



Informationen

- ... über Forschung, Entwicklung und Anwendung der Antriebstechnologien
- ... über Analyse und Beurteilung von Motoren- und Antriebskonzepten
- ... über die Aspekte der Energie
- ... über Auswirkungen auf Mensch und Umwelt

Vortragstagung SSM / SAE

Die Welt hat kein Energieproblem – Wir haben ein CO₂-Problem

Untersuchungen beispielsweise der NASA zeigen, dass die Sonne sehr viel mehr (erneuerbare) Energie auf unseren Planeten schickt, als die Menschheit jemals wird nutzen können. Diese ist aber nicht überall und nicht jederzeit in ausreichenden Mengen verfügbar. Deshalb spielen neben den "Ernte"-Technologien (Photovoltaik, solarthermische Kraftwerke, Windräder, usw.) auch Speicher- und Energiewandler-Technologien sowie Energietransporte für die CO₂-Reduktion eine wichtige Rolle.

Die Vortragstagung SSM 2021 zeigt auf, wie sich die Energieversorgung der Mobilität auf-

grund des Wechsels auf erneuerbare Energie ändern könnte. Ein besonderer Fokus richtet die Fachtagung auf die Anstrengungen und Aussichten zur Lösung des CO₂-Problems. Dabei werden auch volkswirtschaftliche Aspekte beleuchtet.

Für die diesjährige Fachtagung des SSM konnten wiederum sehr namhafte Referenten gefunden werden. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer werden einen umfassenden Einblick in den aktuellen Stand der strassenseitigen Optionen zur Lösung des CO₂-Problems erhalten

Donnerstag, 25. November 2021

ab 09.15 Uhr im Campus Sursee (Saalöffnung 08.15 Uhr)

Weitere Informationen:

- https://www.ssm-studies.ch/fileadmin/pdf/SSM/Vortragstagung_2021/Vortragstagung_2021_Einladung.pdf

Ist Euro 7 / VII nötig?

Meinrad Signer, MSCO

In den letzten Jahren wurde Euro 6/VI (LD/HD) laufend nachgebessert, verschärft und somit auch effektiver gemacht. Dieser Standard ist heute meines Erachtens auf einem sehr guten

Stand. Die Euro VI HD Norm wird weltweit als Referenz benutzt; so wurde sie auch in China (mit einer Verschärfung = Monitoring), Indien und Brasilien (und anderen südamerikani-

schen Staaten) erfolgreich eingeführt. Demzufolge hat sich die Luftqualität an den kritischen Orten stark verändert. So sank zum Beispiel in Stuttgart am Neckertor (normalerweise die schlechteste Luftqualität im südlichen Deutschland) der Jahresmittelwert NO_2 von $71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und die Anzahl Grenzwertüberschreitungen NO_2 von elf auf null im Zeitraum 2018 bis 2020. Eigentlich ein riesiger Erfolg; die Massnahmen haben gegriffen.

Nun möchte die EU-Kommission jedoch die Normen massiv verschärfen. Vor über einem Jahr wurde ein sogenanntes Expertenteam zusammengestellt, welches aber von den Behörden massiv unter Druck gesetzt worden ist. Aufgrund des Abgasskandals der letzten Jahre wurde die Automobilindustrie nicht direkt involviert (was zumindest bei Nutzfahrzeugen nicht korrekt ist, da keine Betrügereien gemacht wurden). Ursprünglich war vorgesehen, diese neue Norm noch in diesem Jahr dem EU-Parlament vorzulegen, was aber zweifelhaft ist. Die Inhalte werden laufend geändert. Als Einführungsdatum war 2025 bis 2027 vorgesehen.

Es werden Grenzwerte vorgeschlagen, welche im Prüftest bis zu 90 Prozent unter den heutigen Grenzwerten liegen. Zudem wurden die Anforderungen für die Emissionen im Fahrbetrieb massiv verschärft und die Lebensdaueranforderungen um bis zu 50 Prozent verlängert. Diese tiefen Emissionswerte lassen sich teilweise auf dem Prüfstand darstellen, sind aber in der Produktion und über die lange Lebensdauer kaum realisierbar. Zudem sind die technischen Massnahmen mit signifikanten Mehrkosten verbunden, z.B. teurere Partikelfilter, Doppel-SCR und Katalysatorheizungen. Was aber bedeutet das für die Luftqualität? Berechnungen haben gezeigt, dass mit Euro 7/VII die NO_x Emission der Pkw um 1,1 bis 4,6

Prozent und beim Lkw um 0,1 bis 2,4 Prozent im Jahre 2035 reduziert würden.

Im gleichen Zeitraum sollen aber auch die klimarelevanten CO_2 -Emissionen massiv reduziert werden. Beim Nutzfahrzeug ist die angestrebte 30-Prozent-Reduktion CO_2 in 2030 mit Verbrennungsmotoren nicht darstellbar, Euro VII andererseits wird mit einem Mehrverbrauch leben müssen.

Nun, wie geht es weiter? Die verschiedenen Ankündigungen der Industrie sind klar: So bald wie möglich wird auf elektrische Antriebe umgestellt mit einer Null-Emissions-Strategie, sei das nun Batterie-elektrisch oder mit Brennstoffzelle und Wasserstoff. Das Angebot von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor wird drastisch reduziert werden, da sich kein Hersteller leisten kann, alle Produkte auf Euro 7/VII und gleichzeitig auf ZEV (zero emission vehicles) umzustellen und dies parallel. Euro 7 bedeutet aus meiner Sicht das Ende der Diesel-Pkw. So ist auch die heutige Regierung Deutschlands gegen die Euro 7/VII-Norm; aber die Wahlen diesen Herbst könnten diese Position noch ändern.

Und was ist meine Meinung? Wie bereits erwähnt, haben wir mit den bisherigen Massnahmen eine gute Luftqualität in ganz Europa erreicht. Die Amerikaner haben mit den sogenannten scharfen Grenzwerten beim Lkw zum Beispiel wesentlich schlechtere Emissionen im praktischen Fahrbetrieb erzielt als die Europäer. Wenn wir der Wissenschaft folgen möchten, dann müssen die CO_2 - und anderen klimarelevanten Emissionen (z.B. Methan CH_4) massiv reduziert werden. Das heisst im Klartext: Umstieg auf erneuerbare Energiequellen und die entsprechenden Antriebskonzepte. Investieren wir in diese Konzepte und vermeiden wir unnötige Vorschriften, welche für die bereits gute Luftqualität nichts mehr bringen.

Verflüssigtes Biogas als Treibstoff im Schweizer Schwerlastverkehr

Fabian Ruoss, Zoe Stadler, Prof. Dr. Elimar Frank - OST Ostschweizer Fachhochschule

Die Logistikbranche hat zunehmend den Anspruch, den Transport von Gütern und Waren fossilfrei zu gestalten. Ein Team der OST Ostschweizer Fachhochschule hat zusammen mit dem Transportunternehmen Krummen Kerzers AG und mit Lidl Schweiz AG untersucht, ob und in welchem Ausmass die Substitution von konventionellem Dieseldieselkraftstoff durch biologisch hergestelltes und verflüssigtes Methan (LBG) für schwere Nutzfahrzeuge in der Schweiz ökologisch und ökonomisch sinnvoll ist.

LBG ist verflüssigtes Methan (ca. -162 °C bei 1 bar), das aus nachwachsenden Rohstoffen oder biologischen Abfällen hergestellt wird. In der Schweiz existiert aktuell keine LBG-Produktion und beim Import muss darauf geachtet werden, dass das LBG aus biogenen Abfällen produziert wird (und nicht aus nachwachsenden Rohstoffen). Dies ermöglicht in der Schweiz eine Befreiung von der Mineralölsteuer und perspektivisch auch eine Reduktion der LSV-Abgabe.

Im Projekt wird untersucht, ob und wie LBG ökologisch und ökonomisch sinnvoll eingesetzt werden kann. In einer Well-to-Wheel-Analyse werden Energiebedarf und Emissionen von Produktion, Transport und Lagerung bis zur Verwendung im Fahrzeug analysiert. Dabei werden nicht nur die direkten CO_2 -Emissionen bestimmt, sondern auch andere relevanten Treibhausgase sowie sonstige Schadstoffe. Für das Projekt wurden Flüssiggas-Lkw mit verschiedenen Motorentechnologien (HPDI und Otto) und eine Flüssiggas-Tankstelle angeschafft.

Die meisten Messungen wurden mit LNG (verflüssigtem Erdgas) durchgeführt, da die beiden Kraftstoffe chemisch annähernd identisch sind. Da Methan ein 28 mal stärkeres Treibhausgas als CO_2 ist, fallen direkte Methan-Emissionen viel stärker ins Gewicht als eine Verbrennung. Deshalb müssen Leckagen und sonstige Methanemissionen bei allen Herstell- und Verwendungsschritten berücksichtigt und möglichst vermieden werden.

Fahrzeuge und Tankstelle wurden mittels einer Gascam auf Leckage geprüft. Die Emissionen der Lkw (LNG HPDI, LNG Otto, Diesel) wurden über die Flottenmanagementsysteme der

Hersteller über den Zeitraum von einem Jahr untersucht. Zusätzlich wurden Referenzmessungen für alle drei Motorentechnologien mittels PEMS (Portable Emission Measurement System) durchgeführt. Dabei durchliefen die Lkw mehrfach mit derselben Beladung ein RDE-Prüfverfahren (Real Driving Emissions).

Bezüglich der LBG-Produktion konnte festgestellt werden, dass die Erneuerbarkeit der Strom- und Wärmezufuhr im Produktionsprozess entscheidend ist und dass die transportbedingten Emissionen eine untergeordnete Rolle für die Well-to-Wheel Bilanz spielen. Die Berechnungen zeigen, dass Emissions-

minderungen von bis zu 82 Prozent gegenüber fossilem Diesel ($95,1\text{ g CO}_2, \text{ eq/MJ}$) erreicht werden können, sofern erneuerbare Energie für die Produktion eingesetzt wird. Ansonsten reduziert sich die Emissionsminderung auf 46 Prozent. Die LBG-Produktion einschliesslich Verflüssigung wurde mit $8\text{ g CO}_2, \text{ eq/MJ}$ berechnet, die verbleibenden Emissionen von nochmals etwa $9\text{ g CO}_2, \text{ eq/MJ}$ können durch die Verringerung der Transportdistanz und das consequente Vermeiden von Ventings (siehe unten) nochmals erheblich reduziert werden.

Der Transport des LBG von Skandinavien mit einem Diesel-Lkw sowie die Lagerung in der Tankstelle haben etwa den selben Einfluss wie die LBG Produktion ($8,8\text{ g CO}_2, \text{ eq/MJ}$). Diese Emissionen lassen sich durch den Transport mit LBG-betriebenen Lkw deutlich reduzieren. $4,2\text{ g CO}_2, \text{ eq/MJ}$ sind auf Methanemissionen der Tankstelle zurückzuführen. Diese entstehen durch sogenanntes Venting, bei dem Methan aus einem Lkw-Tank an die Tankstelle zurückgeführt wird. Liegt der Druck in der Tankstelle über 9,5 bar, geht das Methan nicht in die Tankstelle sondern in die Umgebung. Ventings können durch einen höheren Methanverbrauch (ca. 2000 kg pro Tag) an der Tankstelle auf nahezu null reduziert werden.

Bei zwei LNG-Lkw sowie einem Diesel-Lkw wurden Abgasmessungen durchgeführt. Das Fahrzeug mit Ottomotor ($\lambda = 1$) weist höhere CO_2 -Emissionen auf als das Fahrzeug mit HPDI-Motor (high pressure direct injection), bei dem allerdings für die Zündung noch ca. 10 Prozent (Masse) Diesel eingesetzt werden muss.

Die Well-to-Wheel-Analyse zeigt, dass mit LBG aus Norwegen die Emissionen von 1044 g CO₂, eq/km (Diesel) auf 270 CO₂, eq/km (Otto) bzw. 282 CO₂, eq/km (HPDI) gesenkt werden können. Dies noch ohne Optimierung des Transportes oder der Tankstelle. Mit fossilem LNG dagegen werden die Emissionen im Otto-Motor auf 1257 CO₂, eq/km erhöht und im HPDI-Motor minim auf 953 CO₂, eq/km reduziert.

In der Praxis ist zu beachten, dass die Anschlüsse der LNG-Tankstellen und LNG-Fahrzeuge nicht immer kompatibel sind und dass es in der Schweiz kantonale Unterschiede bei baulichen Vorgaben, Auslegung der Störfallverordnung und Klassifizierung gemäss Brandschutznormen gibt.

Fazit und Ausblick

Durch den Ersatz von LNG durch verflüssigtes Biomethan (LBG) können die klimarelevanten Emissionen deutlich reduziert werden. Während im Fahrzeugeinsatz 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 CO₂-Emissionen bei der Verbrennung im Motor durch den pflanzlichen

Zyklus egalisiert. Doch bleiben auch beim LBG die produktions- und transportbedingten Emissionen bestehen sowie auch diejenigen Gase, welche beim Einsatz im Lkw neben dem CO₂ gebildet werden.

Im Projekt konnten erste Ergebnisse zu der Well-to-Wheel-Analyse von flüssigem Biogas verschiedener Anbieter bestimmt werden. Am Beispiel von LBG aus einer Verflüssigungsanlage in Norwegen wurde ermittelt, dass bei fossilfreier Produktion des Biogases gesamthaft eine Reduktion der Treibhausgasemissionen gegenüber Diesel von über 70 Prozent erreicht wird. Dabei entfällt etwa die Hälfte der Emissionen auf den Transport des LBG aus Norwegen. Mit dem Import von LBG von naheliegenden Produktionsstandorten oder sogar einer LBG-Produktion in der Schweiz sowie der Verhinderung von Ventings an der Tankstelle sollte die Well-to-Wheel-Bilanz nochmals besser ausfallen.

Die Untersuchungen werden finanziell vom Bundesamt für Energie, dem Forschungsfonds Gas (FOGA) der schweizerischen Gasindustrie und der Lidl Schweiz AG unterstützt. Umsetzungspartner sind die Krummen Kerzers AG und Lidl Schweiz AG.

Weitere Informationen:

- Ausführlicher Beitrag siehe <https://www.ssm-studies.ch/home/>

In Kürze

- IAA in München: Die deutschen Fahrzeughersteller zeigen ausschliesslich Modelle mit Elektroantrieb, keine Explosionsmotoren.
- MAN schliesst ihr Werk in Steyr; das Werk in Nürnberg ist derzeit noch in Betrieb. Bei Daimler gibt es ähnliche Diskussionen. Es braucht keine Verbrennungsmotoren mehr. Tausende Arbeitsstellen in der Herstellerbranche werden aufgehoben.

Veranstaltungen und Termine

25. Nov. 2021 SSM/SAE Switzerland Vortragstagung, Campus Sursee
Die Welt hat kein Energieproblem - wir haben ein CO₂-Problem