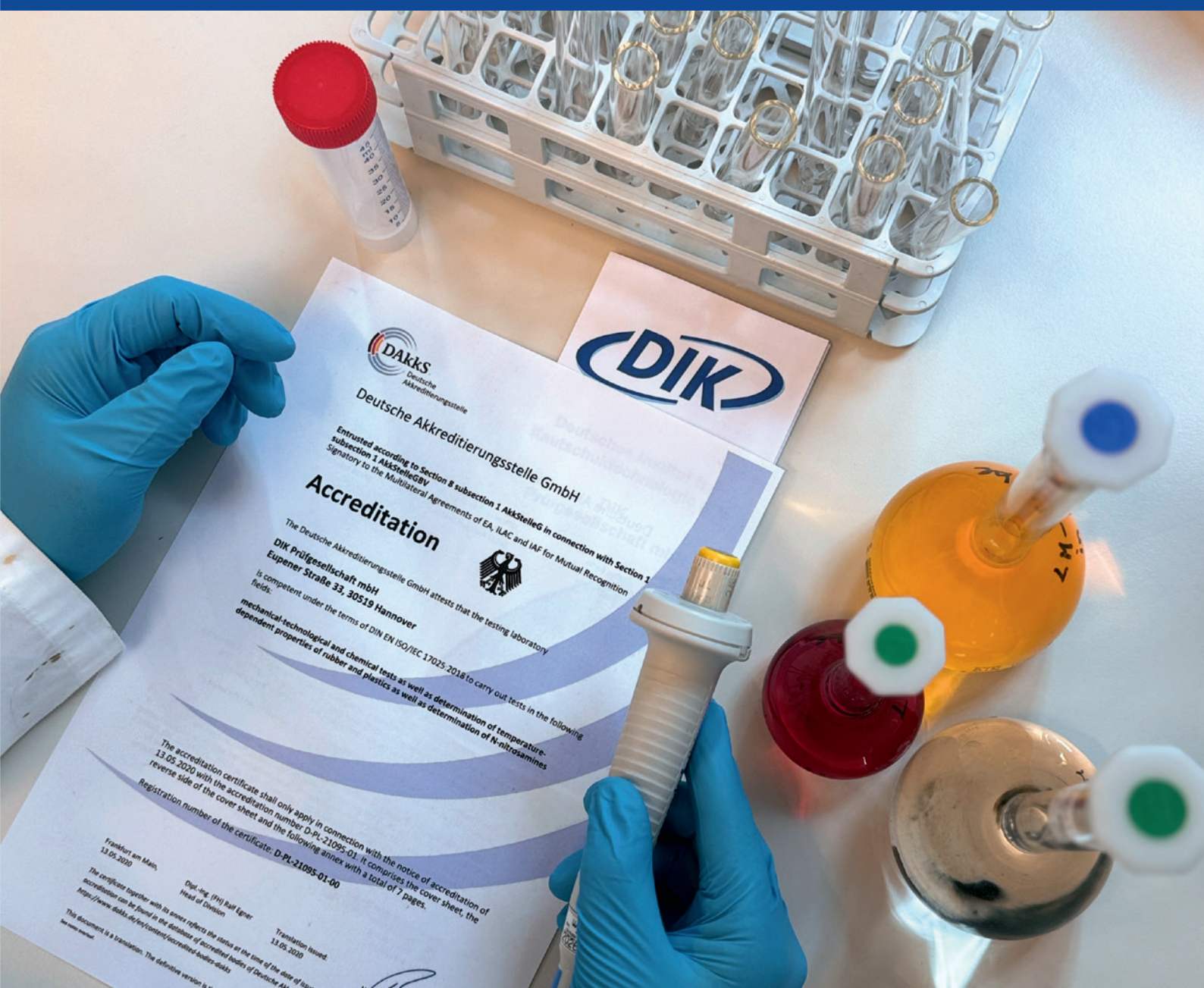


DIK aktuell



Deutsches Institut für Kautschuktechnologie e. V.



Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH
Entrusted according to Section 8 subsection 1 AkkStelleG in connection with Section 1
subsection 1 AkkStelleGBV
Signatory to the Multilateral Agreements of EA, ILAC and IAF for Mutual Recognition

Accreditation



The Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH attests that the testing laboratory
DIK Prüfgesellschaft mbH
Eupener Straße 33, 30519 Hannover
is competent under the terms of DIN EN ISO/IEC 17025:2018 to carry out tests in the following

fields:
mechanical-technological and chemical tests as well as determination of temperature-
dependent properties of rubber and plastics as well as determination of N-nitrosamines

The accreditation certificate shall only apply in connection with the notice of accreditation of
13.05.2020 with the accreditation number D-PL-21095-01. It comprises the cover sheet, the
reverse side of the cover sheet and the following annex with a total of 7 pages.
Registration number of the certificate: D-PL-21095-01-00

Frankfurt am Main,
13.05.2020

Dipl.-Ing. (FH) Ralf Jäger
Head of Division

Translation issued
13.05.2020

The certificate together with its annex reflects the status at the time of the date of issue.
accreditation can be found in the database of accredited bodies of Deutsche Akkreditierungsstelle
<https://www.dakks.de/en/content/accredited-bodies-uk>
This document is a translation. The definitive version is in German.

Sehr geehrte Mitglieder, Geschäftspartner,
Kolleginnen und Kollegen,

auch wenn es keine große Jubiläumsfeier gegeben hat, das DIK steht nun mehr als 40 Jahre für die Branche zur Verfügung und wird im Engagement auch in Zukunft nicht nachlassen. Die kürzlich von der Wissenschaftskommission Niedersachsens durchgeführte Evaluation des DIK ist u. a. als Empfehlung gegenüber der Politik in Niedersachsen zu dem Ergebnis gekommen, dass das DIK für die Kautschukbranche unverzichtbar ist und entsprechend weiter gefördert werden sollte. Dies ist für das DIK nicht nur ein gutes Ergebnis, sondern zugleich eine hohe Motivation für die Zukunft. Entsprechend wird das DIK-Team für die Lösung vieler Detailfragen der Unternehmen und darüber hinaus für die fachliche Begleitung weitreichender und eher politisch geprägter die Kautschukindustrie betreffenden Entwicklungen wie z. B. EU-DR (Entwaldungs-Directive der EU), PFAS („Per- and polyfluoroalkyl substances“), Emissionen, „Life-Cycle Assessments“ (LCA) oder die Abriebproblematik in Verbindung mit der Mikroplastikdiskussion weiterhin ein kompetenter Ansprechpartner sein. Auch wenn die öffentliche und industrielle Forschungsförderungen und durch die gesamtwirtschaftliche Entwicklung mit beträchtlichen Schwierigkeiten aktuell verbunden ist, so gibt es doch interessante Forschungsprojekte zur Materialentwicklung (z.B. PFAS-freie alternative Werkstoffe), der Digitalisierung von Herstellungsprozessen für Elastomere (Mischen, Extrusion, Vulkanisation), Einsatz von biobasierenden Alterungsschutzmitteln, Recycling, Polycyclische Aromaten, Akustikdämpfung bis hin zum Thema Wasserstoffbarriere und Lebensdauer elastomerer Bauteile und dessen Vorhersage durch entsprechende Simulationsverfahren. Vor diesem Hintergrund freuen wir uns auf den Austausch und das Gespräch mit der Industrie.



*Prof. Dr. Ulrich Giese
Geschäftsführender Vorstand*

Das Programm der Aus- und Weiterbildung des DIK verlief in 2024 mit hohen Teilnehmerzahlen, für das Jahr 2025 ist die Situation leider etwas verhalten. Dennoch besteht bekanntlich ein hoher Bedarf der Industrie, die nach wie vor über Fachkräftemangel klagt. Hier unterstützt das DIK satzungsgemäß die Branche mit einem breiten Angebot, was sich im zweiten Halbjahr hoffentlich auszahlt. Zahlreiche Veranstaltungen und Aktivitäten wie insbesondere das letzte Kautschuk Herbst Kolloquiums (KHK) mit ca. 80 Vorträgen internationaler Forschergruppen aus Industrie und Akademia war ein großer Erfolg. Auch konnte die Internationale Ausrichtung des DIK weiterhin gestärkt werden.

Abschließend möchte ich die Gelegenheit nutzen, mich für die seit Jahren sehr vertrauensvolle Zusammenarbeit mit den Verbänden DKG, WDK, und dem ADK sowie dem Ministerium für Wirtschaft, Arbeit Verkehr, Bauen und Digitalisierung ebenso zu bedanken wie bei dem gesamten DIK-Team des e. V. und der Prüfgesellschaft für das geleistete Engagement in den letzten Monaten.

Prof. Dr. U. Giese

Editorial

3

Qualitätsmanagement

Historischer Rückblick auf die Anerkennung bzw. Akkreditierung der DIK-Prüflaboratorien

6

Dissertationen, Bachelor- und Masterarbeiten im DIK

Dissertation von Julian Bloh

8

Atmosphärendruckplasmamodifizierung von Feststoffen für den Einsatz in Elastomeren

Dissertation von Steven Roß

9

Verarbeitungsnahe Rheologieparameter von mit Schwefel und Peroxid vernetzten Kautschuken für die Simulation von Formfüllprozessen

Dissertation von Kevin Krause

10

Effektive Vernetzung von Hochleistungskautschuken mit optimierten physikalischen Eigenschaften

Dissertation von Dino Simic

12

Multifunktionale Elastomere auf Basis magnetischer Füllstoffe: Untersuchungen zu Schalteffekten und „Energy Harvesting“

Dissertation von Lion Sundermann

13

Mischungs- und Prozessoptimierung bei der additiven Fertigung von rußgefüllten kautschukbasierten Elastomerbauteilen

Masterarbeit von Christopher Wittmund

14

Charakterisierung und chemische Modifikation von Lignin als Antioxidant in Kautschukmatrices

Masterarbeit von Niklas Winkel

15

Alternative Antioxidantien in EPDM basierenden Elastomeren

Projektvorschläge

Projektauftrag: **Methodenentwicklung für die Bestimmung von PFAS aus Materialproben**

16

Projektvorschlag: **Flammschutz für hoch dynamisch belastbare Elastomere**

17

Projektvorschlag: **Relevanz der diffusionslimitierten Oxidation für die Dauerfestigkeit von Elastomeren**

19

Projektvorschlag: **Alternativen für p-Phenylendiaminderivate auf Basis von Lignin-Reaktionsprodukten**

21

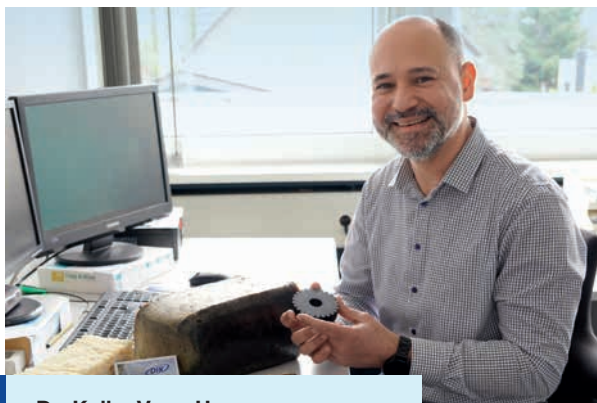
Project Call: **Characterization and Modelling of Thermoplastic Vulcanizates (TPVs) for Sustainable High-Performance Applications**

23

Aufruf zur Teilnahme am Projektbegleitenden Ausschuss: **Korrektur rheologisch bedingter Geometrieabweichungen in der extrusionsbasierten additiven Fertigung von Gummibauteilen (Tailored AME)**

25

Veranstaltungen	
Veranstaltungskalender 2025	27
Deutsche Kautschuk-Tagung (DKT) 2024	28
15. Kautschuk-Herbst-Kolloquium	28
Tire Technology Expo 2025	29
IdeenExpo 2024	29
ADK-Preisverleihung 2024	30
IRC	30
Blends & Eurofillers	30
ADAC Marathon Hannover	31
13. European Conference on Constitutive Models for Rubbers (ECCMR 2024)	31
Weiterbildungsstudium Kautschuktechnologie	32
Jornadas Caucho 2025	34
Save the date 16 th Fall Rubber Colloquium	35
Verschiedenes	
40 Jahre DIK	36
DIK Members	
CT Datentechnik GmbH	38
Stephan Schmidt Gruppe	39
Publikationen	40
Vorträge	42
Personelles	43
Mitgliedsfirmen des DIK	46
Impressum	48



Dr. Kelim Vano Herrera

QM-Beauftragter/Leitung QM-System
kelim.vano-herrera@dikautschuk.de
Tel: +49 (0)511 84201-42



Burkhard Matschke

Stellv. QM-Beauftragter
burkhard.matschke@dikautschuk.de
Tel: +49 (0) 511 84201-44

In einem globalisierten und anspruchsvollen Markt wie dem heutigen ist es für Unternehmen notwendig, ein Qualitätsmanagementsystem einzuführen und Qualitätsstandards einzuhalten.

Seit der Gesellschaftsgründung im September 2017 verfügt die DIK Prüfgesellschaft mbH über ein von der Deutschen Akkreditierungsstelle (DAkkS) akkreditiertes Labormanagementsystem. Mit dieser internationalen Anerkennung durch die DAkkS ist u. a. die Zuverlässigkeit, Unparteilichkeit, technische Kompetenz des Prüflaboratoriums sowie die Qualität der Prüftätigkeiten bestätigt.

Die für das Qualitätsmanagement im Labor relevante Norm ist dabei die DIN EN ISO/IEC 17025. Die wichtigsten Anforderungen dieser Norm sind:

- Die Sicherstellung einer korrekten Arbeitsweise im Labor
- Ein Management für das Erstellen von Dokumenten
- Die Gewährleistung einer Unparteilichkeit und Vertrautheit im Labor

- Ein wirksames Qualitätsmanagementsystem nach ISO 17025
- Probenahmen nur mit Probenahmenplan durchführen
- Prüfberichte nach jeder Prüfung verfassen
- Kalibrierung, Prüfung und Wartung von Geräten für die Probenahmen, Prüfungen und Analysen
- Sicherstellung einer ausreichenden Schulung des Personals

Für eine qualifizierte Umsetzung dieser einschlägigen internationalen Norm zur Bestätigung und Anerkennung der Kompetenz von Laboratorien ist das Qualitätsmanagement in enger Kooperation mit der Unternehmensleitung zuständig. Neben dem Aufbau und der Einführung eines normkonformen Labormanagementsystems gehört es zu den Aufgaben des Qualitätsmanagements, dessen Aufrechterhaltung und ständige Verbesserung sicherzustellen.

Das Labormanagementsystem der DIK Prüfgesellschaft mbH unterliegt einer regelmäßigen Überwachung durch die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS). Die zusätzliche interne Auditierung stellt sicher, dass die in unseren akkreditierten Laboratorien durchgeführten Prüfverfahren korrekt und wirksam angewendet werden.

Das Qualitätsmanagement der DIK Prüfgesellschaft mbH stellt eine Schnittstelle zwischen den Prüfstellen/Abteilungen Elastomeranalytik, Werkstoffprüfung, Analytik polymerer Werkstoffe/Nitrosaminanalytik sowie der Geschäftsführung dar.

Historischer Rückblick auf die Anerkennung bzw. Akkreditierung der DIK-Prüflaboratorien

1990 Anerkennung als außerbetriebliche Messstelle

Das Nitrosamin-analytische Labor der Abteilung Elastomerchemie wurde 1990 durch den beim Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) eingerichteten Arbeitskreis „Messstelle“ (AKM) geprüft und als geeignete außerbetriebliche Messstelle für Gefahrstoffmessungen gemäß §18 Abs. 2 GefStoffV anerkannt. Dies wurde vom Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung bekanntgegeben und in dem entsprechenden Bundesarbeitsblatt veröffentlicht.

1997 Erstakkreditierung

Auf der Grundlage der Europäischen Norm EN 45001:1990 wurde zunächst das Qualitätsmanagementsystem aufgebaut und eingeführt. Dieses QM-System wurde entsprechend der damaligen Richtlinien durch die Akkreditierungsstelle der Länder für Mess- und Prüfstellen zum Vollzug der Gefahrstoffrechts (AKMP) in Dezember 1997 unter der Registriernummer AMP-P-284.97.28 erstmalig akkreditiert. Der Umfang der Akkreditierung erstreckte sich auf die Bestimmung von N-Nitrosaminen (Probenahme und Analytik).

2004 Umstellung/Erweiterung des Akkreditierungsumfangs

Nach einer guten Vorbereitung und Anpassung des Qualitätsmanagementsystems entsprechend der damaligen Regelungen und der neuen internationalen Norm DIN EN ISO/IEC 17025:2000 erhielt das Prüflaboratorium im Frühjahr 2004 die Akkreditierung durch die Deutsche Akkreditierungsstelle Chemie (DACH) unter der Registriernummer DAC-P-0295-04-00. Neben der Probenahme und Analytik zur Bestimmung von N-Nitrosaminen kamen die Bereiche chemische Prüfungen sowie Anwendungs- und Werkstofftechnik hinzu.

2009 Umstellung/Reakkreditierung/Erweiterung des Akkreditierungsumfangs

Mit der Einführung neuer Prüfverfahren im angestrebten Geltungsbereich der Akkreditierung und der Umstellung des Qualitätsmanagementsystems auf die revidierte Akkreditierungsnorm erfolgte im Jahr 2009 durch die Deutsche Akkreditierungsstelle Chemie (DACH) die Reakkreditierung gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2005 für Probenahme und Analytik von N-Nitrosaminen, für chemische Prüfungen sowie für Anwendungs- und Werkstofftechnik.

2014 Reakkreditierung/Erweiterung des Akkreditierungsumfangs

Das Prüflaboratorium hat den Prozess der Reakkreditierung im November 2014 erfolgreich mit einer Erweiterung des Geltungsbereichs abgeschlossen und wurde gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2005 durch die Deutsche

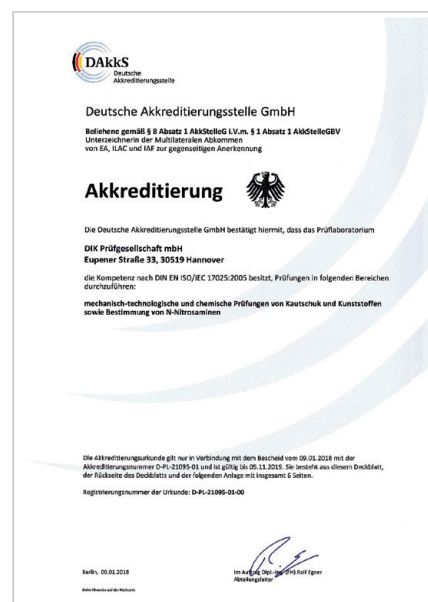
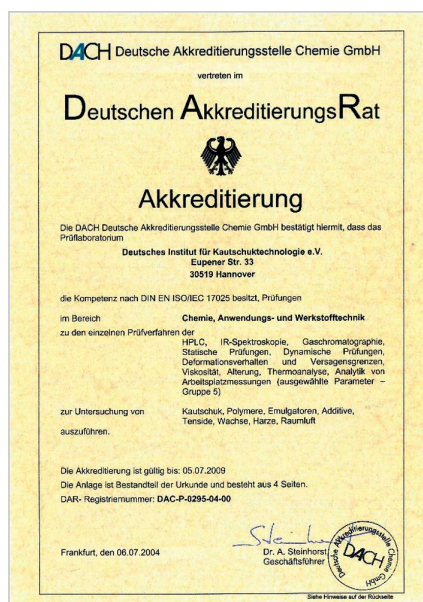
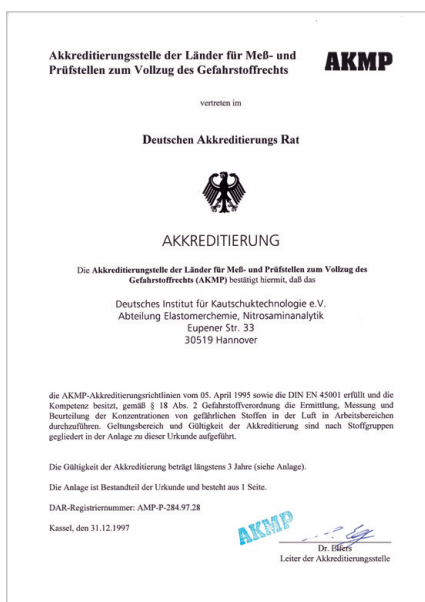
Akkreditierungsstelle (DAkKS) unter der Registriernummer D-PL-19409-01-00 akkreditiert. Die chemische und mechanisch-technologische Prüfungen von Kautschuken und polymeren Materialien sowie die Bestimmung von N-Nitrosaminen in Luft- und Materialproben sind weiterhin Bestandteil der Akkreditierung.

2018 Übertragung der Akkreditierung auf DIK Prüfgesellschaft mbH

Nach positiver Begutachtung und Entscheidung durch den Akkreditierungsausschuss der Deutschen Akkreditierungsstelle (DAkKS) ist zu Januar 2018 die Akkreditierung gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2005 auf die neu gegründete GmbH mit der Registriernummer D-PL-2109501-00 übertragen worden.

2020 Umstellung/Reakkreditierung

DIK Prüfgesellschaft mbH erlangte im Mai 2020 die Reakkreditierung und Umstellung auf die revidierte Norm DIN EN ISO/IEC 17025:2018. Damit erhielt das Prüflaboratorium erneut einen objektiven und international anerkannten Nachweis über seine fachliche und technische Kompetenz. Der Umfang der Akkreditierung erstreckt sich seither auf mechanisch-technologische und chemische Prüfungen von Kautschuk und Kunststoffen, Prüfungen zur Bestimmung temperaturabhängiger Eigenschaften von Kautschuk und Kunststoffen sowie auf Prüfungen zur Bestimmung von N-Nitrosaminen in Raumluft, in polymeren Matrices und in Bedarfsgegenständen aus Elastomeren und Kautschuk.



(v. l. n. r.): damalige Akkreditierungsurkunde der AKMP (ausgestellt am 31.12.1997), damalige Akkreditierungsurkunde der DACH (ausgestellt am 06.07.2004), aktuelle Akkreditierungsurkunde der DAkKS (ausgestellt am 13.05.2020)

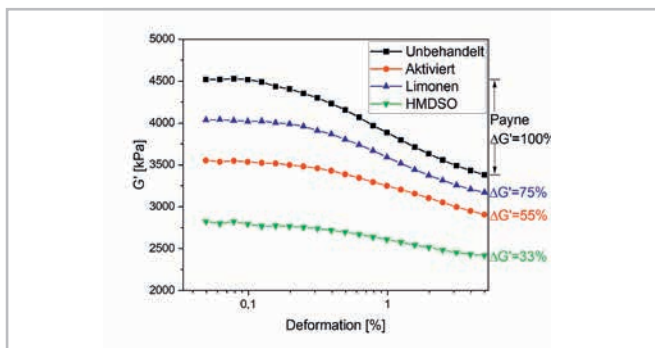


Dissertation: Julian Bloh studierte Chemie an der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover. Von 2018 bis Ende 2022 war er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am DIK in der Abteilung Werkstoffentwicklung tätig. Er promovierte am 8. Januar 2025 an der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover mit der von Prof. Dr. U. Giese betreuten Arbeit: *Atmosphärendruckplasma-modifizierung von Feststoffen für den Einsatz in Elastomeren*.

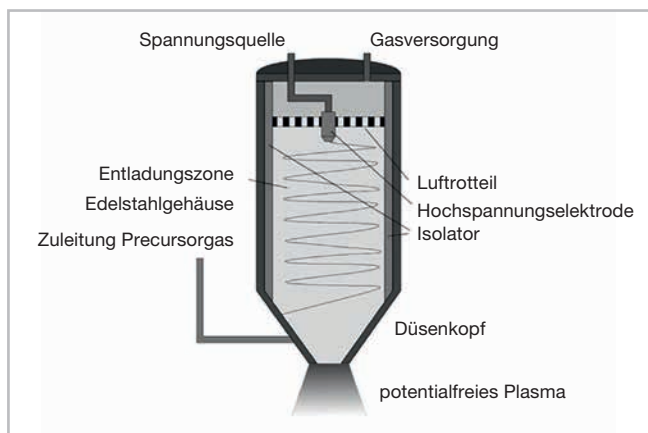
Atmosphärendruckplasmamodifizierung von Feststoffen für den Einsatz in Elastomeren

Das Eigenschaftsprofil von Elastomeren wird durch die Zugabe von verschiedenen Inhaltsstoffen festgelegt. Eine Klasse dieser Inhaltsstoffe, welche entscheidend für die spätere Anwendung des Materials ist, sind Füllstoffe. Dabei handelt es sich nicht selten um nanoskopische Partikel, deren Eigenschaften maßgeblich durch ihre Oberfläche gesteuert werden. Herkömmlich geschieht dies über nasschemische Reaktionen, welche nicht nur zeitintensiv, sondern auch kostspielig sind. In dieser Arbeit soll mithilfe der Atmosphärendruckplasmatechnik eine schnelle und kostengünstige Variante zur Modifizierung der Oberfläche von Feststoffpartikeln etabliert werden. Die Herausforderung bestand darin, zunächst einen Reaktor zu konzipieren, mit dem es möglich ist, die Partikel semi-kontinuierlich in der Plasmaanlage zu behandeln. Die Plasmabehandlung enthielt neben einer reinen Plasmaaktivierung auch die Plasmapolymerisation mit den Monomeren Limonen sowie Hexamethyldisiloxan. Es wurden mit Reifenraumehl, Ruß und Silica drei unterschiedliche Füllstoffsysteme modifiziert und untersucht. Die Charakterisierung der Füllstoffe als solche wurde mit optischen

bzw. spektroskopischen Methoden wie REM, TEM und FT-IR durchgeführt, aber auch mit Kontaktwinkelmessungen, um einen Aufschluss über die Oberflächenenergie der behandelten Partikel zu erhalten. Diese Methoden zeigten bei den behandelten Füllstoffen eine starke Zunahme der Oberflächenenergie und die Ausbildung einer Schale an der Oberfläche der Partikel. Diese Ergebnisse zeigen, dass eine erfolgreiche semikontinuierliche Plasmamodifizierung von Füllstoffen möglich ist. Die modifizierten Füllstoffe wurden in Polymermatrices eingearbeitet, wobei immer eine Referenz mit unbehandeltem Füllstoff vorhanden war. Es wurden mit NR, BR, NBR, SBR und EPDM eine Reihe an unterschiedlichen Kautschuken verwendet, um den Anforderungen der unterschiedlichen Füllstoffsysteme gerecht zu werden. Die Kompositmaterialien wurden ebenfalls mit zahlreichen Methoden auf ihre physikalischen Eigenschaften untersucht. Die Verwendung von plasmabehandelten Füllstoffen konnte die Füllstoff-Füllstoff-Wechselwirkungen minimieren, was in einer deutlichen Reduktion des Payne-Effekts resultiert. Gleichzeitig konnte bei einigen Systemen der Verstärkungsfaktor erhöht werden. Ebenfalls zeigte sich ein synergistischer Effekt bei der Verwendung von herkömmlichen Silanen wie OCTEO und TESPT. Um den Effekt der Plasmabehandlung zu quantifizieren wurden HS-GC-MS Messungen durchgeführt, welche zeigten, dass der Einfluss, insbesondere der Plasmaaktivierung, auf die Silanisierung immens sein kann.



Schwingungsrheologische Messung (RPA) des Speichermoduls als Funktion der Deformation für mit Plasma unterschiedlich behandelte Ruße (N550) in NBR-Mischungen



Schematischer Aufbau einer Atmosphärendruckplasma-Anlage



Dissertation: Steven Roß studierte Chemietechnik und Nachhaltige Verfahrensentwicklung an der Hochschule Emden/Leer. Von 2017 bis Ende 2022 war er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am DIK in der Abteilung Elastomerphysik tätig. Er promovierte am 28. März 2024 an der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover mit der von Prof. Dr. U. Giese und Prof. Dr. J. Caro betreuten Arbeit: *Verarbeitungsnahe Rheologieparameter von mit Schwefel und Peroxid vernetzten Kautschuken für die Simulation von Formfüllprozessen.*

Verarbeitungsnahe Rheologieparameter von mit Schwefel und Peroxid vernetzten Kautschuken für die Simulation von Formfüllprozessen

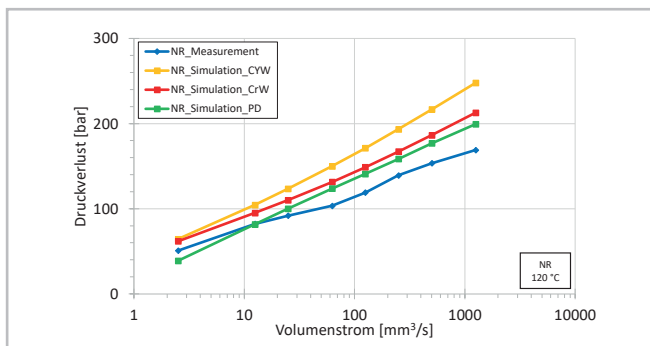
Die Arbeit befasst sich mit der Ermittlung von zuverlässigen rheologischen und chemischen Materialparametern zur Optimierung der Abbildbarkeit von einzelnen Prozessen in der Formfüllsimulation. Dazu wurde das Vulkanisationsverhalten und physikalische Effekte mit einem Hochdruckkapillarviskosimeter (HKV), einem Rubber Process Analyzer (RPA) und mit einem Rheometer auf ihre Signifikanz geprüft. Besonders bei der Druckabhängigkeit der Viskosität (physikalisch), aber auch beim kontinuierlichen Drehmomentanstieg der Rheometerkurven wurden Optimierungsmöglichkeiten festgestellt, sodass diese Effekte detaillierter untersucht wurden.

Bei dem Auftreten des kontinuierlichen Drehmomentanstieges wurden die ermittelten Rheometerkurven korrigiert und anschließend mehrere mechanische Prüfungen, beispielsweise Zugversuche, für Probekörper mit unterschiedlich langen Vulkanisationszeiten durchgeführt. Die mit der korrigierten Vulkanisationszeit vulkanisierten Probekörper zeigten gleichbleibende bis verbesserte Eigenschaften im Vergleich zu den länger vulkanisierten Proben. Demnach wird ersicht-

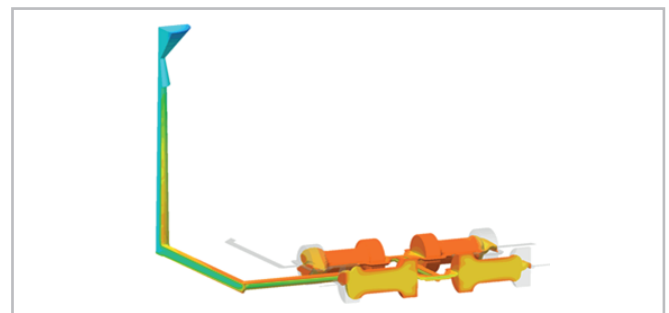
lich, dass die Optimierung der Vulkanisationszeit zu einer Optimierung der Materialeigenschaften, oder mindestens zu einer Verkürzung der Durchlaufzeit der Probekörper im Spritzgusswerkzeug führt.

Bei dem zweiten signifikanten Effekt hinsichtlich der Bestimmung von optimierten Materialparametern, der Druckabhängigkeit der Viskosität, wurden zunächst weiterführende Untersuchungen am HKV mit einer Standardkapillare und einer Gegendruckeinheit durchgeführt. Bei diesen Untersuchungen konnte eine vorhandene Druckabhängigkeit der Viskosität bestätigt werden. Aus diesem Grund wurde im Zuge dieser Arbeit eine 'Excel'-basierte Implementierungsmöglichkeit dieses Effektes in die Formfüllsimulation „SIGMASOFT® Virtual Molding“ entwickelt. Anschließend wurden Simulationen zur Schlitzkapillare des HKVs mit und ohne Berücksichtigung der Druckabhängigkeit durchgeführt und diese mit den dazugehörigen Messergebnissen verglichen. Dabei ergab sich für die beiden Kautschukmischungen EPDM und NR jeweils eine Optimierung der Vergleichbarkeit von Messung und Simulation durch die Implementierung der Druckabhängigkeit. Um diese Ergebnisse auf ihre Relevanz zu überprüfen, wurden zum Schluss Messungen an einer Spritzgussmaschine und Simulationen an einem Modellnachbau durchgeführt. Auch hierbei kam es zu einer verbesserten Vergleichbarkeit der Messergebnisse mit den druckabhängigen Simulationen.

Generell konnte mit den durchgeführten Untersuchungen zu beiden Effekten eine Optimierung der Materialeigenschaften, der Durchlaufzeit und der Simulationsqualität erreicht werden.



Vergleich der Ergebnisse des Druckverlustes über den Volumenstrom der druckabhängigen Simulation mit den druckunabhängigen Simulationen und den Messdaten für das Material NR bei 120 °C



Darstellung der Ergebnisse einer Formfüllsimulation in SIGMASOFT® Virtual Molding



Dissertation: Kevin Krause studierte Material- und Nanochemie an der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover. Von März 2014 bis Juni 2018 war er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am DIK in der Abteilung Elastomerchemie tätig. Er promovierte am 26.04.2024 an der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover mit der von Prof. Dr. U. Giese betreuten Arbeit: *Effektive Vernetzung von Hochleistungskauschuken mit optimierten physikalischen Eigenschaften*.

Effektive Vernetzung von Hochleistungskauschuken mit optimierten physikalischen Eigenschaften

Das Ziel der Arbeit ist es, einen systematischen Beitrag zum Verständnis des Vernetzungsmechanismus von Spezialkauschuken wie FKM und EP(D)M mit Peroxid-/Coaktivator-Systemen unter qualitativen und quantitativen Aspekten zu leisten. Die stabile Vernetzung solcher Kautschuktypen wird mit Hilfe von Peroxiden erreicht. Um die nachteiligen Eigenschaften der Vulkanisate wie geringe Vernetzungseffizienz, geringe Elastizität und hohe Emissionen zu optimieren, werden verschiedene Kombinationen von Peroxiden mit Coaktivatoren eingesetzt. Zum Einsatz kommen geeignete Coaktivatoren wie Triallylisocyanurat (TAIC), Triallylcyanurat (TAC), Trimethylpropantrimethacrylat (TMPTMA) und HT 600. Teilziele sind die Entwicklung umfassender Kenntnisse über den Reaktionsmechanismus, die Kinetik, die Löslichkeiten in der Polymermatrix und die Vernetzungseffizienz von Coaktivatoren in Kombination mit Peroxiden verschiedener Funktionalitäten wie Dicumylperoxid (DCP), 2,5-Dimethyl-2,5-di(tert-butylperoxy)hexan (DHBP) und dem trifunktionalen Peroxid Tris(tert-butylperoxy)triazine (TTTP). Dabei spielen die gebildeten Netzwerkstrukturen, die durch den Coaktivator-Typ bestimmt werden, eine entscheidende Rolle. Diese haben entsprechenden Einfluss auf die Materialeigenschaften. Ein umfassender Beitrag für die genannten Aspekte fehlt teilweise und muss daher weiterentwickelt werden.

Um den Einfluss des Peroxid- und Coaktivator-Typs zu untersuchen, wurden verschiedene Konzentrationsreihen verwendet, in denen entweder die Konzentration gegensätzlich erhöht (vgl. Abb. 1) oder die Konzentration einer Vernetzungskomponente (Peroxid oder Coaktivator) variiert wurde, während die andere konstant gehalten wurde. Zum Vergleich wurden auch Vulkanisate mit reinen Peroxiden hergestellt. Die Bestimmung der Vernetzungsdichten der entsprechenden Materialien erfolgte mittels Rheometer, Gleichgewichtsquellung und NMR-Relaxationszeitmessung.

Im Rahmen dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass durch den Einsatz von Coaktivatoren mit reduziertem Peroxid-

xidgehalt gleiche oder höhere Vernetzungsdichten bei konstanter Reißdehnung und mit erhöhter Zugfestigkeit sowie Spannung bei entsprechender Dehnung erreicht werden können (vgl. Abb. 2). Diese Eigenschaften hängen folglich von der Wahl des Coaktivator-Typs und dessen Konzentration ab. Zur Bestimmung der physikalischen Werte wurden Methoden wie Zugversuche, DMA- und Shore A-Messungen verwendet. Durch die Reduzierung des Peroxidgehaltes werden die Alterungsstabilitäten – untersucht durch thermisch-oxidative Alterungsexperimente und Chemilumineszenz-Messungen – und die Materialeigenschaften verbessert. Im Vergleich zu den anderen Coaktivatoren weisen Vulkanisate mit TAIC die höchsten thermisch-oxidativen Stabilitäten auf. Darüber hinaus nimmt der Coaktivator-Typ Einfluss auf die Verarbeitungsparameter wie Scorch- und t90-Zeiten (vgl. Abb. 3). Je niedriger der Peroxidgehalt ist, desto länger ist die Anvulkanisationszeit und je höher der Gehalt an Typ-I-Coaktivator ist, desto kürzer ist die Anvulkanisationszeit. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass über die Temperatur und dem Peroxid-Typ und die damit einhergehende Wahl der optimalen Vernetzungstemperatur die t90-Zeit gesteuert werden kann.

Der Einfluss der Löslichkeit der Coaktivatoren in der Polymermatrix, der mittels Quellungsversuche bestimmt werden konnte, ist ebenfalls ein entscheidender Faktor für die Bildung von entsprechenden Netzwerkstrukturen und muss an die jeweilige Anwendung angepasst werden. Diese hängt sowohl von der Polarität der Polymermatrix selbst als auch von der Polarität der Coaktivatoren ab. Aufgrund geringer Löslichkeiten können sich in der Polymermatrix Coaktivator-Domänen ausbilden, in denen es zu intermolekularen Reaktionen zwischen Coaktivator-Molekülen kommt. Diese polymerisieren zu einer längeren Kette und erweitern folglich die Netzwerkbögen zwischen den Polymerketten, was sich wiederum auf die Eigenschaften des Elastomers wie Bruchdehnung positiv auswirkt. Dieses Verhalten wurde bei Systemen mit TMPTMA in FKM und EPDM beobachtet.

Auch wurde der Einfluss von geträgerten Coaktivatoren auf die Materialeigenschaften untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass durch den Einsatz von geträgertem Material eine bessere Verteilung erreicht werden kann, die sich in einer höheren Vernetzungsdichte äußert. Erwartungsgemäß konnte die verstärkende Wirkung der Kieselsäure der geträgerten Coaktivatoren durch höhere Polymer-Füllstoff-Wechselwirkungen aufgezeigt werden.

Anhand der EP(D)M-Systeme konnten weitere Einflüsse wie die Radikalspezies, die Änderung der Termonomer-Komponente und der Propylen-Gehalt auf die Peroxid-/Coaktivator-Vernetzung nachgewiesen werden.

Die erhaltenen Ergebnisse aus der Model-Compound Vulcanization (MCV) mit 4-Methylheptan als Modell für die reaktive Polymereinheit des EP(D)Ms bestätigen die erhaltenen Ergebnisse. Mittels der DSC-, der GC-MS- und LC-MS-Analysen konnten Additionsprodukte der Coaktivatoren an die Modellschubstanz nachgewiesen werden. Mit Hilfe der spezifischen Massenfragmentierung der gebildeten Intermediate in der Massenspektrometrie lassen sich so Aussagen über

Aufbau und Strukturen der Coaktivator-Netzwerke gewinnen. Es konnte die Anbindung an bevorzugte C-Positionen des 4-Methylheptans aufgezeigt werden. Auch das die mögliche Addition an die entsprechende Kohlenstoffposition über die Bindungsenergien der Protonen sowie vom sterischen Aufbau des Coaktivators bestimmt wird. Je nach Coaktivator-Typ finden bevorzugt Additions- bzw. Wasserstoffabstraktionsreaktionen statt. Diese haben wiederum Einfluss auf die Ausbildung der Coaktivator-Domänen, die im Elastomer als Vernetzungsbrücken dienen. Die Domänengröße sowie Netzknotenstruktur ist dabei abhängig vom Coaktivator, dessen Polymerisations- und Löslichkeitsverhalten.

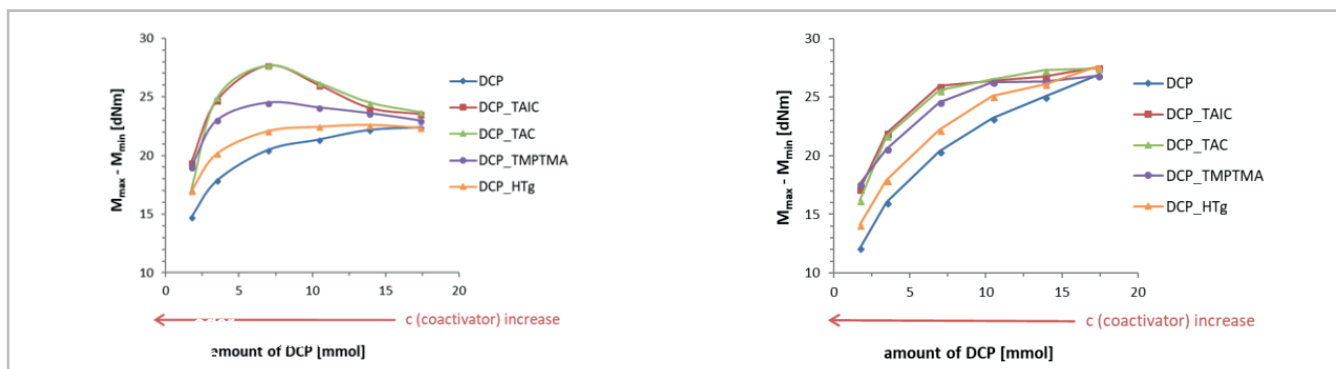


Abb. 1: Vergleich der Ergebnisse der Rheometermessung für die gegensätzliche Konzentrationsreihe des VNB- und ENB-Systems in Abhängigkeit von der DCP-Konzentration

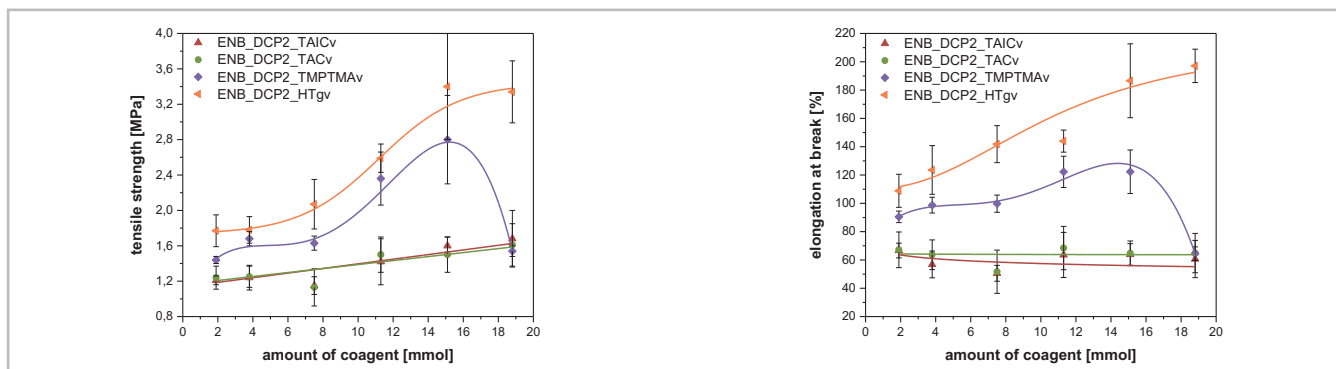


Abb. 2: Ergebnisse des Zugversuches für das ENB-EPDM-System 1 in Abhängigkeit von der Coaktivator-Konzentration

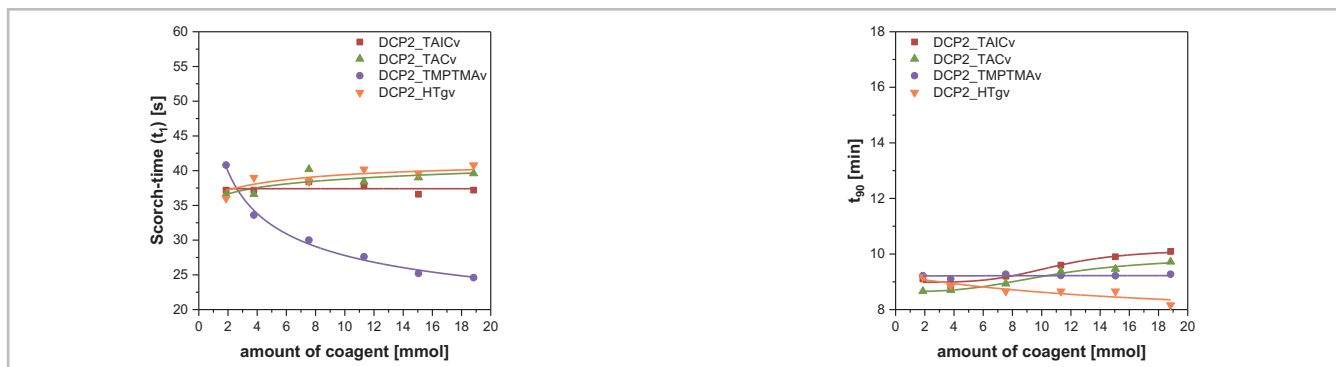


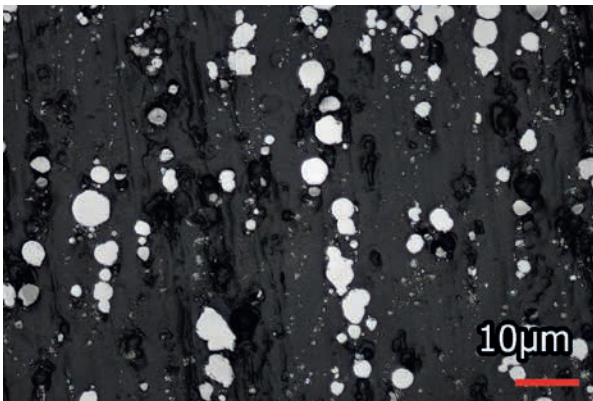
Abb. 3: Darstellung der aus den Rheometerkurven ermittelten Scorch- und t90-Zeiten des ENB-EPDM-Systems 1 in Abhängigkeit von der Stoffmenge der Coaktivatoren



Dissertation: Dino Simic studierte Mikrotechnologie und Nanostrukturen an der Universität des Saarlandes in Saarbrücken. Von 2017 bis Ende 2023 war er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am DIK in der Abteilung Materialmodelle und Konzepte tätig. Er promovierte am 11. November 2024 an der Gottfried Wilhelm-Leibniz-Universität Hannover mit der von Prof. Dr. M. Klüppel betreuten Arbeit: *Multifunktionale Elastomere auf Basis magnetischer Füllstoffe: Untersuchungen zu Schalteffekten und „Energy Harvesting“*

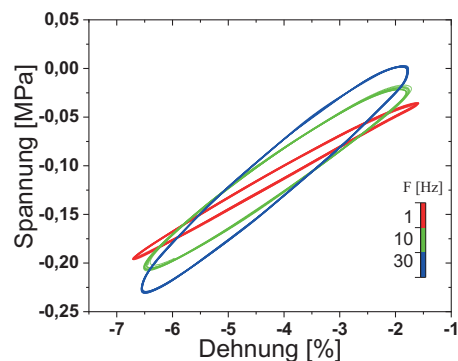
Multifunktionale Elastomere auf Basis magnetischer Füllstoffe: Untersuchungen zu Schalteffekten und „Energy Harvesting“

Magnetorheologische Elastomere (MRE) sind eine in letzter Zeit häufig untersuchte Materialklasse. Gummimatrizen ermöglichen die Verwendung einer Vielzahl von magnetischen Füllstofftypen und damit eine große Anzahl möglicher Anwendungen. Weichmagnetische Füllstofftypen werden eingehend untersucht. Insbesondere werden die am häufigsten



Anisotrope Füllstoffverteilung von Eisenpartikeln in elastomerer Matrix

verwendeten Carbonyleisenpulver (CIP)-Typen miteinander verglichen. Weitere weichmagnetische Füllstoffe abseits von Eisen werden als Füllstoffmaterial mit dem Ziel untersucht, den magnetorheologischen (MR) Effekt zu erhöhen. Die Schaltbarkeit von hartmagnetisch gefüllten Elastomeren wird ebenfalls untersucht und es wird gezeigt, dass diese qualitativ unterschiedliche Eigenschaften aufweisen, wie z.B. die Fähigkeit zum bidirektionalen Schalten mit möglicher Erweichung der Matrix. Die Dynamik von weich- und hartmagnetischen Partikeln in der Polymerschmelze während der Vulkanisation wird untersucht und zeigt im Vergleich ein qualitativ unterschiedliches Flokkulationsverhalten. Die Energieharvesting-Fähigkeit von MRE wird untersucht und erweist sich für eine Vielzahl von Materialien und Füllstofftypen als realisierbar. Die Möglichkeit einer kombinierten Anwendung von Energiegewinnung und MR-Effekt wird diskutiert. Es wird gezeigt, dass die Integration von textilen Strukturen in MRE und ihr Einfluss auf den MR-Effekt gering sind, was die Integration weiterer intelligenter Materialsysteme wie Formgedächtnislegierungen ermöglicht.



Belastungskurve von MRE unter Kompression mit enthaltenem frequenzabhängigen Induktionsbeitrag



Dissertation: Lion Sundermann studierte Chemie an der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover. Von 2019 bis Februar 2024 war er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am DIK in der Abteilung Verarbeitungstechnik tätig. Er promovierte am 31. Juni 2024 an der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover mit der von Prof. Dr. U. Giese betreuten Arbeit: *Mischungs- und Prozessoptimierung bei der additiven Fertigung von rußgefüllten kautschukbasierten Elastomerbauteilen.*

Mischungs- und Prozessoptimierung bei der additiven Fertigung von rußgefüllten kautschukbasierten Elastomerbauteilen

Die additive Fertigung, auch bekannt als „3D-Druck“, ist ein weit verbreitetes Fertigungsverfahren, das hauptsächlich Anwendung in der Herstellung von Prototypen, Ersatzteilen oder hoch individualisierten Produkten findet. Es handelt sich dabei um einen schichtweise verlaufenden Prozess zur Herstellung von Metall- und Keramikbauteilen, vor allem aber Polymere, wie z. B. Thermoplaste oder Kunstharze. Nach der Festlegung grundlegender Prozessanforderungen für das so genannte „Additive Manufacturing of Elastomers“ (AME) wurden erstmals Kautschuk-basierte Elastomere im 3D-Druck in Anlehnung an das „Fused Filament Fabrication“ (FFF)-Verfahren hergestellt. Dabei konnten bei Zugversuchen an additiv gefertigten Proben vergleichbare maximale Zugfestigkeiten entlang der Druckrichtung beobachtet werden wie für jene durch Heizpressen hergestellte Bauteile. Bei einer Testrichtung von 90° zur Druckrichtung konnte eine starke Verringerung der Zugfestigkeit von etwa 50 % beobachtet werden, die typischerweise auch in anderen additiven Fertigungsverfahren durch die vorhandene Schichtstruktur zu beobachten

ist. Durch Verwendung von Weichmachern konnte diese Art der Materialanisotropie verringert und dabei die Druckauflösung durch die Verwendung einer kleineren Düse erhöht werden. Darüber hinaus, war die Anpassung der Vernetzungskinetik der Mischung die entscheidende Voraussetzung für die Herstellung von Mehrkomponententeilen, da sich die Kautschukmischung im beheizten Extruder befindet, während auf den Druck einer zweiten Materialkomponente gewartet werden muss, ohne dass es zur vorzeitigen Anvulkanisation vor Austritt durch die Düse kommt. Das typische Fließverhalten des unvulkanisierten Kautschuks war aufgrund des hohen Rußgehalts und der hohen Viskosität, der in den Mischungen verwendeten Rohpolymere, von unerwartet geringer Bedeutung für die Geometriestabilität der unvulkanisierten Bauteile, insbesondere bei flachen und einfachen Geometrien. Darüber hinaus könnte das Drucken einer umgebenden wasserlöslichen Hüllenstruktur eine Lösung für die Herstellung komplexer Geometrien sein, das jedoch aufgrund der elastischen Relaxation des Kautschuks nach dem Druck zu einer erheblichen Verformung der Bauteile führte. Durch Variation der Rohpolymere konnte das Ausmaß der Relaxation quantifiziert und verringert werden.

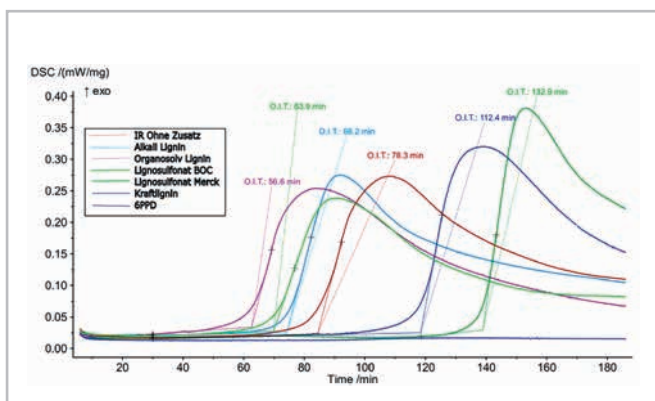


Masterarbeit: Christopher Wittmund studierte Chemie an der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover. Von 2023 bis Ende 2024 war er als Praktikant am DIK in der Abteilung Elastomerchemie tätig. Er absolvierte am 18. März 2025 seinen Master an der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover mit der von Prof. Dr. U. Giese betreuten Masterarbeit: *Charakterisierung und chemische Modifikation von Lignin als Antioxidant in Kautschukmatrices*.

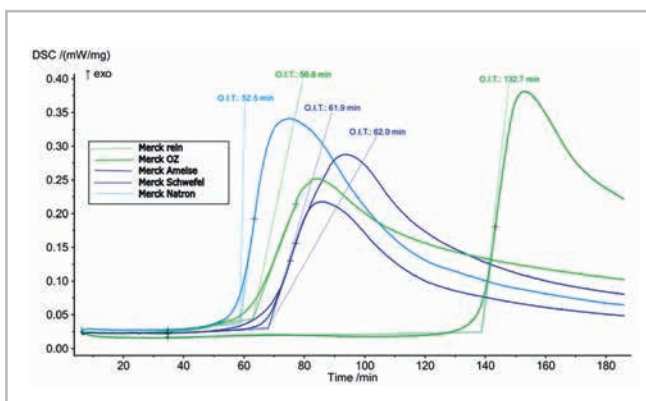
Charakterisierung und chemische Modifikation von Lignin als Antioxidant in Kautschukmatrices

Antioxidanten sind einige der wichtigsten Bestandteile von Kautschukmaterialien, da sie für die langfristige Anwendung in vielen Anwendungsbereichen unabdingbar sind. Einer der wichtigsten Antioxidanten in der modernen Reifentechnologie ist 6-PPD. Es bestehen jedoch derzeit Bedenken, dass Abbauprodukte des 6-PPD im Reifenabrieb toxikologisch kritisch für Silberlachse sind. Daher beschäftigte sich diese Masterarbeit mit der Charakterisierung und chemischen Modifikation von Lignin als Antioxidant in Kautschukmatrices mit einer möglichen Alternative als Antioxidant. Lignin ist das Stützpolymer des Holzes und fällt derzeit in der Papierproduktion als Abfallprodukt an. Es setzt sich aus verschiedenen Verbrückungen aus drei Monomeren zusammen: Dem Coniferylalkohol, dem Sinapylalkohol und dem Cumarylalkohol. Lignin ist als Bioproduct ein hochheterogenes Polymer, das starke Unterschiede je nach Ursprung und Aufschlussverfahren aufweisen kann. Daher wurden die untersuchten Lignine

im Rahmen dieser Arbeit mittels Infrarotspektroskopie (IR), dynamischer Differenzkalometrie (DSC), Flüssigchromatographie-Massenspektroskopie (LC-MS), Ubbelohde-Viskosimetrie und Gelpermeationschromatographie (GPC) charakterisiert. Des Weiteren wurden thermische Hydrolyseversuche an den Ligninen durchgeführt, um eine Zerkleinerung der Polymeren Werkstoffe in Oligomere oder Monomere zu erreichen, von denen sich auf Grund besserer Diffusion eine bessere antioxidative Wirkung erhofft wurde. Diese Hydrolyseversuche erfolgten in mit Stickstoff gespülten Autoklaven in einem Wasser-Ethanol-Gemisch unter Verwendung verschiedener Säuren oder Laugen als zusätzliche Katalysatoren. Die erzeugten Produkte wurden mit den gleichen Methoden charakterisiert wie die ursprünglichen Lignine. Die Lignine und Versuchsprodukte wurden in Kautschukmischungen verarbeitet und mit Kontrollproben gleicher Herstellungsart, die entweder keine Antioxidantien oder 6-PPD beinhielten, verglichen. Die Kautschuke wurden mittels eines Rheometers, in Zug-Dehnungs-Versuchen, einem Shore A Durometer, mit Gleichgewichtsquellungen und Bestimmungen der Oxidation Induction Times (OIT) mit Hilfe der dynamischen Differenzkalometrie untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigten, dass sich die antioxidativen Eigenschaften der Lignine stark voneinander unterschieden und selbst bei dem ef-



Messungen der OIT des Polyisoprens mit den unbehandelten Ligninen und 6PPD bei 150 °C



Messungen der OIT des Polyisoprens mit dem Lignosulfonat von Merck und dessen Derivaten bei 150 °C

fektivsten Lignin weit hinter denen des 6-PPD zurückblieben. Die Versuchsprodukte zur Zerkleinerung zeigten während der Charakterisierung, dass die Zerkleinerung mäßig erfolgreich war, lieferten jedoch keine Verbesserungen der Eigenschaften, sondern senkten diese. Eventuelle weitere Untersuchungen in der Zukunft könnten sich mit zusätzlichen Charakterisierungsmethoden wie der Kernspinresonanzspektroskopie (NMR) oder Lichtstreuungsverfahren zur Bestimmung der

Molmasse beschäftigen. Für die Untersuchung der antioxidativen Eigenschaften könnte weiterhin zum Beispiel die Chemilumineszenz zur weiteren Untersuchung der OIT-Zeiten in Betracht gezogen werden. Zu den Hydrolyseversuchen können weitere Ansätze verfolgt werden, die unter anderem unter Hochtemperatur- oder Hochdruckzuständen erfolgen oder in einem dauerhaften Stickstoffstrom durchgeführt werden.



Masterarbeit: Niklas Winkel studierte Chemie an der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover. Seit 2023 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am DIK in der Abteilung Elastomerchemie tätig. Er machte seinen Master im Dezember 2023 an der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover mit der von Prof. Dr. U. Giese betreuten Arbeit: *Alternative Antioxidantien in EPDM basierenden Elastomeren*.

Alternative Antioxidantien in EPDM basierenden Elastomeren

Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM) ist ein vielseitig einsetzbarer Kautschuk und findet beispielsweise in Dichtungen oder Schläuchen Verwendung. Durch äußere Einflüsse wie Ozon oder Wärme (thermische Oxidation) kann der Kautschuk irreversibel geschädigt werden. Um dies zu verlangsamen, werden Alterungsschutzmittel (ASM) verwendet. Das N-Phenyl-N'-(1,3-dimethyl-butyl)-p-Phenylendiamin (6PPD) ist auf Grund seiner guten Alterungsschutzwirkung weit verbreitet. 6PPD besitzt toxische Abbau- und Reaktionsprodukte, weshalb es notwendig ist, es durch Alternativen zu ersetzen.

Ziel der Arbeit war es herauszufinden, inwieweit alternative Antioxidantien die mechanischen und chemischen Eigenschaften der EPDM-Proben beeinflussen und wie sie sich auf die thermisch-oxidative Alterung der Materialien auswirken. Hierzu wurden neben den bekannten ASM Irganox 1010 und Irganox 1035 weitere Alterungsschutzmittel biologischen Ursprungs untersucht. Die Vulkanisation der Mischungen erfolgte sowohl mittels Schwefel als auch Peroxid. Die Alterung der Proben erfolgte anschließend in einem Wärmeumluftofen.

Die Untersuchung der mechanischen Eigenschaften erfolgte mittels Zugversuchen, Härte- sowie Quellungsmessungen. Die chemischen Veränderungen wurden mittels DSC- und ATR-FT-IR-Messungen analysiert.

Projektaufruf

Methodenentwicklung für die Bestimmung von PFAS aus Materialproben

1 Motivation

Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) sind eine Gruppe von chemischen Verbindungen, die in vielen industriellen Anwendungen wegen ihrer besonderen Eigenschaften nur schwer zu ersetzen sind. Aufgrund ihrer Persistenz in der Umwelt und des Potentials zur Bioakkumulation stellen PFAS jedoch eine erhebliche Gefahr für die menschliche Gesundheit und die Umwelt dar. Daher ist die Entwicklung validierter und effizienter Analysemethoden zur Bestimmung einer breiten Bande an PFAS in Materialproben von großer Bedeutung, um die kommenden regulatorischen Anforderungen bezüglich der Grenzwerteinhaltung zu erfüllen.

2 Ziel

Das Ziel des Projekts ist die Entwicklung von Analysemethoden zur Bestimmung von PFAS (C6-16) in unterschiedlichen polymeren Materialproben. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Verbesserung der Sensitivität, Selektivität und Effizienz der verwendeten Analysetechniken, um eine Identifikation und Quantifizierung von PFAS mit unterschiedlicher Kettenlänge auch in komplexen polymeren Matrices zu ermöglichen.

3 Lösungsansatz

3.1 Literaturrecherche

- Literaturrecherche zu bereits bestehenden Analysemethoden für die Bestimmung von PFAS in genormten oder gleichzusetzenden/gleichwertigen Verfahren
- Analyse von Herausforderungen bei der Detektion von PFAS in verschiedenen Matrices
- Auswahl geeigneter Analysemethoden

3.2 Entwicklung einer Probenaufarbeitungsmethode

- Erprobung verschiedener Methoden der Probenvorbereitung wie Extraktion, Aufreinigung, Aufkonzentrierung, Derivatisierung, um PFAS (in Abhängigkeit der Kettenlänge) aus polymeren Matrices zu analysieren
- Auswahl geeigneter Probenvorbereitung, Optimierung ausgewählter Methoden und Festlegung von Probenvorbereitungsschritten

3.3 Validierung der Analysemethoden

- Prüfung auf hinreichende Selektivität, notwendige Empfindlichkeit und Robustheit
- Bestimmung der Wiederholbarkeit der Methoden und der Wiederfindungsrate aus hergestellten Referenzmaterialien mit bekanntem PFAS-Gehalt
- Ermittlung methodenspezifischer Leistungsmerkmale wie Nachweis- und Bestimmungsgrenze

3.4 Überprüfung der Eignung der entwickelten Analysemethoden unter Verwendung realer Proben

- Anwendung der entwickelten Methoden auf reale Materialproben, um z.B. Matrixeffekte und potentielle Interferenzen aufzuzeigen
- Bestimmung der Wiederfindungsrate aus aufgestockten realen Materialproben

4 Wirtschaftlicher Nutzen

Gibt es aus der Anwendung heraus keine Möglichkeit ein Material, welches potentiell PFAS-haltig ist, auszutauschen, muss der Gehalt greifenden regulatorischen Grenzwerten entsprechen. Die Entwicklung einer zuverlässigen Methode zur Bestimmung von PFAS aus polymeren Materialien ist von großer Bedeutung, um die Einhaltung von Umweltvorschriften zu gewährleisten.

Kontakt



DIK Prüfgesellschaft mbH

Dr. Tatjana Krups

Eupenerstr. 33
30519 Hannover, Germany
tatjana.krups@dikauschuk.de

Organisation

- Förderung durch Industriepartner (Konsortium)
- Laufzeit 18 Monate
- Kosten: max. 8.000 EUR zzgl. MwSt. pro Teilnehmer und Jahr

Projektvorschlag

Flammschutz für hoch dynamisch belastbare Elastomere

1 Ausgangssituation

Im Bereich der Mobilität werden Elastomere mit hohen physikalischen, insbesondere dynamisch-mechanischen und chemischen Eigenschaftsniveau benötigt. Bauteile wie z.B. Dämpfungselemente, Fördergurte und Fahrzeugteile für den Untertageeinsatz müssen zusätzlich hohen mechanischen Belastungen ohne übermäßiges Kriechen oder Verformen standhalten. Diese Elastomere müssen außerdem aus Sicherheits- und Nachhaltigkeitsgründen häufig flammhemmend sein und umweltfreundliche Zusatzstoffe enthalten. Diese Kombination von Eigenschaften zu erreichen, ist eine Herausforderung aufgrund der begrenzten Auswahl an Kautschuken, die dies potentiell erfüllen können. Hierzu zählen Naturkautschuk (NR), Polyisopren (IR), Polybutadien (BR), Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM), Styrol-Butadien-Kautschuk (SBR) und Polychloropren (CR). Mit Ausnahme von CR sind diese Kautschuke jedoch leicht entflammbar [1], sodass diese durch flammenhemmende Additive entsprechend eingestellt werden müssen.

Es gibt allgemein zwei Möglichkeiten, einem Polymer oder einer Kautschukmischung flammhemmende Eigenschaften zu verleihen:

- 1) Die physikalische Flammhemmung, bei der große Mengen (typischerweise > 55 %) eines Füllstoffs mit einem hohen endothermen Zersetzungspotenzial verwendet werden. Solche endothermen Füllstoffe haben typischerweise große Massenanteile an physikalisch oder chemisch gebundenem Wasser, das dann bei der Verbrennungstemperatur desorbiert, wodurch die Oberfläche des Bauteils im Brandfall wirksam gekühlt wird, wodurch die Bildung von Pyrolysegasen eingedämmt wird und dem Feuer effektiv der Brennstoff entzogen wird. Dieser Ansatz wird oft als halogenfreier Flammschutz (HFFR) bezeichnet.
- 2) Der chemische Flammschutz, bei dem radikalische, typischerweise Phosphor- oder Halogen- (bromierte) Verbindungen hinzugefügt werden. Bei der thermischen Zersetzung erzeugen sie Radikale, die die Verbrennungsreaktion in der Gasphase wirksam unterbrechen und so das Feuer stoppen.

Als reaktive Flammschutzmittel in Elastomeren können anorganische Füllstoffe wie $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{AlO}(\text{OH})$ [2,3], Schichtsilikate (Mg-Silikate), Mg-Carbonat, Antimontrioxid oder Zinkborat sowie organische Additive wie Chloralparaffine, bromierte

organische Substanzen, Phosphorsäure-Arylalkylester und Phosphorsäure-Chloralkylester verwendet werden [2,4].

Organische Additive, die Halogene enthalten, können Flammen wirksam verhindern, indem sie den Mechanismus der Radikalkettenspaltung während der Verbrennung unterbrechen. [2] Die Halogene fangen energiereiche OH- und H-Radikale aus dem Polymer ab, wodurch Zwischenprodukte und Halogenwasserstoff entstehen, die mit den verwendeten anorganischen feuerhemmenden Füllstoffen reagieren und die gewünschte feuerhemmende Wirkung erzielen. Halogenhaltige Additive sind in Verbindung mit Antimontrioxid sehr wirksam. Flammschutzmittel auf der Basis von Phosphorsäureestern erzeugen während des thermischen Abbaus Phosphorsäure, die mit dem Kondensat des pyrolysierten Substrats zu Wasser reagiert und schließlich zur Verkohlungs führt. Dadurch verringert sich die Wahrscheinlichkeit der Bildung von CO oder CO_2 , wodurch die Oxidation des Polymers gestoppt wird. [2] Anorganische Füllstoffe haben einen anderen Mechanismus zur Brandhemmung als organische Flammschutzmittel. Sie bewirken meist eine endotherme Spaltreaktion mit der Bildung von Wasser, CO_2 , SO_2 oder HCl. [1-6] Diese endotherme Abbaureaktion senkt die Temperatur und die Energie des brennenden Materials und begrenzt die Bildung reaktiver Radikale aus dem Substrat, während gleichzeitig eine Schutzschicht auf der Oberfläche entsteht. Intumeszierende Flammschutzmittel, typischerweise auf Graphitbasis, erzeugen einen Schaum, der die brennende Masse an der Oberfläche verdünnt. [7] Bisher verwendete anorganische Flammschutzmittel haben in der Regel keine verstärkende Wirkung auf Elastomere, wie sie für technische Zwecke erforderlich ist. Dies liegt an ihrer geringen spezifischen Oberfläche, den vergleichsweise hohen Partikelgrößen und der hohen Polarität. Eine verstärkende Wirkung in Bezug auf Dehnung und Festigkeit von Elastomeren erfordert, wie für Ruße und modifizierte Kieselsäuren mit hydrophoben Partikeloberflächen bekannt, eher unpolare Partikel im Nanometerbereich. [8] Nur eine ausreichend hohe Partikel-Polymer-Wechselwirkungen bewirkt die Verstärkung. Hierfür ist neben der chemischen Natur des Füllstoffs eine hohe spezifische Oberfläche und hohe Dispersion in der Polymermatrix notwendig. Eine erfolgreiche Verteilung und Dispergierung von Füllstoffen mit teilweise oder vollständiger Zerteilung von Agglomeraten zu kleineren Aggregaten oder Primärpartikeln ist bei starken physikalischen oder chemischen Bindungen zwischen Polymer und Füllstoff in der Regel durch Schmelzmischtechnik möglich. Um polare oder wasserhaltige Füllstoffe effektiv zu dispergieren, ist das Latexmischen eine vielversprechendere energiesparende Alternative. Infolgedessen besteht eine hohe Nachfrage nach anorganischen flammhemmenden Füllstoffen, die hohe Verstärkungseigenschaften besitzen. In einigen Studien wurde die Verwendung von funktionalisiertem $\text{AlO}(\text{OH})$ oder anderen Füllstoffen mit Silanen oder Stearin-

säure untersucht, um die Verstärkungseigenschaften zu verbessern und gleichzeitig die erforderliche flammhemmende Wirkung zu erhalten. [9] Diese Studien haben sich in erster Linie auf PU-Epoxyoder Kunststoffmaterialien konzentriert. [10, 11, 12] Auf dem Markt verfügbare oberflächenmodifizierte $\text{Al}(\text{OH})_3$ -basierende Flammenschutzadditive sind bisher speziell für eher statische Anwendungen wie z.B. für Kabel und für Kunstharze nach Herstellerangaben (z.B. Fa. Nabaltec) geeignet. Halogenierte und insbesondere bromierte Flammenschutzmittel sind bei niedrigeren Arbeitskonzentrationen wirksam, werden jedoch wegen ihrer erheblichen gesundheitlichen Auswirkungen im Brandfall und ihrer Ökotoxizität zunehmend kritisch gesehen. Die in der Entwicklung befindlichen Organophosphor-Flammenschutzmittel sind wesentlich weniger wirksam als die halogenierten Typen, was bedeutet, dass eine wesentlich höhere Dosierung in einer Verbindung oder Formulierung erforderlich ist, um das gleiche Ergebnis zu erzielen. Eine Übersicht zu den verschiedenen Brandschutzadditiven und deren Wirkmechanismen ist in [6] zu finden. Die Verwendung von speziell modifizierten Füllstoffadditiven ist eine vielversprechende zentrale Voraussetzung für die Realisierung von hochgefüllten flammgeschützten „Compounds“ mit hervorragenden dynamischmechanischen Eigenschaften.

Literatur

- [1] F. Röthemeyer; F. Sommer: Kautschuk Technologie, Hanser Verlag, München 2013
- [2] J. Troitzsch, Brandverhalten von Kunststoffen, Hanser Verlag München,
- [3] Y. L. Lee et al., Elastomers and Composites Vol. 51, No. 2, 2016, pp. 93–98,
- [4] M. Galimberti, Rubber World, 8/2019, pp. 32–38
- [6] L. Wan et al. „Flame Retardation of Natural Rubber: Strategy and Recent Progress, Polymers 2020, Febr 12, 12(2) 429
- [5] G. Zhang et al., J. of Physics and Chemistry of Solids, Vol. 115, 4/2018, 137–147
- [7] Z. Ding, The combination of expandable graphite, organic montmorillonite, and magnesium hydrate as fire-retardant additives for ethylene-propylene-diene monomer/chloroprene rubber foams, Applied Polymer Volume 134, Issue 23, 15 June 2017, Doi 10.1002/APP 44929
- [8] L. Leblanc, Rubber-filler interactions and rheological properties in filled compounds Prog. Polym. Sci. 27 (2002) 627
- [9] K. T. Han et al., J. Phys., 2022, Conf. Ser. 2175 012043,
- [10] Eglmann, Proceedings, 61st IWCS Conference, 2012
- [11] Alireza Aminifazl, Darshan Jayasinghe Karunarathne and Teresa D. Golden, Synthesis of Silane Functionalized LDH-Modified Nanopowders to Improve Compatibility and Enhance Corrosion Protection for Epoxy Coatings, Molecules 2024, 29, 819
- [12] Khubab Shaker, MuhammadAdnan, Yasir Nawab Amna Siddique, AhsanAhmad, Mechanical Performance of Glass/Epoxy Composites Loaded with Silane-Treated Aluminum Hydroxide Filler, Polymers 2023, 15, 3514

2 Zielsetzung

Trotz intensiver Forschung gibt es kaum eine technische Lösung für flammhemmende, hochdynamisch belastbare Elastomere, die z. B. der europäischen Norm DIN EN 45545-2 entsprechen. Daher ist es das Ziel des Vorhabens, hochdynamische und belastbare flammhemmende Elastomere (FRC) für z. B. Dämpfungselemente mit Anwendung im Bereich der Mobilität oder auch für hoch dynamisch belastete Fördergurtsysteme (Untertageeinsatz) etc. zu entwickeln. Dies ist nur durch ausreichend hohe Wechselwirkungen zwischen Polymer und eingesetzten flammhemmenden anorganischen Füllstoffen auf Basis $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{AlO}(\text{OH})$, Schichtsilikat möglich, was insbesondere durch chemische Modifikation (Hydrophobierung der Oberfläche, chemische Ankopplung) erreicht werden soll. Gleichzeitig ist eine optimale Dispersion der Brandschutzadditive notwendig, welche in der Regel in relativ hohen Anteilen von bis zu 60 phr eingesetzt werden. Daher kommt neben der Modifizierung dem Mischverfahren eine hohe Bedeutung zu. Neben dem klassischen Schmelzmischverfahren entsprechend der Problemstellung optimiert werden, welches z. B. die Exfolierung von Schichtsilikaten durch Quellung in Wasser und eine energieeffiziente Inkorporation der füllstoffartigen polaren Additive ermöglicht. Da die genannten Brandschutzadditive ihre Wirkung durch die Freisetzung von Wasser aus den Hydroxiden entwickeln, ist es hinsichtlich der chemischen Oberflächenmodifikation wichtig eine Balance zwischen der chemischen Funktionalisierung und einer ausreichenden Konzentration an verbleibenden freien OH-Gruppen zu erzielen.

Das vorgeschlagene Projekt zielt damit insgesamt darauf ab, durch die Kombination von chemischem, physikalischem und verfahrenstechnischem Know-How eine wesentliche Technologielücke für flammhemmende Elastomere, die den neuesten Normen und Standards wie z.B. DIN EN 45545-2 hinsichtlich Brandschutz entsprechen und dennoch die allgemein geforderten dynamisch-mechanischen Eigenschaften erfüllen, zu schließen. Letzteres ist aktuell nur mit nicht flammgeschützten „Compounds“ (NFRC) möglich, sodass in älteren Normen die Anforderung des Brandschutzes (wie z. B. DIN 5510) für entsprechende Bauteile ausgenommen wurden.

Die erfolgreiche Durchführung des Projekts führt wirtschaftlich zu einem Wettbewerbsvorteil der deutschen Kautschukbranche, insbesondere der KMU als Zulieferindustrie und erschließt einen hohen Sicherheitsstandard bei hohen technischen Anforderungen an Bauteile, vornehmlich im Bereich der Mobilität.

3 Lösungsweg

In der kautschuk- und polymerverarbeitenden Industrie werden für flammhemmende Elastomere heute aus ökologischen Gründen in der Regel anorganische halogenfreie (endotherme)

Projektvorschlag

Flammschutzadditive wie z.B. $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{AlO}(\text{OH})$ Schichtsilikate (Mg-Silikate) oder Mg-Carbonat verwendet, deren Wirkung überwiegend auf der Abspaltung von Wasser basieren (vgl. Prinzip 1) in Kap. 1). Für eine ausreichende Effizienz ist eine relativ hohe Dosierung notwendig, welche bei fehlenden verstärkenden Eigenschaften für das physikalische Eigenschaftsbild nachteilig sind. Um diesen Widerspruch zu überwinden, wird folgender Lösungsweg verfolgt:

- Auswahl repräsentativer Kautschuktypen: Naturkautschuk (NR), epoxidierter Naturkautschuk (ENR) mit niedrigem epox.-Grad, Styrol-Butadien Kautschuk (SBR). Der ENR mit niedrigem Tg wird im Latex gem. bestehender Vorarbeiten im DIK hergestellt.
- Auswahl flammhemmender Additive auf Basis von $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{AlO}(\text{OH})$, Schichtsilikat (z.B. Montmorillonit)
- Herstellung von Referenz-Elastomeren gemäß a) und b) im Schmelzmisch- und Latexmischverfahren zum Vergleich der erreichbaren Dispersionen
- Charakterisierung der physikalischen und insbesondere der dynamisch-mechanischen Eigenschaften der Referenz-Elastomere und deren Brandverhalten nach DIN EN 45545
- Chemische Modifizierung der gemäß a) bis c) ermittelten Brandschutzadditive durch Silanisierung mit z.B. Trimethoxy-, Triethoxysilylalkylsilane (Mercapto-(MTMO), Vinyl-(VTMO),- Silan, TESPT) und durch Aminosilane (z.B. APTES) extern und „in situ“ im Mischprozess (Auswahl von geeigneten Silanen nach Vorversuchen)
- Herstellen von Elastomeren mit ausgewählten modifizierten Brandschutzadditiven nach Schmelzmischverfahren
- Herstellen von Elastomeren und Mastercompounds mit ausgewählten modifizierten Brandschutzadditiven im Latexmischverfahren.
- Physikalische und dynamisch-mechanische Charakterisierung sowie des Brandverhaltens der Compounds gem. f) und g) im Vergleich zu den Referenz-Compounds

Kontakt

Prof. Dr. Ulrich Giese
Eupenerstr. 33
30519 Hannover, Germany
ulrich.giese@dikauskuk.de



Organisation

- Laufzeit: 24 Monate
- Geplant für DLR-Förderung
- Firmen für projektbegleitender Ausschuss gesucht

Relevanz der diffusionslimitierten Oxidation für die Dauerfestigkeit von Elastomeren

1 Ausgangssituation

Die EU-Kommission hat in 2021 die Agenda des „Green Deal“ veröffentlicht, deren Projekte Vorhaben zum Klimaschutz, Energieversorgung, Digitalisierung, Binnenmarkt und Industriepolitik vereinen sollen. Entsprechende Vorhaben zielen dabei z.B. auf den Zugang zu Ressourcen, Wertschöpfungsketten, einer effektiven Kreislaufwirtschaft und einer Reduzierung von Abfall ab. [1] Ein wesentlicher Beitrag kann hier durch eine Erhöhung der Lebensdauer von dynamisch hochbelasteten Bauteilen erzielt werden, die im Bereich Mobilität und Luftfahrt zudem häufig sicherheitsrelevante Teile darstellen. Hierzu zählen Reifen, Fahrwerks- und Motordämpfer im Auto und Schienenfahrzeugen genauso wie dynamische Dichtungen bei Antriebselementen und im Getriebekonstruktion. Ein die Lebensdauer limitierender Faktor sind Alterungsprozesse, die als irreversible Materialveränderungen zu definieren sind.

Während moderate mechanische und thermische Beanspruchungen gefüllter Elastomere keine irreversible Änderung des Materialverhaltens bewirken, lösen thermisch-oxidative Prozesse eine fortschreitende Zerstörung des Werkstoffs aus. Die ablaufenden Prozesse sind mehrstufigen Abbaumechanismen zuzuschreiben. [2] Rekombinationsreaktionen von im Alterungsprozess gebildeten Radikalen führen zu stabilen C-C-Verknüpfungen, mit der Folge höherer Vernetzungsdichten bzw. Steifigkeiten und Versprödungen. Darüber hinaus erhöht sich über die Bildung von sauerstoffhaltigen Seitengruppen (Hydroxyl-, Epoxi-, Carbonyl-, Carboxylgruppen etc.) an der Polymerkette die Glasumwandlungstemperatur, welches eine Verschlechterung der Tieftemperatureigenschaften bedeutet. Konkurrierende Mechanismen sind zum einen die oxidative Kettenspaltung mit dem Effekt der Materialerweichung, und zum anderen die irreversible Schädigung des Schwefelnetzwerks. [2, 3]

Von besonderer Bedeutung ist bei der oxidativen Alterung, dass Sauerstoff allgegenwärtig ist. Die Oxidation wird in hohem Maße durch die Diffusion von Sauerstoff ins Materialinnere bestimmt und begrenzt. Beschrieben wird dieses durch den sogenannten DLO-Effekt („Diffusion Limited Oxidation“), der, abhängig von der Temperatur, zu erhöhten

Vernetzungsdichten im Bereich der Materialoberfläche und damit insgesamt zu einer Inhomogenität von Bauteilen führt. Je stärker die Temperatur angehoben wird, desto stärker ist der DLO-Effekt, weil die Diffusionsgeschwindigkeit weniger stark ansteigt als die Oxidationsgeschwindigkeit. Zum anderen verhindert die oxidativ verursachte Nachvernetzung des Polymeren selbst ein weiteres Eindringen von Sauerstoff. Die radikalische Nachvernetzung der Elastomere läuft vor allem an der Oberfläche beginnend bei moderaten Temperaturen ab, wohingegen die chemische Veränderung des Schwefelnetzwerkes bei höheren Temperaturen an Bedeutung gewinnt. Insgesamt sind makroskopische, im Vergleich betrachtete Effekte, wie Rissbildung an der Oberfläche stärker ausgeprägt als im Inneren des Materials [4–8].

2 Zielsetzung

In Abhängigkeit von der Polymermatrix, den Füllstoffen und deren Gehalt- bzw. Dispersion, der Temperatur und dem Sauerstoffangebot pro Zeit bildet sich ein unterschiedlicher Gradient in der Steifigkeit und der Reißdehnung des Materials von außen nach innen aus, was sich auf die bruchmechanische Risswachstumsbeständigkeit bei dynamischer Belastung auswirkt. Die labortechnische Vorhersage des Zusammenhangs der Ausprägung des DLO-Effektes und der Risswachstumsbeständigkeit ist aktuell ebenso wenig beschrieben wie eine geeignete Prüfmethodik und Vorhersage des Materialverhaltens bei Trennung des Sauerstoffeinflusses und der mechanischen Belastung.

Literatur

- [1] Dröge, S., „Der europäische Green Deal“ Aus Politik und Zeitgeschichte – ApuZ, (2022)
- [2] J. L. Bolland, *Quartly Rev. Chem. Soc.* 1–21(1949)
- [3] H. Modrow, R. Zimmer, F. Visel, J. Hormes, *Kautsch, Gummi Kunstst* 53 (2000) 328
- [4] K. T. Gillen, R. L. Clough, J. Wise, (1996). In R. L. Clough, N. C. Billingham, K. T. Gillen (Eds.), *Advances in Chemistry Series*, Washington DC: American Chemical Society, 557 ff.
- [5] H. Rothert, M. Kaliske, L. Nasdala in „Entwicklung von Materialmodellen zur Alterung von Elastomerwerkstoffen unter besonderer Berücksichtigung des Sauerstoffeinflusses“ Fördernummer 5232848, DFG Gepris, (2005),99
- [6] K. R. J. Ellwood, J. Baldwin, D. R. Bauer, *Rubber Chem. and Technol.* 79 (2006) 249-266
- [7] K. T. Gillen, R. Bernstein, M. Celina, *Polym. Degrad. Stab.* 87 (2005) 335
- [8] K. T. Gillen, R. Bernstein, D. K. Derzon, *Polym. Degrad. Stab.* 87 (2005) 57

Daher ergeben sich folgende Ziele des Vorhabens.:

- Detailliertes Verständnis der Entwicklung des DLO-Effektes in Abhängigkeit von der Polymermatrix (Variation der Mikrostruktur, SBR, NBR), Füllstoffen, Füllstoffgehalt und Dispersion und Alterungsbedingungen (Zeit, Temperatur, Sauerstoffangebot)
- Entwicklung von Prüfverfahren, welche insbesondere die oxidativen Prozesse von der bruchmechanischen Wachstumsbeständigkeit separieren
- Quantitative Charakterisierung des Zusammenspiels zwischen DLO-Effekt und Risswachstumsbeständigkeit
- Modellierung des Einflusses des DLO-Effektes auf die dynamische Risswachstumsbeständigkeit

3 Lösungsweg

3.1 Materialauswahl

Als Polymermatrices werden SBR- und NBR-Kautschuke unter Variation ihrer Mikrostruktur eingesetzt. Im Fall SBR wird auch praxisnah ein funktionalisierter Typ verwendet. Als Füllstoffe werden Silica und Ruß eingesetzt, deren Dispersion wird durch die Variation der Mischparameter variiert. Alle Systeme werden mit Schwefel vernetzt.

3.2 Alterung und Charakterisierungsmethoden

Die Alterung der Compounds wird sowohl statisch in Umluftwärmeschränken als auch unter dynamischer Belastung im „Tear Analyzer“ mit und ohne Sauerstoffpräsenz durchgeführt. Alterungsparameter sind insbesondere Zeit und Temperatur.

Der Alterungsverlauf und der sich einstellende DLO-Effekt werden analytisch z. B. durch folgende Methoden quantifiziert: MikroIndentor, ATR-FT-IR, OIT-Wertbestimmungen (DSC, CL) NMR-Relaxationszeitmessungen, Quellung, Zug-Dehnungsmessungen und dynamisch-mechanisch thermische Analyse (DMTA).

3.3 Bruchmechanische- Charakterisierung und Dauerfestigkeitsprüfungen

Dauerfestigkeitsprüfungen werden in definiertem Umgebungsmedium O₂-Konzentration, Temperatur durchgeführt. Die Charakterisierung der dynamischen Ermüdung erfolgt z. B. gemäß Wöhlerkurven, wohingegen die Risswachstumsbeständigkeit nach Paris-Erdogan beschrieben wird.

3.4 Modellierung

- Modellierung der alterungsbedingten viskoelastischen Eigenschaften und Ableitung einer Beschreibung des resultierenden bruchmechanischen Verhaltens
- Multi-Physik-Simulation zu Sauerstoffdiffusion und lokaler Alterung zum Verständnis des Dauerfestigkeitsverhaltens
- Verifizierung durch Langzeitversuche an Hantelprüfkörpern unter variablen Bedingungen
- Ermittlung der Korrelation von Vorhersagen aufgrund des erarbeiteten Modells mit experimentellen Befunden aus Langzeitversuchen

Kontakt

**Deutsches Institut für
Kautschuktechnologie e. V.**

Eupenerstr. 33
30519 Hannover, Germany



Prof. Dr. Ulrich Giese
ulrich.giese@dikautschuk.de

Dr. Jens Meier
jens.meier@dikautschuk.de

Projektvorschlag

Alternativen für p-Phenylendiaminderivate auf Basis von Lignin-Reaktionsprodukten

1 Motivation

Elastomere Werkstoffe sind für zahlreiche Anwendungen im Bereich Mobilität und für Gebrauchsgegenstände im täglichen Leben unverzichtbar. Dies gilt insbesondere für dynamisch beanspruchte, temperatur- und medienbeständige Bauteile sowie Dichtungssysteme. Ihre Lebensdauer wird durch externe Faktoren, wie Sauerstoff- und Temperatureinfluss (thermisch-oxidative Alterung) sowie einwirkende Lastkollektive, maßgeblich beeinflusst. Diese Einflüsse führen zu funktions-

limitierenden Materialveränderungen, die irreversibel sind und im schlimmsten Fall zu einem Ausfall des Bauteils führen.

Aufgrund ihrer Mikrostruktur stellt der Einfluss der thermisch-oxidativen Alterung insbesondere für Dienkautschuke, wie NR, BR, SBR und NBR, ein großes Problem dar. Durch die Zugabe von Alterungsschutzmitteln kann der radikalische Angriff von Sauerstoff am Polymerrückgrat verhindert und somit auch die Lebensdauer des Bauteils maßgeblich verlängert werden. Mechanistisch spielen hier Radikalstabilitäten, Reaktionskinetiken und die Diffusionsfähigkeit der eingesetzten Antioxidantien eine entscheidende Rolle. In mehrschichtigen Elastomerbauteilen wie z. B. Reifen, Schläuche oder Membranen und bei Blendsystemen kommen Löslichkeitsgleichgewichte und Diffusionseigenschaften als wichtige Parameter hinzu.

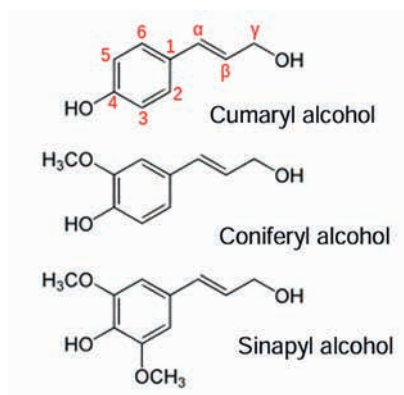
In den letzten Jahrzehnten haben sich bei schwarzen Elastomeren, bei denen es nicht auf Verfärbungen ankommt, p-Phenylendiaminderivate als hoch effektiv bewährt. Insbesondere das N-Phenyl-N'-(1,3-dimethyl-butyl)-p-Phenylendiamin (6PPD) ist hier aufgrund seiner hervorragenden kombinatorischen Schutzwirkung gegen Sauerstoff und Ozon hervorzuheben. Aktuell steht 6PPD jedoch wie auch einige bekannte Reaktionsprodukte aufgrund ökotoxikologischer Bedenklichkeit in der Diskussion (REACH). Eine ähnliche Situation ist für Antioxidantien aus der Gruppe der im Allgemeinen nichtverfärbenden phenolischen Antioxidantien langfristig ebenfalls zu erwarten.

Daher besteht die Notwendigkeit, alternative Antioxidantien einzusetzen und ihre Wirkungsweise, ihre Intermediate und die Effizienz (Wirkung pro Konzentrationseinheit) sowie Reaktionsprodukte aus technischen, wirtschaftlichen und ökotoxikologischen Aspekten zu kennen und zu bewerten.

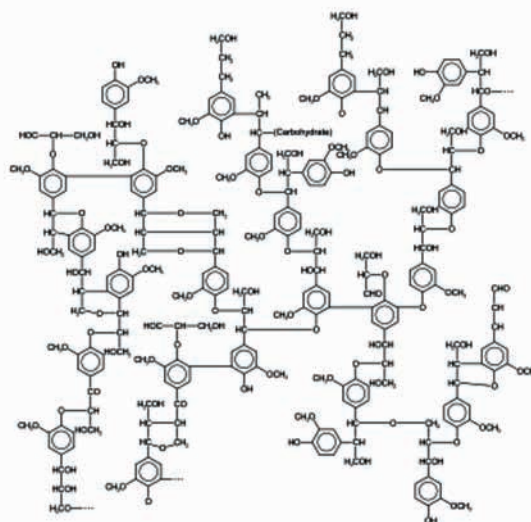
2 Stand der Forschung – Alterungsschutzmittel auf Basis von Lignin

Lignin ist ein wesentlicher Bestandteil in pflanzlichem Gewebe und nach Cellulose die häufigste organische Verbindung der Erde. Es fällt in der Papier- und Zellstoffherstellung als Nebenprodukt an und ist damit nicht nur ein natürlicher, nachwachsender und gesundheitlich unbedenklicher Rohstoff, sondern zudem eine kostengünstige und weit verfügbare Ressource. Chemisch ist Lignin ein Polymer auf Basis der Monomere Cumarylalkohol, Coniferylalkohol und Sinapylalkohol, welche ein 3-dimensionales polymeres Netzwerk mit einem hohen Anteil an phenolischen Strukturen und hoher Molmasse bilden (siehe Abbildung).

Je nach Vorbehandlung und Herstellungsverfahren liegt Lignin partikelförmig, kompakt oder in alkalischer Lösung vor, aus der es gefällt werden kann. Bisherige Forschungsarbeiten zeigen, dass in Elastomere eingebrachtes Lignin nicht nur



a) Monomere des Lignins



b) Polymere Struktur von Lignin

Struktur und Monomere (a) von Lignin (b)

den Werkstoff verstärken sondern auch zum Alterungsschutz und Flammenschutz beitragen kann. Für die Alterungsschutzmittelwirksamkeit sind die Strukturen der Monomere, insbesondere der Sinapylalkohol interessant. Aber auch oligomere Strukturen und das Lignin-Polymer selbst bieten phenolische Strukturen, die als Alterungsschutzmittel funktionieren können. Die Monomere oder auch entsprechende Oligomere besitzen potentiell eine gewisse Löslichkeit in einer Kautschukmatrix, was für eine Alterungsschutzmittelwirkung von großem Vorteil ist.

3 Ziel des Fortsetzungsprojekts

Das Ziel besteht in der Modifizierung bzw. Degradation von Ligninen zu niedermolekularen bzw. oligomeren Substanzen, die auf Ihre Wirkung und Effizienz in Polydien-basierenden Elastomeren untersucht werden sollen. Im Unterschied zu originären Ligninen handelt es sich um Stoffe, die in einer Kautschukmatrix löslich sind und auch diffundieren können. Diese Eigenschaften sind elementar für eine gute Alterungsschutzmittelwirkung. Ein weitere Ziel besteht in der Charakterisierung und Aufklärung der Reaktionsmechanismen.

4 Lösungsweg und Arbeitsschritte

- Derivatisierung von ausgewählten Lignin-Typen zu niedermolekularen Wirksubstanzen und Grundcharakterisierung
- Mischungsherstellung und Grundcharakterisierung der Systeme (Basis_Polydiene)
- Verbrauch/Effizienz der aus Lignin erzeugten Alterungsschutzmittel in ausgewählten Systemen
- Untersuchung der Reaktionsmechanismen und Reaktionsprodukten von Lignin-Derivaten als Alterungsschutzmittel

Methoden

Synthese/Hydrolysereaktionen, Mischen und Vulkanisation von ausgewählten Compounds, OIT-Wertbestimmungen mit DSC, Alterung in Wärmeschränken, Extraktionen. LC-MS, GC-MS, FT-IR Spektroskopie, physikalische Charakterisierung

Kontakt

Prof. Dr. Ulrich Giese
Eupenerstr. 33
30519 Hannover, Germany
ulrich.giese@dikauschuk.de



Organisation

Das Vorhaben ist als Industriegemeinschaftsprojekt mit einer Laufzeit von 18 Monaten geplant.

Die Kosten betragen nach Arbeits- und Geräteaufwand insgesamt 120.000 EUR zzgl. Mwst, die zu gleichen Teilen auf die Projektpartner verteilt werden.

Project Call

Characterization and Modelling of Thermoplastic Vulcanizates (TPVs) for Sustainable High-Performance Applications

The application of sustainable materials is becoming increasingly important across industries, especially when it comes to reducing environmental impact and enabling energy-efficient manufacturing. In this context, thermoplastic elastomers (TPEs) are gaining attention due to their ability to combine the distinct properties of elastomers and thermoplastics within a single compound.

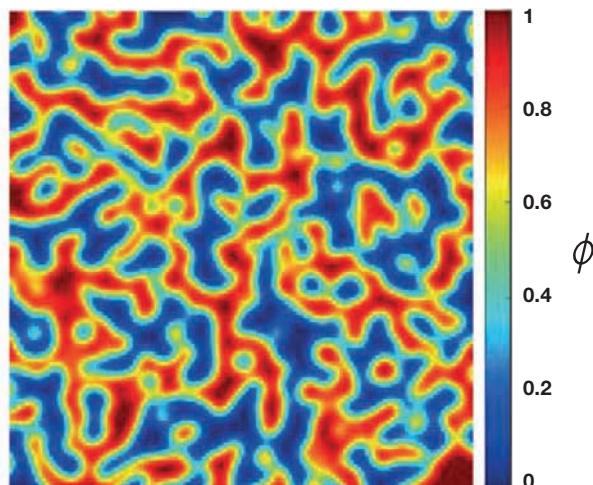
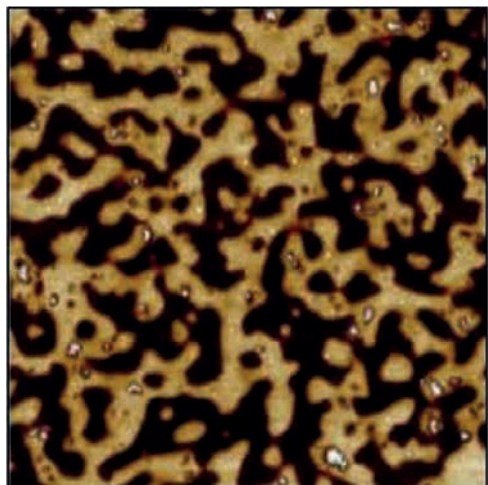
A particularly interesting subgroup of TPEs are thermoplastic vulcanizates (TPVs). In TPVs, the rubber phase is dynamically crosslinked during processing. Initially, the thermoplastic phase is dispersed within a rubber matrix. Upon the beginning curing process, a phase inversion takes place, resulting in the rubber phase being finely dispersed within a continuous thermoplastic matrix.

The final morphology of a TPV is highly dependent on the material composition and the degree of crosslinking. At low crosslinking degrees, rubber micro- or nanoparticles tend to grow and form aggregates. As the crosslinking progresses, these structures evolve into rubber agglomerates-clusters of smaller particles localized within the matrix. After all, the morphology plays a crucial role in defining the material's mechanical behaviour.

Objectives

The proposed research project aims to conduct a comprehensive investigation of thermoplastic vulcanizates (TPVs), with a particular focus on the dynamic-mechanical behaviour which is highly dependent on the existing microstructure. As a first step, we will examine how the morphology of TPVs evolves depending on material composition and the degree of crosslinking, using advanced microscopic and imaging techniques. Based on these observations, digital models, i.e. Representative Volume Elements (RVE) will be created to represent the microstructure of the TPVs. These RVEs will serve as the foundation for Finite-Element simulations of the material's behaviour.

Subsequently, the mechanical behaviour of the TPVs (and its single phases) will be characterized under dynamic, high-frequency cyclic loading conditions, with a special emphasis on capturing time- and frequency-dependent effects. This will be reconstructed within the FE simulations of the TPV using the RVE and previously defined viscoelastic material models for the single phases. The main idea is to detect dependencies of the material response with respect to the amount of phase ratios and the morphologic characteristics. Additionally, by using a diffuse interphase model it should be clarified, if the interphase between the TP and the elastomer phase is essentially affecting the dynamic properties of the TPV. The final stage of the project will involve validating the developed material models through experimental testing and evaluating their transferability to a wide range of TPV compound compositions.



Seven work packages are defined for this purpose, which are set as follows:

- WP 1: Literature studies
- WP 2: Compounding
- WP 3: Physical characterisation
- WP 4: Morphological characterisation
- WP 5: Modelling and parameterisation
- WP 6: Development and optimisation of the RVE
- WP 7: Validation

Economic benefit

A better understanding of the relationship between the phase morphology and the dynamic behaviour of TPVs by means of theoretical models and experimental analysis contributes to development of more precise predictive methods with direct reduction of development time of new materials and costs. In addition, it allows a tailored design of TPV materials for different applications.

Time and project management

The project is designed for three years. Every four months, project meetings will take place between the research centre, the university and the project partners, which will report on the project interim situation. The research partners will also provide a conference call for these project meetings. The meetings are intended to coordinate the progress of the project and, if necessary, to adapt the work plan on the basis of existing results.

Project deliverables

Within the scope of the project, it is planned to deliver the following results to the partners:

- Experimental data of all tests
- Overview of main concepts/insights into the scope of application of the methods to be used
- Use of one compound per partner in the scope of the project for limited pool of studies
- An intermediate report (after 1 ½ years) and a final report (after 3 years)

Use of personnel and costs

The project will be carried out by two scientific co-workers (PhD-students) and will be supervised by Prof. Dr.-Ing. Daniel Juhre (Otto von Guericke Universität, Magdeburg) and Dr.-Ing. Andrej Lang (Deutsches Institut für Kautschuktechnologie e.V., Hannover).

The costs per partner and year will be 30,000.- € plus VAT if applicable. A minimum of six partners is required.

Information meeting and contact information

An information event is organized when the required number of participants is reached, in which more details about the project will be given. Participation in the event does not oblige to take part in the project.

Contact Information

Dr.-Ing. Andrej Lang

Eupenerstr. 33
30519 Hannover, Germany
Tel.: +49 (0)511 84201-27
andrej.lang@dikauskchuk.de



Prof. Dr.-Ing. Daniel Juhre

Universitätsplatz 2
39106 Magdeburg
Tel.: +49 (0)391 6752905
daniel.juhre@ovgu.de



Aufruf zur Teilnahme am Projektbegleitenden Ausschuss im Rahmen eines öffentlich geförderten Forschungsprojektes (DLR-IGF)

Korrektur rheologisch bedingter Geometrieabweichungen in der extrusionsbasierten additiven Fertigung von Gummibauteilen (Tailored AME)

1 Ausgangssituation

Im Rahmen der gemeinsamen AiF-IGF- bzw. DLR-IGF-Vorhaben „Elastomer 3D“ (Nr. 20527 N) und „AME 2.0“ (Nr. 01IF23124N) des DIK und ITA wurde die Werkstoffklasse der Elastomere, durch die Entwicklung des AME-Verfahrens (Additive Manufacturing of Elastomers), für die additive Fertigung von hochviskosen, zu vernetzenden Kautschuken erschlossen. Das entwickelte Verfahren ähnelt dem FFF-Verfahren (Fused Filament Fabrication) zur Verarbeitung thermoplastischer Filamente, da analog zu diesem Verfahren ein Filament durch eine Düse gefördert wird, die das zu druckende Material strang- und schichtweise aufträgt. Jedoch erweichen kautschukbasierte Elastomere im Gegensatz zu thermoplastischem Material bei Erwärmung nicht signifikant, sodass konventionelle Druckköpfe nicht eingesetzt werden können. Derzeit kommt ein Miniatur-Doppel-Schneckenextruder zur Förderung der Kautschukmischung zum Einsatz. Hierdurch ist sichergestellt, dass ausreichend Druck aufgebaut werden kann, der zur Förderung des Materials durch eine Rundlochdüse mit einem Durchmesser von 0,4 mm notwendig ist und somit hochaufgelöste Bauteile additiv gefertigt werden können. Ergänzend werden thermoplastische Druckköpfe zur Erzeugung von notwendigen Stützstrukturen, etwa bei Brücken oder Überhängen, oder für eine Hüllstruktur eingesetzt, damit hohe und labile Kautschukbauteilstrukturen mit geringer Wandstärke geometrisch „in Form“ gehalten werden können. Dabei ist es grundsätzlich durch materialspezifische Optimierung der Druckparameter gelungen, hochviskose Kautschukmischungen auf Basis von NR, NBR, HNBR, EPDM und FKM additiv zu verarbeiten. Unter optimierten rezepturspezifischen Betriebsparametern (Schneckendrehzahl, Temperatur, Druckgeschwindigkeit, Druckstrategie, Abstand zwischen Düse und Druckbett) wurden einerseits Prüfkörper, aber auch eine Vielzahl an Industrieteilen gedruckt und anschließend im Autoklav vulkanisiert. Grundsätzlich konnten die gedruckten Prüfkörper hinsichtlich ihrer erzielten Kennwerte bei Zugversuchen, Härteprüfungen sowie bei optischen Verfahren wie CT-Untersuchungen überzeugen. Ebenso bewiesen die industriellen Bauteile auf Industrieprüfständen etwa ihre Druckbeständigkeit, Dichtwirkung oder Torsionssteifigkeit.

Als herausfordernd gilt jedoch weiterhin die Geometrieabweichung von der Sollgeometrie. Hierbei konnten zwei wesentliche Effekte ausgemacht werden. Einerseits kommt es nach dem Düsenaustritt zu einer Strangaufweitung. Diese ist mischungsabhängig und führt dazu, dass während des Druckprozesses der Durchsatz durch das Anpassen der Extruderschneckendrehzahl korrigiert werden muss, damit der Abstand zwischen Düse und zu bedruckender Schicht konstant bleibt. Hierdurch wird sichergestellt, dass der Druckkopf nicht ins Material fährt oder der Abstand zu groß wird und die Stränge nicht mehr zuverlässig mit der vorherigen Schicht verbunden werden. Andererseits kommt es infolge der Vulkanisation zu einem Wärmeverzug, der sich als Schrumpf auswirkt und abhängig von der gewählten Druckstrategie und der Geometrie des Bauteils richtungsabhängig ist. Daher müssen derzeit die Konstruktionsdateien iterativ angepasst werden, damit das fertig vulkanisierte Bauteil den geforderten Sollmaßen entspricht. Dieses Vorgehen ist weder wirtschaftlich noch ökologisch und stellt ein Hemmnis für die industrielle Umsetzung des AME-Verfahrens dar.

2 Zielsetzung

Auf Grundlage der bisher erzielten Ergebnisse sollen im Rahmen dieses Forschungsprojektes die zwei aufgezeigten Herausforderungen gelöst werden. Einerseits soll zur Korrektur der Abweichung von der Sollgeometrie durch die mischungsspezifische Strangaufweitung am Düsenaustritt, der Druckprozess mittels Kamerasystem überwacht und in der Folge bei einer hinreichenden Abweichung der zum Drucken benötigte G-Code automatisiert angepasst werden, sodass die geometrischen Sollmaße eingehalten werden. Zusätzlich muss der Wärmeverzug im Bauteil infolge der Vulkanisation berücksichtigt werden. Das bedeutet, dass eine Programmierung die Druckgeometrie im Vorfeld derart anpassen (vergrößern) muss, dass nach dem Wärmeverzug, die gedruckte Geometrie der Sollgeometrie entspricht.

3 Lösungsweg

Zunächst ist sicherzustellen, dass geeignete Kamerasysteme in den Drucker integriert werden. Diese sollen die Abweichung der Bauteilhöhe (Z-Richtung) von der Sollgeometrie aufnehmen können und bei einem Schwellwert die steuerseitige Anpassung des druckbaren G-Codes während des Druckprozesses auslösen. Bei einer hinreichenden Abweichung müssen automatisch entweder neue Schichten in den G-Code hinzugefügt oder vorgesehene Schichten aus dem G-Code entfernt werden. Aus Erfahrung ist zu berichten, dass eine reine Verringerung oder Erhöhung des Durchsatzes keine befriedigenden Ergebnisse verspricht, da dies in der Folge zu Abweichungen in der X- und Y-Richtung führen kann. Bei einer zugefügten Schicht, sollte diese Schicht geometrisch zwischen der vorherigen und der nachfolgenden Schicht interpoliert werden. Bei einer zu entfernenden

Schicht sollte eine Schicht gewählt werden, die einen möglichst geringen Einfluss auf die Geometrie in X- und Y-Richtung hat, die also möglichst ähnlich zu ihrer vorherigen und nachfolgenden Schicht ist. Ebenso soll in der Folge automatisch mit einer angepassten Schichtdicke gedruckt werden, sodass es nach Möglichkeit zu keiner weiteren Abweichung in Z-Richtung kommt.

Damit die Sollgeometrie auch nach der Vulkanisation erreicht wird, muss die Druckgeometrie um den mischungsspezifischen Schrumpf angepasst werden. Bei rotations-symmetrischen Bauteilen gelingt dies bisher durch eine mischungsspezifische Beaufschlagung der Durchmesser um 5 bis 10 Prozent. Dieses Vorgehen ist jedoch bei nicht symmetrischen, mit feinen Strukturen versehenen Bauteilen nicht anwendbar und benötigt die Entwicklung einer softwaregestützten Lösung. Die Software muss dabei nicht die STL-Datei einlesen, sondern den G-Code, da der Schrumpf infolge der Vulkanisation abhängig von der Druckrichtung (Anisotropie) ist. Diese Richtungsabhängigkeit geht aus der hinterlegten Druckstrategie im G-Code hervor. Da der Schrumpf mischungsspezifisch ist, müssen anhand eines Prüfkörpers, der etwa ein gedruckter Quader sein kann oder im besten Fall nur ein gedruckter Strang, nach der Vulkanisation Kennwerte ermittelt werden, die bei der Entwicklung der zu druckenden Geometrie, hinterlegt werden müssen. Diese Kennwerte müssen definiert werden und für den späteren industriellen Anwender selbstständig einfach zu ermitteln sein, damit das Bauteil im ersten Druckversuch erfolgreich produziert werden kann. Im Ergebnis soll also eine Softwarelösung erarbeitet werden, die die Geometrie des zu druckenden Bauteils druckstrategiespezifisch anpasst, sodass nach der Vulkanisation ein Bauteil mit den Sollmaßen vorliegt.

Schließlich sollen durch Zuhilfenahme der beiden vorgestellten Algorithmen, die gedruckten Prüfkörper und industriellen Bauteile durch übliche Werkstoffprüfungen, wie Zugversuche, Härteprüfungen, aber auch optische Untersuchungen mittels Mikroskopie oder CT bewertet werden und mit den Werten konventionell produzierter Bauteile verglichen werden. Ebenso ist die Untersuchung auf industriellen bauteilspezifischen Prüfständen vorgesehen. So können etwa Dauerbelastungen untersucht werden.

Aus der komplexen Aufgabenstellung und dem beschriebenen Lösungsweg ergeben sich folgende Teilziele:

- **Teilziel 1:**

Integration von Kamerasystemen in den bestehenden AME-3D-Drucker sowie Schnittstellendesign zur Anlagensteuerung und Anpassung des G-Codes im Druckprozess

- **Teilziel 2:**

Entwicklung einer Algorithmik und programmiertechnischen Umsetzung zur Anpassung des G-Codes während des Druckprozesses infolge von Geometrieabweichungen in Z-Richtung

- **Teilziel 3:**

Entwicklung einer Softwarelösung zur druckstrategiespezifischen Anpassung der Geometrie für den Druckprozess, damit nach der Vulkanisation die Sollmaße der Bauteile vorliegen

- **Teilziel 4:**

Werkstoffprüfungen (Zugversuche, Härteprüfung, optische Verfahren und industrielle Prüfstände) zur Qualifizierung des AME-Verfahrens und insbesondere der beiden zu entwickelnden Algorithmen

Rahmenbedingungen zur Teilnahme:

- Antragstellung bei DLR für IGF-Förderung
- Teilnahme an den Sitzungen des Projektbegleitenden Ausschusses (1–2 x jährlich)
- Einbringung geldwerter Leistungen wie z. B. Bereitstellung von Versuchsmaterial, Anlagennutzung, Know-How in bestimmten Fragestellungen

Wettbewerbsvorteile durch:

- Einbringung eigener Interessen und Ideen in den Verlauf des Forschungsvorhabens
- Direkte Nutzung der Forschung durch sofortigen Ergebnistransfer
- Informationen über aktuellen Stand der Forschung

Die Teilnahme von kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) ist explizit gewünscht.

Kontakt

Dr.-Ing. Benjamin Klie

Eupenerstr. 33
30519 Hannover, Germany
Tel.: +49 (0)511 84201-24
benjamin.klie@dikauschuk.de



Deutsches Institut
für Kautschuktechnologie e.V.

M. Sc. Helge Schwieger

Tel.: +49 (0)511 762-3855
helge.schwieger@ita.uni-hannover.de



Institut für Transport- und
Automatisierungstechnik

Veranstaltungskalender 2025

Fortbildungskurse Kautschuktechnologie für Einsteiger

28.01.–30.01.2025	Kautschuktechnologie für Einsteiger
11.03.–13.03.2025	Kautschuktechnologie für Einsteiger
26.08.–28.08.2025	Kautschuktechnologie für Einsteiger
27.10.–29.10.2025	Kautschuktechnologie für Einsteiger

Kurse des modularen Fortbildungssystems

24.03.–28.03.2025	Rohstoffe
09.09.–11.09.2025	Verarbeitung
08.10.–10.10.2025	Eigenschaften

Achtung!
Terminänderung!

Achtung!
Terminänderung!

Fachseminare

11.02.–12.02.2025	Maßgeschneiderte Mischraumkonzepte I – Workshop
13.02.–14.02.2025	Maßgeschneiderte Mischraumkonzepte II – Workshop
01.07.–02.07.2025	Extrusion – Grundlagen & Praxis (DIK/DKG)
03.07.–04.07.2025	Vulkanisation von Allzweck- und Spezialkautschuken
02.09.–04.09.2025	Gummi-Metall-Haftung
16.09.–17.09.2025	Rheologie von Elastomeren – ein Schlüssel zur Verarbeitung
21.10.–23.10.2025	Compounding
05.11.–07.11.2025	Life Cycle Assessment (LCA) – Grundlagen und praktische Umsetzung
18.11.–19.11.2025	3D-Druck – In der Gummiindustrie und im TPE-Bereich
19.11.–21.11.2025	Elastomer- und Werkstoffanalytik
25.11.–27.11.2025	Schadensanalyse an Elastomerbauteilen
01.12.–04.12.2025	Spritzgießen von Elastomeren (DIK/DKG)

Achtung!
Terminänderung!

Achtung!
Terminänderung!

Mischseminare

02.04.–03.04.2025	Herstellung von Kautschukmischungen (DIK/DKG)
02.04.–04.04.2025	Mixing of Rubber Compounds (DIK/DKG)

Calendar of International Events

Special Seminar

September 09–11, 2025	Rubber Technology for Beginners
-----------------------	---------------------------------



GERMAN RUBBER CONFERENCE
NETWORKING FOR A SUSTAINABLE FUTURE

2024/25 war gespickt mit vielen Veranstaltungen, an denen das DIK e.V. beteiligt war wie z. B. die **Deutsche Kautschuk-Tagung (DKT) 2024**, die vom 1. bis 4. Juli in Nürnberg stattfand und ein bedeutender Branchentreffpunkt mit über 5000 Teilnehmenden aus 62 Ländern darstellt. Die wissenschaftliche Konferenz umfasste 150 Vorträge und Posterpräsentationen zu aktuellen Themen der Kautschukindustrie. Auch Prof. Dr. Ulrich Giese war mit zwei Vorträgen „Challenges for the rubber industry“, „Using Polysaccharides as sustainable effective fillers in elastomers“. Mehr als 300 Unternehmen präsentierten ihre neuesten Produkte und Technologien in den Bereichen Fertigerzeugnisse, Roh- und Hilfsstoffe, Maschinen, Prüf- und Analysegeräte sowie Branchen-Software. Ein besonderes Highlight war das Forum zu thermoplastischen Elastomeren (TPEs), das auf großes



Prof. Ulrich Giese – Vortrag DKT

Interesse stieß. Zudem erhielten junge Forschende in der sogenannten Student Session die Möglichkeit, ihre Arbeiten einem Fachpublikum vorzustellen. Ein Recruiting Day am ersten Messetag ermöglichte es Studierenden, kostenfrei an der Messe und der wissenschaftlichen Tagung teilzunehmen.

15. Kautschuk-Herbst-Kolloquium

Die für das DIK wichtigste Veranstaltung war das **15. Kautschuk-Herbst-Kolloquium**, das vom 10.–12. September 2024 in Hannover stattfand. Nachdem das letzte internationale Kautschuk Herbst Kolloquium (KHK) wegen der Corona-Pandemie in einem „online“-Format durchgeführt werden musste, konnte das alle 2 Jahre stattfindende KHK wieder mit Präsenz in Hannover organisiert werden. Die ca. 230 Teilnehmenden lobten den persönlichen Erfahrungsaustausch und diverse Diskussionsmöglichkeiten bei den insgesamt hochrangigen 83 Vorträgen von international und national

bekannten Experten(innen) und angehenden jungen Wissenschaftlern*innen. Die in drei parallelen Sessions organisierten Vorträge zu hochaktuellen Themen der Kautschuktechnologie wie erneuerbare Rohstoffe „Sustainability“, Reibung, Simulation, Alterung, Vulkanisation, „Deforestation Directive“, 3-D Druck, Digitalisierung von Prozessen und Nanokomposite mit Sprechern aus z. B. China, Japan, Korea, Guatemala und den europäischen Nachbarländern sowie aus deutschen Arbeitsgruppen und zahlreichen Unternehmen brachten Begeisterung für alle Teilnehmenden. Ein weiteres Highlight war die Poster-Session mit ca. 40 Beiträgen und einem von Firma Zeon gesponserten Posterpreis, der auf dem Conference Dinner im Alten Rathaus in Hannover vergeben wurde. Mit knappem Vorsprung nach „Voting“ durch die Teilnehmenden der Konferenz war der Gewinner Christian Egelkamp mit dem Postertitel: „Critical discussion of filler dispersion analysis as lifetime indicators for reinforced elastomers“. Ein weiteres Highlight der Konferenz waren die „Rubber Racers“ – ferngesteuerte kleine Fahrzeuge bestückt mit verschiedenen Reifen, die vom DIK „3D-gedruckt“ wurden. Die Idee dazu hatten Winton Kuprewitz und Roman Thiel. Die Teilnehmenden konnten verschiedene „Grips“ testen. Besonderer Dank gilt dem DIK Orga-Team für die von allen sehr gelobte Organisation und natürlich den Sponsoren aus der Industrie: Zeon, Continental, Schill Seillacher-Struktol, CT-Datentechnik, LWB-Steinl, Orion Engineered Carbon, DIK Prüfgesellschaft und die Fachzeitschrift Kautschuk Gummi Kunststoffe (KGK). Am Rande der Konferenz wurden zwischen dem DIK e.V. und der Universität Nagaoka, Japan, ein neuer Kooperationsvertrag unterschrieben.



Orga-Team KHK 2024 – von links Prof. Ulrich Giese, Christian Egelkamp, Trinidad Rodriguez, Elena Krause, Philipp Weichert, Dan Pornhagen, Josephine Rotte, Jessica Niers



Unterzeichnung des Kooperationsabkommens DIK – University Nagaoka (links: Prof. Dr. Seichi Kawahara; rechts: Prof. Dr. Ulrich Giese)



Verleihung des Posterpreises (von links: Christian Egelkamp, Prof. Dr. Ulrich Giese, Kazuhiro Ejiri – Zeon-Sponsor)



Test 3-D gedruckte Reifen mit Modellautos

tire TECHNOLOGY EXPO

Auch auf der **Tire Technology Expo 2025** vom 4. bis 6. März in Hannover war das DIK e.V. mit einem kleinen Messestand präsent. Der Konferenzbeitrag war ein Vortrag zum Thema „Influence of dynamic-mechanical load on thermal

oxidative aging of elastomers“ von Prof. Dr. Ulrich Giese. Die Messe spiegelte den Vorstoß der Branche in Richtung Nachhaltigkeit, Effizienz und Digitalisierung wider. Von der Einführung neuer Produkte auf der Ausstellungsfläche bis hin zu anregenden Konferenzdiskussionen über die wichtigsten und komplexesten Themen, die die Reifenindustrie betreffen, bot die Expo einen umfassenden Überblick über die aktuellen Entwicklungen.

AFICEP Award 2024

Prof. Dr. Ulrich Giese wurde im Jahr 2024 mit dem **AFICEP Award** ausgezeichnet. Diese Ehrung wurde ihm in Paris verliehen und würdigt seine herausragenden Beiträge zur Kautschuk- und Polymerwissenschaft. Die AFICEP-Konferenz, die am 5. Dezember 2024 stattgefunden hat, ist eine kleine aber bedeutende Fachveranstaltung im Bereich der Kautschuk- und Polymerwissenschaften, organisiert von der Association Française des Ingénieurs et Cadres du Caoutchouc et des Polymères (AFICEP). Diese französische Fachgesellschaft bringt Experten, Wissenschaftler und Industrievertreter zusammen, um aktuelle Entwicklungen, Innovationen und regulatorische Herausforderungen in der Elastomer- und Polymerbranche zu diskutieren.

IdeenExpo 2024

Ein weiteres Highlight in 2024 bildete die **IdeenExpo**, die vom 8. bis 16. Juni 2024 in Hannover auf dem Messegelände stattfand. In 2024 verzeichnete sie mit über 430.000 Besuchern einen neuen Rekord. Damit bestätigte sie ihren Status als Europas größtes Jugendevent für Technik und Naturwissenschaften. Der DIK e.V. war mit einem Kautschuk-Labor präsent. Kinder und Jugendliche durften in kleinen Gruppen Naturkautschuk koagulieren, kleine Flummis vulkanisieren und physikalische Eigenschaften wie die Rückprallelastizität bestaunen.



IdeenExpo – Kautschuklabor des DIK

ADK-Preisverleihung 2024

Jedes Jahr zeichnet der Arbeitgeberverband der **Deutschen Kautschukindustrie (ADK)** die drei besten Absolventinnen und Absolventen der Fachschule für Kunststoff- und Kautschuktechnik Gehlhausen sowie die besten Master- und Doktorarbeiten in Zusammenarbeit mit dem DIK e.V. aus. In 2024 fand die **ADK-Preisverleihung** im Rahmen der IdeenExpo am 14. Juni 2024 statt. Aus dem DIK e.V. erhielten die begehrten Urkunden für Dissertationen: **Alexander Ricker** „Mechanical Modeling of Elastomers: Benchmarking, Advancements and Efficient Material Characterization“; **Jannik Laages** „Recyclingstrategien für schwefelvernetzte Elastomere“; **Stephan Breitner** „Verbesserung der tribologischen Eigenschaften von Elastomerdichtungen durch Reibungsoptimierung“. Für ihre Masterarbeit erhielt **Elena Krauskopf** für ihre Arbeit „Entwicklung von TPU-Kautschukblends mit verbesserter Nassrutschfestigkeit“ den Preis.



Verleihung des ADK-Preises der Kautschukindustrie (von links: Dr. Volker Schmidt, Dr. Jannik Laages, Dr. Niels H. Kröger, Prof. Dr. Ulrich Giese, Dr. Sven Vogt)

IRC 2024

Die **IRC**, die 2024 in Istanbul stattfand, bot eine umfassende Plattform für den Austausch neuester Erkenntnisse führender Wissenschaftler:innen, Industrieexperten:innen und Fachleute aus Forschungseinrichtungen aus dem Bereich der Kautschuktechnologie. Die Hauptthemen umfassten: Innovationen in der Kautschukwissenschaft und -technologie, Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft, Polymere, Additive, Füllstoffe und Modifikatoren, Mischungs- und Verarbeitungstechnologien, Analyse und Prüfung: neue Methoden und Anwendungen, Ionisierende Strahlung und Elastomere. Der Vortrag von Prof. Dr. Ulrich Giese lautete: „Effects of dynamic-mechanical load on chemical aging behavior of elastomers“.



Blends & Eurofillers 2025

Eine Konferenz, die ebenfalls eine bedeutende Plattform für wissenschaftlichen Austausch darstellt, ist die Polymer **Blends & Eurofillers**, die vom 27. bis 30. Januar 2025 in Villeurbanne bei Lyon, Frankreich, stattgefunden hat. Organisiert vom „Groupe Français d'Études et d'Applications des Polymères (GFP)“, brachte sie führende Wissenschaftler:innen, Industrievertreter:innen und Forschungsinstitutionen zusammen, um aktuelle Entwicklungen im Bereich polymerbasierter Materialien zu diskutieren. Prof. Ulrich Gieses Beitrag zu dieser Konferenz war „Network inhomogeneities in sulfur crosslinked polymer blends“.

Teilnahme am ADAC Marathon Hannover – Staffel-Team am Start

Auch in diesem Jahr war unser Verein beim ADAC Marathon in Hannover vertreten – diesmal mit einem motivierten Staffel-Team. Bei bestem Laufwetter gingen unsere Läuferinnen und Läufer an den Start und meisterten die Strecke

mit Teamgeist und Ausdauer. Der Staffelwettbewerb war nicht nur sportlich ein voller Erfolg, sondern auch ein tolles Gemeinschaftserlebnis. Wir danken allen Beteiligten für ihren Einsatz und freuen uns schon jetzt auf das nächste Mal!



Staffel DIK e. V.

13. ECCMR 2024

Abschließend ist die **13. European Conference on Constitutive Models for Rubbers (ECCMR 2024)** anzuführen, die vom 26. bis 28. Juni 2024 in Istanbul stattgefunden hat. Thematische Schwerpunkte bildeten hier die konstitutive Modellierung, fortgeschrittene numerische Simulation und industrielle Anwendung. Vom DIK waren Jens Meier, Niklas Hanne, Andrej Lang, Patrick Schneider und Dan Pornhagen vertreten. Sie präsentierten aktuelle Forschungsergebnisse zu Ermüdung, Bruchmechanik und Materialmodellierung und hielten einen Vortrag mit dem Titel „Influence of strain induced crystallisation on the dynamic crack propagation resistivity of NR vulcanisates“

*DIK-Vortragende der ECCMR (von links:
Niklas Hanne, Dr. Andrej Lang, Dr. Jens Meier,
Dr. Patrick Schneider, Dan Pornhagen)*



Weiterbildungsstudium Kautschuktechnologie

Programm

- Ort:** Karmarschstraße 42, 30159 Hannover
Datum: Montag, 14. Oktober 2024
Beginn: 10:30 Uhr
- 10:30 Begrüßung**
Prof. Dr. Ulrich Giese
Angewandte Polymerchemie, Leibniz Universität Hannover
Institutsleiter Deutsches Institut für Kautschuktechnologie
- 10:40 „75 Jahre Wissenschaftsfreiheit“**
Prof. Dr. Volker Epping
Präsident der Leibniz Universität Hannover
- 11:00 „Gemeinsame Wege“**
Michael Wendt
wdk Wirtschaftsverband der deutschen Kautschukindustrie e. V.
Pirelli Deutschland GmbH
- 11:20 „Nachhaltige Bestandteile in Kautschukmischungen“**
Dr. Joachim Bertrand
Behn Meyer Europe GmbH
- 11:40 „Grußwort der Landeshauptstadt Hannover“**
Bürgermeister Thomas Hermann
Bürgermeister der Landeshauptstadt Hannover
- 12:00 „Zukunft gestalten: Chancen und Perspektiven der Kautschukindustrie“**
Petra Schulz
Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Bauen und Digitalisierung
- 12:10 „Rückblick – WBS-Kautschuktechnologie 2023/2024“**
Vertretung der Studierenden des Jahrgangs 2023/2024
- 12:30 Verleihung der Abschlusszertifikate an die Studierenden des Weiterbildungsstudiums Kautschuktechnologie aus dem 39. Studienzyklus**
Prof. Dr. Ulrich Giese
Institut für Anorganische Chemie, Leibniz Universität Hannover
- Ende:**
ca. 13:00 Uhr – Imbiss

Auch in diesem Jahr fand die feierliche Zertifikatsübergabe für den Studienzyklus 2023/24 sowie die Begrüßung und die Eröffnung des neuen Jahrgangs 2024/25 des Weiterbildungsstudiums Kautschuktechnologie am 14. Oktober 2024 in den Räumlichkeiten des Alten Rathauses „Atrium“ in Hannover statt.

Nach der Begrüßung durch Prof. Dr. Ulrich Giese hielt Prof. Dr. Volker Epping, Präsident der Leibniz Universität Hannover, einen Vortrag zu den „75 Jahren Wissenschaftsfreiheit“. Dabei ging er auf die zentralen Werte der wissenschaftlichen Freiheit und ihre Rolle bei der Förderung von Forschung und Entwicklung ein – auch im Bereich der Kautschuktechnologie.

Ein weiteres Highlight war der Beitrag von Michael Wendt, Vertreter des Wirtschaftsverbands der deutschen Kautschukindustrie e. V. (wdk) und Pirelli Deutschland GmbH. Er sprach über „Gemeinsame Wege“ und die enge Zusammenarbeit zwischen Industrie und Forschung, die für die Weiterentwicklung der Branche unerlässlich ist.

Aus der Industrie folgte Dr. Joachim Bertrand von Behn Meyer Europe GmbH mit einem Vortrag zu „Nachhaltigen Bestandteilen in Kautschukmischungen“. Die Integration von nachhaltigen Materialien in die Produktion von Kautschuk war ein zentrales Thema, das die immer größer werdende Bedeutung von Umweltbewusstsein in der Branche verdeutlichte.

Im weiteren Verlauf der Veranstaltung begrüßte Bürgermeister Thomas Hermann die Anwesenden mit einem „Grußwort der Landeshauptstadt Hannover“ und sprach über die Rolle der Stadt bei der Förderung von Wissenschaft und Technologie. Besonders betonte er die Bedeutung von Hannover als Standort für innovative Unternehmen.



Jahrgang 2023/24



oben:
Dr. Joachim Bertrand (1. v. links),
Prof. Dr. Volker Epping (2. v. links),
Prof. Dr. Ulrich Giese (3. v. links),
Bürgermeister Thomas Herrmann
(4. v. links)

unten:
Petra Schulz, Niedersächsisches
Ministerium für Wirtschaft, Bauen und
Digitalisierung (1. v. links), Studieren-
den Vertreter:in (2. v. links), Michael
Wendt (3. v. links)

Petra Schulz vom Niedersächsischen Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Bauen und Digitalisierung widmete sich der „Zukunft der Kautschukindustrie“. Sie zeigte auf, welche Chancen und Herausforderungen für die Branche in den kommenden Jahren zu erwarten sind, insbesondere in Bezug auf digitale Transformation und Nachhaltigkeit.

Abgerundet wurde das Vortragsprogramm durch den Rückblick der Studierenden des Jahrgangs 2023/24 auf das Weiterbildungsstudium in Kautschuktechnologie, das eine wertvolle Ergänzung zu der akademischen Ausbildung darstellt.

Das Event endete mit der feierlichen Verleihung der Abschlusszertifikate an die Absolventen und Absolventinnen des 39. Studienzyklus des Weiterbildungsstudiums Kautschuktechnologie. Prof. Dr. Ulrich Giese ehrte die Absolventen und Absolventinnen für ihre außergewöhnliche Leistung und ihren Beitrag zur Kautschuktechnologie.

Der Tag fand seinen Abschluss bei einem Imbiss, der den Teilnehmenden Gelegenheit zum informellen Austausch und Netzwerken bot. Insgesamt war es eine gelungene Veranstaltung, die sowohl einen Blick auf die Geschichte als auch auf die Zukunft der Kautschuktechnologie ermöglichte.



Neuer Jahrgang 2024/25



XVIII Jornadas Latinoamericanas de Tecnología del Caucho **IV Jornadas de Reciclaje de Neumáticos** **IX Congreso Internacional Cauchero.**

About Jornadas Caucho 2025

With over 32 years of experience, the **Latin American Conference on Rubber Technology** has established itself as the leading event for the rubber industry across Latin America. Held every two years in a Latin American country, including Mexico. So, the 2025 conference will take place from November 10 to 14 in Bogotá, Colombia.

This conference is tailored for professionals and academics involved in rubber technology. Participants include consultants, business chambers, R&D institutions, management, commercial, and technical teams from companies engaged in raw material production, rubber goods manufacturing, machinery, and related sectors.

In this edition, we also are to host the **IV Latin American Conference on Tire Recycling** alongside the **IX Natural Rubber Conference**.

The event will offer a unique platform for attendees to connect with industry peers, foster collaboration, and explore new opportunities in the rubber sector.

More information at <https://jornadasbogota.com/>

SAVE THE DATE

16th Fall Rubber Colloquium

13.–15. Oktober 2026



Deutsches Institut für Kautschuktechnologie e.V., Hannover

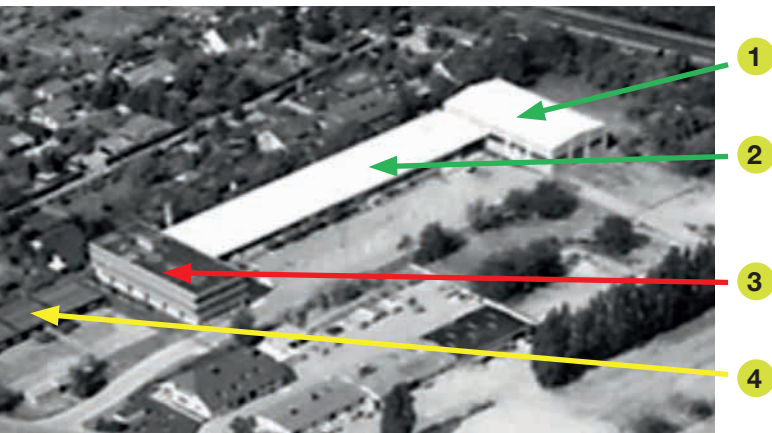
www.dikautschuk.de

40 Jahre DIK *Dr. Harald Geisler (aus persönlicher Sicht)*

Die Gründung

Das DIK wurde **1981** auf einem sogenannten „Waldspaziergang“ von Industrievertretern und Frau Ministerin Birgit Breul (niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Bauen und Digitalisierung) ins Leben gerufen.

Daraufhin passierte Jahre lang nicht allzu viel. Im Jahre **1984** begann das DIK in einem bereits existierenden, umgebauten Gebäude zu arbeiten. Na ja eigentlich auch noch nicht, da nur wenige Geräte vorhanden waren. Die feierliche Eröffnung fand dementsprechend nur mit einigen eigenen und auch geliehenen Geräten statt. Frau Ministerin Birgit Breul war natürlich dabei. Damals servierten einige Studenten, die später ihre Diplom- und auch Doktorarbeiten machen sollten, „Schnittchen“ und Getränke.



DIK 1984 (Luftbild)

1: Technikum II, 2: Technikum I, 3: Hauptgebäude,
4: Ingenieurs-Baracken (nicht DIK)

Die ersten (20) Jahre

Zu Beginn der Institutsarbeiten, in denen die Personal- und Geräteausstattung erweitert wurden, standen erste Industrie- und DKG- (Deutsche Kautschuk Gesellschaft) Projekte auf dem Plan. Die Institutsleitung unterlag einigen Änderungen bis Dr. Pampus die Leitung als geschäftsführender Vorstand übernahm. Insbesondere Dr. Schuster und Dr. Rübiger (zu dieser Zeit Leiter der Chemie und der Verarbeitungstechnik) „rekrutierten“ einige Mitarbeiter und Studenten. Neben immer noch laufenden Auf- und Umbauarbeiten, bearbeiteten die Studenten (einer davon war der Verfasser) die Projekte, mit dem persönlichen Ziel, ein Diplom in Naturwissenschaften (Chemie, Physik) oder als Ingenieur zu machen. So verging, bei wachsendem Erfolg, einige Zeit. Die Bekanntheit des DIK nahm zu (zumindest außerhalb Niedersachsens, denn der „Prophet“ gilt bekanntlich im eigenen Lande nichts). Im Laufe der Jahre sollte sich das jedoch ändern.

Die Anfangszeit war gekennzeichnet durch einen starken Zusammenhalt der Mitarbeiter und Studenten, die zusammen und nicht füreinander arbeiteten. Die kleine Gruppe der wissenschaftlichen Mitarbeiter (ca. 8) war eine „verschworene“ Gemeinschaft, die neben der Arbeit auch Spaß hatte. So war das sogenannte „Luftkühler-Blasen“ zur Mittagszeit ein infernalisches aber einprägsames Geräusch. Dr. Pampus sah sich ab und an zu der Bemerkung „jetzt rasten meine Leute wieder aus“ genötigt.

In dieser „Vor-Computer-Zeit“ wurden Berichte und anderer Schriftverkehr zunächst von Hand vorgeschrieben, dann von Sekretärinnen auf Schreibmaschinen abgeschrieben, korrigiert und erneut geschrieben bis endlich eine „lesbare“ Version verschickt werden konnte. Gegen Ende dieser Zeit wurde dann das erste Textverarbeitungsprogramm (what you see is what you not get, kurz WYSIWYG) mit Monitor (bernsteinfarben, monochrom) und Computer angeschafft. Der Ausdruck erfolgte mit einem Nadeldrucker. Dieser Drucker erzeugte neben einem annehmbaren Schriftbild auch nervtötenden Lärm. Deshalb wurde längeres Material nachts gedruckt. In weniger lärm-belasteten Zeiten wurde in „unserem“ Büro (jetzt Buchhaltung) auch Tee gekocht. Ein Vergessen des Tauchsieders führte zum heißwerden des Wasserbehälters (Becherglas). Einmal arbeitete sich dieses Becherglas in eine ehemalige Fensterbank ein. Dieser Schaden wurde beseitigt, indem er mit weißer Selbstklebefolie abgedeckt wurde. Diese Stelle ist auch heute noch zu „bewundern“. Insgesamt war es eine Zeit des Aufbruchs mit all ihren Vor- und Nachteilen.

Nach der Übernahme der Institutsleitung **1992** durch Prof. Dr. Schuster wurde im Jahr **2000** die erste Akkreditierung vieler chemischer und physikalischer Methoden erreicht. **2002** wurde eine weitere Abteilung (Materialkonzepte und Modellierung) gegründet. Neben allerlei die Zeitenwende betreffenden Änderungen blieb festzustellen:

Es ging voran. Die ersten Projekte wurden abgeschlossen, die experimentelle Ausstattung wurde immer größer und hochwertiger, die ersten Vorträge gemacht, die ersten „Dienstleistungen“ erbracht, die Aus- und Weiterbildung (DIK-eigene Kurse und das Weiterbildungsstudium Kautschuktechnologie (**WBS** schon **WS 1985/86**) mit der Leibniz-Universität Hannover) begonnen und bei den „Gummi-Leuten“ stiegen Bekanntheit und Ansehen des DIK. Die Anzahl der DIK-Mitgliedsfirmen und der wissenschaftlichen Mitarbeiter stieg folgerichtig an.

Die erste Erweiterung

Kaum war die Jahrtausendwende erledigt, wurde deutlich, dass das DIK, wenn es seinem satzungsgemäßen Auftrag nach Aus- und Weiterbildung, in vermehrter Masse nachkommen wollte, erweitert werden musste, da Vortragsraum, Bibliothek und Büroflächen fehlten. Im Jahr **2005** sprang der Arbeitgeberverband der deutschen Kautschukindustrie (ADK) in die

Bresche und „spendierte“ dem DIK den ersten Anbau. Während der Bauarbeiten, besonders bei der Kellerausschachtung, gab es einige unangenehme Konfrontationen mit den Nachbarn. Angeblich seien bei der kurzfristigen Absenkung des Grundwasserspiegels Risse in den Wänden von Garagen etc. aufgetreten. Nachdem die Nachbarn näher in die Baugeschehnisse einbezogen wurden, traten diese Vorwürfe nicht mehr auf. Nach der Fertigstellung des Anbaus waren Keller, Bibliothek, Hörsäle, Büros, Teeküche und Toiletten vorhanden. Die Fassade wirkte mit den Stahl- und Glaselementen deutlich eleganter.



DIK 2005 Erweiterung I
(von der Eupener Str. aus mit Blick auf Bibliothek und Hörsäle)

Der ehemalige, durch eine Stützsäule schlecht nutzbare Vortragsraum sowie einige andere Räumlichkeiten konnten den physikalisch-chemischen Laboren hinzugefügt werden. Dies führte zu etwas räumlicher Entlastung.

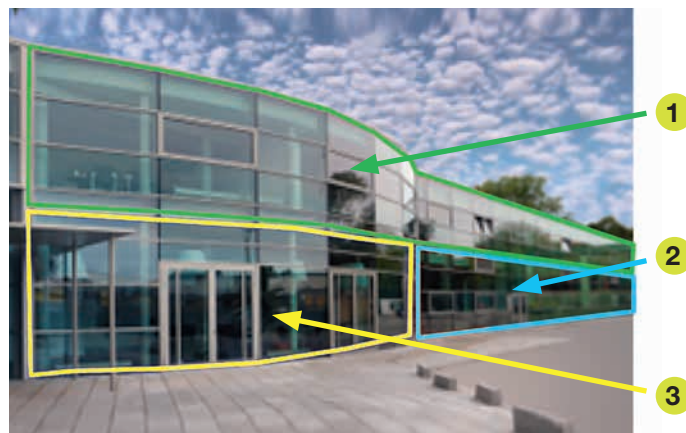
Anschließend erfolgten fünf Jahre der Entwicklung, Verbesserung, Erweiterung der Aufgabenfelder und Umstrukturierungen der DIK-eigenen Aus- und Weiterbildungskurse. Die Institutsleitung (geschäftsführender Vorstand) wechselte von Prof. Dr. Schuster zu Prof. Dr. Giese (2010). Der Platzbedarf stieg weiter, da die Anzahl der Tätigkeitsfelder, der Mitglieder, der Projekte und der wissenschaftlichen Mitarbeiter zunahm. 2006 wurde die Abteilung Simulation und Kontinuumsmechanik gegründet. Es wurde tatsächlich Zeit für die nächste Erweiterung, die diesmal durch das Land Niedersachsen, den ADK und das DIK getragen wurde.

Die zweite Erweiterung

Schon nach fünf Jahren, also 2010, wurde klar, dass das DIK noch mehr Büroräume und vor allem Laborflächen benötigt. Die zweite Erweiterung wurde in Angriff genommen.

Dazu wurde eine Parkplatzreihe „geopfert“ sowie ein partieller erster Stock (aus statischen Gründen) eingeplant. Das gesamte Technikum I wurde entkernt, sodass ein unpraktischer langer Flur entfiel. Das Technikum II erhielt eine Erweiterung um ca. 190 m², sodass sich die neu geschaffene Laborfläche

auf ca. 380 m² belief. Mit der Erweiterung der Flächen zur experimentellen Nutzung wurde ebenfalls das Treppenhaus des Altgebäudes, die Lobby sowie eine Cafeteria geschaffen. Die Büroflächen (mit zusätzlichem Hörsaal) stiegen durch die Einführung des ersten Stockes um ca. 480 m². Der End-Zustand sieht jetzt so aus:



DIK jetzt: Erweiterung II (rechts vom Eingang)
1: erster Stock, 2: Laborerweiterung, 3: Cafeteria

Die Umbauphase verlief nicht so reibungslos, wie es die reinen Sachverhalte suggerieren. Da der gesamte Umbau während des uneingeschränkten Betriebs des DIK vorgenommen wurde, bedeutete dies für viele Mitarbeiter ein ständiges Umziehen von Arbeitsplätzen und Geräten. Manchmal suchte man ein Gerät oder einen Mitarbeiter(in), das bzw. die/der am Tag zuvor noch am alten Platz war. Man kam damit zurecht, denn ein Ende war absehbar.

Die Gesamterweiterung (ca. 860 m²) schaffte somit eine Entspannung an der „Platz-Front“, die etwa sechs Jahre vorhielt. Dann brach wieder die „alte“ Raumknappheit aus, die nicht mehr durch Erweiterungen abstellbar ist. Das Füllen der zusätzlichen Flächen geschah recht schnell durch eine Vielzahl neuer Geräte und vor allem durch neue wissenschaftliche Mitarbeiter.

Im Jahre 2017 wurde, aus steuerlichen Gründen, eine GmbH ausgegründet, die die Arbeiten im Kundenauftrag übernahm. Ein Teil der Stammbesetzung wurde in diese GmbH (DIK Prüfungsgesellschaft mbH), wie auch die Akkreditierung für Analytik und physikalische Prüfung, übernommen. Forschung, Weiterbildungsstudium sowie Aus- und Weiterbildung verblieben im originären DIK e.V.

Seither ist wieder etwas Zeit vergangen und das DIK ist 40 geworden. Die Bedingungen für die Forschungstätigkeit sind in dieser Zeit nicht wirklich besser geworden, die Auftraggeber wissen die Expertise des DIK immer mehr zu schätzen und jetzt ist auch in Hannover und Umgebung bekannt, dass das DIK existiert. Mit seinen Veranstaltungen (Aus- und Weiterbildung, Weiterbildungsstudium, Kautschuk-Herbst-Kolloquium u.v.a.m.) leistet es einen Beitrag für den wirtschaftlichen Erfolg des Landes Niedersachsen.

CT Datentechnik GmbH

Eschenstraße 2
31582 Nienburg/Weser
Tel.: +49 (0)5021 90433-0
Fax: +49 (0) 5021 90433-700
mbox@ctdatentechnik.de



CT Datentechnik GmbH

IT für die perfekte Gummimischung

Das Unternehmen arbeitet vornehmlich in der Gummi- und Reibbelagerherstellung. Mit der richtigen Zusammensetzung von Erfahrungen und neuen Ideen sorgt es für die Steuerung und Überwachung von Chargenprozessen. Geschäftsführer ist heute Christian May, der Sohn des Unternehmensgründers Dr. Wolfgang May.

Im Laufe der Unternehmensgeschichte hat sich ein großer Erfahrungsschatz angesammelt, dieser wird permanent durch immer neue Ideen zur Weiterentwicklung und Optimierung der Software ergänzt. Die Kunden bevorzugen Software von CT Datentechnik, weil sie Unabhängigkeit vom Anlagen-/Maschinenbauer garantiert und sich ausgezeichnet an individuelle Wünsche anpassen lässt.

Hier wird „modern work“ wirklich gelebt. Zwar hat es seit über 30 Jahren seinen Sitz in Nienburg im Herzen der Innovationsregion Niedersachsens, aber um fit zu bleiben und zukunftsorientiert arbeiten zu können, halten sich alle an aktuelle Konzepte und Arbeitsmethoden. So wird oft miteinander gegessen, die Arbeitsräume werden anregend gestaltet und Weiterbildung macht einen nennenswerten Anteil der Arbeit aus.



Wie auf den Fotos zu erkennen, spielt Modern Work in dem Unternehmen intern eine große Rolle. Dem Unternehmenschef, ist ein entspanntes Arbeiten wichtig und er kümmert sich dabei auch persönlich darum, dass es immer wieder externe Events gibt oder die Einrichtung des Unternehmens eine gewisse Lockerheit mit sich bringt.

CCS2000 – Flexibel und zuverlässig

Das Compound-Control-System CCS2000 ist ein Prozessleitsystem, das eine komplette Überwachung und Steuerung aller Prozesse innerhalb der Mischerei bietet. Die Software gewährleistet die qualitätsgesicherte Automatisierung verschiedener Produktionsabläufe und wird von Kunden des Unternehmens hauptsächlich in den Bereichen Gummi- und Brems-/Reibbelagerherstellung eingesetzt. CCS2000 wird vom Team ständig weiterentwickelt, um den Kunden die optimale Lösung für die Mischungsherstellung und -aufbereitung zu bieten.



www.ctdatentechnik.de
IT für die perfekte Gummimischung



www.ctdatentechnik.de
IT für die perfekte Gummimischung

Stephan Schmidt KG

Bahnhofstraße 92
65599 Dornburg-Langendernbach
Tel: +49 (0)6436 609-0
capsil@stephan-schmidt.group
www.stephan-schmidt.group



Stephan Schmidt Gruppe

Die Stephan Schmidt Gruppe ist eine inhabergeführte mittelständische Unternehmensgruppe und gehört zu den weltweit führenden Produzenten von Spezialtonen und Industrie-mineralen. 20 eigene Gruben mit Vorräten für die nächsten Generationen, modernste Gewinnungs- und Aufbereitungsanlagen und ein engagiertes Team von ca. 200 Mitarbeitern ermöglichen die Herstellung von jährlich mehr als 1,5 Mio. Tonnen Rohstoffen, die mit einer Exportquote von über 60 % an Kunden weltweit in mehr als 40 Ländern geliefert werden.

Produktspektrum

Im Bereich der Business Unit ACM – Advanced Clay Minerals bietet die Stephan Schmidt Gruppe hochwertige Füllstoffe unter anderem für die Kautschukindustrie in ganz Europa an.

Die plättchenförmigen Capsil®-Füllstoffe mit hohem Aspektverhältnis werden in Elastomeren vorwiegend zur Verbesserung mechanischer Kennwerte eingesetzt. Hierzu zählen vor allem Reißfestigkeit, Zugfestigkeit, Viskosität, Härte und Abriebwiderstand.

In speziellen Kautschuktypen, wie zum Beispiel NBR, ist die Gasdichtigkeit ein weiteres Kriterium. Hier zeigen alle Capsil®-Typen hervorragende Eigenschaften.

Je nach Produkthanforderung kommen verschiedene Grades mit den Bezeichnungen High, Extra und Supreme zur Anwendung, die sich definitionsgemäß in ihrem Nasssiebrückstand auf dem 45 µm Sieb unterscheiden.

Die breite Palette an Capsil® Produkten vereint jahrelange Forschung mit den Bedürfnissen und Anforderungen der Kunden. Durch die ständige Weiterentwicklung beliefert das Unternehmen zunehmend auch internationale Kunden.



Nachhaltigkeit

Als Tonbergbauunternehmen ist sich die Stephan Schmidt Gruppe der Tatsache bewusst, dass sie durch ihre bergbaulichen Aktivitäten in erheblichem Maße in die Natur eingreift. Das Unternehmen fühlt sich daher in besonderem Maße der Umwelt verpflichtet. Die Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen ist fester Bestandteil der Unternehmenspolitik, um einen schonenden und nachhaltigen Umgang mit Rohstoffen und der Umwelt zu gewährleisten.



Marken und Produktgruppen

 **capsil®** Füllstoffe und Additive für ein weitreichendes Anwendungsspektrum

 **concreSOL®** Betonzusatzstoff nach DIN EN 12620 und 13139

 **compactonit®** Pellets und Granulate für Brunnenbau und Bohrindustrie

 **floriSOL®** Tongranulate für Blumenerden und Substrate

 **securSOL®** Tonmehle und Bentonite für Deponiebau und Tiefbau

Ausgewählte neue Publikationen des DIK und DIK-Beteiligung

F. Magaletti, G. Prioglio, U. Giese,
V. Barbera, M. Galimberti
*Hexagonal Boron Nitride as Filler for
Silica-Based Elastomer Nanocomposites*
Nanomaterials 1 (2024)

T. Ebel, T. Lankenau, L. Sundermann,
K. Ottink, M. Graf, B. Klie, U. Giese
*Functional testing of entirely additively
manufactured two-component hydraulic
rod seals made of TPU and NBR*
Discover Mechanical Engineering
(2024)

B. Klie, S. Schwabe, C. Lenth,
U. Giese, H. Wackerbarth
*Conversion of an industrial LIBS
system to double-pulse operation to
improve sulphur detection in rubber-
based parts*
Spectrochimica Acta Part B: Atomic
Spectroscopy (2024)

N. Noii, M. Ghasabeh, P. Wriggers
*Phase-field modeling of fracture for
ferromagnetic materials through
Maxwell's equation*
Engineering Fracture Mechanics 303
(2024) 110078

L. Sundermann, B. Klie, U. Giese
*Relaxation behavior of 3D printed
NBR-based rubber O-rings as inner
part of rod seals*
Rubber Chem. Technol. (2024)

M. Lukas, S. Leineweber, B. Reitz,
L. Overmeyer, A. Aschemann, B. Klie,
U. Giese
*Minimizing temperature deviations in
rubber mixing process using artificial
neural networks*
Rubber Chem. Technol. (2024)

T. M. de Rijk, M. Cen-Puc, Y. Mirzaei,
P. Schneider, U. Giese, W. Lang
*Integrated Flexible Polyimide Sensor
for Monitoring Compressive Force in
Sealings*
IEEE Sensors Council (2024) pp. 99

N. Noii, D. Milijasevic, H. Waisman,
A. Khodadadian
*Fatigue failure theory for lithium
diffusion induced fracture in lithium-ion
battery electrode particles*
Computer Methods in Applied
Mechanics and Engineering 428 (2024)
117068

N. Noii, D. Milijasevic,
A. Khodadadian, T. Wick,
*An Efficient FEniCS implementation for
coupling lithium-ion battery charge/
discharge processes with fatigue
phase-field fracture,*
Engineering Fracture Mechanics 306
(2024) 110

M. Müller, A. Lang, M. Klüppel,
U. Giese, J. Voges, D. Juhre
*Micro-Heterogeneity and Chain
Mobility of blended Monodisperse
Polymers*
Kautsch. Gummi Kunstst. 4 (2024)
38–46

K. Krause, U. Giese
*Role and Mechanisms of Co-agents in
peroxide Crosslinking Optimizing the
Properties of Elastomers*
Kautsch. Gummi Kunstst. 5 (2024)
50–57

M. El Yaagoubi, S. Aloui, K. Chau Le,
J. Meier
*Influence of Deformation Speed on the
Tearing Energy of Carbon Black-Filled
EPDM Rubber*
Arabian Journal for Science and
Engineering 0 (2024) 01.Jun

A. Aschemann, P.-F. Hagen, S. Albers,
R. Rofalski, S. Schwabe, M. Dagher,
M. Lukas, S. Leineweber, B. Klie,
P. Schneider, H. Bossemeyer, L. Hinz,
M. Kästner, B. Reitz, E. Reithmeier,
T. Luhmann, H. Wackerbarth,
L. Overmeyer, U. Giese
*Smart rubber extrusion line combining
multiple sensor techniques for AI-
based process control*

Advanced Engineering Materials (2024)

I. Yakovlev, F. Fleck, S. Finger,
M. Sztucki, V. Karimi, A. Hossein,
J. Lacayo Pineda, U. Giese
*Effects of Silica Content on the
Durability of Rubber Compounds
Described by (Ultra) Small-Angle X-Ray
Scattering*
SSRN (2024)

Y. Yakovlev, M. Sztucki, H. A. Hossein,
V. Karimi, J. Lacayo Pineda, F. Fleck,
C. Vatterott, U. Giese
*Cavity Formation in Silica-Filled
Rubber Compounds observed during
deformation by Ultra Small-Angle
X-Ray Scattering*
Nanomaterials 0 (2024)

N. Hanne, C. Egelkamp, J. Meier,
P. Junker
*Influence of strain induced
crystallisation on the dynamic
crack propagation resistivity of NR
vulcanisates*
Tagungsband ECCMR (2024)

I. Yakovlev, F. Fleck, S. Finger,
M. Sztucki, H. A. Karimi-Varzaneh,
J. Lacayo Pineda, U. Giese
*Effects of silica content on the
durability of rubber compounds
described by (ultra) small-angle x-ray
scattering*
SSRN – online (2024)

I. Yakovlev, M. Sztucki, H. A. Karimi-
Varzaneh, J. Lacayo Pineda, F. Fleck,
C. Vatterott, U. Giese
*Cavity formation in silica-filled rubber
compounds observed during
deformation by ultra small-angle x-ray
scattering*
Nanomaterials 15 (2024)

Poster

C. Egelkamp, J. Meier
*Critical discussion of filler dispersion
analysis as lifetime indicators for
reinforced elastomers,*
15th Fall Rubber Colloquium,
Hannover, 2024

Y. Klingemann, C. Vogel, R. Thiel,
B. Klie, U. Giese
*Inline-vulcanization of additively
manufactured elastomers using IR-
based heat sources,*
15th Fall Rubber Colloquium,
Hannover, 2024

L. Schasse, J. Meier,
J. Ludwig, U. Giese
Detection of Near-Surface Inhomogeneities in Rubber Materials Using Micro-Indentation,
KHK 2024 (15th Fall Rubber Colloquium), Hannover,
10.–12.09.2024

U. Giese
Kreislaufwirtschaft: ein Werkzeug gegen Materialmangel, Technologietag Hein,
Hannover-Langenhagen,
29.02.2024

U. Giese
Effect of fillers on thermal oxidative aging behavior of rubbers,
Tire Technology Expo, Hannover,
19.–21.03.2024

U. Giese, K. Krause
Reaction mechanisms and property improvement of specialty rubbers using approximate Coagent – peroxide combinations,
DKG-Region Gruppe Süd, Würzburg,
11.–12.04.2024

U. Giese
Green Deal – Consequences and solutions for the rubber industry, DKG-Nord, Hannover,
18.–19.04.2024

U. Giese
Worauf es jetzt ankommt?
wdk – Tag der Kautschukindustrie,
Berlin, 23.04.2024

U. Giese, J. Laages
Limits and improvement of thermo-chemical devulcanization of tire compounds,
Technical Meeting of Rubber Division,
ACS, Columbus, USA,
30.04.–02.05.2024

U. Giese
Challenges for the rubber industry,
Deutsche Kautschuktagung (DKT),
Nürnberg, 01.–04.07.2024

U. Giese
Using Polysaccharides as sustainable effective fillers in elastomers, Deutsche Kautschuktagung (DKT), Nürnberg,
01.–04.07.2024

U. Giese
Sustainable materials – Challenges for the rubber industry,
DKT-Tagung, Nürnberg,
01.–04.07.2024



Kevin Krause

Kevin Krause studierte Material- und Nanochemie an der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover. Von März 2014 bis Juni 2018 war er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am DIK in der Abteilung Elastomerchemie tätig. Er promovierte an der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover mit der von Prof. Dr. U. Giese betreuten Arbeit: Effektive Vernetzung von Hochleistungskautschuken mit optimierten physikalischen Eigenschaften.

Von 2018 bis 2024 arbeitete er im Bereich der automobilen Dichtungsindustrie unter anderem als Extrusionsleiter sowie Leiter der Mischungsentwicklung. Seit April 2024 kehrte er ans DIK zurück und übernahm die Abteilungsleitung der Werkstoffentwicklung und Werkstoffprüfung.



Dino Simic

Dino Simic studierte Mikrotechnologie und Nanostrukturen an der Universität des Saarlandes in Saarbrücken. Von 2017 bis Ende 2023 sowie von 08/2024 bis 04/2025 war er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am DIK in der Abteilung Materialmodelle und Konzepte tätig. Er promovierte am 11. November 2024 an der Gottfried Wilhelm-Leibniz-Universität Hannover mit der von Prof. Dr. M. Klüppel betreuten Arbeit: Multifunktionale Elastomere auf Basis magnetischer Füllstoffe: Untersuchungen zu Schalteffekten und Energy harvesting. Seit 05/2025 ist er als Post-Doc beschäftigt.



Hussam Al-Alimi

Hussam Al-Alimi studierte Wirtschaftsingenieur mit der Fachrichtung Maschinenbau an der Hochschule Hannover. Seine Bachelorarbeit mit dem Titel „Elastomertribologische Aspekte von Reifenlaufflächen im Hinblick auf eine Lebenszyklusanalyse“ schloss er im Dezember 2023 ab. Seit Januar 2021 ist er am DIK in der Abteilung Materialkonzepte und Modellierung tätig, zunächst als HiWi und Werkstudent. Ab Juli 2024 ist er als Wissenschaftlich-Technischer Mitarbeiter angestellt. Er hat fast sein Masterstudium abgeschlossen, nur die Masterarbeit steht noch aus.



Felix Baul

Felix Baul studierte Maschinenbau, sowie Prozess Engineering und Produktionsmanagement an der Hochschule Hannover. Seit 2025 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am DIK in der Abteilung Elastomerphysik tätig.



Felix Rosenkranz

Felix Rosenkranz studierte Chemie an der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover. Seit 2024 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am DIK in der Abteilung Elastomerchemie tätig. Im Rahmen seiner Promotion arbeitet er an neuartigen Gummi-Vitrimer-Materialien.



Carlos Lucke

Carlos Lucke studierte Chemie an der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität und erlangte den akademischen Grad „Master of Science“ am 17. August 2023 mit der von Prof. Dr. U. Giese betreuten Arbeit: Ozonalterung und Wirkung von alternativen Antiozonantien in Kautschukblends. Seit Ende 2023 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am DIK in der Abteilung Elastomerchemie tätig.



Andrew Tawfeeles

Andrew Tawfeeles studierte Material Chemie und Mineralogie an der Universität Bremen. Seit 2023 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am DIK in der Abteilung Verarbeitungstechnik tätig.



Kirve Shubham

Shubham Kirve studierte den Masterstudiengang Fertigungstechnik an der Technischen Universität Dortmund und beendete seine Masterarbeit am IPH Hannover zum Thema Kunststoff recycling und Produktion von Hybrid-Bauteilen mittels Additive Fertigung. Seit Oktober 2023 arbeitet er als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Verarbeitungstechnik zum Thema Additive Fertigung von Elastomeren.



Birgit Mennen

Birgit Mennen hat 1984 eine Ausbildung zur Groß- und Außenhandelskauffrau im Stahlhandel absolviert. Im Jahr 2004 erfolgten die Weiterbildungen zur Finanzbuchhalterin und Fachkraft für Lohn- und Gehalt sowie 2015 zur gepr. Personalfachkauffrau IHK Hannover. Bis zum Herbst 2024 war sie im Bereich Buchhaltung/Personalwesen in einem Unternehmen der Lebensmittelherstellung tätig. Seit dem 01.09.2024 ist sie im Personalwesen am DIK tätig.



Matthias Henzler

Matthias Henzler studierte Optische Technologien an der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover. Seit 2025 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am DIK in der Abteilung Verarbeitungstechnik tätig.



Carolina Müller

Carolina Müller studierte Angewandte Materialwissenschaften an der Hochschule Furtwangen (Tuttlingen). Seit 2023 ist sie als wissenschaftlicher Mitarbeiter am DIK in der Abteilung Elastomerphysik tätig.



Niklas Winkel

Niklas Winkel studierte Chemie an der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover. Seit 2023 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am DIK in der Abteilung Elastomerchemie tätig.



Nele Post

Nele Post studierte Biomedizintechnik an der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover und schrieb ihre Masterarbeit dort im Institut für Kunststoff- und Kreislauftechnik über das Thema: Untersuchung der prozessbezogenen Parameter des mechanischen Recycling von textilen Produktionsabfällen aus Mischgewebe auf die resultierenden Rezyklat-Eigenschaften. Seit März 2025 ist sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin am DIK in der Abteilung Elastomerchemie tätig.



Tiena Djana Cyril Calvin

Tiena Djana Cyril Calvin studierte Maschinenbau mit den Schwerpunkten Berechnung und Simulation im Maschinenbau an der Hochschule für Angewandte Wissenschaft in Hamburg. Seit März 2024 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am DIK in der Abteilung „Simulationsverfahren und Kontinuumsmechanik.“



Marie Sgraja

Marie Sgraja studierte Ökotrophologie an der HS Osnabrück und Lebensmitteltechnologie an der HS Anhalt. Seit 2024 ist sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin am DIK in der Abteilung Elastomerphysik tätig.



VULKAN

FILK Freiberg Institute



poppe



GÖTTFERT
THIS IS RHEOLOGY

REGUPOL

TROESTER
EXCELLENCE IN EXTRUSION.

DIL

cikautxo
S.COOP.

WESTLAND

DIK
DIK Prüfgesellschaft mbH

VORWERK
AUTOTE

Accotex



ARLANXEO
Performance Elastomers

NERAK
FÖRDERTECHNIK

ESN
Deutsche Tischtennis Technologie GmbH

JÄGER
Gummi und Kunststoff

Continental

MST
FLEXDUCT

sbhpp

RAIN
RAIN CARBON INC.

ADITYA BIRLA
BIRLA CARBON

SEMPERIT

LNP
LUDWIG NANO PRÄZISION GMBH

Hüthig
erfolgsmedien für experten

Reich

THOMAS

GOODYEAR

WEGU

KTR
Kunststofftechnik
Rodenberg GmbH

GREINER
GUMMITECHNIK GMBH
INNOVATION / ERFAHRUNG / TECHNIK

PV Fluid
Products

APOLLO
TYRES LTD

GUMMIWARENFABRIK
EMIL SIMON
technische
Schläuche
seit 1934



Impressum

Herausgeber:

Deutsches Institut für Kautschuktechnologie e. V.
Eupener Straße 33, 30519 Hannover

Prof. Dr. Ulrich Giese
(Geschäftsführender Vorstand)

Redaktion: Trinidad Rodriguez Gallegos



Deutsches Institut für Kautschuktechnologie e. V.

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