

Das Projekt ALIGN-CCUS – Ein Beitrag zum evolutiven Transformationsprozess der Energie- und Rohstoffversorgung durch Recycling von Kohlenstoff

The project ALIGN-CCUS - A contribution to the evolutionary transformation process of energy and raw material supply through recycling of carbon

Dr. Peter Moser, Dr. Sandra Schmidt, Dipl.-Ing. Knut Stahl; Dipl.-Ing. Georg Wiechers, RWE Power AG; Dr. Arthur Heberle, Dr. Muhammad Majid; Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe GmbH;

Dipl.-Ing. Hiroshi Kakihira, Asahi Kasei Europe GmbH; Prof. Ralf Peters, M.Sc. Stefan Weiske, Dr. Petra Zapp, Dr. Stefanie Troy; Forschungszentrum Jülich GmbH; M.Sc. Marcel Neumann, Dipl.-Ing. Bastian Lehrheuer, Dipl.-Ing. Christian Honecker; RWTH University; Dr. Thorsten Schnorbus, Dr. Sandra Glück, FEV Europe GmbH

Kurzfassung

Die technischen, wirtschaftlichen und sozialen Herausforderungen zur Erreichung der Klimaschutzziele sind immens. Nach dem im Oktober 2018 vom IPCC veröffentlichten Sonderbericht über 1,5°C globale Erwärmung (SR1.5) verschärft sich die Zielsetzung noch einmal, da die Kohlenstoffdioxidemissionen bis zum Jahr 2050 auf netto Null gesenkt werden müssen, um entsprechend der Klimamodelle das 1,5-Grad-Ziel einzuhalten. Die hierfür notwendigen globalen Umwälzungen aller Bereiche des täglichen Lebens und der Wirtschaft sind in ihrem Ausmaß ohne historisches Beispiel und umfassen alle Sektoren (Energie, Verkehr, Industrie und Gewerbe/Gebäude) sowie Infrastruktur und Landnutzung. Es ist unmittelbar einleuchtend, dass die möglichst weitgehende sektorübergreifende Nutzung bestehender Infrastrukturen nicht nur die Umsetzung von Maßnahmen beschleunigt, sondern auch die daraus resultierenden immens hohen Kosten senken kann. Dieser evolutive Ansatz zielt für die Energie- und Treibstoffversorgung darauf ab, bestehende Kraftwerke und Verkehrsmittel zu nutzen sowie deren Emissionen mit Hilfe der erneuerbaren Energien zu senken und Strukturbrüche zu vermeiden.

Aus heutiger Sicht sind der Elektrifizierung des Verkehrssektors beim Fern- und Schwerlastverkehr (Luft- und Schifffahrt sowie LKW-Transport) enge Grenzen gesetzt und ein kompletter Verzicht auf Verbrennungsmotoren erscheint unrealistisch. Entsprechend besteht auch zukünftig ein Bedarf an kohlenstoffhaltigen Basischemikalien und Treibstoffen, die aus abgetrenntem CO₂ aus Rauchgasen und regenerativ erzeugtem Wasserstoff hergestellt werden können (Carbon Capture and Usage: CCU). Wichtige CCU-Produkte wie Methanol und DME sind sektorübergreifend großtechnisch einsetzbare, chemische Langzeitenergiespeicher mit einer höheren Energiedichte als Methan oder Wasserstoff. Dies macht sie - neben der Option der Rückverstromung - besonders interessant für die Nutzung im Verkehrssektor. Darüber hinaus verbrennt DME als Dieseleratzkraftstoff nahezu rußfrei und erfüllt somit Emissionsgrenzwerte mit wesentlich einfacheren und günstigeren Abgasnachbehandlungssystemen. Wie groß der Effekt von Maßnahmen zur Minimierung der Treibhausgasemissionen ist, kann nur durch detaillierte Lebenszyklusanalysen mit transparent definiertem Bilanzrahmen und auf Basis von Realdaten ermittelt werden. Für den Vergleich unterschiedlicher Technologiepfade müssen klare Regeln eingehalten werden, um Scheinlösungen und den voreiligen Ausschluss von Technologien zu vermeiden. So ist ein Elektroauto ggf. regulatorisch als „emissionsfrei“ eingestuft, obgleich es bei Verwendung des heutigen Strommixes mehr CO₂ emittieren kann als ein modernes Dieselfahrzeug und zudem die Herstellung der Batterien derzeit mit hohen CO₂-Emissionen verbunden ist.

Das europäisch und national geförderte ALIGN-CCUS-Projekt vereint 30 Industrieunternehmen und Forschungsinstitute aus fünf Ländern mit dem gemeinsamen Ziel, den schnellen und kosteneffektiven Einsatz von CO₂-Abscheidung, -Nutzung und -Speicherung zu unterstützen. Im Rahmen von ALIGN-CCUS wird eine CCU-Demonstrationsanlage und die Nutzung des CCU-Produktes als Brennstoff für die Peak- und Back-Up-Stromerzeugung sowie als Rohstoff für den Verkehrssektor im Innovationszentrum Kohle in Niederaussem realisiert. Rund 180 kg CO₂/Tag werden mittels einer innovativen, einstufigen Hybridreakorttechnologie zu ca. 50 kg Rohdimethylether (DME) pro Tag umgesetzt. Mit einem stationären DME-betriebenen Dieselmotor wird eine Leistung von 240 kW_{el} bereitgestellt. Auf Basis der Realdaten der demonstrierten CCU-Kette wird eine technisch-ökonomisch-ökologische Bewertung vorgenommen. So werden die Umweltauswirkungen der CCU-Kette und ihre Nutzung im Energiesektor ermittelt sowie Optionen zur technisch-wirtschaftlichen Optimierung erarbeitet, wie z. B. die Rückführung des Abgases des Stromgenerators in den Rauchgasstrom des Kraftwerks mit anschließender erneuter Abtrennung und Nutzung durch Kohlenstoff-Recycling. Im Rahmen einer technischen Analyse werden die Kraftstoffkosten für eine Produktionsanlage mit einer Kapazität von ca. 50 t/h abgeschätzt.

Abstract:

The technical, economic and social challenges for achieving the climate protection goals are immense. According to the Special Report on 1.5°C Global Warming (SR1.5) published by the IPCC in October 2018 the target for greenhouse gas emission reduction will be tightened again, as carbon dioxide emissions must be reduced to net zero by 2050 according to the climate models in order to meet the 1.5-degree target. The required global radical changes in all areas of daily life and the economy are

unprecedented in history and comprise all sectors (energy, transport, industry and households) as well as infrastructure and land use. It is clear that the use of existing infrastructures wherever possible not only accelerates the implementation of measures, but can also reduce the resulting immense costs. For the energy and fuel supply, this evolutionary approach aims to use existing power plants and transport infrastructure and to reduce their emissions with the help of renewable energies and to avoid structural breaks.

From today's point of view, the electrification of the transport sector in long-haul and heavy-duty transport (aviation, shipping and truck transport) has narrow limits, and a complete abandonment of combustion engines seems unrealistic. Accordingly, also in future there will be a need for carbon-based basic chemicals and fuels which can be produced from captured CO₂ from flue gases and regeneratively produced hydrogen (Carbon Capture and Usage: CCU). Important CCU products, such as methanol and dimethyl ether (DME), are cross-sectorally applicable chemical long-term energy storages with a higher energy density than methane or hydrogen. This makes them - in addition to the option of reversion to electric power - particularly interesting for use in the transport sector. In addition, DME as a diesel substitute fuel burns virtually soot-free and thus meets emission limits with much simpler and cheaper exhaust after-treatment systems. The magnitude of the effect of measures to minimize greenhouse gas emissions can only be determined by detailed life-cycle analyzes with clearly defined balances and boundaries and on the basis of real data. Clear rules must be observed when comparing different technology paths in order to avoid false solutions and the premature exclusion of technologies. For example, an electric car may be classified as "emission-free" by regulatory standards, although it can emit more CO₂ when using today's electricity mix than a modern diesel vehicle and, moreover, the production of batteries is currently associated with high CO₂ emissions.

The European and nationally funded ALIGN-CCUS project brings together 30 industrial companies and research institutes from five countries with the common goal of supporting the fast and cost-effective use of CO₂ capture, utilisation and storage. As part of ALIGN-CCUS, a CCU demonstration plant and the use of the CCU product as fuel for peak and back-up power generation as well as raw material for the transport sector will be realized in the Coal Innovation Center in Niederaussem. About 180 kg of CO₂ / day are converted to about 50 kg of crude DME per day using an innovative, single-stage hybrid reactor technology. With a stationary DME-powered diesel generator, a power of 240 kW_{el} is provided. Based on the real data of the demonstrated CCU chain, a technical-economic-ecological assessment is made. The environmental impact of the CCU chain and its use in the energy sector and options for the technical and economic optimization will be determined and developed, such as the recycling of the exhaust gas of the power generator into the flue gas stream of the power plant with subsequent capture and repetitive utilisation of carbon. As part of a technical analysis, the fuel costs for a production plant with a capacity of approx. 50 t / h are estimated.