

Platzhalter: Ihr Logo

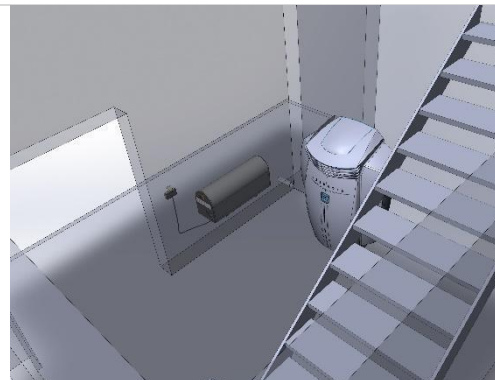
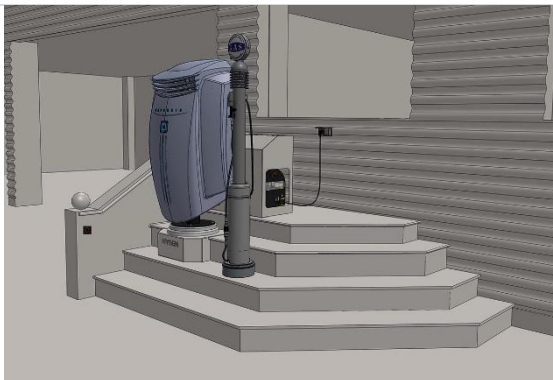
Gefördert durch den
Innovationsfonds
Klima- und Wasserschutz

badenova
Energie. Tag für Tag

Projekt 2019-05

Dezentrale Erdgasfahrzeugbetankung – Brücke zur Elektromobilität

Abschlussbericht



Ansprechpartner:

Peter Majer, Prälat-Lutz-Str. 21,
88048 Friedrichshafen

Erstellungsdatum:

11.06.2023

Inhalt

1	PROJEKTÜBERBLICK.....	3
1.1	AUSGANGSLAGE.....	3
1.2	WISSENSCHAFTLICHE UND TECHNISCHE ZIELE.....	3
1.3	HERAUSFORDERUNGEN // CHANCEN UND RISIKEN DES VORHABENS.....	5
2	PROJEKTDESCHEIBUNG	5
2.1	PROJEKTABLAUF	5
2.1.1	Projektidee.....	5
2.1.2	Terminplan.....	7
2.1.3	Budgetplanung und Förderung.....	8
2.2	PROJEKTPLANUNG	9
2.2.1	Anlagen- und Standortauswahl	9
2.2.2	Ausführungsplanung	9
2.2.3	Energie- und Nutzungskonzept.....	11
2.3	TECHNISCHE PLANUNG UND UMSETZUNG	11
2.3.1	Technische Daten.....	11
2.3.2	Anlagenbau	12
2.3.3	Schemata und Pläne	12
2.4	ANLAGEN- UND STANDORTGENEHMIGUNG.....	12
2.4.1	Allgemeine Vorbemerkungen.....	12
2.4.2	Brandschutz und Explosionsschutz	14
2.4.3	Erlaubnisantrag gem. §18 Abs. 1 Nr. 3 BetrSichV.....	16
2.5	ÖKOLOGISCHER NUTZEN.....	17
2.5.1	Einsparung an Primärenergie, Reduktion der CO2-Emission	17
2.5.2	Über die direkten Emissionen hinausgehender Umweltnutzen.....	17
2.6	BETRACHTUNG DER WIRTSCHAFTLICHKEIT, GESCHÄFTSMODELL	18
2.6.1	Untersuchte Geschäftsmodellvarianten.....	18
2.6.2	Wertversprechen des Gasdroids.....	19
2.6.3	Investitions-, Betriebs- und Genehmigungskosten.....	19
2.6.4	Erlössituation und Wirtschaftlichkeit	20
3	WIRKUNG DER UMSETZUNG, ÖFFENTLICHKEITSARBEIT	22
3.1	AUSWIRKUNGEN AUF DEN ZUKÜNFTIGEN BETRIEB	22
3.2	WEITERFÜHRENDE MAßNAHMEN, ÜBERTRAGBARKEIT DER PROJEKTERGEBNISSE.....	22
3.3	ÖFFENTLICHKEITSARBEIT	23
4	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	23
4.1	NACHFRAGE UND AKZEPTANZ.....	23
4.2	TECHNISCHE EINSCHÄTZUNG	23
4.3	WIRTSCHAFTLICHE EINSCHÄTZUNG	23
4.4	AUSBLICK.....	24
5	ANLAGE: PROJEKTERKENNTNISSE	25
6	ANLAGE: KONTAKTDATEN	26

1 Projektüberblick

1.1 Ausgangslage

Der größte Teil der CO₂-Emissionen Deutschlands wird mit über 300 Mio. t/a durch die Energiewirtschaft verursacht, gefolgt von den CO₂-Emissionen aus Verkehr und Transport (100 Mio. t/a). Während jedoch die Emissionen aus der Energiewirtschaft seit Jahren rückgängig sind, nehmen die Emissionen im Verkehrssektor eher wieder zu. Zur Erreichung der Klimaschutzziele Deutschlands ist daher eine deutliche Reduzierung der Emissionen auch im Verkehrssektor notwendig.

Bei Einreichung des Projektantrags beim Innovationsfonds im Jahr 2018 wurde zwar darüber diskutiert, ob die Elektromobilität Hoffnungsträger sein könnte für einen emissionsreduzierten Verkehr. Es waren zu diesem Zeitpunkt aber weniger als 100.000 Elektrofahrzeuge auf Deutschlands Straßen unterwegs, etwa in gleicher Zahl wie die wenige Jahre zuvor noch als besonders umweltschonend gepriesenen Erdgasfahrzeuge. Da die Reichweite der Elektrofahrzeuge unter der von Fahrzeugen lag, die mit fossilen Energieträgern angetrieben werden (das Gewicht der Batterien ist hoch, ihre Energiedichte gering), zum damaligen Zeitpunkt die spezifischen CO₂-Vermeidungskosten bei (damals wenig geförderten) Elektroautos höher lagen als bei (ungeförderten) Erdgasfahrzeugen und die Strominfrastruktur für eine große Zahl von Elektroautos nicht ausgelegt ist, lag es nahe, für eine schnelle und kurzfristige Verringerung der Emissionen im Verkehr auch weitere Fahrzeugkonzepte und Energieträger zu berücksichtigen. Dabei waren insbesondere Erdgas-/Biogasfahrzeuge besonders attraktiv, weil sie auf bewährter Technik aufbauen, ein bereits verfügbares Tankstellennetz nutzen und nur geringfügig höhere Anschaffungskosten als Benzin- und Dieselfahrzeuge hatten und dennoch im Vergleich zu Benzin- und Dieselfahrzeugen geringere Emissionen (CO₂, Feinstaub, etc.) aufweisen. Darüber hinaus halten diese Fahrzeugkonzepte die Tür offen zu Elektrofahrzeugen, die künftig mit gasförmigen oder flüssigen Energieträgern auf Basis erneuerbarer Energien betankt werden, z.B. Wasserstoff-Fahrzeugen. Denn „Elektromobilität“ muss künftig ja nicht ausschließlich „Batteriefahrzeuge“ bedeuten.

Vor diesem Hintergrund zielte das Projekt „Dezentrale Erdgasfahrzeugbetankung“ darauf ab, die Akzeptanz von Erdgasfahrzeugen zu verbessern, den Betrieb von Erdgasfahrzeugen zu vereinfachen und durch eine Betankung zu Hause oder am Arbeitsplatz ein Konzept zu erproben, das auch in der batterie- und H₂-gestützten Elektromobilität eine wesentliche Rolle spielen könnte.

1.2 Wissenschaftliche und technische Ziele

Die Firma HYGEN (www.hygengroup.com) mit Sitz in Riga, Lettland, hatte 2016 eine kleine Erdgasbetankungsanlage vorgestellt, mit der bei einem verfügbaren Erdgas-Hausanschluss Einzelfahrzeuge und kleine Flotten in Minuten dezentral und ohne Nutzung von öffentlichen Tankstellen betankt werden sollten, vgl. Abbildung 1. Im Rahmen des Projektes sollten solche Anlagen auf dem Firmengelände der badenova und an weiteren 4 Gewerbestandorten und Privathaushalten installiert werden.

Dabei war zu unterscheiden zwischen einer Betankungsanlage für 1 – 2 Fahrzeuge (dem „Gasdroid“) und einer Betankungsanlage für ca. 4 Fahrzeuge (HYGEN+). Während der Gasdroid zu Projektbeginn bereits als Prototyp verfügbar war, wurde der HYGEN+ parallel zur Erprobung des Gasdroid im Feld entwickelt. Dementsprechend sah das Projekt zunächst den Einbau von 3 – 4 Gasdroid-Anlagen und später dann, nach etwa 12 Monaten Projektlaufzeit, den Aufbau von 1 – 2 HYGEN+-Anlagen vor. Als Standorte wurden Betriebe gewählt, bei denen bereits Erdgasfahrzeuge vorhanden waren oder kurzfristig beschafft wurden, um eine den Betankungsmöglichkeiten angemessene Abnehmerstruktur sicherzustellen. Obwohl beim Innovationsfonds der badenova wie vom Hersteller empfohlen die 4

Standorte für den Gasdroid in Privathäusern beantragt worden waren, wurden von den Sachverständigen letzten Endes also Gewerbestandorte gefordert mit der Begründung, dass in dieser Konstellation einerseits häufiger mit Erdgasfahrzeugen zu rechnen wäre und andererseits erst die Installation im gewerblichen Umfeld einen genaueren Rückschluss auf die Qualität der Technik und die Genehmigungsfähigkeit der Betankungsanlage würde zulassen – eine Einschätzung, die sich im weiteren Projektverlauf bestätigt hat.

Application : Small private station

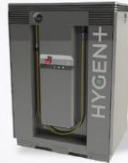
TODAY
At Home CNG
Supercharger



- Compression flow: 1,1 Sm³/h (0,65 SCFM)
- Storage capacity: 19 Sm³ (675 SCF)
- Fueling time: 22 GLE (5 GGE)
- Electricity consumption: 3 min
- Power supply: 0,4 kWh/GLE
- Service life: (1,8 kWh/GGE)

Application : Fleet vehicles

TOMORROW
Small Business
Fueling Appliance



- Compression flow: 5 Sm³/h (3 SCFM)
- Storage capacity: 8 GLE/h (1,4 GGE/h)
- Fueling time: 85 SCM (3000 SCF)
- Electricity consumption: 95 GLE (24 GGE)
- Power supply: 15 min
- Service life: 0,4 kWh/GLE

Abbildung 1: HYGEN-Anlage für private Haushalte (links) und HYGEN+-Anlage für kleine Erdgas-Flotten bis ca. 4 Fahrzeuge (rechts); Quelle: HYGEN Firmenpräsentation 2018

Im Einzelnen waren damit die Ziele des Projektes:

- Erprobung eines neuen technischen Konzepts für die Verdichtung von Erdgas durch einen Pumpen-Hydraulikkreislauf-Verdichter und für die durch Zwischenspeicherung mögliche rasche Betankung von Fahrzeugen durch Überströmen/Druckausgleich.
- Prüfung der für die Genehmigung, Inbetriebnahme und den Betrieb notwendigen Schritte insbesondere für die Betankung von Fahrzeugen im gewerblichen Umfeld (also Fahrzeugen aus einer eigenen gewerblichen Flotte – der Betrieb einer „öffentlichen Tankstelle“ stand nicht zur Debatte).
- Vergleich der Wirtschaftlichkeit der beiden Konzepte „Gasdroid“ und „HYGEN+“ untereinander im Hinblick auf bestimmte Standorte und Anwendungs-/Nutzungsfälle und mit bestehenden anderen Betankungslösungen und Antriebsalternativen.
- Wenn möglich Übertragung der Erkenntnisse auf andere Gase, z.B. Biogas oder Wasserstoff.

Neben dem Entwickler HYGEN wirkte die badenova AG & Co. KG mit ihrer Tochtergesellschaft bnNetze GmbH am Projekt als Partner mit. Die badenova versorgt in Südbaden mehrere 100.000 Erdgaskunden und betrieb früher ein eigenes Netz von Erdgas-Tankstellen. Zwar stagniert seit Jahren die Zahl der Erdgasfahrzeuge im Netzgebiet der bnNetze, die Nachfrage aber nach Alternativen zu öffentlichen Tankstellen ist nach wie vor groß, zumal Biogas (und damit ein Erneuerbarer Energieträger) in ausreichender Menge zur Betankung aller Erdgasfahrzeuge im Gebiet der bnNetze vorhanden wäre. Assoziierte Partner war neben dem ADAC Südbaden und der Handwerkskammer Freiburg die Bäckerei Reis aus Kirchzarten. Da zum Projektstart wegen der schlechten Luftqualität in Freiburg ein Diesel-Fahrverbot drohte, wollte die Firma Reis-Beck ein Erdgas-Transportfahrzeug als Alternative zu den Diesel-Transportern erproben und zur verkehrswegoptimierten Betankung eine HYGEN-Anlage auf dem eigenen Firmengelände umsetzen.

1.3 Herausforderungen // Chancen und Risiken des Vorhabens

Die Herausforderungen wurden im Projekt in der technischen Umsetzbarkeit einer dezentralen Betankung, im störungsfreien Betrieb und in einer für mehrere Standorte standardisierbaren Genehmigungsbeantragung gesehen. Diese Faktoren würden die Wirtschaftlichkeit der neuen technischen Lösung wesentlich beeinflussen, wobei der Hersteller HYGEN damit warb, dass seine Betankungslösung zu günstigeren Kilometerkosten führen würde als die Betankung über öffentliche Erdgas-Tankstellen.

Der Hersteller schöpfte diese Hoffnung u.a. aus der Tatsache, dass das in den Anlagen eingesetzte hydraulische Verdichterprinzip einfacher ist als das Kolbenverdichterprinzip in marktgängigen Anlagen, wodurch die Wartungskosten bei den HYDEN-Anlagen geringer wären. Zudem würden Zeiten und Wege zu öffentlichen Tankstellen entfallen und der Fahrzeugbetreiber würde von den günstigen Erdgaspreisen seines Hausanschlusses profitieren. Ein Risiko wurde darin gesehen, dass bis zur Projektdurchführung noch nicht erprobt war, wie viele Fahrzeuge sich in der Praxis an einer Anlage würden betanken lassen. Da die Betankung einerseits über einen zwischengeschalteten Gasspeicher sehr schnell erfolgen kann, andererseits aber nur durch Druckausgleich (was die Füllmenge im zu betankenden Fahrzeug limitiert) oder ein langsames Nachfüllen direkt über den Kreiselumpenverdichter, würde es stark darauf ankommen, die Fahrzeuge zu den richtigen Zeiten zu betanken, um die volle Kapazität der HYGEN-Anlage auszunutzen.

2 Projektbeschreibung

2.1 Projektablauf

2.1.1 Projektidee

Die Idee zur dezentralen Betankung von Erdgasfahrzeugen in Privathäusern und kleinen Betrieben gibt es seit über drei Jahrzehnten. Unternehmen wie FuelMaker, GE, EATON und anderen gelang es allerdings nicht, ein kostengünstiges und zuverlässiges Gerät für die Betankung zu Hause zu entwickeln. Der HYGEN Supercharger ist eine neue Betankungsinfrastrukturlösung für Erdgasfahrzeuge. Der dafür von HYGEN entwickelte Direkthydraulikkompressor soll überzeugende Kosten- und Lebensdauervorteile sowie einen allen anderen bestehenden Lösungen überlegenen Komfort bieten.

HYGEN nutzt das bestehende Erdgas-Verteilnetz, indem es den Kompressor einfach an die Niederdruck-Gasversorgungsleitung des Haushalts anbindet. Der Kompressor komprimiert und speichert bis zu 14 kg Erdgas unter hohem Druck. Ein Speicher dient als Puffereinheit für das komprimierte Erdgas, das in nur 3 Minuten in die Tanks des Erdgasautos übertragen wird. Der Kompressor arbeitet 25.000 Stunden praktisch wartungsfrei und mit geringem Stromverbrauch, die Anlage kann damit 8 – 10 Jahre ohne technischen Service betrieben werden. Eine kleine Anlagen-Einheit „Gasdroid“ für Privathaushalte ist so ausgelegt, dass sie zwei durchschnittliche Erdgas-PKW versorgen kann; sie ermöglicht zwei Betankungen pro Tag mit einer für jeweils 150 km Reichweite ausreichenden Gasmenge.

Im Vergleich zur HYGEN-Technologie werden herkömmliche Kompressoreinheiten aus Standardteilen hergestellt, die während des Betriebs viel Reibung erzeugen, was zu Überhitzungsproblemen führen kann, insbesondere dann, wenn die Betankung über mehrere Stunden erfolgen soll und dabei der Druck direkt aus dem Hausanschluss ständig auf das für die Betankung benötigte Druckniveau angehoben werden muss. HYGEN nutzt eine eigenentwickelte Flüssigkolben-Gaskompressionstechnologie, die die insbesondere in kleinen Kompressionsanlagen auftretende starke Reibung, übermäßige Hitze und Öldämpfe aus dem Gaskompressionsprozess eliminiert.

Diese Technologie nutzt zwei Hochdruckzylinder, von denen abwechselnd einer mit Arbeitsflüssigkeit gefüllt ist und ein anderer mit dem Gas aus dem Niederdruck-Erdgasnetz. Die Arbeitsflüssigkeit wird mittels Hydraulikpumpe von einem Zylinder zum anderen und zurück übertragen. Wenn die Arbeitsflüssigkeit in den mit Gas gefüllten Zylinder einströmt, komprimiert sie das Gas in diesem Zylinder so lange, bis dieses an der Oberseite entweder zum Kraftstofftank des Fahrzeugs oder zu einem dritten Zylinder, dem Hochdruck- Speicherzylinder, hinausgedrückt wird. Die Anhebung auf den gewünschten Druck erfolgt durch die Veränderung der Durchflussmenge der Arbeitsflüssigkeit über eine Hydraulikpumpe.

Durch die Trennung des Systems in eine „Zapfsäule“, die Gas-Kompressionseinheit und die Hydraulikeinheit steigt die Gesamtsicherheit des Systems. So sind z.B. die elektrischen Motoren der Hydraulikeinheit räumlich getrennt von den gasführenden Anlagenteilen in Zapfsäule und Gas-Kompressionseinheit, vgl. Abbildung 2.

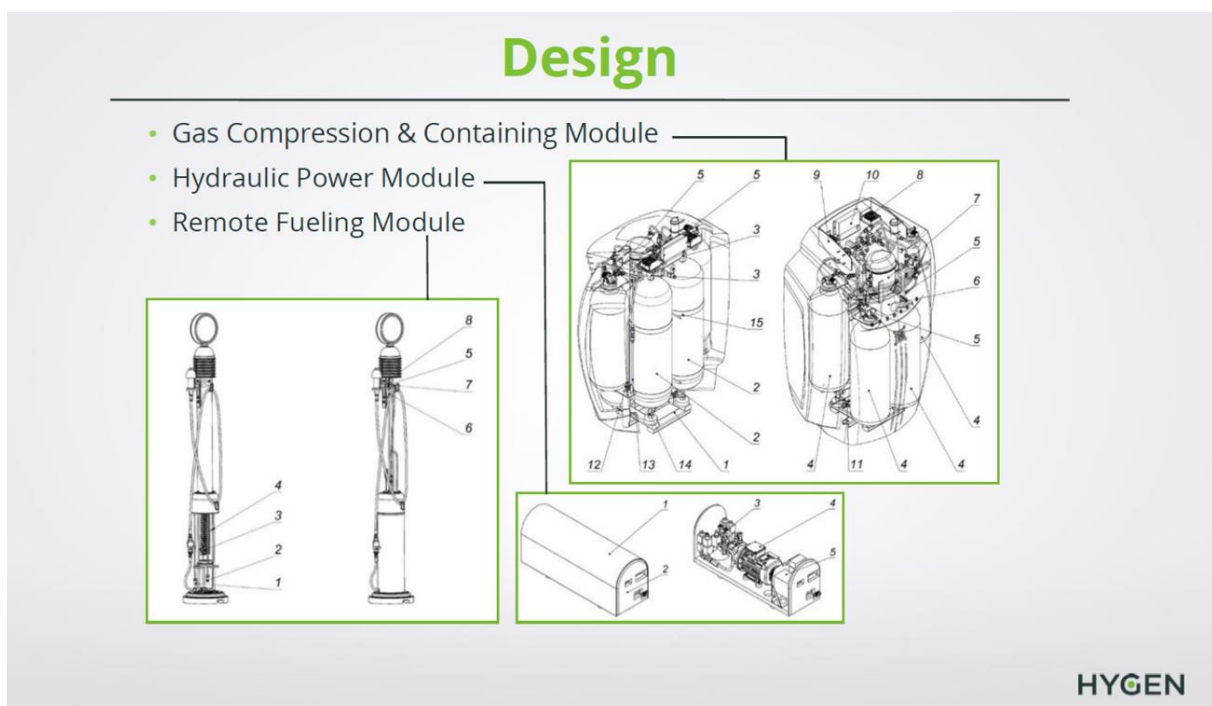


Abbildung 2: Komponenten des HYGEN-Systems für private Haushalte: links die „Zapfsäule“, über die die Betankung erfolgt, rechts oben die Gas-Kompressionseinheit, rechts unten die Hydraulik-Einheit, über die die Verdichterflüssigkeit in die Gas-Kompressionseinheit geleitet wird.

Mit der von HYGEN entwickelten Technik ist es möglich, das Fahrzeug entweder über einen ausreichend langen Zeitraum direkt zu befüllen (also ohne Nutzung des Gas-Zwischenspeichers) oder, wenn die Betankung in kurzer Zeit abgeschlossen sein soll, aus dem Gasspeicher. Die Betankung erfolgt also ähnlich wie der Ladevorgang für ein Elektrofahrzeug und überträgt bei direkter Betankung ohne Gas-Zwischenspeicher in gleicher Zeit auch eine vergleichbare Erdgas-Nutzenergie in das Fahrzeug wie bei einem Elektrolader. Direkt aus dem Gasspeicher erfolgt die Ladung freilich deutlich schneller als bei jedem vergleichbaren Elektrolader, es sei denn, dieser wird mit einer zusätzlichen (und sehr teuren) Hochleistungsbatterie und einem entsprechenden Hochleistungs-ladegerät ausgerüstet. Das Betankungskonzept hätte das Potenzial für ein gebündeltes Angebot von Erdgas-Hausanschluss und Erdgas-Fahrzeug und könnte dazu beitragen, neue Käuferschichten (sowohl für den Erdgas-Hausanschluss als auch das Erdgas-Fahrzeug) anzusprechen.

2.1.2 Terminplan

Der zum Projektstart vorgesehene Terminplan ging von einem Start des Projektes im Februar 2019 und einem Projektende im April 2020 aus. Hintergrund diese knappen Projektplans war, dass die Projektpartner und insbesondere HYGEN vorbereitende Tätigkeiten bereits nach Einreichung des Projektantrags und noch vor Projektbewilligung in Angriff nahmen, da sie möglichst schnell und im Wettbewerb zum Hochlauf der Elektromobilität ein alternatives Betankungskonzept etablieren wollten. Als kritischer Punkt war allerdings schon im ersten Projektplan die Erreichung einer Zertifizierung für den Prototyp der Betankungslösung für kleinere Flotten identifiziert worden.

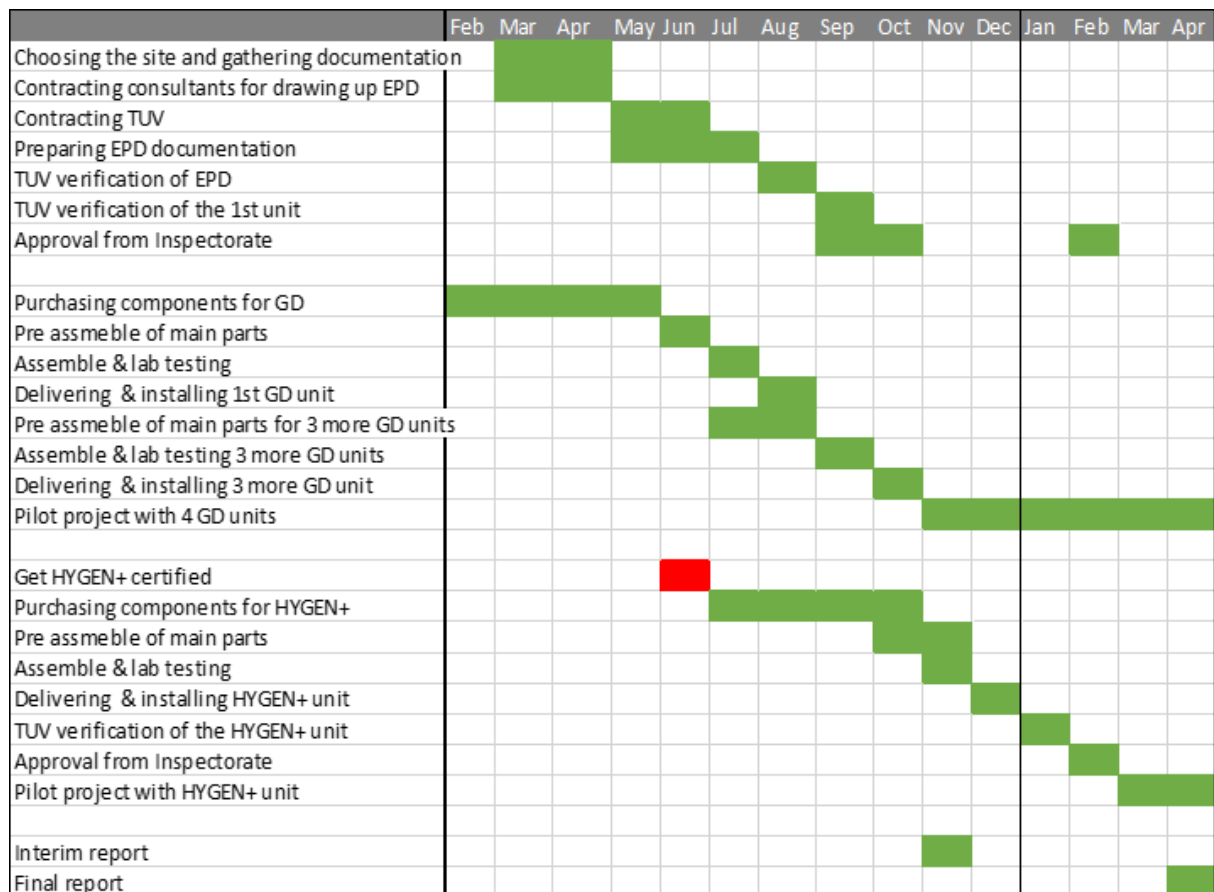


Abbildung 3: Zum Projektstart angestrebter Zeitplan für die Projektumsetzung.

Am Ende scheiterten das Projekt und der Plan tatsächlich an diesem kritischen Punkt. Zunächst verzögerte sich die Genehmigung durch einen Personalwechsel bei bnNetze, wodurch kein im Genehmigungsverfahren erfahrener Gastechner mehr als Projektleiter zur Verfügung stand. Dann wurde die Fertigstellung der Genehmigungs-Antragsunterlagen vom beauftragten TÜV Nord Ende 2019 kurzfristig gestoppt, weil für ihn schon am ersten für die Umsetzung vorgesehen Standort die vorgelegten Gutachten (insbesondere zum Brandschutz) nicht ausreichten. Als diese dann schließlich im Herbst 2020 erstellt waren, hatte die Kalkulation der Wirtschaftlichkeit bereits ergeben, dass der Gasdroid, also die kleinere der beiden HYGEN-Betankungsanlagen, nicht würde wirtschaftlich sein. Der Hersteller hatte denn auch zu diesem Zeitpunkt die Weiterentwicklung des Gasdroid eingestellt und nur noch die Entwicklung des HYGEN+ für eine größere Zahl von Fahrzeugen vorangetrieben.

Bis Ende 2020 wurde niemand gefunden, der die Genehmigung des neuen, größeren Geräts unterstützt hätte. Da der TÜV auch am neuen Konzept erhebliche Zweifel hatte (siehe unten), wurde ein

neuer Standort nicht mehr in Angriff genommen und das Projekt mit einem Jahr Verzug und ohne Erfolg Anfang 2021 zunächst eingestellt.

Nun ist die HYGEN+-Anlage an einem anderen Standort bei der Ohra-Energie umgesetzt worden (siehe unten). Hier zeigte sich, dass die Anlage technisch ausgereift ist, eine Standardisierung der Genehmigungen für die im Rahmen des hier vorliegenden Projektes angedachten Standorte und Einsatzzwecke aber ist nicht absehbar. Jeder Standort ist individuell zu prüfen und zu genehmigen, was der Wirtschaftlichkeit auch der HYGEN+-Anlage sehr abträglich ist. Darüber hinaus werden jetzt batterieelektrische Fahrzeuge und deren Ladeinfrastruktur massiv (über-)fördert, so dass für ein erdgaszentriertes Mobilitätskonzept kein Platz mehr im Markt ist. Das Projekt wurde daher Anfang 2022 endgültig beendet.

2.1.3 Budgetplanung und Förderung

Das beantragte Budget für das Projekt betrug fast 300 T€ (vgl. Abbildung 4). Davon war der größte Teil für die Beschaffung von Komponenten des Systems durch Hygen und die Fertigung der Anlagen vorgesehen (Vorserie). Etwa 100 T€ war für die Genehmigung, die Vorbereitung und die Installation der Anlage an ausgewählten Standorten eingeplant. Durch den Innovationsfonds der badenova wurde ein Förderzuschuss von 50% und damit i.H.v. fast 150.000 Euro bewilligt.

HYGEN-staff and deliverables [€]	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	TOTAL €
Project manager	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	4.000	2.000	2.000	2.000	2.000	1.000	1.000	1.000	1.000	4.000	30.000
Engineer				700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	8.400
Technician					4.200	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200			37.800
Technical manager	1.000	1.000	1.000	1.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	21.000
Procurement manager	1.120	1.120	1.120	1.680	1.680	1.680	1.680	1.680	1.680							13.440
Marketing manager							1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	13.500
Travel		1.000	1.000		1.000		2.000		2.000		2.000	1.000	1.000	1.000	1.000	13.000
Dissemination materials & activities								4.000							4.000	8.000
Packaging & delivery							1.500		4.500			1.500				7.500
Technical consultants for EPD & TÜV			5.000			5.000										10.000
Components		10.000	10.000				12.500	12.500								45.000
																207.640
badenova-staff and deliverables [€]	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	TOTAL €
Project manager (Engineer)	1.242	3.725	3.725	2.483	1.242	1.242	2.483	2.483	1.242	2.483	2.483	2.483	3.725	3.725	2.483	37.246
Technician						2.288	2.288		2.288	2.288	2.288					11.440
Local technical consultant for EPD							2.000	2.000			2.000	2.000	2.000			10.000
Civil works						3.000			6.000	3.000	3.000					18.000
Components						2.000		2.000	4.000	2.000	2.000					12.000
																88.687
Project budget [€]	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	TOTAL €
budget HYGEN + badenova	5.362	18.845	23.845	7.863	12.822	26.110	34.851	38.063	32.110	20.171	22.171	15.383	15.125	8.925	14.683	296.327
Project budget [€]	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	TOTAL €
Personnel cost	5.362	7.845	7.845	7.863	11.822	16.110	16.851	14.563	15.610	15.171	13.171	10.883	12.125	7.925	9.682	172.826
Planning and certification			5.000			5.000	2.000	2.000			2.000	2.000	2.000			20.000
Material cost and related civil works		10.000	10.000			5.000	14.000	21.500	14.500	5.000	5.000	1.500			4.000	90.500
Travel		1.000	1.000		1.000		2.000		2.000		2.000	1.000	1.000	1.000	1.000	13.000
																296.326

Abbildung 4: Budgetplan für die Errichtung von 4 Betankungsanlagen.

Das geplante Budget wurde fast vollständig (zu etwa 85%) ausgeschöpft, obwohl es am Ende nicht zur Umsetzung einer Anlage kam. Das liegt daran, dass

- Hygen alle Komponenten mit langem Vorlauf von Zulieferern beschaffen und diese auch bezahlen musste;
- dass tatsächlich parallel zur Standortsuche und zum Genehmigungsverfahren die Betankungsgeräte gefertigt wurden und damit verfügbar gewesen wären;

- dass das Genehmigungsverfahren bereits für den ersten Standort so umfangreich war, dass alle für die Genehmigung aller Standorte vorgesehenen Ressourcen schon für den ersten Standort verbraucht wurden;
- dass für zwei Standorte parallel zur Genehmigung das Baufeld vorbereitet wurde, um den Zeitplan einzuhalten, ohne dass es dann dort zu einer Umsetzung kam.

2.2 Projektplanung

2.2.1 Anlagen- und Standortauswahl

Für den Betrieb der Anlagen wurden 4 Standorte ausgewählt. Da vom Innovationsfonds gewünscht war, dass der Schwerpunkt der Standorte im gewerblichen Bereich liegen sollte, waren 3 Standorte auf Betriebsgeländen und ein Standort auf dem Hof eines als Praxis genutzten Privathauses vorgesehen:

1. Der erste Standort sollte das Betriebsgelände der badenova in der Tullastraße 61 in 79108 Freiburg im Breisach sein. Hier war vorgesehen, zunächst die bereits zum Projektstart konzipierte und als Prototyp verfügbare kleine Hygen-Betankungsanlage (Gasdroid) zu errichten und zu testen. Wäre der Test erfolgreich verlaufen, sollte diese kleine Anlage an einen der folgenden Standorte versetzt werden, um dann in der Tullastraße die noch während der Projektlaufzeit neu zu entwickelte größere Anlage HYGEN+ zu installieren. Denn die badenova betreibt eine größere Flotte von Erdgasfahrzeugen, so dass der Test einer Flottenbetankung über den HYGEN+ möglich gewesen wäre.
2. Zweiter Standort war das Gelände der Firma Reiß Beck GmbH & Co. KG in der Lindenbergstraße 4 in 79199 Kirchzarten. Die Firma hat extra für das Projekt einen IVECO-Transporter mit Erdgasantrieb angeschafft, so dass an diesem Standort die Betankung eines großen, für tägliche Lieferfahrten eingesetzten Nutzfahrzeuges und (falls die Kapazität der kleinen Hygen-Anlage dafür ausgereicht hätte) ggf. eines PKW hätte erprobt werden können.
3. Die Hausärztliche Gemeinschaftspraxis Dres. Med. Metzger in der Bruderhofstraße 18 in 78532 Tuttlingen war als dritter Standort vorgesehen. Dr. Metzger besitzt, ebenso wie eine Sprechstundenhilfe, einen Erdgas-PKW. Durch die Schließung der Erdgas-Tankstelle in Tuttlingen sind die Wege zur nächsten Tankstelle sehr lang geworden (Stockach, Donaueschingen, Sigmaringen liegen alle mehr als 25 km von Tuttlingen entfernt), so dass durch die Betankung am Standort hätte demonstriert werden sollen, wie (Privat-)PKW auch dezentral mit Erdgas versorgt werden könnten.
4. Vierter vorgesehener Standort schließlich war die Gewerbe Akademie der Handwerkskammer Freiburg (Wirthstraße 28, 79110 Freiburg i.Br.). In der Akademie werden u.a. Kfz-Service-techniker/in und Installateur/in und Heizungsbauer/in auf die Meisterprüfung hin ausgebildet. Damit hätten mit einer Anlage an diesem Standort Fachkräfte in die Errichtung und den Betrieb der Technik eingeführt werden können.

Zu jedem genannten Standort wurde ein Dossier erstellt und dem Hersteller zugeschickt, damit dieser die Standorte darauf prüfen konnte, ob sie aus technischer Sicht zum Betrieb der Anlage geeignet wären. Die Eignung wurde für alle 4 vorgeschlagenen bestätigt.

2.2.2 Ausführungsplanung

Die Ausführungsplanung für die genannten Standorte schritt im Projektverlauf unterschiedlich weit voran. Für den Standort 1 in der Tullastraße 61 in Freiburg wurden detaillierte Genehmigungspläne ausgearbeitet. Für den Standort 2 wurde ein Ausführungsplan erstellt, allerdings keine Genehmigungsunterlagen. Die Standorte 3 und 4 wurden begangen und eine Grobplanung zur Errichtung der Anlage

einschließlich der Vermessung des Aufstellungsortes durchgeführt. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen den unterschiedlichen Planungsstand für die jeweiligen Standorte:

Jeder Standort wurde begangen und dokumentiert. Für jeden Standort wurde auf Basis dieser Dokumentation ein Dossier erstellt, um allen Projektpartnern und Dienstleistern einen Überblick über die Situation vor Ort und den genaueren Standort der Installation zu geben, vgl. Abbildung 5.

Für die Standorte badenova (Tullastraße Freiburg), Reiß Beck (Lindenbergstraße, Kirchzarten) und Dr. Metzger (Bruderhofstraße, Tuttlingen) wurde ein Standortplan erstellt, so dass die Firma Hygen auf dieser Basis die Länge der Rohrleitungen und die Lage von möglichen Durchbrüchen abschätzen konnte. Wie man am Beispiel von Abbildung 6 erkennt, ist die Trennung der Anlage in mehrere Komponenten technisch ein günstiges Konzept, da bei jedem Standort die elektrische (Gasdruckerhöhungs-)Anlage von der eigentlichen gasführenden Anlage getrennt aufgestellt geplant werden konnte.

Für die beiden Standorte badenova und Reiß Beck wurde schließlich zur Vorbereitung der Genehmigung und Aufstellung ein detaillierter Plan und eine 3D-Visualisierung angefertigt. Über die 3D-Zeichnung wurde auch geklärt, wie die Komponenten der Betankungsanlage in das jeweilige Gebäude eingebracht bzw. an das jeweilige Gebäude installiert werden sollten. Am Standort der badenova war hier ein Kran für die Einbringung vorzusehen, da die Installation des Gasbehälters in einem Kellerabgang geplant war. Für den Standort Reiß Beck war der Abbruch einer Treppe und die Aufstellung des Gasbehälters auf einem Podest geplant.

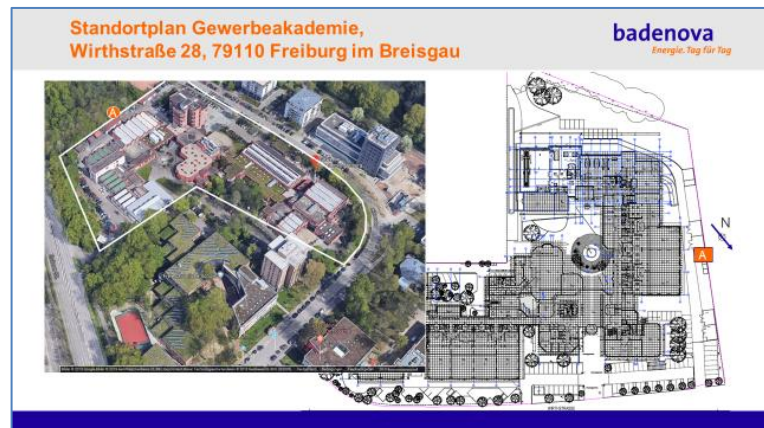


Abbildung 5: Standortplan, Beispiel Gewerbeakademie

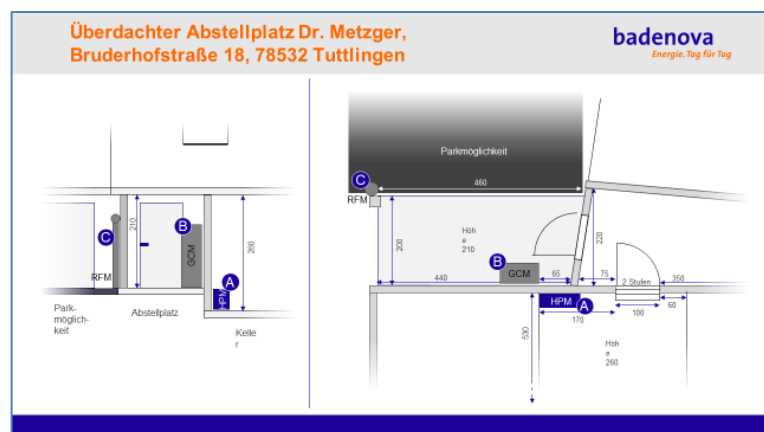


Abbildung 6: Aufstellungsplanung am Beispiel Praxis Dr. Metzger

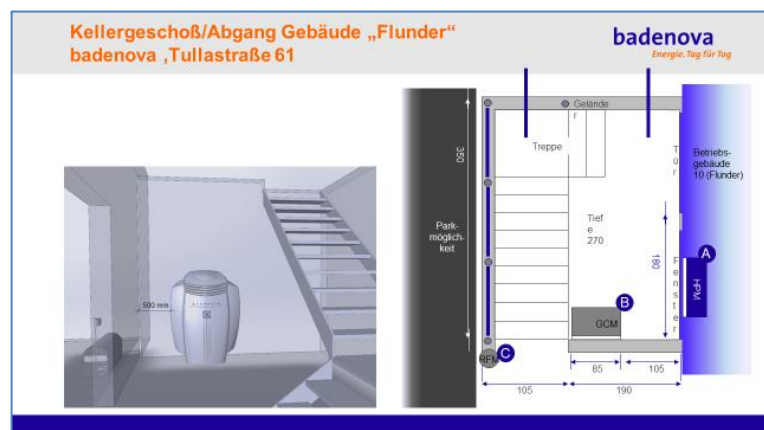


Abbildung 7: 3D-Aufstellungsplanung am Beispiel badenova, Tullastraße

2.2.3 Energie- und Nutzungskonzept

An allen ausgewählten Standorten lag ein Niederdruck-Erdgas-Hausanschluss sowie ein Strom-Anschluss vor. Die Zuführung der Gasversorgung sowie die Stromversorgung war damit durch Installationsleitungen in den jeweiligen Gebäuden geplant. Da dafür lediglich Bohrungen durch Raumwände vorzusehen waren, ergeben sich für den Energieanschluss keine größeren Herausforderungen.

Wie bereits erwähnt, war die Nutzung der Anlage zunächst ausschließlich durch den Betreiber des jeweiligen Standorts und dessen Mitarbeiter geplant. Eine öffentliche Betankungsmöglichkeit sollte nicht vorgesehen werden. Dadurch ergaben sich erste genehmigungsrechtliche Erleichterungen, da in allen Fällen davon auszugehen war, dass nur ein kleiner, zuvor in die Anlage eingewiesener Mitarbeiterkreis die Anlage nutzen würde.

2.3 Technische Planung und Umsetzung

2.3.1 Technische Daten

Für den Gasdroid legte Hygen englischsprachige Unterlagen vor: Ein Installations- und Wartungshandbuch, eine Dokumentation der Explosionszonen, ein Gasfluss- und Elektroschema, einführende technische Schulungsunterlagen und ein Dokument zur Transportverpackung und Installation der Anlage. Von diesen Dokumenten wurde ein Teil, insbesondere das Installations- und Wartungshandbuch, ins Deutsche übersetzt, da das von den die Genehmigung begleitenden Fachleuten gefordert wurde. Zum Hygen+ lagen bis Projektende keine entsprechenden Dokumente vor.

Aus den Dokumenten lassen sich folgende technische Daten für den Gasdroid entnehmen:

- Gaskreislauf: Maximaldruck 207 bar bei 20° C Außentemperatur, Gaszufluss 17 – 35 mbar, damit Regelzufluss von 1,1 m³/h Erdgas bei 20° C und 17 mbar Eingangsdruck.
- Hydraulikkreislauf: 207 bar (in der Software anpassbar, entsprechend dem maximalen im Gaskreislauf zugelassenen Druck)
- Stromkreis: 230 Volt Wechselstrom 50 Hz, 16 A Anschlussleitung bei maximaler Leistungsaufnahme des Systems im Betrieb von 6 A und einem durchschnittlichen Stromverbrauch von 0,6 kWh/Stunde Verdichterbetrieb.
- 43 dB Schalldruck im Betrieb in Abstand von 5 Metern zur Anlage, Anlage IP 20.

Damit wäre der Gasdroid an jeden Erdgas-Hausanschluss und an eine normale Hausstromversorgung anschließbar. Da die Anlage nur IP 20 geschützt ist, ist allerdings bei widrigen Witterungs- und Umgebungsbedingungen (Staub) eine zusätzliche Einhausung vorzusehen oder die teilweise Installation in (Keller-/Abstell-)Räumen. Die dabei zu beachtenden Dimensionen ergeben sich aus Abbildung 8.

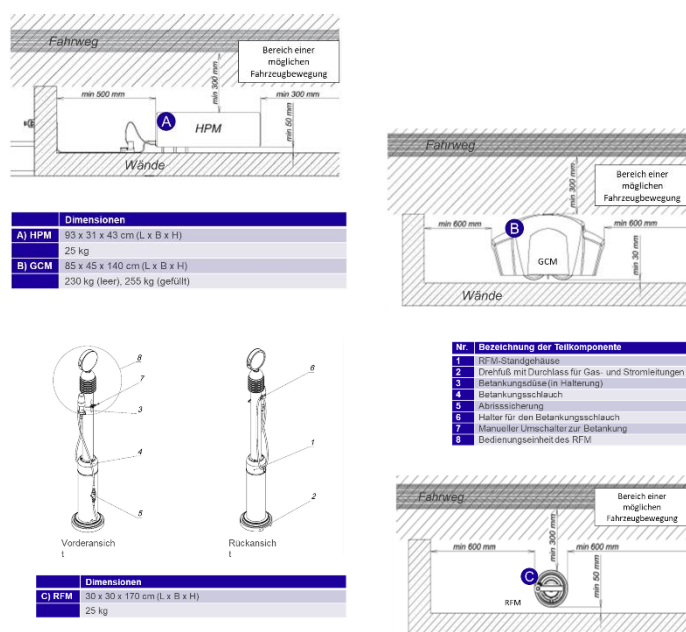


Abbildung 8: Dimensionen der Komponenten des Gasdroid-Systems.

2.3.2 Anlagenbau

Die Fertigung der drei Hauptkomponenten des Gasdroid-Systems (vgl. Abbildung 2) erfolgte beim Hersteller in Riga in Lettland. Vor Ort wären diese Komponenten dann durch genormte Gas- und Hydraulikschläuche zu verbinden gewesen. Außerdem war zu prüfen, ob die einzelnen Komponenten wegen Wasser oder Staub einzuhausen wären oder der die Gaszapfsäule mit einem Anfahrerschutz zu schützen wäre. Zur besseren Planung der Aufstellung stellte der Hersteller ein 1:1 Aufstellungsmodell der Gaspeicher- und Kompressionseinheit zur Verfügung.

Auch der Zusammenbau des Hygen+ - Gerätes sollte in Lettland erfolgen. Da dieses Gerät jedoch in einer Art Container alle Anlagenteile enthalten sollte, wäre hier außer dem Strom- und Erdgasanschluss keine weitere Leitungsverlegung vor Ort mehr notwendig gewesen, allerdings ein ausreichender Einbauplatz für den Container und ggf. ein Anfahrerschutz für den Betankungsfall.

2.3.3 Schemata und Pläne

Für jede Komponente des Gasdroid legte der Hersteller ausführliche Explosionszeichnungen vor, vgl. Abbildung 10. Allerdings waren auch diese Dokumente vor der Genehmigung ins Deutsche zu übersetzen. Die übergebenen Fließbilder dokumentierten nicht nur den statischen Zustand der Komponenten, sondern auch ausgewählte Schalt- und Flusszustände. Daraus konnte der Betrieb des Systems (Gasdirektbetankung, Gaszwischenlagerung im Gasbehälter, Gasüberströmung im Betankungsfall, ...) genauer nachvollzogen werden, vgl. Abbildung 9. Da allerdings gerade zum Beginn des Projektes eine für die Prüfung durch die Zulassungsbehörden notwendige Verbalisierung der einzelnen Komponenten und Abläufe fehlte, war diese im Projektverlauf schrittweise nachzuliefern (die Prüfer wollten sich nicht mit den Ablauf- und Schaltbildern allein begnügen).

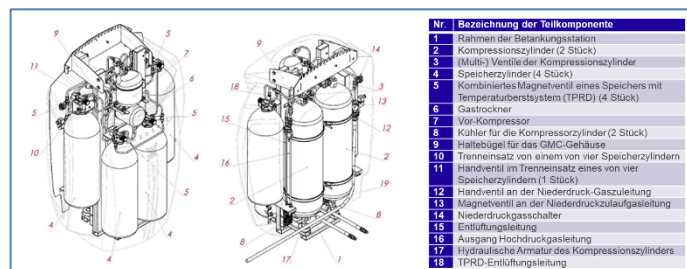


Abbildung 10: Komponentenbild der Gasdruckerhöhungs- und -speicherkomponente

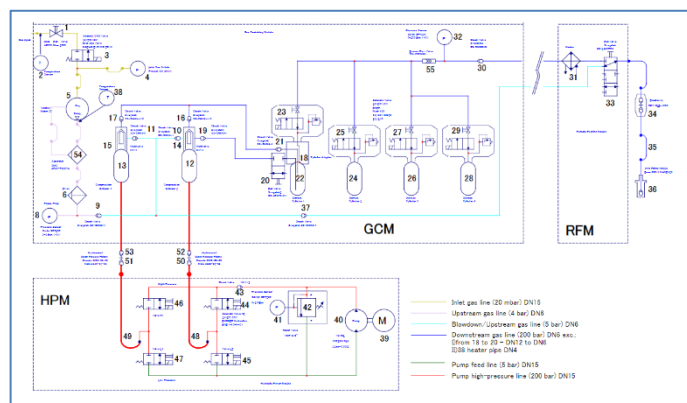


Abbildung 9: Hydraulik- und Gasfluss-Schaubild des Gasdroid-Systems

2.4 Anlagen- und Standortgenehmigung

2.4.1 Allgemeine Vorbemerkungen

Der Hersteller Hygen hat für alle Baugruppen und Armaturen des Gasdroid-Systems unter Berücksichtigung der Druckgeräterichtlinie 2104/68 EU eine ausführliche, allgemeine Sicherheits- und Risikoanalyse durchgeführt und darauf aufbauend seine Anlage zertifizieren lassen. Zum Nachweis darüber hatte er im Projektverlauf folgende Dokumente übergeben:

- Konformitätserklärungen des Herstellers

- Zertifikat nach Pressure Equipment Directive 2014/68/EU, Modul F
- Zertifikat nach Pressure Equipment Directive 2014/68/EU, Modul B
- Anmerkungen zum Zertifikat Modul B
- Sicherheits- und Risikoanalyse HYGEN
- Hinweise zur Funktions- und Sicherheitslogik
- Bericht zum Sicherheitstest der zentralen elektronischen Steuerung (Teil 1)
- Bericht zum Sicherheitstest der zentralen elektronischen Steuerung (Teil 2)

Für den Einbau des Gasdroids zur privaten Nutzung hätten nach Auffassung des Herstellers diese Dokumente ausgereicht. Da der Innovationsfonds jedoch vorgegeben hatte, die zu prüfenden Anlagen im gewerblichen Umfeld zu errichten, war ein Erlaubnisantrag gem. §18 Abs. 1 Nr. 3 BetrSichV beim Gewerbeaufsichtsamt zu stellen. Zu dessen Einreichung war neben der Dokumentation der Anlage durch den Hersteller und der Beschreibung des Aufstellungsortes und des zu erwartenden Betriebs durch den Standortbetreiber (im Fall des Standortes Tullastraße in Freiburg, für den als ersten die entsprechenden Unterlagen erstellt wurden, der bnNetze GmbH) ein Prüfbericht und eine Abnahme durch eine zugelassene Überwachungsstelle (ZÜS) notwendig. Für die Erstellung des Erlaubnisanspruchs, den Prüfbericht und die Abnahme wurde als ZÜS zum Beginn des Projektes der TÜV Nord aus mehreren Anbietern ausgewählt. Da dieser für seine Beurteilung ein Brandschutz- und Explosionsschutzkonzept forderte, wurde für diese Unterlagen zusätzlich die DMT beauftragt.

Aus den Erstbesprechungen mit TÜV Nord und DMT ergab sich sehr rasch, dass die Vorgabe zum Einbau und zur Nutzung des Systems in einem Gewerbebetrieb eine grundsätzliche Neufassung der Gerätedokumentation notwendig machen würde. Dabei war eine besondere Schwierigkeit, dass lange darüber diskutiert wurde, ob das Gerät

- nach TRGS 745 („Ortsbewegliche Druckgasbehälter – Füllen, Bereithalten, innerbetriebliche Beförderung, Entleeren“) zu betrachten wäre, weil aus ortsbeweglichen Druckgasbehälter erstellt wird und so aufgebaut ist, dass der Standort auf einem Betriebsgelände gewechselt werden könnte;
- nach TRGS 746 („Ortsfeste Druckanlagen für Gase“) zu genehmigen wäre, weil es sich beim Gerät um eine Anlage zur Gasdruckerhöhung und zur Gasspeicherung handle; oder
- nach TRGS 751 („Vermeidung von Brand-, Explosions- und Druckgefährdungen an Tankstellen und Gasfüllanlagen zur Befüllung von Landfahrzeugen“) als Tankstelle zu betrachten wäre.

Im Ergebnis – und auch nach Rücksprache beim Gewerbeaufsichtsamt – wurde von der ZÜS die Einhaltung aller genannten Richtlinien gefordert, wodurch sich im Hinblick auf die spätere Vermarktung der Anlage automatisch ergibt, dass an jedem Standort auf Grund einer individuellen Standortbetrachtung ein entsprechende Unterlagen zu erstellen und durch eine ZÜS abzunehmen sind. Das macht nicht nur eine Dokumentation weit über die vom Hersteller vorgelegten Unterlagen hinaus notwendig, sondern auch eine Vor-Ort-Begehung, eine detaillierte Planung und später eine Wartung und Inspektion, die nach Auskunft des Herstellers im Privatbetrieb überhaupt nicht oder nur in sehr großen Intervallen (10 Jahre) notwendig wäre.

Deshalb muss bereits an dieser Stelle, die weiteren wirtschaftlichen Betrachtungen in Kapitel 4.3 vorwegnehmend, festgestellt werden, dass das Gasdroid-System für einen Einsatz im gewerblichen Bereich nicht geeignet sein wird, da es zwar in der Anschaffung sehr günstig ist, aber durch die notwendigen individuellen Abnahmen und Prüfungen sehr, sehr aufwändig und teuer wird.

2.4.2 Brandschutz und Explosionsschutz

Die Errichtung und der Betrieb einer (in einem Gewerbebetrieb genutzten) Erdgastankstelle erfordert im Rahmen der Erlaubnis nach §18 BetrSichV ein Brandschutzkonzept. Da vom Facility-Management der badenova ein Standort im Kelleraufgang eines Betriebsgebäudes vorgesehen wurde, vgl. Abbildung 11 und Abbildung 7, war dessen Nutzungsart und –häufigkeit und die Gefährdung durch die Anlage nicht nur für die Nutzer, sondern auch im Hinblick auf dieses Gebäude zu prüfen.

Hier hätte sicher ein Standort der Tankanlage mit ausreichendem Abstand (größer 5 Meter) zu einem nicht dauerhaft genutzten Gebäude eine Erleichterung beim Brandschutz mit sich gebracht, gleichzeitig aber wären dann wieder zusätzliche Kosten für den Gas- und Stromanschluss, die Einhausung der Pumpen und des Gasspeichers des Gasdroid und einen zusätzlichen Betankungsplatz mit Anfahrtschutz der Zapfsäule angefallen. Auch schien es



Abbildung 11: Vorgesehener Standort für den Gasdroid am und im Treppenabgang des Betriebsgebäudes "Flunder" der bnNetze GmbH

aus dem Blickwinkel des Innovationsprojektes sinnvoller, einen Standort in Gebäudenähe zu prüfen. Denn wenn später der Gasdroid dann doch im privaten Umfeld eingesetzt würde, könnte man kaum erwarten, dass für ihn ein spezielles Tankstellengrundstück zur Verfügung stünde.

Die geplante Aufstellung in Gebäudenähe und unter Mitnutzung vorhandener Räume und Strukturen bedingt jedoch eine besondere Beachtung des technischen Regelwerks:

- TRGS 745 „Ortsbewegliche Druckgasbehälter –Füllen, Bereithalten, innerbetriebliche Beförderung, Entleeren“ besagt in Kapitel 4.4.1 (1), dass Druckgasbehälter nicht in Treppenträumen, Fluren, Durchgängen oder in der Nähe von Treppen an Freianlagen sowie Räumen unter Erdgleiche und besonders gekennzeichneten Rettungswegen aufgestellt werden dürfen. Dieser Vorgabe konnte für den konkreten Standort bei der badenova entgegengestellt werden, dass es sich bei der Anlage im Kellerabgang um keine ortsbeweglichen Druckgasbehälter handelt. Die Befüllung von beweglichen Druckgasbehältern in den zu betankenden Fahrzeugen würde ausschließlich ebenerdig auf der Parkfläche vor dem Gebäude 10 (Flunder) über das RFM stattfinden.
- TRGS 746 „Ortsfeste Druckanlagen für Gase“ besagt in Kapitel 4.5.1 (1), dass Druckgasbehälter nicht in Durchgängen, Durchfahrten, allgemein zugänglichen Fluren, Treppenträumen oder an Treppen von Freianlagen aufgestellt werden dürfen. Sie müssen ferner so aufgestellt werden, dass Verkehrswege, Fluchtwege oder die Zugänglichkeit nicht eingeschränkt werden. Dem wiederum wurde am konkreten Standort entgegengestellt, dass der Standort insgesamt durch die Einzäunung des Betriebsgeländes nicht „allgemein zugänglich“ ist. Beim Treppenabgang handele es sich um keinen Verkehrs-oder Fluchtweg oder Durchgang. Die Anlage schränke die Zugänglichkeit zum Keller nicht ein, da das Kellerabteil über einen weiteren Ausgang verfüge und der Keller ausschließlich zur Lagerung von Dekorationsartikeln genutzt würde. Der Abgang

würde daher nur für die Wartung des GasDroid und das Herausholen der Weihnachtsdekoration genutzt, während der Zugang zur Wartung der Heizungsanlage im Keller über den zweiten Kellerabgang geschehe.

- TRGS 751 „Vermeidung von Brand-, Explosions- und Druckgefährdungen an Tankstellen und Gasfüllanlagen zur Befüllung von Landfahrzeugen“ besagt in Kapitel 4.1.4.3 (3) 2, daß Lagerbehälter mindestens 5 m von Abgabeeinrichtungen, Brandlasten, benachbarten Grundstücken oder Verkehrsflächen (Schutzabstand) entfernt sein müssen. Der Abstand von 5 m darf dabei verringert werden, wenn die Lagerbehälter gegen unzulässige Erwärmung während mindestens 30-minütiger Brandeinwirkung geschützt sind. Gemäß Kapitel 4.1.1 (2) dürfen Flucht- und Rettungswege oder öffentlich zugängliche Verkehrsflächen nicht eingeschränkt werden.

Auf Grund dieser letztgenannten Vorschrift wurden im Brandschutzkonzept auch auf Grund des Explosionsschutzkonzepts umfangreiche Gegenmaßnahmen notwendig, die zeigen, dass bei einem gewerblichen Einsatz eine individuelle Prüfung und Anpassung des Aufstellungskonzepts für die örtlichen Gegebenheiten kaum vermieden werden kann:

- Die Module der Anlage sowie deren Verbindungsleitungen sind nach Stand der Technik „dauerhaft technisch dicht“ ausgeführt. Regelmäßige Prüfungen und Wartungen sind vom Hersteller vorgesehen und Voraussetzung für den Betrieb. Am Standort der badenova kann die Wartung und Inspektion nach Herstellervorgaben durchgeführt werden, da die bnNetze über ausreichend qualifiziertes eigenes Personal verfügt – an anderen Standorten wäre dieses Personal zu beauftragen.

- Gemäß Bewertung im Explosionsschutzkonzept kann davon ausgegangen werden, dass vom Hydraulikmodul HPM keine Gase freigesetzt werden. Dennoch wäre eine Freisetzung von Gas vom Hausanschluss, vom GCM und vom RFM sowie den Leitungen zwischen diesen Modulen möglich. Damit besteht grundsätzlich die Gefahr, dass Erdgas in die Umgebung abgegeben wird und in Verbindung mit Luft ein gefährliches explosionsfähiges Gemisch bilden kann. Daher wäre eine mindestens betriebstägliche Kontrolle des Zustands der Betankungsanlage gemäß Forderung der TRGS 751 (Kapitel 5.1.2 (1) & (7)) notwendig, ob sich die Betankungsanlage in einem ordnungsgemäßen Zustand befindet und die Sicherheitseinrichtungen in betriebsfähigem Zustand sind – auch wenn die Gasmengen im System sehr gering sind.

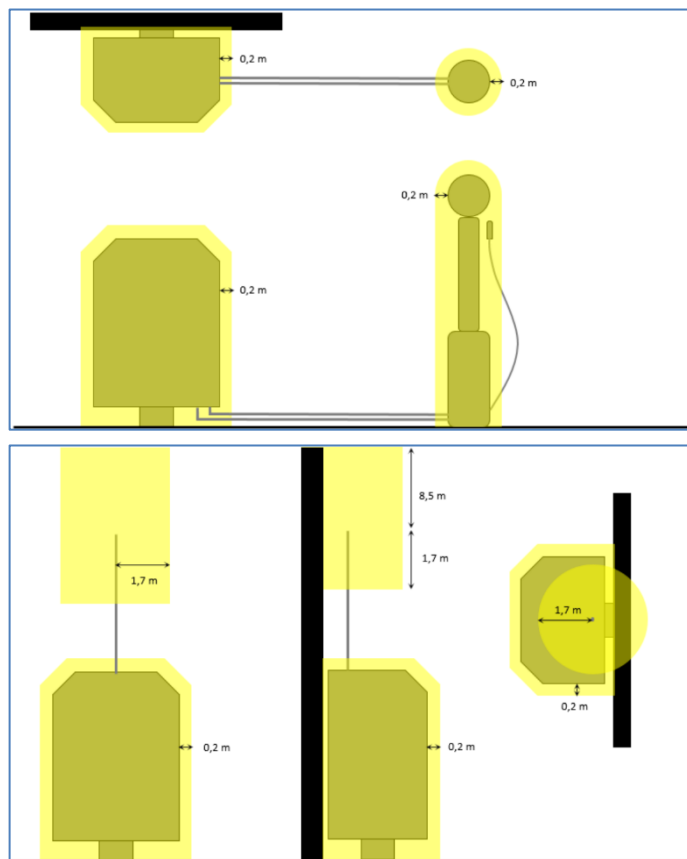


Abbildung 12: Explosionsschutzzone für GCM und RFM (oben Seitenansicht und Draufsicht) und TPRD-Entspannungsleitung (unten Vorderansicht, Seitenansicht und Draufsicht)

- Zusätzlich wurde der Anschluss aller potenzieller Gasfreisetzungsstellen (thermische Druckentlastungseinrichtungen an den Speicherzylindern -TPRD) an eine Entlüftungsleitung gefordert, welche über Dach von Gebäude 10 Flunder in einen sicheren Bereich in der Gebäudeumgebung zu führen wäre. Immerhin könnte auf Grund der kleinen Gasmengen im System das Gas über die Entlüftungsleitung an die Umgebung abgegeben werden und müsste nicht durch eine zusätzliche Verbrennungsanlage technisch vernichtet werden.
- Da im GCM Gas gelagert wird, wäre dort der Einbau eines Gassensors innerhalb der Einhauung vorzusehen. Bei Überschreitung von 10% der unteren Explosionsgrenze von Erdgas sollte die Betankungsanlage gestoppt und stromlos geschaltet sowie alle Gas- und Hydraulikventile geschlossen werden, so dass ein Nachfließen von Gas in den GCM aus dem Hausanschluss nicht mehr möglich wäre. Darüber hinaus wäre die Installation eines Warnsignals für den Fall einer Leckage vorzusehen, das durch den Gassensor der Anlage oder einen zusätzlichen externen Sensor in Betrieb gesetzt wird.
- Schließlich wären der Lagerbehälter GCM mittels eines zusätzlichen Gehäuses aus mind. 1 mm dickem Stahlblech vor unzulässiger Erwärmung während mind. 30-minütiger Brandeinwirkung hinreichend zu schützen, das Fenster zum Keller zuzumauern und alle Anlagenteile der Gasfüllanlage (RFM) in einem Abstand von mind. 3 m zum Gebäude oder abgetrennt durch eine feuerbeständige Wand (und damit die Vermauerung eines weiteren Fensters) aufzustellen.

An diesen Forderungen erkennt man die zusätzlichen Herausforderungen, die zur Installation einer Anlage über die Herstellerzulassungen hinaus zu bewältigen gewesen wären. Da die entsprechenden Diskussionen, Dokumentation und Gutachten fast zwei Jahre in Anspruch nahmen, erwies sich im Innovationsfondsprojekt das von Hygen angebotene Konzept trotz erwirkter EU-Herstellerzulassungen als kaum vereinbar mit deutschem Sicherheits-Regelwerk. Als dann auch noch der Hersteller mitteilte, sich künftig nur noch auf den Bau des Hygen+ zu beschränken, weil auch seine Erfahrungen gezeigt hätten, dass in vielen Fällen die Wirtschaftlichkeit des Gasdroid trotz geringer Anschaffungs- und Herstellkosten kaum gegeben wäre, wurde das Projekt nach Erstellung der Erlaubnisunterlagen nicht weiterverfolgt.

2.4.3 Erlaubnis Antrag gem. §18 Abs. 1 Nr. 3 BetrSichV

Der Erlaubnis Antrag wurde für den Gasdroid und den Standort Tullastraße in Freiburg für die bnNetze GmbH (die Arbeitgeber im Sinne von §2 Abs. 3 BetrSichV für die mit der Nutzung der Anlage gewesen wäre) erstellt, siehe Anhang. Er enthält die folgenden Teile:

- Teil I: Erlaubnis Antrag –allgemeine Anlagen
- Teil II: Beschreibung der gesamten Gasfüllanlage, der vorgesehenen Betriebsweise und der Aufstellung(Antragsunterlagen)
- Teil III: Anhänge zur Beschreibung der Gesamtanlage und der Aufstellung
- Teil IV: Prüfbericht einer Zugelassen Überwachungsstelle(ZÜS)

Empfänger des Erlaubnis Antrags hätte die Stadt Freiburg im Breisgau, Dezernat 2 (Umweltschutzamt), Abt. III Gewerbeaufsicht sein sollen, wobei sich diese Abteilung offenhielt, die Prüfung erst nach Rücksprache mit dem Regierungspräsidium bzw. dem Land Baden-Württemberg durchzuführen, da sie über keine Erfahrung im Umgang mit einer neuen Anlage habe.

Letzten Endes kam es nicht zur Einreichung des Erlaubnis Antrags und damit auch nicht zur Prüfung, ob neben der Gewerbeaufsicht in Freiburg weitere Behörden hätten eingebunden werden müssen.

2.5 Ökologischer Nutzen

2.5.1 Einsparung an Primärenergie, Reduktion der CO₂-Emission

Solange batterieelektrische Fahrzeuge den „Deutschland-Strommix“ des Jahres 2018 getankt haben, waren kaum Primärenergieeinsparungen gegenüber Erdgas möglich. Denn zum einen erfolgte die Betankung der Elektrofahrzeuge in vielen Fällen über Nacht, wo keine Sonne scheint und damit aus Erneuerbaren Energien nur Wind-, Wasser- und Bioenergie zur Verfügung stehen, zum anderen erfolgte die Betankung auch (und mit erhöhtem Bedarf) im Winter, wo überwiegend Kohle- und Erdgaskraftwerke die deutlich fehlenden Erneuerbaren ergänzen mussten. Erst durch den Ausbau der Erneuerbaren im Energiemix hat die Einsparung zugenommen, allerdings erst nach massiver Subvention der Elektromobilität und unter Vernachlässigung der sich durch den zusätzlichen Stromverbrauch ergebenden Belastungen für das Stromnetz.

Dabei wird vergessen, dass beim Ausbau der Erneuerbaren im Sommer beträchtliche Stromüberhänge entstehen werden, die nur durch Umwandlung in gasförmige und flüssige Energieträger auch im Winter genutzt werden können und Deutschland auch dann in großem Maß auf Primärenergieimport aus dem Ausland angewiesen ist. Dieser Energieimport wird auf absehbare Zeit schon auf Grund begrenzter Leitungskapazitäten nie allein durch Stromzuleitung erfolgen können, so dass auch weiterhin ein Großteil der nach Deutschland zu importierenden Primärenergie als gasförmiger oder flüssiger, wenn auch aus erneuerbaren Quellen stammender Kraftstoff ankommen muss. Da allerdings der Gesetzgeber über Jahre das Aus von Verbrennungsmotoren betrieben hat, gibt es zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Abschlussberichtes praktisch keine Fahrzeuge mehr, die für die Betankung mit Biogas oder grünem Wasserstoff angeboten werden, so dass als Ersatz für mit fossilen Energieträgern betriebenen Fahrzeugen nur batterieelektrische in Frage kommen.

Damit könnte man dem Gasdroid-Betankungssystem in jedem Fall einen ökologischen Vorteil gegenüber Benzin- und Dieselmotoren zusprechen. Mangels verfügbaren Fahrzeugen und ausreichendem grünem Wasserstoff und Biogas muss der Vergleich mit batterieelektrischen Fahrzeugen letzten Endes jedoch offenbleiben, auch wenn die sich aus der gesamtsystemischen Betrachtung (einschließlich Betankungsanlagen, Netzstabilisierungsmaßnahmen, Energieimport, Rohstoffkosten für den Fahrzeugbau, etc.) ergebenden spezifischen CO₂-Vermeidungskosten für gasbetriebene Fahrzeuge im Vergleich zu batterieelektrischen vielleicht gar nicht so hoch wären.

2.5.2 Über die direkten Emissionen hinausgehender Umweltnutzen

Bei der im Projekt eingesetzten technischen Lösung kommen zwei weitere umweltbezogene Aspekte hinzu. Zum einen zeigt sich bei der Diskussion um die Elektromobilität, dass deren Fahrzeugnutzer öffentliche Ladesäulen nur sehr selten nutzen, wenn sie bei sich zuhause und bei ihrem Arbeitgeber laden können. Die meisten Strecken wird ein privater PKW nämlich im Pendelverkehr zwischen Wohnung und Arbeitsplatz eingesetzt. Damit müssen öffentlich zugängliche „Tankstellen“ nur selten angefahren werden, diese Fahrten entfallen. Die im Projekt umgesetzte Lösung bietet den gleichen Vorteil: Laden Zuhause und am Arbeitsplatz. Damit sind nur noch selten Fahrten zu Erdgastankstellen notwendig, die entsprechenden Mehrkilometer fallen also nicht an.

Zum anderen ist das Erdgastankstellennetz zwar ausreichend, aber nicht dicht ausgebaut. So gibt es in Freiburg zwei Erdgastankstellen, was in der Regel ausreichend ist. Ist allerdings eine Tankstelle defekt, sind gerade bei den Flottenfahrzeugen der badenova große Umwege notwendig, um die zweite Tank-

stelle zu erreichen. Eine Tankmöglichkeit durch kleinere Einheiten zuhause oder am Arbeitsplatz entschärft dieses Problem durch größere Redundanz, auch hier könnten durch ein dezentrales Gasbetankungssystem Mehrkilometer und zusätzlicher Platzverbrauch für Tankstellen und damit insgesamt Emissionen vermieden werden.

2.6 Betrachtung der Wirtschaftlichkeit, Geschäftsmodell

2.6.1 Untersuchte Geschäftsmodellvarianten

Parallel zur Prüfung der technischen Umsetzbarkeit eines Systems, zur Standortsuche und zur Vorbereitung der Genehmigung wurde im Rahmen einer Masterthesis (Tim Scheider, Freiburg) untersucht, ob sich aus der dezentralen Erdgasbetankung die Möglichkeit eines Geschäftsmodells für einen Energieversorger ergeben würde. Dazu wurden entlang der Business Model Canvas vier Geschäftsmodellvarianten untersucht:

- Die erste Geschäftsmodellvariante geht davon aus, dass die Planung, Installation und Betrieb einer Betankungsanlage komplett in Form einer Dienstleistung durch die badenova (bzw. einen ähnlichen Dienstleister) erbracht werden.
- Die zweite Variante umfasst alles, was zur Genehmigung notwendig ist, überlässt dann aber Installation und Betrieb dem Nutzer / Gewerbebetrieb.
- Die dritte Geschäftsmodellvariante würde die reine Installation der Anlage inkl. der baulichen Vorbereitungen beinhalten. Die Vorgaben hierfür sind dem Genehmigungsbescheid und den übrigen Dokumenten komplett zu entnehmen (Ergebnis von Geschäftsmodellvariante 2), weswegen dieser Schritt eigenständig nach der Genehmigung stattfinden kann.
- Die vierte Modellvariante setzt nach der Errichtung der kompletten Anlage an: Ein Dienstleister für den Betrieb könnte hier dafür zuständig sein, die Abrechnung der Betankungsvorgänge und die turnusmäßigen Prüfungen gemäß Wartungsplan vorzunehmen und ggf. Zugang zu weiteren Betankungsanlagen Dritter zu verschaffen und die Anlage mit Strom und Erdgas zu beliefern.

Die für die Geschäftsmodellvarianten notwendigen Schlüsselaktivitäten sind in Abbildung 13 zusammengefasst. Die Befragung möglicher Kunden hat allerdings ergeben, dass insbesondere die Auftrennung zwischen Genehmigungsplanung / Genehmigung und Installation kaum nachgefragt wird, denn zum einen werden die für die Genehmigung notwendigen Kosten unterschätzt (was für den Anbieter nur dieser Leistung ungünstig wäre), zum anderen die

Akquise: • Kundeninformation • Kundengewinnung		Genehmigungsprozess: • Gesamtantrag bei Behörde einreichen • Gesamtantrag prüfen • Rückfragen klären • Genehmigung erteilen	
Aufstellortdefinition: • Kundenfrage bearbeiten • Erstgespräch und Vorauswahl Aufstellort durchführen • Dienstleister beauftragen und Rücksprache halten • Endgültigen Aufstellort definieren		Installation: • standortspezifisches Lastenheft erstellen • Handwerker beauftragen • GasDroid bestellen • Bauliche Voraussetzungen für Installation schaffen • GasDroid technisch und baulich installieren • Nutzer im Umgang und Betrieb mit GasDroid schulen	
Vorbereitung Genehmigungsprozess: • Explosionsschutzdokument und -konzept erstellen • Brandschutzkonzept erstellen • Gefährdungsbeurteilung erstellen • Entwurfsfassung zusammenstellen • Unterlagen bei ZÜS zur Prüfung einreichen • Gutachterliche Stellungnahme erstellen • Gesamtantrag zusammenstellen		Betrieb: - Steuersätze korrekt verrechnen - Wartungsdienstleister beauftragen - Wartung und Prüfung durchführen - GasDroid mit Strom und Erdgas versorgen	
Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4

Abbildung 13: Mögliche Geschäftsmodelle für dezentrale Erdgasbetankungsanlagen

Kosten der eigentlichen Anlage überschätzt (was die Möglichkeit eröffnet, mit einem etwas höheren Anlagenverkaufspreis einen Teil des Genehmigungsaufwandes zu „subventionieren“). Allerdings ergibt sich daraus die Frage, ob ein künftiger Käufer allein für den Betrieb der Anlage überhaupt einen Dienstleister finden würde (für die Wartung wohl schon, aber nicht für den sonstigen Betrieb), so dass insbesondere bei den ersten Installationen wohl nur Geschäftsmodellvariante 1 (also das Komplettangebot von Planung, Genehmigung, Installation und Betrieb) in größerem Umfang nachgefragt wird.

2.6.2 Wertversprechen des Gasdroids

Öffentliche CNG-Tankstellen sind besonders vom Henne-Ei-Problem der Gasmobilität betroffen. Zu wenige CNG- bzw. Wasserstoff-Fahrzeuge führen zu einer nicht ausreichenden Auslastung der Station und damit zur Unwirtschaftlichkeit. Denn zur Errichtung einer öffentlichen Gastankstelle sind große Investitionen und ausreichend Platz notwendig, die Betriebs- und Wartungskosten dieser Anlagen sind insbesondere auch im Vergleich zu Benzin- und Dieseltankanlagen hoch. Gleichzeitig ist die durchschnittliche Betankungsdauer länger als bei Benzin- und Dieselanlagen, was zu weniger Bezahlvorgängen je Tankplatz führt – und damit zu einer geringeren Anzahl von Kunden, die neben dem Kraftstoff auch noch für weitere Verkaufsartikel angesprochen werden könnten.

Demgegenüber verspricht der Gasdroid einen Betrieb mit geringen Wartungskosten und eine auch auf wenige Fahrzeuge angepasste Anlagengröße. Da für das System ein normaler Erdgas-Hausanschluss ausreicht, kann die Anlage praktisch überall im Erdgasnetz angeschlossen werden, also immer dort, wo ein Kunde auch ein Erd- oder Biogasauto betreiben will. Fahrten zur Tankstelle entfallen, die Betankung findet wie bei einem Elektroauto „über Nacht“ oder „während der Arbeit“ statt. Dem steht allerdings entgegen, dass das über den Hausanschluss bezogene Erdgas auf Grund der kleinen Menge etwas teurer im Bezug sein kann als das Erdgas für große öffentliche Tankstellen und dass die Verrechnungskosten für die THG-Quote spezifisch hoch sind.

2.6.3 Investitions-, Betriebs- und Genehmigungskosten

Ziel der Zusammenarbeit mit dem Hersteller Hygen war es, für den Gasdroid einen Verkaufspreis zu ermitteln, der einerseits die Herstellerkosten abdecken, andererseits die Kosten für Planung, Installation und Betrieb. Die Herstellerkosten werden auf Grund der für den Gasdroid eingekauften Bauteile zumindest in kleinerer Serie kaum unter 5.000 € je Stück liegen können, da für die 4 Gasdroid-Anlagen im Projekt und für eine Hygen+ - Anlage ca. 50.000 € für Komponenten, Verpackung und Lieferung einzuplanen war. Hinzu kommen mindestens die Fertigungskosten von Hygen, wobei diese ebenfalls stark von der Stückzahl abhängig sind, mit der ein Gasbetankungssystem absetzbar ist.

Aus den im Zuge des Innovationsfondsprojektes gewonnenen Erfahrungen wurden folgende weitere Kostenbestandteile abgeleitet:

- Kosten für die Vor-Ort-Begehung und die Auswahl eines möglichen Standortes: 300 – 500 €.
- Kosten des Genehmigungsprozesses und dessen Vorbereitung (bereits unter Berücksichtigung einer gewissen Standardisierung, die sich aus der Installation mehrerer Anlagen ergibt): 5.000 – 6.000 €
- Kosten der Installation: 1.000 – 1.500 € (ohne aufwändige zusätzliche Brand- und Explosionschutzkosten, wie sie z.B. am Standort Tullastraße der badenova anfallen würden)
- Kosten für Betrieb und Wartung jährlich im Durchschnitt etwa 1.000 €.

Zusätzlich fallen für den Anlagenbetreiber erhöhte Kosten für die Fahrzeugbeschaffung an (Erdgasfahrzeuge sind teurer als vergleichbare Diesel- oder Benzinfahrzeuge) und Kosten für das Erdgas und den Strom an. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die für Erdgas als Kraftstoff gewährte steuerliche Begünstigung in den kommenden Jahren bis 1.1.2027 schrittweise entfallen wird. Beträgt der Steuersatz in 2023 13,90 €/MWh, wird er bis 1.1.2027 auf 31,80 €/MWh ansteigen.

2.6.4 Erlössituation und Wirtschaftlichkeit

Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit einer Gasdroid-Anlage aus Kundensicht waren einige Annahmen zu treffen. Zunächst einmal wurde davon ausgegangen, dass die Mehrkosten eines CNG-Fahrzeugs gegenüber einem Benzin- oder Dieselfahrzeug über die Nutzungsdauer des Fahrzeugs kompensiert werden können, wenn das Fahrzeug an einer öffentlichen Tankstelle betankt wird. Diese Annahme ist von jedem Kunden individuell zu prüfen, da sie abhängig ist von der Jahreskilometerleistung des Fahrzeugs (hier insbesondere im Vergleich zu Benzinfahrzeugen), der Steuer für das Fahrzeug und den Mehrkosten für ein spezifisches Fahrzeug.

Durch diese erste Annahme kann der weitere Vergleich auf eine Betrachtung einer öffentlichen Betankung gegenüber der Betankung durch den Gasdroid reduziert werden. Die zweite Annahme für die Vergleichsrechnung besteht also darin, dass mit den eingesparten Kraftstoffkosten bei Betankung durch einen Gasdroid (Erdgas plus Strom) die Investitions-, Betriebs- und Genehmigungskosten einer solchen Anlage gegenüber der Betankung an einer öffentlichen Tankstelle und deren Kraftstoffkosten kompensieren lassen. Dritte und letzte grundlegende Annahme für die Vergleichsrechnung war die Vernachlässigung der Herstellungskosten, da ja das Ziel des Projektes war, diese ggf. so anzusetzen, dass eine dezentrale Betankung gegenüber einer öffentlichen Variante ähnlich wirtschaftlich wäre, so dass dann der Nutzen aus eingesparter Zeit und dezentraler Verfügbarkeit voll zum Tragen kämen.

Bei der Nutzung des Gasdroid für ein Fahrzeug mit einer Fahrleistung von etwa 17.000 km pro Jahr ergibt sich die in Abbildung 14 dargestellte Situation: Die Kosten insbesondere des Genehmigungsprozesses lassen sich bei einer solchen Anlage über die im Vergleich zu einer öffentlichen Tankstelle geringeren Kraftstoffkosten auch auf lange Sicht nicht kompensieren. Ein Verkauf des Gasdroids an private Nutzer oder

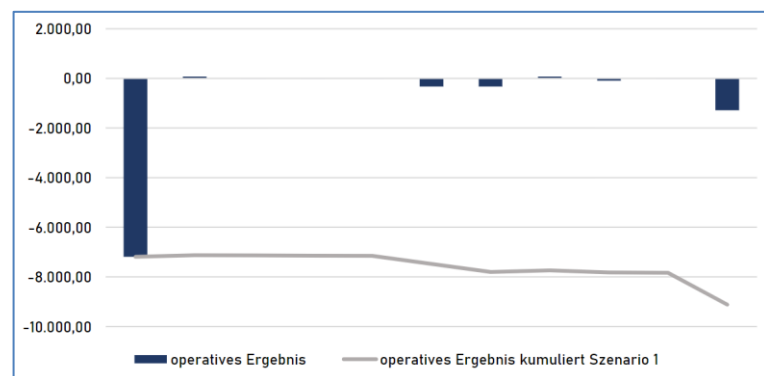


Abbildung 14: Erlössituation beim Einsatz eines Gasdroid zur Betankung eines Privatfahrzeugs mit einer Laufleistung von etwa 17.00 km/a

Gewerbebetriebe, bei denen nur ein Fahrzeug mit vergleichsweise geringer Jahreskilometerleistung eingesetzt wird, bringt daher einen hohen Druck auf die Herstellungskosten mit sich.

Besser sieht der Vergleich aus, wenn man unterstellt, dass der Nutzer eines Gasdroid zwei größere Fahrzeuge mit einer hohen Kilometerlaufleistung über das System betreibt. Hierzu wurden die realen Gegebenheiten bei der Firma Reiß Beck betrachtet. Diese will von einem zentralen Standort aus 12 Filialen im Marktgebiet bedienen. Mit dem von ihr angeschafften Transportfahrzeug „IVECO Daily“ werden dafür an jährlich 350 Liefertagen etwa 100 km zurückgelegt. Daraus ergibt sich die in Abbildung 15 dargestellte Erlössituation.

Bedenkt man, dass bei dieser Nutzungsvariante der Gasdroid an die Grenze seiner Betankungsleistung gebracht wird (er kann auf Grund der Leistung seines Gasverdichters nicht mehr Fahrzeuge betanken), dann muss man auch hier feststellen, dass für die Herstellereinstellung wenig Spielraum bleibt, da über die Nutzungsdauer von 10 Jahren durch günstigere dezentrale Kraftstoffkosten gerade Gleich-

stand mit der Betankung an einer öffentlichen Tankstelle erreicht werden kann. Der Herstellerpreis für eine Gasdroid-Anlage muss sich also aus anderen vermiedenen Kosten oder einem anderen Nutzen speisen als der Kostenersparnis bei den Kraftstoffkosten im Vergleich zu einer öffentlichen Tankstelle.

Ein erster Ansatz dafür wäre die Betrachtung des Nutzens, der sich durch die komfortable Betankung am Standort des eigenen Gasfahrzeugs ergibt. Dadurch können Fahrkilometer eingespart werden, liegt die öffentliche Tankstelle nicht „am Weg“, also entlang einer Strecke, die das Erdgasfahrzeug ohnehin fährt. Die Fahrkilometereinsparung schlägt sich im Kraftstoffverbrauch nieder, aber auch in den Zeiten für die Fahrt zur Tankstelle. Eine Berechnung dieser Einsparungen hängt aber vom Einzelfall ab. Eine Abschätzung nach oben ist aus der Aussage möglich, dass das Erdgastankstellennetz in Deutschland derzeit noch so dicht ist, dass kaum ein Fahrzeugnutzer mehr als 25 km zur nächsten Tankstelle fahren muss. Unter der Prämisse, dass der Kunde für jede Betankung an einer öffentlichen Tankstelle einen Hin- und Rückweg von insgesamt 50 Kilometern auf sich nehmen müsste, ergäben sich bei zwei Fahrzeugen im Dienst der betrachteten Bäckerei bei 407 Betankungsvorgängen pro Jahr 1.702,92 € Einsparung an Kraftstoffkosten und 23.280,40 € an Personalkosten. Diese Abschätzung, die sehr günstig für das Gasdroid-System ausfällt, dürfte jedoch in der Praxis nie greifen, denn ein Betrieb, der so viele Kilometer von einer Erdgastankstelle weg ist, wird wohl kaum über ein Erdgasfahrzeug nachdenken – denn fällt sein „persönliches“ Gerät aus, sollte er ja gerade bei hoher Kilometerleistung eine gut erreichbare Tankalternative haben.

Ein zweiter Ansatz zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Systems ergibt sich aus den Vorgaben und Empfehlungen der zugelassenen Überwachungsstelle (ZÜS), die das Projekt begleitete. Eine Vermauerung von Fenstern und zusätzliche Feuerschutz- und Explosionsbleche ließen sich vermeiden, wenn der Hersteller die Einhausung seiner Anlagenteile verbessert. Die Überwachung des Geräts und die Meldung von Gasleckagen könnte durch ein bereits vom Hersteller vorgesehenes Überwachungsgerät verbessert werden. Zum Schutz und damit zur Vereinfachung der Zulassung könnten auch Komponenten beitragen, die speziell für Druck- und Betankungsanlagen zugelassen sind.

Der Hersteller scheint insbesondere diesen zweiten Ansatz zu verfolgen. So hat er in der Zwischenzeit die Entwicklung des Gasdroid eingestellt und verfolgt nur noch die Entwicklung des größeren Hygen+. Dieser wäre dann für Gewerbebetriebe mit bis zu vier Fahrzeugen zur Betankung geeignet und er würde in einem speziellen Container geliefert werden, so dass sich daraus ein vereinfachtes Genehmigungsverfahren ergeben könnte. Bei entsprechender Auslegung der Komponenten wäre das System grundsätzlich auch zur Betankung mit Wasserstoff geeignet.

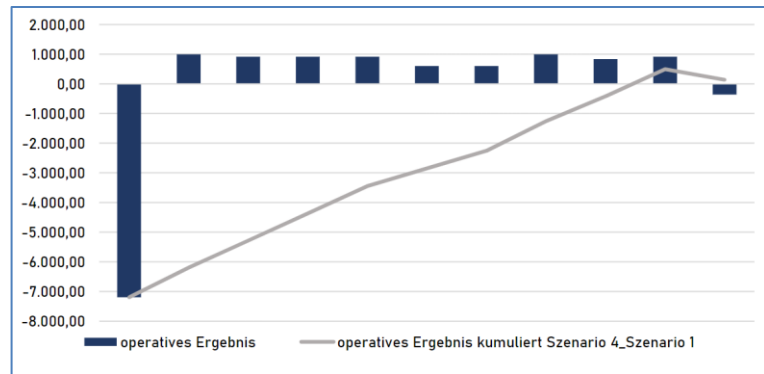


Abbildung 15: Erlössituation beim Einsatz eines Gasdroid bei einem Gewerbebetrieb mit zwei (größeren) Fahrzeugen

3 Wirkung der Umsetzung, Öffentlichkeitsarbeit

3.1 Auswirkungen auf den zukünftigen Betrieb

Da eine dezentrale Erdgastankstelle an keinem der ausgewählten Standorte umgesetzt werden konnte, ist der Weiterbetrieb der bei den Projektpartnern eingesetzten Erdgasfahrzeuge in Frage gestellt. Während die badenova und Reiß Beck in Freiburg noch auf zwei Erdgastankstellen zurückgreifen können, gibt es im gesamten Landkreis Tuttlingen keine Erdgastankstelle mehr, so dass Dr. Metzger als Vertreter der dortigen Erdgasfahrer künftig wohl auf ein Elektrofahrzeug umsteigen muss, will er kein Benzin- oder Dieselfahrzeug nutzen.

Parallel zu den Schwierigkeiten mit der Wirtschaftlichkeit von öffentlichen Erdgastankstellen und mit der Neueinführung neuer Betankungskonzepte wie dem Hygen zeigt sich aber insgesamt, dass die Fahrzeughersteller derzeit den Erdgasmotoren keine Zukunft mehr einräumen. Das Angebot an Fahrzeugen hat sich im Vergleich zum Beginn des Projektes in 2018 weiter verringert. Eine Gasbetankung wäre grundsätzlich auch mit grünen Gasen möglich, im PKW- und Kleintransportersegment aber zeigen Subventionen und der politische und (steuer-)rechtliche Rahmen nur in Richtung der Batterieelektrik.

Ein dezentrales Erdgasbetankungssystem für den Fahrzeugbetrieb wird daher in Deutschland keine Rolle mehr spielen.

3.2 Weiterführende Maßnahmen, Übertragbarkeit der Projektergebnisse

Abgesehen von der in Kapitel 2.6.4 angedeuteten technischen Entwicklungsrichtung, die das Hygen-System nehmen könnte, lassen sich folgende Projekterfahrungen auf nachfolgende Projekte und Entwicklungen übertragen:

- Der Genehmigungsaufwand und die Genehmigungskosten für neue technische Lösungen sind in Deutschland auf Grund eines dichten Netzes aus technischen und rechtlichen Vorgaben sehr hoch. Es stellt sich die Frage, ob eine technische Neuentwicklung nicht in anderen Ländern leichter Fuß fassen kann. Hygen trägt dem Rechnung und entwickelt das System derzeit für den deutschen Markt nicht weiter.
- Auch die Elektromobilität zeigt, dass eine Betankung von Fahrzeugen daheim und am Arbeitsplatz sehr bequem ist. Potenzielle Kunden haben in der Vermeidung von Fahrten zu einer öffentlichen Tankstelle auch den größten Nutzen des dezentralen Systems gesehen. Daher könnte eine solche Lösung ins Auge gefasst werden, wenn grünes Gas im Gasnetz verfügbar ist. Allerdings ist dabei auch zu bedenken, dass mit jeder Individualbetankungsanlage die Auslastung einer öffentlichen Betankungsinfrastruktur schlechter wird, was kaum dazu beitragen wird, die Zahl der Tankstellen zu steigern.
- Das von Hygen präsentierte Verdichtersystem wäre grundsätzlich nicht nur für eine Erdgas-, sondern auch für eine Wasserstoffbetankung geeignet. Da das Verdichterprinzip geringere Kosten verursacht als konventionelle Hubkolbenverdichter, gäbe es hier evtl. eine Anwendungsnische für den Verdichter. Allerdings gibt es erste Wasserstoff-Verdichter, die auf Basis von mit Feststoffen gefüllten Gasspeichern arbeiten, also ganz ohne bewegliche Kolben auskommen. Aus diesen könnte ein dezentrales (Wasserstoff-)Gasbetankungssystem abgeleitet werden, das dem Hygenansatz überlegen ist.

3.3 Öffentlichkeitsarbeit

Über die Zwischenergebnisse des Projektes wurde regelmäßig in einer Arbeitsgruppe der assoziierten Partner (ADAC Südbaden, Reis-Beck, Handwerkskammer Freiburg) berichtet. Führungen und Vorträge fanden jedoch nicht statt, da zunächst der Wunsch bestand, die Führungen an Standorten mit umgesetzten Anlagen auszurichten, und später, als absehbar war, dass sich zumindest der Gasdroid nicht wirtschaftlich würde betreiben lassen, die Führungen für die HYGEN+-Anlage geplant wurden. Da diese jedoch im Projektverlauf ebenfalls nicht in Betrieb genommen werden konnte, entfielen entsprechende Führungen und Vorträge.

Über den Projektstart hat die badenova in ihren Veröffentlichungen berichtet. Für den Standort Kirchzarten war bereits ein Pressetermin geplant, auf dem u.a. das Erdgas-Transportfahrzeug von Reis-Beck hätte vorgestellt werden sollen. Da sich zum Termin der Veranstaltung aber abzeichnete, dass die Genehmigung noch würde auf sich warten lassen, wurde die Veranstaltung wieder abgesagt. Auch auf die Beklebung des Fahrzeuges mit Werbebotschaften und Hinweisen auf das Projekt wurde verzichtet, als die genannten Projektverzögerungen auftraten.

4 Zusammenfassung und Ausblick

4.1 Nachfrage und Akzeptanz

Das von Hygen vorgeschlagene System ist zum Projektstart auf eine große Nachfrage gestoßen. Es war kein Problem, eine ausreichende Zahl von Standorten und Betrieben für die Teilnahme am Projekt zu gewinnen. Auch der ADAC und die Handwerkskammer Freiburg standen dem Projekt sehr aufgeschlossen gegenüber. Anfragen gab es von mehreren Seiten, u.a. vom DVGW. Aus den Rückmeldungen der Projektteilnehmer kann auf eine hohe Akzeptanz geschlossen werden, die für die technische Lösung erzielbar wäre.

4.2 Technische Einschätzung

Die technische Lösung des Herstellers hinterlässt einen zwiespältigen Eindruck. Auf der einen Seite wird dem System auch von den zugezogenen Prüfern eine kluge und robuste Ausführung zugesprochen. Ein Einsatz im privaten Bereich würde wohl nicht an mangelnder technischer Gerätesicherheit scheitern. Auf der anderen Seite sind die Hürden für den Einsatz des Systems im gewerblichen Bereich in Deutschland zu hoch. Hier könnten Veränderungen des Systems oder die vom Hersteller angekündigte Weiterentwicklung Abhilfe schaffen, es wird sich aber erst zeigen müssen, ob ein weiterentwickeltes System einfacher genehmigungsfähig sein wird, ohne dass durch die Nachrüstung von Komponenten die Herstellungskosten weiter steigen, weil diese ja ohnehin nur in Ausnahmefällen durch günstige Betriebskosten und erhöhten Nutzen kompensiert werden können.

4.3 Wirtschaftliche Einschätzung

Es ist davon auszugehen, dass die kleine Betankungsanlage Gasdroid in Deutschland nie wirtschaftlich wird betrieben werden können. Die Installationskosten sind zu hoch, die wirtschaftlichen Vorteile bei nur geringer Nutzung der Tankleistung zu niedrig, um die Herstellungskosten auch bei einer starken Stückzahldegression zu kompensieren.

Beim Hygen+ könnte die Wirtschaftlichkeit etwas besser sein, insbesondere dann, wenn die Anlage containerisiert und damit einfacher genehmigungsfähig geliefert wird und für eine größere Zahl von Fahrzeugen, z.B. den Betrieb einer kleinen Flotte von 3 – 4 Fahrzeugen, ausgelegt wird.

4.4 Ausblick

Im Juni 2021 hat das Projektteam die Nachricht erreicht, dass die Ohra Energie GmbH auf ihrem Betriebsgelände in Fröttstädt Thüringens erste Hygen-Betriebshof-tankstelle für die Befüllung von CNG-Fahrzeugen des eigenen Fuhrparks mit komprimiertem Erdgas bzw. regional erzeugtem Biomethan errichtet hat. Die Anlage wurde in Abstimmung mit dem TÜV Thüringen installiert.

Die Kontaktaufnahme zwischen dem Projektteam und der Ohra Energie zeigte aber, dass auch beim in Thüringen umgesetzten System noch Fragen offen sind.

Die Anlage wurde ebenfalls auf einem Betriebsgelände errichtet, allerdings in großem Abstand zu häufiger genutzten Betriebsgebäude. Eine solche Aufstellung hätte auch in Freiburg oder Kirchzarten die Genehmigung erleichtert. Die Anlage wurde zudem vom Hersteller neu konzipiert. Nun sind alle Anlagenteile in einem Apparat zusammengefasst, der im Freien aufgestellt werden kann. Eine zusätzliche Einhausung kann damit entfallen, allerdings ist die Anlage damit wohl kaum noch für den Privatgebrauch geeignet, weil nun einzelne Anlagenteile nicht mehr platzsparend in bestehenden Gebäudeteilen und getrennt voneinander untergebracht werden könne.



Abbildung 16: Inbetriebnahme eines Hygen+ bei der Ohra Energie GmbH, Quelle: Presseerklärung der Ohra Energie

5 Anlage: Projekterkenntnisse

Darstellung drei wesentlicher Erkenntnisse aus dem Projekt.

(Je Punkt maximal 300 Zeichen.)

1.	Der Genehmigungsaufwand und die Genehmigungskosten für neue technische Lösungen wie den Gasdroid sind in Deutschland auf Grund eines dichten Netzes aus technischen und rechtlichen Vorgaben sehr hoch. Es stellt sich die Frage, ob eine technische Neuentwicklung nicht in anderen Ländern leichter Fuß fassen kann.
2.	Auch die Elektromobilität zeigt, dass eine Betankung von Fahrzeugen daheim und am Arbeitsplatz bequem und machbar ist und nachgefragt wird. Das von Hygen präsentierte Verdichtersystem wäre grundsätzlich nicht nur für eine Erdgas-, sondern auch für eine Wasserstoffbetankung geeignet, käme also für eine dezentrale Betankungslösung für Wasserstoff-Elektrofahrzeuge in Frage. Da das Verdichterprinzip geringere Kosten verursacht als konventionelle Hubkolbenverdichter, gäbe es hier evtl. eine Anwendungsnische für den Verdichter. Allerdings gibt es erste Wasserstoff-Verdichter, die auf Basis von mit Feststoffen gefüllten Gasspeichern arbeiten, also ganz ohne bewegliche Kolben auskommen. Aus diesen könnte ein dezentrales (Wasserstoff-)Gasbetankungssystem abgeleitet werden, das dem Hygen-Ansatz überlegen ist.
3.	Das im Projekt erprobte System ist im gewerblichen Bereich aus Genehmigungs- und Kostengründen nicht wirtschaftlich einsetzbar. Ein dezentrales Betankungssystem aber hätte grundsätzlich Kosteneinsparpotenziale, weil Fahrten zu einer öffentlichen Tankstelle vermieden werden können. Daher könnte eine solche dezentrale Lösung erneut ins Auge gefasst werden, wenn grünes Gas im Gasnetz verfügbar ist. Allerdings ist dabei auch zu bedenken, dass mit jeder Individualbetankungsanlage die Auslastung einer öffentlichen Betankungsinfrastruktur schlechter wird, was kaum dazu beitragen wird, die Zahl der Tankstellen zu steigern.

6 Anlage: Kontaktdaten

Bitte geben Sie Ihre aktuellen Kontaktdaten an

(Diese werden nicht mit dem Abschlussbericht veröffentlicht, sondern dienen ausschließlich zum Abgleich und ggf. Aktualisierung Ihrer, uns aus dem Antrag vorliegenden Kontaktdaten und dienen zur Kontaktaufnahme für projektrelevante Fragen im Nachgang des Projektabschlusses.)

Kontaktdaten Antragsteller:

Firma:	Badenova AG & Co. KG
Vor-/Nachname:	Dr. Thomas Scheuerle
Straße:	Tullastraße 61
PLZ, Ort:	76108 Freiburg im Breisgau
Telefon:	
Email:	Thomas.Scheuerle@badenova.de

Falls Antragsteller und Projektkoordinator abweichend sind

Kontaktdaten Projektkoordinator:

Firma:	Stadtwerk am See
Vor-/Nachname:	Peter Majer
Straße:	Kornblumenplatz 7/1
PLZ, Ort:	88046 Friedrichshafen
Telefon:	07541 505 182
Email:	Peter.majer@stadtwerk-am-see.de