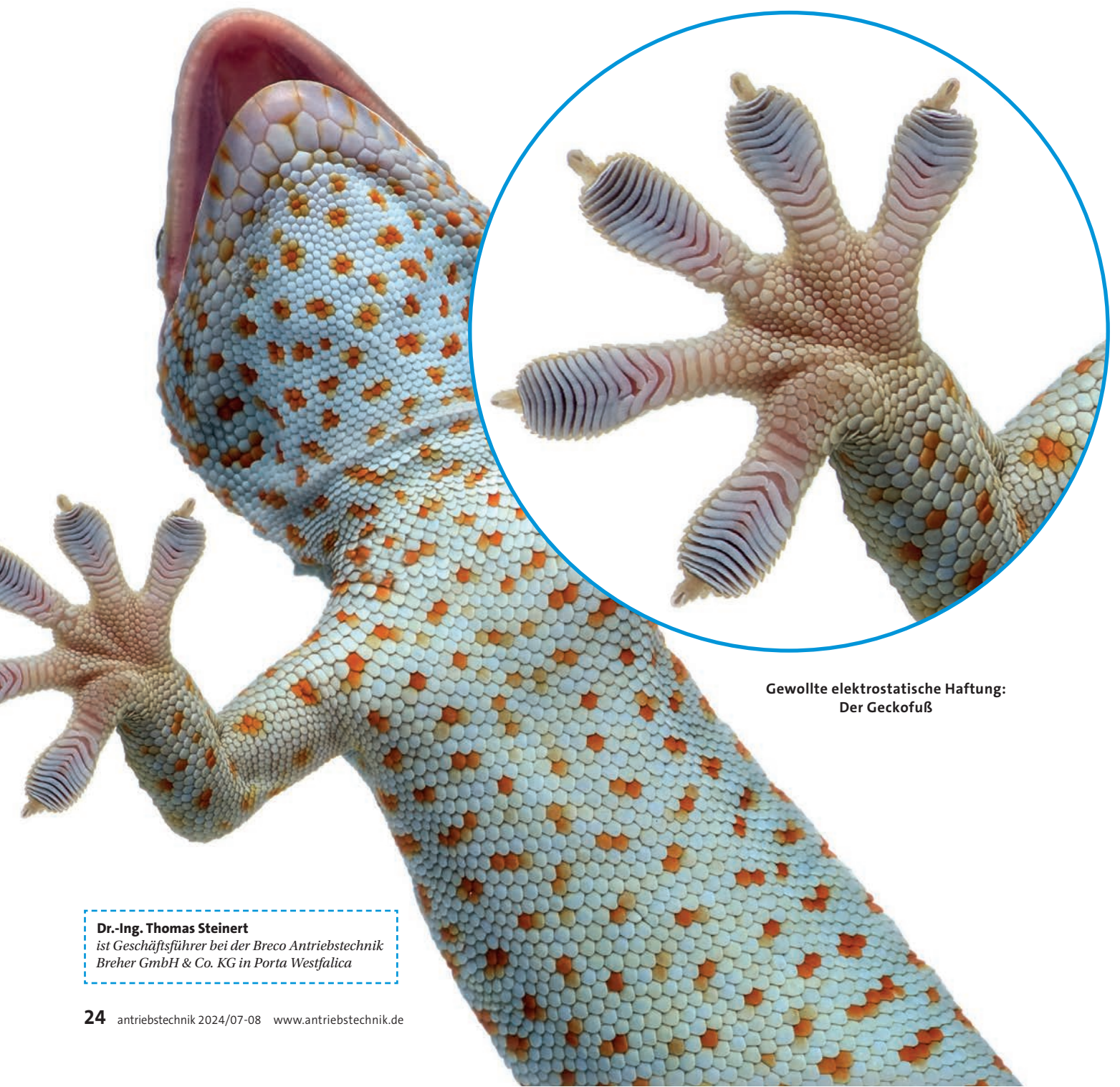


# ZAHNRIEMEN

ANTRIEBSELEMENTE

## ELEKTROSTATISCHE AUFLADUNG VON POLYURETHAN-ZAHNRIEMENTRIEBEN



Gewollte elektrostatische Haftung:  
Der Geckofuß

**Dr.-Ing. Thomas Steinert**  
*ist Geschäftsführer bei der Breco Antriebstechnik  
Breher GmbH & Co. KG in Porta Westfalica*

Zahnriemen können sich elektrostatisch aufladen. Daraus möglicherweise resultierende Lichtbogenentladungen sind potenziell ein Gefährdungsfaktor.

Bei dem Zahnriemenhersteller Breco hat man sich Gedanken gemacht und erforscht, wie groß die Gefahr ist und wie sie bekämpft werden kann. Die Ergebnisse zeigen die Bedeutung von antistatischer Ausrüstung für Zahnriemen.

Das Phänomen der elektrostatischen Aufladung ist seit den alten Griechen bekannt. Es wurde bereits um 550 v. Chr. von Thales von Milet an Bernstein beobachtet und beschrieben.

Für die Bildung elektrostatischer Aufladung sind zwei Voraussetzungen erforderlich. Zum einen muss ein triboelektrischer Effekt wirken, d. h. zwei Körper mit unterschiedlicher Elektronenaffinität müssen mechanisch in Wechselwirkung stehen, sich zum Beispiel aneinander reiben, wobei Elektronen von einem auf den anderen Körper übertragen werden. Zum anderen muss mindestens einer der beiden Körper ein Nichtleiter sein, so dass sich die gebildete Potentialdifferenz nicht durch Stromfluss ausgleichen kann. Die Nichtleiter-Eigenschaft ist beim Werkstoff Polyurethan gegeben.

Bei einem Zahnriemen kann die Aufladung durch den Zahneingriff Riemen/Scheibe, durch Abstreifer und durch Führungsschienen entstehen, siehe Bild 01. Der Zahneingriff ist insbesondere bei höheren Drehzahlen durch den reibungsbehafteten Ein-zahnvorgang des Riemenzahns in die Scheibenzahnlücke ein starker „Erzeuger“ von Aufladung und führt nicht, wie man denken könnte, durch die leitfähige Zahnscheibe zum Ladungsabfluss. Üblicherweise entsteht auf dem Riemen ein Elektronenüberschuss, d. h. negative Aufladung.

### FOLGEN ELEKTROSTATISCHER AUFLADUNG

Im täglichen Leben haben elektrostatische Aufladungen zwei Auswirkungen, die es zu berücksichtigen gilt:

Die gegensinnige elektrostatische Aufladung zweier Körper führt zu Anziehungskräften. Hierdurch haften zum Beispiel Kunststoffspäne an der elektrisch nichtleitenden Pulverbeschichtung von Schleifmaschinen. Plotterhersteller nutzen den Effekt, um Papier flächig auf dem Maschinentisch festzuhalten. Der Gecko nutzt elektrostatische Aufladungen, um auf glatten Flächen senkrecht nach oben gehen zu können.

Übersteigt die Potentialdifferenz infolge elektrostatischer Aufladung einen Schwellwert, den man Durchschlagspannung nennt, dann kommt es zu einem schlagartigen Ladungsausgleich in Form eines Lichtbogens.

Man kennt diese Entladungen aus gelebter Erfahrung: Bei unheilvoller Kombination von Schuhsohlen- und Teppichbodenmaterial oder Hosen- und Sockenmaterial bilden sich Ladungsanhäufungen, die bei Überschreiten der Durchschlagspannung mit einem kleinen Blitz in die Haut abgeleitet werden.

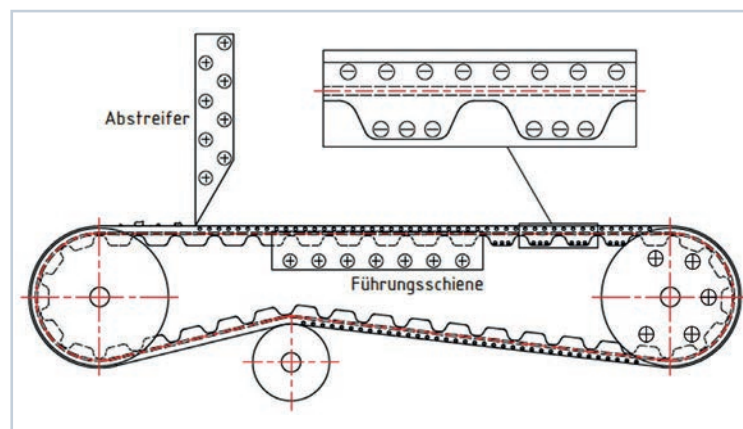
Auch im technischen Umfeld sind solche Blitz-Entladungen unerwünscht. In der Leiterplattenfertigung können sie zur Beschädigung empfindlicher elektronischer Bauteile füh-

ren, siehe Bild 02. Ferner bergen sie die Gefahr der Entzündung einer brandgefährdeten oder explosionsfähigen Atmosphäre.

### MÖGLICHKEITEN DER VERMEIDUNG ELEKTROSTATISCHER AUFLADUNG

Es gibt zwei Wege, auf denen elektrostatische Aufladungen bekämpft werden können. Der eine besteht in der Verbesserung der Abgabe von Elektronen. Dies kann durch höhere Luftfeuchtigkeit (wird in Spinnereien häufig angewendet), durch Beblasung mit ionisierter Luft oder durch leitfähige Spannrollen erreicht werden. Bei Zahnriementrieben ist der kontinuierliche Übertrag immer neuer Elektronen durch den Ein-zahnvorgang jedoch so stark, dass diese Maßnahmen nur geringe Wirkung zeigen.

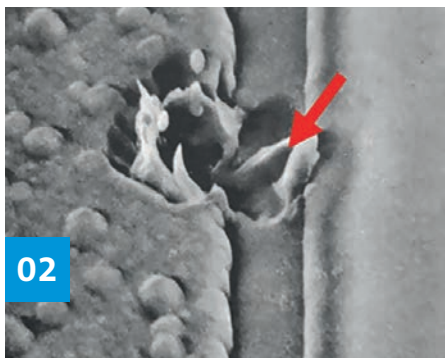
Wirksamer ist die antistatische Ausrüstung der Zahnriemen, die Verbesserung der Beweglichkeit der Elektronen auf der Riemenoberfläche durch Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit des Riemenmaterials in Kombination mit elektrisch leitfähigen Zugträgern. Dies verhindert lokale Ansammlungen von Elektronen, verteilt die Ladungen, vergrößert dadurch die abgebende



01 Entstehung von elektrostatischer Aufladung eines Zahnriemens

#### Widerstände und elektrostatische Aufladungen ausgewählter Breco-Zahnriemen

Polyurethan	Härte [Shore A]	Zugträger	Widerstand rückenseitig	elektrostatische Aufladung
TPU ST1	92	Stahl verzinkt 0,9 mm	342·10 <sup>9</sup> Ω	-2.120 V
TPU ST2	85	Stahl verzinkt 0,9 mm	156·10 <sup>9</sup> Ω	-1.280 V
TPU AS1	92	Stahl verzinkt 0,9 mm	383·10 <sup>6</sup> Ω	-62 V
TPU AS7	92	Stahl verzinkt 0,9 mm	59,1·10 <sup>3</sup> Ω	30 V
TPU AS9	85	Stahl verzinkt 0,9 mm	53·10 <sup>6</sup> Ω	-32 V
TPU ST1	92	Aramid 0,9 mm	585·10 <sup>9</sup> Ω	< -50.000 V
TPU AS1	92	Aramid 0,9 mm	15·10 <sup>9</sup> Ω	-42.800 V



02



03



04

Oberfläche und zeigt bei Zahnriementrieben sehr gute Wirkung. Zahnriemen werden elektrisch leitfähig durch:

- Beimischung leitfähiger Partikel (Leitruß, metallische Fasern, Carbo-Nanotubes):  
 $R < 10^5 \Omega$ , man spricht von „elektrischer Leitfähigkeit“. Achtung: Diese Beimischung führt in der Regel zu einem Nachhärten des Polyurethans!
- Beimischung leitfähiger Polymermoleküle als Masterbatch:  
 $10^5 \Omega < R < 10^9 \Omega$ , man spricht von „antistatischen Eigenschaften“.
- Aufbringen leitfähiger Beschichtungen, z. B. eines leitfähigen Gewebes:  $R < 10^5 \Omega$ .

Die Wirkung der beigemischten Additive hängt stark von ihrer Konzentration ab. Unterhalb einer kritischen Konzentration  $K_c$  ist praktisch keine Leitfähigkeit feststellbar – es findet keine Netzwerkbildung (Perkolation) der leitfähigen Partikel statt. Bei Erreichen von  $K_c$  steigt die Leitfähigkeit sprunghaft auf einen Endwert an. Bei weiterer Erhöhung der Konzentration ändert sich die Leitfähigkeit nur noch wenig, die mechanischen Eigenschaften des Riemens (Reiß- und Abriebfestigkeit) nehmen hingegen stark ab. Die Crux besteht also darin, die richtige Konzentration zu finden und durch Gleichverteilung der Leitpartikel im gesamten Riemen sicherzustellen.

Die Angst vor Lichtbogenentladungen hat in den vergangenen Jahren bei der Spezifikation von Zahnriemen zu einer regelrechten Treibjagd hin zu immer niedrigeren Widerstandswerten geführt. Dass dies technisch nicht sinnvoll ist, zeigen wir im folgenden Kapitel.

## ANTISTATISCHE EIGENSCHAFTEN AUSGEWÄHLTER BRECO-ZAHNRIEMEN

Breco-Zahnriemen bestehen im Wesentlichen aus einem lasttragenden Zugträger und dem Matrixwerkstoff Polyurethan, aus dem in einem Extrusionsvorgang Riemenrücken und Zähne geformt werden. Als Zugträgerwerkstoffe kommen Stähle und Aramide zum Einsatz. Um den Zusammenhang von Material, dem sich einstellenden Widerstand und der elektrostatischen Aufladung im Betrieb darzustellen, wurden Zahnriemen 50 AT10 der Länge 2 m auf dem Prüfstand untersucht. Die Drehzahl lag bei 1.000 1/min, die Vorspannkraft bei 600 N. In der Tabelle sind in den linken drei Spalten zunächst die Polyurethane, deren Härte und die verbaute Zugträger aufgeführt. In der TPU-Bezeichnung bedeutet ST „Standard“, AS „Antistatisch ausgerüstet“. Die Standardmaterialien sind mit Widerstandswerten im  $G\Omega$ -Bereich praktisch Nichtleiter. Bei den verschiedenen AS-Materialien werden Widerstände im  $k\Omega$ - bis  $M\Omega$ -Bereich erreicht. Die nichtleitenden Aramidzugträger führen erwartungsgemäß stets zu höheren Gesamtwiderstandswerten.

Die elektrostatische Aufladung erfolgte ausschließlich durch den Einzahnvorgang beim Lauf. Als Messgerät wurde ein Keyence SK H050 verwendet. Der Messfleckdurchmesser entsprach der

**02** Durch Lichtbogenüberschlag beschädigte Leiterbahn auf einer Platine, Kraterdurchmesser circa 10  $\mu\text{m}$

**03 + 04** Messaufbau zur Ermittlung der elektrostatischen Aufladung von Zahnriemen

Riemenbreite von 50 mm. Die Messungen erfolgten bei 21 °C Raumtemperatur und 20 % relativer Luftfeuchte.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Der Betrieb eines Zahnriemens bewirkt auch ohne schleifende Kontakte zu Abstreifern oder Kunststoffführungen elektrostatische Aufladungen, die zu Lichtbogenentladungen führen können. Die diesbezügliche Sorge der Maschinenhersteller ist also berechtigt.
- In Kombination mit einem leitfähigen Zugträger führt jede Form von antistatischer Ausrüstung des TPUs zu Aufladungswerten „nahe Null“, auch wenn der Widerstand des Riemens zwischen  $10^8 \Omega$  und  $10^9 \Omega$  liegt.
- Aramid-Zugträger sollten bei aufladungskritischen Anwendungen unbedingt vermieden werden.

Fotos: Breco / Stockphoto Eric Isselée

[www.breco.de](http://www.breco.de)

### DIE IDEE



„Zahnriemen können sich elektrostatisch aufladen, was zu Risiken führen kann. Breco hat mit seiner großen Erfahrung in der Herstellung Lösungen entwickelt, welche die Aufladungswerte sehr niedrig halten können. Sehr wichtig ist es in dieser Hinsicht, auf Aramid als Material für Zugträger zu verzichten.“

Dr.-Ing. Thomas Steinert,  
BRECO Antriebstechnik  
Breher GmbH & Co. KG