



### NATÜRLICHER ABBAU IM FOKUS

Die natürlichen mikrobiologischen Abbauprozesse stehen beim Grundwasser-Ressourcenschutz und bei der Altlastenbehandlung zunehmend im Blickpunkt. Derzeit werden im Rahmen der BMBF-Förderschwerpunkte "KORA - KONTrollierter Rückhalt und Abbau" und "Sickerwasserprognose" die methodischen Instrumente entwickelt, um die Abbauprozesse standortspezifisch zu beurteilen. Allein die Abteilung Umweltbiotechnologie und Altlasten des TZW ist in beide Programme mit insgesamt 4 Vorhaben eingebunden. Je zwei Projekte befassen sich mit dem Abbau von CKW und von Teerölkomponenten (PAK, BTEX, heterozyklische KW). Es wird ermittelt, unter welchen Bedingungen der natürliche Abbau in ausreichendem Umfang stattfindet, um eine Elimination der Schadstoffe vor dem Eintritt in das Grundwasser (Sickerwasserprognose) bzw. vor der Schädigung sensibler, abstromiger Rezeptoren (KORA) zu gewährleisten.

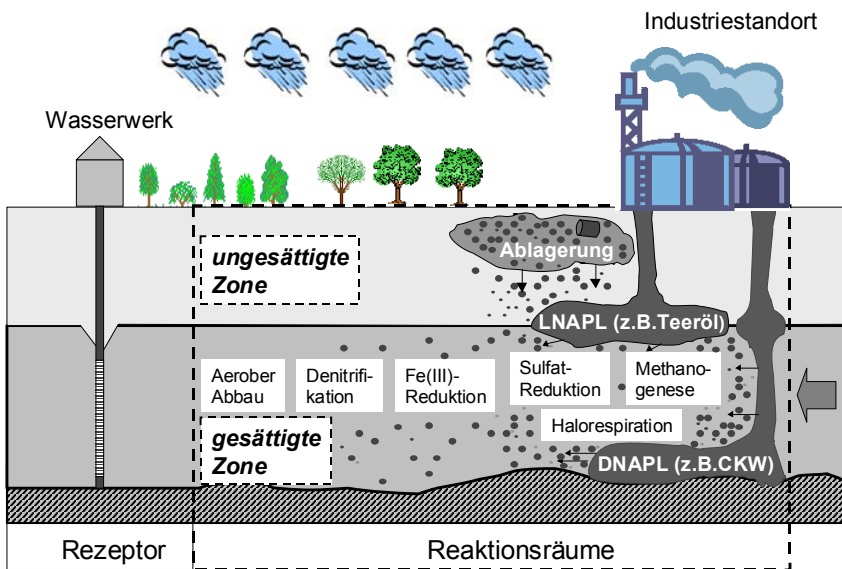


Bild: Redoxprozesse beim natürlichen mikrobiologischen Schadstoffabbau

Die Mikroorganismen im Untergrund verfügen über ein vielfältiges Repertoire an komplexen Abbaumechanismen. Das starke Interesse insbesondere am natürlichen Abbau im Grundwasserabstrom, oftmals unter dem englischsprachigen Begriff "Natural Attenuation" diskutiert, liegt in den zu erwartenden Kosteneinsparungen begründet. Erste Abschätzungen an konkreten Standorten bestätigen, dass die Umsetzung dieses neuen Konzepts in der Tat kostengünstiger sein kann als traditionelle Maßnahmen der Altlastensanierung. Es sei jedoch davor gewarnt, "Natural Attenuation" mit einem Freifahrtschein zum Nichtstun gleichzusetzen. Es existieren Standorte mit sehr wirkungsvoller Selbstreinigung, aber es gibt auch Gegenbeispiele. Daher müssen die Randbedingungen und Abbauleistungen standortspezifisch beurteilt werden.

Der verantwortungsbewusste Umgang mit der Handlungsoption "Natural Attenuation" setzt ein fundiertes Prozessverständnis und qualifiziertes

### NOTIZEN

#### TZW-Reihe Band 23 erschienen

Band 23 steht unter dem Titel „Qualitätsveränderungen bei der Aufbereitung und Verteilung von Trinkwasser aus reduzierten Grundwässern“. Hierbei handelt es sich um die Ergebnisse eines vom DVGW geförderten Forschungsvorhabens, das gemeinsam von der DVGW-Forschungsstelle TU Hamburg-Harburg und der Außenstelle des TZW in Dresden bearbeitet wurde. Schwerpunkte der Untersuchungen lagen in der Optimierung der Aufbereitung in Hinblick auf leicht verwertbaren organischen Kohlenstoff sowie in der Verhinderung der Aufkeimung bei der Wasserverteilung durch Optimierung des Netzbetriebes. Band 23 kann zum Preis von 15 Euro beim TZW bezogen werden.

#### Internationale Kontakte

Fachleute aus Asien standen auch im vorangegangenen Quartal wieder anzahlmäßig an erster Stelle unter den Besuchern des TZW. Beispielsweise weilte am 02.04.04 eine sechsköpfige Delegation aus Taiwan unter Leitung der National Taiwan University am TZW. Aus China traf am 30.08.04 eine Delegation mit 10 Behördenvertretern aus der Provinz Hebei ein, um sich über den gegenwärtigen Stand der Wasserversorgung in Deutschland zu informieren. Analoge Informationen waren Gegenstand des Besuches von Vertretern der Universität Prishtine, Kosovo am 14.06.04.

Monitoring voraus. Andernfalls kann dieser neue Ansatz sehr schnell in Misskredit geraten.

Es ist zu wünschen, dass die oftmals vorhandenen Diskrepanzen zwischen Fachbehörden, Standorteignern und Wasserversorgern auf fachlich fundierter Ebene ausgeräumt werden. Bei einer verantwortungsbewussten Anwendung mit Augenmaß, d.h. ohne überzogene Forderungen beider Seiten, ist das Konzept der überwachten Selbstreinigung eine vielversprechende Alternative.

Dr. A. Tiehm

**Rückstände perfluorierter Verbindungen auch in deutschen Gewässern**

Nachdem die Umweltanalytik neben chlorierten Verbindungen (z.B. PCB, chlorierte Insektizide, LHKW), auch bromierte (z.B. polybromierte Flammschutzmittel) und iodierter Verbindungen (z.B. iodierter Röntgenkontrastmittel) im Fokus hatte, schließt sich nun der Kreis der Organohalogenverbindungen mit den perfluorierten Verbindungen. Diese sind am besten durch den Kunststoff Teflon (Polytetrafluorethylen) bekannt. Aber auch eine Reihe anderer nützlicher Produkte basieren auf Verbindungen, bei denen jedes Wasserstoffatom durch ein Fluoratom ersetzt ist. Wer kennt beispielsweise nicht die Imprägniermittel für moderne Funktionskleidung? Aber auch im Wohnbereich, zur Pflege von Teppichen, als Möbelpolitur oder in Spezialpapieren für Lebensmittel werden Schmutz und Fett abweisende Imprägniermittel auf Basis perfluorierter Verbindungen eingesetzt. Natürlich können auch aus der Produktion dieser Verbindungen selbst Rückstände, in Form von Ausgangsprodukten, Verunreinigungen und Abbauprodukten, in die Umwelt gelangen. Seit wenigen Jahren wurden daher auch eine Reihe von polaren Verbindungen, sog. perfluorierte Alkylcarboxylate und Alkylsulfonate in Oberflächengewässern und kürzlich auch im Trinkwasser in Japan nachgewiesen. Perfluorooctylsulfonat (PFOS) und Perfluorooctanoat (PFOA) sind die wichtigsten Leitkomponenten dieser beiden Stoffklassen. PFOA wird beispielsweise auch als Emulgator bei der Herstellung von Teflon verwendet.



Bild: Verschiedene Anwendungsbereiche für perfluorierte Verbindungen

In den Blickpunkt sind diese Verbindungen vor allem dadurch gerückt, dass sie wegen der besonderen Stabilität der Kohlenstoff-Fluor-Bindung die am meisten persistenten Stoffe der organischen Chemie darstellen und sich zudem nachgewiesenermaßen im menschlichen Blut anreichern. Üblicherweise werden im Blut Konzentrationen einzelner Vertreter in Konzentrationen von einigen Mikrogramm je Liter gefunden.

Für den Analytiker stellen diese perfluorierten Verbindungen eine ganz besondere Herausforderung dar, da es sich bei den technischen Produkten um Mischungen von Homo-

logen verschiedener Molekülkettenlängen handelt, die ihrerseits wieder aus linearen und verzweigten Molekülen, sog. Isomeren, bestehen. Außerdem sind sie in der aquatischen Umwelt i.d.R. in Konzentrationen von einigen Nanogramm pro Liter enthalten, sodass eine hohe Messempfindlichkeit und eine hohe Selektivität erforderlich sind. Entscheidend aber ist vor allem, dass die Hintergrundwerte bei der Probennahme und im Labor entsprechend niedrig sein müssen, um belastbare quantitative Ergebnisse zu erhalten. Diese Anforderungen erfüllt eine neu am TZW entwickelte Analyseverfahren auf der Basis der Hochleistungsflüssigkeitschromatographie, gekoppelt mit der Elektrospray-Tandem-Massenspektrometrie (HPLC-MS-MS). Wie die Ergebnisse erster Messungen zeigen, werden in deutschen Oberflächengewässern vor allem die Vertreter mit gerader Anzahl an Kohlenstoffatomen im Molekül in Konzentrationen von bis zu mehreren zig Nanogramm angetroffen. Inwieweit diese Verbindungen auch in das Trinkwasser gelangen können, ist Gegenstand der laufenden Forschung.

Dr. F. Th. Lange

**Vorkommen und Verhalten ausgewählter Algenmetaboliten bei der Trinkwasseraufbereitung**

Seit dem Frühjahr 2004 liegt der Abschlussbericht des Verbundprojektes "Strategien gegen Algen und Cyanobakterien im Trinkwasser" vor. Dieses Projekt wurde durch das BMBF, den DVGW, den Fernwasserzweckverband Südthüringen und die Thüringer Fernwasserversorgung finanziert. Weitere Partner des TZW waren das Umweltbundesamt mit einem eigenen Teilprojekt und der Wahnbachtalsperrenverband.

Ein wesentlicher Schwerpunkt der Arbeiten, die u.a. im kleintechnischen Maßstab durchgeführt wurden, basiert auf Untersuchungen zur Eliminierung von Cyanotoxinen bei einer Flockenfiltration. Dabei wurden insbesondere die Kombination mit Pulverkohledosierung sowie die Voroxidation mittels Permanganat und Ozon betrachtet.

Mit einer konventionellen einstufigen Flockenfiltration ist eine weitgehende Reduzierung der im Rohwasser vorliegenden Algenzellen möglich (Bild). Es kann jedoch zu einer Freisetzung der Metaboliten im Filterbett kommen. Als Ursache wurde die mechanische Beanspruchung der Algenzellen vor der Filtration ermittelt. Ein Anstieg der Toxin-konzentration im Filtrat wird zudem durch die Akkumulation von Algenbiomasse im Filterbett gefördert.

Die Methode der Wahl zur Eliminierung der gelöst auftretenden Toxine ist der Einsatz von Pulveraktivkohle.

Bei der Behandlung von toxinhaltigen Algenzellen mittels oxidativ wirkender Agentien muss sowohl mit einer Freisetzung als auch mit einem Abbau von Toxinen gerechnet werden. Die gegenläufigen Prozesse werden durch die jeweiligen Randbedingungen (Dosis, Kontaktzeit und Zellstabilität) bestimmt.

Zum Zweck eines Steuerungs- und Überwachungskonzepts von Speichern und Aufbereitungsanlagen wird die Einteilung von Rohwässern in drei Kategorien vorgeschlagen. Die mit den jeweiligen Farben grün, gelb und rot bezeichneten Kategorien definieren den Bereich so genannter „Maximal tolerierbarer Zellzahlen“ (MTZZ) bzw. „Maximal tolerierbarer Biovolumina“ (MTBV) im Rohwasser. Mit dieser Rohwasserbewertung ist eine Risikoermittlung möglich, auf deren Grundlage sich die Notwendigkeit zusätzlicher Maßnahmen zur Optimierung der Aufbereitung ableiten lässt.

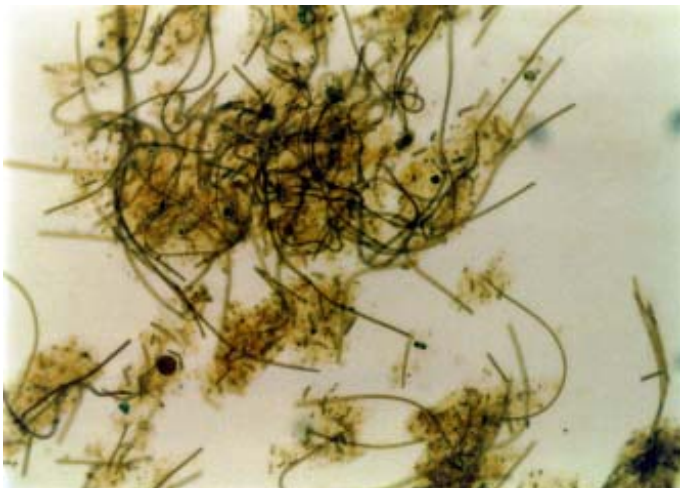
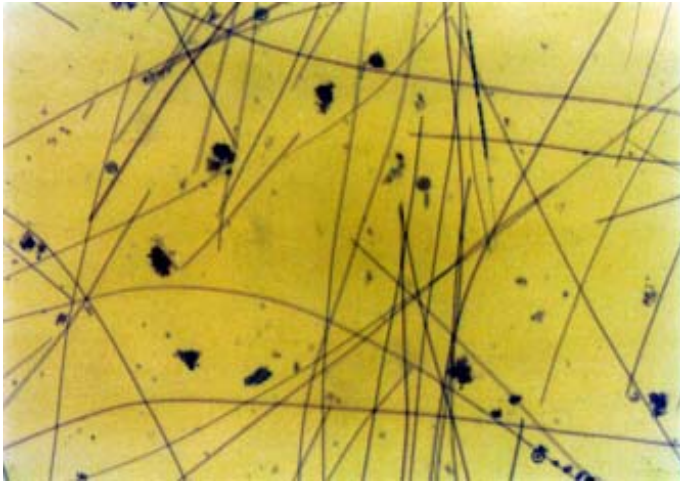


Bild : Mikroskopische Aufnahmen der Blaualge Planktothrix rubescens im Rohwasser (oben) und nach der Flockung (unten), jeweils 100-fache Vergrößerung

Dipl.-Chem. K. Bornmann, Dr. W. Schmidt

wasserüberdeckung, die Wasserschutzgebiete, der Zustand der Quelfassungen und Sammelschächte sowie mögliche Gefahrenquellen im Einzugsgebiet begutachtet.

Die Quellwasservorkommen weisen eine hohe systembedingte Vulnerabilität (Verschmutzungsempfindlichkeit) auf. Die Deckschichten und Grundwasserleiter bieten nur einen sehr geringen Schutz der Quellwässer vor möglichen Schadstoffeinträgen oder mikrobiologischen Kontaminationen. Zudem waren die Schutzzonen I bei einigen der Quelfassungen nicht umzäunt, bei anderen waren teils gravierende bauliche Mängel festzustellen. Gefahren für die Quellen können von der Oberflächenentwässerung einer Bundesstraße oder auch von Sturmschäden des Orkans „Lothar“ ausgehen. Zudem ergaben sich Hinweise auf deutliche Missstände: so findet sich im Einzugsgebiet einer Quelle eine Wanderhütte mit einem undichten Sammelschacht des Toilettenhäuschens (Bild).



Bild: Toilettenhäuschen einer Wanderhütte mit undichtem Sammelschacht in der engeren Schutzzone einer Quelle

In einem anderen Fall bewirkt eine Salzlecke im Fassungs-bereich eine starke Konzentration von Wildtieren im unmittelbaren Nahbereich der Quellen.

Die Einschätzung der Vulnerabilität deckte sich mit den Ergebnissen der mikrobiologischen Messungen des TZW. Auf Basis der Begehung wurden Empfehlungen zur Vermeidung und zur Beseitigung von potentiellen Gefahrenherden im Zustrom der Quellen abgeleitet, ehe umfangreiche aufbereitungs-technische Maßnahmen ergriffen werden.

Dipl.-Geoökol. S. Sturm

## GRUNDWASSER & BODEN

### Einzugsgebietsbegehungen

Vor dem Hintergrund der neuen Trinkwasserverordnung und dem Problemkreis mikrobiologischer Rohwasserbelastungen stehen viele Wasserversorgungsunternehmen vor der Entscheidung über weitergehende Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserbeschaffenheit. Das vom Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (UVM) geförderte und am TZW durchgeführte Forschungsvorhaben „Neuartige Kriterien zur Beurteilung der Notwendigkeit und Art von Aufbereitungsmaßnahmen bei Vorliegen mikrobiell belasteter Rohwässer“ schlägt hier unter anderem vor, eine Einschätzung der Empfindlichkeit eines Rohwasservorkommens gegenüber mikrobiellen Einträgen nach hydrogeologischen Kenngrößen vorzunehmen. Bei einer derartigen Systembetrachtung können mögliche Emittenten im Einzugsgebiet erfasst werden.

Unter diesem Gesichtspunkt stand eine Einzugsgebiets-schau der zur Trinkwasserversorgung genutzten Quellen einer Gemeinde im Nordschwarzwald. Bei der Begehung der Einzugsgebiete wurden die Schutzwirkung der Grund-

## TECHNOLOGIE

### Einsatzmöglichkeiten von Feinfiltersystemen

Mit der Novellierung der Trinkwasserverordnung (2001) wurden die Anforderungen bei der Nutzung mikrobiell belasteter Rohwässer zur Trinkwasserversorgung neu definiert. Neben einer Desinfektion ist entsprechend § 5 Abs. (4) bei Vorliegen von Tatsachen, die zum Auftreten einer übertragbaren Krankheit führen können, gegebenenfalls zusätzlich eine Aufbereitung nach den anerkannten Regeln der Technik erforderlich. Entsprechend der Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäß § 11 Trinkwasser-

verordnung ist im Ablauf der partikelabtrennenden Stufe, d.h. vor der Desinfektion, ein Trübungswert von 0,1 bis 0,2 FNU einzuhalten und wenn möglich zu unterschreiten. Nur dadurch ist eine sichere Desinfektion gewährleistet.

Betroffen von der angesprochenen Problematik mikrobiell belasteter Rohwässer sind auch eine Reihe von Quellwasservorkommen, wie sie in vielen Mittelgebirgsregionen zur Trinkwassergewinnung herangezogen werden. Bislang erfolgt als einzige Maßnahme häufig eine Desinfektion. Bei Auftreten erhöhter Trübungen werden die belasteten Quellen zum Teil ausgeleitet bzw. sind einer Filtration zu unterziehen. Zur Partikelentfernung werden als Verfahren die Flockungsfiltration und die Ultrafiltration eingesetzt. Neuerdings werden Feinfiltersysteme angeboten, wobei solche Systeme gegenüber den konventionellen Verfahren geringere Investitionskosten bedingen. Da über die Wirkungsweise solcher Systeme bislang aus der Literatur nur unzureichende Erfahrungen vorliegen, wurden im Rahmen eines vom Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg geförderten Forschungsvorhabens Voruntersuchungen zur Ermittlung möglicher Einsatzbereiche von Feinfiltersystemen durchgeführt.

Weltweit gibt es eine Vielzahl von Anbietern von Feinfiltersystemen. Feinfilter werden z.B. als Beutel (Bild 1) bzw. Kartuschen (Bild 2) angeboten. Zu unterscheiden ist zwischen spülbaren und nicht spülbaren Ausführungen. Die Trenngrenzen der im Vorhaben untersuchten Feinfiltersysteme lagen im Bereich von 0,5 bis 2 µm. Allerdings sind die Angaben zu den Trenngrenzen von Produkten verschiedener Hersteller auf Grund des Fehlens einheitlicher Standards nur bedingt miteinander vergleichbar.



Bild 1: Feinfilterversuchsanlage mit Filterbeutel

Im Rahmen des Vorhabens wurden Feinfiltersysteme von unterschiedlichen Bauarten und verschiedenen Herstellern mit einem gering trübstoffhaltigen Quellwasser beaufschlagt. Da im Untersuchungszeitraum keine erhöhten Trübungswerte auftraten, wurden Stoßbelastungen durch Dosieren von Quarzmehlpartikeln mit einem mittleren Durchmesser von 3 µm als Modelltrübstoff simuliert. Bei einer ausreichenden Elimination des Modelltrübstoffes im Feinfiltersystem wird davon ausgegangen, dass gleichzeitig auch parasitäre Mikroorganismen, die eine Größe im Bereich von 5 bis 15 µm aufweisen, zurückgehalten werden. Dieser Tatsache kommt deshalb eine besondere Bedeutung zu, da Parasiten durch die üblicherweise zum Einsatz kommenden Desinfektionsverfahren mit Mitteln auf Chlorbasis nicht inaktiviert werden und deshalb filtrativ abzuschneiden sind.

Bei simulierten Stoßbelastungen mit dem Modelltrübstoff mit Trübungswerten bis zu 10 FNU wurden im Ablauf der Hauptfilter i. d. R. Trübungen < 0,1 FNU erreicht. Entscheidend für den Trübstoffrückhalt sind neben den Trenngrenzen der Filter die Dichtungen zwischen Filtermaterial und -gehäuse. Filter mit einer Tiefenfiltrationswirkung, wie beispielsweise mehrschichtige Vlieswerkstoffe, weisen längere Filterstandzeiten auf als Oberflächenfilter, zu denen Membranfaltfilter zählen. Letztere weisen jedoch oft einen besseren Rückhalt im Vergleich zu den Vliesfiltern auf.

endend für den Trübstoffrückhalt sind neben den Trenngrenzen der Filter die Dichtungen zwischen Filtermaterial und -gehäuse. Filter mit einer Tiefenfiltrationswirkung, wie beispielsweise mehrschichtige Vlieswerkstoffe, weisen längere Filterstandzeiten auf als Oberflächenfilter, zu denen Membranfaltfilter zählen. Letztere weisen jedoch oft einen besseren Rückhalt im Vergleich zu den Vliesfiltern auf.



Bild 2: Feinfilterversuchsanlage, geöffnet, mit Kartuschen

Die Kosten für den Ersatz des Filtermaterials bei den untersuchten, nicht spülbaren Systemen bewegen sich bei der Aufbereitung gering trübstoffhaltiger Wässer im vorliegenden Fall im Bereich zwischen 0,1 und 0,5 Euro/m<sup>3</sup>. Bei häufigem Auftreten erhöhter Trübungen im Rohwasser können sich die Kosten demgegenüber z. T. deutlich erhöhen. Die Investitionskosten für die Gehäuse zur Aufnahme der Filtermaterialien (ohne Verrohrung, ohne MSR) sind hingegen relativ niedrig. Daraus resultieren spezifische Kosten von ca. 0,02 bis 0,04 Euro/m<sup>3</sup>.

Das Einsatzgebiet für nicht spülbare Systeme wird insbesondere für Kleinanlagen gesehen, deren Rohwässer i.d.R. gering trübstoffbelastet sind, nur sporadisch eintrüben und eine geringe mikrobielle Belastung aufweisen. Die Aufgabe eines Feinfiltersystems besteht somit darin, erhöhte Trübstoffgehalte im Rohwasser soweit zu vermindern, dass anschließend eine sichere Desinfektion möglich ist.

Weitere Untersuchungen müssen zeigen, inwieweit die im vorliegenden Projekt gewonnenen Erfahrungen mit einem relativ trübstoffarmen Wasser unter Zugabe eines Modelltrübstoffes (Quarzmehl 3 µm) auch auf andere Wässer mit unterschiedlichen Trübstoffgehalten und -zusammensetzungen anwendbar sind. Weiterführende Untersuchungen werden derzeit im Rahmen eines vom DVGW geförderten Forschungsvorhabens am DVGW-Technologiezentrum Wasser durchgeführt (Vorhaben-Nr. W4/02/03: Praxisuntersuchungen zu Feinfiltersystemen für kleine Wassergewinnungsanlagen. Vorhabenlaufzeit: 01.03.04 bis 28.02.06).

Dr. U. Müller, Dr. G. Baldauf

## KONTAKT

Technologiezentrum Wasser (TZW)  
D-76139 Karlsruhe, Karlsruher Straße 84  
Tel.: (0721) 9678-0 (Fax: -101)

Außenstelle Dresden  
D-01139 Dresden, Scharfenberger Straße 152  
Tel.: (0351) 85211-0 (Fax: -10)

E-Mail: [info@tzw.de](mailto:info@tzw.de), Website: <http://www.tzw.de>