

Schmidt, Tobias; Schlender, Dirk

# Untersuchung zum saisonalen Reifenwechsel unter Berücksichtigung technischer und klimatischer Aspekte



## Projektbericht

**Bergische Universität Wuppertal  
Sicherheitstechnik  
Fachgebiet Verkehrssicherheitstechnik  
Wuppertal, 2003**

Tobias Schmidt  
Louis-Ferdinand-Str. 50c  
45472 Mülheim an der Ruhr  
TobiasSchmidt@uni.de

Dr.-Ing. Dirk Schlender  
Bergische Universität Wuppertal  
Gaußstr. 20  
42119 Wuppertal  
Gebäude T, Ebene 14, Raum 02  
ds@verkehr.uni-wuppertal.de

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Technische Grundlagen.....</b>	<b>7</b>
2.1	Reibung und Kraftschluss.....	7
2.1.1	Coulombsche Festkörperreibung.....	8
2.1.2	Grenzreibung.....	9
2.1.3	Rollreibung .....	9
2.1.4	Gummireibung.....	10
2.1.4.1	Adhäsionsreibung .....	10
2.1.4.2	Hysteresereibung .....	11
2.1.4.3	Schlupf .....	11
2.1.5	Hydrodynamische Reibung .....	12
2.1.6	Mischreibung.....	13
2.1.7	Zusammenfassung.....	13
2.2	Historie der Reifenentwicklung .....	13
2.3	Reifenmarkt in Deutschland.....	15
2.4	Reifentechnologien .....	16
2.4.1	Kautschuk.....	18
2.4.2	Silica.....	19
2.4.3	Reifentypen .....	20
2.4.3.1	Technologie der Sommerreifen .....	21
2.4.3.2	Technologie der Winterreifen .....	22
2.4.3.3	Technologie der Ganzjahresreifen .....	24
2.4.3.4	Weitere Spezialreifen .....	26
2.4.3.4.1	Slicks.....	26
2.4.3.4.2	Regenreifen .....	27
2.4.3.4.3	Offroadreifen .....	27
2.4.3.4.4	Breitreifen.....	28
2.4.3.4.5	Kraftstoffsparende Reifen .....	30
2.4.3.4.6	Runderneuerte Reifen.....	31
2.4.3.4.7	Spikereifen .....	32
2.4.4	Reifenentsorgung .....	33
2.4.5	Reifenkennzeichnung.....	34
2.4.6	Zukünftige Reifentechnologien .....	37
2.4.6.1	Notlaufsysteme .....	37
2.4.6.2	Lärmreduzierung .....	37
2.4.6.3	Sensortechnologie.....	38
2.4.6.4	Alternative Materialien.....	38
2.4.6.5	Stickstofffüllungen .....	38
2.4.6.6	Hartkornreifen .....	38
2.5	Fahrbahntechnologie .....	39
2.5.1	Asphalt .....	39
2.5.2	Dränbelag (Flüsterbelag).....	40
2.5.3	Schichtaufbau des Fahrbelags .....	41
2.5.4	Einflussgrößen .....	42
2.5.4.1	Unebene Fahrbahn .....	42
2.5.4.2	Rollsplitt.....	43
2.5.4.3	Feuchte und nasse Fahrbahn .....	43
2.5.4.4	Glatteis und Schneeglätte .....	44
2.5.4.5	Verschmutzte Fahrbahn.....	45

<b>3</b>	<b>Untersuchungsmethodik und -durchführung</b>	<b>46</b>
3.1	Motivation	46
3.1.1	Verkehrsunfälle in der Bundesrepublik	46
3.1.2	Die Ausgangssituation	48
3.1.3	Der optimale Wechselzeitpunkt	51
3.2	Hauptmessung	52
3.2.1	Art und Umfang der Messung	53
3.2.2	Messgrößen	53
3.2.2.1	Zulassungsort	53
3.2.2.2	Fahrzeugklasse	55
3.2.2.3	Fahrzeugart	56
3.2.2.4	Profiltiefe	56
3.2.2.5	Reifenalter	58
3.2.2.6	Reifenbreite	59
3.2.2.7	Geschwindigkeitsindex	59
3.2.2.8	Mischbereifung	59
3.2.2.8.1	Achsweise unterschiedliches Reifenalter bzw. unterschiedliche Profilstärke	60
3.2.2.8.2	Achsweise verschiedene Reifenhersteller	60
3.2.2.8.3	Achsweise verschiedene Spezialreifen	60
3.2.2.8.4	Achsweise verschiedene Reifenbauart	60
3.2.2.9	„Getunt“	61
3.2.2.10	Serienbereifung	61
3.2.3	Randbedingungen	61
3.2.4	Schwierigkeiten bei der Datenerhebung	62
3.3	Umfrage	63
3.4	Wetterdaten	63
3.4.1	Wetterstation	64
3.4.2	Wettermeldungen aus den Medien	65
<b>4</b>	<b>Datenauswertung und -interpretation</b>	<b>66</b>
4.1	Eckdaten der Messungen	66
4.1.1	Hauptmessung	66
4.1.2	Umfrage	67
4.2	Ergebnisse der Hauptmessung	67
4.2.1	Reifentypen	67
4.2.2	Bereifung nach Messort	69
4.2.3	Zulassungsorte	70
4.2.4	Fahrzeugklassen	74
4.2.5	Fahrzeugalter	76
4.2.6	Reifenalter	78
4.2.7	Profiltiefe	80
4.2.8	Fahrzeugtypen	82
4.2.9	Besonderheiten bei „getunten“ Fahrzeugen	83
4.2.10	Antriebsachse	86
4.2.11	Mischbereifung	87
4.2.12	Wetterdaten	88
4.2.12.1	Messwerte	88
4.2.12.2	Medienberichte	89
4.3	Ergebnisse der Umfrage	90

<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>92</b>
5.1	Ergebnisse.....	92
5.2	Annahme und Ablehnung der Thesen .....	92
5.3	Maßnahmen.....	95
5.3.1	Aufklärungskampagnen.....	96
5.3.1.1	Pro Winterreifen .....	96
5.3.1.2	ReifenCheck.....	96
<b>6</b>	<b>Anhänge .....</b>	<b>98</b>
6.1	Abbildungsverzeichnis .....	98
6.2	Diagrammverzeichnis .....	100
6.3	Tabellenverzeichnis .....	102
6.4	Gleichungsverzeichnis .....	103
6.5	Thesenverzeichnis.....	104
6.6	Quellenverzeichnis .....	105



# 1 Einleitung

Diese Arbeit befasst sich mit Phänomenen des saisonbedingten Reifenwechsels.

Im Rahmen dieser Arbeit wird versucht Unterschiede und Besonderheiten bezüglich des saisonalen Reifenwechsels zu identifizieren. Die Ergebnisse beziehen sich insbesondere auf den Standort Wuppertal sowie den gesamten Einzugsbereich der Bergischen Universität Wuppertal. Etwaige Übertragbarkeiten auf andere Regionen oder allgemein gültige Merkmale werden diskutiert.

Es werden regionale sowie fahrzeugabhängige Unterschiede, aber auch auf Personengruppen bezogene Abhängigkeiten dargelegt und deren Hintergründe erläutert.

Die vorliegende Arbeit ist in einen theoretischen und einen praktischen Teil gegliedert. Der theoretische Teil wird in Kapitel 2 besprochen. In Kapitel 3 und 4 wird der praktische Teil dieser Arbeit beschrieben und diskutiert.

Der erste Teil enthält die für diesen Themenbereich wichtigen Grundlagen. Es wird ein Überblick über das Kraftschlussverhältnis zwischen Reifen und Fahrbahn, der Reifentechnologie und der Fahrbelagstechnologie gegeben. Des Weiteren wird auf die Reifenhistorie sowie die Wiederverwertung und Entsorgung eingegangen.

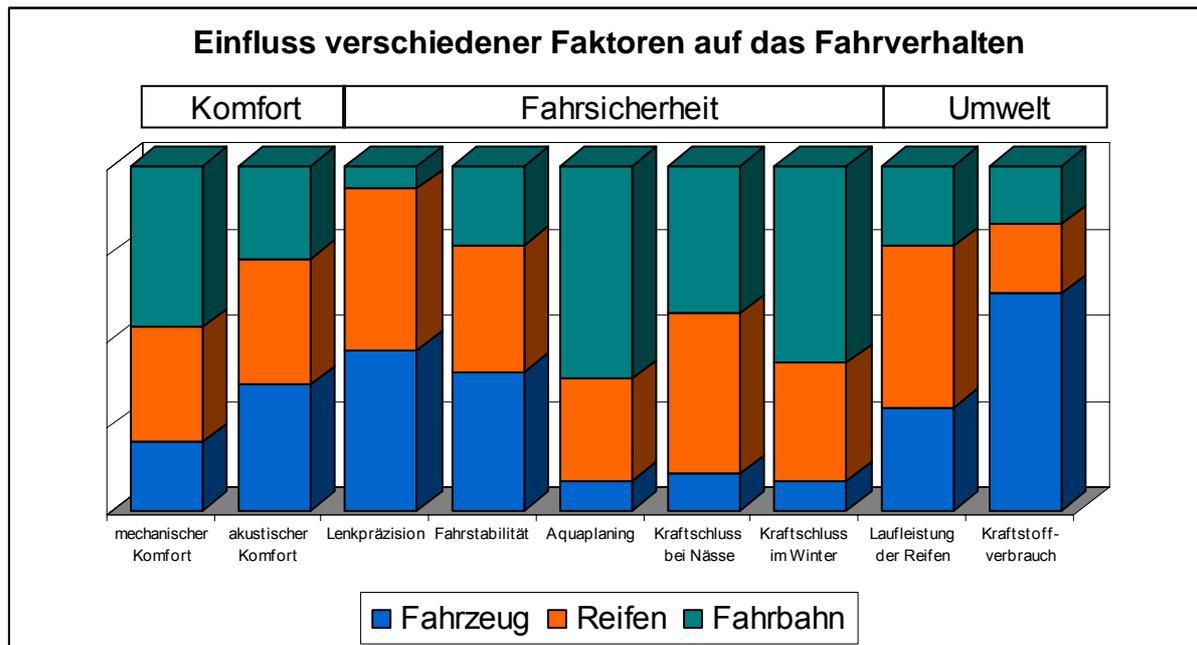
Im Rahmen dieser Studie wurde über einen Zeitraum von zwei Monaten eine Feldmessung an den Parkplätzen der Bergischen Universität Wuppertal durchgeführt. Der zweite Teil beschreibt diese Datenerhebung sowie deren Auswertung und Interpretation. Vorbereitend darauf werden die, durch die Messung erfassten Parameter beschrieben. Im Laufe dieses Abschnittes werden Thesen aufgestellt, welche durch die Datenauswertung belegt bzw. widerlegt werden sollen.

Im fünften und letzten Abschnitt werden die Ergebnisse zusammenfassend dargestellt und eine Übersicht der Thesen, sowie deren Annahme und Verwerfung, gegeben.

## 2 Technische Grundlagen

In diesem einführenden Kapitel wird zunächst ein Überblick über die, für diesen Themenbereich relevanten, theoretischen Grundlagen gegeben. Hier wird näher auf das Kraftschlussverhalten zwischen Reifen und Fahrbahn, die Reifentechnologie und die Fahrbelagstechnologie eingegangen.

Einführend soll das vielschichtige Zusammenspiel von Fahrzeug, Reifen und Fahrbahn dargestellt werden.



**Diagramm 1:** Einfluss von Fahrbahn, Reifen und Fahrzeug auf Gebrauchseigenschaften [30]

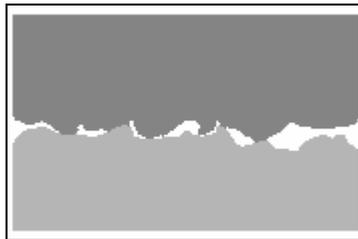
Aus dieser Grafik wird deutlich, dass niemals nur eine Komponente des Fahrzeug/Reifen/Fahrbahn-Systems alleine für eine Eigenschaft verantwortlich ist. Es handelt sich vielmehr um ein Zusammenwirken verschiedener, sich gegenseitig beeinflussender Faktoren. Die Optimierung eines solchen Systems ist sehr schwierig und langwierig. Zahlreiche Zielkonflikte, auf die im Kapitel 2.4 noch näher eingegangen wird, lassen oftmals nur eine Verschiebung, anstelle einer Eliminierung von Schwachstellen zu.

### 2.1 Reibung und Kraftschluss

Reifen, welche das einzige Bindeglied zwischen Fahrzeug und Fahrbahn darstellen, und somit die einzige Möglichkeit sind, Längs- und Querkräfte auf die Straße zu bringen, unterliegen den Gesetzen der Reibung. Die Höhe der übertragbaren Kräfte hängt einzig von dem maximalen Kraftschluss zwischen Pneu und Asphalt ab. Diese Wechselwirkung ist bei dem Reifen/Straße-System sehr komplex, und wie im Folgenden beschrieben, von einer Vielzahl an Faktoren abhängig.

### 2.1.1 Coulombsche Festkörperreibung

Bei der Coulombschen Reibung (trockene Reibung) bewegen sich zwei Körper ohne Schmiermittel mit einer bestimmten Relativgeschwindigkeit zueinander. Hierbei entsteht in Folge von Oberflächenrauigkeiten ein physikalischer Kontakt zwischen den Unebenheiten der beteiligten Oberflächen, wobei keine Zwischenschichten beteiligt sind. Das Reibverhalten wird durch die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Reibpartner bestimmt.



**Abbildung 1:** Trockene Reibung

Die Reibungszahl  $\mu$  ist als Proportionalitätskonstante zwischen der Reibungskraft und der Normalkraft definiert.

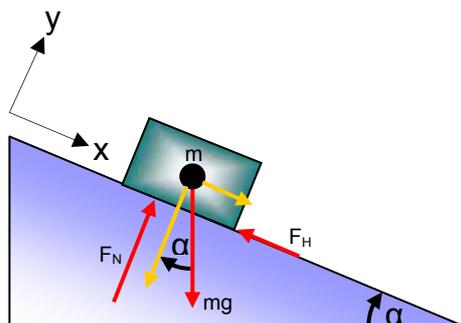
$$\mu_H = \frac{F_H}{F_N}$$

**Gleichung 1:** Haftreibungszahl

$$\mu_G = \frac{F_G}{F_N}$$

**Gleichung 2:** Gleitreibungszahl

Die Coulombsche Festkörperreibung unterteilt sich in Haftreibung und Gleitreibung. Die Haftreibung ist stets größer als die Gleitreibung. Auf einer schiefen Ebene stellt die Proportionalitätskonstante  $\mu_H$  der Haftreibung daher gerade den Tangens des kritischen Winkels  $\alpha_{HK}$  dar, bei dem ein Körper zu rutschen beginnt. Verringert man den Winkel, so ergibt sich das  $\mu_G$  der Gleitreibung gerade aus dem Tangens des Winkels bei dem der Körper wieder stehen bleibt. Der Tangens kann mathematisch Werte zwischen  $-\infty$  und  $+\infty$  annehmen, wobei physikalisch nur positive Werte sinnvoll sind.

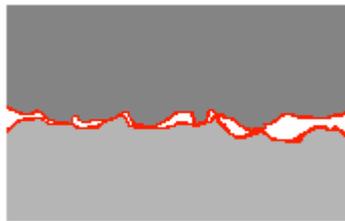


**Abbildung 2:** Schiefe Ebene

Wie **Gleichung 1** und **Gleichung 2** erkennen lassen, ist  $\mu$  von keinen weiteren Faktoren als der Gewichtskraft abhängig.  $\mu$  ist also unabhängig von der Relativgeschwindigkeit der beiden Reibpartner, der Größe der Kontaktfläche und sonstigen Einflüssen wie Temperatur oder Umgebungsdruck. Dies ist, wie die nächsten Kapitel zeigen werden, lediglich tendenziell richtig.

### 2.1.2 Grenzreibung

Bei der Grenzreibung sind die Reibpartner von einem molekularen Schmierfilm bedeckt. Dies gilt in der Regel für alle technischen Oberflächen, da von adsorbierten Gas- oder Flüssigkeitsschichten und Reaktionsprodukten (Oxidschicht) auf der Oberfläche auszugehen ist. Dies ist schematisch in **Abbildung 3** dargestellt. Die vorhandenen Schichten reduzieren in der Regel die auftretenden Reibungskräfte.

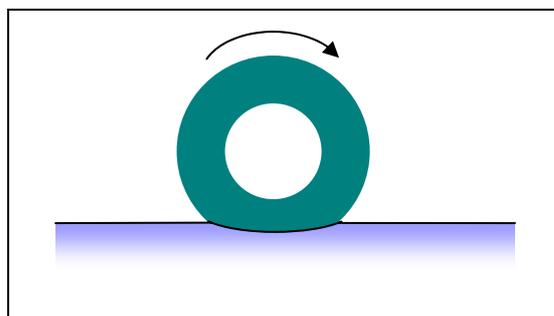


**Abbildung 3:** Grenzreibung

### 2.1.3 Rollreibung

Bei der reinen Rollreibung ist kein Schlupf vorhanden, d.h. die Relativgeschwindigkeit der beiden Reibpartner ist gleich Null. Dies wäre der Fall, wenn ein Fahrzeug unter idealen Bedingungen (keine Luftwiderstandskräfte und dergleichen) unbeschleunigt auf einer ebenen, horizontalen Straße fahren würde. Selbst unter diesen idealen Umständen würde man eine Kraft aufbringen müssen, um die Fahrzeuggeschwindigkeit beizubehalten. Ursache hierfür ist die Rollreibung.

Während der Reifen rollt, müssen sich die Berührungsflächen von Reifen und Fahrbahn ständig von einander lösen. Zusätzlich wird die Reifenoberfläche sowie die Fläche des Fahrbelags verformt, so dass der Reifen im Grunde stetig bergauf rollt.



**Abbildung 4:** Deformation von Reifen und Fahrbahn

Der Rollwiderstand ist in erster Linie von der Fahrbahnbeschaffenheit, der Geschwindigkeit und dem Reifenluftdruck abhängig, wobei auf einer asphaltierten Straße 60 bis 75 Prozent des Rollwiderstandes durch die Deformierung der Lauffläche und des Profilansatzes verursacht wird.

Nachfolgend einige typische Werte für die Rollreibungszahl

$$\mu_R = \frac{F_R}{F_N}$$

**Gleichung 3:** Rollreibungszahl

Reibpartner	$\mu_R$
Beton	0,01 bis 0,02
Kopfsteinpflaster	0,015 bis 0,03
Schlaglochstrecken	0,03 bis 0,06
Festgefahrener Sand	0,04 bis 0,08
Looser Sand	0,2 bis 0,4

**Tabelle 1:** Rollwiderstandswerte

### 2.1.4 Gummireibung

Wie im Nachstehenden beschrieben, lässt sich das bekannte Theorem der Coulombschen Reibung nur sehr bedingt auf die Phänomene der Gummireibung anwenden.

Gummi ist kein Festkörper, sondern eher eine zähe Flüssigkeit. Daher gilt hier die Festkörperreibung nicht. Trotzdem kann man natürlich auch hier einen Proportionalitätswert definieren. Dieser ist aber nicht mehr konstant, sondern hängt von zahlreichen Faktoren ab. Beispielsweise gehen Normaldruck, Auflagefläche, Temperatur, Geschwindigkeit und einiges mehr in diese Reibung ein.

Die Gummireibung setzt sich aus den nachfolgend beschriebenen Einzelkomponenten zusammen.

#### 2.1.4.1 Adhäsionsreibung

Die Adhäsionsreibung beschreibt die molekularen Anziehungskräfte zwischen den Reibpartnern. Sie stellt auf trockener Fahrbahn den dominierenden Anteil dar und ist vor allem von der Auflagefläche und den Materialeigenschaften abhängig. Die

Adhäsionskomponente stellt einen Widerspruch zur klassischen Coulombschen Reibung dar, denn sie ist direkt proportional zur effektiven Berührungsfläche. Das bedeutet, dass der Reibkoeffizient mit der Radaufstandsfläche (Latsch), und damit mit dem Reifendurchmesser bzw. der Reifenbreite wächst. Dieses Phänomen gilt allerdings nur für trockenen Asphalt, da bei nassen Fahrbahnen die Gesetze der trockenen Gummireibung nur noch begrenzt gelten. Hier spricht man von Grenz- bzw. Mischreibung (s. 2.1.2 und 2.1.6).

#### 2.1.4.2 Hysteresereibung

Hysteresereibung beschreibt die Dämpfungsverluste durch Deformation auf rauen Fahrbahnen. Sie ist von den viskoelastischen Eigenschaften des Gummis, der Oberflächenbeschaffenheit und der Geschwindigkeit abhängig. Auf Grund der Federungs- und Dämpfungseigenschaften des Gummis nimmt die Kontakttiefe mit steigender Geschwindigkeit nichtlinear ab. Daher nimmt auch die Reibung mit der Geschwindigkeit ab.

#### 2.1.4.3 Schlupf

Überträgt ein Reifen Längskräfte, so ist die Reifenumfangsgeschwindigkeit nicht gleich der Fahrzeuggeschwindigkeit. Das Verhältnis dieser beiden Geschwindigkeiten wird als Verzögerungs- bzw. Beschleunigungsschlupf bezeichnet.

$$S_v = \frac{v_F - v_R}{v_F}$$

**Gleichung 4:** Verzögerungsschlupf

$$\text{bzw. } S_b = \frac{v_R - v_F}{v_R}$$

**Gleichung 5:** Beschleunigungsschlupf

Für die Übertragung der Umfangskräfte wird Schlupf unbedingt benötigt. Ohne Schlupf gibt es keine Übertragung von Zugkraft.

Bei voller Ausnutzung des Kraftschlussbeiwertes trägt jedes weitere Drehmoment nur noch zur Beschleunigung des Rades in Umfangsrichtung bei, ohne dabei eine Beschleunigung des Rades in der Translation zu bewirken. Je größer die vom Rad zu übertragenden Kräfte werden, desto größer wird die Relativbewegung zwischen Pneu und Fahrbahn.

Wie **Diagramm 2** zeigt, liegt die maximal übertragbare Kraft bei normalen Straßenbedingungen bei einem Schlupf von etwa 10 bis 20 Prozent.

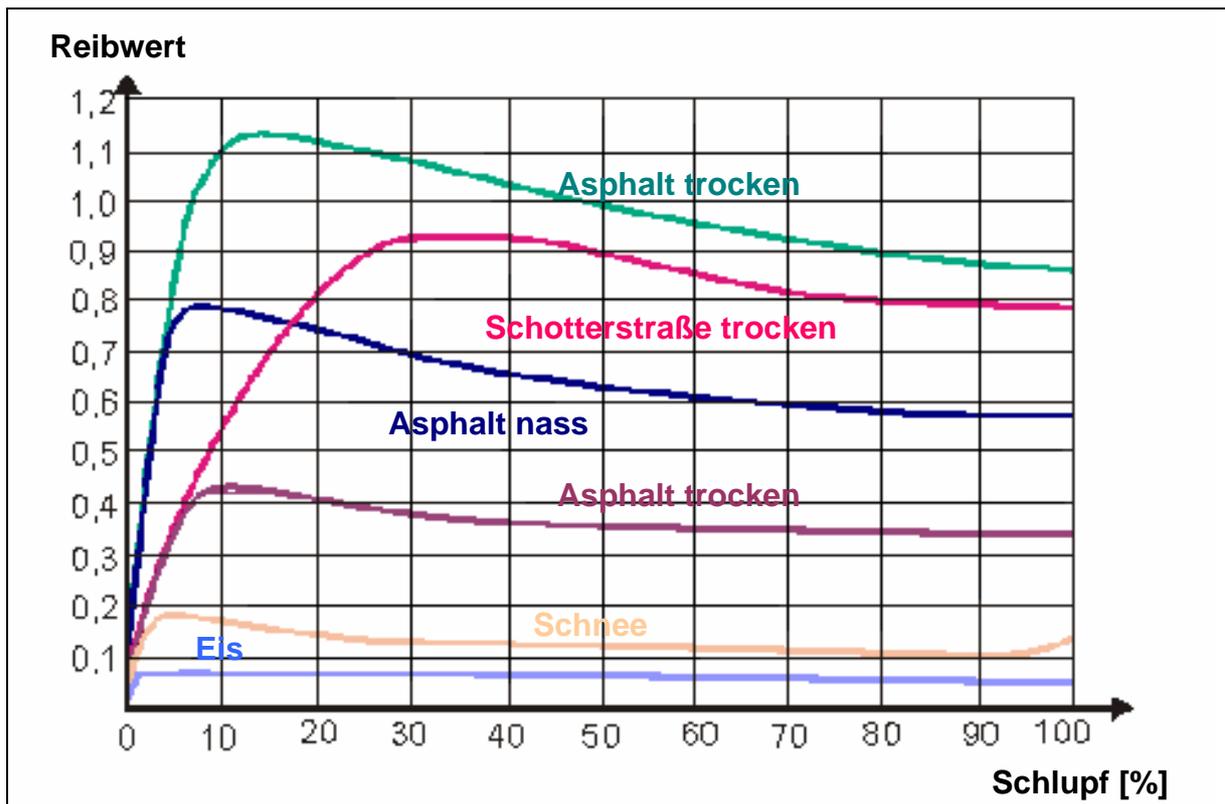


Diagramm 2: Schlupf/Reibwertkurve [29]

### 2.1.5 Hydrodynamische Reibung

Hydrodynamische Reibung entsteht aus der inneren Reibung einer Flüssigkeit. Die Reibflächen berühren sich nicht, der gleitende Teil schwimmt auf der Schmierflüssigkeit. Dieser Zustand tritt ein, wenn zwei sich gegeneinander bewegende Oberflächen vollständig durch einen Flüssigkeitsfilm getrennt sind (vgl. **Abbildung 5**). Flüssigkeitsreibung tritt dann auf, wenn zwei Körper in einem sich verengendem Spalt eine viskose Flüssigkeit einschließen und sich dabei gegeneinander bewegen.

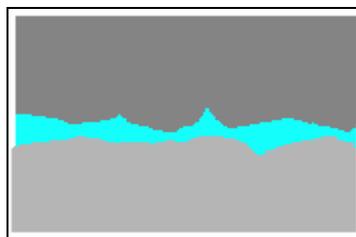


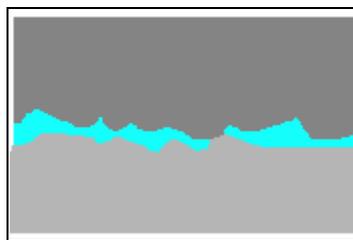
Abbildung 5: Viskose Reibung

Der Abstand der Oberflächen ist eine Funktion der Geschwindigkeit und der Viskosität der Flüssigkeit. Wenn die beteiligten Reiboberflächen besonders glatt sind, z.B. Profilschwache Reifen, ist ein geringer hydrodynamischer Effekt bereits ausreichend, um die Oberflächen vollständig zu trennen. Die Folge ist Aquaplaning.

### 2.1.6 Mischreibung

Im Falle der Mischreibung sind zum einen wieder physikalische Kontakte zwischen den Oberflächenunebenheiten, zum anderen aber auch durch Schmierstoffe getrennte Oberflächenbereiche vorhanden (vgl. **Abbildung 6**). Die Mischreibung ist neben den geometrischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften der Reibpartner nun auch von der beteiligten Flüssigkeit abhängig.

Mischreibung entsteht bei der Bewegung zweier Flächen, die nur mit einem sehr dünnen Flüssigkeitsfilm überzogen sind. Mischreibung tritt auf, wenn der hydrodynamische Druck nicht hoch genug ist, um die Oberflächen vollständig zu trennen oder die zu geringe Flüssigkeitsmenge keine komplette Entkopplung der Reibpartner zulässt.



**Abbildung 6:** Mischreibung

**Abbildung 6** lässt den punktuellen Kontakt der Reibungspartner erkennen. Es herrscht Oberflächenschichtreibung mit teilweiser Flüssigkeitsreibung.

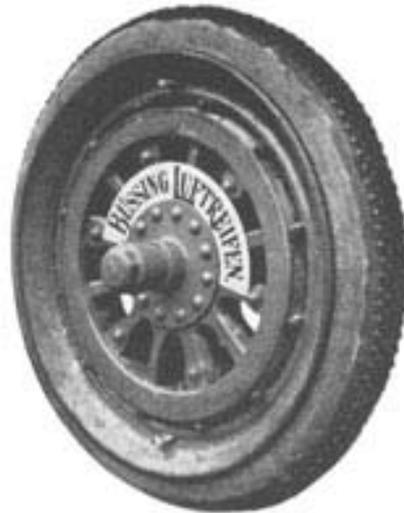
### 2.1.7 Zusammenfassung

Es gibt eine Vielzahl von Versuchen, Teilprobleme der Reibung zu verstehen und in mathematischen Modellen darstellen zu können. Das reale Zusammenspiel dieser Reibvarianten ist allerdings nur äußerst schwierig zu beschreiben und nur unter idealen Bedingungen realistisch.

## 2.2 Historie der Reifenentwicklung

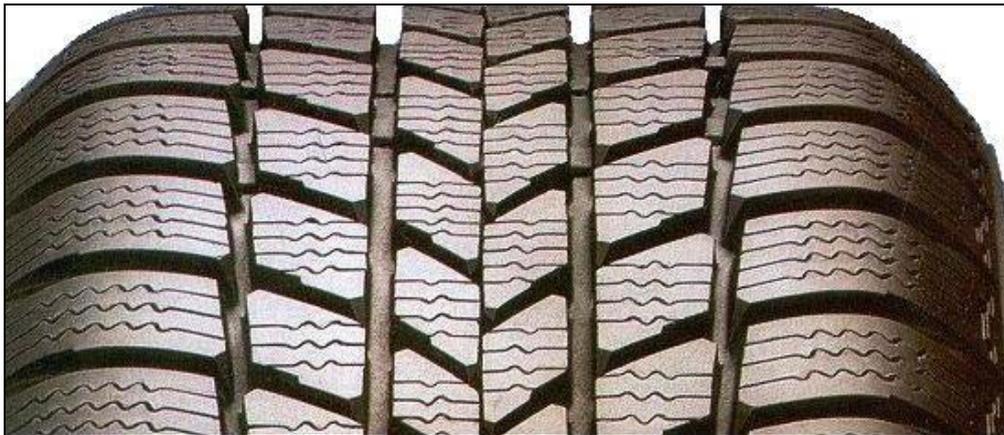
Im Folgenden wird die Geschichte der Reifenentwicklung in einer Zeittafel zusammengefasst. [2]

- 1768 Fresenau, französischer Ingenieur, lernt die Eigenschaften des Gummibaums kennen und macht sich als erster Europäer den Kautschuk zu Nutze. Er stellt wasserdichte Schläuche her.
- 1845 Der Engländer Robert Thomson erfindet den luftgefüllten Reifen und meldet ein Patent an, das jedoch wieder völlig in Vergessenheit gerät.



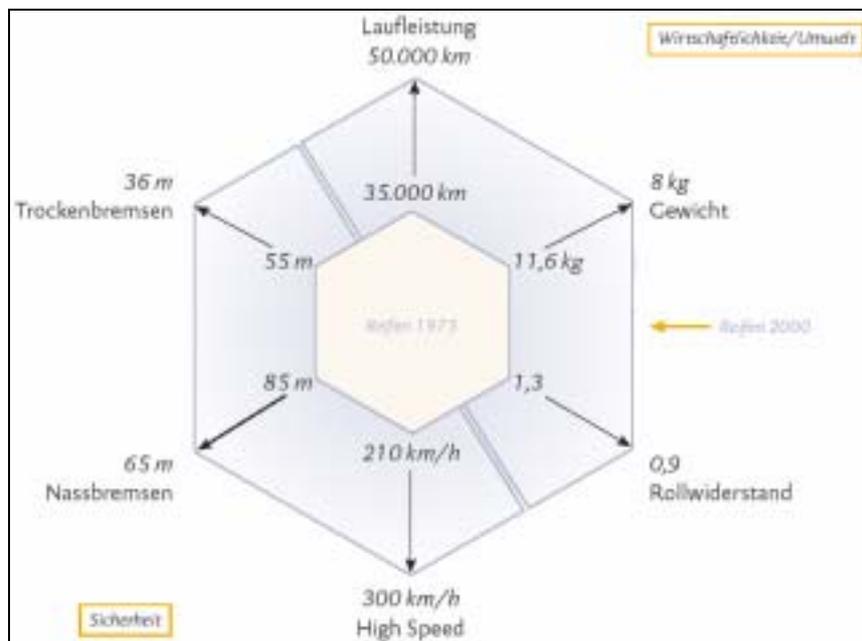
**Abbildung 7:** Thomsons Luftreifen

- 1888 Der in Schottland geborene Tierarzt John Boyd Dunlop erfindet den ersten brauchbaren luftgefüllten Reifen, lässt ihn patentieren und sorgt für eine Produktion.
- 1898 Die ersten luftbereiften Automobile sind auf dem Markt.
- 1904 Autoreifen erhalten Querrillenprofile. Erstmalige Zugabe von Ruß für höhere Festigkeit und längere Lebensdauer. Dieses Verfahren setzt sich erst ab 1918 weltweit durch.
- 1905 Continental bringt Autoreifen mit Metallnieten auf den Markt, ein Vorläufer der Spikes.
- 1917 Bei Bayer in Leverkusen wird erstmals synthetischer Kautschuk industriell hergestellt.
- 1948 Schlauchlose Reifen („tubeless“) werden in den USA von Goodrich vorgestellt.
- 1950 Die ersten Matsch- und Schneereifen (M+S) werden eingeführt. Sie sind grobstollig und laut, aber unter winterlichen Fahrbahnbedingungen besser als herkömmliche Reifen.
- 1969 Uniroyal bringt den ersten Regenreifen auf den Markt.
- 1977 Goodyear bringt in den USA erstmals einen Ganzjahresreifen auf den Markt.
- 1982 Michelin bringt den ersten Winterreifen mit Lamellen auf den Markt. Diese Profiltechnologie ist bis heute Standard.



**Abbildung 8:** Lammellenstruktur in der Lauffläche

1992 Alle namhaften Hersteller beschäftigen sich intensiv mit rollwiderstandsoptimierten Reifen. Aus diesen Anstrengungen entsteht später die Silica-Technologie.



**Abbildung 9:** Weiterentwicklung des Reifens in den letzten 25 Jahren [14]

1999 Der Dunlop SP Sport 200 E erhält als erster Reifen weltweit die Auszeichnung mit dem Umweltsignet „Blauer Engel“ für Lärmarmut und Kraftstoffeinsparung.

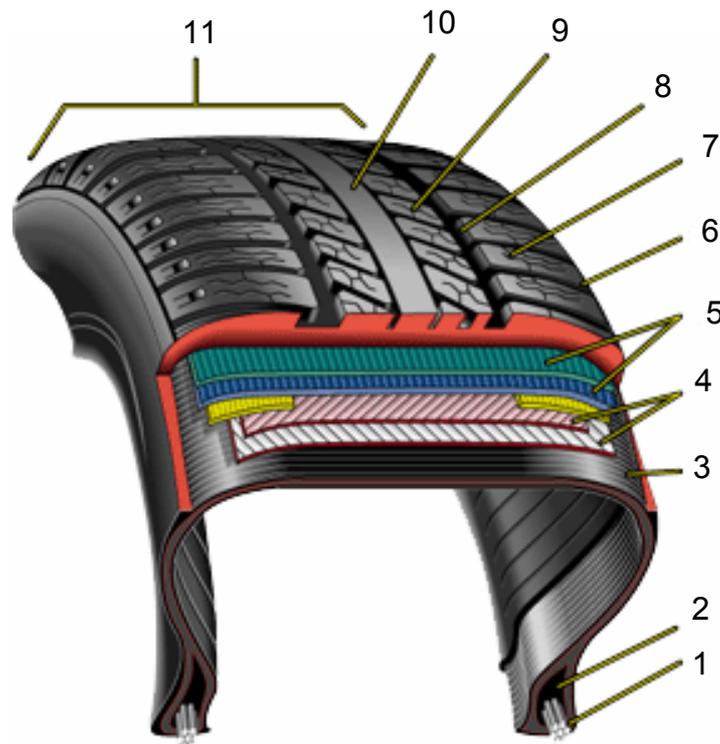
### 2.3 Reifenmarkt in Deutschland

Insgesamt summiert sich das Ergebnis der Reifen-Branche auf eine Umsatzgröße von über 3,5 Mrd. Euro. Im Jahre 1999 konnte der deutsche Reifenhandel erstmals in seiner Geschichte mehr als 50 Mio. Reifen absetzen. Dieser Rekord bedeutet zugleich, dass die Reifenbranche seit 1994 im fünften Jahr hintereinander das Jahresergebnis steigern konnte [16]. Verantwortlich für diese positive Entwicklung seit Mitte der 90er Jahre ist allerdings ausschließlich das wachsende Geschäft mit

Winterreifen. So erhöhte sich der Absatz dieser Reifengattung von 8,2 Mio. Einheiten in 1994 auf 19,33 Mio. im Jahr 1999 [8]. Das gute Geschäft mit Winterreifen ist dabei weniger auf schlechtere Witterungsbedingungen als vielmehr auf ein steigendes Sicherheitsbewusstsein beim Autofahrer zurückzuführen.

## 2.4 Reifentechnologien

Der Reifen ist ein komplexer Verbundkörper aus Materialien unterschiedlicher physikalischer Eigenschaften. Der Radialreifen besteht aus den folgenden Hauptbauelementen.



**Abbildung 10:** Aufbau eines Radialreifens

1. Kernreiter
2. Wulst
3. Gummibandage
4. Stahlgürtel
5. Nylonbandage
6. Reifenschulter
7. Querlamellen für bessere Haftung bei Nässe
8. Drainagerillen zur besseren Entwässerung
9. Längslamellen
10. Durchgehendes Profil für größere Laufruhe
11. Aufstandsfläche

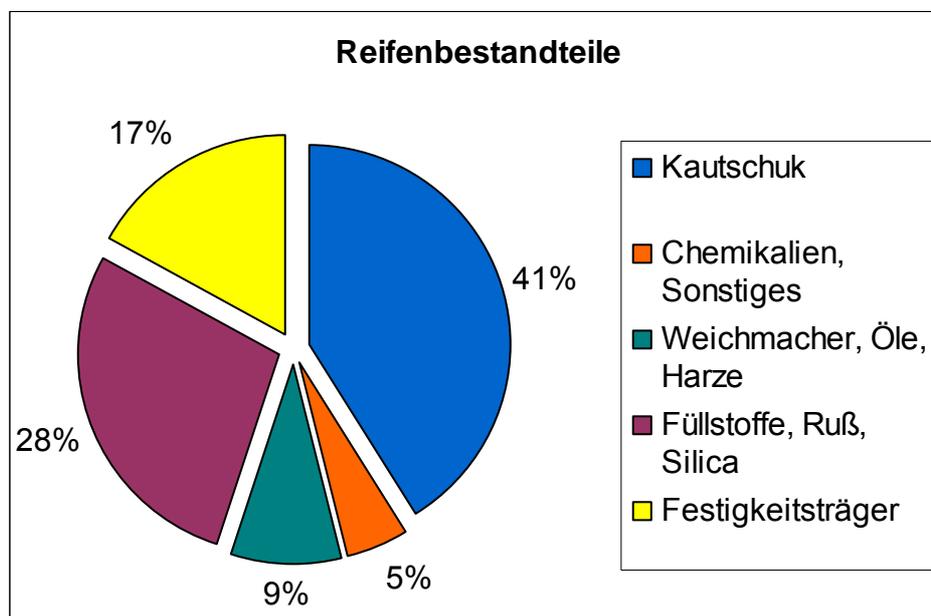
Der Reifenwulst gewährleistet den festen Sitz des Reifens auf der Felge. Um diese Aufgabe erfüllen zu können, sind in der Reifenwulst ein oder mehrere zugfeste Drahtkerne eingebettet. Beim schlauchlosen Reifen übernimmt die Reifenwulst

gleichzeitig die Abdichtung des eingeschlossenen Luftvolumens gegenüber der Umgebung.

Der eigentliche Festigkeitsträger eines Reifens ist der Gewebeunterbau oder die Karkasse. Die Karkasse besteht aus ein oder mehreren Gewebelagen, die am Kern verankert sind (vgl. **Abbildung 10**, Punkte 3. bis 5.).

Beim Radialreifen haben die Kordfäden einen Winkel von  $90^\circ$  zur Laufrichtung. Die für die Funktion dieses Reifens erforderliche Steifigkeit wird durch die zusätzliche, auf der Karkasse liegende Gürtelkonstruktion erreicht.

Der Laufstreifen umgibt die Karkasse an ihrem äußeren Umfang und muss die zwischen Kraftfahrzeug und Fahrbahn auftretenden Kräfte übertragen.



**Diagramm 3:** Bestandteile eines Reifens [2]

Im Folgenden werden die allgemeinen Anforderungen an einen Reifen stichpunktartig aufgezählt [2]:

- Hochgeschwindigkeitsfestigkeit
- Dauerfestigkeit
- Verletzungsunempfindlichkeit
- Abriebsfestigkeit
- Geringer Rollwiderstand
- Runderneuerungsmöglichkeit
- Geringe Geräuschentwicklung
- Federungseigenschaften
- Gutmütiges Fahrverhalten
- Einwandfreier Rundlauf
- Alterungsbeständigkeit
- Problemlose Montierbarkeit
- Günstiger Preis

### 2.4.1 Kautschuk

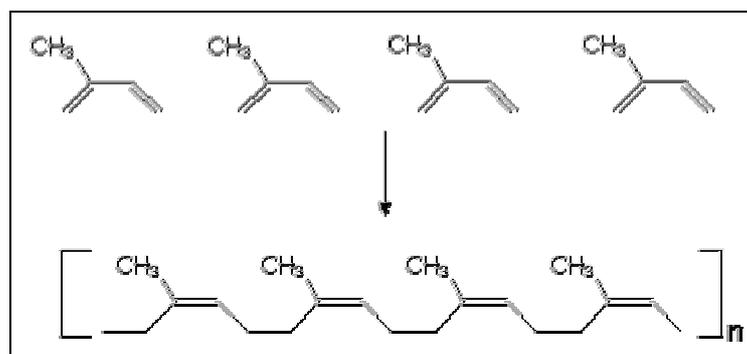
Das Ursprungsland des Naturkautschuks ist der brasilianische Urwald auf dem südamerikanischen Kontinent. Dort kommt Kautschuk in sehr hohen Anteilen (ca. 35 Prozent) in dem weißlichen Saft eines Baumes namens *Hevea brasiliensis* vor. Schon die Azteken ritzen die bis zu 60m hohen Pflanzen am Stamm an, um den Saft, auch Latex oder Gummimilch genannt, zu gewinnen. Heutzutage wird die *Hevea brasiliensis* weltweit im so genannten Kautschukgürtel (30° nördliche Breite bis 30° südliche Breite) kultiviert und regelmäßig geerntet. Dabei wurde der Ertrag mit Hilfe chemischer Stimulanzien pro Pflanze pro Jahr von ursprünglich 2-4 kg auf bis zu 23 kg gesteigert.

Die Entwicklung der Reifen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts ist vor allem durch eine stetige Zunahme des Kautschukverbrauchs und des Anteils der Synthetikautschuke am Gesamtverbrauch gekennzeichnet. In zunehmendem Maße wurden die Möglichkeiten genutzt, Synthetikautschuke für ganz bestimmte Anwendungsbereiche unter Hervorhebung gewünschter Eigenschaften "nach Maß" herzustellen. Die Fortschritte liegen überwiegend im chemischen Bereich, in der Verfahrenstechnik und bei den verfügbaren Kautschuk-Chemikalien.



**Abbildung 11:** Kautschukbaum in Thailand

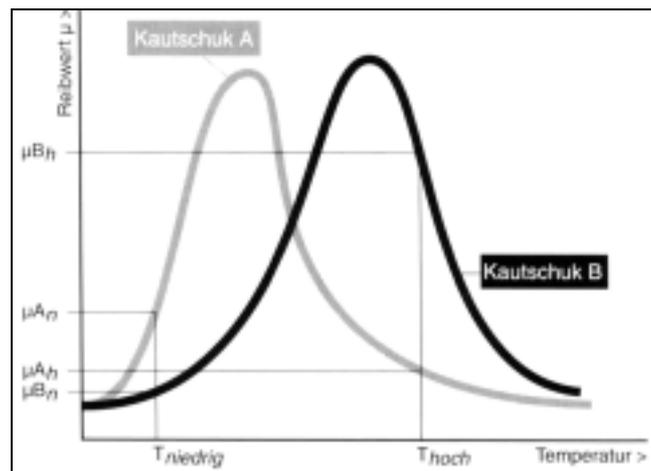
Hauptsubstanz der Autoreifen ist Gummi. Darunter versteht man vulkanisierte natürliche oder synthetische Kautschuke. Kautschuk ist zunächst ein biologisches Polymer, das von Bäumen und Pflanzen zum Wundverschluss hergestellt wird (vgl. **Abbildung 11**). Es liegt im Latex suspendiert (gelöst) vor.



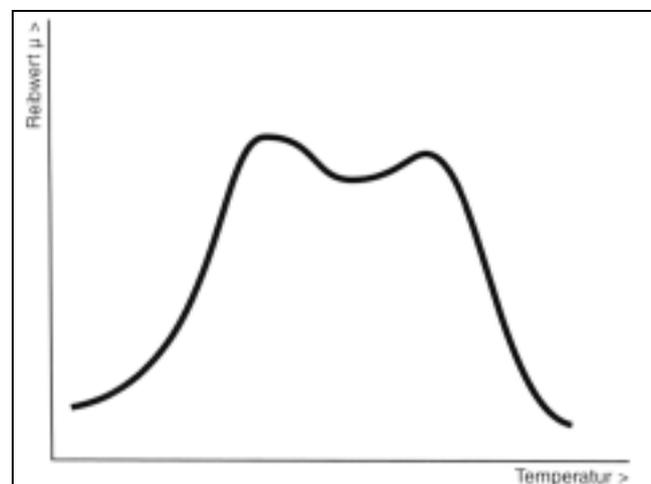
**Abbildung 12:** Kautschuksynthese aus Isopren

Die Bausteine des Polymers sind Isoprenmoleküle. Künstliche Kautschuke behalten das Bauprinzip bei, man erhält sie z.B. durch Polymerisation von Butadien und deren Derivaten. Kautschuk ist weich und klebrig und in unbehandelter Form nicht weiterverwertbar. Durch Zufall entdeckte der Amerikaner Goodyear, dass der Zusatz von großen Schwefelmengen und eine anschließende Hitzebehandlung die Eigenschaften erheblich verbessern.

Bei diesem Vulkanisieren werden im Kautschuk vorhandene lineare Kettenmoleküle durch Schwefelbrücken quer vernetzt. Je nach Vernetzungsgrad, also Schwefelgehalt, unterscheidet man zwischen Weich- und Hartgummi.



**Abbildung 13:** Reibwert über der Temperatur zweier Kautschuksorten [2]



**Abbildung 14:** Reibwert über der Temperatur der o. g. Kautschukmischung [2]

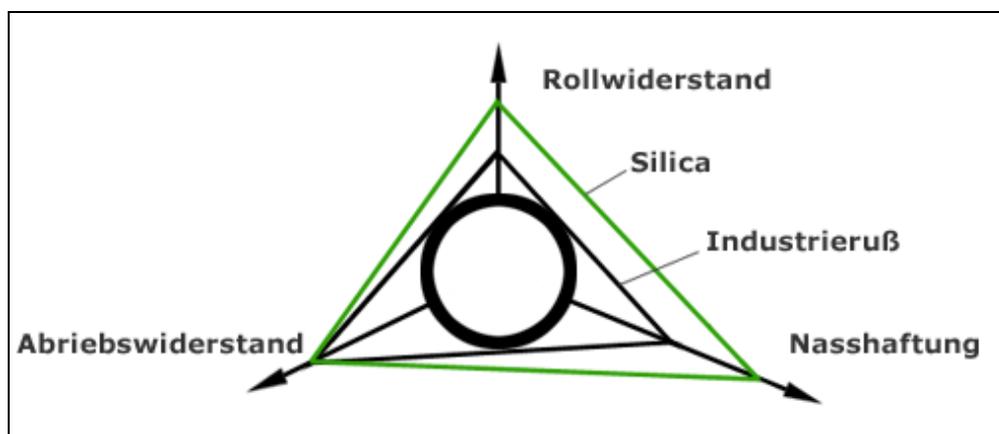
### 2.4.2 Silica

1992 führte erstmals ein Reifenhersteller Pneus mit Kieselsäure statt Ruß in der Reifenlauffläche ein. Seit einigen Jahren ersetzt Silica den Füllstoff Ruß in Laufflächenmischungen von sämtlichen Reifenherstellern. Der Vorteil des Werkstoffs Siliziumdioxid ist, dass er in der Lage ist, chemische Verbindungen mit den Kautschuk-Polymeren einzugehen. Im Ergebnis trägt Silica zur Verringerung des

Rollwiderstands und zur Verbesserung der Haftung und Spurhaltung besonders auf nasser Fahrbahn bei. Hierbei ist der Abrieb die kritische Größe.

Um einen guten und ökonomischen Abrieb zu erzielen, ist es notwendig ein spezielles Polymersystem, Silan als Verstärkungsagens und eine maßgeschneiderte Kieselsäure, einzusetzen. Der Abrieb ist jedoch eine sehr schwierig zu erfassende Größe, für deren Messung teure und aufwendige Apparaturen erforderlich sind. Aus verschiedenen Untersuchungen ist bekannt, dass eine wichtige Voraussetzung für gute Abriebeigenschaften die Kieselsäuredispersion ist. Heutige Silica-beimischungen werden speziell unter dem Gesichtspunkt der Dispersionsoptimierung, und somit optimalen Abriebverhalten entwickelt.

Das nachfolgende magische Dreieck verdeutlicht diesen Entwicklungssprung und zeigt den Reifen im Spannungsfeld seiner wichtigsten Eigenschaften.



**Abbildung 15:** Magisches Dreieck der Vorteile durch Silica [12]

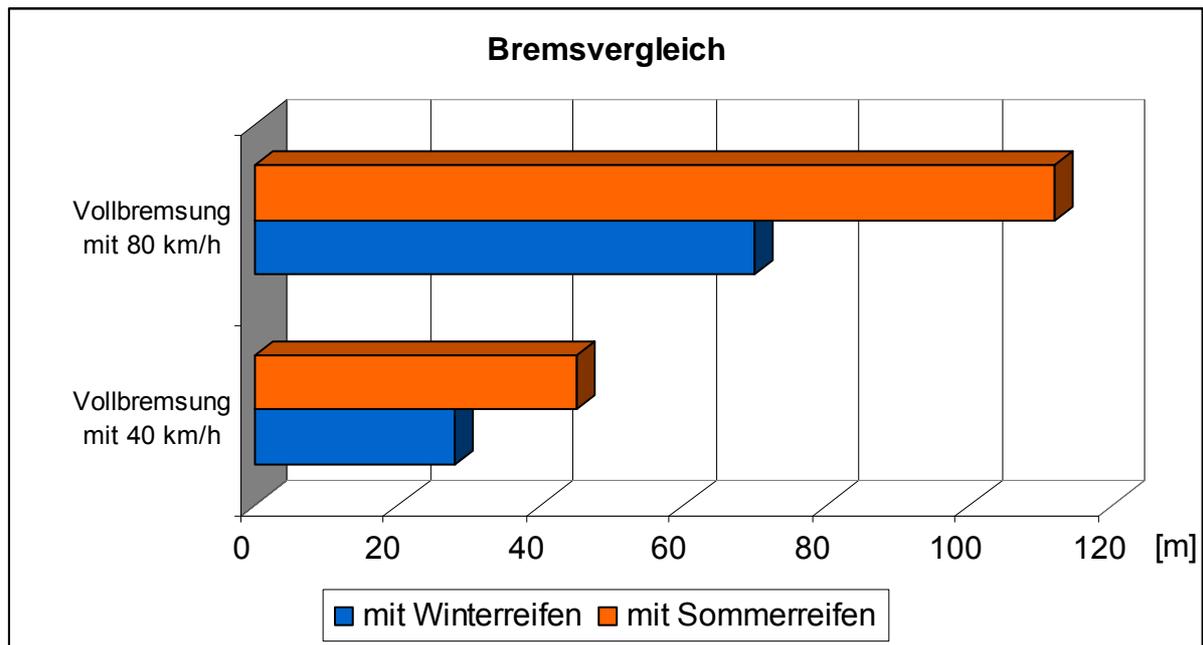
Der Einsatz von Kieselsäure in Reifenlaufflächen verbessert den Rollwiderstand und das Nassrutschverhalten. Der traditionelle Zielkonflikt bei Rußmischungen schloss die Optimierung dieser Eigenschaften, die stets zu Lasten anderer gingen, aus. Durch Silica ist nun erstmals wieder ein Entwicklungssprung ohne nennenswerte Nachteile zu erkennen.

### 2.4.3 Reifentypen

Bei der Reifenentwicklung und -herstellung gibt es vielfältige und komplexe Anforderungen an die Eigenschaften des Pneus. Viele erwünschte Eigenschaften sind direkt von einander abhängig und beeinflussen sich in hohem Maße oder schließen sich sogar gegenseitig aus. Will man also eine bestimmte Eigenschaft der Gummimischung verbessern, so geschieht dies oft zu Ungunsten einer anderen Eigenschaft. Diese Zielkonflikte verhindern, einen Reifen zu entwickeln, welcher in allen denkbaren Disziplinen ideales Verhalten aufweist.

Da ein Reifen einen Kompromiss widersprüchlicher Eigenschaften darstellt, ist es unabdingbar, dass es spezielle Reifentypen gibt. Für bestimmte Betriebsbedingungen werden bestimmte Eigenschaften hervorgehoben oder vernachlässigt.

Sowohl Sommer- als auch Winterreifen sind spezialisierte Produkte, welche ihre maximale Leistung nur in dem ihnen zugedachten Einsatzbereich entwickeln.



**Diagramm 4:** Bremswegvergleich auf verschneiter Fahrbahn mit Sommer- bzw. Winterbereifung [2]

#### 2.4.3.1 Technologie der Sommerreifen



**Abbildung 16:** Sommerreifen mit typischer Profilierung

Sommerreifen, vom Gesetzgeber auch „Normalreifen“ genannt, sind speziell auf die klimatischen Bedingungen in der Sommerzeit zwischen Mai und Oktober abgestimmt. Sie haben an der Lauffläche eine spezielle Gummimischung sowie eine für den Sommerbetrieb und für Nässe ausgelegte Profilgestaltung. Das garantiert gute Wasserableitung und ausgezeichnete Haftung. Die Lauffläche von Sommerreifen gewährleistet auch bei hohen Fahrbahntemperaturen ein besseres Nass-Trockenhandling. Auf Grund ihrer speziellen Gummimischung sind

Normalreifen bei schneller Fahrweise im Sommer auf der Autobahn einer niedrigeren thermischen Belastung ausgesetzt. Bei starker Überhitzung des Reifens, wie etwa bei im Sommer gefahrenen Winterreifen, erhöht sich der Verschleiß überproportional.

#### 2.4.3.2 Technologie der Winterreifen



**Abbildung 17:** Winterreifen mit Lamellenprofil

Dass Winterreifen in den kalten Monaten so überlegen sind, liegt an zwei markanten Unterschieden zum Sommerpneu: der Mischung und dem Profil.

Sommerreifen bestehen aus einer hitzeresistenten Gummimischung, die allerdings bei Kälte hart und spröde wird. Moderne Winterreifen haben dagegen eine thermoelastische Silica-Gummimischung, die bis minus 40°C ihre Elastizität und Griffigkeit behält. Vor allem der Nassgriff ließ sich durch den Einsatz des kieselensäurebasierten Silica in den letzten Jahren erheblich verbessern. Die obere, etwas elastische Lauffläche ist für optimale Haftung bei winterlichen Temperaturen ausgelegt. Die untere Mischung eines Winterreifens ist härter und verbessert Geschwindigkeitseigenschaften, Handling und Lenkreaktion.

Winterreifen sind in der Regel mit einem der unten abgebildeten Symbole gekennzeichnet. Dieses Zeichen dürfen allerdings nur Reifen auf der Flanke tragen, die dem neuen Industriestandard entsprechen und damit nachweislich über sehr gute Fahreigenschaften auf Schnee und Eis verfügen.

In den vergangenen Jahren wurde die bisherige Bezeichnung M+S nicht nur für reine Winterreifen, sondern auch für auf Schnee und Glatteis minderwertige Allwetterpneus verwendet. Dies hat dazu geführt, dass der Konsument kaum mehr richtige Winterreifen von Allwetterprodukten unterscheiden konnte. Die Reifenindustrie hat darauf entsprechend reagiert und für die hochwertigen Winterpneus einen neuen Standard geschaffen. Die Vorgaben der „Severe Snow Conditions“ (Strenge Schneebedingungen) sind nur dann erfüllt, wenn der Reifen entsprechende auf Winter ausgerichtete Tests besteht. Der Verbraucher erkennt diese Reifen an einem

Schneeflockensymbol auf der Reifenflanke, welches garantiert, dass der Pneu sehr gute Schneeeigenschaften und eine gute Wintertauglichkeit bietet.



**Abbildung 18:** Kennzeichnung für Winterreifen

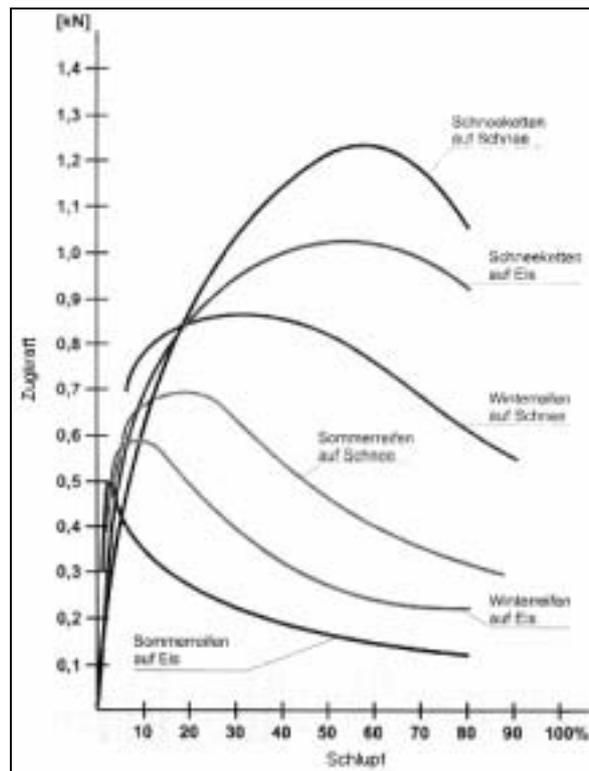
Gesetzlich vorgeschrieben ist jedoch die Ausweisung mit den Buchstaben M+S für Matsch und Schnee bzw. Mud and Snow.

Ebenso wie es im Winter keine Winterreifenpflicht gibt, ist es vom Gesetzgeber auch nicht verboten, im Sommer mit Winterreifen zu fahren. Dies ist aber aus der Wirtschaftlichkeit und Sicherheit nicht unbedenklich. Winterreifen haben eine weichere Laufflächenmischung und sind zum Beispiel auf der Autobahn bei Hochgeschwindigkeit, durch die höhere Umgebungstemperatur im Sommer, einer weit höheren thermischen Belastung ausgesetzt. Der Profilverschleiß nimmt stark zu und die Stabilität bei scharfer Kurvenfahrt nimmt ab. Auf Grund der anderen Mischungszusammensetzung gegenüber Sommerreifen, haben Winterreifen in der warmen Jahreszeit auch schlechtere Nässehaftwerte und einen längeren Bremsweg. Bei hohen Fahrbahntemperaturen haben Sommerreifen auch ein besseres Nass/Trocken-Handling und somit eine höhere Fahrstabilität und Sicherheitsreserve als Winterreifen.

Den entscheidenden Grip auf Schnee erhält ein Winterreifen durch die hohe Anzahl von Lamellen in den Profilblöcken. Je nach Reifengröße greifen pro Umdrehung bis zu 2000 dieser wellenförmigen Profilschnitte in Eis und Schnee. Sie bilden dabei Längs- und Querkanten, die dem Reifen und damit dem Auto Halt geben. Außerdem verbessert sie die Traktion, wodurch der Schlupf erst äußerst spät einsetzt, und erhöhen die Seitenführung, die für die Spurstabilität verantwortlich ist.

Oben genanntes gilt auch für Breitreifen. Da auf der breiteren Aufstandsfläche entsprechend mehr Lamellen Platz finden, ist das Fahrverhalten auf Matsch, Eis und Schnee besser und die Traktion höher als bei schmalen Reifen. Auch verkürzen die bessere Bodendruckverteilung sowie die höhere Torsionssteifigkeit den Bremsweg erheblich. Lediglich im Tiefschnee schneiden die schmalen Reifen besser ab.

Wichtig ist allerdings, dass die Winterreifen über eine ausreichende Profiltiefe verfügen. Liegt diese bei unter 4 mm, steigt die Aquaplaninggefahr deutlich an und die Traktions- und Bremskraftübertragung nimmt deutlich ab.



**Abbildung 19:** Winter- und Sommerreifen im Vergleich [2]

### 2.4.3.3 Technologie der Ganzjahresreifen



**Abbildung 20:** Ganzjahresreifen (All Season)

Ganzjahresreifen bilden einen konstruktiven Kompromiss zwischen Winter- und Sommerreifen, sowohl bei der Laufflächenmischung als auch bei der Profilierung.

Für schneearme Gebiete sind Ganzjahresreifen nach Tests von ADAC und Stiftung Warentest eine echte Alternative. Nur fürs Gebirge sollte man auf Winterreifen nicht verzichten. Einen wesentlichen finanziellen Vorteil bieten Ganzjahresreifen allerdings nur Wenigfahrern. Reifen von wenig gefahrenen Fahrzeugen sind oft durch Versprödung veraltet bevor das Profil auf unter vier mm heruntergefahren wurde.

Diese Unwirtschaftlichkeit verdoppelt sich, wenn ein wenig gefahrenes Fahrzeug achtfach bereift ist. Für Gelegenheitsfahrer und Besitzer von Zweit- bzw. Drittwagen sind also Ganzjahresreifen eine ökonomische und ökologische Alternative.

Die folgende Grafik soll verdeutlichen, dass sich der Einsatz von Ganzjahresreifen lediglich für Fahrzeuge mit einer Jahreslaufleistung unter 10 000 Kilometer pro Jahr lohnt. Die Grafik bildet lediglich eine Tendenz ab. Zusätzliche Einflussgrößen, wie unterschiedlicher Verschleiß der einzelnen Reifentypen und zusätzliche Kosten durch saisonbedingten Reifenwechsel, bleiben unberücksichtigt.

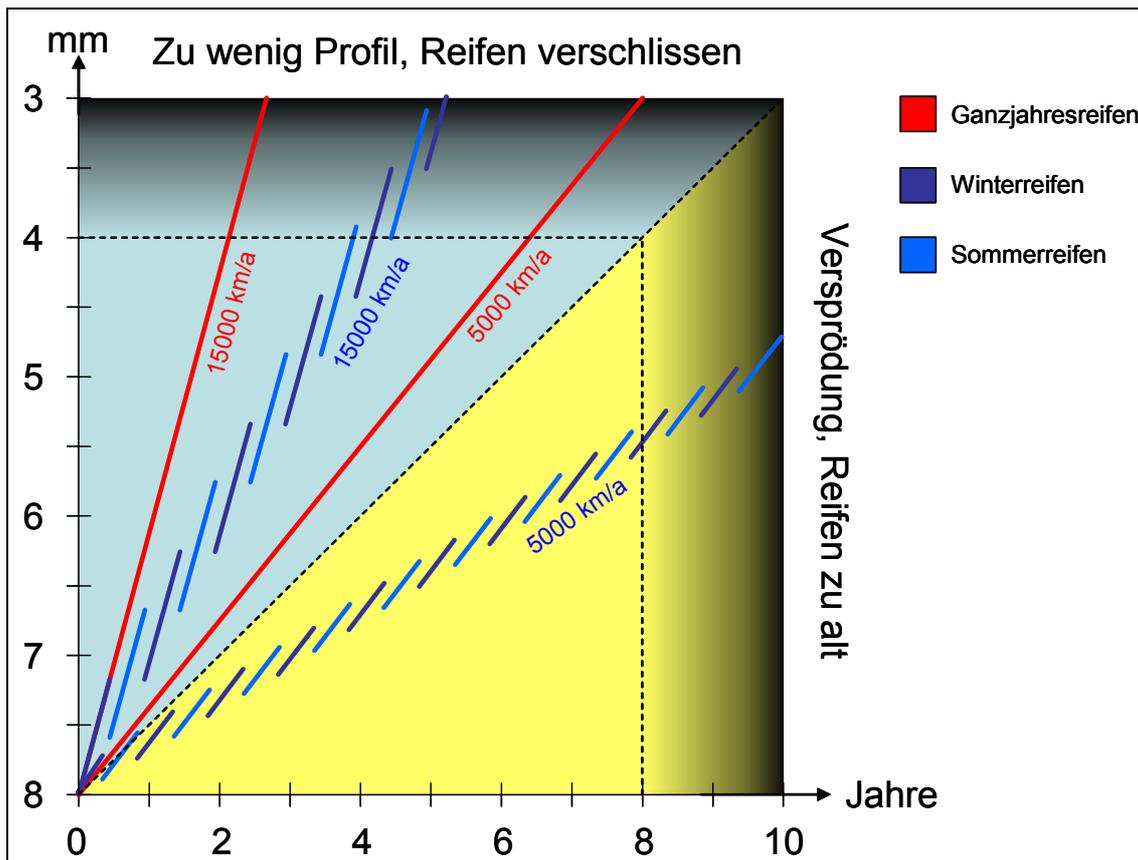


Abbildung 21: Wirtschaftlichkeit von Ganzjahresreifen.

Ganzjahresreifen sind in der Regel mit dem folgend abgebildeten Symbol gekennzeichnet.



Abbildung 22: Kennzeichnung für Ganzjahresreifen [2]

### 2.4.3.4 Weitere Spezialreifen

Außer den oben genannten Reifentypen gibt es etliche weitere Spezialreifen, bei denen bestimmte Beschaffenheiten besonders hervorgehoben werden. Dieses geschieht auf Grund der oben genannten Zielkonflikte, in der Regel auf Kosten einer anderen Eigenschaft. Im Folgenden soll ein kleiner Überblick über solche Spezialreifen gegeben werden. Weiterhin soll deren begrenzter Einsatzbereich sowie Vor- und Nachteile beschrieben werden.

#### 2.4.3.4.1 Slicks



**Abbildung 23:** Profillosen Reifen (Slicks)

Bei Trockenheit sind die Handling- und Hafteigenschaften von profillosen Reifen (Slicks) optimal. Die fehlende Laufflächenstruktur ist allerdings für feuchte oder gar nasse Fahrbahnen völlig ungeeignet.

Slicks werden im Rennsport bei absoluter Trockenheit eingesetzt. Doch der kleinste Regenschauer macht ein sicheres Fortkommen unmöglich. Aus diesem Grund sind profillosen Reifen auf Deutschlands Straßen nicht zulässig.

Weiterhin haben Rennsportreifen eine wesentlich weichere Gummimischung, um so einen höheren Kraftschlussbeiwert zu erzielen. Nach dem Zielkonfliktprinzip gibt es auch hier den Nachteil des Abriebes. Profillosen und warmgefahrenen Rennslicks können zwar kurzfristig Reibkräfte  $> 1\mu$  übertragen, sie verschleifen aber oft schon nach wenigen Kilometern.

#### 2.4.3.4.2 Regenreifen



**Abbildung 24:** Regenreifen mit speziellem Drainageprofil

In Deutschland gibt es zwischen 133 (Berlin) und 176 (München oder Köln) Regentage im Jahr [24]. Diese Tatsache alleine begründet die Daseinsberechtigung von Regenreifen. Regenreifen sind jedoch keine völlig selbstständige Reifenklasse wie etwa Sommer- oder Winterreifen. Sie sind vielmehr Normalreifen, dessen Nässeigenschaften besonders hervorgehoben werden. Regenreifen haben ein spezielles, in der Regel laufrichtungsgebundenes Drainageprofil. Auf nasser Oberfläche müssen die Positiv-Blöcke des Reifens das Wasser durch die Drainagerillen abführen. So werden beispielsweise bei 80 km/h bis zu 25 Liter Wasser pro Sekunde kanalisiert [25].

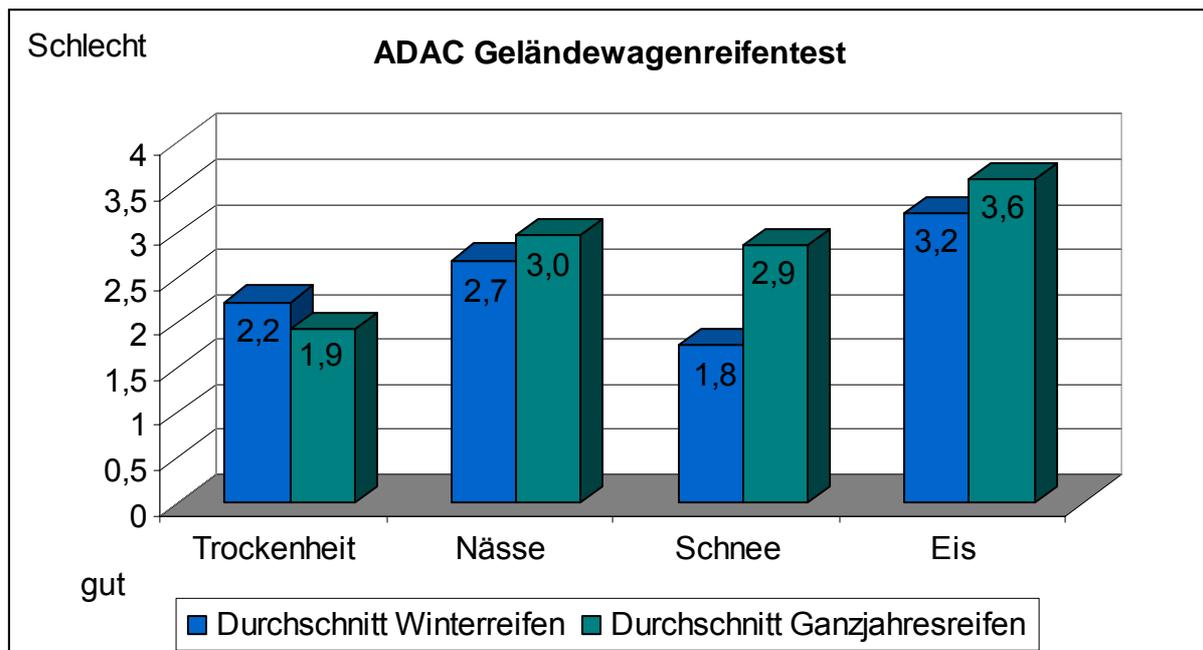
#### 2.4.3.4.3 Offroadreifen



**Abbildung 25:** Offroadreifen mit Grobstollenprofil

Die mit dem "M+S"-Symbol markierten Ganzjahresreifen für Sport-Utility-Vehicle und Offroadfahrzeuge sind den Anforderungen auf winterlicher Fahrbahn oftmals nicht gewachsen. Diese Produkte, die nicht als spezielle Winterreifen mit dem Symbol einer Schneeflocke gekennzeichnet sind, haben in einem ADAC-Test

überdurchschnittlich schlecht abgeschnitten (vgl. **Diagramm 5**). Das Testergebnis überrascht, weil viele KFZ-Hersteller die Neufahrzeuge in der Erstausstattung mit "M+S"- Ganzjahresreifen bestücken. Da es keine rechtliche Grundlage für diese aus den Vereinigten Staaten übernommene Kennzeichnung gibt, können die Reifenhersteller ihre Produkte nach freier Wahl mit dem "M+S"- Symbol kennzeichnen, wenn sie optisch den Eindruck erwecken, wintertauglich zu sein. Hier ist der Gesetzgeber gefordert, die "M+S"- Markierung nur noch für solche Reifen zuzulassen, die wirklich wintertauglich sind.



**Diagramm 5:** Geländewagenreifentest [10]

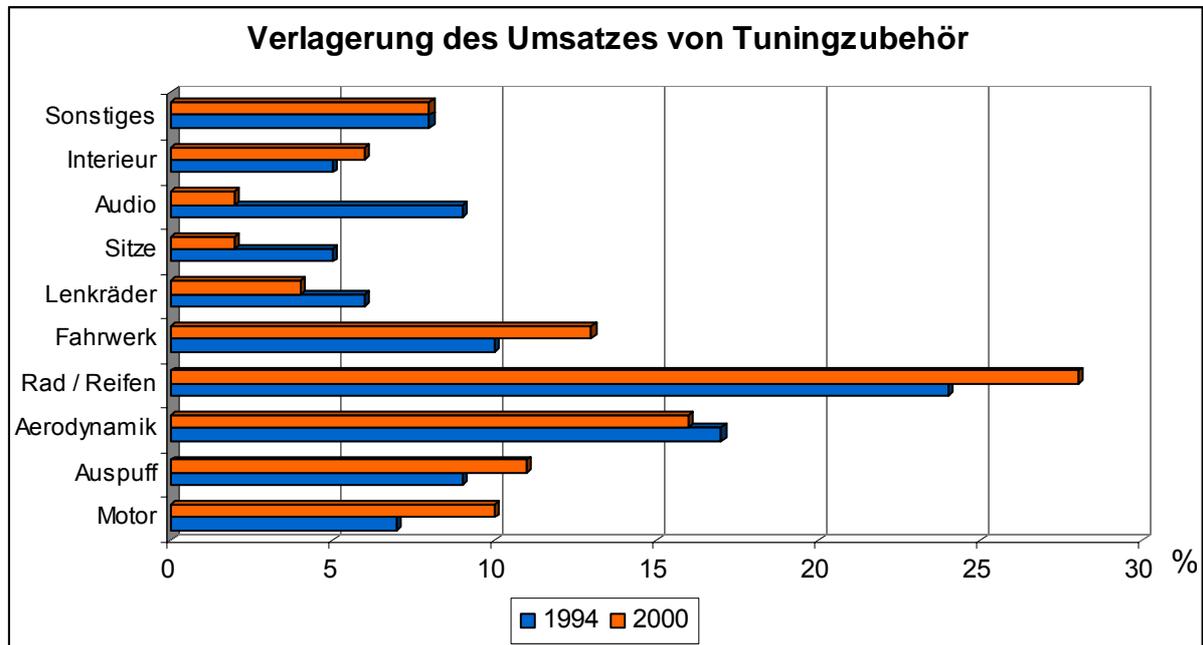
Diese Reifen haben weder eine spezielle Gummimischung für Temperaturen unterhalb von 7°C noch haben sie ein Profil mit Lamellenstruktur. Dies ist der Grund für das schlechte Ergebnis bei diesem Reifentest.

#### 2.4.3.4.4 Breitreifen



**Abbildung 26:** Breitreifen

Selbst in der automobilen Kompaktklasse wird auf sportliche Optik geachtet, Breitreifen und Leichtmetallräder haben entsprechende Zuwachsraten.



**Diagramm 6:** Verlagerung des Umsatzes von Tuningzubehör [9]

Es gibt auch aus technischer Sicht durchaus Gründe, die für den Breitreifen sprechen. Etwa die deutliche Zunahme an Fahrstabilität durch Breitreifen, wesentlich bessere Lenkpräzision und die Tatsache, dass größere Felgenformate ab Werk auch den Einbau von größeren und wirksameren Bremsanlagen möglich machen. Leistungsfähige Bremsanlagen werden durch die höheren Geschwindigkeiten moderner Fahrzeuge sinnvoll und notwendig.

Die immer breiter werdenden Pneus bringen unter anderem Aquaplaningprobleme. Das verlangt von den Reifenentwicklern besondere Sorgfalt und mehr Aufwand. Hochleistungsbretreifen werden auch deshalb zu Recht „High-Tech“-Produkte genannt.

Breite Sommerreifen besitzen jedoch eine eingeschränkte Wintertauglichkeit. Eine breite Aufstandsfläche reduziert den Flächendruck, was insbesondere auf Neu- oder Tiefschnee Nachteile mit sich bringt. Ein wesentlicher Faktor ist die für hohe Geschwindigkeiten und Temperaturen ausgelegte Laufflächenmischung. Derartige Mischungen erreichen mitunter schon über dem Gefrierpunkt ihre Verglasungstemperatur.

#### 2.4.3.4.5 Kraftstoffsparende Reifen



**Abbildung 27:** Kraftstoffsparender Reifen (Continental „Eco Contact“) [5]

Die kraftstoffsparende Eigenschaft moderner „Öko-Reifen“ wird realisiert durch

- die besondere Laufflächenform (z.B. „Flat Belt Concept“ von Continental). Hierbei handelt es sich um eine neu entwickelte Kontur des Gürtels, die im Gegensatz zu herkömmlichen Gürteln flacher gestaltet ist.
- die spezielle Gummimischung. Durch den Einsatz neuer Silica-(Gummi)Mischungen verbessert sich der Rollwiderstand des Reifens.
- das abgestimmte Profildesign mit Längs- und Querrillen, welche auch das Abrollgeräusch des Reifens verringert.

In der Summe kann so eine Kraftstoffersparnis von etwa ca. 5 Prozent gegenüber Reifen mit herkömmlicher Mischungs- und Profilvertechnologie erzielt werden [5].

Um die vorhandenen Potenziale für die Minderung des Rollwiderstandes optimal auszuschöpfen, hat das Umweltbundesamt gemeinsam mit Vertretern der Reifenindustrie Umweltkriterien festgelegt. Reifen, welche die Anforderungen des Umweltzeichens „Blauer Engel“ erfüllen, erzeugen 50 Prozent weniger Lärm und haben einen 30 Prozent geringeren Rollwiderstand als viele handelsübliche Reifen. Damit wird nicht nur der Verkehrslärm verringert, es lässt sich auch Kraftstoff sparen und damit der CO<sub>2</sub>-Ausstoß eines PKW verringern [13].



**Abbildung 28:** „Blauer Engel“ für lärmarme und kraftstoffsparende Reifen

Damit die Verbesserung der umweltrelevanten Eigenschaften nicht auf Kosten der Fahrsicherheit geht, sind bei den Anforderungen des „Blauen Engel“ auch Eigenschaften wie beispielsweise das Aquaplaningverhalten und der Bremsweg auf nasser Fahrbahn mit einbezogen.

<b>„Blauer Engel“ Umweltzeichen RAL-ZU 89 für lärmarme und kraftstoffsparende Reifen</b>	
Abrollgeräusch (92/23/ EEC)	$\leq 72$ dB(A)
Rollwiderstandskoeffizient: (ISO 8767)	Sommerreifen: $Cr \leq 1,1$ % Winterreifen: $Cr \leq 1,2$ %
Gewicht:	abhängig von der Reifengröße $\leq 7 - 9,2$ kg
Laufleistung:	$\geq 400$ (UTQS Test Standards Testing Laboratories Inc. (STL)/San Angelo, Texas)
Nassbremsverhalten: Aquaplaning:	wenigstens durchschnittliche Eigenschaften (bezogen auf den Stand der Technik)

**Diagramm 7:** Kriterien für lärmarme und kraftstoffsparende PKW Reifen [13]

#### 2.4.3.4.6 Runderneuerte Reifen



**Abbildung 29:** Reifen bei der Runderneuerung

Runderneuerte Reifen besitzen einen nicht unbedeutenden Anteil am Reifenmarkt. In der Bundesrepublik Deutschland sind ca. zehn Prozent der PKW-Reifen (ca. 5 Prozent Sommerreifen und immerhin 15 bis 20 Prozent bei Winterreifen) runderneuert. 50 Prozent der LKW sind mit runderneuerten Reifen unterwegs. Das entspricht einer Anzahl von etwa 4,0 Mio. PKW- und 1,4 Mio. LKW-Reifen [8].

Das Runderneuern von Autoreifen wurde lange Zeit als kritisch bezeichnet. Durch den Einsatz moderner Technologien wurden die Standards am Thema Qualität und Sicherheit jedoch wesentlich angehoben.



**Abbildung 30:** „Blauer Engel“ für runderneuerte Reifen

Flugzeugreifen werden bereits heute 8 bis 10mal runderneuert [26], LKW-Reifen bis zu 3mal [27]. Anders sieht es im PKW-Bereich aus. PKW-Reifen werden durchschnittlich nur einmal runderneuert. Sie stehen preislich in Konkurrenz zu Billigimporten, meist aus Fernost. Gesetzliche Regelungen zur Prüfung von runderneuerten Reifen sind von der ECE (Economic Commission for Europe) /GRRF (Expertengruppe Bremsen und Fahrwerk) im Jahr 1997 ausgearbeitet worden. (Die Regelung für runderneuerte PKW-Reifen heißt jetzt ECE-R 108, die für runderneuerte LKW-Reifen ECE-R 109). Die Regelung für PKW-Reifen erlaubt eine einmalige Runderneuerung von Reifen bis zur Geschwindigkeitsklasse V (240 km/h) mit einem Karkassenalter von bis zu 8 Jahren. Dabei darf ein Durchstoßschaden bei Reifen bis zur Geschwindigkeitsklasse H (210 km/h) vor der Runderneuerung ohne Geschwindigkeitsrückstufung repariert werden. Bei reparierten und den runderneuerten Reifen der Klasse V (240 km/h) hat eine Rückstufung um eine Klasse zu erfolgen. Bei LKW-Reifen ist eine mehrfache Runderneuerung ohne Alterseinschränkung der Karkasse erlaubt.

#### 2.4.3.4.7 Spikereifen

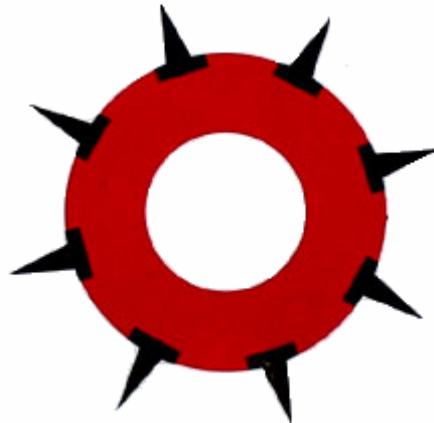


**Abbildung 31:** Winterreifen mit Spikes

Spikes (Stahlstifte) werden in die Laufflächen von Winterreifen eingelassen. Sie bewirken eine bessere Bodenhaftung und kürzere Bremswege speziell auf vereister

Fahrbahn. Diese erreichten zwar eine hervorragende Verzahnung mit der vereisten oder verschneiten Fahrbahnoberfläche, beschädigten aber die Straßen. Spikereifen sind in der Bundesrepublik Deutschland seit 1975 nicht mehr zugelassen. Diese Regelung hat die Entwicklung moderner Winterreifen in Deutschland forciert.

In Österreich sind Spikereifen vom 15. November bis zum Ostermontag (März/April) des nächsten Jahres erlaubt [28]. Das Fahrzeug muss dann mit einer Plakette mit Spike-Symbol versehen werden.



**Abbildung 32:** Spike-Symbol

Spikereifen müssen auf allen Rädern, welche Kräfte auf die Fahrbahn übertragen, verwendet werden. Zu beachten ist, dass die Stahlstifte der Reifen nicht mehr als 2,0 mm über die Lauffläche ragen und fest im Reifen sitzen, da ansonsten die Gefahr der Beschädigung der Fahrbahn und anderer Fahrzeuge zu groß ist. Motorräder dürfen nicht mit Spikereifen ausgerüstet werden.

Für Kraftfahrzeuge mit Spikereifen gelten gesonderte Tempolimits. Die erlaubte Höchstgeschwindigkeit auf Autobahnen beträgt 100 km/h, auf Freilandstraßen 80 km/h.

#### **2.4.4 Reifenentsorgung**

Im Jahre 1997 sind in Deutschland ca. 670 000 Tonnen Altreifen angefallen. Zurzeit werden knapp 20 Prozent, das entspricht 130 000 Tonnen, dieser Reifen der Runderneuerung zugeführt. Davon entfallen 70 Prozent auf LKW- und 30 Prozent auf Leicht-LKW- und PKW-Reifen. Die anderen Reifen werden exportiert, zu Granulat verarbeitet, finden Verwendung in der Zementindustrie, in Heizkraftwerken, in der Landwirtschaft (als Siloabdeckung) oder in Häfen (als Fender). Alle Reifen, die nicht wieder- oder weiterverwendet werden, gelangen schließlich auf Deponien.

Mit der Runderneuerung wird ein aktiver Beitrag zum Umweltschutz betrieben, da durch Altreifen-Recycling vorhandene Ressourcen geschont werden. Während für die Herstellung eines neuen Reifens etwa 20 bis 28 Liter Rohöl verbraucht werden, reduziert sich der Anteil bei zweitgummierten Reifen auf etwa 5,5 Liter. Eingespart werden auch die Materialien aus denen Wulst, Karkasse und Stahlgürtel hergestellt

werden. Insgesamt lässt sich durch die Runderneuerung etwa 80 Prozent eines Reifens wieder verwenden [27].



**Abbildung 33:** Vergleich des Rohölverbrauchs bei Neu- und runderneuertem Reifen [2]

#### 2.4.5 Reifenkennzeichnung



**Abbildung 34:** Reifenalter anhand der DOT-Kennzeichnung

Seit dem Jahr 2000 wird das Reifenalter mit einem 4-stelligen Code gekennzeichnet (WWJJ). Die DOT-Endziffern (Department of Transportation) „4200“ sagen z.B. aus, dass der Reifen in der 42. Woche des Jahres 2000 hergestellt wurde. Reifen aus der Zeit vor 2000 tragen eine dreistellige DOT-Kennzeichnung mit dem Produktionsschlüssel WWJ für Produktionswoche (zweistellig) und Produktionsjahr (die letzte Ziffer). „438“ steht mithin für 43. Woche 1998. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass seit 1990 in der Regel hinter der DOT-Kennung noch ein kleines Dreieck einvulkanisiert wurde, um Reifen der 90er Jahre von noch älteren Produkten unterscheiden zu können.



**Abbildung 35:** Kennzeichnung der Reifendimensionen

Bei der Kennzeichnung der Reifendimension gibt die dreistellige Nummer links die Querschnittsbreite des Reifens in Millimetern an, in diesem Fall 185 mm. Die zweistellige Nummer nach dem Schrägstrich gibt das Querschnittsverhältnis in Prozent an, d.h. das Verhältnis von Querschnittsbreite und Reifenhöhe.

Das nachstehende „R“ steht hier für „Radial“. Es handelt sich um die heute übliche Bauart mit radial angeordneten Karkassenfäden. Anstelle des „R“ kann bei Oldtimern auch ein „D“ für diagonale Bauart stehen.

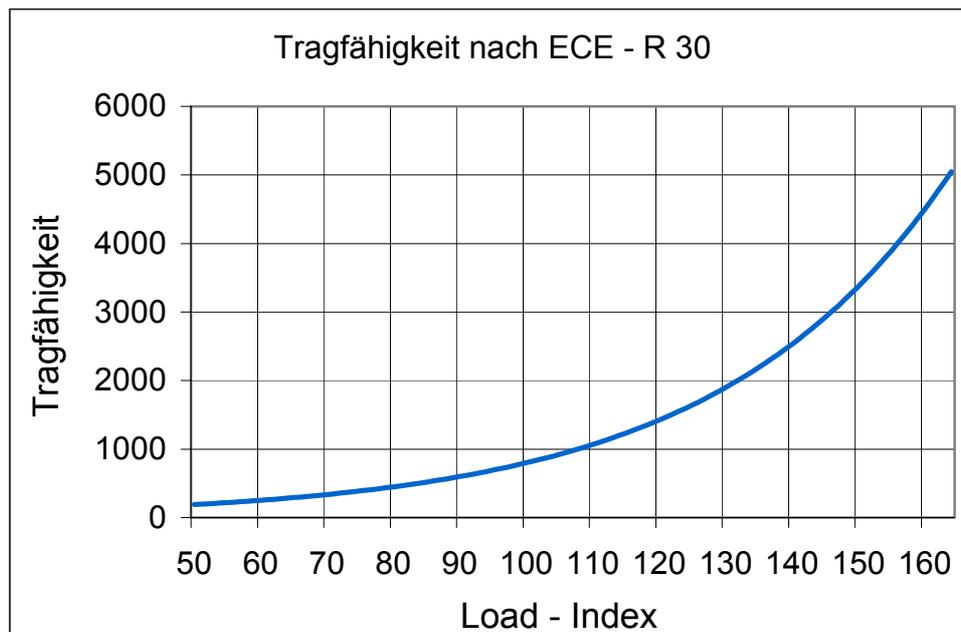
Die darauf folgende zweistellige Zahl beschreibt den Felgendurchmesser. Dieser wird diagonal von Felgenrand zu Felgenrand ermittelt, das Maß wird meist in Zoll angegeben. Die gängigsten Maße reichen von 13" bis 22".

Die Tragfähigkeitskennziffer (Load-Index LI) ist eine Kennzahl für die Belastbarkeit des Reifens. Jedem LI-Wert wird eine bestimmte Belastbarkeit des Reifens bei einem vorgegebenen Luftdruck zugeordnet. Der Load-Index am Beispiel in Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. beträgt „87“. Die maximale Reifenbelastung beträgt damit 545 kg. Die montierten Reifen müssen mindestens dem in den Fahrzeugpapieren angegebenen LI entsprechen, höhere Werte des LI sind zulässig. Die Zusatzangabe „Reinforced“ kennzeichnen Reifen mit besonders hoher Tragfähigkeit (für Kleintransporter, Kleinbusse, Vans, Geländewagen). Ausschlaggebend ist auch hier die LI-Kennziffer.

Der Load-Index kann entweder anhand der nachstehenden Tabelle oder folgender Formel ermittelt werden.

$$T_{kg} = 45 \cdot \sqrt[80]{10^{LI}}$$

**Gleichung 6:** Tragfähigkeit

**Diagramm 8:** Tragfähigkeit nach ECE - R 30

<b>LI</b>	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
<b>kg</b>	190	195	200	206	212	218	224	230	236	243	250	257	265	272	280	290	300	307	315	325
<b>LI</b>	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
<b>kg</b>	335	345	355	365	375	387	400	412	425	437	450	462	475	487	500	515	530	545	560	580
<b>LI</b>	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109
<b>kg</b>	600	615	630	650	670	690	710	730	750	775	800	825	850	875	900	925	950	975	1000	1030
<b>LI</b>	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129
<b>kg</b>	1060	1090	1120	1150	1180	1215	1250	1285	1320	1360	1400	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850
<b>LI</b>	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149
<b>kg</b>	1900	1950	2000	2060	2120	2180	2240	2300	2360	2430	2500	2575	2650	2725	2800	2900	3000	3075	3150	3250
<b>LI</b>	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164					
<b>kg</b>	3350	3450	3550	3650	3750	3875	4000	4125	4250	4375	4500	4625	4750	4875	5000					

**Tabelle 2:** Load-Index

Der letzte Buchstabe, in diesem Fall ein „H“, gibt die zulässige Höchstgeschwindigkeit des Reifens an. Reifen mit einem höheren Index als in den Fahrzeugpapieren eingetragen, können und dürfen problemlos gefahren werden. Auf keinen Fall darf jedoch ein Sommerreifen mit einem niedrigeren Index als in den Fahrzeugpapieren eingetragen montiert werden. Bei „M+S“- Reifen kann der Geschwindigkeitsindex des Reifens niedriger sein als in den Fahrzeugpapieren eingetragen. In diesem Fall muss mit einem deutlich sichtbaren Aufkleber im Sichtfeld des Fahrers auf die zulässige Höchstgeschwindigkeit hingewiesen werden.



**Abbildung 36:** Aufkleber welche die zulässige Höchstgeschwindigkeit kennzeichnen

Geschwindigkeits-Symbol	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7	A 8	B	C	D	E	F	G	J	K
Geschwindigkeit (km/h)	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	65	70	80	90	100	110
Geschwindigkeits-Symbol	L	M	N	P	Q	R	S	T	U	H	V	VR	W	ZR	Y	
Geschwindigkeit (km/h)	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	240	>210	270	>240	300	

**Tabelle 3:** Speed-Index

### 2.4.6 Zukünftige Reifentechnologien

Das Potenzial des Reifens ist heute keineswegs ausgereizt. Dabei werden in Zukunft nicht nur alte Ansätze weiterverfolgt sondern dem Reifen werden, wie im Folgenden beschrieben, vollkommen neue Aufgaben zukommen.

#### 2.4.6.1 Notlaufsysteme

Notlaufsysteme, auf die in dieser Arbeit nicht näher eingegangen wird, werden heute bereits in der automobilen Oberklasse verbaut. Künftig werden sie auch in Fahrzeugen der unteren Mittelklasse und im Segment der Kleinwagen eingesetzt.

#### 2.4.6.2 Lärmreduzierung

Einen Ansatz der Lärmreduzierung, wie sie künftige Gesetze und Richtlinien fordern, sehen die Reifenhersteller durch den Einsatz von Absorbern und Resonatoren in Reifen bzw. Radhaus. Weiterhin sollen die Reifen so ausgelegt werden, dass die Geräusche in Richtung des schallabsorbierenden Radhauses emittiert werden.

### 2.4.6.3 Sensortechnologie

Auch Sensortechnologie im Reifen ist noch in den Anfängen. Zukünftig werden nicht nur Kraft, Geschwindigkeit und Beschleunigung am Reifen gemessen, es existieren bereits Modelle, die den momentanen maximalen Kraftschluss zwischen Reifen und Fahrbahn abschätzen.

### 2.4.6.4 Alternative Materialien

Bei der Materialentwicklung geht der zukünftige Trend zu adaptiven Materialien, die sich an veränderte Umweltbedingungen und Fahrzustände anpassen können. Derzeit ist ein neuer Reifen mit einer völlig neuen Gummimischung von Goodyear mit dem Namen GT 3 BioTRED in Entwicklung. Der Füllstoff entsteht aus Maisstärke und ersetzt einen „nennenswerten“ Anteil der industriell hergestellten Ruß- und Silica-Komponenten im Reifen. BioTRED soll jedoch nicht nur ökologische Vorteile bringen. Der Reifen soll bis zu fünf Prozent Kraftstoff sparen und damit den CO<sub>2</sub>-Ausstoß herabsetzen, gleichzeitig aber auch eine bessere Traktion auf nasser Fahrbahn und eine erheblich reduzierte Geräuschentwicklung bieten. [25]

### 2.4.6.5 Stickstofffüllungen

Stickstofffüllungen sind schon seit Jahren ein Standard, welcher sich im Rennsport, in der Luftfahrt und bei Gefahrguttransporten weltweit durchgesetzt hat. Auch bei PKW wird sich Stickstoff als Füllmittel, insbesondere bei leistungsstarken Fahrzeugen in Zukunft durchsetzen. Wesentliche Faktoren sind die geringere Erhitzbarkeit von stickstoffgefüllten Reifen. Dadurch entstehen praktisch keine Druckdifferenzen und somit keine veränderten Abrolleigenschaften mehr. Weil Stickstoffmoleküle wesentlich größer als Sauerstoffmoleküle sind, können sie wesentlich schlechter durch das Gummi oder das Ventil entweichen. Stickstoff geht im Gegensatz zu Sauerstoff keine Verbindung mit Stahl, Aluminium und Öldampfdruckständen ein, wodurch auch Patina und Korrosion an Felgen und Ventilen vermieden wird. Als Folge der geringen Erwärmung durch Reibung an Laufflächen und Walkung der Reifenflanken steigt die Lebensdauer der Reifen signifikant.

### 2.4.6.6 Hartkornreifen

Ein möglicher Nachfolger der Spikereifen könnte der so genannte Hartkornreifen werden. Hartkornreifen sind PKW-Reifen, bei denen bei der Herstellung harte Körner in die Reifensohle eingegossen werden. Diese Körner bestehen aus Kieselkarbid und Aluminiumoxid und werden vorzugsweise als Industriediamanten verwendet. Häufig werden sie in Fräsrädern und Kreissägeblättern für die Metallverarbeitung benutzt. Hartkornreifen sind eine Erfindung der Firma New Industries Ltd.. Diese Firma hat das Patent für die Produktionsmethode, die für die Herstellung benötigt wird. Die Reifen zeichnen sich durch Umweltfreundlichkeit aus. Sie sind für das Fahren bis 150 km/h geeignet. Bei der Produktion der Reifen werden die Hartkörner

gleichmäßig in das gesamte Gummi eingestreut. Diese regelmäßige Verteilung bewirkt, dass ständig neue Körner an die Reifensohle gelangen, auch wenn eine Abnutzung der Reifen auftritt. Besonders gut sind die Hartkornreifen für den Gebrauch mit ABS-Bremssystem geeignet. Bei Vergleichen mit gewöhnlichen Reifen geben die Hartkornreifen besonders auf glatten und rutschigen Straßen einen guten Halt. So sind sie besonders für das Fahren bei Glätte geeignet. [18]

## 2.5 Fahrbahntechnologie

Die Beschaffenheit von Verkehrsflächen spielt in punkto Sicherheit im Straßenverkehr eine zentrale Rolle. Die gewünschten Eigenschaften einer Asphaltdecke und ihrer Oberfläche lassen sich je nach Anforderung durch die Wahl und Kombination von Gesteinsart, Bindemittel und Zusätzen wie z.B. durch das Aufstreuen und Einwalzen von Mineralstoffen variabel steuern. Asphalt bietet eine Vielzahl von verschiedenen Oberflächen, welche an die spezifischen Anforderungen angepasst werden können.

Ebenheit, Griffigkeit, ggf. Helligkeit oder Farbgebung sind wichtige Elemente, die bei Asphalt optimal den jeweiligen Anforderungen angepasst werden können.

### 2.5.1 Asphalt

Asphalt, ein thermoplastischer Baustoff, ist ein Gemisch aus Bitumen und Mineralstoffen. Asphalt wird vorwiegend technisch hergestellt, kommt aber auch an einigen Stellen der Erde als Naturasphalt vor (z.B. Persischer Golf, Trinidad), wo man ihn schon vor rund 6 000 Jahren kannte und verwendete.

Bitumen wird in Raffinerien aus Erdöl gewonnen und ist der veredelte Rückstand nach der Gewinnung von Treibstoffen und Ölen. Bitumen ist ein Gemisch aus organischen Substanzen, deren Elastoviskosität sich mit der Temperatur verändert. Bitumen ist nicht zu verwechseln mit Teer, welcher durch thermische Behandlung aus Steinkohle gewonnen wird und wegen seiner gesundheitsschädlichen Eigenschaften im Bauwesen seit Jahrzehnten nicht mehr verwendet wird. Die Art und Menge der beigefügten Mineralstoffe und die im Bitumen enthaltenen Polymere bestimmen die Eigenschaften und letztlich den Anwendungsbereich des Asphalt.

Die jeweils gewünschte Funktion im Anwendungsbereich wird durch die spezielle Zusammensetzung des Mischgutes (Rezeptur) erreicht. Die Eigenschaften wie Elastizität, Dichtheit und Dauerhaltbarkeit können in unterschiedlichem Maß in den Vordergrund gebracht werden.

Je nach Verwendungszweck und Belastung der Verkehrsfläche werden verschiedene Asphaltdecken maßgeschneidert paketartig aufeinander gebaut, um die jeweiligen Belastungen dauerhaft aufnehmen zu können.

### 2.5.2 Dränbelag (Flüsterbelag)

Die Entwicklung eines offenporigen Asphalttes führte zum Dränasphalt. Das Oberflächenwasser wird auf der Fahrbahnoberfläche innerhalb der Deckschicht abgeführt. Dadurch wird die Oberfläche auch bei fehlendem Quergefälle wasserfrei gehalten, die Sprühhfahnenbildung reduziert, die Griffigkeit verbessert und der abgestrahlte Lärm reduziert. Der Binder oder eine direkt darunter liegende Tragschicht muss hierfür mit einer Membran versiegelt werden, damit kein Wasser in die unteren Schichten gelangen kann. Der Nachteil besteht darin, dass die Arbeit des Winterdienstes durch einen erhöhten Salzverbrauch erschwert wird. Ein weiterer Nachteil des offenporigen Asphaltts ist, dass die lärmindernde Wirkung durch Verschmutzung mit der Zeit (nach ca. 5 Jahren) nachlässt und nur mit sehr großem Kostenaufwand durch Reinigung oder Spülen wieder hergestellt werden kann. Zudem kann es im Winter passieren, dass durch Frost Wasser von unten an die Oberfläche gelangt und somit eine ansonsten trockene Straße glatt und folglich zur Gefahr für Autofahrer werden kann. [17]

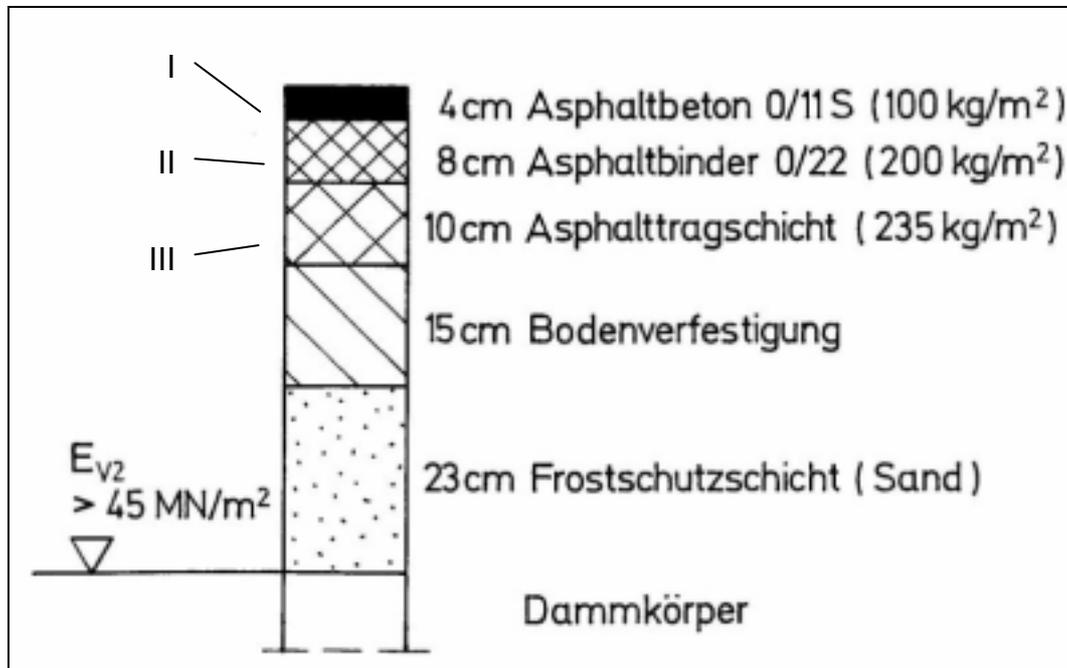
Doch nicht nur die großen Poren in der Fahrbahndecke beeinflussen die Geräuschcharakteristik sondern auch die Oberflächenbeschaffenheit nimmt Einfluss auf die Lärmemission.

	<p>Dröhnen durch Reifenverformung</p>	<p>Reifenschwingungen im Frequenzbereich unter 1 000 Hz (Wahrnehmung: Dröhnen)</p>
	<p>Zischen durch Air-pumping</p>	<p>Optimierung der akustischen Eigenschaften eines Fahrbahnbelages</p>
	<p>Optimierung minimale Geräuschentwicklung</p>	<p>Air-Pumping-Effekte im Frequenzbereich über 800 Hz (Wahrnehmung: Zischen)</p>
	<p>Zusätzliche Absorption durch Porosität des Belages</p>	<p>Senkung der Lärmemissionen durch Optimierung der Textur</p>

**Tabelle 4:** Auswirkung der Oberflächenbeschaffenheit von Fahrbahnbelägen auf die Geräuschentwicklung [11]

### 2.5.3 Schichtaufbau des Fahrbelags

Im Folgenden ist der Aufbau einer Asphaltfahrbahn nach RStO (Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen) der Bauklasse II skizziert.



**Abbildung 37:** Fahrbahnaufbau gemäß Richtlinien für die Standardisierung des Straßenoberbaus [19]

#### I Asphaltdeckschicht

- Die Asphaltdeckschicht die Oberflächeneigenschaften der Verkehrsfläche verantwortlich (Griffigkeit, Lärmreduzierung usw.)
- Sie ist nach Anforderungen und Wünschen in Textur und Farbe variabel gestaltbar
- Dicke: 10 bis 40 mm

#### II Asphaltbinderschicht

- Die Asphaltbinderschicht erhöht die Ebenheiten der Unterlage
- Sie nimmt Schubspannungen aus der Verkehrsbelastung auf
- Dicke: 40 bis 80 mm

#### III Asphalttragschicht

- Die Asphalttragschicht nimmt die Belastungen auf und verteilt die Verkehrslasten auf die Unterlage
- Sie ist eine gleichmäßige und standfeste Unterlage für die darüber liegenden Schichten
- Dicke: 80 bis 220 mm [17]

## 2.5.4 Einflussgrößen

Die Fahrbahnoberfläche beeinflusst weitgehend das Fahrverhalten des Fahrzeugs. Die Beschaffenheit und der Zustand der Oberfläche sind für die Sicherheit und Zuverlässigkeit von ausschlaggebender Bedeutung.

Im Nachfolgenden sollen einige unerwünschte, besonders kritische Einflussgrößen aufgezählt und die dadurch auftretenden Risiken kurz beschrieben werden.

### 2.5.4.1 Unebene Fahrbahn



**Abbildung 38:** Zeichen 112 – „Unebene Fahrbahn“

Durch Fahrbahnunebenheiten und nicht angepasster Fahrgeschwindigkeit können die Räder kurzzeitig den Bodenkontakt verlieren. Das Fahrzeug kann hierdurch leicht ins Schleudern geraten. Gerade an Landstraßenkreuzungen mit starkem LKW-Aufkommen entstehen starke Bodenwellen, welche die maximal erreichbare Bremsverzögerung herabsetzen.

Ebenfalls als problematisch einzustufen ist ein durch Schlaglöcher verursachter Reifendefekt. Schwere Stöße können die Gitterstruktur des Reifens verletzen. Schläge durch Schlaglöcher oder hochstehende Schachtdeckel sind gefährlich für das innenliegende Gewebe. Wird die Reifenflanke kurzzeitig durch ein Schlagloch gequetscht, können einzelne Fäden des Gewebes im Reifenunterbau brechen. Oft sieht man solche Defekte auch bereits an leichten Beulen des Reifens, obwohl er besonders im Nahverkehr noch jahrelang ohne Panne seinen Dienst tun kann. Auf Fernstrecken mit hoher Zuladung steigt das Risiko jedoch immens an.



**Abbildung 39:** Ausbeulung der Reifenflanke durch verletzte Gitterstruktur

### 2.5.4.2 Rollsplitt



**Abbildung 40:** Zeichen 116 – „Splitt, Schotter“

Die Gefahr von Rollsplitt und Streusand auf der Fahrbahn ist vielfältig. Reste vom winterlichen Streudienst befinden sich im Frühjahr besonders an Steigungen und an Gefällen und im Sommer nach Ausbesserungsarbeiten auf der Fahrbahn. Einerseits ist die Griffigkeit der Oberfläche beeinträchtigt, andererseits kann hochgeschleuderter Splitt die Windschutzscheibe und Karosserie beschädigen.

### 2.5.4.3 Feuchte und nasse Fahrbahn



**Abbildung 41:** Zeichen 274 – „Zulässige Höchstgeschwindigkeit“ mit Zusatzzeichen 1052-36 – „bei Nässe“

Feuchte oder nasse Fahrbahnen führen zu einer verminderten Reifenhaftung. Besonders dann, wenn es nach längerer Trockenheit regnet. Hier bildet sich zwischen Reifen und Fahrbahnbelag eine Schmierschicht, welche besonders rutschig ist (vgl. 2.1.2 Grenzreibung).

Wasserglätte bzw. Aquaplaninggefahr besteht, wenn sich eine Wasserschicht auf der Fahrbahn gebildet hat. Diese Gefahr besteht insbesondere in Fahrbahnsenken, bei Spurrillen sowie in Kurven.

Laut Gesetzgeber gilt eine Fahrbahn als nass, wenn die vorausfahrenden Fahrzeuge eine Spur hinterlassen.

#### 2.5.4.4 Glatteis und Schneeglätte



**Abbildung 42:** Zeichen 113 – „Schnee- oder Eisglätte“

Besonders kritisch sind Tage, an denen die Temperatur um den Gefrierpunkt schwankt. Durch das wechselnde Tauen und Frieren ändert sich die Fahrbahnbeschaffenheit ständig. Außerdem ist der Eisbelag bei null Grad glatter als bei strengem Frost, da sich ein zusätzlicher Wasserfilm bilden kann.

Die Formen von Glätte sind Reifglätte, Schneeglätte, Eisglätte und Glatteis (Blitzeis). Schneeglätte ist meistens nicht sehr problematisch beim Autofahren, zumal die Gefahr zu sehen ist. Reifglätte tritt besonders auf Brücken und in Waldgebieten, sowie in Gewässernähe auf und kann sehr tückisch sein.

Wenn nach Regen oder Schnee Nässe auf den Straßen gefriert, kann es flächendeckend sehr glatt werden. In den Medien wird das oft fälschlicherweise auch als „Überfrierende Nässe“ bezeichnet. Richtig heißt es Eisglätte.

Am gefährlichsten ist das Blitzeis, wenn Regentropfen auf den frostigen Boden treffen und sich hier rasch eine glatte Eisschicht bildet. Hier spricht man dann von Glatteis. Glatteis kann auch durch Eisregen entstehen, wenn bereits gefrorene Regentropfen auf frostigen Boden treffen.

Blitzeis (Glatteis) entsteht dadurch, dass Wassertropfen, die als Regen oder Nieselregen fallen, sofort beim Auftreffen auf den Boden gefrieren. Diese Glätteform ist extrem gefährlich, da die Oberfläche äußerst glatt sein kann, sodass sogar zu Fuß kaum ein Vorankommen möglich ist. Gleichzeitig ist das durchsichtige, farblose Eis nur schwer zu erkennen.

Dagegen entsteht Eisglätte durch Wasser, welches bereits auf den Boden gelangt ist und dort nicht sofort, sondern erst später gefriert. Hierbei kann es sich um Regenwasserpflützen, Tropfwasser von Dächern und Dachrinnen, stehendes oder von der Seite zufließendes Schmelzwasser oder Tau handeln. Eisglätte kann genauso gefährlich sein wie Glatteis. Häufig ist aber der Eisüberzug nicht so gleichmäßig und auch oft unterbrochen.

Von Schneeglätte wird gesprochen, wenn gefallener Schnee festgefahren oder festgetreten wird. Durch den Straßenverkehr wird der Schnee allmählich komprimiert und es entstehen kompakte Eisflächen und damit außerordentlich starke Glätte.

Reifglätte entsteht durch Kondensation von Wasserdampf unmittelbar an der Oberfläche, wenn diese kälter als Null Grad ist.

Seit einigen Jahren wird fast überall in Deutschland nur noch Feuchtsalz gestreut. Feuchtsalz ist eine zähflüssige Mischung aus Kochsalz und einer Lauge. Der Vorteil hierbei ist, dass das Taumittel sofort bei Kontakt mit der Fahrbahn wirkt. Eis und Schnee tauen unmittelbar nach dem Kontakt mit dem Taumittel auf. Des Weiteren kann Feuchtsalz prophylaktisch eingesetzt werden. Wenn die Straßenmeistereien über den Wetterdienst, die Polizei oder Mess-Stationen an der Strecke eine Blitzeis-Warnung erhalten, können sie schon ein bis zwei Stunden vorher reagieren und die Straßen noch vor dem Eisregen mit der Salzlösung benetzen.

#### 2.5.4.5 Verschmutzte Fahrbahn



**Abbildung 43:** Zeichen 114 – „Schleudergefahr bei Nässe oder Schmutz“

Insbesondere in ländlicher Gegend ist mit Schmutz auf der Fahrbahn zu rechnen, der durch Viehtrieb und landwirtschaftliche Fahrzeuge (verstärkt im Frühjahr und Herbst) hinterlassen wird. Ebenso in Baustellenbereichen ist vermehrt mit einer verschmutzten Fahrbahn zu rechnen, speziell in Verbindung mit Nässe kann sich ein gefährlicher Schmierfilm bilden (vgl. 2.1.2). Auch Laub auf der nassen Fahrbahn bildet eine solche Grenzreibung und somit eine besondere Gefahr gerade im Herbst.

### 3 Untersuchungsmethodik und -durchführung

Dieser Abschnitt beinhaltet eine Beschreibung der Vorbereitung und Durchführung des praktischen Teils dieser Arbeit. Es wird zunächst auf die derzeitige Situation in der Bundesrepublik eingegangen. Es werden Unfallhäufigkeiten und deren Ursachen beschrieben. Des Weiteren werden die häufigsten Argumente und Einflussfaktoren für und gegen den Kauf von Winterreifen dargelegt.

Im Anschluss wird die, diese Arbeit begleitende Messung beschrieben. Es werden Messort und erfasste Parameter, sowie die Gründe für deren Auswahl beschrieben. Begleitend werden Thesen aufgestellt, welche im anschließenden Abschnitt 4, auf Grund der Datenauswertung belegt oder zu verworfen werden.

#### 3.1 Motivation

Obwohl drei Viertel der deutschen Autobesitzer bei winterlichen Straßenverhältnissen das Fahren mit Sommerreifen als gefährlich einstufen, ist kaum jeder Zweite bereit tatsächlich auf Winterreifen umzurüsten. Zurzeit werden nur ca. 43 Prozent aller Personenkraftwagen jährlich mit Winterreifen ausgerüstet, wobei es hier große regionale Schwankungen gibt.

##### 3.1.1 Verkehrsunfälle in der Bundesrepublik

Folgendes Diagramm zeigt die Ursachen von Verkehrsunfällen im Jahr 2001. Jeder zwanzigste Unfall mit Personenschaden und nahezu jeder zehnte Unfall mit schwerem Sachschaden sind durch schlechte Straßenverhältnisse verursacht. Straßenverhältnisse als Unfallursache werden angegeben, wenn Schnee, Eis oder Regen maßgeblich am Unfallhergang beteiligt waren. Viele dieser Unfälle lassen sich durch angemessene und mängelfreie Bereifung verhindern.

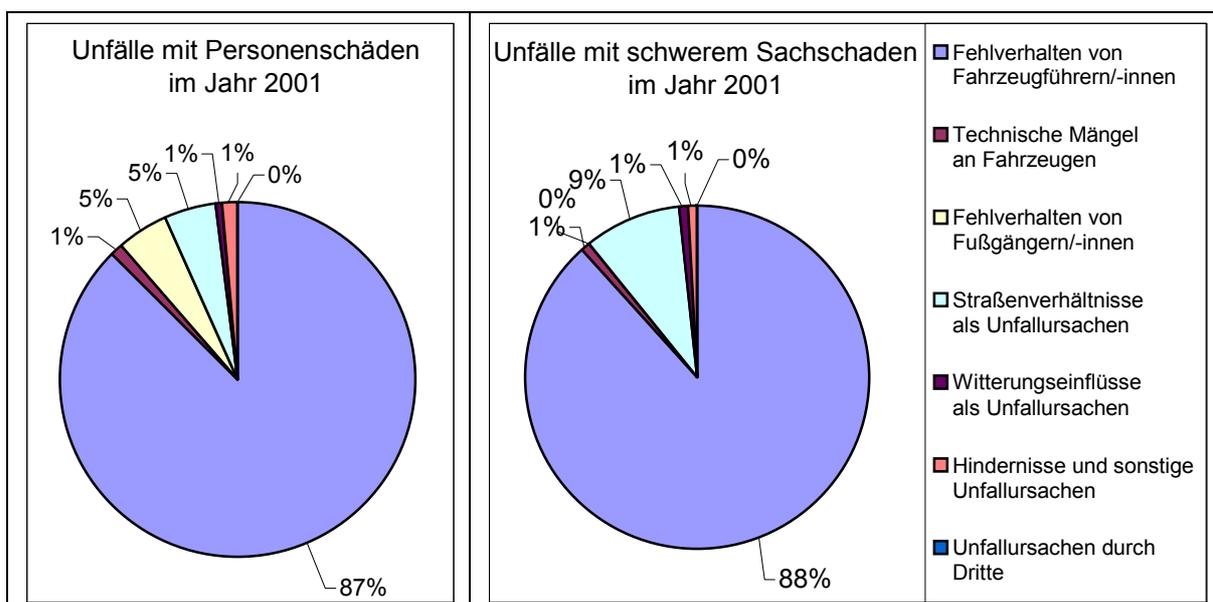
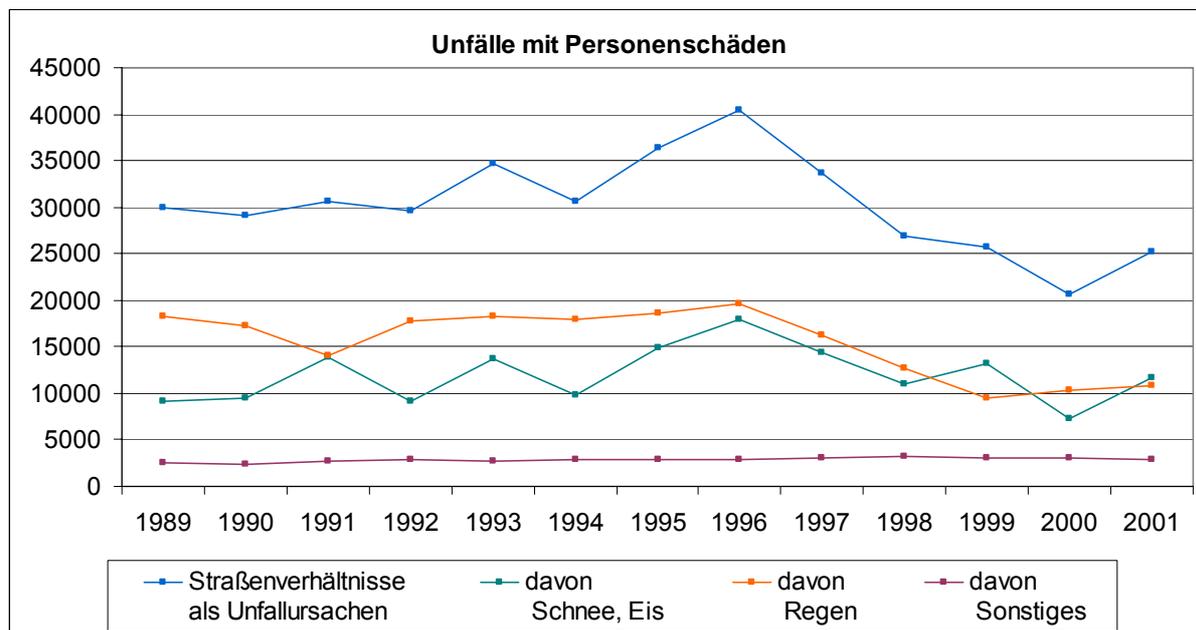


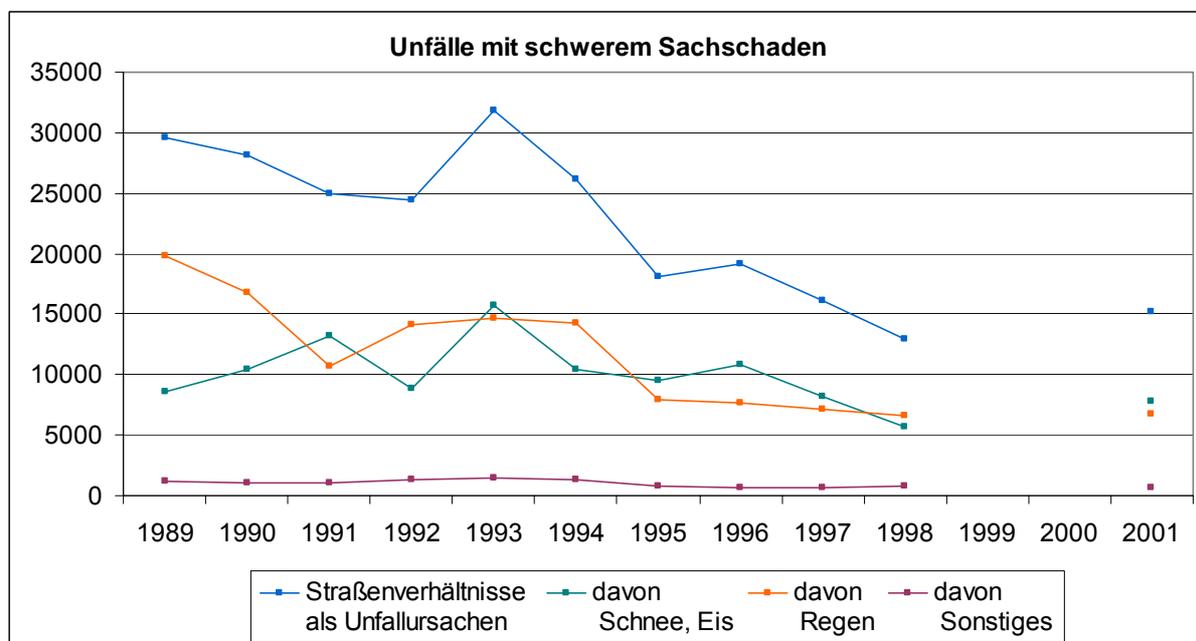
Diagramm 9: Unfälle mit Personen- und schwerem Sachschaden im Jahr 2001 [5]

Das nächste Diagramm stellt den Verlauf der Häufigkeiten von Unfällen mit Personenschäden dar.



**Diagramm 10:** Entwicklung der Unfälle mit Personenschäden in den letzten 12 Jahren [5]

Im nachstehenden Diagramm ist der Verlauf der Häufigkeiten von Unfällen mit schwerem Sachschaden abgebildet.

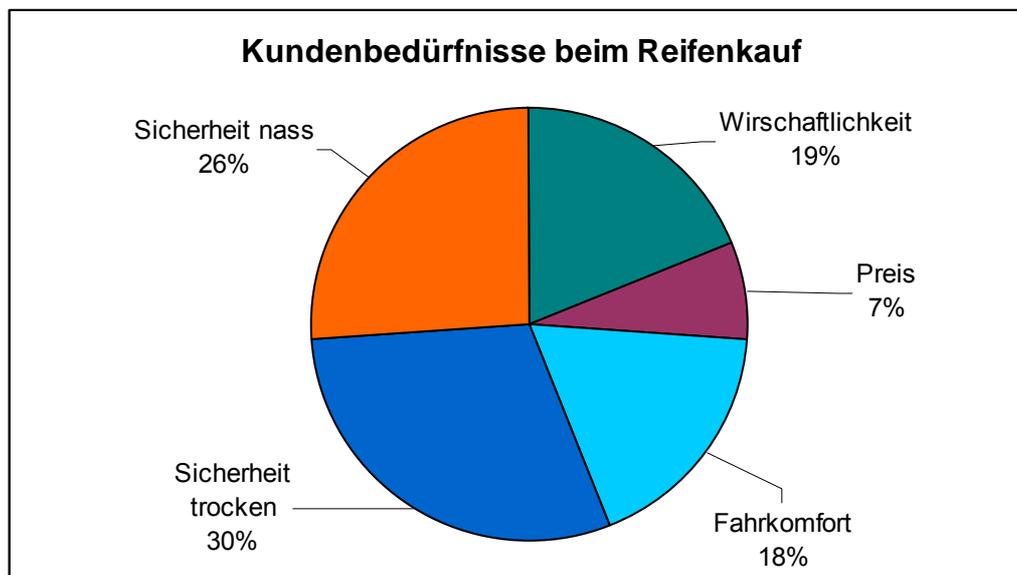


**Diagramm 11:** Entwicklung der Unfälle mit schwerem Sachschaden in den letzten 12 Jahren [5]

\*Daten von 1999 und 2000 nicht verfügbar

### 3.1.2 Die Ausgangssituation

Es gibt viele Argumente, schon vor dem ersten Schneefall auf Winterreifen zu wechseln. Sommerreifen verlieren bereits bei Temperaturen unter sieben Grad Celsius gefährlich an Haftenhaftenschaften. Das Fahrverhalten verschlechtert sich und der Bremsweg wird deutlich länger. Vergleichsfahrten zeigen, dass selbst auf trockener Fahrbahn die Bremskraft 10 Prozent unter der eines Winterreifens liegt. Sinken die Temperaturen auf Minusgrade, sind es sogar 20 Prozent. Versuchsergebnisse von Continental belegen, dass ein Sommerreifen auf winterlicher Fahrbahn im Vergleich zum Winterreifen bis zu 60 Prozent geringere Kraftschlusswerte hat [23].



**Diagramm 12:** Hauptaspekte beim Reifenkauf [5]

Die 10 häufigsten Vorurteile und Irrtümer zum Thema Winterreifen [14]

1. „Zu teuer“

Winterreifen kosten heute genauso viel wie Sommerreifen, in der Regel sogar weniger. Während das Fahrzeug mit Winterreifen fährt, werden die Sommerreifen geschont und die Laufleistung erhöht sich entsprechend.

2. „Bei uns schneit es doch nicht“

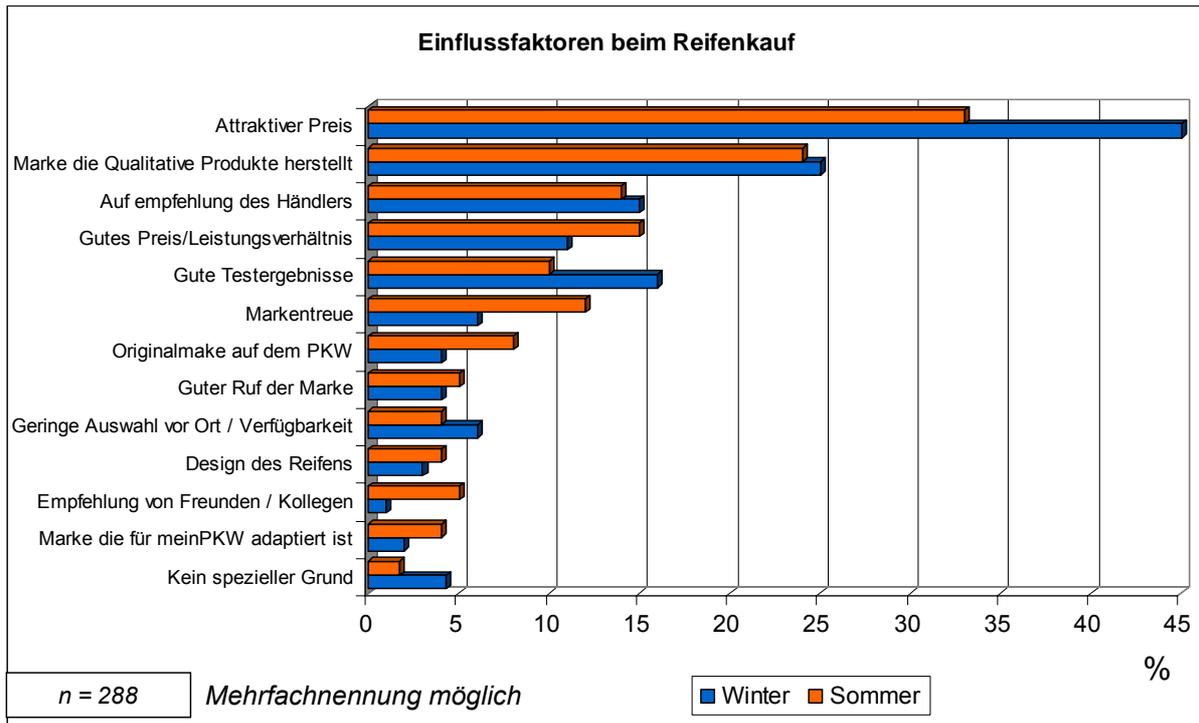
Winterreifen sind nicht nur bei Schnee sinnvoll. Bereits ab Temperaturen unter 7°C fährt man mit Sommerreifen nicht mehr sicher.

3. „Neue Sommerreifen sind sicher genug“

Sommerreifen sind, unabhängig von der Profiltiefe, grundsätzlich nicht für Winterwetter geeignet. Winterreifen haften auf Grund ihrer speziellen Kautschuk-mischung auch auf glatter oder nasser Straße und bieten somit deutlich mehr Fahrsicherheit.

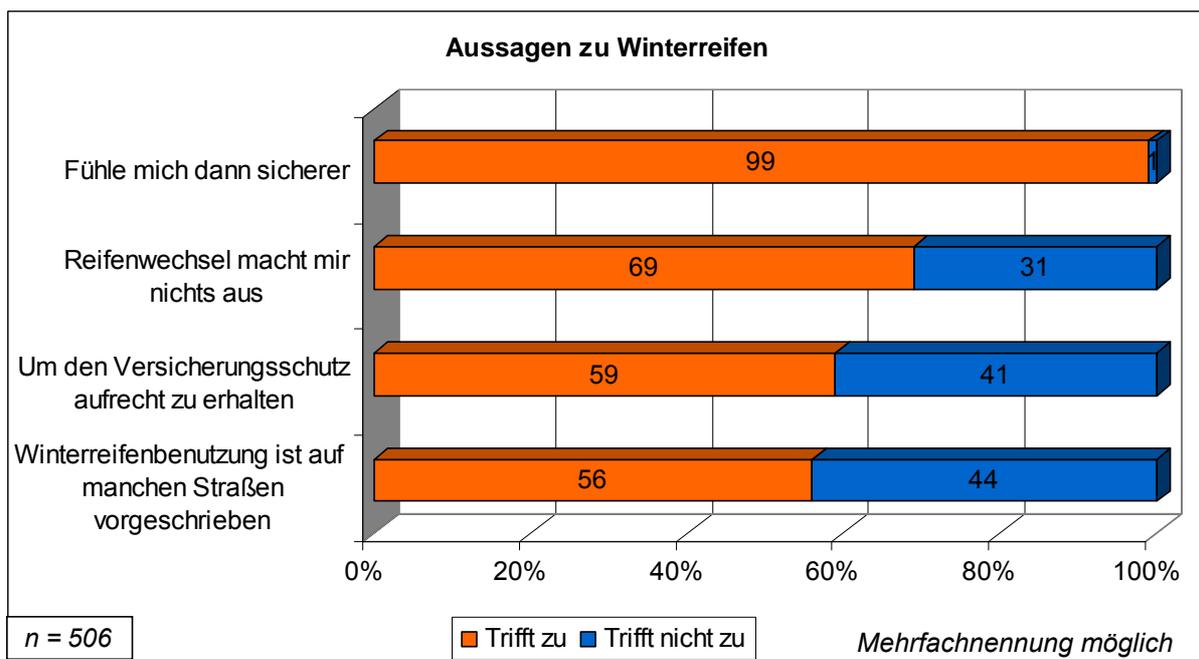
4. „Mit Winterreifen kann man nicht so schnell fahren“  
Grundsätzlich darf man mit Winterreifen genauso schnell fahren wie mit Sommerreifen. Die Höchstgeschwindigkeit ist abhängig von der Reifenmarkierung. Trotzdem sollte man die Fahrgeschwindigkeit bewusst an die Witterungsverhältnisse anpassen. Es sind heute Winterreifen mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von bis zu 240 km/h erhältlich.
5. „Ich habe doch ABS und ESP“  
Die beste „High-Tech“-Ausstattung versagt, wenn die Reifen nicht den Straßenverhältnissen angepasst werden.
6. „Wohin mit den Sommerreifen? Ich habe keinen Platz.“  
Zahlreiche Händler bieten mittlerweile Möglichkeiten zur Einlagerung von Sommer- oder Winterreifen an.
7. „Winterreifen sehen nicht so attraktiv aus“  
Neue Winterreifenmodelle können problemlos auf Alufelgen aufgezogen werden und auch das Profil wird heute unter anderem nach optischen Gesichtspunkten entwickelt.
8. „Es wird doch geräumt und gestreut“  
Es wird immer weniger gestreut. Auch geräumte und gestreute Straßen bergen auf Grund überfrierender Nässe Gefahren.
9. „Ich bin doch versichert“  
Das Unfallrisiko im Winter ist um ein sechsfaches höher. Versicherungen zahlen nicht, wenn grobe Fahrlässigkeit festgestellt wird. Bei unangemessener Bereifung zahlt der Fahrzeughalter bis zu 20 Prozent selbst.
10. „Winterreifen lohnen sich für die paar Tage im Jahr nicht“  
Alle Tage mit Nässe, Frost, Schnee, Reif, usw. ergeben zusammen ca. 185 Tage im Jahr an denen Winterbereifung angemessen ist.

Die auffälligsten Unterschiede bei den Kaufentscheidungsfaktoren zwischen Sommer- und Winterreifen sind Preis und Testergebnisse. 130 Personen (45 Prozent der Befragten) gaben an, dass über den Kauf eines Winterreifens in erster Linie der Preis entscheidet. Beim Sommerreifenkauf halten dies nur 95 Befragte (33 Prozent) für besonders wichtig. Im Widerspruch dazu, wird beim Kauf eines Winterpneus verstärkt auf gute Testergebnisse geachtet. Beim Kauf eines Sommerreifens überwiegen Argumente wie Markentreue, Erstbesatz und Preis/Leistungsverhältnis.



**Diagramm 13:** Gegenüberstellung der verschiedenen Einflussfaktoren beim Kauf von Winter- bzw. Sommerreifen [7]

Bei dieser Telefonumfrage der Marktforschungsabteilung der Michelin AG wurden 506 Winterreifenkäufer über ihre Beweggründe für den Erwerb befragt. Wichtigstes Fazit aus dieser Umfrage ist, dass 99 Prozent der Befragten bejahten, sich mit Winterreifen sicherer zu fühlen. Nur etwas mehr als die Hälfte gaben hingegen an, rechtliche oder versicherungstechnische Folgen zu fürchten.



**Diagramm 14:** Aussagen zu Winterreifen [7]

### 3.1.3 Der optimale Wechselzeitpunkt

Moderne Winterreifen sind so konzipiert, dass sie nicht nur sichereres Fahren bei Reifglätte und Schnee ermöglichen, sondern ihre besonderen Eigenschaften bereits bei Temperaturen ab 7°C zum Tragen kommen. Bei dieser Grenztemperatur sind sich Reifenhersteller, Automobilclubs und Versicherer einig. Es ist aber nicht im Voraus zu wissen, zu welchem Zeitpunkt die Temperatur dauerhaft unter 7°C bleibt.

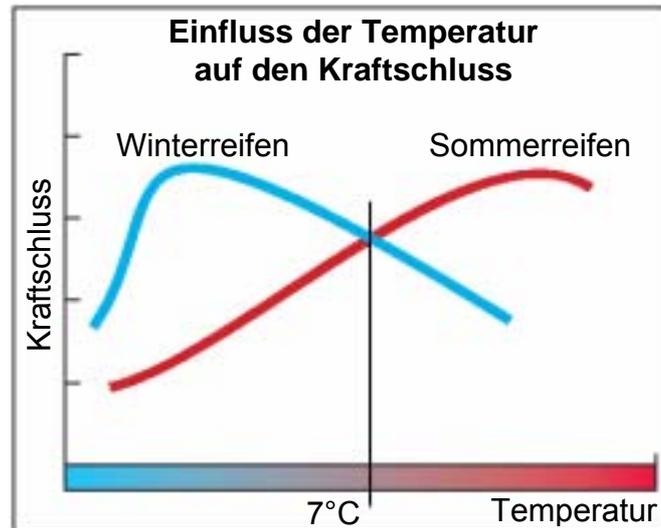


Abbildung 44: Kraftschluss über der Temperatur bei Sommer- bzw. Winterreifen [15]

In **Diagramm 15** ist der durchschnittliche Jahrestemperaturverlauf in Düsseldorf abgebildet. Demnach ist also von Anfang November bis Ende März Winterreifenzeit. Für Jeden Monat wurden etwa 900 Tageshöchst- und Tagestiefstwerte zusammengetragen. (Die Durchschnittskurve ist das arithmetische Mittel der Maximal- bzw. Minimalkurve.)

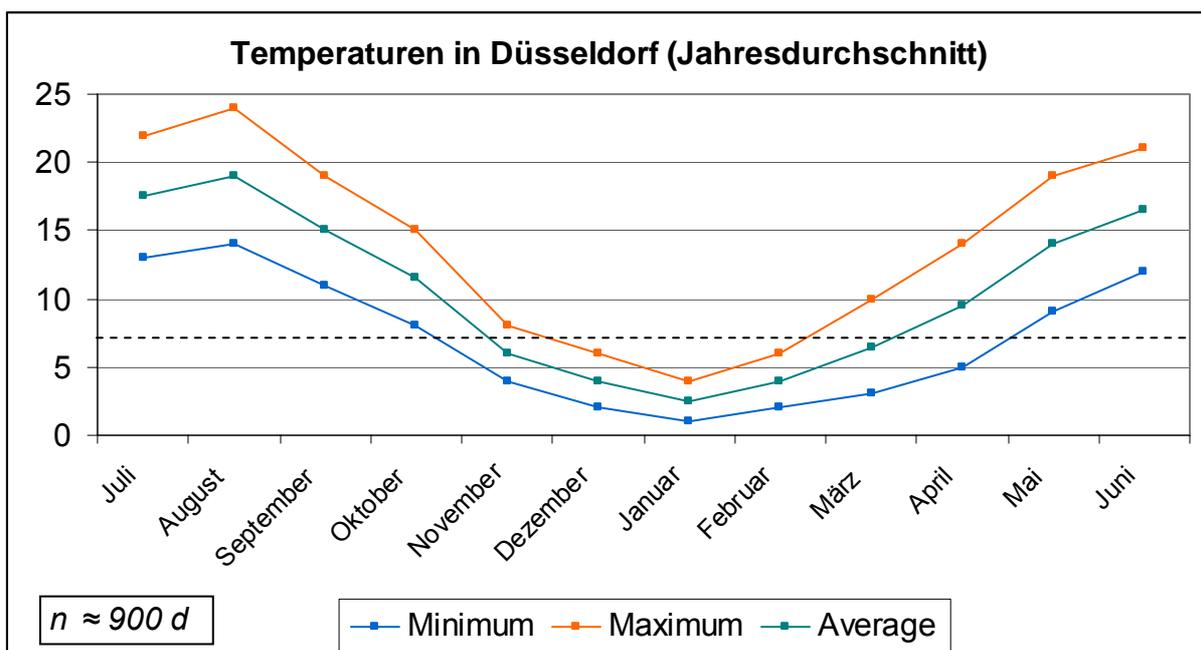


Diagramm 15: Durchschnittlicher Jahresverlauf der Temperatur in Düsseldorf [21]



In wieweit diese verschiedenen Personenkreise auch ein anderes Verhalten bezüglich des Reifenwechsels haben, soll in Abschnitt 4 geprüft und beschrieben werden.

**These 1: Zwischen den beiden Messbereichen gibt es Unterschiede bezüglich des Verlaufs des Reifenwechsels.**

### 3.2.1 Art und Umfang der Messung

In der Literatur gibt es lediglich sehr undetaillierte Untersuchungen bzw. Veröffentlichungen. Es werden nur Aussagen über den bundesdeutschen Durchschnitt aller PKW mit Winterbereifung und dergleichen gemacht. Die vorliegende Arbeit soll einen wesentlich genaueren Einblick in diese Problematik geben. Da kaum Einflussgrößen aus der Literatur bekannt sind, wird versucht, möglichst viele Parameter zu messen und auszuwerten.

Es ist davon auszugehen, dass die Zahlenwerte der Ergebnisse nicht auf andere Standorte übertragbar sind. Tendenzen, z.B. Unterschiede zwischen den einzelnen Fahrzeugklassen, sind hingegen als generelle Merkmale des saisonbedingten Reifenwechsels zu verstehen.

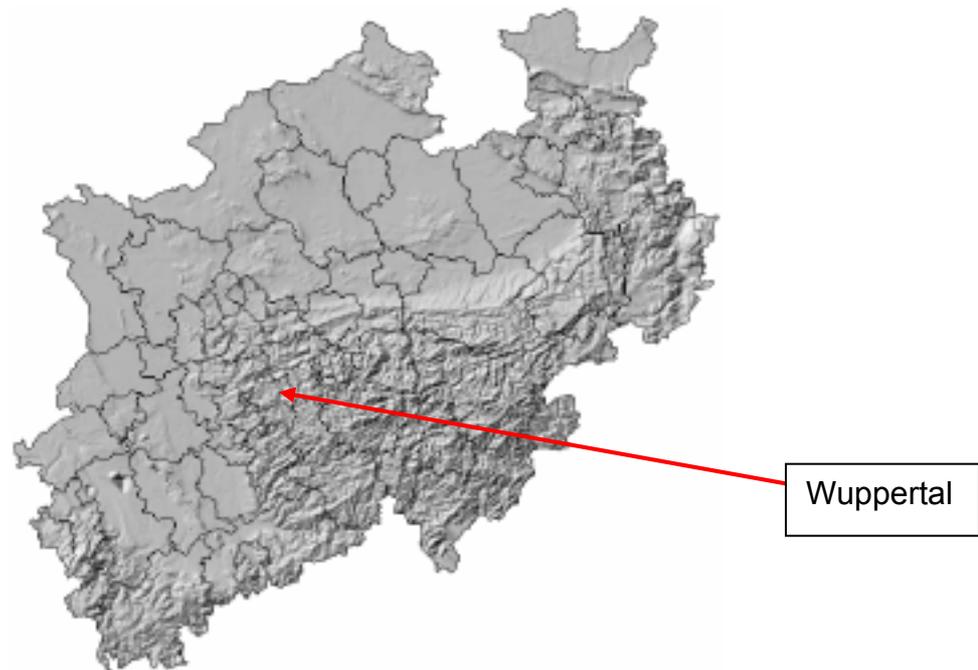
### 3.2.2 Messgrößen

Folgend werden alle bei der Messung erfassten Parameter beschrieben. Es wird kurz erläutert, aus welchem Grund und mit welchem Ziel der entsprechende Parameter in den Messkatalog aufgenommen wurde und welche Abhängigkeiten zu erwarten sind.

#### 3.2.2.1 Zulassungsort

Um etwaige topographische Einflüsse belegen bzw. beschreiben zu können, wurde der Zulassungsort eines jeden Fahrzeugs aufgenommen. Die Auswertung dieser Daten soll zeigen, ob das Wechselverhalten einzig von Temperaturen abhängig ist oder auch Höhenlage und Bergigkeit eine Rolle spielen.

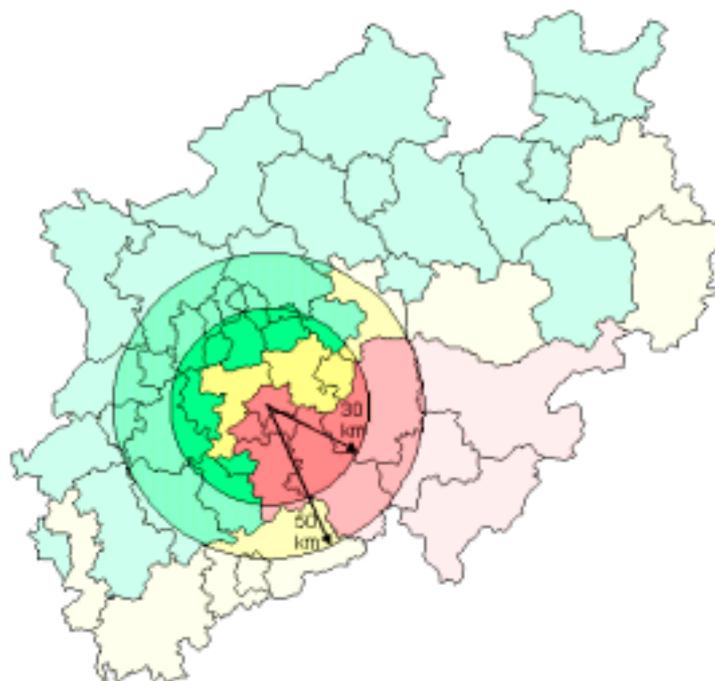
Die folgende Grafik ist eine kartographische Darstellung Nordrhein-Westfalens. Hier kann man deutlich das unterschiedliche Relief des Landes erkennen. Wuppertal liegt gerade am Rand des bergigen Teils im Süd-Osten. Diese spezielle Lage eignet sich für einen solchen Vergleich.



**Abbildung 46:** Höhenrelief von Nordrhein-Westfalen

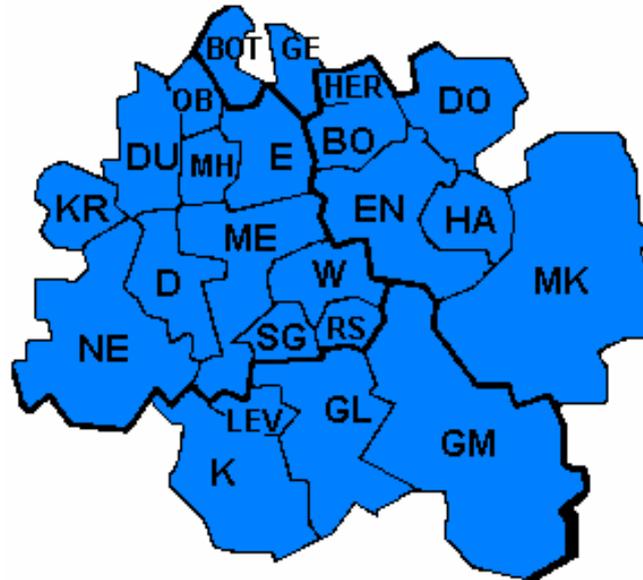
Die einzelnen Kreise, Städte und Kreisstädte werden mit so genannten Bergindizes versehen. Anhand der Unterteilung, 1. Flachland (grün), 2. mäßig bergiges Land (gelb) und 3. Bergland (rot), soll versucht werden, die Abhängigkeit zwischen Bergigkeit und Winterreifenhäufigkeit zu beschreiben.

Hierfür wurde ein vermuteter Einzugsbereich der Universität definiert. Dieser Einzugsbereich liegt innerhalb eines Radius von 30 km um die Universität. Es wird davon ausgegangen, dass innerhalb dieses Radius der Wohnort des Fahrzeughalters, mit dem Zulassungsort übereinstimmt.



**Abbildung 47:** Nordrhein-Westfalens Städte und Kreise mit Bergindizes

Aus dem oben abgebildeten Kreis mit einem Radius von 30 km, ergibt sich der vermutete Einzugsbereich der Universität Wuppertal (vgl. **Abbildung 48**). In Nordrhein-Westfalen gibt es 54 verschiedene Kreise und Städte, davon liegen 22 innerhalb des Einzugsbereichs der Bergischen Universität.



**Abbildung 48:** Städte und Kreise innerhalb des Einzugsbereichs der Bergischen Universität Wuppertal

**These 2: In Wuppertal und in anderen bergigen Regionen wird der Wechsel auf Winterreifen früher oder häufiger als in ebeneren Gebieten vollzogen.**

### 3.2.2.2 Fahrzeugklasse

Die folgende Unterteilung der Fahrzeugklassen erfolgt, leicht verändert, nach der Festlegung von ADAC und „Auto Motor Sport“. Für eine detaillierte Gliederung s.

**Abbildung 55** und **Abbildung 56**.

KW: Kleinwagen	(Opel Corsa, MSS Smart, Renault Twingo etc.)
UMK: Untere Mittelklasse	(VW Golf, Opel Astra, Audi A3 etc.)
MK: Mittelklasse	(Mercedes C, BMW 3er, Opel Vectra etc.)
OMK: Obere Mittelklasse	(Opel Omega, Mercedes E, Audi A6 etc.)
LK: Luxusklasse	(BMW 7er, Mercedes S, Audi A8 etc.)

Es ist vorstellbar, dass die unterschiedlichen Fahrzeugklassen ein unterschiedliches Verhalten bezüglich des Winterreifenwechsels haben. So könnten z.B. Fahrzeuge der Oberklasse, auf Grund der nicht mehr erreichbaren Höchstgeschwindigkeit, seltener mit Winterreifen bestückt sein. Auch Kleinwagen könnten, z.B. aus monetären Gründen, seltener mit Winterreifen, umso häufiger aber mit Ganzjahresreifen ausgerüstet sein.

**These 3: Die Art der Bereifung variiert mit der Fahrzeugklasse.**

### 3.2.2.3 Fahrzeugart

Es sollen auch Unterschiede bezüglich der Fahrzeugart untersucht werden. Zunächst folgt die Unterteilung bzw. Kategorisierung der Fahrzeuge.

SW: Sportwagen und Roadster  
GW: Geländewagen und Sport Utility Vehicles (SUV)  
VN: Vans und Transporter  
LM: Limousinen und Coupes

Das Hauptaugenmerk bei dieser Untersuchung liegt auf den Limousinen und Coupes, da diese den Großteil der Fahrzeuge darstellen.

Sportwagen könnten aus zwei Gründen seltener mit Winterreifen bestückt werden, Diese Fahrzeugart wird häufig als Zweitwagen benutzt. Aus diesem Grund werden keine Winterreifen montiert, weil bei schlechtem Wetter das wintertaugliche Erstfahrzeug benutzt wird. Ob Sportwagen im Winter seltener gefahren werden wird in Abschnitt 4 untersucht.

#### **These 4: Die Sportwagendichte nimmt über der Zeit nicht ab.**

Dass Roadster und Sportwagen auch im Winter Sommerreifen montiert haben, könnte auch optische Gründe haben. Oftmals gelten Winterreifen auf Grund ihrer Breite und Profilierung als unattraktiv.

#### **These 5: Roadster und Sportwagen werden später oder seltener mit Winterreifen bestückt.**

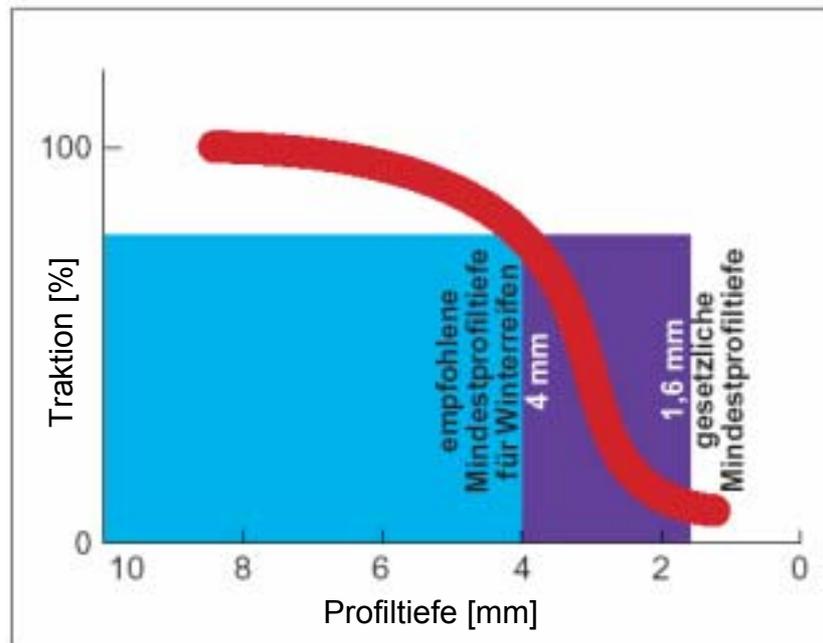
Bei Geländewagen sind mehrere Gründe denkbar, warum diese Fahrzeuggattung seltener mit Winterreifen ausgestattet sein könnte. Zum einen könnte dies ebenfalls optische Ursachen haben, denn Geländewagen und SUV's werden immer mehr als „Show“- und „Funcar“ verstanden. Zum anderen sind diese Fahrzeuge in der Regel mit Allradantrieb ausgestattet. Es ist sicher keine Seltenheit, dass sich Fahrer von Allradfahrzeugen besonders sicher fühlen und aus diesem Grund eine Winterbereifung für nicht notwendig halten. Ein weiterer Grund könnte sein, dass diese Fahrzeuge von Werk aus mit „M+S“-gekennzeichneten Ganzjahresreifen ausgestattet sind. Diese Bereifung ist allerdings nicht wintertauglich (vgl. 2.4.3.4.3).

#### **These 6: Geländewagen und SUV's sind seltener mit Winterreifen bestückt.**

### 3.2.2.4 Profiltiefe

Die Profiltiefe ist in diesem Zusammenhang eine der wichtigsten Messgrößen. Die Profilierung ist maßgeblich für die Traktion und damit für die Fahrsicherheit verantwortlich. Insbesondere bei feuchter oder gar nasser Fahrbahn ist eine ausreichende Profilierung sehr wichtig.

Auch der Gesetzgeber sieht eine Mindestprofiltiefe vor, sie beträgt 1,6 Millimeter bei Sommer- sowie Winterreifen. Dies ist allerdings eine absolute Mindestangabe. Beträgt die Profilstärke weniger als zwei Millimeter, so ist das Fahrzeug nur noch bedingt verkehrssicher. Sämtlichen Automobilclubs und Versicherer empfehlen daher eine Mindestprofiltiefe von 4 mm.

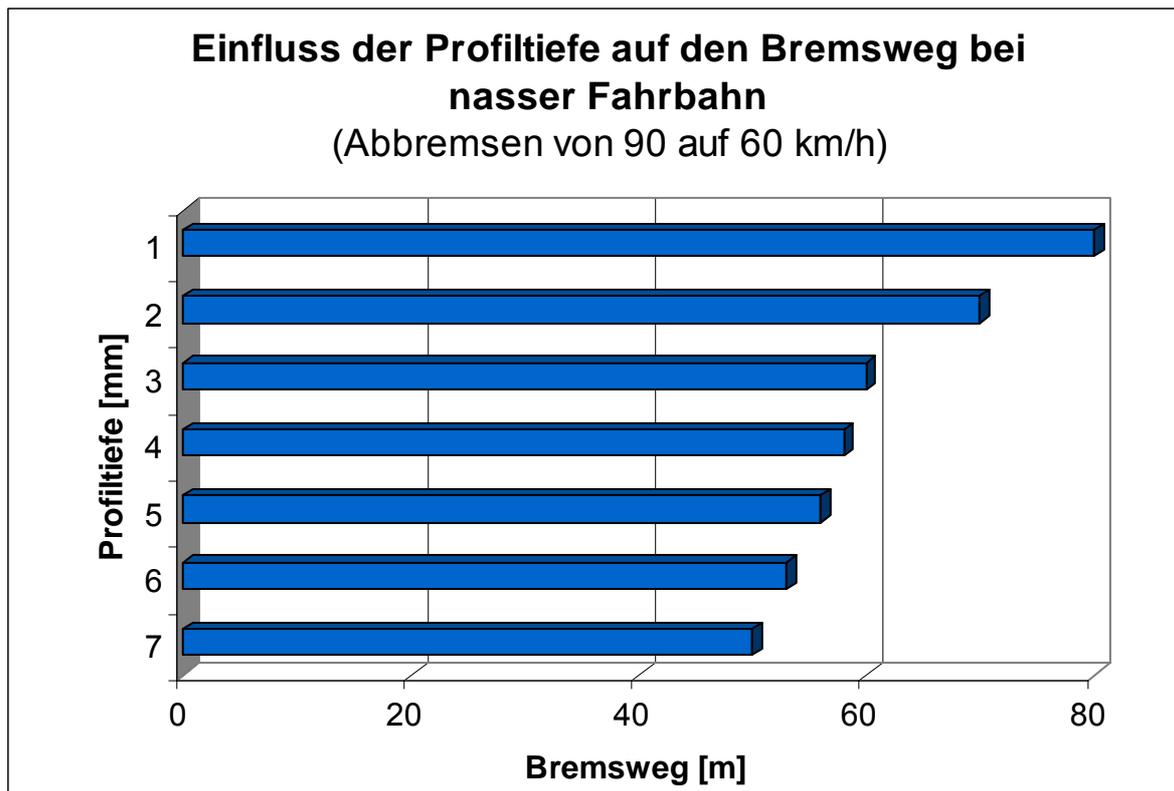


**Abbildung 49:** Traktion von Winterreifen auf Schnee in Abhängigkeit von der Profiltiefe [15]

Da Reifen sehr häufig nur paarweise gewechselt werden und je nach Fahrstil die Reifen unterschiedlich schnell verschleißten, wurde die Profiltiefe an je einem Vorder- und Hinterrad gemessen. Wurde ein Profilstärkenunterschied zwischen Vorder- und Hinterachse gemessen, so wurde der Mittelwert berechnet und notiert. Ab einer Profiltiefendifferenz von 3 Millimetern wurden die beiden Messwerte separat notiert. Diese Differenzen wurden im Kapitel 4.2.11 ausgewertet.

Es ist davon auszugehen, dass Ganzjahresreifen durchschnittlich eine geringere Profiltiefe aufweisen als Sommer- oder Winterreifen. Dies liegt an der etwas weicheren Gummimischung gegenüber Sommerreifen und an der Tatsache, dass Ganzjahresreifen nicht saisonbedingt gewechselt werden. Demnach ist bei gleicher PKW-Fahrleistung mit einem doppelt so hohen Verschleiß zu rechnen (vgl. 2.4.3.3).

**These 7: Ganzjahresreifen verschleißten schneller als Winter- und Sommerreifen.**



**Diagramm 16:** Einfluss der Profiltiefe auf den Bremsweg bei nasser Fahrbahn [4]

### 3.2.2.5 Reifenalter

Auch optisch einwandfreie und ausreichend profilierte Reifen können allein durch Alterung wesentliche Leistungsmerkmale verlieren, insbesondere was die Nässeeigenschaft und die Wintertauglichkeit betrifft. Schon sechs Jahre alte Reifen können bei unsachgemäßer Behandlung ein Sicherheitsrisiko darstellen. Die Gefahr ist dabei besonders groß, wenn überalterte Reifen plötzlich stark beansprucht werden, wie z.B durch längere Fahrten mit hoher Geschwindigkeiten oder Fahrten mit zu geringem Luftdruck.

Generell sollte das Alter bei Sommer- und Winterreifen zehn Jahre nicht übersteigen. Bei so genannten Stand-(Fahr)zeugen wie Wohnwagen, wenig bewegten Reisemobilen, aber auch beim selten oder nie genutzten Reserverädern gelten sechs Jahre als Obergrenze. [15]

Winterreifen haben noch immer nicht den gleichen Stellenwert wie Sommerreifen. Dies könnte dazu führen, dass mit ihnen etwas nachlässiger umgegangen wird. Ein weiterer Einfluss könnte sein, dass der Verschleiß bei Winterreifen, trotz der weicheren Gummimischung, durch witterungsbedingt vorsichtige Fahrweise, geringer ist.

**These 8: Winterreifen sind tendenziell älter als Sommerreifen.**

Zur Identifizierung des Reifenalters s. **2.4.5.**

### 3.2.2.6 Reifenbreite

Die Reifenbreite wurde als besonders kritisches Merkmal in den Messkatalog aufgenommen. Breitreifen haben im Sommer, speziell bei Trockenheit, die besten Fahr- und Sicherheitseigenschaften. Die Reifenbreite erhöht auf trockener Fahrbahn bei Temperaturen oberhalb von ca. 10°C den Reibwert. Allerdings wird nicht nur die Haft- bzw. Gleitreibung, sondern auch die Rollreibung und der Luftwiderstand erhöht, so dass die Herabsetzung der Maximalgeschwindigkeit um fünf Prozent keine Seltenheit ist.

Breitreifen sind besonders für den höheren Geschwindigkeitsbereich konzipiert. Hochgeschwindigkeitsprofil, Niederquerschnitt und harte Gummimischungen sind allerdings im Winter besonders kritisch zu betrachten. Diese Geschwindigkeits- und Handlingoptimierung bringt eine sehr eingeschränkte Wintertauglichkeit mit sich.

Diese Breitreifen sind besonders häufig bei Fahrzeugen der oberen Mittelklasse und Luxusklasse, bei Sportwagen, und bei Fahrzeugen der unteren Klassen als Nachrüstung zu finden.

**These 9: Fahrzeuge mit einer nicht serienmäßigen Bereifung wechseln seltener auf Winterreifen.**

Zur Identifizierung der Reifenbreite s. **2.4.5**.

### 3.2.2.7 Geschwindigkeitsindex

Die maximal zugelassene Höchstgeschwindigkeit steht auf Grund der verwendeten Gummimischung im direkten Zusammenhang mit der Wintertauglichkeit. Diese Reifen müssen bei den hohen Geschwindigkeiten eine hohe Fahrstabilität aufweisen. Dies wird unter anderem durch einen niedrigen Querschnitt, ausgeprägte Reifenbreite und eine besonders harte Gummimischung erzielt. Gerade diese Eigenschaften wirken sich ungünstig auf die Wintertauglichkeit aus.

Zur Ermittlung der zugelassenen Höchstgeschwindigkeit s. **2.4.5**.

### 3.2.2.8 Mischbereifung

Unter dem Begriff Mischbereifung versteht man die Verschiedenheit zweier achsgleicher Reifenpaare an einem Fahrzeug. Eine nicht-achsweise, also unsymmetrisch gemischte Bereifung ist vom Gesetzgeber generell verboten. Allerdings ist jegliche Art von Mischbereifung bedenklich, da sich hierdurch das Fahrverhalten verschlechtern und die Fahrstabilität abnehmen kann. Die unterschiedlichen Arten und die dadurch auftretenden Probleme von Mischbereifungen sollen im Folgenden kurz erläutert werden.

### **3.2.2.8.1 Achsweise unterschiedliches Reifenalter bzw. unterschiedliche Profilstärke**

Auf Vorder- und Hinterreifen wirken unterschiedliche Kräfte. Die Folge ist ein unterschiedlich starker Verschleiß der Reifen. Hierbei sollte das vermeintlich schlechtere Reifenpaar stets auf die Vorderachse, da es für den Fahrer meist einfacher ist, auf ein Untersteuern als auf ein Ausbrechen der Hinterachse zu reagieren. Zusätzlich ist von Bedeutung, dass die meisten Sicherheitsvorkehrungen im Auto auf einen Frontalzusammenstoß ausgelegt sind. Auch die Knautschzone kommt nur bei einem Aufprall von vorne zum Einsatz. Aus einem Seitenaufprall resultieren in der Regel schwerwiegendere Verletzungen als aus einem Frontalaufprall. Aus diesen Gründen sollte das bessere Reifenpaar auf die Hinterachse. Um einem ungleichmäßigen Verschleiß vorzubeugen, sollte man nach jeder Saison die Reifen paarweise tauschen. Hierbei ist darauf zu achten, dass die eventuell vorhandene Laufrichtungsvorgabe eingehalten wird. Seltener, meist nur bei Sportwagen der Luxusklasse, ist ein Reifen an eine bestimmte Achse gebunden.

### **3.2.2.8.2 Achsweise verschiedene Reifenhersteller**

z.B.: vorne Continental, hinten Goodyear

Jeder Reifen hat unterschiedlich stark ausgeprägte Eigenschaften. Ist der eine Reifen mit dem Hauptaugenmerk auf Komfort und der andere für extreme Seitenführungskräfte und Spurstabilität, konstruiert worden, so kann das Verhalten des Fahrzeugs schnell unvorhersehbar werden. Von dieser Reifenmischung ist ebenfalls abzuraten. Grundsätzlich gilt unter **3.2.2.8.1** genanntes.

### **3.2.2.8.3 Achsweise verschiedene Spezialreifen**

z.B.: vorne Winter- hinten Sommerreifen.

Eine derartige Mischbereifung kann erheblich das Fahrverhalten beeinflussen und die Verkehrssicherheit beeinträchtigen. In der Regel wird man den für die Jahreszeit am besten geeigneten Reifen, in diesem Fall den Winterreifen, auf die Triebachse montieren. Nach eigener Messung sind über 90 Prozent der Fahrzeuge frontgetrieben. Dies würde aber bei einer winterlichen Kurvenfahrt bedeuten, dass vorzugsweise das Heck, bei den eigentlich untersteuernden Frontrielern, ausbricht.

### **3.2.2.8.4 Achsweise verschiedene Reifenbauart**

Nur der Vollständigkeit halber sei diese Möglichkeit der Mischbereifung genannt. Dieses Problem ist nicht mehr aktuell, da heute kaum noch Diagonalreifen hergestellt werden mit Ausnahme von Reifen für Oldtimer. Auch vom Gesetzgeber aus dürfen grundsätzlich nur Reifen einer Bauart montiert werden, Diagonal- und Radialreifen auf einem Fahrzeug, ist lt. StVZO § 36 nicht zulässig.

### 3.2.2.9 „Getunt“

Da zu vermuten ist, dass eine unterschiedliche Klientel an Fahrzeughaltern auch ein unterschiedliches Verhalten bezüglich des Reifenwechsels hat, wird der Parameter „getunt“ mit in die Datenerfassung aufgenommen. Halter „getunter“ Fahrzeuge legen besonderen Wert auf sportliches Vorankommen und Design.

**These 10: „Getunte“ Fahrzeuge sind seltener mit Winterreifen bestückt.**

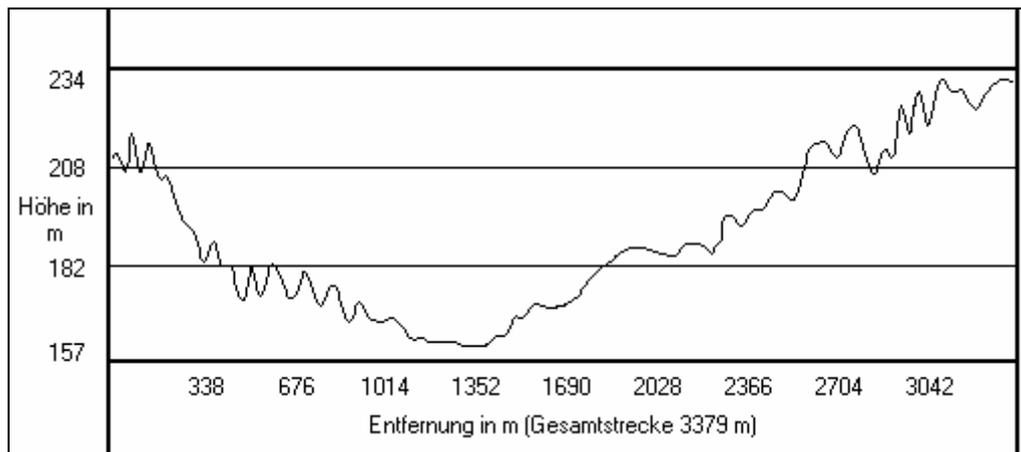
Es gibt allerdings keine objektiven Kriterien, ab wann ein Fahrzeug als „getunt“ gilt. Es wurde daher eine Einteilung nach dem Gesamteindruck vorgenommen. Ein Fahrzeug gilt als getunt, wenn zwei bis drei Tuningbauteile verbaut sind, zum Beispiel Breitreifen mit Leichtmetallfelgen, Heckspoiler und Sportlenkrad. Auf Grund dieser Einteilung kann es zu Schwankungen kommen. Es könnte passieren, dass ein Fahrzeug als nicht „getunt“ eingestuft wird, weil schmale Winterreifen montiert sind, es aber mit breiten Sommerreifen als „getunt“ gelten würde. Ob die Anzahl der getunten Fahrzeuge im Laufe des Messzeitraumes tatsächlich abnimmt, bleibt zu belegen.

### 3.2.2.10 Serienbereifung

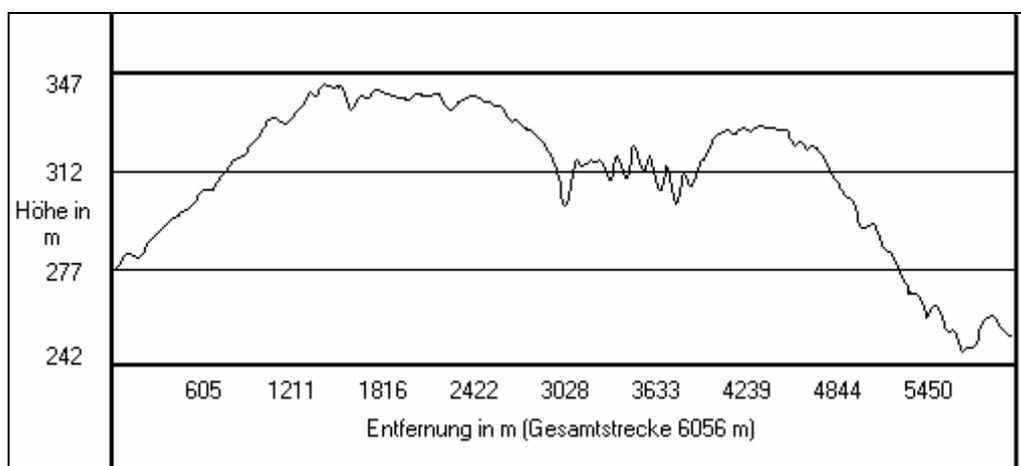
Hiermit wird nicht erfasst, ob ein Fahrzeug mit Reifen vom Erstausrüster ausgestattet ist, vielmehr bezieht sich der Parameter „Serienbereifung“ auf das Vorhandensein von herstellerfremden Leichtmetallfelgen. Dies ist lediglich als Zusatzinformation für den Parameter „getunt“ zu verstehen.

## 3.2.3 Randbedingungen

Auf Grund der speziellen Lage des Universitätsgebäudes könnte es in verschiedenen Teilbetrachtungen zu einem nicht repräsentativen Ergebnis kommen. Wie in **3.2.2.1** beschrieben, wird versucht, ein Zusammenhang zwischen Ort der Zulassung und der Häufigkeit von Winterreifen zu finden. Es ist jedoch möglich, dass der Fahrzeughalter die Entscheidung, ob er Winterreifen montiert, nicht von seiner heimischen Umgebung, sondern vielmehr von seinem täglichen Fahrziel, abhängig macht.



**Abbildung 50:** Höhenverlauf einer Fahrt vom Kiesbergtunnel zur Universität



**Abbildung 51:** Höhenverlauf einer Fahrt von Wuppertal Ronsdorf zu Universität

Des Weiteren ist nicht davon auszugehen, dass in der vorliegenden Untersuchung ein repräsentativer Bevölkerungsquerschnitt (der Region) getroffen wurde. Die Besitzer der bei dieser Messung erfassten Fahrzeuge sind, wie unter **3.2** beschrieben, in der Regel Studenten oder (meist weibliche) Mitarbeiter der Bergischen Universität. Es ist davon auszugehen, dass diese beiden Personengruppen nicht repräsentativ sind. Ob und inwiefern diese beiden Parteien in ihrem Verhalten differieren, bleibt in Abschnitt **4** auszuarbeiten.

### 3.2.4 Schwierigkeiten bei der Datenerhebung

Bei dem Ablesen der Reifenbeschriftung war nicht immer die vom Gesetzgeber vorgeschriebene DOT-Kennzeichnung ablesbar. Die Beschriftung der Reifen mit der Herstellungswoche ist lediglich auf einer Seite vorgeschrieben. Dessen ungeachtet ist nicht selten die Kennzeichnung an allen vier Rädern an der Reifeninnenflanke und damit nicht ablesbar.

Ist ein Reifen mit dem „M+S“- Symbol gekennzeichnet und nicht eindeutig erkennbar, ob es sich um einen Winter- oder Ganzjahresreifen handelt, wurde stets angenommen, dass es sich um einen Winterreifen handelt. Die Identifizierung

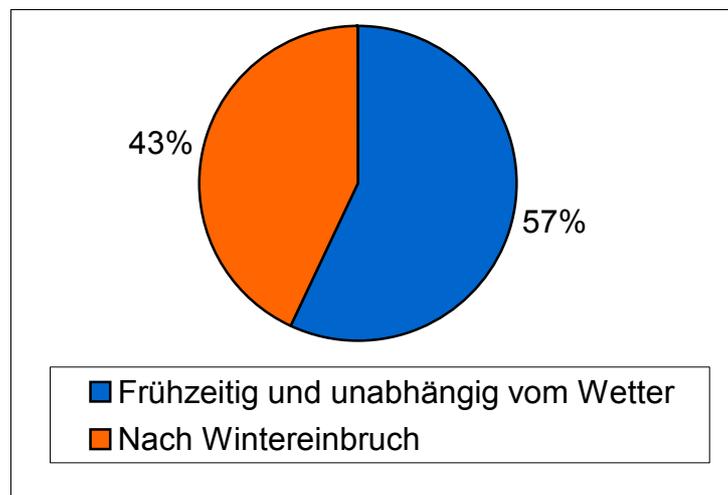
erfolgte in erster Linie durch das entsprechende Symbol (vgl. **Abbildung 18**) oder durch eindeutige Namensgebung, wie z. B. „Falken Eurowinter HS 435“ oder „Dunlop All Season M2“.

### 3.3 Umfrage

Neben der Hauptuntersuchung wurde begleitend eine Befragung der Fahrzeughalter durchgeführt. Hierbei wurde stets darauf geachtet, dass die befragten Personen auf den bei der Hauptmessung betrachteten Parkplätzen parkten. Durch diese Umfrage sollen die Ergebnisse der Hauptmessung noch einmal untermauert werden. Außerdem lässt die Befragung eine Differenzierung zwischen weiblichen und männlichen Fahrzeughaltern zu.

### 3.4 Wetterdaten

Über den gesamten Zeitraum, und darüber hinaus, wurden permanent die aktuellen Wetterdaten erfasst und dokumentiert. Hierdurch soll eine mögliche Korrelation zwischen Temperaturverlauf und Reifenwechselquote belegt werden. Die in **4.2** dargestellten Ergebnisse einer Umfrage sollen so belegt bzw. widerlegt werden.



**Diagramm 17:** Wechselzeitpunkt auf Winterreifen nach einer Umfrage [2]

**These 11: Es existiert eine Korrelation zwischen Temperaturverlauf und Reifenwechselquote.**

### 3.4.1 Wetterstation

Die für diese Arbeit benötigten Wetterdaten, werden von einer privaten Wetterstation in Velbert Langenberg geliefert.

Nachfolgende Tabelle fasst die Eckdaten der Wetterstation zusammen.

<b>HUGER WM 918</b>	
Messbereich	-40°C bis +60°C
Auflösung	0,1°C
Messzyklus	10 Sekunden

**Tabelle 5:** Eckdaten der Wetterstation

Diese Wetterstation liefert täglich 14400 Temperaturmesswerte. Da diese Datenmenge aus Speichergründen nicht über einen Zeitraum von 5 Monaten darstellbar ist, wurden die Daten auf 3 Werte pro Tag reduziert.

1. Tagesminimum
2. Tagesmaximum
3. Tagesdurchschnitt (Average)

Auf Grund der räumlichen Nähe und der ähnlichen Höhe über Normalnull, ist davon auszugehen, dass die klimatischen Bedingungen an Universität und Wetterstation ähnlich sind. Eine bessere Vergleichbarkeit ist für die Datenauswertung nicht notwendig.

<b>Geographische Lage</b>	
Wetterstation in Velbert-Langenberg	Bergische Universität Wuppertal
(180m ü. NN)	(237m ü. NN)
7°06'49" Ost, 51°20'38" Nord	7°08'56" Ost, 51°14'42" Nord
Entfernung ca. 12 km	

**Tabelle 6:** Geographische Lage von Universität und Wetterstation

### 3.4.2 Wettermeldungen aus den Medien

Auch Medienberichte über erhebliche Glatteisunfälle, Wintereinbrüche und Unwetterwarnungen wurden täglich verfolgt und gegebenenfalls notiert. Es wird zu belegen versucht, dass Berichte z.B. über Massenkarambolagen einen Einfluss auf die Wechselquote haben.

**These 12: Medienberichte, die einen großen Bevölkerungsteil erreichen, bewirken einen abrupten Anstieg der Winterreifenquote.**

## 4 Datenauswertung und -interpretation

### 4.1 Eckdaten der Messungen

Nachfolgend soll eine Übersicht über die einzelnen Messungen gegeben werden.

Wochentag	Datum	große Hauptmessung	kleine Hauptmessung	Umfrage
Donnerstag	17.10.2002	x		
Montag	21.10.2002		x	
Montag	28.10.2002		x	
Montag	04.11.2002		x	
Montag	11.11.2002		x	
Montag	18.11.2002	x		
Montag	25.11.2002		x	x
Montag	02.12.2002		x	
Montag	09.12.2002		x	
Montag	16.12.2002	x		x

**Tabelle 7:** Messplanung

#### 4.1.1 Hauptmessung

	Kleine Messung	Große Messung	Insgesamt
Anzahl	7	3	10
Gemessene Parameter	8	13	-
Durchschnittliche Dauer	2,5 h	4 h	-
Stichprobengröße pro Messung	ca. 360 Fahrzeuge	ca.240 Fahrzeuge	-
Stichprobengröße insgesamt	2541	715	3256

**Tabelle 8:** Eckdaten der Hauptmessung

### 4.1.2 Umfrage

	<b>Befragung von Fahrzeughaltern</b>	
Anzahl der Befragungstermine	2	
Gemessene Parameter	10	
Durchschnittliche Dauer	2,5 h	
Stichprobengröße pro Umfrage	22 Personen	69 Personen
Stichprobengröße insgesamt	91 Personen	

**Tabelle 9:** Eckdaten der Umfrage

## 4.2 Ergebnisse der Hauptmessung

Im folgenden Abschnitt werden die Messergebnisse detailliert abgebildet und beschrieben.

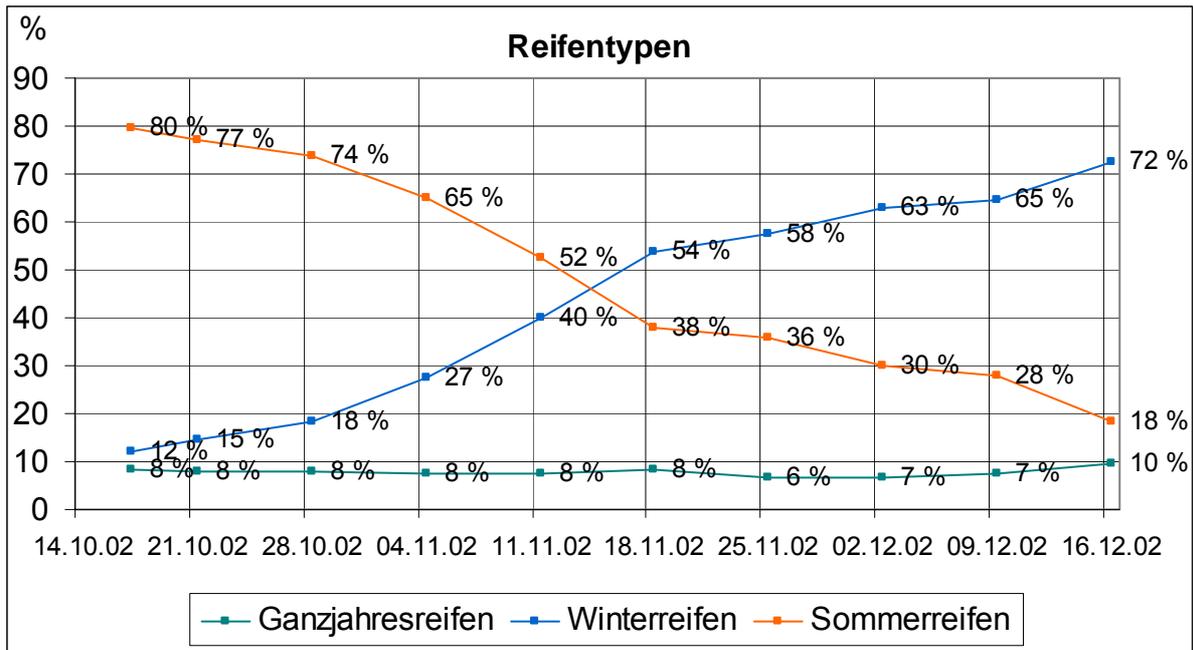
### 4.2.1 Reifentypen

Die Zunahme der Winterreifen im Messungszeitraum stellt sich monoton steigend dar. Es liegen keine unverhältnismäßig großen Sprünge im Verlauf der Kurve vor. Im Zeitraum der zwei Monate, vom 17.10.2002 bis 16.12.2002 stieg der Anteil der Winterreifen von anfänglich 12 auf abschließend 72 Prozent.

Es ist davon auszugehen, dass ein Großteil der Fahrzeuge auch im Sommer mit Winterbereifung gefahren wird. Dies ist im Rahmen dieser Messung jedoch nicht erfasst worden. Nach einer Umfrage der Michelin Marktforschung, liegt der Anteil von Winterreifen im Sommer bundesweit bei etwa zwei Prozent. Analog zu den überdurchschnittlich hohen Winterreifenanteilen in Wuppertal und Umgebung, kann man einem Wert zwischen zwei und fünf Prozent annehmen.

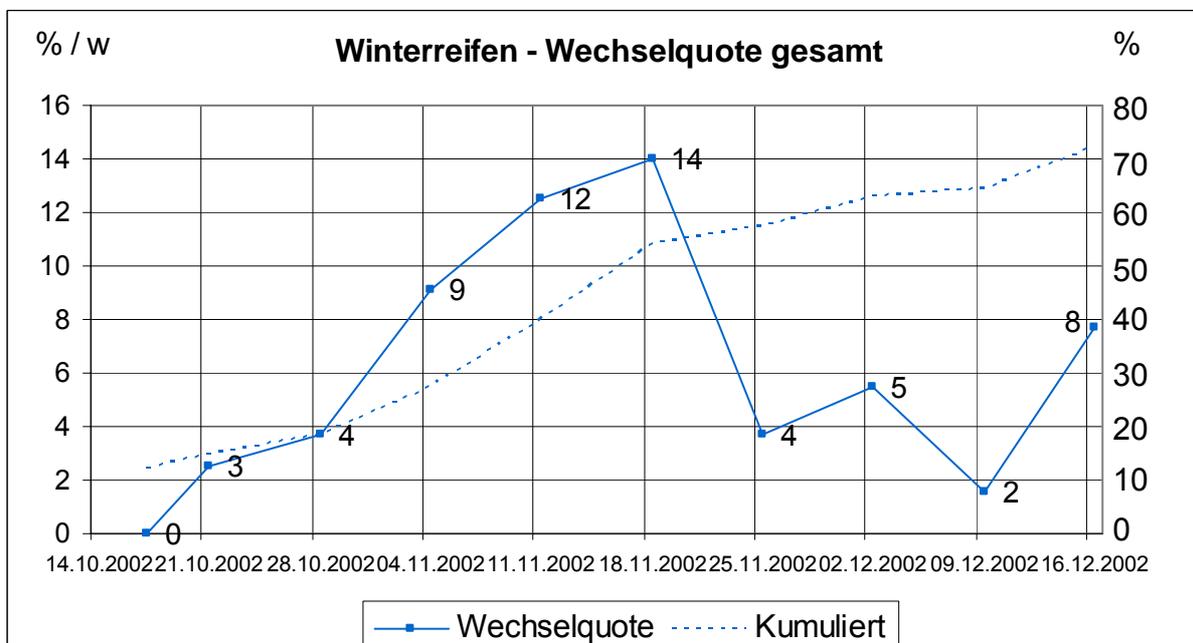
Der Anteil der Ganzjahresreifen bleibt relativ konstant auf etwa 8 Prozent, bei einer mittleren quadratischen Abweichung von 0,7. Es wird davon ausgegangen, dass es sich hierbei um ein nicht-dynamisches Gleichgewicht handelt. Dies bedeutet, dass weder von Sommerreifen auf Ganzjahresreifen, noch von Ganzjahresreifenfahrer auf Winterreifen gewechselt wird.

Da die Häufigkeit der Ganzjahresreifen nahezu konstant bleibt, ist der Anteil der Sommerreifen direkt abhängig von der Zahl der Winterreifen.



**Diagramm 18: Reifentypen**

Bei Betrachtung der Dichtefunktion lassen sich die Schwankungen über der Zeit besser erkennen. Die Wechselquote steigt bis Mitte November stetig an und fällt dann stark ab. Der erneute Anstieg Mitte Dezember ist vermutlich durch einen Temperatursturz Mitte Dezember zu erklären (vgl. 4.2.12). Der Median wird am 14.11.2002 erreicht.



**Diagramm 19: Wechselquote der Winterreifen**

Nach den Empfehlungen von Versicherern und Automobilclubs, sollte generell ab Mitte Oktober mit Winterreifen gefahren werden. Im Jahr der Messung gab es keinen vergleichbaren Temperaturverlauf wie in **Diagramm 15** dargestellt. In diesem

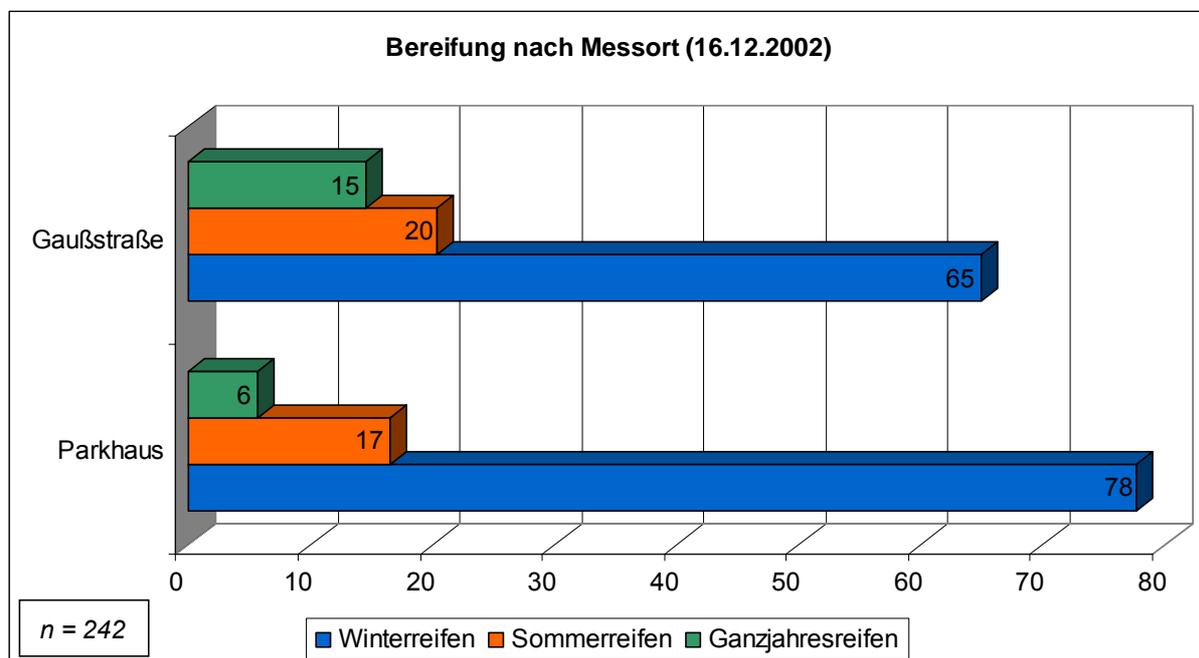
speziellen Fall ist ein Wechselzeitpunkt zwischen Mitte Oktober bis Ende November vertretbar, da in diesem Zeitraum die Tagesdurchschnittswerte zwischen 7 und 10°C schwanken. Dies ist aber, wie bereits erwähnt, stark von den persönlichen Fahrgewohnheiten und -zeiten abhängig.

Bei 61 Prozent der erfassten Fahrzeuge, wird in den zwei Messmonaten von Sommer- auf Winterreifen gewechselt. Bei etwa 75 Prozent (46 Prozent insgesamt) dieser Fahrzeuge wird innerhalb des geeigneten Zeitraums von Mitte Oktober bis Ende November gewechselt. Lediglich ein Viertel der Fahrzeuge wird erst nach dem Wintereinbruch auf angemessene Bereifung umgerüstet.

#### 4.2.2 Bereifung nach Messort

In der folgenden Betrachtung wird unterstellt, dass ein Großteil der Studenten auf der Gaußstraße, und die Mehrzahl der Bediensteten im Parkhaus parken.

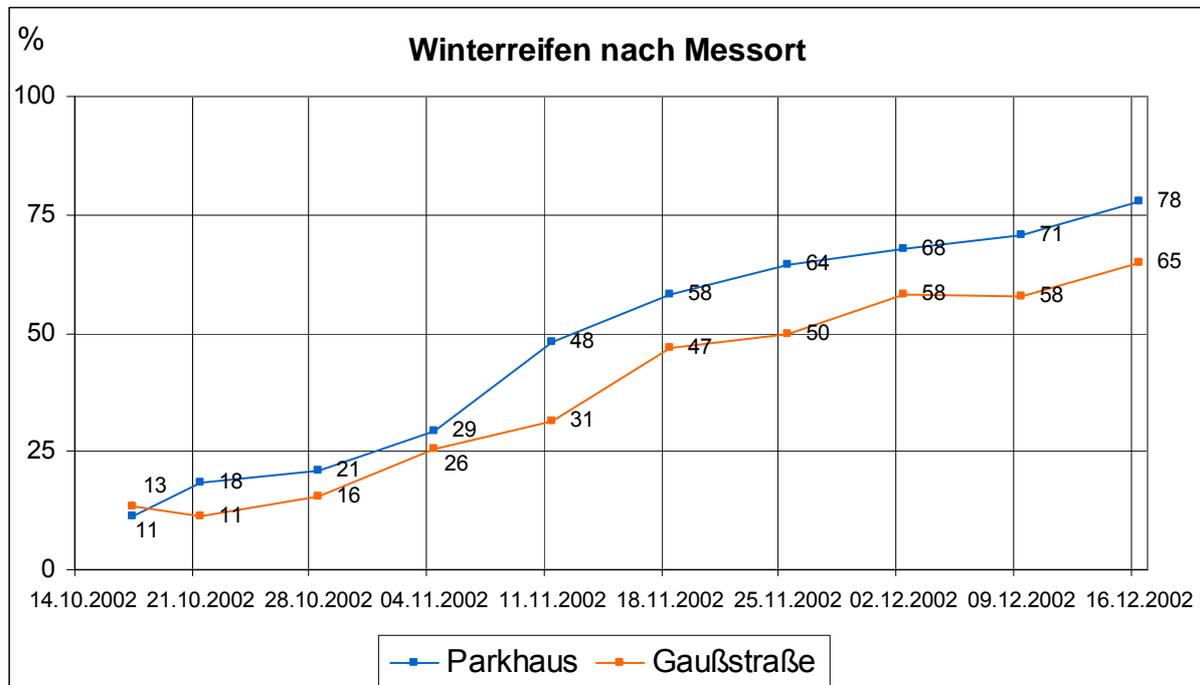
Nach dem letzten Messtag liegt der Anteil von Fahrzeugen mit Winterbereifung bei 71 Prozent. Hierbei gibt es allerdings erhebliche, standortabhängige Unterschiede. Auf den überwiegend von Studenten benutzten Parkplätzen der Gaußstrasse ist ein deutlich geringerer Anteil an Winterreifen zu beobachten. Anstelle dessen ist die Anzahl der Ganzjahresreifen im Messbereich der Gaußstraße fast dreimal so hoch wie im Parkhaus „PC“.



**Diagramm 20:** Bereifung nach Messort (Stand 16.12.2002)

Ist die Häufigkeit der Winterreifen zu Beginn der Messreihe noch an beiden Parkbereichen gleich, so driften die Messwerte zunächst langsam, ab Mitte November immer schneller auseinander. Der Grund für dieses unterschiedliche Ansteigen könnte darin begründet sein, dass Fahrzeuge von Studenten überwiegend privat, und Fahrzeuge von Bediensteten eher durch einen Fachbetrieb umgerüstet

werden. Nach der, unter **4.3** ausgewerteten Umfrage rüsten etwa drei Viertel der Studenten, jedoch nur ein Viertel der Bediensteten privat um. Dies bedeutet, dass der Reifenwechsel bei Bediensteten von Kapazitäten der Werkstätten, Reifenfach- sowie Vertragshändlern abhängig ist. Das nahezu lineare Ansteigen der Messwerte an der Gaußstraße könnte durch das Fehlen von solchen Störgrößen begründet werden.



**Diagramm 21:** Verlauf der Umrüstung auf Winterreifen, parkbereichabhängig

Diese Ergebnisse dieser Auswertung bedeuten nicht, dass Fahrzeuge von Studenten im Vergleich zu den KFZ von Bediensteten auf Grund geringerer Winterreifenhäufigkeit verkehrsunsicher sind. Auf den Parkplätzen der Gaußstraße ist die Verbreitung von Ganzjahresreifen dementsprechend hoch.

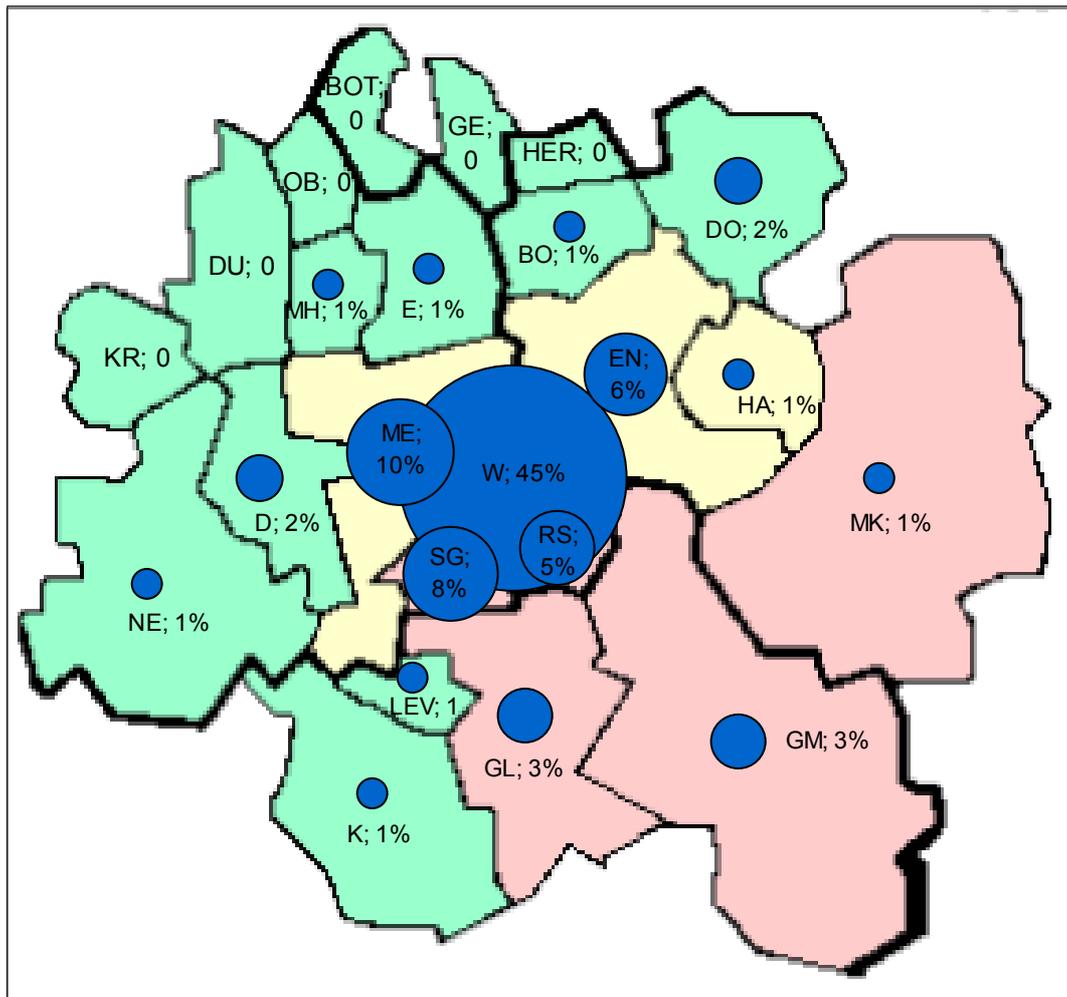
#### 4.2.3 Zulassungsorte

Wie unter **3.2.2.1** beschrieben wurde eine, auf den Ort der Zulassung bezogene, Auswertung durchgeführt. Zunächst wird eine Übersicht über die betrachteten Städte bzw. Kreise und deren eingestufte Bergigkeit gegeben. Anschließend wird die Anzahl der Fahrzeuge aus den entsprechenden Zulassungsorten grafisch in einem Diagramm dargestellt.

<b>Bergindex</b>	<b>Kennzeichen</b>	<b>Stadt/Kreis/Kreisstadt</b>
<b>Bergindex 1</b> n=340 Fahrzeuge Gesamtanteil: 9,6 % Anteil am Einzugsbereich: 11,3 %	KR DU OB BOT GE HER K NE MH E BO LEV DO D	Krefeld Duisburg Oberhausen Bottrop Gelsenkirchen Herne Köln Neuss Mülheim an der Ruhr Essen Bochum Leverkusen Dortmund Düsseldorf
<b>Bergindex 2</b> n=548 Fahrzeuge Gesamtanteil: 15,5 % Anteil am Einzugsbereich: 18,3%	HA EN ME	Hagen Ennepe-Ruhr-Kreis Mettmann
<b>Bergindex 3</b> n=2107 Fahrzeuge Gesamtanteil: 59,8 % Anteil am Einzugsbereich: 70,4 %	MK GM GL RS SG W	Märkischer Kreis Gummersbach Bergisch Gladbach Remscheid Solingen Wuppertal
<b>Gesamt</b> n=2995 Fahrzeuge Gesamtanteil: 92 % Anteil am Einzugsbereich 100 %		

**Tabelle 10:** Übersicht über die Auswertung der Zulassungsorte

Wie unter **3.2.2.1** beschrieben, liegt der vermutete Einzugsbereich der Universität innerhalb eines Radius von 30 km. 92 Prozent der erfassten Fahrzeuge sind in diesem Einzugsbereich zugelassen.



**Abbildung 52:** Prozentuale Verteilung der Zulassungsorte

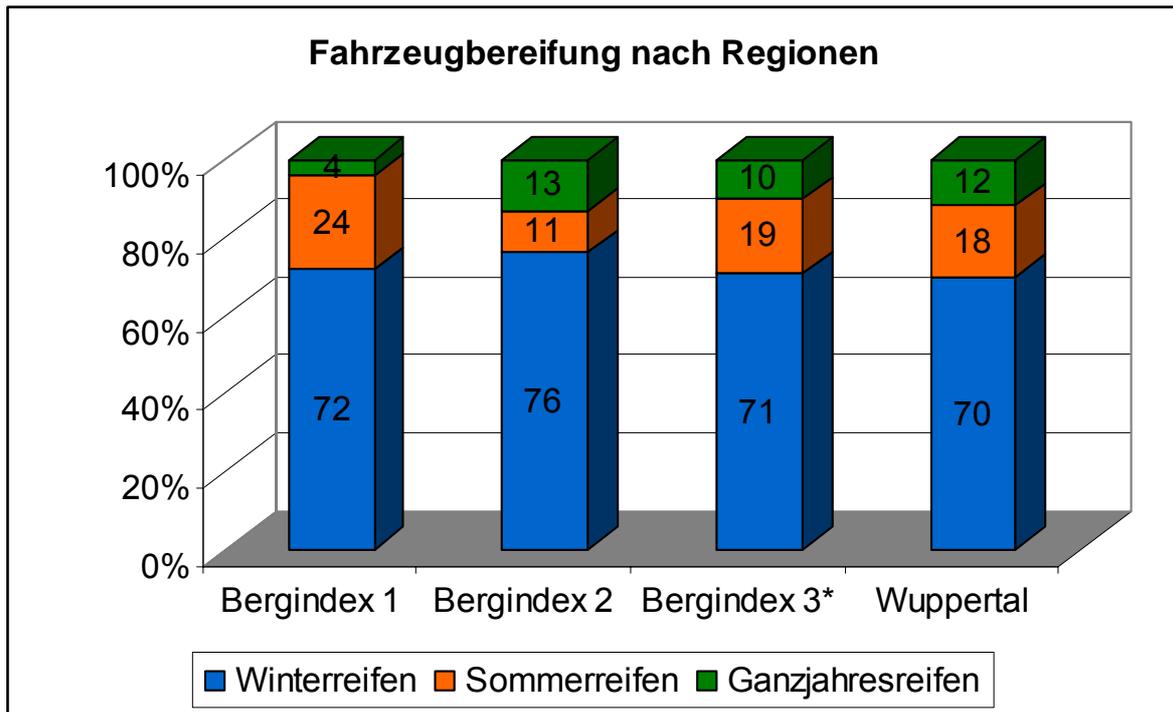
Das nachstehende Diagramm zeigt, dass es deutliche regionale Unterschiede bezüglich der Bereifungsart gibt.

Ca. ein Viertel der Fahrzeuge aus den, mit dem Bergindex 1 versehenen Städten und Kreisen, werden nicht auf wintertaugliche Reifen umgerüstet. Auch Ganzjahresreifen sind in diesen Regionen unüblich.

Am besten ausgerüstet für den Winter sind Fahrzeuge aus den mäßig bergigen Regionen. Hier sind es lediglich 11 Prozent, die mit ungeeigneter Sommerbereifung fahren. Mit 13 Prozent sind hier die Ganzjahresreifen am meisten verbreitet.

Betrachtet man nur das Endresultat nach dem 16.12.2002, so scheint Wuppertal wie vermutet ein ähnliches Verhalten, wie die bergigsten Regionen Nordrhein-Westfalens zu haben. Der Anteil an Winterbereifung ist mit 70 Prozent vergleichsweise gering, ausgleichend ist jedoch ein Ganzjahresreifenanteil von 10 bis 12 Prozent gemessen worden.

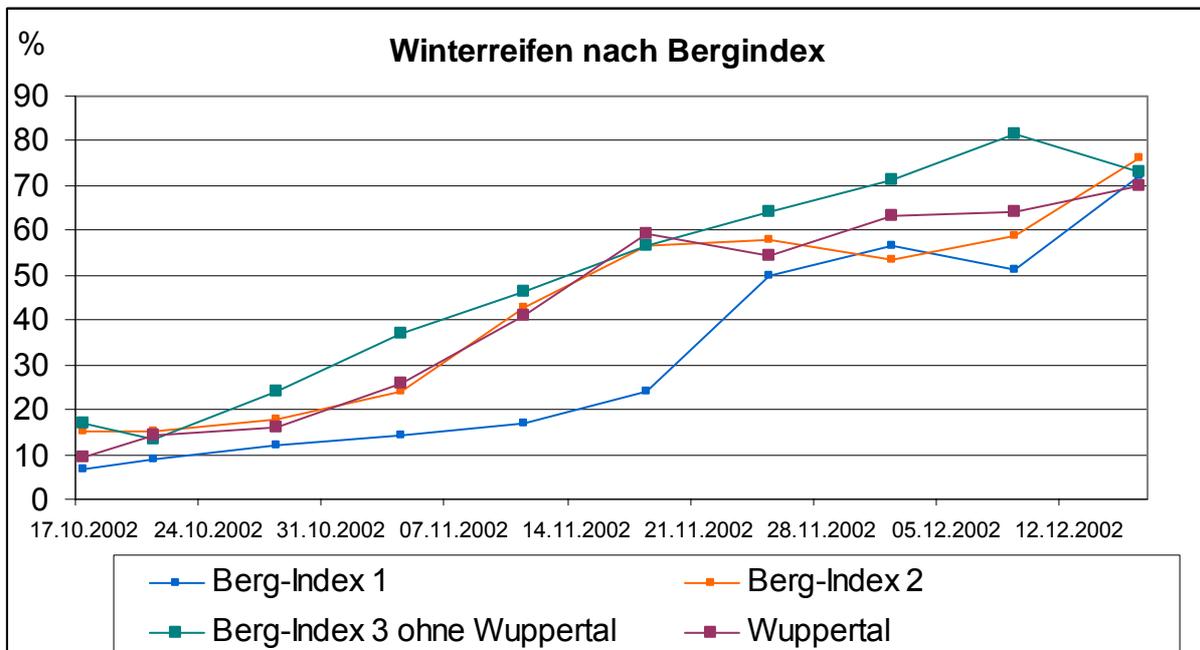
Trotz der regionalen Differenzen, ist der Gesamtanteil der Winterreifen um etwa 20 bis 25 Prozent höher als der Bundesdurchschnitt. Diese Feststellung lässt vermuten, dass bei der Reifenwahl weniger die lokalen Begebenheiten, sondern vielmehr das tägliche Fahrziel die entscheidende Rolle spielt.



**Diagramm 22:** Fahrzeugaufbereitung nach Bergindizes, Stand: 16.12.2002

\*Bergindex 3 ohne Wuppertal

Besonders auffällig ist der Verlauf der Kurve des Berg-Index 1. Bis Mitte November liegt hier eine sehr geringe Zunahme an Winterreifen vor.



**Diagramm 23:** Zunahme der Winterbereifung, differenziert nach Berg-Index

#### 4.2.4 Fahrzeugklassen

Die bei dieser Messung erfassten KFZ sind zum überwiegenden Teil Fahrzeuge aus dem Kleinwagensegment und aus der unteren Mittelklasse. Fahrzeuge der Oberklasse sind deutlich unterrepräsentiert.

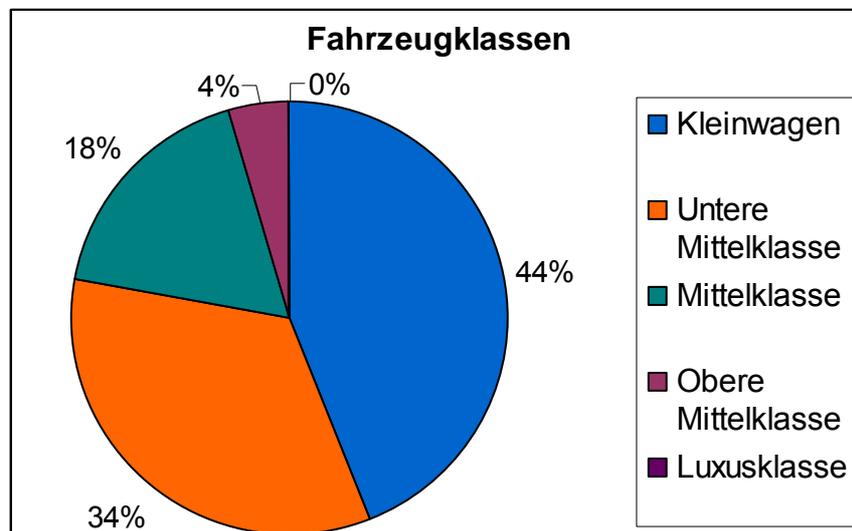


Diagramm 24: Fahrzeugklassen

Die verschiedenen Fahrzeugklassen zeigen ein deutlich differierendes Verhalten bezüglich des Wechsels auf Winterreifen. Kleinwagen und Fahrzeuge der unteren Mittelklasse zeigen über den gesamten Messzeitraum ein ähnliches Verhalten. Sie steigen von anfänglich 12 bzw. 13 Prozent auf abschließende 70 bzw. 72 Prozent. Fahrzeuge der Mittelklasse zeigen die positivsten Ergebnisse. Hier sind am Ende der Messreihe über 80 Prozent der Fahrzeuge mit Winterreifen ausgerüstet. Diese Fahrzeuggruppe hat zwar mit ca. 6,5 Prozent den geringsten Ganzjahresreifenanteil, dennoch sind nach dem letzten Messtag lediglich 11 Prozent der Kraftfahrzeuge mit ungeeigneten Sommerreifen bestückt.

Fahrzeuge der oberen Mittelklasse (OMK) scheinen besonders selten mit Winterreifen ausgerüstet zu sein. Mitte Oktober waren keine Fahrzeuge der oberen Mittelklasse mit Winterreifen ausgerüstet. Am Ende der Messreihe waren bei lediglich 56 Prozent dieser PKW-Klasse Winterreifen aufgezogen. Dieses Ergebnis kann indes auch durch die geringe Häufigkeit von Fahrzeugen der oberen Mittelklasse begründet sein. Die durchschnittliche Anzahl beträgt lediglich 14 Fahrzeuge pro Messtag. Ein weiterer Faktor könnte das hohe Durchschnittsalter der OMK sein (vgl. 4.2.5). Fahrzeuge der Luxusklasse wurden hier aus Mangel an Zahlenmaterial nicht aufgeführt (vgl. 4.2.8).

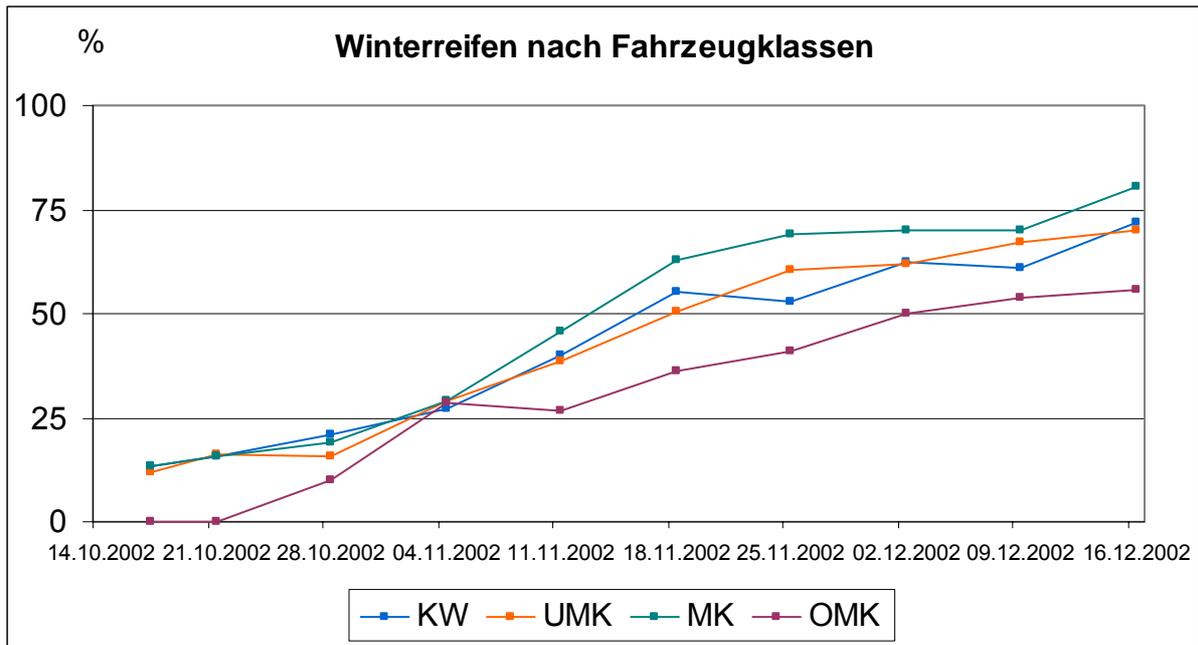


Diagramm 25: Winterreifen nach Fahrzeugklassen

Folgende Grafik verdeutlicht, dass die Fahrzeuge der Mittelklasse mit einem Sommerreifenanteil von 11 Prozent ein auffälliges Verhalten aufweisen. Die übrigen Fahrzeugklassen liegen bei einer Sommerreifenquote um 20 Prozent. Die durchschnittliche Häufigkeit von Sommerreifen, bei den Fahrzeugen der oberen Mittelklasse ist durch die große Verbreitung von Ganzjahresreifen in dieser Fahrzeugklasse begründet. Es ist nicht davon auszugehen, dass dieser Wert repräsentativ ist, da die erfassten Fahrzeuge der oberen Mittelklasse überdurchschnittlich alt sind. Die starke Verbreitung der Ganzjahresreifen steht also eher im Zusammenhang mit dem Fahrzeugalter und nicht mit der Fahrzeugklasse (vgl. 4.2.5).

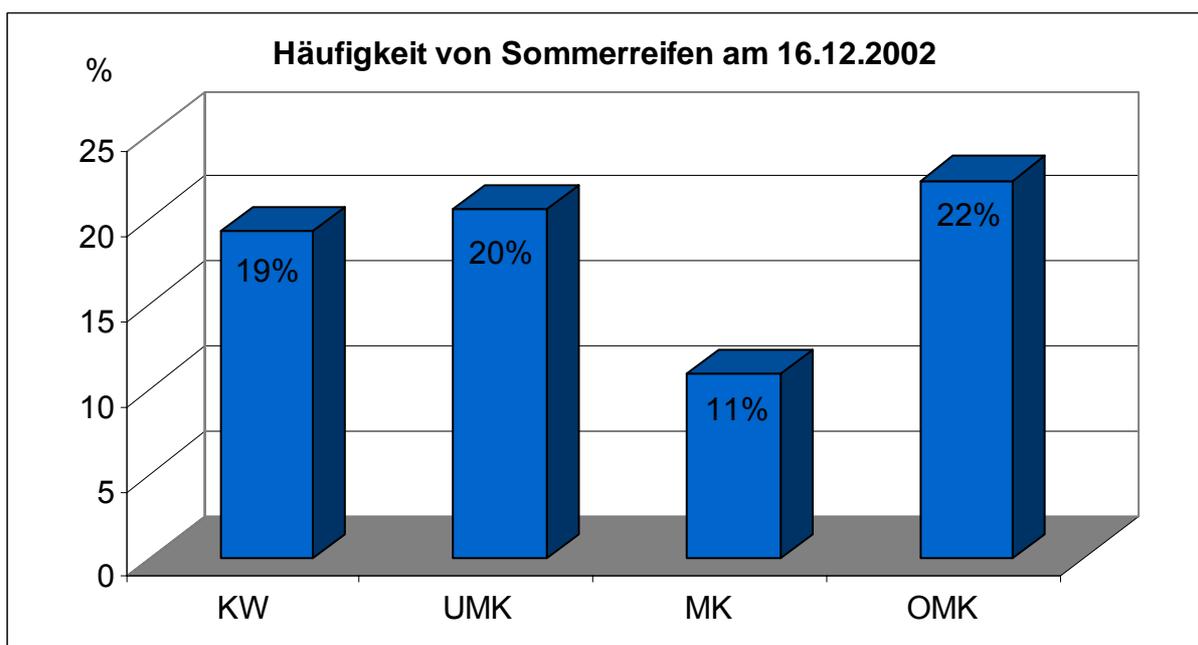
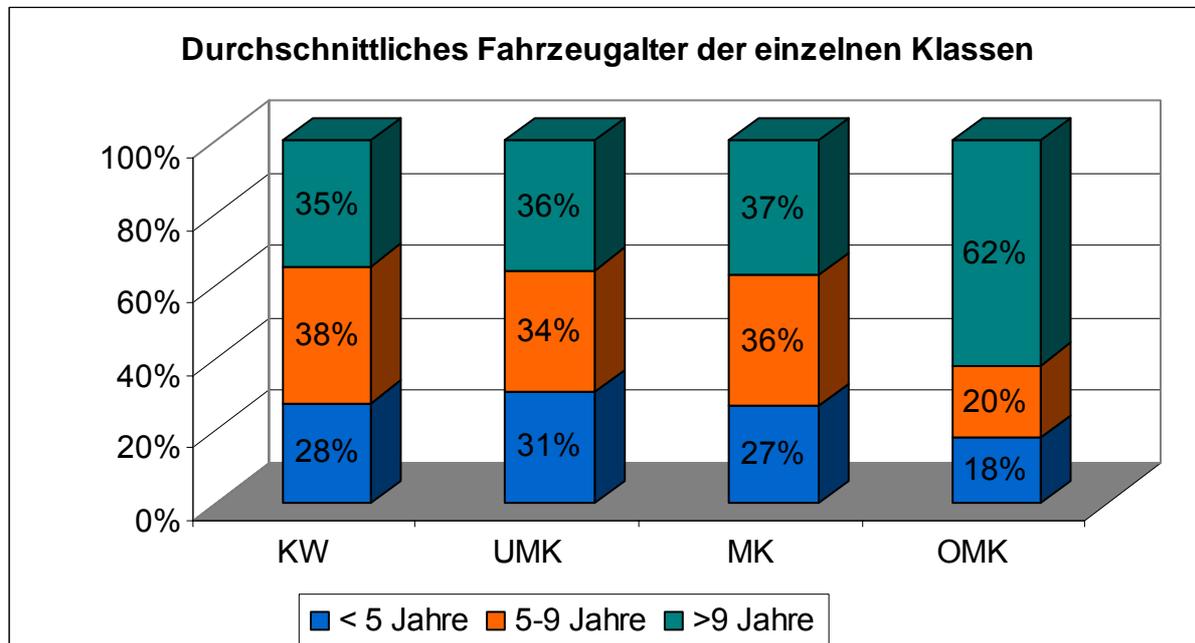


Diagramm 26: Häufigkeit von Sommerreifen

Folgendes Diagramm soll die uncharakteristische Verteilung des Fahrzeugalters in der oberen Mittelklasse verdeutlichen. Die Seltenheit von Neufahrzeugen der oberen Mittelklasse an der Bergischen Universität hat wohl vorwiegend monetäre Gründe.

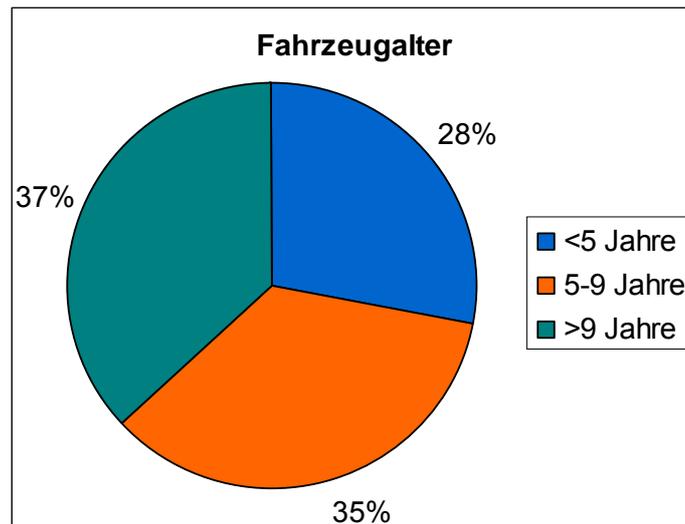


**Diagramm 27:** Durchschnittliches Fahrzeugalter der Fahrzeugklassen

#### 4.2.5 Fahrzeugalter

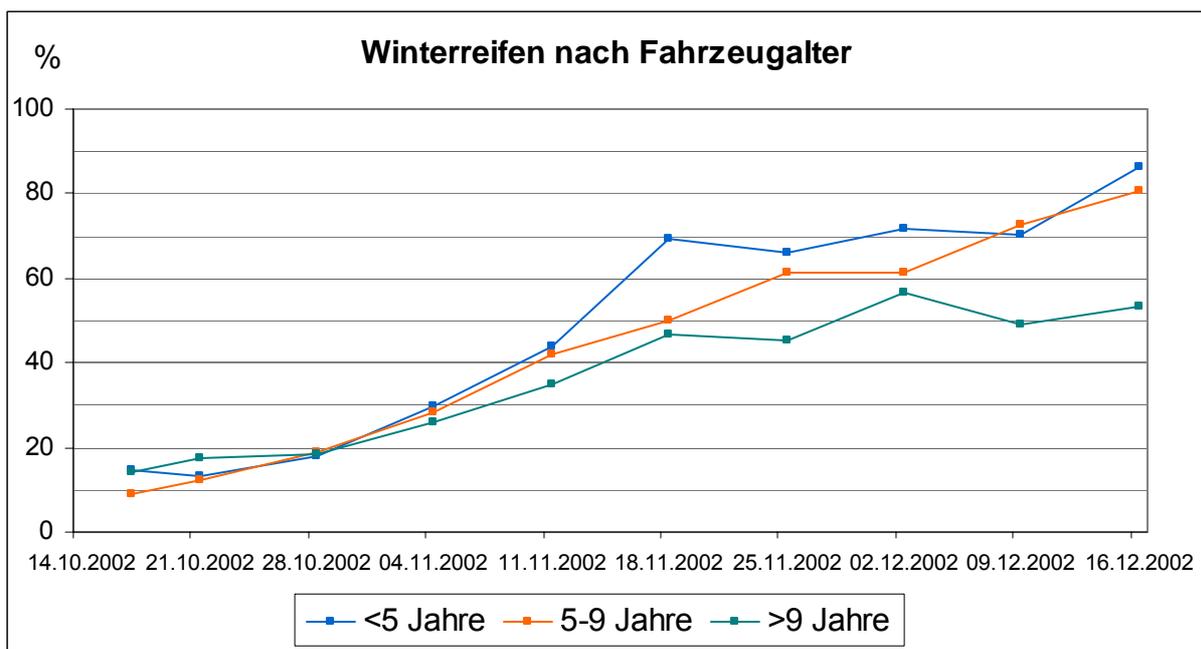
Dieser Messparameter unterliegt großen Schwankungen, da es keine unfehlbaren äußeren Kennzeichen für das Alter eines Fahrzeugs gibt. Das ermittelte Fahrzeugalter ist ein Schätzwert, der sich aus Baureihe, Baustand und dem äußerem Zustand ergibt.

Das folgende Diagramm zeigt die Verteilung des Reifenalters. Ausgehend davon, dass die Fahrzeuge durchschnittlich 2,5, 7 und 12 Jahre alt sind, so ergibt sich ein Durchschnittsalter von 7,6 Jahren. Das derzeitige Durchschnittsalter aller PKW in Deutschland beträgt 7,2 Jahre [22]. Die Ergebnisse bezüglich des Reifenalters können offensichtlich auf das Bundesgebiet übertragen werden.



**Diagramm 28:** Durchschnittliches Fahrzeualter aller Messungen

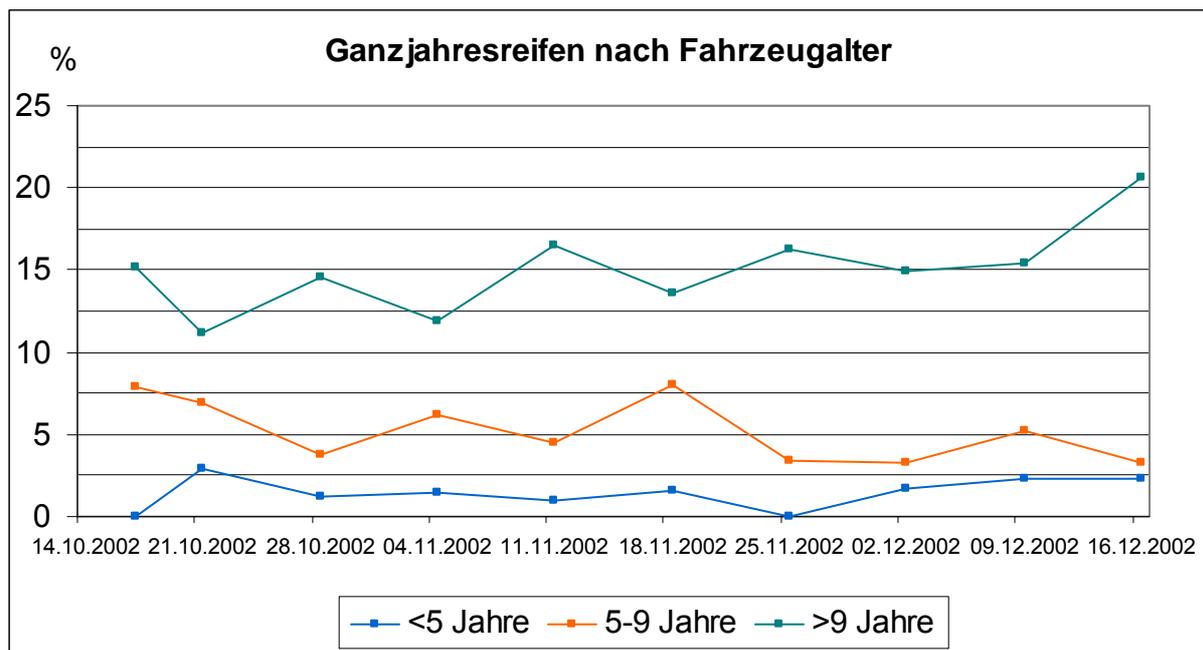
Vergleicht man die drei Alterseinteilungen bezüglich ihrer Bereifung, so fällt auf, dass ältere KFZ seltener, und neuere Fahrzeuge früher mit Winterreifen bestückt werden. Während die Wechselquote bei den Fahrzeugen von fünf bis neun Jahren nahezu konstant ist, nimmt sie bei den neueren Fahrzeugen bis Mitte November stetig zu. Am 18.11.2002 fuhren bereits 70 Prozent der Neuwagen und lediglich 47 bis 50 Prozent der älteren KFZ mit Winterbereifung. Nach diesem Zeitpunkt nimmt die Wechselquote erstmals wieder ab und fällt im Durchschnitt sogar unter die der älteren Fahrzeuge. Nach dem letzten Messtag liegt der Anteil der Winterbereifung in dieser Altersklasse bei etwa 87 Prozent. Gründe für dieses frühere Umrüsten auf Winterbereifung, könnte eine weniger sorglose Einstellung bezüglich eines Bagatellunfalls sein. Zusammenfassend kann man sagen, dass Neuwagen und Fahrzeuge zwischen fünf und zehn Jahren ähnlich oft mit Winterreifen bestückt werden, dieser Wechsel aber bei den neueren Fahrzeugen früher vollzogen wird.



**Diagramm 29:** Winterreifen nach Fahrzeualter

Dass ältere Fahrzeuge seltener mit Winterreifen ausgerüstet werden, liegt an der Beliebtheit von Ganzjahresreifen in dieser Altersklasse. Die folgende Grafik zeigt deutlich, wie die Häufigkeit von Ganzjahresreifen mit dem Fahrzeugalter zunimmt.

Die Schwankungen über der Zeit entstehen durch die von Messtag zu Messtag differierende Alterseinschätzung. Im Durchschnitt liegt die Häufigkeit von Ganzjahresreifen relativ konstant bei 8 Prozent (vgl. 4.2.1). Ein zusätzlicher Einflussfaktor ist, dass Neuwagen nur äußerst selten mit Ganzjahresbereifung ausgeliefert werden. Bis Ganzjahresreifen montiert werden, vergehen durchschnittlich 3 bis 7 Jahre, nach dieser Zeit ist ein Reifen verschlissen.

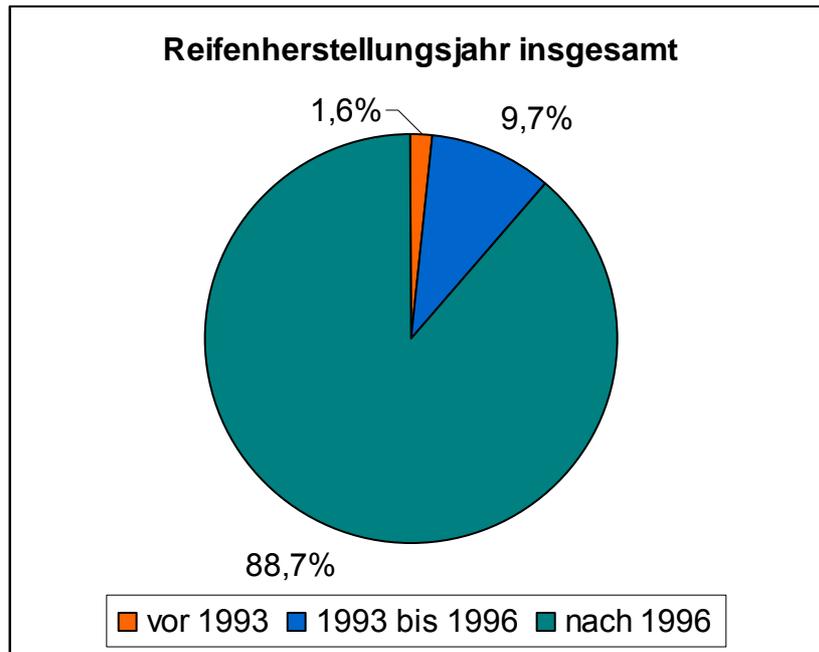


**Diagramm 30:** Ganzjahresreifen nach Fahrzeugalter

#### 4.2.6 Reifenalter

Der Anteil aller Reifen, die älter als zehn Jahre sind, liegt bei 1,6 Prozent, wobei 2,7 Prozent auf Winterreifen und 1,2 Prozent auf Sommerreifen entfallen. Ganzjahresreifen mit einem Herstellungsjahr vor 1993 wurden nicht gemessen.

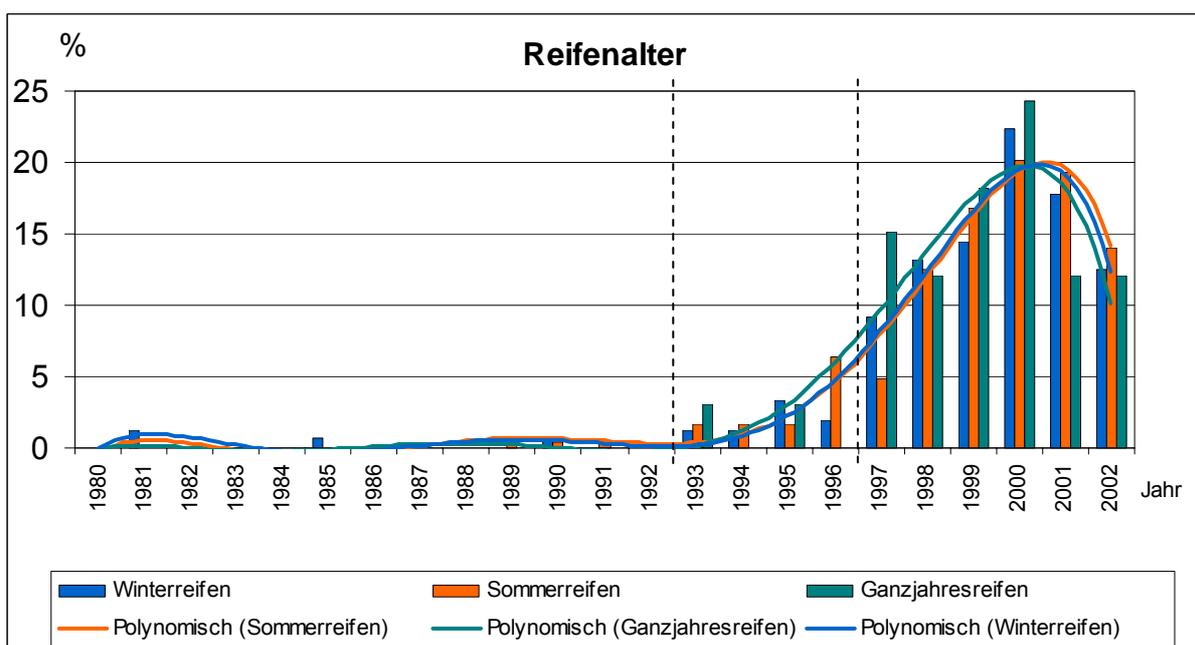
Wie in 3.2.2.5 erläutert, gelten Reifen die älter als 10 Jahre alt sind als verkehrsunsicher. Unter bestimmten Umständen und unsachgemäßer Behandlung können Reifen bereits nach 6 Jahren erheblich an Zuverlässigkeit verlieren. Folgende Grafik zeigt die drei Altersgruppen (grün: in Ordnung, blau: bedenklich, orange: kritisch) und deren Häufigkeit.



**Diagramm 31:** Reifenherstellungsjahr insgesamt

Es hat sich nicht bewahrheitet, dass Ganzjahresreifen auf Grund doppelter Abnutzung jünger als Winterreifen sind. Lediglich Winterreifen sind durchschnittlich 2 bis 3 Monate älter als Sommer- und Ganzjahresreifen. Bei einer im Winter durchgeführten Messung, sollte Auf Grund der Tatsache, dass Winterreifen bevorzugt in den Wintermonaten produziert werden, Winterreifen tendenziell etwa 6 Monate jünger als Sommerreifen sein.

Das nachfolgende Diagramm zeigt das Reifenalter aller gemessenen Fahrzeuge. Das Durchschnittsalter aller Reifen liegt bei 4 Jahren, der Median wird in der zweiten Jahreshälfte des Jahres 1999 erreicht.



**Diagramm 32:** Altersverteilung der Reifen (gesamt)

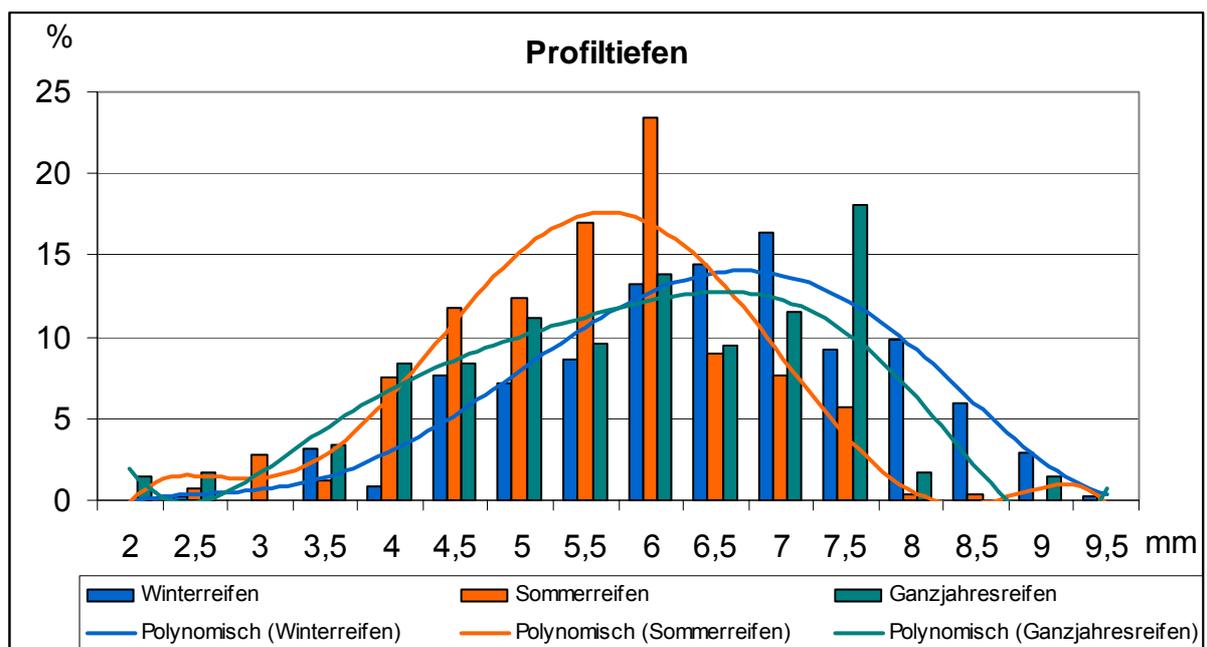
### 4.2.7 Profiltiefe

Zunächst wird mit folgender Tabelle ein Überblick über die Eckdaten der Profiltiefenmessung gegeben.

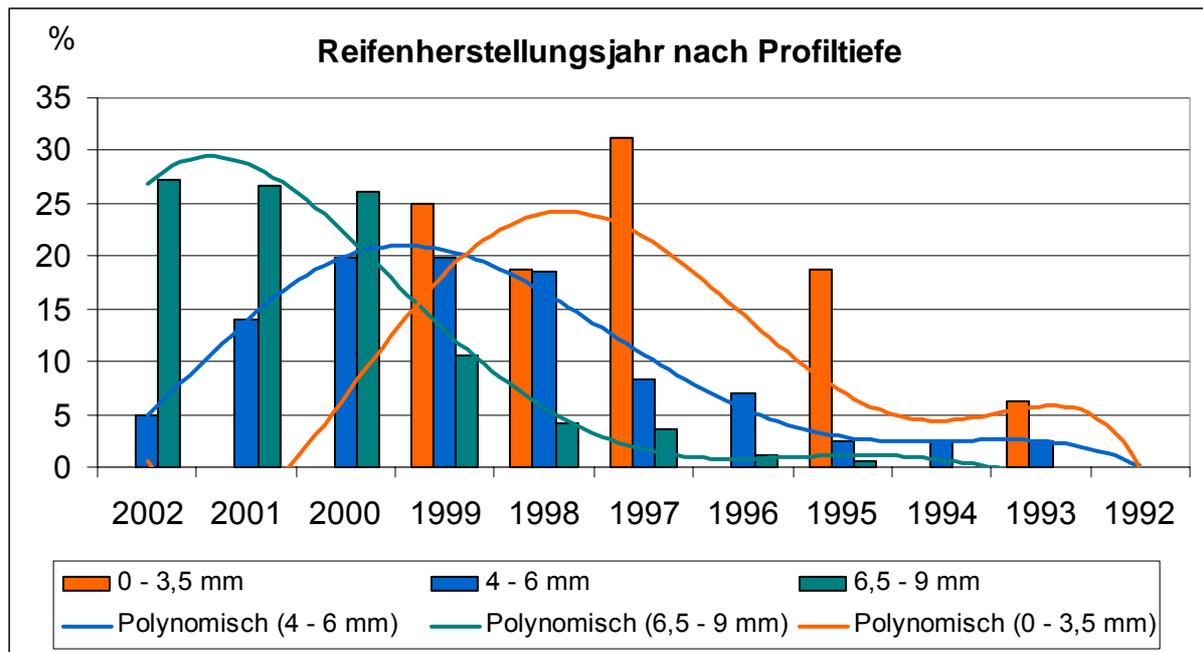
	Winterreifen	Sommerreifen	Ganzjahresreifen
<b>Durchschnittliche Profiltiefe</b>	6,5 mm	5,5 mm	5,9 mm
<b>Modalwert</b>	7 mm	6 mm	7,5 mm
<b>Median</b>	6,3 mm	5,4 mm	5,7 mm

**Tabelle 11:** Überblick über gemessene Profiltiefen

Folgende Abbildung zeigt die durchschnittlichen Profiltiefen der drei Reifentypen. Die Profilierung von Neureifen liegt je nach Fabrikat bei etwa 9 mm [8].



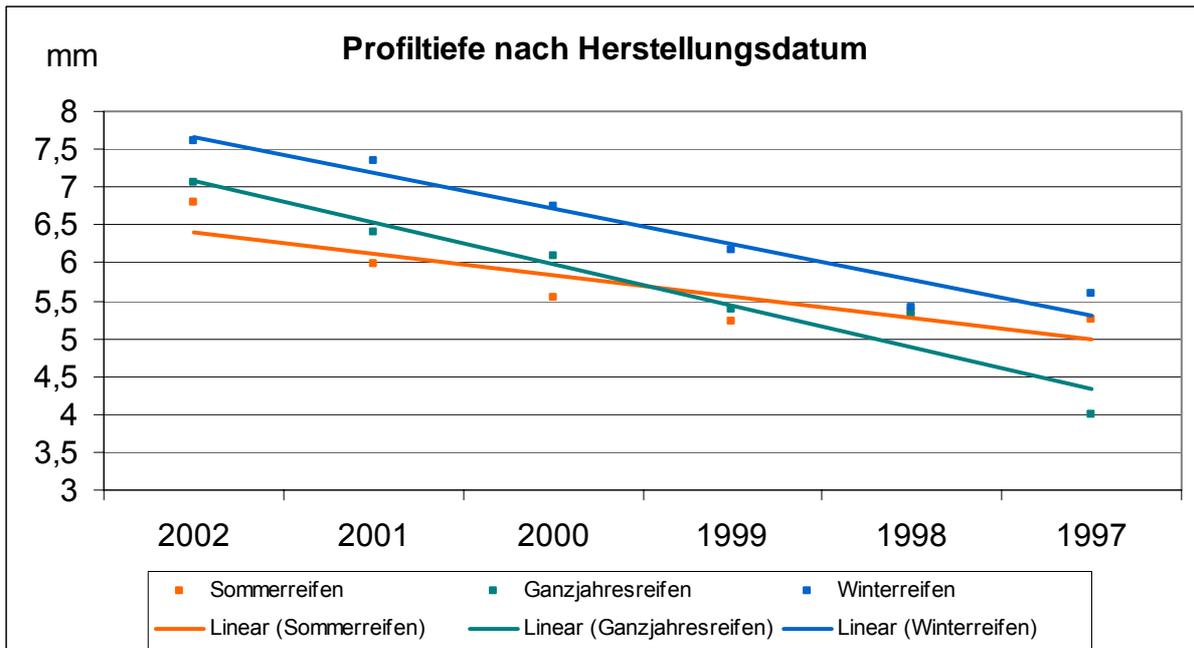
**Diagramm 33:** Profiltiefen



**Diagramm 34:** Reifenherstellungsjahr nach Profiltiefe

Nachstehendes Diagramm zeigt den durchschnittlichen Abrieb der verschiedenen Reifentypen. Für die nachfolgende Betrachtung wird für Sommer- und Winterreifen eine gleiche Kilometerlaufleistung angenommen. Durch das Berechnen der Steigung ergibt sich die durchschnittliche jährliche Profilminderung. Es ergibt sich eine Profilabnahme von 0,5 mm/a für Winterreifen, 0,3 mm/a für Sommerreifen und 0,6 mm/a für Ganzjahresreifen. Dies bedeutet, dass der durchschnittliche Verschleiß bei Winterreifen um etwa zwei Drittel höher ist als bei Sommerreifen. Dies ist auf die weichere Gummimischung zurückzuführen.

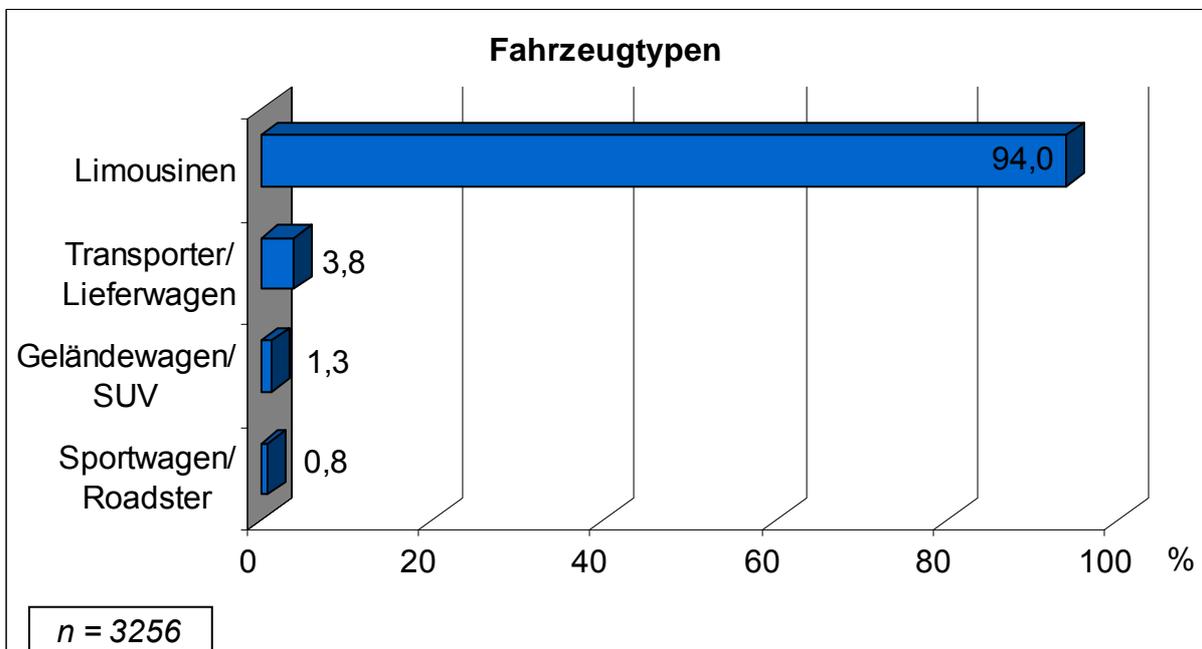
Bei Ganzjahresreifen ist der Verschleiß sogar doppelt so hoch wie bei Sommerreifen. Zentraler Punkt ist hierbei jedoch die höhere jährliche Kilometerlaufleistung der Ganzjahresreifen. Der Verschleiß bei Ganzjahresreifen, bezogen auf eine „Sommerreifensaison“ beträgt ebenfalls 0,3 mm/a. Auf Grund der weicheren Gummimischung ist allerdings ein höherer Verschleiß bei Ganzjahresreifen zu erwarten. Dies ist ein Indiz dafür, dass Fahrzeuge mit Ganzjahresreifen tatsächlich eine geringere Kilometerlaufleistung aufweisen.



**Diagramm 35:** Profiltiefe nach Herstellungsdatum

### 4.2.8 Fahrzeugtypen

Im Folgenden wird untersucht, welche Differenzen es bezüglich der Fahrzeugart gibt.



**Diagramm 36:** Fahrzeugtypen

Folgendes Diagramm zeigt die verschiedenen Fahrzeugtypen und deren Bereifung nach dem letzten Messtag am 16.12.2002. Jeder Fahrzeugtyp weist eine eigene Charakteristik bezüglich der Bereifungsart auf.

Es wurden während des gesamten Messzeitraums keine Sportwagen mit Ganzjahresbereifung gemessen. Auch die Häufigkeit von Winterreifen ist im Vergleich zum Durchschnitt mit 50 Prozent eher gering. Betrachtet man den Verlauf der Winterreifenhäufigkeit über den Messzeitraum (hier nicht abgebildet), so lässt sich erkennen, dass der Wechsel überdurchschnittlich spät durchgeführt wird. Erst im November wurde der erste Sportwagen mit Winterbereifung erfasst.

Die bei der Messung erfassten Geländewagen waren zum überwiegenden Teil mit Ganzjahresreifen ausgestattet. Am Anfang der Messreihe wurden auch vereinzelt Sommerreifen verzeichnet. Mit Winterreifen war nur einer von insgesamt 46 Geländewagen ausgestattet.

Transporter und Lieferwagen sind zu etwa 85 Prozent mit wintertauglicher Bereifung ausgestattet. Hiervon sind 62 Prozent Winter- und 23 Prozent Ganzjahresreifen.

Der Gesamtanteil der Limousinen beträgt 94 Prozent. Der Einfluss der anderen Fahrzeugtypen auf das Gesamtergebnis ist daher marginal. Zur Auswertung der Bereifung von Limousinen s. 4.2.1.

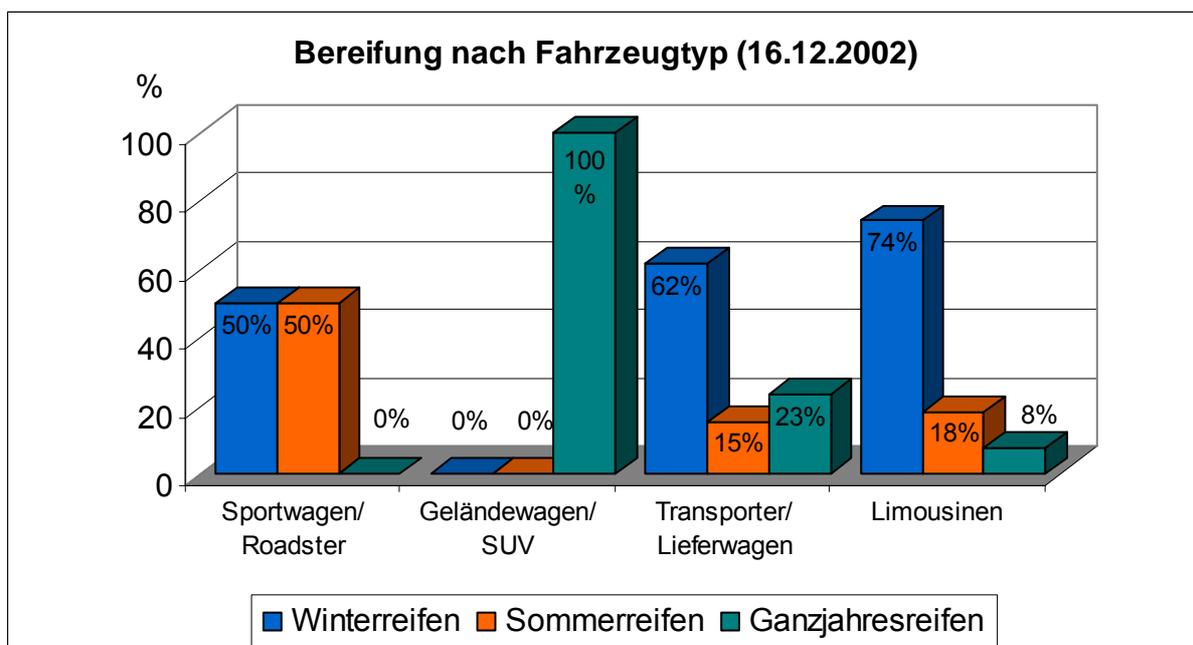


Diagramm 37: Bereifung nach Fahrzeugtyp, Stand 16.12.2002

#### 4.2.9 Besonderheiten bei „getunten“ Fahrzeugen

Im Folgenden soll auf Besonderheiten getunter Fahrzeuge eingegangen werden. Die Menge der gezählten Fahrzeuge hat nicht, wie bei den Vorüberlegungen vermutet, im Laufe des Messzeitraums abgenommen. Über den gesamten Messzeitraum war die Häufigkeit von „getunten“ Fahrzeugen relativ konstant bei 3 Prozent, bei einer Varianz von 0,66.

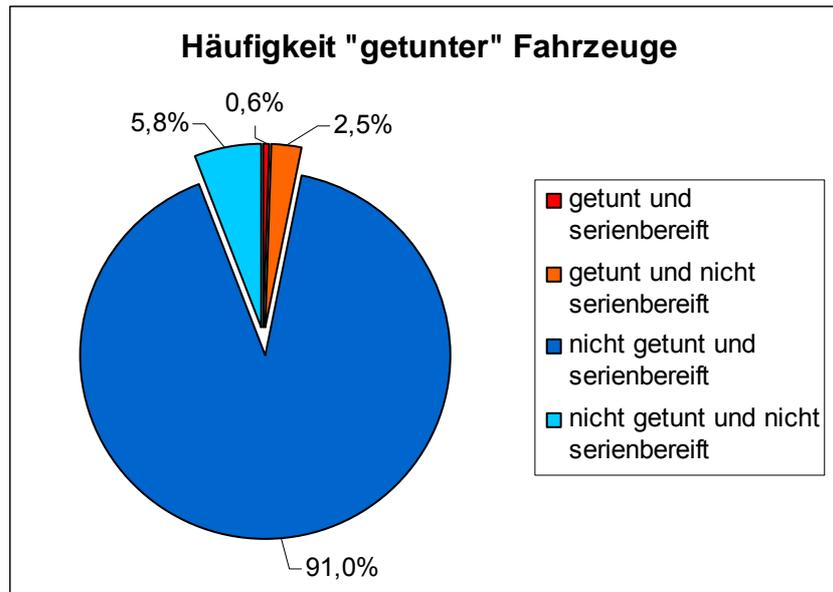


Diagramm 38: Häufigkeit „getunter“ Fahrzeuge

Die Häufigkeit von Fahrzeugen mit Leichtmetallrädern nimmt im Laufe der zwei Messmonate stark ab. Leichtmetallfelgen werden häufig nur in Verbindung mit Sommerreifen gefahren. Nur etwa ein bis zwei Prozent, der am letzten Messtag erfassten Winterreifen sind auf Leichtmetallfelgen montiert.

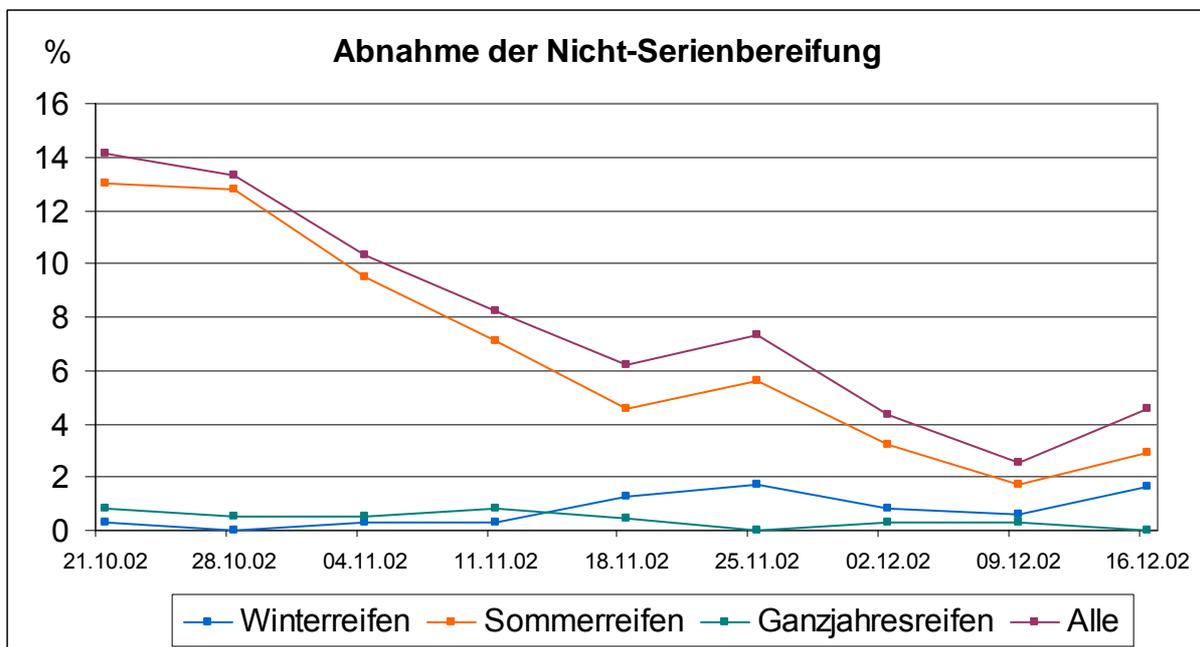
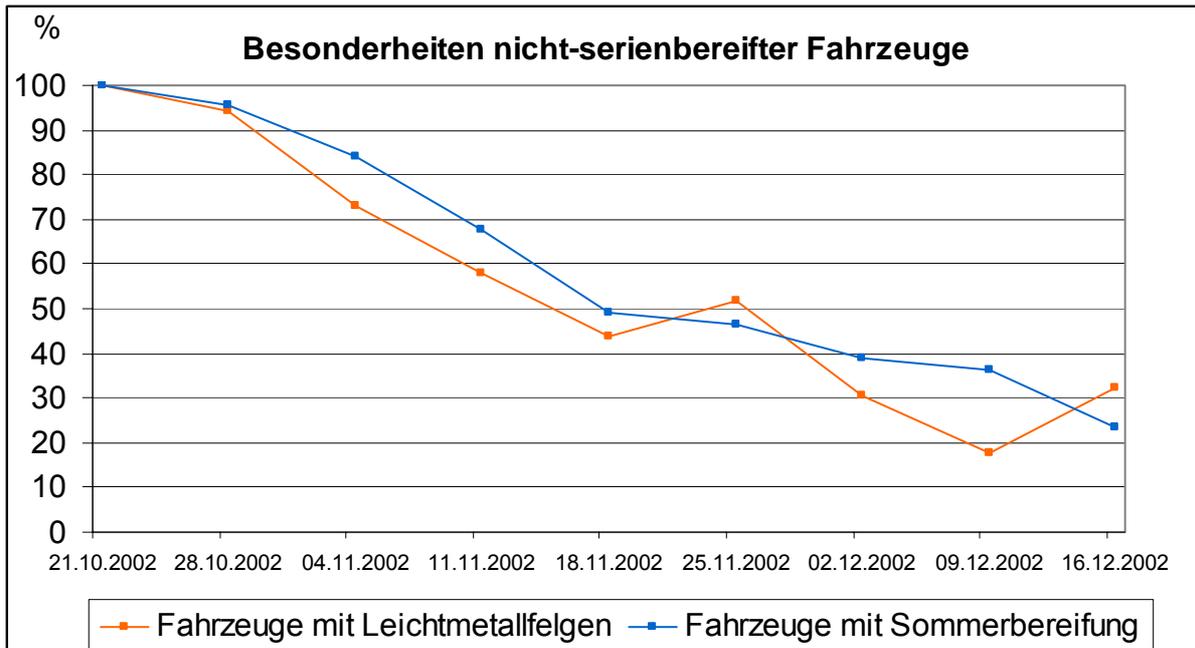


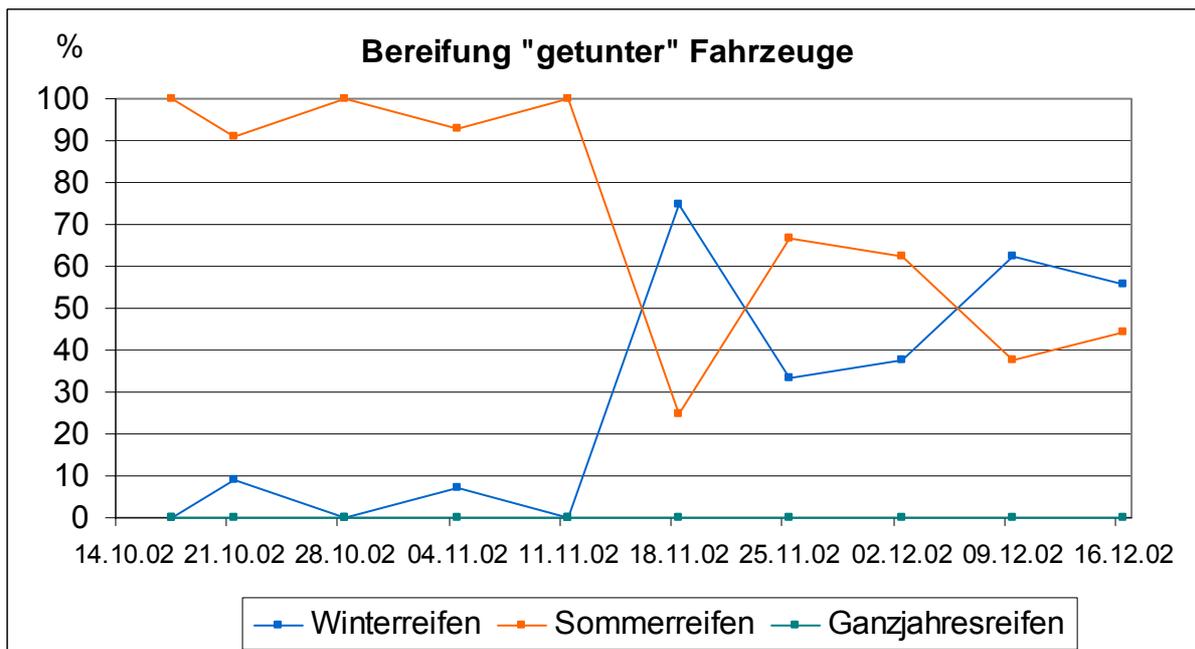
Diagramm 39: Abnahme der Nicht-Serienbereifung

Mit Hilfe der nachstehenden Grafik soll untersucht werden, ob Nutzer von Leichtmetallrädern seltener auf Winterreifen wechseln.



**Diagramm 40:** Besonderheiten nicht-serienbereifter Fahrzeuge

Die Zunahme der Winterreifen auf Leichtmetallfelgen ist im Vergleich zur gesamten Abnahme der Leichtmetallräder vernachlässigbar klein. Aus diesem Grund ist die Häufigkeit der Leichtmetallräder mit der Häufigkeit der gesamten Sommerbereifung vergleichbar. Hierfür wurden die Messwerte vom 21.10.2002 als Ausgangswert festgelegt. Über der Zeit ist die prozentuale Abnahme der Häufigkeit von Sommerreifen und Leichtmetallrädern aufgetragen. Fahrzeuge, die im Sommer mit Leichtmetallrädern fahren, wechseln nicht seltener auf Winterreifen als der Durchschnitt der gesamten Fahrzeugstichprobe. Während der gesamten Messung wurde kein „getuntes“ Fahrzeug mit Ganzjahresreifen festgestellt.



**Diagramm 41:** Bereifung „getunter“ Fahrzeuge

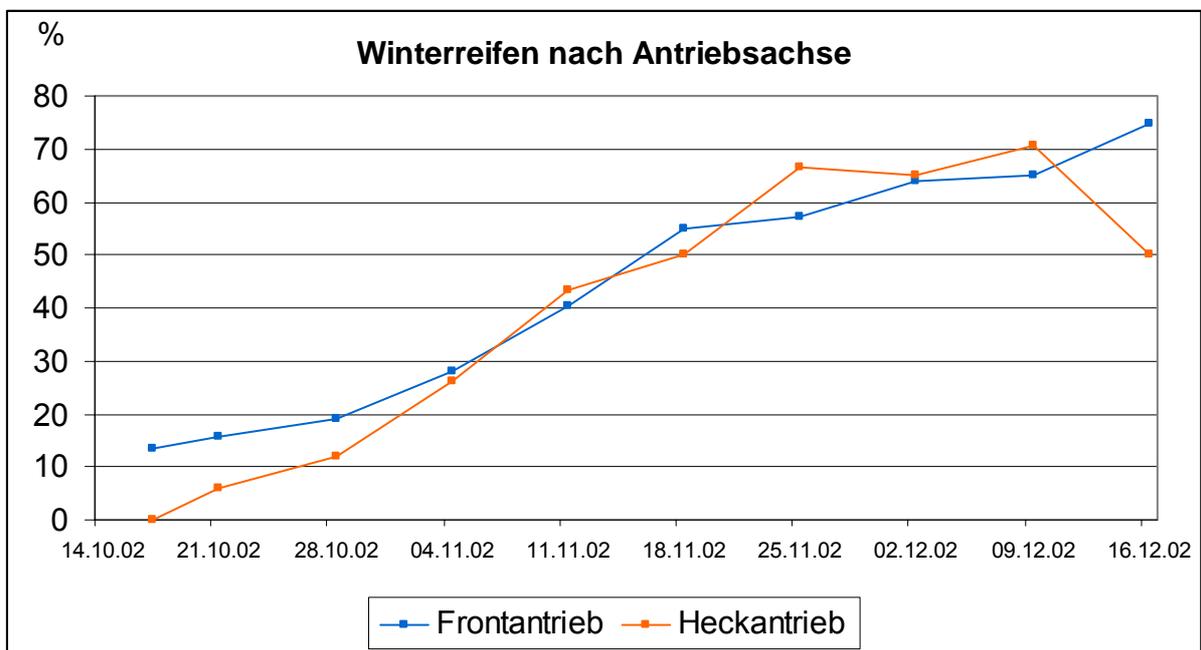
Der Anteil „getunter“ Fahrzeuge lag durchschnittlich bei etwa drei Prozent. Dies entspricht einer Stichprobengröße von etwa zehn Fahrzeugen pro Messtag. Auf Grund der kleinen Stichprobe und der damit verbundenen großen Streuung kann lediglich eine Tendenz wiedergegeben werden. Während der ersten Hälfte der Messreihe wurden kaum Fahrzeuge mit Winterreifen erfasst. Mitte November fällt der Anteil der Sommerbereifung von ca. 95 Prozent auf unter 50 Prozent.

#### 4.2.10 Antriebsachse

In Abhängigkeit der Antriebsachse gibt es keine nennenswerten Unterschiede. Es scheint lediglich den Unterschied zu geben, dass es keine Fahrzeuge mit Heckantrieb gibt, die auch im Sommer mit Winterreifen fahren. Dies mag daran liegen, dass in der Regel nur sehr sportliche PKW und Fahrzeuge der Oberklasse dieses Antriebskonzept haben. Diese Fahrzeuge erreichen Endgeschwindigkeiten oberhalb der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten von Winterreifen.

Die Häufigkeit der Heckgetriebenen Fahrzeuge sinkt im Laufe der Messreihe von anfänglich 9 Prozent auf abschließend 5,5 Prozent. Dies korreliert mit dem Rückgang der Fahrzeuge der oberen Mittelklasse (von 5,5 auf 3,5 Prozent) und der Sportwagen (von 3,5 auf 2 Prozent).

Der Grund für das Einknicken der Winterreifenhäufigkeit am letzten Messtag von 71 auf 50 Prozent kann nicht erklärt werden.



**Diagramm 42:** Vergleich der Wechselverteilung der verschiedenen Antriebskonzepte

### 4.2.11 Mischbereifung

Bei jeder festgestellten Mischbereifung wurde im Bemerkungsfeld festgehalten, um welche Art von Mischbereifung es sich handelt. Die Ergebnisse werden in der folgenden Tabelle kurz dargestellt (vgl. 3.2.2.8). Die Häufigkeit unterschiedlichen Reifenalters erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, da die Angaben über das Herstellungsjahr in der Regel nur an einem Reifen sichtbar sind, und somit kein Vergleich möglich ist (vgl. 3.2.4).

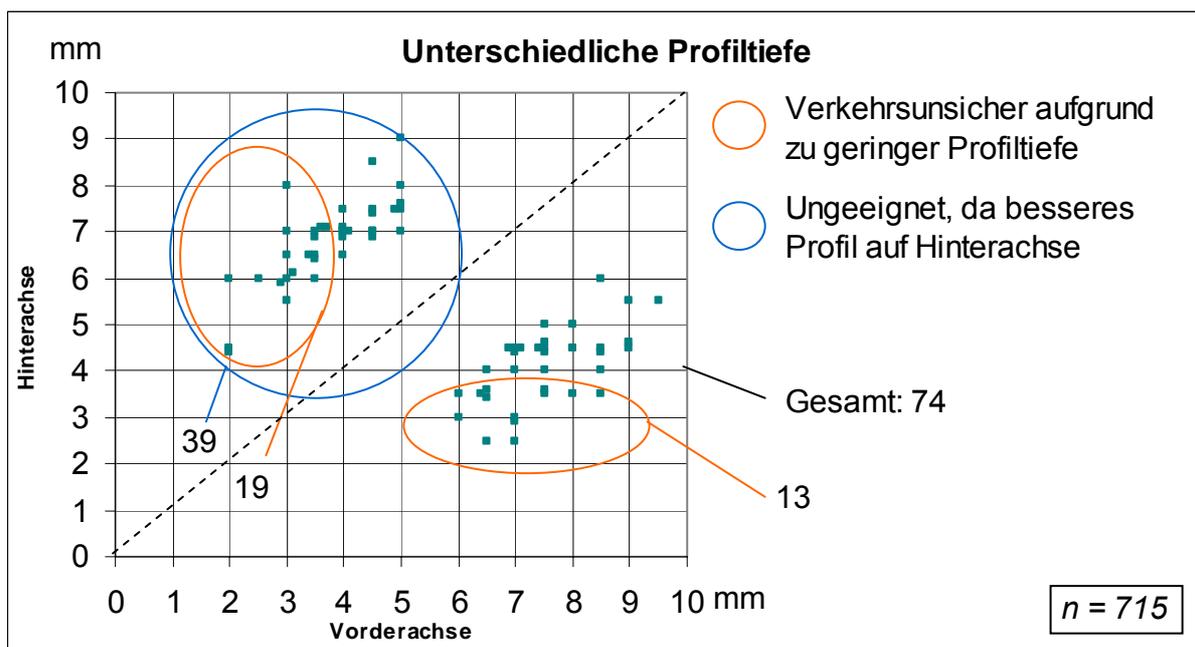
Achsweise unterschiedliches Reifenalter*1	Achsweise unterschiedliche Profilstärke*2	Achsweise verschiedene Reifenhersteller	Achsweise verschiedene Spezialreifen	Achsweise verschiedene Reifenbauart
1,5 %	10,3 %	1,4 %	0,8 %	0 %

**Tabelle 12:** Häufigkeit von Mischbereifung

\*1 Ab einem Altersunterschied von 52 Wochen

\*2 Ab einem Profiltiefenunterschied von 3 mm

Nachfolgendes Diagramm zeigt, dass nur 22 Fahrzeuge mit achsweise unterschiedlicher Profiltiefe unter optimalen Bedingungen fahren. Bedenklich sind nur die, in der Grafik rot umrandeten, Fahrzeuge. Bei diesen Fahrzeugen wurde mindestens an einer Achse eine Profiltiefe von unter 4 mm gemessen. Von diesen Fahrzeugen haben zwei Drittel die schlecht profilierte Bereifung an der ungünstigeren Hinterachse. Diese Beobachtungen sind weitestgehend unabhängig vom Reifentyp.



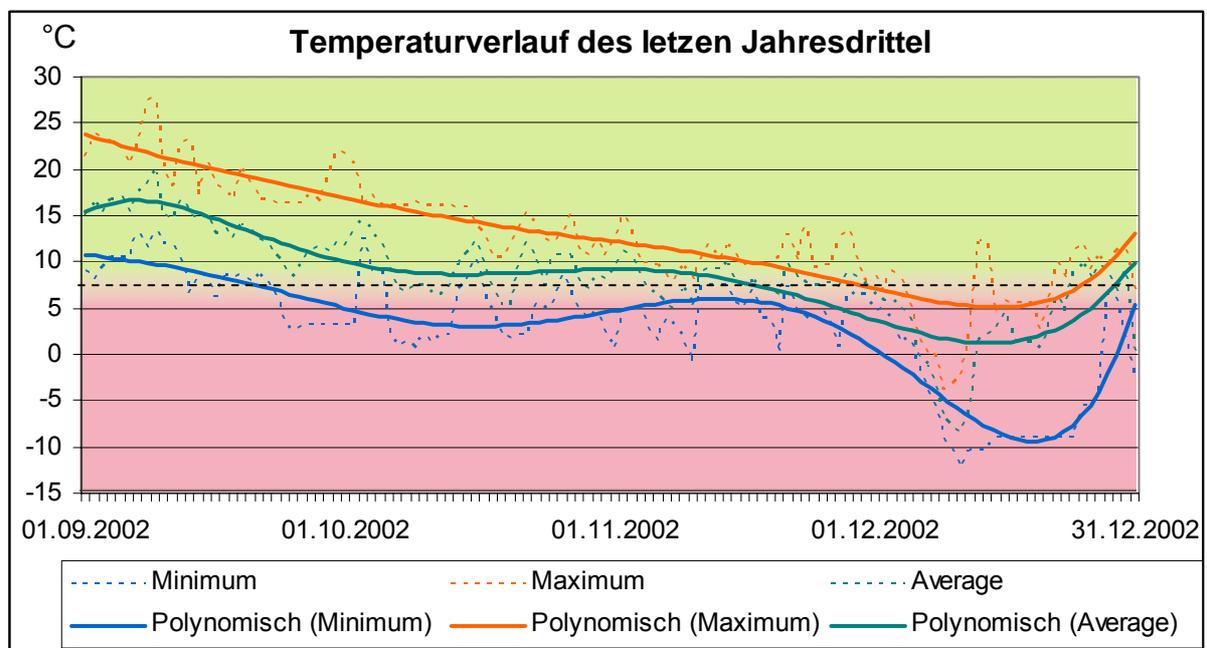
**Diagramm 43:** Beobachtungen bei unterschiedlicher Profiltiefe

## 4.2.12 Wetterdaten

In diesem Abschnitt werden alle Klima- und Temperaturmesswerte präsentiert.

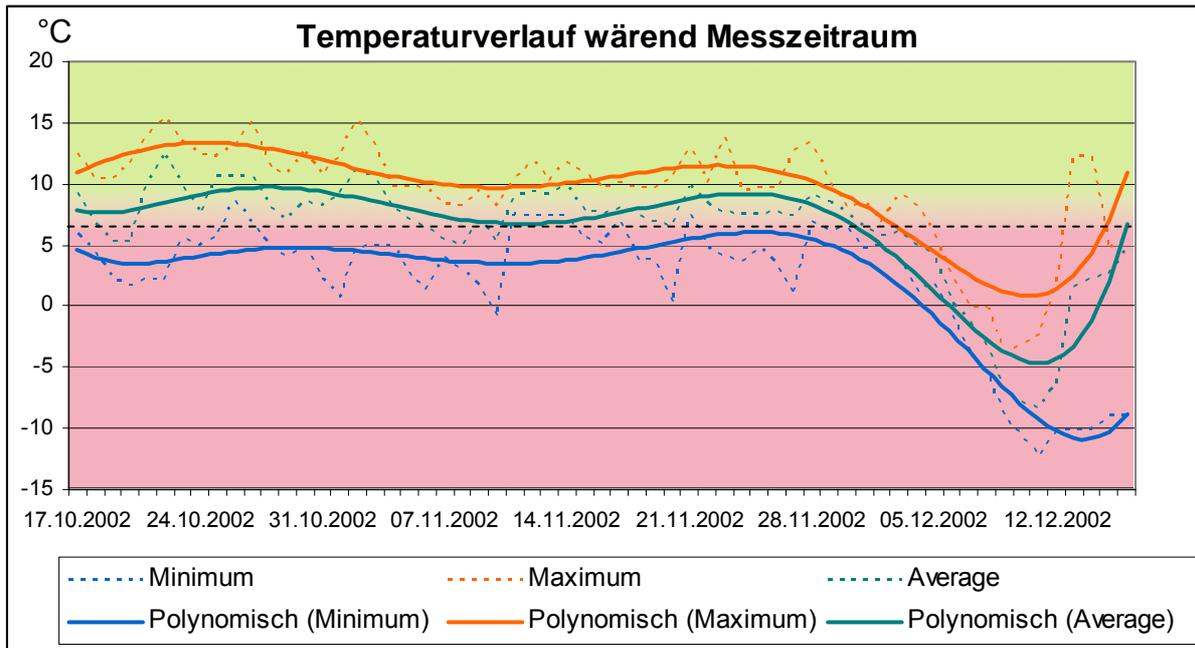
### 4.2.12.1 Messwerte

Es gibt keine allgemeingültige Empfehlung, ab welchem Zeitpunkt Winterreifen die sicherere Alternative sind. Dies ist stark von den persönlichen Fahrgewohnheiten abhängig. Krafffahrer, die ausschließlich nachts unterwegs sind, sollten bereits Ende September auf Winterreifen wechseln, da ab diesem Zeitpunkt die Tiefstwerte dauerhaft unter der 7°C-Marke bleiben. Für den Normalfahrer ist es jedoch nicht sinnvoll bereits zu diesem frühen Zeitpunkt Winterreifen zu montieren, da gerade in den Herbstmonaten mit starken Temperaturunterschieden zwischen Tag und Nacht zu rechnen ist.



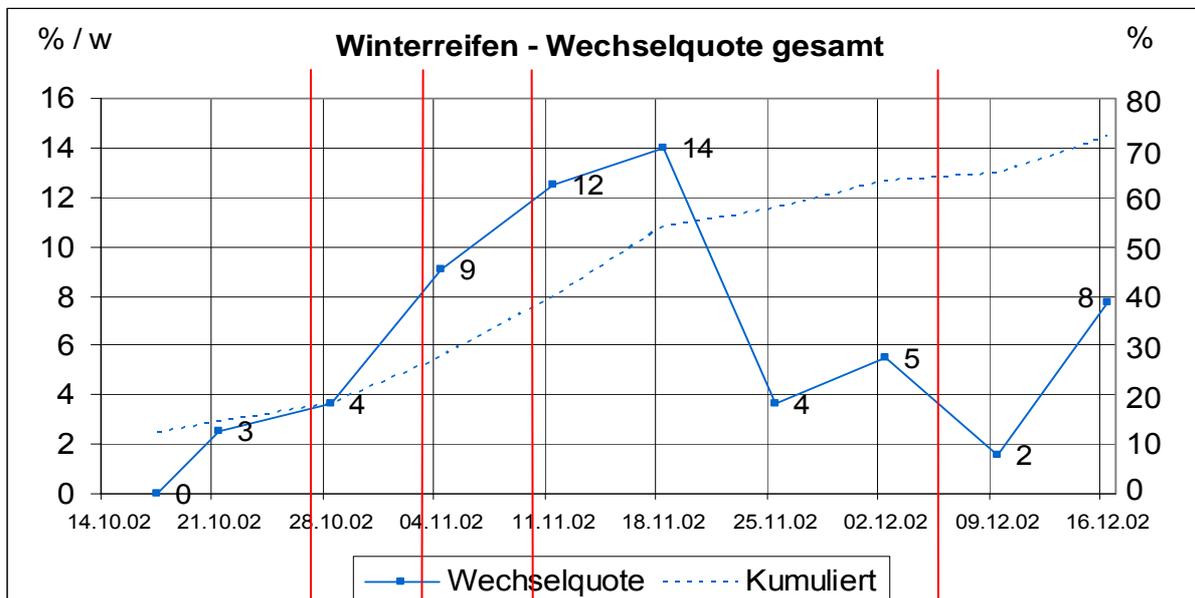
**Diagramm 44:** Temperaturverlauf des letzten Jahresdrittels

Die Temperaturen blieben von Anfang Oktober bis Anfang Dezember relativ konstant zwischen 5 und 10°C. Ab dem 6.12.2002 setzte ein starker Temperatursturz ein.



**Diagramm 45:** Temperaturverlauf während des Messzeitraums

**4.2.12.2 Medienberichte**



Heftiger Sturm mit viel abgeschmissenem Laub (starke Medienpräsenz)

Erste Glatteisunfälle in NRW

Wintereinbruch im Nordosten Deutschlands (ca. 10 cm Schnee)

Wintereinbruch im gesamten Bundesgebiet: Wuppertal bis: -15°C

**Diagramm 46:** Medienberichte und deren Auswirkung

Die ersten drei markanten Wetterereignisse liegen in einem Bereich stetig steigender Wechselquote. Ob diese Medienberichte Einfluss auf die Wechselquote hatten ist nicht belegbar. Lediglich der Wintereinbruch Anfang Dezember hat einen erneuten Anstieg der Wechselquote zur Folge. Welchen Einfluss hierbei die Medienpräsenz hat, lässt sich allerdings auch hier nicht sagen.

### 4.3 Ergebnisse der Umfrage

56 Prozent der Befragten waren Männer und 44 Prozent Frauen. 60 Prozent wechseln Privat, 40 Prozent lassen in einer Werkstatt wechseln, dies ist unabhängig vom Geschlecht. Wenn die Reifen privat gewechselt werden, dann machen dies nur 27 Prozent der Frauen selber, 73 Prozent lassen dies vom Partner oder einem Bekannten erledigen. Bei den Männern lassen sich lediglich 9 Prozent der Befragten von einem Bekannten helfen.

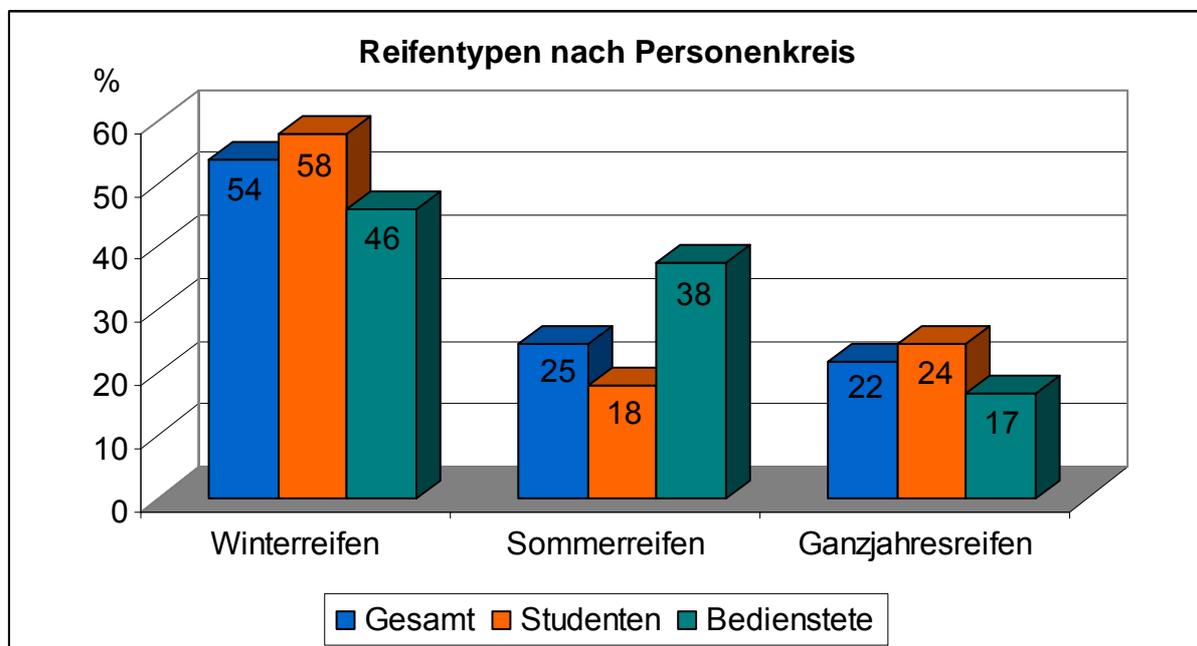
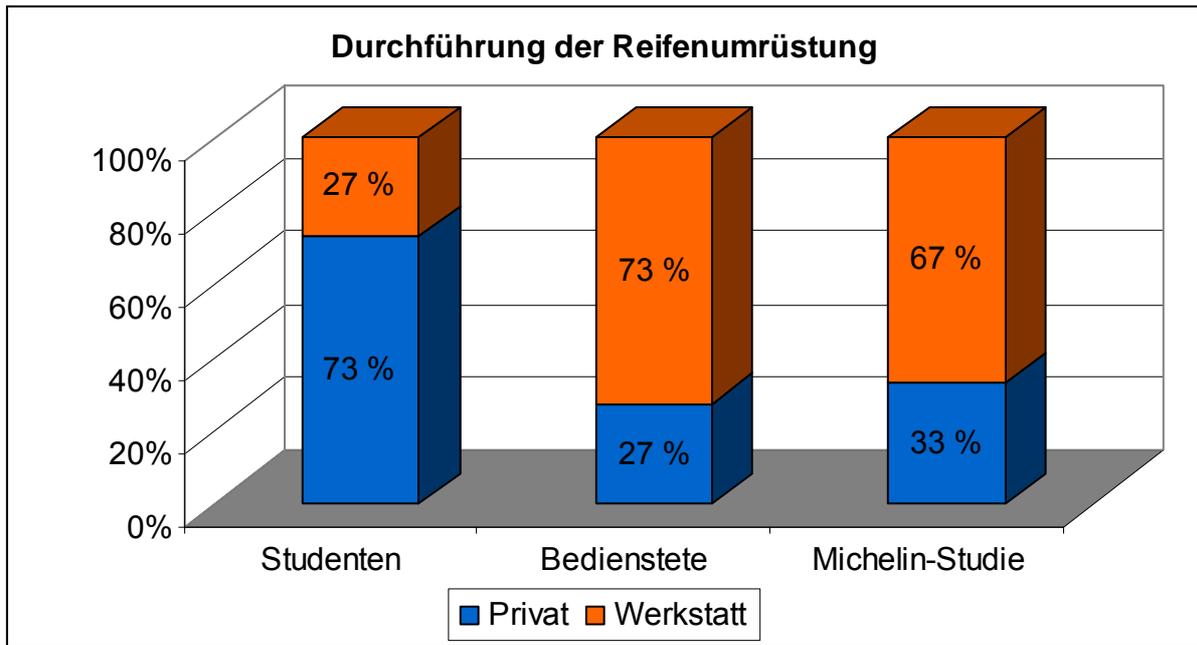


Diagramm 47: Reifentypen nach Personenkreis

Einen deutlichen Unterschied zwischen Studierenden und Bediensteten findet man auch bei der Durchführung des Reifenwechsels. Nahezu drei Viertel der Studenten rüsten Ihr Fahrzeug privat (selbst, Partner, Verwandte, Bekannte) um. Bei den Bediensteten der Universität nehmen lediglich ein Viertel der Befragten den Reifenwechsel selbst vor. Zieht man Umfrageergebnisse der Michelin AG als Referenz hinzu, so wird klar, dass die Studenten zu einem außergewöhnlich hohen Anteil die Reifenumrüstung selbst vornehmen. Dies wird vornehmlich finanzielle Ursachen haben. Eine Radwechsel kostet zwischen 10 und 20 €. Nach der Michelin-Studie lagern 77 Prozent der Befragten ihre Reifen zu Hause ein [7].



**Diagramm 48:** Durchführung der Reifenumrüstung

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit wurde der saisonbedingte Reifenwechsel untersucht. Es wurde eine Übersicht über die theoretischen Grundlagen sowie über die vergangenen und künftigen Entwicklungen der Reifentechnologie gegeben.

Teil dieser Arbeit war eine Messung über zwei Monate, die an den Parkbereichen der Bergischen Universität Wuppertal durchgeführt wurde. Die Ergebnisse wurden in Abschnitt 4 detailliert beschrieben und werden nachfolgend zusammengefasst.

### 5.1 Ergebnisse

Die gemessenen Anteile der winterauglichen Bereifung sind im Vergleich zum Bundesdurchschnitt sehr hoch. Die Ursachen für dieses überdurchschnittlich hohe Aufkommen von Winter- bzw. Ganzjahresreifen ist vermutlich durch die spezielle topographische Lage der Universität (vgl. 3.2.3).

Sportwagen und „getunte“ Fahrzeuge sind zu einem deutlich geringeren Anteil mit winterauglicher Bereifung ausgestattet. Mitte Dezember fuhren etwa 50 Prozent dieser Fahrzeuge noch mit Sommerreifen.

Geländewagen sind zu einem Großteil mit Ganzjahresreifen ausgestattet. Nach einem ADAC-Test sind diese Ganzjahresreifen für Geländewagen allerdings nicht, oder nur sehr bedingt für den Einsatz im Winter geeignet (vgl. 2.4.3.4.3). Diese Reifen besitzen weder eine entsprechende Gummimischung noch eine geeignete Laufflächenprofilierung, sind aber dennoch mit der Aufschrift „M+S“ gekennzeichnet. Abhilfe könnte ein entsprechendes Gesetz schaffen, welches eine „M+S“-Kennzeichnung nur für winteraugliche Reifen erlaubt. Des Weiteren sollten Reifenhersteller auf freiwilliger Basis auf eine solche Kennzeichnung verzichten, wenn sie nicht gerechtfertigt ist. Auch Fahrzeughersteller könnten auf den Erstbesatz mit solchen „Ganzjahresreifen“ verzichten.

Die Beschaffenheit der Reifen, insbesondere das Alter und die Profiltiefe, sind zufrieden stellend. Es wurden kaum Reifen erfasst die das absolute Profilmilimum von 1,6 mm unterschreiten. Etwa 1,6 Prozent der Reifen überschreiten das als Grenzwert definierte Reifenalter von 10 Jahren.

Weitere Ergebnisse der Messung werden durch die folgende Annahme bzw. Ablehnung, der unter Abschnitt 3 aufgestellten Thesen, zusammengefasst

### 5.2 Annahme und Ablehnung der Thesen

These 1: Zwischen den beiden Messbereichen gibt es Unterschiede bezüglich des Verlaufs des Reifenwechsels.

**Trifft zu.**

Auf den, überwiegend von Studenten genutzten Parkplätzen der Gaußstraße, sind die Fahrzeuge seltener mit Winterreifen bestückt. Anstelle dessen ist der Anteil von Ganzjahresreifen überdurchschnittlich hoch (vgl. 4.2.2).

**These 2:** In Wuppertal und in anderen bergigen Regionen wird der Wechsel auf Winterreifen früher oder häufiger als in ebeneren Gebieten vollzogen.  
**Trifft zu.**

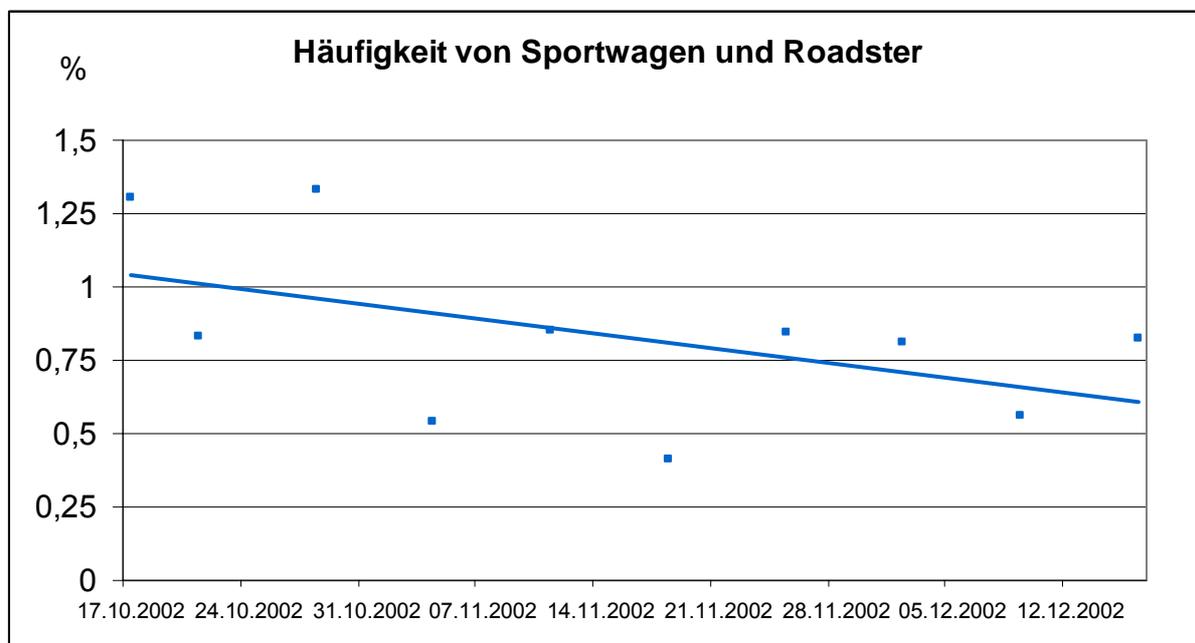
Es existieren deutliche Unterschiede bezüglich der Zulassungsorte der Fahrzeuge. Insbesondere die Regionen mit dem Bergindex 1 weisen ein stark differierendes Wechselverhalten auf (vgl. 4.2.3).

**These 3:** Die Art der Bereifung variiert mit der Fahrzeugklasse.  
**Trifft zu.**

Die Auswertung in Kapitel 4.2.4 belegt eindeutig, dass die Häufigkeit von Winterreifen bei allen Fahrzeugklassen verschieden ist.

**These 4:** Die Sportwagendichte nimmt über der Zeit nicht ab.  
**Trifft nicht zu.**

Die Anzahl der Sportwagen liegt am ersten Messtag bei 1,3 Prozent am letzten bei etwa bei 0,8 Prozent.



**Diagramm 49:** Abnahme der Sportwagenhäufigkeit

These 5: Roadster und Sportwagen werden später oder seltener mit Winterreifen bestückt.  
**Trifft zu.**

Die Sportwagen sind am Ende der Messreihe nur zu 50 Prozent mit Winterreifen ausgestattet. Der Anteil an Winterreifen insgesamt, liegt bei 72 Prozent (vgl. 4.2.8).

These 6: Geländewagen und SUV's sind seltener mit Winterreifen bestückt.  
**Trifft zu.**

Im gesamten Messzeitraum wurde nur ein Geländewagen mit Winterbereifung erfasst (vgl. 4.2.8).

These 7: Ganzjahresreifen verschleifen schneller als Winter- und Sommerreifen.  
**Trifft zu.**

Ganzjahresreifen haben einen ermittelten durchschnittlichen Abrieb von 0,6 mm/a, Sommerreifen verlieren mit 0,3 mm nur die Hälfte an Profil pro Jahr (vgl. 4.2.7).

These 8: Winterreifen sind tendenziell älter als Sommerreifen  
**Trifft zu.**

Winterreifen sind, trotz wesentlich höheren Verschleißes im Mittel mindestens 3 Monate älter (vgl. 4.2.6). Ungeachtet dessen, haben Winterreifen durchschnittlich die beste Profilierung (vgl. 4.2.7). Dieser Widerspruch kann nur durch eine geringere Fahrleistung gegenüber Sommerreifen erklärt werden.

These 9: Fahrzeuge mit einer nicht serienmäßigen Bereifung wechseln seltener auf Winterreifen.  
**Trifft nicht zu.**

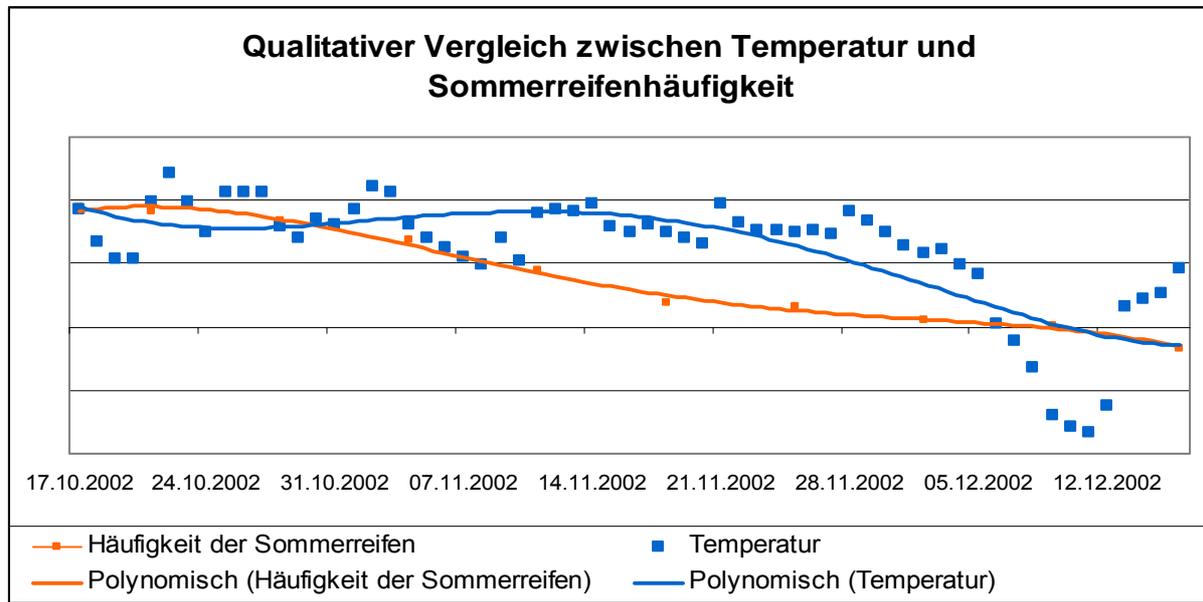
Fahrzeuge, die im Sommer mit Leichtmetallrädern fahren wechseln nicht seltener auf Winterreifen als der Durchschnitt der gesamten Fahrzeugstichprobe (vgl. 4.2.9).

These 10: „Getunte“ Fahrzeuge sind seltener mit Winterreifen bestückt.  
**Trifft zu.**

Ca. die Hälfte aller, als „getunt“ eingestuften Fahrzeuge, waren am letzten Messtag mit Winterreifen bestückt. Dies ist etwa ein Drittel weniger als der Durchschnitt aller Fahrzeuge (vgl. 4.2.9).

These 11: Es existiert eine Korrelation zwischen Temperaturverlauf und Reifenwechselquote  
**Trifft nicht zu.**

Es ist keine Korrelation zwischen Temperaturverlauf und Wechselquote zu erkennen. Es bleibt offen, wie viele Fahrzeughalter unabhängig vom aktuellen Wetter, und wie viel erst nach Wintereinbruch die Reifen wechseln.



**Diagramm 50:** Qualitative Gegenüberstellung von Temperatur und Sommerreifenhäufigkeit

These 12: Medienberichte, die einen großen Bevölkerungsteil erreichen, bewirken einen abrupten Anstieg der Winterreifenquote.  
**kann nicht belegt werden.**

Anhand der vorliegenden Daten ist diese These weder eindeutig zu belegen, noch besteht Anlass sie zu widerlegen. Der Grund für den erneuten, unerwarteten Anstieg der Häufigkeit von Winterreifen, ist nicht zu ermitteln. Es ist lediglich zu vermuten, dass der Temperatursturz in der ersten Dezemberwoche für dieses Verhalten verantwortlich ist. Inwieweit dies aber durch die Medienpräsenz verstärkt wurde kann nicht beurteilt werden.

### 5.3 Maßnahmen

Ein weiteres Ansteigen der Winterreifenquote hätte ein signifikantes Sinken der Unfallzahlen im Winter zur Folge.

Immer wieder diskutiert wird eine gesetzliche Regelung. Insbesondere für LKW fordern viele Automobilclubs eine Winterreifenpflicht. Für PKW ist eine solche Regelung, auf Grund der unterschiedlichen klimatischen Bedingungen innerhalb Deutschlands, sehr umstritten. In einigen europäischen Ländern wie Finnland, Lettland oder Slowenien existiert bereits eine Winterreifenpflicht. Auch für Österreich fordert das Kuratorium für Verkehrssicherheit (KfV) eine Winterreifenpflicht. Hier kann bislang nur das Fahren mit Winterreifen für stark verschneite Bergstraßen angeordnet werden. Auf die Winterreifenpflicht weist in der Regel ein

Fahrverbotsschild mit dem Zusatz "Ausgenommen Fahrzeuge mit Winterausrüstung" hin.

Auf winterlicher Fahrbahn sollte man nicht nur auf die richtige Bereifung achten. Zukünftige Initiativen und Maßnahmen sollten sich nicht ausschließlich auf die Zunahme der Winterbereifung begrenzen. Begleitend dazu sollten Fahrzeugführer über die veränderten Fahreigenschaften informiert werden damit ein erhöhtes Sicherheitsgefühl den Vorteil der Winterbereifung nicht wieder relativiert.

### **5.3.1 Aufklärungskampagnen**

Um einen weiteren Anstieg der Winter- bzw. Ganzjahresreifenhäufigkeit zu erlangen, müssen die Verbraucher mehr für Sicherheit sensibilisiert und über Reifen und deren Eigenschaften aufgeklärt werden. In Zukunft bieten sich zielgruppenorientierte Informationskampagnen an. Insbesondere Besitzer von Sportwagen und „getunten“ Fahrzeugen sollten durch solche Kampagnen erreicht werden.

Folgend werden zwei solcher bereits existierenden Kampagnen vorgestellt.

#### **5.3.1.1 Pro Winterreifen**

Im August 2002 hat der Deutsche Verkehrssicherheitsrat e.V. zusammen mit einigen seiner Mitglieder, darunter auch dem Bundesverband Reifenhandel und Vulkaniseur-Handwerk e.V. (BRV), die Initiative Pro Winterreifen ins Leben gerufen.

Ziel der Initiative ist es, die Sicherheit auf winterlichen Straßen verbessern. Eine breite Beteiligung von Organisationen, Unternehmen und Verbänden, die im Rahmen ihrer Möglichkeiten die Initiative unterstützen wollen, zeichnet sich bereits ab.

Mit einer gezielten Ansprache sollen vor allem die Autofahrer, wie auch die Fahrer von LKW und Kleinlastern, angeregt werden, rechtzeitig auf Winterreifen umzurüsten.

Die Kampagne wird zunächst auf fünf Jahre angelegt. Dabei sollen Verkehrsteilnehmer über Irrtümer im Umgang mit Winterreifen aufgeklärt sowie über deren Systemvorteile informiert werden.

Die Initiative Pro Winterreifen wird unterstützt von der Reifen- und Automobilindustrie, Berufsgenossenschaften, dem Kraftfahrzeuggewerbe und dem Reifenfachhandel, Transport- und Logistikunternehmen sowie technischen Überwachungsorganisationen und Versicherungen.

#### **5.3.1.2 ReifenCheck**

Reifencheck ist eine Aktion des Deutschen Verkehrssicherheitsrates und seiner Mitglieder. Sie steht unter der Schirmherrschaft des Bundesministers für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen.

Im Juni 2001 konnten im Rahmen dieser Aktion Fahrzeughalter ihre Reifen bundesweit an ca. 30.000 Prüfstellen kostenlos überprüfen lassen.

2001 wurden insgesamt 1 300 000 Reifenprüfungen dokumentiert. Die Auswertung umfasst 8 000 Stichproben und ergibt folgendes Bild:

Fahrzeuge	PKW Anhänger Wohnmobil Sonstige	82 % 9 % 2 % 7 %	Laufrichtung	richtige Montage falsche Montage	98 % 2 %
Serienbereifung	Ja Nein	94 % 6 %	Reifenalter	bis 6 Jahre über 6 Jahre	81 % 19 %
Luftdruck	In Ordnung Nicht in Ordnung	91 % 9 %	Reifenzustand / Sichtmängel	ohne Mängel nicht in Ordnung	90 % 10 %
Ventilkappe	Fehlt nicht Fehlt	99 % 1 %	Reserverad	in Ordnung nicht in Ordnung	87 % 13 %
Profiltiefe	In Ordnung Fast verschlissen Nicht in Ordnung	81 % 15 % 4 %	Mängel Insgesamt	keine festgestellt	72 % 28 %

**Tabelle 13:** Ergebnisse des Reifen-Check 2001

Im Vergleich zum Vorjahr nahm die Zahl der Prüfungen mit über 1,55 Mio. PKW um ca. 15 Prozent zu. Die Gesamtauswertung belegt einen leichten Rückgang der durchschnittlichen Mängelquote.

## 6 Anhänge

### 6.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Trockene Reibung .....	8
Abbildung 2: Schiefe Ebene .....	8
Abbildung 3: Grenzreibung .....	9
Abbildung 4: Deformation von Reifen und Fahrbahn.....	9
Abbildung 5: Viskose Reibung.....	12
Abbildung 6: Mischreibung .....	13
Abbildung 7: Thomsons Luftreifen .....	14
Abbildung 8: Lammellenstruktur in der Lauffläche.....	15
Abbildung 9: Weiterentwicklung des Reifens in den letzten 25 Jahren [14].....	15
Abbildung 10: Aufbau eines Radialreifens .....	16
Abbildung 11: Kautschukbaum in Thailand.....	18
Abbildung 12: Kautschuksynthese aus Isopren .....	18
Abbildung 13: Reibwert über der Temperatur zweier Kautschuksorten [2].....	19
Abbildung 14: Reibwert über der Temperatur der o. g. Kautschukmischung [2].....	19
Abbildung 15: Magisches Dreieck der Vorteile durch Silica [12].....	20
Abbildung 16: Sommerreifen mit typischer Profilierung .....	21
Abbildung 17: Winterreifen mit Lamellenprofil .....	22
Abbildung 18: Kennzeichnung für Winterreifen.....	23
Abbildung 19: Winter- und Sommerreifen im Vergleich [2] .....	24
Abbildung 20: Ganzjahresreifen (All Season) .....	24
Abbildung 21: Wirtschaftlichkeit von Ganzjahresreifen .....	25
Abbildung 22: Kennzeichnung für Ganzjahresreifen [2].....	25
Abbildung 23: Profillose Reifen (Slicks).....	26
Abbildung 24: Regenreifen mit speziellem Drainageprofil .....	27
Abbildung 25: Offroadreifen mit Grobstollenprofil .....	27
Abbildung 26: Breitreifen .....	28
Abbildung 27: Kraftstoffsparender Reifen (Continental „Eco Contact“) [5].....	30
Abbildung 28: „Blauer Engel“ für lärmarme und kraftstoffsparende Reifen.....	30
Abbildung 29: Reifen bei der Runderneuerung.....	31
Abbildung 30: „Blauer Engel“ für runderneuerte Reifen .....	32
Abbildung 31: Winterreifen mit Spikes .....	32
Abbildung 32: Spike-Symbol.....	33
Abbildung 33: Vergleich des Rohölverbrauchs bei Neu- und runderneuertem Reifen [2].....	34
Abbildung 34: Reifenalter anhand der DOT-Kennzeichnung .....	34
Abbildung 35: Kennzeichnung der Reifendimensionen .....	35
Abbildung 36: Aufkleber welche die zulässige Höchstgeschwindigkeit kennzeichnen .....	37
Abbildung 37: Fahrbahnaufbau gemäß Richtlinien für die Standardisierung des Straßenoberbaus [19].....	41
Abbildung 38: Zeichen 112 – „Unebene Fahrbahn“ .....	42
Abbildung 39: Ausbeulung der Reifenflanke durch verletzte Gitterstruktur.....	42
Abbildung 40: Zeichen 116 – „Splitt, Schotter“ .....	43

---

Abbildung 41: Zeichen 274 – „Zulässige Höchstgeschwindigkeit“ mit Zusatzzeichen 1052-36 – „bei Nässe“ .....	43
Abbildung 42: Zeichen 113 – „Schnee- oder Eisglätte“ .....	44
Abbildung 43: Zeichen 114 – „Schleudergefahr bei Nässe oder Schmutz“ .....	45
Abbildung 44: Kraftschluss über der Temperatur bei Sommer- bzw. Winterreifen [15] .....	51
Abbildung 45: Messorte an der Bergischen Universität Wuppertal.....	52
Abbildung 46: Höhenrelief von Nordrhein-Westfalen.....	54
Abbildung 47: Nordrhein-Westfalens Städte und Kreise mit Bergindizes .....	54
Abbildung 48: Städte und Kreise innerhalb des Einzugsbereichs der Bergischen Universität Wuppertal .....	55
Abbildung 49: Traktion von Winterreifen auf Schnee in Abhängigkeit von der Profiltiefe [15] .....	57
Abbildung 50: Höhenverlauf einer Fahrt vom Kiesbergtunnel zur Universität.....	62
Abbildung 51: Höhenverlauf einer Fahrt von Wuppertal Ronsdorf zu Universität .....	62
Abbildung 52: Prozentuale Verteilung der Zulassungsorte .....	72
Abbildung 53: Messbogen der großen Messung .....	106
Abbildung 54: Messbogen der kleinen Messung .....	107
Abbildung 55: Fahrzeugliste 1 von 2 .....	108
Abbildung 56: Fahrzeugliste 2 von 2 .....	109

## 6.2 Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: Einfluss von Fahrbahn, Reifen und Fahrzeug auf Gebrauchseigenschaften.....	7
Diagramm 2: Schlupf/Reibwertkurve [29] .....	12
Diagramm 3: Bestandteile einer Reifenlauffläche .....	17
Diagramm 4: Bremswegvergleich auf verschneiter Fahrbahn mit Sommer- bzw. Winterbereifung [2] .....	21
Diagramm 5: Geländewagenreifentest [10] .....	28
Diagramm 6: Verlagerung des Umsatzes von Tuningzubehör [9] .....	29
Diagramm 7: Kriterien für lärmarme und kraftstoffsparende PKW Reifen [13].....	31
Diagramm 8: Tragfähigkeit nach ECE - R 30.....	36
Diagramm 9: Unfälle mit Personenschaden/schwerem Sachschaden im Jahr 2001 [5] .....	46
Diagramm 10: Entwicklung der Unfälle mit Personenschäden in den letzten 12 Jahren [5] .....	47
Diagramm 11: Entwicklung der Unfälle mit schwerem Sachschaden in den letzten 12 Jahren [5] .....	47
Diagramm 12: Hauptaspekte beim Reifenkauf [5] .....	48
Diagramm 13: Gegenüberstellung der verschiedenen Einflussfaktoren beim Kauf von Winter- bzw. Sommerreifen [7] .....	50
Diagramm 14: Aussagen zu Winterreifen [7] .....	50
Diagramm 15: Durchschnittlicher Jahresverlauf der Temperatur in Düsseldorf [22]..	51
Diagramm 16: Einfluss der Profiltiefe auf den Bremsweg bei nasser Fahrbahn [6]...	58
Diagramm 17: Wechselzeitpunkt auf Winterreifen nach einer Umfrage .....	63
Diagramm 18: Reifentypen .....	68
Diagramm 19: Wechselquote der Winterreifen .....	68
Diagramm 20: Bereifung nach Messort (Stand 16.12.2002).....	69
Diagramm 21: Verlauf der Umrüstung auf Winterreifen, parkbereichabhängig.....	70
Diagramm 22: Fahrzeugbereifung nach Bergindizes, Stand: 16.12.2002 .....	73
Diagramm 23: Zunahme der Winterbereifung, differenziert nach Berg-Index.....	73
Diagramm 24: Fahrzeugklassen.....	74
Diagramm 25: Winterreifen nach Fahrzeugklassen .....	75
Diagramm 26: Häufigkeit von Sommerreifen .....	75
Diagramm 27: Durchschnittliches Fahrzeugalter der Fahrzeugklassen.....	76
Diagramm 28: Durchschnittliches Fahrzeugalter aller Messungen.....	77
Diagramm 29: Winterreifen nach Fahrzeugalter .....	77
Diagramm 30: Ganzjahresreifen nach Fahrzeugalter .....	78
Diagramm 31: Reifenherstellungsjahr insgesamt .....	79
Diagramm 32: Altersverteilung der Reifen (gesamt).....	79
Diagramm 33: Profiltiefen .....	80
Diagramm 34: Reifenherstellungsjahr nach Profiltiefe .....	81
Diagramm 35: Profiltiefe nach Herstellungsdatum.....	82
Diagramm 36: Fahrzeugtypen .....	82
Diagramm 37: Bereifung nach Fahrzeugtyp, Stand 16.12.2002 .....	83
Diagramm 38: Häufigkeit „getunter“ Fahrzeuge.....	84
Diagramm 39: Abnahme der Nicht-Serienbereifung .....	84
Diagramm 40: Besonderheiten nicht-serienbereifter Fahrzeuge .....	85
Diagramm 41: Bereifung „getunter“ Fahrzeuge .....	85

---

Diagramm 42: Vergleich der Wechselverteilung der verschiedenen Antriebskonzepte.....	86
Diagramm 43: Beobachtungen bei unterschiedlicher Profiltiefe .....	87
Diagramm 44: Temperaturverlauf des letzten Jahresdrittels .....	88
Diagramm 45: Temperaturverlauf während des Messzeitraums .....	89
Diagramm 46: Medienberichte und deren Auswirkung .....	89
Diagramm 47: Reifentypen nach Personenkreis .....	90
Diagramm 48: Durchführung der Reifenumrüstung .....	91
Diagramm 49: Abnahme der Sportwagenhäufigkeit .....	93
Diagramm 50: Qualitative Gegenüberstellung von Temperatur und Sommerreifenhäufigkeit .....	95

### 6.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Rollwiderstandswerte .....	10
Tabelle 2: Load-Index .....	36
Tabelle 3: Speed-Index .....	37
Tabelle 4: Auswirkung der Oberflächenbeschaffenheit von Fahrbahnbelägen auf die Geräusentwicklung [11].....	40
Tabelle 5: Eckdaten der Wetterstation.....	64
Tabelle 6: Geographische Lage von Universität und Wetterstation .....	64
Tabelle 7: Messplanung.....	66
Tabelle 8: Eckdaten der Hauptmessung.....	66
Tabelle 9: Eckdaten der Umfrage .....	67
Tabelle 10: Übersicht über die Auswertung der Zulassungsorte .....	71
Tabelle 11: Überblick über gemessene Profiltiefen .....	80
Tabelle 12: Häufigkeit von Mischbereifung .....	87
Tabelle 13: Ergebnisse des Reifen-Check 2001.....	97

## 6.4 Gleichungsverzeichnis

Gleichung 1: Haftreibungszahl.....	8
Gleichung 2: Gleitreibungszahl.....	8
Gleichung 3: Rollreibungszahl .....	10
Gleichung 4: Verzögerungsschlupf.....	11
Gleichung 5: Beschleunigungsschlupf.....	11
Gleichung 6: Tragfähigkeit.....	35

## 6.5 Thesenverzeichnis

These 1: Zwischen den beiden Messbereichen gibt es Unterschiede bezüglich des Verlaufs des Reifenwechsels. ....	53, 92
These 2: In Wuppertal und in anderen bergigen Regionen wird der Wechsel auf Winterreifen früher oder häufiger vollzogen. ....	55, 93
These 3: Die Art der Bereifung variiert mit der Fahrzeugklasse. ....	55, 93
These 4: Die Sportwagendichte nimmt über der Zeit nicht ab. ....	56, 93
These 5: Roadster und Sportwagen werden später oder seltener mit Winterreifen bestückt. ....	56, 94
These 6: Geländewagen und SUV's sind seltener mit Winterreifen bestückt. ....	56, 94
These 7: Ganzjahresreifen verschleifen schneller als Winter- und Sommerreifen. ....	57, 94
These 8: Winterreifen sind tendenziell älter als Sommerreifen. ....	58, 94
These 9: Fahrzeuge mit einer nicht serienmäßigen Bereifung wechseln seltener auf Winterreifen. ....	59, 94
These 10: „Getunte“ Fahrzeuge sind seltener mit Winterreifen bestückt. ....	61, 94
These 11: Es existiert eine Korrelation zwischen Temperaturverlauf und Reifenwechselquote. ....	63, 94
These 12: Medienberichte, die einen großen Bevölkerungsteil erreichen, bewirken einen abrupten Anstieg der Winterreifenquote. ....	65, 95

## 6.6 Quellenverzeichnis

- [1] Paul A. Tipler, Physik, Spektrum Akademischer Verlag GmbH, 1998
- [2] Klaus Peter Backfisch/ Dieter S. Heinz, Das neue Reifenbuch, Motorbuch Verlag, Stuttgart, 2000
- [3] Das Blaue Buch von Aral Teil 4, Bochum, 1992
- [4] Braess/ Seiffert, Handbuch Kraftfahrzeugtechnik, Vieweg Verlag, Braunschweig/Wiesbaden, Oktober 2000
- [5] Internetseiten der Continental Aktiengesellschaft, [www.conti-online.com](http://www.conti-online.com), Hannover, 2002
- [6] Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, Statistische Jahrbücher, Metzler-Poeschel Verlag, Stuttgart, 1989 - 2002
- [7] Marktforschung der Michelin Reifenwerke KGaA, Karlsruhe
- [8] Bundesverband Reifenhandel und Vulkaniseur-Handwerk e.V. (BRV)
- [9] Verband Deutscher Automobil Tuner e.V. (VDAT), Düsseldorf
- [10] Allgemeiner Deutscher Automobil-Club e.V. Motorwelt, Heft 11, ADAC Verlag GmbH, München, November 2002
- [11] Kanton Aargau, Abteilung Tiefbau, Aargau, 2000
- [12] Reifenwerk Heidenau GmbH & Co. KG, Heidenau
- [13] Umweltbundesamt, Berlin, 2002
- [14] Internetseiten der Initiative PRO WINTERREIFEN, [www.pro-winterreifen.de](http://www.pro-winterreifen.de), Deutscher Verkehrssicherheitsrat e.V., Bonn, 2002
- [15] Dieter S. Heinz, Der Praktische Winterratgeber, Stuttgart, 2000 / 2001
- [16] GVA Gesamtverband Autoteile-Handel e.V., Ratingen
- [17] Umdruck zur Vorlesung Baubetriebstechnik, Univ.-Prof. Dr.-Ing. Volker Kuhne/ Dipl.-Ing. Dirk Noosten, Universität Essen, FB 10 Baubetrieb und Bauwirtschaft
- [18] New Industries Ltd., Reykjavik, Island
- [19] Richtlinien für die Standardisierung des Straßenoberbaus
- [20] Automobilclub von Deutschland e.V. (AvD), Frankfurt
- [21] Internetseiten von [www.WetterOnline.de](http://www.WetterOnline.de), Meteorologische Dienstleistungen GmbH, Bonn, 2003
- [22] Kraftfahrt-Bundesamt (KBA), Flensburg, 2002
- [23] Internetseiten der Spiegel Online GmbH, [www.spiegel.de](http://www.spiegel.de), Spiegel Artikel, „Winterreifen-Wechsel: Auf eigene Haftung“, Spiegel Online GmbH, Hamburg 21.10.2002
- [24] Internetseiten der IDEAS TO MARKET GmbH, [www.auto.de](http://www.auto.de), Artikel von Petra Grünendahl, Februar 1998
- [25] Internetseiten der Goodyear GmbH & Co. KG, [www.goodyear.de](http://www.goodyear.de), Köln, 2002
- [26] Internetseiten von [www.flugingenieur.de](http://www.flugingenieur.de), Artikel von, Jürgen Heermann, Februar 2003
- [27] Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Heft F29, Verkehrssicherheit runderneuerter Reifen, Bergisch Gladbach, Oktober 2000
- [28] Internetseiten des Kuratorium für Verkehrssicherheit, <http://www.kfv.at>, Wien, Januar 2003
- [29] Lehrstuhl der Didaktik der Physik, Ludwig-Maximilians-Universität München, Ernst Leitner und Uli Finckh, München, 2003
- [30] Klaus Peter Backfisch/ Dieter S. Heinz, Das Reifenbuch, Motorbuch Verlag, Stuttgart, 1992

# Messbogen

Studienarbeit  
 Untersuchung zum saisonalen Reifenwechsel unter Berücksichtigung technischer,  
 klimatischer und psychologischer Aspekte

Datum:		Zeit:		Messe:										Blatt Nr.:	
Nr.	ZS	FK	FA	AT	FA	HA	PS	GI	RB	SB	MB	GI	Bemerkungen		
		<input type="checkbox"/> KW <input type="checkbox"/> UMK <input type="checkbox"/> MK	<input type="checkbox"/> SW <input type="checkbox"/> GW <input type="checkbox"/> VN	<input type="checkbox"/> FA <input type="checkbox"/> HA <input type="checkbox"/> AA	<input type="checkbox"/> < 5 <input type="checkbox"/> 5-9 <input type="checkbox"/> > 9	<input type="checkbox"/> WR <input type="checkbox"/> SR <input type="checkbox"/> CR				<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein					
		<input type="checkbox"/> KW <input type="checkbox"/> UMK <input type="checkbox"/> MK	<input type="checkbox"/> SW <input type="checkbox"/> GW <input type="checkbox"/> VN	<input type="checkbox"/> FA <input type="checkbox"/> HA <input type="checkbox"/> AA	<input type="checkbox"/> < 5 <input type="checkbox"/> 5-9 <input type="checkbox"/> > 9	<input type="checkbox"/> WR <input type="checkbox"/> SR <input type="checkbox"/> CR				<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein					
		<input type="checkbox"/> KW <input type="checkbox"/> UMK <input type="checkbox"/> MK	<input type="checkbox"/> SW <input type="checkbox"/> GW <input type="checkbox"/> VN	<input type="checkbox"/> FA <input type="checkbox"/> HA <input type="checkbox"/> AA	<input type="checkbox"/> < 5 <input type="checkbox"/> 5-9 <input type="checkbox"/> > 9	<input type="checkbox"/> WR <input type="checkbox"/> SR <input type="checkbox"/> CR				<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein					
		<input type="checkbox"/> KW <input type="checkbox"/> UMK <input type="checkbox"/> MK	<input type="checkbox"/> SW <input type="checkbox"/> GW <input type="checkbox"/> VN	<input type="checkbox"/> FA <input type="checkbox"/> HA <input type="checkbox"/> AA	<input type="checkbox"/> < 5 <input type="checkbox"/> 5-9 <input type="checkbox"/> > 9	<input type="checkbox"/> WR <input type="checkbox"/> SR <input type="checkbox"/> CR				<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein					
		<input type="checkbox"/> KW <input type="checkbox"/> UMK <input type="checkbox"/> MK	<input type="checkbox"/> SW <input type="checkbox"/> GW <input type="checkbox"/> VN	<input type="checkbox"/> FA <input type="checkbox"/> HA <input type="checkbox"/> AA	<input type="checkbox"/> < 5 <input type="checkbox"/> 5-9 <input type="checkbox"/> > 9	<input type="checkbox"/> WR <input type="checkbox"/> SR <input type="checkbox"/> CR				<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein					
		<input type="checkbox"/> KW <input type="checkbox"/> UMK <input type="checkbox"/> MK	<input type="checkbox"/> SW <input type="checkbox"/> GW <input type="checkbox"/> VN	<input type="checkbox"/> FA <input type="checkbox"/> HA <input type="checkbox"/> AA	<input type="checkbox"/> < 5 <input type="checkbox"/> 5-9 <input type="checkbox"/> > 9	<input type="checkbox"/> WR <input type="checkbox"/> SR <input type="checkbox"/> CR				<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein					
		<input type="checkbox"/> KW <input type="checkbox"/> UMK <input type="checkbox"/> MK	<input type="checkbox"/> SW <input type="checkbox"/> GW <input type="checkbox"/> VN	<input type="checkbox"/> FA <input type="checkbox"/> HA <input type="checkbox"/> AA	<input type="checkbox"/> < 5 <input type="checkbox"/> 5-9 <input type="checkbox"/> > 9	<input type="checkbox"/> WR <input type="checkbox"/> SR <input type="checkbox"/> CR				<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein					
		<input type="checkbox"/> KW <input type="checkbox"/> UMK <input type="checkbox"/> MK	<input type="checkbox"/> SW <input type="checkbox"/> GW <input type="checkbox"/> VN	<input type="checkbox"/> FA <input type="checkbox"/> HA <input type="checkbox"/> AA	<input type="checkbox"/> < 5 <input type="checkbox"/> 5-9 <input type="checkbox"/> > 9	<input type="checkbox"/> WR <input type="checkbox"/> SR <input type="checkbox"/> CR				<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein					
		<input type="checkbox"/> KW <input type="checkbox"/> UMK <input type="checkbox"/> MK	<input type="checkbox"/> SW <input type="checkbox"/> GW <input type="checkbox"/> VN	<input type="checkbox"/> FA <input type="checkbox"/> HA <input type="checkbox"/> AA	<input type="checkbox"/> < 5 <input type="checkbox"/> 5-9 <input type="checkbox"/> > 9	<input type="checkbox"/> WR <input type="checkbox"/> SR <input type="checkbox"/> CR				<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein					

MR: Laufende Nummer ZS: Zulassungsteile FK: Fahrzeugklasse FA: Fahrzeugart AT: Antriebsart PS: Fahrleistung SR: Reifensatz SB: Reifenbreite MB: Mischbenutzung GI: "Gut"

Abbildung 53: Messbogen der großen Messung

Datum:		Zeit:				Messort:			Blatt Nr.:		
NR	ZS	FK		FA		AT	FA	RT	SB	GT	Bemerkungen
		<input type="radio"/> KW	<input type="radio"/> OMK	<input type="radio"/> SW	<input type="radio"/> LM	<input type="radio"/> FA	<input type="radio"/> < 5	<input type="radio"/> WR	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> ja	
		<input type="radio"/> UMK	<input type="radio"/> LK	<input type="radio"/> GW		<input type="radio"/> HA	<input type="radio"/> 5 - 9	<input type="radio"/> SR	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> nein	
		<input type="radio"/> MK		<input type="radio"/> VN		<input type="radio"/> AA	<input type="radio"/> > 9	<input type="radio"/> GR			
		<input type="radio"/> KW	<input type="radio"/> OMK	<input type="radio"/> SW	<input type="radio"/> LM	<input type="radio"/> FA	<input type="radio"/> < 5	<input type="radio"/> WR	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> ja	
		<input type="radio"/> UMK	<input type="radio"/> LK	<input type="radio"/> GW		<input type="radio"/> HA	<input type="radio"/> 5 - 9	<input type="radio"/> SR	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> nein	
		<input type="radio"/> MK		<input type="radio"/> VN		<input type="radio"/> AA	<input type="radio"/> > 9	<input type="radio"/> GR			

NR: Laufende Nummer ZS: Zulassungsstelle FK: Fahrzeugklasse FA: Fahrzeugart AT: Antriebsachse FA: Fahrzeualter RT: Reifentyp  
 RA: Reifenalter PS: Profilstärke GI: Geschwindigkeitsindex RB: Reifenbreite SB: Serienbereifung MB: Mischbereifung GT: "Getunt"

**Abbildung 54: Messbogen der kleinen Messung**

Marke	Baureihe	Klasse	Trieb- achse	Art	Marke	Baureihe	Klasse	Trieb- achse	Art
Alfa Romeo	33	umk	f	lm	Ford	Escort	umk	f	lm
Alfa Romeo	14x	umk	f	lm	Ford	Fiesta	kw	f	lm
Alfa Romeo	15x	mk	f	lm	Ford	Focus	umk	f	lm
Alfa Romeo	16x	omk	f	lm	Ford	Galaxy	mk	f	vn
Alfa Romeo	Spider	mk	f	sw	Ford	Ka	kw	f	lm
Audi	80	mk	f	lm	Ford	Maverick	mk	a	gw
Audi	100	omk	f	lm	Ford	Mondeo	mk	f	lm
Audi	A2	umk	f	lm	Ford	Probe	mk		lm
Audi	A3	umk	f/a	lm	Ford	Scorpio	mk	f	lm
Audi	A4	mk	f/a	lm	Honda	CR-V	mk	a	gw
Audi	A6	omk	f/a	lm	Honda	Jazz	kw	f	lm
Audi	A8	lk	a	lm	Honda	S 2000	mk	h	sw
Audi	TT	mk	f/a	sw	Honda	Accord	mk	f	lm
BMW	3er	mk	h/a	lm	Honda	Civic	umk	f	lm
BMW	5er	omk	h/a	lm	Honda	CRX	umk		lm
BMW	7er	lk	h/a	lm	Honda	Legend	omk		lm
BMW	X5	lk	a	gw	Honda	Logo	kw		lm
BMW	Z1	omk	h	sw	Honda	Prelude	mk		lm
BMW	Z3	mk	h	sw	Honda	Stream	umk	a	lm
BMW	Z8	lk	h	sw	Hummer	H2	lk	a	gw
BMW	8er	lk	h	sw	Hyundai	Accent	kw	f	lm
Chrysler	Grand Voyager	omk	f/a	vn	Hyundai	Atos	kw	f	lm
Chrysler	Neon	mk	f	lm	Hyundai	Pony	kw	f	lm
Chrysler	PT Cruiser	umk	f	vn	Jaguar	S-Type	omk	h	lm
Chrysler	Stratus	mk	f	lm	Jaguar	XJ	omk	h	lm
Chrysler	Voyager	mk	f	vn	Jaguar	XKR	lk	h	sw
Citroen	AX	kw	f	lm	Jaguar	X-Type	mk	f/a	lm
Citroen	Berlingo	umk	f	lm	Jeep	Cherokee	omk	a	gw
Citroen	BX	kw	f	lm	Jeep	Grand Cherokee	lk	a	gw
Citroen	C3	kw	f	lm	Kia	Carnival	mk		vn
Citroen	C5	mk	f	lm	Kia	Pride	kw	f	lm
Citroen	C8	omk	f	vn	Kia	Rio	kw	f	lm
Citroen	Saxo	kw	f	lm	Lancia	Dedra	umk	f	lm
Citroen	Xantia	mk	f	lm	Lancia	Delta	kw	f	lm
Citroen	XM	umk	f	lm	Lancia	Lybra	mk	f	lm
Citroen	Xsara	umk	f	lm	Lancia	Thesis	omk	f	lm
Citroen	ZX	kw	f	lm	Lancia	Y	kw	f	lm
Daewoo	Matiz	kw	f	lm	Land Rover	Freelander	mk	a	gw
Daihatsu	Cuore	kw	f	lm	Lexus	GS	omk	h	lm
Daihatsu	Move	kw	f	vn	Lexus	IS	mk	h	lm
Fiat	Brava	umk	f	lm	Lexus	LS 430	lk	h	sw
Fiat	Bravo	umk	f	lm	Lexus	RX 300	omk	a	gw
Fiat	Cinquecento	kw	f	lm	Lotus	Elise	mk	h	sw
Fiat	Doblo	umk	f	lm	Mazda	121	kw	f	lm
Fiat	Marea	umk	f	lm	Mazda	323	kw	f	lm
Fiat	Multipla	umk	f	vn	Mazda	626	mk	f	lm
Fiat	Panda	kw	f	lm	Mazda	6	mk	f	lm
Fiat	Punto	kw	f	lm	Mazda	Demio	kw	f	vn
Fiat	Stilo	umk	f	lm	Mazda	MX 5	mk	h	sw
Fiat	Barcetta	umk	f	sw	MCC	Smart	kw		lm
Fiat	Seicento	kw	f	lm	Mercedes	A	umk	f	lm
Fiat	Tempra	kw	f	lm	Mercedes	C	mk	h/a	lm
Fiat	Tipo	kw	f	lm	Mercedes	Cl	lk	h	lm
Ford	Cougar	mk		lm	Mercedes	Cl	lk	h	lm

Abbildung 55: Fahrzeugliste 1 von 2

Marke	Baureihe	Klasse	Trieb- achse	Art	Marke	Baureihe	Klasse	Trieb- achse	Art
Mercedes	CLK	mk	h	lm	Saab	9-5	omk	f	lm
Mercedes	E	omk	h/a	lm	Seat	Cordoba	kw	f	lm
Mercedes	G	lk	a	gw	Seat	Ibiza	kw	f	lm
Mercedes	M	lk	a	gw	Seat	Leon	umk	f/a	lm
Mercedes	SL	lk	h	sw	Seat	Marbella	kw	f	lm
Mercedes	SLK	omk	h	sw	Seat	Toledo	umk	f	lm
Mercedes	Sprinter		f	vn	Seat	Aroza	kw	f	lm
Mercedes	Vaneo	mk	f	vn	Skoda	Fabia	kw	f	lm
Mercedes	S	lk	h/a	lm	Skoda	Felicia	kw	f	lm
Mercedes	V	mk	f	vn	Skoda	Octavia	mk	f/a	lm
MG	TF	umk	h	sw	Skoda	Superbe	omk	f	lm
MG	ZT	mk	f	lm	Subaru	Impreza	umk	a	lm
MINI	Cooper	kw	f	lm	Subaru	Legacy	mk	a	lm
Mitsubishi	Carisma	mk	f/a	lm	Suzuki	Baleo	umk	f	lm
Mitsubishi	Colt	kw	f	lm	Suzuki	Jimny	kw	a	gw
Mitsubishi	Galant		f	lm	Suzuki	Samurai	kw	a	gw
Mitsubishi	Pajero	omk	h/a	gw	Suzuki	Swift	kw	f	lm
Mitsubishi	Space Runner		f	vn	Suzuki	Vitara	umk	a	gw
Nissan	Almera	umk	f	lm	Suzuki	Wagon	kw	f/a	vn
Nissan	Micra	kw	f	lm	Toyota	Avensis	mk	f	lm
Nissan	Patrol	omk	a	gw	Toyota	Camry	omk	a	lm
Nissan	Primera	mk	f	lm	Toyota	Carina	mk	f	lm
Nissan	X-Trail	mk	a	gw	Toyota	Celica	umk	f	lm
Opel	Agila	kw	f	lm	Toyota	Corolla	umk	f	lm
Opel	Astra	umk	f	lm	Toyota	LC 100	lk		gw
Opel	Corsa	kw	f	lm	Toyota	LC 90	mk		gw
Opel	Kadett	umk	f	lm	Toyota	MR 2	umk	h	sw
Opel	Omega	omk	h	lm	Toyota	Previa	mk	f	vn
Opel	Speedster	mk	h	sw	Toyota	Prius	umk	f	lm
Opel	Vectra	mk	f	lm	Toyota	Rav 4	umk	a	gw
Opel	Zafira	umk	f	vn	Toyota	Starlet	kw		lm
Peugeot	100er	kw	f	lm	Toyota	Yaris	kw	f	lm
Peugeot	200er	kw	f	lm	Volvo	850	omk	f	lm
Peugeot	300er	umk	f	lm	Volvo	C70	omk	f	lm
Peugeot	400er	mk	f	lm	Volvo	S40	mk	f	lm
Peugeot	800er	mk	f	vn	Volvo	S60	omk	f/a	lm
Peugeot	600er	omk	f	lm	Volvo	S70	omk	f	lm
Porsche	911	lk	h/a	sw	Volvo	S80	omk	f	lm
Porsche	924		h	sw	Volvo	V40	mk	f	lm
Porsche	944		h	sw	Volvo	V40	mk	f	lm
Porsche	Boxster	omk	h	sw	Volvo	V70	omk	f/a	lm
Porsche	Cayenne	lk	a	gw	Volvo	XC	omk	a	gw
Range Rover		lk	a	gw	VW	Bora	umk	f/a	lm
Renault	Avantime	omk	f	lm	VW	Golf	umk	f/a	lm
Renault	Clio	kw	f	lm	VW	Käfer	umk	h	lm
Renault	Espace	mk	f	vn	VW	Lupo	kw	f	lm
Renault	Kangoo	umk	f/a	lm	VW	Multivan	omk	f/a	vn
Renault	Laguna	mk	f	lm	VW	New Beetle	umk	f	lm
Renault	Megane	umk	f	lm	VW	Passat	mk	f/a	lm
Renault	Scenic	umk	f/a	vn	VW	Phaeton	lk	f/a	lm
Renault	Twingo	kw	f	lm	VW	Polo	kw	f	lm
Rover	25	kw	f	lm	VW	Sharan	mk	f/a	vn
Rover	200er	umk	f	lm	VW	Touareg	lk	a	gw
Saab	9-3	mk	f	lm	VW	Vento	umk	f	lm

Abbildung 56: Fahrzeugliste 2 von 2