas AG, Zurich

INGÉNIEURS

Schiess ITI AG, Zurich,
Dipl. Ing. Christoph Schiess

ENTREPRISE DE CONSTRUCTION

Swissgas AG, Zurich
(construction de la conduite réalisée par Bilfinger VAM Anlagentechnik GmbH, Autriche)

ÉTENDUE DE LA LIVRAISON

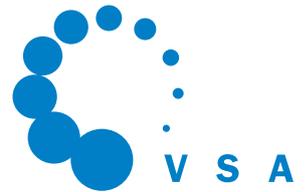
1 robinet sphérique type HKSF-W DN 400,
3 robinets sphériques type HKSF-W DN 200

Verband Schweizer
Abwasser- und
Gewässerschutz-
fachleute

Association suisse
des professionnels
de la protection
des eaux

Associazione svizzera
dei professionisti
della protezione
delle acque

Swiss Water
Association



VSA - EcoBox

MIT DEM TASCHENBECHER GEGEN LITTERING LE CENDRIER DE POCHE POUR CONTRER LE LITTERING



Gemeinden mit Seeanstoss, Fluss- und Schwimmbädern, Skigebieten oder Festivals können den «Taschenbecher» zu vorteilhaften Preisen beim VSA beziehen und an Raucher/innen abgeben. Denn weggeworfene Zigarettenstummel sind in Gewässern bereits in kleinsten Mengen tödlich für Wasserorganismen.

Les communes situées au bord d'un lac, les communes avec piscines et autres lieux de baignages, stations de ski, festivals et autres manifestations peuvent se procurer auprès du VSA les « cendriers de poche » à un prix avantageux et les remettre aux fumeurs/euses. En effet, les mégots de cigarettes jetés dans les eaux, même en très petite quantité, sont mortels pour les organismes aquatiques.



Lizenz für Pamela Bauer, p.bauer@hagenbucher.ch
TMH Hagenbucher AG, Zürich

ARBEITSGRUNDLAGE FÜR DIE PRAXIS



Quell-Lebensräume erfassen – erhalten – aufwerten

Eine Arbeitsgrundlage für die Praxis

Bundesamt für Umwelt BAFU
2022

39 Seiten

Reihe: Umwelt Wissen UW
bafu.admin.ch/uw-2122-d

Quellen sind kleinflächige Lebensräume zwischen Grundwasser, Bachoberlauf und Landhabitaten mit hoher Biodiversität. Im 20. Jahrhundert sind sie grösstenteils Siedlungen, Verkehrsflächen sowie intensiver Landwirtschaft gewichen. Einzig im Wald und in höheren Lagen sind sie oft noch als natürliche Biotope erhalten geblieben. Das BAFU möchte die Quell-Lebensräume gezielt erfassen, erhalten und aufwerten. Als Ergänzung zur bereits veröffentlichten Methode zur Quellkartierung skizziert die Publikation die Ziele und das Vorgehen zum Schutz, zur Aufwertung und Förderung der Quellen sowie ihrer Lebensgemeinschaften. Wichtig zur Umsetzung dieser Ziele ist die Sensibilisierung der Eigentümer, Nutzer und Akteure in Verwaltungen, Parks und privaten Organisationen.

Die Fachinformation kann kostenfrei als pdf heruntergeladen werden, eine gedruckte Fassung ist nicht erhältlich

URBANES NIEDERSCHLAGSWASSER



Bauen und Sanieren als Schadstoffquelle in der urbanen Umwelt

Abschlussbericht

Daniel Wicke, Roberto Tatis-Muvdi,

Pascale Rouault, Patricia Zerball-

van Baar, Uwe Dünnbier, Mirko

Rohr, Michael Burkhardt

Januar 2022

108 Seiten

Umweltbundesamt.de/publikationen

Der Bericht erläutert die Ergebnisse von Untersuchungen zur Stoffauslaugung durch Regen in zwei Berliner Neubaugebieten. Biozide aus Fassaden, Wurzelschutzmittel aus Dachbahnen, sowie Zink aus Dach und Fassade gelangten in Konzentrationen in den Regenkanal, die über Zielwerten für Gewässer liegen. Auch Transformationsprodukte der Biozide traten auf. Viele weitere Stoffe hingegen waren in ihrer Konzentrationshöhe unauffällig. Modellierung mit den erhobenen Daten zeigt, dass Emissionen aus Gebäudehüllen kleinere Gewässer, Boden und Grundwasser belasten. Vermeidung des Eintrages erfordert Änderungen in der Planung von Baugebieten. Empfehlungen für Planerinnen und Planer sind in einem im Projekt entwickelten Leitfaden festgehalten.

Der Bericht steht zum kostenlosen Download bereit, eine Druckversion steht nicht zur Verfügung.

WASSER ▼ BODEN ▼ LUFT
Analytische Untersuchungen und Beratung

envilab

ANALYTIK AUS LEIDENSCHAFT

ENVILAB AG

Mühlethalstrasse 25, 4800 Zofingen

T 062 745 70 50, www.envilab.ch

AQUA

LUZERNER ZEITUNG, 21.01.2022

WARMWASSER AB BOILER TRINKEN?

Warmes Wasser am Morgen zu trinken, bringt Stoffwechsel und Verdauung in Gang, ist eine weit verbreitete Meinung.



Wasser trinken ist angesagt und gesund – vor allem nach dem Aufstehen –, aber warm muss es nicht zwingend sein. (@budabar/123RF.com)

Ob das Wasser tatsächlich warm sein muss, ist ungewiss, jedenfalls gäbe es gemäss der Schweizerischen Gesellschaft für Ernährung (SGE) keine wissenschaftliche Studie dazu. Gewiss ist, dass nach dem Aufstehen dem Körper Flüssigkeit zugeführt werden sollte, da während der Nacht über die Haut, Atmung und Nieren viel Wasser ausgeschieden werde. Dieses muss wieder ersetzt werden. Hahnenwasser eignet sich dazu am besten. Mag man das Wasser morgens gerne warm, darf es theoretisch auch Boilerwasser sein. Aber davon ist abgeraten, weniger aus hygienischen Gründen – in der Annahme, das Wasser zirkuliert regelmässig in den Leitungen –, sondern eher aus geschmacklichen und vor allem

energetischen Gründen. Schliesslich muss morgens oft die ganze Leitung für die paar Schluck Wasser aufgewärmt werden, ausserdem fliesst erst mal viel kaltes Wasser ungenutzt weg, bis es warm aus dem Hahn kommt.

SCHAFFHAUSER NACHRICHTEN, 26.01.2022

WOHIN MIT DER ABWÄRME?

Der jährliche Energiehunger des in Beringen geplanten Rechenzentrums ist enorm: 350 GWh. Die Menge entspricht 73% des aktuellen Stromverbrauchs des Kantons Schaffhausen. Der immense Verbrauch ist aber nicht das grösste Problem der Gemeinde. Vielmehr ist es die riesige Menge Abwärme, die das Datenzentrum produzieren wird: 88 GWh. Damit könnte man grosse Teile des Klettgaus heizen, meint *Eva Neumann*, SP-Kantonsrätin aus Beringen. Auch wenn die Firma *Safe Host*, die bereits vier Rechenzentren in der Schweiz betreibt, gesetzlich nicht verpflichtet werden kann, die Abwärme zu nutzen, wäre es schön gewesen,

findet Neumann weiter, wenn vor der Baubewilligung Gedanken über die Abwärmenutzung gemacht worden wären. Nun wird geprüft, ob sich die Abwärme einer Nutzung zugeführt werden kann, zum Beispiel ein Anschluss ans Fernwärmenetz.

WALLISER BOTE, 03.02.2022

100-MIO.-PROJEKT IM WALLIS

Die Firma *EcoBois Recyclage SA* am Dorfrand von Vétroz im Wallis ist auf die Verwertung von Holz und Grünabfällen spezialisiert. Private wie auch Gemeinden, Unternehmen und Landwirte liefern dort tonnenweise organisches Material wie Zweige, Blätter, Blumen, Traubentrestler, Mist und Küchenabfälle an, das zu hochwertigem Biokompost verwertet wird. Jährlich werden auch 10 000 Tonnen Holz geschreddert, das danach für die Fabrikation von Spanplatten mit Sattelschleppern nach Italien transportiert wird. Diese 60 bis 80 Fahrten pro Monat widersprachen dem Umweltverständnis von *Stefan Studer*, Geschäfts-



Grosse Teile des Klettgaus könnten mit der Abwärme des geplanten Rechenzentrums in Beringen beheizt werden. Stattdessen weiss man nicht wohin damit. (@bennymarty/123RF.com)

PRESSEARTIKEL

Die Originalpresstexte sind für SVGW-/VSA-Mitglieder auf Anfrage zugänglich:

redaktion@aquaetgas.ch

Lizenz für Pamela Bauer, p.bauer@hagenbucher.ch
TMH Hagenbucher AG, Zürich

GAS

fürer und Mitgründer von EcoBois Recyclage SA. Auf der Suche nach einer nachhaltigen Lösung kam er auf die Idee eines Biomassekraftwerks. Erst stiess seine Idee auf Skepsis, Fernwärme war noch nicht so bekannt – vor allem nicht in der Grössenordnung, die Studer vorschwebte. Zusammen mit einem Investor wurde 2020 die *ecoenergy Valais SA* gegründet. Der Baustart erfolgte im



Bis zu 32 000 Tonnen Holz werden jährlich im Biomassekraftwerk in Vétroz verfeuert. Die Zusammenarbeit mit den Forstämtern macht es möglich. (©aetb/123RF.com)

Winter 2020/2021, in Betrieb genommen wird die Anlage ab diesem Sommer. Sie kann 32 GWh Strom und 76 GWh Abwärme produzieren, übersetzt sind dies: Ökostrom für 8000 Haushalte und CO₂-neutrale Wärme für 7000 Haushalte. Das Investitionsvolumen beträgt rund 100 Millionen Franken.

DER RHEINTALER, 19.01.2022

AM ENDE SIND SIE CO₂-NEUTRAL

Wer meint, die letzten Christbäume seien spätestens kurz nach dem Dreikönigstag ausser Sicht, irrt. Noch im Frühling gelangen die letzten zur

Grüngutsammelstelle *Thür Transporte* in Altstätten. Pro Saison sammelt Thür im Auftrag des Zweckverbandes Kehrriechter Rheintal 12 bis 15 Tonnen Weihnachtsbäume und transportiert sie weiter zur Verwertung in die Biogasanlage in Widnau. Was nach viel klingt, ist in Wahrheit ein sehr kleiner Teil der übers Jahr angenommenen Biomasse. CO₂-neutral werden die ausgedienten Weihnachtsbäume in der Biogasanlage aber allemal.

BZ LANGENTHALER TAGBLATT,
24.01.2022

SIGNALISIERTER LANDEPLATZ

Von der hiesigen Gasinfrastruktur sieht man kaum etwas. Lediglich die orange-farbenen Signaltafeln, denen man alle paar hundert Meter in Flur und Wald begegnet, zeugen von unterirdisch verlegten Rohren. Die Tafeln erlauben es, den genauen Verlauf der Gasleitungen zu verfolgen. Damit dies auch von oben möglich ist, sind die doppelwandigen Tafeln unten ausgestellt und sitzen somit wie ein Dachgiebel auf der Stange. Gut erkennbar sind sie so nicht nur von den Inspektoren

im Hubschrauber, sondern auch von den Bussarden, wenn sie über die Felder segeln auf der Suche nach Mäusen oder dergleichen. Dass Vögel sich auf den orangen «Dachgiebeln» niederlassen, ist nicht erwünscht. Schliesslich dienen die Tafeln der Sicherheit und sollten nicht durch Vogelkot verunreinigt werden. Aus diesem Grund ist die Oberkante der Tafeln oftmals mit langen Stacheln versehen. Seit rund zwei Jahren ragen bei immer mehr Tafeln – mittlerweile bei 2000 – seitlich Holzstangen heraus. Sie dienen Greifvögeln als Landeplätze.

Die Idee dazu hatte der Bildhauer *Daniel Ritter* während eines Spaziergangs. Er erblickte eine Signaltafel mitten auf dem Feld und erkannte den idealen Vogelausguck. Erst montierte er versuchsweise eine Holzstange und tatsächlich: Der erste Bussard liess nicht lange auf sich warten, und die Erfolgsgeschichte nahm ihren Anfang. Ritter suchte das Gespräch mit den Netzbetreibergesellschaften *Swissgas* und *Transitgas* und erhielt den Auftrag, die Signaltafeln umzurüsten und auch für den Unterhalt der Stangen zu sorgen. Vom Einfall des Bildhauers profitieren nicht nur die Vögel: Die für ihre Umweltbilanz gern kritisierten Gasunternehmen schmücken sich mit ihrem Engagement für Biodiversität und den Bauern wird das Mäusen von Profis abgenommen. *Ank*



Signaltafel mit Ausguck oder ausgeschilderter Landeplatz?

(©VSG)

AQUA & GAS N° 4 | 2022



Flussrevitalisierung: Bauen und Stauen wie die Biber

Thema
Gewässer



Inn-Wiederbelebung im Oberengadin

- Gewässermonitoring Pyrethroide
- Identifizierung von Transportprozessen von PSM in Gewässer anhand Monitoringstudien
- Stop aux eaux usées dans les cours d'eau
- Zertifizierung von Schweizer Gewässerperlen
- Erhebung der Fischdiversität in Seen
- Zum Schutz kälteliebender Fischarten
- Schutzzonenplanung für Ufervegetation?

Kommende Themen

Mai Wärmeversorgung
Juni Aus- und Weiterbildung
Juli/August Wasserressourcen & Trinkwasser

Inserateschluss der April-Ausgabe
17. März 2022

WWW.AQUAETGAS.CH

Herausgeber | Editeur

Schweiz. Verein des Gas- und Wasserfaches
Société Suisse de l'Industrie du Gaz et des Eaux
Grütlistrasse 44 | 8027 Zürich
Tel. +41 (0)44 288 33 33 | Fax +41 (0)44 202 16 33
www.svgw.ch



Aqua & Gas

ISSN 2235-5197

Offizielles Organ des Schweizerischen Vereins des Gas- und Wasserfaches (SVGW) und des Verbandes Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA)

Organe officiel de la Société Suisse de l'Industrie du Gaz et des Eaux (SSIGE) et de l'Association suisse des professionnels de la protection des eaux (VSA)

102. Jahrgang | 102^e année

Erscheint monatlich (Doppelausgabe im Sommer)

Verbreitete/verkaufte Auflage: 2858/2741 Expl. (WEMF/KS-Beglaubigung 19/20)

Revue mensuelle (numéro double en été); Tirage diffusé/dont vendu: 2858/2741 exemplaires (certifié REMP/CS 19/20)

Redaktion | Rédaction

Dr. Margarete Bucheli (Bum), Chefredaktorin
Karin Anklin (Ank), Stv. Chefredaktorin
Eve Pintimalli (Pie), Assistenz
Tel. +41 (0)44 288 33 43 | Fax +41 (0)44 288 33 26
redaktion@aquagetgas.ch

Redaktionsbeirat | Comité rédactionnel

Martin Sager, Stefan Hasler,
Diego Modolell, Rolf Meier, Christos Bräunle

Gestaltung | Maquette

Mathis Füssler, Karin Anklin (Konzept)

Anzeigenverwaltung | Régie d'annonces

Zürichsee Werbe AG Fachmedien | Markus Haas
Laubisrütistrasse 44 | 8712 Stäfa
Tel. +41 (0)44 928 56 53 | Fax +41 (0)44 928 56 00
www.fachmedien.ch | aquagas@fachmedien.ch

Abonnementservice | Service de l'abonnement

Erich Wenk
Tel. +41 (0)44 288 33 13 | abonnement@aquagetgas.ch

Abonnementspreise | Prix de l'abonnement

Schweiz CHF 205.- (inkl. MwSt.), im Ausland CHF 280.- (Europa) bzw. 330.- (übrige Länder); Einzelnummer: spez. Preis
Das Jahresabonnement läuft 12 Monate ab Anfang eines Kalenderjahres und verlängert sich automatisch um ein weiteres Jahr, wenn es nicht mit einer Frist von 6 Wochen schriftlich gekündigt wird.

CHF 205.- (TVA incl.), à l'étranger CHF 280.- (Europe) ou 330.- (autres pays); numéros individuels: prix spéciaux
L'abonnement est valable 12 mois à commencer du début de l'année civile et est renouvelé automatiquement à moins qu'il ne soit résilié par écrit avec préavis de 6 semaines.

Druck und Versand | Impression et expédition

Multicolor Print AG, 6341 Baar

Abdruck der Originalarbeiten, auch auszugsweise, nur mit Zustimmung der Redaktion und unter vollständiger Quellenangabe gestattet. Manuskripte unterliegen der redaktionellen Bearbeitung.

Die Annahme des Manuskriptes für Aqua & Gas setzt voraus, dass der Text inkl. Abbildungen bisher in dieser Form nicht veröffentlicht wurde, noch binnen eines Monats nach Erscheinen in Aqua & Gas in gleicher oder in ähnlicher Fassung publiziert wird. (Dies betrifft nicht die Verwendung von Teilen des Beitrages für Vorträge und Firmenmitteilungen oder deutlich gekürzt als Presseinformation.)

Die Redaktion geht davon aus, dass die Autoren berechtigt sind, über die urheberrechtlichen Nutzungsrechte an ihren Beiträgen (einschliesslich etwaiger Bildvorlagen, Zeichnungen und Tabellen) zu verfügen und dass keine Rechte Dritter verletzt werden.

Mit Annahme der Manuskripte erwirbt die Redaktion zugleich das Recht zur Übersetzung, zur Digitalisierung und Speicherung, zur Vergabe von Nachdruckrechten sowie zur Herstellung von Sonderdrucken und Fotokopien.

Toute reproduction d'articles publiés, même partielle, n'est autorisée que si la rédaction donne son aval et que la source est expressément mentionnée. Les manuscrits demeurent sujets à des modifications d'ordre rédactionnel.

Liens für Pamela Bauer, p.bauer@hagenbucher.ch
TMH Hagenbucher AG, Zürich

DEKARBONISIERUNG UND DIGITALISIERUNG

Nach einem Jahr Pause fand im November 2020 die gat | wat, der DVGW-Kongress für die Gas- und Wasserbranche, als Hybridveranstaltung in Köln und online statt. Die gat drehte sich hauptsächlich um die verstärkte Dekarbonisierung der Gaswelt, vor allem mithilfe von Wasserstoff. Bei den Diskussionen und Vorträgen der wat ging es unter anderem um die krisenfeste Ausrichtung der Wasserversorgung: Lösungen für eine sichere öffentliche Trinkwasserversorgung in Zeiten des Klimawandels wurden gesucht. Ein weiterer Schwerpunkt lag auf digitalen Lösungsansätzen für die Branche.

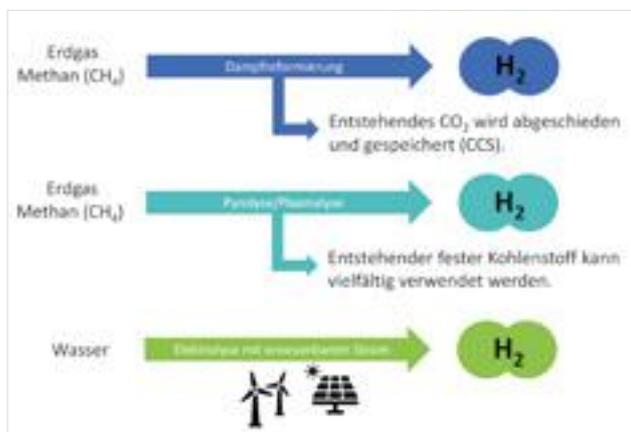
Margarete Bucheli, SVGW

Bestimmendes Thema am Kongress war der Klimawandel bzw. der Klimaschutz. Es herrschte die einhellige Meinung, dass nur mit einem Energiesystem, das sowohl auf Elektronen als auch Molekülen, d.h. auf Strom und Gas (oder anderen chemischen Energieträgern), basiert, das energiewirtschaftliche Dreieck aus Nachhaltigkeit (Klimaschutz), Wirtschaftlichkeit und Versorgungssicherheit im Gleichgewicht gehalten werden kann. Aktuell wird ungefähr ein Fünftel des Energiebedarfs von Deutschland durch Strom gedeckt und die restlichen vier Fünftel durch chemische Energieträger, darunter Gas. Während der Anteil der erneuerbaren Energien am deutschen Strommix heute bereits bei rund 50% liegt, sieht es bei den chemischen Energieträgern deutlich schlechter aus: Erneuerbare Energieträger machen nur knapp 10% des Verbrauchs aus.

ES BRAUCHT EINEN BUNTEN STRAUSS AN TECHNOLOGIEN

Im gat-Vortragsblock «Innovative Erzeugung von Wasserstoff für das zukünftige Energiesystem» wurden verschiedene Technologien – von der Elektrolyse über die Pyrolyse bis hin

zur Plasmalyse – vorgestellt. Im einleitenden Referat unterstrich Frank Graf, Bereichsleiter Gas an der DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des KIT Karlsruhe, dass es eine breite Palette unterschiedlicher Technologien brauche, um den künftigen Bedarf Deutschlands an klimafreundlichen Gasen, der gemäss verschiedenen Studien zwischen 200 und 1000 TWh im Jahr 2050 schwanke, zu decken: «Wir können nicht nur auf grünen Wasserstoff aus Elektrolyse setzen, sondern wir müssen ebenso den blauen und türkisen Wasserstoff weiterentwickeln. Und wir müssen zudem sowohl Wasserstoff als auch Methan aus Biomasse weiterentwickeln und vorantreiben.» Graf führte weiter aus, dass es sicher Importe brauchen werde, um den Bedarf Deutschlands an erneuerbaren Gasen zu decken. Schliesslich beschrieb er zwei Technologien zur Erzeugung von Wasserstoff aus Biogas: die Pyrolyse und die Reformierung. Bei der Pyrolyse entsteht neben dem Wasserstoff fester Kohlenstoff, der genutzt oder gespeichert werden kann. Bei der Reformierung hingegen ist das Nebenprodukt CO₂, das sich schwerer vor Ort speichern oder nutzen lässt.



Eigentlich ist Wasserstoff ein farbloses Gas. Dennoch werden ihm je nach Herstellungsprozess verschiedene Farben zugeordnet. Ein Vortragsblock der gat widmete sich den Technologien zur Produktion von grünem respektive türkisen Wasserstoff: Elektrolyse, Pyrolyse und Plasmalyse.

gat | wat 2021

Klaus Langemann (Wintershall Dea GmbH) berichtete von der Produktion türkisen Wasserstoffs durch Pyrolyse von Erdgas. Im Vergleich zum grünen Wasserstoff sei der erdgasbasierte Wasserstoff deutlich kostengünstiger. Auch sei die Darstellung von Wasserstoff aus Methan deutlich energieeffizienter als die Herstellung durch Elektrolyse aus Wasser. Wie sein Vordrner war auch Langemann überzeugt, dass erdgasbasierter Wasserstoff ein Muss sei, um die Energiewende in Deutschland zu schaffen. Er präsentierte zwei Projekte zur Methanpyrolyse: eine Kooperation mit dem KIT zur Weiterentwicklung der Flüssigmetallpyrolyse sowie die Investition in die Start-up-Firma HiiROC, die daran ist, eine modulierbare, skalierbare Lösung für die Wasserstoffproduktion durch thermische Pyrolyse zu entwickeln.

Nach dem türkisen Wasserstoff stand der grüne Wasserstoff im Zentrum des folgenden Vortrags. Sebastian-Justus Schmidt, CEO

der Enapter AG, stellte die Wasserstoffproduktion durch AEM-Elektrolyse (AEM: *anion exchange membrane*) vor. Die Technologie stehe zwischen der alkalinen und der PEM-Elektrolyse und vereinige daher die Vorteile der beiden Elektrolysetypen. So zeichnen sich AEM-Elektrolyseure durch grosse Robustheit, Kleinheit, einen einfachen Aufbau, hohe Flexibilität (schnelles Hochfahren ist möglich) und eine hohe Effizienz aus. Zudem komme hochreiner Wasserstoff mit bereits 35 bar aus dem AEM-Elektrolyseur, was dazu beitrage, dass die Technik sehr kostengünstig sei.

Von der Elektrolyse ging es dann zur Plasmalyse. Dabei wird aus Solar- oder Windenergie ein hochfrequentes Plasma erzeugt, womit sich C-H- und N-H-Verbindungen aufspalten lassen. *Jens Hanke* (Graforce GmbH) sprach über zwei Neuentwicklungen: die Plasmalyse von ammoniumhaltigem Schmutzwasser und die Methanplasmalyse. Eine Demonstrationsanlage sei zusammen mit den Berliner Wasserbetrieben entwickelt worden, wo aus Faulschlammwasser einer Kläranlage ein Wasserstoff-Methan-Gemisch erzeugt und zur Betankung von Fahrzeugen genutzt wurde. Zweitens sei ein Energiekonzept für ein Berliner Konferenzhotel erarbeitet worden, bei dem die Zerlegung von Methan aus Erdgas durch Plasmalyse in Wasserstoff und festen Kohlenstoff im Zentrum stehe. Der Wasserstoff soll einerseits zur reinen Wärmeproduktion und andererseits in einem BHKW zur kombinierten Strom- und Wärmeproduktion verwendet werden. Der abgeschiedene Kohlenstoff soll in Asphalt eingebunden und im Strassenbau genutzt werden.

Zum Abschluss präsentierte *Linnéa Granberg* (Plagazi AB) die Technologie der Plasmavergasung (bei > 3000 °C), um aus Abfall in einem ersten Schritt Synthesegas ($H_2 + CO + CO_2$) und in einem zweiten Schritt grünen Wasserstoff zu erzeugen und verflüssigtes CO_2 abzuscheiden. Granberg zählte verschiedene europäische Projekte rund um die Plasmavergasung auf, darunter ein Projekt mit dem Bafu unter dem Titel «Machbarkeitsstudie für eine Plagazi-Anlage zur RESH-Verwertung» (RESH = Schredderleichtfraktion).

DIGITALISIERUNGSTRENDS DER WASSERWIRTSCHAFT

Während die Dekarbonisierung durch erneuerbare Gase klar das dominierende Thema an der *gat* war, wurde an der *wat* eine grössere Vielzahl von Themen behandelt: von der nationalen Umsetzung der neuen EU-Trinkwasserrichtlinie über Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft bis hin zum Substanz- und Werterhalt der Versorgungsinfrastruktur und zur Digitalisierung. *Bernhard Albers*, Bereichsleiter Energie- und Messtechnik bei der Gelsenwasser AG, berichtete vom Einsatz smarter Wasserzähler als ersten Schritt hin zum Internet der Dinge. Um all die Vorteile eines digitalen Wasserzählers nutzen zu können, brauche es ein geeignetes Kommunikationssystem. Die Gelsenwasser AG habe sich für die Kommunikation über LoRaWan entschieden. Ein gewichtiger Nachteil dieses Systems sei aber die schwache Sicherheit im Standard. Mithilfe einer TLS-Verschlüsselung (TLS = *Transport Layer Security*) soll die LoRaWan-Übertragung sicher gemacht werden. Dafür werde zusammen mit einem Hersteller ein TLS-fähiger LoRa-Wasserzähler entwickelt, der im Laufe dieses Jahrs auf den Markt gebracht werden soll.

Die Möglichkeiten, die BIM der Wasserbranche eröffnet, erläuterte im Anschluss *Markus Schröder* (Tutthas & Meyer



Wolf Merkel (DVGW, Vorstand Wasser) eröffnete die wat. In seiner Begrüssungsansprache verwies er insbesondere auf das vom DVGW entwickelte Zukunftsprogramm Wasser mit den drei Themenfeldern «Extremereignisse und Klimawandelanpassung», «Assetmanagement und ergänzende Technologien» und «Sicherstellung der Wasserqualität».

(Foto: Nicolas Det)

Ing.-GmbH). Zuerst einmal schränkte Meyer aber ein: «Die Implementierungs- bzw. Transformationsphase kostet Zeit und Geld!» Auf Dauer mache sich BIM aber bezahlt durch Qualitätssteigerung und Kostensenkung. Ziel einer BIM-Anwendung sei die Erstellung eines digitalen Zwilling. Während Planung und Bauausführung werde das *As-built-Modell* entwickelt. Dieses müsse während des Betriebs als *As-is-Modell* ständig fortgeschrieben werden. Schröder betonte: «BIM ist kein Planungsmodell. Der digitale Zwilling begleitet das Bauwerk durch sein ganzes Leben.» Weiter warb er dafür, immer bei offenen Gräben oder Baugruben den Bestand mit Drohnen und Laserscans zu erfassen, selbst wenn BIM noch nicht eingesetzt werde. Das sei kostengünstig und damit würden die Voraussetzungen geschaffen, um später in einem digitalen Zwilling die Daten zu integrieren.

Elisabeth Jreisat, Geschäftsführerin der Hessenwasser GmbH & Co. KG, stellte Massnahmen vor, mit denen auf Klimawandel und Bevölkerungswachstum im Grossraum Frankfurt reagiert wird. Zentraler Baustein des Ressourcenmanagements sei die Aufbereitung von Flusswasser (Main und Rhein) für die Grundwasseranreicherung im Hessischen Ried und Frankfurter Stadtwald, aber auch für die landwirtschaftliche Beregnung. Die Infiltration werde basierend auf den Grundwasserganglinien geregelt. Neben dem integrierten Grundwassermanagement brauche es auch Infrastrukturausbau und -anpassungen, eine Stärkung der Verbundsysteme sowie kommunale Wasserkonzepte. Ausserdem sollten Wasserthemen in den Kommunen ämterübergreifend angegangen werden. Jreisat nannte in diesem Zusammenhang als Beispiel den Schwammstadt-Ansatz.

SVGW WASSER ESSENZ

DIE NEUE SVGW-EMPFEHLUNG W1019

Der langfristige Schutz der Trinkwasserressourcen vor Verschmutzung und anderen Beeinträchtigungen ist von zentraler Bedeutung, damit die Trinkwasserversorgung auch für die nächsten Generationen nachhaltig und günstig bleibt. Die neue W1019 unterstützt Wasserversorger, Nutzungskonflikte konstruktiv anzugehen.

Markus Biner, Fachspezialist Wasser

1998 wurden die verschärften Schutzvorgaben für Trinkwasserfassungen mit der überarbeiteten Gewässerschutzverordnung (GSchV) eingeführt. In der Folge wurden viele Anlagen und Nutzungen um Trinkwasserfassungen herum neu als Gefährdung eingestuft. Noch immer gibt es zahlreiche Trinkwasserfassungen ohne rechtskräftige Schutzzonen, und oft bleibt nur die Schliessungen von gefährdeten Fassungen.

In den meisten Fällen sind Nutzungskonflikte mit Siedlungen, Verkehrswegen und unzulässigen landwirtschaftlichen Nutzungen vor allem in der Grundwasserschutzzone S2 die Ursache (BAFU, 2018). Diese Nutzungskonflikte erschweren die Ausscheidung oder die Umsetzung der Schutzzonenbestimmungen und führen zu Verunsicherung bei den verantwortlichen Stellen in den Gemeinden. Dabei tragen eine rechtskonforme Ausscheidung von Grundwasserschutz-zonen und ein konsequenter Vollzug der entsprechenden Schutzzonenreglemente massgeblich zum langfristigen Schutz von Trinkwasserfassungen bei.

UNTERSTÜTZUNG BEI NUTZUNGSKONFLIKTEN

Mit seiner neuen Empfehlung W1019 «Umgang mit Nutzungskonflikten in Grundwasserschutz-zonen von Trinkwasserfassungen» will der SVGW den Wasserversorgern helfen, Nutzungskonflikte konstruktiv anzugehen. Die durch die SVGW-Geschäftsstelle ausgearbeitete Empfehlung wurde unter den Mitgliedern, den kantonalen Fachstellen und dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) vernehm- lasst. Basierend auf

den Rückmeldungen hat nun die *Ad-hoc*-Arbeitsgruppe «Ressourcen» unter der Leitung von *Bernhard Gyger* den Empfehlungsentwurf überarbeitet und fertiggestellt.

VIER GRUNDSÄTZLICHE LÖSUNGSANSÄTZE

Die Empfehlung zeigt die Bedeutung von Grundwasserschutz-zonen und die Umsetzungsmöglichkeiten der gesetzlichen Schutzzonenvorgaben bezüglich vorhandener Nutzungskonflikten auf. Dabei werden die folgenden vier grundsätzlichen Lösungsansätze thematisiert:

- Lösungsansatz 1: Entfernung der Gefährdung (inkl. gewässerschutz-technische Sanierungen)
- Lösungsansatz 2: Anpassung der Trinkwassernutzung des Fassungsbetriebs
- Lösungsansatz 3: Aufgabe der Fassung zur Trinkwassernutzung
- Lösungsansatz 4: Absicherung bei verbleibender Gefährdung (Minimierung der Gefährdungen durch geeignete technische bzw. betriebliche Massnahmen an den Anlagen oder der Fassungen und ein angepasstes Monitoring)

Zusätzlich wurde für die häufig in Grundwasserschutz-zonen auftretenden Nutzungskonfliktbereiche die grundsätzlichen Vorgaben und Schutzmassnahmen zur Erreichung des «Idealzustands» bezüglich Gewässerschutz dargestellt.

BEISPIELE AUS DER PRAXIS ZEIGEN MÖGLICHKEITEN AUF

Die Praxisbeispiele im Anhang der Empfehlung schliesslich geben Hinweise

auf die Bandbreite an Möglichkeiten zum verbesserten vorsorglichen Schutz des Trinkwassers. Insgesamt zeigt die Empfehlung bei bestehenden Nutzungskonflikten Vorgehensmöglichkeiten auf und unterstützt somit die verantwortliche Exekutive der Wasserversorgung bei der Lösungsfindung. Dadurch soll die Hemmung vor dieser sehr komplexen und oft aufreibenden Aufgabe genommen werden. Entsprechend richtet sich die W1019 hauptsächlich an Wasserversorger, die vor der Revision oder auch Erstausscheidung ihrer Grundwasserschutz-zonen mit Nutzungskonflikten stehen.



Praxisbeispiele im Anhang der W1019 zeigen die Bandbreite an Möglichkeiten zum verbesserten vorsorglichen Schutz des Trinkwassers.

Sie ist als Ergänzung zur Wegleitung Grundwasserschutz (Buwal, 2004) und zur SVGW-Richtlinie W2 zu betrachten, welche die Bedeutung, das Ausscheidungsverfahren und den Vollzug der Schutzmassnahmen bei Trinkwasserfassungen allgemein beschreibt. Der Umgang mit Verschmutzungen aus Zuströmbereichen wird in dieser Empfehlung nicht abgedeckt. Diese Problematik fliesst jedoch im Rahmen von Risikobetrachtungen an einigen Stellen in die Diskussion ein. Auch Probleme beim Vollzug von rechtskräftigen Grundwasserschutz-zonen und Reglementen werden in dieser Praxishilfe nicht behandelt. In solchen Fällen bietet die SVGW-Empfehlung W1017 Hilfe für die konkrete Wahl eines Rechtsmittels zur Durchsetzung der gesetzlichen Bestimmungen im Trinkwasser-Ressourcenschutz.

WASSER

SVGW BETEILIGT SICH AN ZWEI VERNEHMLASSUNGEN

Aktuell ist der SVGW bei zwei Vernehmlassungen aufgefordert, Stellung zu nehmen und die Interessen der Mitglieder und der Branche zu vertreten. Die Vernehmlassungen betreffen die Bereiche Cyber-Sicherheit und Pflanzenschutzmittel.

Rolf Meier, Leiter Bereich Wasser

Vernehmlassungen sind wichtige Instrumente im Rahmen der politischen Interessenvertretung Wasser des SVGW. Im Interesse seiner Mitglieder und der Branche nimmt der SVGW derzeit Stellung zu zwei Vernehmlassungen:

MELDEPFLICHT BEI CYBERANGRIFFEN

Cyberisiken sind zu einer der wichtigsten Bedrohungen der Sicherheit und der Wirtschaft geworden. Es ist von grosser Bedeutung, dass Angriffe auf die Schweizer Unternehmen und Behörden frühzeitig erkannt und in die Beurteilung der Bedrohungslage einfließen können. Die in der Vernehmlassung unterbreitete Meldepflicht soll es dem Nationalen Zentrum für Cybersicherheit (NCSC) ermöglichen, eine verbesserte Übersicht über Cyberangriffe in der Schweiz zu gewinnen, Betroffene bei der Bewältigung von Angriffen zu unterstützen und andere Betreiber kritischer Infrastrukturen zu warnen. Die Vorlage ist auf die bestehenden Meldepflichten abgestimmt und so ausgestaltet, dass sie für

die betroffenen Unternehmen und Behörden einen möglichst geringen Mehraufwand bedeutet.

ÄNDERUNGEN DER CHEMIKALIEN-RISIKO-REDUKTIONS-VERORDNUNG

Der Aktionsplan PSM will die derzeitigen Risiken der Pflanzenschutzmittel (PSM) halbieren und die Anwendung dieser Produkte nachhaltiger gestalten. Um dieses Ziel zu erreichen, beschreibt der Aktionsplan PSM verschiedene Massnahmen, darunter zwei im Zusammenhang mit den Fachbewilligungen für die berufliche Verwendung von PSM «Weiterbildungspflicht für die berufliche Anwendung von PSM» und «Verstärkung der Kenntnisse über den Umgang mit PSM in der beruflichen Grundbildung und in der höheren Berufsbildung».

Die vorgeschlagenen Änderungen sollen die vom Aktionsplan PSM festgestellten Mängel im System der Fachbewilligungen für die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln beheben, das seit 2005 besteht. Ziel ist es, ab 2027 den bestmöglichen Einsatz von PSM durch berufliche Anwenderinnen und Anwender zu gewährleisten, indem der Zugang zu PSM auf Inhaberinnen und Inhaber von Fachbewilligungen beschränkt wird, die über die geeigneten Kompetenzen verfügen und diese laufend aktualisieren.

Der Bereich Wasser wird in enger Abstimmung mit der Branche für beide Vernehmlassungen die Rückmeldungen abgeben. Anregungen oder Hinweise nehmen wir gerne entgegen:

*Rolf Meier, r.meier@svgw.ch
Tel. 044 288 33 67*

ENTWICKLUNGEN BEIM REGELWERK

In den beiden Fachbereichen Gas und Fernwärme tut sich momentan einiges beim Regelwerk. So werden derzeit bei der revidierten G18 und bei der neu erstellten F5 die Rückmeldungen aus den Vernehmlassungen eingearbeitet.

REGELWERK GAS: G18

Die Vernehmlassung der revidierten Richtlinie G18 für die Gasbeschaffenheit ist abgeschlossen. Zurzeit werden die eingegangenen Rückmeldungen eingearbeitet.

Die Richtlinie beschreibt die Qualität des Gases in den Netzen und ist die Basis für das gesamte Gas-Regelwerk des SVGW. Die angepasste G18 ermöglicht es, Netze mit unterschiedlichen Gasbeschaffenheiten – methanreich oder wasserstoffreich – zu betreiben. Sie lässt neu bis zu 10% Wasserstoff in Erdgas/Biogas-Netzen zu. Ferner umreisst sie die Rahmenbedingungen für die Gasfamilie «Wasserstoff» (H₂-Anteil grösser 98%) und legt somit die Grundlage für Wasserstoffnetze. Die überarbeitete Richtlinie wird der Gas-Hauptkommission und dem Vorstand im März mit dem Antrag auf Inkraftsetzung vorgelegt.

REGELWERK FERNWÄRME: F5

Auch die Vernehmlassung der neu geschaffenen F5 «Richtlinie für Dichtheits- und Festigkeitsprüfungen an Fernwärme-, Fernkälte- und Anergienetzen» ist abgeschlossen. Die Fernwärmebranche hat sich intensiv mit der F5 befasst. Es sind zahlreiche konstruktive Rückmeldungen eingegangen. Diese werden momentan eingearbeitet.

Die Richtlinie beschreibt verschiedene Prüfsituationen und -verfahren und legt Kriterien für diese fest. Alle gängigen Rohrmaterialien für Fernwärme-, Fernkälte und Anergienetze werden dabei berücksichtigt.

SVGW-JAHRESVERSAMMLUNG 2022

*Datum 9. Juni 2022
Ort Biel*

Wir sind zuversichtlich, dass nach drei Jahren die 149. Jahresversammlung – also die letzte vor dem grossen Jubiläum – mit Mitgliedern und Gästen physisch stattfinden wird, und zwar am 9. Juni 2022 in Biel. Nach der Mitgliederversammlung am Vormittag und dem Mittagessen erwarten Sie spannende Referate zu den aktuellen Herausforderungen in der Energie- und Wasserversorgung. Das Input-Referat hält die Direktorin des Bundesamtes für Umwelt *Katrin Schneeberger*.

KURSE UND VERANSTALTUNGEN

LEHRGANG «INSTALLATIONSKONTROLLEUR/IN»

Datum 2. Mai 2022 – 2. Februar 2023
Ort Aussenstelle Schwerzenbach
Info www.svgw.ch/BP-IK
h.hekele@svgw.ch

Als Fachspezialisten für die Sicherheitskontrolle und Beratung bei Gas- und Trinkwasserinstallationen in Gebäuden tragen Installationskontrolleure dazu bei, dass Gebäudetechnikanlagen be-



Mit dem neuen Lehrgang unterstreicht der SVGW die Wichtigkeit der Kontrolle von Gas- und Trinkwasserinstallationen.

triebssicher erstellt und erhalten werden. Dadurch wird eine einwandfreie Trinkwasserqualität und zuverlässige Gasversorgung sichergestellt.

Der Lehrgang zur Berufsprüfung «Installationskontrolleur/in» ist modular aufgebaut (s. Box). Die Prüfung orientiert sich an der beruflichen Praxis.

KOMMENDE MODULE

Modul «Beratung»
2.–5. Mai | Schwerzenbach

Modul «Prüfung»
18.–19. Mai | Schwerzenbach

Modul «Sicherheitskontrolle»
30. Mai – 1. Juni | Schwerzenbach

KURS «FINANZIERUNG DER WASSERVERSORGUNG»

Datum 9. Mai 2022
Ort Wasserversorgung Zürich
Info www.svgw.ch/FWV2022
s.troppan@svgw.ch

Ohne finanzielles Führungssystem und ohne strukturierte Vorgehensweise zur Ermittlung der Gebühren kann eine Wasserversorgung schleichend in finanzielle Schieflage geraten oder umgekehrt zu viele Reserven äufnen. Auch lassen sich die Gründe für nötige Gebührenerhöhungen den Entscheidungsträgern und dem Preisüberwacher ohne besagtes System nur schwer transparent darlegen.

Um die Wasserversorgungen bei ihren Finanzierungsfragen zu unterstützen, hat der SVGW die Empfehlung W1006 erarbeitet. Die Empfehlung zur Finanzierung der Wasserversorgung wird am

Kurs anhand eines konkreten Beispiels geschult.



Anhand der Empfehlung «Finanzierung der Wasserversorgung» führt der gleichnamige Kurs in das finanzielle Führungssystem und in die Gebührensystematik ein.

(©bartusp/123RF.com)

MÄRZ

TISG 007 «GASTANKSTELLEN»
3. März | Däniken

**BERUFSPRÜFUNG
«ROHRNETZMONTEUR/IN 2022»**
3.–11. März | Campus Sursee / Schlieren

LEHRGANG «BRUNNENMEISTER/IN 2022»
1. Kurswoche
14.–18. März | Lostorf

TISG 001 «GRUNDKURS»
15./16. März | Schwerzenbach

KURS «WASSERWART 2022/1»
3. Block
22. März | Bern

BERUFSPRÜFUNG «BRUNNENMEISTER/IN 2021»
Nachprüfung für Repetenten
28.–30. März | Lostorf

**TISG 001 «ARBEITSSICHERHEIT UND
GESUNDHEITSSCHUTZ»**
Modul Wasser
29. März | Schwerzenbach

Modul Gas
30. März | Schwerzenbach

APRIL

LEHRGANG «BRUNNENMEISTER/IN 2022»
2. Kurswoche
4.–8. April | Lostorf

KURS «WASSERWART 2022/2»
3. Block
5. April | Schwerzenbach

BASISWISSEN «WASSERVERSORGUNG»
7. April | Zürich

**ERFA-TAGUNG «PERIODISCHE SICHERHEITS-
KONTROLLEN (PSK) AN GASINSTALLATIONEN»**
Tag 1 «Allgemein»: 20. April | Olten
Tag 2 «PSK in Gewerbe-, Industrie-
und Sonderbauten»: 26. April | Olten

KURSE UND VERANSTALTUNGEN

MAI

LEHRGANG «BRUNNENMEISTER/IN 2022»

3. Kurswoche
2.–6. Mai | Lostorf

FOWA INNOVATION DAY

5. Mai | Zürich

KURS «FINANZIERUNG DER WASSERVERSORGUNG»

9. Mai | Zürich

TISG 003 «LÖSCHEN VON GASBRÄNDEN»

9. Mai | Littau
10. Mai | Littau
11. Mai | Littau
12. Mai | Littau

KURS «PRAKTISCHE EINFÜHRUNG IN DIE W12»

1. Kurstag: 11. Mai | Zürich
2. Kurstag: 19. Mai | Zürich

LEHRGANG «BRUNNENMEISTER/IN 2022»

4. Kurswoche
16.–20. Mai | Lostorf

TISG 003 «LÖSCHEN VON GASBRÄNDEN»

Wiederholungskurs
17. Mai | Littau
18. Mai | Littau

FACHTAGUNG «H₂»

mit Simultanübersetzung D/F
20. Mai | Biel

FACHTAGUNG «ARBEITSSICHERHEIT UND GESUNDHEITSSCHUTZ»

24. Mai | Baden



Der TISG-Kurs 001 ist neu als Fachtagung ausgerichtet.

KURS «BASISWISSEN WASSERVERSORGUNG»

Datum 7. April 2022
Ort Wasserversorgung Zürich
Info www.svgw.ch/Basiswissen
r.hoffmann@svgw.ch

Der SVGW führt auch dieses Jahr den eintägigen Einführungskurs «Basiswissen Wasserversorgung» durch. Einen fundierten Einblick in das Funktionieren der Wasserversorgung und die grundlegenden Betriebsabläufe ist den Teilnehmenden gewiss: Sie verfügen über erste Branchenkenntnisse, sind über die aktuellen Herausforderungen informiert und verstehen die Bedeutung des Trinkwassers sowie der nachhaltigen Wasserversorgung. Am Nachmittag findet eine Führung durch die Wasserversorgung



Wie funktioniert eine Wasserversorgung? Mit welchen Herausforderungen ist sie aktuell besonders konfrontiert? Diese Fragen und einige mehr werden Anfang April in der Wasserversorgung Zürich beantwortet.

Zürich statt. Der Kurs richtet sich an Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Bereich Wasserversorgung, unabhängig von Funktion oder Kaderstufe.

BRUNNENMEISTERLEHRGANG UND PRÜFUNG 2022 – EIN ÜBERBLICK

Info d.vonmoos@svgw.ch

Im März 2022 starten die letzten beiden Klassen den Lehrgang «Brunnenmeister» nach alter Prüfungsordnung. Nach sechs Wochen Unterricht findet die Abschlussprüfung im Oktober 2022 statt. Durchgeführt wird der Kurs im Bildungszentrum suissetec in Lostorf und im Campus Sursee.

Die Repetenten des Lehrganges 2021 können Ende März nochmals die Ab-

schlussprüfung nach alter Prüfungsordnung absolvieren.

ERSTER LEHRGANG NACH NEUER PRÜFUNGSORDNUNG

Ende Oktober startet dann der erste Lehrgang Brunnenmeister nach neuer Prüfungsordnung (modularer Aufbau) mit Abschluss im Frühling 2023.

Für den Lehrgang besteht eine lange Warteliste – aktuell buchen wir auf das Jahr 2025!

WASSERSTOFF-TAGUNG IN BIEL

Datum 20. Mai 2022
Ort Biel
Info www.svgw.ch/h2tagung
m.mathys@svgw.ch

Save the Date: Am 20. Mai 2022 führt der SVGW in Biel eine Wasserstofftagung (simultanübersetzt D/F) durch. Geboten wird ein umfassender Überblick über den Energieträger der Zukunft – von den Rahmenbedingungen bis zur Praxis.

Vorgestellt werden die Hintergründe zu den neuesten technischen Entwicklungen und Dienstleistungen. Auch wird die Frage beantwortet, wie vorbereitet das Schweizer Gasnetz bezüglich Wasserstoff ist.

Es stellen sich weitere bereits etablierte Akteure der Wasserstoff-Branche vor, bevor die Fachtagung mit einer Podiumsdiskussion und einem Apéro abgerundet wird.

Wir freuen uns auf Ihr Kommen!

NOUVELLES DE ROMANDIE

DIRECTIVE W3/C4 DE LA SSIGE « AUTOCONTRÔLE DANS LES INSTALLATIONS D'EAU POTABLE DES BÂTIMENTS » – UN OUTIL PRÉCIEUX

Aider les propriétaires et exploitants d'installations d'eau potable des bâtiments à mettre en œuvre l'autocontrôle exigé par la loi sur les denrées alimentaires, tel est l'objectif de la Directive W3/C4 de la SSIGE.

Cosimo Sandre, résumé et traduction par Kerstin Ahrens Riehling, SSIGE

La Directive W3/C4 définit clairement les tâches et les responsabilités pour la réalisation de l'autocontrôle nécessaire à la distribution d'eau potable irréprochable à partir des installations d'eau potable des bâtiments. Elle s'adresse aux hôpitaux, aux maisons de retraite et de soins, aux hôtels, aux salles de sport des écoles, aux centres sportifs et de loisirs, aux piscines ou d'autres bâtiments publics. Toutefois, les propriétaires d'appartements qui louent leur bien à des tiers sont également tenus de garantir la qualité irréprochable de l'eau potable par ce biais. De plus, la Directive peut également fournir aux architectes, aux planificateurs et aux installateurs sanitaires des informations utiles pour que les installations d'eau potable puissent être planifiées et réalisées de manière à permettre ultérieurement une exploitation optimale tant sur le plan hygiénique qu'économique.

STRUCTURE DE LA DIRECTIVE

La directive se compose de deux parties. La première partie contient des informations générales, des bases légales, des indications techniques et des instructions de travail pour la réalisation de l'autocontrôle. La deuxième partie, les annexes, contient les documents d'autocontrôle tels que les check-lists pour la réalisation de l'évaluation des risques, les check-lists pour la mise en œuvre des actions immédiates et des actions plus approfondies, ainsi que différents protocoles pour la documentation du contrôle des instruments de mesure ou l'enregistrement de routine des températures de l'eau froide et de l'eau chaude.

MONITORING CONTINU

L'autocontrôle des installations d'eau potable dans les bâtiments implique des contrôles opérationnels de routine, des contrôles de routine de la température, les prélèvements de routine ainsi que des évaluations des risques périodiques.

INTERVALLES EN FONCTION DE LA CATÉGORIE DU BÂTIMENT

Comme tous les bâtiments et toutes les installations d'eau potable doivent être évalués individuellement, la législation sur les denrées alimentaires ne donne aucune indication sur les intervalles de contrôle. La directive W3/C4 de la SSIGE définit des intervalles pour les différentes activités de contrôle en fonction des différentes catégories de bâtiments. Cela va de la simple maison individuelle aux bâtiments complexes comme les hôpitaux.

ÉVALUATION DES RISQUES

La gestion des risques chez le distributeur d'eau communal et dans l'industrie alimentaire prévoit une analyse des dangers selon le concept HACCP (*Hazard Analysis Critical Control Point*), une évaluation du risque et l'évaluation du risque résiduel. L'évaluation des risques selon la W3/C4 est réalisée par la personne responsable et suit les mêmes principes, mais avec une procédure simplifiée. Ainsi, les check-lists de gestion des risques, qui permettent de faire le point sur la situation actuelle en matière d'organisation, d'exploitation et de technique, constituent un élément essentiel du concept d'autocontrôle dans la directive W3/C4 de la SSIGE. Afin de simplifier la mise en

œuvre, plusieurs actions possibles sont proposées pour chaque point de la liste de contrôle, de sorte que la personne responsable n'a qu'à cocher les affirmations pertinentes avec un minimum d'effort. Les check-lists contiennent plus de cent points de contrôle. Ce nombre important est dû au fait que les installations d'eau potable des bâtiments deviennent de plus en plus complexes et que le marché propose de plus en plus de composants d'installation. De plus, la directive doit être applicable dans toute la Suisse et pour toutes les catégories de bâtiments. Pour une application simple, il est donc indispensable de biffer tous les points de la liste de contrôle qui ne sont pas nécessaires avant d'effectuer le premier autocontrôle. Somme tout, un outil précieux disponible sur notre site web: www.svgw.ch/fr/boutiqueréglementation/

JOURNÉE TECHNIQUE SSIGE/VSA « PESTICIDES – ET MAINTENANT? »

Date 10 juin 2022
Lieu Espace Gruyère, Bulle
Info www.svgw.ch/fr/cours-et-colloques/k.ahrens@ssige.ch

Suite au report du salon aqua pro initialement prévu au mois de février, VSA et SSIGE vous donnent rendez-vous au mois de juin afin de discuter de la problématique des pesticides qui reste toujours d'actualité.

AGENDA

COURS AQUAPILOT – AUTOCONTRÔLE/W12
18 mars et 8 avril 2022 | Yverdon et Lausanne

JOURNÉE D'INNOVATION FOWA
5 mai 2022 | Zurich

SENSIBILISATION AUX RISQUES GAZ
10 mai 2022 | La Rama, Cugy

FORMATION EUP
12 septembre au 23 décembre | Divers lieux

Verband Schweizer
Abwasser- und
Gewässerschutz-
fachleute
Association suisse
des professionnels
de la protection
des eaux
Associazione svizzera
dei professionisti
della protezione
delle acque
Swiss Water
Association



Lernmodul in der Ausbildung Klärwerkfachmann / Klärwerkfachfrau

LEBENSLANGES LERNEN

16.-20. Mai 2022, Hitzkirch



Teilnehmende entwickeln und vertiefen ihre Kompetenzen in den Bereichen Lerntechnik, Mathematik und Naturwissenschaften. Damit werden die Teilnehmenden gut gerüstet, um mit dem umfangreichen Stoff der Fachausbildung umgehen zu können.



vsa.ch/bildung

Verband Schweizer
Abwasser- und
Gewässerschutz-
fachleute
Association suisse
des professionnels
de la protection
des eaux
Associazione svizzera
dei professionisti
della protezione
delle acque
Swiss Water
Association



Ergänzung VSA-Richtlinie «Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter»

MODUL G



Das Modul Gewässeruntersuchung zur Beurteilung von Einleitstellen (Modul G) wurde als Bestandteil der Richtlinie «Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter» des VSA erarbeitet und ist in Deutsch und Französisch verfügbar. Das Modul G richtet sich an die Planer (GEP-Ingenieure), Vollzugsbehörden (Gemeinden, kantonale Fachstellen) und Gewässerökologen sowie auch an ARA-Betreiber.



vsa.ch/modul-g

VSA

KURSE UND VERANSTALTUNGEN

VORSTELLUNG NEUER PUBLIKATIONEN: «UMWELTSCHUTZ IM AUTO- UND TRANSPORTGEWERBE» UND «TANKSTELLENENTWÄSSERUNG»

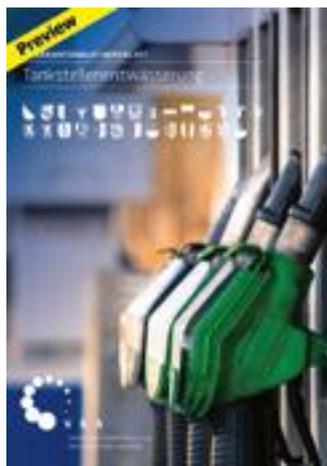
Datum 17. März 2022, 15:45–18 h

ONLINE-SEMINAR

In diesem Webinar werden der neue Leit-faden und das Merkblatt «Umweltschutz im Auto- und Transportgewerbe» sowie das überarbeitete Merkblatt «Tankstellenentwässerung» einem breiteren Publikum vorgestellt. Gemeinsam mit Vertretern aus der Branche (Auto Gewerbe Verband

Schweiz, AGVS) und Behörden wird auf die wichtigsten Neuerungen eingegangen.

Anhand von Praxisbeispielen wird die konkrete Anwendung und die Umsetzung der neuen Dokumente veranschaulicht. Am Schluss des Webinars ist eine Diskussionsrunde vorgesehen. Das Webinar wird am 21. März 2022 auch auf Französisch angeboten.



ONLINE-SEMINARE: INFO UND TEILNAHME-LINK

vsa.ch/online-seminare

MODUL «GEWÄSSERUNTERSUCHUNGEN» (MODUL G)

Datum 20. April, 17–18 h

ONLINE-SEMINAR

Bisher gab es keine einheitlichen methodischen Vorgaben zu der gewässerökologischen Beurteilung der Auswirkungen von Einleitungen auf Gewässer. Das Modul «Gewässeruntersuchungen» (Modul G) bietet methodische Grundlagen für Gewässeruntersuchungen im Rahmen der generellen Entwässerungsplanung sowie Funktions-

oder Wirkungskontrollen und liefert die Grundlage für die Planung von Massnahmen in der Siedlungsentwässerung. Die verschiedenen Stufen und Zuständigkeiten der Beurteilung für Fliess- und stehende Gewässer werden präsentiert und anhand eines Praxisbeispiels veranschaulicht. Für Fragen zum neuen Modul G ist eine Diskussionsrunde am Schluss des Webinars vorgesehen. Das Webinar auf Französisch findet am 26. April 2022, 17 bis 18 h, statt.

3D-SIMULATION IM BEREICH ABWASSER UND SONDERBAUWERKE

Datum 6. April / 4. Mai 2022, 17–18.15 h

ONLINE-SEMINAR

Es gibt komplexe Abwasseranlagen, bei denen sich das hydraulische Verhalten nicht mit einer klassischen hydraulischen Berechnung abbilden lässt. Dank 3D-Simulationen können Anlagen geplant, optimiert oder hydraulische Probleme erkannt werden.

In zwei Online-Seminaren präsentieren Fachleute ihre Erfahrungen und zeigen Nutzen und auch Grenzen der Technologie auf.

FRÜHLINGSANLASS DER VSA-YOUNG PROFESSIONALS

Datum 25. März 2022

Ort Bern

Am Frühlingsanlass am 25. März schauen die Young Professionals in die Zukunft und wollen gemeinsam herausfinden, wie das junge Netzwerk des VSA in der (Ab)Wasserbranche aktiver werden könnten.

Alle Young Professionals sind herzlich eingeladen, teilzunehmen und ihre Meinung und Ideen einzubringen.

W22 «ALLTAG AUF DER ARA: VOM BAULICHEN UNTERHALT BIS ZUM GEWÄSSERSCHUTZ»

Datum 11.–13. Mai 2022

26.–28. Oktober 2022

Ort Sarnen

WEITERBILDUNG VON KLÄRWERKFACHLEUTEN

Ergänzend zur Ausbildung von Klärwerkfachleuten bietet der VSA Weiterbildungskurse und Tagungen zu aktuellen Themen des Gewässerschutzes und Abwasserreinigungsverfahren an. 2022 wird der bestehende W22-Kurs «Alltag auf der ARA: vom baulichen Unterhalt bis zum Gewässerschutz» zwei Mal angeboten. Er dreht sich um Themen, die Klärwärterinnen und Klärwärter neben der Abwasserreinigung tagtäglich beschäftigen.

KURSE UND VERANSTALTUNGEN

MÄRZ

SEMINAR: NEUE VSA-PUBLIKATIONEN

Umweltschutz im Auto- und Transportgewerbe
17. März 2022 | online

SÉMINAIRE: NOUVELLES PUBLICATIONS VSA

Protection de l'environnement dans le secteur de l'artisanat de l'automobile et des transports
21. März 2022 | en ligne

A8 – KLÄRWERKFACHLEUTE

Ausbildungskurs
21.–25. März 2022 | Spiez

WELTWASSERTAG

22. März 2022 | weltweit

MODULE DIRECTIVE PLUVIALE

Spécialiste PGEE
22./23. März 2022 | Fribourg

VSA-YOUNG PROFESSIONALS

Frühlingsanlass
25. März 2022 | Bern

APRIL

3D-SIMULATION IM BEREICH ABWASSER UND SONDERBAUWERKE

Seminar
6. April 2022 | online

MODUL «GEWÄSSERUNTERSUCHUNGEN»

Modul G
20. April 2022 | online

M4 – KLÄRWERKFACHLEUTE

Fachausbildung
25.–29. April 2022 | Solothurn

MODUL «ANALYSE DE LA QUALITÉ DES EAUX»

Modul G
26. April 2022 | en ligne

W22 – KLÄRWERKFACHLEUTE

Weiterbildungskurs
27.–29. April 2022 | Sarnen

«ZERO POLLUTION» UND «NETTO-NULL»

Datum 28. April 2022
Ort Luzern

VSA-MITGLIEDERVERSAMMLUNG UND FACHTAGUNG

Bis 2050 soll die Schweiz gemäss Bundesratsbeschluss klimaneutral sein. Das sogenannte «Netto-Null»-Ziel bedeutet, dass die Schweiz bis 2050 nicht mehr Treibhausgase ausstossen darf, als natürliche und technische Speicher aufnehmen können. Die EU geht sogar noch weiter: Sie will bis 2050 nicht nur für die Treibhausgase «Netto-Null», sondern mit der Vision «Zero Pollution Ambition» ähnliche Ziele auch für Wasser und Boden erreichen. Für eine giftfreie Umwelt soll deren Belastung auf ein Mass reduziert werden, das für die natürlichen Ökosysteme nicht mehr als schädlich angesehen wird und die planetaren Grenzen respektiert.

Was bedeutet das konkret für den Gewässerschutz? Was braucht es, damit wir diese ambitionierten politischen Ziele erreichen? Die Referentinnen und Referenten der Fachtagung vom 28. April 2022 zeigen auf, welche Wege die EU und die Schweiz einschlagen wollen, um die Schadstoffeinträge in die Gewässerökosysteme zu reduzieren.

Beleuchtet werden nicht nur die Eintragspfade durch ARA, Mischabwasserentlastungen und Niederschlagsabwasser,

sondern auch Massnahmen in der Landwirtschaft. Zudem widmen wir uns der Frage, ob die Abwasserwirtschaft das «Netto-Null»-Ziel überhaupt erreichen kann.

MITGLIEDERVERSAMMLUNG

Nach der Fachtagung lädt der VSA zum statutarischen Teil der 78. Mitgliederversammlung ein. Die Vizepräsidentin *Anja Herlyn* und -präsident *Mauro Suà* werden durch die Verbandsgeschäfte führen. Neben den üblichen Traktanden werden die Resultate aus der Mitgliederbefragung bez. Interessenvertretung und politischer Arbeit des VSA präsentiert. Zudem stehen Gesamterneuerungswahlen und Ehrungen verdienter Fachleute auf dem Tagesprogramm.

ABSCHLUSS MIT DEM «HEISSEN STUHL»

Auf dem «heissen Stuhl» sitzt dieses Jahr *Kathrin Bertschy*. Die Nationalrätin der Grünliberalen Partei ist Mitglied der Wirtschaftskommission und der Gerichtskommission. Sie setzt sich nach eigenen Angaben für eine offene, tolerante Gesellschaft und gute Beziehungen zu Europa ein. Weitere Kernanliegen sind der Schutz der Lebensgrundlagen und eine wirksame Klimapolitik. Im Nationalrat setzt sie sich immer wieder für Gewässerschutzanliegen ein.



VSA

KURSE UND VERANSTALTUNGEN

KANALISATIONSFORUM – UNTERHALT, BAU UND SCHWAMMSTADT

Datum 16./17. Mai 2022
Ort Rapperswil

BRANCHENTREFF MIT AUSSTELLUNG

Das Kanalisationsforum fokussiert auf die Themen Bau, Qualität und Werterhalt sowie Neubau von Entwässerungsanlagen. 2022 steht zusätzlich die Siedlungsentwässerung im Zentrum des Interesses. Angesprochen werden Ingenieure, Planer von Abwasseranlagen, Kantons- und Gemeindebehörden, Lieferanten sowie an Fachleute aus Bau, Betrieb und Werterhalt von Kanalisationen.

Für Firmen und Anbieter besteht die Möglichkeit, Ausstellerplätze zu mieten und vor Ort Präsenz zu zeigen.



BLICK INS GEWÄSSER NACH MODUL G

Datum 1. Juni 2022
Ort Region St. Gallen

FACHKURS

Die Siedlungsentwässerung wirkt sich auf die Gewässerqualität aus, aber wie? In diesem halbtägigen Kurs erfahren Personen, welche für den Unterhalt des Kanalnetzes zuständig sind, und wie sich Mischabwasserentlastungen auf den Gewässerzustand auswirken.

THEMA UND KURSZIEL

Die Teilnehmenden lernen, wie sie allfällige Veränderungen des Gewässerzustands anhand von einfachen Indikatoren erkennen können. Diese Kenntnisse sind Voraussetzung für die korrekte Durchführung der Funktionskontrolle gemäss dem VSA-Modul G.

Im Kurs wird erklärt, wie mit den Indikatoren gemäss Modul G der Richtlinie «Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter» die Gewässerqualität beurteilt werden kann. Die Teilnehmenden werden

befähigt, die Funktionskontrolle gemäss Modul G selbstständig durchzuführen. Eine Einführung in die Gewässerökologie geht auf Fragestellungen des Gewässerschutzes ein und fördert das Verständnis für das Zusammenwirken der aquatischen Lebewesen untereinander und deren Beeinflussung durch Siedlungsabwässer. Im praktischen Teil wird eine Datenerhebung für das «Einfache Monitoring» am bzw. im Gewässer durchgeführt und dabei die Funktionskontrolle geübt. Die erhobenen Daten werden interpretiert, um die Auswirkungen von Einleitungen aus der Siedlungsentwässerung auf fliessgewässer festzustellen.

ZIELPUBLIKUM

Der Kurs richtet sich an alle Personen, die für Betrieb und Unterhalt von Kanalnetz und Entlastungsbauwerken von Gemeinden und Abwasserreinigungsanlagen verantwortlich sind und regelmässig Funktionskontrollen durchführen.

BETRIEB UND UNTERHALT VON ABWASSERVORBEHANDLUNGSANLAGEN

Datum 21. Juni 2022
Ort Bern

VSA/BUS-KURS F1

Der Fachkurs F1 vermittelt den Verantwortlichen für den Betrieb der Abwasservorbehandlungsanlagen praxisorientiertes Know-how zum Betrieb und Unterhalt. Speziell wird auf die Vorabscheide-, Spalt- und Neutralisationsanlagen eingegangen.

THEMA UND KURSZIEL

Die Teilnehmenden lernen die Besonderheiten der gewerblichen/industriellen Abwässer sowie die einschlägigen Vorschriften kennen. Sie kennen die wesentlichen Betriebsparameter für eine erfolgreiche Abwasserbehandlung und wissen, wie die Funktionstüchtigkeit der Anlagen überprüft wird.

Sie sind in der Lage, die Betriebsvorschriften für die Abwasserbehandlungsanlagen zu verstehen und richtig umzusetzen.

Sie erkennen, in welchen Fällen sie Hilfe von Fachleuten benötigen.

ZIELPUBLIKUM

Angesprochen werden Betriebs- und Unterhaltspersonal von Abwasseranlagen, Verantwortliche für die betriebliche Eigenkontrolle sowie Inspektoren für Branchenlösungen ohne entsprechende Fachausbildung (z. B. Garagen-, Malergewerbe etc.).

KURSANGEBOT UND ANMELDUNGEN

www.vsa.ch/bildung

CALENDRIER DES ÉVÉNEMENTS ET INSCRIPTION

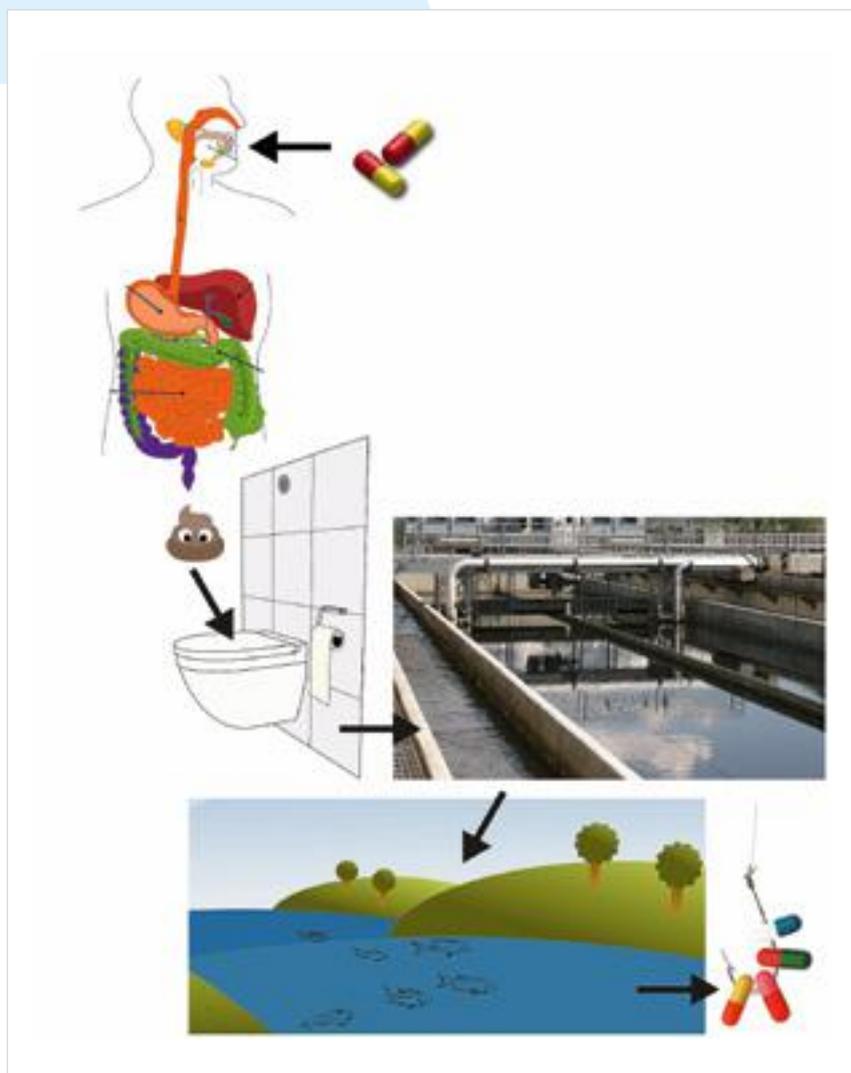
www.vsa.ch/formation

VSA-PLATTFORMEN

ARZNEIMITTEL-WIRKSTOFFE IN FLIESSGEWÄSSERN

Eine wichtige Aufgabe der VSA-Plattform «Wasserqualität» ist es, jene Stoffe in Fließgewässern zu identifizieren, die für aquatische Lebewesen in problematischen Konzentrationen auftreten. Bei geschätzten 20 000 genutzten Stoffen ist dies eine nicht immer ganz einfache Aufgabe. In einem 2021 abgeschlossenen Projekt nahmen wir die Arzneimittel genauer unter die Lupe. Wir konnten gut 14 neue Stoffe identifizieren, die nun im Mikroverunreinigung-Monitoring der Nationalen Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA-MV) untersucht werden. In zwei bis drei Jahren kann aufgrund der Messdaten beurteilt werden, ob diese Stoffe tatsächlich Probleme in Oberflächengewässern verursachen.

Silwan Daouk; Irene Wittmer, VSA-Plattform «Wasserqualität»



Von der Medikamenteneinnahme zur Belastung der Gewässer.

In der Schweiz sind rund 1000 Tier- und Humanarzneimittel zugelassen, die in unterschiedlichen Mengen, zum Teil mehrere Tonnen pro Wirkstoff und Jahr, verwendet werden. Aber nicht nur die Menge ist ausschlaggebend, ob ein Stoff schlussendlich im Gewässer vorkommt, sondern auch wie viel im Körper und in der Kläranlage abgebaut oder umgewandelt wird.

EINE FRAGE DER MENGE UND ABBAUBARKEIT

Experten zeigten, dass auch Stoffe, die in hohen Mengen verwendet werden, wie beispielsweise das Antibiotikum Amoxicillin, letztlich kaum in den Gewässern gefunden werden. Andere wiederum wie beispielsweise Röntgenkontrastmittel werden weder im Körper noch in der ARA abgebaut oder zurückgehalten und kommen in den Gewässern in relativ hohen Konzentrationen vor.

GIFTIGKEIT IST TEIL DES PROBLEMS

Nicht alle Stoffe, die in hohen Konzentrationen vorkommen, sind für die aquatischen Lebewesen eine Gefahr, und umgekehrt sind auch nicht alle Stoffe in tiefen Konzentrationen gefahrlos. Oder frei nach *Paracelus*: Nicht nur die Dosis macht die Wirkung, sondern auch die Giftigkeit der Stoffe. So sind Röntgenkontrastmittel – nach derzeitigem Kenntnisstand – auch in hohen Konzentrationen für aquatische Lebewesen kaum problematisch, das Schmerzmittel Diclofenac hingegen bereits ab 50 Nanogramm pro Liter (Nano = 1 Milliardstel oder 10^{-9}).

WISSENSLÜCKEN

Hätte man alle die oben genannten Informationen wie in der Schweiz verwendete Mengen, Abbaubarkeit im Körper und in der ARA sowie Toxizität für alle 1000 Arzneimittel vorliegen, wäre es leicht, die wichtigsten Stoffe zu identi-

V S A

VSA-PLATTFORMEN

STECKBRIEF SILWAN DAOUK



Silwan Daouk hat das Projekt zur Arzneimittelpriorisierung geleitet. Er hat an der Universität Lausanne Umweltnaturwissenschaften studiert und eine Doktorarbeit zu Einträgen von Glyphosat in die Gewässer geschrieben. Seit 2016 arbeitet er bei der Plattform «Wasserqualität» des VSA mit dem Schwerpunkt Spurenstoffe.

fizieren. Das Wissen insbesondere zur Abbaubarkeit und zur Toxizität ist aber je nach Stoff sehr unterschiedlich und zum Teil gar nicht vorhanden. Um das neuste Wissen zu kennen und zu nutzen, ist daher nebst Informationen aus der Literatur der Austausch mit Expertinnen und Experten zentral. In diesem Projekt stellten die Experten der Eawag, des Oekotoxizentrums sowie der Vereinigung

der kantonalen Gewässerschutzlabore (Lab'Eaux) ihr Wissen sowie vorhandene Messdaten zur Verfügung.

DEN ÜBERBLICK BEHALTEN

Damit wir den Überblick über alle gesammelten Informationen zu den 1000 Stoffen nicht verlieren, führen wir eine Metadatenbank zu Spurenstoffen. In der Datenbank sind Informationen zu Zulassung, Mengen (sofern vorhanden und nicht vertraulich), Messdaten, Abbaubarkeit von Stoffen und der Toxizität systematisch miteinander verknüpft. Basierend auf den vorhandenen Informationen in der Datenbank führten wir eine theoretische Priorisierung aller zugelassenen Arzneimittel durch und identifizierten diejenigen Stoffe, die als besonders kritisch gelten und beobachtet werden sollen. Diese wurde anschliessend mit den oben genannten Experten besprochen und nach Wichtigkeit priorisiert und ausgewählt.

GEWÄSSERZUSTAND ERFASSEN

Die ausgewählten Arzneimittel werden nun in den nächsten Jahren im Mikroverunreinigung-Messprogramm der Nationalen Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA-MV) untersucht. In zwei bis drei Jahren kann man Bilanz ziehen, ob die Stoffe verbreitet in für aquatische Lebewesen problematischen Konzentrationen vorkommen. Wenn dies der Fall ist, werden sie weiter im NAWA-MV-Programm untersucht. Parallel dazu

führt das Oekotoxizentrum eine umfassende Bewertung der Toxizität dieser Stoffe durch, um daraus belastbare Qualitätskriterien abzuleiten, die robuste Auswertungen der Monitoringdaten ermöglichen.

NACH DER PRIORISIERUNG IST VOR DER PRIORISIERUNG

Die Priorisierung von Wirkstoffen muss periodisch neu überprüft werden. Dies zeigt ein jüngstes Beispiel einer neuen Erkenntnis zur Toxizität des Antibiotikums Clindamycin. Das deutsche Umweltbundesamt hat 2021 die Giftigkeit verschiedener Arzneimittel für aquatische Lebewesen neu einschätzen lassen und dafür auch selbst neue ökotoxikologische Studien durchgeführt. Zu den toxischsten gehört Clindamycin, das bereits ab 44 ng/l ein Problem sein könnte. Ein Blick in die Messdaten zweier Kantone zeigte, dass diese Konzentrationen in den Gewässern durchaus erreicht wird. Die Arbeitsgruppe «Lab'Eaux NAWA» hat bereits reagiert und so wird auch dieser Arzneimittelwirkstoff neu von vielen Kantonen, vorerst provisorisch, mitgemessen.

KONTAKT

Auskünfte und Informationen erteilen Ihnen gerne:

Silwan Daouk, silwan.daouk@vsa.ch
Irene Wittmer, irene.wittmer@vsa.ch



mw Mätzener & Wyss
Bauingenieure AG

Wir planen mit Ihnen!

Lösungsorientiert, kreativ und dynamisch: Wir sind die zuverlässigen Partner im Bauingenieurwesen mit rund 40 Mitarbeitenden.

Zur Unterstützung unserer Teams in Interlaken oder Meiringen suchen wir:

Projektleiter(in) Siedlungsentwässerung

In Ihrer Funktion bearbeiten Sie abwechslungsreiche Projekte in der Ver- und Entsorgung, insbesondere im Fachgebiet Siedlungsentwässerung / GEP. Sie sind verantwortlich für die fachliche, finanzielle und terminliche Abwicklung der Aufträge.

Sie haben mehrjährige Berufserfahrung in der Bearbeitung von Siedlungsentwässerungsprojekten und der generellen Entwässerungsplanung (GEP). Sie verfügen über ein abgeschlossenes Bauingenieurstudium, eine Techniker Ausbildung oder einen vergleichbaren Hintergrund.

Projektleiter(in) Tief- und Bahnbau

In Ihrer Funktion bearbeiten Sie vielseitige Tief- und Bahnbauprojekte vom Projektbeginn bis zur Realisierung. Sie sind verantwortlich für die fachliche, finanzielle und terminliche Abwicklung der Aufträge, führen ein motiviertes Projektteam und beraten unsere Kunden.

Sie verfügen über ein abgeschlossenes Bauingenieurstudium und haben einige Jahre Berufserfahrung in der Projektierung im Tief- und Bahnbau.

Bei uns erwartet Sie eine spannende und vielseitige Tätigkeit in einem jungen, motivierten Team mit zeitgemässen Anstellungsbedingungen. Unsere modern eingerichteten Büroräumlichkeiten befinden sich in den Zentren von Interlaken und Meiringen.

Haben wir Ihr Interesse, in einem einmaligen Alpenraum zu leben und zu arbeiten, geweckt? Dann freuen wir uns auf Ihre Bewerbung per E-Mail an timon.rubin@mw-ing.ch.

Mätzener & Wyss Bauingenieure AG
Interlaken | Meiringen | mw-ing.ch



Projektleiter Wasserversorgung (m/w/d)

Unsere Kompetenz: Versorgungsunternehmen wollen eine tadellose Infrastruktur gewährleisten, welche darum weitsichtig geplant und kontinuierlich unterhalten werden muss. Das ist unser Metier. Schweizweit. Wir konzipieren, dokumentieren, pflegen und beraten.

Seit über 60 Jahren sind wir im Gebiet der Wasserversorgung eines der führenden Unternehmen in der Schweiz und realisieren anspruchsvolle Projekte. Im Geschäftsbereich Planung Wasser/Gas in Buchs-Aarau suchen wir eine Projektleiterin bzw. einen Projektleiter.

Unser Angebot: Ihre Haupttätigkeit besteht in der Erstellung von Generellen Planungen und Rohrnetzberechnungen für Wasserversorgungen. Dazu gehören Zustandsanalysen, Messkampagnen und Ausbauplanungen ganzer Versorgungen, Bewertung und Erneuerungsplanungen von Netzen und Anlagen, Finanzplanungen sowie Konzepte zur Qualitätssicherung.

Ihre Qualität: Sie haben einen Abschluss als Ingenieurin/Ingenieur Bau, Geomatik, Umwelt oder Maschinenbau und verfügen über analytisches Flair für Aufgabenstellungen aus der Trinkwasserversorgung und Hydraulik. Sie haben die Fähigkeit, Wesentliches in Ihren Analysen zu erkennen. Selbstständigkeit, Eigenverantwortung und gute kommunikative Fähigkeiten im Kundenkontakt, beim Verfassen von Berichten sowie beim Präsentieren zeichnen Sie aus.

Ihr Profit: Wir bieten Ihnen eine verantwortungsvolle und selbstständige Position mit viel Freiraum sowie eine fundierte Einführung in den vielfältigen Aufgabenbereich. Das Arbeitspensum beträgt 80 - 100 %. Es erwartet Sie ein attraktives Arbeitsumfeld mit einem flexiblen Arbeitszeitmodell, einem persönlichen Einzelbüro, guten Sozialleistungen und entsprechenden Möglichkeiten zur fachlichen und persönlichen Weiterentwicklung.



Weitere Auskünfte zum Tätigkeitsgebiet erteilt Ihnen Marco Rufer, Fachbereichsleiter Analyse/Konzept, rufer@lienhard-ag.ch, Telefon 062 832 82 85. Bewerbungsunterlagen an: info@lienhard-ag.ch

K. Lienhard AG, Ingenieurbüro
5033 Buchs-Aarau, Bolimattstrasse 5
www.lienhard-ag.ch info@lienhard-ag.ch

Lienhard

Niederlassungen: Buchs-Aarau | Rapperswil-Jona | St. Gallen | Bern | Raron VS



multicolor print

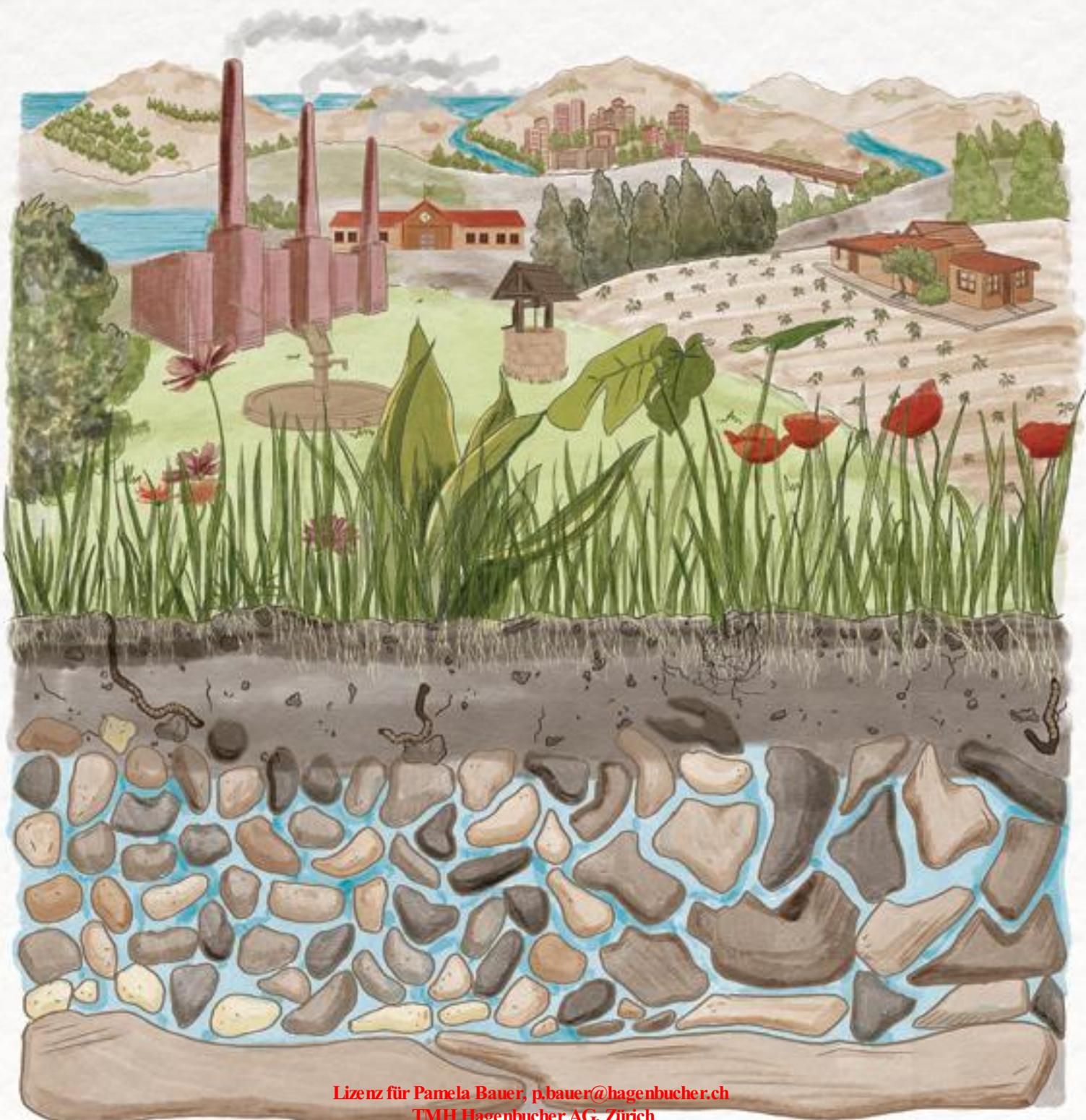
Multicolor Print AG
Sihlbruggstrasse 105a
CH-6341 Baar
www.multicolorprint.ch

DIE KÖNNEN DAS.

Groundwater: making the invisible visible

UN WATER
22 MARCH
WORLD
WATER
DAY
2022 Groundwater

Out of sight, under our feet, groundwater is a hidden treasure that enriches our lives. Our drinking water and sanitation, our food supply and natural environment – all these rely on groundwater.



WO ANSPRÜCHE WACHSEN,
WACHSEN WIR MIT **1987** NOUS PROGRESSONS AVEC
LE NIVEAU DES EXIGENCES



Sicherheitsgarant in der Gasversorgung

Bei der Gasversorgung kommt es in erster Linie auf absolute Sicherheit an.

Bereits 1987 gab Wild Vollgas in der Gasversorgung und führte technologisch hochstehende Produkte für die Haustechnik wie Kugelhähne, Hauseinführungen und Isolierstücke im Markt ein. Eine seit über 30 Jahren bewährte Technologie.

Heute sind unsere Gas-Produkte H2 ready - bereit für die Zukunft.

La sécurité dans la distribution du gaz

Les distributeurs de gaz misent principalement sur la sécurité absolue.

En 1987, Wild se lance à fond dans la distribution du gaz et introduit sur le marché des produits à la pointe de la technologie tels que vannes à boisseau sphérique, passages de mur et pièces d'isolation. Une technologie éprouvée depuis 30 ans.

Aujourd'hui, nos produits de gaz sont H2 ready - prêts pour l'avenir.