

Bitte beachten: Der vorliegende Bericht dient zu Informationszwecken! Der originale Inhalt ist stark verkürzt und nur auszugsweise wiedergegeben.

Untersuchungsbericht

Ermittlung der Bruchursache an einer Zählerkapsel

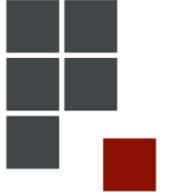


Dr.-Ing. Korbinian Puchner ■ Werkstoffkundliche Schadensanalytik

Mariengasse 6
82234 Wessling

Tel.: +49 (0)8153 909 83 00
Mobil: +49 (0)173 996 50 80

Web: www.puchner-schadensanalytik.de
Mail: info@puchner-schadensanalytik.de



Untersuchungsgegenstand / Äußerer Zustand



Zur Untersuchung liegt ein demontierter Messkapselzähler aus dem Kaltwasserstrang einer Hausinstallation vor. Nach einer mehrjährigen Betriebsdauer trat nach Angaben des Auftraggebers ein Riss im Gehäuse der Messkapsel auf, in deren Folge ein erheblicher Wasserschaden entstanden sein soll.

Die Detailbetrachtung des Messeinsatzes lässt den Rissverlauf auf der nach außen weisenden Deckfläche erkennen (Bild 1). Es handelt sich um einen vollständig umlaufenden Riss mit Durchtrennung des gesamten tragenden Querschnitts. Die weitgehend ebene, verformungslose Trennfläche verläuft unter einem Winkel von etwa 45° zu den äußeren Bezugsflächen (Bild 2).

Bilder 1 und 2: Übersichtsaufnahmen der untersuchungsgegenständlichen Messkapsel



Makrofraktographie / Digitalmikroskopie



Bild 3 ist die geöffnete Rissfläche in Übersicht dargestellt. Die hell gefärbte Bruchfläche mit makroskopisch mattem Reflexionsvermögen weist eine überwiegend fein strukturierte Topographie mit vereinzelt, kleinflächigen Schuppen auf.

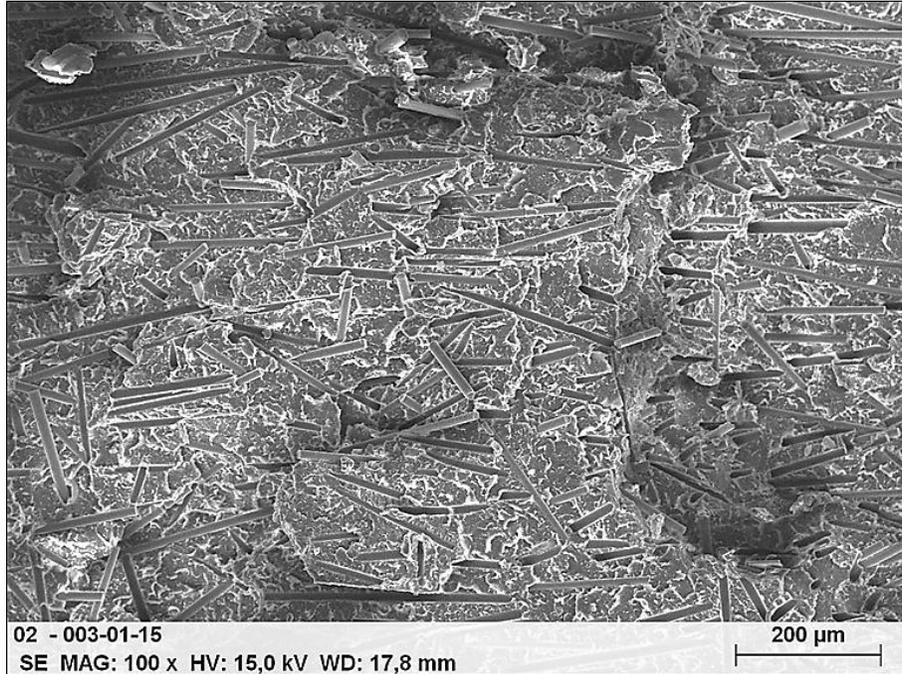
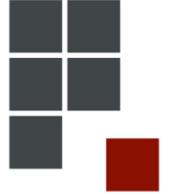


Die digitalmikroskopische Detailaufnahme der Bruchfläche (Bild 4) lässt erkennen, dass die Messkapsel aus einem faserverstärkten Kunststoff gefertigt ist. Es fällt auf, dass die Verstärkungsfasern innerhalb der Bruchfläche keine isotrope Orientierung aufweisen, sondern eine deutliche Textur.

Bilder 3 und 4: Übersichts- und Detailaufnahme der Bruchfläche



Mikrofraktographie / Rasterelektronenmikroskopie



Die elektronenmikroskopische Untersuchung bestätigt eine deutlich erkennbare Vorzugsrichtung der Verstärkungsfasern (Bild 5). Der Großteil der Fasern weist eine bruchflächenparallele Orientierung auf.

Bild 5:
REM-Aufnahme
der Bruchfläche

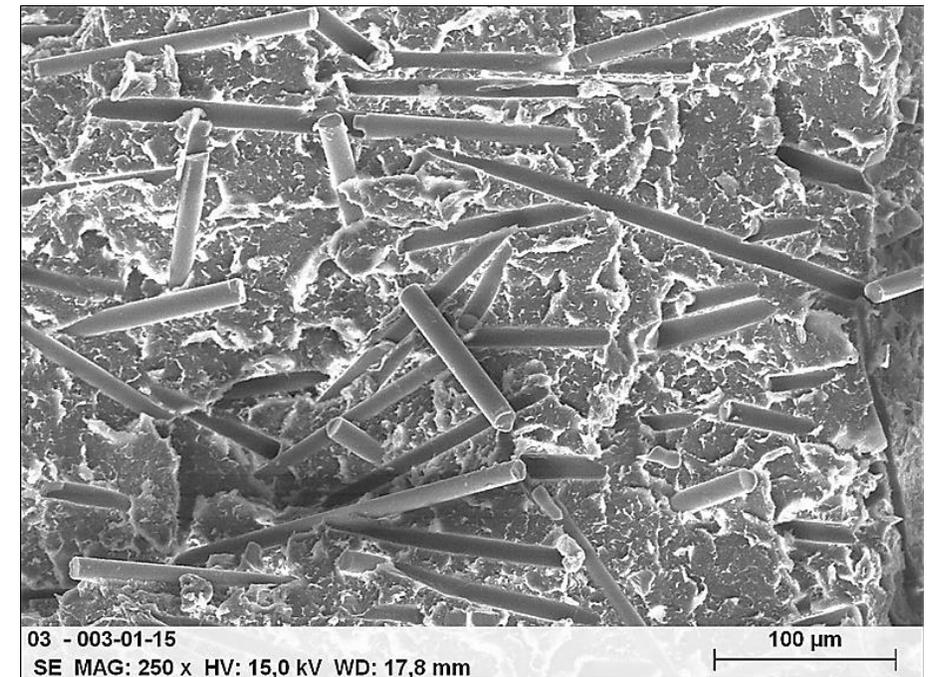
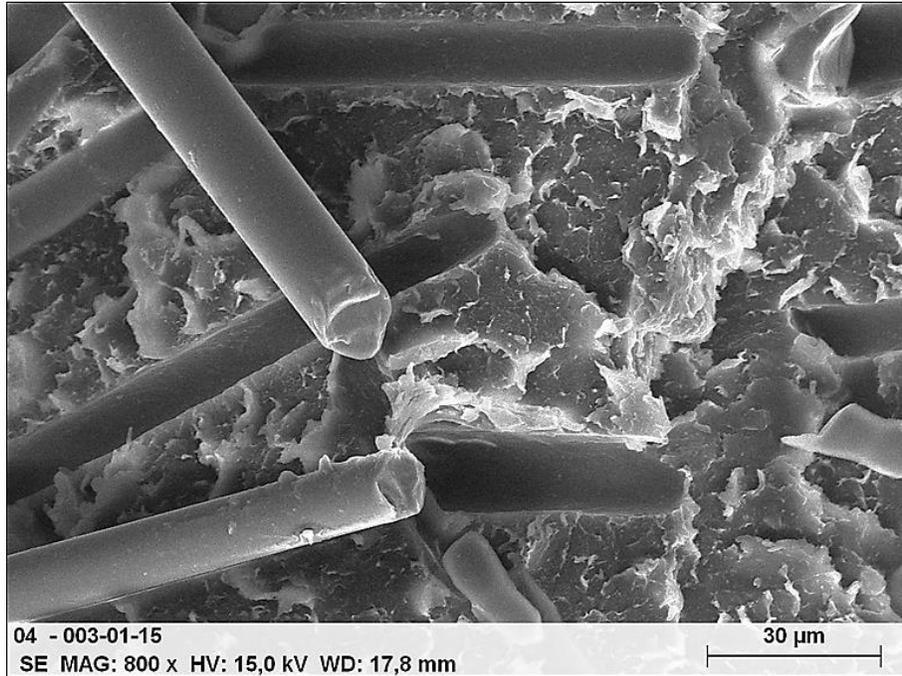


Bild 6:
Detail aus Bild 5

Zudem ist festzustellen, dass ein erheblicher Anteil der Fasern durch das Bruchereignis aus der Matrix herausgelöst wurde, wie anhand der faserkonformen Vertiefungen in der Bruchfläche zu erkennen ist (Bild 6).



Mikrofraktographie / Rasterelektronenmikroskopie



An den Oberflächen der Glasfasern haften praktisch keinerlei Reste der Kunststoff-Matrix an. Dies belegen die absolut glatten Abdrücke der aus der Bruchfläche herausgelösten Fasern (Bild 6) sowie eine beispielhafte Detailaufnahme freiliegender Faserenden (Bild 7).

Bild 7:
REM-Aufnahme
von freien Faserenden

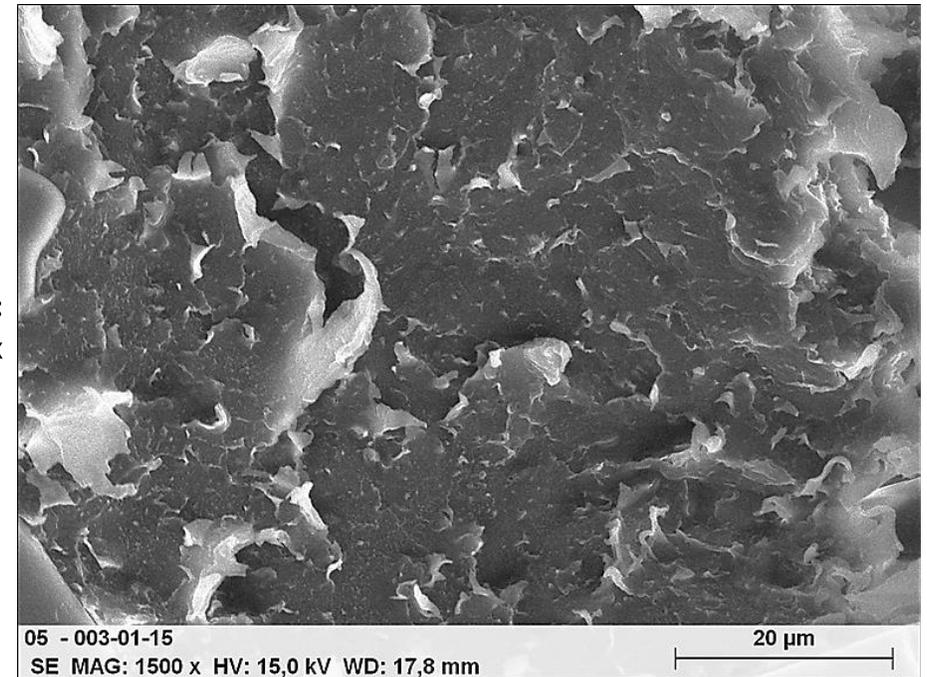


Bild 8:
REM-Aufnahme der Matrix

Die in einem faserfreien Abschnitt angefertigte Detailaufnahme zeigt ausgeprägte plastische Verstreckungszipfel der Kunststoffmatrix (Bild 8). Derartige Bruchfahnen stellen typische mikrofraktographische Merkmale eines duktilen Gewaltbruchs dar.



Ergebnisbewertung



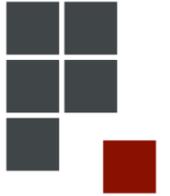
Es ist nachzuweisen, dass die Zählerkapsel infolge einer Gewalteinwirkung duktil gebrochen ist. Die fraktographische Untersuchung bestätigt, dass im Bruchquerschnitt eine ausgeprägte Textur der Verstärkungsfasern vorliegt.

Mittels mikrofraktographischer Aufnahmen ist eine im Wesentlichen bruchflächenparallele Ausrichtung der Glasfasern zu belegen. Eine derartige Vorzugsorientierung der Verstärkungsfasern (Textur) deutet auf eine ungünstige Prozessführung während des Spritzgießvorgangs hin.

Neben der nachteiligen Faserorientierung sind an bruchbedingt freigelegten Verstärkungsfasern praktisch keinerlei Anhaftungen von Matrixresten zu erkennen. Die Beschichtung der Glasfasern sollte eine Matrixhaftung bewirken, damit eine hohe Kraftübertragung und eine gute Klebeverbindung herstellbar wird; es liegt hier aber eine mangelhafte Matrixhaftung vor. Die Folge ist eine eingeschränkte Formteilstufigkeit.



Ergebnisbewertung



Zur Veranschaulichung der bruchrelevanten Beanspruchung wird ein Makroschliff durch den Rissbereich präpariert (Bild 9). Es fällt auf, dass der Riss am Rand der Anlagefläche des Gewinderings zur Fixierung der Messkapsel (grünes Rechteck) den Querschnitt durchdringt. Die Verschraubungskräfte sind durch senkrecht nach unten wirkende Pfeile (grün) schematisch dargestellt. Der daraus entstehende Kraftfluss hat keine Auswirkung auf den Rissbereich. Der Montagevorgang steht somit in keinem ursächlichen Zusammenhang mit der Rissbildung.

Druckkräfte aus dem Betriebsmedium stützen sich als Flächenlast auf der Innenseite des Deckels ab (blaue Pfeile). Diese wird im Rissbereich in Form von Zugspannungen abgetragen wird (rote gestrichelte Pfeile). Zweifelsfrei handelt es sich hierbei um die schadenrelevante Beanspruchung, die an der Innenkante der Zählerkapsel zur Rissinitiierung führt.

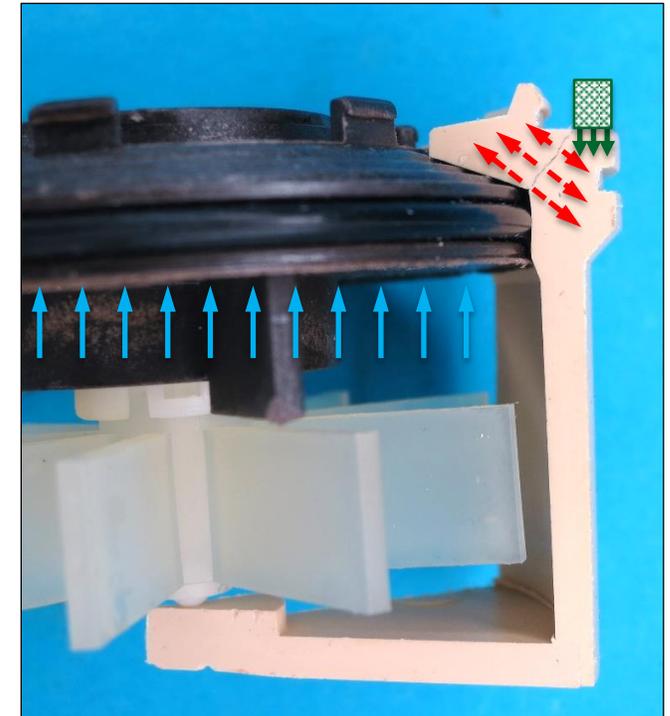
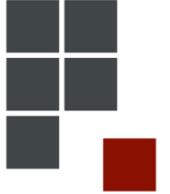


Bild 9: Makroschliff zur Veranschaulichung der Beanspruchungsverhältnisse

Zusammenfassung



Zusammenfassend ist festzustellen, dass der umlaufende Riss durch die Druckkräfte des Betriebsmediums hervorgerufen wurde. Der duktile Gewaltbruch der Kunststoffmatrix deutet darauf hin, dass eine Druckspitze bzw. ein Druckschlag die Rissbildung maßgeblich beeinflusst hat.

Das Versagen ist darauf zurückzuführen, dass aufgrund der schlechten Matrixhaftung der Verstärkungsfasern sowie deren ungünstiger Orientierung die Formteilstfestigkeit deutlich reduziert wird. Als Schadensursache ist somit ein Herstellungsmangel zu ermitteln. Hinweise auf eine fehlerhafte Montage liegen nicht vor.

