FOTO: ADOBE FILREFLY

KI macht Kläranlagen sauber

Kläranlagen in Europa verursachen so viel Treibhausgasemissionen wie die gesamte Luftfahrtindustrie weltweit. Ein Start-up hat eine KI-basierte Messtechnik entwickelt, die diese Emissionen reduzieren kann

VON MONIQUE OPETZ

Zwei Kurven auf einem großen Monitor zogen auf der Umwelttechnologiemesse IFAT im Mai dieses Jahres zahlreiche Blicke auf sich. Die Kurven zeigten die direkten Treibhausgasemissionen der Kläranlage einer bayerischen Stadt – in Echtzeit. Hinter der Live-Schalte in das Abwasserbecken steckte das Startup Variolytics aus Stuttgart.

Zwei Messstationen, ausgestattet mit hochauflösenden Sensoren, maßen die Wasser- und Luftinhaltsstoffe und schickten die Daten anschließend in die Cloud. Mithilfe von Künstlicher Intelligenz soll der Abwasserreinigungsprozess schließlich so gesteuert werden, dass weniger Emissionen entstehen. „Unsere Technologie überwacht biotechnologische Prozesse“, erklärt Dr. Matthias Stier, der mit Johann Barlach und Steffen Görner das Green Tech Start-up gründete. „Das ist wahnsinnig spannend, weil wir Bakterien und Mikroorganismen beim Atmen zuschauen können“, sagt er begeistert.

Das Motto der Forschenden lautet: Das Vermeiden von Emissionen fängt mit der Überwachung an. Mit seiner Echtzeit-Analytik-Lösung möchte das Start-up um bis zu 50 Prozent der Treibhausgase und 20 Prozent der Stromkosten bei der Abwasseraufbereitung einsparen.

Kläranlagen sind Schätzungen von Variolytics zufolge für zwei Prozent des gesamten CO_2-Ausstoßes in Europa verantwortlich. Zum Vergleich: Das entspricht etwa den Emissionen der Luftfahrtindustrie weltweit. Und Stier hat weitere Zahlen parat: Laut Hydro Waste Database, einer globalen Datenbank, die Informationen von rund 60.000 Kläranlagen sammelt,

GREEN CHIPS
Neue Technologien für eine klimaneutrale Zukunft
Forschungseinrichtungen, Unternehmen, soziale Initiativen, Tüftler oder Erfinder versuchen, den Klimawandel zu stoppen. Sie alle haben eines gemeinsam: Sie sind getrieben von modernsten Technologien. CHIP stellt sie in dieser Rubrik vor

FOTO: VARIOLYTICS GMBH

Echtzeit-Analyse
Das Messsystem des Start-ups liefert rund um die Uhr präzise Echtzeitmessungen

sind drei Prozent der Kläranlagen in Europa für über 100.000 Einwohner ausgelegt und zuständig für die Reinigung von 50 Prozent des Abwasseraufkommens. 21 Prozent der Kläranlagen sind für 10.000 bis 100.000 Einwohner ausgelegt und reinigen 21 Prozent des Abwassers. „Entscheidend bei diesen Zahlen ist aber: Diese insgesamt 24 Prozent sind zuständig für etwa 90 Prozent des Gesamtabwasseraufkommens – also auch für 90 Prozent der Gesamtemissionen“, betont Stier.

Dabei ist zwischen direkten und indirekten Treibhausgasemissionen zu unterscheiden. Da das Aufbereiten von Abwasser sehr energieintensiv ist, fokussierten sich die Betreiber von Kläranlagen in den vergangenen Jahren auf den Stromverbrauch, wenn es um Klimaneutralität ging: Sie nutzten Strom aus erneuerbaren Energiequellen oder produzierten ihn selbst. Doch Studien beweisen, dass die direkten Treibhausgas-Emissionen klar überwiegen. Sie haben einen Anteil von 60 bis 80 Prozent an den Gesamtemissionen; Strom etwa 10 Prozent, laut Stier. Diese direkten Ausstöße bestehen zu einem großen Teil aus Lachgas und Methan. Lachgas ist rund 300-mal klimaschädlicher als CO_2.

Abwasser wird in verschiedenen Stufen gereinigt. In der biologischen Stufe von Kläranlagen werden Bakterien eingesetzt. Diese produzieren jedoch das klimaschädliche Lachgas als Stoffwechsel-Nebenprodukt. Damit die Mikroorganismen gut arbeiten können, benötigen sie Sauerstoff. Der wird über das Klärbecken zugeführt, was sehr energieintensiv ist. Die Krux: Bisher gibt es kein System, das die direkten Treibhausgase von Kläranlagen überwacht und sie klimafreundlich reguliert.

Intelligentes Monitoring

An dieser Stelle setzt das Start-up an, das 2020 als Spin-off aus dem Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB hervorgegangen ist. „Energieneutralität zu erreichen ist das eine, Treibhaus- und klimaneutral zu werden ist das andere“, sagt der Verfahrenstechniker. Wobei Kläranlagen grundsätzlich sehr viel dazu beitragen würden, Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen bei der Abwasseraufbereitung zu beseitigen. Sie vermeiden bereits einen Großteil an Emissionen. Um den restlichen Teil zu eliminieren, sei eine bessere Überwachung notwendig. „Das funktioniert, indem man die Biologie so einstellt, dass diese Emissionen vermieden werden“, sagt er.

Die hohen Lachgasemissionen können entstehen, wenn etwa das Abwasser einen hohen Stickstoffgehalt aufweist. Dann ist es nötig, Sauerstoff hinzuzufügen. Es kann aber auch zu einem hohen Lachgasgehalt kommen, wenn zu wenig Sauerstoff vorhanden ist. In der bisherigen Praxis wird oftmals mit mehr Luft begast, als notwendig ist, was aber mit hohen Stromkosten verbunden ist.

Bis zu 1,6 Prozent des Stickstoffs in Kläranlagen können sich in Lachgas umwandeln. Diesen Emissionsfaktor hat das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) bestimmt. Das sei allerdings nur eine grobe Annahme, sagt Stier. In Deutschland rechne man mit 0,8 Prozent des Gesamtstickstoffs momentan. „Ob diese Zahl stimmt, weiß keiner genau. Deswegen ist das Monitoring der Kläranlagen so wichtig“, betont er.

Sensoren im Einsatz

Um die perfekten – und nachhaltigsten – Bedingungen für die Bakterien zu finden, wird der Klärprozess mithilfe der erhobenen Daten zunächst simuliert. So kann die Menge der entstehenden Treibhausgase verglichen und verändert werden. Um sie zu messen, werden Gas- und Flüssigkeitssensoren im Belebungsbecken einer Kläranlage platziert. Das System sammelt selbstständig Daten, wie viel Lachgas, Methan, Sauerstoff, Kohlendioxid und Stickstoff vorhanden ist. Dafür setzt es auf die sogenannte Massenspektrometrie, die für eine hohe Messempfindlichkeit bekannt ist. Hierbei werden Masse-Ladungs-Verhältnisse von Ionen analysiert. Die Ergebnisse werden als Massenspektren oder Ionenströme dargestellt. Einzigartig dabei

FOTO: VARIOLYTICS GMBH

Ausgeklügelt
Bis zu zwölf solcher Messhauben können in einer Kläranlage installiert werden

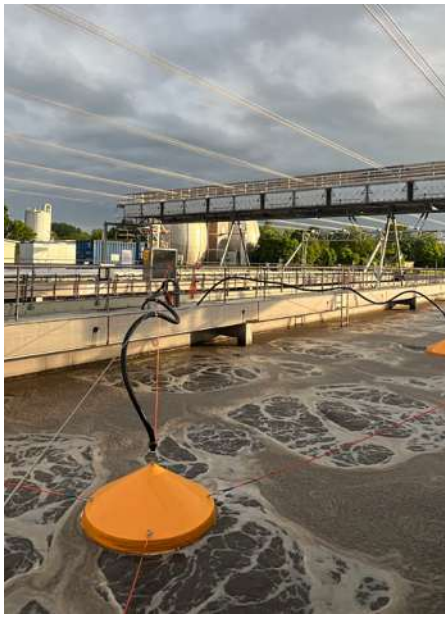


FOTO: VARIOLYTICS GMBH

Gut versteckt
Unter der Haube befinden sich die Gas- und Flüssigkeitssensoren, welche die Emission live und kontinuierlich überwachen

FOTO: VARIOLYTICS GMBH

Management-Team
Johann Barlach, Fine Wolff, Matthias Stier und Steffen Görner (von links) treiben das Start-up voran

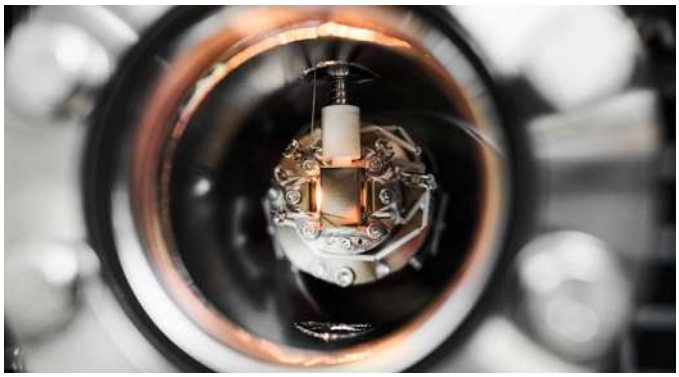
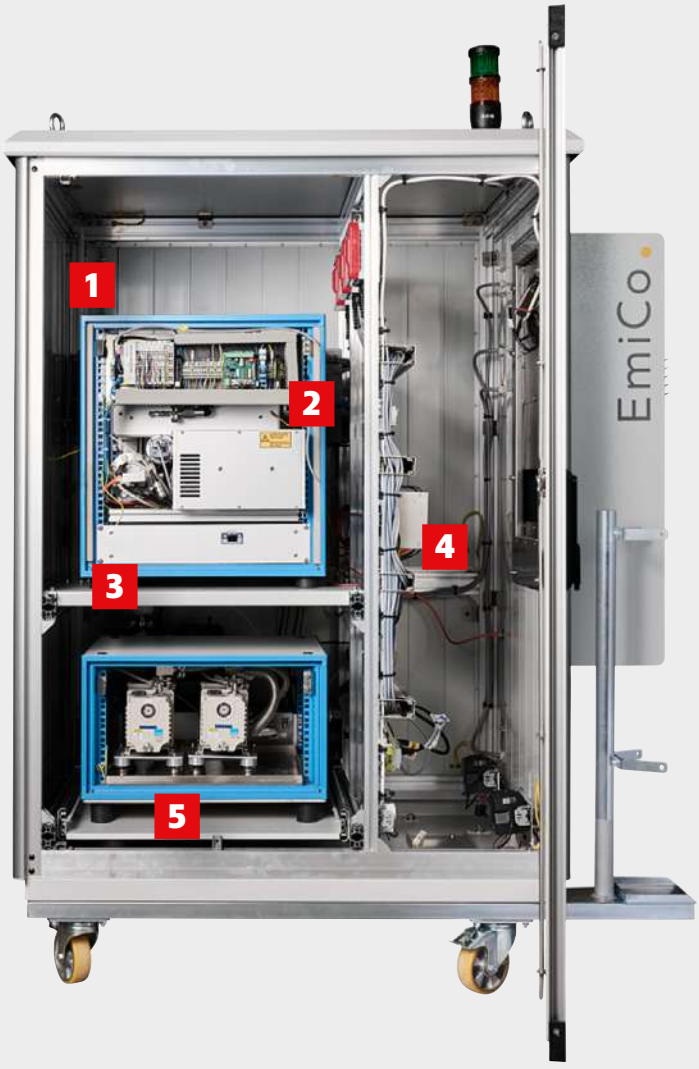


FOTO: VARIOLYTICS GMBH

Hochempfindlicher Sensor
Das Start-up nutzt ein Massenspektrometer mit einer hohen Nachweisempfindlichkeit für seine Messungen

Technik im Treibhausgas-Analysator



1 Der Analysator besteht aus einem klimatisierten Schrank, einer beheizten Sonde und Probenleitungen. **2** Er enthält ein Probenahmesystem mit bis zu zwölf Messpunkten. **3** Der industrielle Computer verarbeitet die Daten in Echtzeit. **4** Das Prozess-Massenspektrometer analysiert flüchtige Verbindungen in der Flüssig- und Gasphase. **5** Vakuumpumpen unterstützen das Massenspektrometer.

ist, dass das Massenspektrometer des Start-ups sowohl in der Gas- als auch in der Flüssigphase misst. Das war bisher nicht möglich.

Die Messwerte werden in Echtzeit an die eigens entwickelte Software übertragen, sichtbar gemacht und für Prozessoptimierungen verwendet. Grundlage ist ein künstliches neuronales Netz, das aus diesen Daten lernt und durch klassische mathematische Methoden unterstützt wird. Wenn das System genügend Daten über einen mindestens einjährigen Zeitraum gesammelt hat, kann es tatsächlich eingesetzt werden, um die Emissionen der Kläranlage zu steuern.

Man müsse die goldene Mitte finden und zum richtigen Zeitpunkt die richtige Sauerstoffmenge dazugeben. „Diese goldene Mitte zu identifizieren, übernimmt die KI bei uns“, erklärt Stier. Dafür werden die von den Messstationen erhobenen Daten mit den Prozessdaten der Kläranlage kombiniert. Es geht immer um die Frage: Wie ist das Abwasser zusammengesetzt? So werde erkannt, welche Zustände der Kläranlage zu welchen Emissionsraten führen. Die KI analysiert, welche Parameter geändert werden müssen. Wann muss die Belüftung gedrosselt werden? Wie sind die Prozesszustände bei hohen, wie bei niedrigen Emissionsraten?

Prozess optimieren

„Der Mensch ist nicht in der Lage, all diese verschiedenen Parameter einzuschätzen und entsprechend einzustellen, damit es nicht zu erhöhten Lachgasemissionen kommt“, sagt der Verfahrenstechniker. Ihre Technologie nennen sie deshalb Decision Support System. Sie hilft Kläranlagenbetreibern, Entscheidungen zu treffen, um ihr Geschäft zu optimieren.

Insgesamt sieben Projekte betreut das Start-up Team aktuell, unter anderem eine Kläranlage in Stuttgart. Zunächst werden die Daten gesammelt, um anschließend Optimierungsvorschläge zu geben und „Dinge auszuprobieren“, wie Stier sagt. Das Ziel sei stets: über Prozessdaten den Prozess zu optimieren.

Neben Stuttgart gehört auch die Stadtentwässerung Göppingen zum Projektportfolio. Im Rahmen des Forschungsprojekts „Künstliche Intelligenz für klimaneutrale Kläranlagen“ (KIkKa) wird es vom Bundesumweltministerium gefördert. Beteiligt sind, neben Göppingen, der Universität Kassel und Variolytics, auch das Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik (IGB). Zweieinhalb Jahre läuft das Projekt, bei dem die unterschiedlichen Prozessschritte der biologischen Stickstoffelimination in der Kläranlage in Göppingen untersucht werden. Mithilfe der Sensoren und Treibhausgasanalysatoren von Variolytics können erstmals alle gasförmigen Bestandteile des Wassers erkannt und gemessen werden. So möchte die Göppinger Kläranlage die biologische Verfahrensstufe optimieren – hin zu weniger Treibhausgasemissionen bei einer gleichbleibenden Reinigungsleistung.

Erkenntnisse übertragen

Fragt man den CEO nach Herausforderungen, muss er nicht lange nachdenken. Jede Kläranlage benötige ihre eigene Strategie. Das verursache einen hohen Projektaufwand. „Wir sehen uns nicht als Firma, die Kläranlagen optimiert; es gibt bereits viele Unternehmen, die sich damit beschäftigen“, so Stier. Das Start-up versteht seine Messtechnologie und die Optimierungsansätze als Zusatzprodukt, das in bestehende Systeme integriert werden kann.

Das langfristige Ziel ist deshalb: Anhand der Messungen generalistische Aussagen zu treffen, die von einer Kläranlage auf andere übertragbar sind. Das Team möchte Maßnahmen über die Messtechnik identifizieren, die allgemeingültig sind. „Denn das wird momentan weder von der Wissenschaft angeboten, noch ist es Stand der Technik“, betont der studierte Bioingenieurwissenschaftler.

Zukunft im Blick

Dafür möchte das Team zukünftig ein Software-Tool für die existierenden Systeme bereitstellen, damit Kläranlagen die von der KI empfohlenen Maßnahmen integrieren können. Bis 2030 sollen dann gemeinsam mit Partnern etwa 1.200 Kläranlagen optimiert und weitere wichtige Daten gesammelt werden.

Aktuell könne das Variolytics-Team die bisherigen Erkenntnisse aus Jahresmessungen in einem Modell abbilden. Damit gibt es erste Stellschrauben, an denen es drehen kann. „Allerdings wissen wir noch nicht, wie langzeitstabil dieses Modell ist – weil es nur auf Daten eines Jahres basiert“, gibt er zu bedenken.

Lachgas ist fast **300-mal** *klimaschädlicher als CO_2*

In den kommenden zwei Jahren möchte das Start-up die Produktion skalieren und Vertriebsstandorte aufbauen, um das Messsystem international zu vertreiben. Eine sehr gute Basis für den Markteintritt ist die überarbeitete europäische Abwasserrichtlinie. Perfektes Timing könnte man sagen, denn im April dieses Jahres hat die EU die Urban Waste Water Treatment Directive beschlossen. Diese legt unter anderem fest, dass Treibhausgasemissionen von Kläranlagen verpflichtend gemessen werden müssen. „Das muss in den kommenden zwei Jahren auf nationaler Ebene umgesetzt werden – und das ist natürlich für unsere Messtechnologie eine sehr gute Grundlage.“

FOTO: VARIOLYTICS GMBH

„Das Vermeiden von Emissionen fängt mit der Überwachung an“

Dr. Matthias Stier
CEO, Variolytics GmbH

Das Start-up bietet sein Messsystem samt Analyseplattform zum Kauf und als Product-as-a-Service zur Miete an. Es sei aber auch möglich, mit der Mietoption zu beginnen und das System zu einem späteren Zeitpunkt zu kaufen. Das große System mit zwölf Messstellen kostet 320.000 Euro. Das System für kleinere Anlagen kostet mit zwei Messstellen 28.000 Euro. Um einen ersten Einblick zu erhalten, bietet das Start-up Kläranlagenbetreibern eintägige Messungen an, die zeigen, wie das System funktioniert. Und die erstmals in Zahlen fassen, wie viele Emissionen die Abwasseraufbereitung tatsächlich verursacht.

Dass die Messtechnologie zukunftsträchtig ist, zeigt der zweite Platz beim Umwelttechnikpreis des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg 2023 in der Kategorie „Mess-, Steuer- und Regeltechnik, Industrie 4.0“. Damit zählt das Start-up bereits jetzt zu den Umwelttechnik-Innovationsführern im Ländle – zurecht, wenn man sich das große Einsparpotenzial an Treibhausgasen und Stromverbrauch in allen Kläranlagen landesweit vor Augen führt.

redaktion@chip.de

FOTO: VARIOLYTICS GMBH

Gewinner
Die drei Gründer freuen sich über den zweiten Platz beim Umwelttechnikpreis des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg 2023