

# Geräteliste





**Deutsches Institut für Kautschuktechnologie e. V.**  
und  
**DIK Prüfgesellschaft mbH**

Eupener Straße 33  
30519 Hannover  
Tel. +49 (0)511 84201-0  
Fax: +49 (0)511 8386826  
info@DIKautschuk.de

**[www.dikautschuk.de](http://www.dikautschuk.de)**

# Inhalt

<b>Spektrometrie und Chromatographie</b> .....	2
1. Spektrometrie.....	2
2. Gaschromatographie, Massenspektrometrie.....	2
3. Nitrosaminanalytik .....	3
4. Flüssigchromatographie .....	3
5. Gelpermeationschromatographie (GPC).....	4
6. Dünnschichtchromatographie .....	4
7. Chemilumineszenz.....	4
<b>Mikroskopie, Oberflächen Charakterisierung und Thermoanalyse</b> .....	5
1. Lichtmikroskopie .....	5
2. Transmissionselektronenmikroskopie (TEM).....	6
3. Rasterkraftmikroskopie (AFM) und Topographie-Messsysteme.....	6
4. Mikroindenter .....	7
5. Computertomografie .....	7
6. Rasterelektronenmikroskopie (REM).....	7
7. Thermische Analyse .....	8
8. Emissions- und Permeationsmessungen.....	8
9. Thermografische Analyse .....	8
10. Niedrigfeldkernresonanz Spektrometrie (NMR).....	9
<b>Verarbeitungsmaschinen</b> .....	9
1. Mischungsherstellung.....	9
2. Extrusion .....	10
3. Spritzgießen .....	11
4. Kalandrieren .....	12
5. Vulkanisation .....	12
6. Oberflächenbehandlung.....	13
7. Elektrosponning .....	13
<b>Physikalische und mechanisch-dynamische Eigenschaften und Ermüdung</b> .....	13
1. Physikalische Prüfmethode.....	13
2. Dynamisch-Mechanische- und Lebensdauer-Eigenschaften.....	15
3. Dielektrische Eigenschaften .....	16
4. Tribologische Eigenschaften.....	16
<b>Rheologie und Vulkametrie</b> .....	17
1. Rheologie .....	17
2. Vulkametrie .....	18
<b>Simulations-Software</b> .....	19
1. FEM-Software .....	19
2. Mathematical Computation .....	19
3. Nachhaltigkeit/Umwelt .....	19



## Spektrometrie und Chromatographie

### 1. Spektrometrie

- Qualitative und quantitative Bestimmung von Polymeren und Additiven
- Physikalisch-chemische Charakterisierungen
- Extraktanalyse
- Chemische Oberflächenanalyse
- Diffusions- und Permeationsmessungen
- Schadensanalyse
- Qualitätssicherung
- Spurenanalyse an polymeren Werkstoffen
- Charakterisierung von Grenzflächen

#### Fourier-Transform-Nah-Infrarot-Spektrometer (FT-NIR)

Bruker Optics

Typ: Matrix-F Duplex (Wellenzahlenbereich von 12.800–4.000 cm<sup>-1</sup>)

Probencharakterisierung in Reflexion und Transmission

#### Fourier-Transform-Infrarot-Spektrometer (FT-IR)

Thermo Nicolet Nexus, abgeschwächte Totalreflexion (Diamant- bzw. Germanium-ATR), Mikroproben-IR-Spektroskopie

#### FT-IR-Mikroskop

Thermo Nicolet Continuum, Bilddokumentationssystem

#### Laser-induzierte Breakdown Spektroskopie (LIBS)

Emissionsspektralanalyse zur Bewertung der Mischungshomogenität bzgl. der Effektivität der distributiven Verteilung von Mischungsbestandteilen wie Zinkoxid

Komponenten:

LIBS-6 Modul und Prüfkammer (Applied Photonics),

5 Spektroskope: Wellenlängenbereich zwischen 314–977 nm (AVANTES),

Laser: Q-switched Nd: YAG-Festkörperlaser (QUANTEL) (Wellenlänge: 1064 nm,

Laserpulsenergie: max. 100 mJ, Pulsrate: 7 ns, Pulsfrequenz: max. 20 Hz)

#### UV/VIS-Spektrometer

Thermo Electron, Evolution 300, UV-Spektren, Quantifizierung von Substanzen aus Lösungen

### 2. Gaschromatographie, Massenspektrometrie

- Trennung niedermolekularer Stoffgemische und quantitative Bestimmung der Inhaltsstoffe (z. B. Extraktanalyse, Additive, Vulkanisationsdämpfe, Emissionen)
- Thermodynamische Charakterisierung von Polymeren und aktiven Füllstoffen durch „Inverse“ Gaschromatographie
- Bestimmung der Verträglichkeit von Kautschuken und der Löslichkeitsparameter
- Identifizierung von Polymeren (Pyrolyse-GC)

#### Geräte mit Kapillarsäulen

Fisons Instruments (Inverse GC),

Agilent GC 7890B

#### Injektionssysteme

Agilent Autosampler 7683, on column, Split/Splitless, Headspace-Technique, Gerstel Multi Purpose Sampler MPS Robotic XL



### **Detektorsysteme**

Flammenionisationsdetektor (FID), elementspezifischer Detektor für Stickstoff und Phosphor (NPD), massenselektiver Detektor (MSD)

### **GC/MS-Systeme**

Agilent GC 7890B/MSD 5977B,

Agilent GC 6890 N/MSD 5973N,

Agilent GC 6890 N/MSD 5975C mit Headspace sampler 7697A,

Massenselektiver Detektor: Quadrupol, chemische Ionisation, Elektronenstoßionisation

### **Thermodesorption**

Gerstel TDS 3, Peltier-Kühlung UPC (10 bis 400 °C), Heizrate max. 60 °C/min, Split/Splitless-Injektor, Gerstel Kaltaufgabesystem KAS 4 mit N<sub>2</sub>(fl)-Kühlung (-150 bis +400 °C), Controller 505, Pyrolyse-Modul PM 1

Gerstel TDU 2, UniversalPeltierControl UPC plus (10 bis 350 °C), Heizrate max. 720 °C/min, Gerstel Kaltaufgabesystem KAS 4 mit N<sub>2</sub>(fl)-Kühlung (-150 bis +450 °C), Controller C200

### **Pyrolyse**

Gerstel TDU Pyrolyse-Modul für MPS Robotic XL

## **3. Nitrosaminanalytik**

- Nitrosaminbestimmung in Luft, Vulkanisaten, Rohkautschuken und Füllstoffen

### **Gaschromatographie-Thermal Energy Analyzer**

Agilent GC 6890N/Autosampler 7683B mit Ellutia Thermal Energy Analyzer TEA 810-Detektor

Agilent GC 7890A/Autosampler 7693B mit Ellutia Thermal Energy Analyzer TEA 810-Detektor

## **4. Flüssigchromatographie**

- Qualitative und quantitative Analyse höher siedender und thermisch labiler Stoffe (z. B. Öle, Weichmacher, Antioxidantien, Beschleuniger, Peroxide)
- Spurenanalyse an Extrakten von polymeren Werkstoffen („Leachables/Extractables“)

### **Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC-UV/RI)**

Thermo Scientific UltiMate 3000 mit variablem Wellenlängendetektor VWD 3400RS,

Thermo Scientific UltiMate 3000 mit Diodenarray-Detektor DAD 3000 und Brechungsindex-

Detektor, 2 × Thermo Separation Products P2000, Gradientenpumpensystem mit Auto-

sampler AS 1000,

Refractomax 521

### **HPLC-Massenspektrometrie-Kopplung (HPLC-PDA-MS)**

Thermo Finnigan Surveyor-System mit Photodiodenarray-Detektor PDA Plus und massen-

selektivem Detektor LCQ Classic, Chemische Ionisation bei Atmosphärendruck (APCI),

Elektrospray-Ionisation (ESI), Ionenfalle mit MS-MS-Technik

Thermo Fisher Scientific Ultimate 3000 System mit Diodenarray-Detektor und massen-

selektivem Detektor LTQ Orbitrap Velos Pro, Chemische Ionisation bei Atmosphärendruck

(APCI), Elektrospray-Ionisation (ESI), Ionenfalle mit MSn -Technik, hochauflösendes

Fourier-Transform-Massenspektrometer



## 5. Gelpermeationschromatographie (GPC)

- Trennung von Polymeren in Lösung nach dem Größenausschlussprinzip
- Bestimmung relativer Molmassen
- Ermittlung von Molmassenverteilungen anhand von Polystyrol-, Polybutadien- und Polyisoprenstandards

### GPC-Gerät

Agilent 1100 Series mit isokratischer Pumpe G1310A, Autosampler G1313A, UV/vis-Detektor G1314A, Brechungsindex-Detektor G1362A, Lichtstreuendetektor SLD 7000

### Detektionssysteme

UV/VIS Detektor (G1314A), Refraktometer (RI, G1362A), Lichtstreuendetektor (SLD 7000)

## 6. Dünnschichtchromatographie

- Trennung von flüssigen Mehrstoffgemischen
- Qualitative Analyse von Extrakten, Weichmachern, Beschleunigern und Antioxidantien
- Dünnschichtplatten, Reagenzien, Glasgerät

## 7. Chemilumineszenz

- Bestimmung der Oxidationsstabilität von Polymeren, Ölen, Lebensmitteln und biologischen Substanzen
- Analyse der Alterung (thermische und photooxidative Abbauprozesse) von Polymeren
- Schnellscreening zur Beurteilung von Antioxidantien und Lichtstabilisatoren

### Chemilumineszenz-Analysator

2 Geräte:

ChemiLume™ CL400 (Atlas),

4 gasdichte Prü fzellen mit unabhängiger Einstellung von Temperatur, Gasstrom, Prüfzeit und Photomultiplier-Verstärkung; isotherme und Gradienten-Temperierung bis 250 °C; Gasstromgeschwindigkeit: 25 ml/min oder 50 ml/min; optische Empfindlichkeit: 8,2 × 10<sup>10</sup> V/Lumen; 2 Counts/s

# Mikroskopie, Oberflächen Charakterisierung und Thermoanalyse



## 1. Lichtmikroskopie

- Schadensanalyse
- Morphologie von Verschnitten
- Verteilung von Füllstoffen
- Dispersion von Füllstoffen

### Durchlichtmikroskop mit Phasenkontrasteinrichtung

Zeiss Universal

Vergrößerung: max. 2000-fach

### Stereomikroskop SR

Zeiss 9901

Vergrößerung max. 100-fach

### Durchlicht- und Auflichtmikroskop

Jena Jenaval/Jenavert, Vergrößerung max. 1250-fach

### Dispersion Index Analyse System (DIAS)

Rechnergestützte auflichtmikroskopische Bestimmung des Füllstoffdispersionsgrades und der Agglomeratgrößenverteilung an Elastomeroberflächen bei 150-facher Vergrößerung. Software entwickelt vom DIK auf Basis eines SIS-Bildanalyseprogramms.

### Dispersionsanalyse nach ISO 11345

Alpha Technologies,

Typ: disperGRADER aview SR (für Partikelgrößen von 3–57 µm)

Vergrößerung: 50-fach

### Konfokales 3D Laserscanning-Mikroskop

VK-X1100 von Keyence Deutschland GmbH; Messmethode zur präzisen und intuitiven Oberflächenanalyse mit hoher Auflösung; Messung der optischen und topografischen Eigenschaften von unterschiedlichen Oberflächen; Oberflächenabtastung mittels violetter Halbleiterlaser

Peltier-Heiztisch, Linkam Scientific Instruments LTD, T-96, zur Proben temperierung: –25 °C bis 120 °C.

Optisches System: konfokale Lochblendenoptik, Fokusvariation nach ISO 25178-6

Axialer Scanbereich: 7 mm

Axiale Auflösung: 0,5 nm

Flankenmessung: bis 87,1°

Max. Probenhöhe: 70 mm

Lateraler Scanbereich: 100 mm x 100 mm

Laterale Auflösung: 120 nm



## 2. Transmissionselektronenmikroskopie (TEM)

- Phasenmorphologie von Verschnitten
- Inhomogenitäten von Netzwerken
- Rußdispersion und Verteilung
- Polymer/Weichmachersystem
- Partikelcharakterisierung
- Untersuchung an Elastomeren unter definierter Dehnung
- Schadensanalyse
- Elementanalyse

### Transmissionselektronenmikroskop

LIBRA® 120 (Zeiss),

Beschleunigungsspannung 80 kV und 120 kV, Köhlersches Beleuchtungsprinzip, LaB<sub>6</sub>-Filament, Vergrößerung 8 × ... 630.000 ×, Punktauflösung 0,34 nm, Electron Spectroscopic Imaging (ESI); Electron Spectroscopic Diffraction (ESD), Element- oder Strukturkontrast Abbildung, Electron Energy Loss Spectroscopy (EELS) für chemische Analysen, Kryo-Tisch, Bildverarbeitung

### Ultramikrotomie

Anfertigung von Ultradünnschnitten mit Glasmesser (80 ... 150 nm) oder Diamantmesser (50 ... 100 nm), Semidünnschnitte mit Glasmesser (max. 1 mm), Arbeitstemperatur: -160 ... +20 °C

2 Geräte:

Reichert FC-4E Ultramikrotom,

Leica Ultramikrotom UC6 mit Tieftemperaturschneidesystem FC6,

Ausstattung: Stereomikroskop MZ6 und Gerätetisch

## 3. Rasterkraftmikroskopie (AFM) und Topographie-Messsysteme

- Oberflächenrauigkeit
- Phasenmorphologie von Verschnitten
- Füllstoffdistribution und -dispersion
- Härtegradient durch oxidative Alterung

### Rasterkraftmikroskop (AFM)

Dimension Icon (Bruker) Messmethode zur präzisen Oberflächenanalyse auf Nanoskala  
Messmodi: Tapping Mode, Phase-Imaging, EFM, MFM, Surface-Potential-AM, Lift Mode, Torsional Resonance Mode, Contact Mode, LFM, Force-Volume, Force Spectroscopy, Piezo-Response, PeakForce QNM

Axialer Scanbereich: 10 µm

Lateraler Scanbereich: 90 µm x 90 µm

Probentemperatur möglich: -35 °C ... 250 °C

Sinusförmiger, nicht-resonant oszillierender Abbildungsmodus mit 0,125 kHz ... 2 kHz





## 4. Mikroindentor

LNP nano touch + LNP cross table

Mechanische Prüfung von Härtetopographie, Adhäsion, Elastizitätsmodul, Shore A Mikro kompakter taktiler Sensor in Linearführung mit optischem Weg-Messsystem

Messbereich: 4 mm; Linearität Weg: < 200 nm

Messkraft: 0,6 mN ... 1,4 N; Auflösung: 0,6 mN; elektromechanische Erzeugung

### Indentormessungen mit hoher Ortsauflösung

- Kraft- oder Weg-gesteuerte Eindruckmessungen
- Härtetopographie
- Härte (z. B. IRHD, Shore A/M, Shore A Mikro)
- Biege E-Modul
- Adhäsion
- Mikro-Tribologie
- Rheologie

### Mikroindentor-Gerät: 031790 LNP nano touch mit Piezo Kreuztisch

(Ludwig nanoPräzision GmbH)

Weg-Messsystem: Optisch inkrementell, Messbereich: 4 mm, Auflösung: 0,00001 mm

Standard, Linearität Weg: < 200 nm auf Messbereich, Linearität Kraft: 0...1400 mN

Messkraftherzeugung: Elektromechanisch, Messkraft: 0,6 mN...1,4 N

Messkraftauflösung: 0,6 mN, Spitzengeometrien: sphärisch, variabler Durchmesser

## 5. Computertomografie

- Analysen auf Einschlüsse, Fehlstellen
- Partikel-Dispersionsanalysen, Füllstoffe und Vernetzungschemikalien (ZnO usw.)
- Analyse von Rissinitiierung und Risswachstum
- Zellstrukturanalysen, Porositätsanalyse
- Untersuchungen an Gummi-Metall- und Gummi-Kunststoff-Verbindungen
- Lage von Festigkeitsträgern und Ausrichtung von Fasern
- Zerstörungsfreie Schadensanalyse von Bauteilen
- Dimensionsvermessung, Koordinatenmesstechnik

### Nanotom®; 180 kV/15 W nanofocus-Computertomografie

GE phoenix x-ray, 180 kV/15W high-power nanofocus-Röhre

Volldigitaler Detektor mit 5 Megapixeln,

Prüfkörperdimensionen max. ca. 150 × 120 × 120 mm (Höhe × Breite × Dicke); Beste Auflösung (abhängig von der Probengröße) ca. 500 nm in 3D; Bildverarbeitungssoftware VG Studio Max 3.3 für 3D-Darstellungen und quantitative Analysen (z. B. Partikelgrößenverteilungen)

## 6. Rasterelektronenmikroskopie (REM)

- REM-Aufnahmen, BSE-Bilder
- Elementanalyse, -verteilung, Quantifizierung
- Oberflächenstrukturen
- Materialkontraste

### Rasterelektronenmikroskop

Zeiss EVO MA10; W-Filament; 0,2–30 kV; Vergrößerung: 7 bis 1.000.000-fach, Druckbereich

VP (variable pressure) 10 bis 400 Pa; SE-Detektor; BSE-Detektor; max. Probehöhe 100 mm

### EDX-Detektor

Oxford Instruments INCA (EDS8100)



## 7. Thermische Analyse

- Quantitative Zusammensetzung von Elastomeren (Polymer, Weichmacher, Ruß, anorganischer Füllstoff, Asche)
- Bestimmung von Glasumwandlungstemperaturen und Schmelzbereichen in Thermoplasten, Kautschuken und Elastomeren
- Morphologie von Verschnitten
- Cp-Werte
- Vernetzungskinetik
- Kinetik des Treibprozesses
- Phasenumwandlungen

### Thermogravimetrische Analyse (TGA)

Netzsch TG 209 F1 Libra, Probenmenge: max. 2 g, Temperaturbereich: 20 ... 1.100 °C, Heizrate: 0,001... 200 K/min

Netzsch TG 209 F1 Iris, Probenmenge: max. 1 g, Temperaturbereich: 20 ... 1.000 °C, Heizrate: 0,001 ... 100 K/min

### Dynamische Differenzkalorimetrie (DSC)

Netzsch DSC 204 F1 Phoenix (zwei Geräte vorhanden), Temperaturbereich: -180 ... +700 °C, Heizrate: 0,001 ... 100 bzw. 200 K/min

## 8. Emissions- und Permeationsmessungen

### VCI-Brandsimulationsapparatur

Analytik Jena GmbH, Temperaturbereich: bis 1.200 °C

### Fogging-Apparatur

#### Barkey permatherm Prüfsystem für Foggingtest

- Bestimmung von „Fogging“-Werten nach DIN 75201-B
- Temperierbad, Kühlvorrichtung, Becher und Zubehör nach DIN 75 201-B
- Anzahl Probenstellplätze: 6
- Temperaturbereich: 20 °C bis +150 °C

### Prüfkammer zur Emissionsprüfung an Bauteilen

400 l Volumen, temperierbar von RT bis 110 °C, definierte Luftwechselzahl, Probenahme über Ad- und Absorption

### Gas Transmission

#### Gas Transmission Tester GTT, Brugger München

- Messung der Gaspermeation
- Bestimmung von Diffusions- und Permeationskoeffizienten
- Gase: nicht brennbar, nicht korrosiv
- Temperaturbereich: 15 °C bis 45 °C

## 9. Thermografische Analyse

- Qualitätskontrolle
- Abwärmeverlusterfassung
- Optimierung von Prozessen

### Echtzeit Thermografiekamera

VarioTHERM (InfraTec GmbH)

Vermessung von Punkten und Flächen mit editierbarem Emissionswert, Isothermeneinblendung, Peak-Hold-Funktion. Spektralbereich 3,6 ... 5 µm; Aufnahmeverfahren 'Focal Plane Array'; PtSi-CMOS-Hybrid Detektor, Stirling-Kühler; 50 Hz Bildfrequenz; Temperatureauflösung (30 °C): < 0,1 (0,01 mA); Temperatur-Messbereich: -25 ... +1.200 °C; geometrische Auflösung mit Std.-Optik: 1,0 mrad; Bildfeld mit Std.-Optik: 14 × 14°; Bildformat: 256 × 256 Pixel; Digitalisierungstiefe: 16 Bit; Arbeitstemperatur: -15 ... 50 °C; Datenausgabe: PAL-FBAS, Y/C



### Thermografisches Kompaktkamerasystem

Micro-Epsilon thermoIMAGER TIM 640 Wärmebildkamera; Außenmaße (46 × 56 × 90 mm), 320 g; Messbereich: -20 °C–100 °C, 0 °C–250 °C, 150 °C–900 °C (umschaltbar)  
Spektralbereich: 7,5–13 µm, Thermische Auflösung: 0,1°C, Emissionsgrad: 0,1 –1,0 einstellbar  
Optische Auflösung: 640 × 480 Pixel, Bildwiederholfrequenz: 32 Hz; Signalausgang: USB 2.0  
Objektivbrennweite: f = 18,4mm/33°-Objektiv; f = 7,3 mm/90° × 66°-Objektiv

## 10. Niedrigfeldkernresonanz Spektrometrie (NMR)

- Charakterisierung der Polymerkettendynamik
- T1 und T2 Relaxationszeitbestimmung
- Diverse Pulsprogramme
- DQ-Experimente
- Korrelation T2-Vernetzungsdichte
- Polymeralterung (auch in-situ)

**I. Gerät:** XLDS-15, IIC Innovative Imaging Corp. KG; 0,35 T = 15 MHz; RT bis 120 °C; Festkörper-NMR-Spektrometrie; statisch; T1 -Verwendung von APS; T2-Verwendung von Hahn-Echo-Prinzip

**II. Gerät:** Bruker minispec mq 20, Bruker BioSpin GmbH, 0,47 T = 20 MHz, 20 °C bis 200 °C, Festkörperspektroskopie

## Verarbeitungsmaschinen

### 1. Mischungsherstellung

#### Kombinierter Laborinnenmischer

Werner & Pfleiderer GK5E/GK4N

**GK5E:** ineinandergreifende Knetelemente in PES-3-Geometrie, Mischkammervolumen ca. 5 L, Stempeldruck 1 ... 7 bar, stufenlos regelbar, Schaufeldrehzahl 17 ... 100 U/min

**GK4N:** tangierende Knetelemente in Standard oder N-Geometrie, Mischkammervolumen ca. 3,6 L, Stempeldruck 1 ... 6 bar, stufenlos regelbar; Friktion 1 : 1 ... 1 : 1,3, Schaufeldrehzahl 22 ... 135 U/min

**GK5E und GK4N:** Wassenumlaufthermierung für Kneterkammer und Klappsattel sowie Knetelemente; temperierbar bis 95 °C; Prozesssteuerung (CCS 2000 von CT-Datentechnik) nach Zeit, spezifischer Energie, Überrollungsmarken, Temperatur; Messwerterfassung und Darstellung in Tabellenform oder durch grafische Auswertetools

**Gravimetrische Weichmacherdosierung:** Einspritzdruck 30–40 bar, Vorwärmung max. 70 °C (Zeppelin Systems)

#### Innenmischer

Werner & Pfleiderer GK 1,5 E

Nutzbares Kammervolumen ca. 1 l, Temperierung: bis 95 °C

#### Laborwalzwerk

Berstorff 250 \* 500

Walzendurchmesser 250 mm, Walzenlänge 500 mm, Antrieb durch 2 Gleichstrommotoren; Chargengröße ca. 6 dm<sup>3</sup>, Drehzahl 1 ... 25 U/min; Öl-Umlaufthermierung, Ausschneidevorrichtung mit 10 Messern auf Messerbalken, Messung von Vor- und Rücklauftemperatur der Temperierkreisläufe, Spaltweite an den Walzenenden, 2 × Drehmoment, Lagerkraft der Festwalze, 5 × Messung des Massedruckes auf die Walzenoberfläche, 2 × Drehzahl



### **Laborwalzwerk**

Berstorff 150 \* 350 RR

Walzendurchmesser 150 mm, Walzenlänge 350 mm, Temperierung: bis 100 °C

### **Messknetter**

Polylab-System

Mischungsherstellung unter Messung von Temperatur und Drehmomenten. Programmierte Mischintervalle bzgl. Temperatur und Drehzahl. Kammern: 70 cm<sup>3</sup> und 350 cm<sup>3</sup>.

### **Planetenmischer**

LPV 1A40 Serie Nr. 420-16, Baujahr 2016 mit integrierter Vakuumvorrichtung

Mischwerkzeuge:

ineinandergreifende Satz Balkenrührer KES0.57 D90 HVT, Geschwindigkeit: 0 ... 620 U/min, Abstreifer vom Typ KES90 AB-Ha Quer V10 mit PT 100 und PTFE-Blatt, Geschwindigkeit: ca. 10 U/min, Edelstahlrührgefäß mit 600 mL Volumenkapazität, Maximal zulässige Temperatur im Doppelmantel: 150 °C, Maximal zulässiger Druck im Doppelmantel bei Vakuumbetrieb: 1.100 mbar absolut

## **2. Extrusion**

### **Stiftextruder**

Krupp KGS 60/14

Schneckendurchmesser 60 mm, Schneckenlänge 14 D, Antrieb durch Gleichstrommotor; Drehzahl 7 ...70 U/min, Durchsatz ca. 100 ... 200 kg/h, separate Temperierkreisläufe für Speisewalze, Schnecke und 3 Zylinderzonen, Messung von Antriebsleistung, Drehzahl, Mischungstemperatur radial je 4x in 3 Stiftebenen und 8x vor der Schneckenspitze, axialer Druckverlauf in 7 Ebenen, Extrudatdurchmesser. Umbau des Extruders und Verkürzung auf 10 D ermöglicht den Einsatz als Processability Tester für Kautschukmischungen, kontinuierliche Prozessdatenerfassung

### **Transfermixextruder**

AZ MCTM 60

Schneckendurchmesser 60 mm, Schneckenlänge variabel 10 D bzw. 13,7 D mit einer bzw. zwei Transfermischzonen, Antrieb durch Gleichstrommotor, Drehzahl bis 205 U/min, Durchsatz ca. 100 .. 200 kg/h, separate Temperierkreisläufe für Schnecke und 2 Zylinderzonen, Messung von Antriebsleistung, Drehzahl sowie Massetemperatur und -Druck vor der Schneckenspitze und Druck jeweils nach den Transfermischzonen, kontinuierliche Prozessdatenerfassung

### **Laborextruder**

Rubicon EEK 32.12 S-4,0/90

Schneckendurchmesser 32 mm, Schneckenlänge 12 D, Antriebsleistung 4 kW Drehstrom-Asynchronmotor, Schneckendrehzahl 3 ... 90 U/min, Durchsatz ca. 1 ... 25 kg/h, separate Temperierkreisläufe für Schnecke und Zylinder, Temperierung bis max. 250 °C, Anschluss an Zahnradpumpe MAAG Enhex SP 21-4, Einsatz als Extruder-Zahnradpumpen-Kombination oder auch für Dosierung von Kautschuk oder Kautschukmischungen in den Doppelschneckenextruder Berstorff ZE 25, Vordruckregelung über Steuerung der Zahnradpumpe, Messung von Drehzahl, Massetemperatur, Massedruck

### **Doppelschneckenextruder**

Berstorff ZE25, Antrieb 10,5 kW, Nmax = 550 U/min

Schneckendurchmesser 25 mm, Schneckenlänge bis 54 D, Zylinder in Segmente von 6 D geteilt, gravimetrische Brabender-Flex-Wall Hauptdosierung, gravimetrische Brabender Seitenfütterdosierung, Vakuumzone, Flüssigkeitseinspritzung, motorisch angetriebene Schneckenziehvorrichtung zur Verfahrensoptimierung und zur Probenahme (z. B. in Morphologieuntersuchungen)



### **Doppelschneckenextruder**

Berstorff ZE 40 A UTX; Antrieb 77 kW,  $N_{max} = 600$  U/min; Schneckendurchmesser 44 mm, Schneckenlänge bis 55 LD; Zylindersegmente von 6 D, Temperatur- und Druckmessstellen, gravimetrische Brabender-Flex-Wall Hauptdosierung, gravimetrische Brabender Seitenfüttersdosierung, Flüssigkeitseinspritzung.

Dosierung des Extruders mit Kautschuk oder Kautschukvormischungen in Streifenform über eine Einschneckenextruder-Zahnradpumpen-Kombination (Transfermixextruder AZ MCTM 60, Zahnradpumpe Troester ZP 56/33). Kontinuierliche Herstellung von Kautschukmischungen und Thermoplastischen Vulkanisaten.

Vollautomatisierte Prozessdatenerfassung für die zeitgleiche, kontinuierliche Aufnahme der Prozessdaten der gravimetrischen Dosierer, des Doppelschneckenextruders, des Einschneckenextruders AZ MCTM 60 und der Zahnradpumpe Troester ZP 56/35.

### **Dosiermaschine**

Mahr; Dosierung von Flüssigkeiten in den Doppelschneckenextruder Berstorff ZE 25 über Zahnradpumpe und Coriolis Sensor;

Fördermenge 2–12 kg/h; Dosiergenauigkeit +/- 2%; temperierbar bis 60 °C;

Viskositätsbereich 200–2000 m Pa·s

### **Zweischnecken Mikro-Compounder**

DSM Explore 15 cm<sup>3</sup> Micro-compounder

Zweischneckenextruder mit corotierenden konischen Schnecken, Schneckenlänge 150 mm, Nennvolumen 12,5 cm<sup>3</sup>, Drehzahl 0 ... 245 U/min, Temperaturbereich 20 ... 350 °C, max. Axialkraft 8000 N, 6 Heizzonen, Wasserkühlung, By-pass-Ventil (Verweilzeit einstellbar), rechnergestützte Versuchsführung und Datenerfassung

### **Stranggranulierung**

Pell-Tec SPP 50 compact

Max. Durchsatz 180 kg/h, Einzugsgeschwindigkeit 7 ... 50 m/min, max. Strangzahl 9, Länge 4 m

### **Zahnradpumpe**

Troester ZP 56/35

Durchsatz 120 kg/h, Saugdruck 20 bar, Förderdruck 500 bar, max. Differenzdruck 450 bar, max. Drehzahl 48 U/min, kontinuierliche Prozessdatenerfassung

### **Zahnradpumpe**

MAAG Entrex SP 21-4

Durchsatz 2 ... 10 kg/h, Saugdruck 20 bar, Förderdruck 350 bar, Differenzdruck 250 bar, max. Drehzahl 50 U/min

## **3. Spritzgiessen**

### **Spritzgießmaschine (Leihweise von LWB Steinl)**

LWB Steinl VS EFE 3000/2000 P in Holmenbauweise mit EFE-System zur Heizzeitreduzierung Schließkraft 3000 kN; Spritzvolumen 2000 cm<sup>3</sup>; Spritzdruck (Spritzkolben) 2200 bar; Spritzdruck (E-Ausspritzkolben) 1800 bar; Schneckendurchmesser 40 mm

### **Kleinst-Labor-Spritzgießmaschine**

DSM Explore 10 cm<sup>3</sup> Injection moulding machine

Nennvolumen 10 cm<sup>3</sup>, Injektionsteil  $T_{max} = 350$  °C, Form  $T_{max} = 200$  °C, Pneumatikdruck, 10 ... 16 bar (entspricht bis zu 1600 N), Zweizonenheizung, Form für S2 Zugstäbe, austauschbar



### **Zweikomponenten Spritzgießmaschine**

Engel Combimelt Victory 200H/200L/80. Beide Spritzeinheiten umtauschbar für Kautschuk, Thermoplast oder Duroplast, Möglichkeit von 2K-Anwendungen: Kautschuk/Thermoplast, bzw. Duroplast, Kautschuk/Kautschuk und Thermoplast/Thermoplast. Schneckendurchmesser 25 mm, Aggregate in L-Stellung, holmenlose Bauweise, Schließkraft 800 kN, 2-Stationen Drehtisch, Steuerung CC200. 2K Spritzgießwerkzeuge als Zug- und Scherstab mit getrennter Werkzeugtemperierung für die zwei Komponenten in der Düsen- und Auswerferseite des Werkzeuges. Metalleinlage im Scherstab möglich; Druckmessung im Werkzeug für beide Komponenten; Messwertaufnahme über Steuerung

## **4. Kalandrieren**

- Maßgenaues Ziehen von Platten (Belegen, Doublieren und Friktionieren nur mit zusätzlicher Abwickleinrichtung)
- Beschickung mittels Puppen vom Walzwerk oder Endlosrundstrang aus dem kaltgeführten Kautschuk-Extruder
- Heiss-Randbeschnitt
- Abnahme der Bahn als Wickel mit Zwischenläufer

### **Vierwalzen-Laborkalender**

Troester KQF 200

4 Walzen in F-Anordnung, Ø 200 mm, Ballenbreite 450 mm, 350 mm effektive Arbeitsbreite, Quetschmesser auf der Abzugswalze zum Beschneiden des Bahnrandes, 320 mm maximale Bahnbreite beschnitten, Materialzuführung in Spalt 1 oder Spalt 3, verstellbare Materialführungsbacken in den Zuführspalt.

Betriebsarten: 4-Walzen, 3-Walzen oder 2x2-Walzen, Einzelantrieb der Walzen durch Gleichstrom-Getriebemotoren, Arbeitsgeschwindigkeit 2,0 ... 20 m/min, Friktion 1 : 1,25 bis 1,25 : 1, Walzentemperierung mit Wärmeträgeröl max 200 °C, elektromotorische Walzenspaltversteinrichtung, 0,3 mm min. Spaltweite, pneumatische Walzenvorspannung für Walzen 1, 2, 3; Schränkung für Walze 3.

Messung der Spaltweiten durch el. Messfühler, der Walzenumfangsgeschwindigkeit mittels Tachogenerator, der Achsenbelastung (Walzen 1 und 2) durch Kraftmessdosen, des Spaltdrucks (Spalt 1, 2) mittels Piezo-Druckaufnehmern (Walze 2) und der el. Leistung durch Messbrücken, rechnergestützte Erfassung der Messwerte.

### **Schwenkförderband zur Beschickung des Kalenders**

Scholz

stufenlose Geschwindigkeitsregelung;

stufenlos regelbare pendelförmige Bewegung der Übergabeposition

### **Nachfolgeeinrichtung**

DIK

Kühlstrecke mit zwei Kühltrommeln 300 mm,

Zwischenläuferabwickler und Zentrumswickler, manuelle Geschwindigkeitsregelung

## **5. Vulkanisation**

### **Vulkanisationspressen**

#### **Rucks Maschinenbau KV 207.00**

Elektrisch beheizte Vulkanisationspresse, Fläche: 250 × 250 mm, evakuierbar

#### **Wickert & Söhne WLP63/3,5/3**

Elektrisch beheizte Vulkanisationspresse, Fläche: 350 × 350 mm



### **Berstorff**

Elektrisch beheizte Vulkanisationspresse, Fläche: 300 × 350 mm, evakuierbar

### **Hochdruckautoklav**

Zirbus Technology, Typ: HDA-H 65-10-180

Für thermische Vulkanisationsprozesse von kautschukbasierten Formteilen unter Druck.

Kammerabmessungen: Durchmesser 400 mm x 500 mm Länge; Kammervolumen: 62 Liter;  
max. Überdruck: 10 bar; max. Temperatur: 182 °C; max. Betriebsdruck: 9,5 bar.

## **6. Oberflächenbehandlung**

- Plasma-Behandlungsanlagen

Plasmatreat PFW20

8 parallel betriebene Plasmadüsen, Plasmaaktivierung und Plasmapolymerisation bei Atmosphärendruck mit Behandlungsbreiten von 40 ... 120 mm, Verfahrensgeschwindigkeit 1 ... 60 m/min.

Plasmatreat PFW10

Eine Plasmadüse, Plasmaaktivierung und Plasmapolymerisation bei Atmosphärendruck durch Zudosieren eines im Plasma polymerisierbaren Precursors, Behandlungsbreite 5 ... 220 mm, Verfahrensgeschwindigkeit 1 ... 60 m/min.

## **7. Elektrosinning**

- Herstellung von nanoskaligen Fasern
- Vliesherstellung
- Herstellung von Fasern mit anisotroper Orientierung

Elektrosinninganlage der Firma Mecc, Typ: Nano-01 A

Hochspannungsquelle (0,5-30 kV), Spritzenpumpe für bis zu 3 Spritzen, bewegliche Spinnköpfe für bis zu 3 Kanülen, Volumenstrom (0,1–99,9 cm<sup>3</sup>/h)

3 verschiedene Kollektoren:

Disk (Umfang: 600 mm; max. 3.000 rpm),

Trommel (Umfang: 600 mm; Breite 210 mm; max. 2500 rpm),

flache Edelstahlplatte (145 × 250 mm)

## **Physikalische und mechanisch-dynamische Eigenschaften und Ermüdung**

### **1. Physikalische Prüfmethode**

- Bestimmung der physikalischen Eigenschaften von Vulkanisaten nach: ISO, DIN und ASTM-Normen
- Spannungsrelaxation
- Alterungsverhalten von Vulkanisaten
- Wärmebeständigkeit
- Ozonbeständigkeit
- Lichtbeständigkeit
- Kontaktverfärbung
- Kontaktwinkel und Oberflächenenergien



### **Universalprüfmaschinen**

Zwick 1445 mit Temperierkammer (−60 ... +150 °C), max. Prüfkraft 5 kN, Kraftmessdose für geringe Prüfkraft bis 50 N. Zwick Z010 mit pneumatischen Probehaltern, maximale Prüfkraft 2,5 kN.

### **Spannungsrelaxations-Tester**

Elastocon EB 02, Untersuchung der Spannungsrelaxation unter Druck und Zug bei 10 bis 200 °C, Kraftbereich: bis 800 N oder 1600 N (Druck), bis 70 N (Zug), Messungen in Luft, Stickstoff und Öl (z. B. ISO 3384)

### **Goodrich-Flexometer**

Doli FlexoB 1170, Ermittlung des Setzungsverhaltens, Fließens, Heat-Build-Up, der bleibenden Verformung bei dyn. Belastung (Kompression) nach DIN. Frequenz: 30 Hz, Spannung: ½ MPa, automatische Probenzuführung, Raumtemperatur bis 100 °C

### **Dauerknick-Prüfgerät nach de Mattia**

Frank 13515, Bestimmung der Rissbildungsgeschwindigkeit und Risswachstumsbeständigkeit, Frequenz: 5 Hz

### **Abrieb-Prüfgerät**

Frank 11565, Bestimmung des Abriebs gemäß DIN

### **Zentriereinheit zur Härtemessung an Dichtringen**

Zwick digitest; Härte Shore-A; Mikrohärtigkeit, Kugeldruckhärtigkeit

### **Rückprallelastizitäts-Prüfgeräte**

Frank 23267, Zwick 5109.01, mit Temperierung

### **Widerstandsmessgerät**

Dr. Kamphausen, Bestimmung von Oberflächen- und Durchgangswiderständen; Nieder- und Hochohmmessung

### **Ozonschrank**

Argentox 3MR-3R, Ozonanalysator mit internem Standard und Klimaregelung; Ozonkonzentrationen 50 ... 250 pphm (0,5 ... 2,5 ppm), rel. Feuchte 10 ... 90 %, Temperatur 0 ... 70 °C, Probenraum: 200 l

### **Kontaktwinkelmessgerät**

Dataphysics OCA20, videogestütztes optisches Kontaktwinkelmessgerät mit Temperierkammer und Mehrfachdosiersystem. Temperaturbereich −20 ... +150 °C, Berechnung der freien Oberflächenenergien von Festkörpern und der Ober- und Grenzflächenspannungen von Flüssigkeiten.

### **Tensiometer und dynamisches Kontaktwinkelmessgerät**

Dataphysics DCAT11 mit Thermostatisierungseinrichtung. Temperaturbereich −10 ... +130 °C, Messung von Kontaktwinkeln an Pulvern, Fasern, Faserbündeln und zylindrischen oder prismatischen Körpern.

### **Refraktometer**

#### **Refracto 30GS, Mettler Toledo GmbH**

- Messung der Brechzahl nach der Methode der Totalreflexion:  $\lambda = 589,3 \text{ nm}$
- Messbereich nD (Brechzahl): 1,32–1,65
- Arbeitstemperatur: 10 °C–40 °C





### **Gasadsorption zur Füllstoffcharakterisierung**

Gasadsorptionsanlage: BELSorp max.

Prinzip: volumetrische Gasadsorption

drei Meßeports (zwei hochauflösend – gleichzeitige Messungen möglich)

Adsorption mit verschiedenen Gasen: Stickstoff, Ethan, Ethen, Propen, 1-Buten und iso-Buten

verschiedene Temperaturen:  $-200\text{ °C}$  (fl.  $\text{N}_2$ ) und  $-60\text{ °C}$  bis  $+20\text{ °C}$

erreichbarer Druckbereich:  $10^{-2}$ – $10^5$  Pa

Auswerteverfahren: BET-Oberfläche, Energieverteilung, Porositätsanalyse, ...

### **UV-Bewitterungstestgerät**

Xenotest 440 von Ametek (Atlas),  $2310\text{ cm}^2$  Probenfläche; 2 luftgekühlte Xenonlampen, Rotierender Probenkorb, Funkgesteuerter, umlaufender XENOSENSIV® Sensor zur Messung der Bestrahlungsstärke und Schwarzstandardtemperatur, Automatische Regelung von Bestrahlungsstärke, Ultraschallbefeuchter, Probenbesprühung, Hohe Bestrahlungsstärke (bis  $120\text{ W/m}^2$ ).

Standard-Messungen (Auszug): ISO 105-B02, -B04, B06, -B10, 4892-2, 11341, 16474-2

GB/T 8427; ASTM G151, G155, D2565; AATCC TM 16.3; VDA 75202; VW PV 1303, PV 3929,

PV 3930 uvm.

## **2. Dynamisch-Mechanische- und Lebensdauer-Eigenschaften**

- Dynamische Eigenschaften von Laborprüfkörpern und Bauteilen
- Ermüdungseigenschaften
- Hochfrequenzeigenschaften (Ultraschall)
- Dehnmodul, Schubmodul, Dämpfung
- Temperatur-, Frequenz- und Amplitudenabhängigkeit
- Kälteeigenschaften TR, TL
- Untersuchungen nach Normen und speziellen Kundenspezifikationen

### **Automatic Tear and Fatigue Analyzer**

Elastomer-Prüfsystem zur Ermüdungsprüfung mit Risswachstumsverfolgung nach Tear Analyzer System Bayer/Coesfeld, Risswachstumsbeständigkeit unter dynamischer Belastung, insbesondere praxisnahen Pulsen. Untersuchungen an Laborprüfkörpern unter Zug-, Druck- oder Scherbeanspruchung. Optische on-line-Erfassung und Quantifizierung der Rissfläche, Aufzeichnung der Energie. Ermittlung bruchmechanischer Kennwerte zur Vorhersage der Bauteillebensdauer (tearing energy). Elektrischer Direktantrieb  $5\text{ kN}$ ; Wegbereich bis  $\pm 50\text{ mm}$ . Traverse für 5-fache Parallelprüfung; je Messplatz eigene Kraftmessdose bis  $\pm 1\text{ kN}$  und Kompensation der bleibenden Dehnung durch elektromotorische Nachspannung.

Temperierbare Prüfkammer, in Luft oder  $\text{N}_2$

### **Tear Analyzer, dyn. Risswachstumsbeständigkeit**

Tear Analyzer System Bayer/Coesfeld, Risswachstumsbeständigkeit unter dynamischer Belastung, insbesondere praxisnahen Pulsen. Optische on-line-Erfassung und Quantifizierung der Rissfläche, Aufzeichnung der Energien. Ermittlung bruchmechanischer Kennwerte zur Vorhersage der Bauteillebensdauer (tearing energies), Pulse bis ca.  $10\text{ ms}$ , temperierbare Prüfkammer, in Luft oder  $\text{N}_2$

### **Ultraschallspektrometer (Prototyp)**

Messung der Ultraschalldämpfung und Ultraschallgeschwindigkeit (daraus: Modul und Verlustfaktor) im Transmissionsverfahren bei  $0,5 \dots 13\text{ MHz}$  und  $-90 \dots +60\text{ °C}$

### **GABO Qualimeter**

Eplexor 500N/1500N statisch, Untersuchungen unter Scher-, Druck- und Zugbeanspruchung  $-150\text{ °C} \dots 500\text{ °C}$ ;  $0,01 \dots 100\text{ Hz}$

Statische und dynamische Dehnungssweeps;  $\pm 3\text{ mm}$  dyn.



### **Mechanisch-dynamischer Analysator**

Rheometrics RDA II, Untersuchungen unter Scherbeanspruchung an Mischungen (Platte-Platte-Anordnung) und Vulkanisaten (Streifenproben), -150 ... +350 °C, 0,002 ... 16 Hz, 0,05 ... 5 % Amplitude

### **Rheometersystem ARES**

Rheometric Scientific, zwei baugleiche Geräte, dynamische Untersuchungen an Mischungen (Platte-Platte) und Vulkanisaten (Streifen), -150 ... +350 °C, 0,002 ... 80 Hz, 0,05 ... 10 % Amplitude

### **Mechanisch-dynamisches Spektrometer**

Rheometrics RSA II, Untersuchungen unter Druck- und Zugbeanspruchung, -150 ... +500 °C, 0,002 ... 16 Hz, 0,01 ... 1 % Amplitude

### **Servohydraulisches Elastomer-Prüfsystem**

MTS 831.50, Untersuchungen an Laborprüfkörpern unter Zug-, Druck- und Scherbeanspruchung -120 ... +200 °C, 0,01 ... 1000 Hz, 0,1 ... 100 % Amplitude. Untersuchungen an Fertigteilen nach kundenspezifischen Prüfprogrammen; Untersuchungen unter schnellen Pulsbeanspruchungen. Kraftbereich: bis ±5 kN; Wegbereich: bis ±25 mm.

### **Biaxiales Servohydraulisches Prüfsystem**

MTS 322.21, Untersuchungen an Laborprüfkörpern und Bauteilen in 2 Achsen linear Mechanisch-dynamische Eigenschaften und Ermüdungseigenschaften

1. Achse: 0,1 ... 100 Hz, bis ±25 kN, bis ±100 mm

2. Achse: 0,1 ... 150 Hz, bis ±10 kN, bis ±50 mm

Dynamische und Ermüdungseigenschaften unter Pulsbelastung in Kraft- und Wegregelung

### **Torsionales Prüfsystem mit Servohydraulischer Aktorik**

Inova Torsionsprüfstand, Untersuchungen an Laborprüfkörpern und Bauteilen, Dynamische und Ermüdungseigenschaften in Drehmoment- oder Winkelregelung; Drehmomentbereich bis 600 Nm, Empfindlichkeit = 2 Nm; Verdrehwinkel bis ±50°; Signal: Sinus mit Frequenz bis 175 Hz/Dreieck/Rampe/Betriebslastennachfahrversuch; Temperierkammer 40–180 °C

## **3. Dielektrische Eigenschaften**

### **Dielektrischer Breitband Analysator**

Novocontrol GmbH, Messung an Prüfkörpern, Mischungen, Flüssigkeiten

#### **BDS 40**

Frequenzband:  $3 \times 10^{-5} \dots 2 \cdot 10^7$  Hz

Impedanzbereich:  $10^{-2} \dots 10^{14} \Omega$

Kapazitätsbereich:  $10^{-15} \dots 1$  F

Auflösungsvermögen ( $\tan \delta$ ):  $3 \times 10^{-5}$

#### **BDS 60**

Frequenzband:  $10^6 \dots 3 \times 10^9$  Hz

Impedanzbereich:  $10^{-1} \dots 10^5 \Omega$

Auflösungsvermögen ( $\tan \delta$ ):  $3 \times 10^{-3}$

### **Quatro Cryosystem Temperiereinheit**

Temperaturbereich: -160 ... +400 °C

Temperaturauflösung: 0,1 °C



## 4. Tribologische Eigenschaften

### IMKT Linear-Tribometer

Messung des statischen und dynamischen Reibkoeffizienten  
Geschwindigkeitsbereich: 0,005 ... 15 mm/s und 0,1 ... 300 mm/s  
Lastbereich: 20 ... 500 N  
Temperaturbereich: -40 ... +100 °C

### Coesfeld Linear-Tribometer

Messung des statischen und dynamischen Reibkoeffizienten; Dauerreibbelastung möglich  
Geschwindigkeitsbereich: 0,01 ... 2000 mm/s  
Lastbereich: 50 ... 500 N  
Temperaturbereich: -20 ... +100 °C

### Coesfeld Reib- und Abriebtester

Messung von Rollreibeigenschaften in Abhängigkeit von Längs- und Seitenschlupf; Messung von  $\mu$ -Schlupfcurven; Messung von Abrieb nach Beschleunigungs-, Brems- und Abbiegevorgängen  
Geschwindigkeit: bis 4 m/s  
Last: bis 250 N  
Temperatur: Raumtemperatur

## Rheologie und Vulkametrie

### 1. Rheologie

- Viskose und elastische Eigenschaften von Kautschukmischungen
- Mooney-Relaxation
- Mooney-Scorch
- Wandgleitverhalten

### Mooney-Viskosimeter

- Messung der Mooney-Viskosität von Kautschuken und Kautschukmischungen
- Bei allen Messungen ist eine variable Messpunktfestlegung möglich.  
Alpha Technologies MV 2000 E

### Drehmoment-Rheometer

- Weiterentwicklung des Haake Rheocord Systems zur Messwerterfassung und Steuerung von diversen Vorsatzgeräten

Polylab-System

### Messextruder

- Messung der schergeschwindigkeitsabhängigen Viskosität unter Verwendung von diversen Extrusionswerkzeugen (Flachschlitz-, Schlauch- und Garveydüse) mit Drucksensoren; Gel- und Fremdpartikeltests

Polylab-System

### Rotationsrheometer

Physica MCR 501 S, Anton Paar

Maximales Drehmoment 300 mNm, Normalkräfte von -70 ... 70 N. Diverse Messgeometrien: Platte-Platte, Kegel-Platte für Messungen der Normalspannungskoeffizienten. Rotations- wie auch schwing-rheologische Messungen. Möglichkeit der Kombination von rheologischen und dielektrischen oder magnetischen Messungen.

Dielektrische Messzelle: Temperaturbereich: -25° ... 180° C. Dielektrischer Breitband Analytator von Novocontrol  $3 \cdot 10^{-5}$  ... 10 MHz

Magnetische Messzelle: Temperaturbereich: -10° ... 180° C. Maximale Magnetfeldstärke von 1 Tesla



### **Hochdruckkapillarviskosimeter**

- Messung der Schubspannung und Viskosität in Abhängigkeit der Schergeschwindigkeit sowie Ermittlung von Fließanomalien (z.B. Wandgleitverhalten); Aufzeichnung der Druckprofile über die Kapillarlänge, Messung der Strangaufweitung

Göttfert Rheograph 6000

Zwei Messmodi: konstante Schergeschwindigkeit, konstante Schubspannung; maximale Schubspannung  $2 \times 10^6$  Pa, Schergeschwindigkeit  $2 \times 10^{-2} \dots 2 \times 10^6$  s<sup>-1</sup>,

Kapillardurchmesser 0,5 ... 4 mm, Kapillarlängen 5 ... 120 mm; Spezialkapillaren mit Druck- und Temperatursensoren auch als Schlitzkapillaren

Rosand RH 7-2

- Simultane Messung mit Lang- und Kurzkapillaren zur Korrektur des Einlaufdruckverlustes Kapillaren mit unterschiedlichem Längen/Durchmesser-Verhältnis zur Messung der Viskosität in Abhängigkeit der Schergeschwindigkeit  
Dynamischer Messbereich 50.000:1 im Temperaturbereich von 50 ... 400 °C. Das automatische Rheometer mit servoelektrischem Antrieb ist als Doppelkapillarsystem ausgelegt.

### **Ubbelohde-Viskosimeter**

- Ermittlung der Viskositätszahlen zur Berechnung der Grenzviskositätszahl und der mittleren Molmasse von Polymeren (Viskositätsmittel) max. 5 frei wählbare Verdünnungsschritte.
- Bestimmung der kinematischen Viskosität (Messbereich: 0,35 ... 5.000 mm<sup>2</sup>/s).
- Elektronische Datenaufnahme und Auswertung.

Visco System® AVS 370 (SCHOTT Instruments)

### **Schwingungsrheometer (Rubber Process Analyzer)**

Alpha Technologies RPA 2000

Schwingungsrheometer zur Untersuchung der viskoelastischen Eigenschaften und des Verarbeitungsverhaltens von Kautschukmischungen.

Temperaturbereich 40 ... 250 °C, Scheramplitudenbereich 0,5 ... 150 %, Frequenzbereich 0,1 ... 33 Hz.

### **Schwingungsrheometer (Rubber Process Analyzer)**

TA Instruments RPA elite

Schwingungsrheometer zur Untersuchung der viskoelastischen Eigenschaften und des Verarbeitungsverhaltens von Kautschukmischungen.

Drehmomentbereich 0,0001 ... 25 Nm; Scheramplitudenbereich  $\pm 0,005 \dots \pm 360^\circ$ ;

Belastungsbereich  $\pm 0,07 \dots \pm 5000$  %; Frequenzbereich 0,001...50 Hz; Temperaturbereich von Raumtemperatur bis 230 °C

Als Testmethoden können verwendet werden: Isothermes, lineares sowie schrittweises Vulkanisieren, Spannungs-Relaxation, Deformations-Sweep, Deformationsvorgabe, LAOS, Frequenz-Sweep mit Multi-Wave und benutzerdefinierten Schwingungsverläufen.

## **2. Vulkametrie**

- Vernetzungskinetik
- Aktivierungsenergien
- Inkubationsverhalten
- Treibverhalten

### **Vulkameter**

- Drehmoment- und Verlustwinkelmessung

Alpha Technologies MDR 2000 E

Spaltlos arbeitendes rotorloses Torsionsschubvulkameter, variable Messpunktfestlegung

## **Simulations-Software**



### **1. FEM-Software**

#### **SIMULIA Abaqus 2017**

Abaqus/CAE/Standard/Explicit

#### **MSC.Marc 2017**

Marc® Mentat® 2017.1.0.

#### **COMSOL Multiphysics**

COMSOL Multiphysics 5.3, Acoustics Module, Nonlinear Structural Materials Module, Structural Mechanics Module, CFD Module, Chemical Reaction Engineering Module, Heat Transfer Module

#### **SIGMASOFT Virtual Molding**

SIGMASOFT v5.2.1.0, SIGMA Basic Elastomer, SIGMA Stress, SIGMALink, SIGMAstep Reader/Writer

### **2. Mathematical Computation**

#### **MATLAB R2017a**

Curve Fitting Toolbox, Global Optimization Toolbox, Optimization Toolbox, Parallel Computing Toolbox

#### **MAPLE 17**

Computer Algebra System für Symbolische und Numerische Berechnungen

### **3. Nachhaltigkeit/Umwelt**

#### **I. Carbon-Footprinting-Software Ecoinvent 3.5**

#### **II. Carbon Footprint GaBi ts Version 10.0.0.71**

Lebenszyklus-Inventardatenbank, Erstellung von Ökobilanzen, Umweltverträglichkeitsprüfungen, Carbon-Footprint-Berechnung

