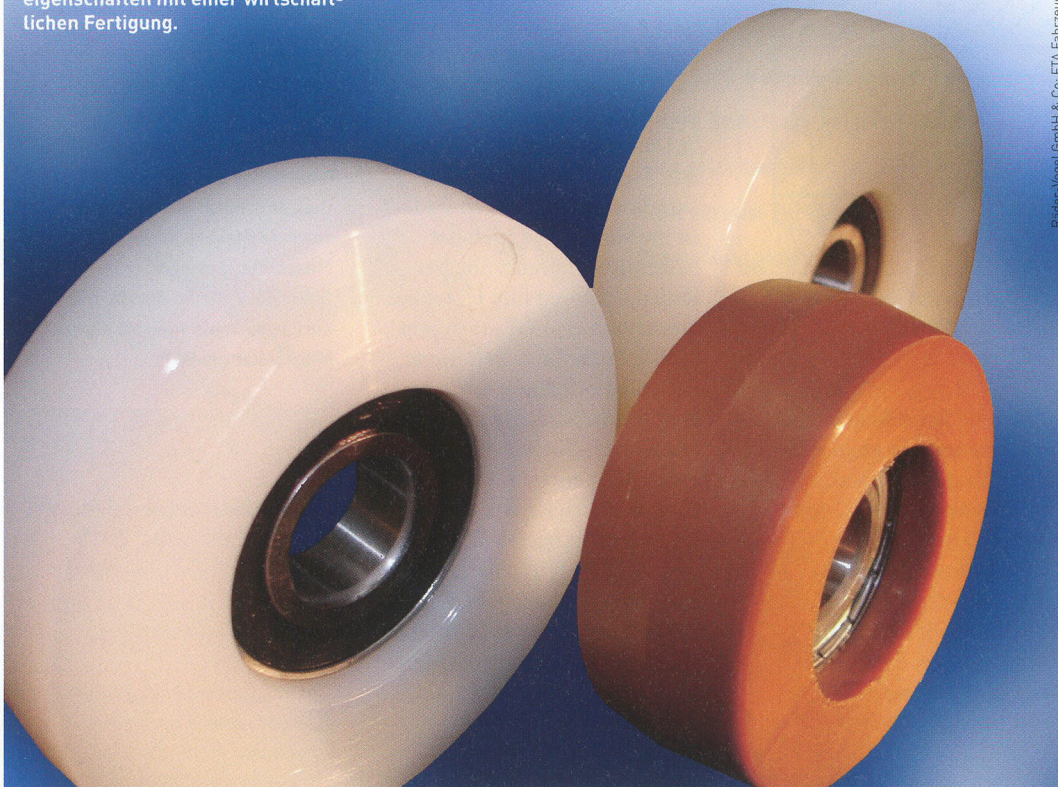


# Rasche Auslegung von Kunststoffrollen

Für die Auslegung von statisch belasteten oder langsam bewegten Kunststoffrollen fehlten bisher einfach anwendbare Formeln. Forschern vom Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung (IWK) der HSR Hochschule für Technik Rapperswil ist es nun gelungen, dazu wichtige Grundlagen zu erarbeiten. Damit wird es möglich, die wesentlichen kontaktmechanischen Grössen dieser Rollen in Abhängigkeit von den Geometrie- und Werkstoffparametern ingenieurmässig zu berechnen.

Rollen mit Kunststoff-Laufmantel verbinden vorteilhafte Betriebseigenschaften mit einer wirtschaftlichen Fertigung.



Räder-Vogel GmbH & Co. FTA Fahrzeugtechnik AG

Hierbei steht nebst der Erzielung realistischer Ergebnisse deren praktische Handhabbarkeit im Vordergrund. Deshalb werden da und dort zugunsten der Einfachheit gewisse Abstriche an der Genauigkeit hingenommen. Wie die bisherigen Erfahrungen zeigen, genügen die bis dato entwickelten Berechnungsformeln diesen Kriterien. Dasselbe Vorgehen hat sich in der Zwischenzeit auch bei verschiedenen konkreten Fragestellungen aus der Industrie bewährt.

## Kontaktmechanische Grössen

In der Kontaktmechanik der Rollen, die auf der Hertzchen Theorie der Kontaktprobleme aufbaut, interessieren der Kontaktdruck zwischen Rolle und Unterlage, die Kontaktfläche, die Rollenabplattung sowie die Vergleichsspannung und die maximalen Dehnungswerte. Zum Themenkreis zählt aber auch der Rollwiderstand, der von den genannten Grössen massgeblich mitbestimmt ist. Sie alle hängen ab von der Belastung, den geometrischen Verhältnissen und den Werkstoffeigenschaften.

## Zylindrischer Laufmantel

Rollen mit zylindrischem Laufmantel berühren ihre ebene Unterlage im theoretischen Idealfall entlang einer Linie, welche infolge Last und Verformbarkeit der Werkstoffe zu einer rechteckigen Kontaktfläche abplattet. Mit der Theorie von Hertz kann nur der Vollzylinder erfasst werden. Die radiale Verformung (Abplattung) ist nicht analytisch ableitbar. Daher lässt sie sich nicht auf Laufmantelrollen anwenden, bei denen ja praktisch nur der Laufmantel an der Verformung teilnimmt.

Rollen mit einem Laufmantel aus Kunststoff besitzen nicht nur vorteilhafte Betriebseigenschaften wie geringe Geräuschentwicklung, gute mechanische Dämpfung, gutes Federverhalten und hohe Verschleissfestigkeit, sie können auch äusserst wirtschaftlich gefertigt werden. Dies gilt insbesondere dann, wenn sie im Spritzgiessverfahren hergestellt werden. Auf dem Markt werden solche Rollen mit ganz unterschiedlich profiliertem Laufmantel angeboten: zylindrische Rollen mit mehr oder weniger ausgeprägter Anfasung beziehungsweise Rundung sowie vollständiger oder nur partieller Abstützung auf der meist metallischen Nabe, aber

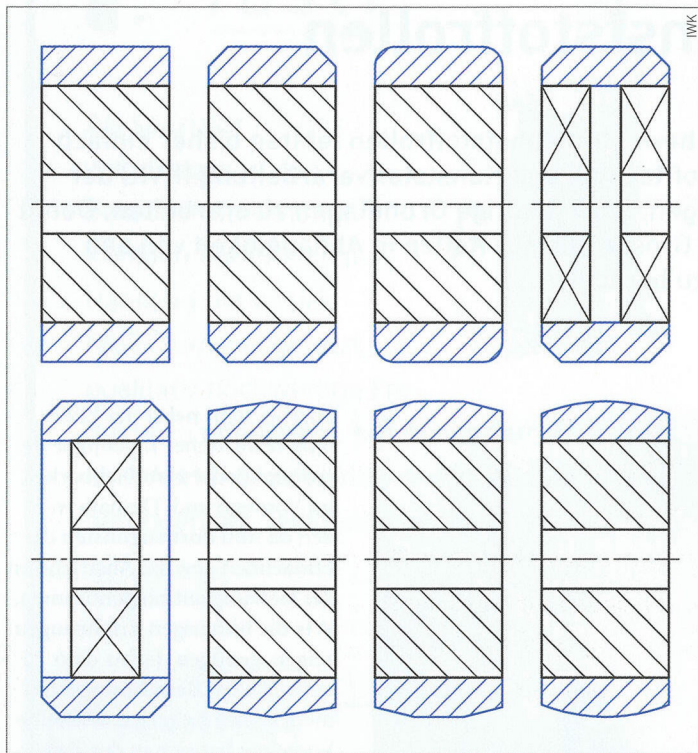
auch Rollen mit beidseitig leicht abgeschrägtem Profil («dachartig» infolge Anzug für das Spritzgiessen), mit ballig oder konkav profiliertem Mantel. Je nach Profil werden die lokalen Kontaktverhältnisse gegenüber der Unterlage durch andere geometrische Parameter bestimmt. Für die rechnerische Auslegung solcher Rollen standen der Konstruktionspraxis keine oder nur unzureichend zutreffende Formeln zur Verfügung.

## Einfache Formeln

Zur Schliessung der bestehenden Lücken wurden am IWK umfangreiche Untersuchungen zur Kontaktmechanik solcher Rollen durchgeführt. Gefördert

wurden diese Arbeiten von der Gebert RUF Stiftung in Basel und vom Forschungsfonds der HSR Hochschule für Technik Rapperswil. Die angewendete Methodik verbindet in bewährter Weise theoretisch-analytische Betrachtungen, gezielte Versuche und rechnerisch-numerische Parameterstudien mittels der Finite Elemente Methode (FEM). Für die Experimente wurde eigens eine Abplattungsmesseinrichtung entwickelt. Bei der Auswertung der Resultate werden die gefundenen Gesetzmässigkeiten qualitativ herausgearbeitet und anschliessend mathematisch beschrieben, um daraus geeignete Berechnungsformeln abzuleiten.





Unterschiedliche Laufmantel-Profile: zylindrisch ohne und mit Anfasung, vollständig oder nur partiell abgestützt, dachartig sowie ballig.

Die durchgeführten Untersuchungen bestätigen, dass die kontaktmechanischen Grössen mehr oder weniger stark von den Abmessungsverhältnissen abhängen. Einbezogen wurden auch die Einflüsse von Anfassungen beziehungsweise Radien am Übergang von zylindrischer Lauffläche zur Stirnfläche und von allfälligen partiellen Abstützungen des Laufmantels auf der meist metallischen Nabe.

**Dachartiges Profil**

Spritzgegossene Laufrollen weisen – bedingt durch die Entformungsschräge (Anzug) – häufig ein relativ flaches dachartiges

Profil auf. Dieses besteht aus zwei symmetrisch angeordneten Kegelmantelflächen, die sich in der Trennebene des Spritzgiesswerkzeuges berühren. Daher berühren sie ihre Unterlage theoretisch, das heisst ohne Verformung der Kontaktkörper, lediglich in einem Punkt. Obwohl also theoretisch eine Punktberührung vorliegt, lässt sich die Hertzsche Theorie nicht direkt anwenden, da diese in der Kontaktzone stetige Krümmungen voraussetzt. Gleichwohl schien es nahe liegend, der Untersuchung einen Ansatz zugrunde zu legen, der auf der Hertzschen Theorie aufbaut.

Die spezifischen geometrischen Gegebenheiten der dachartigen Profilierung, die mehr oder weniger rautenförmige Kontaktflächen erwarten lässt, wurden dabei durch dimensionslose Funktionen erfasst, die in der Untersuchung durch Parametervariation rechnerisch-numerisch und experimentell zu bestimmen waren. Einbezogen wurden auch dachartige Profile mit zylindrischem Mittelbereich.

**Ballige Laufmantelrollen**

Rollen mit balliger Lauffläche weisen eine zweifache, das heisst räumliche, Krümmung auf. Nebst dem geometriebedingten Krümmungsradius in Umfangsrichtung hat auch ihre Kontur im Querschnitt eine Krümmung. Deren Radius ist im Minimum gleich der halben Rollenbreite. Solche Rollen berühren ihre Unterlage theoretisch ebenfalls in einem Punkt. Auch für so profilierte Rollen ist es gelungen, für die kontaktmechanischen Grössen relativ einfache Berechnungsformeln zu entwickeln. Besonders praktisch ist, dass die von den Krümmungsverhältnissen abhängigen Hertzschen Beiwerte für den Kontakt auf einer ebenen Unterlage direkt in diese Formeln eingerechnet werden konnten.

**Praktischer Nutzen**

Die am IWK erarbeiteten Berechnungsformeln erlauben eine rasche ingenieurmässige Auslegung der verschiedenen Rollentypen und vermitteln darüber hinaus ein klares Bild der mechanischen Zusammenhänge

und der dominanten Einflussfaktoren. Weitere aktuelle Fragestellungen zum Thema Kunststoffrollen betreffen beispielsweise das Verhalten zylindrischer Kunststoff-Laufmantelrollen beim Verkanten, das heisst, wenn sie nicht mehr sauber auf der ebenen Unterlage aufliegen, die Kontaktmechanik von Zweikomponenten-Rollen mit steifem Laufmantel und weichem Radkörper sowie die rechnerische Erfassung des Rollwiderstands von Kunststoffrollen.

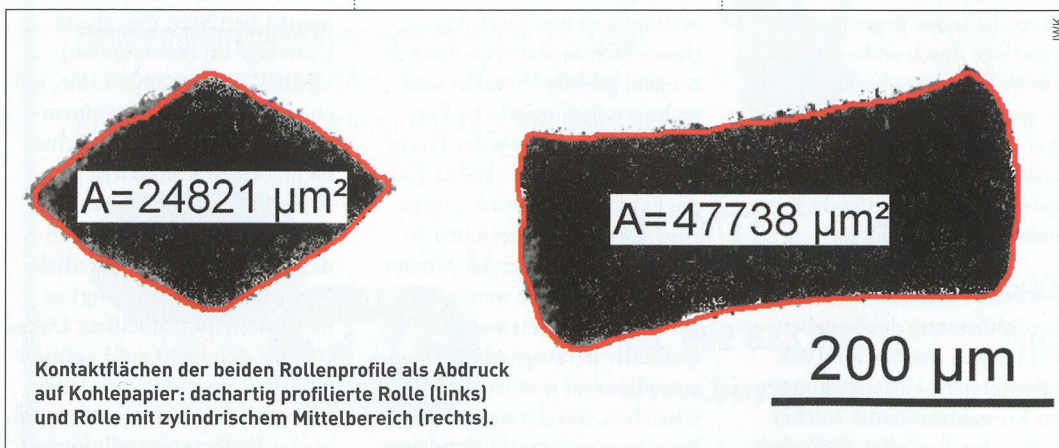
- Prof. Dipl.-Ing. Johannes Kunz  
Institutspartner am IWK
- Dipl.-Ing. Mario Studer, ETH  
Zürich, vormals wissenschaftlicher  
Mitarbeiter am IWK
- Dipl.-Ing. Matthias Holzinger  
vormals wissenschaftlicher  
Mitarbeiter am IWK
- Dipl.-Ing. Wilfried Bürzle, ETH  
Zürich, vormals wissenschaftlicher  
Mitarbeiter am IWK

**zudem**

**Publikationen aus dem IWK**

- KUNZ, J., DE MARIA, E.: Die Abplattung im Kontaktproblem paralleler Zylinder. Forschung im Ingenieurwesen 67(2002)4, S. 146-156
- KUNZ, J.: Kontaktmechanik zylindrischer Kunststoff-Laufmantelrollen. Kunststoffe-Synthetics 52(2005)6, S. 19-22
- KUNZ, J., STUDER, M.: Zylindrische Laufmantelrolle mit partieller Abstützung. Kunststoffe-Synthetics 53(2006)1, S. 18-21
- KUNZ, J., HOLZINGER, M.: Kunststoffrollen mit dachartigem Laufmantelprofil. Kunststoffe-Synthetics 53(2006)11, S. 24-27
- KUNZ, J., BÜRZLE, W., STUDER, M.: Kontaktmechanik balliger Kunststoff-Laufmantelrollen. SwissPlastics 29(2007)6, S. 31-34
- KUNZ, J., STUDER, M.: Neuartige 2K-Laufrollen und ihre Kontaktmechanik. SwissPlastics 30(2008)3, S. 17-20

Die Publikationen können heruntergeladen werden:  
[www.iwk.hsr.ch/Projekte/Publicationen](http://www.iwk.hsr.ch/Projekte/Publicationen)



Kontaktflächen der beiden Rollenprofile als Abdruck auf Kohlepapier: dachartig profilierte Rolle (links) und Rolle mit zylindrischem Mittelbereich (rechts).