

Presseerklärung

nova-Institut GmbH (www.nova-institute.eu)

Hürth, 17. April 2023



Der Aufstieg von Kohlendioxid (CO₂) als erneuerbarer Kohlenstoff-Rohstoff - Mehr als 1,3 Millionen Tonnen Kapazität für Produkte auf CO₂-Basis sind bereits vorhanden und werden sich bis 2030 voraussichtlich mindestens vervierfachen

Neuer Bericht über die Nutzung von CO₂ für Chemikalien, fortschrittliche Kraftstoffe, Polymere, Proteine und Mineralien vom nova-Institut - Ein tiefer und umfassender Einblick in die sich entwickelnden Technologien, Trends und den dynamisch wachsenden Markt der CO₂ Umwandlung und Nutzung.

Der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC) erkennt in seinem 2022 veröffentlichten ^{sechsten} Sachstandsbericht (IPCC 2022) zum ersten Mal die Kohlenstoffabscheidung und -nutzung (CCU) als eine der Lösungen zur Eindämmung des Klimawandels an. Mehrere Zukunftsszenarien für eine Netto-Null-Chemieindustrie im Jahr 2050 zeigen, dass zwischen 10 und 30 % der Nachfrage nach eingebettetem Kohlenstoff aus der Nutzung von CO₂ stammen wird (Kähler et al. 2023).

Das Potenzial von CCU wurde auch von mehreren globalen Marken erkannt, die bereits ihr Rohstoffportfolio erweitern. Die Zusammenarbeit entlang der Wertschöpfungskette ist der Schlüssel, um sicherzustellen, dass Kosten und Nutzen in einem ausgewogenen Verhältnis stehen. In Europa werden die Investitionen und Aussichten für die CO₂-Nutzung durch mangelnde politische Unterstützung weitgehend untergraben. Im Gegensatz dazu sehen wir in China und in den USA mit dem Inflation Reduction Act eine unterstützende Politik. Die USA unterstützen die Nutzung von CO₂ für Kraftstoffe und Chemikalien aus der Luftabscheidung und aus Punktquellen, einschließlich gewerblicher Anlagen (de la Garza 2022). Solche intelligenten Maßnahmen sind notwendig, um die Lücke zwischen heute und 2050 zu schließen, damit die Unternehmen bei der nachhaltigen Transformation wettbewerbsfähig bleiben.

Glücklicherweise haben Wissenschaft und Industrie nicht gewartet, um CCU-Technologien intensiv zu entwickeln und umzusetzen. Mehrere erfolgreich eingeführte Technologien werden inzwischen kommerziell genutzt, und viele weitere befinden sich im Labor- und Pilotstadium. Derzeit werden CO₂ und andere C1-reiche Gase wie Kohlenmonoxid (CO) aus fossilen und biogenen Punktquellen abgeschieden, aber auch Projekte zur direkten Abscheidung aus der Luft (Direct Air Capture, DAC) nehmen zu. Von dort aus kann CO₂ über chemische, biotechnologische und elektrochemische Wege in Chemikalien, moderne Kraftstoffe, Polymere, Proteine oder Mineralien umgewandelt werden.

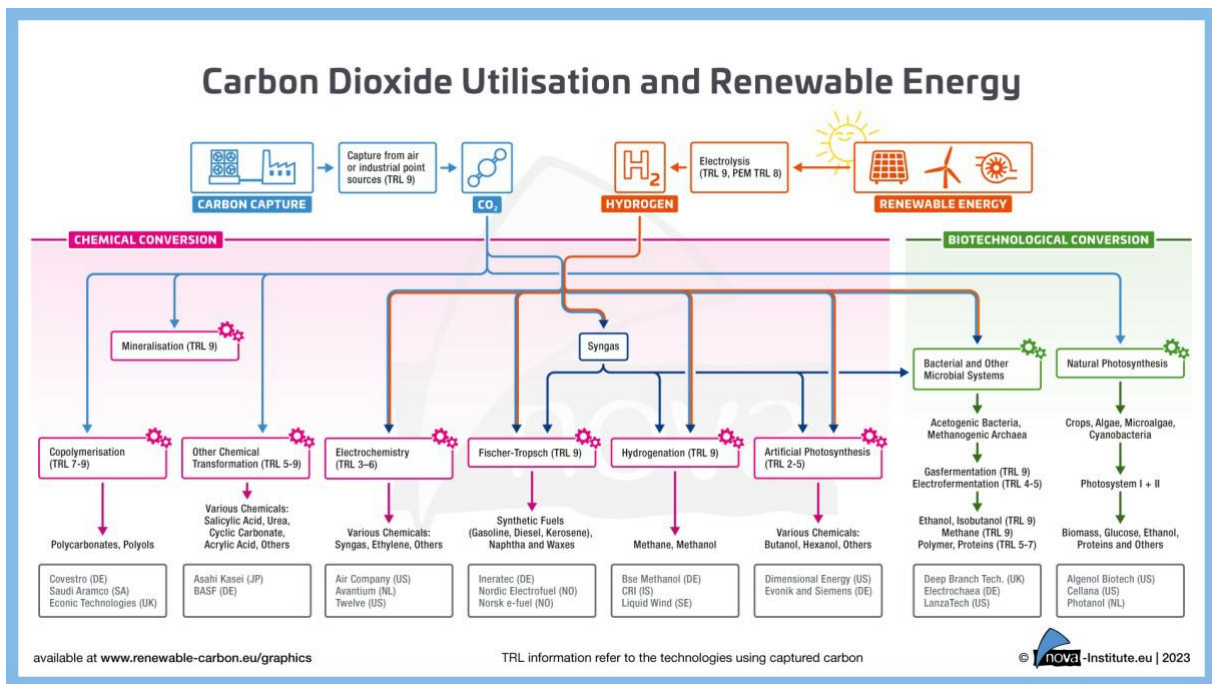


Abbildung 1: Kohlendioxid-Nutzung und erneuerbare Energie

Die konventionelle chemische Umwandlung von CO_2 wird seit Jahrzehnten kommerziell genutzt, um Chemikalien wie Salicylsäure, Harnstoff, Ethylen und Propylencarbonat herzustellen. CO_2 kann auch direkt in Anwendungen wie der verbesserten Ölgewinnung, Feuerlöschern oder als Wachstumsbeschleuniger in Gewächshäusern eingesetzt werden. Neue chemische Wege konzentrieren sich auf die CO_2 -Umwandlung, wobei der vielversprechendste derzeit die Hydrierung von CO_2 zu Methan oder Methanol ist. Ersteres kann in das Erdgasnetz eingespeist werden und trägt zur Strategie der Verringerung der Abhängigkeit von Erdgaslieferanten bei, während letzteres einfach und hocheffizient als Kraftstoff für den Verkehrssektor oder als chemischer Baustein verwendet werden kann.

Großes Interesse besteht auch an der Fischer-Tropsch-Technologie zur Herstellung von synthetischen Kraftstoffen und Chemikalien. Dabei handelt es sich um eine jahrhundertalte Technologie, die hauptsächlich zur Kohlevergasung und -verwertung eingesetzt wird. In Kombination mit CO_2 -basiertem Synthesegas können damit nachhaltige CO_2 -basierte Kohlenwasserstoffe wie Kerosin, Diesel und Naphtha sowie Wachse hergestellt werden. Starke Aktivitäten gibt es bei CO_2 -basiertem Kerosin, dem wichtigsten nachhaltigen Flugkraftstoff (SAF). Auch Polycarbonate, Polyurethane (PU) und Polyethylen (PE) auf CO_2 -Basis sind auf dem Markt erhältlich. Schließlich kann CO_2 auch zu einem Karbonat für Baumaterialien mineralisiert werden: Diese auf dem Markt befindlichen Technologien nutzen den Karbonisierungsprozess zur Herstellung von Ersatzprodukten für die Zementindustrie.

Die bekanntesten biotechnologischen Umwandlungswege auf CO_2 -Basis erzeugen Methan und Ethanol. Letzteres wird in kommerziellem Maßstab hergestellt und als Kraftstoff sowie in der chemischen Industrie (z. B. für Ethylenglykol) und der Polymerindustrie (Polyethylen) verwendet. Darüber hinaus können durch Gasfermentation biologisch abbaubare Polymere, so genannte Polyhydroxyalkanoate (PHA), hergestellt werden, die im Handel erhältlich sind, und es sind mehrere Pilotanlagen zur Herstellung von Chemikalien und Proteinen durch Gasfermentation in Betrieb. Die am weitesten fortgeschrittenen elektrochemischen Verfahren ermöglichen die Umwandlung von CO_2

in CO (oder Synthesegas), Methanol, Ameisensäure oder Ethylen. Zahlreiche Pilotanlagen sind in Betrieb, und die CO- (oder Synthesegas-) Produktion über diesen Weg wird bald in einer kommerziellen Anlage in Kombination mit der Fischer-Tropsch-Technologie für die Produktion einer breiten Palette von Kohlenwasserstoffen eingesetzt werden.

Tabelle 1: CO₂-basierte Produkte: Produktionskapazität 2022 und Prognosen für 2030

Produkte	CO ₂ - basierter Kohlenst offgehalt	Produktionskapa zität 2022	2030 Ausblicke
Neuartige Produkte auf der Basis von CO₂ - insgesamt 1,3 Mio. t/a im Jahr 2022, Aussicht auf mehr als 6 Mio. t/a im Jahr 2030			
Aromatisches Polycarbonat (PC)	5 %	900.500 t/a	1,2 Mio. t/a
Ethanol	100 %	138.000 t/a	700.000 t/a Für fortschrittliche Kraftstoffe, Chemikalien und Polymere
Aliphatisches Polycarbonat (APC)	11-12 %	120.000 t/a	300.000 t/a Meistens PPC, PEC, hochmolekulares Gewicht
Methanol	100 %	ca. 115.000 t/a	1 Mio. t/a Hauptsächlich durch CO ₂ Hydrierung, einige elektrochemische Verfahren in Entwicklung
Polycarbonat-Polyole	5-6 %	50.000 t/a	Erhöhung der Kapazität bis 2030 Niedermolekulares APC, verwendet in der Polyurethan-Synthese
Polyhydroxyalkanoate (PHA)	100 %	5.000-10.000 t/a	ca. 30.000 t/a
Mineralien	100 %	3 kommerzielle Anlagen, mehrere Pilot- und Demonstrationsanlag en	Mehrere kommerzielle Anlagen Meistens für Zementanwendungen verwendet
Methan	100 %	Mehrere Pilotanlagen	ca. 320.000 t/a in das Gasnetz eingespeist
Kohlenwasserstoffe Einschließlich Kerosin, Diesel, Benzin, Naphtha, Wachse	100 %	ca. 700 t/a	Nach dem EU-Vorschlag ReFuel Aviation sollen synthetische nachhaltige Flugkraftstoffe (SAF) bis 2035 einen Anteil von 5 % erreichen, was etwa 3 Mio. t/a bedeuten würde, wobei für die anderen Fraktionen automatisch zusätzliche Kapazitäten geschaffen

			werden.
Proteine	100 %	Pilotanlagen	2 kommerzielle Anlagen, die erste im Jahr 2030 Hauptsächlich für Futtermittelanwendungen

Die derzeitige Gesamtproduktionskapazität neuartiger CO₂-basierter Produkte liegt bei etwa 1,3 Mio. t/a im Jahr 2022. Die Produktionskapazität im Jahr 2022 wird von der Herstellung von aromatischen Polycarbonaten auf CO₂-Basis, Ethanol aus abgeschiedenem CO/CO₂, aliphatischem Polycarbonat und Methanol dominiert. Bis 2030 wird erwartet, dass die Kapazität für CO₂-basierte Produkte 6 Mio. t/a übersteigen wird. Eine hohe Wachstumsdynamik ist bei Methanolprojekten, Methananlagen, Ethanol und Kohlenwasserstoffen zu beobachten - letztere insbesondere für den Luftfahrtsektor.

Produkte auf CCU-Basis haben geringere Treibhausgasemissionen als vergleichbare Produkte auf fossiler Basis, wenn die gesamte zur Abscheidung und Umwandlung von CO₂ verwendete Energie aus erneuerbaren Quellen und grünem Wasserstoff stammt. Bereits heute können viele Technologien im Vergleich zu fossilen Technologien eine hohe Treibhausgasemissionsreduzierung von bis zu 90 % erreichen.

Der neue Bericht des nova-Instituts untersucht diese erneuerbare Kohlenstoffquelle im Detail: Welche Produkte können aus CO₂ hergestellt werden und mit welchen Verfahren? Inwieweit sind die Technologien bereits entwickelt und in Pilot-, Demonstrations- und kommerziellen Anlagen umgesetzt? Welche Unternehmen arbeiten an Technologien zur Nutzung von CO₂ als Rohstoff? Welche Trends gibt es bei der Nutzung von CO₂ in den kommenden Jahren? Dieser Bericht richtet sich an die Brennstoff-, Chemie- und Materialindustrie, an Marken, Technologie-Scouts, Investoren und politische Entscheidungsträger. Der Bericht bietet auf 240 Seiten Informationen zur CO₂-Nutzung. Alle 116 genannten Unternehmen werden in ausführlichen Profilen beschrieben.

"Kohlendioxid (CO₂) als Rohstoff für Chemikalien, fortschrittliche Kraftstoffe, Polymere, Proteine und Mineralien - Technologien und Markt, Status und Ausblick, Unternehmensprofile" ist verfügbar unter <https://renewable-carbon.eu/commercial-reports>.

Ende der Kurzfassung, die Langfassung der Pressemitteilung folgt auf der nächsten Seite.

CO₂ -basiertes Methanol als Kraftstoff oder Polymerbaustein

Methanol aus CO₂ ist derzeit eine der fortschrittlichsten und vielversprechendsten CCU-Methoden für die Herstellung von Kraftstoffen und chemischen Grundstoffen. Diese Technologie kann als Speichersystem für Solar- und Windenergie oder als Ausgangsstoff für erneuerbare Chemikalien (z. B. Formaldehyd) oder Polymere (über die Methanol-zu-Olefin-Technologie) verwendet werden. Es kann auch als Kraftstoffzusatz verwendet werden und ist für die Schifffahrtsindustrie als alternativer Treibstoff für Schiffe von großem Interesse, da es Schweröl ersetzen kann, ohne dass die Motoren ausgetauscht werden müssen. Das nova-Institut hat rund 25 Unternehmen ermittelt, die Methanol auf CO₂-Basis entwickeln, meist auf der Grundlage der CO₂-Hydrierung, einige von ihnen entwickeln elektrochemische Verfahren. Im Jahr 2011 nahm das Pionierunternehmen *Carbon Recycling International (CRI)* in Island eine Methanol-Pilotanlage mit einer Kapazität von 4.000 t/a in Betrieb. Im Jahr 2022 wurde eine neue Anlage in China in Betrieb genommen, die auf der von CRI lizenzierten Technologie basiert, und bis 2025 sollen zwei weitere Anlagen in China und Norwegen in Betrieb gehen. Viele andere Technologieanbieter und Unternehmen haben angekündigt, bis 2030 kommerzielle Anlagen zu errichten, deren Kapazität 1 Mio. t/a CO₂-basiertes Methanol erreichen soll.

Der Lauf zu CO₂ -basierten Kohlenwasserstoffen

Viele Unternehmen arbeiten an der Nutzung von CO₂-basiertem Synthesegas über Fischer-Tropsch-Technologien, um maßgeschneiderte CO₂-basierte Kohlenwasserstoffe wie Kerosin, Diesel, Naphtha und Wachse herzustellen. Dies ist gegenwärtig eine der am weitesten entwickelten Technologien für die technische Nutzung von CO₂. Aufgrund der SAF-Quote liegt der Schwerpunkt derzeit auf der Kerosinfraktion, was die SAF-Projekte extrem antreibt, die Märkte sichert und hohe Investitionen in den europäischen Chemieparcs forciert. Alle diese Fraktionen entstehen jedoch bei Fischer-Tropsch-Prozessen, und andere Produkte wie Naphtha oder Wachse werden für die chemische Industrie verfügbar sein. Vor allem Wachse erzielen gute Marktpreise. Eine der ersten kommerziellen Anlagen auf der Basis von CO₂-basierten Fischer-Tropsch-Kohlenwasserstoffen wird voraussichtlich im Jahr 2025 in Betrieb gehen und wird von dem norwegischen Unternehmen *Nordic Electrofuel* betrieben. Das norwegische Unternehmen *Nordic Electrofuel* plant eine Anlage mit einer Kapazität von 10 Mio. Litern pro Jahr und baut diese schrittweise aus. Insgesamt hat das nova-Institut 15 Unternehmen ermittelt, die CO₂-basierte Kohlenwasserstoffe entwickeln. Dabei handelt es sich entweder um Technologieanbieter von CO₂-basierten Synthesegastechnologien, die die Fischer-Tropsch-Technologie für die kommerzielle Herstellung von Kraftstoffen nutzen, oder um Unternehmen, die die Technologien anderer nutzen, um aus ihren Emissionen einen Mehrwert zu schaffen, oder um Projektkonsortien.

Biotechnologische und elektrochemische Umwandlung zur Erweiterung der Palette von Chemikalien auf CO₂.

Die biotechnologische CO₂-Umwandlung ist nach wie vor von großem Interesse und bietet Potenzial für die Herstellung zahlreicher chemischer Bausteine und Polymere. Das nova-Institut hat 13 Unternehmen ermittelt, die im Bereich der biotechnologischen Umwandlung von CO₂ in Chemikalien tätig sind. Die Hauptakteure haben ein breites Portfolio und könnten Chemikalien wie Methan, Ethanol, Milchsäure oder Butanol anbieten. Eine der fortschrittlichsten Technologien in diesem Bereich gehört dem Unternehmen *LanzaTech*, das

derzeit drei kommerzielle Anlagen in China und Belgien zur Herstellung von Ethanol auf CO₂ - Basis betreibt, das für die Kraftstoff- und Ethylensynthese verwendet wird. Eine weitere Anlage gehört dem Unternehmen *Electrochaea*, das Methan produziert, das in das Erdgasnetz eingespeist werden kann. *Electrochaea* verfügt über mehrere Pilotanlagen im industriellen Maßstab in Europa und den USA und will bis 2025 mehr als 320.000 Tonnen Methan pro Jahr produzieren.

In den letzten Jahren wurden zahlreiche Verbesserungen bei der elektrolytischen Umwandlung von CO₂ in Chemikalien erzielt, was zu einem zunehmenden Interesse der Hauptakteure und zur Gründung mehrerer Start-ups in diesem Bereich geführt hat. Das nova-Institut hat 18 Unternehmen ermittelt, die in diesem Bereich tätig sind und sich auf folgende Bereiche konzentrieren

hauptsächlich aus CO (oder Synthesegas), Methanol, Ameisensäure oder Ethylen. Zahlreiche Pilotanlagen sind in Betrieb, und die CO- (oder Synthesegas-) Produktion über diesen Weg wird bald in einer kommerziellen Anlage in Kombination mit der Fischer-Tropsch-Technologie zur Herstellung von Kohlenwasserstoffen eingesetzt werden.

Wichtigste CO₂ Verwendung für Polymere

Polycarbonate auf CO₂-Basis sind bereits von verschiedenen Anbietern im Handel erhältlich. Eine der größten verfügbaren Mengen ist aromatisches PC, das auf der von *Asahi Kasei* lizenzierten Technologie basiert. Die Gesamtproduktionskapazität von etwa 900 kt/a aromatischem PC entspricht etwa 16 % der gesamten weltweiten Produktionskapazität für aromatisches PC. Darüber hinaus bieten mehrere Unternehmen weltweit aliphatische Polycarbonate wie Polypropylencarbonat (PPC) für eine breite Palette von Anwendungen an. Hochmolekulare Versionen werden für thermoplastische Anwendungen eingesetzt, während niedermolekulare Versionen als Polycarbonatpolyole verwendet werden und im PU-Sektor, für Schaumstoffe oder Beschichtungen, Anwendung finden. Der Anteil an CO₂ kann bei diesen Polymertypen bis zu 50 Gew.-% betragen. Das nova-Institut hat 14 Unternehmen ermittelt, die Polycarbonate auf CO₂-Basis für verschiedene Anwendungen entwickeln. Die meisten dieser Unternehmen sind in Asien ansässig.

Darüber hinaus hat das nova-Institut fünf Unternehmen ausfindig gemacht, die PHA auf CO₂-Basis entwickeln, wobei ein Unternehmen, *Newlight Technologies*, eine kommerzielle Kapazität erreicht hat und plant, diese bis 2024 zu erweitern. Schließlich können viele CO₂-basierte Chemikalien in Polymeranwendungen eingesetzt werden, und einige Unternehmen haben Projekte, die auf diese Endanwendung abzielen.

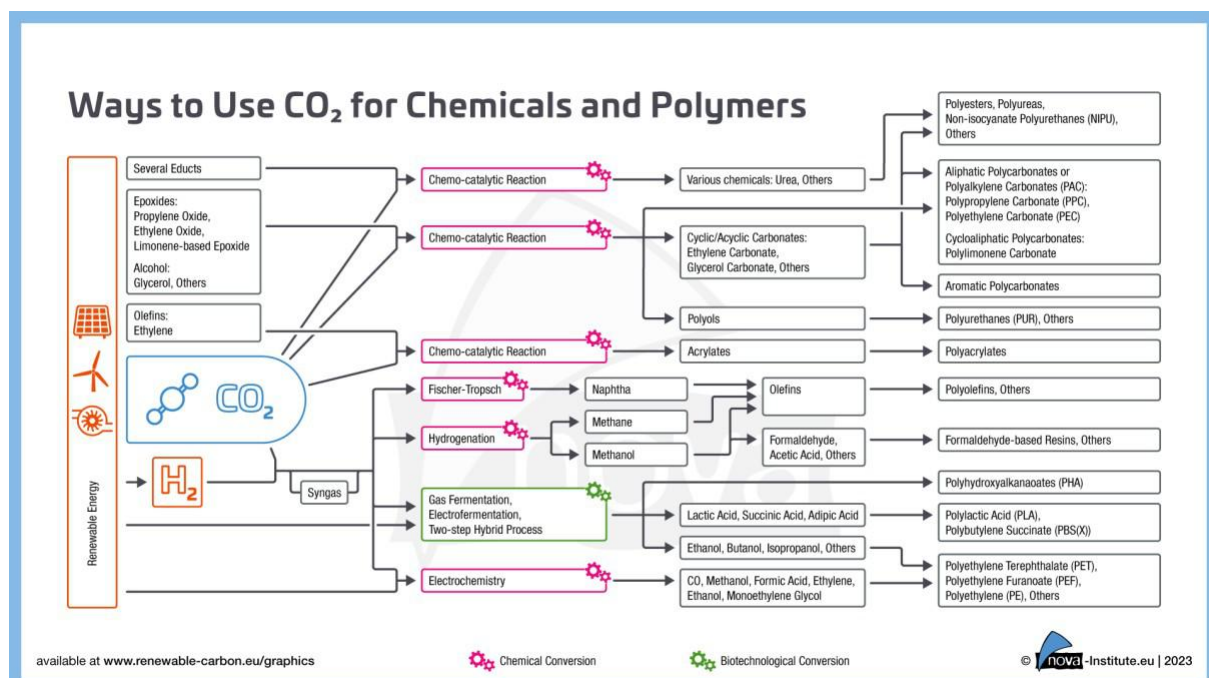


Abbildung 2: Möglichkeiten der CO₂-Nutzung für Chemikalien und Polymere

Lebens- und Futtermittel aus CO₂-basierten Proteinen

Einzellige Proteine (SCP) sind Mikroorganismen oder isolierte Proteine, die mikrobiell synthetisiert werden. Mikroorganismen sind nicht nur in der Lage, große Mengen an Eiweiß (bis zu 70 %) zu produzieren, sondern liefern auch große Mengen an Fettsäuren, Vitaminen und Mineralsalzen. Sie können als Tierfutter verwendet werden

Futtermittel und für den menschlichen Verzehr. CO₂-basiertes SCP kann eine vielversprechende Alternative sein, um den wachsenden Proteinbedarf zu decken und gleichzeitig einen Anstieg der tierischen Futtermittel für die tierische Proteinproduktion zu umgehen. nova-Institute hat 13 Unternehmen identifiziert, die CO₂-basiertes Protein durch biotechnologische Umwandlung entwickeln. Die meisten dieser Unternehmen sind in Europa und Nordamerika ansässig. Einige Technologien haben den Pilotmaßstab erreicht, und die erste kommerzielle Anlage soll 2023 in Finnland von dem Unternehmen *Solar Foods* eröffnet werden.

Bauen mit CO₂-basierten Mineralien

Die Ex-situ-Mineralisierung oder verstärkte Gesteinsverwitterung (ERW) kann in Laborumgebungen oder Industrieanlagen eingesetzt werden. Es sind einige Technologien auf dem Markt, die den Karbonisierungsprozess zur Herstellung von Ersatzprodukten für die Zementindustrie nutzen. Industrieabfälle wie Hochofen- und Stahlschlacke können als Ausgangsmaterial verwendet werden. Diese Technologien ermöglichen die Herstellung von Zement mit einem geringeren Kohlenstoff-Fußabdruck als alternatives Bau- und Konstruktionsmaterial. Das nova-Institut hat 15 Unternehmen ermittelt, die eine CO₂-basierte Mineralisierung entwickeln. Die meisten dieser Unternehmen sind in Europa und Nordamerika ansässig. Einige Technologien haben den kommerziellen Maßstab erreicht, wie die von der Firma *GreenOre* entwickelten, die oft in der Nähe anderer industrieller Abfallquellen eingesetzt werden. Mehrere andere kommerzielle Anlagen sind bis 2030 in Planung.

Referenzen:

De la Garza, A. 2023: Das Gesetz zur Verringerung der Inflation enthält eine Bonanza für die Kohlenstoffabscheidungsindustrie (www.time.com). Letzter Zugriff am 23-03-01. <https://time.com/6205570/inflation-reduction-act-carbon-capture/>

IPCC 2022: Klimawandel 2022 Abschwächung des Klimawandels. Letzter Zugriff 2022 -12. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_FullReport.pdf

Kähler, F., Porc, O., Carus, M. 2023: RCI Report: Carbon Flows. Zusammenstellung von Angebot und Nachfrage von fossilem und erneuerbarem Kohlenstoff auf globaler und europäischer Ebene. Renewable Carbon Initiative, Februar 2023 (Hrsg.), Download unter www.renewable-carbon-initiative.com

Finden Sie alle nova Presse Veröffentlichungen, Bildmaterial und mehrkostenlos-für-Pressezwecke [unter www.nova-institute.eu/press](http://www.nova-institute.eu/press)

Verantwortlich für den Inhalt nach deutschem Presserecht (V. i. S. d. P.):

Dipl.-Phys. Michael Carus (Geschäftsführer)

nova-Institut für politische und ökologische Innovation GmbH

Leyboldstraße 16

50354 Hürth

Deutschland

Tel: +49 2233 460 14 00

Fax +49 2233 460 14 01

contact@nova-institut.de

Internet www.nova-institute.eu - Dienstleistungen unter www.renewable-carbon.eu

Das nova-Institut ist ein privates und unabhängiges Forschungsinstitut, das 1994 gegründet wurde. nova bietet Forschung und Beratung mit Schwerpunkt auf dem Übergang der Chemie- und Materialindustrie zu erneuerbarem Kohlenstoff: Wie kann fossiler Kohlenstoff durch Biomasse, direkte CO₂ Nutzung und Recycling ersetzt werden? Wir bieten unser einzigartiges Wissen an, um den Übergang Ihres Unternehmens in eine klimaneutrale Zukunft zu unterstützen.

Abonnieren Sie die neuesten Nachrichten des nova-Instituts unter www.bio-based.eu/email