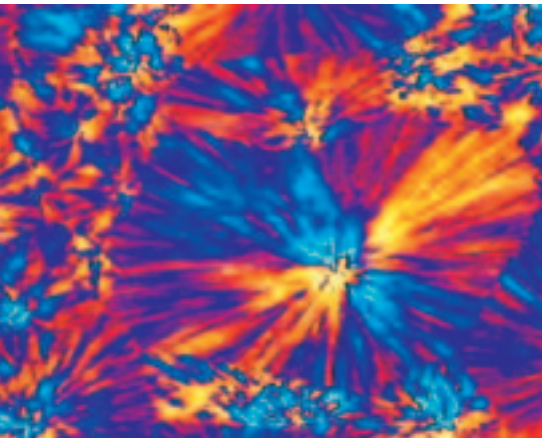


## Materialmikroskopie

### Kunststoffe unter dem Mikroskop

Heute gibt es nahezu keinen Bereich des täglichen Lebens, in dem Produkte aus Kunststoffen keine wichtige Rolle spielen. Die Kunststofftechnik erlaubt die wirtschaftliche Herstellung von hochwertigen, multifunktionalen Teilen in großer Stückzahl in Endqualität. Hierauf basiert der grundsätzliche Erfolg der Kunststoffe.

Im Zuge einer fortschreitenden Miniaturisierung – auch infolge von Leichtbaubestrebungen verbunden mit Wanddickenreduzierungen – und nicht zuletzt durch einen internationalen Wettbewerb mit Preisdruck



*Im Durchlicht-Polarisationsverfahren abgebildete morphologische Gefügestruktur (Sphärolithen) eines teilkristallinen Kunststoffteils. (Polarisation, EC Epiplan-Neofluar 50x/0,8 HD DIC)*

werden die Kunststoffteile zunehmend bis an ihre Grenzen belastet. Die Sicherheitsreserven schwinden. In diesem Zusammenhang erlangt die Strukturgüte (Morphologie) der Kunststoffteile nun erweiterte Bedeutung, da qualitativ hochwertige Spritzgießformteile dann eine optimale Ausbildung ihrer Morphologie erfordern. Wie bekannt ist, handelt es sich beim Spritzgießen um einen Urformprozess, d.h. das jeweilige Formteil entsteht während dieses Prozesses in seiner Kontur (Geometrie) und gleichzeitig im Werkstoff (Gefügeausbildung, Orientierung von Füll- und Verstärkungsstoffen). Das bedeutet für jedes hergestellte Spritzgießformteil, dass seine Teilequalität prozessabhängig ist.

Um die Qualität ausreichend beschreiben zu können, muss folglich neben einer geometrischen Prüfung, eine Prüfung der Strukturgüte erfolgen. Letzteres erfordert mikroskopische Untersuchungen mit Hilfe der Licht- und Elektronenmikroskopie an Oberflächen, Schnittflächen und Gefügedünnschnitten.



*Für das Institut für Werkstoffwissenschaften und Verfahrenstechnik der Kunststoffe (IWV) an der Fachhochschule Aalen unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Achim Frick und für sein Team ist die fertigungsinduzierte Struktur-Eigenschaftskorrelation bei spritzgegossenen Teilen von großem wissenschaftlichen Interesse. Dabei spielt insbesondere die Aufklärung der mikroskopischen Struktureigenschaften von Kunststoffteilen und die damit verbundene Produktqualität eine große Rolle. Zudem wird intensiv an der Klärung werkstofftechnischer und verfahrenstechnologischer Fragen im Zusammenhang mit einer werkstoffschonenden, prozesssicheren und industriell serientauglichen Realisierung von Miniaturformteile hoher Güte geforscht. Diese aus der Forschung gewonnenen Erkenntnisse fließen in die Lehrgebiete der Kunststoffkunde und Kunststoffprüfung ein und dienen so direkt der innovativen Ausbildung von Studenten der Kunststofftechnik.*

### Leistungsfähige Analyse der Struktureigenschaften von Spritzgussteilen



We make it visible.

# Homogenität

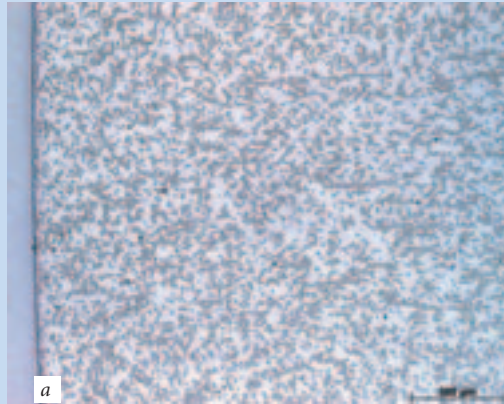
## Anwendung 1

### Prüfung der Homogenität und Orientierung von Verstärkungs- und Füllstoffen

Ungefärbte und schwarz eingefärbte Kunststoffformteile mit zugesetzten Glasfasern und -kugeln wurden vergleichend im Hellfeld, Dunkelfeld und C-DIC Verfahren mit EC Epiplan-Neofluar Objektiven im Auflicht geprüft. Es zeigt sich, dass die Analysierbarkeit von Kunststoffen im Hellfeld und Dunkelfeld sehr von der Einfärbung und Art der Zusatzstoffe abhängt. Eine enorme Bereicherung für detaillierte Untersuchungen von Verstärkungs- und Füllstoffen in verschieden farbigen Kunststoffen ist das polarisationsoptische Differential-Interferenzkontrastverfahren (C-DIC) aufgrund seines reliefartigen Darstellens von Phasenunterschieden.

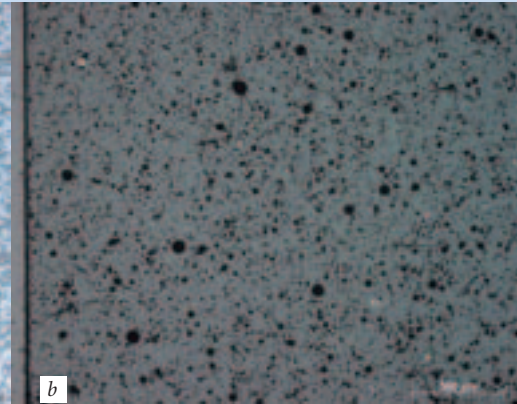
a) Glasfaserverstärkter, schwarzer Kunststoff

PBT-GF30 schwarz

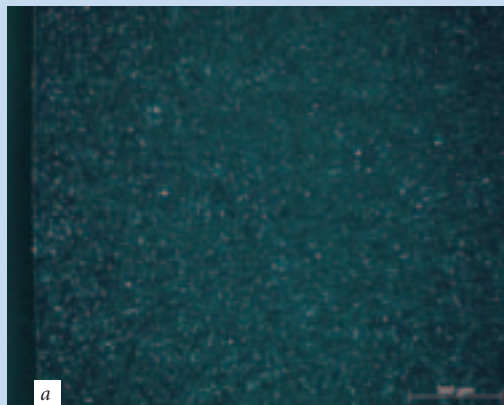


b) Glaskugelverstärkter, ungefärbter Kunststoff

POM-GB30 natur



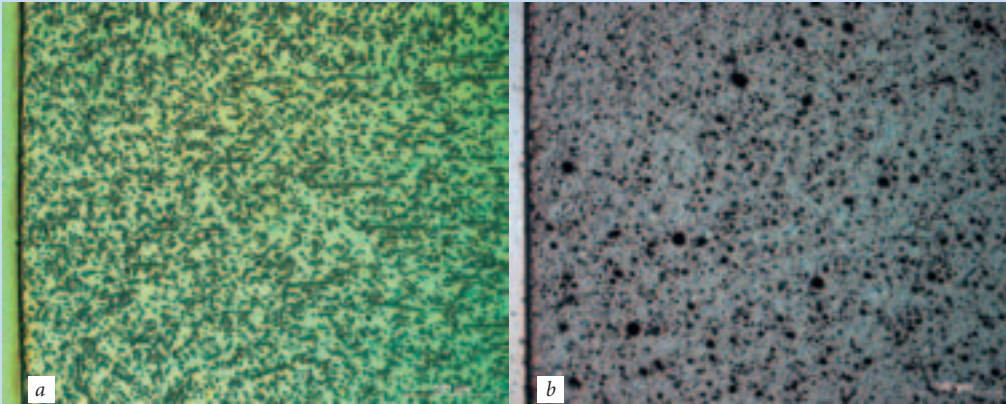
*Im Auflicht-Hellfeld Verfahren ist die Orientierung der durchsichtigen Glasfasern im schwarzen Kunststoff tendenziell differenzierbar. Dagegen sind die glasklaren Kugeln im ungefärbten Kunststoff nur bedingt erkennbar und schlecht von eventuell vorhandenen Lunkern zu unterscheiden. (Hellfeld, EC Epiplan-Neofluar 5x/0,13 HD DIC)*



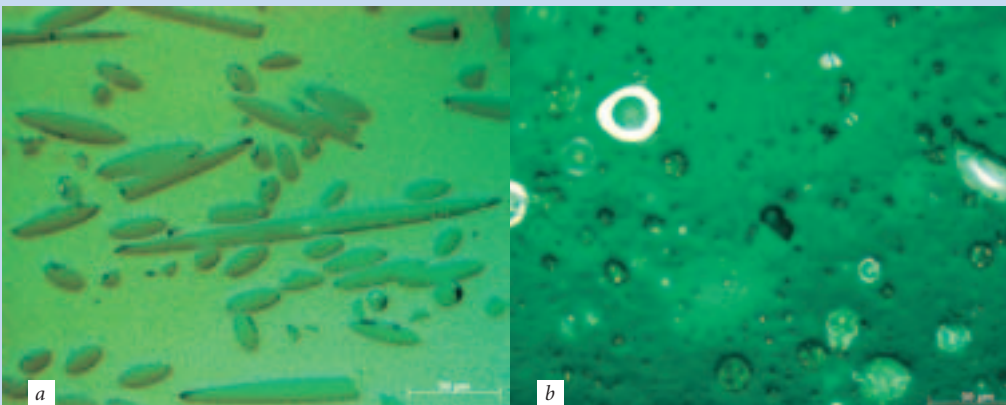
*Das Dunkelfeld Verfahren, das aufgrund diffus reflektierenden Lichts feinste Strukturdetails sichtbar macht, lässt ebenso wie im Hellfeld die Verstärkungs- und Füllstoffe nur erahnen. Im Dunkelfeld zeigen sich die im Hellfeld nicht visualisierbaren Glaskugeln des ungefärbten Kunststoffes. Im Gegensatz dazu sind die im Hellfeld sichtbaren Glaskugeln nicht mehr zu erkennen. (Dunkelfeld, EC Epiplan-Neofluar 5x/0,13 HD DIC)*

a) Glasfaserverstärkter, schwarzer Kunststoff  
PBT-GF30 schwarz

b) Glaskugelverstärkter, ungefärbter Kunststoff  
POM-GB30 natur



Die optimale Visualisierung der gesamten Menge an Füll- und Verstärkungsstoffe wird dagegen durch das Kontrastverfahren C-DIC geleistet. Durch die 3-dimensionale Abbildung der strukturierten Oberfläche sind sowohl die Glasfasern als auch die Glaskugeln bei den verschiedenen farbigen Kunststoffteilen deutlich sichtbar. Die Homogenität und Orientierung der Verstärkungs- und Füllstoffe ist eindeutig prüfbar. (C-DIC, EC Epiplan-Neofluar 5x/0,13 HD DIC)



Bei 500-facher Vergrößerung sind augenscheinlich die Orientierungen sowie die gute Einbettung der Glasfasern in die Polymermatrix analysierbar und sowohl die homogene Verteilung der Glaskugeln als auch deren Größe identifizierbar. (C-DIC, EC Epiplan-Neofluar 50x/0,8 HD DIC)

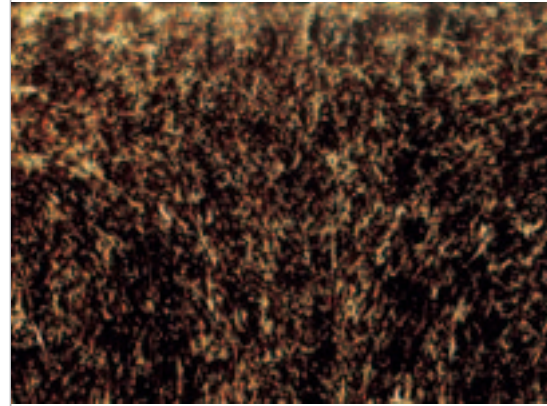


# Glasfaser

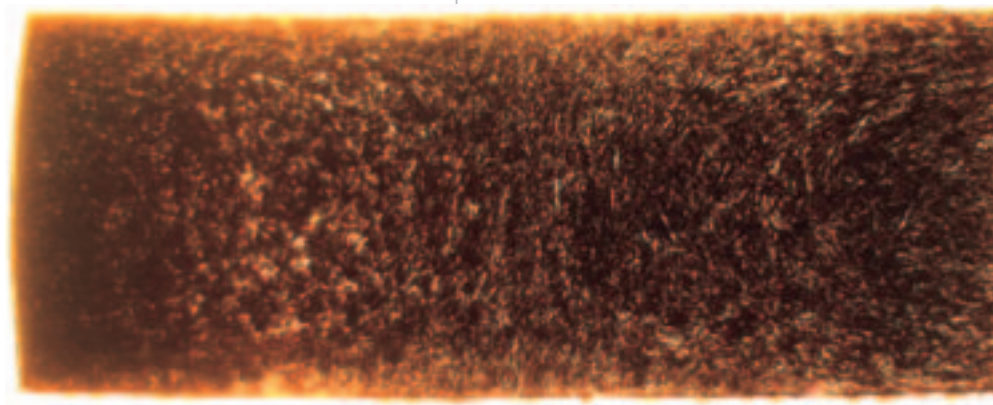
## Anwendung 2:

### Untersuchung von Faserorientierung und Bindahtfestigkeit bei aufeinandertreffenden Glasfaserfronten (Glasfaserorientierung im Durchlicht, Bindahtfestigkeit)

Treffen zwei glasfaserverstärkte Schmelzefronten beim Spritzgießen im Werkzeug aufeinander entsteht eine Bindaht. Im Durchlicht ist eine schnelle und einfache Untersuchung der Orientierung der Glasfaser im Bindahtbereich der Kunststoffprobe möglich. Es wird dazu ein dünner planparalleler Schnitt (10 bis 50  $\mu\text{m}$ ) der schwarzen, glasfaserverstärkten PBT-Probe (idealerweise mit einer Diamantsäge) herausgetrennt und im durchfallenden Licht untersucht.



*Die Detailaufnahme zeigt deutlich die unhomogene Verteilung der Glasfasern. Trotz linearer Orientierung der Glasfasern ist kein Riss im Bindahtbereich zu sehen. Es ist eine gute Bindahtfestigkeit gegeben. (Hellfeld, EC Epiplan-Neofluar 50x/0,8 HD DIC)*

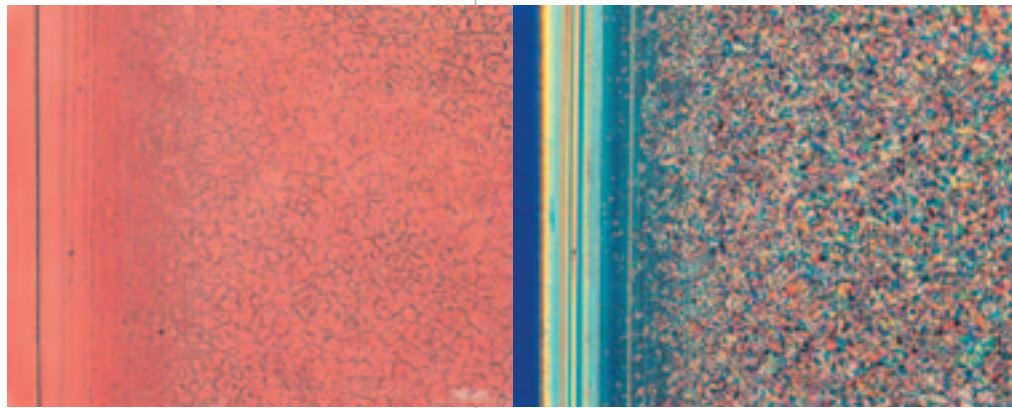


*In der Übersichtsaufnahme sind die aufeinander treffenden Polymerfronten durch den parabelförmigen Verlauf der Glasfasern deutlich zu sehen. (Hellfeld, Plan-Neofluar 1x/0,025)*

# Bindenaht

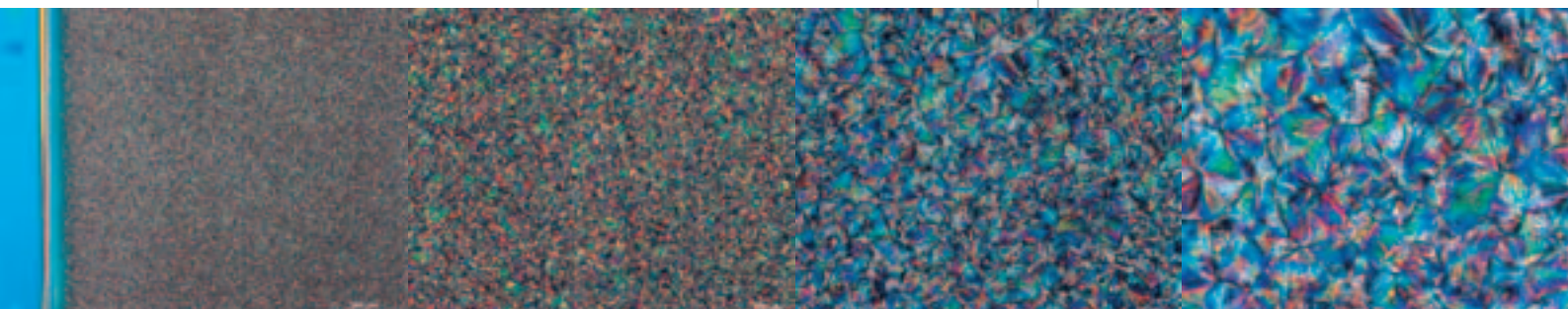
## Anwendung 3: Analyse der morphologischen Struktur und Homogenität des Gefüges (Forschung und Schadens- analyse)

In der Kunststofftechnik spielt das Polarisationsverfahren im Durchlicht die wichtigste Rolle zur mikroskopischen Charakterisierung der Gefügestruktur in Kunststoffteilen. Hierbei wird das lichtpolarisierende Verhalten von kristallinen Strukturen ausgenutzt. Der kristalline Gefügeanteil im Kunststoff ist für die Steifigkeit des Kunststoffteils entscheidend. Die amorphe Randschicht mindert die Kerbempfindlichkeit. Es werden 10 µm dünne Schnitte aus PBT (ohne Farbzusatz) untersucht, die mit dem Mikrotom präpariert wurden.



*Das Hellfeld-Verfahren erlaubt keine eindeutige Differenzierung der unterschiedlichen Gefügestrukturen. Die Morphologie ist nur zu erahnen. (Hellfeld, EC Epiplan-Neofluar 20x/0,5 HD DIC)*

*Spritzgussteile weisen eine amorphe Randschicht und einen kristallinen Kern auf. Im Polarisationsverfahren können die unterschiedlichen morphologischen Strukturen im Gefüge exzellent detektiert werden. (Polarisation, EC Epiplan-Neofluar 20x/0,5 HD DIC)*



a) 5x

b) 20x

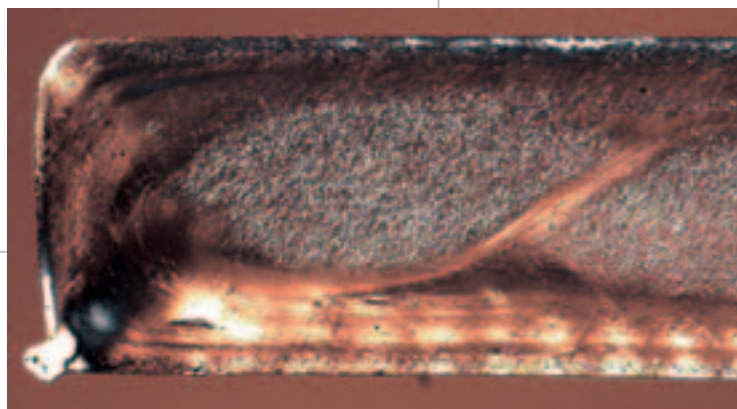
c) 50x

d) 100x

*a – d: Bei Gesamtvergrößerungen bis zu 1000-fach sind die ausgebildeten Sphärolithe besonders gut zu sehen. (Polarisation, EC Epiplan-Neofluar 5x/0,13 HD DIC; EC Epiplan-Neofluar 20x/0,5 HD DIC; EC Epiplan-Neofluar 50x/0,8 HD DIC; EC Epiplan-Neofluar 100x/0,9 HD DIC)*

Inhomogenitäten im Kunststoffteil sind oftmals die Ursache für ein Bauteilversagen. Daher erlaubt die visuelle Begutachtung der Homogenität der Morphologie und der Zusatzstoffe letztendlich die Beurteilung der Teilequalität. Das im Durchlicht unentbehrliche Polarisationsverfahren hebt besonders deutlich inhomogene Strukturverteilungen im Kunststoff hervor.

*Die Aufnahme im polarisierten Licht zeigt deutlich die Inhomogenität der Gefügestruktur. Die Qualität des Produkts (Teil aus TPU) ist schlecht. (Polarisation, EC Epiplan-Neofluar 5x/0,13 HD DIC)*



## Fazit

In der Kunststofftechnik zeigt sich die große Vielseitigkeit der Carl Zeiss Mikroskope Axioplan 2 imaging, Axioskop 2 MAT und Axioskop 40 Pol. Bei guter Probenpräparation werden mit diesen Systemen kontrastreiche Aufnahmen im auffallenden und durchfallenden Licht erzielt. Mit Hilfe des polarisationsoptischen Differential-Interferenzkontrastverfahrens C-DIC und der Objektivreihe EC Epiplan-Neofluar sind Verstärkungs- und Füllstoffe im Kunststoff hervorragend in Reflektion visualisierbar. Damit ist die Homogenität und Orientierung der Zusatzstoffe augenfällig prüfbar. Im Durchlicht ist das Polarisationsverfahren ein unverzichtbares Hilfsmittel zur Beurteilung der morphologischen Gefügestruktur im Kunststoffteil. Im System mit den leistungsfähigen Mikroskopkameras der AxioCam Familie und der Imaging Software AxioVision stehen eine Reihe quantitativer Analysen zur Verfügung. Beispiele sind das Auszählen von Glasfasern, Messen ihrer Länge, Messen ihres Volumenanteils an der Gesamtprobe u.v.m. Axioplan 2 imaging, Axioskop 2 MAT und Axioskop 40 Pol beweisen sich in der Kunststofftechnik als ausgezeichnete Lichtmikroskope für Untersuchungen in Forschung und Praxis.



**Carl Zeiss**  
Lichtmikroskopie

Postfach 4041  
37030 Göttingen  
Telefon: 0551 5060 660  
Telefax: 0551 5060 464  
E-Mail: mikro@zeiss.de  
**www.zeiss.de/mat**

Änderungen vorbehalten