

# Schadensanalyse an Kunststoffbauteilen

Autor: Prof. Dr. Samuel Affolter\*  
OST Ostschweizer Fachhochschule, Rapperswil-Jona, Schweiz

**Ein schadhaftes Kunststoffbauteil verursacht immer Ärger, Umtriebe und Kosten. Dieser Beitrag soll zeigen, wie die Arbeit der Schadensaufklärung funktioniert und welche Untersuchungsmethoden bei Kunststoff-Schadensfälle oft eingesetzt werden. Einige Fallbeispiele runden die Darstellung ab.**

## 1. Einleitung

Ein Ausfall eines schadhaften Kunststoffbauteils vor oder während seinem bestimmungsgemässen Einsatz ist immer mit Ärger, Umtrieben und schliesslich auch mit Kosten verbunden, unabhängig davon, ob es sich dabei um spektakuläre, gar medienwirksame oder nur um unbedeutende Vorfälle handelt. Liegt ein „ausreichend schmerzhafter“ Schadenfall vor, dann gilt es als Erstes, die damit verbundenen Ursachen zu ermitteln. Sind diese einmal bekannt, so sind daraus kurzfristige Massnahmen und Handlungen abzuleiten sowie je nach Schwere des Falles die Verantwortlichkeiten festzulegen. Die „düsteren“ Seiten eines Schadenfalls werden aber vielfach durch sich eröffnende Chancen wettgemacht: manchmal fliessen die gewonnenen Erkenntnisse in längerfristige Entwicklungs- und Optimierungsprojekte und sind somit eine Quelle des Fortschrittes. Das Sprichwort „Aus Schaden wird man klug“ zeigt schön, dass ein Schadenfall unbedingt auch positive Seiten hat.

Den Weg von Dunkel in die Sonne aufzuzeigen ist die herausfordernde Aufgabe von Arbeitsgruppen die sich mit der vertieften Ursachensuche befassen. Die quasi forensische Herangehensweise, die Auswahl und Anwendung einer Vielzahl von Untersuchungsmethoden sowie das Zusammenfügen von Ergebnis-Puzzlesteinen am Ende sind spannende Aufgaben für Analytiker: Neben den Fertigkeiten in der Anwendung anspruchsvoller physikalischer, chemisch-analytischer und mikroskopischer Charakterisierungsmethoden spielt auch die langjährige Erfahrung rund um Polymerwerkstoffe eine grosse Rolle, um ein Problemfall einerseits erfolgreich lösen, und andererseits Massnahmen vorschlagen sowie Innovationspotential aufzeigen zu können.

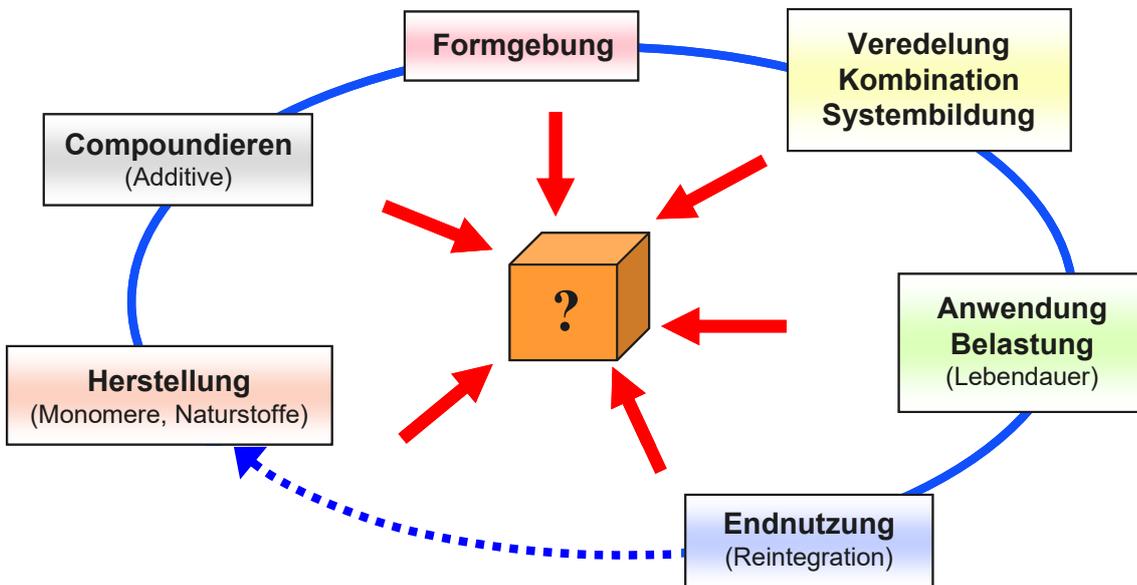
Das Schadensanalyseteam am IWK ist eine auf Kunststoff-Schadensanalyse spezialisierte Arbeitsgruppe in der Ostschweiz, welches jährlich mehrere Duzend unterschiedlich komplexe Problemstellungen von einfachen Abklärungen bis hin zu Schadenfall-induzierten Material- und

---

\*) Prof. Dr. Samuel Affolter  
OST Ostschweizer Fachhochschule  
IWK Institut für Werkstofftechnik & Kunststoffverarbeitung  
Eichwiesstrasse 18b  
CH-8645 Rapperswil-Jona, Schweiz

Tel. +41 58 257 4054  
Mobile +41 79 103 6151  
Email: [samuel.affolter@ost.ch](mailto:samuel.affolter@ost.ch)  
Internet: [www.ost.ch/iwk](http://www.ost.ch/iwk)

Prozessoptimierungs-Projekten im Rahmen der Wertschöpfungskette im Lebenszyklus von Kunststoffen (siehe Abbildung 1) bearbeitet.

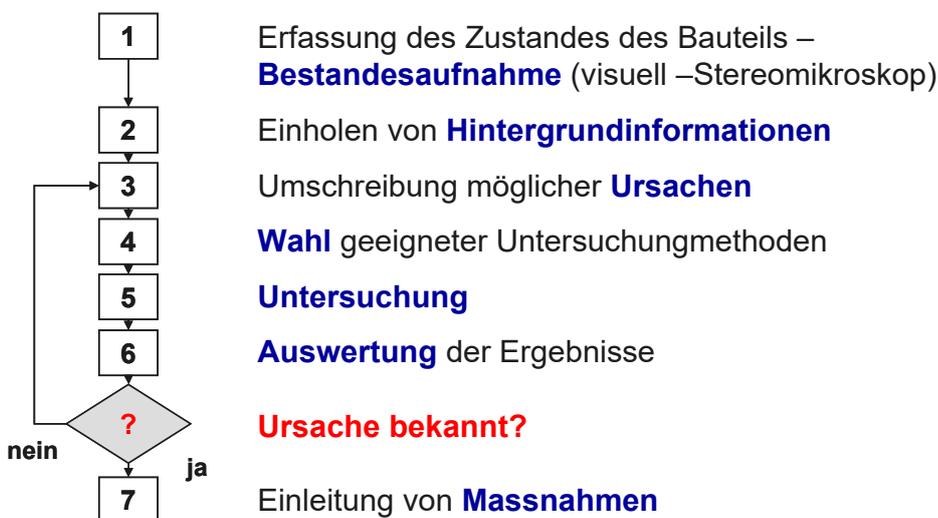


**Abbildung 1:** Lebenszyklus von Polymerwerkstoffen und deren Einflüsse auf den Werkstoff

Dieser Beitrag soll zeigen, wie die Arbeit der Schadensaufklärung funktioniert und welche Untersuchungsmethoden bei Kunststoff-Schadenfällen oft eingesetzt werden. Einige Fallbeispiele runden die Darstellung ab.

## 2. Wege zur Lösung von Kunststoffschadenfällen

Was ist zu tun in einem Schadenfall? Der Ablauf (siehe Abbildung 2) entspricht einer forensischen bzw. medizinischen Untersuchung.



**Abbildung 2:** Typisches Vorgehen bei der Schadensanalyse

Zuerst ist eine Bestandesaufnahme notwendig. Dabei wird die Art und Ausprägung des Kunststoffschadens (Bruch, Riss, Verformung, sichtbare Materialfehler ...) anhand visueller und allenfalls stereomikroskopischer Beurteilung ermittelt.

Anschliessend sind möglichst viele Hintergrundinformationen einzuholen. Je mehr Informationen über das spezifizierte Anforderungsprofil des Bauteils, das Material, die Prozessparameter, die Einsatzbedingungen etc. vorliegen, umso gezielter kann der nächste Schritt der Umschreibung der Ursachen erfolgen, die dann in die Wahl geeigneter Untersuchungsmethoden mündet. Gerade bei schwierigen Fällen, bei der es sich vielleicht um die „Suche nach einer Nadel in einem Heuhaufen“ handelt, ist es von grosser Wichtigkeit, die verfügbare Information den Beteiligten offenzulegen. Dies gilt insbesondere dann, wenn mehrere Firmen in der Wertschöpfungskette beteiligt sind. Die Erfahrung zeigt, dass Aussagen wie „Wir haben nichts am Prozess oder Material geändert“ praktisch nie zutreffen und dann mit aufwändigen Untersuchungen meist problemlos widerlegt werden können.

Die Auswahl geeigneter Untersuchungsmethoden richtet sich nach den vermuteten Ursachen. Bei Kunststoffen nehmen die chemische Analyse sowie die Mikroskopie für die Ursachenabklärung einen wichtigen Platz ein. Oft sind aber auch Nachstellungstests notwendig. Die wichtigsten verwendeten Methoden sind nachfolgend zusammengefasst. Auf eine detaillierte Beschreibung der vielen Methoden wird hier verzichtet [1,2,3].

- Chemische Analyse:
  - Molekül-Charakterisierung von Polymeren und Additiven, z.B. mit Infrarot-Spektrometrie (FTIR), Strukturaufklärung einzelner Stoffe mit Kernresonanzspektrometrie ( $^1\text{H}$ - &  $^{13}\text{C}$ -NMR), etc.
  - Trennung von Molekülgemischen mit chromatographischen Methoden (GC, HPLC)
  - Bestimmung der Molekulargewichtsverteilung unvernetzter Polymere mit Gelpermeationschromatographie (GPC)
  - Element-Analytik z.B. Screenings mit Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA); Spurenanalytik mit Atomemissions- oder Atomabsorptionsspektrometrie; etc.
  - nasschemische Tests, z.B. Extraktion von Weichmachern und Stabilisatoren, Ermittlung von Kennzahlen etc.
- Thermoanalyse:
  - Ermittlung der Zusammensetzung von Compounds mit Thermogravimetrie (TGA)
  - Sichtbarmachen von Phasenübergängen wie Glasübergangs- oder Kristallitschmelzetemperatur; Charakterisierung von Reaktionsverläufen härtender Reaktionsharze z.B. mit Dynamisch differenzielle Kalorimetrie (DSC)
- Physikalische Charakterisierung:
  - rheologisches Fließverhalten, z.B. Schmelzflussrate (MFR, MVR), Fließkurven mit Kapillarviskosimetern, etc.
  - mechanische Eigenschaften, z.B. im Zug- oder Biegeversuch
  - elektrische Eigenschaften, z.B. elektrische Leitfähigkeit, Dielektrizitätskonstante
  - optische Eigenschaften, z.B. Transmission, Lichtbrechung
- Mikroskopische und mikroanalytische Verfahren:
  - Gefügeanalyse an Dünnschnitten und Dünnschliffen mit Durchlichtmikroskopie mit verschiedenen Kontrastverfahren
  - Bruchanalyse mit dem Rasterelektronenmikroskop (REM) für erhöhte Tiefenschärfe
  - Gefüge- und Materialübersicht mit Mikro-Computertomographie z.B. für das Sichtbarmachen von Glasfaserausrichtung oder Lunker in Bauteilen

- lokal aufgelöste chemische Analytik z.B. mit FTIR-Mikroskopie, Raman-Mikroskopie, Rasterelektronenmikroskop gekoppelt mit Röntgendetektor (REM-EDX) u.a.m.
- Nachstellung von Effekten (Laborsimulation):  
Simulationstests für Materialbelastungen durch Wärmealterung, Bewitterung, Chemikalien (inkl. Spannungsrissbeständigkeit), Verarbeitung, ...

Diese Darstellung zeigt eindrücklich, mit welchem Arsenal von Methoden gearbeitet werden muss, um hinter die Geheimnisse von Schadenfällen zu kommen. Da oft nicht unbeschränkte finanzielle Mittel für die Schadensaufklärung zur Verfügung stehen, ist der Auswahl der geeigneten Untersuchungsmethoden entsprechende Aufmerksamkeit zu widmen: Welche Erkenntnisse holt man aus welchen Methoden heraus. Hier stellt sich dann zusätzlich auch die Frage der repräsentativen Probenahme.

Unbelastete Rückstellmuster sind oft von unschätzbarem Wert, da ohne sie die Ursachensuche stark erschwert werden kann. Rückstellmuster mit Granulaten oder Bauteilen brauchen zwar über die Jahre viel Lagerplatz, können aber bei Schadenfällen äusserst wertvolle Hinweise geben, z.B. bei der Erkennung von Materialverwechslungen oder der Ermittlung des Alterungszustandes (Stabilisierung).

Die Messergebnisse sind Puzzlesteine zu einem oft auf den ersten Blick schwer erkennbaren Bild dar. Liegt das Bild einmal vor, sieht man rasch, ob die ursprünglich vorgeschlagene Ursache aufgeklärt ist oder nicht. Im letzteren Fall müssen eine oder mehrere Schleifen angegangen werden. Die Anzahl Schleifen, die man durchlaufen muss, hängt häufig mit der Vollständigkeit der Hintergrundinformationen zusammen: Je mehr Informationen, umso weniger Schleifen sind notwendig.

Bei der Beurteilung der Schadensart unterscheidet man schliesslich zwischen vermeidbaren Material- und Prozess-Fehlern während der Produktionsphase und dem unvorhersehbaren Versagen eines Bauteils während seiner Anwendung unter Einwirkung verschiedener, im Voraus nicht einberechneter Einflüsse (siehe Abbildung 3). Aus eigener Erfahrung sind Fehler viel häufiger als Versagensfälle, doch wer gibt schon gerne Fehler zu ... Wie bereits eingangs erwähnt kann aber ein gelöster Schadenfall dazu dienen, die Produkte zu optimieren oder gar neue innovative Entwicklungsschritte auszulösen.

#### a) Fehler in der Produktion

- Werkstoffwahl
- Konstruktion,  
Auslegung des Bauteils
- Verarbeitung,  
Formgebung
- Veredlung
- Lagerung, Transport
- ...

→ **vorhersehbar**  
→ **vermeidbar**  
→ **optimierbar**

#### b) Versagen bei der Anwendung

- mechanische Überlastung
- nicht vorgesehene  
Beanspruchung
- physikalische & chemische  
Alterung durch Licht, Wärme,  
Chemikalieneinfluss
- ...

→ **unvorhersehbar**  
→ **kaum vermeidbar**  
→ **nachträglich optimierbar**

**Abbildung 3:** Fehler oder Versagen als mögliche Schadensursache

### 3. Fallbeispiele

In den nachfolgenden Abschnitten werden einige typische Fallbeispiele (Fehler und Versagensfälle) vorgestellt und erklärt. Die Fälle sind zum Schutz der betroffenen Firmen in verschlüsselter Form dargestellt, weshalb manchmal auf Bildmaterial verzichtet werden muss. Die dazu eingesetzten Untersuchungsmethoden sind allenfalls kurz erläutert.

#### a) Material-Verwechslung oder -Vermischung

Ein falsch eingestelltes Ventil, ein Sack Granulat von einem falschen Palette, ... Die Ursachen für Materialverwechslungen und Vermischungen können sehr unterschiedlich sein und sind eine der häufigsten Ursachen von Kunststoff-Schadenfällen.

In einem Fall wurde beim Laserbeschriften eines schwarzen Bauteiles aus Polyamid 6 (PA 6) festgestellt, dass die Schrift nicht mehr weiss, sondern höchstens grau bis dunkelbeige wurde. Laserbeschriftbare Materialien enthalten Additive, die bei starker Laserbestrahlung durch chemische Reaktionen die Farbe ändern. So wurde also vermutet, dass im Granulat das Additiv vergessen ging. Da die Bestimmung dieses Additives sehr aufwändig gewesen wäre, überprüfte man in einem ersten Schritt, ob die Gut- und Schlechteile überhaupt aus PA6 bestehen. Hierzu wurde die Infrarot-Spektrometrie verwendet, die klar auf Polyamid-Basismaterial hinwies. Des Weiteren wurde die DSC-Messmethode verwendet, die über eine kalorimetrische Wärmestrommessung Hinweise auf die Kristallitschmelzetemperatur gab. Dabei wurde festgestellt, dass die Schlechteile neben PA 6 auch PA 66 mit einem um 30°C höheren Schmelzpeak enthielten (siehe Abbildung 4). Abklärungen im Betrieb ergaben, dass in der Produktionshalle zwei ganz ähnlich beschriftete Polyamid-Säcke auf verschiedenen Paletten lagerten: Die eine Palette enthielt das bestimmungsgemäss einzusetzende PA 6 mit dem Laseradditiv, die andere ein schwarzes PA 66 ohne Additiv. Es lag also eine Materialverwechslung vor.

Ein weiterer Fall betraf ein PA 66 Bauteil, welches mit heissem Trinkwasser in Kontakt kam. Nach der Spritzguss-Produktion wurde ein unerträglicher Geruch an diesen Bauteilen festgestellt, der auch zu einer sensorischen Veränderung des Wassers führte. Anhand gaschromatographischer Analysen konnte der Geruch identifiziert werden: es handelte sich um 2,6-Dibrombenzol, das im Kunststoff niemals als Additiv vorkommen kann. Man vermutete, dass es sich vielleicht um Abbauprodukte von bromierten Flammschutzmitteln handeln könnte, was eine Röntgenfluoreszenzmessung RFA bestätigte: das Material enthielt etwa 4% Brom. In der Firma wurden aber keine flammgeschützten Polyamide verarbeitet. Daher wurde die Materialart mit IR und DSC untersucht. Im IR konnte über Umwege eindeutig Hinweise auf Polybutylenterephthalat PBT gefunden werden. Die betroffene Firma verarbeitete ein mit bromierten Flammschutzmitteln versehenes PBT, weshalb auch in diesem Fall eine Materialvermischung während der Produktion wie im ersten Fall geschildert vorlag. Diese Studie umfasste somit mehrere Schlaufen gemäss Abbildung 2, bis der Verursacher seine „Schuld“ zugab.

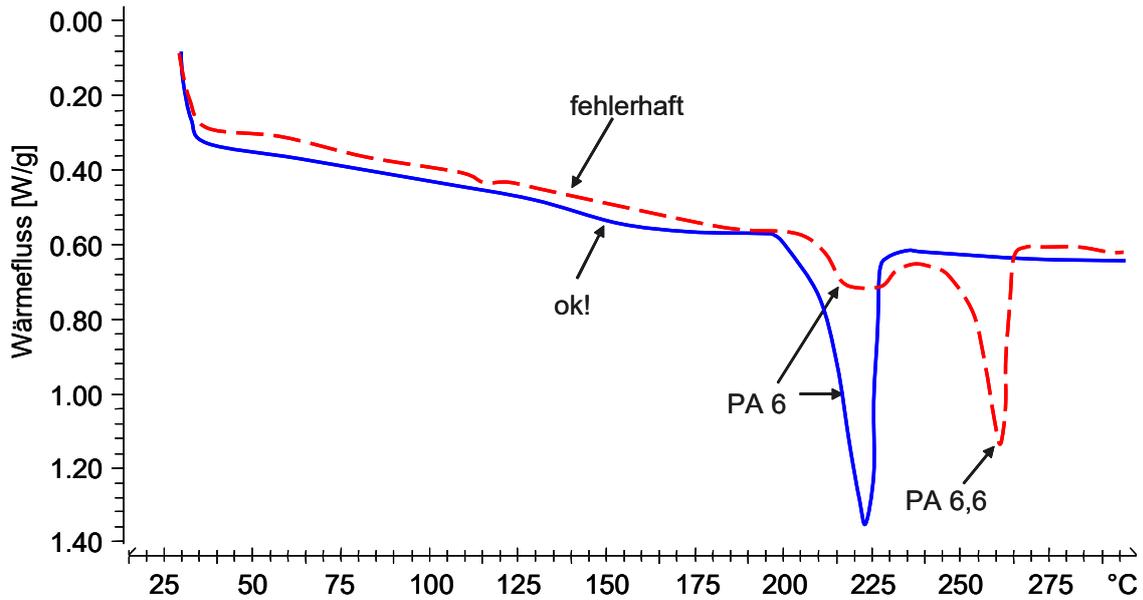


Abbildung 4: DSC-Messungen (10°C/min unter Stickstoff) von Polyamid-Bauteilen; das Schlechttteil enthält neben PA 6 auch PA 66 als Fremdkomponente

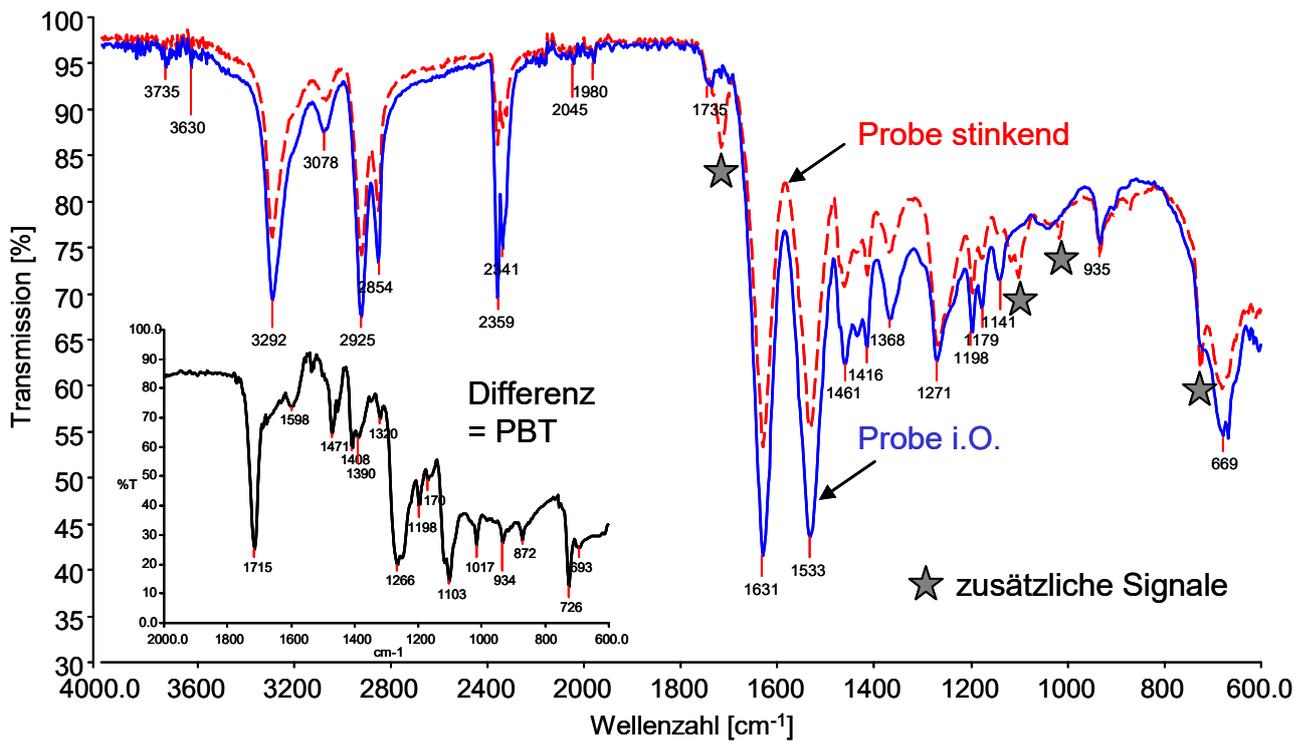


Abbildung 5: IR-Spektren von PA 66 Bauteilen; das Schlechttteil zeigt klare Hinweise auf die Polyesterstruktur eines PBT, wie dies im Differenzspektrum gut ersichtlich ist.

**b) Einschlüsse in Bauteilen**

Vielfach beeinträchtigen optische Fehler wie Einschlüsse in Kunststoffbauteilen diese kaum, dennoch werden sie beanstandet, weil sie als qualitativ minderwertig eingestuft werden. Grössere nicht-haftende Einschlüsse können tatsächlich schlimmstenfalls festigkeits-reduzierend sein, jedoch sind die meisten Einschlüsse völlig harmlos. Dennoch sind derartig Schadensuntersuchungen an Bauteilen mit Einschlüssen sehr häufig – und oft in der Präparation anspruchsvoll.

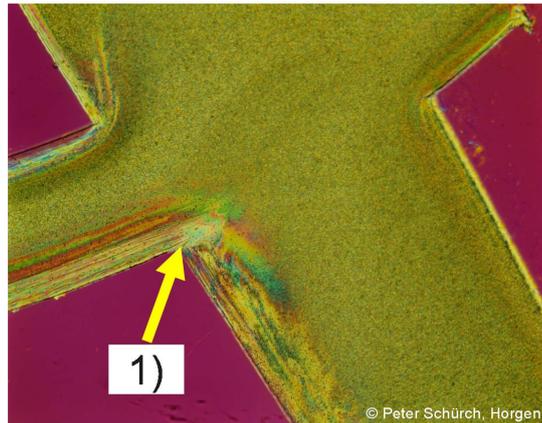
Um die Quelle unerwünschter Einschlüsse festzustellen werden diese häufig mit mikroanalytischen Methoden nach geeigneter Freilegung untersucht. Dabei eignen sich die IR-Mikroskopie für organische Stoffe und REM-EDX für Elementanalysen mit lokaler lateraler Auflösung bis unter 10 µm ausgezeichnet. Die Einschlüsse lassen sich entweder auf Materialfehler oder Fehlhandlungen in der Prozesskette zurückführen, wie nachfolgende Beispiele zeigen:

- Einschlüsse von fremden, nicht aufschmelzenden Kunststoff-Teilchen waren durch Verunreinigungen beim Absacken der frisch hergestellten Granulate in den Materialstrom eingeschleust worden.
- Inhomogen verteilte Pigmente wie Titan(IV)-oxid, Russ, etc. waren bei spitzgegossenen Bauteilen auf unzureichende Homogenisierung während der Aufbereitung vor dem Einspritzen zurückzuführen.
- Papierreste in Joghurtbechern wurden durch firmeninterne Recyclingprozesse bei der Extrusion in die Folien eingebaut.
- Baumwollfasern in einer transparenten Gummimischung stammten von „Putzfäden“ zur Reinigung.
- Beim Spritzgiessen stark verschleissender Materialien (z.B: faserverstärkte Thermoplaste) wurden Metallabriebs-Partikel aus dem Spritzzylinder, der Schnecke oder der Düse in Bauteile eingebaut.

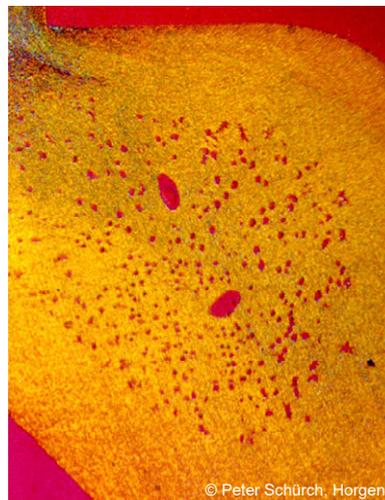
**c) Fehler beim Spritzgiessprozess**

Auch wenn das Material einwandfrei ist und keine Einschlüsse enthält, kann durch unsachgemässes Verarbeiten das Material überbeansprucht werden, wodurch ein frühzeitiges Versagen im Einsatz resultieren kann. Die langkettigen Moleküle werden insbesondere beim Spritzgiessen je nach Prozessparameter und verwendetem Werkzeug stark geschert, was zu sog. Orientierungsspannungen führen kann, die bei geringen Belastungen z.B. an Kanten zum Brechen führen. Um derartige Effekte sichtbar zu machen, wendet man die mikroskopische Gefügeanalyse an. Die Betrachtung von ca. 10 µm dünnen Dünnschnitten oder Dünnschliffen im Polarisationsmikroskop zeigt meist eindeutig, wo Werkzeug- oder prozesstechnische Fehler liegen könnten, wie dies nachstehende Beispiele offenbaren.

- Der Dünnschnitt eines thermoplastischen Bauteils (siehe Abbildung 6) zeigte starke Scherorientierungen in den Umlenkungen, die unter Gebrauchsbelastung zum Bruch des Bauteils führten. In diesem Fall lag ein Werkzeugfehler vor: Scherorientierungen in scharfkantigen Anbindungen und Umlenkungen können durch Anbringen von Radien leicht reduziert werden, sodass Spannungsspitzen vermieden werden.
- In einem anderen Bauteil wurde die Festigkeit durch Lunker (siehe Abbildung 7) stark reduziert. Diese sind beim Spritzgiessen hier durch zu geringen Nachdruck entstanden, weshalb das Werkzeug nicht ausreichend mit Schmelze aufgefüllt wurde.



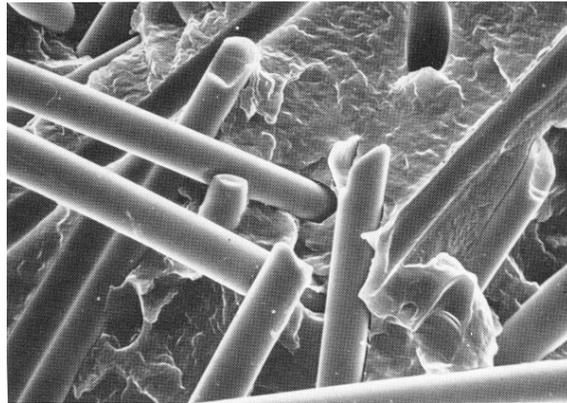
**Abbildung 6:** *Polarisationsmikroskopie an einem Dünnschnitt eines teilkristallinen Thermoplastbauteils; Stelle 1 zeigt gut sichtbare Scherorientierungen der Molekülketten [4]*



**Abbildung 7:** *Polarisationsmikroskopie an einem Dünnschnitt eines teilkristallinen Thermoplastbauteils; In der Mitte sind Mikroporosität & grössere Lunker erkennbar [4]*

#### d) Bruchstudien

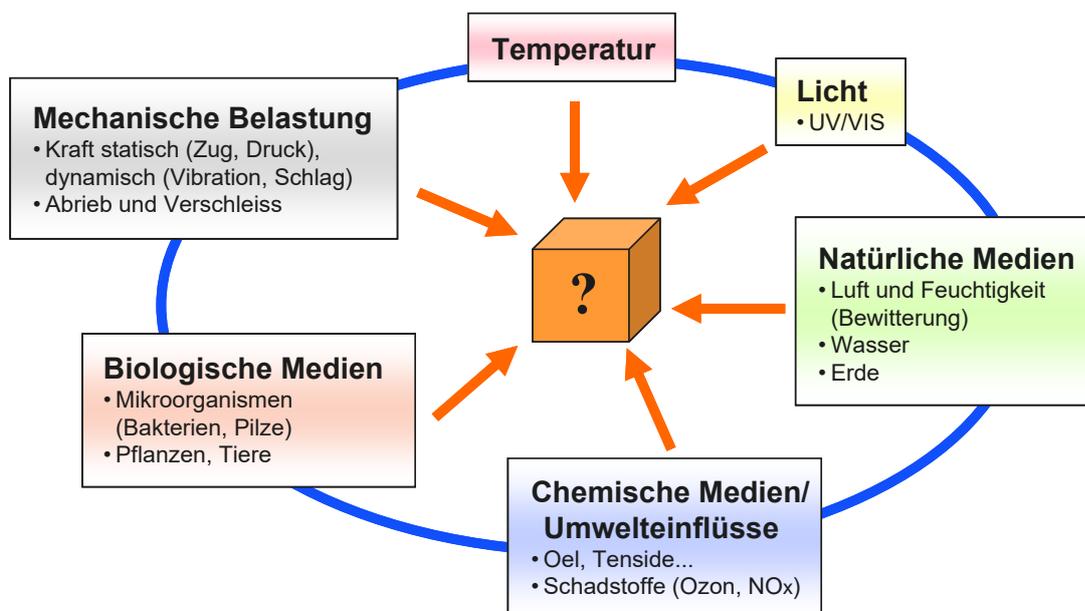
Mittels Rasterelektronenmikroskopie REM lassen sich dank der hohen erreichbaren Tiefenschärfe Untersuchungen an gebrochenen Stellen vornehmen. So können z.B. Bruchbeginn (z.B. Risse) und Bruchverlauf nachvollzogen werden und somit eindeutige Hinweise auf Bruchursachen ermittelt werden. Bei faserverstärkten Proben geht es häufig darum herauszufinden, warum ein Bauteil bei bereits geringer Krafteinwirkung bricht. Dabei kann vielfach festgestellt werden, dass die Fasern infolge mangelnder Haftung zum Kunststoff die verstärkende Wirkung gar nicht wahrnehmen können (siehe Abbildung 8). Dies ist oft auf nicht geeignet entfernte Faserschichte oder fehlende Vorbehandlung der Fasern zurückzuführen. Reduktionen in der Zugfestigkeit bis zu 80% können daraus resultieren.



**Abbildung 8:** REM-Bilder von gebrochenen glasfaserverstärkten Kunststoffbauteilen; Fasern weisen an Oberfläche keine Rückstände von Polymer auf; auch ist kaum Haftung zu Polymermatrix zu erkennen. Dies führte zu massiv geringerer Zugfestigkeit und damit zu verfrühtem Bruch des Bauteils.

### e) Versagen durch Alterung & Chemikalieneinfluss

Eine Vielzahl von Schäden lässt sich auf Belastungen im Einsatz zurückführen. Je nach Anwendung kann eine Alterung durch Wärme oder/und Bewitterung stattfinden oder das Bauteil wird durch den Kontakt mit Chemikalien oder biologischen Medien beeinträchtigt. Wenn dann noch mechanische oder gar von der Verarbeitung her eingefrorene Spannungen im Spiel sind, kann ein frühzeitiges Versagen durch Spannungsrisse resultieren. Abbildung 9 zeigt typisch schädigende Einflüsse auf Kunststoffe, die meist nicht alleine, sondern oft in Kombination auftreten. Die Effekte durch derartige Einflüsse sind materialspezifisch zu beurteilen. Neben dem Basispolymer spielen auch manchmal die verschiedenen Additive bei den Abbauprozessen eine entscheidende Rolle.



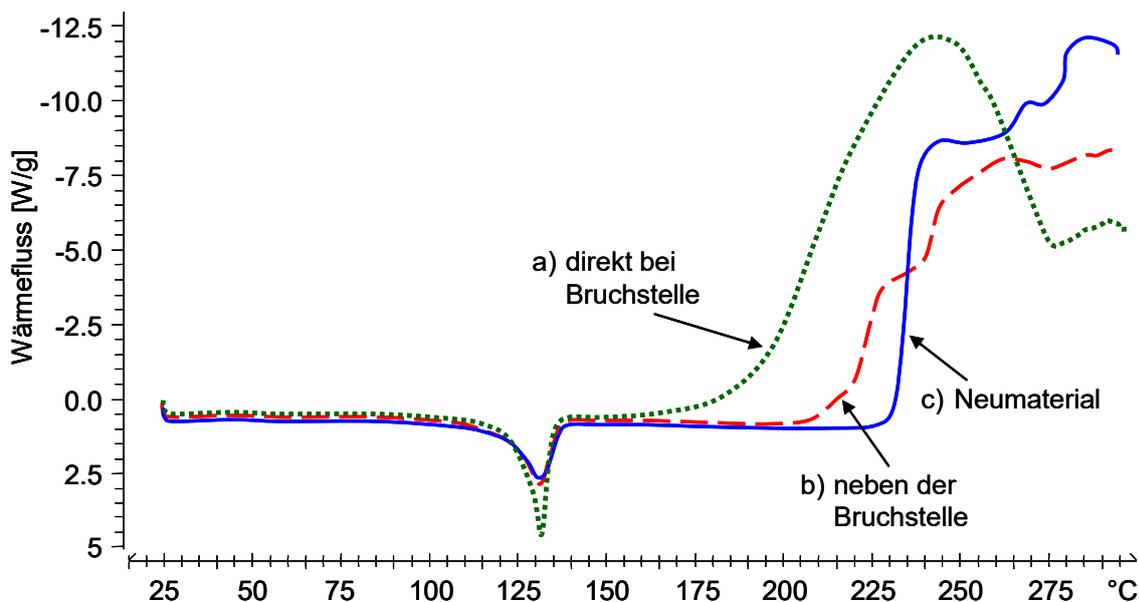
**Abbildung 9:** Äussere Einflüsse auf Kunststoffe, die zu Schäden führen können.

Anhand von 2 Fallbeispielen werden typische einsatzbedingte Schäden erörtert:

- Bodenheizungsrohre aus Polyolefinen (PE, PB) sind auf eine lange Lebensdauer bei ca. 60-65°C ausgelegt. Bei einigen Installationen wird oft zu heisses Wasser durch die Rohre gelassen, weshalb die Alterung beschleunigt abläuft. Innerhalb weniger Monate oder Jahre versprödet und bricht ein solches Rohr, was zu teuren Wasserschäden in der Hausinstallation führen kann.

Die beschleunigte Alterung durch zu hohe Anwendungstemperaturen ist oft nicht die einzige Ursache für ein frühzeitiges Versagen: Eine verfahrensbedingt schlechte Bindenaht bei der Extrusion der Rohre, unter zu hoher mechanischer Spannung gebogen montierte Rohre oder metallische Abriebsrückstände in Rohrkrümmungen können weitere mögliche Gründe für Brüche sein.

Oft müssen mehrere Untersuchungsmethoden eingesetzt werden, um eine Bruchursache eindeutig abzuklären. Zum Beispiel eignet sich eine kalorimetrische DSC-Methode (DSC-OIT), um die Oxidationsstabilität unterschiedlicher Materialstellen zu bestimmen, was Hinweise auf die lokale Reststabilisierung des Materials gibt. Abbildung 10 zeigt DSC-Kurvenverläufe von geschädigtem Material (mit früher Zersetzungstemperatur) im Vergleich zu weniger beanspruchtem oder neuem Material.



**Abbildung 10:** DSC-OIT-Messungen (10°C/min unter Sauerstoff) an Polyolefin-Bodenheizungsrohr: Kristallitschmelze bei ca. 130°C erkennbar;  
 a) direkt bei Bruchstelle, Zersetzung ab 170°C, Stabilisierung aufgebraucht;  
 b) neben der Bruchstelle, Zersetzung ab ca. 210°C, schwach stabilisiert;  
 c) Neumaterial, Zersetzung ab etwa 235°C, gut stabilisiert.

- Ist ein Kontakt eines Kunststoffbauteils mit Chemikalien vorgesehen, muss dies bereits bei der Materialwahl berücksichtigt werden. Kunststoffe kann man zwar gegenüber Wärme- und Lichteinfluss stabilisieren, nicht aber gegenüber dem Kontakt mit Chemikalien. Besonders gefährdet sind Kunststoff-Bauteile, die neben einem Chemikalienkontakt auch noch mechanischen Spannungen ausgesetzt sind, wie dies z.B. bei Schnappern oder aufschraubbaren Deckeln der Fall sein kann.

In einer sehr sensitiven Branche wurden auf einer Flasche mit einem Schraubverschluss an wenigen Verschlüssen im Deckel Risse beobachtet, die schliesslich zum Abbrechen des Deckels führten. Die mikroskopischen Untersuchungen deuteten klar auf Spannungsrisse hin, jedoch war nicht klar, welcher Chemikalienkontakt schliesslich zu diesem Versagen führt. Nach intensiven Abklärungen bezüglich dem „Umfeld“ der Flasche wurde ein möglicher Einfluss durch Restlösemittel aus der Verpackung aus geschäumtem Polystyrol EPS ermittelt. Nachstellungstests mit definiert verschlossenen Flaschen in einer lösungsmittelhaltigen Atmosphäre bewiesen schliesslich diese Vermutung. Gerade dieses Beispiel zeigt, wie wichtig umfassende Hintergrundinformationen zur Lösung von Schadenfällen beitragen können.

## 4. Fazit

Die kleine Auswahl von Fallbeispielen zeigt, dass die Bearbeitung von Schadenfällen sehr herausfordernd sein kann. Die technischen Möglichkeiten zur Ursachenklärung werden immer vielseitiger und erlauben einen zunehmend detaillierten Einblick in das Material und Gefüge. Die quasi forensische Vorgehensweise – sowohl was die Strategie anbetrifft wie auch das Herauskitzeln der notwendigen Informationen bei den beteiligten Parteien – macht die Arbeit oft äusserst spannend. Der Einbezug von „unbelasteten“ Experten bei der Bearbeitung von Schadenfällen öffnet zudem vielfach neue Türen mit unerwarteten Ergebnissen.

Auch wenn bei einer Schadensanalyse bei den Beteiligten oft zuerst Ärger, Kosten und weitere negative Aspekte im Vordergrund stehen, so darf nicht unterschätzt werden, dass diese für die Weiterentwicklung und Optimierung der Kunststoffbauteile von grosser Bedeutung sein können.

## Referenzen

- [1] G.W. Ehrenstein: Erlanger Kunststoff-Schadenanalyse; 10 Bände; Veröffentlichungen ab 2019, Hanser-Verlag (München)
- [2] F. Kurr: Praxishandbuch der Qualitäts- und Schadensanalyse für Kunststoffe; 2. Auflage 2014, Hanser-Verlag (München)
- [3] VDI-Richtlinien 3822, Blatt 2.x; Schäden an thermoplastischen und elastomeren Kunststoffprodukten; VDI-Gesellschaft Materials Engineering, Fachbereich Kunststofftechnik, (Düsseldorf)
- [4] Die Gefügebilder wurden von P.Schürch (Seniorexperte mikroskopische Gefügeanalyse; CH-8810 Horgen) freundlicherweise zur Verfügung gestellt.