

## Prüfverfahren und Anlagen

Verzeichnis mit Standardeinrichtungen am KATZ



## Einleitung

Unsere Leistungen lassen sich in die Bereiche **Prüfverfahren, Kunststoffverarbeitung** und **Simulation** gliedern.

Unsere Expertise besteht darin, die Geräte und Methoden richtig einzusetzen und miteinander zu kombinieren.

Das vorliegende Verzeichnis listet alle standardisierten und relevanten Leistungen am KATZ auf. Diese Leistungen werden im Rahmen der **Kreislauffabrik**, der **Schadensanalyse**, von **Dienstleistungs-** und **aF&E Projekten** sowie **der Aus- und Weiterbildung** integral angeboten.

Die aktuelle Version steht auf [www.katz.ch/tui](http://www.katz.ch/tui) zum Download bereit.

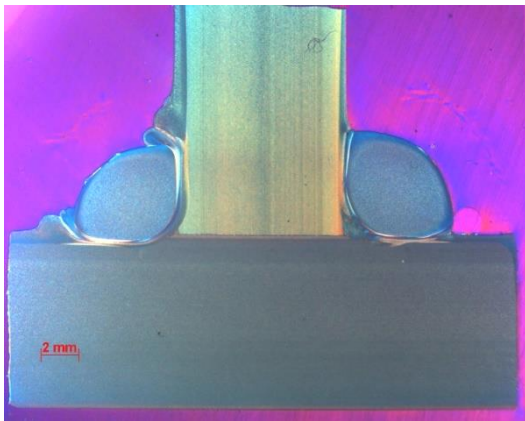
## Inhalt

1	Prüfverfahren.....	2
1.1	Gefügeanalyse.....	2
1.2	Werkstoffanalyse.....	4
1.3	Mechanische Prüfungen .....	6
1.4	Rheologie .....	7
1.5	Oberflächen- und Farbmessungen .....	8
1.6	Tribologie .....	9
1.7	Feuchtigkeitsmessungen, Alterung, Langzeitmessungen, Wärmelagerung.....	10
2	Kunststoffverarbeitung .....	11
2.1	Aufbereitung: Waschen, Shreddern, Mischen und Compoundieren – Kreislauftechnologien.....	11
2.2	Musterung, Prototyping und Versuchsdurchführung.....	12
2.3	Werkzeuge für die Herstellung von Probekörpern .....	14
3	Simulation .....	15

# 1 Prüfverfahren

## 1.1 Gefügeanalyse

Die Gefügeanalyse gelangt bei Schadensuntersuchungen und Bauteiloptimierungen zum Einsatz. Sowohl die Dünnschnitt- als auch die Dünnschliffpräparation steht zur Verfügung. Zur Untersuchung der Präparate werden Auflicht-, Durchlicht- und Polarisationsmikroskopie eingesetzt.



**Abbildung 1 Dünnschliff im Bereich zweier Schweißnähte**



**Abbildung 2 Lichtmikroskopie (DL) von Dünnschnitt aus Rohrprobe**

Lichtmikroskopische Charakterisierung von

- Nicht aufgeschmolzenem Material und Inhomogene Schmelze
- Kristallinität (Überstruktur)
- Spannungen und Orientierungen
- Bindenähte
- Lunker, Risse und Mikroporosität
- Pigmentanhäufungen und Füllstoffverteilung
- Faserorientierung
- Schweißnähte
- Oberflächenbeschaffenheit
- Bruchflächen

## 1.2 Werkstoffanalyse

Mittels FT-IR (Fouriertransformation Infrarotspektroskopie), DSC (Differential Scanning Calorimetry) und TGA (Thermogravimetrie) kann ein unbekanntes Material identifiziert und charakterisiert werden.

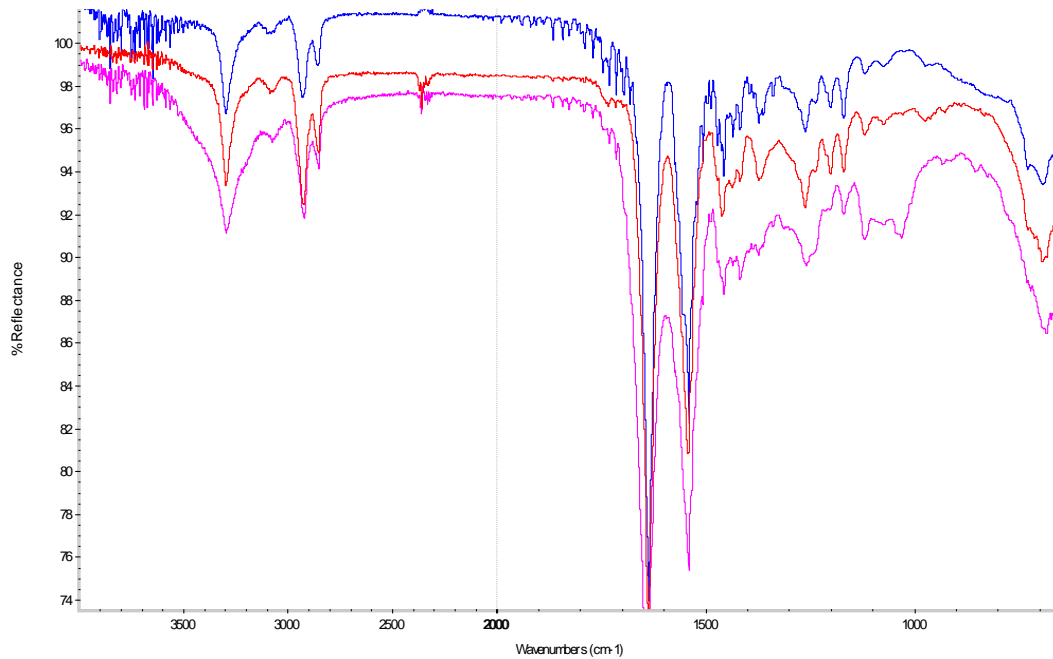
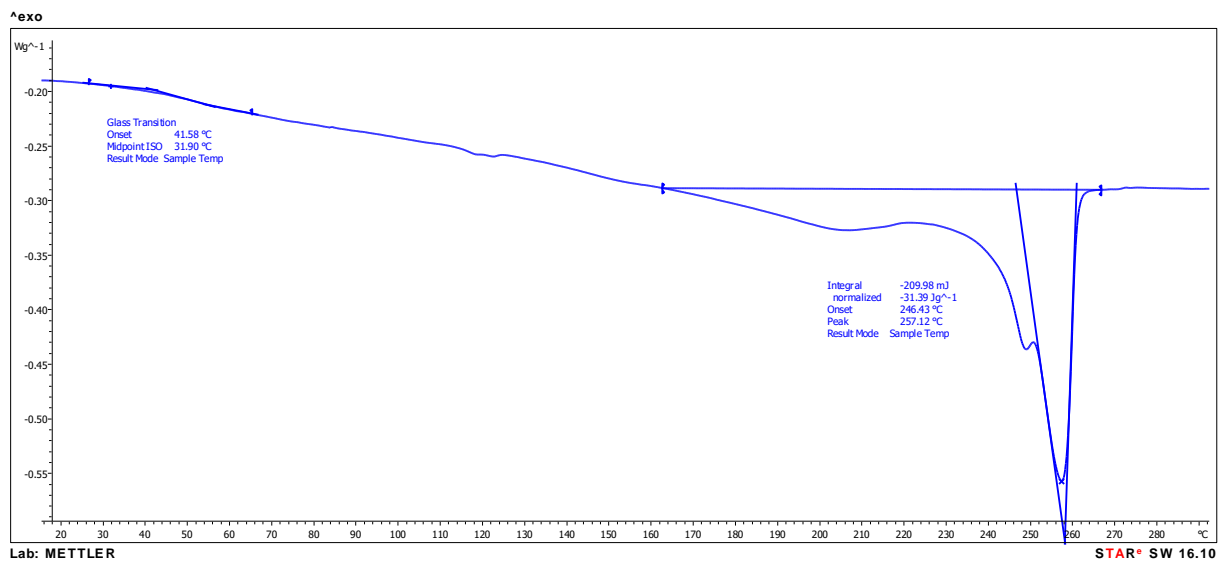


Abbildung 3 FT-IR-Spektrenvergleich **Muster 1**, **Muster 2** und einer **PA 6-Referenz**



Lab: METTLER

STAR® SW 16.10

Abbildung 4 Charakterisierung eines Werkstoffes mittels DSC

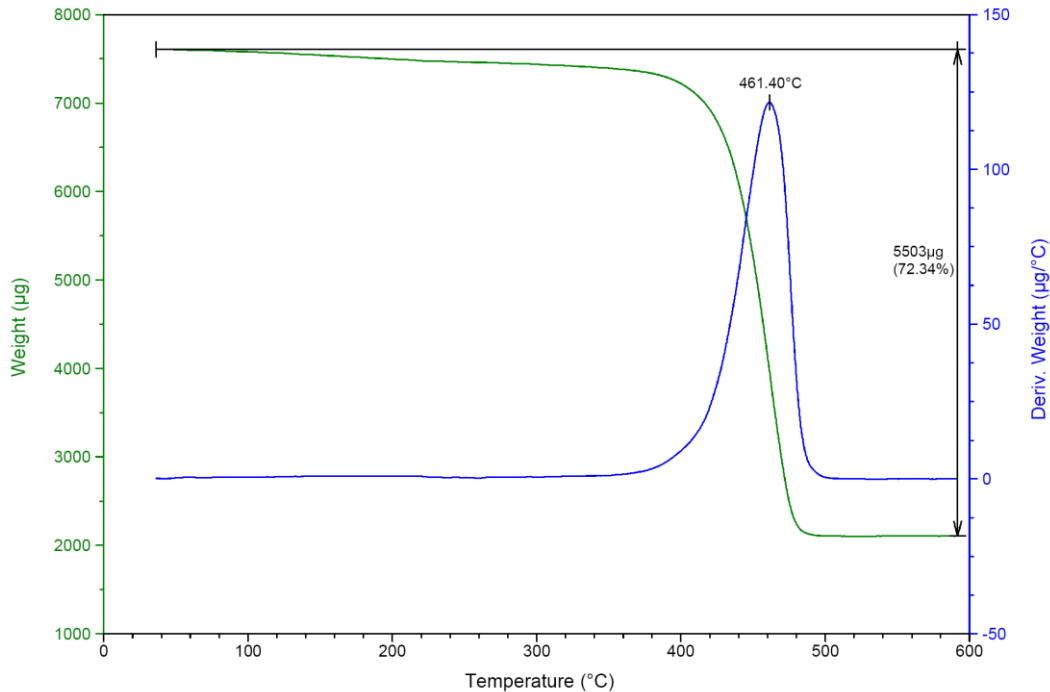


Abbildung 5 Bestimmung eines anorganischen Rückstandes an einer Probe aus PA66 durch TGA

Prüfung / Gerät	Eckdaten	Prüfmöglichkeiten
DSC Mettler Differential scanning calorimetry Mettler	-20 ... 400°C	Glasübergangs-, Schmelzbe- reich, Kristallisation, Schmelz-, Vernetzungsenthalpien OIT Wärmekapazität $c_p$
IR-Spektroskopie Agilent	Spektralbereich: 650 ... 4200 $\text{cm}^{-1}$	Messung im ATR-Verfahren
hydrostatische Waage Mettler		Bestimmung der Feststoffdichte
TGA Thermogravimetrische Analyse TA	30 ... 900°C	Bestimmung von Anteil anorga- nischer Rückstände

Tabelle 1 Werkstoffanalyse

### 1.3 Mechanische Prüfungen

Aus dem Zugversuch können die mechanischen Eigenschaften eines Werkstoffes oder eines Bauteils bestimmt werden. Dazu zählen namentlich die Streckspannung und –dehnung sowie E-Modul.

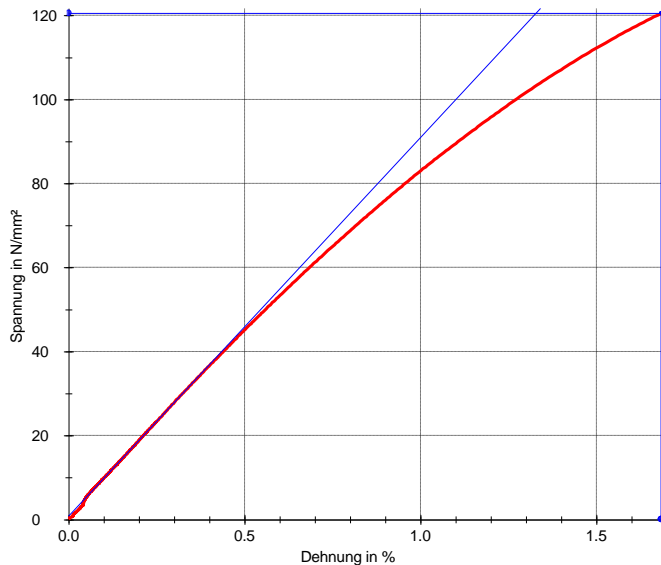


Abbildung 6 Spannungs-Dehnungsdiagramm eines Zugversuches an PBT

Prüfung / Gerät	Eckdaten	Prüfmöglichkeiten
Universalprüfmaschine Zwick	Kraftmessdosen: 2kN und 100 kN Wegmessung: Makroextensometer oder Traverse v: 1... 1'000 mm/min	Zugprüfung 3-Punkt-Biegeprüfung Druckprüfung Bauteilprüfung
Pendelschlagwerk Zwick	Schlagpendel: 7.5J, 15J und 50J	Schlagbiegeversuche nach Charpy, gekerbt und ungekerbt
Parallele Probepplatten		Druckverformungsrest DVR
Härtemessung Zwick Shore A		Bestimmung der Härte
Härtemessung Zwick Shore D		Bestimmung der Härte

Tabelle 2 mechanische Prüfungen

## 1.4 Rheologie

Zur Bestimmung der Flieseigenschaften von Kunststoffschmelzen werden Hochdruck-Kapillarrheometer oder Schmelzindex (MFR, MVR) -Prüfgeräte eingesetzt. Während der Schmelzindex bei einer konstanten Last ermittelt wird, prüft das Hochdruck-Kapillarrheometer die Flieseigenschaften bei mehreren Schergeschwindigkeiten.

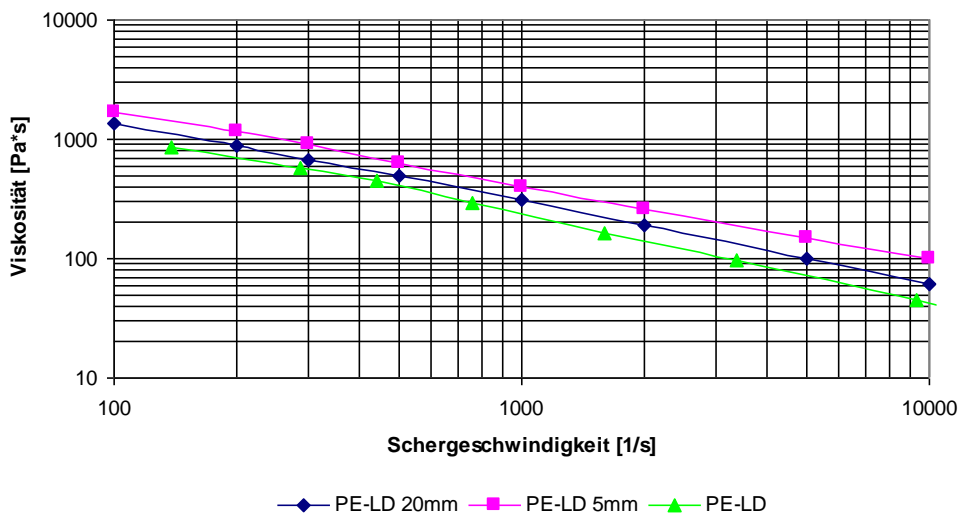


Abbildung 7 Viskosität in Funktion der Schergeschwindigkeit für ein PE-LD

Prüfung / Gerät	Eckdaten	Prüfmöglichkeiten
MFR- MVR-Prüfgerät Göttfert M-2	60 ... 400°C 0.325 ... 21.6 kg	MVR, MFR, Schmelzedichte
MFR- MVR-Prüfgerät Zwick Mflow		MVR, MFR, Schmelzedichte
Hochdruck-Kapillarrheometer Ceast Smart Rheo 2000	bis 400°C 10 ... 1400 bar	Schmelzeviskosität in Abhängigkeit der Schergeschwindigkeit, Erstellung von pVT-Diagrammen, Dehnviskosität

Tabelle 3 Rheologische Prüfungen

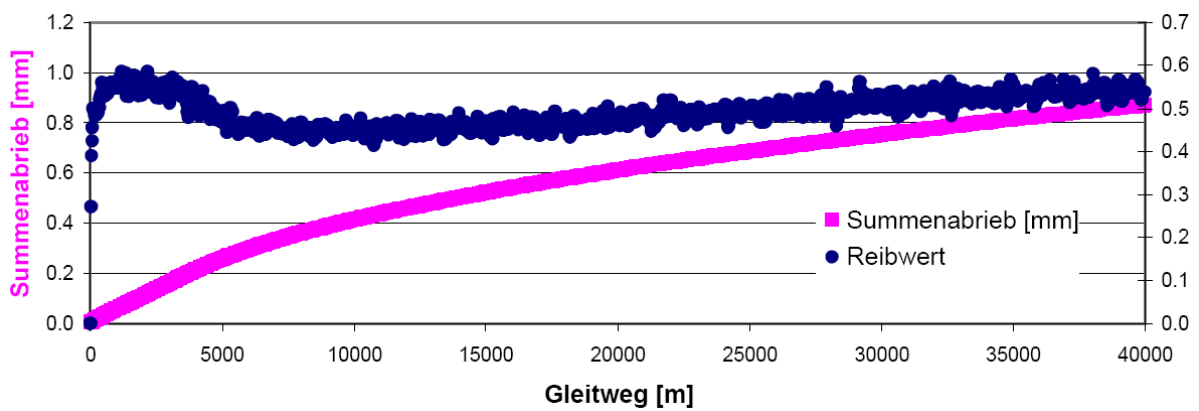
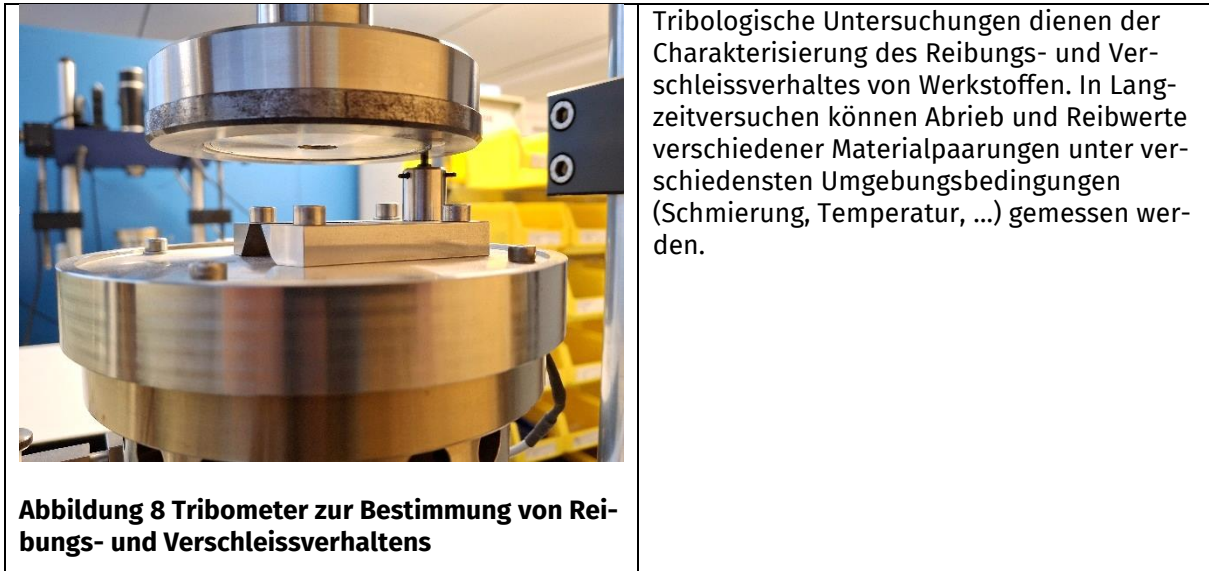
## 1.5 Oberflächen- und Farbmessungen

<b>Prüfung / Gerät</b>	<b>Eckdaten</b>	<b>Prüfmöglichkeiten</b>
Glanzmessgerät Gardner	Reflexionswinkel: 20, 60, 85°	Charakterisierung der Oberflächenreflexion
Farbmessgerät Konika Minolta		Bestimmen der Farbe als Lab-Wert, Yellownessindex
Rauhigkeitsprüfgerät Perthen Mahr Perthometer		Bestimmen von R <sub>a</sub> - und R <sub>z</sub> -Wert, Aufzeichnen des Rauhigkeitsprofils
Mikroskop Carl Zeiss Stemi SV 6		Oberflächenuntersuchung Geometrische Vermessung
Mikroskop Carl Zeiss Axiolab a		Oberflächenuntersuchung Geometrische Vermessung

**Tabelle 4 Oberflächenmessungen**



## 1.6 Tribologie



**Abbildung 9 Summenabrieb und Reibwert in Abhängigkeit des Gleitweges**

## 1.7 Feuchtigkeitsmessungen, Alterung, Langzeitmessungen, Wärmelagerung

Prüfung / Gerät	Eckdaten	Prüfmöglichkeiten
Feuchtemessgerät Brabender		Wassergehaltsbestimmung durch Taupunktbestimmung
Feuchtemessgerät Kern		Wassergehaltsbestimmung durch IR
Wärmebildkamera FTIR-T62101		Bestimmung der Oberflächen-temperaturverteilung

**Tabelle 5 Bestimmung der Restfeuchtigkeit in Kunststoffen und Überprüfung von Oberflächen- und Massetemperaturen in Verarbeitungsprozessen.**

Prüfung / Gerät	Eckdaten	Prüfmöglichkeiten
Spannungsrissbildung	verschiedene Medien, erhöhte Temperaturen	Biegestreifenverfahren
Wärmeschrank Vötsch VT 7048-R-300	-80°C bis 180°C	
Heraeus T6200 Thermo SCIENTIFIC Elektrotherm T1500 (Grossraumofen)	bis 250°C bis 250°C 98cm x 100cm x 150cm	diverse Ofen
Wärmebildkamera FTIR-T62101		Bestimmung der Oberflächen-temperaturverteilung

**Tabelle 6 Vorrichtungen für die Alterung und für Langzeitversuche**

## 2 Kunststoffverarbeitung

### 2.1 Aufbereitung: Waschen, Shreddern, Mischen und Compoundieren – Kreislauftechnologien

Anlage / Gerät	Eckdaten	Möglichkeiten
<b>Waschen</b>		
Kunststoff-Wäsche	Batchgrösse 1 – 20kg	Vor- und Heisswäsche von Alt-Kunststoffen / De-inking
<b>Shreddern und Sieben</b>		
2-Wellenshredder RF-137 Z.M.PRecyzja Sp.z.o.o		
Mühle Wanner C17		Siebeinsätze von 5 mm bis 2 cm
Metallseparator Sesotec		Aussortieren von Metallen
Siebrüttler		Sieben verschiedener Korngrössen
<b>Mischen und Compoundieren</b>		
Compounder Colin mit Unterwasser- oder Heissabschlaggranulator Econ	∅ Schnecken: 35mm	Doppelschneckencompoundieranlage, gleichläufig, konfigurierbar: 20D und 32D
Extruder Müller ELK 30-28D	∅ Schnecke: 30mm	Schmelzefiltration Strang-Extrusion mit Granulierung durch Kaltabschlag
Xtrutech Compounder	∅ Schnecken: 22mm	Doppelschneckencompoundieranlage, gleichläufig, konfigurierbar: 42D, mit aufklappbarem Zylinder
Vertikalmischer MTI 10 FU		
Thermo Haake Innenmischer / -knetter Winkworth Z-Knetter	50 cm <sup>3</sup> Mischvolumen 2 Ltr. Mischvolumen	Mit Drehmoment- und Temperaturkontrolle
Walzwerk Schwabenthan Polymix 80T		

**Tabelle 7 Aufbereitung: Waschen, Shreddern, Mischen und Compoundieren**

## 2.2 Musterung, Prototyping und Versuchsdurchführung

Anlage / Gerät	Eckdaten	Möglichkeiten
<b>Spritzgiessen</b>		
2K Spritzgiessmaschine Arburg Allrounder 470 A 1000-400	Schliesskraft: 1000kN Aggregat 1: 35mm Aggregat 2: 22mm	2-Komponentenspritzgiessen
Spritzgiessmaschine Engel victory 200/80 spex	Schliesskraft: 800kN Aggregat: 25mm	
Spritzgiessmaschine KraussMaffei 80-250 PX	Schliesskraft: 800kN Aggregat: 30mm	Mit Linearroboter
Spritzgiessmaschine Netstal ELION 1200-530PM	Schliesskraft: 1200kN Aggregat: 45mm	
Spritzgiessmaschine Sumitomo Demag IntElect2 100/470-250	Schliesskraft: 1000kN Aggregat: 30mm	Mit Linearroboter
Spritzgiessmaschine Wittmann Battenfeld SmartPower 160/525 Unilog B8	Schliesskraft: 1600kN Aggregat: 35mm	
Kistler Innendruckmessung		
<b>Extrusion</b>		
Extruderlinie Maillefer Bac CB-32	∅ Schnecke: 45mm	Rohrextrusionslinie D16
Extruderlinie Göttfert Typ 15	∅ Schnecke: 30mm	Blasfolienanlage
Kühlwalze mit Abzug Colin		
Extruderlinie Greiner mit Extruder-Cincinnati ALPHA 45-25B	∅ Schnecke: 45mm	Profilextrusion
Leistriz LSM 36.25D	∅ Schnecke: 35mm	Breitschlitzdüse Verbrüggen Dicke: 0.05.. 2mm Breite: max. 250mm
Extruder Göttfert Extrusimeter	∅ Schnecke: 30mm	PVC-Extrusion
Brabender-Plasticorder	∅ Schnecke: 19mm	Breitschlitzdüse Dicke: 0.2.. 1.5mm Breite: max. 100mm

Anlage / Gerät	Eckdaten	Möglichkeiten
<b>Tiefziehen / Thermoformen</b>		
Thermoformanlage Illig SB53-C-1	Abmessungen Formrahmen: 500 x 400mm	
<b>Kunststoffschweissen</b>		
Schweissmaschine Leister Modulas C23/01		Laserschweissen
Schweissmaschine Bielomatik K2150/38		Heizelementschweissen / Spiegelschweissen
Schweissmaschine Branson 2000X		Ultraschallschweissen
Schweissmaschine Rinco Dynamic 745		Ultraschallschweissen
Schweissmaschine Rinco Electrical Motion 20		Ultraschallschweissen
Schweissmaschine Telsonic USP 3000E		Ultraschallschweissen
Schweissmaschine Telsonic USP-750		Ultraschallschweissen
Handscheidgerät Telsonic Handyster SG32-500		Ultraschallschweissen

**Tabelle 8 Musterung und Versuchsdurchführung**

## 2.3 Werkzeuge für die Herstellung von Probekörpern

Anlage / Gerät	Eckdaten	Möglichkeiten
<b>Spritzgiessen, Extrudieren und Pressen</b>		
Zugprüfkörper Typ 1A	Prüfquerschnitt: 4mm x 10mm  Für Zugversuche und Pendelschlagversuche	Spritzgiessen  Mit Werkzeuginnendruckkontrolle
Prüfplatten	Abmessung: 80mm x 120mm x 2mm 80mm x 120mm x 4mm	Spritzgiessen, Schwindungsmessung
Spiraltest	Wandstärke: 2mm	Spritzgiessen, Fließfähigkeit von Kunststoffschmelze
Hohlzylinder	Innendurchmesser: 40mm Wandstärke: 3mm Länge: 30mm	Spritzgiessen, Bestimmung der Entformungskraft
Extrusion mit Breitschlitzdüsenwerkzeug		Herstellung von Platten und Folien, Analyse von Verteilung von Fremdmaterial
Pressenwerkzeug für Platten		Pressen diverser Probeformen mit wenig Material, Werkzeug mit Doppellippe
<b>Fräsen, Stanzen und Schneiden</b>		
CNC-Tischbearbeitungsfräse CEAST		Fräsen diverser Probeformen nach Zeichnung
Stanzmesser für Elastomer und Folienproben		Stanzen
Stanzvorrichtungen für DVR-Probe	Durchmesser 2 bis 50mm	Stanzen
Kerbschneidgerät NLC-1	Schneiden von Kerbform A und C	Schneiden

**Tabelle 9 Werkzeuge für die Herstellung von Probekörpern**

### 3 Simulation

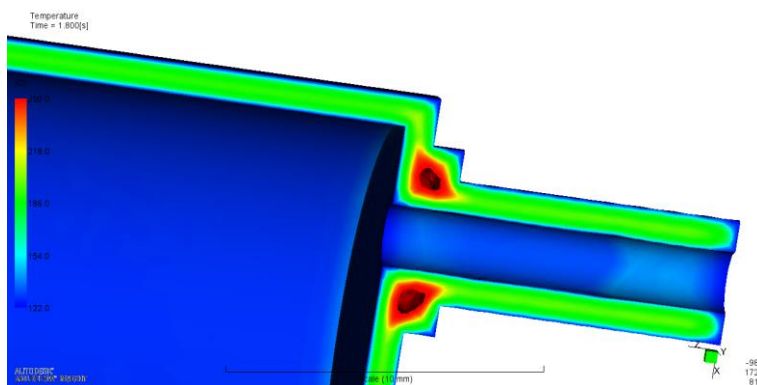
Aussagekräftige Füll- und Verzugsanalysen bilden die Grundlage für die Werkzeugauslegung. Die Computer-Simulation erlaubt es, Spritzgiesswerkzeuge und -bauteile schneller und besser zu entwickeln und zu optimieren.

Mit Hilfe der **Füllsimulation** können Lage von Bindenähten und Entlüftungen präzise bestimmt werden. Berechnungen für den Druck- und Temperaturverlauf können ebenfalls durchgeführt werden und geben Auskunft über die **Druckübertragung** im Bauteil. Der **Verzug** kann in Abhängigkeit der Lage des Einspritzpunktes, der Verarbeitungsparameter sowie des verwendeten Materials bestimmt und optimiert werden.

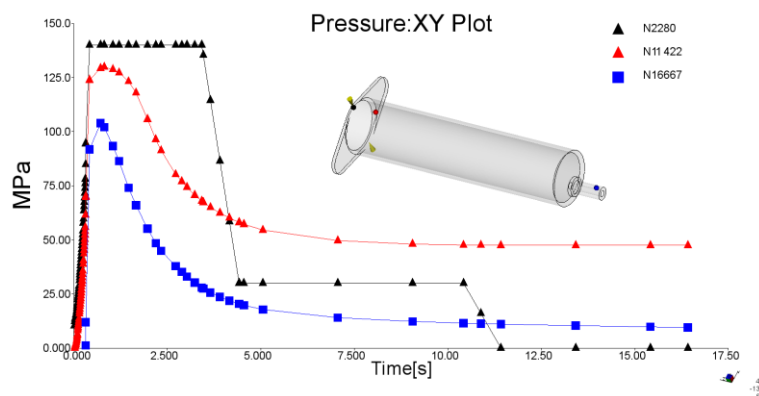
Wichtig ist es, die Computersimulation mit Kenntnissen der Werkstoff und der Verfahren zu kombinieren und zur korrekten Interpretation die Ergebnisse mit Versuchen zu validieren.

Für die rheologische Bauteilauslegung im Spritzgiessprozess setzen wir Autodesk Moldflow Insight AMI ein.

Unvollständige **Fliesskuven**, **pVT-Diagramme** und **Wärmekapazität** von Thermoplasten können in unserem Labor charakterisiert werden.



**Abbildung 10** Temperaturverteilung / Schnittdarstellung an Spritzenkörper



**Abbildung 11** Druckverlauf für ausgewählte Knoten in Funktion der Zeit

## KATZ Kunststoff- Ausbildungs- und Technologie- Zentrum

KATZ ist das Kunststoffzentrum der Schweiz. Es bildet beste Fachkräfte aus und gestaltet mit seinen Partnern die nächste Generation der Kunststofftechnik für die Industrie.

Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen. [katz.ch/agb](https://www.katz.ch/agb)

### KATZ

Kunststoff- Ausbildungs- und Technologie-Zentrum  
Schachenallee 29, CH-5000 Aarau  
**Telefon:** +41 62 836 95 36  
**E-Mail:** [info@katz.ch](mailto:info@katz.ch)

### Social Media

LinkedIn: [katzch](https://www.linkedin.com/company/katzch)  
Facebook: [katz.swiss](https://www.facebook.com/katz.swiss)  
Instagram: [katz.swiss](https://www.instagram.com/katz.swiss)  
X: [KatzZentrum](https://twitter.com/KatzZentrum)

Erwähne uns  
mit

**#katz\_swiss**

### WEB



[katz.ch](https://www.katz.ch)

### Lageplan



[katz.ch/GM](https://www.katz.ch/GM)

### Kursangebot



[katz.ch/fk](https://www.katz.ch/fk)

### Kurskalender



[katz.ch/kk](https://www.katz.ch/kk)

### Newsletter



[katz.ch/nl](https://www.katz.ch/nl)



Wir sind eduQua qualifiziert.