



Veröffentlichung der Ergebnisse von Forschungsvorhaben im BMBF-Programm

Pflanzenbiotechnologie-Verbundvorhaben: *Taraxacum kok-saghyz* als nachhaltige

Quelle für die lokale Produktion von Latex, Kautschuk und Inulin (TARULIN)-

Teilprojekt A

Förderkennzeichen: 315971A

Zuwendungsempfänger:

Continental Reifen Deutschland GmbH,

Jädekamp 30, 30419 Hannover

Ausführende Stellen:

Research & Development Tires

Material & Process Development and Industrialization

Projektleitung:

Dr. rer. nat. Carla Recker

Projektlaufzeit:

01.02.2012 bis 31.07.15

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 0315971A gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Inhalt

1	Kurze Darstellung	3
1.1	Aufgabenstellung	3
1.2	Voraussetzung, unter denen das FE-Vorhaben durchgeführt wurde	3
1.3	Planung und Ablauf des Projektes	4
1.4	Stand der Wissenschaft und Technik vor Projektbeginn	4
1.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	5
2	Eingehende Darstellung	6
2.1	Ergebnisse	6
2.1.1	Rohmaterialcharakterisierung.....	6
2.1.2	Eigenschaftsprofil in Gummimischungen.....	10
2.1.3	Funktionsmusterbau.....	13
2.2	Darstellung der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	16
2.3	Darstellung der Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	16
2.4	Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit der Ereignisse	16
2.5	Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen	17
2.6	Literatur	17
2.7	Erfolgte und geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse.....	17
3	Anhang.....	18

1 Kurze Darstellung

1.1 Aufgabenstellung

Im Rahmen des Projektes wurden die folgenden Aufgaben von der Continental Reifen Deutschland GmbH durchgeführt:

- Charakterisierung der Festkautschuke
- Funktionsmusterentwicklung
- Projektkoordination

1.2 Voraussetzung, unter denen das FE-Vorhaben durchgeführt wurde

In Deutschland steht zurzeit keine lokale Quelle zur Produktion von Naturkautschuk und -latex zur Verfügung. Dementsprechend muss der Bedarf an dem Rohmaterial durch Importe im Wesentlichen aus Südostasien gedeckt werden. Mit *T. kok-saghyz* steht nun eine Pflanze zur Verfügung, mit der in Zukunft Latex und Kautschuk lokal produziert werden können.

Voraussetzung zum Erreichen des Zieles der Etablierung von *T. kok-saghyz* als heimische Quelle zur Gewinnung von Latex und Naturkautschuk ist die Weiterentwicklung in allen Bereichen der Wertschöpfungskette von der Züchtung bis zur Veredlung. Zur höheren Wertschöpfung sollte ebenfalls die Isolierung des Inulins betrachtet werden. Mit TARULIN werden erste Schritte zur Schaffung dieser Voraussetzungen erfüllt, um die Gewinnung der einzelnen Naturstoffe durchzuführen und deren technische Qualifikation an Funktionsmustern zu validieren.

1.3 Planung und Ablauf des Projektes

Zu Beginn des Projektes wurde für die Kautschukproben ein Pflichtenheft zur Charakterisierung definiert. Das Pflichtenheft für den isolierten Festkautschuk umfasst zwei Teile: Zum einen die Charakterisierung des Rohmaterials nach Isolierung, zum anderen die Prüfung des Eigenschaftsprofils in ausgesuchten Kautschukmischungen zur Überprüfung der Einsatzfähigkeit in verschiedenen typischen Applikationen. Aus den erhaltenen Ergebnissen wurde das Reifenkonzept für den Funktionsmusterbau generiert. Anschließend wurden die Funktionsmuster hergestellt und charakterisiert.

1.4 Stand der Wissenschaft und Technik vor Projektbeginn

In der Reifenindustrie werden verschiedene Kautschuksorten (natürlich und synthetisch) eingesetzt. Der Kautschuk bildet dabei neben Füllstoffen wie Ruß und Silica die Basis der Produkte und ist eine der wichtigsten Komponenten. Auf molekularer Ebene handelt es sich bei der natürlichen Variante um ein Polymer aus Isopren-Monomeren, die in cis-1,4-Konfiguration verknüpft sind. Dieses Polyisopren ist heutzutage ein Rohstoff, dessen Nachfrage aufgrund wachsender Märkte stetig steigt. Auch die Entwicklung und Produktion des synthetischen Isoprenkautschuks kann die Notwendigkeit von Naturkautschuk nicht aufheben, da es bisher nicht gelungen ist, ein hundertprozentiges Äquivalent zu synthetisieren. Die Unterschiede äußern sich in den charakteristischen Eigenschaften, welche den Naturkautschuk zu einem wichtigen Rohstoff machen. Beispielsweise besitzt der synthetische Isoprenkautschuk einen geringeren cis-1,4-Anteil, hat eine niedrige Klebrigkeit sowie eine schwache Dehnungskristallisation und enthält keine Harze oder Proteine. Somit ist er für Produkte wie z. B. Hochleistungsreifen nicht geeignet und auch andere Produkte enthalten häufig Anteile von Naturkautschuk, um die Leistungsfähigkeit zu verbessern. Weitere Nachteile von synthetisch hergestelltem Kautschuk sind die kostenintensive Produktion im Vergleich zu Naturkautschuk und die Abhängigkeit vom Rohölpreis. Diese Gründe und der zugleich steigende Bedarf an Kautschuk geben Anlass nach alternativen Quellen für

Naturkautschuk zu suchen. Mögliche Quellen dafür sind Naturkautschuk aus *Taraxacum kok-saghyz* (russischer Löwenzahn) und Naturkautschuk aus *Parthenium argentatum* (Guayule). Guayule ist ebenso wie der Naturkautschuk aus *Hevea brasiliensis* in den Subtropen beheimatet, wohingegen der Naturkautschuk aus russischem Löwenzahn im gemäßigten Klima wächst.

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die Naturkautschuk-Proben aus russischem Löwenzahn hat die Continental im Rahmen des Projektes von dem Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und angewandte Ökologie in Münster (IME) sowie vom Fraunhofer-Institut für Grenzflächen und Bioverfahrenstechnik in Stuttgart (IGB) erhalten. Dort wurde der Naturkautschuk mit verschiedenen Techniken aus den Wurzeln extrahiert. Das Wurzelmaterial stammt von Versuchsfeldern in Quedlinburg, die vom Julius Kühn-Institut (JKI) betrieben werden, und aus Anbauversuchen der Firma Aeskulap GmbH in Steinach.

Die hergestellten Kautschukproben wurden zur Evaluierung in den Laboren der Continental analysiert. Die Ergebnisse wurden in einem intensiven Austausch geteilt und diskutiert, um die Produktqualität der Kautschukproben zu optimieren.

Das Projekt wurde in enger, partnerschaftlicher und konstruktiver Zusammenarbeit mit den Wirtschaftspartnern Aeskulap GmbH (Steinach), numares AG (Regensburg), Synthomer Deutschland GmbH (Marl), Südzucker AG (Mannheim/Ochsenfurt), sowie den wissenschaftlichen Einrichtungen Julius Kühn-Institut (Quedlinburg), Fraunhofer-Institute (Münster/Aachen/Stuttgart), MPI-PZ (Köln) und der Universität Stuttgart durchgeführt. Die Continental hatte dabei die Aufgabe der Projektkoordination.

2 Eingehende Darstellung

Bei der Charakterisierung der hergestellten Feststoffkautschuke, sowohl als Rohmaterial nach Isolierung als auch in ausgesuchten Kautschukmischungen, wurden die gleichen Untersuchungen an Naturkautschuk aus *Hevea brasiliensis*, am synthetischen Isoprenkautschuk sowie Guayule als alternative Naturkautschukquelle durchgeführt. Für den Funktionsmusterbau wurde als Referenz Naturkautschuk aus *Hevea brasiliensis* verwendet.

2.1 Ergebnisse

2.1.1 Rohmaterialcharakterisierung

Für die Rohmaterialcharakteristik gilt, dass sich der isolierte Festkautschuk in den Eigenschaften, die die Qualität von Naturkautschuk beschreiben, gleich oder besser sein sollte als übliche Naturkautschukqualitäten. Typische Eigenschaften zur Charakterisierung von Naturkautschuk umfassen beispielsweise Aschegehalt, Molekulargewicht, Gelgehalt, Isoprengehalt, Acetonextrakt, Viskosität, dynamisch-mechanische Charakteristik aber auch das Verhalten im Misch- und Extrusionsprozess. Für eine grundlegende Einschätzung der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Löwenzahn-NRs der Continental (hergestellt vom Fraunhofer IME im Rahmen des TARULIN-Projekts, Probe DR) und des Guayule-NRs (käuflich erworben von PanAridus, Probe GR) wurden diese mit einem Naturkautschuk aus *Hevea brasiliensis* (SIR 20 SED, Probe SIR) und einem synthetischen Polyisopren (Probe cis-IR) verglichen. Die Analyse der Materialien mittels GPC hat folgendes Ergebnis für die Molekulargewichtsverteilung ergeben (Abbildung 1).

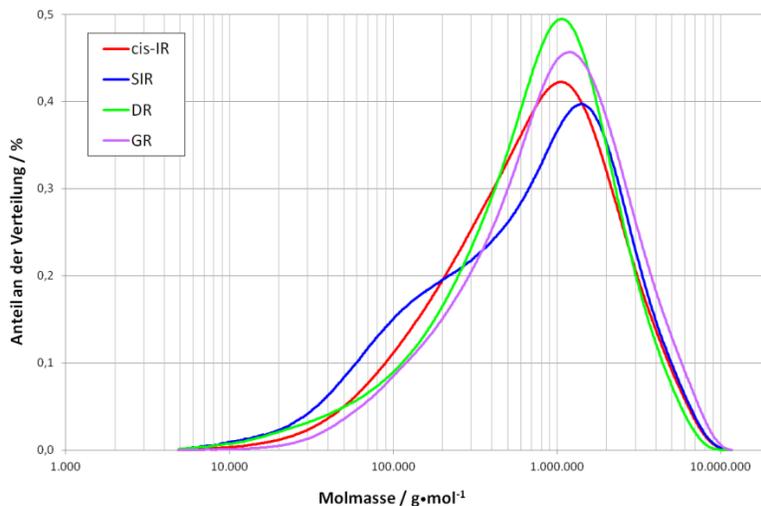


Abbildung 1: Flächennormierte Molekulargewichtsverteilung der Proben cis-IR, SIR, DR und GR.

Die zugehörigen Daten für das Zahlenmittel (M_n), Massenmittel (M_w) und Zentrifugenmittel (M_z) der Molmasse sowie der Polydispersitätsindex (PDI) und der Anteil an gelöstem Polymer in THF sind in Tabelle 1 gezeigt.

Tabelle 1: Ergebnisse der GPC für die Proben cis-IR, SIR, DR und GR.

Probe	$M_n / g \cdot mol^{-1}$	$M_w / g \cdot mol^{-1}$	$M_z / g \cdot mol^{-1}$	PDI	gelöstes Polymer / %
cis-IR	291.000	1.194.000	2.565.000	4,09	85,3
SIR	211.000	1.214.000	2.694.000	5,75	37,6
DR	264.000	1.160.000	2.286.000	4,4	61,3
GR	398.000	1.443.000	2.922.000	3,62	89,7

Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, dass die Molekulargewichte (M_w) der Kautschuke in einem vergleichbaren Bereich liegen. Allerdings ist zu bedenken, dass die Analyse ausschließlich den löslichen Teil der Probe reflektieren kann. Fraktionen höherer Molekulargewichte, die unlöslich sind und durch den Faktor ‚gelöstes Polymer‘ quantitativ wiedergespiegelt werden (je kleiner der Wert an gelöstem Polymer, desto höher der Anteil höhermolekularer Bestandteile), werden nicht wiedergegeben.

Die thermogravimetrischer Analyse sowie der Acetonextrakt der Polyisoprene haben dagegen deutlichere Unterschiede hervorgebracht als die GPC (Tabelle 2).

Tabelle 2: Ergebnisse der TGA und der Acetonextraktion für die Proben cis-IR, SIR, DR und GR.

Probe	Anteil niedermolekularer Bestandteile / %	Polymeranteil / %	Ascheanteil / %	Acetonextrakt / %
cis-IR	1,7	98,1	0,2	1,3
SIR	2,1	97,2	0,6	2
DR	7,3	89,5	2,4	12,1
GR	2,4	97,6	0,1	2,6

Die TGA Ergebnisse in Tabelle 2 zeigen, dass die Probe aus russischem Löwenzahn (DR), im Vergleich zu den anderen drei Polyisoprenen, einen deutlich geringeren Anteil an Polymer enthält (89,5 %) und stattdessen mehr als das Dreifache an niedermolekularen Verbindungen (7,3 %). Weiter ist ein vergleichsweise hoher Ascheanteil mit 2,4 % zu beobachten. Eine Erklärung ist, dass die Probe noch mit einer größeren Menge Restwurzelmateriale / Mineralien aus anhaftender Erde o. ä. verunreinigt ist. Die Proben cis-IR, SIR und GR zeigen keine signifikanten Unterschiede. Die TGA Ergebnisse korrelieren mit den Resultaten der Acetonextraktion. Die Proben cis-IR, SIR und GR enthalten rund 2 % in Aceton löslicher Verbindungen, wohingegen sich in der DR-Probe 12,1 % (ca. das 6-fache) befinden (Tabelle 2).

Neben der Rohmaterial-Charakterisierung auf chemischer Ebene, wurde das dynamisch-mechanische Verhalten der Kautschuke in einem dynamisch-mechanischen Experiment in Scherung untersucht. Als Ergebnis werden das Speichermodul G' und der Verlustfaktor $\tan \delta$ als Funktion der Frequenz betrachtet, siehe Abbildung 2.

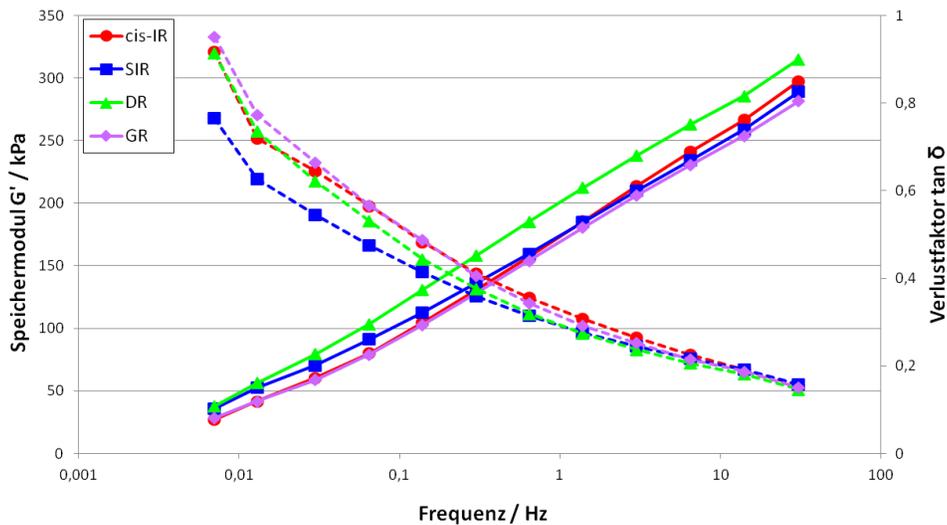


Abbildung 2: Speichermodul G' (durchgezogene Linien) und Verlustfaktor (gestrichelte Linien) als Funktion der Frequenz für die Proben cis-IR, SIR, DR und GR.

Bezogen auf die Referenz (Probe cis-IR, rot) zeigen der NR aus *Hevea brasiliensis* (Probe SIR, blau) und aus der Guayule (Probe GR, lila) nahezu das gleiche elastische Verhalten. Das Speichermodul für den Naturkautschuk aus russischem Löwenzahn (Probe DR, grün) steigt hingegen mit zunehmender Frequenz stärker an. Dies ist ein Zeichen für die Fähigkeit bei Belastung eine größere Menge Energie im Material zu speichern und spricht für eine höhere Steifigkeit des Löwenzahn-NRs. Zugleich zeigt der Verlauf des Verlustfaktors (Quotient aus Verlust- und Speichermodul) ein zur Referenz vergleichbares Verhalten. Das Gleiche gilt für die Probe-GR, die sich nicht vom cis-IR unterscheidet. Die Probe SIR weist dagegen bei niedrigeren Frequenzen geringere Verluste als die restlichen Kautschuke auf. Allerdings sind insgesamt die Polyisoprene nicht grundsätzlich verschieden, sodass von einem vergleichbaren dynamisch-mechanischem Verhalten geredet werden kann.

Zusammenfassend zeigt der Vergleich von Polyisoprenen aus verschiedenen Quellen, dass der Naturkautschuk aus den alternativen Quellen *Taraxacum kok-saghyz* (russischer Löwenzahn) und *Parthenium argentatum* (Guayule) Potential für die Verwendung in Gummi-Produkten besitzt. Die Eigenschaften des Naturkautschuks aus der Guayule sind mit denen des synthetischen Isoprenkautschuks vergleichbar. Allerdings ist der Guayule-Kautschuk aufgrund des aufwendigen Herstellungsprozesses

durch die damit verbundenen ökonomischen Randbedingungen für die Reifenindustrie ungeeignet. Der Naturkautschuk aus dem russischen Löwenzahn weist im Vergleich zu dem Naturkautschuk aus *Hevea brasiliensis* einen geringeren Anteil an Polymer auf und stattdessen mehr als das Dreifache an niedermolekularen Verbindungen. Ebenso ist ein höherer Anteil in Aceton löslicher Verbindungen zu detektieren sowie eine höhere Steifigkeit des Löwenzahn-NRs. Vergleichbare Aussagen finden zu diesem Eigenschaftsprofil finden sich auch in der Literatur [Ulmann, 1951]. Dennoch ist der Kautschuk aus russischem Löwenzahn eine mögliche alternative Naturkautschukquelle, da sich im Projektverlauf gezeigt hat, dass sich die Eigenschaftsunterschiede von Naturkautschuk aus *Hevea brasiliensis* und dem russischen Löwenzahn noch durch Parameter der Agronomie sowie der Prozessierung anpassen lassen. Des Weiteren kann das Produktverhalten durch die Anpassung der Mischungszusammensetzung erfolgen.

2.1.2 Eigenschaftsprofil in Gummimischungen

Die Eigenschaften des Kautschuks in repräsentativen Kautschukmischungen werden charakterisiert durch die physikalischen Mischungseigenschaften wie z. B. Härte, Steifigkeit, Zugfestigkeit und -dehnung, dynamisch-mechanische Charakteristik, Rückprallelastizität, Ermüdungsverhalten bei mechanischer Dauerbelastung und Alterungsverhalten. Weiter werden chemische Eigenschaften insbesondere in Hinblick auf das ausgebildete Netzwerk charakterisiert, da durch Begleitstoffe im Kautschuk eine Beeinflussung der Netzwerkbildung verursacht werden kann.

Als repräsentative Mischung wurde eine Mischung mit Naturkautschuk als einzigem Polymer sowie Ruß als Füllstoff Verwendung finden. Solche Mischungen finden heute Einsatz als Laufstreifenmischungen für LKW-Reifen und bieten daher eine wohlbekannte Grundlage. Als Vergleich werden auch die in der Rohmaterialcharakterisierung eingesetzten unterschiedlichen Isopren- und Naturkautschukqualitäten verwendet. Zusätzlich wurde eine auf IR-basierende Mischung mit einem höheren Ruß-Anteil als Vergleichsprobe hergestellt (M-cis-IR65). Ein erster Indikator für das Verhalten der Mischungen sind die Vulkanisationskurven, die

mit Hilfe eines Rheometers aufgenommen werden und in Abbildung 3 zu sehen sind.

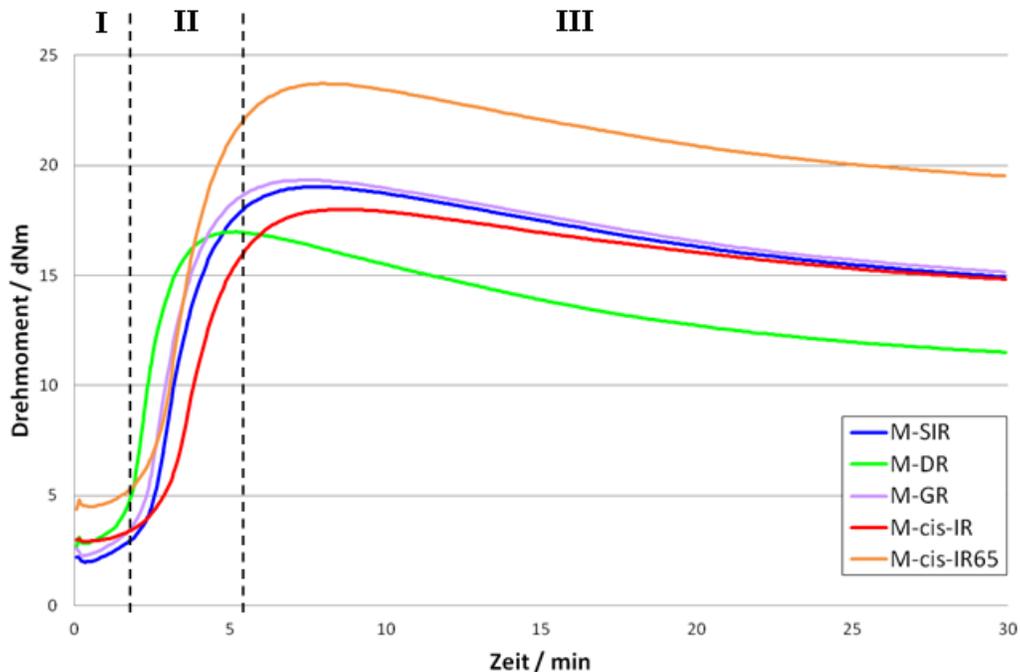


Abbildung 3: Vulkanisationskurven der Proben M-SIR, M-DR, M-GR, M-cis-IR und M-cis-IR65 bei 160 °C.

Bei einem Vergleich der Mischungen ist zu erkennen, dass sich die Probe M-GR kaum von der Referenz M-cis-IR und der Vergleichsprobe M-SIR im Verhalten unterscheidet. Im Gegensatz dazu beginnt die Vernetzung der Probe M-DR etwas schneller, erreicht allerdings nicht das Drehmomentniveau der übrigen Gummi-Mischungen. Das im Vergleich deutliche höhere Drehmoment der Probe M-cis-IR65 (orange) ist auf die verstärkende Wirkung des zusätzlichen Füllstoffs zurückzuführen.

Im Anschluss an die Vulkanisation folgte die gummithechnische Charakterisierung der Proben. Die wichtigsten Ergebnisse für die Beurteilung der Materialqualität sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: Ausgewählte Reifenmischungs-Ergebnisse für die Vulkanisate M-SIR, M-DR, M-GR, M-cis-IR und M-cis-IR65 (Vergleich von Polyisopren aus verschiedenen Quellen).

Eigenschaft	Einheit	M-SIR	M-DR	M-GR	M-cis-IR	M-cis-IR65
Acetonextrakt	m%	5,4	11,6	5,9	5,5	4,9
Dichte RT	g/cm ³	1,104	1,143	1,099	1,093	1,215
Härte Shore A RT	ShA	64,1	66,1	62,9	61,4	70,5
Härte Shore A 70 °C	ShA	57,8	58,6	58,6	58	65,3
Rückprallelastizität RT	%	45,2	30,8	42,6	42,8	34,6
Rückprallelastizität 70 °C	%	61,4	47,6	58,8	57,6	48,8
Zugfestigkeit	MPa	27,7	21,3	27	26,8	25,1
Reißdehnung	%	557,8	547,8	573,1	617,6	528,5
Abrieb RT	mm ³	116	163	106	99	107

Die Werte in Tabelle 3 geben einen Überblick über die Größenordnungen und Unterschiede der Ergebnisse. Es ist direkt zu erkennen, dass sich die Probe M-DR basierend auf Löwenzahn-NR in den meisten Eigenschaften von der Referenz und dem Vergleichsmaterial unterscheidet, wohingegen die Probe M-GR basierend auf Guayule-NR ein nahezu identisches Verhalten aufweist. Die Verschiebung des Eigenschaftsbildes zeigt in die gleiche Richtung wie ein erhöhter Rußgehalt in der Kautschukmischung.

Die Reifenmischungsergebnisse für das Vulkanisat basierend auf Naturkautschuk aus russischem Löwenzahn zeigten hingegen ein verändertes Eigenschaftsprofil. Die Unterschiede wurden zum einen in einer höheren Dichte und Härte festgestellt, zum anderen in einer Abnahme der Rückprallelastizität und Vernetzungsdichtes des Polymers. Der Acetonextrakt ist ebenfalls erhöht, was in Übereinstimmung mit der Rohmaterialcharakterisierung steht.

Zusammenfassend hat sich für diese Mischserie ergeben, dass die alternativen Naturkautschuke sich unterschiedlich in einer Reifenmischung verhalten. Die auf Guayule-NR-basierte Probe verhält sich nahezu identisch zu der Referenz M-cis-IR. Diese Ähnlichkeit konnte bereits bei der Rohmaterial-Charakterisierung festgestellt werden und kann mit dem Extraktionsprozess des Guayule-NRs begründet werden. Die Entfernung der natürlichen Harze und anderer Bestandteile unter Verwendung von Lösemitteln führt zu einem Kautschuk welcher bezüglich der Zusammensetzung und Reinheit dem synthetisch hergestellten Kautschuk sehr ähnlich ist. Demnach enthält die

Probe M-GR (und auch das Rohmaterial (GR)) kaum bis gar keine Komponenten, die ein von M-cis-IR verschiedenes Verhalten erklären würden. Anders verhält es sich bei der Mischung mit Löwenzahn-NR. Die Unterschiede sind signifikant, korrelieren allerdings untereinander und erlauben unter Anwendung von Anpassungsmaßnahmen in der finalen Kautschukmischungen ein vergleichbares Eigenschaftsbild.

2.1.3 Funktionsmuster

Aufgrund der im Projekt zur Verfügung stehenden Menge an Naturkautschuk aus russischem Löwenzahn wurde für den Funktionsmusterbau ein PKW Reifen ausgewählt. Für den Reifenbau wurde zur ersten Überprüfung der Naturkautschukqualität der Vergleich in einer Laufstreifenmischung durchgeführt. Da Naturkautschuk ein Kautschuk mit relativ niedriger Glasübergangstemperatur ist, wurde ein Winterreifen ausgewählt und die Mischung entsprechend ausgelegt. Wesentlich für einen möglich aussagekräftigen Vergleich ist die Verwendung von Naturkautschuk als einzigem Kautschuk in der Mischung, um Verdünnungseffekte zu vermeiden. Dafür wurde basierend auf den Ergebnissen vorangegangener Versuchsreihen zur Vorbereitung des Funktionsmusterbaus eine an aktuelle Reifenkonzepte angelehnte Mischung mit gefällter Kieselsäure als Füllstoff entwickelt. Ziel der Anpassung war ein äquivalentes Steifigkeitsniveau der Mischungen. Dazu wurden zwei Mischserien im Labor zur Adaption der Mischungen durchgeführt. Die beiden für den Funktionsmusterbau ausgewählten Mischungen sind nebst einigen wesentlichen Ergebnissen nachfolgend in Tabelle 4 dargestellt:

Tabelle 4: Mischungsdaten für die Laufstreifenmischung im Funktionsmusterbau

		Hevea	Löwenzahn
Naturkautschuk H. b.	phr	100,0	-
Naturkautschuk Loewenzahn	phr	-	100,0
MDR 2000 160°C			
Time (Cure State) - 10	min	0,7	1,8
Time (Cure State) - 95	min	6,5	5,6
ML	dNm	2,2	1,4
MHF	dNm	16,8	14,6
MHF - ML	dNm	14,6	13,1
Density RT	g/cm3	1,172	1,194
Hardness Shore A RT	shore A	62,4	63,0
Hardness Shore A 70°C	shore A	55,3	55,5
Resilience RT	percent	29,3	22,1
Resilience 70°C	percent	44,1	40,9
Tensile Test RT			
Tensile Strength	MPa	14,1	12,2
Elongation at Break	percent	571,2	549,0
Stress (Elongation) - 50	MPa	0,9	1,0
Stress (Elongation) - 100	MPa	1,5	1,7
Stress (Elongation) - 200	MPa	3,7	4,0
Stress (Elongation) - 300	MPa	6,7	6,6
DMA @ 55 °C			
E'(8%)	MPa	3,7	4,3
TanD (max)	--	0,19	0,21

Für den Funktionsmusterbau wurde aus den seitens FhG-IME zur Verfügung gestellten Naturkautschukmengen eingesetzt. So konnten eine zur umfassenden Bewertung ausreichende Menge an PKW-Reifen hergestellt werden.

Im Rahmen der Funktionsmustertesting wurden neben den notwendigen Haltbarkeitsprüfungen (Hochgeschwindigkeit, Dauerhaltbarkeit) typische Eigenschaftsprüfungen wie Bremsen auf nasser und trockener Fahrbahn, Fahreigenschaften auf nasser und trockener Fahrbahn, Rollwiderstand sowie Wintereigenschaften durchgeführt. Die Ergebnisse sind in

Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 5: Reifen-Funktionsmuster von Continental mit einer Lauffläche aus 100 % Löwenzahnkautschuk Taraxagum™ und den zugehörigen Ergebnissen der Reifentests [Funktionsmuster, 2014].



		Hevea	Löwenzahn
Trockenbremsen	%	0	+
Nassbremsen	%	0	+
Rollwiderstand	%	0	-
Wintereigenschaften	%	0	0
Komfort	%	0	0

Die Ergebnisse zeigen ein vergleichbares Eigenschaftsprofil für die beiden Reifen. Die leichte Verschiebung im Rollwiderstands-Brems-Konflikt ist ausgewogen und war aufgrund der Ergebnisse der Laborcharakterisierung erwartet. Bei zukünftigen Anwendungen kann die Verschiebung durch geeignete, konventionelle Rezeptmaßnahmen aufgefangen werden. Desweiteren werden noch Potentiale im Aufarbeitungsprozess erwartet.

2.2 Darstellung der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

• Personalmittel:	235.976,20 €
• Verbrauchsmaterial:	6.406,80 €
• Reisen:	3.900,00 €
• Innerbetriebliche Leistung:	27.680,00 €
Summe:	273.963,00 €

Der Finanzierungsplan wurde eingehalten. Details können dem Kostenbericht entnommen werden.

2.3 Darstellung der Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Alle durchgeführten Arbeiten waren angemessen und notwendig, um die gestellten Aufgaben zu bearbeiten und die Zielstellungen zu erreichen.

2.4 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit der Ereignisse

Continental konnte zeigen, dass das im Rahmen dieses Projektes hergestellte Polyisopren aus der alternativen Naturkautschukquelle *Taraxacum kok-saghyz* für die Anwendung in Gummiprodukten geeignet ist. Auf der Ebene der kautschukverarbeitenden Industrie kann zukünftig auf lokale Rohstoffherzeuger zurückgegriffen werden, um so einerseits bestehende und mögliche weitere zukünftige Beschränkungen in der Rohstoffversorgung zu überwinden und andererseits eine Verbesserung der CO₂-Balance zu erreichen.

Die Ergebnisse der Rohmaterialcharakterisierung zeigen, im Vergleich zu üblichen Naturkautschuk, Unterschiede bezüglich der Molekulargewichtsverteilung, dem

Aschegehalt und dem Aceton-Extrakt, die einer guten Qualität abträglich wären. Ein optimaler Aufarbeitungsprozess ist daher noch nicht verfügbar. Für Verbesserungen können die in diesem Projekt erzielten Ergebnisse der Abhängigkeiten zwischen den Parametern der Agronomie sowie der Prozessierung und den Produkteigenschaften können dafür genutzt werden.

Desweiteren sollen für den Funktionsmusterbau im Folgeprojekt TARULIN II weitere Anwendungsfelder erschlossen werden, bei deren Entwicklung auf die in diesem Projekt erzielten Ergebnisse zurückgegriffen werden kann.

2.5 Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Es sind keine nennenswerten Fortschritte Anderer auf dem Gebiet bekannt.

2.6 Literatur

[Ulmann, 1951] M. Ulmann, ‚Wertvolle Kautschukpflanzen des gemässigten Klimas‘, Akademie Verlag Berlin, 1951.

2.7 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse

Folgende Veröffentlichungen sind bis jetzt im Rahmen des Projektes erfolgt:

Vortrag: “TARULIN – *Taraxacum kok-saghyz* als nachwachsende lokale Quelle für Naturkautschuk, Latex und Inulin”, Recker, C. et al., PLANT 2030 Status Seminar, Potsdam, 2015

Vortrag: “TARULIN – *Taraxacum kok-saghyz* als nachwachsende lokale Quelle für Naturkautschuk, Latex und Inulin”, Recker, C. et al., Halbzeitkonferenz Bioökonomie, Berlin, 2014

Standbeitrag: “TARULIN und TAKOWIND – Die Löwenzahn Partnerprojekte“, Hannovermesse, Hannover, 2014

Artikel: „Pustebblumen als nachhaltige Rohstoffquelle“, www.Pflanzenforschung.de, 2014

Poster: „TARULIN – *Taraxacum kok-saghyz* as a Sustainable Local Source for Rubber, Latex and Inulin“, Abele, A., Geyer, R. et al., PLANT 2030 Status Seminar, Potsdam, 2014

Vortrag: “TARULIN – *Taraxacum kok-saghyz* als nachwachsende lokale Quelle für Naturkautschuk, Latex und Inulin“, Recker, C. et al., PLANT 2030 Status Seminar, Potsdam, 2013

3 Anhang

Erfolgskontrollbericht

Kurzfassung (Berichtsblatt)

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel <i>Taraxacum kok-saghyz</i> als nachhaltige Quelle für die lokale Produktion von Latex, Kautschuk und Inulin (TARULIN) - Teilprojekt A	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Recker, Dr. Carla Große, Dr. Julia	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31. Juli 2015
	6. Veröffentlichungsdatum n. n.
	7. Form der Publikation Schlussbericht
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Research & Development Tires Material & Process Development and Industrialization Continental Reifen Deutschland GmbH Jädekamp 30 30419 Hannover	9. Ber. Nr. 8
	10. Förderkennzeichen BMBF-FKZ 0315971A
	11. Seiten 18
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben 1
	14. Tabellen 5
	15. Abbildungen 3
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) Plant2030 Statusseminar, Potsdam, seit 2012 fortlaufend	
18. Kurzfassung Naturkautschuk und Latex wird in mehr als 40.000 Produkten des täglichen Lebens verarbeitet und besitzt mit einem jährlichen Verbrauch von mehr als 13 Millionen Tonnen eine hohe Bedeutung als nachwachsender Rohstoff. Der größte Anteil der Kautschukproduktion geht in die Reifenindustrie. Als einzige kommerziell genutzte Quelle für Naturkautschuk und Latex wird derzeit der Kautschukbaum <i>Hevea brasiliensis</i> verwendet. Die begrenzte genetische Vielfalt der <i>Hevea</i> -Plantagen, klimabedingte Ernteverluste oder die geografischen Einschränkungen bei der Kultivierung führen zu Fluktuationen der Produktionsmengen. Aus diesem Grund unterliegt der Rohstoffpreis für Naturkautschuk Schwankungen, die einen negativen Einfluss auf die Kostenstabilität in der Gummiindustrie haben. Des Weiteren führt der steigende Bedarf an Naturkautschuk in den letzten Jahren zur Notwendigkeit, eine zusätzliche Quelle für Naturkautschuk, die in gemäßigten Breiten der angebaut werden könnte, zu erschließen. Das Projekt TARULIN sollte erste Grundlagen in Züchtungsforschung, Agronomie, Prozessierung und Herstellung von Funktionsmustern für die Wiedereinführung von <i>T. kok-saghyz</i> als Kautschukproduzenten entlang der Wertschöpfungskette legen. Die Continental Reifen Deutschland GmbH hat in diesem Rahmen die isolierten Feststoffkautschuke als Rohmaterial charakterisiert sowie deren Eigenschaftsprofil in Gummimischungen bezüglich der Einsatzfähigkeit in verschiedenen typischen Applikationen überprüft. Basierend auf diesen Ergebnissen konnte ein erstes Funktionsmuster realisiert werden. Die Ergebnisse des Funktionsmusters zeigen ein vergleichbares Eigenschaftsprofil gegenüber Reifen mit üblichem Naturkautschuk.	
19. Schlagwörter TARULIN, Naturkautschuk, <i>Taraxacum kok-saghyz</i> , Löwenzahn, Prototypenbau	
20. Verlag	21. Preis