

**Zeitschrift:** Landtechnik Schweiz  
**Herausgeber:** Landtechnik Schweiz  
**Band:** 83 (2021)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Forschung für weniger CO2  
**Autor:** Hunger, Ruedi  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1082180>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 04.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



Mit einem entsprechend ausgerüsteten Daimler-Truck als Versuchsfahrzeug wurde Mitte Juni 2020 die C<sup>3</sup>-Mobility eingeläutet. Bild: C<sup>3</sup>-Mobility

# Forschung für weniger CO<sub>2</sub>

Damit die Energie- und Klimaforschung in Zukunft erfolgreich agieren kann, ist es notwendig, dass alle relevanten Akteure übergreifend nach Lösungen suchen. Das bedeutet, dass Strom, Mobilität und Wärme nicht isoliert betrachtet werden sollten.

**Ruedi Hunger**

In der Energie- und Klimaforschung ist eine isolierte Betrachtung nicht zielführend. Vielmehr muss koordinierte und kosteneffiziente Weiterentwicklung im Vordergrund stehen. Ein Beispiel für diese Notwendigkeit ist das Verbundprojekt «Closed Carbon Cycle Mobility». Mit diesem C<sup>3</sup>-Mobility-Projekt wird das Ziel verfolgt, neue Wege für die CO<sub>2</sub>-neutrale Mobilität der Zukunft aufzuzeigen. Für dieses Projekt mit einer Laufzeit von 2018 bis 2021 haben sich europaweit verschiedene branchenübergreifende Partner aus der Energiesparte, der verfahrenstechnischen Industrie, Automobil- und Nutzfahrzeug-Motorenhersteller sowie aus Forschung und Entwicklung zusammengeschlossen.

## Regenerative Kraftstoffe

Flüssige Energieträger sind ein effektiver Weg für den Transport und die Speicherung grosser Energiemengen. Besonders sinnvoll ist die Nutzung von regenerativ erzeugtem Kraftstoff auf der Basis von Methanol. Mit C<sup>3</sup>-Mobility soll neben der direkten Nutzung als Kraftstoff auch die Weiterverarbeitung in andere Kraftstoffe untersucht werden. Zudem will man Wege aufzeigen, wie heute schon durch Beimischung strombasierter Kraftstoffe die CO<sub>2</sub>-Flottenemissionen gesenkt werden können. Dazu soll beispielsweise synthetisches Benzin produziert und in Ottomotoren genutzt werden. Andere Kraftstoffe, die auf Methanol basieren, werden auf ihre dieselmotorische Nutzung unter-

sucht. Dabei steht eine ganzheitliche Bewertung hinsichtlich ihres Wirkungsgrades und ihrer Umweltverträglichkeit im Vordergrund. Ebenfalls bewertet werden der Vertrieb und die Markteinführung.

## Reduktionsziele kommen rasch näher

Nicht nur für die Landwirtschaft, auch für den LKW-Verkehr wird europaweit bis ins Jahr 2050 eine CO<sub>2</sub>-Neutralität angestrebt. Das hat zur Folge, dass der durchschnittliche Kohlendioxidausstoss neuer Fahrzeuge ab 2030 um 30% niedriger liegen muss als im Vergleichszeitraum 2019/2020. Bereits auf 2025 soll eine Reduktion von 15% realisiert werden. Fachleute gehen davon aus, dass trotz steigender Zulassungszahlen von LKW mit elektrischen An-



trieben im Jahr 2050 noch über zwei Drittel der schweren LKW von einem Verbrennungsmotor angetrieben werden. Um die bereits erwähnte CO<sub>2</sub>-Neutralität bis 2050 zu erreichen, ist es daher unausweichlich, CO<sub>2</sub>-neutrale chemische Energieträger (erneuerbare Kraftstoffe) in grossen Mengen einzusetzen.

### Erster Demo-LKW

Aus diesen Gründen haben die Forschungsgesellschaft für Energietechnik und Verbrennungsmotoren FEV in Aachen (D) und die Daimler Truck AG in Stuttgart (D) im Rahmen des erwähnten Verbundprojekts neue Kraftstoffe auf ihr Emissionsverhalten bewertet. Mitte 2020 wurde mit der Inbetriebnahme eines Daimler-«Actros»-Demofahrzeugs ein Meilenstein in der Fahrzeugentwicklung erreicht. Dieser Truck dient dazu, die technische Reife von verschiedenen Kraftstoffen, so beispielsweise von Kraftstoff-Blend (siehe Kasten), OME, 1-Oktanol und Diesel-Blend, zu bestätigen.

### Test im Forschungsmotor

1-Oktanol ist ein Vertreter aus der Vielzahl von (mittel-)langkettigen Alkoholen. Die Eigenschaften von «1-Oktanol» sind dem konventionellen Dieseldieselkraftstoff sehr ähnlich. Aufgrund dieser Eigenschaften ist eine Beimischung möglich, ohne die Diesel-Kraftstoffnorm EN 590 zu verletzen.

Der im Rahmen des C<sup>3</sup>-Mobility-Projekts eingesetzte OM-471-Diesel-Motor bildet das Rückgrat für schwere Daimler-Nutzfahrzeuge. Dieser 12,8-l-Motor wurde 2011 erstmals als Euro-VI-Version in Europa eingeführt und 2016 überarbeitet. Die wesentlichen technischen Daten und der

## Flüssige Energieträger

<b>OME</b>	Oxymethylenether sind eine neue Klasse sauerstoffhaltiger Verbindungen, die in Diesel- und Otto-Kraftstoffen eingesetzt werden könnten, um die derzeit noch verwendeten fossilen Kohlenwasserstoffe in diesen Kraftstoffen abzulösen. OME verbrennen sauber und lassen sich umweltfreundlich aus Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> ) herstellen.
<b>FAME</b>	FAME (engl. «fatty acid methylester»). Fettsäuremethylester sind Verbindungen aus einer Fettsäure und dem Alkohol Methanol. Ein Gemisch aus pflanzlichen oder tierischen Fetten, das als Kraftstoff für Dieselmotoren genutzt wird. Auch unter dem Begriff «Biodiesel» bekannt.
<b>Blend</b>	Gemischte Mineralölprodukte wie Dieseldieselkraftstoff, Heizöl (EL und S) sowie Motorenbenzine werden auch als «Blend» bezeichnet. Da ein spezifikationsgerechtes Produkt hergestellt werden muss, wird die Zusammensetzung so verändert, dass die Spezifikationen erfüllt werden.

Aufbau dienen für den Aufbau eines Zylinder-Forschungsmotors. Um die unterschiedlichen Kraftstoffmischungen im Test zu bewerten, ist die Abgasrückführung des Forschungsmotors variierbar. Ebenso variiert bzw. dem Verbrennungsschwerpunkt der Kraftstoffmischung angepasst wurde der Einspritzzeitpunkt. Weiteres Optimierungspotential für einen besseren Wirkungsgrad (43,3 %) liegt in der Erhöhung des Verdichtungsverhältnisses (um 17 %!).

### Vorteile von 1-Oktanol

Die Nutzung von reinem 1-Oktanol hat die Partikel-Emissionen um rund 75 % reduziert. Selbst eine 30%ige Beimischung von 1-Oktanol hat die Partikel-Emissionen immer noch halbiert. Zudem wurde festgestellt, dass der Einsatz von 1-Oktanol keine thermodynamischen Nachteile gegenüber konventionellem Dieseldieselkraftstoff erwarten lässt. Der Brennverlauf einer Mischung aus 70 % Diesel und 30 % 1-Oktanol unterscheidet sich nach Anga-

ben der Forscher nur marginal von reinem Diesel. Die Forschungsergebnisse zeigen, dass sich eine 30%ige 1-Oktanol-Mischung für bereits existierende Dieselmotoren gut eignet. Im Gegensatz zu neuen Antriebstechnologien, welche für eine hohe Markt-Durchdringung eine lange Vorlaufzeit benötigen, können synthetische Kraftstoffe in einer Fahrzeugflotte bereits unmittelbar eine grosse Wirkung erreichen.

### Oxymethylenether als Treibstoffe

Synthetische Kraftstoffe, nachhaltig aus Sonnenenergie hergestellt, werden zurzeit vielfältig diskutiert. Neben paraffinischen, und damit dem fossilen Benzin- oder Dieseldieselkraftstoff sehr ähnlichen, Kraftstoffen sind in dem Zusammenhang auch stark sauerstoffhaltige Kraftstoffe zu nennen. Für selbstzündende Motoren ist Oxymethylenether (OME) ein vielversprechender Kraftstoff. OME zeichnet sich durch eine hervorragende Verbrennung mit sehr niedrigen Russmissionen aus. Zum Teil befinden sich diese sogar unter der Messbarkeitsgrenze. Der thermische Wirkungsgrad ist meist im gleichen Bereich oder besser als bei der Nutzung von Dieseldieselkraftstoff.

### Fehlende Produktionskapazitäten

Für eine erfolgreiche Einführung eines nachhaltigen, synthetischen Kraftstoffs sind neben der Verwendung auch die Produktion und der Vertrieb des Kraftstoffs zu betrachten. Zurzeit sind keine ausreichenden nachhaltigen Produktionskapazitäten der oben genannten Kraftstoffe vorhanden, sodass nicht davon ausgegangen werden kann, dass in absehbarer Zeit reine Kraftstoffe zur Anwendung kommen. Daher ist ein sogenanntes «Blend-Szenario» zielführender, bei dem abhängig von der



**Ob und wann die Landwirtschaft auch auf flüssige Energieträger mit CO<sub>2</sub>-reduzierten Emissionen umsteigt, ist noch offen.** Bild: R. Hunger

Verfügbarkeit diese nachhaltigen, synthetischen Kraftstoffe dem fossilen Kraftstoff beigelegt werden.

### Auswirkungen auf Motor und Fahrzeug

Wenn neue Kraftstoffe eingeführt werden, auch bei der Verblendung (Mischung) mit bereits vorhandenem fossilem Kraftstoff (Diesel), ist immer zu klären, ob es zu Konsequenzen für das ganze Motor-/Fahrzeugsystem kommt. Grundsätzlich können aufgrund unterschiedlicher chemischer und physikalischer Eigenschaften des Kraftstoffs früher oder später Probleme auftreten. Es kann zu Veränderungen bei/mit Materialien kommen. Ebenso können Veränderungen im Brennverfahren und bei der Schadstoff-Emissionsbildung auftreten. Solche Auswirkungen werden bewertet und wenn notwendig werden Änderungen an der Hardware, Software oder der Kalibration vorgenommen. In der Regel wird vorerst die Dieselmotor-Kalibrierung übernommen, danach können entsprechende Anpassungen und eine Feinabstimmung vorgenommen werden. Immer wieder gilt es, einen optimalen Weg bei der Abstimmung von Russ-Emissionen und NOx-Emissionen zu finden.

### Fazit

Die umfassende Literaturstudie bestätigt die Vermutung, dass das Erreichen der CO<sub>2</sub>-Neutralität bis ins Jahr 2050 kein Spaziergang wird. Zur Überbrückung der Durstzeit, bis insbesondere schwere Nutzfahrzeuge mit CO<sub>2</sub>-neutraler Antriebstechnik ausgestattet sind, werden künftig wohl flüssige Energieträger mit CO<sub>2</sub>-reduzierten Emissionen in Dieselmotoren eingesetzt. ■

### Energiebereitstellung in Teilbereichen

<b>Well-to-Wheel</b> (WtW)	Sinngemäss: «Vom Bohrloch bis zum Rad» ist eine Betrachtungsweise des Aufwands zur Bereitstellung der Antriebsenergie bei Kraftfahrzeugen. Dabei wird die gesamte Wirkungskette für die Fortbewegung von der Gewinnung und Bereitstellung der Antriebsenergie bis zur Umwandlung in kinetische Energie untersucht.
<b>Well-to-Tank</b> (WtT)	Sinngemäss: «Vom Bohrloch bis zum Tank» ist eine Betrachtungsweise des Aufwands zur Bereitstellung der Antriebsenergie bei Kraftfahrzeugen von der Primärenergie-Gewinnung bis zur Bereitstellung für das Fahrzeug. WtT ist vom Fahrzeughersteller nicht beeinflussbar. Daher sind keine Verbrauchs- und Schadstoffangaben enthalten.
<b>Tank-to-Wheel</b> (TtW)	Sinngemäss: «Vom Tank bis zum Rad» ist eine Betrachtungsweise des Aufwands zur Bereitstellung der Antriebsenergie bei Kraftfahrzeugen von der Bereitstellung für das Fahrzeug bis zur Umwandlung in kinetische Energie. TtW ist vom Fahrzeughersteller direkt beeinflussbar.



Bis die E-Mobilität auch die schweren LKW erreicht, braucht es Überbrückungskraftstoffe. Bild: Landi

### CO<sub>2</sub>-Emissionen verschiedener Antriebstechnologien

Antriebsart	Kraftstoff	Produktionsweise	Energiequelle	Gramm CO <sub>2</sub> -Äquivalent pro km		
				WtT	TtW	WtW
Ottomotor	Benzin	Raffination	Rohöl	24	140	164
	Autogas	Konditionierung	Erdgas	15	126	141
Dieselmotor	Diesel	Raffination	Rohöl	24	128	152
	Biodiesel	Veresterung	Raps	-50	133	83
Hybridantrieb (Ottomotor)	Benzin	Raffination	Rohöl	20	120	140
Brennstoffzelle (Elektromotor)	Wasserstoff	Elektrolyse	EU-Strommix	196	0	196
			Windstrom	5	0	5
Li-Ion-Batterie (Elektromotor)	Elektrizität	Kraftwerk	EU-Strommix	87	0	87
			Windstrom	2	0	2

Bemerkungen: Die negative WtT-Bilanz von Rapsstreibstoff (Biodiesel) erklärt sich durch Gutschrift aus der Gewinnung von Koppelungsprodukten bei der Kraftstoffherstellung (Rapskuchen). Bei Elektrofahrzeugen ist vor allem der verwendete Strommix von Bedeutung. Wenn man als Energiequelle für Elektrofahrzeuge statt eines Strommix Windstrom verwendet, ergeben sich sehr geringe WtW-Emissionen. Damit wird die grosse Bedeutung von erneuerbaren Energiequellen für elektrische Antriebe unterstrichen.