

Vom Flachriemen zum Zahnriemen Riementriebe mit Biss

Historische Fotos von mechanischen Werkstätten des vorigen Jahrhunderts zeigen sehr häufig ein besonderes Charakteristikum: einen ganzen Wald meterlanger lederner, über Scheiben laufender Riemen. Sie führen von einer zentralen Antriebswelle an der Decke, der **Transmissionswelle**, hinunter zu den einzelnen Arbeitsmaschinen. So konnte man mit einem einzigen **Antriebsaggregat**, einer Dampfmaschine oder später dann einem Elektromotor, viele Drehbänke, Bohrmaschinen, Schleifmaschinen, Fräsmaschinen usw. antreiben.

Überhaupt war damals der über zwei Riemenscheiben laufende **Flachriemen** das gängige Kraftübertragungselement. Auch bei den ersten Kraftfahrzeugen wurde die Arbeit des Motors durch Flachriemen über Riemenscheiben auf die Hinterachse übertragen.

Diese Zeiten sind aber längst vorüber. **Lederne Flachriemen** kommen heute nicht mehr zum Einsatz. Sie haben nämlich einen gravierenden Nachteil, sie leiden an einem starken **Schlupf**. Selbst starke Spannung des Riemens kann nicht verhindern, dass er auf beiden Scheiben, an der Antriebs- wie an der Abtriebseite, ständig ein wenig durchrutscht. Und dies umso mehr, je größer die Antriebskräfte sind bzw. die „**Drehmomente**“, wie der Techniker das nennt.

Im Laufe der Zeit kam man auf den **Keilriemen** und zwar auf den Keilriemen aus Gummi mit einem eingearbeiteten Cordgewebe. Entsprechend seiner Form läuft er nicht über Flachscheiben, sondern über keilförmig ausgearbeitete Scheiben, eben über Keilriemenscheiben. Der enorme Vorteil: Scheibe und Riemen haben hier bei richtiger Spannung nicht nur an einer Fläche Kontakt miteinander, wie das ja beim Flachriemen der Fall ist, sondern an zwei Flächen den beiden Keilflächen. So kommt es zu einer intensiveren Kraftübertragung, mit nur einem geringen Schlupf. Jeder Autofahrer kennt das Keilriemen-Prinzip vom Antrieb des Ventilators und der Lichtmaschine (richtiger gesagt: des Generators).

Der alte, klassische Kettentrieb

Wenn es auf völlig schlupffreie Kraftübertragung ankommt, auf sog. synchrone Übertragung, bei der Antrieb und Abtrieb absolut gleichlaufend - eben synchron - erfolgen müssen, kann man Keilriemen nicht verwenden. Nehmen wir als Beispiel den Antrieb der **Nockenwelle** im Kraftfahrzeugmotor durch die Kurbelwelle.

Bei den heutigen, hoch verdichteten Motoren führen schon sehr geringe Winkelverstellungen zwischen Ventiltrieb und Kurbeltrieb zu kapitalen Motorschäden. Hier müssen zur Kraftübertragung Antriebselemente zur Anwendung kommen, die einen synchronen Lauf gewährleisten. Im Wesentlichen sind hier als Antriebselemente **Zahnriemen, Kettentriebe** oder **Stirnradgetriebe** zu nennen.

Und natürlich gibt es gerade in der technischen Entwicklung schon erhebliche Unterschiede in zwischen den jeweiligen Antriebselementen.

Kettentriebe

Hier werden einige Nachteile erkennbar, wie wir sie z. B. auch von Fahrradantrieben her kennen:

- Gliederketten längen sich mit der Zeit und müssen deshalb hin und wieder nachgespannt werden.
- Gliederketten weisen eine relativ hohe Reibung auf. Die Buchsen der einzelnen Glieder „rollen“ nämlich nicht über die Zahnflanken des Kettenrades, sondern sie „schieben“ über die Flanken, und Schieben bedeutet Reibung.
- Gliederketten müssen wegen dieser Reibungsvorgänge geschmiert werden. Bedingt durch die Reibung zwischen den Kettenkomponenten verschleißten Ketten über Laufzeit. Es kommt dadurch zu einer Längung.
- Gliederketten können, da sie nicht sehr straff gespannt sein dürfen, vom Kettenrad abspringen oder auch auf dem Kettenrad einfach überspringen (auch das kennt man beim Fahrrad).
- Gliederketten laufen nicht gerade leise. Sie entwickeln ein rauhes, metallenes Laufgeräusch.
- Gliederketten sind, da aus Metall, relativ schwer.

Warum Zahnriemen?

Zahnriemen haben eine lange Historie und einen sehr hohen Stellenwert in der Industrie. Zahnriemen gibt es in den verschiedensten Formen und Typen. Darüber hinaus hat die Kautschukbranche in den vergangenen Jahren Großes geleistet und auf dem Materialsektor so deutliche Verbesserungen erzielt, dass wir heute von **Hochleistungsantrieben** sprechen können.

Wie so ein Bauteil aussieht, sagt ja eigentlich schon der Name. Es handelt sich um einen **Riemen**, der innen **gezahnt** ist, und mit diesen Zähnen greift er in eine entsprechend geformte **Zahnscheibe** ein. Logisch, dass es da, genau wie bei der Gliederkette, keinen Schlupf gibt. Und nicht nur das. Zahnriemen haben gegenüber Kettentrieben eine Fülle von Vorteilen:

- Zahnriemen können problemlos relativ große Entfernungen, bis zu 3 Metern, überbrücken.
- Zahnriemen sind längenstabil. Sie bedürfen also keines Nachstellens.
- Zahnriemen laufen reibungsarm. Sie „schieben“ nicht über die Gegenzähne, sondern sie rollen darüber hinweg.
- Zahnriemen kommen ganz ohne Schmierung und Wartung aus.
- Zahnriemen haben eine hohe Lebensdauer.

- Zahnriemen springen nicht ab.
- Zahnriementriebe sind geräuschärmer als Kettentriebe.
- Zahnriemen haben ein relativ geringes Gewicht.

Nach wie vor treiben Zahnriemen Nockenwellen an, insbesondere in hoch belasteten Dieselmotoren. Und sie sind in vielen Industrieanwendungen gar nicht mehr wegzudenken. Hier sind beispielhaft Werkzeugmaschinen, Rollenbahnen, Kompressorantriebe, Lüfterantriebe, Anlagen der Windenergie, Positionierantriebe, Stellantriebe genannt. Die Liste ist unendlich.

Aufbau der Zahnriemen

Natürlich besteht so ein gezahnter Riemen nicht durch und durch nur aus Gummi. Schon der Kräfte wegen, die hier im Spiel sind, geht das nicht. Außerdem darf sich der Riemen ja nicht dehnen und längen, was gewiss passieren würde, bestünde er allein aus Gummi. Es müssen **Komponenten** eingearbeitet sein, welche die hohen **Zugkräfte** aufnehmen und für die stabile Form der Zähne wie überhaupt des ganzen Riemens sorgen. Also stellt ein Zahnriemen ein doch recht komplexes Gebilde dar.

Das Bild 1 zeigt die Zusammensetzung eines solchen Riemens.



Da ist zunächst innen ein **Gewebe** aus **Polyamid**, einem Kunststoff, auch als **Nylon** bekannt. Es gibt den Zähnen einen Schutz gegen Abrieb und überhaupt Verschleiß. Dieses Gewebe zeichnet sich zudem durch einen niedrigen Reibungskoeffizienten aus. Denn an der Oberfläche der Zähne kommt es ja zum Kontakt und zum Formschluss mit der Verzahnung der Zahnscheiben von Antrieb und Abtrieb. Besonders hochbeanspruchte Zahnriemen haben sogar zwei Gewebelagen, eine quasi als

Stützkorsett, die zweite als **Verschleißschutz**. Letztere ist auch noch graphitiert, um die Reibung herabzusetzen.

Darüber liegen die **Zähne**. Sie bestehen heute aus **Polychloropren** und zunehmend aus hydriertem **Acrylnitrilbutadien-Kautschuk (HNBR)**, einem äußerst temperaturbeständigen Material. Die Gummimaterialien zeichnen sich durch sehr hohe Zugfestigkeit und Abriebfestigkeit aus. Das ist wichtig, da sich die Zähne im Betrieb ja nicht stark verformen lassen dürfen und sie dürfen schon gar nicht abscheren. Darüber hinaus sind die Materialien widerstandsfähig gegen die meisten Medien und gegen Ozon.

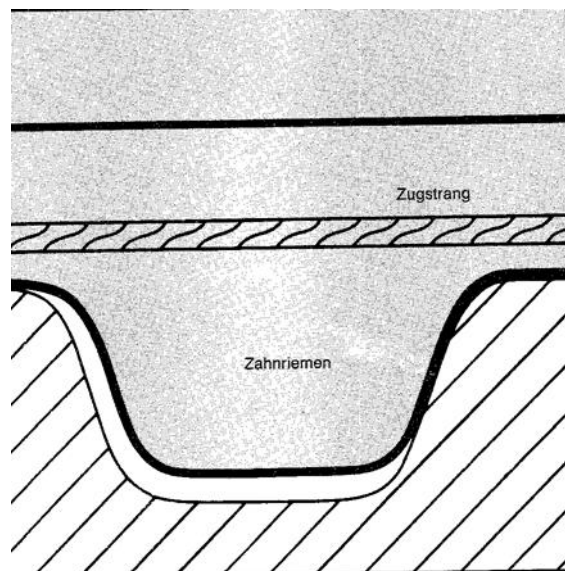
Die Seele und Kraft übertragende Komponente bildet der **Zugkörper**. Er besteht je nach Anforderung aus **Glasfaser** oder **Aramid** und in einigen Riementypen heute auch aus **Carbon**. Diese Zugträger nehmen die Zugkräfte im Riemen auf. Sie sind äußerst bruchfest, längenstabil, flexibel und biegewillig (was ja nötig ist, weil der Riemen oft in enger Biegung um die Zahnscheibe läuft).

Der **Rücken** besteht wiederum aus dem gleichen Gummimaterial wie die Zähne und bildet die Schutzschicht oberhalb des Zugträgers, bettet ihn sozusagen ein und schützt ihn gegen Beschädigung.

Die Form der Zähne

Ursprünglich hatten die Zähne der Zahnriemen von der Seite gesehen die Form eines Trapezes, bei dem lediglich die Kanten leicht abgerundet waren.

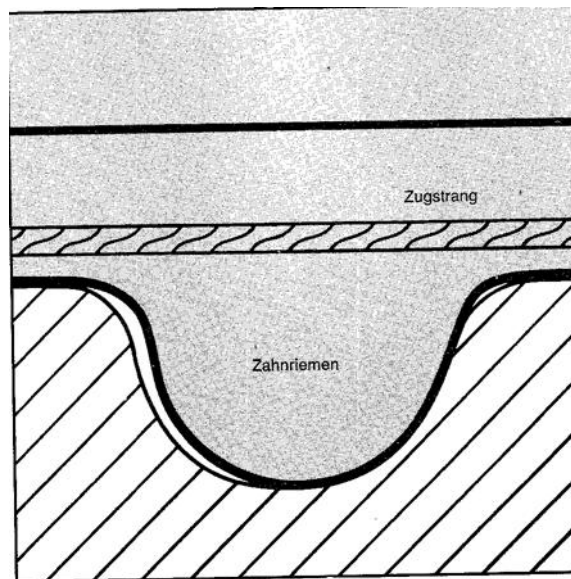
Bild 2



Dementsprechend waren die „**Zahnlücken**“ der Zahnscheibe geformt: ebener Zahngrund, auch ebene Flanken. Doch diese Trapezform war nicht optimal, weil die **Spannungsverteilung** ungünstig war.

Da kam man nach vielen Versuchen auf eine völlig andere Zahnform.

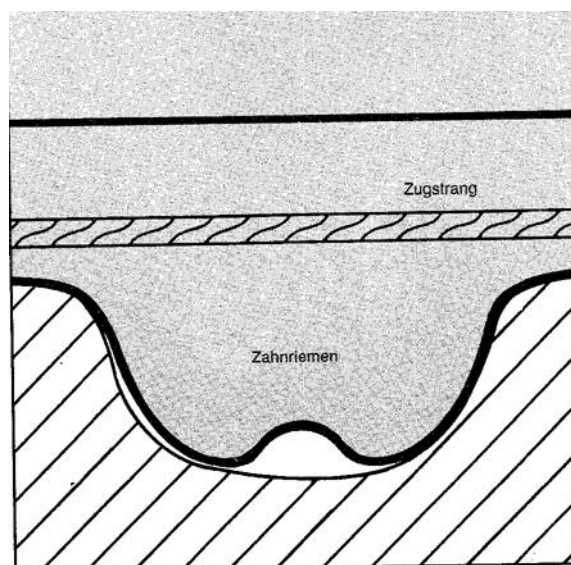
Bild 3



Die **Riemenzähne** wie natürlich auch die **Scheibenlücken** sind jetzt **kreisbogenförmig**. Dies führt zu einem innigeren Aneinanderlegen von Riemenzahn und Scheibenlücke und damit zu einer ausgeglichenen Verteilung der von den Zugkräften im Zahn verursachten Spannungen. Ferner erleiden hier die einzelnen Zähne nur noch eine ganz minimale Verformung. Das alles erlaubt die Übertragung größerer Kräfte, hohe Sicherheit gegen Überspringen und erhöht zudem die Lebensdauer des Riemen. Man spricht hier von Hochleistungs-Zahnriemen.

Der Hersteller der im Bild 4 dargestellten Variante, eines Hochleistungs-Zahnriemens mit **parabolischem Profil**, setzt durch die Einkerbung an der Zahnspitze auf eine **Verformbarkeit des Zahns** in diesem Bereich, für Geräuschreduzierung, geringeren Verschleiß, optimale Laufeigenschaften und hohe Zahnsprungsicherheit.

Bild 4



Unabhängig von unterschiedlichen Konstruktionsdetails gilt für alle Hochleistungs-Zahnriemen, dass sie bei gleichen äußeren Maßen um 60 % t höhere Leistungen übertragen können als Riemen mit Trapezprofil. Ein enormer Fortschritt.

Zahnriemen am Fahrrad

In jüngster Zeit und bedingt durch neue Riementechnologien verstärken sich auch wieder die Aktivitäten im Bereich Fahrradantriebe. Hier wurden schon vor einigen Jahren gute Erfolge erzielt aber heute sind selbst höchstbeanspruchte Mountain Bikes technisch realisierbar.

Die Vorteile liegen auf der Hand: kein Nachspannen mehr, kein Abspringen vom Zahnkranz, kein Schmieren, keine Wartung. Der Lauf ist geräuschärmer und die Lebensdauer steigt.

Die Zugkräfte am Pedaltrieb sind sehr hoch. Speziell beim Anfahren kommt es zu enormen Antriebskräften. Und ganz zu schweigen von den Kräften im Geländebetrieb. Mit den neuesten Riementechnologien und Materialien sind sogar sehr kompakte Bauweisen machbar, die einem Kettentrieb nicht nachstehen.

Herstellung von Zahnriemen

Zunächst werden die vier Bestandteile des Zahnriemens einzeln vorbereitet:

- das Polyamidgewebe für die Zahnauflage
- der Zugträger versehen mit dem entsprechenden Haftvermittler
- die plattenförmige Gummibahn aus Chloropren oder HNBR

All dies wird nun „**konfektioniert**“, d. h. entsprechend dem Riemenaufbau zusammengefügt. Das geschieht auf einer **Trommel** (der Zahnriemenform), deren Umfang exakt der gewünschten Riemenlänge entspricht.

Diese umwickelte Trommel wandert in einen **Heizkessel**, wo sie unter Druck auf etwa 150 °C erwärmt wird. Durch diese Erwärmung erfolgt die **Vulkanisation**, das heißt, der plastische Kautschuk wandelt sich in elastischen und formbeständigen Gummi um. Je nach Riemengröße ist die Heizzeit unterschiedlich, in der Spitze 30 Minuten. Nach der Vulkanisation wird der Zahnriemenwickel einfach von der Trommel abgezogen. Damit wäre das Produkt fertig.

Noch ein Wort zu **Kontrollen**, denn schließlich sind Zahnriemen **Präzisionsantriebselemente**. Die hohen technischen Anforderungen an enge Toleranzen, Laufgenauigkeit, dynamische Belastbarkeit und Funktionssicherheit werden durch Qualitätsprüfungen gesichert, die während des Produktionsablaufs erfolgen. Natürlich gibt es noch eine abschließende Endkontrolle, bevor der Zahnriemen seinen Weg zum Kunden/Verbraucher antritt.

Es sind also viele Schritte und Arbeitsgänge notwendig, um einen so einfach aussehenden Zahnriemen herzustellen.

Heute finden wir Zahnriemen aus Gummi von den kleinsten und schmalsten Abmessungen, z. B. für den Antrieb von Staubsaugerbürsten, bis zu meterlangen Riemen in Antrieben für Druckerei- und Textilmaschinen, in Verpackungs- und Fördertechnik mit hervorragendem Kraftschluss, geringem Wartungsanspruch, leisem Lauf und hoher Lebensdauer.



Hauptantrieb Transportband



Zahnriemenantrieb Landmaschine