

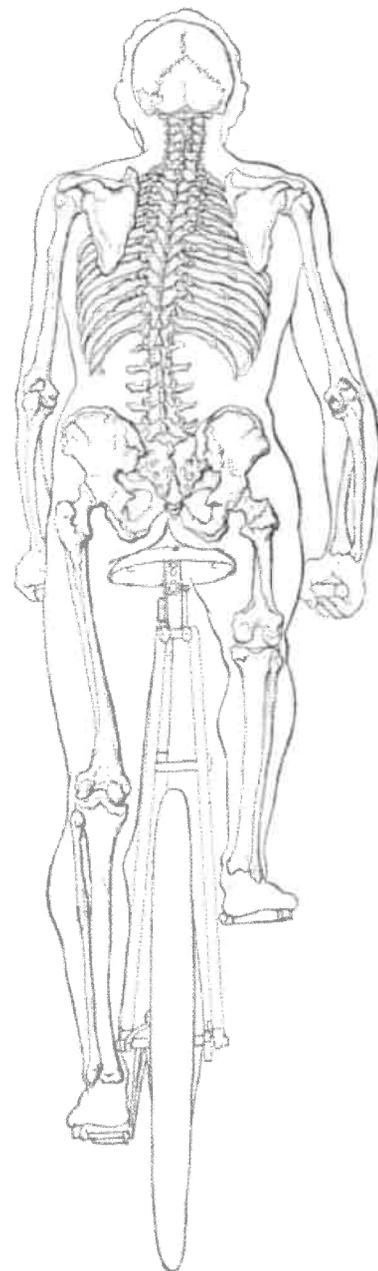
Zur Ergonomie des Fahrrad- fahrens

Thema

- Der Rad fahrende Mensch:
Von der Natur nicht vorgesehen?
- Optimierung des Fahrradtriebes
durch asymmetrische Kettenblätter
- Messvorrichtung für alternativen
Fahrradtrieb

Technik

- Luftpumpen für Fahrräder



INHALT

Thema

- 4 **Der Rad fahrende Mensch:
Von der Natur nicht vorgesehen?**
- 10 **Optimierung des Fahrradtriebes
durch asymmetrische Kettenblätter**
- 18 **Messvorrichtung für alternativen Fahrradtrieb**

Technik

- 22 **Luftpumpen für Fahrräder**

Kultur

- 24 **Leserbriefe**
- 25 **Pressemitteilungen**

Vermischtes

- 3 **Impressum**
- 27 **PRO VELO bisher**

**Titelbild: Ilse Fleischer unter Verwendung einer
Zeichnung aus P. Schiefferdecker,
Das Radfahren und seine Hygiene**

PRO VELO wird auf chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt

IMPRESSUM

Herausgeber und Verleger
Burkhard Fleischer

Redaktion: Burkhard Fleischer

Verlags- und Vertriebsanschrift
PRO VELO Buch- und Zeitschriftenverlag
Riethweg 3, 29227 Celle
Tel. 05141/86110 Fax 05141/84783
Konto: Post giro Essen KtoNr. 16909-431
(BLZ 360 100 43) oder Volksbank Burgdorf-Celle
KtoNr. 815292600 (BLZ 251 613 22)

Druck: Stroher Druck
Hans-Heinrich-Warneke-Str. 15
29227 Celle

Erscheinungsweise
PRO VELO erscheint viermal im Jahr: im März, Juni,
September und Dezember, Redaktions- und An-
zeigenschluß jeweils am 1. des Vormonats

Einzelpreis
8,90 DM einschließlich 7% MWSt zuzüglich 2,00
DM Versandkosten (Bestellung nur durch Voraus-
zahlung!!)

Abonnement
35,50 DM für 4 Ausgaben. Das Abo verlängert sich
automatisch. Kündigungen jederzeit bis 6 Wochen
vor Ende des Bezugszeitraumes möglich.

Adressenänderung
Selbst bei gestellten Nachsendungsanträgen wer-
den Zeitschriften nicht nachgeschickt, sondern von
der Post vernichtet. Um Heftverluste zu vermeiden,
bittet der Verlag, alle Abonnenten im Falle einer An-
schriftenänderung uns umgehend die alte und
neue Anschrift mitzuteilen. Ansprüche auf Nachlie-
ferung verlorengegangener Hefte infolge nicht mit-
geteilter Adressenänderungen sind ausgeschlos-
sen.

Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben die
Meinung des Autors, nicht die des Verlages wie-
der. Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird
keine Haftung übernommen.

PRO VELO 65 - Juni 2001
Copyright (c) 2000 by Burkhard Fleischer
ISSN 0177-7661
ISBN 3-925209-66-2

Liebe Leserinnen und Leser!

Vielen Dank für Ihre Geduld. Denn dies Heft ist seit Juni überfällig. Wo liegen hierfür die Gründe? Da ist vor allem die leidige Fax-Geschichte, von der ich an dieser Stelle im letzten Heft berichtete. Zur Erinnerung: auf eine Fax-Aufforderung eines Werbekaufmanns hatte ich an eine Hamburger Firma eine Anzeigenpreisliste gefaxt. Nur die Sache hatte einen Haken: Die Hamburger Firma hatte nie einen Werbekaufmann mit einer Werbeaktion beauftragt, selbiger war unter der angegebenen Adresse nicht erreichbar. Da hat sich jemand einen üblen Scherz erlaubt, der Pro Velo teuer zu stehen kam, denn die Hamburger Firma war von einer großen Anzahl von Verlagen mit Anzeigenpreislisten zugemüllt worden, was kostenpflichtige Abmahnungen für die im guten Glauben gehandelten Verlage zur Folge hatte. Frei von jedem Schuldgefühl wollte ich mich hiergegen verwahren, musste mich jedoch eines Besseren belehren lassen: Das Hamburger Landgericht beschied, dass der Schutz eines Empfängers vor unerlaubter Fax-Werbung höher zu bewerten sei als meine im Geschäftsverkehr durchaus gängige Praxis, auf ein Fax unmittelbar zu reagieren. Es wurde mir entgegengehalten, ich hätte die Echtheit des Aufforderungsschreibens des Werbekaufmanns prüfen

müssen. Wie auch immer, der Streit ist für mich beigelegt – und das einseitige Fax hat Pro Velo mehrere Tausend Mark gekostet. Und es hat in einem nicht unerheblichem Maße Kraft gebunden, die zur Erstellung dieses Heftes fehlte.

Durch ein anderes Fax wäre ich fast erneut um einen erheblichen Betrag erleichtert worden: Auf einem Imitat eines Vordrucks, das ich regelmäßig von einem seriösen Verlag zugeschickt bekomme und um Aktualisierung der Verlagsdaten gebeten werden, verbarg sich im Kleingedruckten der Hinweis, dass das Zurückschicken des Faxes ein kostenpflichtiger Auftrag für einen Eintrag in einem Adressverzeichnis sei. Daraufhin habe ich kurzerhand das Faxgerät stillgelegt. Liebe Leserinnen und Leser, haben Sie bitte Verständnis dafür, dass zukünftig Pro Velo nur nach vorheriger telefonischer Anmeldung faxbereit ist!

Zum Inhalt dieses Heftes: Radfahren ist eine körperliche Tätigkeit. In diese "wächst" man hinein, wenn sie nicht übertrieben wird. Sie ist etwas Alltägliches und sie ist damit nicht bewußt. Doch hat sich das Radfahren in den letzten Jahren positiv u.a. auch als Reismittel entwickelt. Hier weicht die Nutzung deutlich von der Alltagsbewegung ab. Der Körper ist anders gefordert, oftmals wehrt er sich ge-

gen eine zu plötzliche Belastungsänderung mit Beschwerden.

Dies Heft soll dazu beitragen, die Komplexität der Mensch-Maschine-Beziehung zu erahnen und ein Sensorium für den eigenen Körper zu entwickeln, damit das Fahrradfahren vorwiegend positiv erlebt wird. Auch wenn ein Aufsatztitel etwas provozierend fragt, ob der Fahrrad fahrende Mensch denn von Natur aus vorgesehen sei, so kann mit dem Hinweis auf den schwimmenden, fliegenden, tauchenden Menschen die Flexibilität der menschlichen Natur unterstrichen werden. Wenn sich der Mensch seine Möglichkeiten und besonders auch seiner Grenzen bewußt ist und bereit ist, diese für sich zu akzeptieren – denn die Grenzen sind nur individuelle erfahrbar – dann wird auch das Fahrradfahren dauerhaft Freude bereiten. Und von einem anderen Bemühen handelt dies Heft: Immer wieder wurde versucht, die natürlichen Grenzen des Menschen, wenn sie schon nicht überwindbar sind, sie zumindest auszutricksen.

Die lebhaften Reaktionen auf die Aufsätze zur Ergonomie in den letzten Heften haben mich ermutigt, diesem Thema ein eigenes Heft zu widmen.

Viel Lesespaß beim neuen Heft und einen fahrradfreundlichen Spätsommer wünscht Ihnen

Ihr Burkhard Fleischer

Zur Biomechanik des Radfahrens:

Der Rad fahrende Mensch - von der Natur nicht vorgesehen?

Rad fahren ist gesund!“ So die herrschende Meinung. Werden jedoch die Erfahrungen engagierter Fahrradfahrer ausgewertet (siehe Rennradforum (www.rennradforum.de), Liegeradforum (www.liegeradforum.de.vu/)), so könnte eine gegenteilige Schlussfolgerung gezogen werden. Über Knie- und Rückenschmerzen wird geklagt, Sitzprobleme werden angeführt, Taubheitsgefühle in den Beinen und in den Händen werden konstatiert. Kurzum, man erhält den Eindruck: „Fahrrad fahren macht krank!“

Zwischen diesen Extremen bewegt sich die Leserbriefreaktion, die wir auf die Artikelserie zur Ergonomie des Fahrradfahrens in den letzten Heften erhalten haben. Auch deutet sich in den Reaktionen erneut ein Glaubenskrieg zwischen „aufrechten“ und „liegenden“ Radlern an: Liegend sei die gesündere Form der Radelei die einen, aufrechtes Radfahren sei der Gesundheit förderlicher die anderen.

Von dieser Diskussion möchte ich mich in aller Deutlichkeit distanzieren, weil sie in der Absolutheit des Entweder-Oder nicht entscheidbar ist! Radfahren ist eine mittels Technik gesteigerte Form menschlicher Fortbewegung aus eigener Kraft, wobei der Ausgangspunkt das individuelle Potential darstellt, das optimal in Fortbewegung umgesetzt werden soll. Wohlgemerkt: Besondere Betonung liegt dabei auf dem individuellen Potential, welches optimiert werden soll. Die Menschen sind nun einmal verschieden. Was für den einen gut ist, gilt nicht zwingend für den anderen.

In den Artikeln der letzten Hefte wurde versucht, einige grundsätzlichen Überlegungen zur Ergonomie des Radfahrens dar-

zustellen. Im heutigen sollen die Grundlagen dahingehend vertieft werden, einen Hinweis auf die individuelle Differenziertheit des Fahrradfahrens zu geben.

Individuelle Fahrzeuggröße

Eigentlich müsste ein Fahrrad wie ein Maßanzug auf den individuellen Fahrer angepasst werden. Für Radprofis geschieht dies auch. Alltagsfahrer mit kleinerem Budget

Modell und gleiche die Größendifferenz durch größere Sattelstütze und längeren Vorbau aus. Derartige „Größenanpassungen“ können die Fahreigenschaften eines Fahrzeugs erheblich beeinflussen. Der längere Vorbau z.B. führt dazu, dass der Schwerpunkt beim Radeln weiter nach vorne wandert, das Vorderrad wird stärker belastet, das Hinterrad entlastet. Das Fahrzeug wird agiler, nervöser!

Beim Liegerad ist die Größenanpassung auf den ersten Blick unproblematischer. Viele Hersteller bieten zwar für besonders große und kleine Radler entsprechende Varianten ihrer Modelle an, die meisten werden aber mit einer mittleren Größe gut bedient sein. Die individuelle Längenanpassung erfolgt durch Verschieben des Sitzes oder des Tretlagers. Dadurch ist - anders als bei den traditionellen Fahrrädern - eine millimetergenaue Größenanpassung möglich. Allerdings treten beim Liegerad andere Probleme auf. Hierzu ein Vergleich zum traditionellen Fahrrad: Je

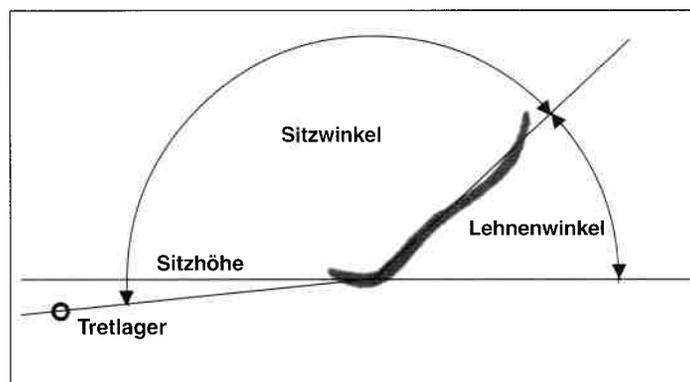


Bild 1: Sitzwinkel wird festgelegt durch den Lehnenwinkel und die Position des Tretlagers. In diesem Beispiel liegt das Tretlager unterhalb der Sitzhöhe. Alternativen wären die gleiche Höhe wie der Sitz oder eine Lage oberhalb der Sitzhöhe.

müssen sich dagegen mit einem Rad von der Stange begnügen. Das heißt allerdings nicht, dass bestimmte persönliche Kriterien unberücksichtigt bleiben müssen. Das Grundmaß für ein angepasstes traditionelles Fahrrad ist die Rahmenhöhe, die sich auf die Schrittlänge des Fahrers bezieht. Beim „Kauf von der Stange“ gerät man dabei jedoch in Schwierigkeiten: Die Händler möchten ihren Kunden eine breite Modellpalette offerieren. Dabei können sie nicht von jedem Modell jede Rahmengröße bevorraten. Hat sich ein Kunde für ein Modell entschieden, so sollte er sich durchaus die Zeit gönnen, auf die Lieferung seiner Rahmengröße zu warten. Er wäre schlecht beraten, nähme er ein zu kleines

nach Geschmack und Bedürfnis kann hier die Sitzhaltung durch Wahl des Lenkers, des Vorbaus und der Lenkerhöhe variiert werden. Will ich aufrechter fahren, wird der Lenker höher eingestellt, zur sportlicheren Fahrt wähle ich einen anderen Vorbau. Beim Liegerad ist der Sitzwinkel konstruktiv durch die geometrische Beziehung zwischen Tretlager und Sitz vorgegeben (siehe Abb. 1): Das Tretlager kann über der Sitzhöhe, mit ihr auf gleicher Ebene oder unterhalb positioniert sein. Wird der Sitz auf der Sitzhöhe verschoben (bzw. das Tretlager parallel zur Sitzhöhe), so bleibt unabhängig von der Körpergröße des Radlers allein der Sitzwinkel dann konstant, wenn Tretlager und Sitz sich auf einer ge-

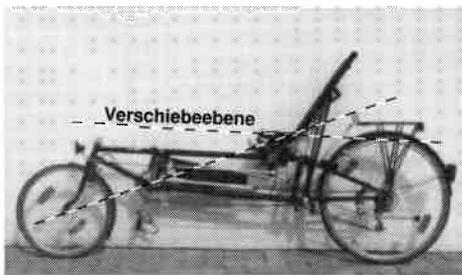


Abb. 2: Tretlager unter dem Sitz (Radius „Peer Gynt“). Größenanpassung durch Verschieben des Sitzes, Abstand des Sitzes zur Fahrbahn bleibt konstant; dadurch ergeben sich andere Sitzwinkel zwischen kleinen und größeren Fahrern. Abhilfe: Lehnenwinkel ist einstellbar.

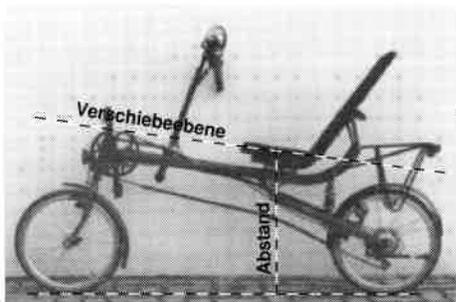


Abb. 3: Tretlager über dem Sitz (Radius „Red Pepper“). Größenanpassung durch Verschieben des Sitzes, Abstand des Sitzes zur Fahrbahn verändert sich unergonomisch: Für kleinere Fahrer wird er größer, für größere Fahrer kleiner.

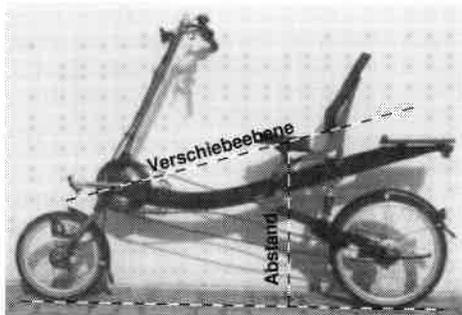


Abb. 4: Tretlager unter dem Sitz (Senkels „easy“). Größenanpassung durch Verschieben des Sitzes, Abstand des Sitzes zur Fahrbahn verändert sich ergonomisch: Für kleinere Fahrer wird er kleiner, für größere Fahrer größer.

meinsamen Ebene bewegen. Bei einer Tretlagerüberhöhung oder bei dem Tretlager unterhalb des Sitzes stellt sich bei der Verstellmöglichkeit parallel zur Sitzhöhe ein großes Problem ein: Für kleinere Radler wird bei einer Tretlagerüberhöhung der Sitzwinkel kleiner, beim Tretlager unter-

halb der Sitzhöhe größer; bei großen Radlern ist es genau umgekehrt. Dies Problem beheben einige Hersteller dadurch, dass sie den Lehnenwinkel des Sitzes variabel konstruiert haben.

Alternativ hierzu sind diejenigen Konstruktionen, bei denen sich die Längenanpassung dadurch vornehmen läßt, dass sich Tretlager und Sitz auf einer Ebene zueinander verschieben lassen. Hierbei tritt jedoch eine andere Schwierigkeit auf. Nehmen wir das Beispiel der Tretlagerüberhöhung, wobei das Tretlager starr und der Sitz verschiebbar ist. Durch die Längenanpassung wird bei kleineren Fahrern der Sitz nach vorne geschoben. Dadurch wird der Abstand zur Fahrbahn für den Sitzenden größer (siehe Abb.3). Kleinere Radler haben jedoch auch kürzere Beine. Es kann also passieren, dass sie den „Grund unter den Füßen“ verlieren, die Standsicherheit - ein wichtiger Vorteil des Liegeradfahrens - ist nicht mehr gegeben. Optimaler greift da die Konstruktion mit dem Tretlager deutlich unterhalb des Sitzes: Für kleinere Fahrer wird die Distanz zum Boden kleiner, für größere größer (siehe Abb. 4)!

Tretkurbel und Körpergröße

Mit der richtigen Wahl der Fahrzeuglänge ist es hinsichtlich der Größenanpassung nicht getan. Betrachten wir zwei sehr verschieden große Radler, die Fahrzeuge mit

der gleichen Kurbellänge fahren. Der Radler mit den kürzeren Beinen muss im oberen Totpunkt der Pedalstellung die Knie stärker an den Körper heranziehen als der mit den längeren. Beim kleineren Fahrer bestreicht beim Treten der Oberschenkel einen größeren Winkel als beim größeren Radler. Abhilfe schafft hier eine kürzere Tretkurbel, was sich allerdings wieder negativ auf das Drehmoment auswirkt. Der kleinere Radler müßte also, um bei kürzerer Kurbellänge das gleiche Drehmoment zu erzielen, mit größerem Krafteinsatz fahren. Angemessen ist jedoch eine höhere Trittfrequenz in einem kleineren Gang (1).

Sitzpositionen

Zunächst gilt es, zwischen drei Sitzpositionen zu unterscheiden:

- Nach vorne gebeugte Sitzposition, Schwerpunkt des Fahrers liegt vor den Aufstützpunkten (Sitzpunkten) auf dem Sattel: Rennradhaltung
- Aufrechte Sitzposition, der Schwerpunkt des Radlers liegt über den Sitzpunkten: Hollandradhaltung
- Nach hinten gelehnte Sitzposition, Schwerpunkt des Radlers liegt hinter den Sitzpunkten: Liegeradhaltung

Bei der Rennradhaltung wird das Körpergewicht sowohl am Sattel als auch über die Arme und Hände am Lenker abgestützt. Dies kann in den Händen durch abgeklemmte Nerven zu Taubheitsgefühlen führen. Deshalb wird empfohlen, Lenker zu montieren, die unterschiedliche Griffpositionen erlauben, um durch abwechselnde Belastungen unterschiedlicher Handbereiche diesem Manko entgegenzusteuern.

Bei der Hollandradhaltung lastet das gesamte Körpergewicht auf den Sitzpunkten.

In der Liegeradhaltung verteilt sich das Körpergewicht auf die gesamte Sitzfläche,

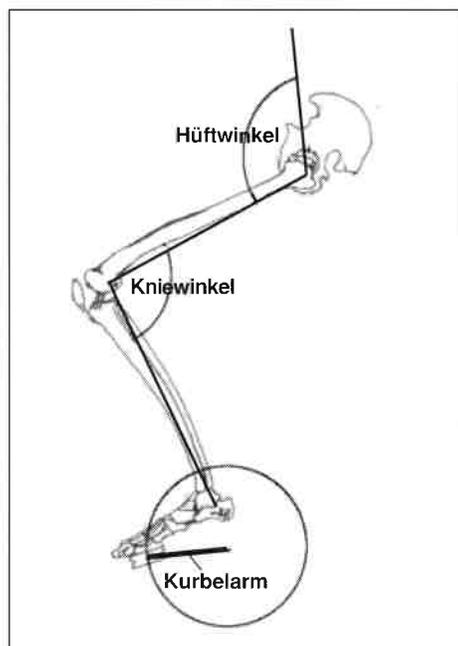


Abb. 5:

- a) Hüftwinkel und Kniewinkel verändern sich im Laufe einer Kurbelumdrehung. In den Totpunkten haben sie ihre Extremwerte. Im oberen Totpunkt ist der Hüftwinkel auch von der Länge des Kurbelarms abhängig: Je länger der Kurbelarm, desto kleiner der Hüftwinkel.
 b) Bei gleicher Kurbellänge ist der Hüftwinkel eines kleineren Fahrers kleiner als der eines größeren Fahrers.

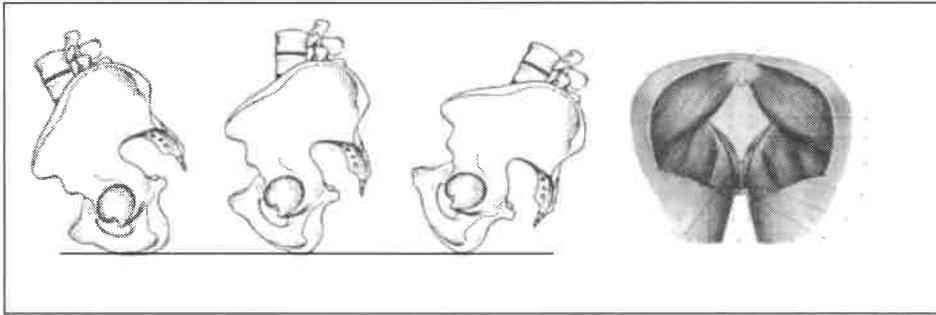


Abb. 6 von links nach rechts: Becken um 27° nach vorne gebeugt, Becken aufrecht, Becken um 27° nach hinten gebeugt; Becken von unten gesehen mit den ansitzenden Muskeln. Die Beckenstellungen können in Analogie zu den Sitzpositionen gesehen werden. Im Bereich der Sitzpunkte beim traditionellen Fahrrad befindet sich keine Muskulatur. Der Liegeradler dagegen sitzt auf dem großen Gesäßmuskel, was zu spezifischen Beschwerden (recumbent butt) führen kann.

Bildquellen: P. Schiefferdecker, *Das Radfahren und seine Hygiene*, 1900; neu herausgegeben von H.-E. Lessing, Reinbek 1982, S. 297 u. S. 299

die punktuelle Belastung kleinerer Körperflächen entfällt dadurch. Liegeradbefürworter streichen besonders diese Gewichtsverteilung als Vorteil heraus, denn durch die Haltung wird die Wirbelsäule erheblich entlastet.

Auf Abb. 6 ist die das Gesäß abpolsternde Muskulatur dargestellt. Auffällig ist, dass gerade im Bereich der Sitzpunkte beim traditionellen Fahrrad sich keine Muskulatur befindet. Zwischen Sitzbeinknollen und Haut befindet sich lediglich ein Fettposter, das sich bei Druck eindellen läßt. Dies macht für ungeübte Radler das Sitzen mitunter zur Tortur. Bei der Betrachtung der Seitenrisse des Beckens (siehe Abb. 6), wie sie sich bei den unterschiedlichen Sitzpositionen ergeben, dürfte auffallen, dass das Problem des ungeschützten Sitzknochens bei der nach vorne gebeugten Haltung am größten ist, jedoch immer kleiner bei der nach hinten gelehnten Haltung wird.

Doch der Radler sitzt nicht statisch auf seinem Sattel, sondern er fährt dabei. Dies

Abb. 7: Beim dynamischen Fahren versucht der Fahrer seinen Schwerpunkt über die Pedale zu bringen. Extremes geschieht dies noch beim Wiegetritt.

Bildquellen: P. Schiefferdecker, a.a.O., S.335

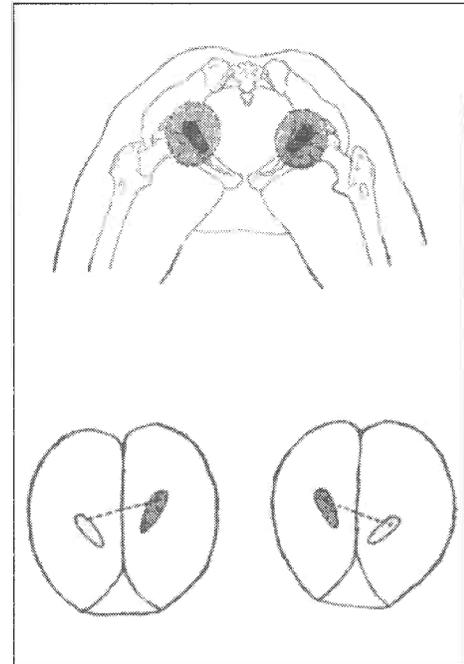
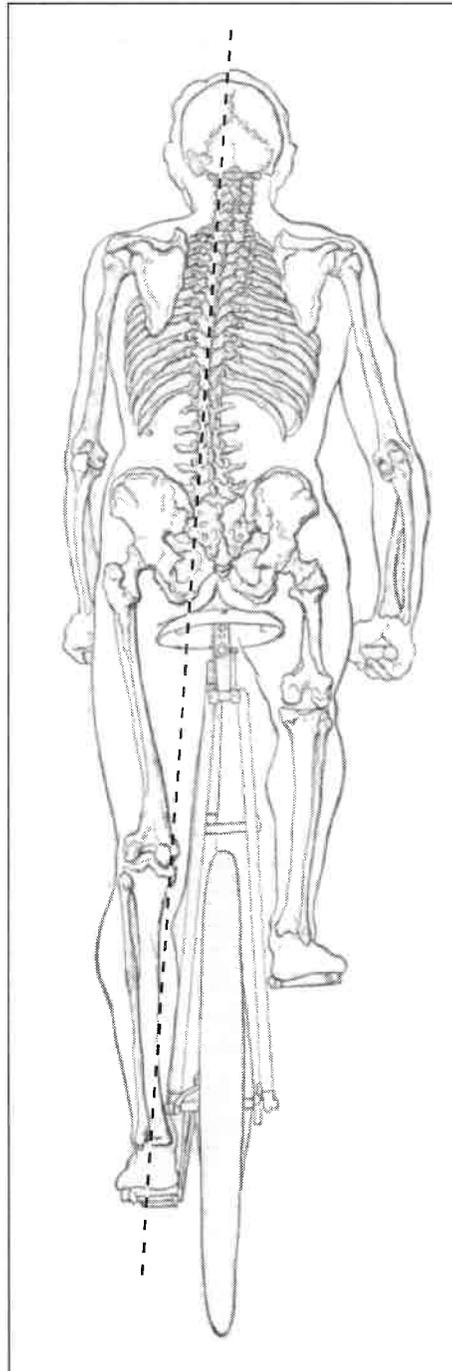


Abb. 8

oben: Abdruck der Sitzpunkte auf der Sitzfläche, Fahrer in Ruhestellung
unten: Die Verschiebung des Beckens und der Sitzpunkte auf dem Fahrradsitz beim Treten; derjenige Sitzpunkt rückt nach vorne, auf dessen Seite das tretende Bein sich befindet; gleichzeitig verändert sich auch die Lage der Wirbelsäule (siehe Abb. 7).

Bildquellen: P. Schiefferdecker, a.a.O., S.335

dynamische Sitzen ist wiederum ein komplexer Vorgang, der knapp skizziert werden soll. Ohne Beintätigkeit ruht das Gesäß mit dem Gewicht des Fahrers auf dem Normalrad auf den Sitzpunkten. Beim Treten in die Pedale wird der Druck auf die Sitzpunkte jedoch nach dem Rückstoßprinzip im Rhythmus der Tretfrequenz ent- und belastet. Dabei wird das Becken nicht nur angehoben, sondern es verdreht sich auch, denn der Fahrer versucht unwillkürlich, seinen Schwerpunkt über die Pedale zu bringen (siehe Abb 7). Dadurch bewegen sich die Sitzknollen auf dem Sattel hin und her, was zu Scheuer- und Druckstellen führt (siehe Abb 8).

Beim Liegerad stellt sich dies Problem völlig anders dar. Die Antriebskraft wirkt hier nicht der Gewichtskraft direkt entgegen, sondern in einem von der Tretlagerposition abhängigen Winkel nach hinten. Der Sitz wirkt als Widerlager. Hierzu sollte der Sitz entsprechend geformt sein, um

diese Gegenlagermöglichkeit auch zu gewährleisten. Der Druck wirkt rhythmisch auf den großen Gesäßmuskel, der geradezu „durchgeknetet“ wird. Hier ist ggf. die Ursache für die bekannte Beschwerde beim Liegerad (recumbent butt) zu sehen.

Martin Staubach hat die Forderungen an einen ergonomisch geformten Liegeradsitz so skizziert: „Die Rückenlehne sollte so gestaltet sein, dass die natürliche Doppel-S-Form der Wirbelsäule unterstützt wird“ (2). Bei der Umsetzung dieser Forderung

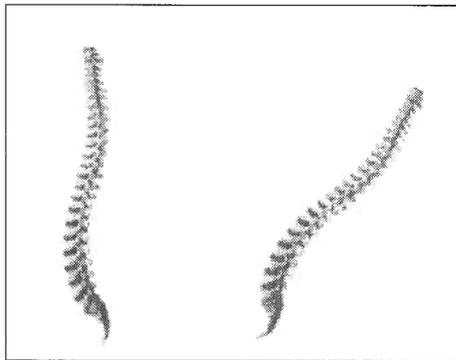


Abb. 9: „Natürliche“ Doppel-S-Form der Wirbelsäule (links), um 35° gekippt (rechts); da die Länge der Wirbelsäule individuell verschieden ist, müßte ein Liegeradschalensitz individuell gefertigt werden.

ergeben sich jedoch einige praktische Probleme: Die „natürliche Doppel-S-Form der Wirbelsäule“ ist nämlich durch die Körpergröße definiert. Ferner ist die Doppel-S-Form bei den unterschiedlichen Menschen gar nicht von Natur aus identisch:

„Bis heute haben wir keine ideale Anpassung an die jahrtausendealte Aufrichtung erreicht. So gibt es noch eine Vielzahl von sog. Normvarianten. Gerade im unteren Teil der Lendenwirbelsäule zum Beckenübergang hin werden viele Variationen von Knochenausziehungen, von Bandanlagen, verschiedenen Bandscheibendicken usw. gesehen. Auch in der Gesamthaltung gibt es verschiedene Einstellungen, die nicht unbedingt als krankhaft zu bezeichnen sind und im Laufe des Lebens in verschiedener Häufigkeit auftreten können.

Alle diese Normvarianten werden bei entsprechend gut ausgebildeter Muskulatur häufig ohne Beschwerden ein Leben lang verkraftet. Erst wenn sie über ein bestimmtes Maß hinausgehen oder musku-

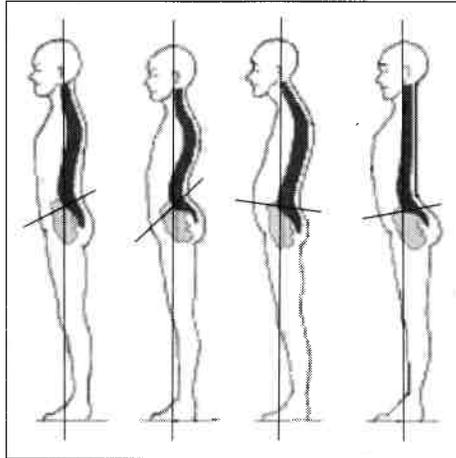


Abb. 10: Normvarianten der Rückenhaltung von links nach rechts: normaler Rücken, Hohlkreuz, Rundrücken, Flachrücken

lär nicht kompensiert sind, wenn dazu erhebliche Fehlbelastungen übernommen werden, verursachen sie Schmerzen.“ (3)

Schalensitze müßten demnach wie orthopädische Schuheinlagen individuell angefertigt werden.

Doch es gibt auch Alternativen. Den Klassiker unter den Liegeradsitzen stellt

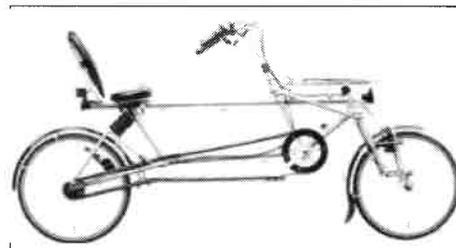


Abb. 11: Zwei Fahrzeuge mit tiefer Tretlagerposition (oben Radnabel ATL, unten Equinox von Riese und Müller. Dadurch, dass in einer aufrechten Position gefahren wird, kann auf eine hohe Rückenlehne verzichtet werden.

das mit einer Netzbespannung versehene Rohrgestell dar (siehe z.B. Radius Peer Gynt). Kritik an dieser Sitzkonstruktion ist dahingehend geübt worden, dass diese Sitzkonstruktion dem Körper zu wenig Führung gibt, der Fahrer mit einem „Katzenbuckel“ wie ein Sack darin hängt. Eine Weiterentwicklung dieser Konzeption stellen zweigeteilte Sitze dar, deren Sitzfläche hart, die Rückenlehnen jedoch flexibel sind, wobei durch die Form der Rückenlehne der S-Form der Wirbelsäule Referenz erwiesen wird, durch die Flexibilität des Materials jedoch keine starre Festlegung erfolgt (siehe z.B. „Scooterbike“).

Bei Fahrzeugen mit tiefer Tretlagerposition ist der Oberkörper weitgehend aufgerichtet. Deshalb kann auf eine hohe Rückenlehne weitgehend verzichtet werden, so daß nur das Becken geführt wird (siehe Abb. 11).

Doch in einem weiteren Punkt unterscheidet sich das Liegeradfahren vom traditionellen Radeln. Am Ende der stammesgeschichtlichen Entwicklung des Menschen steht nicht der radelnde Mensch, sondern der aufrecht gehende. Aus biomechanischen Gründen ist es für den aufrecht gehenden Menschen günstig, „wenn die Beine als das Körpergewicht tragende Säulen

möglichst nahe an das vom Körperschwerpunkt ausgehende Schwerpunkttlot heranrücken. (...) Die Kniegelenke (verlagern sich) unter den Körper, dicht an das Schwerpunkttlot heran.“ (4). Die sich daraus ergebende x-Beinstellung (siehe Abb 12) ist für den radelnden Menschen eher hinderlich: Beim aufrechten Stehen liegen die Füße nur mit geringem Zwischenraum nahe beieinander. Dies ist beim Radeln nicht der Fall, denn der durch die Antriebstechnik notwendige Pedalabstand zwingt dem Radler eine

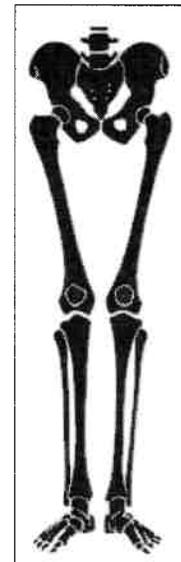
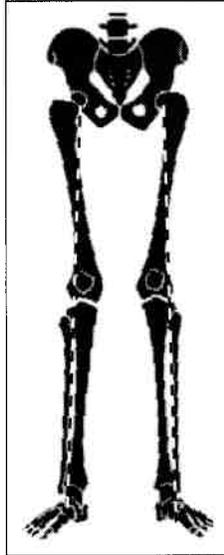


Abb. 12: Normale x-Bein-Stellung, die Kniegelenke liegen nahe am Schwerpunkttlot.

breitbeinige Fußstellung auf. Für den traditionellen Fahrradfahrer ist dies kein Problem, denn er kann durch die dynamische Veränderung seiner Sitzposition dies Manko ausgleichen (siehe Abb. 7,8).

Anders dagegen der Liegeradfahrer. Während beim traditionellen Fahrrad der Schwerpunkt als „Widerlager“ fungiert, sieht es beim Liegerad anders aus. Hier stützt sich das Becken im Sitz ab, die Kraftlinie zeigt vom Hüftgelenk zur Pedale. Durch die x-Stellung der Beine wirkt somit eine seitlich Kraft auf das Kniegelenk, das dadurch zusätzlich belastet wird (siehe Abb 13).

Mitunter wird diskutiert, dass der Abstand zwischen rechtem und linkem Pedalarm je nach Hersteller bzw. Antriebstechnik (zwei oder drei Kettenblätter) variiert und dadurch der Radler mehr oder weniger „breitbeinig“ treten muss. Bei den von mir vermessenen Abständen an diversen Fahrrädern auch unabhängig von der Anzahl der Kettenblätter kann ich die Vermutung nicht bestätigen. Dennoch treten einige Radler „schräger“ als andere: Bei der Verwendung von Klickpedalen unterschiedlicher Modelle haben die Einrastpunkte nicht immer die identische Distanz zum Pedalhebel. Ferner variieren individuell die Beckenbreiten zwischen den Fahrern, Frauen haben ana-



tomisch ein breiteres Becken als Männer, so dass die Wirkungslinien der Kräfte zwischen linkem und rechtem Bein nicht parallel verlaufen. In diesem Fall gibt es auch deutliche Unterschiede zwischen größeren und kleineren Fahrern.

Aus diesen Ausführungen ist zu schließen, dass die optimale Mensch-Maschine-Beziehung beim Radfahren eine Größe ist, die nur sehr individuell erreichbar ist, wobei diese Beziehung beim Liegerad sensibler ist als beim traditionellen Fahrrad.

Abb. 13: Aufgezwungenes breitbeiniges Treten durch den Pedalabstand. Mit dem traditionellen Fahrrad wird diese Stellung durch das dynamische Treten (siehe Abb. 7) kompensiert. Beim Liegeradfahren mit im Sitz verankertem Becken wirkt eine seitliche Kraft auf das Kniegelenk.

Das heißt nicht, dass der eine Fahrzeugtyp dem anderen über- oder unterlegen ist, sondern vielmehr, dass der Anpassungsprozess zwischen Mensch und Maschine Zeit braucht, um die speziell erforderliche Muskulatur aufzubauen und anzutrainieren. Die Gesundheit des Fahrradfahrens wird vor allem unter dem Herz-Kreislauf-Gesichtspunkt diskutiert. Dass der angestrebte gesundheitliche Gewinn nicht ins Gegenteil umschlägt, setzt Sorgfalt voraus. So wünschenswert es ist, dass das Fahrrad immer

häufiger im Alltag und auch im Urlaub als Reisegefährt eingesetzt wird, so schädlich kann es jedoch sein, seine Fahrleistungen plötzlich zu vervielfachen, z.B. wird das dann der Fall sein, wenn ohne entsprechende Vorbereitung jemand mit dem Fahrrad auf eine längere Urlaubsreise geht. Das gleich gilt, wenn man glaubt - den Versprechungen der Liegeradenthusiasten folgend - durch den Kauf eines Liegerades seine Reisegeschwindigkeit durch den Umstieg auf den neuen Fahrzeugtyp drastisch erhöhen zu können. Damit das Radfahren unabhängig vom Fahrzeugtyp beschwerdefrei verläuft und viel Freude dabei entsteht - diesem Ziel galten diese Ausführungen. (bf)

Anmerkungen:

- (1) siehe hierzu Gressmann, S. 213, Kurbellänge in Abhängigkeit der Innenbeinlänge; ob eine kürzere oder längere Kurbel vorteilhaft ist, wird auch in Sportlerkreisen heftig diskutiert, siehe hierzu auch www.msporting.com/planung/10_14, „Verifizierung der theoretischen Annahmen“
- (2) siehe PV 24, S. 38
- (3) Informationen rund um die Wirbelsäule, www.bauerfeind.com/firmen/austria/pkat01/patbr.htm
- (4) Jens Lorenz Franzen, Eine begründete Rekonstruktion der Evolution des Menschen, siehe <http://senckenberg.uni-frankfurt.de/lecture/evome/evome.htm>

**Sind Sie gerade umgezogen?
Neue Adresse an PRO VELO!**

**Arbeiten Sie gerade an einem Fahrrad-Thema?
Wir helfen Ihnen, es publik zu machen!**

**Fehlt Ihnen ein Heft?
Nachbestellungen sind kein Problem!**

**Gefällt Ihnen PRO VELO?
Sagen Sie es weiter!**



Komfortabel unterwegs: Die Street Machine Gt verwöhnt mit Vollfederung, ausgeglichenem Fahrverhalten, einstellbarem ergonomischen Schalenstuhl, wahlweise Unten- oder Obenlenker – und jetzt auch optional mit Rohloff-Nabenschaltung und Scheibenbremsen.

Sie haben Ihre eigenen Vorstellungen vom Ausflug ins Grüne. Ihre Street Machine Gt bringt Sie hin.

Aussergewöhnliche Ansprüche verlangen aussergewöhnliche Technik. Unter Reiseradlern setzt die Street Machine Gt die Maßstäbe für ein modernes Reiserad.

aktivRadfahren schreibt: „Gt steht für Gran tourism und der Name ist auch Programm: Das Rad macht Lust auf die große Tour. Ob Wochenendausflug, Deutschlandtour oder Weltreise; die Gt ist ideal für entspanntes Dahingleiten. Ob pulsierende Innenstadt, verträumtes Bergdorf oder kurvige Landstraße, stets hat man Schalthebel, Computer, die nächsten fünf Meter der Straße und den Horizont im Blick! Traumhaft! Komfort, Genuss und Tempo finden in diesem Reiseliegenderad zueinander.“

Die *F.A.Z.* fügt hinzu: „Wer den Behauptungen misstraut, dass Liegeräder schnell, aber auch bergtüchtig sein können, dass

sie durchaus wendig und bestimmt sicher sind, kann sich von alledem durch diese Ingenieursleistung überzeugen lassen. Ein wunderbar bequemes Schnellfahr-Rad ist das.“

Herzstück der kompakten Konstruktion ist der Rahmen aus hochfestem CrMo-Stahl. Integriert ist das komfortable Federungssystem beider Räder. Es ist einstellbar auf Ihren Komfortanspruch und arbeitet völlig unbeeinflusst von Ihren Tretkräften.

Ihre individuelle Ausstattung können Sie aus umfangreichem Zubehör wählen; stabile mitgefederter Gepäckträger, Lowrider für schweres Gepäck unter dem Sitz oder zuverlässige Lichtanlagen beispielsweise. Vereinbaren Sie jetzt den Termin für Ihre erste Probefahrt und erfahren Sie selbst, wieviel Spaß die Street Machine Gt auf Ihren Touren macht.



HP Velotechnik

HP Velotechnik | Bleichstraße 5 ● D - 65830 Kriftel ● Telefon 0 61 92 - 97 99 20 ● Fax 0 61 92 - 91 02 18
Ausführliche Informationen und einen Fachhändlernachweis finden Sie im Internet unter www.hpvelotechnik.com

Energiesparen durch besseren Antrieb?

Optimierung des Fahrradanztriebes durch asymmetrische Kettenblätter

Der Fahrradanztrieb galt jahrzehntelang gegenüber dem Motorantrieb als ausgereift. Es kamen zwar seit der Entwicklung muskelbetriebener Fahrzeuge im 19. Jahrhundert Ideen auf, die unterschiedlichen Tangentialkräfte, die während einer Pedalumdrehung auf das Kettenblatt wirken, mit Hilfe elliptischer Kettenblätter zu einem optimierten Antrieb zu nutzen, diese schienen jedoch mit der Entwicklung motorisierter Fortbewegungsmittel in Vergessenheit zu geraten. Sie wurden erst in den 80-er Jahren auch durch ein verstärktes Umweltbewußtsein, wieder aufgenommen. Der eingesetzte Trend scheint sich nun, vor allem Dank einer boomenden Freizeitindustrie und finanzstarker Hobbyathleten, fortzusetzen. Die Produktpalette an leistungsoptimierenden "Tools" ist größer denn je, wobei sie um so mehr in ihrer tatsächlichen Wirkung umstritten sind.

Die Schwierigkeiten, liegen vor allem in der Umsetzung der oft einleuchtenden Theorie in die Praxis, unter Berücksichtigung der biomechanischen Eigenschaften des menschlichen Organismus.

1. Pedalkräfte

1.1. Theorie

Zuerst soll erläutert werden, wieso es während einer Kurbelumdrehung zu unterschiedlichen Vortriebskräften kommt.

Um eine realistische Annäherung an die auftretenden Pedalkräfte zu ermöglichen, ist es ratsam, zuerst einen Blick auf die Entwicklungsgeschichte der menschlichen Muskulatur zu werfen. Dabei ist zuerst aufzuführen, dass das Radfahren nicht die natürliche Fortbewegungsform des Menschen ist, die Kreisbewegung in der er die Pedale zu führen hat wurde ihm praktisch durch die Mechanik des Rades aufgezwungen.

Bei der natürlichen Fortbewegung, dem Gehen, bringt der Mensch die größte Kraft auf, um seine Körpermasse mit einem Bein nach unten gegen den Untergrund abzustützen, auch Stützphase genannt, während das andere zwar angehoben wird, jedoch nur seine eigene geringe Masse zu tragen hat.

Folglich ist für den 0°-180° Bereich eine große vortriebswirksame Kraft zu erwarten, für den 180°-360° Bereich eine zwar geringe, aber negative Kraft, da hier keine Muskelkraft sondern nur Schwerkraft ins Gewicht fällt.

Die auf das Pedal wirkende Pedalkraft (F_p) kann in zwei Komponenten zerlegt werden: Einerseits die vortriebswirksame Tangentialkraft (F_t), die immer im rechten Winkel auf die Kurbel wirkt, andererseits die Radialkraft (F_r), die über keinen Hebelarm verfügt und somit keinen Vortrieb, sondern nur Reibung im Tretlager erzeugt.

Die Pedalbewegung beim Fahrradfahren

erfolgt auf einer Kreisbahn von 0°-360°. Das vortriebswirksame Drehmoment (M), ist nach der Formel

$$M = F_p \cdot r \cdot \sin(\alpha)$$

proportional zum Sinus des Tretkurbelwinkels (α) wenn Pedalkraft und Kettenblattradius konstant bleiben und die Pedalkraft ausschließlich nach unten wirkt. Ein maximales Drehmoment ist somit bei einer Kurbelstellung von 90° oder 270° erreicht, wo die gesamte Pedalkraft tangential wirkt ($F_p = F_t$), man spricht hier vom „physikalischen Optimum“. Man sagt auch, der biomechanische Wirkungsgrad, der mit der Formel

$$\frac{F_t}{F_p} \cdot 100[\%]$$

berechnet wird, beträgt 100%.

Bei einer Kurbelstellung von 0° bzw. 180° ergibt sich für das Drehmoment der Nullwert, diese Kurbelstellungen werden auch „tote Punkte“ genannt, da hier die wirkenden Kräfte keinen Einfluß auf das Drehmoment haben ($F_p = F_r$). Vereinfacht ließe sich der Drehmoment- bzw. Tangentialkraftverlauf des 0°-180° Zyklus des rechten Beines bzw. des linken Beines als Sinusfunktion darstellen.

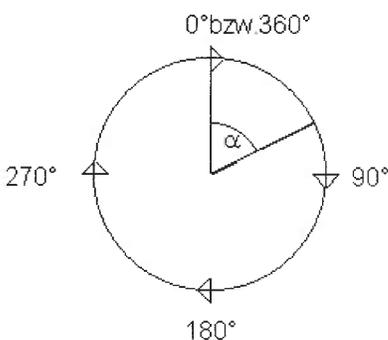


Bild 1: Kreisbewegung beim Pedalieren

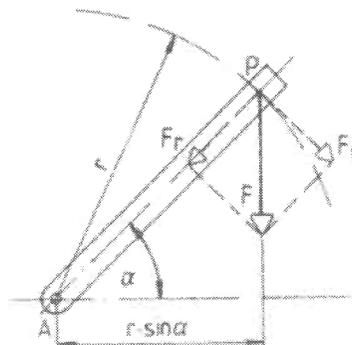


Bild 2: Zerlegung der Pedalkräfte (siehe Gressmann, a.a.O., S. 33)

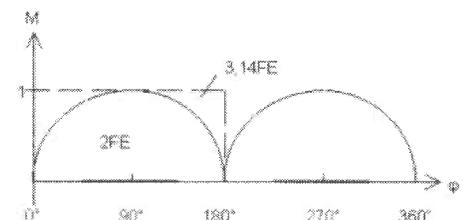


Bild 3: Theoretischer Drehmomentverlauf

1.2. Messungen

Die mathematische Annäherung ist prinzipiell richtig und ermöglicht es, den Drehmomentverlauf realitätsnah darzustellen. Folgende Aspekte konnten jedoch nicht berücksichtigt werden:

- die negative Kraftkomponente im 180°-360° Zyklus wurde vernachlässigt
- die Gesamtkraft (Fp) wurde in allen Fällen gleich angenommen
- Hub-, Schub- oder Zugkräfte am Pedal wurden ausgeschlossen
- die Hebelverhältnisse der Gliedmaßen und die Sitzposition wurden vernachlässigt, was das folgende Bild veranschaulichen soll:

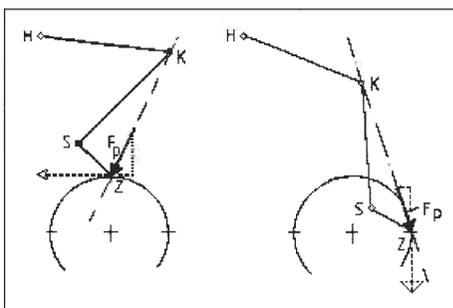


Bild 4: Einfluß der Hebelverhältnisse auf den Kraftvektor (siehe Gressmann, a.a.O., S. 161)

Hier ist deutlich ersichtlich, dass im linken Bild die Pedalkraft (Fp) im oberen toten Punkt nicht etwa wie angenommen der Radialkraft (Fr) entspricht und somit die tangential, wirksame Kraft (Ft) Null ist, sondern die Tangentialkraft (Ft) einen negativen Betrag aufweist.

Ein realistischer Drehmomentverlauf während der Kreisbewegung soll nun durch Messungen am eigenen Fahrrad gewonnen werden.

1.2.1. Versuchsaufbau

Dem Versuch liegt folgende Überlegung zugrunde: Beim Radfahren in Dunkelheit und angeschlossenem Dynamo fällt ein Helligkeitswechsel der Lampe während einer Pedalumdrehung auf, es müssen also über einen Kreiszyklus verschiedene Spannungen erzeugt werden.

Es gilt nun, einen Zusammenhang zwischen dem zu berechnenden Drehmoment und der meßbaren Spannung zu finden. Dies gelingt über das Gleichsetzen von elektrischer Leistung (Pel) und mechani-

scher Leistung (Pm).

$$P_{el} = P_m$$

$$\frac{U^2}{R} = \frac{F \cdot r \cdot 2\pi}{t}$$

$$\frac{U^2}{M} = 2\pi \cdot R \cdot f \Rightarrow U^2 \sim M$$

Da der Widerstand (R) konstant ist, muß mittels eines an der Tretkurbel montierten Drehzahlmessers nur die Frequenz konstant gehalten werden, um einen Zusammenhang zwischen Drehmoment und erzeugter Spannung zu erhalten.

Nun zum Aufbau des Versuches. Ein Rennrad wird mit dem Hinterrad auf einer Rolle mit Wirbelstrombremse fixiert. Ein handelsüblicher Dynamo wird so angebracht, dass er auf der Fahrradkette läuft, dies hat den einfachen Grund, dass Fahrraddynamos nicht mehr als 9 Volt Spannung erzeugen dürfen und die beim Radfahren erzeugte Drehzahl so hoch ist, dass der an den Dynamo angeschlossene Voltmeter ständig Werte am Grenzbereich von 9 Volt anzeigt, wenn man ihn am Reifen laufen läßt. Das Ritzel, über welches die Kette läuft, und das Hinterrad sind bis auf den Leerlauf fest miteinander verbunden, Reifen und Ritzel bewegen sich somit mit der gleichen Winkelgeschwindigkeit, der Radius des Reifens ist jedoch um ein vielfaches größer als der Ritzelradius. Folglich ist auch dessen Bahngeschwindigkeit größer und diese wiederum bestimmt die Höhe der Spannung. Eine vor dem Rad aufgestellte Videokamera soll die Anzeige des Meßgerätes zu jedem bestimmten Kurbelwinkel bildlich dokumentieren. Das vom Fahrer erzeugte Drehmoment (M) kann nun durch die proportional dazu erzeugte Spannung (U) zu jeder beliebigen Pedalposition bestimmt werden.

Der auf der Kette laufende Dynamo hat noch einen weiteren Vorteil gegenüber der klassischen Einstellung. Je geringer der durch den Magnet erzeugte mechanische Widerstand, desto länger läuft das Hinterrad nach kurzem Impuls im Leerlauf. D.h. es wurde mit der klassischen Lösung elektrischer Strom erzeugt, obwohl die Pedale gar keine Kraft mehr erfuhren, was zu einer Verfälschung des Ergebnisses führte.

Darum war der Rollwiderstand so groß wie möglich einzustellen, was nur unrealistische Messungen mit geringen Trittfrequenzen zuließ. Dank des Leerlaufes jedoch bewegt sich die Kette nur dann, wenn tatsächlich eine Kraft auf das Pedal wirkt.

1.2.2. Durchführung & Ergebnisse

Ziel der Untersuchung soll die Erstellung eines realistischen Drehmomentverlaufes über eine Kurbelumdrehung sein. Des weiteren soll untersucht werden, wie sich unterschiedliche Trittfrequenzen, Übersetzungen und die Verwendung asymmetrischer Kettenblätter auf den Drehmomentverlauf auswirken. Der durch den Magnet erzeugte Fahrwiderstand bleibt während der Messungen konstant. Es wird zuerst eine Übersetzung von 52/22 (1) gewählt, d.h. 52 Zähne am Kettenblatt bzw. 22 am Ritzel. Mit dieser Übersetzung wird der Widerstand zuerst mit 60, dann mit 75 U/min überwunden. Danach wird ein asymmetrisches Biopace - Kettenblatt mit der fast identischen Übersetzung 53/22 (2) gewählt und die Kurbel ebenfalls mit 60, bzw. 75 U/min bewegt. Pro Übersetzung und dazugehöriger Frequenz werden mindestens 20 Meßreihen ausgewertet und für jeden Tretkurbelwinkel der Mittelwert der gemessenen Daten berechnet. Um die Proportionalität der Spannung zum Drehmoment zu wahren, muß diese quadriert werden. Die ausgewerteten Meßreihen sind in Meßtabelle 1 und 2 einzusehen.

Die gesamte Prozedur soll nun mit kleineren Kettenblättern und folglich kleinerer Übersetzung durchgeführt werden, die ausgewerteten Meßreihen sind in den Messtabellen 3a und 3b aufgelistet.

Die Ergebnisse sind nicht befriedigend, wenn man damit den Drehmomentverlauf während einer Kurbelumdrehung beschreiben will, da in den vorangegangenen Überlegungen außer Acht gelassen wurde, dass nicht nur das Hinterrad sondern auch die Kurbel nach kurzem Impuls ebenfalls - aufgrund der Trägheit des Systems - noch eine Weile in Bewegung bleibt, was wieder zu einer Verfälschung des Ergebnisses führt. Die gemessenen Daten beschreiben aber die Bahngeschwindigkeit (v) des Kettenblattes und bei konstantem Kettenblatradius die Winkelgeschwindigkeit (w) der Pedal-

Meßtabelle (1a):
Übersetzung: 52/22
Frequenz: 60 U/min

| | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| U ² ~ M | 0,463 V ² | 0,584 | 0,463 | 0,347 | 0,336 | 0,438 | 0,446 | 0,399 | 0,463 |
| Winkel α | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 225° | 270° | 315° | 360° |

Meßtabelle (1b):
Übersetzung: 52/22
Frequenz: 75 U/min

| | | | | | | | | | |
|--------------------|---------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| U ² ~ M | 0,973V ² | 1,081 | 1,070 | 0,9417 | 0,894 | 0,948 | 0,940 | 0,941 | 0,973 |
| Winkel α | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 225° | 270° | 315° | 360° |

Meßtabelle (2a):
Übersetzung: 52/22 Biopace
Frequenz: 60 U/min

| | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| U ² ~ M | 0,598 V ² | 0,765 | 0,694 | 0,511 | 0,485 | 0,598 | 0,613 | 0,530 | 0,598 |
| Winkel α | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 225° | 270° | 315° | 360° |

Meßtabelle (2b):
Übersetzung: 52/22 Biopace
Frequenz: 75 U/min

| | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| U ² ~ M | 1,322 V ² | 1,466 | 1,471 | 1,3057 | 1,220 | 1,278 | 1,316 | 1,292 | 1,322 |
| Winkel α | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 225° | 270° | 315° | 360° |

Meßtabelle (3a):
Übersetzung: 42/22
Frequenz: 60 U/min

| | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| U ² ~ M | 0,360 V ² | 0,372 | 0,364 | 0,340 | 0,333 | 0,334 | 0,345 | 0,338 | 0,360 |
| Winkel α | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 225° | 270° | 315° | 360° |

Meßtabelle (3b):
Übersetzung: 42/22
Frequenz: 75 U/min

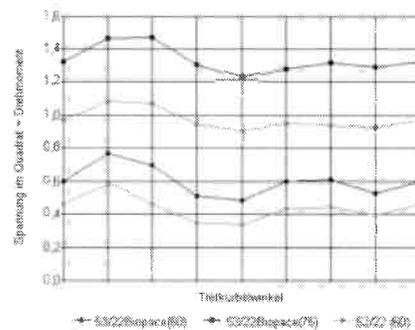
| | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| U ² ~ M | 0,208 V ² | 0,213 | 0,210 | 0,206 | 0,211 | 0,211 | 0,206 | 0,201 | 0,208 |
| Winkel α | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 225° | 270° | 315° | 360° |

bewegung, so daß sich die Messungen im Verlaufe der Arbeit doch noch als sehr hilfreich darstellen sollen.

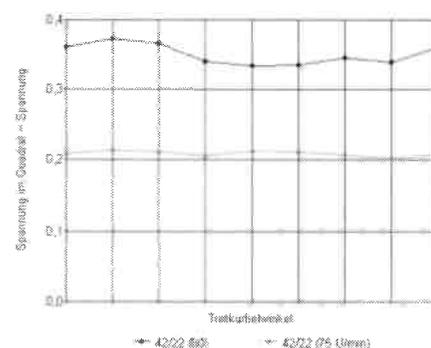
Ein weiterer einzuräumender Fehler, der womöglich durch die Störung eines Kontaktes beim Umlegen der Kette erfolgte, ist die Tatsache, dass mit der Übersetzung 42/22 mit 60 U/min eine höhere Spannung erzeugt wird als mit 75 U/min, wobei die erzeugte Spannung eigentlich proportional

zur Drehzahl sein sollte.

Bei der folgenden Diskussion der Untersuchungen sollen die mit dem asymmetrischen Biopace-Kettenblatt erzielten Meßergebnisse außer Acht gelassen werden, da, um realistische Aussagen darüber machen zu können, zuerst die Muskulatur der abverlangten Tretbewegung antrainiert werden müßte, was den zeitlichen Rahmen dieser Arbeit gesprengt hätte. Des weiteren ist



Grafische Darstellung der Messreihen aus Tabellen 1 und 2



Grafische Darstellung der Messreihen aus Tabellen 3a und 3b

die für die Beinbewegung interessante Winkelgeschwindigkeit nur durch den Quotienten aus Bahngeschwindigkeit und Radius, der hier nicht konstant ist, zu berechnen. Deutlich ersichtlich ist bei den runden Kettenblättern, dass der Geschwindigkeitsverlauf bei geringerem Kräfteinsatz deutlich abflacht. Ob dieser durch höhere Trittfrequenzen oder niedrige Übersetzungen provoziert wird, scheint gleichgültig zu sein. Des weiteren ist zu erkennen, dass der Geschwindigkeitsverlauf dem einer Sinuskurve ziemlich nahe kommt.

Eine ebenfalls interessante Tatsache ist, dass der Geschwindigkeitsverlauf der beiden 180°-Abschnitte keinesfalls wie angenommen gleich ist, sondern durchaus ein Bein dominant sein kann.

1.3. Praxis

Dass das mathematische Modell tatsächlich nur gering von der Realität abweicht, zeigt das von Wissenschaftlern erstellte Diagramm des Drehmomentverlaufes während der Pedalumdrehung eines Beines.

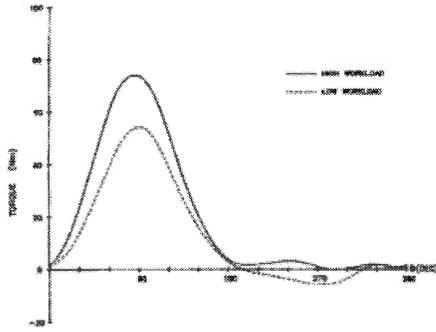


Bild 5: Martin Hillebrecht „Tritttechnik im Radsport“, Drehmomentverlauf eines Beines

2. Der runde Tritt

Der runde Tritt wird wohl immer ein Mythos bleiben, er ist dadurch definiert, dass über die gesamte Kurbelumdrehung ein Wirkungsgrad von 100% erbracht wird. Es soll im Folgenden rein theoretisch untersucht werden, welcher Leistungszuwachs, ohne zusätzliche Pedalkraft aufzubringen, realisierbar ist. Mit Hilfe der Integralrechnung wird die Fläche unter der Sinuskurve errechnet, die den theoretischen Drehmomentverlauf über eine halbe Kurbelumdrehung darstellt. Die Fläche darunter entspricht folglich nach $P = M \cdot \omega \cdot n$ ($n = \text{Drehzahl}$) der Leistung:

$$\int_0^\pi \sin(x) dx = -\cos(x) \Big|_0^\pi$$

$$= [-\cos(0)] - [-\cos(\pi)]$$

$$= (-1) - 1 = -2FE$$

Die Fläche des Rechtecks über der Sinuskurve, welche einer ausschließlich tangentialen Pedalkraft über die halbe Kurbelumdrehung entspricht:

$$1 \cdot \pi = 3,14FE$$

Berechnung des Leistungsgewinns:

$$\frac{100\%}{3,14FE} = \frac{x}{2FE}$$

Der Leistungsgewinn durch einen ständigen tangentialen Krafteinsatz beträgt:

$$100\% - 63,7\% = 36,3\%$$

Eine solche Tritttechnik ist jedoch aus physiologischen Gesichtspunkten zu vermeiden, da sie nicht der Physiologie des Men-

schen entspricht, bei dessen natürlicher Fortbewegung eine An- bzw. Entspannungsphase der Muskulatur stattfindet. Beim runden Tritt jedoch ist die Beinmuskulatur ständig unter Anspannung und die wichtige Entspannungsphase, in welcher eine verbesserte Durchblutung stattfindet, fehlt, was zu frühzeitiger Ermüdung führt.

Die durch die Biomechanik des Menschen bedingte Drehmomentschwankung und der damit verbundene Leistungsverlust von ca. 36,3% ist also auf andere Art zu kompensieren.

3. Funktionsprinzip asymmetrischer Kettenblätter

Eigentlich wäre es logisch anzunehmen, dass sich die auf das Kettenblatt wirkende Kraft gleichmäßig auf alle mit der Kette in Berührung stehenden Zähne verteilt. Im Maschinenbau gilt jedoch generell, dass Ketten ihre Kraft immer nur auf den ersten Zähne des Eingriffs übertragen, weil Ketten und Kettenblätter nicht beliebig präzise und auch ein wenig elastisch sind. Der wirksame Kettenblattradius ist folglich der größte Abstand, der senkrecht zwischen dem ersten in die Kette greifenden Zahn des Kettenblattes und einer durch das Tretlager gezogenen Horizontalen liegt.

4. Zwei widersprüchliche Theorien

4.1. statischer Gedankengang

Das vortriebswirksame Drehmoment wird durch $F_p \cdot r \cdot \sin(a)$ erzeugt. Da an den toten Punkten der Kettenblattradius r keinen Einfluß auf das Drehmoment hat, weil hier die tangentiale Kraftkomponente fast Null ist, wird der Radius minimiert, um durch eine kurzfristig geringere Übersetzung diese Punkte mit größerer Winkelgeschwindigkeit zu überwinden.

Im Bereich des physikalischen Optimums, in dem der Wirkungsgrad 100% beträgt, also die gesamte Pedalkraft als Tangentialkraft in den Vortrieb einfließt, gestaltet man den Radius maximal, um die Kraft optimal umzusetzen.

Ob diese Theorie tatsächlich einen Leistungszuwachs ohne zusätzlichen Kraftaufwand erbringt, sollen die folgenden Rechnungen versuchen zu klären, wobei zuerst die erreichte Leistung mit Hilfe der entwick-

elten Theorie und anschließend bei konstantem Kettenblattradius ermittelt werden soll.

Berechnung der Fläche unter der Sinuskurve von 0° bis 180° , welche nach der theoretischen Herleitung der Pedalkräfte den Tangentialkraftverlauf während einer halben Kurbelumdrehung darstellen soll:

$$\int_0^\pi \sin(x) dx = -\cos(0) - [-\cos(\pi)] = (-1) - (1) = -2FE$$

Zuerst soll der Verlauf des Radius einer Sinuskurve entsprechen. Da das Produkt von Tangentialkraft und Kettenblattradius das Drehmoment ergibt, wird mit der Fläche unter der Funktion $\sin^2(x)$ die Antriebsleistung $P = M \cdot \omega \cdot n$ berechnet.

$$\int \sin^2(x) dx = \int \sin(x) \cdot \sin(x) dx$$

Mit Hilfe der partiellen Integration:

$$\int u \cdot v' dx = u \cdot v - \int u' \cdot v dx$$

$$\int \sin^2(x) dx = -\sin(x) \cdot \cos(x) + \int \cos(x) \cdot \cos(x) dx$$

$$= -\sin(x) \cdot \cos(x) + \int \cos^2(x) dx$$

Da $\sin^2(x) + \cos^2(x) = 1$

und folglich $\cos^2(x) = 1 - \sin^2(x)$

$$\int \sin^2(x) dx = -\sin(x) \cdot \cos(x) + \int [1 - \sin^2(x)] dx$$

$$= -\sin(x) \cdot \cos(x) + \int dx - \int \sin^2(x) dx$$

$$2 \cdot \int \sin^2(x) dx = -\sin(x) \cdot \cos(x) + x$$

$$\int \sin^2(x) dx = \frac{-\sin(x) \cdot \cos(x) + x}{2}$$

$$\int_0^\pi \sin^2(x) dx = \frac{-\sin(x) \cdot \cos(x) + x}{2} \Big|_0^\pi = -1,57FE$$

Um die entstehenden Leistungen zu vergleichen, muß der halbe Kettenblattumfang $b = \pi \cdot r$ in beiden Fällen gleich sein. Im ersten Fall stellte der Umfang die Fläche unter der Sinuskurve dar, nun muß ein Rechteck mit gleichem Flächeninhalt $2FE$ und der Breite π gefunden werden.

$$\pi \cdot r = 2FE$$

$$r = 0,63$$

Das Drehmoment über eine halbe Kurbelumdrehung, welches durch die Multiplikation von Tangentialkraft und Kettenblatt-

radius bestimmt wird, stellt wieder die Antriebsleistung dar.

$$\int_0^{\pi} 0,63 \sin(x) dx = 0,63 \int_0^{\pi} \sin(x) dx = -1,27 FE$$

Berechnung eines möglichen Leistungszuwachses:

$$\frac{1,57}{100\%} = \frac{1,27}{x}$$

$$x = 80,89\%$$

$$100\% - 80,89\% = 19,10\%$$

Das Ergebnis ist beeindruckend, bei gleicher Pedalkraft eine Leistungsverbesserung von annähernd 20%. Wie muß also ein so beschriebenes Kettenblatt aussehen?

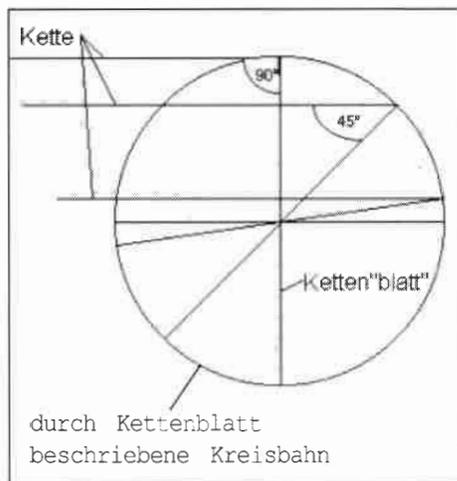


Bild 6: Das „optimale“ Kettenblatt

Die Zeichnung zeigt, dass das so entwickelte Kettenblatt einem Stab entspricht, der mit der Tretkurbel ein Kreuz bildet, interessant ist jedoch der Verlauf der Kette. Es fällt auf, dass die Kette nicht mehr in einer Linie geführt wird, sondern zwischen maximalem und minimalem wirksamem Radius schwingt. In dieser extremen Form ist die Idee aufgrund der extremen Schwankungen der Kettenführung also nicht zu verwirklichen. Also ging man bei der Realisierung der Idee zur Verwendung einer klassischen Ellipse über (siehe Bild 7).

In der 3. Auflage des von J.Y. Harrison verfaßten Buches mit dem Titel "Maximizing human power output by suitable selection of motion cycle and load" werden Testergebnisse mit elliptischen Kettenblättern veröffentlicht, wobei er von

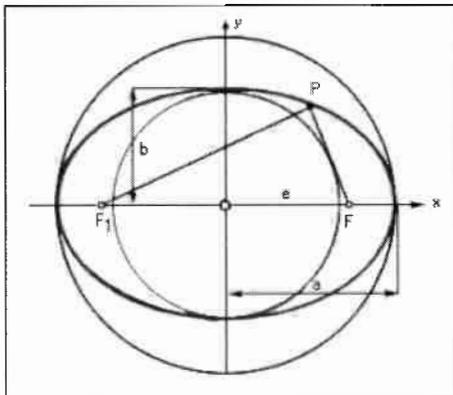


Bild 7: klassische Ellipse

einem Ovalitätsgrad, der das Verhältnis von Haupt (a) - zu Nebenachse (b) beschreibt, von 1,45 ausgeht. Bei einem üblichen Testverfahren, wobei die erbrachte Leistung über einen festgelegten

Zeitraum gemessen wird, zeigten sich bei vier Testpersonen, die mit runden bzw. elliptischen Kettenblättern fuhren, jeweils identische Leistungskurven, nur die fünfte, Harrison selbst, erreichte mit Hilfe elliptischer Kettenblätter eine Leistungssteigerung von 12,5%.

Eine allerdings unveröffentlichte Studie des Autors von "Bicycling Science" Frank Rowald Whitt ergab für elliptische Kettenblätter mit Ovalitätsgraden von 1,2 und mehr eine grundsätzliche Leistungsminderung. Mit sogenannten „Thetic-type“ Kettenblättern mit einem Ovalitätsgrad von 1,1 gelang es einigen Testfahrern, ihre Leistung "um einige Prozente" zu verbessern, ein Leistungsverlust wurde jedoch bei keinem der Testpersonen ermittelt.

Daraus ist trotz der mangelhaften Forschungsarbeiten zu folgern, dass, wenn überhaupt eine Leistungsverbesserung zu verspüren ist, diese doch sehr gering sein muß.

Des weiteren kann man diesen Untersuchungen entnehmen, dass eine Verbesserung des Wirkungsgrades ebenso wie beim runden Tritt nicht zwangsläufig eine Leistungsverbesserung zur Folge haben muß, sondern zusätzlich "eine Optimierung der Trettechnik auch immer die Prozesse der Energiebereitstellung berücksichtigen muß" (5).

Die Definition des Wirkungsgrades sollte also verändert werden, statt der Relation

von Pedalkraft zu Tangentialkraft sollte man dazu übergehen die vom Fahrer aufgebrauchte Leistung und zwar nicht nur die am Pedal meßbare mit der Abtriebsleistung ins Verhältnis zu setzen. Ein objektiver Leistungsvergleich wäre beispielsweise mit Hilfe eines Pulsvergleiches zu realisieren.

Ein weiteres Problem der Realisierung dieser Idee ist wie in der Einleitung angesprochen die Biomechanik des menschlichen Organismus: der extreme Drehmomentwechsel während der Bewegung. Bei horizontaler Kurbelstellung wird durch den großen Radius eine zu große Kraft auf das Knie provoziert und die vertikale Stellung in welcher die Richtungsänderung der Kniebewegung stattfindet wird durch den kleinen Radius zu schnell durchlaufen. Was auf dem Papier so genial aussieht hat sich aufgrund angesprochener Probleme nie in der Praxis durchsetzen können.

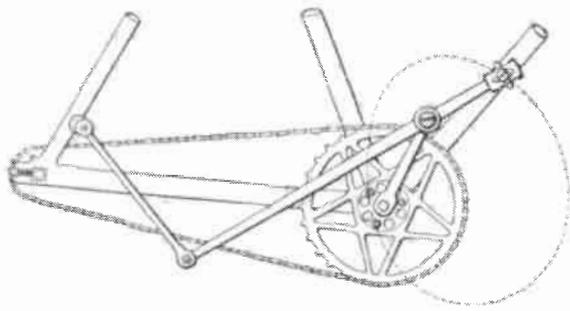
4.2. dynamischer Gedankengang

Diese Idee beruht auf Computeranalysen von Tretbewegung und Tretkraft, die in den 80-er Jahren von Shimano durchgeführt wurden und nennt sich Biopace.

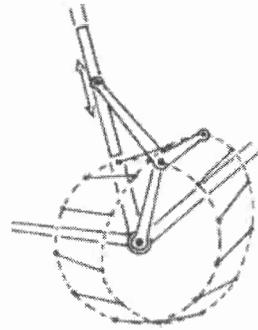
Unterstützt durch Errungenschaften vieler Forschungsarbeiten zur Biomechanik und der Muskelphysiologie des Menschen, setzte sich ein Forschungsteam das Ziel, die menschliche "Antriebsmaschine" in ihrer Wirkung zu optimieren.

Der Physiologe und Nobelpreisträger A.V.Hill demonstrierte in einem klassischen Versuch das Verhältnis von Kraft und Kontraktionsgeschwindigkeit der Skelettmuskulatur mit Hilfe eines elektrisch stimulierten Froschbeinmuskels. Dabei ist erarbeitet worden, dass die Leistung nur in einem bestimmten Verhältnis von Kraft und Geschwindigkeit zueinander maximal ist. Der Muskel arbeitet also während eines bestimmten Geschwindigkeit-Kraft-Verhältnisses optimal.

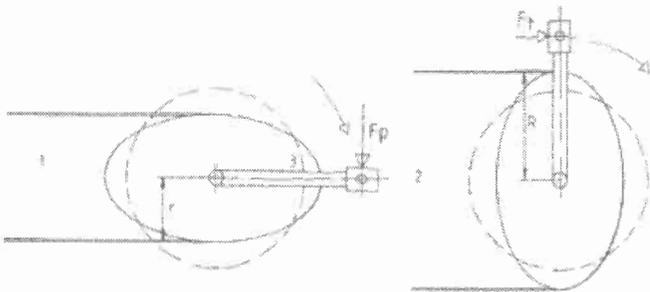
Der Mensch ist somit bemüht, eine für ihn angenehme Pedalkraft und Trittfrequenz bei möglichst gleichbleibender Leistung zu erreichen, durch die Erfindung der Gangschaltung konnte diese Widerstandsanpassung, auch „impedance matching“ genannt, beim Fahrrad realisiert werden.



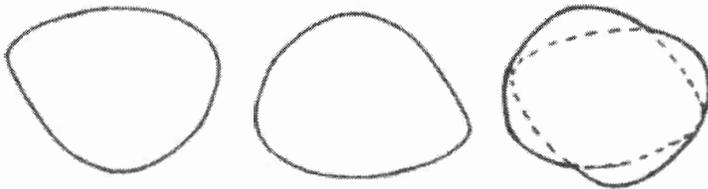
Der abgebildete Hebelmechanismus hat zwei Funktionen: Zum einen soll der wirksame Hebelarm verlängert werden, zum anderen werden die Totpunkte überwunden (siehe Schiefferdecker, a.a.O., S. 143)



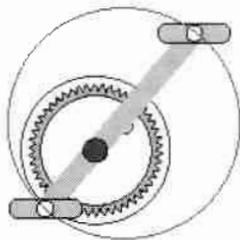
Die Z-Traction ist eine andere mechanische Vorrichtung aus den 1980er Jahren mit der gleichen Zielsetzung wie der Hebelmechanismus links (siehe PRO VELO 1, S. 27 und PRO VELO 24, S. 24 f)



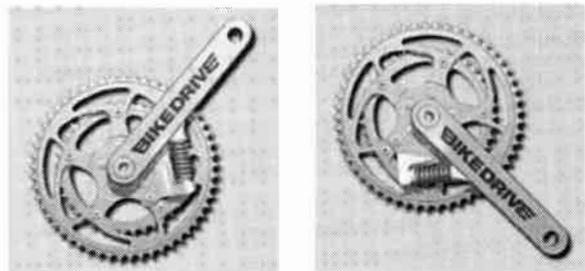
Mit Hilfe des elliptischen Kettenblattes soll das Problem des ständigen Kraftwechsels während einer Kurbelumdrehung entschärft und der Drehmomentverlauf geglättet werden. Im Bereich 3 (linkes Bild) ist die Pedalkraft F_p am größten, dort wird der wirksame Hebelarm r verringert. Im Bereich des oberen unteren Totpunktes (siehe rechtes Bild) findet der kleine tangentielle Kraftanteil F_t einen größeren Hebelarm R vor und sorgt hier schon für ein minimales Drehmoment (Siehe Gressmann, a.a.O., S. 168)



Shimano „Biopace“. Der hier zugrundeliegende Gedanke ist dem des elliptischen Kettenblattes ähnlich: Um die bei waagerechter Stellung des Pedals auftretende Belastungsspitze zu glätten, wird die obere Seite des Ketteblattes abgeflacht (siehe linkes Bild). Wenn das andere Bein zutritt, ist das Kettenblatt um 180° gedreht (mittleres Bild). Nun müßte auch hier die obere Seite abgeflacht werden. Werden beide „Blätter“ aufeinandergelegt, erhält man die Form zweier ineinander verschachtelter Eier („punktsymmetrische Eikurve“); siehe Smolik/Etzel, Das große Fahrradlexikon, Bielefeld 1997, S. 62 f



Power Plus. Der Pedalarm wird stufenlos so verändert, dass die Pedale auf einem anderen Kreis mit einem anderen Mittelpunkt als das Kettenblatt verläuft (siehe www.dedalus.it/dema/Welcome_e.html)



Bikedrive. Nach Angaben des Herstellers (siehe www.bikedrive.com) soll merklich Kraft gespart werden. Ausschlaggebend hierfür sei die in der Radkurbel integrierte Spiralfeder, die für eine „runden Tritt“ Sorge. In der ersten Tretphase ($0^\circ-45^\circ$) wird dadurch „weicher“ getreten, weil sich die Spiralfeder zusammendrückt und in der Phase von $135^\circ-180^\circ$ die gespeicherte Energie als zusätzlichen Impuls wieder abgibt.

Ändert sich nun der Fahrwiderstand und somit das Abtriebsdrehmoment, so kann durch eine veränderte Übersetzung dieser so übersetzt werden, dass Antriebsleistung, Frequenz und Kraft konstant bleiben, natürlich auf Kosten der Abtriebsdrehzahl und somit der Fahrgeschwindigkeit.

Bei geringer Fahrgeschwindigkeit bevorzugt der Fahrer niedrige Frequenzen, da schnelle Beinbewegungen die Reibung in den Muskeln erhöhen und somit einen Verlust kinetischer Energie mit sich bringen würden.

Bei einer Tempoverschärfung wird der Fahrer zwar größere Übersetzungen wählen, aber die Trittfrequenz überproportional zur Übersetzung erhöhen, um eine größere Leistung zu erreichen. Wenn der Fahrer schließlich nicht mehr in der Lage ist, die Kraft aufzubringen, um die große Übersetzung zu fahren, wird seine Leistung abfallen.

Die gewählte Trittfrequenz (Kontraktionsrate der Muskulatur) scheint also die dem Fahrer abverlangte Leistung zu reflektieren: während die Trittfrequenz hoch ist, um große Leistungen zu erbringen, ist eine geringere Trittfrequenz bei kleinen Leistungen ökonomischer.

Die Kontraktionsgeschwindigkeit der Muskulatur beim Radfahren beträgt nur ein Drittel des Wertes beim Laufen bei gleicher Leistung und ist damit relativ gering.

Geht man nun davon aus, dass beim Laufen, der natürlichen Fortbewegungsform des Menschen, die Muskulatur in einer optimalen Geschwindigkeit kontrahiert, so wäre theoretisch eine Leistungsexplosion beim Radfahren zu erreichen, wenn es gelänge, die Kontraktionsgeschwindigkeit an die des Laufens anzunähern.

Das Fahrrad befreit uns zwar durch die Verwendung von Rädern teilweise von der Schwerkraft und verhilft uns durch eine höhere Übersetzung zu größerer Geschwindigkeit, zwingt uns jedoch in eine unnatürliche Bewegungsform, in der es uns nicht gelingt, unsere Leistung voll zu entfalten.

Die bis hier gemachten Aussagen sind allgemeingültig, nun gehen die Forscher jedoch zu einer Verallgemeinerung über, nachdem sie den Wirkungsgrad von Profiradsportlern und Freizeitfahrern bei 60 U/

min bestimmen und zu dem Ergebnis eines Unterschiedes von weniger als 10% kommen. Durch diese Untersuchung gestützt wird mit Hilfe der verallgemeinerten Wirkungslinien der Pedalkraft ein Modell entwickelt, das den Drehmomentverlauf der die Gliedmaßen der Beine verbindenden Hüft-, Knie- und Fußgelenke über eine Kurbelumdrehung darstellt.

Da die Gelenke miteinander verbunden sind, kann mit Hilfe des resultierenden Kraftvektors und des senkrecht darauf stehenden Hebelarms das Gelenkmoment errechnet werden.

Eine Kette ist immer nur so stark wie ihr schwächstes Glied. Da die Gelenke durch die Gliedmaßen verbunden sind, kann jeweils nur ein Gelenk, in diesem Fall das schwächste, sein maximales Drehmoment aufbringen. Im Bereich des physikalischen Optimums erfährt das Kniegelenkmoment eine Richtungsänderung und ist somit genau an dem Punkt, an dem eine maximale Kraft auf die Gliederkette wirkt, minimal, und die Muskelgruppen um das Knie werden überfordert. Des weiteren hat die Drehmomentänderung zur Folge, dass ein Umschalten der Muskeln, zwischen Agonisten (Beuger) und Antagonisten (Strecker) stattfindet, so daß diese sich in ihrer Wirkung behindern und teilweise aufheben.

Mit Hilfe einer High-Speed Filmanalyse wurde zudem festgestellt, dass zwar minimale Beschleunigungen während der Pedalbewegung auftreten, diese jedoch fast unerheblich sind, so daß die Winkelgeschwindigkeit der Pedale während einer Umdrehung fast konstant bleibt.

Von einer durch die Variation des Radiusverlaufes modifizierten Winkelgeschwindigkeit erhoffen sich die Forscher nun einerseits weniger Verlust kinetischer Energie durch ein angepaßtes impedance-matching, des weiteren ein einfacheres Umschalten zwischen entgegengerichteten Muskelgruppen, speziell in der Phase des wechselnden Kniemoments. Ein mit vorgegebenen Massen, Längen und Trägheitsmomenten versehenes mathematisches Modell ergibt nach einer Computersimulation ein Ergebnis für ein optimales „impedance match“ des Kniegelenkes, welches als schwächstes Glied der Kette signifikant für die Antriebsleistung ist.

Shimano entschied sich jedoch dafür, das aus dem Modell gewonnene Optimum nicht mechanisch, z.B. mittels einer Exzenter-Mechanik zu realisieren, sondern einfach ein nicht-rundes Kettenblatt, das nicht in der Lage ist, solch extreme Geschwindigkeitsschwankungen zu realisieren, inspiriert durch das mathematische Modell, zu konstruieren und zu fertigen.

Zuerst ging man von einem elliptischen Kettenblatt aus, das entgegengesetzt zum klassischen Modell um 90° gedreht wurde, was dem berechneten Ideal nahekam. Des weiteren ging man dazu über im Bereich der Richtungsänderung des Drehmoments die Änderung der Winkelgeschwindigkeit durch ein Auseinanderschleichen von Haupt- und Nebenachse abzufachen, wodurch man sich wie in der Theorie angesprochen ein einfacheres und verlustfreieres Umschalten der entgegengerichteten Muskelgruppen versprach.

Die von Shimano durchgeführten Untersuchungen zeigen tatsächlich über eine Kurbelumdrehung bei gleicher Leistung geringere Gelenkmomente, also eine deutliche Kraftersparnis.

Den Untersuchungen ist jedoch mit Vorsicht zu begegnen, da wie beim Vorgängermodell und dem runden Tritt eine Kraftersparnis oder ein verbesserter biomechanischer Wirkungsgrad nicht automatisch eine Leistungssteigerung zur Folge hat und ein objektiver Herzfrequenztest nicht durchgeführt wurde.

Ein von den Forschern begangener Fehler ist jedoch auf jeden Fall die Verallgemeinerung des Wirkungsgrades von Top-Athleten und Freizeitfahrern. Bei 60 U/min mögen diese Messungen stimmen, es wurde jedoch außer Acht gelassen, dass Spitzenfahrer in ihrer bevorzugten höheren Trittfrequenz einen Wirkungsgrad von über 85% erreichen, untrainierte dagegen gerade einmal 50% erzielen. Dieser Fehler wurde später durch eine, 1989 auf den Markt gebrachte, abgeflachte Biopace-Version „HP“ (High-Performance) genannt, versucht zu beheben, jedoch ohne den gewünschten Erfolg.

Es wäre zwar vermessen, die von mir erzielten Ergebnisse für die Winkelgeschwindigkeit der Kurbel gegen die eines Forschungsteams mit High-Speed Kameras in

Literaturverzeichnis

- [1] Bertelsmann Lexikon-Redaktion: "Bertelsmann Discovery" München: Bertelsmann Electronic Publishing GmbH 1996.
- [2] Brown, Sheldon: "Biopace" (<http://www.sheldonbrown.com/biopace.html>)
- [3] Casper, Peter: "Biomechanik in den Sportarten" 1996 (<http://www.sportbox.de/Kompendium/ktiii7a-c.htm>)
- [4] Gressmann, Michael: "Fahrradphysik und Biomechanik" 6. überarbeitete Auflage, Kiel: Moby Dick Verlag 1995.
- [5] Hillebrecht, Martin u.a.: "Trittechnik im Radsport: Der "runde Tritt" – Mythos oder Realität?" (www.martinhillebrecht.de)
- [6] Konopka, Peter: "richtig rennfahren" München: BLV Verlagsgesellschaft 1987.
- [7] Mirow, Bernd: "Physikformeln / Sekundarstufe 2" 10. Auflage, Bonn: Dümmlers Verlag 1996.
- [8] Okajima, Shinpei: "Designing Chainwheels to Optimize the Human Engine" Bike Tech, Band 2, Nummer 4, August 1983.
- [9] Sieber, Helmut u. Huber, Leopold: "Mathematische Formelsammlung für Gymnasien" 1. Auflage, Stuttgart: Ernst Klett Verlag GmbH 1992.
- [10] Whitt, Frank Rowland u. Wilson, David Gordon: "Bicycling Science" 2. Auflage, Cambridge, Massachusetts: The MIT Press 1982.

die Waagschale zu werfen, aber sie sollten zumindest aufzeigen, dass der Geschwindigkeitsverlauf nicht zwangsläufig gleich-

mäßig sein muß, sondern bei „impulsbetonter Pedalführung“ durchaus nicht zu vernachlässigende Beschleunigungen zu vermerken sind, die im Übrigen dem von den Wissenschaftlern geforderten optimalen Geschwindigkeitsverlauf sehr nahe kommen.

5. Resümee

Die Situation der Leistungssportler hat sich insofern dramatisiert, dass die trainingsmethodische Belastbarkeit mit Tagesumfängen bis zu 300 km nahezu ausgeschöpft ist und die Leistungsdichte stets zunimmt. Somit können minimale Vorteile gegenüber dem Gegner das Zünglein an der Waage sein, dass über Sieg oder Niederlage entscheidet, seien diese nun chemischer (Doping) oder physikalischer Natur. In dieser Situation würden die Profis nach jedem sich bietenden Strohalm greifen, um den entscheidenden Vorteil auf ihrer Seite zu haben, tun sie dies in diesem Fall nicht, so wird das schon seinen Grund haben.

Profisportler, die die meiste Zeit des Tages auf dem Fahrrad verbringen, mögen ihre Tretbewegung perfektioniert haben, ohne abhängig von drehmomentwandelnden Kettenblättern zu sein. Wie sieht es jedoch mit der breiten Bevölkerungsmenge aus, die nur gelegentlich das Fahrrad als Fortbewegungsmittel nutzt? Für dieses Klientel scheint mir Biopace durchaus von großem Nutzen zu sein, da es für niedrige Trittfrequenzen, welche vom Alltagsfahrer bevorzugt werden, konzipiert wurde und der Wirkungsgrad derer wesentlich geringer ist als der von Profifahrradfahrern in ihrer bevorzugten hohen Frequenz. Biopace kann also gerade Freizeitfahrern helfen, ei-

HP-Velotechnik • Optima • Hase • Flux
Radius • Bike E • Anthrotech • Sinner
Challenge • Radical Liegeradtaschen
Verkleidungen • Sitze • Selbstbauteile
Falträder • Tandems • Kinderkram ...

„Da leg'n wir uns doch lieber hin...“

Riedel, Weiß und Wittig GbR
Reuterstr. 3 - 91522 Ansbach
fon: 0981/135 01
fax: 0981/972 47 45
e-mail: fahr-radikal@t-online.de

Öffnungszeiten:
Mo., Mi. 9 - 13 u. 14 - 18 Uhr,
Do., Fr. 9 - 13 u. 14 - 19 Uhr, Sa. 9 - 14 Uhr

Fahr'Rad!
www.fahr-radikal.de

4. Heynische-Lippenstraße, 04109, Jula 2000 • Fax: 36731033
E-Mail: fahr-radikal@t-online.de

nen erhöhten Wirkungsgrad zu erzielen.

Das oft zu hörende Argument: was Profis ablehnen kann auch für mich nicht gut sein, denn die müssen es ja wissen, hat jedoch leider viel zum Untergang asymmetrischer Kettenblätter beigetragen. Sie sind nur noch begrenzt in einigen speziellen Fahrradzubehörekatalogen zu bestellen und selbst im Fachhandel nicht mehr zu bekommen.

In Zukunft werden optimierte Fahrradantriebe wohl immer mehr an Komplexität zunehmen, was ein Blick auf die boomenden Sportmessen verrät, dort werden bereits wie auf der Eurobike 1998 dynamische Tretkurbeln angeboten, die mittels Exzenter-Mechanik je nach Kurbelstellung ihre Länge verändern, oder die brandneuen Bikedrive-Kurbeln, die mittels einer Federmechanik nach Angaben des Herstellers einen verbesserten Wirkungsgrad von angeblich bis zu 20% erzielen sollen.

Thilo Klein

Leistungsoptimierung messbar?

Messvorrichtung für alternativen Fahrrad Antrieb

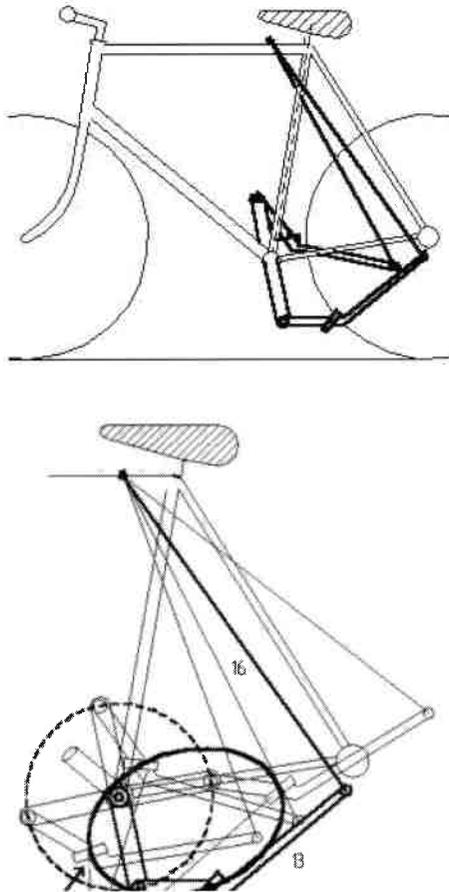
Es geht um die Frage, ob und wie man verschiedene Pedalformen anhand objektiver Kriterien vergleichen kann, um die Bauform eventuell zu optimieren

Für den Fahrradfahrer ist es relevant, ob er mit einer Änderung am Fahrrad einen praktischen Nutzen erfährt. Dieser besteht neben Kriterien wie Benutzerfreundlichkeit und Fahrgefühl vor allem darin, ob er damit einen Geschwindigkeitsvorteil erzielt. Ich gehe davon aus, dass beim Fahrradfahren der Leistungsumsatz des Körpers (ausgedrückt als Sauerstoffumsatz VO_2) der limitierende Faktor ist und möchte die bei einer bestimmten VO_2 an das Fahrrad oder Ergometer abgegebene Leistung als aussagekräftigsten Wert zur Beurteilung des Wirkungsgrades eines Pedalsystems vorschlagen.

Verglichen wurde das Standardpedal mit 175 mm Kurbellänge mit einem modifizierten Pedal mit elliptischer Fußbahn wie in Zeichnung 1 am Ende beschrieben.

Diese Messungen sind mit 6 Probanden am Sportmedizinischen Institut der Uni Hamburg in Absprache mit Professor Braumann von dem Assistenzarzt M. Schöb durchgeführt worden. Sie wurden nach einem Standardprotokoll zur Leistungserfassung auf dem Fahrradergometer, dem Stufenergometertest, durchgeführt. Hierbei muss jeder Proband zunächst 50 Watt leisten, dann wird die Leistung in jeder Minute stufenweise um 15 Watt erhöht bis zum Abbruch wegen Erschöpfung. Die Durchführung und Messwerterfassung erfolgte dabei computergesteuert. Gemessen werden folgende Werte:

- VO_2 , (in Liter pro min und kg Körpergewicht), aus Atemvolumen und Differenz des Sauerstoffgehaltes der Ein- und Ausatemluft,
- die an das Fahrradergometer abgegebene Leistung in Watt, (Leistung = Kraft x



Weg, das Ergometer regelte den erforderlichen Pedalwiderstand (Kraft) so, dass bei der gemessenen Drehzahl (Weg) die erforderliche Leistung durch den Generator abgeführt wird)

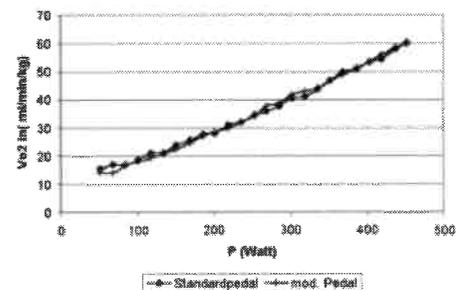
- Herzfrequenz und
- Laktatkonzentration im Blut. Aus den Laktatmessungen wurden nach der LT+1,5mmol/l-Methode (1) die aerob/anaerobe Schwelle ermittelt, Leistungssportler leiten daraus die Obergrenze ihrer Dauerleistungsfähigkeit ab.

Generell liegen der Messung folgende wissenschaftlich generell anerkannte Überlegungen zugrunde:

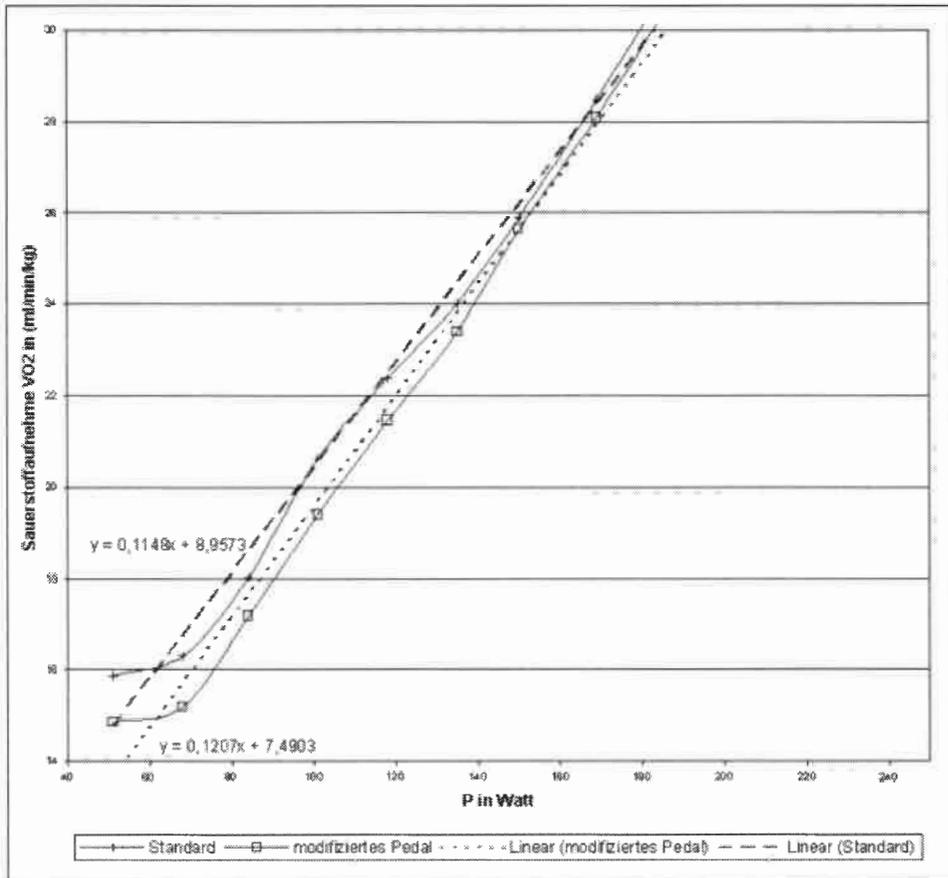
Es gibt eine nach außen abgegebene Leistung, die am Fahrradergometer gemessen werden kann. Im Körper gibt es Verluste (Reibungsverluste, etc), zur Erbringung der abgegebenen Leistung muss im Körper eine höhere Leistung umgesetzt werden. Da diese aus sauerstoffzehrenden Verbrennungsprozessen entsteht, gilt der Sauerstoffverbrauch (VO_2) als valideste Meßgröße zur Bestimmung der im Körper umgesetzten Leistung. Die VO_2 besteht aus zwei Komponenten, dem Grundumsatz, der auch in Ruhe zur Aufrechterhaltung der Lebensprozesse benötigt wird und dem leistungsbedingten Umsatz. Da man den Grundumsatz nicht genau bestimmen kann und will, misst man nur VO_2 -Differenzen und setzt sie in Bezug zur Ergometerleistung. Die VO_2 steigt mit der Leistung etwa linear vom Grundumsatz bis zu einem Maximalwert an. Ähnlich verhält es sich mit der Herzfrequenz, die Messung ist etwas ungenauer. Die VO_2 ist nach vorheriger Eichung recht genau bestimmbar.

Durchführung der Messung

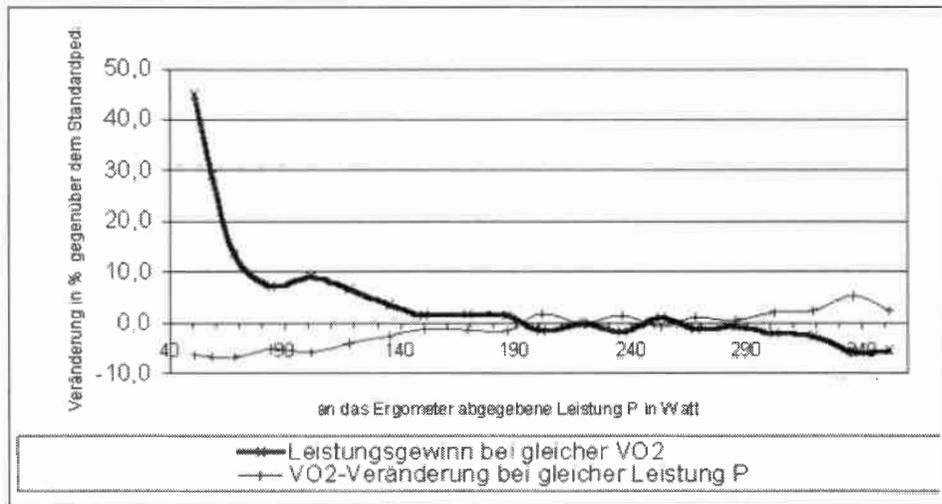
Zunächst mussten alle Probanden den Stufenergometertest mit dem Standardpedal durchführen bei einer konstanten Trittfrequenz, im Schnitt 70 UPM. Unter möglichst gleichartigen Bedingungen (Gleiche Tageszeit, gleicher Trainingszu-



Grafik 1



Grafik 2



Grafik 3

stand, gleiche Trittfrequenz etc) wurde zu einem späteren Zeitpunkt die gleiche Messung mit dem modifizierten Pedal durchgeführt. Beide Messungen wurden verglichen.

In der ersten Grafik habe ich ein typisches Ergebnis dargestellt. Große Unterschiede sind nicht zu erkennen. Der Sauerstoffverbrauch beim Standardpedal liegt im Leistungsbereich bis 200 Watt generell

höher als beim modifizierten Pedal, ab 200 Watt ist der Trend etwa umgekehrt. Deutlicher wird dies erst in Grafik 2 und 3.

In Grafik 2 sind die Mittelwerte aller 6 Probanden dargestellt, hier im Leistungsbereich bis etwa 180 Watt, wo die Unterschiede zwischen beiden Messungen groß sind.

Eine Steigerung der Maximalleistung konnten wir beim modifizierten Pedal im Vergleich zum Standardpedal nicht verzeichnen, das modifizierte Pedal ist im Leistungsbereich bis 180 Watt besser.

Die prozentualen Unterschiede der VO_2 bei gleicher Leistung sind in der dritten Grafik dargestellt (dünne Linie). Der Trend ist erkennbar, bis 180 Watt sind die Standardpedale unterlegen, oberhalb die modifizierten. Zur Erzeugung von 100 Watt Ergometerleistung verbrauchten die Probanden im Schnitt 5% Sauerstoff mehr, wenn sie die Standardpedale benutzten. Bei 300W Ergometerleistung etwa 1% weniger, das heißt, hier waren die Standardpedale effizienter. Diese Werte ergaben sich aus der vertikalen Verschiebung der beiden in Grafik 2 dargestellten Meßkurven. Diese Werte stellen die Summe von grundumsatzbedingter und leistungsbedingter VO_2 -Differenz dar.

Für den Benutzer ist es aber relevant, wie schnell er mit dem Fahrrad unterwegs ist und ob die modifizierten Pedale für ihn einen Geschwindigkeitsvorteil bringen. Ihn interessieren daher die Leistungsunterschiede bei gleicher subjektiver Anstrengung.

Hierzu habe ich die Leistungsunterschiede bei gleicher VO_2 ermittelt (dicke Linie). Diese entsprechen der horizontalen Verschiebung der beiden Meßkurven in Grafik 2. Diese Meßwerte spiegeln den tatsächlichen 'Profit' beim Fahren mit den modifizierten Pedalen wieder.

Zum Beispiel wurden bei einer Ergometerleistung mit dem Standardpedal von 68 Watt eine durchschnittliche VO_2 von 16,3 (l/min x kg) ermittelt. Bei dem gleichen Sauerstoffverbrauch (16,3l) leisteten die Probanden mit dem modifizierten Pedal durchschnittlich 13% mehr, nämlich 77 Watt. Die Meßtoleranz bei der grafischen Auswertung ergibt etwa einen Fehler von +0,5%.

Anmerkungen:

- (1) LT = Lactate threshold aus Röcker, K; Dickhuth HM; Einige Aspekte zur Festlegung der Dauerleistungsgrenzen; Clasing, D (Ed.) Laktatsymposium Berlin 1992
- (2) von 11.99, ebenfalls mit 6 anderen Probanden in der Reha Bergedorf. Hier wurde aber nur die Herzfrequenz gemessen, die wie die VO_2 mit der Ergometerleistung ansteigt, aber zu größeren Meßwertschwankungen neigt.
- (3) 8,96 l Sauerstoffverbrauch : 0,115 Watt pro l Sauerstoffverbrauch = 51W
- (4) Dass nur ein geringer Teil dieser kinetischen Energie an den Totpunkten in der Pedalschwungmasse gespeichert wird, konnte ich in einer anderen Versuchsanordnung mit einer 20fach vergrößerten Pedalschwungmasse zeigen. Hier wurde ein Schwungrad über ein Getriebe fest an das Tretlager gekoppelt und Klickpedale verwendet. Es zeigten sich keine Unterschiede.
- (5) Direct determination of the internal mechanical work and the efficiency in bicycle pedalling; Kaneko et al. J.Physiol.Soc.Japan 41.S. 68-69. (1971)
- (6) Diese Studie zeigt einige Schwachpunkte, beispielsweise wurden nur 3 Probanden ausgewertet. Es war aber die einzige Studie mit einer Effizienzmessung bei Fahrradpedalen, die es bis in eine medizinische Fachzeitschrift geschafft hat. Die anderen Studien zeigten wohl noch größere methodische Mängel und waren wohl hauptsächlich für Werbezwecke da. Bei 100W Ergometerleistung ermittelte er bei 50 UPM 20% Verluste und bei 200W 10%. Daraus kann man eine Leerlaufleistung von 20 Watt (bei 50 UPM) extrapolieren. Die kinetischen Verluste steigen im Quadrat zur Trittgeschwindigkeit ($E=1/2mv^2$), bei 70 Upm würden sie dann etwa 40 Watt betragen.
- (7) 7,5 l Sauerstoffverbrauch : 0,12 Watt pro l Sauerstoffverbrauch = 32W.
- (8) Bei der Einzelauswertung hatte dieser Fahrer den höchsten Effizienzgewinn von 36% bei 68 W, 18% bei 100W, bei 150W noch 5% und bei 250W 1% schlechter. Bei 50 Watt lag der Sauerstoffverbrauch 6% niedriger, bei 100 W 3,6%. Dies führt zu einem relevanten Geschwindigkeitsgewinn im Alltag und auf langen Strecken.
- (9) Nach meiner Auswertung von Messungen von W. Petzke mit der Caloped® Kraftmeßkurbel zu etwa 40% von der knieumgreifenden Muskulatur, etwa 60% leistet die Hüftmuskulatur.

Auswertung

Es fällt nun auf, dass der Wirkungsgradunterschied zwischen beiden Pedalformen bei einer Ergometerleistung von 50 W am größten ist (durchschnittlich 45%) und dann abfällt, bei 100 Watt beträgt der Unterschied noch 10%. Es zeigten sich ähnliche Ergebnisse wie in meiner ersten Studie (2).

Die Messwerte decken sich mit dem subjektiven Fahrgefühl der Fahrer, im unteren Leistungsbereich empfanden es die meisten nach einigen Minuten Eingewöhnung das modifizierte Pedal als angenehmer zu fahren, ab 200 Watt waren die Standardpedale angenehmer.

Wie ist der Unterschied zwischen beiden Pedalformen zu deuten?

Die Kurve verdeutlicht zwei sich überlagernde Effekte:

- Erstens einen geschwindigkeitsabhängigen Vorteil gegenüber dem Standard-

pedal, der mit zunehmender Leistung rasch abfällt.

- Zweitens einen Nachteil gegenüber dem Standardpedal, der langsam linear mit der Leistung zunimmt.

Bei dem Ersten handelt es sich um einen leistungsunabhängigen Vorteil, der aus Grafik 2 ermittelt werden kann. Da die VO_2 linear zur abgegebenen Leistung zunimmt, ist es zulässig, eine lineare Regression durchzuführen. Für das Standardpedal ist dies die gestrichelte Linie, die dazugehörige Regressionsgleichung lautet $y=0,115x+8,96$.

Im „Leerlauf“ bei $x=0$ beträgt y , die VO_2 dann 8,96. Da $\Delta y = 0,115 \Delta x$, (3) entspricht dieser Sauerstoffverbrauch einer Leistung von 51 Watt, dies entspricht der Leerlaufleistung des Standardpedals. Es handelt sich dabei keinesfalls um Lagerverluste oder ähnliches! Warum treten überhaupt Verluste auf?

Die Pedalbewegung erfolgt rund und kontinuierlich und fast verlustfrei. Die Beinbewegung erfolgt aber diskontinuierlich. Am oberen Totpunkt zum Beispiel muss fast die gesamte Beinmasse in Abwärtsrichtung beschleunigt werden und wird am unteren Totpunkt sachte wieder abgebremst. Die in der Abwärtsbewegung erhaltene kinetische Energie wird beim Abbremsen zum Teil wieder vernichtet (4).

Die Leistung von 51W musste im Durchschnitt bei 70 UPM aufgebracht werden, um die diskontinuierliche Tretbewegung auszuführen. Dieser Wert liegt in der gleichen Größenordnung wie die von Kaneko (5) gemessenen Werte (6).

Aus der Regressionsgleichung des modifizierten Pedales (gepunktete Linie in der Grafik mit der dazugehörigen Gleichung $y=0,12x+7,5$) ergibt sich eine Leerlaufleistung von 32 Watt (7).

Die Tretbewegung auszuführen, 'kostet' beim modifizierten Pedal damit im Schnitt

19 Watt weniger. Wenn wenig Leistung umgesetzt wird, fällt dieser Vorteil stark ins Gewicht, im oberen Leistungsbereich immer weniger. Deshalb fällt der Leistungsgewinn bei gleicher VO_2 von einem hohen Anfangswert rasch ab.

Wir haben mit Absicht recht verschiedene Probanden getestet, unser am wenigsten körperlich trainierter Fahrer konnte am wenigsten vom modifizierten Pedal profitieren (Leerlaufleistung 47 W Standardpedal, 63 Watt beim mod. Pedal). Bei den gut trainierten Radfahrern lag die Leerlaufleistung im Schnitt bei 54W beim Standardpedal und bei 39W beim modifizierten. Bei dem einzigen Fahrer, der schon länger an die modifizierten Pedale gewöhnt war, waren die Werte 39 und 6 Watt. Hier lag wohl schon ein „Lernerfolg“ vor, ähnlich wie die Bedienung des Standardpedals durch Üben optimiert werden kann (8).

Zur Erklärung des zweiten Effektes betrachte man Zeichnung 1: Das modifizierte Fahrradpedal ist so ausgelegt, dass die Winkeländerung im Knie beim Treten die gleiche wie beim Standardpedal ist, weil der horizontale Pedalweg etwa gleich ist.

Der vertikale Pedalweg betrifft weniger das Knie, er hat seine Hauptauswirkung auf die Winkeländerung des Hüftgelenkes. Der vertikale Pedalweg (Hubweg) ist um 1/3 vermindert und damit ist beim Treten die Winkeländerung im Hüftgelenk um etwa 1/3 geringer. Aus der Hüfte wird beim Pedalieren zwar viel Leistung erbracht, jedoch treten dabei viel größere Verluste als im Knie auf. Es müssen nämlich große Massen (= das ganze Bein) hin und wieder her beschleunigt werden, jedes Mal geht ein Teil der in der Bewegung gespeicherten Energie beim Abbremsen an den Totpunkten wieder verloren. Das gleiche gilt für das Knie, hier wird aber lediglich der vergleichsweise leichte Unterschenkel einschließlich des Fußes beschleunigt. Dies kostet weniger Energie. Das heißt, eine Winkeländerung im Knie zur Leistungserbringung ist mit geringeren Beschleunigungsverlusten behaftet als die gleiche Winkeländerung in der Hüfte.

Die Gesamtleistung wird erbracht von der knieumgreifenden Muskulatur einerseits (zuständig etwa für die Leistungserbringung in horizontaler Richtung) und

der hüftumgreifenden Muskulatur (9). Die Hüftmuskulatur wird wegen des kleineren Arbeitsweges aber mit höheren Drehmomenten belastet, soll sie die gleiche Leistung erbringen. Dieser Effekt wirkt sich nachteilig aus und steigt proportional zur Leistung an. Dies erklärt auch den früheren Laktatanstieg bei allen Probanden. Die Laktatkurve (nicht eingezeichnet) stieg früher an, die aerob/ anaerobe Schwelle lag beim Standardpedal im Schnitt bei 260 Watt, bei dem anderen bei etwa 240 Watt. Dass man diesen Effekt durch Training beeinflussen kann, lassen die Laktatwerte des Probanden vermuten, der schon länger die modifizierten Pedale benutzte. Hier differenzierten die Laktatwerte erst ab 200W.

Ich hoffe, dass ich überzeugend darstellen konnte, dass durch eine Änderung des Bewegungsablaufes beim Treten die Effizienz des Fahrradfahrens beeinflusst werden kann und gehe davon aus, dass durch gezielte Forschung eine weitere Verbesserung in diesem Bereich möglich ist.

Peter Kotlarov, Verden

Der Spezialist für Spezialräder:



Marienstraße 28 · 30171 Hannover
 Telefon 0511 / 71 71 74
 Mo - Fr 10 - 18 (Mi ab 14 Uhr) Sa 9 - 13 Uhr
www.raederwerk-gmbh.de

Wenn die Puste ausgeht:

Luftpumpen für Fahrräder

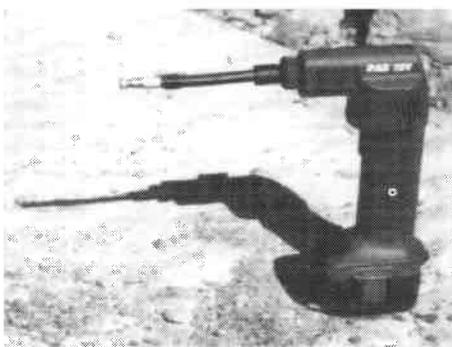
In ihrer Luftpumpe sehen Radfahrer oft nur ein notwendiges Übel. Mit ihr befassen sie sich gewöhnlich erst dann einmal etwas näher, wenn es Probleme gibt. Etwa wenn die alte Pumpe und die Reifenventile des neuen Velos nicht miteinander harmonieren. Oder wenn sich mit einer schlichten Plastikpumpe nicht genug Druck im Reifen aufbauen lässt. Mittlerweile werden selbst ganz alltägliche Fahrräder mit einem relativ hohen Reifendruck von vier bis sechs bar gefahren. Bei Rennrädern können es sogar bis zu zwölf bar sein. Ein derartig hoher Luftdruck überfordert die alten, für zwei bis drei bar ausgelegten Einfachpumpen. Leistungsfähige Luftpumpen gibt es heute in großer Auswahl. Ein nicht immer zufriedenstellend gelöstes Problem ist aber die Ventiladaptation. Am Fahrrad sind heute drei Ventilarten weit verbreitet: Das klassische Dunlop-Ventil, mit seiner primitiven Schlauchdichtung. Es wird in dieser schwergängigen Ausführung nur noch bei Billigvelos montiert. Heute kommt das Dunlop-Ventil zumeist mit einem Blitzventileinsatz daher. Dann das Schrader-Ventil der Autoreifen, das vor allem an Mountainbikes zu finden ist. Und schließlich das Schlaverand-, Presta- oder Rennventil, das in der Schweiz wegen seiner Form auch Spitzventil genannt wird. Es dichtet besonders zuverlässig, wenn es richtig zugeschraubt wird. Die Folge dieser Vielfalt: Ventil und Luftpumpe passen nicht immer zueinander.

In der oberen Preisklasse sind jetzt zwei Luftpumpen völlig unterschiedlicher Bauart auf den Markt gekommen.

Der Standkompressor „Airbase“ vom Luftpumpenspezialisten SKS aus Sundern im Sauerland, der mit einem neuartigen Ventiladapter aufwarten kann. Der Kompressor kostet 120 Mark und wird mit Muskelkraft betrieben. Mit Motorkraft arbeitet hingegen die Akku-Druckluftpumpe



„Airbase“ von SKS mit neuartigem Ventiladapter für 120,- DM



Akku-Druckluftpumpe „PAG 12 V“ von Bosch

„PAG 12 V“ von Bosch, für die der Hersteller einen Ladenpreis von 176 Mark empfiehlt. Beide Pumpen sind in der Lage, in Reifen binnen kurzem einen sehr hohen Luftdruck aufzubauen. Bosch gibt für die „PAG 12 V“ in vornehmer Zurückhaltung

einen Maximaldruck von 10 bar an. In der Praxis sind es jedoch stattliche 12 bar. Der Standkompressor von SKS schafft sogar enorme 16 bar, die wohl kaum ein Velopneu unbeschadet überstehen dürfte.

Bei der Maschine von Bosch kann man sich während des Pumpens ausruhen. Ein Knopfdruck und der Motor legt los. Aber auch beim Kompressor von SKS wird das Pumpen nicht zu einer schweißtreibenden Angelegenheit. Es geht überraschend leicht und zudem auch sehr schnell. Schneller sogar als mit der Elektropumpe. Zwar dauert das eigentliche Pumpen mit der Maschine nur ein wenig länger als mit dem Kompressor. Zeit kostet aber das etwas umständliche Anbringen der Ventiladapter der Akkupumpe. Die werden, was hier zu Lande ungewöhnlich ist, auf die Ventile geschraubt und nicht aufgesteckt. Ein entsprechender Hinweis fehlt in der sonst durchaus hilfreichen Bedienungsanleitung von Bosch. Die Akkupumpe wird mit Anschlüssen für alle gängigen Fahrrad-Reifenventile sowie mit Adaptern für Bälle und Luftmatrizen ausgeliefert. Zum Aufpumpen von Luftmatrizen oder gar von Schlauchbooten taugt die Maschine jedoch nur bedingt, da sie, wie auch das Modell von SKS, für einen hohen Druckaufbau ausgelegt ist, nicht aber für eine große Volumenleistung. An Schrader-(Auto-) und an Dunlopventilen arbeitet die Bosch-Pumpe auch bei hohem Druck einwandfrei. In der Regel auch an Schlaverand-Ventilen. Probleme kann es allenfalls bei einigen recht seltenen Varianten des Schlaverand-Ventils geben. Und zwar dann, wenn die Stirndichtung des Adapters am Ventil nicht genügend Halt findet. Die Akkupumpe misst während des Pumpens auch den Reifendruck. Die recht genauen Messergebnisse werden in einem kleinen, beleuchteten Display wahlweise in den Maßeinheiten bar, psi und kg/cm² angezeigt. Die Zif-

fern der Druckanzeige lassen sich gut ablesen, nicht jedoch die Angabe der gewählten Maßeinheit. Mit einer Akkuladung lassen sich mehrere platte Fahrradreifen aufpumpen. Liefert der Nickel-Cadmium-Akku keine Energie mehr, dann lädt ihn das mitgelieferte Ladegerät in etwa drei Stunden wieder auf. Der Akku lässt sich auch an anderen Elektrowerkzeugen von Bosch einsetzen. Ein Ersatzakku kostet 89 Mark. Bosch bietet die Akkupumpe auch als etwas schwächer motorisierte Variante mit 9,6 Volt-Akku für 157 Mark an. Die soll für acht bar Druck gut sein.

Der neue Standkompressor "Airbase" von SKS unterscheidet sich von anderen Modellen vor allem durch sein bislang einzigartiges Ventilklemmsystem AACS (All Valves Adjustable Connecting System). Dieser zum Patent angemeldete Ventilkopf sorgt auch bei hoher Belastung für eine sichere Verbindung zwischen Pumpe und Reifen. Seine Handhabung ist denkbar einfach: Der AACS-Kopf wird auf das Ventil geschoben und dort mit einem Hebeldruck fixiert. Bei Dunlop- und bei Rennventilen muss der Hebel zudem vor dem Aufschieben in eine markierte Position gerückt werden. Das ist alles. Mit dem Kompressor pumpt es sich sehr angenehm, da eine Anschlagdämpfung die Handgelenke schont. Das durch eine Gummiummantelung stoßgeschützte Manometer zeigt gut ablesbar den Reifendruck exakt an. Das Alukompressionsrohr der "Airbase" steckt in einer massiven Graugussbasis, die zusammen mit den beiden gummierten Klappfüßen während des Pumpens für genügend Standfestigkeit sorgt. Zum Transport lässt sich der Doppelgriff des Kompressors verriegeln und dann als Tragegriff nutzen. Der Standkompressor "Airbase" von SKS überzeugt durch seine tadellose Verarbeitung und durch eine hervorragende Pumpleistung. Verschleißteile (Dichteinsätze) lassen sich einfach austauschen und sind mit denen anderer Pumpen aus dem Hause SKS kompatibel.

Zu einer ganz anderen Preis- und Gewichtsklasse gehören die Mini-Fußluftpumpe von Bikers Dream und die futuristisch anmutende Kompaktpumpe "Lambda Jet" von Sigma. Die eine Velopumpe, die von Sigma, ist brandneu.



Mini-Fußpumpe von „Bikers Dream“ für ca. 50,- DM



„Lambda Jet“ von Sigma für ca. 40,- DM; oben auseinandergezogen, unten kompakt

Infoadressen:

- Robert Bosch GmbH, Telefon (0180) 3335799, www.bosch-pt.de
- Bikers Dream, Tel.: 08368/913940, www.bikersdream.de
- Sigma Sport, Tel.: 06321/9120-0, www.sigmasport.com
- SKS Metaplast GmbH, Tel.: 02933/831-0, www.sks-germany.com

Sie kostet rund 40 Mark. Die andere wird schon etwas länger für 50 Mark angeboten. Beide Pumpen sind extreme Leichtgewichte. Sie wiegen jeweils nur knapp 300 Gramm, das Modell von Bikers Dream ohne Zubehör sogar nur 220 Gramm. Die "Lambda Jet" kommt ohne Zubehör aus, weil Sigma alle relevanten Komponenten

mit dem Aluzylinder der Pumpe verbunden hat. Es kann kein Teil verloren gehen. Weil viele der Teile ineinander geschoben und miteinander verriegelt sind, erschließt sich die Funktionsweise dieser Pumpe nicht auf Anhieb. Nach dem Herausziehen des Ventilkopfes wird die "Lambda Jet" durch Herausklappen von Handgriff und Fußstütze zu einer kleinen Standluftpumpe. Der Ventilkopf wird mit einem Spannhebel auf dem Ventil befestigt. Mit seinem reversiblen Adapter lässt sich der Kopf an die verschiedenen Ventiltypen anpassen. In den Ventilkopf wurde ein kleines Manometer integriert, das den Reifendruck recht genau anzeigt. Die "Lambda Jet" ist mit einem Spanngummi ausgestattet, der die Pumpe am Velorahmen halten soll. Doch selbst das Umspannen nicht allzu dicker Rahmenrohre gelingt kaum, weil das Gummiband zu kurz ist.

Die Mini-Fußpumpe von Bikers Dream lässt sich hingegen gut mitnehmen. Sie wird in die mitgelieferte kleine Tasche gesteckt und dann an den Sattel oder an ein Rahmenrohr gehängt. Die Tasche bietet sich auch als Aufbewahrungsort für die diversen Ventiladapter der Pumpe an. Die Adapter werden auf die Ventile geschraubt. Das ist etwas umständlich und dauert länger als das Aufstecken des Ventilkopfes von Sigma. Auch das Modell von Bikers Dream kann mit einem kleinen Manometer aufwarten. Die Pumpe hat einen Kunststoffkörper und sollte daher besser nicht allzu großen Belastungen ausgesetzt werden. Bei einer Reifenpanne unterwegs kann sie jedoch gute Dienste leisten.

Beide Anbieter geben für ihre Pumpen hohe maximale Druckleistungen an. Bikers Dream 10 und Sigma 12 bar. Dabei dürfte es sich jedoch eher um theoretische Werte handeln. Denn in der Praxis fällt es schwer, mit den kleinen Pumpen einen derartig hohen Druckaufbau zu erreichen. Den bei Alltagsrädern üblichen Reifendruck von vier bis sechs bar schaffen jedoch beide nach einiger Zeit. Die Kompaktpumpe "Lambda Jet" von Sigma wirkt robuster als das Modell der Konkurrenz. Die Fußpumpe von Bikers Dream ist dagegen ein wenig leichter und lässt sich gut verstauen.

Gerald Fink

Liebe Leserin, lieber Leser,

wir freuen uns über jede Zuschrift und veröffentlichen sie nach Möglichkeit an dieser Stelle. PRO VELO soll eine lebendige Zeitschrift sein, die Impulse setzen möchte, sich aber auch der Kritik stellt. In der Vergangenheit haben Anmerkungen aus der Leserschaft oft zu Recherchen und entsprechenden Artikeln geführt. Bitte haben Sie Verständnis, daß wir uns Kürzungen von Leserbriefen aus Platzgründen vorbehalten müssen. Sie können uns Ihre Meinung per Brief schreiben, faxen oder aber auch eine eMail schicken.

Die Redaktion

So können Sie uns erreichen:

PRO VELO
Das Fahrrad-Magazin
Riethweg 3
D - 29227 Celle

Tel.: 05141/86110
(in der Regel werktags ab 15.00 Uhr,
ansonsten Anrufbeantworter)

Fax: 05141/84783 (vorher bitte anrufen)

eMail: Fahrradmagazin.ProVelo@t-online.de

Betr.: Zur Ergonomie und Biomechanik des Liegeradfahrens; Pro Velo 64, S. 14

Den oben genannten Artikel finde ich sehr gelungen. Aus meiner 18jährigen Liegerad-erfahrung möchte ich Ihnen noch einige Ergänzungen dazu mitteilen.

Zu 3.1: Die Drehung der Körperhaltung von 60° bis 75° führt zu einer Änderung der Durchblutung. Je höher sich das Tretlager über dem Sitz befindet, um so stärker sind die Anpassungsschmerzen, weil das Blut „zurück“ läuft. Die Gewichtskraft geht nur für den Vortrieb verloren, wenn das Tretlager höher als der Sitz ist und das Gewicht der Oberschenkel nicht mehr von den Pedalen, sondern zunehmend vom Becken getragen wird.

Eine weit verbreitete Annahme ist, dass die Dauerleistung des menschlichen Körpers durch Atmung und Kreislauf begrenzt ist. Beim Normalfahrrad werden etliche Muskeln auch statisch zum Halten des Körpers beansprucht. Das bedeutet einen Leistungsverlust. Ein Teil dieser Leistung kann beim Liegerad zum Vortrieb benutzt werden. Die Mehrleistung, die für den Wiegetritt und das Ziehen am Lenker aufgebracht werden muss, ist Teil der begrenzten Gesamtleistung beim Normalfahrrad und bringt deshalb keinen Vorteil für den Vortrieb gegenüber dem Liegerad.

Der Schaltbereich eines Liegerades muss größer sein, um auch Gänge mit kleinerer Entfaltung zu enthalten.

Zu 3.2: Es kann nicht oft genug betont werden, wie wichtig die hohe Trittfrequenz und die richtige Sitzeinstellung sind, um vor allem Gelenkschäden vorzubeugen. Da Kraftsport und Ausdauersport unterschiedliches Muskeltraining erfordern, ist es

wichtig, dass der Liegeradfahrer im Bereich des Ausdauersports bleibt und nicht in eine Belastung gerät, die dem Kraftsport entspricht, weil damit seine Dauerleistung unverhältnismäßig beeinträchtigt würde. Der Abstand zwischen Sitz und Tretlager muss beim Liegerad sehr genau eingestellt werden. Er verändert sich im Lauf der Gewöhnung.

Zu 3.3: Nach meinen Beobachtungen tritt Recumbent Butt auf breiten Sitzflächen und Sitzbändern, die sich außen hochwölben, verstärkt auf. Wenn der Sitz ein ganz normaler Fahrradsattel ist, der schräg gestellt wurde, ruht das Körpergewicht auf den Sitzknochen und die Gesäßmuskeln sind frei beweglich.

Der Lehnenwinkel darf nicht zu flach werden, weil sonst das Widerlager für das Becken unzureichend ist. Der Körper rutscht hoch, scheuert, und der Fahrer muss wieder mit den Armen am Lenker ziehen, um seine Position zu halten.

Bewährt hat sich bei mir eine Kombination aus einem gefederten Fahrradsattel und einer S-förmigen Rückenlehne, die im Beckenbereich auf jeden Fall über 45° steil, im Bereich der Lendenwirbelsäule weniger steil und in Schulterhöhe wieder steiler ist. Eine Längswölbung zur Körperführung bildet sich, wenn die Rückenlehne aus einem Rahmen mit einer Bespannung aus Kunststoffschläuchen, wie von Gartenmöbeln bekannt, besteht. Diese Art der Lehne sorgt für ausreichende Belüftung und nimmt im Unterschied zu Gurten kein Wasser auf.

Eberhard Gallasch, Oberhausen

Für Knieschäden wurden viele Ursachen beschrieben. Weitere mögliche Ursachen sind: Pedalabstand, Kurbellänge und die Horizontal-Position des Sattels.

In den letzten Jahren sind die Kurbeln meistens nicht mehr gerade, sondern „knöchelfreundlich“ gekröpft. Dadurch ist eine breitbeinige und unnatürliche Bewegung notwendig, insbesondere für kurze Menschen. Kann dies eine Ursache für Kniebeschwerden sein? Ist der Wirkungsgrad des Tretens bei diesen Kurbeln nicht geringer als bei einer normalen Bein-stellung?

Sehr wichtig ist nach meiner Erfahrung die horizontale Position des Sattels. Die Kniescheiben sollten bei einer waagerechten Pedalstellung über der Pedalachse stehen und nicht dahinter.

Im Freundeskreis sind Kniebeschwerden gelegentlich ein Thema. Wäre dies nicht auch einmal ein Schwerpunkt-Thema für ein Pro Velo Heft?

Martin Meyer

Gratuliere! Das letzte Heft ist sehr schön geworden. Hier einen Leserbrief zum Artikel „Zur Ergonomie und Biomechanik des Liegeradfahrens“.

Endlich wagt jemand an der heiligen Kuh der Fahrradszene zu kratzen und schon lösen sich die immer und überall hergebeteten „Wahrheiten“ des Liegerades fast so vollständig auf wie weiland des Kaisers neue Kleider. Nicht „schneller, weil weniger Widerstand“ kennzeichnet das Liegerad, sondern „zusätzliche Haltearbeit ist notwendig.“ Der Kommentar zu Bild 4 sagt, wie es wirklich ist. Die Fundamentalisten der

Liegeradszene werden das nicht anerkennen. Geschenk! Die anderen aber sollen wissen, warum sie mit einem Rennrad nicht mithalten können, obwohl sie nach der gesamten Liegerad-Literatur vorneweg fahren müßten. Warum sie nach einer gemeinsamen Ausfahrt müder ankommen als die Aufrechtradler.

Leider ist die ganze Wahrheit noch trauriger als im Artikel geschildert. Denn das zweite Bein, das im Artikel keine Berücksichtigung fand, spielt am Liegerad eine viel negativere Rolle als am Normalrad.

Ziehe ich an einem Normalrad das nicht tretende Bein nach oben, so treibt allein das Gewicht des anderen Beines die Kurbel nach unten. Seine Muskeln brauchen weniger oder gar nichts zu tun. Die Beuger des einen Beines können so einen Teil der Arbeit des anderen Beines übernehmen. Am Liegerad fällt das Bein aber nach unten, sobald man aufhört zu drücken. Wohl gemerkt: Das Spielbein, das in diesem Hub eigentlich frei hätte, muß auf das Pedal drücken. Und das andere Bein muß gegen diese Kraft arbeiten. Und von dieser Arbeit landet an der Kette nichts.

Dieses ständige Drücken auf die Pedale erklärt auch die vielen Knieschmerzen der Liegeradler.

Die Gelenke werden nicht vom Blutkreislauf, sondern von der Lymphe versorgt. Damit die Körperflüssigkeit in die Organe geraten kann, müssen diese immer wieder entlastet werden. Der Orthopäde verschreibt bei Gelenkschmerzen Bewegungen mit wechselnder Be- und Entlastung, damit die Versorgung angeregt wird, verbietet aber langes Stehen, Heben und Tragen, weil das die Lymphe aus dem Knorpel und aus den Gelenken drückt.

Ein Liegeradler tut genau das Verbotene. Seine andauernde Haltekraft quetscht die Flüssigkeit nach und nach aus den Gelenken. Nach einer Zeit laufen sie trocken. In den Knorpel gelangen keine frischen Stoffe mehr. Abends Schmerzen können da nicht ausbleiben und nach einem erfüllten Liegeradleben Knieschäden.

Rennfahrer, die manchmal acht Stunden ununterbrochen im Sattel sitzen, trainieren den runden Tritt, binden die Füße mit Pedalriemen fest oder rasten in Klickbindungen ein. Sie drücken mit dem einen

und ziehen mit dem anderen Bein Nicht nur, um eine größere Kraft zu entfalten, sondern auch, um ständig frische Lymphe in ihre Gelenke zu pumpen.

Wenn irgendwo außerhalb des Wettkampfsports, dann ist eine feste Verbindung zwischen dem Pedal und dem Fuß sowie der runde Tritt am Liegerad angebracht. Sie muß eine Zugphase ermöglichen, denn nur in dieser wird die vorher ausgetriebene Flüssigkeit ersetzt. Klickpedale und die zugehörigen teuren Rennschuhe schaffen aber neue Probleme, wieder größere als am Normalrad. Denn die Verspannung für einen festen Halt einerseits und einen schnellen Ausstieg andererseits, die schon am Normalrad schwer einzustellen ist, fällt für den Lieger in einen noch engeren Toleranzbereich. Unbeabsichtigtes Abrutschen vom Pedal hat am Normalrad meist keine schlimmen Folgen. Am Liegerad bedeutet aber ein voller Tritt ins Leere immer Sturz.

Es gibt Gründe, ein Liegerad zu fahren. Die waagerechte Lage der Beine gehört nicht dazu.

Nikolaus Suppanz, Berlin

Pressemitteilungen, die uns erreichten

Internationale Velomobile Meeting 2001

Um das Zusammenfinden und den Austausch von Velomobilisten zu fördern findet vom 28.09.- 30.09.2001 das Internationale Velomobile Meeting 2001 statt. Dieses Treffen wird wie im Jahr 2000 im alten Forsthaus am Fuße des Dünstbergs in 35444 Biebental bei 35390 Gießen durchgeführt.

Zu diesem Treffen sind alle Velomobilisten, sei es Leitra, Alleweder, go-on, cab-bikes, Quest, Eigenbauten oder andere herzlich eingeladen.

Am Veranstaltungsort (ehemaliges Forsthaus) stehen 42 Schlafplätze (in 4-Bett-Zimmern) zur Verfügung. Die dafür entstehenden Kosten betragen 65,00 Euro (130,- DM) für 2 Übernachtungen mit Frühstück und Abendessen.

Als Anmeldung bitten wir um die Überweisung der o.g. 65,00 Euro (DM 130,-) mit dem Vermerk "Intern. Velomobile Meeting" auf das Konto von Margitta Hoffmann, Sparkasse Wetzlar, BLZ 51550035, Kto-Nr. 250 03 773 oder bei „margitta@cab-bike.de“

Faltrad Birdy: Fan-Club gegründet

Es ist soweit. Am 5. August wurden die birdy-freunde gegründet. Das Birdy ist ein Faltrad, ein moderner Nachfahre der bekannten Klappräder der 70er Jahre. Es wurde 1994 von der Darmstädter Firma „riese und müller“ am Markt eingeführt. Eine Vollfederung und ein ausgeklügelter Faltmechanismus zeichnen dieses Rad aus. Zum handlichen Paket zusammengefaltet reist es überall und jederzeit mit: in Bus und Bahn, im Auto, im Flugzeug und auf dem Boot.

Dieses kleine und doch ganz große Velo erfreut auch das Auge und bietet alles, was für einen Kultgegenstand Voraussetzung ist. Ein Birdy mit einem Preis ab ca. 2.000 DM kauft man sich nicht so nebenbei, sondern nach reiflicher Überlegung. Die Birdy-Freunde wollen ein deutschsprachiges Forum schaffen, das Interessierten Informa-

tionen und praktische Tips über dieses begeisternde Rad zur Verfügung stellt und einen Platz zum Meinungs austausch bietet. Ulrich Gehrmann und Peter de Leuw, zwei begeisterte Birdy-Fahrer haben die Gründung initiiert. Sie stießen mehr zufällig aufeinander und bildeten spontan eine virtuelle Arbeitsgemeinschaft - persönlich begegnet sind sie sich noch nie.

Der Bedarf für einen Erfahrungsaustausch ist groß: bereits während der Vorbereitung sind über 15 weitere Birdy-Fahrer dazugestoßen. Obwohl die Birdy-Freunde natürlich vom Hersteller unabhängig sind, wollen sie aus Interesse am Birdy mit ihnen kooperieren. Es ist u.a. für Frühjahr 2002 im Raum Darmstadt ein Treffen mit Besichtigung des Herstellers geplant. Infos gibt es unter <http://www.birdy-freunde.de>
Peter de Leuw, Hamburg

Neues Berufsbild:

Das neue, fahrradspezifische Berufsbild kommt! 10 Jahre lang hat der VSF auf eine für den Fachhandel günstige und praxisnahe Lösung hingearbeitet – jetzt endlich wurde eine Einigung erreicht! Beim Antragsgespräch der Sozialpartner (Arbeitgeber, Handel, Handwerk, Gewerkschaft) im Bundeswirtschaftsministerium konnten die Positionen des VSF verwirklicht werden. Die Eckpunkte des neuen Berufsbildes, das die Bezeichnung "Zweiradmechaniker, Fachrichtung Fahrradtechnik" trägt und zum Berufsfeld Fahrzeugtechnik gehört:

- Fahrradspezifische, einzelhandelsbezogene Ausbildung,
- Hochwertige Ausbildung mit vollem Umfang von mindestens drei Jahren,
- Handel und Handwerk dürfen gleichermaßen ausbilden gemäß Berufsbildungsgesetz oder Handwerksordnung.

Die Details der neuen Berufsordnung werden jetzt in einem Sachverständigenverfahren festgelegt. In dieses Gremium wurde auch VSF-Mitglied Bernd Bleckmann berufen, der in Hamburg die außerbetriebliche Ausbildung von Zweiradmechanikern organisiert. Die neue Berufsordnung für die Zweiradmechaniker mit ihren Fachrichtungen Fahrradtechnik und Motorradtechnik soll so zügig erarbeitet werden, dass in diesem Beruf bereits ab August 2003 ausgebildet werden kann.

Betriebe, die nicht in die Handwerksrolle eingetragene sind, dürfen dann ausbilden, wenn sie durch die IHK eine Ausbildungsgenehmigung erhalten.

Zum langen Weg des neuen Berufsbildes meint VSF-Geschäftsführer Albert Herresthal: "Wir hatten schon fast nicht mehr an den Erfolg geglaubt. Erst als wir der damaligen Kohl-Regierung 1997 deutlich machen konnten, wie viele Ausbildungsplätze allein die VSF-Betriebe unter der Prämisse des neuen Berufsbildes schaffen könnten, kam wieder etwas Bewegung in die festgefahrenen Verhandlungen. Heute sind wir über das Verhandlungsergebnis sehr glücklich. Dies ist auch ein Erfolg unserer früheren GF Ulrike Saade, die hartnäckig und mit Geschick die Sache vorangetrieben hat." Aurich/Hamburg, den 14.8.01

Albert Herresthal, Tel: 049 41/ 96 97 03

Bernd Bleckmann, Tel: 040/ 39 52 85

Pressekonferenz:

Freitag, 14.9. um 11 Uhr in Köln, IFMA, Halle 13.3, B/C 30/31

Um vorherige Anmeldung wird gebeten: herresthal@vsf-mail.de 049 41/ 96 97 03

Eine Route, zwei Räder und sechs Staaten - die North Sea Cycle Route lädt ein

Ein anspruchsvolles internationales Projekt ist vollendet: Mit der North Sea Cycle Route wurde jetzt der längste durchgehend beschilderte Radfernweg fertiggestellt. Die North Sea Cycle Route ist der erste europäische Fernradweg, sie hat insgesamt eine Länge von ca. 6.000 km und führt durch sechs Staaten (Dänemark, Schweden, Norwegen, Großbritannien, Niederlande, Deutschland). Die Route bietet die Möglichkeit, die unterschiedlichen Landschaften und Orte in allen Nordseeanrainerstaaten kennen zu lernen. Start- und Zielort kann jeder Radler selbst bestimmen - was in einem Urlaub nicht abgeradelt wird, darauf kann man sich für's nächste Jahr freuen.

Der deutsche Teil der Route, der Nordseeküsten-Radweg, hat eine Länge von ca. 900 km und führt überwiegend durch ländliche Räume entlang der Nordseeküste, durchquert aber auch einige größere und kleinere Städte. Die Radler lernen viele Teile der weltweit einzigartigen Naturlandschaft Wattenmeer kennen, machen aber auch Abstecher ins abwechslungsreiche Binnenland.

Die Deutsche Nordseeküste: Inseln, Halligen, grüne Deiche, das weite Land hinter den Deichen, Ebbe und Flut, lange Sandstrände, der Nationalpark Wattenmeer, die Marschen, aber auch Kultur in vielen Orten und Dörfern. Die durch den Seehandel und die Fischerei gewachsenen Städte laden ein, ihre Geschichte mitzuerleben. Burgen, Kirchen und Leuchttürme erzählen hiervon. Diese Vielfalt hält für jeden etwas bereit. Die Tour verbindet kulturelle Sehenswürdigkeiten und interessante Landschaften.

Aktuelle Informationen zu dem Projekt sind der Internet-Seite www.northsea-cycle.com zu entnehmen. Hier sind auch Verknüpfungen zu den nationalen und regionalen Tourismusstellen zu finden.

Zur ersten Information wurde eine Übersichtskarte mit zusammenfassenden Angaben zur North Sea Cycle Route erstellt. Bei folgenden Tourismusstellen kann diese North Sea Cycle Route-Karte sowie weitere regionale Informationen zum Nordseeküsten-Radweg kostenlos anfordert werden:

* Nordsee-Tourismus-Service GmbH (Schleswig-Holstein), Postfach 1611, 25806 Husum, Telefon 01805-066077, www.nordseetourismus.de, nordsee@t-online.de

* Die Nordsee - Sieben Inseln - Eine Küste (Niedersachsen) Rheinstraße 13, 26506 Norden, Telefon 01805-202096, www.die-nordsee.de, DieNordsee@tmz.de

* Tourismus-Zentrale Hamburg TZH, Postfach 102249, 20015 Hamburg, Telefon 040-

300510, www.hamburg-tourism.de, info@hamburg-tourism.de

Daneben sind Informationen aber auch bei den regionalen Touristmusinformationen erhältlich.

Für den deutschen Teil des Weges wird vom Verlag Esterbauer in der bikeline-Reihe ein Radreiseführer mit Streckenkarte, Routenbeschreibung, Hinweisen auf das kulturelle und touristische Angebot und Übernachtungsverzeichnis in zwei Bänden herausgegeben (Teil 2 Niedersachsen und Bremen, ISBN 3-85000-054-0, 22,80 DM; Teil 3 Schleswig-Holstein und Hamburg, ISBN 3-85000-039-7, 22,80 DM). Auch andere Karten werden die North Sea Cycle Route künftig darstellen.

Neuer Liegerad-Stundenweltrekord der Frauen: 62,53km/h

Corinne van Noordenne vom Team Challenge Elan hat am 12.8.2001 auf der Albert-Richter Radrennbahn in Köln mit 62,53km in einer Stunde einen neuen Weltrekord gefahren. Sie fuhr dabei das Schwesterrad der WhiteHawk, dem Rad, das bereits die Weltrekorde über 1h und 6h der Herren hält.

Unterstützt von ihrem Team unter der Leitung ihres Ehemanns Arjen van Noordenne und des deutschen WhiteHawk Teams hat sich die 32 jährige Niederländerin seit einem Jahr konzentriert auf diesen Rekordversuch vorbereitet.

Die Chancen stehen gut, dass Corinnes Bestleistung als erster offizieller Stundenweltrekord der Damen anerkannt wird. Zwar hat Rosmarie Bühler bereits einen Versuch unter Rekordbedingungen gestartet, jedoch wurde dieser aufgrund zu starken Windes nicht anerkannt. Bei der diesjährigen Cyclevision hat Rosmarie Bühler ihre damalige Leistung mit 57,47km/h sogar noch verbessert, jedoch hat Corinne van Noordenne auch diese Marke deutlich übertroffen.

Nicht nur die Fahrerin, auch das Fahrzeug präsentierte sich in Topform. Der neue weisse Lack war dabei nur äußeres Zeichen. Die grösste Verbesserung brachten sicherlich die erstmals für Rekordversuche eingesetzten Schwalbe Stelvio Reifen. Diese befinden sich in der Endphase der Entwicklung und sind ab Herbst auch für den normalsterblichen Liegeradfahrer erhältlich.

MITTEILUNG i.A. Speedbikegl.de durch Liegerad-Datei-Verlag weitere Infos und Bilder siehe auch <http://www.speedbikegl.de>

So bestellen Sie:

Ich bestelle **PRO VELO** zum Jahresbezugspreis von **DM 35,50** (einschließlich Porto und Verpackung) für mindestens 1 Jahr und danach auf Widerruf.

Name, Vorname

Straße/Nr.

PLZ/Wohnort

Datum

Unterschrift

Ich bin darüber informiert, daß ich diese Bestellung innerhalb von 10 Tagen schriftlich beim Verlag widerrufen kann. Zur Wahrung der Frist genügt die rechtzeitige Absendung des Widerrufs.

Datum

2. Unterschrift

Ich bestelle folgende Hefte zum Einzelpreis von 8,90 DM zzgl. Porto:

Ich bestelle folgende Hefte im Rahmen Ihrer Sonderaktion zum Einzelpreis von 4,00 DM zzgl. Porto (Mindestabnahme 10 Hefte):

Ich bestelle die PRO VELO-Artikelverwaltung zum Preis von 25,- DM (einschließlich Porto und Verpackung)

Gewünschte Zahlungsweise

Ich zahle im Lastschriftverfahren und ermächtige den PRO VELO-Verlag hiermit widerruflich, den Rechnungsbetrag bei Fälligkeit zu Lasten meines Kontos durch Lastschrift einzuziehen.

Ich zahle mit beiliegendem Verrechnungsscheck

Ich habe den Betrag heute auf eines der Verlagskonten überwiesen

Ich zahle per Nachnahme (zzgl. Porto und 3,00 DM Gebühr)

Name, Vorname

Straße/Nr.

PLZ/Wohnort

KtoNr.:

BLZ:

Bank:

Datum

Unterschrift

Porto und Verpackung:

Einzelheft:..... 2,00 DM
Päckchen (bis 10 Hefte):..... 7,50 DM
Paket (mehr als 10 Hefte):..... 10,00 DM
Nachnahmegebühr (zusätzlich z. Porto):..... 3,00 DM

PRO VELO * Riethweg 3 * 29227 Celle
Tel.: 05141/86110 * Fax: 05141/84783
eMail: Fahrradmagazin.ProVelo@t-online.de

PRO VELO bisher

- (Die mit einem * versehenen Hefte sind vergriffen)
- Heft 1*: Erfahrungen mit Fahrrädern I
 - Heft 2*: Fahrrad für Frauen(...und Männer)
 - Heft 3*: Theorie und Praxis rund ums Rad
 - Heft 4*: Erfahrungen mit Fahrrädern II
 - Heft 5*: Fahrradtechnik I
 - Heft 6: Fahrradtechnik II
 - Heft 7: Neue Fahrräder I
 - Heft 8: Neue Fahrräder II
 - Heft 9: Fahrradsicherheit
 - Heft 10: Fahrradzukunft
 - PRO VELO EXTRA*: Fahrradforschung
 - Heft 11: Neue Fahrrad-Komponenten
 - Heft 12: Erfahrungen mit Fahrrädern III
 - Heft 13: Fahrrad-Tests I
 - Heft 14: Fahrradtechnik III
 - Heft 15: Fahrradzukunft II
 - Heft 16: Fahrradtechnik IV
 - Heft 17: Fahrradtechnik V
 - Heft 18: Fahrradkomponenten II
 - Heft 19: Fahrradtechnik VI
 - Heft 20: Fahrradsicherheit II
 - Heft 21: Fahrraddynamik
 - Heft 22*: Fahrradkultur I
 - Heft 23*: Jugend und Fahrrad
 - Heft 24*: Alltagsräder I
 - Heft 25*: Alltagsräder II
 - Heft 26: Jugend forscht für 's Rad
 - Heft 27*: Fahrradhilfsmotorisierung
 - Heft 28*: Frauen fahren Fahrrad
 - Heft 29*: Mehrpersonenräder
 - Heft 30*: Lastenräder I
 - Heft 31: Lastenräder II
 - Heft 32: Der Radler als Konsument
 - Heft 33: Mit dem Bio-Motor unterwegs
 - Heft 34: Fahrrad-Kultur II
 - Heft 35: Velomobil statt Automobil
 - Heft 36: Toursimus
 - Heft 37: Freizeit, Sport und Tourismus
 - Heft 38: Fahrradtechnik abstrakt
 - Heft 39: Fahrradsicherheit
 - Heft 40: Fahrradliteratur
 - Heft 41: Frauen und Fahrrad
 - Heft 42: Fahrradtechnik VII
 - Heft 43: Fahrradtechnik: Trends ...
 - Heft 44: Fahrrad & Geschichte
 - Heft 45: Fahrradkultur III
 - Heft 46: Fahrräder, die aus dem Rahmen fallen
 - Heft 47: Nabendynamos
 - Heft 48: Alltagsräder III
 - Heft 49: Fahrrad & Verkehr 2000
 - Heft 50: Fahrrad kontrovers
 - Heft 51: Fahrradkonzepte
 - Heft 52: Radfahren in der Stadt
 - Heft 53: Bremsen & Schalten
 - Heft 54: Bremsen & Schalten II
 - Heft 55: Das „Komfortrad“
 - Heft 56: Mit Rädern reisen
 - Heft 57: Fahrradfederung
 - Heft 58: Das gefederte Citybike
 - Heft 59: Von Rädern und vom Radfahren
 - Heft 60: Fahrradkultur IV
 - Heft 61: Velomobile
 - Heft 62: Liegeräder
 - Heft 63: Gepäcktransport
 - Heft 64: Gepäcktransport II
- Aufsätze aus den vergriffenen Heften sind als Kopien lieferbar. (0,50 DM pro Kopie zzgl. 4,- DM Porto und Verpackung). Aus noch lieferbaren Heften sind keine Kopien möglich!

Liegerad-Fabrik A. Pooch
Römerstr. 44
53840 Troisdorf
Tel. 02241 / 105347 fax 83357



★
Veloladen

Liegeräder

www.veloladen.com



fon 02204-61075 fax 02204-61076

Stegerwaldstraße 1 51427 Bergisch Gladbach

Versandunterlagen gegen DM 5 in Briefmarken