

Praxishandbuch der Qualitäts- und Schadensanalyse für Kunststoffe

Bearbeitet von
Friedrich Kurr

1. Auflage 2014. Buch. 456 S.

ISBN 978 3 446 43775 3

Format (B x L): 20,3 x 27,5 cm

Gewicht: 1425 g

[Weitere Fachgebiete > Technik > Werkstoffkunde, Mechanische Technologie > Materialwissenschaft: Polymerwerkstoffe](#)

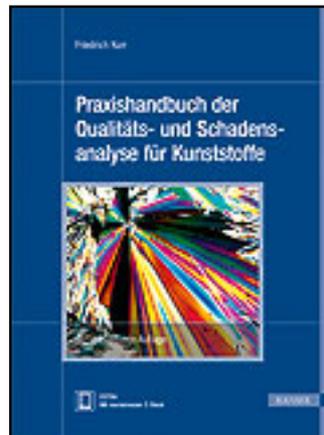
Zu [Inhaltsverzeichnis](#)

schnell und portofrei erhältlich bei

The logo for beck-shop.de features the text 'beck-shop.de' in a bold, red, sans-serif font. Above the 'i' in 'shop' are three red dots of varying sizes, arranged in a slight arc. Below the main text, the words 'DIE FACHBUCHHANDLUNG' are written in a smaller, red, all-caps, sans-serif font.

beck-shop.de
DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung beck-shop.de ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.



Leseprobe

Friedrich Kurr

Praxishandbuch der Qualitäts- und Schadensanalyse für Kunststoffe

ISBN (Buch): 978-3-446-43775-3

ISBN (E-Book): 978-3-446-43728-9

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-43775-3>

sowie im Buchhandel.

Hinweis zur Leseprobe:

Die Leseprobe soll Ihnen die Systematik des Buchaufbaus verständlich machen, daher wurden aus dem Fachwortverzeichnis beispielhaft Begriffe ausgewählt und **rot** markiert. Diese werden in den folgenden Seiten der Leseprobe durch die Seiten aus den beiden weiteren Kapiteln (Definitionen, Schadensbilder) definiert und der Praxisbezug wird hergestellt.

Buchseite Kapitel 1	Buchseite Kapitel 2	Buchseite Kapitel 3
Seite: 002, Abformung, Alterung	Seite: 074	Seite: 400, Bild 513
		Seite: 351, Bild 415
Seite: 003, Anguss (mit Kaltfließlinien)	Seite: 075	Seite: 222, Bild 158
Seite: 025, Gutachten	Seite: 100	Seite: ---
	Seite: 101	Seite: ---
Seite: 047, Qualitätseinflüsse Spritzgießen	Seite: 125	Seite: ---
Seite: 057, Spannungsrisskorrosion	Seite: 130	Seite: 388, Bild 489
Seite: 064, Versprödung	Seite: 137	Seite: 293, Bild 300

Nr.	Fachworte	Bild-Nr.	Kunststoff	Verarbeitung	Formteil	Kontrast
0001	Abbau	Definition				
0002	• bei PFA	385				
0003	• bei PVC	023				
0004	Abflammen:	Definition				
0005	• mit Bunsenbrenner	486	PE100	Extrusion	Gasrohr	AL
0006	• mit Gasflamme	487	PE100	Abflammen	Gasrohr	AL
0007	Abformung (Formteilabformung):	Definition				
0008	• gute, durch anfangs hohen Nachdruck	587	PC	Spritzgießen	Telefongehäuse	AL
0009	• mangelhafte, bei ABS	585	ABS	Spritzgießen	Blende	AL
0010	• mangelhafte, bei PA6-GF30	513	PA6-GF30	Spritzgießen	Armlehne	AL
0011	• mangelhafte, bei PE	166	PE	Spritzgießen	Klammer	AL
0012	• mangelhafte, bei POM	004	POM	Spritzgießen	Klammer	AL
0013	• verbessern	586	PC	Spritzgießen	Telefongehäuse	AL
0014	Abhebemethoden für Dünnschnitte	108	Dünnschnitt	Mikrotom	Tabelle	Tabelle
0015	Abkühlung, extreme	588	PE	Spritzgießen	Hülse	DL
0016	Abkühlzeit, zu lange	048	PP	Spritzblasen	Flasche	AI
0017	Ablagerung	Definition				
0018	Ablösung	Definition				
0019	Abrasion	Definition				
0020	Absicherung durch Fragen an den Auftraggeber	581	ABS/PC	Spritzgießen	Griffmulde	AL
0021	Achromat-Objektiv	Definition				
0022	Additive	Definition				
0023	Agglomeration	Definition				
0024	Alterung:	Definition				
0025	• beschleunigte	492	SAN	Spritzgießen	Becher	DL
0026	• beschleunigte	493	SAN	Spritzgießen	Becher	DL
0027	• durch Feuchtigkeits- und Schmieröleinfluss	416	POM	Spritzgießen	Oberfläche	AL
0028	• durch Hydrolyse	415	POM	Spritzgießen	Schaltergehäuse	AL
0029	• durch Medieneinfluss und Freibewitterung	310	PUR Schaum	Schäumen	Stoßfänger	REM
0030	Alterungsbeständigkeit	Definition				
0031	• und Verzug	570	ABS	Spritzgießen	Verbandskasten	AL: 1 : 1
0032	Alterungseinflüsse	Definition				
0033	Alterungsprüfung ist grundsätzlich wichtig	022	EPDM	Extrusion	Fensterdichtung	AL
0034	Alterungsschutz	Definition				
0035	Alterungsursachen	Definition				
0036	Alterungsversuch	398	SAN	Spritzgießen	Behälter	AL
0037	Altlackreste	199	PBT	Lackieren	Lüfterlamelle	AL
0038	Aluminium-Bedampfung:	209	ABS	Bedampfen mit AL	Formteil	AL-DIC + λ
0039	• mit gelbem Decklack	210	SB	Bedampfen mit AL	Formteil	AL-DIC + λ

Fachworte	Erklärungen der Begriffe
Abbau	Ein chemischer oder mechanischer Abbau der Formteiloberfläche erfolgt durch einen Medienangriff oder Verschleiß und ein chemischer oder thermischer Abbau der Matrix (Gefüge), durch einen Medienangriff oder eine erhöhte Temperatureinwirkung (s. a. → Alterung, → Hydrolyse, → Lösungsmittel, → Matrix, → Medienangriff, → Spannungen, → Spannungsrisskorrosion, Überhitzung, thermische, → Verschleiß, → Wechseltemperaturen und → Zersetzung, thermische).
Abflammen	Das Abflammen einer Kunststoffoberfläche bewirkt, über die damit verbundene Oberflächenoxidation, eine bessere Benetzbarkeit und Adhäsion. Dadurch werden die Lackhaftung und Klebfestigkeit erhöht und bei einigen unpolaren Kunststoffen erst möglich (z. B. bei PE, PP, PB, PIB). Weitere Methoden sind elektrostatische und chemische Oberflächenbehandlungen (s. a. → Benetzbarkeit und → Primern).
Abformung, (Formteil-abformung)	Bei einer mangelhaften Werkzeugfüllung entstehen Abformungsfehler in der Formteiloberfläche. Die eingespritzte Formmasse kann dann die Kavitation im Werkzeug nicht vollständige füllen (mangelhafte Abformung). Ursachen sind: ein reduzierter Formmassefluss bei zu geringer Masse-, Werkzeug- und oder Formmasse-temperatur, eine zu langsame Einspritzgeschwindigkeit oder ein zu geringer Einspritzdruck und Nachdruck (s. a. → Einspritzdruck, → Einspritzgeschwindigkeit, → Entlüftung, → Formmassefluss, → Formmasse-temperatur, → Kaltfluss, → Kavitation, → Masse-temperatur, → Nachdruck, → Nadelverschlussdüse, → Orangenhaut, → Schwimmhaut, → Werkzeugabformung, → Werkzeugabgleich (Füllstudie), → Werkzeugatmung, → Werkzeugentlüftung, → Werkzeugschließkraft, → Werkzeugtemperatur, → Werkzeuggrenzung, → Werkzeugüberfüllung, → Werkzeugversatz, → Werkzeugwiderstand (Extruder) und → Werkzeugzuhaltung).
Ablagerung	Eine Ablagerung ist ein physikalischer oder chemischer → Rückstand auf der Formteiloberfläche.
Ablösung	Ablösung ist hier die Trennung einer Schicht oder eines Belages von der Formteiloberfläche (s. a. → Oberflächenveredelung und ferner → Beschichten, → Delamination, → Galvanikfehler, → Klebstreifenmethode und → Präparationstechniken).
Abrasion	Abrasion ist ein Oberflächenabrieb, z.B. durch Verstärkungstoffe in der Schnecke und im Zylinder (s. a. → Glasfasern).
Achromat-Objektiv	Achromat bedeutet, das Objektiv wurde auf zwei Farben Rot und Blau korrigiert, damit beide verzerrungsfrei in der Schärfenebene abgebildet werden (s. a. → Neofluarlinse, → Objektiv und → Planapo-Objektiv).
Additive	Additive werden Kunststoffen zugemischt, um ihre Eigenschaften und Lebensdauer (Alterung) zu verbessern. Additive sind beispielsweise: Antioxidantien (Inhibitoren, Lichtstabilisatoren, Brandschutzausrüstung, Strahlenschutzmittel, UV-Stabilisatoren, Wärmestabilisatoren), Füllstoffe (Nanofüllstoffe, Glasfasern, Kaolin, Kreide, Magnesia, Sand), Gleitmittel, Nukleierungsmittel oder Verstärkungstoffe (s. a. → Antioxidantien, → Brandschutzausrüstung, → Füllstoffe, → GC-Analyse, → Glasfasern, → Gleitmittel, → HPLC-Analyse, → Inhibitoren, → IR-Analyse, → Kunststoffanalysen, → Lichtstabilisatoren, → Nanofüllstoffe, → Nukleierungsmittel, → Strahlenschutzmittel, → UV-Spektroskopie, → UV-Stabilisatoren, → Verstärkungstoffe und → Wärmestabilisatoren).
Agglomeration	Eine Agglomeration ist eine Ausscheidung von Mikropartikeln durch Ausblüfung und Auskcheidung von Inhaltsstoffen (s. a. → Ausblüfung).
Alterung	<p>Alterung ist ein Abbau, Zerstörung oder Verfärbung der Matrix (Matrixabbau) oder Formteiloberfläche, durch: Additive, Agglomeration, Alterungsursachen, Entmischung, Farbänderung (Formteil), Feuchtigkeit, Formteilspannungen, Hydrolyse, Inhomogenitäten, Medieneinflüsse (Ozon, Säuren, Laugen, Spannungsrissauslösung, Quellung), Migration, Nachdruckfehler, Nachkristallisation, Nachschwindung, Oberflächenfehler (Porigkeit, Lackeinfluss, Farb- und Glanzänderung), Orientierungsspannungen, Oxidation, Polymerisation, Relaxation, Spannungsrisskorrosion, Ultraviolettstrahlung oder ionisierende Strahlung (α, β,- oder γ-Strahlen) und Wechseltemperaturen.</p> <p>Je höher die Temperatur, desto schneller altert ein Kunststoff. Auch Wechseltemperaturen erzeugen durch Dehn- und Schwindungsspannungen eine schnellere Alterung. Zur Prüfung der Alterungsbeständigkeit werden chemische, thermische und oder physikalisch-mechanische Prüfungen durchgeführt, oft auch gemischt, als beschleunigte Alterungsversuche (Medien, spannungsrissauslösende, Kochversuch, Bewitterung, MFR-Analyse, VZ-Analyse, Warmlagerung sowie Zug-, Druck- und Biegeversuche usw.). Weitere Einflüsse haben: die Kunststoffart und -qualität, die mechanische Belastung, die Mischbarkeit der Additive und auch Mikroben (s. a. → Additive, → Agglomeration, → Alterung, → Alterungsbeständigkeit, → Alterungseinflüsse, → Alterungsschutz, → Alterungsursachen, → Bewitterung, → Entmischung, → Farbänderung (Formteil), → Feuchtigkeit, → Formteilspannungen, → Hydrolyse, → Inhomogenitäten,</p>

LIM-Unterkapitel: Überspritzung



Bild 513

- Abformung von PA6 GF30, mangelhafte,
- Orangenhautstruktur,
- Überspritzung,
- Verarbeitung, zu kalte,
- Werkzeugabzeichnungen, grobe,
- Werkzeugalterung,
- Werkzeugänderung, nachträgliche

Bild 513, PA6 GF30-Armlehne ($V = 15$, AL), spritzfrische Probe mit angussferner Überspritzung. Das Formteil hat grobe Werkzeugabzeichnungen, Schleifspuren und eine Überspritzung in der Bildmitte unten. Die mangelhafte Abformung in der linken Bildhälfte und die Orangenhautstruktur in der Bildmitte beweisen eine zu kalte Werkzeugtemperatur (kalte Verarbeitung). Nach einer von uns angeregten Überprüfung gab der Auftraggeber zu, dass auch, wegen einer defekten Temperaturanzeige, die Formmasstemperatur zu nieder war. Ferner bestätigte er auch eine Nacharbeit am Werkzeug (Werkzeugänderung). So schlimm kann eine Formteilerfläche nach einer Werkzeugänderung, Werkzeugabnutzung oder einer mangelhaften Werkzeugfüllung aussehen (s. a. → Überspritzung und → Werkzeugfüllung).



Bild 514

- Spritzgrat mit teurer Nacharbeit,
- Spritzgrat durch Werkzeugatmung

Bild 514, PE-Expandergriff ($V = 20$, AL). In die rechteckige Aussparung (Öffnung) im Expandergriff sollte beim Gebrauch ein Schnapphaken mit Gummibändern eingeschnappt werden. In diesem Bereich bildete sich aber ein Spritzgrat (Schwimmgrat, Schwimmhaut), der eine kostenintensive Nacharbeit mit der Hand erforderte. Ursache war eine Werkzeugatmung durch einen zu hohen Einspritzdruck (s. a. → Spritzgrat und → Werkzeugatmung).

LIM-Unterkapitel: Risse

Bild 415

- Risse in POM durch Hydrolyse,
- Alterung,
- Zersetzung der Oberfläche



Bild 415, POM-Schaltergehäuse (V = 30, AL) mit starker Alterung und dem typischen Bild einer Hydrolyse. Die Oberfläche löste sich auf in hügelige Strukturen und bekam dazwischen tiefe Risse. Es gibt besonders hydrolyseempfindliche POM-Sorten, deren Oberflächen durch Feuchtigkeit und Wasser bei Temperaturen ab 60°C angegriffen werden.

Bild 416

- Alterung von POM,
- Risse, insuläre

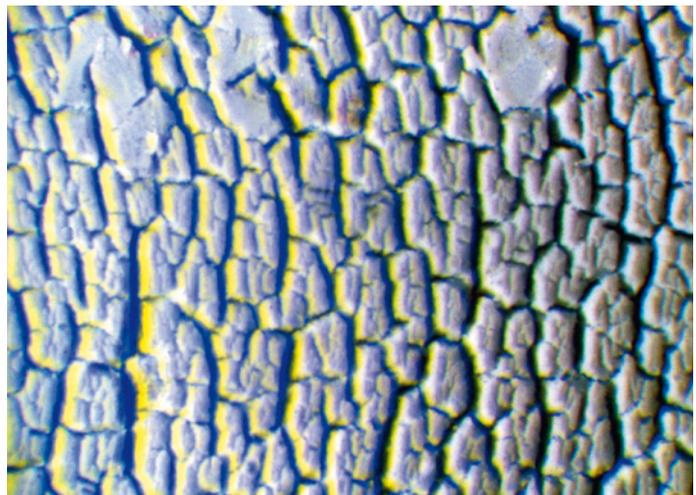


Bild 416, POM-Oberfläche eines Kranschalters (V = 33, AL) mit starker Alterung. Die Oberflächezersetzung begann nach etwa fünf Jahren unter Feuchtigkeits- und Schmieröleinfluss. Dabei entstanden sehr viele und tiefe insuläre Risse. Während der Gebrauchsdauer wurde vom Auftraggeber auch ein erhöhter Temperatureinfluss von bis zu 65°C gemessen. Daher vermuten wir eine hydrolytische Zersetzung in Verbindung mit einem Schmieröleinfluss.

Nr.	Fachworte	Bild-Nr.	Kunststoff	Verarbeitung	Formteil	Kontrast
0040	• unsaubere	278	PE	Spritzgießen	Luftgitter	AL-DIC + λ
0041	Aluminium-Schicht: korrodierte	258	PP-R/AL/ PP-R	Extrusion	Verbundrohr	AL
0042	• mit Querrissen	258	PP-R/AL/ PP-R	Extrusion	Verbundrohr	AL
0043	Amorphe Kunststoffe (siehe Kunststoffe, amorphe)	Definition				
0044	Amorphe Struktur, statt teilkristalline	508	POM	Dünnschnitt	Kupplung	DL-POL + λ
0045	Analysator	Definition				
0046	Andreaskreuz DBL 7384 und DBL7399	Definition				
0047	Anguss (LIM Unterkapitel)	001-005				
0048	Anguss:	Definition				
0049	• eingefroren	152	POM	Spritzgießen	Mitnehmer	AL
0050	• eingefroren	301	POM	Dünnschnitt	Rasthaken	DL-POL + λ
0051	• mit Eigenspannungen	488	ABS/PC	Spritzgießen	Schaltknopf	AL
0052	• mit Kalotte	147	ABS	Spritzgießen	Gehäuse	AL
0053	• mit Kaltfließlinien	158	PC	Spritzgießen	Uhrzeiger	AL
0054	• mit Kaltfließlinien	182	PC	Spritzgießen	Wasseruhrzeiger	AL
0055	• mit Oberflächenrauigkeit	497	PC	Spritzgießen	Angussverteiler	AL
0056	• mit Orangenhautstruktur	539	ABS	Spritzgießen	Platine	AL
0057	• mit Riss	395	PPSU	Spritzgießen	Formteil	AL
0058	• mit Schwindungsrissen in Masseanhäufung	396	PPSU	Spritzgießen	Formteil	AL
0059	• mit Verbrennungsschlieren	539	ABS	Spritzgießen	Platine	AL
0060	• nicht eingefroren	306	POM	Dünnschnitt	Torsionsstab	DL-POL + λ
0061	• Punktanguss, ausgerissener	005	PA6	Spritzgießen	Formteil	AL
0062	• Ringanguss	159	PA4.11	Spritzgießen	Gehäuse	AL: 1 : 1
0063	Angussbereich: mit feinen Kaltfließlinien	144	PS	Spritzgießen	Spiegel	DL+ AL
0064	• mit Fibrillen und Aufwölbung	037	PP-GF30	Spritzgießen	Lichtschacht	AL
0065	• mit Mikrovakuolen	532	PP-GF40	Spritzgießen	Seiltrommel	AL
0066	• mit Orangenhaut	004	POM	Spritzgießen	Klammer	AL
0067	• mit Riss	004	POM	Spritzgießen	Klammer	AL
0068	Angussfaden	002	PE	Spritzgießen	Wasserglocke	AL
0069	Angussrillen, konzentrische	Definition				
0070	Anguss-Spannungen	001	PP	Spritzgießen	Wasserglocke	AL
0071	Angussverteiler:	Definition				
0072	• 10 Formnester	003	PA/PTFE	Spritzgießen	Angussverteiler	AL: 1 : 1
0073	• 16 Formnester mit Vakuole	495	PC	Spritzgießen	Angussverteiler	AL
0074	• 16 Formnester, Übersicht	494	PC	Spritzgießen	Angussverteiler	AL : 1 : 1
0075	• Asymmetrieabgleich	003	PA/PTFE	Spritzgießen	Angussverteiler	AL: 1 : 1
0076	Angussverteilerplatte, zentrische	033	POM	Spritzgießen	Ring	AL
0077	Anriss(e):	Definition				
0078	• in PVC	392	PVC	Spritzgießen	Fitting	AL

Fachworte	Erklärungen der Begriffe
Alterung (Fortsetzung)	→ Kochversuch, → Medien, spannungsrisssauslösende, → Medieneinfluss, → MFR-Analyse, → Migration, → Nachdruckfehler, → Nachkristallisation, → Nachschwindung, → Oberflächenfehler, → Orientierungsspannungen, → Oxidation, → Polymerisation, → Relaxation, → Spannungsrisskorrosion, → Ultraviolettstrahlung UV, → UV-Stabilisatoren, → Viskositätszahl VZ, → Vor- und Nachbehandlung, → Warmlagerung, → Wechseltemperaturen).
Alterungsbeständigkeit	Die Alterungsbeständigkeit (Lebensdauer) ist der Widerstand von Formteilen gegen Alterung. Eine beschleunigte Alterung von Proben wird z. B. nach 24 h bei 90 °C in einem Umluftofen mit und ohne Chemikalien erreicht, ferner durch eine Bewitterung oder Warmlagerung, einen Kochversuch oder Einlagerungsversuch (s. a. → Alterung, → Bewitterung, → Einlagerungsversuch, → Kochversuch, → Medien, → Medienangriff, → Medieneinflüsse, → Medienrisse, → Medienschlieren, → Netzmitteltest, → Umluftofen, → Verträglichkeitsprüfung und → Warmlagerung).
Alterungseinflüsse	→ Alterungsursachen
Alterungsschutz	Möglichkeiten gegen Alterung siehe unter: → Additive, → Alterung, → Alterungsbeständigkeit, → Alterungseinflüsse, → Alterungsursachen, → Antioxidantien, → Bedampfen, → Beschichten schützt vor Licht-, UV- und Medieneinfluss, → Galvanisieren, → Hydrolyse, → Inhibitoren, → Lackieren, → Lichtstabilisatoren, → Strahlenschutzmittel, → Tempern, → Wärmestabilisatoren und → Warmlagerung.
Alterungsursachen	Alterungsursachen sind: Agglomeration (Ausblühungen von Additiven), Begrenzte Mischbarkeit einzelner Additive mit dem Kunststoff, Eigenspannungen (durch ungleiche Abkühlung und Dichteverteilung führen oft zu Spannungsrissen), mangelhafte Homogenisierung von Additiven, mechanische Belastung (Ermüdungsrisse), Medieneinflüsse (Öl, Lösungsmittel und Netzmittel, Ozon, Säuren und Laugen, auto-katalytische Oxidation (O ₂) und Hydrolyse durch H ₂ O), Migration von Additiven oder Weichmacher, Mikroben, Nachkristallisation, Nachschwindung, Orientierungsspannungen (durch Makromolekülorientierungen erzeugen Spannungsrisse), Temperaturwechsel, unvollständige Polymerisation, -addition und -kondensation, Versprödung, Wärme, UV- oder ionisierende Strahlung. Eine Spannungsrißkorrosion entsteht, wenn Korrosion und Spannung zusammenwirken. Weitere Ursachen s. a. → Additive, → Alterung, → Alterungsbeständigkeit, → Alterungseinflüsse, → Alterungsschutz, → Antioxidantien, → Ausblühungen, → Bedampfen, → Beschichten schützt vor Licht-, UV- und Medieneinfluss, → Galvanisieren, → Inhibitoren, → Lackieren, → Lichtstabilisatoren, → Qualitätseinflüsse beim Extrudieren, → Qualitätseinflüsse beim Spritzgießen, → Strahlenschutzmittel, → Tempern, → Wärmestabilisatoren, → Warmlagerung).
Analysator	→ Polarisator, → Universalmikroskop, → Wollastonprisma
Andreaskreuz	Andreaskreuz mit Klebebandabrissprüfung nach DBL 7384, Abschnitt 4.5 und 5.3 und DBL 7399, Abschnitt 5.1 (in abgeänderter Form). Nach dieser Norm wird in Abänderung mit einem Messer ein Andreaskreuz unter 30° Schnittwinkel angebracht und vom Schnittpunkt aus die Prüfung durchgeführt (Lackablösung an der Ritzspur ≤ 2 mm, max. 1 mm je Seite). Der Kreuzschnitt mit Klebebandabriss soll z. B. nicht schlechter als Gt 1 bis 2, Ritzabstand 1,5 mm. Ein solcher Kreuzschnitt ist nur an planen Oberflächen empfehlenswert.
Anguss	Der Anguss ist ein Kanal zwischen Angussbuchse und Formnest (Kavität). Durch ihn fließt beim Einspritzen die Formmasse in das geschlossene Werkzeug. Bei mehr als einer Kavität gelangt die Formmasse vom Anguss über einen Angussverteiler in die Kavitäten. Übliche Angussarten sind: Filmanguss, Punktanguss, Schirmanguss, Schwertanguss und Stangenanguss. Der Anguss ist der zu entfernende Füllkanal am Formteil nach der Werkzeugentformung. Ein Punktanguss macht keine Nacharbeit. Bei einem zu frühen Auswerfen bildet sich oft ein Angussfaden. Der Angussverteiler sollte möglichst groß dimensionieren und poliert sein, damit die Formmasse gut fließend in alle Kavitäten gelangt. Das ist besonders wichtig, wenn trotz einer Erhöhung der Werkzeugtemperatur noch immer Kaltfließlinien oder Vakuolen vorliegen. Dann muss ein gleiches Füllverhalten (Ableich) angestrebt werden. In manchen Fällen kann auch, wenn konstruktiv möglich, eine Heizpatrone helfen (s. a. → Angussrillen, → Angussverteiler, → Abschnitt, → Füllstudie, → Kaltfließlinien). → Kaltfluss, → Kavität(en) und → Werkzeugtemperatur).
Angussrillen, konzentrische	Konzentrische Angussrillen sind „Schallplattenrillen“. Sie entstehen bei einem reduzierten Formmassefluss durch eine zu geringe Formmasse- und oder Werkzeugtemperatur (s. a. → Anguss, → Kaltfließlinien).
Angussverteiler	Der Angussverteiler verteilt die über die Angussbuchse eingespritzte Formmasse in die Werkzeug-Formnester (s. a. → Anguss und → Kavitäten).

LIM-Unterkapitel: Kaltfluss

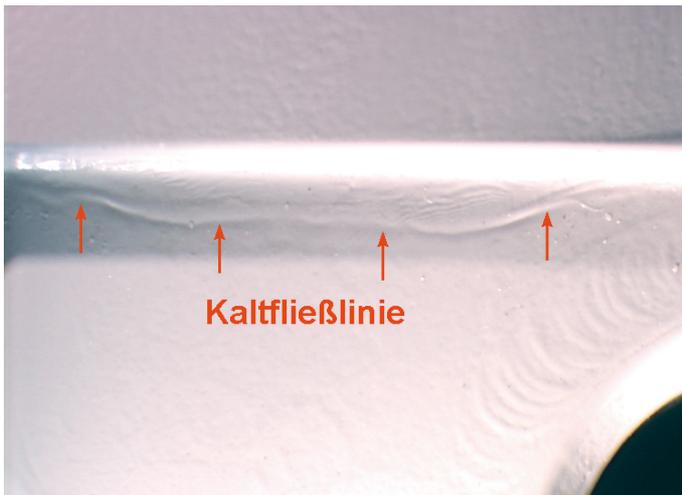


Bild 157

- Bearbeitungsspuren, abgeformte,
- Einspritzgeschwindigkeit, zu langsame,
- Kaltfließlinie mit Bindenaht ähnlichem Aussehen,
- Werkzeug-Nachbearbeitung

Bild 157, SAN-Türzarge ($V=6$, AL), Fortsetzung zu Bild 156 in einem anderen Bereich mit einer Bindenaht ähnlichen Kaltfließlinie und nur schwach erkennbar, eine Werkzeugabformung mit kreisförmigen Bearbeitungsspuren im rechten Bildrand. Vermutlich stammen die Bearbeitungsspuren von einem Fingerfräser bei der Werkzeugherstellung oder einer späteren Nachbearbeitung. Und die Ursache der Kaltfließlinie war ein zu langsames Einspritzen (s. a. → Kaltfluss).



Bild 158

- Anguss mit Kaltfließlinien,
- Schaltplattenrillen,

Bild 158, PC-Wasseruhrzeiger ($V=25$, AL). Der kleine Wasseruhrzeiger hat ausgeprägte, konzentrische Kaltfließlinien am Punktanguss. Diese werden in der Fachsprache auch Schaltplattenrillen genannt. Ihre Ursache war eine zu kalte Werkzeugtemperatur (s. a. Bild 162, → Kaltfluss und → Werkzeugtemperatur).

Nr.	Fachworte	Bild-Nr.	Kunststoff	Verarbeitung	Formteil	Kontrast
0892	Graphit- und Kohlepartikel	328	PTFE	Spritzgießen	Gleitring	REM
0893	Gratbildung	Definition				
0894	Grauschlieren	Definition				
0895	Grautest (Pinkingtest)	Definition				
0896	Gravimetrie (Gewichtsbestimmung)	Definition				
0897	Grenoughprinzip (beim Stereomikroskop)	Definition				
0898	Groß-Kleinsphärolithe	Definition				
0899	Großsphärolithe in kleinsphärolithischer PP-Matrix	426	PP	Spritzgießen	Warmhalte- tablett	DL-POL
0900	Großvakuole	520	PBTP- GF20	Spritzgießen	Gehäuse	AL
0901	Grünspan messen mittels Atomabsorption	259	PVC+ EPDM	Extrusion	Netzschlauch	AL
0902	Gutachten (einfaches)	Definition				
0903	Gutachten erstellen, schnell und kompetent	Definition				
0904	Gutachterqualitäten	Definition				
0905	Gutteil, scheinbares	282	POM-GF30	Spritzgießen	Elektroschalter	AL
0906	Haarriss in PBT, spröd gebrochener	560	PBT	Spritzgießen	Scheiben- wischer	AL
0907	Haftfestigkeitsprüfung von Lacken	Definition				
0908	Halbzeug	Definition				
0909	Halbzeugqualität beim Extrudieren	Definition				
0910	Halogenlichtquelle	Definition				
0911	Haptik	Definition				
0912	Hauptuntersuchung, mikroskopische	Definition				
0913	Hauptvalenzkräfte	Definition				
0914	Heißkaltmischung:	Definition				
0915	• in PA	504	PA	Dünnschnitt	Formteil	DL-POL + λ
0916	Heißkaltschlieren:	Definition				
0917	• in PA11	460	PA11	Spritzgießen	Formteil	DL-POL + λ
0918	Heißkanal	144	PS	Spritzgießen	Spiegel	DL+ AL
0919	Heißluftbehandlung:	Definition				
0920	• löst Schweißspannungen	480	PE100	Blockschliff	Schweißnaht	AL
0921	• mit Gasflamme	487	PE100	Abflammen	Gasrohr	AL
0922	• mit Heißluftfön	149	SB	Spritzgießen	Griff	AL
0923	• mit Schweißföhn (Schweißspannungen)	480	PE100	Blockschliff	Schweißnaht	AL
0924	Heizelementschweißnaht:	074	PE	Extrusion	Blasfolie	DL-POL
0925	• bruchempfindliche	477	PVC	Dünnschnitt	Fenster	AL
0926	• gute	463	PP	Polierschliff	Membrane	AL
0927	• gerissene	471	PP	Heizelementsch.	Filter	AL
0928	• gerissene	462	PP	Heizelementsch.	Membrane	AL
0929	• gute	483	PE	Heizelementsch.	Heizelementnaht	AL

Fachworte	Erklärungen der Begriffe
Groß-Kleinsphärolithe	→ Inversionsschichten, → Heißkaltschlieren
Gutachten	→ Bericht und → Gutachten erstellen, schnell und kompetent
Gutachten erstellen, schnell und kompetent	<p><i>Kundenkontakt, Gutachtengliederung und Zeitgewinn</i></p> <p>Der Ablauf eines Gutachtens gliedert sich in: Kundenanfrage mit einer Auftragsbesprechung zur Feinabstimmung, Angebot mit genauer Untersuchungsbeschreibung, Auftragsbestätigung, Zwischenbericht (schriftlich oder telefonisch), Gutachtenabgabe und telefonische Nachberatung zu noch offenen Kundenfragen. Eine Untersuchung erfolgt erst nach der Auftragsbestätigung des Kunden. Vorsicht, keine Bearbeitung bei nur telefonischer Zusage! Sind Arbeitsplätze in Gefahr oder drohen hohe Verluste, muss alles zurückstehen und mit dem Gutachten sofort begonnen werden, notfalls mit langen Überstunden (s. a. → Zeitgewinn bei Gutachten).</p> <p><i>Hilfreiche Fragen an den Kunden und Neutralität bewahren</i></p> <p>Geschickte Fragen an den Kunden erleichtern die Untersuchung. Schutzbehauptungen als Antworten können jedoch irreführend sein. Ein Gutachter muss immer „unbeeinflussbar“ bleiben und dem eigenen Wissen vertrauen. Neutralität ist schwierig und ernst zu nehmen, denn bereits eine Freundlichkeit und eine angenehme Erscheinung können unbemerkt befangen machen. Leicht erkennbar ist dagegen eine versuchte Einflussnahme durch Drohungen, Geld oder Geschenke (s. a. → Fragen an den Kunden).</p> <p><i>Kunden interessiert nur eine schnelle, kompetente Beantwortung</i></p> <p>Den Kunden interessiert nur eine schnelle, kompetente Beantwortung seiner Probleme. Ihre Probleme interessieren ihn ganz sicher nicht. Sie wissen doch: Der Tag hat 24 Stunden! Lassen Sie ihn daher kein Überlastungsgefühl erkennen. Eine schnelle telefonische Einschätzung, kurz nach der Auftragserteilung – oder ein schriftlicher Zwischenbericht, beeindruckt und erzeugt Kundenbindung und Weiterempfehlung.</p> <p><i>Nur der direkte Blick ist bewusst und bringt Erkenntnis</i></p> <p>Das gesamte Sehfeld wird nicht bewusst erfasst. Nur der scharf begrenzte, direkte Blick (etwa im 2° Foveabereich) ist bewusst und bringt Erkenntnis. Daher beim Mikroskopieren die Probe mit den Augen genau „Punkt für Punkt abrastern“ und jede Auffälligkeit beachten, auch die geringste. Ein Nachdenken über die mögliche Ursache und Vermeidung erleichtert dann die Fachwortfindung und den Vergleich mit den Bildern im Praxishandbuch (s. a. → Bewusstseinsbereich, mikroskopischer, → Fehlsichtigkeit, → Fovea).</p> <p><i>Qualitäts- und Schadenfälle immer aus der Sicht des Kunststoffes untersuchen</i></p> <p>Untersuchen Sie einen Qualitäts- oder Schadenfall immer aus der Sicht des Kunststoffes und seiner Fließfähigkeit bis ins Formnestende. Die wichtigsten Einflussgrößen sind dabei: Temperatur, Druck, Zeit, Medien sowie innere und äußere Kräfte.</p> <p><i>Auf systematische Fehler achten</i></p> <p>Bereits in der visuellen und mikroskopischen Voruntersuchung darauf achten, ob ein systematischer Fehler vorliegt (s. a. → Fehler, systematischer).</p> <p><i>Rheologische Fehler sehen unabhängig vom Kunststoff gleich aus</i></p> <p>Schadensfehler, wie rheologische Fehler, haben bei allen teilkristallinen Kunststoffen gleiches Aussehen und gleiche Ursachen. Dies gilt sinngemäß auch für amorphe Kunststoffe. Diese Erkenntnis ist sehr wertvoll, besonders, wenn im Praxishandbuch ein von Ihnen gesuchter Kunststoff fehlt. So sieht beispielsweise eine Bindenaht oder Kaltfließlinie bei einem PA6-Formteil genau so aus, wie bei einem ABS-Formteil (s. a. → Kaltfluss und → Fehler, rheologische).</p> <p><i>Unterschiede zwischen Gut- und Schadteil erkennen</i></p> <p>Bei einer vergleichenden Untersuchung zwischen Gut- und Schadteil werden oft schnell schadensrelevante Unterschiede erkannt. Aber Vorsicht, ein so genanntes Gutteil kann auch ein ungeprüftes Rückstellmuster (Schadteil) sein (s. a. → Rückstellmuster, → Schadensnachstellung und → Untersuchung, vergleichende).</p>

Fachworte	Erklärungen der Begriffe
Gutachten erstellen, schnell und kompetent (Fortsetzung)	<p><i>Unterschiede zwischen Lunker und Vakuole</i></p> <p>Die Unterscheidung unerwünschter Hohlräume – in Lunker und Vakuolen – erlaubt eine schnellere Schadensaufklärung. Beide wirken schwächend im Querschnitt. Vakuolen entstehen durch Schwindung und Lunker durch Ausgasung oder mitgerissene Luft (s. a. → Lunker, → Schwindung und → Vakuolen).</p> <p><i>Auffälligkeiten sofort fotografieren und beschreiben</i></p> <p>Werden gleichzeitig mehrere Gutachten bearbeitet, sollten bei der mikroskopischen Untersuchung alle Auffälligkeiten sofort fotografiert und beschrieben werden, damit keine Überlegungen verloren gehen oder Verwechslungen beim Schreiben des Gutachtens vorkommen (s. a. → Auffälligkeiten).</p> <p><i>Unteraufträge rechtzeitig vergeben</i></p> <p>Nach der mikroskopischen Untersuchung sofort entscheiden, ob Unteraufträge zu vergeben sind und diese mit den zuständigen Personen terminieren.</p> <p><i>Zeitgewinn bei schwierigen Kunden</i></p> <p>Wenn Sie besonders viel Arbeit haben, wollen Kunden oft noch schnell Schadensproben für ein sofortiges Gutachten abgeben. Sie sollten zusagen. Denn als Experte erkennen Sie schnell die Schadensursachen im Mikroskop und machen einige elektronische Bilder mit erklärenden Texten. Diese erste, vorläufige Schadens einschätzung erhält dann der meist zufriedene Kunde. Und das Gutachten, mit evtl. weiteren Erkenntnissen, folgt zwei Wochen später.</p> <p>Bei hoher Arbeitlast, können Sie auch mit einem Telefonat Zeit gewinnen – durch eine Sofortberatung nach geschickten → Fragen an den Kunden. Vereinzelt will auch ein lautstarker Kunde, noch kurz vor dem Urlaub, einen vergessenen Auftrag durchdrücken. Und wie Sie beim Telefonieren erkennen, liegt dieser schon wochenlang auf seinem Schreibtisch. Sie antworten dann: „Bei vorliegender Auftragsmenge ist das leider unmöglich. Untersuchungen erfolgen grundsätzlich in der Reihenfolge der Auftragserteilung“ – und nach kurze Pause – „Ich will Sie als Kunde nicht verlieren und schlage folgendes vor: Innerhalb von drei Tagen nach Auftragserteilung und Probeneingang erhalten Sie eine erste Schadens einschätzung. Dann können Ihre Mitarbeiter bereits Schritte zur Schadensvermeidung einleiten“.</p> <p>Möglicherweise sagen Sie aber auch: „Sie erhalten, wie gefordert, ein Gutachten. Wenn Sie jedoch ein gutes wünschen, empfehle ich, mehr Zeit zu investieren. Falls nötig, können wir dann alle mikroskopischen Auffälligkeiten mit weiteren Untersuchungen abklären.“ Meist akzeptiert der Kunde den Vorschlag. Bei Uneinsichtigkeit verlangen Sie 80% Eil- und Bearbeitungszuschlag. Akzeptiert er, beweist das wohl die Wichtigkeit der plötzlichen Eile. Sie machen sofort Überstunden (freut auch den Chef), untersuchen die Schadensproben und fotografieren die Auffälligkeiten. Danach senden Sie ihm unverzüglich die Bilder mit erklärenden Texten per E-Mail. Das begeistert ihn. Nach diesem Zeitgewinn folgt dann das Gutachten deutlich später (s. a. → Bericht und → Mikroskopische Untersuchung).</p>
Gutachterqualitäten	→ Mikroskopische Untersuchung
Haftfestigkeitsprüfung von Lacken	→ Klebstreifenmethode
Halbzeug	Halbzeug sind unfertige („halbfertige“) Produkte (z. B. extrudierte: Folien, Profile, Rohre und Tafeln), die noch weiterverarbeitet werden. Das Wort Halbzeug gibt es nicht im Plural. Formteile sind fertige Produkte (z. B. spritzgegossene: Becher, Gehäuse, Stühle und Zahnräder).
Halbzeugqualität beim Extrudieren	→ Halbzeug, → Qualitätseinflüsse beim Extrudieren und → Qualitätseinflüsse beim Spritzgießen
Halogenlichtquelle	Die Auf- und Durchlichtbeleuchtung in den Mikroskopen erfolgt meist mit Halogenlampen. Zur externen Beleuchtung wird bei einem Makroskop oft eine zweiarmige Halogenlichtquelle (Schwanenhalsbeleuchtung) von 150-250 W mit Ringleuchte und Sichelblende verwendet. Der Vorteil der Sichelblende ist eine Änderung der Helligkeit bei konstanter Lichtfarbe (ca. 5000 Lux). Bei einer Stromregelung der Halogenlampe, verändern sich die Helligkeit und die Lichtfarbe (s. a. → Mikroskopeile).
Haptik	Das Wort gibt an, wie sich eine Oberfläche anfühlt. Hat eine Formteiloberfläche eine gute Haptik, so fühlt sie sich gut an oder ist griffig.

Nr.	Fachworte	Bild-Nr.	Kunststoff	Verarbeitung	Formteil	Kontrast
1747	Präparationsgeräte:	Definition				
1748	• zur Dünnschnittplatzierung	103	—	Mikrotom		AL: 1 : 1
1749	Präparationsmittel	Definition				
1750	Präparationstechniken	Definition				
1751	Präpariernadel	Definition				
1752	Primern	Definition				
1753	Probenhalbierung zum besseren Verstehen	177	PPO	Polierschliff	Wasserbehälter	AL
1754	Probenoberfläche, im REM zerstörte	325	PEEK	Spritzgießen	Halter	REM
1755	Probenpräparation für LIM-Proben	Definition				
1756	Probenpräparation für REM-Proben:	Definition				
1757	• Mikrorisse durch Aufbiegen sichtbar machen	013	EPDM	Extrusion	Dichtungsprofil	AL
1758	• mit Formteilmalbung	179	PE-HD	Spritzgießen	Kappe	AL
1759	Probenpräparation, spanende	Definition				
1760	Proben-Scharfstellung	Definition				
1761	Probentisch	Definition				
1762	• Drehung ändert die Farben	186	PP	Dünnschnitt	Tafel PP	DL-POL + λ
1763	Prüfauftrag	Definition				
1764	Prüfbericht	Definition	—	Mikroskop		AL: 1 : 1
1765	Prüfzeugnis	Definition	—	Mikroskop		AL: 1 : 1
1766	Pulverbeschichten	Definition				
1767	Punktanalyse	Definition				
1768	Punktanguss: tief ausgerissen	002	PE	Spritzgießen	Düse	AL
1769	• eingefroren	076	PA/PTFE	Dünnschnitt	Kolbenring	AL
1770	• eingefroren	533	POM	Spritzgießen	Halter	DL-POL
1771	• mit Kaltfließlinien	146	POM	Spritzgießen	Formteil	AL
1772	• mit Netzmittelrissen	488	ABS/PC	Spritzgießen	Schaltknopf	AL
1773	• mit Zentrumsvakuole in PA6.6-GF30	524	PA6.6-GF30	Spritzgießen	Kugelpfanne	AL
1774	• mit Zentrumsvakuole in POM	525	POM	Spritzgießen	Zugstange	AL
1775	Punkterwärmung beim Lasern	217	PC	Lasern	Druckerdeckel	AL+ DL
1776	Pupillenstrahlengang	Definition				
1777	PUR-Schaum: geschlossenzellig	371	PUR	Schäumen	Schaum	REM
1778	• gering offenzellig	373	PUR	Schäumen	Schaum	REM
1779	• offenzellig, mit entfernten Membranen	372	PUR	Schäumen	Matratze	REM
1780	Qualität	Definition				
1781	Qualitätseinflüsse: beim Extrudieren	Definition				
1782	• beim Spritzgießen	Definition				
1783	Qualitätsfehler (Formteil)	Definition				
1784	Qualitätsuntersuchungen, vergleichende	Definition				
1785	Quickmarks	Definition				

Fachworte	Erklärungen der Begriffe
Qualitätseinflüsse beim Spritzgießen (Fortsetzung)	→ Kunststoffe, teilkristalline, → Lunker, → Mantelheizung, → Masstemperatur, → Maßfehler, → Masterbatch, → Masterbatchfehler, → Masterbatchträger, ungeeigneter, → Materialverschleppung, → Matrix, → Medien, → Medienangriff, → Medieneinflüsse, → Medienrisse, → Medienschlieren, → Metallabrieb, → Nachdruck, → Nachdrücken, → Nachdruckfehler, → Nachdruckmangel, → Nachdruckzeit, → Nachkristallisation, → Nachschwindung, → Netzmitteltest, → Nukleierungsmittel, → Oberflächenfehler, → Oberflächenqualität, → Oberflächenveredelung, → Partikel, → Pigmentkonglomerat, → Pigmentschlieren, → Plastifiziereinheit, → Plastifizieren, → Plastifizierungsfehler, → Prägeversatz, → Qualität, → Randzone bei amorphen Kunststoffen, → Randzone bei teilkristallinen Kunststoffen, → Randzone, sphärolitharme, → Rauigkeit, → Rautiefe, → Regranulat, → Restgranulat, → Restmassepolster, → Relaxation, → Riefe, → Rissursachen, → Rückstand, → Schlieren, → Schnecke, → Schwimmhaut, → Seele, plastische, → Spannklotzmethode, → Sphärolithbildung, → Sphärolithe, → Sphärolithschlieren, → Spritzgießen, → Spritzgießen, → Spritzgießfehler, → Spritzgrat, → Staudruck, → Temperatureinfluss, → Tempern, → Toten Ecken, → Trockenzeit, → Turbulenz, → Überspritzung, → Umluftofen, → Untersuchung, vergleichende, → UV-Stabilisatoren, → UV-Strahlung, → Vakuolen, → Verarbeitung, kalte, → Verbrennungsschlieren, → Verfärbung, → Verpackung und Transport, → Versprödung, → Verstärkungstoffe, → Verweilzeit, → Verzug, → Viskosität, → Viskositätseinfluss, → Viskositätszahl VZ, → Volumenschwindung, → Vor- und Nachbehandlung, → Vortrocknung, → Warmlagerung, → Werkzeugabformung, → Werkzeugfüllung, → Werkzeugschließkraft, → Werkzeugtemperatur, → Werkzeugzuhaltung und → Zykluszeit (s. a. → Einflüsse auf Qualität und Kosten und → Qualitätseinflüsse beim Extrudieren).
Qualitätsfehler (Formteil)	→ Qualitätseinflüsse beim Extrudieren, → Qualitätseinflüsse beim Spritzgießen
Qualitätsuntersuchungen, vergleichende	→ Qualitätsfehler, → Untersuchung, vergleichende, → Verarbeitung, kalte
Quickmarks	Quickmarks sind schadensrelevante Zeichen an Kunststoffergebnissen.
Randzone amorpher Kunststoffe	Amorphe Kunststoffe bekommen in kalten Werkzeugen auch Randzonen. Sie sind aber meist nicht sichtbar. Bei harten Kunststoffen zeigt jedoch – ein absichtlich erzeugter Gewaltbruch – mitunter die Dicke der Randzone an einen ca. 45° auslaufenden Bruchrand oder einer Randschichtablösung (s. a. → Randzone bei teilkristallinen Kunststoffen, → Kunststoffarten).
Randzone teilkristalliner Kunststoffe	Je dicker die sphärolitharme Randzone, desto kälter war die Werkzeug- und oder Formmasstemperatur bei zügigem Einspritzen. Mit einem 10µm-Dünnschnitt wird die sphärolitharme Randzone meist problemlos bei 100-facher Vergrößerung gemessen und erreicht normalerweise eine Dicke bis ca. 100µm. Bei Überschreitung, war meist die Werkzeugtemperatur zu niedriger. Eine höhere Vergrößerung kann eine Dickenbestimmung erschweren, weil öfters ein verschwommen, kleinsphärolithischer Übergangsbereich in der Randzone beobachtet wird. Empfehlenswert ist daher eine Vergrößerung im Bereich von 50 bis 100-fach (s. a. → Randzone bei amorphen Kunststoffen, → Kunststoffarten, → Werkzeugtemperatur sowie → Vakuolen und Lunker).
Randzone, sphärolitharme	Sphärolitharme Randzonen entstehen an der kälteren Werkzeugoberfläche und sind nur in teilkristallinen Kunststoffen sichtbar. Amorphe Kunststoffe bekommen auch Randzonen, sind aber meist nicht zu erkennen. Allgemein gilt: Je kälter das Werkzeug, desto größer sind die Randzonen bei amorphen und teilkristallinen Kunststoffen (s. a. → Randzone bei amorphen Kunststoffen, → Kunststoffarten sowie → Vakuolen und Lunker).
Rasterelektronenmikroskop, (REM-Mikroskop)	Im Rasterelektronenmikroskop REM wird eine Auflösung von etwa 0,005µm erreicht und eine ca. 100-fach größere Tiefenschärfe (bei V = 1000) als im Lichtmikroskop. Ab einer Vergrößerungsgrenze von ca. 50000-fach sind höhere Vergrößerungen nur durch elektronische Nachvergrößerungen möglich. Die Auflösung erreicht im Lichtmikroskop ca. 1,5µm und die Untersuchungsgrenze für Kunststoffe liegt bei etwa 1000-fach. Ist die Auflösung im Lichtmikroskop ungenügend – erfolgt die weitere Untersuchung bis zu etwa 10000-facher Vergrößerung in einem Rasterelektronenmikroskop. Untersucht werden beispielsweise: Alterung, Bruchflächen (mit An- und Ausrissen, Zeitstands- und Mikrorisse), Copolymer- und Polymerblends (nach Anätzung oder Bruch), Glasfaser-Matrixhaftung, Größenbestimmung von Füll- und Verstärkungstoffen, interkristalline Gefügerisse, Medienbelastung (Ozon, UV-Angriff) und Oberflächenverschleiß (s. a. → Alterung, → Artefakt, → Ätzen, Ätzung, → Auflösung, → Füllstoffe, → Glasfaserlängenbestimmung, → Kunststoffarten, → Lichtmikroskop, → Matrixhaftung, → Medienangriff, → Medienbelastung, → Medieneinflüsse, → Medienrisse, → Medienschlieren, → Mikrorisse, → Polymerblend, → Risse und → Verstärkungstoffe).

Nr.	Fachworte	Bild-Nr.	Kunststoff	Verarbeitung	Formteil	Kontrast
2130	• durch Kerbe	180	PA6-GF 15	Spritzgießen	Klemmteil	AL
2131	• durch Kerbe	181	PA6-GF 15	Polierschliff	Klemmteil	AL
2132	• durch Medieneinflüsse	489	PA6.6	Spritzgießen	Türhandgriff	AL
2133	Spannungsrisskorrosion	Definition				
2134	Spannungsrisstest	Definition				
2135	Spannungszentrum	Definition				
2136	Sperrfilter	Definition				
2137	Sphärolithdeformationen	Definition				
2138	Sphärolithe (LIM Unterkapitel)	501–510				
2139	Sphärolith(e):	Definition				
2140	• gescherte (mit Riss)	055	PP	Dünnschnitt	Filter	DL-POL
2141	• gleicher Größe	303	PA	Dünnschnitt	Formteil	DL-POL + λ
2142	• Groß-Kleinsphärolithe	100	PA6	Dünnschnitt	Griff	DL-POL + λ
2143	• Groß-Kleinsphärolithe	101	PA	Spritzgießen	Formmasse	DL-POL + λ
2144	• homogenster Sphärolithstruktur	503	PA6	Dünnschnitt	Sphärolithe	DL-POL + λ
2145	• im Restgranulat	184	PP	Dünnschnitt	Tafel PP	DL-PH
2146	• im Restgranulat	185	PP	Dünnschnitt	Tafel PP	DL-POL
2147	• in einem Schweißwulst	502	PP	Dünnschnitt	Trinkwasserrohr	DL-POL + λ
2148	• in PA	504	PA	Dünnschnitt	Formteil	DL-POL + λ
2149	• in PA	510	PP	Spritzgießen	Entsalzungsanl.	DL-POL
2150	• Mischsphärolithe	099	PC	Dünnschnitt	Zahnabbruch	DL-POL + λ
2151	• Sphärolithwachstum	501	PP	Dünnschnitt	Sphärolithe	DL-POL + λ
2152	• von PA sind Zuckerkristallen ähnlich	194	Weißzucker	Umluftofen 30°	Weißzucker	DL-POL + λ
2153	Sphärolithrisse	510	PP	Spritzgießen	Entsalzungsanl.	DL-POL
2154	Sphärolithschlieren:	Definition				
2155	• in PA6	100	PA6	Dünnschnitt	Griff	DL-POL + λ
2156	• mit Kerbwirkung	504	PA	Dünnschnitt	Formteil	DL-POL + λ
2157	• mit Kerbwirkung	505	PA6.6	Dünnschnitt	Formteil	DL-POL + λ
2158	Sphärolithstruktur, atypische	426	PP	Dünnschnitt	Warmhalte-tablett	DL-POL
2159	Sphärolithver Streckung durch Volumenschwindung	057	PA	Dünnschnitt	Öltank	DL-POL + λ
2160	Sphärolithwachstum	Definition				
2161	Sphärolith-Wachstumsrichtung	509	POM	Dünnschnitt	Formteil	DL-POL + λ
2162	Spritzblasen	Definition				
2163	Spritzgießen	Definition				
2164	Spritzgießfehler (Spritzfehler)	Definition				
2165	Spritzgrat:	Definition				
2166	• bei ABS	515	ABS	Spritzgießen	Siphon	AL
2167	• bei PC	457	PC	Spritzgießen	Gehäuse	AL
2168	• durch Werkzeugatmung	514	PE	Spritzgießen	Expandergriff	AL
2169	• verursacht teure Nacharbeit	514	PE	Spritzgießen	Expandergriff	AL
2170	Sprödebruch: in ASA	413	ASA	Extrusion	Platte	AL+ DL

Fachworte	Erklärungen der Begriffe
Sehfeld, schwarzes	→ Polarisator
Sichelblende	→ Halogenlichtquelle
Siebabzeichnung	Im Dünnschnitt wird eine Siebabzeichnung erkannt, als konzentrische Pigmentschlieren – durch eine Abzeichnung des Siebpakets im Extruder, bei mangelhafter Homogenisierung. Konzentrische Pigmentschlieren entstehen auch durch eine Lochscheibenabzeichnung. Meist werden beim Extruder die Lochscheibe und das Siebpaket kombiniert verwendet (s. a. → Extrudieren, → Homogenisierung, mangelhafte, → Lochscheibe, → Lochscheibenabzeichnung, → Pigmentschlieren, konzentrische, → Schlieren und → Siebpaket).
Siebpaket	Das Siebpaket ist eine Kombination mehrerer Metallsiebe im Extruderkopf und erzeugt zusammen mit der Lochscheibe, den zum Homogenisieren erforderlichen Gegendruck beim → Extrudieren.
Silanvernetzung	→ Kunststoffe, vernetzte
Silberschlieren	Silberschlieren sind silbrige Strichschlieren. Sie entstehen durch eine thermische Belastung (s. a. → Schlieren).
Skalpellschnitt	Der Skalpellschnitt wird häufig angewandt, wenn eine schnelle Aussage erwünscht ist. Zum Beispiel lässt sich damit sehr schnell die Schichtdicke koextrudierter Mehrschichtfolien bestimmen. Folienschichtdicken sind leicht zu messen, wenn die Folie zwischen zwei Kunststoffblöcke (s. a. Spannklotzmethode) eingeklemmt und mit einem Skalpell zügig, schräg ziehend geschnitten wird, damit die Schichtübergänge keine Schnittriefen vortäuschen. Der eingespannte Rest wird dann im Mikroskop bei 100-facher Vergrößerung vermessen (s. a. → Schneiden und → Spannklotzmethode).
Slip-Stick-Effekt	Bei einem Slip-Stick-Effekt rutscht und stoppt ein Partner ruckweise auf einem anderen (wie zum Beispiel ein Radiergummi auf einer Glasplatte). Dabei können je nach Oberflächenbeschaffenheit auch Rattermarken entstehen.
Sollbruchstelle	Eine Sollbruchstelle ist eine absichtliche Querschnittschwächung an einem Formteil zur Brucheinleitung an definierter Stelle, z. B. durch eine Kerbe, Säge- oder Schnittverletzung.
Spannklotzmethode (zum Messen von Folienschichtdicken)	Mit der Spannklotzmethode sind Schichtdicken an Mehrschichtfolien wesentlich schneller zu untersuchen als nach einer Einbettung in Epoxdharz EP oder mittels Dünnschnitt. Zwischen zwei PVC-Spannklotze (s. a. Bild 96) werden an beiden Einspannseiten – gleichgroße Folienschnitte eingelegt – damit sie beim Anziehen der Messingschrauben parallel bleiben. Beide Folienüberstände werden dann mit einem Skalpell schräg ziehend, bündig mit der PVC-Oberfläche, abgeschnitten. Dadurch verlaufen die entstehenden Schnittriefen schräg zu den Einzelschichten und täuschen nicht mehr Schichten vor, als vorhanden. Der Skalpellschnitt wird dann mikroskopisch vermessen. Vorsicht, ein Dünnschnitt eignet sich zum Erkennen der Schichten, zeigt aber wegen einer unvermeidbaren Querkontraktion – nie die exakten Schichtdicken – wie ein Skalpellschnitt oder Blockschnitt (Probenrest zwischen den Spannklotzen oder im Mikrotom).
Spannungen	→ Formteilspannungen, → Medium, spannungsrisssauslösendes
Spannungsrissskorrosion	Spannungsrissskorrosion entsteht, wenn Korrosion mit einer inneren und oder äußeren Spannung zusammenwirkt. Dann entstehen Risse, die zu Brüchen führen können. Eine Korrosion entsteht immer zuerst im Bereich der höchsten Formteilspannungen durch Medieneinflüsse. Das sind: autokatalytische Oxidation, Hydrolyse, Laugen (Oberflächenkorrosion), Lösungsmittel, Netzmittel (Spannungsrisssauslösung und Quellung), Öle, Ozon und Säuren usw. (s. a. → Alterung, → Formteilspannungen, → Hydrolyse, → Korrosion, → Lösungsmittel, → Medien, spannungsrisssauslösende, → Netzmittel und → Oxidation).
Spannungsrisstest (DIN EN ISO 4599)	Der Spannungsrisstest oder Netzmitteltest dient zur Ermittlung äußerer Formteilspannungen. Je größer die Formteilspannungen sind, desto früher entstehen Spannungsrisse bei einem Spannungsrisstest. Die Spannungsrisssbildung ESC wird mit dem Biegestreifenverfahren nach DIN EN ISO 4599 ermittelt (s. a. → Medium, spannungsrisssauslösendes, → Netzmittel, → Netzmitteltest und → Verträglichkeitsprüfung).
Spannungszentrum	→ Normalspannungszentrum
Sperrfilter	→ Strahlteiler
Sphärolithdeformationen	Bild 055 und 057, → Fehler, rheologische

LIM-Unterkapitel: Spannungen



Bild 489

- Risseinfärbung mit Fuchsin,
- Spannungsrisse durch Medieneinflüsse

Bild 489, PA6.6-Türhandgriff (V=22, AL) mit Spannungsrisse. Die Risse wurden zur Kontraststeigerung mit Fuchsin eingefärbt. Fuchsin, ein rotes Pulver, ist im Chemiehandel zu kaufen. Es wird in Wasser oder besser in Alkohol (falls kunststoffverträglich) gut verrührt und mit einem davon getränkten Tuch aufgetragen und der Überschuss sofort abgewischt. Die Fuchsin dispersion dringt mit guter Kapillarwirkung schnell in Risse ein. Der Schaden wurde durch Medieneinflüsse (z. B. Handschweiß, Creme- oder Parfümreste) beim Publikumsverkehr verursacht. Eine UV-Belastung im Raum durch Sonneneinstrahlung konnte ausgeschlossen werden.

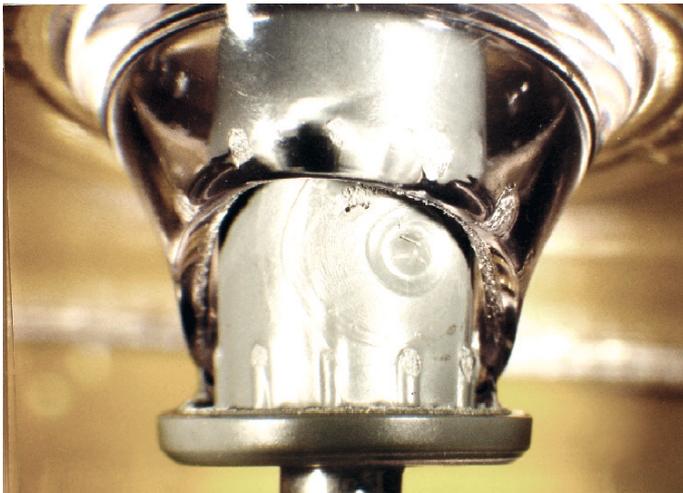


Bild 490

- Aufweitspannungen bei SAN,
- Einlegeteil (Metall),
- Formteilstressspannungen,
- Insert (Einlegeteil),
- Vergleichende Untersuchung

Bild 490, SAN-Buchse in einem Formteilboden (V=9, DL) mit eingepresster SAN-Bundhülle. Beim Reinigen in einer Geschirrspülmaschine, entstanden nach wenigen Stunden Risse in der Buchse und ein Teil brach weg. Danach verlor die eingepresste, graue SAN-Bundhülle mit einer eingespritzten Metallwelle (Insert) den Halt. Schadensursachen: Die beim Reinigen relativ hohe Temperatur von 90°C führte zu einer Umlagerung der Makromoleküle (Tempern), wodurch die bei der Fertigung eingefrorenen Formteilstressspannungen frei wurden. Die Schwindung der Buchse auf die Bundhülle und die Aufweitspannungen vom Einpressen der Bundhülle verursachten zusammen die Risse und den Bruch (s. a. Bilder 491 bis 493, → Formteilstressspannungen und → Insert).

Nr.	Fachworte	Bild-Nr.	Kunststoff	Verarbeitung	Formteil	Kontrast
2404	• im Angussbereich	539	ABS	Spritzgießen	Platine	AL
2405	• im Lack	547	—	Lackieren	Lackoberfläche	AL-DF
2406	• in PC	449	PC	Spritzgießen	Filtergehäuse	DL
2407	• in SAN	448	SAN	Spritzgießen	Abstandshalter	DL
2408	• kaum sichtbar	458	PC	Spritzgießen	Gehäuse	AL
2409	• PC	459	PC	Spritzgießen	Gehäuse	AL
2410	• wolkenartige	450	PC	Spritzgießen	Filtergehäuse	DL
2411	Verbundrohr mit Diffusionssperre	440	PB	Extrusion	Heizungsrohr	AL
2412	Veredelung	Definition				
2413	Verfärbung	Definition				
2414	Verformung: bleibende	551	PA6.6-GF30	Polierschliff	Kühler	AL
2415	• bleibende (Delle)	401	PVC-U	Extrudieren	Rohr	AL
2416	• geringe	052	ABS	Spritzgießen	Schnapphaken	AL
2417	• plastische	Definition				
2418	Vergleich (LIM Unterkapitel)	540–556				
2419	Vergolden, Sputtern:	Definition				
2420	• von PUR	371	PUR	Schäumen	Schaum	REM
2421	Vergrößerung	Definition				
2422	Vergrößerung, optimale	Definition				
2423	Vergrößerungszahl	Definition				
2424	Verletzung (LIM Unterkapitel)	557–564				
2425	Verletzung (REM Unterkapitel)	377–381	REM			
2426	Verletzungen, mechanische:	Definition				
2427	• bei PE	092	PE	Extrusionsblasen	Schichtfolie	DL-POL
2428	• bei PE	562	PE	Extrusion	Gasrohr	AL
2429	Vernetzte Kunststoffe (siehe Kunststoffe, vernetzte)	Definition				
2430	Vernetzung	Definition				
2431	Verpackung und Transport	Definition				
2432	Versagensbereich (Querschnitt): in PETP	045	PETP	Spritzgießen	Gehäuseteil	AL-DF
2433	• in PE-HD	500	PE-HD	Extrusion	Trinkwasserrohr	AL
2434	Versatz im Formteil (Formteilversatz)	049	PA6.3	Spritzgießen	Kartusche	AL : 1 : 1
2435	Verschleiß, plastischer	381	PA6.6	Spritzgießen	Gleitring	REM
2436	Verschraubmoment: mit Rissauslösung	409	PE	Polierschliff	Verschlusskappe	AL
2437	• ohne Rissauslösung	410	PE	Polierschliff	Verschlusskappe	AL
2438	Verschraubung: bei PE-HD	178	PE-HD	Spritzgießen	Schraubkappe	AL
2439	• undichte bei PPO	177	PPO	Polierschliff	Wasserbehälter	AL
2440	Verschweißung: einer Wickelrohrlage	439	PE	Wickeln	Wickelrohr	DL-POL + λ
2441	• schräge	464	PB	Muffenschweißen	T-Stück	AL : 1 : 1
2442	Versprödung:	Definition				
2443	• durch thermische Zersetzung	023	PVC	Extrusion	Dachelement	DL

Fachworte	Erklärungen der Begriffe						
Vergrößerung (Fortsetzung)	Nachvergrößerung mit ungenügender Auflösung liefert nur unscharfe Bilder. Die optimale Vergrößerung wird mit folgender Faustformel berechnet: $V_M \approx 500 \cdot NA$ bis $1000 \cdot NA$. NA = numerische Apertur, V_{OB} = Vergrößerungszahl vom Okular und V_{OK} = Vergrößerungszahl vom Objektiv.						
Vergrößerung, optimale	→ Vergrößerung						
Vergrößerungszahl	Die Vergrößerungszahl gibt die Vergrößerung an vom Objektiv und Okular (s. a. → Vergrößerung und → Apertur, numerische).						
Verletzungen, mechanische	Mechanische Verletzungen sind z. B.: eine Delle, ein Kratzer und eine Riefe. Eine Delle entsteht durch eine Druck- oder Schlagverletzung. Kratzer und Riefen sind linienartige Verletzung in der Formteiloberfläche durch eine mechanische Verletzung (s. a. → Delle, → Riefe, → Kratzer und Bilder 092 und 652).						
Vernetzung	→ Kunststoffe, vernetze						
Verpackung und Transport	Einen wichtigen Einfluss auf die Formteilqualität haben: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">Transport und Transporteinflüsse:</td> <td>Land-, Luft- oder Seeweg, Hitze, Kälte, Luftdruckunterschiede, Luftfeuchtigkeit, Medien und deren Migrationen sowie salzhaltige Seeluft (Korrosion)</td> </tr> <tr> <td>Verpackung und Verpackungssicherheit:</td> <td>Dichtheit gegen Transporteinflüsse, Kennzeichnung (wie: Vorsicht zerbrechlich), Pappkarton, Stabilität von Paket oder Holzkiste, Verpackungspapier, Wellkarton (z. B. Verfärbungen)</td> </tr> <tr> <td>Versanddauer:</td> <td>Stunden, Tage oder Wochen (z. B. Schwindung, Verzug)</td> </tr> </table> <p>S a. → Alterung, → Delle, → Formteilqualität, → Kerbe, → Korrosion, → Kratzer, → Lackierfehler, → Medieninflüsse, → Qualitätseinflüsse beim Spritzgießen, → Riefe, → Schwindung, → Verfärbung, → Verfärbung und → Verzug.</p>	Transport und Transporteinflüsse:	Land-, Luft- oder Seeweg, Hitze, Kälte, Luftdruckunterschiede, Luftfeuchtigkeit, Medien und deren Migrationen sowie salzhaltige Seeluft (Korrosion)	Verpackung und Verpackungssicherheit:	Dichtheit gegen Transporteinflüsse, Kennzeichnung (wie: Vorsicht zerbrechlich), Pappkarton, Stabilität von Paket oder Holzkiste, Verpackungspapier, Wellkarton (z. B. Verfärbungen)	Versanddauer:	Stunden, Tage oder Wochen (z. B. Schwindung, Verzug)
Transport und Transporteinflüsse:	Land-, Luft- oder Seeweg, Hitze, Kälte, Luftdruckunterschiede, Luftfeuchtigkeit, Medien und deren Migrationen sowie salzhaltige Seeluft (Korrosion)						
Verpackung und Verpackungssicherheit:	Dichtheit gegen Transporteinflüsse, Kennzeichnung (wie: Vorsicht zerbrechlich), Pappkarton, Stabilität von Paket oder Holzkiste, Verpackungspapier, Wellkarton (z. B. Verfärbungen)						
Versanddauer:	Stunden, Tage oder Wochen (z. B. Schwindung, Verzug)						
Verschleiß	Verstärkungstoffe in den Formteilen reduzieren den Verschleiß beim Gebrauch, erhöhen ihn aber in der Maschine und im Werkzeug. Verschleiß ist z. B. der mechanische Abbau in Kunststoffverarbeitungs- maschinen und Werkzeugen durch abrasive Füll- und Verstärkungstoffe im Kunststoff (s. a. → Abbau, → Füllstoffe und → Verstärkungstoffe).						
Versprödung	Eine Versprödung und Bruchempfindlichkeit entsteht generell durch einen chemischen, thermischen und mechanischen Abbau - bei Medienangriff, Überhitzung, Scherung mit Zerstörung der Makromoleküle. Ein hoher MFR-Anstieg zwischen der Formmasse und fertigem Formteil deutet auf eine hohe Scherung oder zu hohe Formmasse-temperatur, lange Verweilzeit im Zylinder oder Angussystem. Abhilfe: Anguss vergrößern (z. B. Schirmanguss verwenden), Angussverteiler polieren, Düsenheizung kontrollieren, Entgasungsschnecke verwenden (bei PFA Schwefelwasserstoff abführen), Rückstromsperre verwenden, Fließwiderstände reduzieren, Schneckendrehzahl verringern, Schnecken-spalt kontrollieren, Spritzgießmaschine dem Schussgewicht anpassen, Staudruck verringern, Werkzeugentlüftung optimieren, Werkzeugtemperatur erhöhen und Fließwege gleichmäßig temperieren. Besonders auch bei PFA (s. a. Bild 385, Kerbempfindlichkeit) - und PC-Formteilen mit mangelhafter Vortrocknung (s. a. → Abbau, → Additive, → Alterung, → Anguss vergrößern, → Bruchursachen, → Einfärbung, nachträgliche, → Farbschlieren, → Feuchtigkeit in der Formmasse, → Formmasse-temperatur, → Formteilspannungen, → Füllstoffe, → Glasfaserbruch, → Granulat, unaufgeschmolzenes, → Heißkaltmischung, → Hydrolyse, → Inhomogenitäten, → Kaltfluss, → Kerbwirkung, → Konditionieren in Wasser, → Kunststoffarten, → Kunststoffe, teilkristalline, → Lösungsmittel, → Matrixabbau, → Medieneinfluss, → Nachdruckfehler, → Nachkristallisation, → Nachschwindung, → Oberflächenfehler, → Oxidation, → Randzone bei amorphen Kunststoffen, → Randzone bei teilkristallinen Kunststoffen, → Randzone, sphärolitharme, → Restfeuchtigkeit, → Rissursachen, → Rissweiterleitung, → Scherung, → Spannungen, → Spannungsrisskorrosion, → Sphärolithschlieren, → Tempern (Spannungsabbau), → Überhitzung, thermische, → Ultraviolettstrahlung, → Vakuolen und Lunker, → Verarbeitung, kalte, → Vernetzung, → Verstärkungstoffe, → Verweilzeit, → Vortrocknung, → Wechsel-temperaturen, → Werkzeugtemperatur und → Zersetzung, thermische).						
Versprödung von PFA	→ Versprödung (s. a. Bild 385)						
Versprödung von PVC	→ Versprödung, → Geliergrad von PVC, → ODSC-Analyse mit DSC-Analyse (s. a. → Bild 23)						

LIM-Unterkapitel: Randzone

Bild 299

- Randzone, stark sphärolitharme,
- Nachdruckmangel,
- Vakuolen,
- Werkzeugtemperatur, kalte

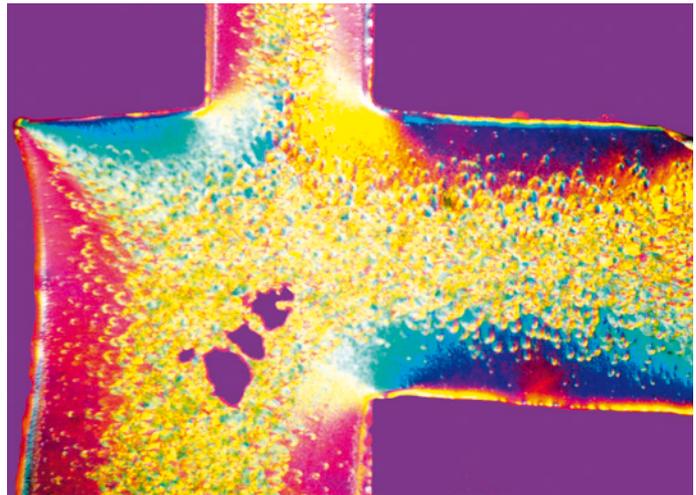


Bild 299, POM-Gehäuse mit Steg ($V=8$, DL-POL + λ -Platte). Ein $10\mu\text{m}$ -Dünnschnitt zeigt im polarisierten Durchlicht mit Lambdaplatte stark ausgeprägte, sphärolitharme Randzonen bis $500\mu\text{m}$ und Vakuolen. Die sphärolitharmen Randzonen entstanden bei einer zu kalten Werkzeugtemperatur und die Vakuolen durch einen Nachdruckmangel. Kalte Randzonen sind nur in teilkristallinen Kunststoffen als sphärolitharme Randzonen sichtbar. In amorphen Kunststoffen entstehen in kalten Werkzeugen auch Randzonen. Sie sind aber meist nicht sichtbar. Jedoch zeigt ein absichtlicher Gewaltbruch bei amorphen und harten Kunststoffen oft einen Ausriss am Bruchrand mit etwa 45° oder eine Randschichtablösung. Im vorliegenden Fall waren die Schadensursachen ein eingefrorener Punktanguss und ein daher nicht mehr wirksamer Nachdruck (s. a. Bild 300, → Kunststoffarten, → Nachdruckmangel und → Randzone, sphärolitharme).

Bild 300

- Seele, plastische (Wandmitte),
- Versprödung durch eine stark sphärolitharme Randzone

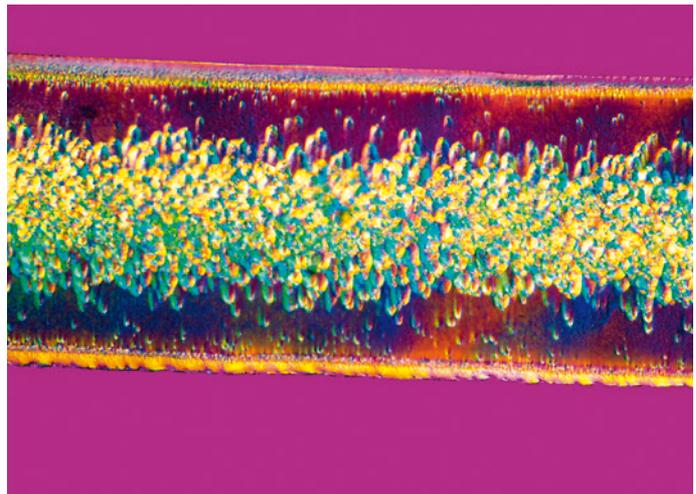


Bild 300, POM-Gehäuse mit Steg ($V=8$, DL-POL + λ -Platte), Detail wie Bild 299, jedoch in einem anderen Bereich. Die großen Sphärolithe wuchsen in der plastischen Seele (Wandmitte), weil dort die Massetemperatur am längsten wirkte und für das Sphärolithwachstum hoch genug war. An den zu kalten Werkzeugwänden sank die Temperatur schnell ab und es entstanden sphärolitharme Randzonen. Weil diese vorherrschend, hart und spröde sind, brach das Gehäuse im Gebrauch. Die Schadensursache waren daher: die großen Sphärolithe in der Wandmitte (plastische Seele) und die sphärolitharmen Randzonen durch eine zu kalte Verarbeitung (s. a. Bild 299, → Massetemperatur, → Seele, plastische, → Sphärolithwachstum und → Randzone, sphärolitharme).