

# Toxische Abwasser in Brasilien mit Sonnenlicht gereinigt

TEXT: DR. CLAUDIO ZETTEL, DR. CHRISTIAN SATTLER



*Dr. Claudio Zettel ist wiss. Mitarbeiter beim Projektträger, dem Bundesministerium für Bildung und Forschung. Dr. Christian Sattler arbeitet als wiss. Mitarbeiter am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt und ist Fachgebietsleiter für den Bereich „Solare Stoffumwandlung“.*

**Zwei Forscherteams des Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt und der Universität von Uberlandia überführen neue Anwendungen in die Industrie: mit Hilfe von Solarenergie haben sie ein Verfahren entwickelt, selbst schwierige industrielle Verschmutzungen aus Abwässern zu beseitigen. Mit einer nachgeschalteten biologischen Reinigung kann das Abwasser sogar wieder Trinkwasserqualität erreichen. Fünf Unternehmen und Kommunen in Brasilien sind bereits an der Technologie interessiert.**

In Wissenschaft, Forschung und Bildung ist die Zusammenarbeit zwischen Deutschland und Brasilien wahrscheinlich so intensiv und breit gefächert wie nie zuvor. Neue Programme und Anschubfinanzierungen wirken sich genauso wie die Verfügbarkeit neuer Medien für die Kommunikation positiv auf die Kooperation aus. Die neuen Technologien ermöglichen in der Kommunikation die schnelle Abstimmung einer gemeinsamen Veröffentlichung per E-Mail bis hin zu „online“ Arbeit an einem gemeinsamen Versuch. Neue Technologien sind aber auch bei der Lösung globaler Probleme gefragt. Ein globales Thema, bei dem viele Bereiche der Forschung wie auch der Politik gefragt sind, ist das Thema „Wasser“.

„Wasser“ beinhaltet nicht nur die Trinkwasseraufbereitung, darin inbegriffen sind genauso die Wasserver- und entsorgung, seine Aufbereitung, Verteilung, Verfügbarkeit. Gefragt sind „spritzige“ Ideen für einfache Technologien, mit deren Hilfe zum Beispiel die Qualität von Wasser sichergestellt werden kann. Daran arbeitet eine deutsch-brasilianische Gruppe, die inzwischen interessante Ergebnisse aufzuweisen hat. An dem Projekt beteiligt sind das Institut für Technische Thermodynamik am Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt

(DLR), die Staatliche Universität von Uberlandia (Universidade Federal de Uberlândia, MG) und der Papier- und Zellulose-Produzent Votoratim Celulose e Papel (VCP) in São Paulo. Ziel ihrer Kooperation ist es, Verfahren zu schaffen, mit deren Hilfe von Solarenergie selbst schwierige industrielle Verschmutzungen aus Abwässern beseitigt werden können. Unterstützt wird das Projekt vom Internationalen Büro des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und dem Nationalen Forschungsrat in Brasilien (CNPq).

Dem Institut des DLR gelang es in Zusammenarbeit mit ihren brasilianischen Partnern, eine Brücke zwischen der Energieforschung, hier der Solartechnik, und der Wassertechnologie zu schaffen. Die solarfotokatalytische Behandlung von Problemabwässern ist dabei gerade für sonnenreiche Länder wie Brasilien von großem Interesse, da sie eine nachhaltige wie auch wirtschaftlich interessante Methode der Wasserbehandlung darstellt. Die im Projekt beteiligten Wissenschaftlern aus Deutschland und Brasilien planen jedoch weiter: ihnen geht es nicht alleine darum, spezielle Abwasser zu entgiften, sondern auch Konzepte zum Recycling und zur Kreislaufführung von Wasser in industriellen Prozessen zu entwickeln, um den Wasserbedarf der Industrie zu senken.

Das Projekt startete im Juli 2001. In einem ersten Schritt untersuchte das Team des DLR unter Leitung von Dr. Karl-Heinz Funken gemeinsam mit dem brasilianischen Partner der Universität die Abwässer der mitarbeitenden Papier- und Zelluloseindustrie. Anschließend wurden Versuche mit Papierindustrieabwasser durchgeführt. Von besonderem Interesse war das Verhalten des Biopolymers Lignin unter fotokatalytischer Behandlung. Lignin fällt bei der Papierproduktion als Abfallstoff an. Es verleiht dem Holz seine Härte und ist durch eine komplexe Molekülstruktur und schwere biologische Abbaufähigkeit gekennzeichnet. Durch die Variation der Reaktionsparameter wurde begonnen, optimale Bedingungen für den Abbau zu definieren. Die Ergebnisse zeigen, dass Lignin, das nur sehr schwer abbaubar ist, solar fotokatalytisch gut abgebaut werden kann. Manuela Tzirschner vom Institut von Thermodynamik am DLR wies im Mai 2002 nach, dass mit Hilfe der in diesem Projekt verwendeten Solartechnologie Lignin sogar vollständig zu CO<sub>2</sub> und Wasser abgebaut wird. Die bemerkenswerten Ergebnisse der Studie sind inzwischen veröffentlicht, Tzirschners Arbeit wurde von der Universität ausgezeichnet.

**Abbildungen (von oben):**

**Arbeitsgruppe von Professor A.E.H. Machado mit selbstgebaute Solarreaktor.**

**Holzplantage bei Reberao Preto, SP. Der Eukalyptus Hybrid wächst sieben Jahre und wird dann zu Papier und Zellulose verarbeitet.**

**L. de Oliveira, A.E.H. Machado, C. Sattler vor dem Werk von VCP bei Riberao Preto, SP.**

Das Sonnenlicht wird bei der neuen Anwendung mit Hilfe von Fotokatalysatoren in chemische Energie umgewandelt. Im Projekt werden verschiedene Formen des ungiftigen Halbleiters Titan-dioxid (TiO<sub>2</sub>) als Katalysator verwendet, der zum Beispiel auch als Weißpigment in Wandfarbe oder in Zahnpasta eingesetzt wird. Mit der chemischen Energie können dann reaktive Teilchen aus Wasser erzeugt werden, die in der Lage sind alle organischen Verunreinigungen abzubauen.

In nächsten Schritten des Projekts soll mehr über den Mechanismus des Abbaus in Erfahrung gebracht werden, Messungen zur Toxizität durchgeführt und die im Rahmen von Tzschimers Arbeit durchgeführten Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen detailliert werden. Letzteres ist von besonderer Bedeutung, um Unternehmen eine Basis für eine industrielle Umsetzung zu geben.

Um gleiche Untersuchungsbedingungen in Deutschland und Brasilien zu schaffen, konstruierte der brasilianische Partner Antonio Machado an der Universität von Uberlândia einen einfachen Solarreaktor. Der Reaktor, in dem die solaren Abbauprobeversuche von Abwasser durchgeführt werden, ist durch seine spezielle Kollektorgeometrie in der Lage, sowohl diffuses als auch direktes Sonnenlicht zu nutzen. Dadurch nutzt er die Sonneneinstrahlung maximal aus.

**Herausforderung: Große Mengen an Wasser zu reinigen**

Im Anschluss an die Behandlung in dem Solarreaktor wird das Wasser aus der Papier- und Zellulosefabrik zusätzlich biologisch gereinigt. Da auch die schwer abbaubaren organischen Verbindungen durch die Behandlung im Solarreaktor weitgehend fragmentiert und oxidiert werden, können auch sie schneller abgebaut werden als vor der solarkatalytischen Behandlung. In der fragmentierten Form können Mikroorganismen sie aufnehmen und zersetzen. Bei den Versuchen reichte eine Bestrahlungszeit im Reaktor von 180 min aus, damit das aufbereitete Wasser anschließend biologisch optimal gereinigt werden konnte und als Ergebnis Wasser mit Trinkwasserqualität entsteht. Wie sauber das Wasser am Ende dieses Prozesses auch unter industriellen Bedingungen ist, hängt wesentlich davon ab, ob Schwermetalle im Wasser vorhanden sind. Schwermetalle können nicht abgebaut werden, aber mit Hilfe dieses Verfahren zum Teil in weniger toxische Oxidationsstufen überführt werden. Organisch verunreinigtes Wasser dagegen kann grund-

sätzlich leicht in Trinkwasserqualität überführt werden.

In Versuchen mit mehreren Solarreaktoren (s. Foto) wurden die Verfahren optimiert. Dadurch können die Kosten einer Abwasserbehandlung deutlich minimiert werden. Die gesamte Anlage wird damit auch für Industrie und Kommunen wirtschaftlich interessant. Allerdings bereitet die Menge von anfallenden Wassermengen noch einiges Kopfzerbrechen: die derzeit größte Anlage bei Madrid verfügt über eine Kapazität von ca. 2-3 m<sup>3</sup>/d. Bei dem beteiligten Zelluloseproduzenten Votoratim in São Paulo fallen jedoch 2600 m<sup>3</sup> Abwasser pro Stunde an – dies würde bei den derzeit verwendeten Solarreaktoren eine Reaktorfläche von 1.650.000 m<sup>2</sup> erfordern. In kleinen Schritten soll hier eine Lösung für die anfallenden Wassermengen erarbeitet werden. Die Wissenschaftlergruppe sucht zunächst nach einem Standort für den nächsten Schritt: eine Pilotanwendung mit etwa 100 m<sup>3</sup> pro Tag, für den dortigen Sonnenkollektor werden ca. 3500 m<sup>2</sup> geplant.

Im Zuge dieser Zusammenarbeit sind fünf weitere Unternehmen bzw. Kommunen in Brasilien auf die neue Technologie aufmerksam geworden und haben ihr Interesse bekundet. In Vorgesprächen wird bereits ein konkreter Einsatz der solar-photokatalytischen Wasserbehandlung diskutiert.

Um insbesondere die Vermarktung der Forschungsergebnisse über die Grenzen hinweg besser bewerkstelligen zu können, planen die Beteiligten die Gründung einer Firma. Aus der Forschung heraus könnten die wissenschaftlichen Ergebnisse dann eine schnellere Umsetzung und Anwendung im Alltag finden. Und neben dem positiven Effekt für die Wissenschaft wird mit dem Einsatz von Solarenergie in industriellen Prozessen ein wichtiger Baustein für eine nachhaltig saubere Umwelt geschaffen. Das erste Unternehmen, welches die Technologie einsetzt, kann sich jetzt schon freuen: ihre Abwässer können zukünftig Trinkwasserqualität erreichen. ■

Abbildungen (von oben):

Die Mülldeponie von Uberlândia, MG. Probenentnahme von Deponiesickerwasser an der Mülldeponie von Uberlândia, MG, zur Vorbereitung einer Zusammenarbeit mit der Prefeitura Municipia de Uberlândia Secretaria de Ciência e Tecnologia, Uberlândia, (SEM CET).

Solarreaktoren der Solaren Energietechnik des DLR, Köln-Porz, zur Abwasserbehandlung.

