

Detlef SCHWAGER; Björn PIETRUSCHKA;
Reik WIRSICH; Sabine LAUTENSCHLÄGER

Anaerobe Tauchwand-Reaktoren

Anaerobe Abwasser- und Schlammbehandlung für dezentrale Anlagen – ein sinnvoller Ansatz für neuartige Sanitärsysteme?

Anaerobe Behandlungsverfahren konzentrieren sich in Deutschland bisher im Bereich der Abwasserbehandlung auf mittlere bis große Kläranlagen und die Industriewasserwirtschaft. Während im industriellen Bereich anaerobe Verfahren zur Abwasserbehandlung üblich und verbreitet sind, erfolgt deren Einsatz im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft vorwiegend zur anaeroben Behandlung des anfallenden Klärschlammes zur Biogasgewinnung und dessen Verstromung zur teilweisen Deckung des Eigenenergiebedarfs der Kläranlagen. Für kleinere Kläranlagen und im dezentralen Bereich kommen anaerobe Verfahren in der Siedlungswasserwirtschaft in Deutschland bis auf wenige Ausnahmen weder zur Abwasser- noch Schlammbehandlung zur Anwendung. Der folgende Beitrag gibt einen Überblick zu den Einsatzmöglichkeiten anaerober Tauchwand-Reaktoren, ABR, zur anaeroben Abwasser- und Schlammbehandlung und stellt Anwendungsbeispiele vor. Bisher nicht genutzte Einsatz- und Entwicklungspotenziale werden angedeutet – z. B. die Einbeziehung neuartiger Sanitärsysteme (NASS).

Die Abkürzung ABR steht für Anaerobic Baffled Reactor und kennzeichnet eine Einfach-Technologie, die ursprünglich zur Abwasserreinigung von Prof. McCarty von der Stanford Universität, USA, im Jahr 1981 entwickelt wurde /1/. Diese Technologie ist bis auf Deutschland, seit den 1980er und mehr noch seit den 1990er Jahren im weltweiten Einsatz. Grundlegende Arbeiten zur Weiterentwicklung und dem Masseneinsatz in den Tropen lieferte BORDA, Bremen, unter dem Stichwort DEWATS (vgl. Bild 1). Durch den BORDA-Ing. Ludwig Sasse wurde dazu das englischsprachige Fachbuch „DEWATS: A Practical Guide“ /2, 3/ herausgegeben. Dieses Buch diente BORDA und deren internationalen Partner-Organisationen zum Süd-Süd-Technologietransfer in Asien und Afrika.

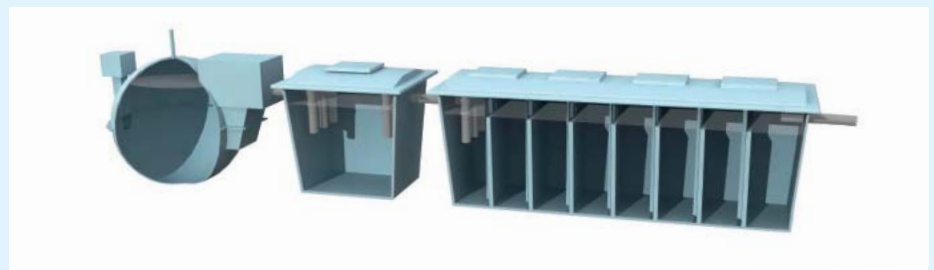
Die Technologie ist somit zwar international erprobt, stellt aber bisher in Deutschland einen wenig beachteten Baustein für Abwasserentsorgungslösungen dar.

Anaerobe Tauchwand-Reaktoren, ABR

Aus technischer Sicht stellt der ABR eine Serienschaltung von anaeroben Aufström-Schlammbett Reaktoren (UASB) dar, in welchen das zu behandelnde Abwasser eine schwebende Schicht aus Mikroorganismen durchströmt. Bei idealen Strömungsverhältnissen findet nur ein minimaler Übertrag der Mikroorganismen von einer in die an-

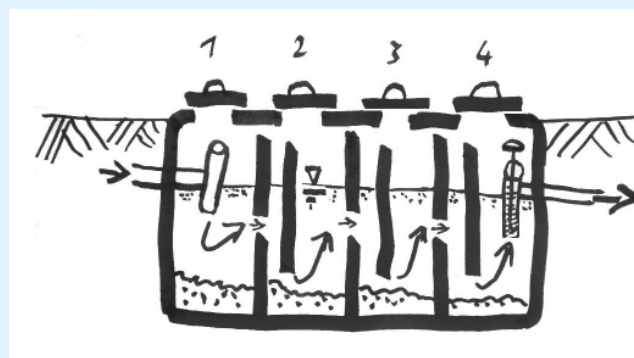
dere Kammer statt. Ebenfalls ist eine optimale Einstellung von hydraulischer und organischer Belastung für die Entwicklung einer geeigneten Mikrobiozönose wichtig /3/. ABRs sind eine weltweit eingesetzte anaerobe Behandlungstechnologie, die sowohl als robuste Methode in Entwicklungsländern als auch als Hochleistungstechnologie genutzt werden kann /9/. Ein großer Vorteil von ABRs ist eine hohe Unempfindlichkeit gegenüber kurzzeitigen hydraulischen und organischen Überlastungen /6/. Bild 2 veranschaulicht diese grundsätzliche Funktionsweise.

Der Einsatz von anaeroben Tauchwand-Reaktoren, ABR, ist prinzipiell für alle klimatischen Bedingungen möglich /5/. Ebenso wurde die Eignung für gering belastetes Abwasser, z. B. Grauwasser nachgewiesen /6/. Die erzielbaren CSB-Abbauraten liegen unter unseren kalten, gemäßigten Klimabedingungen zwischen 50 % im Winter und 70 % im Sommer (BORDA; AquaVerde). Unter tropischen Bedingungen werden BSB-Abbauraten von bis zu 90 % erreicht /5/. Bild 3



Aus GFK vorgefertigtes ABR-Modul-System von BORDA mit Biogas-Gewinnung

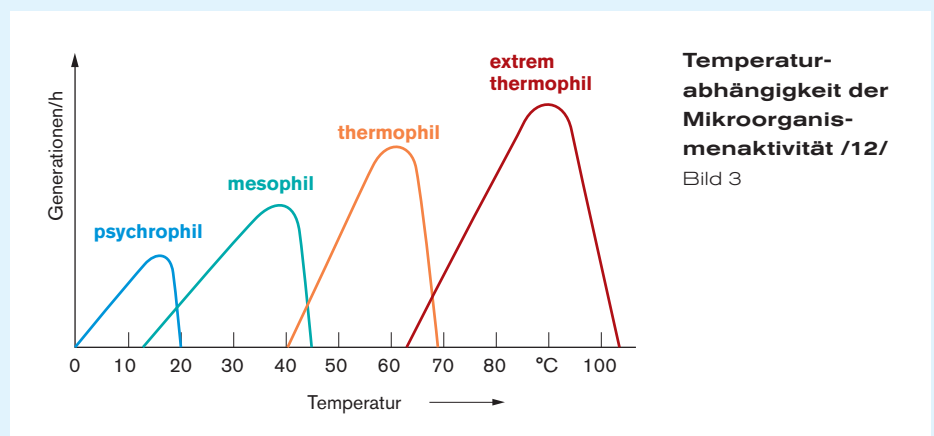
Bild 1
Foto: BORDA



Grundprinzip eines anaeroben Tauchwand-Reaktors

Bild 2

Grafik: Aqua Verde



Temperaturabhängigkeit der Mikroorganismenaktivität /12/

Bild 3



In Betrieb befindliche 8 EW-Anlage mit aerober Nachklärung im südlichen Sachsen-Anhalt

Bild 5

Foto: AquaVerde



Im Bau befindliche Anlage mit bisher kleinster Tauchkammer für 6 EW in Ost-Thüringen

Bild 4

Foto: AquaVerde

verdeutlicht die Temperatur-Abhängigkeit der Aktivität der Mikroorganismen, wobei ein höherer Temperaturbereich durch einen schnelleren Stoffwechsel und damit günstigere Abbaubedingungen gekennzeichnet ist. Bei niedrigeren Temperaturen führt eine reduzierte enzymatische Aktivität zu einer merklich niedrigeren CSB-Abbauleistung. In der Praxis wurden dennoch bereits bei 20 °C CSB-Abbauraten von ca. 80 % erzielt /vgl. 10/.

Anaerobe Tauchwand-Reaktoren einschließlich der zugehörigen Anlagen, sind

im Bereich der Abwasserentsorgung bewusst sehr einfach gehaltene Systeme, die ohne externe Energiezufuhr und komplizierte Regeltechnik auskommen. Sie weisen gegenüber UASB-Reaktoren und anderen technischen Klärsystemen aufgrund der bewusst gering gehaltenen Technikintensität einen geringeren Wartungs- und Unterhaltungsaufwand sowie geringere Bau- und Betriebskosten auf. Durch ihren Einsatz kann der Schlammanfall reduziert und Stabilität gegenüber Belastungsschwankungen erreicht werden /4, 6/. Zusätzlich ist die Gewinnung von Biogas möglich.

Anwendungsbeispiele

Im Bereich der kommunalen Abwasserentsorgung werden anaerobe Tauchwand-Reaktoren vordergründig zur dezentralen Schmutzwasserbehandlung eingesetzt, in Deutschland mit, weltweit jedoch teilweise auch ohne aerobe Nachbehandlung. Als Eingangssubstrate kommen neben häuslichem Schmutzwasser auch Industrieabwasser, beispielsweise der Lebensmittelindustrie, landwirtschaftliche Stoffströme wie Gülle oder Überschussschlamm von Abwasserbehandlungsanlagen in Frage. Außerdem ist grundsätzlich die Mitbehandlung weiterer Biomasse möglich. Das bei der Abwasser-

behandlung entstehende Biogas kann je nach Anlagengröße einer Nutzung zugeführt werden. Das gereinigte Abwasser kann ins Gewässer eingeleitet, versickert oder bei einer entsprechenden Nachbehandlungsstufe wie einem bewachsenen Bodenfilter auch einer Wiedernutzung zugeführt werden.

In Deutschland werden anaerobe Tauchwand-Reaktoren im Bereich der dezentralen Abwasserentsorgung von der Firma AquaVerde auf fachlicher Grundlage /3/ an die hiesigen klimatischen Bedingungen angepasst geplant und gebaut. Bisher sind drei Anlagen bestehend aus Absetztank, ABR als Standard-PE-Abwassertank (vgl. Bild 4) und bewachsenem Bodenfilter zur aeroben Nachbehandlung in Sachsen-Anhalt und Thüringen erfolgreich und zuverlässig in Betrieb:

- 30 EW-Anlage im südlichen Harz, zur Behandlung des „schwierigen“ Abwassers eines Pflegeheims und dessen anschließender Einleitung ins Gewässer (lineare Entsorgung)
- 8 EW-Anlage im südlichen Sachsen-Anhalt, zur 100 % Kreislauf-Nutzung des geklärten häuslichen Abwassers, (Nutzwasser statt Abwasserkosten) im eigenen Garten und Haus, (vgl. Bild 5) sowie

6 EW-Anlage in Ost-Thüringen, zur teilweisen ca. 70 % Kreislauf-Nutzung des geklärten teilweise „schwierigen“ Abwassers (saisonales Schlachten), via Grundwasseranreicherung für einen eigenen Brauchwasserbrunnen, zur Versorgung der eigenen Tiere (Geflügel und Schafe) und Bewässerung im eigenen Garten (vgl. Bild 4).

International planen und bauen BORDA und dessen Partner-Organisationen seit vielen Jahren anaerobe Tauchwand-Reaktoren zur Abwasserbehandlung in Schwellen- und Entwicklungsländern beispielsweise für Schulen. Das gewonnene Biogas wird dabei u. a. zur Bereitstellung der in der Küche zum Kochen benötigten Energie genutzt. Den aus GFK bestehenden anaeroben Tauchwand-Reaktoren von BORDA ist ein vorgefertigter Dom-Biogas-Fermenter mit einer Einfüllöffnung für Biomasse (Küchenabfälle) vorgeschaltet. BORDA untersucht und erweitert derzeit außerdem den Einsatz entsprechender Anlagen auf Gebiete mit gemäßigtem/kaltem Klima. BORDA ABR sind bereits in Lesotho im regulären mehrjährigen Einsatz, wobei in den extrem kalten Wintermonaten nur ein minimaler CSB-Abbau stattfindet. Weitere BORDA Anlagen in Wechselklima befinden sich in Afghanistan. Erste Messungen haben bereits CSB Abbauraten von 50 % bei einer Betriebstemperatur von ca. 15 °C gezeigt.

Anaerobe Tauchwand-Reaktoren befinden sich darüber hinaus in Deutschland seit ca. 2011 im Bereich der Landwirtschaft im Bau. So entsteht in Schleswig-Holstein, in Futterkamp, eine Anlage zur Behandlung von Gülle in einem anaeroben Tauchwand-Reaktor (Kontakt über: <http://www.lksh.de/landwirtschaft/tier/lvz-futterkamp/>) mit

dem Hauptziel der Biogasgewinnung zur EEG-Verstromung. Die Anlage kombiniert die anaerobe Güllebehandlung via ABR mit einer Kraft-Wärme-Kopplung, ist modular in Freiaufstellung installiert und erfordert den Einsatz von Pumpen- & Regeltechnik. In der kalten Jahreszeit ist für eine akzeptable Biogasproduktion Wärmezufuhr notwendig. Die CSB-Ablaufwerte sind in dieser Variante eher zweitrangig, da die Anlage speziell für die Landwirtschaft konzipiert wurde. Anfällige Komponenten der Nassvergärung, wie Rührwerke, entfallen, so dass Wartungs- und Betriebskosten gegenüber „normalen“ Biogasanlagen geringer sind. Auch die Baugröße ist gegenüber landwirtschaftlichen Biogas-Anlagen geringer.

Einsatz- und Entwicklungspotenziale

Die Anwendung der anaeroben Tauchwand-Reaktoren stammt aus und konzentriert sich bisher auf die Abwasserentsorgung. Vordergründiger Anwendungsbereich stellen derzeit Schwellen- und Entwicklungsländer dar. Der Einsatz richtet sich in erster Linie auf die Reduzierung organischer Schmutzfrachten im Abwasser und weniger gezielt auf die Energiegewinnung (Biogaserzeugung). In Deutschland dient der vereinzelt Einsatz der Reaktoren bisher der Gewährleistung einer ordnungsgemäßen Abwasserbehandlung u. a. bei „schwierigem“, gegenüber herkömmlichem häuslichem – höher belastetem Abwasser, durch eine verbesserte Vorklärung.

Der Einsatz anaerober Tauchwand-Reaktoren erfordert zur Erfüllung wasserrechtlicher Vorgaben eine aerobe Nachbehandlung. Eine Anpassung, d. h. Verkleinerung der notwendigen Bodenfiltergröße ist auf-

grund der durch den ABR erzielbaren, hohen Vorklärungsleistung von 50 bis 70 % CSB-Abbau prinzipiell möglich. Die dem Bemessungsrichtwert von 4 m²/EW zugrunde gelegte CSB-Flächenbelastung für vertikal durchflossene Bodenfilter, nach DWA-A 262 /7/, für normales häusliches Abwasser, wird unter hiesigen Klimabedingungen durch den ABR unterboten. Unter Beachtung einer hydraulischen Mehrbelastung könnte dieser Bemessungsrichtwert für Nachbehandlungen nach ABRs eventuell moderat reduziert werden. Jedoch existieren derzeit für die anaeroben Tauchwand-Reaktoren keine allgemeingültigen Bemessungsrichtlinien für gemäßigte Klimazonen/niedrige Temperaturen oder unabhängig nachvollziehbare Belastungstests, die die möglichen Reduzierungswerte für aerobe Nachbehandlungen bestätigen würden.

Für dezentrale Abwasserentsorgungslösungen kann der Einsatz anaerober Tauchwand-Reaktoren insbesondere unter folgenden Rahmenbedingungen vorteilhaft sein:

- bei organisch hoch belastetem Abwasser /6/
- bei Abwasser mit starken Schmutzlastschwankungen /vgl. 4; 6/
- bei geringem Platzangebot für eine aerobe Nachbehandlung
- bei fehlendem Energieanschluss, aber etwas Gefälle und/oder
- wenn Betreiberpersonal mit Know-how und Erfahrung nicht vorhanden ist.

Die zunehmende Forderung der Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz von Systemgestaltungen der Abwasserentsorgung unter Gewährleistung von Gewässer- und Klimaschutzaspekten zielt auf die umfassendere Nutzung der im kommunalen bzw. häuslichen Abwasser enthaltenen Ener-



EMV

Schutz inklusive

Alle VLT® AQUA Drive halten serienmäßig die aktuellen EMV Normen ein. Dies verhindert Ausfälle durch EMV Störungen und erhöht die Verfügbarkeit Ihrer Anlage.

Danfoss

VLT® AQUA Drive Frequenzumrichter Sichern Sie Ihren Anlagenbetrieb

Besuchen Sie uns auf der SPS IPC Drives 2013
in Halle 3, Stand 220.

www.danfoss.de/vlt

Danfoss GmbH · VLT® Antriebstechnik
Carl-Legien-Straße 8, D-63073 Offenbach
Telefon: +49 69 8902-0, E-Mail: vlt@danfoss.de

VLT® 45
1968 • 2013

gie- und Wertstoffpotenziale. Energiepotenziale bestehen u. a. in den im Abwasser enthaltenen organischen Verbindungen. Zur Erschließung dieser Energiepotenziale können anaerobe Verfahren zur Abwasser- oder Schlammbehandlung eingesetzt werden. Anaerobe Tauchwand-Reaktoren bieten dabei die Möglichkeit entsprechende Zielsetzungen in der Praxis auch im Bereich der dezentralen Abwasserbehandlung und für kleinere Kläranlagen zu realisieren. Entsprechende Untersuchungen zeigen dabei, dass unter der Voraussetzung der Fassung

bzw. Nutzung des gewonnenen Biogases die Klimaverträglichkeit anaerober Behandlungsverfahren gegeben ist /11/. Dies schließt die mögliche Mitbehandlung weiterer auch durch gereinigtes Abwasser produzierter Biomasse, bis hin zum Aufbau örtlicher Stoff- und Energiekreisläufe ein. Diese Zielsetzungen könnten neben den bisher im Vordergrund stehenden dezentralen Anlagen auch für die Behandlung des Überschussschlammes oder für eine verbesserte Vorklärung und eine Reduzierung des Schlammanfalls (vgl. Atkins Water, <http://www.ocsd.com/Home/ShowDocument?id=11016>) auf zentralen Kläranlagen in Betracht gezogen werden. Perspektivisch können ABR-KWKs auch in vorhandenen zentralen Kläranlagen jeder Größe als Zusatzanlage eingesetzt werden.

Fazit

Anaerobe Tauchwand-Reaktoren stellen erprobte, leistungsfähige Komponenten eines Abwasserentsorgungs-Systems dar, deren Einsatzpotenzial für eine Kreislauforientierung (NASS-Ansätze) bislang in Deutschland noch nicht ausgeschöpft ist. Vor dem Hintergrund der zunehmend diskutierten Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz in der Abwasserentsorgung bis hin zur Schließung örtlicher und regionaler Stoff- und Energiekreisläufe könnten anaerobe Tauchwand-Reaktoren als einfache, kostengünstige und dennoch sehr zuverlässig arbeitende Technologiebausteine /4/ zur Entwicklung und Umsetzung entsprechender kreislauforientierter Ver- und Entsorgungskonzepte zukünftig verstärkt zum Einsatz kommen.

LITERATUR

/1/ Bachmann, A.; Virginia, L. B.; McCarty, P. L. (1985): Performance characteristics of the anaerobic baffled reactor. *Water Res.* Vol. 19. No. 1. Pp. 99-106

/2/ Sasse, L.; BORDA (Hg.) (1998): DEWATS. Decentralised wastewater treatment in developing countries. Bremen: Bremen Overseas Research and development Association (BORDA).pdf

/3/ Gutterer, B.; Sasse, L.; Panzerbieter, T.; Reckerzügel, T. (BORDA 2009): Decentralized Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries: A Practical Guide

/4/ Foxon, K. M.; Pillay, S.; Lalbahadur, T.; Rodda, N.; Holder, F.; Buckley, C. A. (2004): The anaerobic baffled reactor (ABR): An appropriate technology for on-site sanitation. *Water SA* Vol. 30 No. 5 (Special edition). <http://www.wrc.org.za>

/5/ Tilley, E.; Luethi, C.; Morel, A.; Zurbrugg, C.; Schertenleib, R. (2008): Compendium of Sanitation Systems and Technologies. Duebendorf and Geneva: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (EAWAG)

/6/ Barber, W. P.; Stuckey, D. C. (1999): The use of the anaerobic baffled reactor (ABR) for wastewater treatment: a review. *Water Res.* Vol. 33, No. 7, pp. 1559-1578

/7/ Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) (2006): DWA-Regelwerk – Arbeitsblatt DWA-A 262 Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Pflanzenkläranlagen mit bepflanzten Bodenfiltern zur biologischen Reinigung kommunalen Abwassers. DWA (Hg.), Hennef

/8/ Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) (2013): DWA-Regelwerk – Arbeitsblatt DWA-A 272 Grundsätze für die Planung und Implementierung neuartiger Sanitärsysteme. Gelbdruck Stand Januar 2013. DWA (Hg.), Hennef

/9/ Seghezzi, L. et al. (1998): A review: The anaerobic treatment of sewage in UASB and EGSB reactors. In: *Biores. Technol. Technology* 65.3, pp. 175-190

/10/ Ye, C.; Lan, L.; Zhang, J.; Yang, Y. (2012): Study on ABR Stage-Constructed Wetland Integrated System in Treatment of Rural Sewage. In: *Procedia Environmental Science* 12 (2012), pp. 687-692

/11/ Warburg, N. I. (2012): Calculation of Carbon Dioxide Equivalent Emissions of DEWATS in Indonesia. BORDA (Hg.). Veröffentlichung demnächst

/12/ Tortora, G.; Funke, B.; Case, C. (2012): *Microbiology. An Introduction.* Pearson. 11th Edition. 960 pp

KONTAKT

AquaVerde
Detlef Schwager
www.aqua-verde.de
 Tel.: 034774/70672
 E-Mail: aqua-verde-sa@email.de

Universität Leipzig
Institut für Infrastruktur und Ressourcenmanagement
Sabine Lautenschläger
 Grimmaische Straße 12 · 04109 Leipzig
 Tel.: 0341/9733 874
 E-Mail: lautenschlaeger@wifa.uni-leipzig.de
www.wifa.uni-leipzig.de/iirm

Termine für die Wasserbranche

29. – 30. Oktober
 10. Aachener Tagung
WASSER UND MEMBRANEN
 Gesellschaft zur Förderung der Siedlungswasserwirtschaft an der RWTH Aachen e.V.
 Mies-van-der-Rohe-Str. 1
 52074 Aachen
 Dr. Michael Krumm
 Tel.: 0241/8027203
 E-Mail: krumm@isa.rwth-aachen.de
www.rwth-aachen.de

6. – 7. November
 14. Workshop
FLUSSGEBIETSMANAGEMENT
 DWA e.V.
 Theodor-Heuss-Allee 17 · 53773 Hennef

Renate Teichmann
 Tel.: 02242/872118
 E-Mail: teichmann@dwa.de
www.dwa.de

13. – 14. November
Industrietage Wassertechnik
 DWA e.V., DECHEMA e.V.
 Theodor-Heuss-Allee 17 · 53773 Hennef
 Renate Teichmann
 Tel.: 02242/872118
 E-Mail: teichmann@dwa.de
www.dwa.de

26. – 27. November
INNOVATIONSFORUM WASSERWIRTSCHAFT 2013
 DWA e.V., BMBF, DBU

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
 Hinnerk Feldwisch-Drentrup
 Tel.: 0721/60822355
 E-Mail: wte@ptka.kit.edu
www.bmbf.innovationsforum-wasserwirtschaft.de

28. November
nANO meets water
 Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
 Osterfelder Str. 3
 46047 Oberhausen
 Dr. Joachim Danzig
 Tel.: 0208/85981145
 E-Mail: joachim.danzig@umsicht.fraunhofer.de
www.umsicht.fraunhofer.de

Weitere Termine unter:
www.wwt-online.de