

Gib Kette!

Innovative Antriebssysteme für das Fahrrad setzen auf eine Welle aus Carbon oder auf ein ovales Kettenblatt, um die Kraftübertragung zu maximieren.

Ulrich Kilian



Die Hersteller von Fahrrädern arbeiten an ausgefeilten Konzepten für Kette und Kettenblatt, um die Kraftübertragung von Pedale auf Hinterrad möglichst effizient zu gestalten.

Auch wer sein Fahrrad wenig pflegt, weiß, dass hin und wieder ein paar Tropfen Öl auf die Kette nötig sind. Schließlich überträgt sie die Kurbelkraft auf das Hinterrad, und je effizienter sie das tut, umso besser. Der Zustand der Kette entscheidet wesentlich darüber, ob die Kraft, mit der wir treten, als Reibung verpufft oder das Rad vorwärts treibt.

Das Fahrrad leitete 1817 ein neues Zeitalter der Mobilität ein – noch ohne Kette. Doch die „Draisine“, benannt nach ihrem Erfinder Karl Drais, geriet wieder in Vergessenheit. Vielleicht, weil das Abstoßen mit den Beinen auf Dauer anstrengend ist – und schlecht für die Schuhe, wie heutzutage Eltern von Kleinkindern mit Laufrädern wissen. Erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts führte ein Pedalantrieb zu dem Gefährt, das wir heute als Fahrrad ken-

nen. Der Pedalantrieb ging zunächst auf das Vorderrad, das beim Hochrad noch sehr groß war. Dadurch konnte der Radler von oben mit weniger Auslenkung zur Seite treten und mehr Strecke pro Pedalumdrehung machen, also schneller fahren. Al-

erdings führte die hohe Sitzposition häufig zu Stürzen. Deshalb machte das Hochrad dem Niederrad Platz, mit Tretkurbel zwischen Vorder- und Hinterrad und Kettenantrieb. Seit Beginn des 20. Jahrhunderts hat sich am Grundprinzip des Fahrrads nur noch wenig geändert, auch wenn sich heutige Modelle durch Carbonrahmen und elektronische Schaltungen, Gewichtsoptimierung und Vollfederung äußerlich sehr von ihren ersten Vorgängern unterscheiden.

Das gilt auch für die Kette. Bereits 1898 erfanden die Brüder Friedrich und Wilhelm Nevoigt die Doppelrollenkette: Bolzen (Roller) werden abwechselnd mit Innen- und Außenlaschen verbunden. Ist jedes der mehreren hundert Einzelteile der Fahrradkette ordentlich geschmiert, gehen nur knapp zwei Prozent der eingesetzten Kraft bei der Übertragung von der Kurbel auf das Hinterrad verloren. Dennoch bereitet die Kette manchmal Kummer: Klemmt nur eines ihrer Glieder, fängt sie an zu hüpfen oder springt heraus.



Abb. 1 Der „Driven“-Antrieb besteht aus einer Welle aus Carbon, an deren Enden Kegel mit einem Kranz aus jeweils 21 Kugellagern sitzen. Zum Antrieb greift der Kugellagerkranz in das hintere Zahnrad.



Stets bleibt eine Restreibung zwischen den Kettengliedern, zwischen Kette und Kettenblättern oder zwischen Kette und Umlenkrollchen einer Kettenschaltung.¹⁾ Daher ersetzen Ingenieure einer dänischen Firma die Kette durch eine Welle aus Carbon (Abb. 1) und erreichen angeblich 99 Prozent Effizienz – gegenüber 98,08 Prozent beim herkömmlichen Antrieb. An beiden Enden der Welle sitzen Kegel mit einem Kranz aus je 21 Kugellagern aus Keramik. Die Rotation des vorderen Kettenblatts wird auf die Welle und von dieser auf das Hinterrad übertragen: Der Kugellagerkranz greift in das hintere Zahnrad und treibt es an. Bei 250 Watt Fahrerleistung erzeugt der Wellenantrieb 49 Prozent weniger Reibung als ein High-End-Kettenantrieb. Der Prototyp besitzt noch keine Schaltung. Dafür soll ein kleiner Motor den hinteren Kugellagerkranz nach vorne oder hinten verschieben, sodass er verschieden große Ritzel antreiben und rennradtypische Übersetzungsverhältnisse realisieren kann.

Rund oder oval?

Das Fahrrad ruft immer wieder Tüftler auf den Plan. Deren Bemühungen konzentrieren sich neben der Kette auf den Antrieb, also Kettenblatt und Kurbel. Ausgehend von der Beobach-

tung, dass der Radler vor allem in der „3-Uhr-Stellung“ viel Kraft auf die Pedale bringt und in den Totpunkten wenig, haben mehrere Firmen ovale Kettenblätter auf den Markt gebracht (Abb. 2). Die ovale Form soll dafür sorgen, dass die unterschiedlichen Pedalkräfte entlang einer Kurbelumdrehung mit unterschiedlichen Hebelarmen übersetzt werden, sodass insgesamt ein gleichmäßiges Drehmoment auftritt. Durch das Schalten zwischen Totpunkt und 3-Uhr-Stellung holt man aus jedem Tritt mehr heraus: In der Phase, in der man mehr Kraft auf das Pedal bringt, wird diese effektiver genutzt (große Übersetzung), Phasen mit geringerer Kraft werden hingegen schneller überwunden (kleine Übersetzung). Die Kraft wird gleichmäßiger verteilt und der Tritt „runder“.

Diese Idee steckt auch hinter dem 2014 vorgestellten Konzept „Cyfly“. Die starre Kurbel wird dabei durch mehrere kurze Kurbeln und ein Planetengetriebe ersetzt,²⁾ die durch Gelenke abgestützt die Pedalkraft übertragen. Durch die aufwändige Mechanik schwankt die Übersetzung während eines Pedalumschlags und das Drehmoment in der Druckphase (3-Uhr-Stellung) steigt. Es ist sogar über den gesamten Kurbelkreis größer als bei der konventionellen Kurbel. Doch vergleicht man nicht die Kurbelkreise, sondern die Bahnen

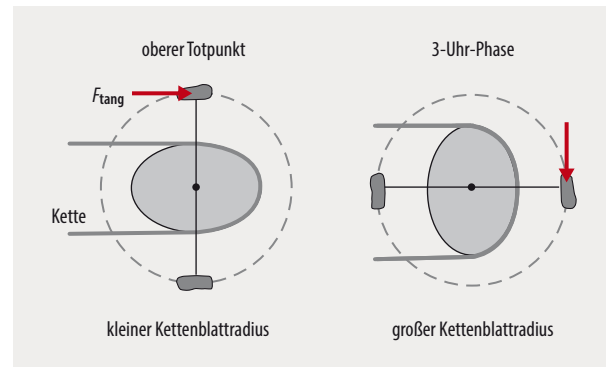


Abb. 2 Im oberen Totpunkt ist die Tangentialkraft auf das Pedal sehr klein, das Oval zeigt nach vorn. Der Kettenblattradius ist minimal und die Übersetzung klein. In der 3-Uhr-Stellung mit maximaler Kraft auf das Pedal ist der Kettenblattradius maximal und die Übersetzung groß.

der Kettenblätter, zeigt sich: Bei Cyfly treten zwar Drehmomentsspitzen wie bei den ovalen Kettenblättern auf, doch über den gesamten Zyklus gewinnt man nichts. Am Ende sind die aufintegrierten Momente und die pro Umlauf geleistete Arbeit identisch.

All diese Ideen zeigen: Das mechanische Fahrrad ist ziemlich ausgereizt. Wer schneller fahren will, muss wohl mehr trainieren, und wer seine eigene Leistung „vermehren“ möchte, sollte sich ein E-Bike zulegen.

1) Gegenüber der Nabenschaltung hat die Kettenschaltung einen leicht besseren Wirkungsgrad.
2) Bei einem Planetengetriebe umläuft ein kleines Zahnrad – der Planet – ein größeres.

HAMBURG SYMPOSIUM ON THEORETICAL PHYSICS 2019 NOVEMBER, 13 – 15, 2019

The Wolfgang Pauli Centre for Theoretical Physics, a joint forum of the Universität Hamburg and DESY, organizes a three day symposium on theoretical physics, which brings together leading international experts from different areas of physics, including condensed matter physics, atomic and molecular physics, cold atoms, chemical physics, etc.

This year's focus topics are:

- Quantum dynamics of many-body systems
- Theory of condensed matter
- Machine learning and quantum physics

The symposium features the award ceremony for the **Hamburg Prize for Theoretical Physics 2019** which will be awarded to Professor Matthias Troyer at the Planetarium Hamburg.

The Wolfgang Pauli Centre encourages the participation of graduate students and therefore awards **travel grants** together with the Joachim Herz Stiftung.

Interested graduate students may submit their grant application according to the information provided at www.wpc-hh.de