

VON PETER RINGEL

Müllberge stinken nicht mehr zum Himmel. Trotzdem schadet der Abfall der Atmosphäre. Noch Jahrzehnte nach Schließung einer Deponie entweicht ein Gasgemisch, das zum großen Teil aus Methan besteht. Dieses geruchlose Gas heizt die Erde 21-mal so stark auf wie die gleiche Menge Kohlendioxid, rund ein Fünftel des von Menschen verursachten Treibhauseffekts geht auf sein Konto. Auf neuen Halden wird Deponiegas zunächst zur Energiegewinnung genutzt oder abgefackelt. Sinkt der Methananteil nach einigen Jahren unter 25 Prozent, brennt das Gemisch nicht mehr, das Methan steigt auf. Jetzt sollen Mikroben und neue Katalysatoren den Klimakiller neutralisieren.

Methan entsteht dort, wo organisches Material ohne Sauerstoff abgebaut wird: in Sümpfen, Reisfeldern und Kuhmägen. Nach der Landwirtschaft steht der Abfallsektor an zweiter Stelle des von Menschen verursachten Methanausstoßes, 347 Millionen Tonnen sind es jährlich laut Weltklimarat. Doch gerade bei Deponiegas sind schnelle Klimaschutzmaßnahmen möglich, wie das deutsche Beispiel zeigt: Zwischen 1990 und 2004 halbierte sich der Methanausstoß laut Umweltbundesamt vor allem deshalb, weil weniger Biomüll auf den Halden vergor. Dass Deutschland in diesem Zeitraum als eines von wenigen Ländern weniger Treibhausgas in die Luft blies, liegt nicht nur am Ende der DDR-Industrien – ein Fünftel der Einsparungen steuerte die Abfallwirtschaft bei.

Weiterhin entweichen pro Jahr rund 500 000 Tonnen Methan aus deutschen Deponien. Dem Gas wollen Forscher aus Hamburg und Darmstadt den Garaus machen – mit Hilfe von Mikroben, die Methan abbauen. Dass in der Umwelt weit verbreitete Bakterien, etwa der Gattung *Methylobacter*, diese Arbeit übernehmen, konnte die Geowissenschaftlerin Julia Gebert an einer Deponie für Hamburger Hafenschlick zeigen: In einem Biofilter zerlegen die Einzeller das Methan in Kohlendioxid und Wasser. Jetzt soll das auf sechs Jahre angelegte Projekt Mimethox aufzeigen, wie die biologische Methanoxidation bei Halden im großen Stil anzuwenden ist. Gefördert wird das Vorhaben vom Bundesumweltministerium mit 2 Mio. €.

Geberts Idee: „Der größte Biofilter ist die Abdeckschicht.“ Deren Aufbau und Leistung wollen die Wissenschaftler zunächst an fünf Testdeponien analysieren, um dann eine ideale Abdeckung zu entwickeln. Eine mögliche Variante ist, dass sich in der untersten Schicht aus Glasscherben, Kies oder Schotter das Gas sammeln und gleichmäßig verteilen könnte. Dann steigt es langsam ins darüberliegende Erdmaterial, das den Mikroben optimale Bedingungen bietet: Die kleinen Methanfresser mögen es luftig und nicht zu trocken. Allerdings darf kein Wasser in den Deponiekern gelangen – sonst hätte man ein Problem mit belastetem Sickerwasser. Das erreicht man durch eine genügend dicke Schicht, die Regenwasser speichert und durch Verdunstung wieder an die Atmosphäre abgibt. Eine solche durchlässige Abdeckung wäre laut Gebert ein Bruch mit der bisherigen Deponiepraxis. Bislang heißt die

Speisung der Mikroben: Unter Sauerstoffabschluss entsteht auf der Deponie Methan – idealer Nährboden für hungrige *Methylobacter*

Mmmh, lecker Müll

Nicht nur Rinder, Reisfelder und Sümpfe produzieren Methan. Auch Müllkippen entweicht der Klimakiller, den künftig Bakterien fressen und unschädlich machen sollen



gesetzlich verordnete Devise „Maximal abdichten“.

Rund 350 Deponien wurden 2005 in Deutschland gezählt. Auf viele Tausend kommt, wer die wilden Kippen mitrechnet. Gerade bei diesen Müllhaufen wäre der Methanausstoß zu verhindern – ohne einen über die gesamte Halde reichenden Filter. Gebert schlägt ein „biologisches Fenster“ vor: Dabei wird die Abdeckung an einigen Stellen geöffnet, um die Gase gezielt durchs Mikrobensubstrat zu leiten und so unschädlich zu machen.

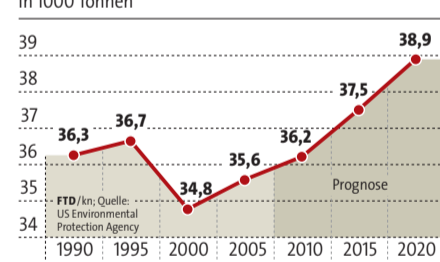
Statt dieser Miniaturvariante favorisiert Gerhard Rettenberger, Fachmann für Versorgungstechnik an der Fachhochschule Trier, großflächige Filterschichten. Grundsätzlich ist er überzeugt: „Langfristig wird sich das mikrobiologische Verfahren durchsetzen.“ In etwa zehn Jahren könnte es zur Anwendungen kommen. Schwierig sei allenfalls, ständig einen 100-prozentigen Wirkungsgrad zu erzielen, also auch im Winter oder bei extremer Trockenheit. Kai Münnich, Experte für Abfallwirtschaft am Leichtweiß-Institut an der Braunschweiger Universität, sieht ein weiteres Problem: Die biologischen Schichten müssten nach fünf bis sechs Jahren aufgefrischt werden. Dann seien Nährstoffe wie Phosphor oder Stickstoff aufgebraucht.

Enormes Potenzial für den Klimaschutz bescheinigt Münnich den Methan fressenden Bakterien in Schweden- und Entwicklungsländern. „Deponiegas hatte in China in den 90er-Jahren etwa den gleichen Treibhauseffekt wie die Verkehrsabgase.“ Dank des Kioto-Protokolls ließe sich der Müll sogar zu Geld machen – mit Emissionshandel. Dazu müsste man messen, wie viel Methan die Mikroben fressen. Die Mimethox-Forscher entwickeln ein Verfahren.

Alternativ zum Einsatz der Einzeller kann auch die Gasverbrennung verbessert werden. Mit Hilfe von Katalysatoren können moderne Brennkammern und Fackeln auch Gasgemische mit nur sechs Prozent Methananteil verbrennen, sagt Jörg Adler vom Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien. Wirtschaftlich hält er zehn Prozent für erreichbar. Als Katalysator sind Aluminate geeignet, bislang fehle allerdings ein geeignetes Trägermaterial, erläutert der Kristallograf. „Bei Temperaturen um 1200 Grad Celsius zerbröckelt die herkömmliche Trägerkeramik nach ein paar Tagen.“ Stabilität verspricht man sich von einem keramischen Schaum aus Siliziumkarbid, auf dessen Oberfläche der eigentliche Katalysator aufgetragen wird. Ziel ist ein Katalysatorsatz, mit dem vorhandene Fackeln nachgerüstet werden können. Damit will man Deponiebetreibern das Verfahren schmackhaft machen. Langfristig könnten so in Deutschland pro Jahr rund 100 000 Tonnen Methan verbrannt werden. Und wenn selbst die Hightechfackeln verlöschen, übernehmen die Mikroben den Klimaschutz.

Flüchtiger Dreck

Methanemissionen aus Mülldeponien weltweit, in 1000 Tonnen



Alles unter einer Haube

Softwareexperten wollen die vielfältige Elektronik im Auto sicherer machen. Ihr Autosar-Projekt stellen sie jetzt auf der IAA in Frankfurt vor

VON DENIS DILBA

Schön müssen die alten Zeiten gewesen sein, als die Hauptsache für eine Autopanne noch ein platter Reifen, ein gerissener Keilriemen oder ein undichter Kühler war. Da wusste man wenigstens, woran man ist – und konnte sich so gar selbst helfen. Heutzutage müssen sich Pannengeplagte meist mit einem abgestürzten Bordcomputer herumärgern. Selbst reparieren kann man da leider gar nichts mehr. Mit Glück hilft vielleicht der Laptop des Pannendienstes.

Wirft man einen Blick unter die Motorhaube, sieht man den Wald vor lauter Bäumen nicht: Bis zu 80 Steuergeräte verschiedenster Hersteller sorgen bei einem Hochklasswagen dafür, dass Assistenzfunktionen wie Fensterheber, Antiblockiersystem, Einparkhilfe oder Sitzheizung ihren Dienst tun. „Lange funktioniert das wohl nicht mehr so“, sagt Markus Hardt vom Fraunhofer-Institut für Software und Systemtechnik (ISST) in Berlin, „würden noch ein paar Steuergeräte dazukommen, rechne ich mit einem Kollaps des Systems.“



Autosar inside: Ein Modellfahrzeug haben die Ingenieure vom Fraunhofer-Institut in Kaiserslautern mit ihrem optimierten Softwaresystem getunt

Da fast jedes Steuergerät mit einer eigens für den jeweiligen Prozessor geschriebenen Software daherkommt, sei es schon heute eine Mammutaufgabe für die Fahrzeugentwickler, alle unterschiedlichen Mikroprozessoren und Bordsysteme zu einem funktionstüchtigen

Ganzen zusammenzuführen. Für die kommenden vier Jahre erwarten Experten eine weitere Zunahme des Softwarevolumens in Neufahrzeugen um bis zu 300 Prozent.

Um eine Schneise in dieses Softwaregedränge zu schlagen, haben Automobilhersteller und Zulieferer bereits 2003 gemeinsam die Entwicklungspartnerschaft Autosar (Automotive Open System Architecture) gegründet. Ziel: Die Basissoftwarefunktionen im Fahrzeug sollen in einer gemeinsamen Sprache geschrieben werden, sodass sie auch auf anderen Steuergeräten funktionieren würden und einfacher miteinander gekoppelt werden könnten.

„Durch die Wiederverwendung von Softwareblöcken könnten wir Hersteller viel sparen“, sagt Harald Heinecke, Leiter bei BMW Car IT. „Und auch die Zulieferer würden profitieren. Sie müssten nicht mehr für jeden Hersteller einzeln programmieren, sondern könnten ebenfalls ganze Softwareblöcke wiederverwenden.“ Die Anpassung dieser allgemeinen Funktionen auf ein konkretes Fahrzeugmodell erfolgt dann durch die Hersteller

selbst. „Autosar bietet den Software-Ingenieuren im Automobilbereich endlich das, was Entwicklern in anderen Bereichen seit Jahrzehnten in Form von standardisierten Software-Entwicklungsbibliotheken zur Verfügung steht“, sagt Markus Hardt.

Doch bevor die ersten Steuergeräte mit Autosar-kompatibler Software in künftige Autos eingebaut werden können, muss getestet werden, ob sie auch tatsächlich so stabil funktionieren wie erhofft. Hardt und seine Kollegen entwickeln dazu zurzeit „aXBenCh“, eine Testplattform, die die Arbeitsweise der für die Autosar-Architektur simulierten Autos eingebaut werden können, muss getestet werden, ob sie auch tatsächlich so stabil funktionieren wie erhofft. Hardt und seine Kollegen entwickeln dazu zurzeit „aXBenCh“, eine Testplattform, die die Arbeitsweise der für die Autosar-Architektur simulierten Autos eingebaut werden können, muss getestet werden, ob sie auch tatsächlich so stabil funktionieren wie erhofft.

„So lässt sich die optimale Verteilung der Steuergeräte im Auto ermitteln“, sagt Hardt, der die ersten Bausteine seiner Toolkette in Frankfurt auf der 62. Internationalen Automobilausstellung (IAA, 13. bis 23. September) vorstellen wird.

Ihr Tool könne die Funktionen von Steuergeräten, den Datentransport zwischen Middleware und Empfänger und sogar wirklichkeitsgetreue Details wie die Reaktionszeiten von Hard- und Software nachahmen und bewerten. Denn bei 180 Kilometern pro Stunde ist ein Neustart der Software unmöglich.

Die Zuverlässigkeit ihrer Prüfmethode testen Forscher vom Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering in Kaiserslautern an einem Modellfahrzeug im Maßstab eins zu fünf. Das ist zwar kleiner als das Original, hat aber einen Verbrennungsmotor. Und seine Räder lassen sich wie beim echten Schlingerschutz EPS einzeln abbremsen.

So können die Softwareentwickler verschiedenste Architekturen auf ihre Funktionstüchtigkeit und Sicherheit überprüfen. „Solche Tools sind wichtig für die Umsetzung“, sagt Heinecke. Er erwartet die ersten Autos mit Autosar-kompatibler Software für 2008. Ab 2011 könnte es Standard sein.

„Würden mehr Geräte dazukommen, rechne ich mit einem Kollaps“

Markus Hardt, Fraunhofer-Institut

Depression macht Menschen am kränksten

Depressionen beeinträchtigen die Gesundheit weit mehr als eine Reihe anderer chronischer Krankheiten. Verglichen mit Arthritis, Asthma, Diabetes oder Angina verursachen sie eine deutlich stärkere Verschlechterung des Gesundheitszustandes – vor allem, wenn sie gemeinsam mit einer chronischen Erkrankung auftreten. Das berichten Forscher der Weltgesundheitsorganisation (WHO) in der britischen Medizinzeitschrift „The Lancet“. Untersucht wurden die Daten aus einer WHO-Erhebung bei mehr als 245 000 Menschen. WSA

Speiseplan richtet sich nach der Genmenge

Bei Populationen mit stärkerer Ernährung wie Kartoffeln oder Mais wurde eine höhere Anzahl von Genen für ein Enzym zur Verdauung von Stärke gefunden. Forscher von der University of California in Santa Cruz analysierten die Menge des Gens AMY1 bei 50 europäischstämmigen US-Amerikanern. Ihre Ergebnisse veröffentlichten sie jetzt im Fachblatt „Nature Genetics“. Tatsächlich korrelierte der Level des Speichelenzym Amylase mit der Anzahl der Kopien von AMY1 in ihrem Erbgut. Weitere Vergleiche der genetischen Variationen von Japanern, die stärkere Nahrung bevorzugen, mit den sich starkern ernährenden sibirischen Jakuten zeigten zu 97 Prozent eine adäquate Anpassung an die Diät. FTD

Virus könnte Bienentod verursacht haben

Ein Virus könnte US-Forschern zufolge das mysteriöse großflächige Bienensterben in den Nordamerika ausgelöst haben. Das sogenannte Israeli Acute Paralysis Virus (IAPV) fanden die Wissenschaftler lediglich in kranken Bienenstöcken, nicht aber in gesunden. Der Direktor des Zentrums für Infektion und Immunologie der Columbia University (New York), Ian Lipkin, stellte die These am Freitag in der Online-Ausgabe des Wissenschaftsjournals „Science“ vor. Zwischen 50 und 90 Prozent der kommerziellen Honigbienenvölker in den USA leiden unter einem Symptom, das als Colony Collapse Disorder (CCD) bekannt ist und nach Expertenmeinung außer durch das IAPV-Virus auch durch Stress und Mangelernährung hervorgerufen werden könnte. Ein gutes Viertel der 2,4 Millionen Bienenvölker in den USA und einige Tausende in Kanada hätten sich quasi über Nacht in Nichts aufgelöst, hieß es in diesem Frühjahr. DPA

RÜCKBLICK

+++ Der amerikanische Genpionier **Craig Venter** hat sein komplettes Erbgut in bisher ungekannter Exaktheit kartieren lassen und im Internet veröffentlicht. Genexperten entdeckten jetzt allein 300 Krankheitsgene darin. +++ Schon **Kleinkinder** sind den Menschenaffen sozial überlegen. Im Gegensatz zu Affen können sie Verhalten imitieren und dadurch viel schneller lernen. +++ Die britische Behörde für Embryologie und Befruchtung genehmigt die Züchtung von Stammzell-Chimären aus den entleerten Eizellen von Kühen und menschlichem Erbgut. +++

Langversion der Meldung unter [WWW.FTD.DE/FORSCHUNG](http://www.ftd.de/forschung)

KONTAKT wissenschaft@ftd.de

MONTAG	FORSCHEN & ENTWICKELN
DIENSTAG	RECHT & STEUERN
MITTWOCH	BILDUNG
DONNERSTAG	GESUNDHEITSWIRTSCHAFT
FREITAG	WIRTSCHAFTSBÜCHER