

## Verbleib und Abbau von Reifenabriebpartikeln

### 1 Motivation

Weltweit werden immer mehr Fahrzeuge verkauft, allein in Deutschland waren im Jahr 2019 47 Millionen PKW zugelassen (Krafftahrt-Bundesamt). Verbunden mit dem Anstieg an Mobilität und der Anzahl an PKW sowie einer Zunahme des Transports von Waren mittels LKW nimmt auch der Verbrauch und Verschleiß an Reifen zu. Reifen bestehen aus in der Regel mit Schwefel vernetzten Kautschuken (Elastomere) sowie Zusatzstoffen, die zum einen die Verarbeitbarkeit und zum anderen die Eigenschaften der Reifen verbessern (z. B. Bremsverhalten, Nasshaftung, Rollwiderstand, Abrieb). So enthalten Reifen neben den Polymeren an sich zusätzlich weitere, niedermolekulare Stoffe wie Ruße, Weichmacheröle, Antioxidantien, Harze, Reaktionsprodukte von Vernetzungschemikalien oder Zinkoxid bzw. als Reaktionsprodukt gebildetes Zinksulfid. Einzelne Stoffe aus diesen Stoffklassen sind als gesundheitsgefährdend oder umweltgefährdend eingestuft, welche in modernen Reifen gemäß geltender Verordnungen und Regularien (z. B. REACH) weitestgehend vermieden bzw. reduziert werden. Dennoch geht z. B. von Ruß und einigen Weichmacherölen auf Grund der enthaltenen polyzyklischen Kohlenwasserstoffe (PAK) im Verdacht krebserzeugend zu sein, ein gewisses kritisches Potential ebenso aus wie z. B. von p-Phenylendiaminen (Antioxidantien, Antiozonantien) oder auch von wasserlöslichen Zinkverbindungen, welche als gefährdend für Mikroorganismen in wässriger Umgebung der Umwelt eingestuft sind. Bei der Nutzung von Reifen kommt es durch die Reibung auf dem Untergrund unvermeidbar zum mechanischen Abrieb von Reifenmaterial. Der jährliche Reifenabrieb in Deutschland wird von Wagner et al. mit etwa 133 Tonnen angegeben und ist damit eine der größten Quellen für Staubemissionen. Reifenabriebpartikel variieren in ihrer Größe stark von relativ groben Partikeln im Millimeterbereich bis hin zu potentiell lungen- bzw. alveolengängigen toxisch kritischen Feinstaubpartikeln unter 10 µm Partikelgröße (PM<sub>10</sub>). Somit besteht bei der Inhalation dieser Partikel ein gewisses Gefährdungspotential. Aber nicht nur die Emission von Reifenabriebpartikeln in die Luft gefährdet den Menschen sondern durch Niederschläge gelangen diese Abriebpartikel in den Boden und in Gewässer und verschmutzen dadurch auch Grundwasser, Flüsse, Seen und Meere. Über die Partikel selbst hinaus sind aber auch durch Migrationsvorgänge von niedermolekularen Inhaltsstoffen (Additive), wie z. B. Antioxidantien, Weichmacher, Verarbeitungshilfsmittel oder Reaktionsprodukte von Vernetzungschemikalien Beeinträchtigungen von landwirtschaftlich genutzten Böden potentiell gegeben. Letztlich gelangen die Partikel und migrierende Stoffe ins Trinkwasser und durch die Aufnahme von Tieren auch in die Nahrungskette. Der Anteil an Reifenabriebpartikeln unter PM<sub>10</sub> am Plastik und Mikroplastik in den Ozeanen wird auf 5-10 % und auf 3-7 % in der Luft. Auch ist der Eintrag von möglichen Abbauprodukten durch mikrobiologischen Angriff auf die Partikel sowie deren Auswirkungen auf die Umwelt kaum bekannt.

### 2 Ziel der geplanten Studie

Eine mögliche Gefährdung des Menschen und der Umwelt betrachtend, ist die Untersuchung des Abbaus von Reifenabrieb von großem Interesse, um diesen durch genaue Kenntnis der Abbauprozesse gezielt zu steuern und die Gefährdung des Menschen drastisch zu reduzieren. Ein Abbau der Partikel ist grundsätzlich durch Sonneneinstrahlung, Luft Oxidation, Wasser und durch Mikroorganismen möglich bzw. sehr wahrscheinlich. Insbesondere der Angriff durch Mikroorganismen ist von großem Interesse und bedeutend, da diese die Polymere als Kohlenstoffquelle nutzen und abbauen. Wenngleich der mikrobielle Abbau von unvernetztem, reinem Naturkautschuk gut untersucht und verstanden ist, gibt es relativ wenige Studien zum Abbau von vernetzten, gebrauchstauglichen Elastomerkompositen, wie sie im Reifen vorliegen. Neben dem Naturkautschuk kommen hier weitere synthetische Kautschuke wie z. B. Styrol-Butadienkautschuke, Butadienkautschuke oder Polyisoprene zum Einsatz. Im PKW-Bereich ist die Verwendung von Silika in Kombination mit Silanen als Verstärkersystem im Laufflächenmaterial eine Besonderheit, die das Abbauverhalten von Reifenabriebpartikeln vermutlich maßgeblich mit beeinflusst. Auch mangelt es an Untersuchungen zum Abbau von synthetischen Polymeren, wie sie primär bei PKW-Reifen eingesetzt werden. Ziel der geplanten Studie sind im Einzelnen:

1. Verständnis und Charakterisierung der Kinetik und Effizienz von oxidativen Abbauprozessen von Abriebpartikeln (PKW, LKW)
2. Kenntnisse zur Migration von Additiven und Spaltprodukten der Degradationsvorgänge aus Abriebpartikeln in Wasser
3. Verständnis und Effizienz von mikrobiellen Abbauprozessen

Die Erkenntnisse der o.a. Teilziele können genutzt werden, um über optimierte Materialzusammensetzung den Abbau zu steuern und effizienter gestalten zu können. Dieses trägt in der Konsequenz dazu bei, die Gefährdung des Menschen durch Reifenabriebpartikel und durch den Eintrag von migrierenden Stoffen als Abbauprodukte oder als originäre Chemikalien, auch über die Nahrungskette, in die Umwelt zu minimieren.

### **3 Lösungsansatz:**

- Charakterisierung der Kinetik von thermo-oxidativen und UV-Licht induzierten Degradationsvorgänge an Abriebpartikeln
- Charakterisierung der Migration von Restgehalten an Additiven und Degradationsprodukten aus Abriebpartikeln
- Degradation von Abriebpartikeln durch Mikroorganismen

### **4 Projektorganisation**

#### *Kooperation und Durchführung:*

Das Vorhaben ist als Industriegemeinschaftsprojekt mit einer Kooperation zwischen DIK e. V. und dem Institut für Mikrobiologie der Leibniz Universität Hannover geplant.

#### **Ansprechpartner:**

Deutsches Institut für Kautschuktechnologie e.V.  
Prof. Dr. U. Giese  
Eupener Str. 33  
D-30519 Hannover  
Telefon: 0511/842010  
eMail: [ulrich.giese@DIKautschuk.de](mailto:ulrich.giese@DIKautschuk.de)