

# Die CAPHENIA- Technologie

Mit synthetischem Treibstoff  
zum CO<sub>2</sub>-neutralen Fliegen



*„Die maximalen Innovationskräfte des Marktes müssen entfesselt werden.“*

Mark Misselhorn, CEO CAPHENIA

**W**ie viele andere Wirtschaftsbereiche muss sich auch die Luftfahrt den Herausforderungen des Klimawandels stellen. Die Vorgabe der Bundesregierung, dass neue Flugzeuge einen 25 Prozent geringeren CO<sub>2</sub>-Ausstoß haben müssen als vergleichbare ältere Modelle, ist dabei ein erster Schritt. Eine Lösung kann jedoch nur synthetisches CO<sub>2</sub>-neutrales Kerosin (SAF) sein: Bereits kurzfristig kann die vorhandene Infrastruktur damit klimafreundlich werden; langfristig ist es erforderlich, weil alternative Antriebe noch Utopie sind. Ein potenzieller SAF-Produzent ist das Start-up CAPHENIA aus Frankfurt am Main.

Als CAPHENIA sich und seine Arbeit beim 60. Hamburg Aviation Forum am 28. Oktober 2021 präsentierte, erinnerten sich manche der anwesenden Gäste vielleicht an Mark Watney im Film „Der Marsianer“. „Angesichts dieser Aussichten bleibt mir nur eine Option“, stellt der auf dem Mars zurückgelassene NASA-Astronaut im Film fest, „ich muss mich mit Wissenschaft aus der Scheiße ziehen.“

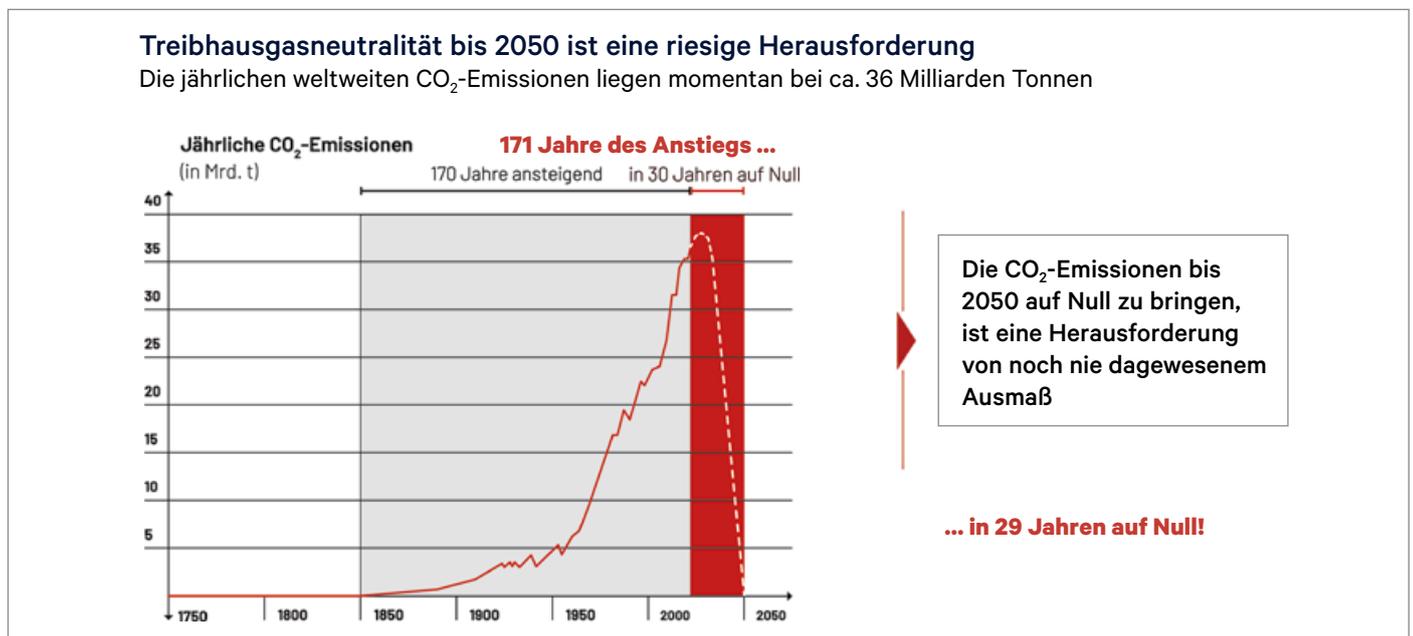
Denn das Diagramm, das das Start-up an diesem Tag projizierte, machte die unfassbare Herausforderung einer baldigen Treibhausgasneutralität mehr als deutlich: In 170 Jahren sind die weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen auf heute 34,8 Milliarden Tonnen gestiegen, die Linie zeigt einen beinahe exponentiellen Verlauf. „Und jetzt will uns die Politik glauben lassen, dass wir innerhalb von nur 30 Jahren klimaneutral sein wollen“, sagte CAPHENIA-CEO Dr. Mark Misselhorn. Sein Vortrag verwies auf die steile Abwärtslinie im Diagramm, die von heute auf das Jahr 2050 gezogen ist und den bisherigen Verlauf ad absurdum führt. „Das ist ganz schön ehrgeizig.“

Wie der Protagonist aus dem Science-Fiction-Film will auch CAPHENIA mit Wissenschaft auf diese Herausforderung antworten. Zwar beklagt das Unternehmen einen gewissen Mangel an Technologieoffenheit in Deutschland, beinahe Dogmatismus, ist aber zuversichtlich, mit seinen Antworten zu überzeugen. Dabei werden nicht die erneuerbaren Energien infrage gestellt, die bislang die Energiewende vorangetrieben haben, sondern auf die Notwendigkeit weiterer Technologien hingewiesen. „Sämtliche Möglichkeiten der CO<sub>2</sub>-Einsparung müssen genutzt, die maximalen Innovationskräfte des Marktes müssen entfesselt werden“, so Misselhorn.

### Bestehende Motoren für Energiewende nutzen

Ein Beispiel sind die 1,3 Milliarden Verbrennungsmotoren, die weltweit unter anderem in Personen- und Lastkraftwagen, Schiffen, Zügen sowie Flugzeugen in Betrieb sind. „Die werden ja nicht von heute auf morgen substituiert – das würde Trillionen kosten“, sagt Misselhorn. Sein 2018 gegründetes Start-up will die vorhandene Infrastruktur nutzen, um bereits in naher Zukunft eine Klimawirkung zu erzielen.

Mit seiner patentierten Technologie ermöglicht CAPHENIA die Herstellung CO<sub>2</sub>-neutraler Kraftstoffe, mit denen diese Motoren weiterhin betrieben werden können. Noch in diesem Jahr wird das Unternehmen mit dem Bau der Pilotanlage im Frankfurter Industriepark Höchst beginnen. 2024 soll diese in Betrieb gehen und die benötigten Rohstoffe – Biomethan und CO<sub>2</sub> – aus einer benachbarten Biogasanlage beziehen. Power-and-Biogas-to-Liquid (PBtL) nennt sich das Verfahren, zu dessen Demonstration



In 170 Jahren sind die weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen auf heute 34,8 Milliarden Tonnen gestiegen. Die Politik möchte innerhalb von 30 Jahren klimaneutral werden, was eine enorme Herausforderung darstellt.

die Anlage dienen soll. Gleichzeitig stehen auch die Prozessoptimierung und eine Lebenszyklus-Analyse der Anlage im Mittelpunkt des Projekts.

Am Ende des Prozesses steht ein **Synthesegas** – ein Zwischenprodukt, aus dem synthetische Kraftstoffe, aber auch andere chemische Produkte hergestellt werden können. Zwar gibt es bereits eine Vielzahl von Verfahren für die Synthesegasherstellung auf Basis unterschiedlichster Rohstoffe, diese benötigen jedoch oft viele Reaktoren und Einheiten. Das Unternehmen hat dazu bekannte Teilprozesse kombiniert und einen **3-in-1-Zonenreaktor** entwickelt, in dem sich das Synthesegas einfacher, schneller und günstiger als bisher herstellen lässt.

### Der 3-in-1-Zonenreaktor

Dieser 3-in-1-Zonenreaktor ist ein chemischer Reaktor, der auch physikalische Effekte nutzt, um aus verschiedenen Rohstoffen das Synthesegas zu erzeugen.

Der Reaktor ist in drei übereinander liegende Räume aufgeteilt. Der Prozess beginnt im oberen Raum, in der sogenannten **Plasmazone**, mit dem thermischen Verfahren der Plasmapyrolyse. Hier wird Methan ( $\text{CH}_4$ ) eingeleitet und auf 2.000 Grad Celsius erhitzt, wodurch es den vierten Aggregatzustand – den Plasmazustand – annimmt. Das Erhitzen erfolgt mit einem Lichtbogen, also durch das Anlegen von Strom. Bei der Plasmapyrolyse zerfällt jedes Methanmolekül zu je einem Kohlenstoffatom (C) und zwei Molekülen Wasserstoff ( $\text{H}_2$ ).

Diese Reaktionsprodukte werden in die mittlere Kammer geführt. Hier, in der **Boudouard-Zone**, wird Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) eingeleitet, um eine von **Octave Leopold Boudouard** (1872 – 1923) entdeckte Reaktion auszunutzen. Das Kohlenstoffdioxid reagiert dabei mit dem Kohlenstoff zu Kohlenmonoxid (CO).

In der **hetWGS-Zone** (*heterogene Water-Gas-Shift*) wird Wasser eingeleitet, das ebenfalls mit dem heißen Kohlenstoff zu Kohlenmonoxid (CO) und Wasserstoff ( $\text{H}_2$ ) reagiert – den beiden Bestandteilen des Synthesegases. Das CO- $\text{H}_2$ -Verhältnis ist einstellbar.

### Riesiger Bedarf an synthetischem Kerosin

Die erste Frage, die das Hamburger Publikum der Präsentation an das Unternehmen richtete, bezog sich auf die Luftfahrt. Es ging um **Sustainable Aviation Fuel (SAF)**, synthetisches Kerosin: Könnte CAPHENIA langfristig die Nachfrage nach SAF bedienen? Immerhin 64,7 Millionen Tonnen fossiles Kerosin wurden 2019, vor der Pandemie, in der Europäischen Union vertankt. Mit ihrem im Sommer 2021 vorgelegtem Verordnungsentwurf *ReFuelEU Aviation* will die EU-Kommission den Einsatz von SAF in ihrem Zuständigkeitsbereich ankurbeln: Der Vorschlag erwähnt eine SAF-Quote von zwei Prozent im Jahr 2025, die schrittweise auf 63 Prozent im Jahr 2050 ansteigen soll. Im gleichen Jahr wollen die USA sogar 100 Prozent ihres Kerosinbedarfs durch SAF decken, so eine Mitteilung aus dem Weißen Haus im September 2021.

CAPHENIAS Schlüsseltechnologie für den Reaktor ist bereits bis hin zur kommerziellen Anwendung entwickelt. Gleichzeitig ist die Reaktorgröße skalierbar, die Ingenieure haben ihn in mehreren Ausführungen entwickelt. Bereits die **Pilotanlage** soll auf eine Produktion von **15.000 Tonnen** pro Jahr aufgestockt werden können. CEO Misselhorn betont den rund 80 Prozent höheren Wirkungsgrad ihrer Technologie im Vergleich zu bisherigen Power-to-Liquid-Verfahren: „Wir gehen davon aus, dass wir eine maßgebliche Rolle bei der Bereitstellung von Kraftstoffen für Luftfahrt, Schwerlastverkehr und Schifffahrt spielen werden.“ Für eine erfolgreiche Energiewende und die Deckung des SAF-Bedarfs würden jedoch alle verfügbaren Technologien gebraucht, nicht nur die von CAPHENIA.

In der Debatte geht es oft auch um **HEFA** (*Hydroprocessed Esters and Fatty Acids*) – erneuerbare Kraftstoffe aus Abfällen und Reststoffen. Basis hierfür sind, wie der Name schon sagt, Estern und Fettsäuren, wofür vor allem gebrauchtes Öl aus der Nahrungsmittelindustrie genutzt wird. Misselhorn fasst das Potenzial in Zahlen: „In den nächsten Jahren wird eine HEFA-Produktion von fünf Millionen Tonnen angestrebt, aber das muss man mal ins Verhältnis setzen – so viele Pommes können wir gar nicht frittieren, als dass wir mit dem gebrauchten Öl eines Tages um die Welt fliegen könnten.“

### Batteriebetriebene Luftfahrt ist utopisch

Dass die Luftfahrt den gleichen Weg einschlagen könnte wie die Autoindustrie und auf Batteriebetrieb setzen könnte, bezeichnet Misselhorn indes als utopisch. **Batterien** sind etwa **sechzigmal schwerer** als Kerosin mit demselben Energiegehalt. Auch in Zukunft, jedenfalls nicht bis 2050, dem Schlüsseljahr der Energiewende, dürften Batterien daher keine Alternative zu Kerosin beziehungsweise SAF darstellen.

**Synthetische Kraftstoffe**, die unter anderem  $\text{CO}_2$  als Rohstoff verwenden, sind jedoch nicht nur eine **Lösung** für die Luftfahrt.



CAPHENIA hat einen 3-in-1-Zonenreaktor entwickelt, um das Synthesegas einfacher und günstiger herzustellen

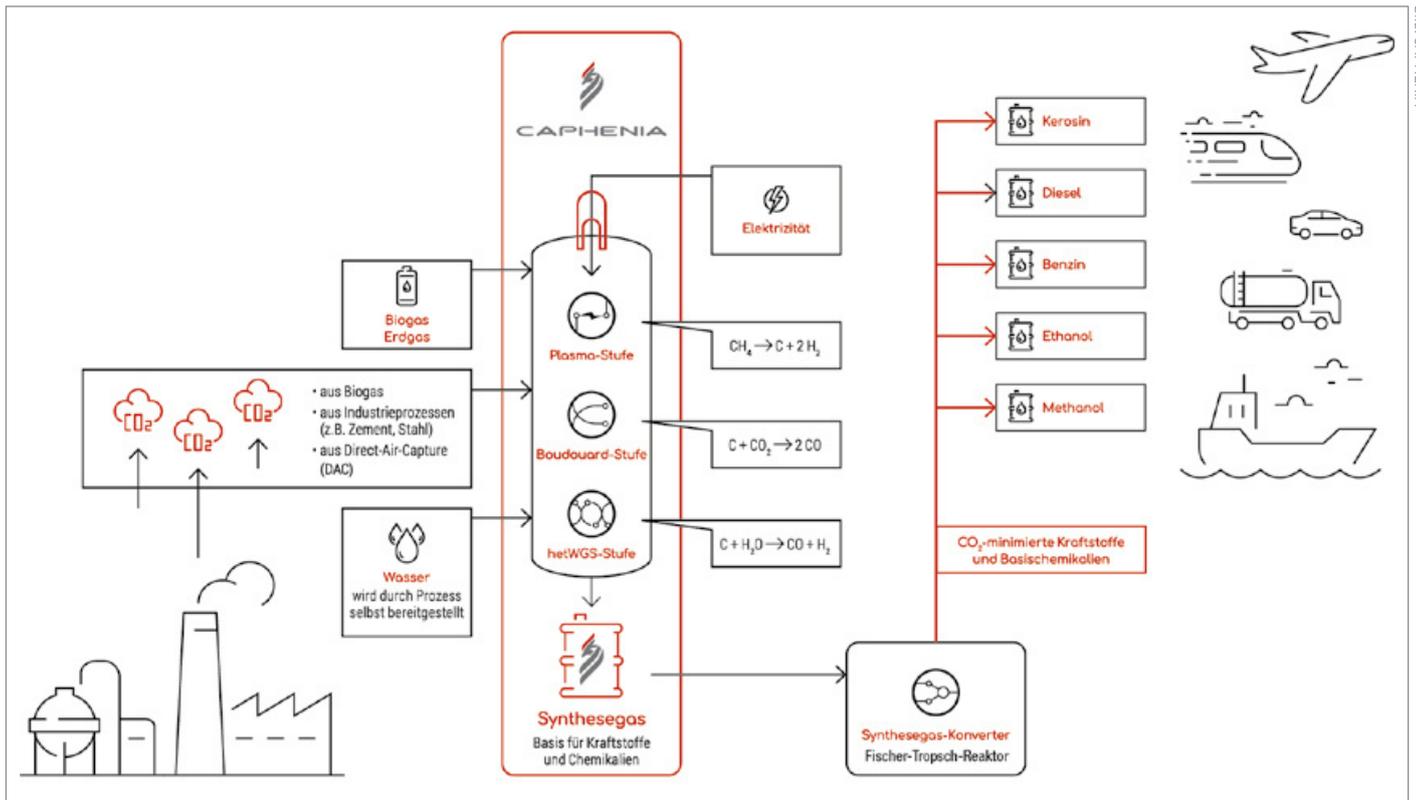


Bild: CAPHENIA

Der Reaktor ist in drei übereinander liegende Räume aufgeteilt. Der Prozess beginnt in der Plasma-Stufe, hier wird Methan (CH<sub>4</sub>) eingeleitet und auf 2.000 Grad Celsius erhitzt, wodurch es den Plasmazustand annimmt. In der Boudouard-Stufe wird Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) eingeleitet, um Kohlenmonoxid (CO) zu erzeugen. In der hetWGS-Stufe wird Wasser eingeleitet, das zu Kohlenmonoxid (CO) und Wasserstoff (H<sub>2</sub>) reagiert – den beiden Bestandteilen des Synthesegases.

Strom oder gar Batterien um die Welt zu befördern sei ebenso unrealistisch wie ein von Batterien betriebenes Flugzeug, so der CEO. „Am besten transportieren lässt sich Kraftstoff“, meint er. „Wenn wir in Deutschland versuchen wollten, zu 100 Prozent auf erneuerbare Energien zu setzen, bräuchten wir 108.000 zusätzliche Windkraftanlagen.“ Das sei gar nicht möglich, hierzulande könnten wir in 40 Jahren gerade einmal 30.000 Windkraftanlagen errichtet haben.

Tatsächlich haben die erneuerbaren Energien noch immer einen geringen Anteil an der globalen Energieversorgung, wie eine weitere Projektion während des Vortrags in Hamburg deutlich machte: 84,3 Prozent der Welt werden fossil angetrieben – im Jahr 2000 waren es 86,1. Auf die erneuerbaren Energien entfallen lediglich 11,4 Prozent, dahinter liegt die neuerdings wieder als umweltfreundlich bezeichnete Atomenergie mit 4,3 Prozent. Die CAPHENIA-Technologie könnte dazu beitragen, den Anteil der erneuerbaren Energien zeitnah deutlich zu erhöhen, nicht nur in der Luftfahrt, sondern überall dort, wo Motoren zur Anwendung kommen. ●



## Professional MBA Aviation Management

Master of Business Administration, 4 semesters, part-time



This renowned professional MBA program boosts the further career development of professionally and leadership experienced employees from the Aviation Industry – academics and practitioners.

It addresses airline-, airport-, air traffic managers as well as pilots, air traffic controllers, technicians and managers from international aviation organizations. Apply now!

**Your industry is unique. So are we.**

Danube University Krems. Danube Business School.  
[www.donau-uni.ac.at/aviation-mba](http://www.donau-uni.ac.at/aviation-mba)

### DER AUTOR

**Dominique Barbier** ist seit 2019 bei CAPHENIA. Er sagt: „Technologie statt Ideologie: Elektromobilität, Wasserstoff oder erneuerbare Kraftstoffe – unterschiedliche Blickwinkel werden Wachstumschancen und Entwicklungspotenziale bei der CO<sub>2</sub>-Reduzierung erschließen.“