

## Geleitwort

Im November 2012 wird gemäß der Verordnung 1222/2009/EG die Kennzeichnung von Reifen verpflichtend für alle Reifenhersteller und deren Vertriebsorganisationen eingeführt. Das Label bewertet den Reifen in Bezug auf den Kraftstoffverbrauch, die Nasshaftigkeit sowie die Geräuschemission. Die Optimierung von Reifen hinsichtlich der Kraftstoffeffizienz führt zu einem Spannungsfeld zwischen Sicherheit, Laufleistung und dem Rollwiderstand. In der Vergangenheit bedeutete eine Verbesserung einer dieser Eigenschaften die Verschlechterung von mindestens einer der beiden anderen Eigenschaften. Durch aktive Forschung und übergreifende Innovationsnetzwerke können wir als großer Hersteller von Kautschuk und Additiven einen Beitrag leisten, um den Zielkonflikt zwischen dem gestiegenen Sicherheitsbedürfnis und der Rollwiderstandsoptimierung von Reifen aufzulösen. So ist es uns möglich bereits am Anfang der Supply Chain einen Beitrag zur Schonung der Umwelt und zur Erhöhung der Sicherheit im Straßenverkehr zu leisten.

Unsere Strategie, die Einführung grüner Reifen als einen Beitrag zur Verbesserung der Kraftstoffeffizienz und Minderung von CO<sub>2</sub>-Emissionen zu unterstützen, hat uns bewogen, Prof. Wildemann der Technischen Universität München zu beauftragen, durch Expertengespräche und umfassende Recherchen Antworten auf den Zielkonflikt von Sicherheit, Rollwiderstand und Langlebigkeit zu finden. Ich bedanke mich bei Prof. Wildemann und seinem Team für die hervorragenden Ergebnisse, die in der vorliegenden Studie zusammengefasst wurden.

Leverkusen, 01. Juli 2011

Dr. Axel C. Heitmann



**Dr. Axel C. Heitmann**  
Vorstandsvorsitzender  
der LANXESS AG, Leverkusen

## Vorwort

Die Einführung des Tire-Labelings hat direkte Auswirkungen auf die Kautschukproduzenten und Reifenhersteller. Für den Endkunden wird es erstmals die Möglichkeit geben, Reifenhersteller und ihre Produkte, die von einer unabhängigen Drittpartei getestet und klassifiziert wurden, zu vergleichen. Auf diese Weise wird eine hohe Transparenz geschaffen, die einen erhöhten Wettbewerb auf dem dichten Reifenmarkt auslöst.

Das Label klassifiziert die Reifen in den drei Kategorien Kraftstoffverbrauch, Geräuschemission und Nasshaftung mit dem Ziel, die Kraftstoffeffizienz von Kraftwagen zu erhöhen und die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu senken. Die Herausforderung für die Kautschukproduzenten und Reifenhersteller ist es, den Zielkonflikt zwischen diesen Kategorien aufzulösen. Dazu müssen die Parameter gleichzeitig verbessert werden, ohne dass ein anderer vermindert wird.

Diese Studie beschreibt die aktuellen Erkenntnisse bekannter Reifenhersteller und Experten, die bestrebt sind, diesen Zielkonflikt von Sicherheit, Rollwiderstand und Langlebigkeit aufzulösen. Dabei werden zunächst die Parameter des Zielkonflikts charakterisiert und deren Geltungsbereich in der Vergangenheit sowie die heutigen Wirkmechanismen dargestellt. Im Anschluss wird der Wandel des Automobilreifens bis in die Gegenwart betrachtet. Darauf aufbauend werden die Differenzierungsstrategien der Reifenhersteller analysiert und Ansätze zur Lösung des Zielkonfliktes mit Hilfe von Innovationen der Kautschukhersteller.

München, 01. Juli 2011



**Horst Wildemann**  
Univ.-Prof. Dr. Dr. h. c. mult.  
Technische Universität München

## Der Autor



Horst Wildemann  
Univ.-Prof. Dr. Dr. h. c. mult.  
Forschungsinstitut -Unternehmensführung,  
Logistik u Produktion  
Technische Universität München

## Redaktionelle Mitarbeit



Dr. Andreas Schroeder  
MBA, Dipl.-Wirtsch.-Inf.  
TCW Transfer-Centrum  
GmbH & Co. KG, München



Martinus Rüben  
Dipl.-Kfm.  
TCW Transfer-Centrum  
GmbH & Co. KG, München



Sven Stegmann  
MBA, Dipl.-Ing.  
TCW Transfer-Centrum  
GmbH & Co. KG, München



Maximilian Offizier  
Dipl.-Wirt.-Ing.  
TCW Transfer-Centrum  
GmbH & Co. KG, München



Axel Brunn  
Dipl.-Kfm.  
TCW Transfer-Centrum  
GmbH & Co. KG, München



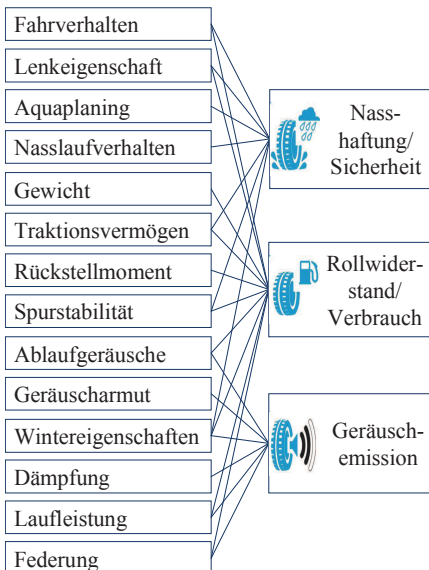
Dominik Wagner  
Dipl.-Kfm.  
TCW Transfer-Centrum  
GmbH & Co. KG, München

---

<b>Geleitwort</b> .....	<b>3</b>
<b>Vorwort</b> .....	<b>5</b>
<b>0 Zusammenfassung</b> .....	<b>9</b>
<b>1 Das Magische Dreieck als Bezugsrahmen für Automobilreifen</b> .....	<b>12</b>
1.1 Charakterisierung des Magischen Dreiecks .....	12
1.2 Geltungsbereiche des Magischen Dreiecks .....	19
1.3 Zielkonflikte und Wirkmechanismen in der Gegenwart .....	22
1.4 Zusammenfassung .....	29
<b>2 Wandel der Automobilreifen in Gegenwart und Zukunft</b> .....	<b>31</b>
2.1 Veränderung der technischen Leistungsfähigkeit.....	31
2.2 Wahrnehmung des technischen Fortschritts .....	35
2.3 Technische Auslegung innerhalb des Magischen Dreiecks .....	38
2.4 Ansichten zur technischen Auslegung.....	42
2.5 Zusammenfassung .....	47
<b>3 Positionierung der Reifenindustrie</b> .....	<b>49</b>
3.1 Historische Entwicklung der Innovationen .....	49
3.2 Positionierung und Differenzierung der Reifenhersteller.....	55
<b>4 Innovationen als Enabler zur Lösung des Zielkonflikts bei Automobilreifen</b> .....	<b>60</b>
4.1 Innovationsnetzwerke .....	60
4.2 Ansätze zur Lösung des Zielkonflikts .....	64
<b>5 Literaturverzeichnis</b> .....	<b>68</b>
<b>6 Anhang</b> .....	<b>74</b>

# 1 Das Magische Dreieck als Bezugsrahmen für Automobilreifen

Das Magische Dreieck als höchste Aggregationsstufe den Reifen determinierender Eigenschaften.



Bei der Entwicklung von Automobilreifen haben die Hersteller etwa 50 bis 70 Parameter für ihre Forschung und Entwicklung im Blick, die zu drei Hauptkategorien, dem sogenannten Magischen Dreieck, gruppiert werden können. Die Langlebigkeit (Abriebfestigkeit), die Sicherheit (Nassbremsverhalten) und der Rollwiderstand eines Reifens. Bisher stehen diese Faktoren in einem Zielkonflikt zueinander. Die Verbesserung von einem der Faktoren beeinflusst in der Regel mindestens einen der beiden anderen Faktoren negativ. Eine Verbesserung der Sicherheit, also der Haftung auf nasser Straße, führt etwa zu einem höheren Rollwiderstand. Dies verursacht wiederum einen höheren Kraftstoffverbrauch. Mit Hilfe neuer Materialien, Konstruktions- und Fertigungsverfahren konnte dieser Konflikt entschärft werden. Neu entwickelte Reifen können mittlerweile sowohl einen geringen Rollwiderstand, als auch eine gute Nass- und Trockenhaftung und zusätzlich eine lange Lebensdauer aufweisen. Das Spannungsfeld des Magischen Dreiecks bleibt jedoch weiterhin bestehen.

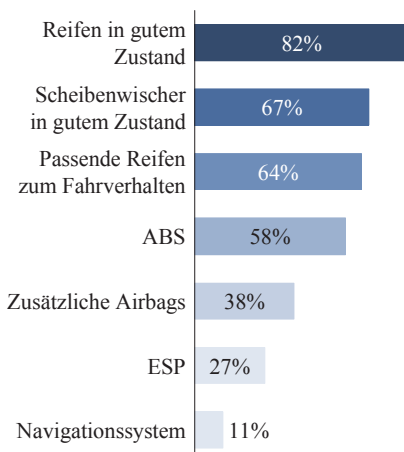
## 1.1 Charakterisierung des Magischen Dreiecks

Die drei Dimensionen werden charakterisiert und ihre Bedeutung aus Kundensicht analysiert. Die Kundensicht manifestiert sich in der Priorisierung der kaufentscheidende Faktoren für Reifen. Nachfolgend werden die drei Dimensionen Sicherheit, Langlebigkeit und Rollwiderstand detailliert.

### Sicherheit

Im Magischen Dreieck wird unter dem Aspekt Sicherheit das Bremsverhalten des Reifens subsumiert. Dieser Aspekt steht für den Verbraucher an oberster Stelle. Reifen spielen aus Kundensicht heute eine entscheidende Rolle für die Sicherheit im Straßenverkehr.

Endverbraucher betrachten Reifen als sicherheitskritisches Element am Auto.



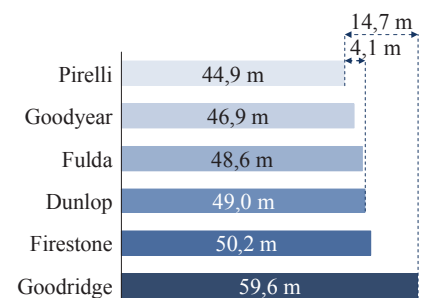
82% aller europäischen Autofahrer betrachten den Reifen als sicherheitskritisches Element am Auto (vgl. Goodyear, 2010, S. 17). Neben der regelmäßigen Überprüfung der Profiltiefe und des Reifendrucks im Betrieb ist insbesondere die Wahl eines Reifens mit guten Sicherheitseigenschaften beim Kauf relevant. Dabei sind sicherheitsrelevante Aspekte, wie gute Nässeigenschaften und ein kurzer Bremsweg bei der Auswahl eines Reifens von Bedeutung. Sie gehören zu den vier Faktoren, die für ihn beim Reifenkauf die größte Bedeutung haben (vgl. Goodyear, 2008, S. 4). Dass der Fokus im Bereich Sicherheit auf dem Nass- und Trockenbremsverhalten liegt, zeigen nicht nur die eindeutigen Ergebnisse der Kundenbefragungen. Auch die Reifenindustrie verfolgt mit ihren Neuentwicklungen das Ziel, den Bremsweg des Autos immer weiter zu verkürzen. Eine öffentlichkeitswirksame Zielsetzung war dabei das sogenannte „30 Meter Auto“: ein PKW, der aus einer Geschwindigkeit von 100 km/h bei trockener Fahrbahn nach nur 30 Metern zum Stillstand kommen kann.

Sicherheitsaspekte bei der Reifenwahl spielen schon lange eine zentrale Rolle für den Verbraucher. Dies zeigen Tests zur Griffigkeit und dem Bremsverhalten, die schon in den 1930er Jahren durchgeführt wurden. Grundsätzlich ist eine stetige Verbesserung von Reifen hinsichtlich ihrer Trocken- und Nassbremsleistung seit Mitte der 1970er Jahre zu erkennen. Jedoch wurden Reifen hinsichtlich ihrer Nassbremsleistung erst Mitte der Neunziger Jahre mit der Einführung von Silica in der Reifenproduktion erheblich verbessert (vgl. Krause, 2011, S. 4). Im Hinblick auf Aquaplaning, Wasserverdrängung und Trockenbremsleistung liegen heute alle am Markt verfügbaren Reifen eng zusammen. Hinsichtlich des Nassbremsweges unterscheiden sie sich jedoch beträchtlich. Im Vergleich von einzelnen Reifen einer Klasse wird beispielsweise deutlich, dass Unterschiede im Bremsweg bei Nässe aus 100 km/h von 15 Metern auftreten (vgl. AutoBild, 2011 a, S. 60 ff). In der

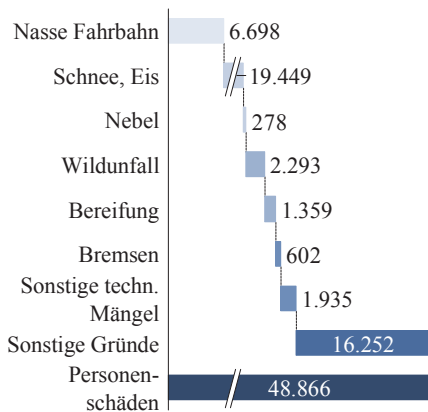
**Wenige Kriterien beeinflussen die Kaufentscheidung des Endverbrauchers für einen Automobilreifen.**

- Aquaplaningeigenschaften
- Fahrstabilität
- Präzision der Lenkung
- Lebensdauer
- Bremseigenschaften
- Verhalten bei winterlichen Bedingungen

**Laut AutoBild Reifentest 2011 unterscheiden sich Automobilreifen hinsichtlich des Bremsweges aus 100 km/h bei nasser Fahrbahn um bis zu 15 Meter.**



**Die mangelhafte Bereifung von Fahrzeugen ist Ursache für zahlreiche Unfälle im Straßenverkehr.**



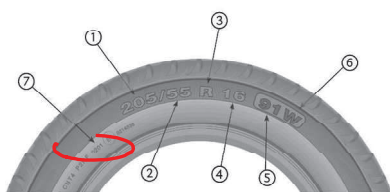
Regel erfüllen nahezu alle Reifen die gesetzlichen Anforderungen an die Sicherheit. Der Zielkonflikt der Reifenentwickler, entweder einen möglichst kurzen Nassbremsweg zu erreichen oder einen optimalen Rollwiderstand zu erzielen, besteht jedoch fort. Einzelne Reifenhersteller beweisen aber, dass mittlerweile trotz eines geringen Rollwiderstands ein gutes Nassfahrverhalten erreicht werden kann. Auch rollwiderstandsarme Reifen sind so ausgelegt, dass sie allen gesetzlichen Anforderungen gerecht werden.

Die Bedeutung von Reifen für die Sicherheit im Straßenverkehr zeigt die Statistik für Verkehrsunfälle in Deutschland aus dem Jahr 2010. Unter den 48 866 Unfällen mit Personenschäden sind 6698 auf Glätte durch regennasse Fahrbahnen zurückzuführen. Weitere 1359 Unfälle sind auf eine mangelhafte Bereifung zurückzuführen. In Summe entfallen somit 16% aller Verkehrsunfälle auf Ursachen, die direkt mit der Bereifung eines Fahrzeuges im Zusammenhang gebracht werden (vgl. Statistisches Bundesamt, 2011).

### Langlebigkeit

Reifen altern aufgrund physikalischer und chemischer Prozesse, wodurch ihre Funktionsfähigkeit beeinträchtigt werden kann. Aus diesem Grund existiert die DOT-Nummer. Diese im Reifen eingravierte Nummer zeigt die Kalenderwoche und die letzten beiden Stellen des Produktionsjahres eines Reifens an. Ist ein unbenutzter Reifen zwei Jahre und vier Monate alt, gilt er nicht mehr als neuer Reifen und wird als mangelhaft eingestuft (Amtsgericht Starnberg, 2009). Insgesamt soll die Lebensdauer eines Reifens zehn Jahre betragen. Ab einem Alter von sechs Jahren sollte ein Reifen in regelmäßigen Abständen auf poröse Stellen und Risse untersucht werden (vgl. DEKRA, 2010). Ältere Reifen wurden früher vom Kunden bevorzugt. Der Grund dafür lag in der Hoffnung, bessere Laufeigenschaften zu erzielen, da ein älterer Reifen „härter“ wird

**Die DOT-Nummer (Department of Transportation) gibt Aufschluss über das Produktionsdatum eines Automobilreifens.**



1. Reifenbreite
2. Verhältnis von Höhe zu Breite in Prozent
3. Radialbauweise
4. Felgendurchmesser in Zoll
5. Tragfähigkeitskennzahl
6. Geschwindigkeitssymbol
7. DOT-Nummer

und damit einen geringeren Rollwiderstand aufweist. Dadurch versprach sich der Kunde eine Erhöhung der Laufleistung.

Der Alterungsprozess von Reifen ist ein komplexer Prozess. Er wird in chemische und physikalische Komponenten unterteilt. Die chemischen Vorgänge werden durch UV, Ozon, Sauerstoff, Feuchtigkeit und Hitze ausgelöst und beschleunigt. Ozon und Sauerstoff spalten die Molekülketten auf und bilden neue Vernetzungen innerhalb des Gummis. Die physischen Einflussgrößen Temperatur, Zeit und die Verformungskräfte beschleunigen ebenfalls den Alterungsprozess. Die Oxidation wird durch physikalische Einflussgrößen, wie Zeit und damit Alter, höhere Temperaturen und Luftfeuchtigkeit auf negative Weise verstärkt. Bei niedrigen Temperaturen richten sich die ungeordneten Molekülketten aus. Mikrokristalle bilden regelmäßige Strukturen und verhärten somit das Material weiter. Sachgemäß gelagerte Reifen können bis zu vier Jahre ohne nennenswerte Veränderungen der Eigenschaften überstehen (vgl. Wiesinger, 2007). Einzelheiten zur Lagerung von Reifen sind in der DIN 7716 sowie der ISO 2230 detailliert aufgeführt. PKW-Reifen sind so ausgelegt, dass sie bei sachgerechter Nutzung die Verschleißgrenze vor ihrer Altersgrenze erreichen. 1903 hatte ein Reifen eine durchschnittliche Verschleißgrenze von etwa 800 km. Heute sind es zwischen 40.000 – 70.000 km, wobei sich die Laufleistung in den letzten 30 Jahren allein mehr als verdoppelt hat (vgl. Braubach, 2001). Diese Entwicklung, hin zu einer langen Haltbarkeit, also einer großen Laufleistung, ist nicht nur von den Reifenherstellern getrieben sondern auch von den Kunden gewünscht. Auf die Frage: „Welches Kriterium spielt abgesehen von sicherem Fahrverhalten beim Reifenkauf die zweitwichtigste Rolle für die deutschen Autofahrer?“, votierten die Hälfte der Befragten für Laufleistung als zweitwichtigsten Parameter nach der Sicherheit, bei ihrer Entscheidungsfindung, um einen Reifen zu kaufen. Die Marke und

#### Umwelteinflüsse beschleunigen den Alterungsprozess von Autoreifen.

- Alterung durch chemische & physikalische Prozesse
- Abrieb durch Rollwiderstand
- Verformungskräfte
- UV
- Ozon
- Sauerstoff
- Temperatur
- Luftfeuchtigkeit
- Zeit

#### Die Laufleistung eines Autoreifens ist ein wichtiges kaufentscheidendes Kriterium für den Endverbraucher.

