



## In eigener Sache

Werte Lesende,  
es gibt Dinge, die haben im Wesentlichen bloße stoffliche Programme zu ihrer eigenen Reproduktion in Form einer Nukleinsäure, weshalb sich die Forscher\*innen nicht einig sind, ob sie zu den Lebewesen gezählt werden sollen. Diese Dinge haben einen Durchmesser von 15 nm bis 440 nm, treten in behüllter und unbehüllter Form auf und sind in ihrer Natur als Parasiten auf einen Wirtsorganismus angewiesen.

Die Rede ist - Sie haben es sicherlich schon vermutet - von Viren.

So klein und doch so einflussreich. Sie haben Einfluss auf einzelne Personen, Familien, Freundeskreise, Städte und Nationen und somit auf die gesamte globalisierte Welt. Auch den BTE haben sie aus dem Takt gebracht, als der für 2020 geplante **BTE-Dialog auf den 31. März 2022 verschoben** werden musste. Zu groß war die Anzahl der Absagen aus dem Teilnehmerkreis, geprägt vom Respekt vor den Folgen einer Ansteckung mit dem, was die Wissenschaftler\*innen als *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2* (SARS-CoV-2) bezeichnen und vor seiner weiteren Verbreitung unter Angehörigen und Arbeitskollegen.

Was trieb uns alle dazu an? Panikmache? Nein. Hysterie? Vielleicht ein ganz kleines bisschen. Umsichtigkeit? Ganz bestimmt. Besonnenes Verhalten und ebensolches Einschätzen von Situationen ist unser tägliches Brot und bestimmt unser Handeln als Sachverständige.

Leider sind aufgrund der Umstellung auf virtuelle Tagungen seit Anfang 2020 keine Neuaufnahmen möglich gewesen. Seien Sie umso mehr versichert, dass der Kreis der potentiellen Mitglieder stetig größer wird und die Kandidaten in den sprichwörtlichen Startlöchern stehen.

Da "in dieser Zeit" gerade Vieles anders ist als sonst, weichen auch diese BTE-Nachrichten etwas vom gewohnten Format ab. Die Rubrik "Aus den Fachgruppen", in welcher die jeweiligen Inhalte der Fachgruppentagungen in Kurzform zusammengetragen werden, wird in dieser Ausgabe ausnahmsweise nicht veröffentlicht. Wir konzentrieren uns auf die Fachaufsätze der Kollegen, die diesmal so umfangreich sind, dass Sie, werte Lesende, statt der gewohnten 8 Seiten nun 16 Seiten präsentiert bekommen.

Wir sind uns daher sicher, wieder einmal interessante Themen für Sie zusammengestellt zu haben und wünschen Ihnen viel Freude beim Lesen und selbstverständlich auch, dass Sie sich weiterhin bester Gesundheit erfreuen.

*Ihre Redaktion*

## Termine

- Jahreshauptversammlung 2021  
16.09.2021 bis 18.09.2021 in Bonn
- Jahresarbeitstagung 2022  
30.03.2022 bis 01.04.2022 in Köln mit  
**BTE-Dialog 2022 am 31.03.2022**

## Inhalt

1. News
2. Aufsätze
  - Covid-19-Pandemie und daraus resultierende Fragestellungen bei der Ermittlung von Betriebsunterbrechungsschäden  
*Dipl.-Oec. Michael Ottleben et al.*
  - Behandlung von Einsparungen und Erwirtschaftungen bei Verlustbetrieben  
*M.A. (GB) Dipl.-Betriebswirt (FH) Jens Otto*
  - Überschlägige Bewertung von vier Holzbearbeitungsbetrieben in Südafrika  
*Hannes Dietl*
  - Leitfaden zum Umgang mit flüssiger Abdichtung im Verbund (AIV-F) bei Sanierung nach Leitungswasserschäden  
*Dipl.-Ing. (FH) Eckhard Beushausen*  
*Dipl.-Ing. (FH) Andreas Raab*
  - Asbestminerale und der analytische Nachweis „Analysis AS-BEST as possible!“  
*Dr. rer. nat. Jürgen Göske*

## 1. News

### Nutzung von Abwärme zur Erzeugung elektrischer Energie

#### Sind pyroelektrische Kraftwerke eine Energiequelle der Zukunft?

Die effiziente Nutzung der bei verschiedenen technischen Prozessen anfallenden Abwärme, z. B. aus Verbrennungskraftmaschinen, beschäftigt Forscher\*innen seit Jahrzehnten - sind die Abwärmeverluste mit bis zu mehr als zwei Drittel der eingesetzten Energie doch beträchtlich. Bei hoher Temperatur der Abwärme, wie bei einem BHKW, ist die Nutzung vergleichsweise einfach. Wenn der Temperaturunterschied zur Wärmesenke gering ausfällt, wird die Abwärme heutzutage noch häufig an die Umwelt abgegeben, da eine Nutzung ineffizient ist.

Einen Teil dieser Abwärme könnten sogenannte pyroelektrische Stromgeneratoren zukünftig in wirtschaftlich nutzbare Mengen elektrischer Energie umwandeln. US-Wissenschaftler\*innen haben einen Prototypen eines solchen

Generators vorgestellt. Dieser zeichnet sich dadurch aus, dass er bereits bei kleinen Temperaturunterschieden effizient elektrische Energie erzeugt. Pyroelektrische Materialien werden bereits bei Wärmesensoren von Bewegungsmeldern eingesetzt. Bei Erwärmung des pyroelektrischen Materials werden elektrische Ladungen auf und an der Oberfläche getrennt und eine elektrische Ladungsdifferenz erzeugt. Die Forscher\*innen der University of California in Berkeley haben mittels eines Moduls aus einem speziellen Bleititanat einen pyroelektrischen Minigenerator entwickelt, bei dem das Modul mittels einer Heizwendel auf seine Stromerzeugungskapazitäten aus Wärme untersucht werden konnte.

Da die elektrische Energie immer nur bei einer Temperaturerhöhung erzeugt wird, wählten die Forscher\*innen eine sehr dünne Bleititanatschicht, die innerhalb weniger Millisekunden erwärmt und wieder abgekühlt werden konnte. Diese Schicht wurde in Versuchsreihen bis zu eintausend Mal pro Sekunde auf Temperaturen von bis zu 120 °C erwärmt und wieder auf Raumtemperatur abgekühlt. Bei einer Temperaturdifferenz von 56 Kelvin und 1.000 Heizzyklen pro Sekunde zeigte das Bleititanat seine maximale Leistungsdichte mit 526 W/cm<sup>3</sup>; die größte Energiedichte wurde mit 40 Heizzyklen pro Sekunde und einer Temperaturerhöhung von 90 K erreicht und betrug fast 1 Joule/cm<sup>3</sup>.

Für die pyroelektrische Stromerzeugung sind also bereits geringe Temperaturdifferenzen ausreichend. Wenngleich die Energiemenge verhältnismäßig gering ist, reicht sie doch für den Betrieb von kleinen Verbrauchern. Damit könnte die Palette thermisch angetriebener Elektrogeneratoren erweitert werden, denn die bislang eingesetzten thermoelektrischen Module arbeiten mit wesentlich höheren Temperaturunterschieden.

Beide Module können einen Beitrag dazu leisten, den Anteil der Anergie zu verringern und den der Exergie zu erhöhen. Thermoelektrische Module kommen bei hohen Temperaturunterschieden und mit größerer Ausbeute zum Einsatz, hochgetaktete pyroelektrische Generatoren könnten die Abwärme von elektronischen Bauteilen effizient nutzen.

Quelle: „Pyroelectric energy conversion with large energy and power density in relaxor ferroelectric thin films“, Shishir Pandya et al.; *Nature Materials*, DOI: 10.1038/s41563-018-0059-8

## 2. Aufsätze

Die folgenden Beiträge geben die Meinung der jeweiligen Autoren wieder und entsprechen nicht zwangsläufig der Auffassung des BTE. Inhaltlich verantwortlich sind daher die jeweiligen Autoren.

Markus Deparade, Betriebswirt (VWA)

Dipl.-Oec. Michael Ottleben

Tel. 05551/98240

E-Mail: info@sv-bu.de

Ralph Colditz, MSc.

Christian Skodczinski, MBA

Tel.: 06126/5097623

E-Mail: ralph.colditz@bakertilly.com

E-Mail: christian.skodczinski@bakertilly.com

### **Covid-19-Pandemie und daraus resultierende Fragestellungen bei der Ermittlung von Betriebsunterbrechungsschäden**

Die Mitglieder der Fachgruppe Betriebswirtschaft des BTE haben die Auswirkungen der Covid-19-Pandemie auf die Ermittlung von Betriebsunterbrechungsschäden bei Videokonferenzen im April und Oktober 2020 diskutiert. Grundlage hierfür waren die FBUB, also keine Sonderdeckungen, welche separat betrachtet werden müssen.

Generell hat sich in den letzten Monaten in vielen Bereichen eine Marktpraxis herausgebildet. Dies ist aber noch nicht in allen Bereichen der Fall und sie ist abhängig von der aktuellen Rechtsprechung. Seitens der Fachgruppe Betriebswirtschaft werden die kritischen Bereiche im Folgenden kurz dargestellt.

Wesentlich sind die folgenden Paragraphen der FBUB 2010 Abschnitt A:

§6 Nr. 1. a)

„Der Versicherer leistet Entschädigung für den versicherten Ertragsausfallschaden. Bei der Feststellung sind alle Umstände zu berücksichtigen, die Gang und Ergebnis des Betriebes während des Unterbrechungszeitraumes, längstens jedoch bis zum Ende der Haftzeit, günstig oder ungünstig beeinflusst haben würden, wenn die Unterbrechung oder Beeinträchtigung nicht eingetreten wäre.“

§1 Nr. 2. b)

„Der Versicherer leistet keine Entschädigung, soweit der Ertragsausfallschaden vergrößert wird durch  
aa) außergewöhnliche, während der Unterbrechung oder Beeinträchtigung hinzutretende Ereignisse.“

#### **1. Minderung der Nachfrage durch Covid-19 innerhalb der Haftzeit**

Die bei der Ermittlung des Ausfallschadens anzusetzende Soll-Leistung wird an die durch die Corona-Krise beeinflusste Marktentwicklung angepasst. Das bedeutet, dass bei Unternehmen, bei denen ohne das Schadenereignis ein niedrigerer Umsatz zu erwarten gewesen wäre, eine dementsprechend nach unten angepasste Soll-Leistung berücksichtigt wird.

Ein Rückgang des Soll-Umsatzes bzw. der Soll-Leistung kann auch zu entsprechenden Veränderungen der Kostenstruktur führen. Auch diese sind bei der Berechnung des Ertragsausfallschadens zu berücksichtigen.

#### **2. Steigerung der Nachfrage durch Covid-19 innerhalb der Haftzeit**

In einzelnen Fällen, z. B. im Medizinbereich, bei Baumärkten, Getreidemühlen oder auch bei den Herstellern von Luftfiltern, steigt durch die Coro-

na-Pandemie das Umsatzvolumen. Die Steigerung ist im Schadenfall grundsätzlich bei der Soll-Leistung zu berücksichtigen, da diese auch ohne den Sachschaden eingetreten wäre.

Dies entspricht in der Handhabung den abgebildeten FBUB 2010, § 6, Nr. 1.a), demgemäß alle Umstände zu berücksichtigen sind, die ohne Unterbrechung des Betriebes positiv oder negativ beeinflusst hätten. Allerdings wird am Markt teilweise auch die Interpretation von FBUB 2010, §1, Nr. 2.b) diskutiert, nach dem der Versicherer für eine Vergrößerung des BU-Schadens durch außergewöhnliche Erkenntnisse nicht haftet. Hier hängt die Vorgehensweise unter anderem von der Definition eines außergewöhnlichen Ereignisses ab. Dies könnte auch für andere Ereignisse wie Erdbeben, Unruhen, etc. gelten. Hierzu ist eine weitere Klärung abzuwarten.

### 3. Verlängerung der Wiederherstellungszeit durch Covid-19

Insbesondere kurz nach den ersten Lock-Downs verlängerte sich teilweise die Wiederherstellungszeit durch Covid-19 bedingte Verzögerungen. Dies führte bei einigen Schadenfällen zu einer Verlängerung der Ausfallzeit und gegebenenfalls zu einer Erhöhung des Schadens. Diese Einflüsse werden von Marktteilnehmern als außergewöhnlich eingestuft und dementsprechend werden die Auswirkungen auf die Höhe des Ertragsausfallschadens nicht bei der Schadenberechnung berücksichtigt. Allerdings wird dies nicht einheitlich praktiziert und es gibt diverse Bedingungen und Klauseln, die den §1, Nr. 2.b) nicht beinhalten oder abschwächen. Letzteres gilt insbesondere für die Auswirkungen von Lieferverzögerungen.

### 4. Überschneidung der Betriebsunterbrechungs-/ Betriebsschließungsversicherung und Entschädigungen aus u. a. dem Infektionsschutzgesetz

Wird ein Betrieb aufgrund von Covid-19 geschlossen, ist dies bei der Ermittlung der Soll-Leistung im Betriebsunterbrechungsschaden zu berücksichtigen. D. h. die Soll-Leistung wäre bei 0. Insofern gibt es in dieser Zeit keine Überschneidungen, und eventuelle Erträge aus einer Betriebsschließungsversicherung sind nicht als Erwirtschaftung bei der Betriebsunterbrechung zu betrachten.

Wird ein Teilbetrieb aufrechterhalten, bedarf es bei einer vorliegenden Überschneidung von Betriebsunterbrechungs- und Betriebsschließungsschäden einer differenzierten Ableitung von Soll-Leistung und Soll-Kosten.

### 5. Anrechnung/Berücksichtigung staatlicher Zuschüsse

Staatliche Unterstützungsleistungen (Kurzarbeitergeld, Einmalzahlungen und andere coronabedingte Ausgleichszahlungen) müssen bezüglich ihrer Berücksichtigung bei der Ausfallschadenberechnung eines Betriebsunterbrechungsschadens individuell untersucht werden.

Den Mitgliedern der Fachgruppe Betriebswirtschaft ist bewusst, dass sich aus der Covid-19-Pandemie noch weitere Problemfelder hinsichtlich der Ermittlung der Höhe des Betriebsunterbrechungsschadens ergeben. Dieser Text ist deshalb nur ein erster Ausschnitt der Diskussion. Die Fachgruppe wird das Thema weiter vertiefen und neu hinzukommende Gesichtspunkte einbeziehen.

Die Covid-19-Pandemie hat die gesamte Branche vor neue Herausforderungen gestellt. Die damit verbundenen Fragen sind teilweise noch nicht abschließend geklärt und müssen für jeden Einzelfall bewertet werden. Somit erfordert jeder Schadenfall eine individuelle Beurteilung. Die Mitglieder der Fachgruppe Betriebswirtschaft stehen gerne auch für Diskussionen zu diesem Thema zur Verfügung.

Dipl.-Betriebswirt (FH) Jens Otto, M.A.

Tel.: 02204/54711

E-Mail: Jens.Otto@Dr-Franz-GmbH.de

## Behandlung von Einsparungen und Erwirtschaftungen bei Verlustbetrieben Kennzeichen von Verlustbetrieben

Verlustbetriebe erwirtschaften ihre Kosten nicht in vollem Umfang.

Vereinfachtes Unternehmensbeispiel für einen Verlustbetrieb anhand einer vereinfachten Gewinn- und Verlustrechnung

**Tabelle 1** Ist-GuV ohne Schadensfall (=Soll-GuV im Schadenfall)

Soll	Soll-GuV		Haben
Personalkosten	€ 250.000	Umsatz p. a. 10.000 Stk @ € 55	€ 550.000
sonstige Fixkosten	€ 120.000	Verlust	€150.000
Kosten variabel 10.000 Stk. @ € 33	€ 330.000		
	€ 700.000		€ 700.000

## Schadenersatz bei Verlustbetrieben

Fixkosten werden nur in dem Umfang ersetzt, wie sie auch ohne Betriebsunterbrechungsschaden erwirtschaftet worden wären.

**Tabelle 2** Versicherungswertermittlung

lfd. Nr.	Erläuterungen	laut GuV in €	nicht vers. Aufw. in %	nicht vers. Aufw. in €	nicht versichert in %	versichert in €	versichert in %	versicherter Anteil in %
I.	<b>Erträge</b>							
1	Umsatzerlöse	550.000				550.000		
2	Bestandsveränderungen	0				0		
3	Aktivierete Eigenleistungen	0				0		
4	<b>Versicherungstechnische Gesamtleistung</b>	550.000				550.000		100
II.	<b>Nicht versicherte Aufwendungen</b>							
5	Personalaufwand	250.000	0	0	0	250.000	45,5	
6	Sonstiger fixer Aufwand	120.000	0	0	0	120.000	21,8	
7	Variable Aufwendungen	300.000	100	330.000	60	0	0	
8	<b>Summe Aufwendungen</b>	700.000						
9	<b>Summe n. vers. Aufwendungen</b>			330.000	60	-330.000	67,3	-60
III.	<b>Versicherungswert / Versicherter Anteil</b>					220.000		40

Im Falle einer vollständigen Unterbrechung innerhalb einer Haftzeit von 12 Monaten bedeutet dies,



dass der Versicherungsnehmer (VN) von seinen verbleibenden Gesamtkosten (Fixkosten) in Höhe von € 370.000 „nur“ € 220.000 ersetzt erhält.

Den ohne Schaden verbleibenden Verlust in Höhe von € 150.000 behält der VN in seinen Büchern. Dann ist der VN so gestellt, als wenn kein Schaden eingetreten wäre. Die Fixkosten der VN sind also zu 59,46% gedeckt (€ 220.000/€ 370.000).

**Die Fragestellung lautet nun, in welchem Umfang in einem Schadensfall ersparte Fixkosten bei der Schadensermittlung zu berücksichtigen sind?**

- Ersparte Fixkosten sind bis zu der Höhe, in welcher der „Schaden“ nicht ersetzt wird, auch nicht gegenzurechnen.
- Ersparte Fixkosten sind im Verhältnis der erwirtschafteten Gesamtkosten zum Umsatz (der Gesamtleistung) gegenzurechnen.
- Ersparte Fixkosten sind in dem Verhältnis gegenzurechnen, wie sie bei der Schadensermittlung berücksichtigt wurden.
- Ersparte Fixkosten sind in dem Umfang gegenzurechnen, wie sie vor Schadeneintritt erwirtschaftet wurden.
- Ersparte Fixkosten sind in vollem Umfang zu berücksichtigen (100%).

Hinter den Argumenten a) bis d) steht im Wesentlichen der Gedanke, dass der VN im Schadensfall bereits auf einem Fixkostenanteil sitzen bleibt, hierfür also nicht entschädigt würde. Wenn für anteilige Fixkosten keine Entschädigung geleistet würde, könnten ersparte Fixkosten auch bei der Schadenermittlung nicht gegengerechnet werden. Für Methode d) spricht, dass die (anteiligen) Fixkosten im Schadensfall zu 100% erspart bzw. erwirtschaftet werden.

#### Lösung

Schadenbeispiel: Die Produktion ist zu 50% vom Schaden betroffen (hier vereinfacht = 50% Umsatzausfall). Die schadenbedingt ersparten Personalkosten belaufen sich auf € 50.000.

#### Schadenermittlung

Bruttoausfallschaden:

Umsatzausfall € 275.000 x  
versicherter Anteil 40% = € 110.000  
abzgl. ersparte Fixkosten (Personal) -€ 50.000  
Nettoausfallschaden (=BU-Schaden) € 60.000

**Tabelle 3** Schadensermittlung mittels GuV-Vergleich und Darstellung der Berücksichtigung ersparter Fixkosten

Soll	Ist-GuV nach Schaden	Haben
Personalkosten	250.000,00 €	Umsatz per anno 5.000 Stk. a <sup>1</sup> € 55 275.000,00 €
<b>Ersparte Personalkosten</b>	<b>- 50.000,00 €</b>	<b>Versicherungsentschädigung (Schaden) 60.000,00 €</b>
sonstige Fixkosten	120.000,00 €	<b>Verlust 150.000,00 €</b>
Kosten variabel 5.000 Stk. a <sup>2</sup> € 33 pro Stück	165.000,00 €	
	<b>485.000,00 €</b>	<b>485.000,00 €</b>

Der Umsatz geht schadenbedingt um 50% zurück (Veränderung blau hervorgehoben). Gleiches gilt für die variablen Kosten. Die Fixkosten (hier Personalkosten) werden in Höhe von € 50.000 erspart. *Der VN weist auch nach dem Schaden einen (Soll-)Verlust von € 150.000 aus. Bei einer Schadenfeststellung*

in Höhe von € 60.000 ist die VN so gestellt, als wenn kein Schaden eingetreten wäre.

**Fazit: Nur Methode d) ist richtig.**

Der mathematische Nachweis mittels GuV-Vergleich ist geführt, dass ersparte oder erwirtschaftete Kosten zu 100% bei der Schadensermittlung zu berücksichtigen sind. Dies gilt auch für den Fall einer eventuellen Unterversicherung.

Unser Mitglied Hannes Dietl ist leider am 8. April 2020 bei einem tragischen Unfall verstorben.



Von seinem Tod sind alle Mitglieder des BTE tief betroffen. Jeder, der ihn kannte, wird ihn als hilfsbereiten, ausgesprochen menschlichen Kollegen in

Erinnerung behalten. Gerne veröffentlichen wir an dieser Stelle einen Artikel, den Herr Dietl bereits vorher eingereicht hatte.

Hannes Dietl

#### Überschlägige Bewertung von vier Holzbearbeitungsbetrieben in Südafrika

Aufgabenstellung war die Zuarbeit für eine Bewertung der Nadelholzsparte als Grobübersicht für die innerbetriebliche Verwendung einer südafrikanischen Stiftung.

Auftraggeber der Bewertung war eine Stiftung eines bereits verstorbenen südafrikanischen Geologen. Diese betreibt forstwirtschaftliche Plantagen für Nadelholz (Weichholz, meist Kieferarten), Laubholz (Hartholz, meist Eukalyptus), Holzbearbeitungsbetriebe und agrarwirtschaftliche Plantagen (Früchte, meist Avocado).



**Abb. 1** Schnittholz – Pinus patula (Coniferopsida) aus Plantagenerzeugung

Die Anfrage wurde an ein süddeutsches Institut für Beratung und Bewertungen im Bereich forstwirtschaftlich und agrarwirtschaftlich genutzter Flächen gestellt.

Aufgabe war eine überschlägige Bewertung des aktuellen Marktwertes für rund 50.000 ha forstwirtschaftlich genutzter Plantage, hauptsächlich Kiefernholzarten, meist Pinus patula und Pinus elliotti, inklusive der forstwirtschaftlichen Ausrüstungen.

Zusätzlich sollten vier Holzbe- und verarbeitungsbetriebe, an vier Standorten zum Marktwert bewertet werden. Die Bewertung sollte nicht detailliert erarbeitet, sondern als grobe Abschätzung der Werte erstellt werden. Die Bewertung der forstwirtschaftlichen Flächen wurde durch institutseigenes Personal vorgenommen. Die schriftliche Auswertung und der Abschlussbericht erfolgt über das Institut.



Abb. 2 Überblick Sägewerk

Die Werke verfügten über verschiedenste Einschnittstechniken und Weiterverarbeitungen.

#### Werk 1 Nadelholz-Bearbeitung

- Langholz-Rundholzplatz mit Vereinzelung, Vermessung, Optimierung, Kappung und Boxensortierung
- Vertikalbandsäge für größere Rundholzdurchmesser
- Spanerkreissägenkombination für je Vor- und Nachschnitt
- Automatisierte Seitenwarenbesäuminrichtung mit Kameravermessung und Optimierung
- Hauptwarensortier- und Stapelanlage, dreifach
- Restholzensorgungslinie
- Schnittholztrocknungssysteme, Frischluft-/Abluftsystem mit Energiegewinnungsanlage
- Schärfraum
- Nicht in Betrieb: Vertikalbandsäge mit Nachschnittkreissäge und automatischer Besäuminrichtung

#### Werk 2 Nadelholz-Bearbeitung

- Kurzholz-Rundholzplatz mit Vereinzelung, Vermessung und Boxensortierung
- Tandem-Bandsägelinie mit jeweils vorgeschalteten Spaner, Vorschnitt
- Einwellenkreissäge zum Nachschnitt
- Vertikalgatter zum Vorschnitt
- Vertikalgatter zum Nachschnitt
- Manuelle Seitenwarenkappung & Besäumung
- Manuelle Schnittholzsortierung und Stapelung
- Schnittholztrocknungssysteme, Frischluft-/Abluftsystem mit Energierückgewinnungsanlage
- Einfache Schnittholzlängsverleimanlage
- Restholzensorgungslinie
- Schärfraum

#### Werk 3 Nadelholz-Bearbeitung

- Kurzholz-Rundholzplatz mit Vereinzelung, Vermessung und Boxensortierung
- Vertikale-Einzelbandsäge mit vorgeschaltetem Spaneraggregat

- Einwellen-Nachschnittkreissäge
- Spanerkreissägenkombination für je Vor- und Nachschnitt
- Schnittholzsortier- und Stapleinheit
- Schnittholztrocknungssysteme, Frischluft-/Abluftsystem mit Energierückgewinnungsanlage
- Restholzensorgungslinie
- Schärfraum

#### Werk 4 Nadelholz-Verarbeitung

- Schnittholzvereinzelung und Vermessung
- Maschinelle Festigkeitssortierung über Scanner-Röntgensystem
- Hochleistungskappsäge, zweifach
- Hochleistungsfräse mit Leimauftragsmodul
- Zinkenpresse
- Kapp- und Zwischenlagerstation
- Hochleistungshobelanlage, vierseitig
- Paketieranlage
- Restholzensorgungslinie
- Absaug- und Filteranlage
- Schärfraum, meist für Fräser und Hobelmesser



Abb. 3 Sägehalle mit Gattersägenlinie mit Nachschnittgatter (links), Tandem-Bandsäge mit Nachschnittkreissäge (mittig) und manueller Seitenwarensäumanlage (rechts)



Abb. 4 Schnittholz-Stapelung

Bewertet werden sollten jeweils die technischen und kaufmännischen Betriebseinrichtungen (TKBE) ohne Gebäude, Immobilien und Warenwerte. Die beschriebenen Betriebe wurden vom Verfasser besichtigt. Die vorgelegte Liste der Anlagegüter erwies sich zur Bewertung als nicht brauchbar, da zugekaufte Betriebe als Einzelposition eingetragen wurden und Positionen nicht eindeutig zuzuordnen waren. Außerdem waren Positionen nicht eindeutig



zu den Werten der Immobilien abgegrenzt. Als Grundlage der Bewertung wurde eine vorhandene Liste der Versicherungsneuwerte verwendet. Diese wurde vom Verfasser auf Plausibilität kontrolliert. Die Kontrolle erfolgte durch aktuelle Kostangebote aus dem Archiv für deutsche Standorte mit einem Zuschlag für Export, Transport, Provision für den südafrikanischen Vertriebspartner und Zuschläge für Montagekosten durch Werksmonteur. Die Liste wurde bereinigt um Fremdeigentum und geleaste Gerätschaften. Die Gesamtpositionen wurden prozentual geschätzt, aufgeteilt in die verschiedenen Produktionslinien.

Der Zeitwert wurde durch Einberechnen der Restwerte sowie der Nutzungsdauer im Vergleich zum aktuellen Alter und Betriebszustand ermittelt. Der Gebrauchswertfaktor wurde per Abschätzung von Zubehör (ZB), Zustand (ZS), Reparaturen (RP), Überholung (Ü) und Arbeitsqualität (AQ) ermittelt.

Der Marktwertfaktor wurde unter der Annahme ermittelt, dass diese Fertigungslinien nur in Kombination mit den Forstflächen, also dem benötigten Rohmaterial, bewertet werden sollen. Vom Verfasser wurde einkalkuliert, dass es sich bei dem Wert der Maschinen/Anlagen inklusive der Forstflächen somit auch um ca. 70% des südafrikanischen Schnittholzmarktes handelt. Zusätzlich wurde eine sehr grobe Bewertung über die Rentabilität der Betriebe erstellt.

Die Auswertung wurde dem Auftraggeber vorgelegt, dieser übernahm die Erstellung des Berichtes und fügte die ermittelten Werte der forstwirtschaftlichen Flächen mit ein.

*Dipl.-Ing. (FH) Eckhard Beushausen*

Tel.: 05551/2233

E-Mail: sachverstaendige@rbg-ing.de

*Dipl.-Ing. (FH) Andreas Raab*

Tel.: 06232/8501302

E-Mail: a.raab@sv-raab.de

## **Leitfaden zum Umgang mit flüssiger Abdichtung im Verbund (AIV-F) bei Sanierung nach Leitungswasserschäden**

### **1. Einleitung**

Im folgenden Bericht sollen Empfehlungen ausgesprochen werden, welche bei Sanierungen nach Leitungswasserschäden an AIV-F beachtet werden sollten. Dabei finden aktuelle und alte Regelwerke Berücksichtigung. Die Notwendigkeit, hierzu einen Bericht aufzustellen, sehen die Verfasser aufgrund der Einführung der DIN 18534-3 „Abdichtung mit Flüssig zu verarbeitenden Abdichtungsstoffen im Verbund mit Fliesen und Platten“ für die Abdichtung von Innenräumen von Juli 2017 und den daraus resultierenden Unklarheiten in der Praxis im Bereich Sanierungen nach Leitungswasserschäden. Bei Reparaturen und Teilsanierungen an bereits bestehenden AIV-F und zuvor nicht mit AIV-F abge-

dichteten Bereichen herrscht in der Praxis oftmals Unstimmigkeit.

Daher werden Empfehlungen zu

- Reparaturmöglichkeiten von flüssigen Abdichtungen im Verbund,
- Durchführungen von technischen Trocknungsmaßnahmen in Bereichen mit AIV-F und
- Beispiele zu Sanierungsmöglichkeiten mit Teilaustausch bei AIV-F

aufgezeigt und beschrieben.

Der Bericht dient als Empfehlung bei Beschädigungen, technischen Trocknungsmaßnahmen und Teilreparaturen in Bereichen, in welchen AIV-F zum Einsatz gekommen sind. Die ausgesprochenen Empfehlungen beziehen sich auf beanspruchte Flächen durch „nicht drückendes Wasser“ in Innenbereichen und somit vorrangig für Bäder und Duschanlagen in privaten und öffentlichen Bereichen in Zusammenhang mit Sanierungsmaßnahmen nach Leitungswasserschäden.

### **2. Reparatur von Verbundabdichtungen**

Bei der Ausführung von technischen Trocknungsmaßnahmen der Dämmschicht, werden im Regelfall Verbundabdichtungen unterhalb der Fliesen durch Bohrungen beschädigt. Es kommt immer wieder vor, dass der ausführende Betrieb bei einer erforderlichen Reparatur der Abdichtung aufgrund fehlender Fachkenntnisse die Ausführung der Reparatur ablehnt. In der DIN 18534-3 wird unter Punkt 9.2 „Instandsetzung“ jedoch explizit auf die Reparaturmöglichkeit einer Verbundabdichtung hingewiesen. Dabei ist ein umsichtiger und vorsichtiger Ausbau von entscheidender Bedeutung. Aufgrund der starken Haftung zwischen Fliesenkleber und Verbundabdichtung, müssen Scherkräfte, die z. B. beim Stemmen oder Heraushebeln von Fliesen entstehen, vermieden werden. Die auszubauende Fliese muss vorerst durch Einschneiden des Fugenmörtels von den angrenzenden Fliesen getrennt werden. Dieser Schnitt darf maximal die Fliesenstärke erreichen. Je nach Materialbeschaffenheit ist der Belag oberflächlich einzuschneiden und bis auf die Klebeschicht zu zertrümmern.



Der Ausbau erfolgt dann in vielen Teilstücken. Die auf der Abdichtung verbliebenen Klebereste sind anschließend abzuschleifen.

Zwischen der neu aufzubringenden Verbundabdichtung und dem Altbestand ist eine Überlappung von

50-100 mm nach Herstellerangabe auszuführen.



Dies erfolgt durch trichterförmiges Abschleifen vom Rand der beschädigten Verbundabdichtung bis zum Ende der Überlappungsbreite.



Die Reparatur erfolgt anschließend mit 1-2 Arbeitsschritten mit dem gleichen Material der vorhandenen Abdichtung.



Bei der Reparatur von Dichtbändern ist in gleicher Weise vorzugehen.

### 3. Hinweis bei technischen Trocknungsmaßnahmen

Lange Zeit war es Usus, zur Trocknung in gefliesten Bereichen Bohrungen durch die Fliesen zu setzen und als Entlastungsöffnungen die Randfugen zu öffnen. Dies ist bei Räumen mit AIV-F größtenteils nicht möglich, da ansonsten die hinter der Randfuge angebrachten Fugenbänder zerschnitten werden und die AIV-F beim Setzen der Trocknungslöcher durchbohrt wird. Somit entsteht ein sehr hoher Aufwand bei der Wiederherstellung nach der technischen Trocknungsmaßnahme.

Vor Durchführung einer technischen Trocknungs-

maßnahme in Räumen, welche mit Flüssigabdichtungen im Verbund ausgeführt sind, ist zunächst zu untersuchen, ob eine Trocknung aus mikrobieller Sicht möglich ist (falls das Schadenereignis älteren Datums ist). Weiterhin sollte zuvor geklärt werden, inwieweit eine Unterflurtrocknung erfolgen kann falls Fugenbänder in den Anschlussbereichen zwischen Bodenaufbau und Wandaufbau vorhanden sind. Sollten diese vorhanden sein, wird es zwingend erforderlich, separate Bohrungen als Ansaugöffnungen vorzunehmen. Das Verschließen der Bohrungen kann im Anschluss, wie unter Pkt. 2, Reparatur von Verbundabdichtung, gemäß den anerkannten Regeln der Technik ausgeführt werden. Möglich sind auch Sonderlösungen nach den Vorgaben einzelner Keramikhersteller.

### 4. Sanierungsmöglichkeiten mit Teilaustausch der AIV-F

Aufgrund des langjährigen Erfahrungsschatzes der Verfasser und der Tatsache, dass nach Einführung der DIN 18534-3 07-2017 im Bereich der Assekuranzen oftmals Fragestellungen in Bezug auf die Sanierungsmöglichkeit von Flüssigabdichtungen im Verbund und Teilreparaturen von Nassbereichen an die Verfasser herangetragen worden sind, wurden verschiedene, vorrangig nachgefragte Beispiele ausgewählt und nachfolgend im Detail beschrieben. Die empfohlenen Lösungen zu den einzelnen Beispielen haben empfehlenden Charakter, wurden jedoch in zahlreicher Form bereits praktisch umgesetzt und sind somit langjährig erprobt.

#### Checkliste und Vorgehensweise

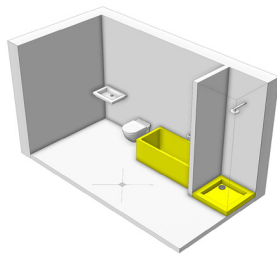
- In welchem Baujahr wurden die Räumlichkeiten ausgebaut?
- Welche Art der Abdichtung wurde verwendet?
- Welche Bereiche hätten abgedichtet werden müssen?
- Besteht die Möglichkeit einer technischen Trocknungsmaßnahme im Unterflurverfahren?
- Ist eine technische Trocknungsmaßnahme aus mikrobieller Sicht möglich?
- Hinzuziehen eines Fliesenlegers und Erläutern der Situation

#### Beispiel 1: Erneuerung der Duschtasse/Badewanne

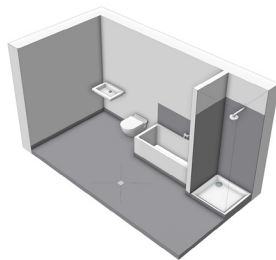
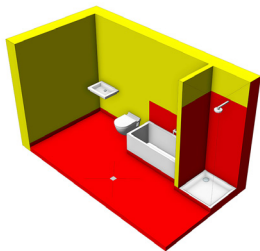
Fragestellung: Muss bei der Demontage der Duschtasse/Badewanne (Baujahr 2010) bei einer nicht vorhandenen AIV-F das gesamte Badezimmer gemäß DIN 18534-3 abgedichtet werden?

Aus Sicht der Verfasser besteht für die vorhandene Fliesenkonstruktion und Einrichtung des vorhandenen Badezimmers Bestandsschutz. Somit sind keinerlei Abdichtungsmaßnahmen im Bereich der Wand-, bzw. Bodenflächen auszuführen. Es kann lediglich ein Neueinbau der Duschtasse/Badewannen unter Berücksichtigung der Einbauregeln gemäß anerkannter Regeln der Technik erfolgen. Die geforderte Nachbesserung für die Anordnung der Abdichtung im Wand- und Bodenbereich war be-

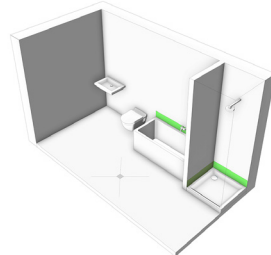
reits im Erstellungsjahr 2010 notwendig. Eine behördliche Auflage durch Änderung der Vorschriften-situation liegt somit nicht vor.



Situation

Soll = Ist Zustand  
BJ 2010

Forderung

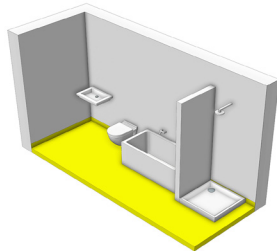


Erfordernis

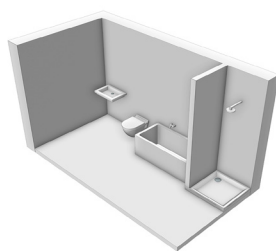
### Beispiel 2: Erneuerung Fliesenbelag auf Böden

Fragestellung:

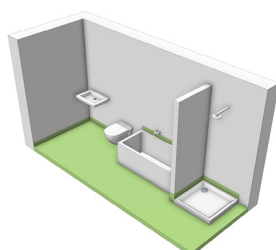
Ist beim Austausch des Bodenbelags/Bodenaufbaus (Baujahr 1970) unterhalb der neu einzubringenden Fliesen eine AIV-F einzubauen und wie sind die Anschlüsse an die im Bestand verbleibenden Wände herzustellen, wenn dort vorher keine AIV-F vorhanden war?



Situation

Soll-Zustand  
BJ 1970

Forderung



Erfordernis

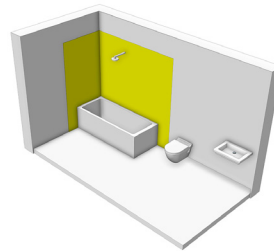
Da die Bodenfliesen, bzw. der Bodenaufbau vollständig ersetzt werden, entfällt der Bestandsschutz für die vorhandene Konstruktion. Somit sind bei der Wiederherstellung des Bodenaufbaus die a. a. R. d. T. gemäß Vorgaben der DIN 18534-3 einzuhalten. An den verfliesenden Wänden, welche aus Sicht der

Verfasser Bestandsschutz genießen, kann die untere Reihe der Wandfliesen demontiert werden und das Dichtband zum Anschluss an den Bodenaufbau eingesetzt werden. Der Sockel kann dann nachverfliesen werden.

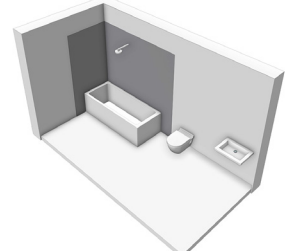
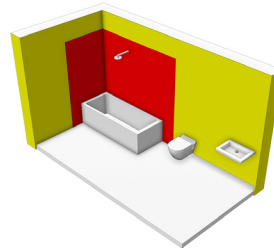
### Beispiel 3: Erneuerung von Fliesenbelägen in Duschbereichen

Fragestellung:

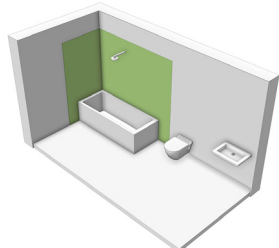
Ist bei der Erneuerung der Fliesen bei einer Badewanne mit Duschbereich (Baujahr 1980) eine Komplettsanierung des Badezimmers erforderlich?



Situation

Soll-Zustand  
BJ 1980

Forderung



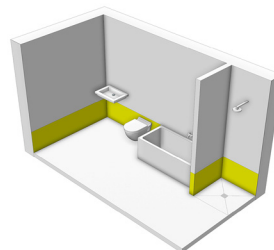
Erfordernis

Gemäß Ansicht der Verfasser besteht für den nicht schadenbedingt zu ersetzenden Bereich im Badezimmer Bestandsschutz. Daher ist nur der Duschbereich neu abzudichten und zu den restlichen Flächen abzugrenzen. Die Abdichtung zu Duschtasse / Badewanne und Randbereichen sind gemäß anerkannter Regeln der Technik (DIN 18534-3) auszuführen. Eine Komplettsanierung wird daher nicht erforderlich.

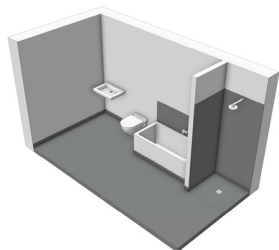
### Beispiel 4: Partielle Demontage von Trockenbauwänden

Fragestellung:

Wird es erforderlich, den Trockenbau (Baujahr 2017) und die Fliesen bei einer partiellen Demontage von Trockenbauwänden im Sockel raumhoch zu entfernen?



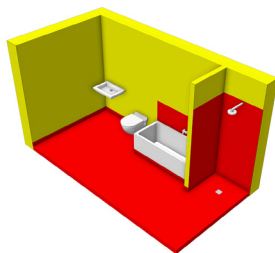
Situation

Soll-Zustand  
BJ 2017

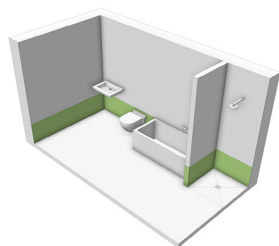
Bei dem Einsatz von Trockenbauelementen ist die



Art der Materialien abhängig von der jeweiligen Belastungssituation zu wählen.



Forderung



Erfordernis

Trockenbauelemente können, soweit diese nass sind, zuzüglich eines situationsbedingten Aufschlags demontiert und entfernt werden. Die Fliesen sind oberhalb des Schnitts zu erhalten und können ergänzt werden, falls diese noch in gleicher Qualität, Art und Ausführung lieferbar sind. Die Reparatur und das Anarbeiten der Abdichtung kann nach den anerkannten Regeln der Technik (DIN 18534-3) erfolgen.

Ebenso ist im Bereich des Anschlusses zwischen Boden und Trockenbau zu verfahren. Die vorhandenen Dichtbänder sind so freizulegen, dass diese wiederverwendet werden können. Der Trockenbau kann somit im unteren Bereich ergänzt werden.

Wesentlich ist aus Sicht der Verfasser, dass der Rückbau von Gipskartonplatten nicht im Anschlussbereich zwischen Boden und Wand erfolgt. Dadurch wird sichergestellt, dass das vorhandene Fugenband weder beschädigt noch durchtrennt wird. Dies ist ebenfalls im Bereich von Anschlüssen an die Duschtasse/Badewanne zu berücksichtigen.

## 5. Fazit

Die Anwendung von AIV-F ist bereits seit Februar 1988 im Merkblatt „Hinweise für die Ausführung von Abdichtungen mit Bekleidungen und Belägen aus Fliesen und Platten für Innenbereiche“ des Zentralverbandes des deutschen Baugewerbes (ZDB) geregelt. Die Merkblätter wurden in den folgenden Jahren immer weiter präzisiert und an die aktuellen technischen Situationen der Bautechniken angepasst. Mit Herausgabe der DIN 18534-3 „Abdichtung mit Flüssig zu verarbeitenden Abdichtungstoffen im Verbund mit Fliesen und Platten“ für die Abdichtung von Innenräumen im Juli 2017 wurden demnach keine neuen Regeln geschaffen, sondern vorrangig bereits bestehende, zahlreiche Einzelregelwerke konsequent zusammengefasst und den Erfordernissen der heutigen Bauweisen angepasst. Die Checkliste sowie die Beispiele, sollen in vereinfachter Form Anhaltspunkte für Anwender darstellen, um kurzfristige Lösungen anbieten zu können. Aufgrund der Komplexität in der Praxis wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben. Die Darstellungen haben lediglich empfehlenden Charakter. Lösungen sind meist individuell mit Handwerkern und Sachverständigen auszuarbeiten und umzusetzen.

Dipl.-Mineraloge Dr. rer. nat. Jürgen Göske

Tel.: 09153/979995

E-Mail: Juergen.Goeske@ExperteBTE.de

## Asbestminerale und der analytische Nachweis „Analysis AS-BEST as possible!“

### Der Begriff Fasern

Nach Schnegelsberg [1] ist eine Faser ein lineares, elementares Gebilde, das aus einem Faserstoff besteht und eine äußere Faserform (Längsform: schlicht, kraus; Querschnittsform: rund, eckig etc.) hat. Die Faser kann dabei endlos oder längenbegrenzt sein und ist ein im Verhältnis zu ihrer Länge dünnes, flexibles Gebilde. Der „technische“ Bereich definiert im Allgemeinen die Faser als einen Körper, dessen Verhältnis von Länge der Faser zu Durchmesser der Faser zwischen mindestens 3:1 und 10:1 liegt. Unser Alltag ist geprägt von den verschiedensten Faserarten: So findet man z. B. tierische (u. a. Tierhaare) und pflanzliche (u. a. Baumwolle) Naturfasern in der Bekleidung und in der Bettwäsche, künstliche/industrielle Kunstfasern sind ebenfalls systembedingt in Outdoor-Bekleidung (Fleece) und sehr bedeutend in künstlichen Baustoffen wie in PVC-Dachfolien als Stabilisierung enthalten. Natürliche (d. h. von der Natur geschaffene, nach Regeln gebildete/kristallisierte) Fasern wie u. a. Asbest findet man noch in äußerst vielen existierenden Bauprodukten.

Als Beispiel von industriell hergestellten Fasern zeigt **Abb. 1** Endlos-Glasfasern für die Bauindustrie. **Abb. 2** zeigt hergestellte endlos Kunstfasern in einer bereits verlegten PVC-Folie und **Abb. 3** zeigt Asbestfasern in einem seit 30 Jahren verlegten PVC-Bodenbelag.

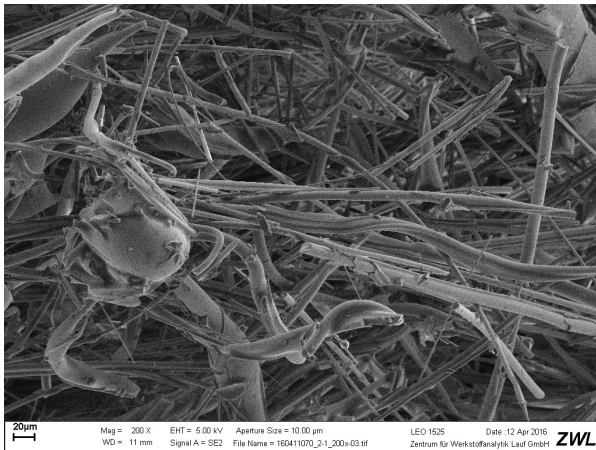
Einen umfassenden (Rück-)Blick in die Geschichte der Fasern sowie eine Zusammenstellung der wichtigsten Faserarten ist in der *Sonderausgabe Fasern* [2] enthalten.

### Der Begriff Asbest

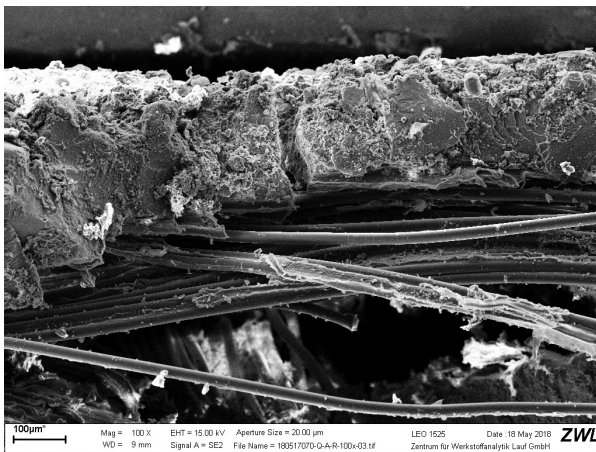
Eine umfassende Erklärung des Begriffs Asbest ist in der *Asbest-Fibel* [3] dokumentiert:

*„In Technik und Wirtschaft versteht man unter Asbest die faserig kristallisierten Varietäten von fünf bestimmten natürlichen Silikaten, wobei [...] ihre Faserlänge nicht ausschlaggebend ist. [...] Neben dem Faserzustand sind die Elastizität bzw. Biugsamkeit und die Festigkeit der Fasern das wesentliche Merkmal der technisch verwendbaren Asbeste, da diese Eigenschaften die Aufbereitbarkeit und Verarbeitbarkeit bedingen. Anwendungstechnisch sind die Asbeste durch ihre Beständigkeit gegen Wärme und teilweise gegen chemische Einflüsse, meistens in Verbindung mit ihrer festigkeitsverstärkenden Wirkung, charakterisiert. [...]“*

Einen geschlossenen Überblick und eine bis heute umfassende Dokumentation der Mineralogie des Asbests (jetzt 6 verschiedene faserige Formvarietäten) ist im *Asbest-Handbuch* [4] zu lesen:



**Abb. 1** REM-Aufnahme einer Glasfaserwolle bei 200-facher Vergrößerung mit auftretenden Schmelzperlen (sogenannte „shots“)



**Abb. 2** REM-Aufnahme von industriell hergestellten endlosen Kunstfasern in einer bereits verlegten PVC-Folie

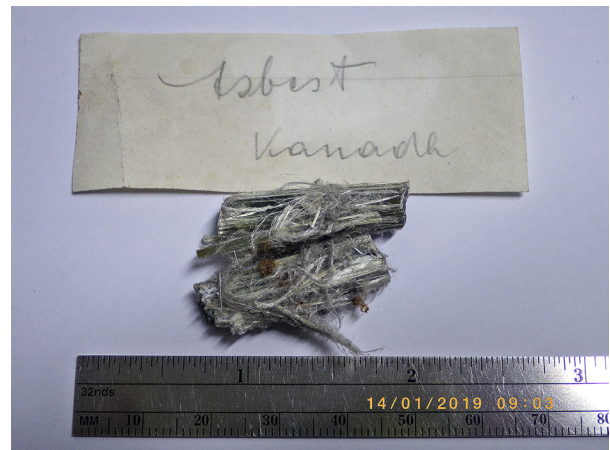


**Abb. 3** REM-Aufnahme von Asbestfasern (Chrysotil) bei 2.000-facher Vergrößerung in einem seit 30 Jahren verlegten PVC-Bodenbelag

„Asbeste sind natürliche, mineralische Rohstoffe, die bereits vor ca. 4000 Jahren aufgrund ihrer herausragenden Eigenschaften z. B. für feuerfeste Lampendochte, Totenhemden und bruchsichere Keramiken genutzt wurden. Der Name Asbest wurde von dem griechischen Wort *‘asbestos’* abgeleitet und bedeutet so viel wie unvergänglich oder unauslöschlich, denn

Gegenstände aus asbesthaltigen Materialien wurden selbst vom Feuer nicht zerstört. Erst im 20. Jahrhundert führten die einzigartigen Materialeigenschaften der Asbestfasern zu einer Flut verschiedenster technischer Anwendungen.“ Aus mineralogischer Sicht sind unter der Handelsbezeichnung Asbest sechs verschiedene faserige Formvarietäten von Mineralen zusammengefasst. Diese sind: Chrysotil, Aktinolith, Tremolit, Amosit, Krokydolith und Anthophyllit. Mit der Ausnahme von Chrysotil treten die zugrundeliegenden Minerale im Allgemeinen nicht faserförmig auf, sondern haben meist prismatische bis stengelige Aggregatformen ausgebildet. Nach mineralogischen und geochemischen Gesichtspunkten werden zwei Hauptgruppen, die Serpentin- und Amphibol-Asbeste unterschieden.

**Abb. 4** und **Abb. 5** zeigen natürliche Asbestmineralisationen eines Serpentin-Asbestes Chrysotil aus Kanada und eines Amphibol-Asbestes Tremolit aus dem Pfitschtal in Tirol.



**Abb. 4** Serpentin-Asbest Chrysotil aus Kanada



**Abb. 5** Amphibol-Asbest Tremolit aus dem Pfitschtal in Tirol

### Kurze Chronik des Asbests von den Anfängen bis heute

Im Buch *Asbest der Moderne* [5] und in der Zeitschrift *BG RCI.magazin* [6] wird der Mythos Asbest vom „Wunderstoff“ bis zu „einer der größten Katastrophen der Industriegeschichte“ dokumentiert. Neben den gesundheitlichen Aspekten (u. a. Berufskrankheiten), der Rolle des Asbests in der Industriegesellschaft und der Asbest-Beseitigung



(Sanierung) wird u. a. auch wirtschaftlich auf den Nachweis von Asbest eingegangen.

„[...] Die Fragen zur Gefährlichkeit von Asbest, die ab den siebziger Jahren des letzten Jahrhunderts verstärkt auftauchen, sind bisher weniger wissenschaftlich klar konturiert beantwortet worden, sondern statt dessen mit einer Vielzahl von Vorwürfen und Gegenwürfen, von Argumenten für die Gefährlichkeit dieses Werkstoffes bis zur gegenteiligen Behauptung [...] gleichsam zugeschüttet worden. [...]“

„[...] Asbest verfügt über herausragende technische Eigenschaften und ist daher zur Lösung technischer Probleme prädestiniert. In lungengängiger Form kann er die Gesundheit schädigen, gar tödlich wirken. Als Zuschlagsstoff verleiht er Baumaterialien eine Vorteilhaftigkeit, wie sie lange Zeit kaum von anderen Materialien erreicht wurde. [...]“

"[...] , dass es bislang keine objektiven Schwellen- oder Grenzwerte gibt, mit denen sich unbedenkliche von bedenklichen Asbestkonzentrationen unterscheiden lassen. Noch immer stehen Wissenschaftler, die sich auf verlässliche Grenzwerte einer erlaubten Exposition von Asbest berufen wollen vor einem nahezu unlösbaren Problem. [...]“.

Um Grenzwerte wissenschaftlich bzw. analytisch festlegen zu können, müssen zunächst die Komponenten des Asbests eindeutig und zweifelsfrei bestimmt und nachgewiesen werden. Dieser Beitrag wird die modernen Untersuchungsmethoden der Rasterelektronenmikroskopie, der energiedispersiven Röntgenspektroskopie und der Röntgendiffraktometrie behandeln und Grenzen des analytischen Nachweises der Asbestminerale führen.

#### Mineralogische, physikalische und chemische Eigenschaften von Asbest (natürlichen Mineralfasern)

Aus der Sicht der Mineralogie sind unter dem allgemeinen Begriff „Asbest“ sechs verschiedene faserige Varietäten von natürlichen Silikatmineralen zusammengefasst. Es sind dies Chrysotil, Aktinolith, Tremolit, Amosit, Krokydololith und Anthophyllit. Nach geochemischen und mineralogischen Betrachtungsweisen unterscheidet man zwei Hauptgruppen, die Serpentin- und Amphibol-Asbeste. [4]. Die nachfolgende **Tabelle 1** zeigt vereinfacht eine mineralogische Einteilung der Asbeste.

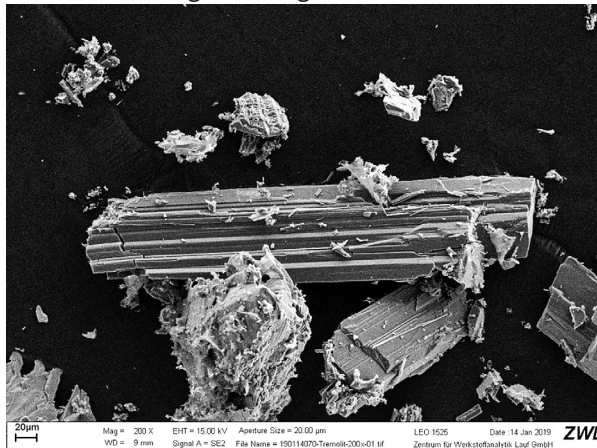
**Tabelle 1** Schematisierte mineralogische Einteilung der Asbeste

Gruppe	Asbest / Mineralname	Chemische Idealformel
Serpentin	Chrysotil	$Mg_3[Si_2O_5(OH)_4]$
Amphibol	Aktinolith	$Ca_2(Mg,Fe)_5[Si_8O_{22}(OH)_2]$
Amphibol	Tremolit	$Ca_2(Mg,Fe)_5[Si_8O_{22}(OH)_2]$
Amphibol	Amosit	$(MgFe)_7[Si_8O_{22}(OH)_2]$
Amphibol	Krokydololith	$Na_2(Fe,Mg)_3Fe_2[Si_8O_{22}(OH)_2]$
Amphibol	Antophyllit	$(Mg,Fe)_7[Si_8O_{22}(OH)_2]$

Mit Ausnahme von Chrysotil treten die einzelnen Asbest-Mineralen im Allgemeinen nicht faserförmig

auf, sondern weisen meist prismatische bis stengelartige Aggregatformen auf.

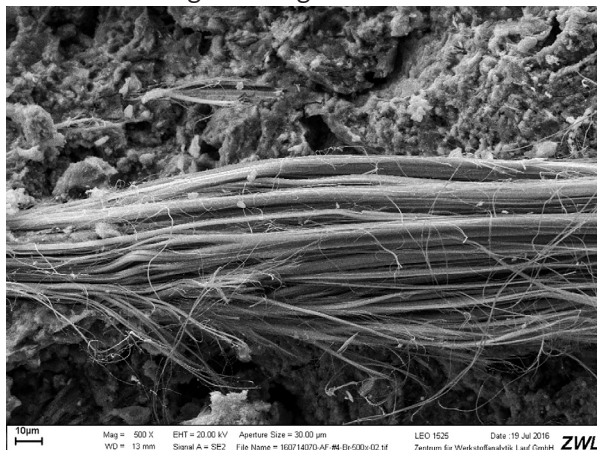
**Abb. 6** zeigt die REM-Aufnahme einer natürlichen Mineralisation eines Amphibol-Asbestos, das Mineral Tremolit aus dem Pfiftsthal in Tirol bei 500-facher Vergrößerung.



**Abb. 6** REM-Aufnahme eines natürlichen Tremolits, deutlich sichtbar ist die stengelartige Ausbildung

Die charakteristische Besonderheit des magnesiumreichen Chrysotil (Weißasbest) ist die Struktur und Beschaffenheit, die Morphologie seiner Fasern; diese sind hohl und dadurch sehr leicht und elastisch. Die weichen feinen Fasern treten dabei in charakteristischen Faserbündeln (Fibrillen) auf.

**Abb. 7** zeigt die REM-Aufnahme einer natürlichen Mineralisation eines Chrysotils aus Kanada bei 500-facher Vergrößerung.



**Abb. 7** REM-Aufnahme eines natürlichen Chrysotils, deutlich sichtbar sind die charakteristischen Faserbündel

Die charakteristischen physikalischen und chemischen Eigenschaften sind nicht nur zwischen Chrysotil und Amphibol-Asbesten und innerhalb der Amphibol-Asbest-Gruppe, sondern auch bei der jeweiligen Asbest-Art verschieden. [3]

Zusammen betrachtet zeichnen sich aber alle Asbestfasern durch eine hohe Temperaturbeständigkeit, eine hohe mechanische Stabilität, eine hohe Reißfestigkeit, eine hohe Flexibilität und einer steigenden Zugfestigkeit bei sinkendem Durchmesser der Fasern aus. [4] Ferner sind die Asbestfasern



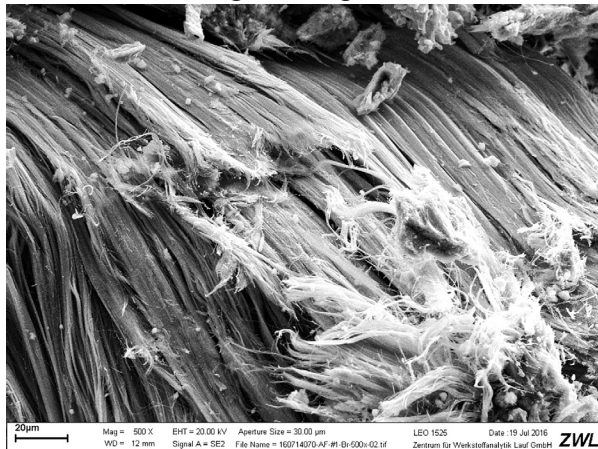
weitgehend chemisch inert, besitzen eine geringe elektrische Leitfähigkeit und sind beständig gegen hohe und niedrige pH-Werte. [7]

Bei diesen „Wundereigenschaften“ kann man bestätigen, dass bis heute kein idealer Ersatzstoff für Asbest entwickelt werden konnte, der das gesamte Eigenschaftsprofil dieser Mineralfaser abdeckt.

#### Existenz von Asbest im Alltag

Durch die herausragenden chemischen und physikalischen Eigenschaften der Asbestminerale kam es im 20. Jahrhundert zu einer erstaunlichen Vielzahl an technischen und industriellen Anwendungen. Asbest ist bis heute – beabsichtigt oder unbeabsichtigt – immer noch vorhanden, obgleich die Herstellung und das Inverkehrbringen dieser Mineralfaser in Deutschland seit 1993 bzw. in Europa seit 2005 verboten ist. Als „Wunderstoff“ in der Industrialisierung bezeichnet, konnte und wurde Asbest wegen der extrem guten Eigenschaften in außergewöhnlich unterschiedlichen industriellen Produkten wie u. a. in Zementwellplatten, Dichtungen und Isolierungen eingesetzt.

**Abb. 8** dokumentiert in einer REM-Aufnahme die charakteristischen Faserbündel von Chrysotil in einer Asbestzementwellplatte, hergestellt vor 1970, bei 500-facher Vergrößerung.



**Abb. 8** REM-Aufnahme der charakteristischen Faserbündel von Chrysotil in einer Asbestzementwellplatte, hergestellt vor 1970

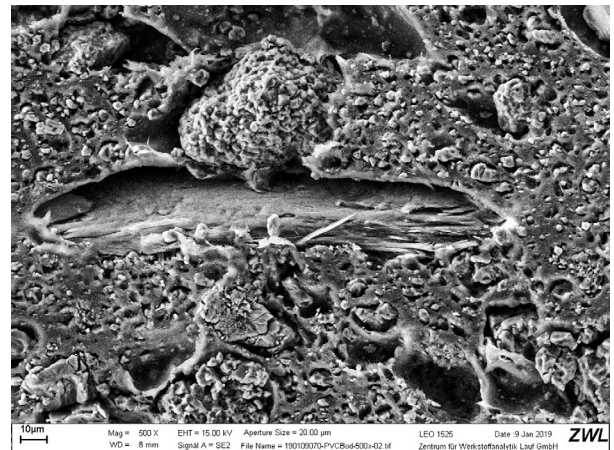
Bis heute findet man Asbestminerale bzw. kann man diese analytisch nachweisen in Asbestzement-Erzeugnissen (u. a. Dach- und Fassadeneindeckungen und Verkleidungen, Wasserrohre, Blumenkästen), Brandschutzplatten (u. a. Trennwände, Türen), Schnüre und Gewebe (u. a. Dichtungen, Heißleitungen, Industrieöfen, Löschdecken, Hitzeschutzbekleidung), Pappen, Schaumstoff, Spritzasbest (u. a. Schallschutzbeschichtung, Brandschutzummantelung), Spachtelmassen (u. a. Fugenfüllung, Unterbodenschutz, Unterwasseranstriche), Bodenbeläge (u. a. Flexplatten, Haftvermittlungsschicht), Reibbeläge (u. a. Bremsbeläge, Kupplungsbeläge, Bremsklotzsohlen) und im umfangreichen Bereich der bauchemischen Produkte (u. a. Bitumen-Dach- und Dichtungsbahnen, Lacke auf Bitumenbasis,

Farben und Kleber).

Diese Aufzählung ist nur als eine exemplarische Vorstellung der Asbestzement-Erzeugnisse zu verstehen und erhebt keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit. Eine umfassendere Aufzählung bzw. Auflistung ist in den Literaturstellen [2], [3] und [4] dokumentiert.

In manchen asbesthaltigen Produkten (u. a. Asbestzement-Erzeugnisse) konnten die Asbestfasern bereits makroskopisch bzw. augenscheinlich nachgewiesen werden. Daneben gab und gibt es allerdings Erzeugnisse mit geringem Asbestanteil bzw. mit Asbestfasern, die so dünn sind, dass sie mit dem bloßen Auge nicht mehr zu erkennen sind (u. a. Spachtelmassen, Fugenmassen, Fußbodenbeläge). In diesen Fällen benötigt man mindestens ein optisches Mikroskop mit hoher Auflösung oder ein Standard-Rasterelektronenmikroskop.

**Abb. 9** zeigt die REM-Aufnahme eines Ausschnitts eines verlegten 30 Jahre alten PVC-Bodenbelags. In der Bildmitte sind nur mit einem Rasterelektronenmikroskop bei 500-facher Vergrößerung Asbestfasern (Chrysotil) nachzuweisen. Eine durchgeführte energiedispersive Röntgenspektroskopie bestätigt das Ergebnis.



**Abb. 9** REM-Aufnahme eines verlegten 30 Jahre alten PVC-Bodenbelags, mit Asbestfasern (Chrysotil) in der Bildmitte

Schließlich ist es immer sinnvoll zu eruieren, aus welchem Zeitraum die zu untersuchenden, eventuell asbesthaltigen Erzeugnisse stammen. Oben erwähnte Produkte mit einem Herstellungsdatum vor 1993 beinhalten höchstwahrscheinlich Asbestfasern, nach 1993 können diese vielleicht Asbestfasern enthalten. D. h. im Zweifelsfalle sollte immer eine fachkundige wissenschaftliche Untersuchung durchgeführt werden.

#### Analytische Möglichkeiten / Asbestnachweis in der Praxis

Die praxistaugliche Charakterisierung und Zuordnung der Asbestfasern zu den einzelnen Mineralarten bzw. Mineralvarietäten und ihre sichere Unterscheidung von künstlichen Mineralfasern ist auf nasschemischem apparativen Weg sehr aufwändig und oft nur – wegen der geringen Probengröße und

geringen Probenmenge – sehr schwer möglich. Die exakte Bestimmung mittels Röntgenbeugung und/oder Rasterelektronenmikroskopie (inkl. energiedispersiven Röntgenspektroskopie) setzt zwar einen relativ großen apparativen Aufwand und eine akribische bzw. sehr genaue Probenvorbereitung/ Probenpräparation voraus, liefert aber heutzutage sehr gute und, vor allem in Hinblick auf eine Sanierung, sehr schnelle Ergebnisse. Mittlerweile haben sich viele Labore auf die „schnelle“ und „preiswerte“ Asbestanalytik mittels Rasterelektronenmikroskopie spezialisiert, derart, dass man im digitalen Versandhandel einen „Asbest Test zum Nachweis von Asbest in einer Staubprobe oder Materialprobe“ incl. „kostenfreier Lieferung“ weit unter 100 EUR brutto bekommen kann.

Wie eingangs geschrieben, müssen vor allem die Komponenten des Asbests eindeutig und zweifelsfrei bestimmt und nachgewiesen werden, um ein Gefährdungspotential richtig einschätzen zu können (einen praxistauglichen Schnelltest zur Erkennung von Asbest und künstlichen Mineralfasern auf der Baustelle beschreibt Qu Aisha [9] im sogenannten „Flammtest Verfahren“).

Im Folgenden wird daher explizit auf die aktuellen Untersuchungsmethoden der Rasterelektronenmikroskopie, der energiedispersiven Röntgenspektroskopie und der Röntgendiffraktometrie eingegangen. Weiterhin wird versucht, die Grenzen des analytischen Nachweises und der eindeutigen Charakterisierung von Asbestmineralen aufzuzeigen. Lang W. [8] unterscheidet beim Nachweis von Asbest in der Praxis im Wesentlichen den Asbest in Feststoffen und den Asbest in der Raumluft.

#### **Asbest in Feststoffen**

Wesentliche Grundlage zur Bestimmung von Asbest in technischen Produkten ist die Richtlinie VDI 3866 „Bestimmung von Asbest in technischen Produkten“ mit den Blättern 1 bis 5:

- Blatt 1 „Grundlagen - Entnahme auf Aufbereitung der Proben“
- Blatt 2 „Infrarotspektrometrisches Verfahren“
- (Blatt 3 „Röntgendiffraktometrie“)
- Blatt 4 „Phasenkontrastmikroskopisches Verfahren“
- Blatt 5 „Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren“

Die Richtlinie VDI 3866, Blatt 5 „Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren“ ist im Juni 2017 neu erschienen. In dieser Richtlinie werden u. a. folgende Punkte ausführlich beschrieben: In der Richtlinie wurde neu ein Anhang B aufgenommen: „Analyse von Proben mit geringen Asbestgehalten“. Für technische Produkte können keine Grenzwerte angesetzt werden, da zwischen Putzen und Spachtelmassen mit teilweise extrem geringen Gehalten von Asbest und Dichtungen mit nahezu 100 % Asbestgehalt ein sehr breites Spektrum von Produkten mit unterschiedlichster Konzentration

anzutreffen ist. [8]

Ein Grenzwert wird in der Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) angegeben: Abfälle mit einem Asbestgehalt von mehr als 0,1 Massenprozent sind als asbesthaltige Baustoffe mit der Schlüsselnummer 170605 zu deklarieren.

#### **Asbest in der Raumluft**

Die zu Grunde liegenden Vorschriften sind die "Richtlinien für die Bewertung und Sanierung schwach gebundener Asbestprodukte in Gebäuden" (Asbestrichtlinie) in der Fassung von 1996. Diese Richtlinien sind Bestandteile der Bauordnungen der Bundesländer und haben somit den Charakter von Gesetzen. In diesen Richtlinien werden Grenzwerte angegeben, die nach der Sanierung asbesthaltiger Produkte einzuhalten sind bzw. zur Kontrolle vorläufiger Maßnahmen anzuwenden sind.

Die Grenzwerte sind:

- < 500 Fasern/m<sup>3</sup> Luft nach Sanierungen
- ≤ 1000 Fasern/m<sup>3</sup> Luft zur Kontrolle vorläufiger Maßnahmen

Zur Überwachung dieser Grenzwerte werden Raumluftmessungen nach VDI 3492 durchgeführt: „Messen von Innenraumluftverunreinigungen, Messen von Immissionen, Messen anorganischer faserförmiger Partikel, Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren“ vom Juni 2013. Üblicherweise wird bei der Anwendung dieses Verfahrens eine Fläche von 1 mm<sup>2</sup> auf einem beaufschlagten Kernporenfilter ausgewertet. Die Nachweisgrenze dieses Verfahrens liegt dabei ca. bei 300 Fasern/m<sup>3</sup> Luft.

#### **Rasterelektronenmikroskopie (REM), energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDX) und Röntgendiffraktometrie (XRD)**

Mit Hilfe eines Rasterelektronenmikroskops (REM) können beliebige, im Normalfall feste Stoffe wie Werkstoffe, Zemente, Putze, Mörtel, Betonprodukte, Gesteine und Minerale bis zu einer Vergrößerung von 1 Million, optisch, d.h. in Form von digitalen Bildern dargestellt werden. Die dadurch für das menschliche Auge „sichtbar“ gemachten Werkstoffe können anhand ihrer optischen Erscheinungsform (Tracht und Habitus) Rückschlüsse auf deren Bildung, Zerstörung und Veränderung geben.

Ein an das REM gekoppelter EDX-Detektor erlaubt an den zu untersuchenden Phasen eine qualitative chemische Analyse durchzuführen. Dieser ermittelte Chemismus kann Rückschlüsse auf die Phasenzusammensetzung und auf die chemische Reaktion der Phasenbildung, Phasenumbildung und Phasenzerstörung aufzeigen. Eine genaue Beschreibung der Funktionsweise ist in den Literaturstellen [10] und [11] zu finden.

Bei der Röntgendiffraktometrie (XRD) werden die Proben mit Röntgenstrahlung bestrahlt. Jede kristalline organische oder anorganische Substanz



vermag diesen Röntgenstrahl charakteristisch zu beugen (abzulenken). Ein Detektor verarbeitet die gebeugte Röntgenstrahlung zu einem Röntgenogramm. Dieses ist ein eindeutiger, spezifischer Nachweis, der sogenannte „Fingerabdruck“ einer kristallinen Substanz. Ein auftretender amorpher Anteil wie geschmolzenes Gestein oder Glas wird mit dieser Methode nicht berücksichtigt. In den Literaturstellen [12] und [13] sind das Prinzip und die Wirkungsweise der Röntgendiffraktometrie umfassend dokumentiert. Für die Analytik an den hier untersuchten Proben wurden folgende Geräte eingesetzt:

- Rasterelektronenmikroskop LEO 1525 und LEO 1530 VP der Firma ZEISS SMT, Deutschland. Die jeweiligen Geräteeinstellungen sind aus der Datenleiste unterhalb der jeweiligen REM-Aufnahmen zu entnehmen. Für die REM-Analytik wurden sämtliche Proben mit Kohlenstoff bedampft.
- Automatic Turbo CarbonCoater MCC2 der Firma Liebscher, Deutschland und Carbon-Sputter-Coater K950X der Firma EMITECH, England.
- Röntgendiffraktometer MPD X'Pert Pro der Firma PANalytical, Almelo, Niederlande.

Bei einer schnellen, effektiven und eindeutigen Asbestfaser-Analyse sollten alle drei Methoden (REM, EDX, XRD) eingesetzt werden, um eine falsche Interpretation der existenten Fasern nahezu auszuschließen.

In den meisten Fällen wird zunächst nur die Morphologie der Fasern mittels REM in den zu untersuchenden Proben betrachtet und man erhält somit eine „erste subjektive“ Meinung über die Objekte. Zweiter Schritt ist meistens eine „chemische Punktanalyse“ (EDX) einer ausgewählten Faser. Hierbei erfolgt dann eine Bestimmung des Verhältnisses der nachgewiesenen chemischen Elemente Magnesium (Mg) zu Silizium (Si). Mit diesem Ergebnis wird dann annähernd die Asbest-Art bestimmt. Vorteilhaft ist hierbei, dass die chemische Idealformel aller Asbest-Mineralen, wie in Tabelle 1 aufgelistet, Magnesium (Mg) und Silizium (Si) enthält. So ist das Verhältnis von Mg:Si bei Chrysotil annähernd 3:2, und bei Antophyllit-Asbest etwa maximal 1:1.

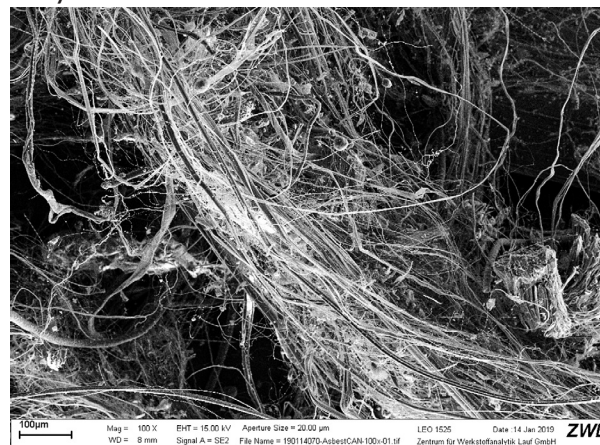
Eindeutige Ergebnisse über die Existenz eines Asbestminerals liefert jedoch die Röntgendiffraktometrie (XRD); sofern die zu untersuchende Mineralart kristallin und in ausreichender Konzentration vorliegt. So kann diese Methode z. B. eindeutig einen Chrysotil von einem Antigorit unterscheiden; beide besitzen die gleiche chemische Idealformel und eine EDX-Analyse könnte keinen Unterschied „erkennen“.

Nachfolgende Beispiele sollen die Grenzen der einzelnen Methoden aufzeigen und demonstrieren, dass in manchen Fällen eine Kombinationsanalytik von REM / EDX und XRD sinnvoll, ja in Extremfäll-

len sogar notwendig ist.

### Drei Beispiele aus der Praxis

#### Beispiel 1: Charakterisierung eines natürlichen Chrysotils aus Kanada

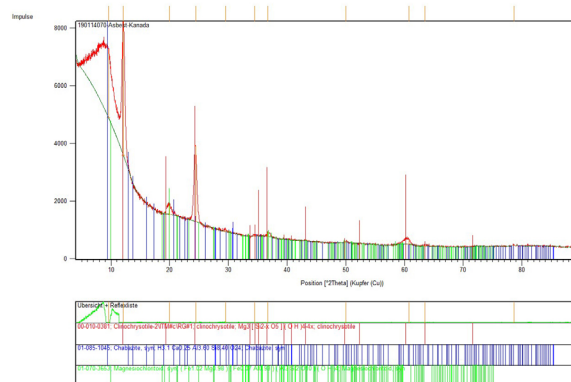


**Abb. A1** REM-Aufnahme eines natürlichen Chrysotils. Deutlich sind die charakteristischen Bündel der Fasern sichtbar

In der natürlichen Mineralprobe konnte mittels XRD eindeutig das Mineralgemisch aus den kristallinen Mineralphasen Clinochrysozil (Serpentin-Asbest) neben Chabazit (aus der Familie der Zeolithe) und Magnesiochloritoid identifiziert werden.



**Abb. A2** Mittels XRD ermittelter kristalliner Phasenbestand: Clinochrysozil (Ref.-Nr. 10-381), Chabazit (Ref.-Nr. 85-1045), Magnesiochloritoid (Ref.-Nr. 85-1045)



**Abb. A3** Mittels EDX ermittelter chemische Elementgehalt: Kohlenstoff (C), Sauerstoff (O), Magnesium (Mg), Aluminium (Al), Silizium (Si), Schwefel (S), Calcium (Ca) und Eisen (Fe).

Verhältnis im Spektrum von Mg:Si = ca. 3:2

Der mittels EDX ermittelte chemische Element-

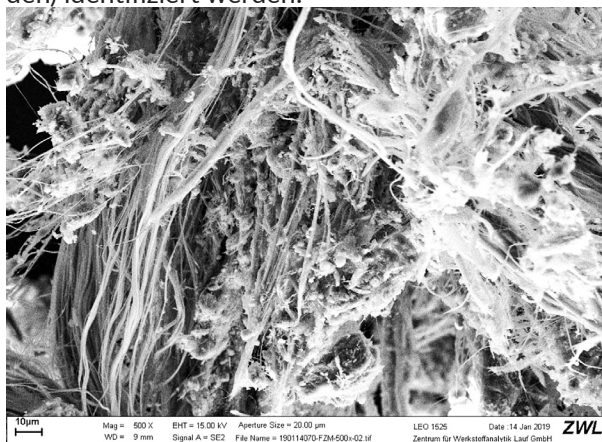


gehalt zeigt eine gute Übereinstimmung mit der chemischen Idealformel des Chrysotils  $Mg_3[Si_2O_5(OH)_4]$ , d. h. ein ungefähres Verhältnis von Magnesium zu Silizium von 3:2.

Tracht und Habitus der Probe entspricht elektronenoptisch den Literaturbeschreibungen: faserförmig, die weichen feinen Fasern treten dabei in charakteristischen Faserbündeln – den Fibrillen – auf.

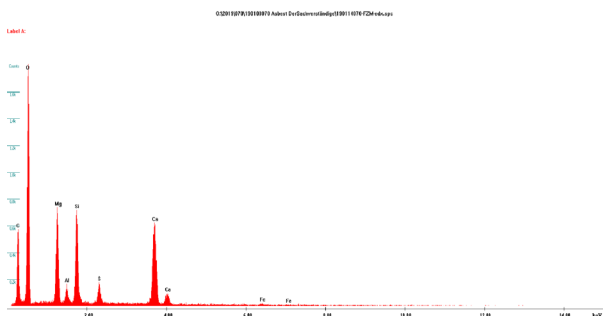
### Beispiel 2: Charakterisierung von Asbestfasern in einer Asbestzementwellplatte, die vor 1970 hergestellt wurde

In der Matrix der Asbestzementwellplatte konnten mittels XRD nur die kristallinen Mineralphasen Clinochrysothit (Serpentin-Asbest) und Calcit (sekundär bei der Herstellung des Produkts entstanden) identifiziert werden.



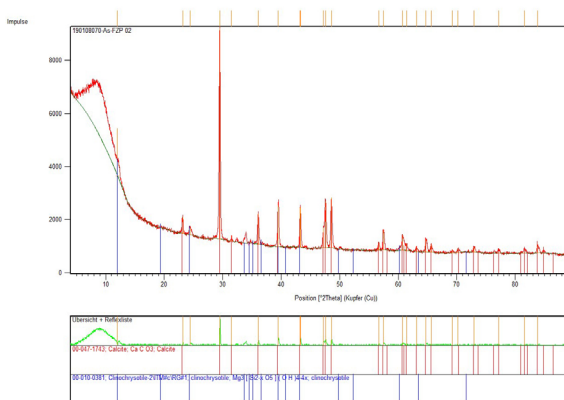
**Abb. B1** REM-Aufnahme von Asbestfasern in einer Asbestzementwellplatte, die vor 1970 hergestellt wurde

Der mittels EDX ermittelte chemische Elementgehalt zeigt im Gesamtspektrum in einem repräsentativen Bereich aus der Matrix ein ungefähres Verhältnis von Magnesium zu Silizium von 1:1, d.h. mit diesem Ergebnis kann man nicht unmittelbar auf die Existenz eines Chrysotils mit der chemischen Idealformel von  $Mg_3[Si_2O_5(OH)_4]$ , schließen.



**Abb. B2** Mittels XRD ermittelter kristalline Phasenbestand: Calcit (Ref.-Nr. 47-1743), Clinochrysothit (Ref.-Nr. 10-381)

Eine zwingend notwendige REM-Analyse kann anhand der Morphologie der vorhandenen Fasern (diese treten in charakteristischen Faserbündeln auf) ein Asbestmineral elektronenoptisch nachweisen; allerdings kann nur mit einer XRD-Messung die Existenz des Chrysotils eindeutig bestätigt werden.

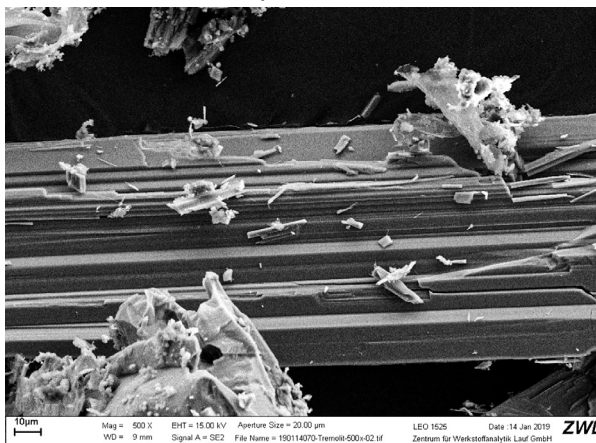


**Abb. B3** Mittels EDX ermittelter chemische Elementgehalt: Kohlenstoff (C), Sauerstoff (O), Magnesium (Mg), Aluminium (Al), Silizium (Si), Schwefel (S), Calcium (Ca) und Eisen (Fe).

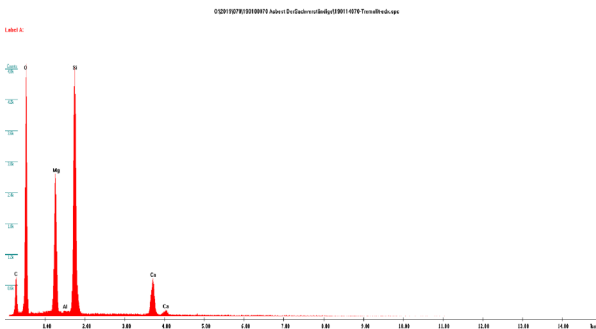
Verhältnis im Spektrum von Mg:Si = ca. 1:1

### Beispiel 3: Charakterisierung eines natürlichen Tremolits aus dem Pfitschtal in Tirol

In der natürlichen Mineralprobe konnte mittels XRD eindeutig das Mineralgemisch aus den kristallinen Mineralphasen Tremolit (Amphibol-Asbest) neben Quarz und Diopsid identifiziert werden.



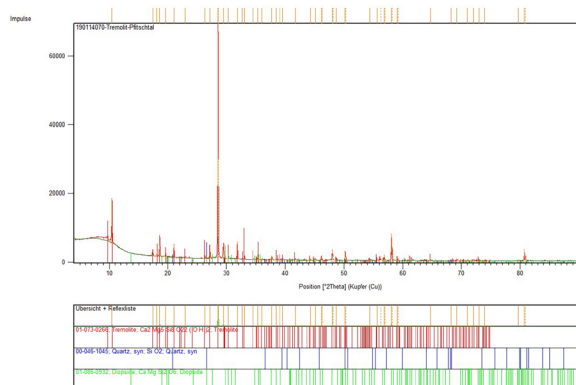
**Abb. C1** REM-Aufnahme eines natürlichen Tremolits. Deutlich sichtbar ist die stengelartige Ausbildung



**Abb. C2** Mittels XRD ermittelter kristalline Phasenbestand: Tremolit (Ref.-Nr. 73-266), Quarz (Ref.-Nr. 46-1045), Diopsid (Ref.-Nr. 86-932)

Der mittels EDX ermittelte chemische Elementgehalt zeigt eine gute Übereinstimmung mit der chemischen Idealformel des Tremolits  $Ca_2(Mg,Fe)_5[Si_8O_{22}(OH)_2]$ , d. h. ein ungefähres Verhältnis von

Magnesium zu Silizium von 3:1, weiterhin konnte Calcium (Ca) detektiert werden.



**Abb. C3** Mittels EDX ermittelter chemische Elementgehalt: Kohlenstoff (C), Sauerstoff (O), Magnesium (Mg), Aluminium (Al), Silizium (Si) und Calcium (Ca).

Verhältnis im Spektrum von Mg:Si = ca. 2:1

Tracht und Habitus der Probe entspricht elektro-optisch den Literaturbeschreibungen: säulige, nadelige Kristalle.

#### Zusammenfassung und Schlussbemerkungen

Die hier dokumentierten Beispiele bestätigen, dass für eine effektive und eindeutig richtige Asbestfaser-Analyse neben den gängigen Methoden der REM/EDX-Analytik auch die XRD-Methodik eingesetzt werden sollte, um eine falsche Interpretation der existenten Fasern in einer Probe nahezu auszuschließen.

Nur die Methode der Röntgendiffraktometrie liefert eindeutig wissenschaftliche Ergebnisse über die vorhandenen kristallinen Mineralphasen in einer Probe. Aber auch diese Methode stößt an ihre Grenzen, wenn die gesuchte „Faser“ zu klein, sprich „röntgenamorph“ ist und/oder in zu geringer Konzentration vorhanden ist.

Anzumerken ist weiterhin, dass oben beschriebene analytischen Methoden nur durch qualifizierte Labore und mit den entsprechend erfahrenen „Leuten bzw. Sachverständigen“ durchzuführen sind bzw. durchgeführt werden sollten.

Asbest umschreibt gegenwärtig immer noch eine Geschichte vom mineralischen Glücksfall zum mineralogischen Desaster.

Asbeste - natürliche Minerale bzw. natürliche mineralische Rohstoffe - wurden von der Industrie als „Wunderwerkstoff“ hochgehoben und mussten bzw. müssen immer noch in den meisten Industrienationen äußerst aufwändig saniert und entsorgt werden.

Dabei muss hier angemerkt werden, dass bis heute keine Ersatzstoffe für Asbest entwickelt werden konnten, die das gesamte Eigenschaftsprofil dieser Mineralfasern abdecken. Allerdings sind nahezu alle Ersatzstoffe aus heutiger Sicht weniger risikobehaftet als die Asbestfasern selbst. [5]

Das „Statement“ in der Literatur: „Im Prinzip müssen alle anorganischen Fasern als für den Men-

schen krebbsverdächtig angesehen werden“ ist wissenschaftlich richtig, aber in der Praxis weder „risikotauglich“ noch durch Laboruntersuchungen durchführbar.

Wichtig ist allerdings: „Es sollten zur Faserproblematik immer entsprechende Daten gewonnen werden, bevor der rein nadelige Charakter einer Struktur eines Minerals zu Fehleinschätzungen führt“.

#### Literatur:

[1] Schnegelsberg Günther: Handbuch der Faser – Theorie und Systematik der Faser, Deutscher Fachverlag, Frankfurt a.M., 1999.

[2] Binde Gisela, Marschner Wolfgang: Sonderausgabe Fasern, InfoMediaVerlag e.K., Bochum, 2010.

[3] Berger Hans: Asbest-Fibel, Verlag A.W. Gentner KG, Stuttgart, 1961.

[4] Bossenmayer J. Horst, Schumm Hans-Peter, Teppasse Rainer: Asbest-Handbuch (CD-ROM), Erich Schmidt Verlag, Berlin, 1991.

[5] Höper E. Wolfgang: Asbest in der Moderne, Verlag Waxmann, 2008.

[6] BG RCI.magazin, 9.Jahrgang, 11/12 November/Dezember 2018, Autor Dietrich Gerhilt, sv:dok, Bochum.

[7] Pöllmann H.: Natürliche Asbestvorkommen und wie kommt Asbest in den Bauwerkstoff, Vortrag DST 2017 Leipzig, 2017.

[8] Lang W.: Asbestnachweis in der Praxis, Vortrag DST 2017 Leipzig, 2017.

[9] Qu, A.: Neue Verfahren zur Analytik und Diagnose von Asbest und Künstlichen Mineralfasern, Dissertation Universität Gießen 1999, Shaker Verlag Aachen, 2000.

[10] Pavičević M.P., Amthauer G.: Physikalisch-chemische Untersuchungsmethoden in den Geowissenschaften, Band 1. und 2., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 2000.

[11] Schmidt P.F.: Praxis der Rasterelektronenmikroskopie und Mikrobereichsanalyse, Band 444, expert Verlag, 1994.

[12] Allmann, R.: Röntgen-Pulver-Diffraktometrie, Clausthaler Tektonische Hefte 29, Verlag Sven von Loga Köln, 1994.

[13] Spiess, L., et. al.: Moderne Röntgenbeugung, Vieweg-Teubner Verlag, 2009.

#### IMPRESSUM

Herausgeber:

Bund Technischer Experten e.V.

Händelstraße 50

40593 Düsseldorf

E-Mail: [geschaeftsstelle@experte.tbte.de](mailto:geschaeftsstelle@experte.tbte.de)

Internet: [www.experte.tbte.de](http://www.experte.tbte.de)

Redaktion:

Dr. Markus Fenner

Kastanienweg 11

44577 Castrop-Rauxel

Tel.: 02305 / 581 582

E-Mail: [fenner@sv-fenner.de](mailto:fenner@sv-fenner.de)