

# Das 57 Fahrrad - Magazin

## Fahrradfederung

### Thema

- Konstruktive Überlegungen zur Fahrradfederung
- Federung und Dämpfung
- Bauformen gefederter Hinterbauschwingen
- Federgabel LSM
- Entwicklungsgeschichte eines gefederten Stadtrades

### Technik

- Konstruktion mitwachsender Kinderfahrräder



## 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: Postgiro Essen KtoNr. 16909-431  
(BLZ 360 100 43) oder Volksbank Burgdorf-Celle  
KtoNr. 815292600 (BLZ 251 613 22)

Satz: Calamus  
Druck: Linden-Druck GmbH Fossestr. 97a  
30453 Hannover 91

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

Einzelpreis  
8,50 DM einschließlich 7% MWSt zuzüglich 2,00  
DM Versandkosten (Bestellung nur durch Voraus-  
zahlung!).

Abonnement  
34,00 DM für 4 Ausgaben. Das Abo verlängert sich  
automatisch. Kündigungen jederzeit bis 6 Wochen  
vor Ende des Bezugszeitraumes möglich.

Sonderaktion  
Ab 10 bereits erschienenen Ausgaben (Zusam-  
menstellung nach Wahl) pro Heft 4 DM zzgl. Ver-  
sandkosten (Bestellung nur durch Vorauszahlung  
!). Sonderkontitionen für Wiederverkäufer und Ver-  
anstalter von Fahrradaktionen sind beim Verlag zu  
erfragen.

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 ausge-  
schlossen.

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

PRO VELO 57 - Juni 1999  
Copyright (c) 1999 by Burkhard Fleischer  
ISSN 0177-7661  
ISBN 3-925209-58-1

## INHALT

### Thema

- 4 Konstruktive Überlegungen zur Fahrradfederung
- 5 Federung und Dämpfung
- 13 Bauformen gefederter Hinterbauschwingen
- 14 Federgabel LSM (Parallel.rs)
- 15 Entwicklungsgeschichte eines gefederten Stadtrades

### Technik

- 20 Probleme „mitwachsender“ Kinderfahrräder (Teil 2)
- 26 Überlegungen zur Konstruktion eines  
mitwachsenden Kinderfahrrades

### Vermischtes

- 2 Impressum
- 19 Kleinanzeigen
- 31 PRO VELO bisher

### Geplante Themenhefte

Faszination Fahrrad

Lastenfahrräder

Mehrpersonenfahrzeuge

Titelbild: Ilse Fleischer

PRO VELO wird auf chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt

# PEDALKRAFT

F. Eberhardt Spezialräder

Liegeräder, Falträder, Spezialzubehör  
Falttandem, Liegeradtandem

Neu in Deutschland:  
**RANS USA**



**RANS Screamer**  
Kompaktes Liegeradtandem



**RANS Tailwind**  
Tourentaugliches Langstreckenrad  
Auch für kleine Fahrer/innen



**RANS V-Rex**  
Sportliches, leichtes Kurzliegerad  
Vorführbereit mit Rohloff Speedhub

Pedalkraft, Friedrich Eberhardt  
Hirschlander Str.2, 71254 Ditzingen  
Tel.: 07156/8369 Fax: 07156/34034  
E-mail: info@pedalkraft.de  
<http://www.pedalkraft.de>

Liebe Leserinnen und Leser,

Das Thema „Federung“ ist für PRO VELO als Titelthema mehr als überfällig. Es ist nicht so, daß wir diesen „Trend“ ignoriert hätten. Ganz im Gegenteil. In einer Reihe von Aufsätzen haben sich PRO-VELO-Autoren immer wieder begleitend zu Entwicklungen in der Industrie dieses Themas angenommen. In einer frühen Ausgabe ist das gefederte Kardanfahrrad von Fendt vorgestellt (**Herbert F. Bode, Es geht auch ohne die klassische Kette; PRO VELO 4/85**) und ein Fahrzeug mit futuristisch anmutendem Federungssystem beschrieben worden (**Karel Papp, Schwebend fahren?; PRO VELO 4/85**).

Früh schon - unabhängig vom MTB-Trend - wurde in PRO VELO die Notwendigkeit gefederter Fahrräder für den Alltagsgebrauch diskutiert. Rainer Pivit, der auch in diesem Heft als Autor zeichnet, stellte in seinem Aufsatz vor mehr als zehn Jahren fest, daß Radweg und ungefedertes Fahrrad schwingungstechnisch nicht aufeinander angepaßt sind und daraus die Forderung nach dem gefederten Alltagsfahrrad sich zwingend ergibt (**Rainer Pivit, Erschütternde Radwege; PRO VELO 12/88**). Diese Arbeit entstand in der Arbeitsgruppe „Fahrradforschung“ an der Carl-von-Osietzky-Universität Oldenburg. Aus dieser Gruppe stammt auch die Arbeit von **Matthias Wächter, Simulation des Schwingungskomforts gefederter Fahrräder; PRO VELO 45/96**, in der besonders die Belastungsreduzierung für Radler gefederter Fahrräder betont wird.

Ebenfalls sehr früh wurden in PRO VELO die theoretischen Grundlagen der Fahrradfederung und die Möglichkeiten der technischen Realisierung thematisiert. Verwiesen sei auf die Aufsätze von **Wolf-Stephan Wilke, Auslegung einer gefederten Hinterradschwinge; PRO VELO 22/90** und **Uli Siegl, Überlegungen zur Gestaltung von Fahrradfederungen; PRO VELO 28/92**. Auf die konstruktive Seite von Fahrradfederungen hat sich in einem Doppelaufsatz **W. Stiffel** in **PRO VELO 29/92** und **30/**

**92** eingelassen. An diese Aufsätze knüpft der Autor in diesem Heft an.

Trotz aller Vorteile sind Federungssysteme auch kritisch zu betrachten. In dem Aufsatz von **Carsten Thies, Fahrradfederungen ohne Pedalrückschlag (PRO VELO 38/94)** bemängelt der Autor, daß Federungen oftmals „ausgeguckt“ werden, wobei mitunter grundsätzliche konstruktive Fehler unterlaufen. Ein derartiger Fehler ist der sogenannte „Pedalrückschlag“, der zu ernsthaften Kniebeschwerden führen kann.

Und nicht zu vergessen sei die lebhaft diskutierte Diskussion um die Fahrradfederung, die in PRO VELO 43/95 geführt wurde, ausgelöst durch den Aufsatz von **Nikolaus Suppanz, „Gefederte Fahrräder nüchtern betrachtet“ (PRO VELO 42/95)**. Die damals aufgeworfenen Fragen nach dem Sinn von Federungen hatte Züge eines Glaubensstreites zwischen Puristen (das Fahrrad soll so einfach wie möglich sein) und Futuristen (das Fahrrad soll so technisch vollkommen wie nur möglich sein). Wenn man sich die Marktsituation anschaut, ist der Streit entschieden: Gefederte Fahrräder sind auf breiter Front im Kommen.

Ein weiteres Schwerpunktthema in diesem Heft sind die Kinderfahrräder. Der 1. Teil des entsprechenden Aufsatzes aus dem letzten Heft wird fortgesetzt. Als Reaktion und Ergänzung auf den 1. Teil ist in diesem Heft der Aufsatz von **Juliane Neuß** zu verstehen, die als Konstrukteurin für das SKIPPY verantwortlich zeichnet. In den unterschiedlichen Aufsätzen wird von unterschiedlichen Annahmen an das Thema „Kinderfahrrad“ herangegangen.

Leider sind der Länge der Aufsätze wegen die Rubriken „Literatur“ und „Leserbriefe“ weggefallen. Wir werden dies im nächsten Heft nachholen.

In diesem Sinne wünsche ich Ihnen einen herrlichen Radlersommer mit vielen angenehmen Touren und natürlich viel Lesespaß beim neuen Heft.

*Ihr Burkhard Fleischer*

## Grundlagen und Praxistips:

# Konstruktive Überlegungen zur Fahrradfederung

Eine gute Federung erhöht nicht nur den Fahrkomfort, (ein Wort, das den einen oder anderen hartgesottenen Sportler vielleicht zu sehr ans Auto erinnert), sondern schon auch Wirbelsäule, Gelenke, Nieren, Rahmen, Reifen, Felgen, Speichen, Naben und Gepäck. Messungen der Uni Oldenburg lassen den Schluß zu, daß das Fahren mit ungefederten Fahrrädern auf üblichen Radwegen und Straßen auf die Dauer schon gesundheitsschädlich sein kann. Während ich bei meinen ersten Arbeiten über Federung etwa 1985 noch als Exot belächelt wurde, ist heute - ausgehend vom Mountain Bike - nach vielen früheren meist erfolglosen Versuchen auch für den Alltagsfahrer bereits ein breites Angebot von ordentlichen Federungen auf dem Markt und die Experimentierphase ist ziemlich abgeschlossen. Da beim Liegerad im Gegensatz zum Normalrad die Beine nicht einen Teil des Gewichts tragen und der Fahrer grobe Stöße nicht mit den Beinen abfangen kann, ist hier eine Federung noch wichtiger. (Im Gegensatz zum Liegerad bezeichne ich die herkömmlichen Fahrräder - z. B. Fahrräder mit dem Diamantrahmen, in diesem Artikel der Einfachheit halber als Normalräder).

Je nach Auslegung kann eine Federung auch die Bodenhaftung der Räder und damit die Sicherheit erhöhen. Stefan Gloger hat bei den Untersuchungen zu seiner Doktorarbeit herausgefunden, daß bei einem vorn gefederten Rad die Lenkung beim Überfahren eines Hindernisses weniger beeinträchtigt wird. Es gibt auch Hinweise dafür, daß bei verkleideten Fahrzeugen die Strömung lokal durch die von der Straße verursachten Erschütterungen abreißen kann. Ein verkleidetes Rad ist also unter dem Strich mit Federung wahrscheinlich auch schneller.

Eine alte Streitfrage ist der Einfluß von Federung auf den Rollwiderstand. Hier haben einige Untersuchungen, vor allem der Uni Hamburg, endlich Klarheit geschaffen. Außer auf absolut ebener Straße, die es in der Praxis kaum gibt, bringt eine gute Federung eine Verringerung des Rollwiderstands.

Andreas Fuchs aus der Schweiz hat herausgefunden, daß viele voll verkleidete Fahrzeuge aerodynamisch instabil um die Hochachse sind, d. h., wenn sie z. B. beim schnellen Überfahren einer Kuppe die Bodenhaftung verlieren, drehen sie sich blitzartig nach der Seite weg. Auch dies ist ein Grund, langhubige Federungen mit ausreichendem Minusfederweg zu bauen.

Viele Leute glauben, daß eine weiche Federung auf jeden Fall einen hohen Energieverlust bringt. Weiter unten versuche ich zu zeigen, daß dies nicht einmal für schlecht konstruierte Federungen zutrifft. Das Alltagsfahrrad ist neben dem Schubkarren heute noch so gut wie das einzige ungefederte Fahrzeug, sogar Kinderwagen haben durchweg eine Federung. Ich kann nur jedem raten, vor Diskussionen eine Probefahrt mit einem gut gefederten Rad zu machen.

## Anforderungen

Eine gute Federung soll

- ausreichend Federweg haben (vorn 30 - 50 mm, hinten 50 - 70 mm)
- genügend weich sein (volle Einfederung bei etwa 2,5-facher statischer Last)
- Verschleißteile, wie Lager, Gleitbuchsen und Federelemente haben, die langlebig, d. h. ausreichend dimensioniert und gegen Eindringen von Staub und Wasser geschützt, wartungsfrei und leicht auswechselbar sind
- das Rad exakt führen (verwindungssteif sein)
- das Rad in der Hauptstoßrichtung einfedern lassen (senkrecht oder leicht schräg nach hinten oben)
- die Bremskräfte einwandfrei aufnehmen
- leicht ansprechen (wenig Reibung)
- nach einem Stoß wenig oder gar nicht nachwippen
- beim Reißen oder Brechen einer Feder fahrbar bleiben
- nach oben und unten elastische Anschläge haben
- geringes Gewicht der unabgedeckten Massen haben
- niedriges Gesamtgewicht aufweisen
- leicht zu bauen sein (wenige, leicht zu fertigende Teile)
- auch während des Bremsens noch federn
- durch Bremskräfte weder aus- noch einfedern

Für die Federung des Vorderrads kommen noch hinzu:

- Der Nachlauf beim Einfedern sollte sich wenig verändern.
- Die Federung sollte ein geringes Trägheitsmoment um die Lenkachse haben.

Zusätzliche Wünsche für die Hinterradfederung:

- die Kette in keinem Gang, weder voll ein-, noch voll ausgefedert, weder mit dem oberen, noch mit dem unteren Trum, weder an

der Schwinge noch am Rahmen anschlagen lassen

- einstellbar auf verschiedene Gewichte sein
- keine Tretreaktion zeigen, d. h. Treten soll die Federung nicht ansprechen lassen
- keinen Kurbelrückschlag aufweisen, d. h. kräftiges Einfedern führt zu keiner Bewegung der Tretkurbeln
- ausreichend Minusfederweg haben

Beim Normalrad treten vier Probleme auf: Erstens ist der Platz für Schwinge und Lagerung zwischen den Tretkurbeln sehr knapp, zweitens bekommt man Probleme mit der Sitzhöhe, wenn man große Federwege wählt. Da die Pedalen auch beim Durchfedern in der Kurve nicht aufsetzen sollten, muß man das Tretlager höher setzen. Für ergonomisches Treten muß dann auch der Sattel höher gesetzt werden. Drittens schließlich muß man beim Normalrad mit dem Wiegetritt rechnen, der völlig andere Belastungen bringt. Beim Mountain Bike wird der Wiegetritt vor allem bei sehr steilen Anstiegen benutzt. Dabei soll die Federung nicht bei den natürlich besonders kräftigen Tritten ständig stark arbeiten. Viertens treten bei dem relativ kurzen Radstand bei weicher Federung und scharfem Antritt u. U. Nickschwingungen auf. (Gilt auch für Kurzlieger). Bei den oben genannten Federwegen und geschickter Konstruktion sind aber auch hier gute Lösungen möglich, und der Gewinn lohnt die Mühe.

## Federelemente für Federungen

Am Anfang der Federgabel - Entwicklung wurde Luft relativ häufig als Federelement verwendet. Auf den ersten Blick ist dies einleuchtend: Luft kostet nichts, wiegt praktisch nichts, ist überall vorhanden, die Federkraft ist einfach durch Aufpumpen veränderbar und die Federkennlinie ist schön progressiv. Bald zeigte sich aber, daß ein hoher Aufwand für die Abdichtung erforderlich ist. Dies kann einerseits zu hoher Reibung und damit schlechtem Ansprechen führen, andererseits können kleine Luftverluste auf die Dauer doch nicht vermieden werden. Am häufigsten werden inzwischen massive Elastomer-Stöpsel verwendet. Diese sind bei den kleinen Durchmesser sehr hoch beansprucht. Vereinzelt wird inzwischen auch geschlossenzelliger PU-Schaum verwendet, wie er sich als Zusatzfederung in Autos millionenfach bewährt hat, Cellasto, (Die Firmenbezeichnung der F.

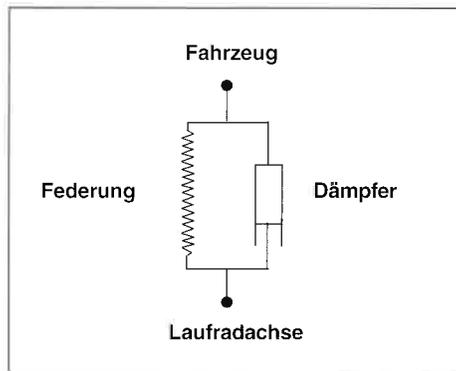
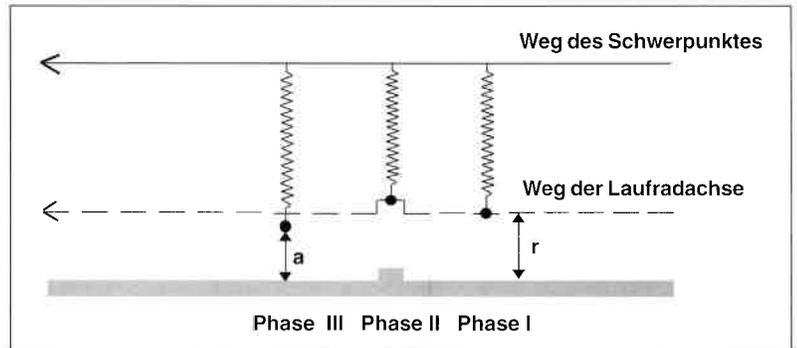
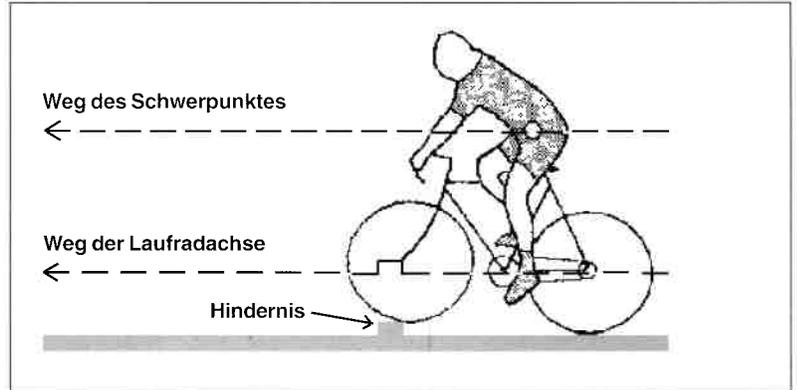
# Federung und Dämpfung

Das Federungssystem eines Fahrrades entkoppelt das Fahrzeug nebst Fahrer von den Fahrbahnebenheiten. In der Skizze ist dieser Vorgang im Prinzip dargestellt: Der gedachte Schwerpunkt legt eine geradlinige Bewegung zurück, während die Vorderradachse den Konturen der Fahrbahn folgt. Für ein vollgefedertes Fahrzeug trifft dieser Vorgang entsprechend auch für die Hinterradachse zu. Die Entkopplung hat mehrere Funktionen:

- der Fahrer ist den Fahrbahnerschütterungen nicht ausgeliefert (Fahrkomfort /gesundheitlicher Nutzen)
- das Fahrrad ist den Fahrbahnerschütterungen nicht ausgeliefert (Materialschonung)
- die Bodenhaftung des Fahrzeugs wird verbessert

Dies wünschenswerte Ziel ist konstruktiv nicht so einfach zu realisieren. Am Beispiel einer Federgabel soll das Problem durchgespielt werden. In der oberen Abb. ist die beabsichtigte Entkopplung zwischen Fahrzeug und Fahrbahn skizziert. Während die Lauftradachse den Konturen der Fahrbahn folgt (siehe Hindernis), wandert der Schwerpunkt ohne Höhenveränderungen auf einer Horizontalen.

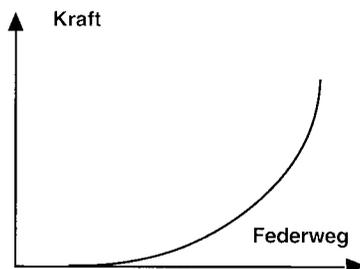
Die Prinzipskizze unten verdeutlicht, daß das angestrebte theoretische Ziel praktisch nur schwer zu erreichen ist. In der Skizze sind Fahrzeug (durch den Schwerpunkt repräsentiert) und Lauftrad (siehe Lauftradachse) elastisch gekoppelt (Phase I). Trifft das Lauftrad auf ein Hindernis (Phase II), so wird die Feder gespannt. Nach dem Hindernis entspannt sich die Feder wieder, auf-



grund der Trägheit jedoch über die ursprüngliche Länge hinaus (Phase III). Da der Lauftradradius jedoch unveränderlich ist, wird der Schwerpunkt um den Betrag  $(r - a)$  angehoben. Dieser Vorgang wiederholt sich mehrmals, der Schwerpunkt bewegt sich auf einer unerwünschten Wellenbahn (Schwingungen).

Um diesen unerwünschten Effekt zu verhindern, wird parallel zur Federung ein Dämpfer montiert, der die Funktion hat, das unerwünschte Nachschwingen der Federung zu unterdrücken. (bf)

Elastogran) ein geschlossenzelliger PU - Schaum, hat eine sehr progressive Kennlinie, günstige Eigendämpfung, wächst beim Zusammendrücken nicht nach innen, d. h. er verklemmt sich beim Federn nicht auf dem Führungsbolzen und verändert sich bei Kälte weniger in seiner Federzahl als Gummi. Auf dem Vormarsch sind auch Schraubenfedern auf Druck. Diese sind etwas schwerer, leben praktisch unbegrenzt lange und erfordern eine zusätzliche Dämpfung. Alles dies wird hier der



Skizze 1: Progressive Kennlinie einer Feder

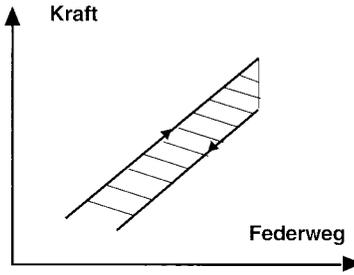
Einfachheit halber als Feder bezeichnet.

Wünschenswert sind Federn mit einer progressiven Kennlinie, d. h. die Feder wird mit zunehmender Einfederung immer härter (Skizze 1). Die Feder ist dann im normalem Arbeitsbereich weich und komfortabel, schlägt aber trotzdem bei höherer Last oder extremen Stößen nicht durch. Bei richtiger Auslegung kann man sich dann u. U. die Verstellung sparen. Progressiv sind z. B. alle auf Druck beanspruchten Gummi- oder PU-Blöcke.

Eine elegante Lösung sind fertige Feder-elemente mit Gummischubfedern, z. B. sogen. Megi - Buchsen. Dieses Feder-element ist gleichzeitig eine spiel- und wartungsfreie Lagerung. Ähnlich arbeiten die Elemente von Kronrohr und Rosta. Nachteilig ist das hohe Gewicht, außerdem kann nachträglich nichts mehr verändert werden.

### Dämpfung

Im Gegensatz zur Laienmeinung ist Dämpfung etwas völlig anderes als Federung. Physikalisch gesehen hat Dämpfung immer etwas mit Reibung zu tun, z.B. Lagerreibung, Flüssigkeitsreibung in einem hydraulischen Stoßdämpfer oder innere (Material-) Reibung z.B. in PU-Schaum. Reibung wirkt sich so aus, daß für das Einfedern größere Kräfte erforderlich sind als für das Ausfedern (Skizze 2). Die Fläche dazwischen wird als Reibungsenergie in Wärme umgewandelt. Aus zwei Gründen ist Reibung bzw. Dämpfung an sich unerwünscht. Erstens geht die in Wärme umgewandelte Reibungsenergie verloren, und wo sollte diese Energie herkommen, als letztlich aus den Muskeln des Fahrers? Außerdem verschlechtert hohe Reibung das Ansprechvermögen der Federung, sie reagiert auf kleine Unebenheiten kaum noch. Warum macht man sich dann überhaupt Gedanken über diese unerwünschte Dämpfung? Stellen wir uns vor, ein Fahrrad mit einer absolut reibungsfreien Federung (die es in Wirklichkeit natürlich nicht gibt) fährt über einen Stein. Dann würde das Rad einfedern und überhaupt nicht mehr aufhören nachzuschwingen. Wenn jetzt noch ein weiterer Stoß dazukäme, könnte es zu unangenehmen Überlagerungen kommen, im schlimmsten Fall springt das Rad, d. h. es verliert die Bodenhaftung. Eine gewisse Dämpfung ist also erforderlich. Bei Autos und Motorrädern haben sich hydraulische Dämpfer als Optimum herausgestellt, die bei starken Stößen stärker dämpfen als bei schwachen und beim Ausfedern stärker als beim Einfedern. Solche Dämpfer werden auch bei hochwertigen Fahrrädern zunehmend verwendet. Bei der Konstruktion muß man sich entscheiden: Legt man größten Wert auf Bodenhaftung auch unter extremen Bedingungen, dann ist eine starke Dämpfung sinnvoll. Strebt man einen optimalen Fahrkomfort an, ist eine eher schwache Dämpfung richtig. Nun ist es leider nicht damit getan, irgend eine Gasdruckfeder eines Kofferraumdeckels oder einen Dämpfer aus einer alten Waschmaschine anzubauen. Diese dämpfen meist viel zu stark. Die richtige Dämpferabstimmung ist so schwierig, daß nicht einmal alle Autowerke dies heute beherrschen. Für Reifendrucke bis ca. 5 bar und Geschwindigkeiten bis etwa 50 km/h finde ich die Eigendämpfung von Gummi oder vor allem



Skizze 2: Kräfte beim Ein- und Ausfedern

PU-Schaum ausreichend. Diese haben für das Alltagsrad den Vorteil der Wartungsfreiheit und praktisch unbegrenzten Lebensdauer. Je weicher die Federung, um so wichtiger ist die Dämpfung. Einen Anhalt gibt folgender Test: Beim Hinabfahren einer Stufe soll das Rad nur einmal deutlich nachschwingen.

### Eigenfrequenz

Ein gutes Maß für den Federungskomfort ist die Eigenfrequenz (s). Ziemlich genau kann diese auf folgende Weise gemessen werden; Der Fahrer setzt sich in normaler Position auf das Rad und ein anderer bringt die Federung durch rhythmisches Drücken und wieder Loslassen zum Aus- und Einfedern. Das Ergebnis kann etwa so interpretiert werden:

- s über 200: nur „Rahmenbeanspruchungsverminderungsvorrichtung“
- s 150: brauchbarer Komfort
- s unter 120: traumhaftes Sänftengefühl

### Verstellbarkeit

Ein drahtiges Kerlchen wiegt vielleicht 60 kg, ein anderer 85 kg, dazu kommen vielleicht noch 35 kg Gepäck, d. h. die Belastung kann sich um 100% unterscheiden. Die Federhärte kann also entweder nur ein Kompromiß sein, der dann aber für den leichten Fahrer viel zu hart ist, oder man sieht eine Federverstellung vor. Die einfachste Möglichkeit ist eine Erhöhung der Vorspannung, z. B. mit einer Stellschraube. Bei dieser Lösung wird zwar ein Durchschlagen der Federung beim schweren Fahrer oder bei Gepäckmitnahme vermieden, der leichte Fahrer kann aber nur einen deutlich geminderten Federungskomfort gegenüber dem schweren Fahrer genießen, weil bei ihm die Eigenfrequenz höher liegt (die Masse ist kleiner, die Federzahl gleich). Besser ist ein Verschieben des Federangriffspunktes, wie es z. B. die Fa. Ost-rad macht, weil hierbei das Hebelverhältnis verändert wird, das quadratisch in die Federzahl am Rad eingeht. Dies ermöglicht eine Verstellung der Federhärte in weitem Rahmen. Leichte und schwere Fahrer kommen hier in den

Genuß der gleichen niedrigen Eigenfrequenz. Die Verstellung sollte ohne Werkzeug möglich sein. Vorn ist eine Verstellung dann sinnvoll, wenn dort ein Gepäckträger sitzt.

### Plus- und Minusfederweg

Der maximale Weg, den die Achse aus der normal belasteten Position nach oben zurücklegen kann, ist der sogen. Plusfederweg. Wenn man vom Rad absteigt und das Rad anhebt, federt die Achse ein Stück aus, diesen Weg bezeichnet man als Minusfederweg. Entscheidend für den Komfort ist der Plusweg, hier sollte man nicht sparen, 60 mm halte ich hinten für das Minimum, 120 mm sind deutlich besser. Dieser große Weg ist wegen der Sitzhöhenprobleme beim Normalrad allerdings nur im Liegerad realisierbar. Wenn man keinen Minusweg vorsieht, indem man die Feder so stark vorspannt, daß sich beim Draufsetzen gerade noch nichts rührt, gibt es einen Schlag, wenn man in ein Loch fällt. Da das Rad nicht ausfedern kann, fällt das ganze Hinterteil ein Stück tiefer. 15 - 40 mm Minusweg halte ich für günstig. Zuviel Minusweg hat den Nachteil, daß unser Rad optisch im Stand etwas hochbeinig wirkt und der Ständer länger sein muß. Außerdem steht das Rad mit schwerem Gepäck u. U. etwas weniger sicher.

### Radausweichrichtung

Die Radausweichrichtung wird durch die Konstruktion festgelegt. Bei einer Teleskopgabel zeigt sie z. B. nach schräg hinten oben. Diese Radausweichrichtung müßte im Idealfall mit der Richtung des Stoßes übereinstimmen, den ein Hindernis beim Auftreffen auf das Rad ausübt, und gerade darüber sind zumindest mir keine Untersuchungen bekannt. Erfahrungen und Anschauung zeigen, daß die Stoßrichtung mit großer Wahrscheinlichkeit zwischen senkrecht und „schräg nach hinten oben“ liegen wird. Wahrscheinlich kommen die Stöße bei langsamer Fahrt ziemlich senkrecht und treffen das Rad bei höheren Geschwindigkeiten immer „schräger“.

Eine Untersuchung der Uni Harburg ergab, daß bei einer Vorderschwinge mit nach vorn oben zeigender Radausweichrichtung die Beanspruchung des Rahmens beim Überfahren eines Hindernisses höher war als beim ungefederten Rad, (gemessen an einem Mountain Bike mit schräg nach unten geneigter geschobener Vorderschwinge).

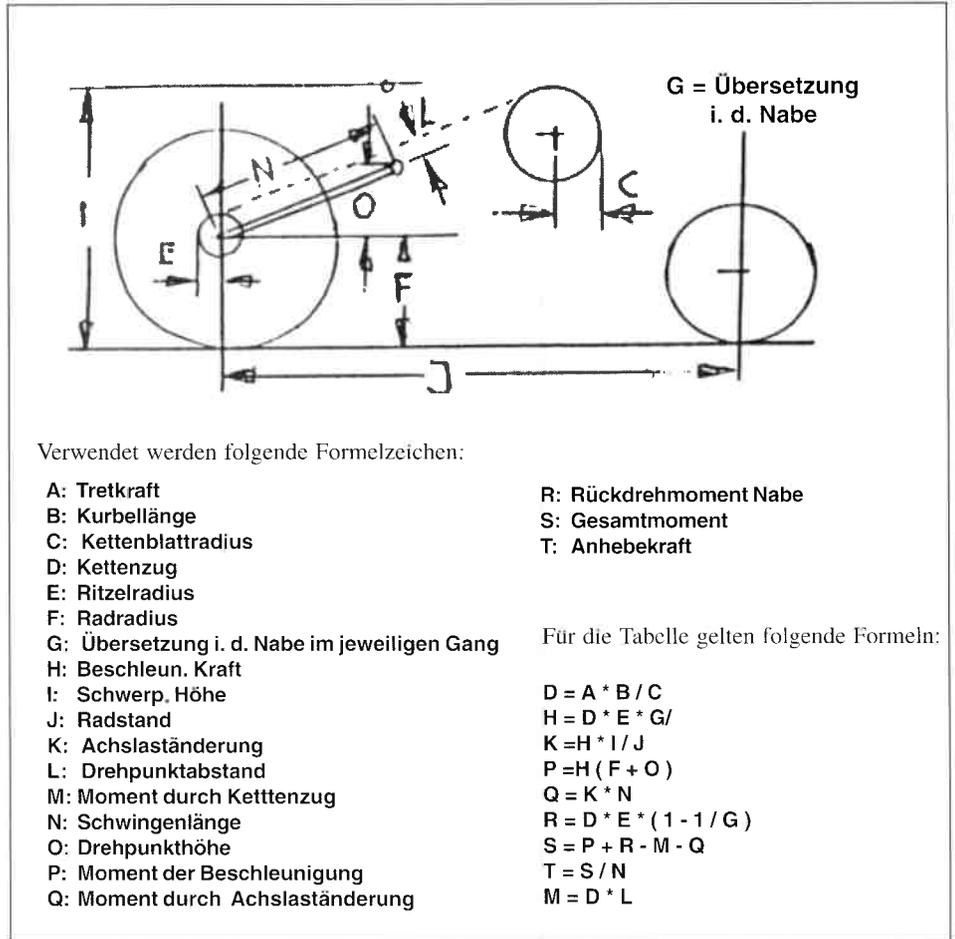
Bei der üblichen Hinterschwingen ist die Radausweichbahn ein Kreis um den Schwingendrehpunkt. Nach dem oben Gesagten ist es günstiger, die Schwinge in der Ausgangslage nach unten zu neigen, da sonst die Radausweich-

richtung gegen Ende des Federwegs etwas nach vorn zeigt. Dies ist bei einem kleinen Hinterrad praktisch automatisch gegeben.

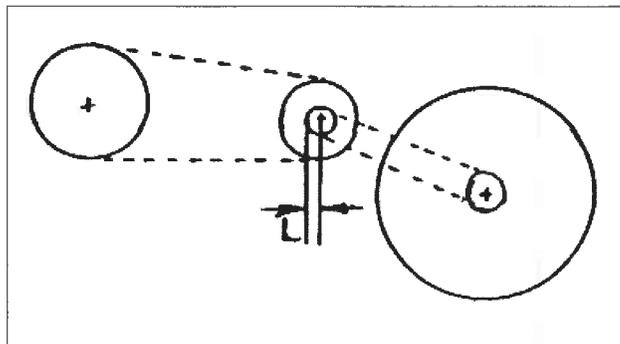
### Energieverlust infolge des Tretens

Bei einer gut ansprechenden Vorderradfederung führt das Treten auf jeden Fall zu einer leichten Federbewegung. Mich hat das bis jetzt nicht gestört. Das ständige leichte Arbeiten wird durch die Achslaständerung beim Beschleunigen während des Tretkraftmaximums verursacht. Dies ist die einzige Kraft, die auf das (nicht angetriebene) Vorderrad wirkt, die also nicht durch andere Kräfte kompensiert werden kann. Wer in dieser Hinsicht empfindlicher ist, muß sich auf eine harte Federung beschränken, die nur die größten Stöße herausnimmt. Der Energieverlust besteht im Reibungs- und Dämpfungsanteil dieser Bewegung und ist m. E. ein sehr niedriger Preis für die oben genannten Vorteile.

Bei der Hinterschwinge ist die Lage des Schwingenlagers im Verhältnis zum ziehenden Teil der Kette entscheidend. Eine Federung läßt sich völlig reaktionsfrei gestalten, allerdings nur für eine bestimmte Ritzel- und Kettenblattgröße. Wenn diese Auslegung für die am häufigsten gefahrene Übersetzung gewählt wird, gibt es nach meinen Erfahrungen auch für andere Übersetzungen keine Probleme. Beim langsamsten Gang z. B. liegt die Kette zwar auf dem größten Ritzel und damit höher, dies wird aber teilweise dadurch ausgeglichen, daß sie dabei vorn auf dem kleinsten Blatt liegt. Den wenigsten Leuten ist klar, daß an der Schwinge nicht nur der periodisch schwankende Kettenzug, sondern als dessen Folge eine im Radaufstandspunkt angreifende ebenfalls periodisch schwankende Beschleunigungskraft angreift. Außerdem schwankt dadurch auch die Radlast. Diese 3 Kräfte müssen zusammen betrachtet werden. Bei Nabenschaltung muß noch die Übersetzung in der Nabe berücksichtigt werden. Die aus Kettenzug, Ritzel- und Radradius ermittelte Beschleunigungskraft muß mit der Nabenübersetzung, im 1. Gang der Dreigangnabe z. B. mit 1,33 multipliziert werden, im 3. Gang mit 0,75. Außerdem tritt zu den bisher betrachteten Kräften und Momenten noch ein Rückdrehmoment auf, das die Nabe über die Achse in die Schwinge einleitet. Neben der im hinten genannten Heft dargestellten grafischen Konstruktion bietet sich auch die rechnerische Ermittlung des optimalen Schwingendrehpunkts an. Ich verwende hierzu die Tabellenkalkulation (Word für Windows). Alle an der Schwinge angreifenden Momente werden addiert und dann durch die Schwingenlänge dividiert, dann erhält man die Anhebekraft bei einer bestimmten Tretkraft. Durch Variieren der verschiedenen Maße muß



Skizze 3



Skizze 4: Zwischenwelle

man versuchen, diese Anhebekraft möglichst klein zu halten...

Wenn die Schwinge sehr steil angestellt ist, muß als Schwingenlänge N die Projektion der Schwinge auf die Waagrechte eingetragen werden. Die Übersetzung in der Nabe beträgt z. B. im 1. Gang der F&S Dreigangnabe 0,75. Mit der Tabellenkalkulation kann man schnell verschiedene Möglichkeiten durchspielen. Wenn man z. B. mit dem Drehpunkt aus konstruktiven

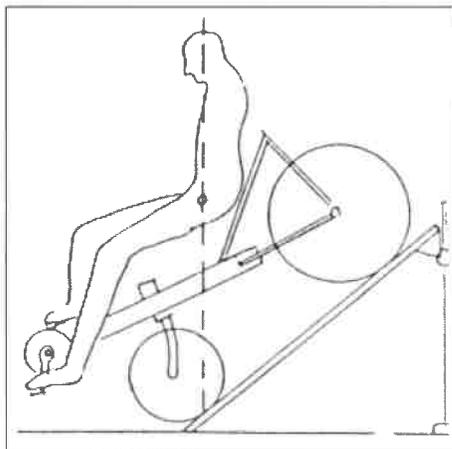
Gründen relativ weit weg von der Kette gehen muß, kann man versuchen, die Einfederkraft durch eine andere Schwingenlänge, durch eine steiler oder flacher angestellte Schwinge oder durch die Verwendung der F&S 3x7 Naben/Kettenschaltung zu verringern. Eine andere Möglichkeit besteht darin, über der Kette eine Umlenkrolle anzuordnen, welche die Kette zwangsläufig in der Nähe

des Drehpunkts hält. Wenn die Rolle 30 mm breit ist, kann man sie so anordnen, daß sie nur beim Durchfedern in Aktion tritt. Gelegentlich wird auch ein Zwischenrad direkt auf der Schwingenachse angeordnet. Dieses Rad eliminiert aber das Federn beim Treten nicht von vornherein. Es kommt, wie oben dargestellt, auf das Zusammenspiel der verschiedenen Faktoren an. Die Einfederkraft kann mit der oben angegebenen Tabellenkalkulation ermittelt wer-

den, bei L wird statt des Drehpunktabstands der Radius des abtreibenden Ritzels auf der Zwischenwelle, in der Skizze des kleineren Ritzels, eingesetzt (Skizze 4). Bei Liegerädern ergibt die obige Rechnung meist eine optimale Lage des Schwingendrehpunkts 10 - 30 mm unter dem ziehenden Kettenteil, beim Flevo ca 70 mm hinter der ziehenden Kette. Für das Normalfahrrad ergibt sich wegen des höheren Schwerpunkts und kurzen Radstands eine optimale Lage des Schwingenlagers etwa im Auf-  
laufpunkt der Kette auf das mittlere Kettenblatt. Ich persönliche bevorzuge weiche Federungen. Bei weicher Federung ist allerdings unbedingt eine gewisse Dämpfung erforderlich. Mit Stahlfedern läßt sich eine wirklich komfortable Federung nur mit zusätzlicher Dämpfung, am besten mit Öl, machen.

### Schwerpunktermittlung

Die für die obige Rechnung erforderliche Schwerpunkthöhe muß man schätzen. Als Anhalt: der Schwerpunkt des Menschen liegt etwa in Bauchnabelhöhe. Der Schwerpunkt von Fahrer + Fahrrad liegt auf der Geraden durch die beiden Einzelschwerpunkte, wobei sich die Abstände umgekehrt wie die Gewichte verhalten. Die Schwerpunkthöhe kann auch experimentell gefunden werden. Der Fahrer setzt sich auf das Rad und blockiert die Bremsen. Das Rad steht auf einem stabilen Brett, das am hinteren Ende mit einer als Hubspindel dienenden Gewindestange M 10 angehoben wird, bis das Hinterrad gerade noch nicht abhebt. Mit einer Wasserwaage wird die Senkrechte durch den Aufstandspunkt des Vorderrads ermittelt und mit einem Bindfaden und Tesafilm festgehalten. Jetzt wird das Ganze mit umgedrehtem Rad wiederholt, d. h. jetzt wird das Vorderrad angehoben. Im Kreuzungspunkt der beiden Bindfäden liegt der Schwerpunkt. Beim Langlieger ist dieser Versuch wahrscheinlich nicht ganz einfach durchzuführen (Skizze 5).



Skizze 5: Schwerpunktermittlung

### Gefederte und ungedeferte Massen

Alles, was den Bodenunebenheiten unmittelbar folgt, also Rad, Tauchrohre von Teleskopgabeln, achsnahe Teile von Schwinge und Kette, Schaltwerk usw. bezeichnet man als ungedeferte Massen. Bei Autos versucht man diese z. T. mit aufwendigen Tricks klein zu halten, bei angetriebenen Rädern hat man z. B. sogar schon die Bremsen innen am Getriebe angebracht. Je kleiner die ungedeferten Massen sind, oder genauer gesagt, je größer das Verhältnis von gedeferten zu ungedeferten Massen ist, desto besser funktioniert die Federung und desto besser ist vor allem die Bodenhaftung. Beim Fahrrad bringt der Fahrer einen so großen Beitrag zu den gedeferten Massen, daß man sich hier keine besondere Mühe machen muß.

### Kurbelrückschlag

Manche Mountainbikes hatten einen Schwingendrehpunkt bis zu 250 mm über der Tretlagerachse, warum wissen die Götter. Wenn die Federung durch einen extremen Schlag bis zum Anschlag zum Federn gebracht wird, dreht sich dabei das Tretlager und damit die Pedale. Im niedrigsten Gang können sich die Pedalarms um bis zu 45 Grad drehen, was der Fahrer als sehr unangenehm empfindet. Bei der oben im Hinblick auf geringen Energieverlust empfohlenen Geometrie bewegen sich die Pedale beim Einfedern nicht spürbar.

### Sitzfederung

Die einfachste Möglichkeit ist die Abfederung des Sitzes. Für Normalräder gibt es gefederte Sattelstützen zu kaufen, die gut funktionieren. Bei sportlicher Fahrweise stört manchen das ständige leichte Federn beim Treten etwas. Beim Liegerad würde sich eine Teleskopführung des Sitzes durch die Tretreaktionskräfte verkanten. Der Sitz kann auf einer Schwinge gelagert sein, der Drehpunkt sollte mindestens 20 cm vor dem Sitz liegen, sonst ist der vordere Teil des Sitzes praktisch ungedefert, der Federweg an der Hinterkante sollte mindestens 10 cm betragen. Nachteil: Die Lehne gibt bei jedem starken Treten nach hinten unten nach. Gut funktionieren wird wahrscheinlich eine Parallelogrammführung, diese ist allerdings aufwendiger und schwieriger seitensteif hinzukriegen.

### Vorderradfederung

Vorn sind den Konstrukteuren und Bastlern deutlich mehr verschiedene Konstruktionen als hinten eingefallen. Die meisten Konstrukteure greifen - für mich etwas überraschend - zur Teleskopgabel. Möglicherweise hängt das damit zusammen, daß diese wegen ihrer größeren

Reibung schwerer anspricht und so das im Sport unerwünschte ständige leichte Spielen der Gabel auf kleinen Unebenheiten vermieden wird. Inzwischen hat das schlechte Ansprechen durch hohe Reibung aber wohl doch einige Leute gestört, die Rock Shox Judy SL hat z. B. inzwischen teflonbeschichtete Tauchrohre.

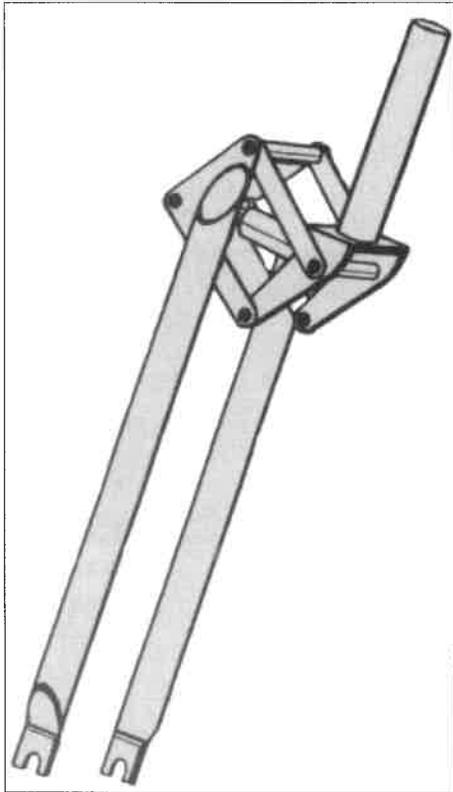
Warnen möchte ich vor der Versuchung, das durch die Federung bedingte Mehrgewicht durch extremen Leichtbau wieder auszugleichen. In der Tour 9/95 wurde über verschiedene Brüche an Federgabeln berichtet.

Man kann sagen, der mögliche Fahrkomfort verhält sich etwa wie die Radlasten, d. h. beim Normalrad mit 55 - 60 % Last auf dem Hinterrad wäre eine Federung des Hinterrads wichtiger. Wegen des weit höheren konstruktiven Aufwands sind aber bis jetzt Federgabeln viel weiter verbreitet. Beim Langlieger ist eine Federung vorn wegen des meist nur ca. 25% betragenden Lastanteils weniger wichtig. Beim Kurzlieger ist das Vorderrad mit 40 - 60% belastet, hier ist eine Federung vorn also sehr nützlich. Die Teleskopgabel ist gekennzeichnet durch:

- + gute Stoßausweichrichtung,
- + jede Bremse verwendbar
- starkes Tauchen beim Bremsen
- hohe Reibung, wenn nicht sehr sorgfältig konstruiert

Inzwischen gibt es auch einige Teleskopgabeln in sehr einfacher Ausführung mit Stahlfeder und Reibungsdämpfung oder mit Elastomeren als Federelement. Für den Alltag bringt die einfachere Ausführung schon einen guten Fortschritt, Nachteilig ist das hohe Gewicht von ca 1.6 kg. Kritisch ist die Abdichtung gegen Staub und Wasser. Bälge oder Abstreifringe von Mopeds können nicht schaden. Bei Normalrädern stört manchen die geringere Verwindungssteifigkeit gegenüber einer starren Gabel, vor allem im Wiegetritt. Manche Hersteller bieten speziell verstärkte Naben an. Nach einer Untersuchung von „Bike“ (Heft 94/6) bringen diese Naben allerdings keine nennenswerte Versteifung der Gabel. Beim Liegerad ist man da sehr günstig dran, da kein Wiegetritt mit seinen starken Belastungsschwankungen und Seitenkräften berücksichtigt werden muß. Für nachträglichen Einbau ist eine geringe Einbauhöhe gut, damit sich die Rahmgeometrie möglichst wenig ändert. Diese Forderung beißt sich natürlich mit dem Wunsch nach viel Federweg. Auch der Gabelversatz ist wichtig (Entfernung der Radachse von der Drehachse). Er beeinflusst den Nachlauf. Bei käuflichen Gabeln beträgt dieses Maß zwischen 30 und 43 mm.

Eine Variante der uralten Trapezgabel ist die AMP - Gabel. (Skizze 6). Sie spricht leichter an als eine Telegabel, die Kräfte greifen aller-



Skizze 6 : AMP-Trapezgabel

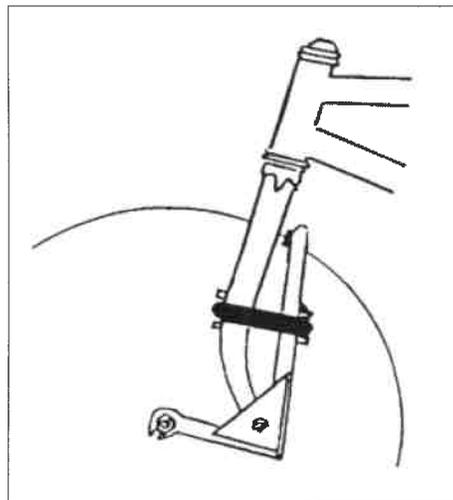
- für leichtes Ansprechen wegen der kurzen Führungslänge hoher Aufwand erforderlich (z. B. Kugelaufbahnen)
- bei direkter Lenkung zusätzlicher Aufwand für getrennte Lagerung des Lenkers erforderlich

Ein typischer Vertreter ist z. B. Cannondale bei seinen Mountainbikes.

Um z. B. eine Vierkantpassung zu vermeiden, verhindern Lightning und Kingcycle das Verdrehen des Lenkers gegenüber der Gabel durch eine Art Schere. Bei Eigenbauten scheint eine dauerhaft spielfreie Lagerung schwierig zu garantieren zu sein. Nachstellbarkeit ist vielleicht eine Lösung.

Ich persönlich bevorzuge die geschobene Schwinge in kurzer bis mittellanger Ausführung mit Versteifungsbügel (Skizze 8):

- + außerordentlich feines Ansprechen
- + niedriges Gewicht
- Aufstellen beim Bremsen

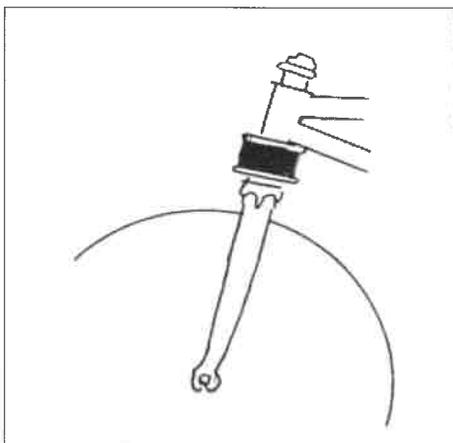


Skizze 8: geschobene Schwinge

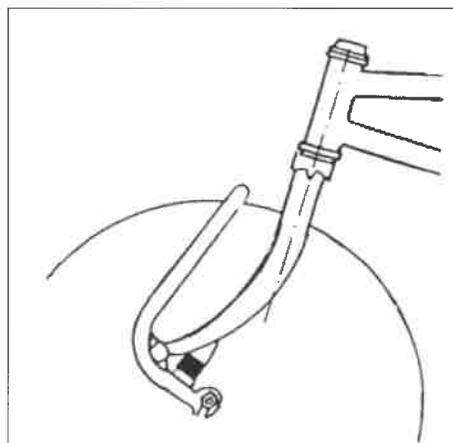
dings an sehr ungünstigem Hebelarm an. Die hoch beanspruchten Lager machten anfangs Probleme, wahrscheinlich wegen unzureichender Abdichtung. Ähnlich arbeitet die Gabel von ICE.

Bei Eigenbauern beliebt ist das Prinzip des federnden Steuerkopfes:

- + relativ einfacher Aufbau
- + keinerlei Probleme mit Verwindungssteifigkeit
- Tauchen beim Bremsen (Skizze 7)



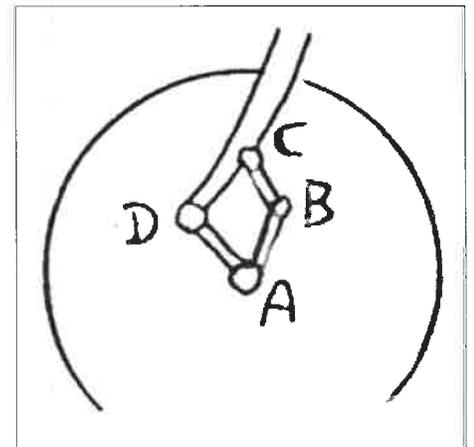
Skizze 7: einfach zu bauender federnder Steuerkopf, Spielfreiheit ist wichtig



Skizze 9: gezogene Schwinge

Wenn man das Ausfedern durch einen Gummipuffer begrenzt und die Feder so vorspannt, daß der Anschlag am Puffer beim Draufsetzen nur ca. 15 mm abhebt, stört das Aufstellen beim Bremsen praktisch nicht mehr.

Ich habe auch schon gezogene Schwingen gebaut (Skizze 9). Die arbeiten auch sehr schön, wohl weil die Radausweichrichtung sehr günstig ist, das Tauchen beim Bremsen hat sich nicht als so nachteilig herausgestellt, wie ich früher vermutete. Ganz bringt man das Tauchen mit folgender Lösung weg: Wenn man die Trommel- oder Scheibenbremse gelenkig abstützt und das Maß AB so wählt, daß sich kein Parallelogramm, sondern ein Trapez ergibt, versucht die Bremse bei Betätigung die Hebel AB und BC zu strecken, d. h. bei richtiger Abstimmung ergibt sich ein „Anti - dive-“ Effekt (Skizze 10).



Skizze 10: nicht tauchende Schwinge

Eine andere Möglichkeit ist eine Schwinge mit Hilfsgabel (Skizze 11; Moulton, Radnabel):

- + sehr leichtes Ansprechen
- + man kann jede Bremse, egal ob Trommel-, Felgen-, Cantilever- oder Hydraulikbremse wählen .
- höheres Gewicht
- viele Gelenke

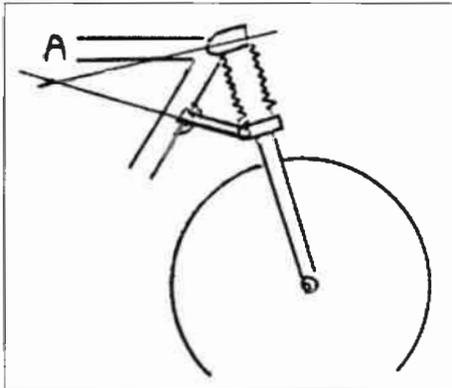
Aus dem Motorradbau kommt die Idee, die Aufgaben von Federung und Lenkung zu trennen und werden als Telelever bezeichnet (Skizze 12):

- + kein Eintauchen oder Aufstellen beim Bremsen (bei geschickter Konstruktion und einer bestimmten Verzögerung und Bremskraftverteilung)
- + keine Veränderung von Radstand und Nachlauf beim Federn
- hoch beanspruchte (Kugel-) Gelenke

Bei der Telelever kippt die ganze Gabel um einen imaginären Drehpunkt, wirkt also im Beispiel wie eine sehr lange Schwinge. Durch Veränderung der Hebellängen kann man das



Skizze 11: Federgabel mit Hilfsgabel (Radnabel)



Skizze 12: Telelever. Die Radachse dreht sich um den (wandernden) Drehpunkt A, wahrscheinlich hohe Rahmenbelastung

Verhalten im weiten Rahmen beeinflussen. In größerer Serie ist m. W. noch keine Ausführung gebaut worden.

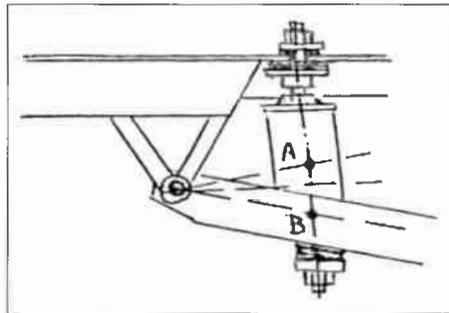
Etwas schwierig ist die Abfederung von angetriebenen Vorderrädern. Für das Flevobike z. B. ergibt die Kraftermittlung eine optimale Lage des Schwingenlagers ca. 7 cm unter bzw. vor dem ziehenden Kettenteil. Das ändert sich aber ziemlich stark mit Ritzeldurchmesser, Kettenblattdurchmesser und vor allem Tretlagerposition, stimmt also z. B. nur für eine bestimmte Beinlänge.

### Hinterradfederung

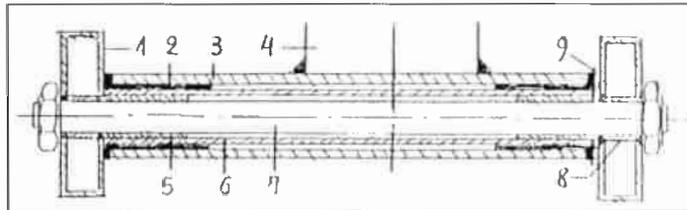
Am meisten bringt bei allen Rädern eine gute Hinterradfederung. Das Gesamtgewicht steigt bei geschickter Konstruktion hinten um ca 1.5

kg. Bezüglich der konstruktiven Ausführung haben sich die Fronten inzwischen ziemlich geklärt. Vor einigen Jahren konnte man noch in den Prospekten der Hersteller und in den Fachzeitschriften viel über die angeblichen entscheidenden Unterschiede zwischen Hinterschwingen mit einem, zwei, drei oder gar vier Gelenken lesen. Inzwischen herrscht ziemlich eindeutig die einfache Dreieckschwinge mit einem Gelenk vor. Der Drang, es möglichst etwas anders als die Konkurrenz zu machen, ist wohl inzwischen von praktischen Erfahrungen und theoretischen Überlegungen überlagert worden. Auch die z. T. abenteuerlich hoch angelegten Drehpunkte sind verschwunden. Die teilweise noch verwendeten „Dreigelenker“ ordnen zwischen Federelement und Schwinge kräftig gelagerte Umlenkhebel an, um auch an dieser Stelle noch etwas zur Seitensteifheit beizutragen und das Federbein von Seitenkräften zu entlasten.

Wenn man Gummi- oder PU-Blöcke verwendet, die mehr als doppelt so lang wie dick sind, muß eine Sicherung gegen Ausknicken da sein, z. B. ein Führungsbolzen. Die Aufhängung an Rahmen und Schwinge muß sorgfältig abgestützt sein, da die Federkräfte bis 3000 N betragen können, satte 6 Zentner! Auf Druck beanspruchte Elemente haben den Vorteil, daß bei Überlastung nichts reißen kann.



Skizze 13: Die Mittelsenkrechte auf der Verbindungslinie A - B soll durch das Schwingenlager gehen (geringste Querkraft auf die Führungsbüchse für den Bolzen in der Schwinge)



Skizze 14: Schwingenlagerung, von unten gesehen. Die Schwinge ist um 10 mm nach rechts versetzt, das Hinterrad ist wegen der größten Stabilität symmetrisch eingespeicht

- |                            |                        |
|----------------------------|------------------------|
| 1 Schwingenholm            | 5 Reduzierhülse        |
| 2 Glycodur 12 * 1 mit Bund | 6 Lagerhülse           |
| 3 Schwingenlagerrohr       | 7 Bolzen M 8           |
| 4 Rahmenrohr               | 8 Verstärkungsröhrchen |

Beim Normalrad wird die Raderhebungskurve günstiger und die Schwinge torsionsweicher oder schwerer, je weiter vorn der Drehpunkt der Schwinge angeordnet ist, denn eine Schwinge ist um so steifer, je kürzer der Abstand zwischen Schwingenlager und Hinterachse ist. Noch zur Geometrie: Um möglichst wenig Seitenkräfte auf die Federbeinaufhängung und die Gleitbuchse G zu bekommen, sollte die Mittelsenkrechte auf der Verbindungslinie A - B durch das Schwingenlager C gehen (Skizzen 13, 14).

### Antriebsschwinge

Einige Konstrukteure verlegen das Tretlager an die Schwinge. Dies bringt ein unterschiedliches Federverhalten je nachdem, ob der Fahrer im Sattel sitzt oder in den Pedalen steht. Im letzten Fall wirkt die Federung härter, was bei den bei steilen Anstiegen auftretenden hohen Tretkräften andernfalls zu einem starken Arbeiten der Federung führen würde. Der manchmal angeführte konstante Abstand zwischen Tretlager und Hinterachse spielt dagegen keine Rolle, zumindest wenn man mit einer normalen Schwinge und Drehpunkt dicht hinter dem Tretlager vergleicht. Ein Nachteil besteht darin, daß bei langen Federwegen das Federn des Hinterrads in den Pedalen spürbar ist. Zumindest für ein Alltagsrad halte ich eine gut abgestimmte normale Schwinge für die bessere Lösung.

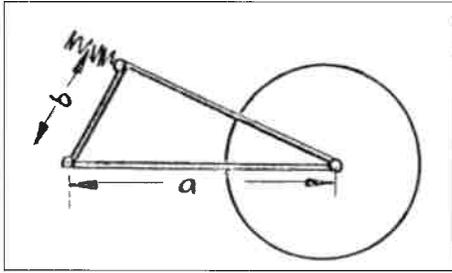
### Das Hebelverhältnis (Skizze 15)

Bei einer Schwinge greife die Feder an einem Hebelarm von 200 mm an, der Abstand zwischen Schwingenlager und Hinterachse sei 400 mm und die Feder habe eine Federzahl von 500 N/cm. Die auf die Radachse bezogene Federzahl beträgt dann  $C = c * (a/b)^2 = 500 * 1/4 = 125 \text{ N/cm}$ . Das Hebelverhältnis geht also, wie weiter vorn bereits erwähnt, quadratisch ein, d. h. wenn man den Hebelarm, an dem die Feder angreift, halbiert, wird die Federung viermal so weich. Je höher man das Hebelverhältnis

wählt, desto kleiner und leichter wird im allgemeinen die Feder, desto höhere Federwege sind erreichbar und desto höher wird die Lagerbelastung. Ich wähle meist Hebelverhältnisse zwischen 2.5 und 4.5.

### Spezialeffekte

Mitschwingende Schutzbleche sind - vor allem bei Kurzschwingen - sehr hoch



Skizze 15: Hebelverhältnis von Hinterradschwingen

beansprucht, also große Unterlegscheiben verwenden und Gummiplatten unterlegen, zur Lagerung 1 - 2 Streben mehr verwenden. Beim Liegerad mit Sitzhöhen unter 400m („Tiefliieger“), muß die Vorgabel schmal sein, Teleskopgabeln entfallen hier. Ein lohnendes Ziel für ehrgeizige Bastler wären Liegeräder mit Frontantrieb und gefedertem Vorderrad, (vor allem für Tiefliieger interessant).

### Federung bei Dreirädern

Grundsätzlich ist bei Dreirädern eine Federung noch wichtiger als bei Einspurern, da man in dreimal so viele Löcher fährt. Eine Spur kann man so kontrollieren, daß man Löcher umfährt, drei Spuren nicht mehr. Auch für Dreiräder gilt, wenn man nur eine Achse federt, dann am besten die stärker belastete. Auch die Hinweise zu Federelementen, Eigenfrequenz und Dämpfung gelten sinngemäß für Dreiräder.

Die Eigenfrequenz liegt bei meinen Dreirädern bei etwa 150, also deutlich höher als bei meinen Zweirädern. Rein subjektiv ist der Fahrkomfort aber durchaus gut. Vielleicht liegt das daran, daß beim Dreirad ein Stoß auf ein Rad nur mit dem Hebelarm von etwa 1 : 2 auf den Sitz einwirkt.

Das Fahren mit einem voll gefederten Dreirad erzeugt zunächst recht ungewohnte Gefühle, weil bei schnellen Richtungswechseln deutliche Roll- (Wank-) bewegungen um die Längsachse auftreten. Daran gewöhnt man sich aber sehr schnell, lehnt sich schon vor der Kurve leicht nach innen und genießt den Fahrkomfort. Gleichgültig, um welche Bauart von Dreirad es sich handelt, immer treten 2 Aufgaben auf:

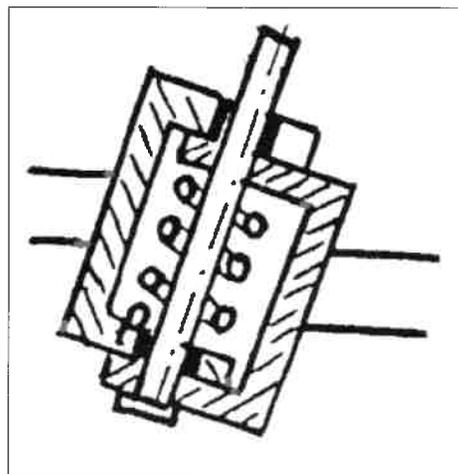
- Ein einzelnes Rad ist abzufedern.
- Zwei auf einer gemeinsamen Achse laufende Räder sind zu federn.

Die erste Aufgabe läßt sich je nach Bauart mit den für Vorder- oder Hinterrad angegebenen Konstruktionen lösen. Zusätzlich treten jedoch bei allen mehrspurigen Fahrzeugen bei Kurvenfahrt im Radauflagepunkt starke Querkräfte auf, die bis zur Größe der Radlast steigen können und entsprechend stabile Konstruktionen verlangen.

Für Räder, die zu zweit auf einer Achse sitzen, stellen sich bei Federung folgende Aufgaben:

- Das Rad soll etwa senkrecht oder leicht schräg nach hinten nachgeben können (ohne Spurveränderung).
- Beim Einfedern soll sich der Sturz, d. h. die Seitenneigung möglichst wenig ändern.
- Das Rad muß in Fahrzeuginnenrichtung geführt sein um die Brems- und evtl. Antriebskräfte aufzunehmen.
- Die Radachse muß verdrehsicher geführt sein, um die Brems- und evtl. Antriebsmomente aufzunehmen.

Ein ziemlich schwieriges Problem ist das Abfedern von gelenkten Rädern. Beim Einfedern sollte sich nach Möglichkeit Spurweite und Sturz (Neigung der Räder) wenig oder gar nicht ändern. Das erfordert eine Menge theoretisches Wissen und Erfahrung im Umgang mit Computer und/oder Zeichenbrett. Dieses Ziel erreicht man z. B. wenn Federung und Lenkung voneinander entkoppelt wird. Dies ist z. B. bei der Kartachse verwirklicht (Skizze 16). An einer Starrachse sind die Achsschenkel federnd in einer Gabel gelagert. Es sind nur kleine Federwege möglich, dafür kann man die Teile u. U. fertigt kaufen.

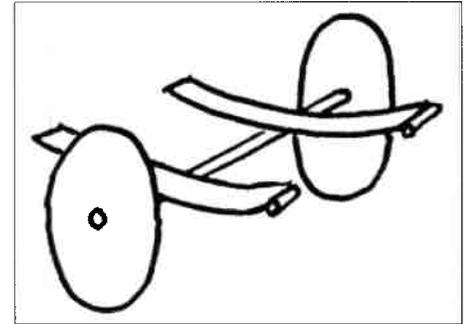


Skizze 16: Kartachse

Man könnte auch außen an den Achsschenkeln kurze Schwinge anbringen, oder man verlegt die ganze Lenkung in die (gedeferte) Starrachse. Meist begnügt man sich mit einer Näherungslösung. Die einfachste Möglichkeit für die Federung einer Achse ist die im Autobau nur noch bei LKW verwendete sogen. Starrachse, d. h. die beiden Räder sind durch eine Achse starr miteinander verbunden und diese Achse ist dann federnd aufgehängt. Nachteil: wenn nur ein Rad einfedert, verändert sich der Sturz beider Räder. Bei fahrradüblichen Gelenk-

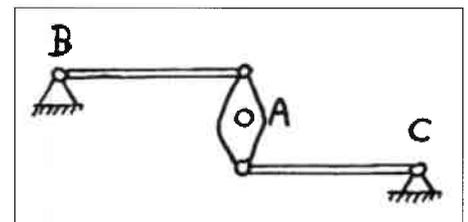
schwindigkeiten und Federwegen ist dies erfahrungsgemäß weniger kritisch.

Die Führung (und die Federung) übernehmen im einfachsten Fall leicht gebogene „Blattfedern“ aus Federstahl, elastischem Holz oder mit Harz gebundenen Glas-, Kevlar- oder Kohlefasern (Skizze 17).

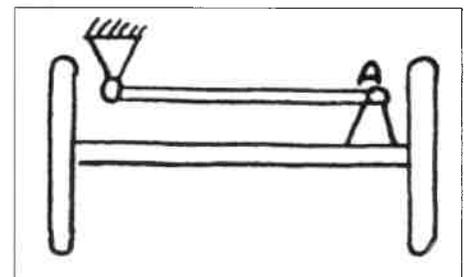


Skizze 17: Starrachse mit Blattfedern

Wenn keine Blattfedern verwendet werden, kann zur Führung der Achse entweder das sehr elegante Wattgestänge (Skizze 18), nach dem Erfinder der Dampfmaschine genannt, oder der sogenannte Panhardstab (Skizze 19) dienen. Durch seine große Länge bewegt sich der Punkt A über einen gewissen Bereich annähernd senkrecht. Zusätzlich müssen natürlich auch noch die Bremskräfte und -momente aufgenommen werden, z. B. durch Längslenker.



Skizze 18: Wattgestänge

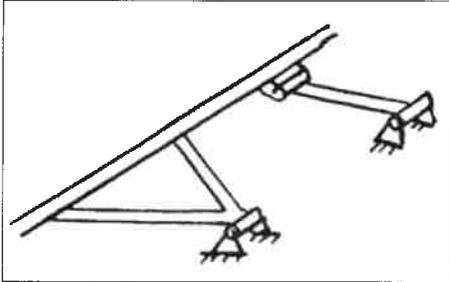


Skizze 19: Panhardstab

Als Lager für Längslenker, Panhardstäbe usw. eignen sich am besten Gummilager, die nicht viel Genauigkeit beim Einbau und keine Schmierung verlangen.

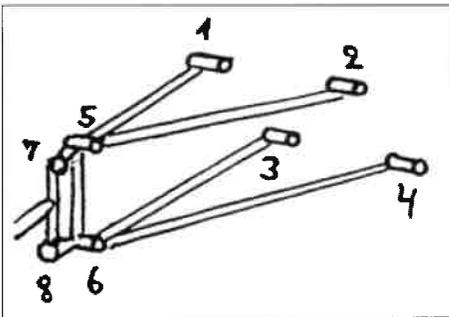
Die einfachste Aufhängung (außer mit Blattfedern) ist die folgende Ausführung: Die Ach-

se ist mit einem umgedrehten Reaktionsdreieck geführt (Skizze 20), Dieses nimmt die Querkräfte, das Bremsmoment und zusammen mit einem weiteren Längslenker die Längskräfte auf. Alle drei Lager sind als Gummilager ausgeführt, um die leichte Schrägstellung beim einseitigen Federn auszugleichen.



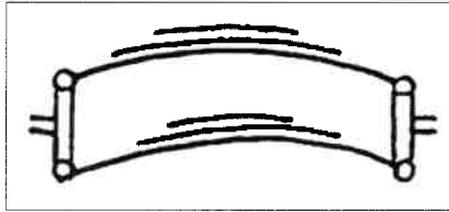
Skizze 20: Achse mit Reaktionsdreieck und Längslenker

Die häufigste Konstruktion bei Autos sind Querlenker (Skizze 21). Diese erfordern insgesamt 16 Drehgelenke für die komplette Achse. Davon lassen sich die Nummern 5,7 und 6,8 paarweise zu Kugelgelenken zusammenfassen, dann hat man aber immer noch 8 Dreh- und 4 Kugelgelenke. Ein Nachteil dieser Achse ist der Raumbedarf, u. U. gibt es Konflikte mit den Fersen. Das bedeutet, man muß relativ weit vorn sitzen, das ergibt schlechte Traktion oder das Tretlager muß sehr hoch gesetzt werden. Wegen dieser Platzprobleme sind die Querblattfedern des dänischen Kabinen - Rads Leitra in der Mitte etwas schräg nach hinten gezogen, das ermöglicht eine Hinterachslast von ca 40%.



Skizze 21: Doppelte Querlenker

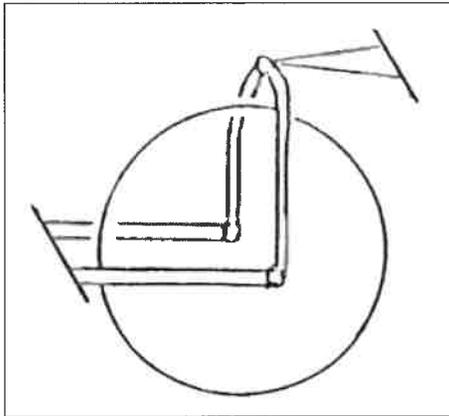
Querlenker als Federn (Skizze 22): Diese früher von DKW verwendete Achse arbeitet in etwa abgewandelter Form heute in der Leitra. Neben den dargestellten Konstruktionen gibt es im Autobau noch weitere, wie Kurbel-, Pendel- und Koppelachsen. Bei langen Federwegen kann die Seitenneigung in schnell gefahrenen Kurven störende Ausmaße annehmen. Bei Autos greift man dann zu einem „Stabilisator“, ein am Rahmen frei drehbar gelagerter Torsions-



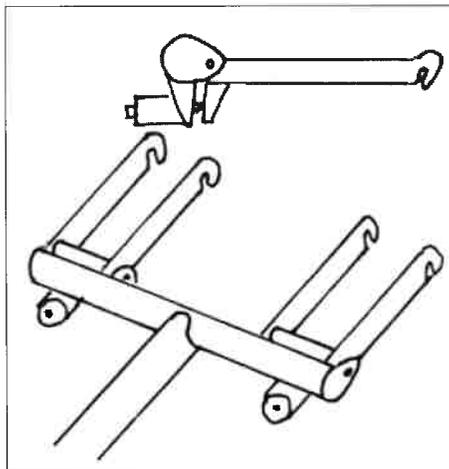
Skizze 22: Blattfedern als Querlenker

stab, dessen abgewinkelte Enden mit der Rad-aufhängung verbunden sind.

Parallelführung durch GFK - Federn (Skizze 23): Eine sehr einfache Hinterradfederung weist seit 94 die Leitra auf. Das Rad hängt an längs verlaufenden „Federn“ aus Kohlefaser/Epoxy und einem federnden Führungsdreieck hinten oben, völlig wartungsfrei, die Leitra ist mit dieser Federung sogar etwas leichter geworden, die Federwege sind allerdings begrenzt.



Skizze 23: Hinterradfederung an 3 GFK-Federblättern

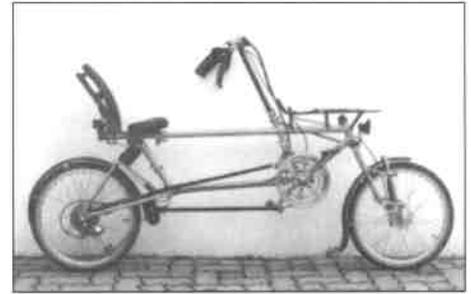


Skizze 24: Längsschwingen

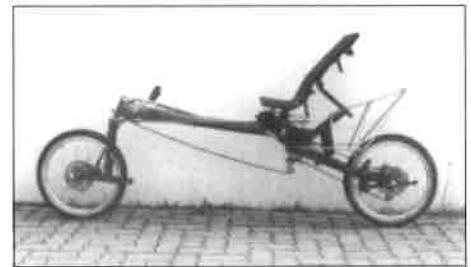
Längsschwingen (Skizze 24): Bei meinem Dreirad 3R7 mit Einrohrrahmen und zwei Rädern hinten habe ich die beiden Hinterräder in Längsschwingen aufgehängt, wie ich sie auch bei meinen Zweirädern verwende. Diese Lösung hat hier den Vorteil, daß man keine teuren und schwer erhältlichen Stummelnaben braucht, sondern jede normale Hinterradnabe verwenden und daß man hydraulische Felgenbremsen nehmen kann. Mit diesen ist am ehesten ein gleichmäßiges Bremsen beider Räder erreichbar. Für den Antrieb habe ich eine Zwischenwelle und treibe das linke Hinterrad an.

### Beispiele für gefederte Liegeräder

Der ATL von Radnabel hat seit Jahren eine Federung für beide Räder. Hinten wird die übliche Langschwinge, früher mit Gummihohlfeder, jetzt mit PU - Block angebaut. Vorn hat Dieter Baumann eine Trapezgabel gewählt, recht aufwendig mit 8 Gummidrehelementen, die einerseits als spielfreie Gelenke, gleichzeitig aber auch als Federelemente wirken. Dies System ist wartungsfrei und sehr effektiv, jede Bremse kann verwendet werden.



Der ATL von Radnabel



Der Langlieger von OSTRAD

Der Langlieger von Ostrad, wahrscheinlich derzeit das komfortabelste Liegerad auf dem Weltmarkt, hat vorn auf Druck beanspruchte Gummipuffer, hinten Cellastoblock. Auf der Schwingendrehachse sitzt ein Zwischenge triebe, das erspart den vorderen Umwerfer, erweitert den Bereich der möglichen Entfaltungen und hält den Abstand zwischen Kette und Drehpunkt bei den riesigen Federwegen (bis 20 cm) klein. Die Federhärte wird durch Verschie-



„elite“ von Riese & Müller

ben des Federangriffspunktes an der Schwinge verstellt. Nach gleichem Prinzip wird ein Kurzlied gebaut, aber mit käuflicher AMP - Gabel.

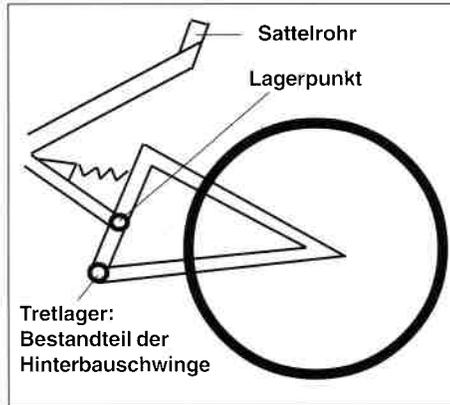
Das Fahrgestell der Desira (Darmstädter Ergonomie- und Sicherheitsrad), entwickelt von der Gruppe um Stefan Gloger, hat eine interessante Vorderpartie. Außer dem nach vorn geneigten Steuerkopf, mit dem ich auch schon sehr gute Erfahrungen gemacht habe, ist eine Art Schwinge zu sehen, an welcher die Gabel aufgehängt ist, hier mit verstellbarer Neigung. Diese Aufhängung dürfte eine sehr günstige Radausweichrichtung haben.

Werner Stiffel, Karlsruhe

**Literatur**

- Gedämpftes Vergnügen, Artikel über gefederte Sattelstützen; „Radwelt“ 4/98
- Daunen Hill, ausführlicher Test von 18 Federgabeln; „Bike“, 1/93
- Full Suspension, Test von 14 gefederten Normalrädern; Bike3/93
- Erschütternde Radwege; in Pro Velo Nr. 12
- Energieverschwendung durch Federung - von wegen; Bike 9/95
- Wie sicher sind Federgabeln? in Tour 9/95
- Kinematik von Fahrradfedern, Studienarbeit von Carsten Thiess am Institut f. Konstruktionslehre an der T. U. Braunschweig, 1994
- Federungen für Liegeräder und Dreiräder, W. Stiffel, Karlsruhe, Eigenverlag

**Bauformen gefederter Hinterbauschwinge**



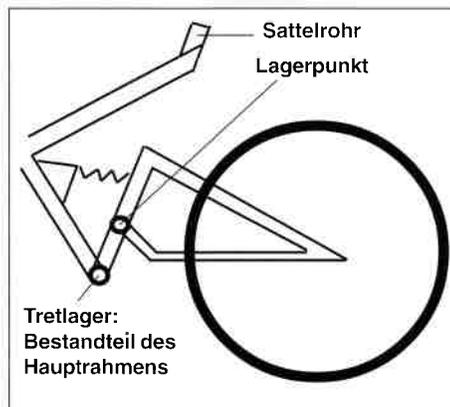
**Antriebsschwinge**

**Vorteile:**

- geringes Gewicht
- Wenig Lagerpunkte
- keine Antriebseinflüsse
- verschleißarm

**Nachteile:**

- wenig Dämpfung im Stehen
- Abstand Sattel-Tretlager ändert sich
- bergauf schlechte Federung



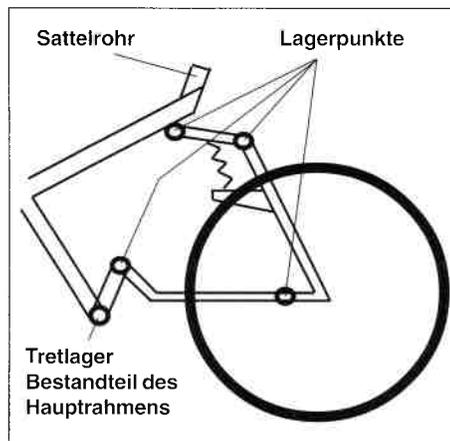
**Eingelenker**

**Vorteile:**

- günstiger Preis
- niedriges Gewicht
- wartungsarm
- Hinterbau arbeitet im Stehen u. Sitzen

**Nachteile:**

- keine Kompensation der Bremskräfte
- schlecht zu tragen
- schwierige Zugverlegung



**Viergelenker**

**Vorteile:**

- sensibles Ansprechverhalten
- großer Einsatzbereich
- kaum Antriebseinflüsse

**Nachteile**

- hohes Gewicht
- viele Lager, dadurch anfällig
- wartungsintensiv

(Skizzen und Text nachempfunden nach: Thomas Rögner, Der ultimative BIKE-Workshop, Bielefeld 1999, S. 12 ff) bf

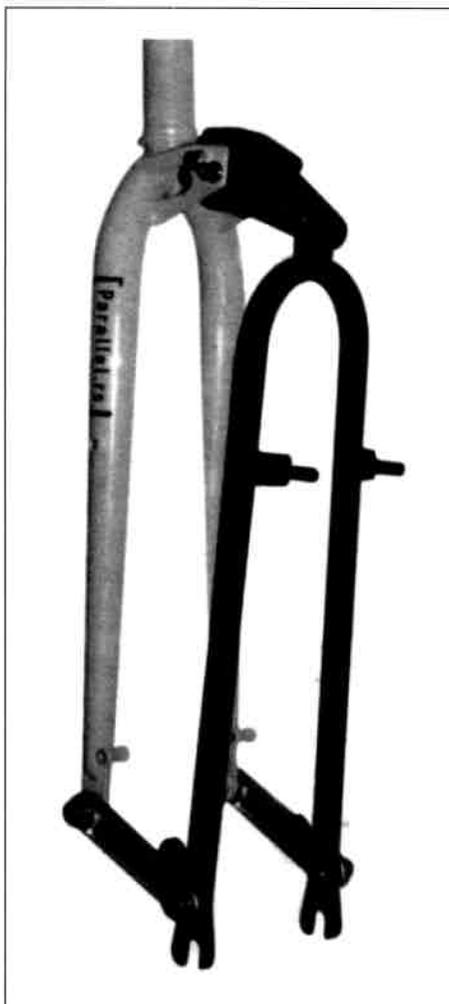
**Produktvorstellung:****LSM(Parallel.rs) - Die Federgabel von R.Stolz aus der Schweiz**

Die Parallel.rs ist eine Federgabel für den Alltagsbereich, bei der vor allem ein gutes Ansprechverhalten vor der Forderung nach einem großen Federweg steht.

Der Aufbau der (Parallel.rs) ist die bekannte Version der parallelen Schwinge. Vier Gelenkpunkte sorgen dafür, daß das Vorderrad beim Ueberfahren eines Hindernisses in erster Linie nach oben ausweicht. Das Federelement ist eine ROSTA Feder, die auf Drehung beansprucht wird und daher ohne spürbare Losbrechkraft anspricht. Die Federung reagiert schon auf feinste Unebenheiten an und „glättet“ den Alltag spürbar. Die hohe Eigendämpfung des Elastomers im ROSTA-Element läßt ein Aufschaukeln nicht zu. Durch versetzen des oberen Drehpunktes läßt sich die Härte der Feder einstellen. Es sind drei Positionen vorgesehen.

In der kurzen Erprobungszeit habe ich die Gabel sehr schnell schätzen gelernt. Der Federweg von 40mm reicht selbst für Hamburger Radwege aus und durch die progressive Kennlinie des Federelementes verträgt die Gabel auch schlecht abgesenkte Bordsteinkanten. Die (Parallel.rs) läßt sich relativ problemlos in vorhandene Alltagsräder und Reiseräder einbauen. Mit 1700g empfinde ich die Gabel als leicht und vor allem in der Optik als sehr ansprechend. Die Hauptgabel kann man in RALfarben lackiert bekommen, die Vorgabel ist normalerweise matt schwarz.

Die Montage ist denkbar einfach: Die Hauptgabel wird eingebaut und die „Vorgabel“ mit Hilfe der Zwei Gelenkstücke und



der ROSTA-Feder als Verbindungsstück montiert. Die Vorgabel ist mit Canti-Sokkeln versehen. Der Hersteller verspricht die Möglichkeit, an der Vorgabel ein Schutzblech zu montieren.

Tatsächlich ist dort im Gabelkopf ein Gewinde vorgesehen. Bei der Montage an meiner „Valentina“ fiel mir jedoch auf, daß ich an die Gewindeaugen im Ausfallende nicht herankommen werde, da die Gelenkstücke zu wenig Platz zwischen sich und der Gabel lassen. Ich werde die Schutzblechstreben gekröpft von innen anbauen müssen.

Der Gabelkopf der Hauptgabel hat keine Bohrung und so bleibt auch die Montage der Lampe ein Provisorium. Die Lampe ist jetzt mit einem zusätzlichen Halter auf der Vorgabel, also ungefedert angebracht, ein Abbrechen wird nur eine Frage der Zeit sein.

Die Hauptgabel ist mit ausreichend Gewindeaugen versehen, so daß ein Lowrider an der Hauptgabel montiert werden kann. Das Gepäck gehört dann sinnvollerweise zur gefederten Masse. Etwas Enttäuschung brachte die Ausführung der Gabel. Zwei Bohrungen waren nicht in der richtigen Größe ausgeführt, so daß dort nachgearbeitet werden mußte und das Gewinde vom Gabelschaft mußte ebenfalls nachgeschnitten werden. Die Verbindungsschrauben hätte ich bei einem schweizer Produkt mindestens in Niro-Ausführung erwartet, sie sind alle verzinkt.

Die Gabel ist sowohl als 28", als auch als 26" Gabel zu bekommen, jeweils wahlweise mit 1" oder 1 1/8" Schaft.

Der Preis der (Parallel.rs) liegt mit 390,- DM in einem sehr erträglichen Bereich, vor allem, wenn man die Wartungsfreiheit und die herorragende Alltagstauglichkeit bedenkt. **Juliane Neuß, Glinde**

***Nicht vergessen: Bei Umzug neue Adresse an PRO VELO !***

***Fax: 05141/84783***

***eMail: Fahrradmagazin.ProVelo@t-online.de***

**D**ies ist meine Geschichte von einem sehr ungewöhnlichen Fahrrad und seinen Erbauern. Ein Fahrrad, das auch 10 Jahre nach den ersten Ideen noch nicht in seinen Fahreigenschaften übertroffen wurde. Ich erzähle diese Geschichte, damit die Vision von einem komfortablen und praktischen Alltagsfahrrad nicht in Vergessenheit gerät.

1985 präsentierten wir, die Arbeitsgruppe Fahrradforschung der Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg, das OLF (Oldenburger Leichtfahrzeug), ein Liegedreirad, in Rohfassung ohne Karosserie (siehe PRO VELO 16, S 5 ff). Fahrzeuge wie das OLF waren damals als Alternative zwischen Auto und Fahrrad gedacht. Die praktische Erprobung ließ uns erfahren, daß der OLF für die realen Verkehrsverhältnisse eher unpraktisch ist: nicht genügend Power, um im Autoverkehr mitzuschwimmen, und wir fühlten uns nicht wohl in der niedrigen Sitzposition. Völlig überzeugend war jedoch der Ansatz, Pkw-Fahrwerktechnik beim OLF einzusetzen. Die weiche Federung war ein riesiger Fortschritt gegenüber normalen Fahrrädern beziehungsweise Liegerädern.

Aus dem OLF ergaben sich zwei mögliche Entwicklungspfade: der MOLF (motorisierter OLF) und der ZWOLF (zweirädrige OLF). Der MOLF mit unterstützendem Elektromotor (von etwa 2 kW Spitzenleistung) für Beschleunigung, Steigungen und Geschwindigkeiten bis 70 km/h wurde nie genauer konstruiert oder gar gebaut. Es wäre für unsere kleine Arbeitsgruppe nicht möglich gewesen, dies Projekt zu realisieren. Und der MOLF lag auch ziemlich nahe bei den damaligen Solarmobilen (mit Solarzellen zu Hause auf der Garage).

Der ZWOLF, ein Liegerad mit pkw-ähnlicher Federung, war aus Sicht der Ausbildung von Physikern - die Uni in Oldenburg bildete keine Ingenieure aus - nicht gerade spannend. So wurde es zu einem privaten Projekt von Martin Glup und mir. Wie beide entschieden uns nach ersten Skizzen, den ZWOLF-Gedanken eines Liegerades fallen zu lassen. Wir wollten ein Fahrrad, daß jeder Fahrradfahrer sofort ohne große Umgewöhnung sehr gut beherrscht. Also die konventionelle Sitz-

## Ein ungewöhnliches Fahrrad:

# Entwicklungsgeschichte eines gefederten Stadtrades



Vierter Prototyp im Alltag

position eines Reiserades. Aber eben mit exzellenter Federung und besseren Möglichkeiten, Gepäck zu transportieren.

Für das Lastenheft ergaben sich dann folgende Anforderungen:

- weiche Federung (1,6 Hz Eigenfrequenz, Federweg größer 12 cm)
- progressive Federkennlinie durch geschäumtes Elastomer als Feder
- darauf abgestimmte hydraulische Dämpfung
- einheitliche Federdämpfer vorne und hinten
- Federung leicht anpaßbar an unterschiedliche Gewichte
- kleine, rollwiderstandsoptimierte Hochdruckbereifung
- breite, stabile Gepäckträgerfläche
- Durchstieg durch den Rahmen beim Aufsteigen
- normale Lenk-, Fahr- und Bremseigenschaften
- preisgünstig in der Fertigung (Ziel: < 2.000 DM [das war im Jahr 1987]).

Als ein Vorbild diente das Moulton-Fahrrad, insbesondere das der 60er Jahre: kleine Laufräder mit Hochdruckbereifung und Federung, breiter Gepäckträger über den Laufrädern, einfacher Zentralrohrrahmen mit tiefem Durchstieg. Und das alles einfach zu fertigen und damit preiswert. Lei-



Moulton-Fahrrad der 60er Jahre

der wurde die Produktion dieses wirklich genialen Fahrrades 1974 eingestellt. Das Moulton-Fahrrad der 80er (AM 7 usw.) mit seinem Gitterrohrrahmen war immer ein Hochpreisprodukt. Meine persönlichen

Erfahrungen mit meinem eigenen AM 7 waren sehr zwiespältig. Ein tolles Fahrrad, aber in vielen Punkten für mich noch unbefriedigend: Hinterradfederung recht hart, Vorderradfederung mit schlechter Reibungs-Dämpfung, harten Endanschlägen und zu starkem Bremsstauchen, zu nervöses Lenkverhalten, instabiler hinterer Gepäckträger. Die 17"-Moulton-Reifen waren viel zu empfindlich gegen Fremdkörper, zu glitschig bei Nässe, viel zu schwierig bei Spurrillen und Kanten. Und auf einer Radreise Ersatz zu bekommen wäre unmöglich gewesen.

Daß wir kleine Laufräder nehmen wollten, war uns klar, um auch bei großen Federwegen tiefere Gepäckflächen zu bekommen als mit normalen Fahrrädern. Aber welche Reifen? Die Moulton-Reifen wegen meiner schlechten Erfahrungen sicher nicht. Wir wollten eine ETRTO-Größe, die in vielen Fahrradgeschäften der westlichen Welt am Lager ist. Also 20"-BMX? Gibt es da Hochdruckbereifung? Wir fanden bei Avocet einen Slick-Reifen, der auch mit hohem Luftdruck für Solarmobile eingesetzt wurde. Die Bestellung beim deutschen Importeur verlief allerdings im Sande und auch Nachfragen brachten keinen Erfolg.

In anderem Zusammenhang ergab sich damals ein Kontakt zu Continental in Korbach. Am Rande wurde auch das Problem der kleinen Hochdruckreifen u.a. für Liegeräder angesprochen. Und zu unserer Überraschung hatte Conti eine Lösung: eine Sonderproduktion von einem Kinderradreifen in 16" aus rollwiderstandsoptimierten Materialien für Solarmobile der Tour de Sol, der auch hohem Druck standhält. So kamen wir zu unseren 47-305 Reifen.

Und so bauten wir um diese Reifen herum unser Fahrrad! Wir wühlten in der Fachliteratur zu Pkw- und Motorradfahrwerken und entschieden uns für eine einfache Hinterradschwinge und eine geschobene Langschwinge in der vorderen Gabel ähnlich wie früher bei BMW Motorrädern. Wir wollten nämlich große Federwege (12 cm und mehr), kein Bremsstauchen und kein Stick-Slip wie bei Telegabeln.

Über die geplante Massenverteilung des Fahrrades und der gewünschten Eigen-

frequenz der Federung konnten wir die Federraten für einen ganzen Bereich von Beladungszuständen (leichte Frau ohne Gepäck bis schwerer Mann mit Gepäck) berechnen.

Beim Liegedreirad OLF hatten wir ausschließlich auf die Materialdämpfung des als Federungsmaterial verwendeten geschäumten Polyurethan gesetzt. Dies war akzeptabel, da der Schwerpunkt sehr tief lag und uns das Trampeln der Räder auf sehr schlechten Wegen nicht so störte. Für ein Zweirad brauchten wir aber mehr Dämpfung. Aber keine Reibungsdämpfung wie beim Moulton-Fahrrad! Wir wollten Pkw-Komfort! Also berechneten wir nach Pkw-Auslegungskriterien die hydraulischen Dämpfer. Und wir knüpften Kontakt zu Stabilus. Die Firma wies uns darauf hin, daß ein so schwacher Dämpfer, wie wir ihn errechnet hatten, hydraulisch nicht möglich sei. Also änderten wir unsere Konstruktion und ließen Feder und Dämpfer nicht direkt am Rad, sondern nach innen versetzt - und somit über eine Hebelübersetzung - an den Schwingen angreifen. Nebenbei gewannen wir dadurch die Möglichkeit, durch Verstellen des Angriffspunktes des Federdämpfers die Federung optimal auf verschiedene Beladungszustände anzupassen. Bei der vorderen Schwinge brauchten wir dafür eine kleine Hilfsgabel, die die Schwinge mit dem Federdämpfer verband. Dies ergab ein für alle Seiten akzeptables Ergebnis. Und Stabilus fertigte uns spezielle hydraulische Dämpfer extra für unser Fahrrad!

Diese Dämpfer kombinierten wir direkt mit Federn aus Cellasto (von Elastogran), einem geschäumten Polyurethan-Material. Angenehm an diesem Material ist vor allem die am Ende stark progressive Federkennlinie, die uns zusätzliche Endanschläge ersparte. Geschäumtes Polyurethan wirkt durch seine Bläschen wie eine Luftfeder. Die Materialdämpfung ist recht gering. Bei unserem Fahrrad liefert die Materialdämpfung der Cellasto-Feder nur etwa 10% der Gesamtdämpfung.

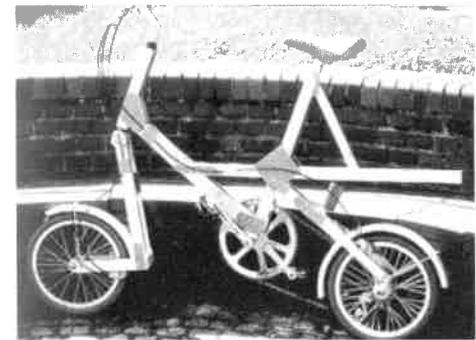
Als Material für den Prototypen-Rahmen wählten wir Alu-Vierkantrohre. Die Verbindungen wurden weitgehend geklebt und genietet, eine Technik, die sich bei uns schon vorher beim Bau von Fahrrad-

hängern sehr bewährt hat. Dieses Verfahren ist recht einfach und schnell, ideal für Prototypen. Als Vorrichtung zum Ausrichten reicht ein stabiler Tisch. Im Gegensatz zum Schweißen oder Löten verzieht sich beim Kleben und Nieten nichts und das sonst mühselige Richten entfällt völlig.

Konstruiert wurde einfach am Tisch mit Papier und Bleistift. Fahrradteile wurden gekauft. Gleitbuchsen (Permaglide von INA) für die Schwingenlager beschafft. Zur Vereinfachung wurde das Tretlager als ein einfaches Patronenlager eingeschrumpft - die übliche BSA-Tretlageraufnahme aus der Steinzeit des Fahrradbaus war uns zu umständlich.

Schließlich nach etlichen Stunden an Fräse und Drehbank und kleiner Hilfestellung durch die Werkstatt der Uni beim Schweißen einiger weniger Stellen des Alu-Rahmens war das Fahrrad fertig. Auf zur Probefahrt!

Unser Traum war fahrbar geworden. Die Federung war super. Und dabei kein Bremsstauchen. Durch den hohen Lagerungspunkt der hinteren Schwinge gab es auch kein Einsacken beim kräftigen Beschleunigen. Zwar gab es eine Rückwirkung der Federung beim Durchfahren von Unebenheiten, aber an die leichte Fußmassage auf Kopfsteinpflastern konnte man sich gewöhnen. Nur bei langen Bodenwellen mit großen Federhüben blieb dies doch etwas merkwürdig. Ja, und die Gabel sah sicher auch etwas merkwürdig aus. Aber es fuhr sich wirklich toll.



Zweiter Prototyp

Ja, bis ... Bis irgendwann leider schlagartig die vordere Gabel (während einer Bremsung?) kollabierte. Ich fand mich auf dem Boden wieder - mit einigen Schürfwunden und ziemlich durcheinander. Die

nächsten Tage durfte ich das schöne, sehr sonnige Wetter im Krankenhausbett genießen. Leider passierte dieser Unfall bevor wir das fertige Fahrrad im Bild festgehalten hatten. Was war falsch gelaufen? Den Rahmen, den Gabelkopf und die Schwingen hatten wir vorher rechnerisch auf Festigkeit überprüft. Aber die Hilfsgabel hatten wir übersehen. Sie war unterdimensioniert! Und es gab einen gravierenden Fertigungsfehler am Gabelkopf.

Nun gut, aus Fehlern lernen wir. Und so wurde einige Zeit später eine neue Gabel für das Fahrrad gebaut - der Rahmen war unbeschädigt. Diesmal griff der Federdämpfer einseitig direkt zwischen vorderer Schwinge und Gabel an: Mechanisch solide. Und Tests mit anderen Fahrrädern hatten gezeigt, daß die Beeinträchtigung der Lenkeigenschaft durch die asymmetrische Massenverteilung vielleicht noch okay sein könnte. In der Fahrerprobung zeigten sich die gleichen guten Federungseigenschaften. Die Lenkeigenschaften waren sehr gut beherrschbar, aber es blieb ein schwammiges Gefühl.

So richtig überzeugt waren wir von diesem Fahrrad nicht. Einige Zeit später erprobten es Marinus Meijers und Marten Gerritsen aus Groningen und ersetzen die Alu-Gabel durch eine steifere Stahlgabel. Dies brachte eine Verbesserung der Lenkeigenschaften, aber die leichte Asymmetrie im Handling blieb. Die beiden Niederländer verfolgten die Idee weiter und so wurde über die Jahre daraus der Radical



Radical Cityflitzer

Cityflitzer, der in Kleinserie gefertigt wird (siehe PRO VELO 43, S. 15).

Martin Glup und ich aber machten nach einer Pause einen radikalen Neuanfang. Die geschobene Schwinge gefiel uns, aber die

Asymmetrie im Gabelsystem gefiel uns nicht. Aber wo sonst mit dem Federdämpfer hin? Vor dem Steuerkopfrohr, wie bei dem ersten Prototyp mit der Hilfsgabel, war auch nicht so toll, da wir diesen Platz lieber für Gepäck haben wollten. Dann kam die Idee: Warum eigentlich das Vorderrad im Gabelsystem federn? Warum nicht umgekehrt - wie beim Auto - die Federung in das Rahmensystem integrieren und daran dann das Gabelsystem anbringen. Motorräder mit Achsschenkelenkung wurden schon gebaut, aber der begrenzte Lenkeinschlag wäre für unser Fahrrad nicht akzeptabel. Also blieben wir doch lieber bei der starren Fahrradgabel, aber federten dafür die Anbindung dieser am Rahmen ab. So entstand die in unseren Augen ziemlich revolutionäre Idee der rahmenseitig geschobenen Vorderradschwinge mit starrer Fahrradgabel.

Aber wie verbindet man jetzt die Gabel mit dem Lenker? Recht schnell kamen wir dann zu dem Gestänge, wie es auch später gebaut wurde. Eleganter wäre natürlich eine hydraulische Lenkungsbetätigung, aber Kosten und Sicherheit - redundante Auslegung notwendig? - sprachen dagegen. Andere Gelenksysteme zur direkten Verbindung von Lenkachse oben am Lenker zur Lenkachse der Fahrradgabel wurden durchdacht, waren aber auch nicht einfacher. Die indirekte Lenkung über das Gestänge hat nebenbei den Vorteil, daß dadurch endlich die Position des Lenker unabhängig ist von Lenkgeometrie und Radstand.

Voller Enthusiasmus machten wir uns an den PC, um erstmals auch per CAD (AutoCAD) die Konstruktion auszuarbeiten. Am Rechner konnten wir besser und genauer als bisher die Bewegungsräume der Schwingen berücksichtigen und um jeden Millimeter feilschen. Schließlich war das neue Fahrrad fertig und fahrbereit. Das Konzept konnte auch in der Realität überzeugen. Ein solides, stabiles Fahrgefühl. Die Federung höchstens geringfügig schlechter als beim Vorgänger durch die jetzt höhere ungefederte Masse. Ein leichtes Bremstauchen wurde sogar als angenehmer als der vorherige vollständige Bremsmomentenausgleich empfunden.

Wegen des Gestänges hatte wir die Dreh-

achse des Lenkers flacher gestellt als bei normalen Fahrrädern. Dies erwies sich als nicht so günstig. Das einhändige Fahren wurde dadurch etwas ungewohnt gegenüber normalen Fahrrädern. Aber ansonsten ein Volltreffer.

Nach einigen Monaten Erprobung buchte ich endlich meinen lange geplanten Trip nach Neuseeland. Martin und ich entschlossen uns, bis dahin noch zwei Nachfolgemodelle dieses Fahrrades zu bauen. Für jeden eins. Und ich wollte mit meinem dann für 3 Monate durch Neuseeland.

Bei der Konstruktion des neuen Modells verbesserten wir den Drehwinkel des Lenkers und setzen das hintere Schwing lager tiefer. Dies ergab kompaktere hintere Ausfallenden. Und wir setzten diesmal auf konventionelle Cantilever-Bremsen bzw. eine U-Brake statt der bei den vorhergehenden Modellen nicht immer überzeugenden Hydraulikbremsen. Wir beiden bevorzugten das nicht-runde BioPace Kettenblatt gegenüber runden an unseren normalen Fahrrädern. Also konstruierten wir auch gleich ein passendes, für dieses Fahrrad genau abgestimmtes BioPace Kettenblatt mit 72 Zähnen. Eine echte Herausforderung für meine CAD-Fähigkeiten. Die Uni-Werkstatt hatte ihren Spaß daran, endlich mal was Handfestes mit ihrer CNC-Fräse fertigen zu können und dabei nicht alle Daten per Hand eintippen zu müssen.

Mein Fahrrad wurde wenige Tage vorm Abflug fertig. Als Gepäckträger wurde ein einfacher Rahmen aus kleineren Alu-Rohren auf das zentrale Gepäckträgerrohr geklemmt. Er konnte so für den Flug hochkant gestellt werden und störte nicht. Auf den Gepäckträger kam ein großer 80-Liter-Rucksack. Vorne hatte ich eine Lenkertasche fest am Rahmen montiert für meine Fotoausrüstung.

Das Fahrrad hat die Tour hervorragend gemeistert. Durch dieses Fahrrad entstanden viele Kontakte zu Einheimischen und anderen Touristen. Die Federungseigenschaften waren schwer beladen noch besser als sie es ohnehin schon waren. Über Verkehrsberuhigungsschwellen konnte ich im flotten Tempo im Sattel sitzend hinweggleiten, während sie für Kleinwagen britischer Konstruktion bei gleichen Tempo zu Sprungschancen wurden und die Insassen

entsprechend durchgeschüttelt wurden. Bergab verheizte ich Mountain-Bikes, da mein Fahrrad auch bei schlechten Straßen satt auf der Straße lag und auch das Gepäck keinerlei Probleme machte.

Einmal vergaß ich mein Gepäck auf dem Träger festzuzurren - der Rucksack lag also nur lose auf dem Rahmen und auf ihm noch mein Reservereifen und der Proviantbeutel. Ich merkte es erst bei der nächsten Pause. Nichts passiert! Nichts verrutscht oder gewackelt!

Die 47 mm breiten Reifen bewährten sich insbesondere, wenn ich mal vor einem Schaftransport bei vollem Tempo ins Gras neben der Straße fliehen mußte. Mit jedem anderen Fahrrad hätte ich dabei ernste Probleme gehabt oder ich hätte zumindest aus dem Sattel gehen müssen. Es ist immer wieder verblüffend, wieviel mehr an Fahrsicherheit dies Fahrrad mit seiner weichen, aber gedämpften Federung und den etwas breiteren Hochdruckreifen bietet.

Gab es keine Probleme? Naja, ein paar Kleinigkeiten schon. Eine Schraube des Gepäckträgers war während des Fluges abhanden gekommen. Die Suche nach einer passenden metrischen Schraube in Auckland kostete mich fast einen Tag - der Gepäckträger hielt aber auch ohne sie. Und nach längerer Fahrt über Kies bei hohem Luftdruck gab es eine Ablösung der Lauffläche des Reifens von der Karkasse. Einmal eine gelockerte Schraube im Lenkgestänge. Einmal mußte ich die Kassettennabe nachstellen. Und zweimal gab es einen Platten durch Glas bzw. Dorne. Ja, und am Ende war eine Schweißstelle an den Laschen der vorderen Schwinge leicht eingerissen. Und der ganze Alu-Rahmen war von der salzigen Luft der Westküste etwas angelauten. Ja, und die Übersetzung (72 zu 13 bis 30, 7-fach) war doch ein wenig zu groß, so daß ich öfters die Steigungen geschoben habe.

Sehr günstig war, daß ich nicht 5 bis 6 Gepäcktaschen hatte, wie der normale Reiseradler, sondern nur einen großen Rucksack, mit dem ich auch Wandern konnte, und eine Lenkertasche. Wirklich sehr viel einfacher und angenehmer beim Transport mit Bahn, Bus oder Flugzeug.

Dieser Trip nach Neuseeland war Anfang 1990. In letzter Zeit mußte ich den Rah-

men etwas flicken, da sich doch langsam Ermüdungsrisse im Sitzrohr zeigten. Ansonsten war das Fahrrad immer mein treuer Begleiter.

Für Mountainbiker sind Schwingenlager anscheinend immer wieder ein Thema für Ärger und Wartungsarbeiten. Die nach Herstellerangaben ausgelegten Schwingenlager meines Fahrrades wurden nie gewartet und haben auch heute genausowenig Spiel wie im Neuzustand.

Auf dem hinteren Gepäckträger ist fest eine Kunststoffkiste befestigt, die abschließbar ist. Hier drin ist ständig Regenzeug, Flickzeug (äußerst selten gebraucht) und der Akku für die Lichtanlage. Auch vorne habe ich (statt der rahmenfesten Lenkertasche) eine Kunststoffkiste als zusätzliches Gepäckvolumen angebracht. Diese Kisten haben sich im Alltag außerordentlich gut bewährt. Sie sind einfach praktisch und groß genug für die täglichen Anforderungen.

Bei dem zweiten Fahrrad dieser Bauart, das Martin Glup seit 7 Jahren fährt, gab es nur ein kleines Problem am Dämpfer durch einen Montagefehler. Ansonsten: Es läuft und läuft und läuft und läuft.....

Ursprünglich hatten wir beide geplant, das Fahrrad so zu entwickeln, daß es in Serie gehen kann. Wahrscheinlich wird man in Serie wohl kaum Alu-Rahmen kleben und nieten. Und ob Kunden so viel Mut haben zu so einem ungewohnten Design? Tja, wir beide haben bisher keine Serienproduktion in Angriff genommen, der Weg bis dahin ist noch ziemlich weit. Wir wollten auch gerne einen Nachfolger bauen von unserem Fahrrad, der zusätzlich einfach faltbar ist. Aber wir fanden lange Zeit keine überzeugende Lösung dafür. Und so ist unser Engagement eingeschlafen. Martin fährt zwar noch viel Fahrrad, aber beruflich ist er in einer anderen Branche gelandet.

Und ich? Ja, ich bin zunächst auch beruflich beim Fahrrad geblieben und war ein paar Jahre bei der Fahrradmanufaktur in Bremen. Angeregt durch mein Fahrrad entstand dort das Forschungs- und Entwicklungsprojekt „Stadtfahrrad“. Basierend auf meiner Idee für das Fahrwerk wurde ein Fahrrad entwickelt, bei dem dem Design mehr Beachtung geschenkt wurde.

Designstudien führten zur 20"-Bereifung. Passende 20"-Hochdruck-Bereifung mittlerer Breite wurden von Schwalbe und Vredestein entwickelt.

Die Rahmenkonstruktion wurde sternförmig mit einem zentralen Bereich angelegt. Der Zentralbereich sollte aus Magnesium-Guß bestehen. Entstanden war die Idee dazu aus den Rahmenkonstruktionen von Bridgestone, wo Rohre umgossen wurden - statt in Muffen verlötet zu werden.

Der integrierte Gepäckträger beinhaltete eine Gepäckschublade für den üblichen Kleinkram einschließlich Regenzeug. Neben mehreren per Schnellverschluß fixierbaren Koffern war ein Kindersitz als Gepäckmodul geplant.

Prototypen des Stadtfahrrades wurden unter dem Namen ATAER City auf der IFMA 1992 gezeigt. Danach lief das Projekt „Stadtfahrrad“ bei der Fahrradmanufaktur aus. Aus der geplanten Serienproduktion wurde nie etwas. Der Weg vom auf der Messe gezeigten Prototypen bis zum Serienprodukt wäre allerdings auch noch recht weit gewesen.



Prototyp der Fahrradmanufaktur

In diesem Zeitraum wechselte ich zu einem größerem Unternehmen der Fahrradbranche. Dort hatte ich manchmal Gelegenheit, auch andere Fahrräder mit Federungen, insbesondere Mountain-Bikes, zu fahren. Aber was soll ich mit einer so harten Federung, die für einen Downhill ausgelegt ist, wenn ich nur über schlechte Straßen und Radwege zur Arbeit oder zum Einkaufen fahre? Ich will eine wirklich komfortable Federung für den ganz normalen Fahrradalltag. Nach den Testfahrten mit den hart gefederten MTBs war es mir immer ein ganz besonderes Vergnügen mit meinem eigenen gefederten Fahrrad abends

nach Hause zu radeln. Ich habe noch kein komfortableres Fahrrad mit normaler Sitzposition gefahren.

Manchmal bekomme ich wieder Lust, doch noch mal an meinem Fahrrad weiterzikonstruieren. Aber ich bin durch das Hochleistungs-3D-CAD an meinem letzten Arbeitsplatz zu sehr verwöhnt, als daß ich mich wieder mit Bleistift und Papier begnügen möchte. Außerdem entstanden die tollsten Ideen für unser Fahrrad immer im Dialog zwischen Martin und mir. Einen entsprechenden Partner oder ein Team habe ich zur Zeit nicht. Aber vielleicht findet sich ja jemand als Reaktion auf diesen Artikel, der dieses Projekt (gemeinsam) fortsetzen will?

Die wichtigsten Vorteile meines Fahrrades möchte ich hier noch einmal zusammenfassen:

- Höherer Fahrkomfort durch geringere Schwingungsbelastung auf schlechten Straßen und Wegen. Dadurch weniger Ermüdung und bessere Konzentration.
- Geringerer Rollwiderstand, insbesondere bei sehr schlechten Wegen.
- Fahren im Stehen zur Abfederung von Stößen ist nicht nötig. Dadurch einfacheres Treten.
- Optimale Federung und Bodenfreiheit für verschieden schwere Personen durch Verstellung der Hebelübersetzung.
- Großer, breiter und sehr stabiler Gepäckträger.
- Durchstieg zwischen Lenker und Sattel möglich.
- Handling beim Abstellen durch Rahmenrohr als Griff und kürzere Gesamtlänge einfacher.
- Sehr deutlich höhere Fahrsicherheit, insbesondere:
  - Bessere Bodenhaftung und Spurtreue bei Unebenheiten durch die Federung.
  - Plötzliche Wechsel der Bodenbeschaffenheit („Flucht in die Botanik“) sind relativ problemlos möglich.
  - Keine Lenkprobleme (Flattern o.ä.) bei hohem Tempo durch steifen Rahmen und Gepäckträger, sowie Dämpfung im Lenkgestänge.
  - Bessere Bremsverzögerung durch längerem Radstand.
  - Bremse besser dosierbar durch leichtes

tes Bremstauchen.

- Vollbremsungen einfacher beherrschbar, da Hinterrad nicht so schlagartig abhebt und die Lenkgeometrie bei Lastwechseln unverändert bleibt.
- Aufsetzen einer Pedale in schnellen Kurven ist problemlos, nur minimale Reduktion der Bodenhaftung dadurch.

Seit der Idee für dieses Fahrrad sind 10 Jahre vergangen. Was hat uns die Fahrradproduktion an Neuem geboten? MTBs mit Federung, ein nicht mehr überschaubares Angebot an Telegabeln, Unisex-Cityräder mit tiefem Durchstieg - bravo, weiter so - und vereinzelt Cityräder mit Federung zusammen mit einer Telegabel. Ja, immerhin, ein klein wenig hat sich bewegt. Aber wo bleibt die Nutzung der Fahrwerktechnik? Also, weg mit nur „try and error“, sowie der Federungsmystik, hin zu der ingenieurwissenschaftlichen Vorgehensweise in der Fahrwerktechnik. Und warum sind die Laufräder noch immer so riesengroß? Kleiner ist leichter, ist stabiler, ist schneller (beschleunigt). Fahrräder mit kleinen Laufrädern bieten mehr Gepäckmöglichkeiten und sind kompakter, zum Beispiel beim Tragen in den Fahrradkeller. Etwas höherer Rollwiderstand? Ja, aber mit rollwiderstandsoptimierten Reifen und Federung wird dies mehr als kompensiert.

Bitte, liebe Fahrradhersteller, habt doch ein wenig mehr Mut. Ihr könnt bessere und komfortablere Fahrräder bauen. Es ist möglich! Ihr könnt dadurch eigenes Profil gewinnen; oder wollt Ihr auch im nächsten Jahrhundert noch Alltags-Fahrräder bauen, die man aus 10 m Entfernung mit denen von vor 100 Jahren verwechseln kann?

Und Ihr, liebe Fahrradverkäufer, gebt neuen Ideen mehr Chancen, unterstützt neue Fahrradkonzepte, fordert sie ein von den Herstellern. Verkauft Euren Kunden den Traum vom Schweben über schlechte Wege, den Traum vom komfortablen und praktischen Fahrrad im Alltag.

Und alle zusammen: Laßt uns die Zukunft auf wunderbar komfortablen und praktischen Fahrrädern erradeln!

Rainer Pivit, Bielefeld

## Sattelfest

### Obenauf mit Profi-Wissen

Das komplette Know-how über Fahrradtechnik, die Fahrradbranche sowie Betriebswirtschaft für Inhaber und Mitarbeiter im Fahrradhandel oder solche, die es werden wollen.

**Fernlehrgang Fahrrad-Fachkraft**  
4x jährlich, 19 Monate, auch Teillehrgänge

#### Weitere Angebote:

- Fahrrad-Einzelhandel (Umschulung/Vollzeit)
- Naturkost-Fachkraft (Fernlehrgänge)
- Sozial-Management (Fernlehrgang)



**Info:**  
Tel. (051) 259 26 80  
Dankwortestraße 2, 10969 Berlin  
e-mail: forum.berufsbildung@forum.de

**FORUM**  
BERUFSBILDUNG

### Kleinanzeigen

Private Kleinanzeigen 15,00 DM  
Gewerbl. Kleinanz. ... 30,00 DM

Nur gegen Vorkasse  
(V-Scheck)

Für den eiligen Anzeigenauftrag:  
Benutzen Sie einfach unsere  
Fax-Nr.: 05141/84783  
oder eMail-Adresse:  
Fahrradmagazin.ProVelo@t-online.de

**Verkaufe Biria „Easy Boarding“**,  
Testrad, fast neu, für 350,- DM; Tel.  
05141/86110

**Verkaufe Alleweder** Liegedreirad  
vollverkleidet, 3 Jahre alt, von  
Flevobike gebaut; 2.900,- DM  
Tel. 0170 4827628  
oder 030/41014228

Von „klein“ bis „groß“:

## Probleme „mitwachsender“ Kinderfahrräder (Teil 2)

### 1.2. Obere Sitzgeometrie

Bei Kindern ist der Oberkörper proportional wesentlich größer als bei Erwachsenen. Demzufolge hat sich die Rahmenlänge von Kinderfahrrädern auch von der für Erwachsenenräder zu unterscheiden. Entsprechend variieren die Verhältnisse von Radstand/Raddurchmesser, Sitzlänge/Sattelhöhe und Rahmenlänge/Sitzrohrlänge von denen entsprechender Erwachsenenräder.

Die Berücksichtigung der Kinderanatomie ist natürlich keine neue Innovation nach 100 Jahren Kinderradbau. Sie ergibt sich zwangsläufig durch Anpassung, durch Versuche, Auswertung gesammelter anatomischer Daten und Umsetzung mittels entsprechender CAD-Programme. Die besondere Formgebung hat auch einen anderen Grund: der Platz zwischen den Rädern bei der relativ hohen Tretlagerhöhe ist begrenzt (10). Die anatomischen Besonderheiten von Kindern kommen also der Fahrradkonstruktion entgegen - ganz im Gegensatz zu den krassen Veränderungen im unteren Bereich.

Kinderräder sind relativ flach gebaut. Lediglich der Lenker ragt bei sicheren Konstruktionen weit heraus. Bei der aufrechten Sitzposition wird der Blick sinnvollerweise weit nach vorne gerichtet. Die vorausschauende Fahrweise muß erst erlernt werden, und zwar stetig zur Zunahme der Geschwindigkeit und des Hineinwachsens in den Straßenverkehr. Das Gesichtsfeld eines Kindes ist kleiner als das eines Erwachsenen. Die aufrechte Sitzhaltung verhindert Lenkkräfte, die entstehen, wenn der Lenker unter Gewichtsbelastung einseitig losgelassen wird, z.B. um die Richtung anzuzeigen. Außerdem erhöht sie die Normalkraft auf den Sattel bei flachem Sitzwinkel.

Der erfahrene Rahmenbauer wird normalerweise zuerst die untere Sitzgeometrie festlegen, um darauf aufbauend das flexible Viergelenk Griff-Armgelenk-Schultergelenk-Sattel zu gestalten. Der Oberkörper hat im Gegensatz zu den Beinen mehr steu-

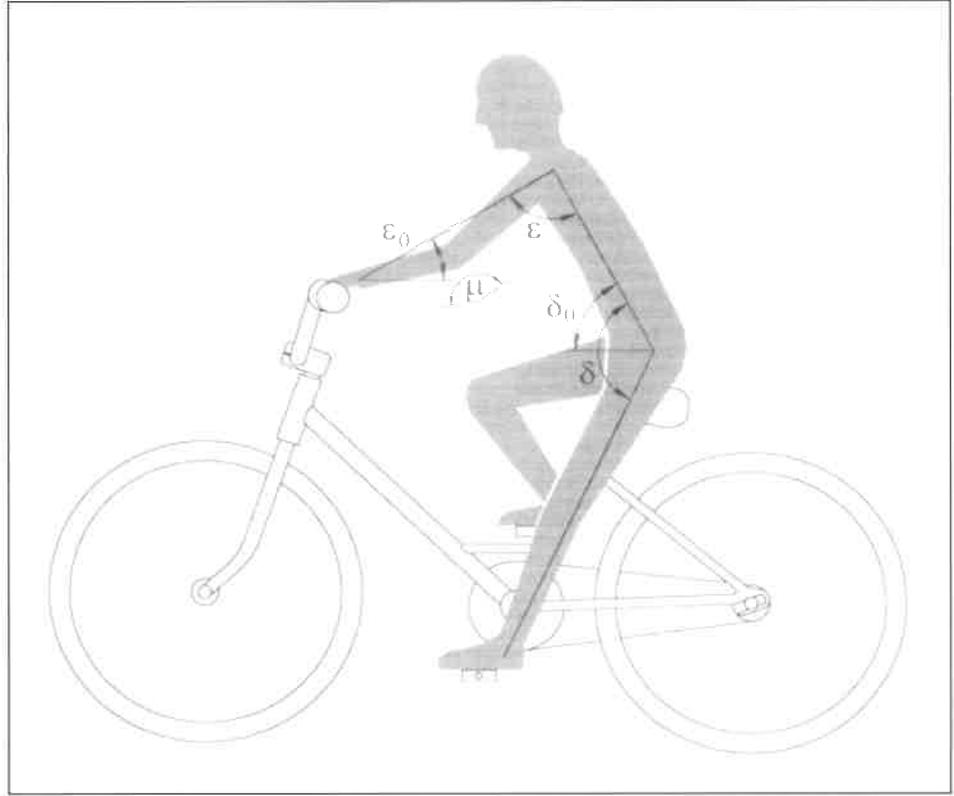


Abb. 4: Winkel des Oberkörpers

ernde Funktion. Gilt die Priorität für die Beine auch bei der Konstruktion von Kinderrädern? Und ob! Entsprechend den Körperproportionen wachsen bei Kindern Oberkörper und Arme langsamer als die Beine und wirken sich logischerweise auch geringfügiger aus.

Die Wachstumanpassung ist leichter oben als unten konstruktiv zu behandeln. Allerdings ist sie problematischer zu beurteilen, weil die Dimensionen variabler sind. Die meßbare Größe „Sitzlänge“ am Fahrrad ist nur eine Länge des Viergelenks.

Es treten folgende Winkel auf (Abb.4):

$\delta$ : Trittwinkel zwischen gestreckten Bein und Rumpf.

$\delta_0$ : Winkel zwischen Rumpf und Waagerechte

$\epsilon$ : Winkel zwischen Rumpf und Arm; je

kleiner er ist, desto schwieriger ist die Krafteinleitung.

$\epsilon_0$ : Winkel zwischen Arm-/Handgelenk zur Waagerechten; er ist im Gegensatz zu  $\epsilon$  nicht vom Trittwinkel abhängig.

$\mu$ : Winkel zwischen Unter- und Oberarm.

Die Winkelgrößen unterliegen der empirischen Einschätzung der Herstellerfirmen. Das Optimum ist nicht eindeutig bestimmbar. Um die Wachstumsanpassung qualitativ beurteilen zu können, ist es notwendig, von der Konstanz/Änderung der Körperwinkel auszugehen. Stärkere Änderungen sind nur dann zu akzeptieren, wenn sie dank körperlicher oder geistiger Entwicklung unzweifelhaft naheliegen. Das Denken und Rechnen in Vektoren ist wenig geübt, für die Behandlung der

Schwenkbewegungen des menschlichen Bewegungsapparats aber unumgänglich.

**Definition Sitzlänge:** Die Sitzlänge  $sl$  ist die Länge von Sattelmittle zur Lenkergriffmitte in der XY-Ebene.

- $sl_x$ : horizontale Komponente von  $l$  (auf der X-Achse)
- $\Delta l$ : Verschiebung des Lenkerschafts im Lenkwinkel  $\alpha$ .
- Die Sitzlängenverlängerung in waagerechter Ebene ist:  
 $\Delta sl_x = \Delta ts * \cos \beta R - \Delta tl * \cos \alpha$

Die rechnerische Vereinfachung auf die Koordinate X berücksichtigt, daß bei gleicher Sitzlänge und kleiner Differenz zwischen Sattel und Lenkergriff die Arme schräger nach unten gerichtet sind. Der Unterschied macht etwa 10% aus.

Ist der Sitzrohrwinkel kleiner als der Lenkwinkel, entsteht eine Spreizung beim Herausziehen von Lenkerschaft und Sattelstütze: Die Sitzlänge wird vergrößert. Den gleichen Effekt hat eine Verschiebung des Sattels nach hinten. Steile Lenkwinkel und kleine Nachläufe sind bei Kinderrädern erfahrungsgemäß unkritisch (11). Es entspricht den konstruktiven Voraussetzungen, daß der Lenkwinkel bei Kinder- und Jugendrädern eher steiler als der Sitzwinkel ist. Diese Eigenart wird häufig überdeckt durch Unterschiede von  $\beta R$  und  $\beta V$ .

Bezeichnungen wie „flach“ oder „steil“ für Sitzrohr- und Lenkwinkel unterscheiden sich meist nur um ein paar Grad - zu wenig, um einen signifikanten Einfluß auf die Sitzlänge auszuüben. Der Übersicht halber gehe ich mit Ausnahme von Abschnitt 1.2.4. von einer parallelen Geometrie ( $\alpha = \beta R$ ) aus.

Angepaßt werden muß eine Verlängerung der Arme von 53 % der Beinlänge. Da die Arme nicht gestreckt sind, brauchen davon nur 80 - 90 % berücksichtigt werden. Dank der schrägen Position der Arme ( $\epsilon_0 = 35^\circ - 45^\circ$ ) findet eine Reduzierung auf 70 - 82% statt.

Dazu muß die Vergrößerung des Rumpfes berücksichtigt werden. Er wächst noch langsamer als die Arme: 23% der Beinlängenänderung. Der Winkel  $\delta_0$  wird mit  $75^\circ$  angenommen. Erforderlich ist also eine Verlängerung von maximal



Abb. 5: Ausladung am Kinderrad

Die abgebildete Winkeländerung am Lenker reicht rechnerisch für ein Wachstum des Oberkörpers von zwei Jahren aus - ohne Berücksichtigung der zusätzlichen rückwärtigen Verschiebung des Sattels! Die Stellgrößen des dargestellten 16"-Fahrrads reichen für mehr als drei Jahre Nutzungsdauer aus. Normalerweise wird es nur halb so lange von einem Kind gefahren.

$$\Delta sl_x = \Delta ts * 0.44$$

oder minimal

$$\Delta sl_x = \Delta ts * 0.36$$

### 1.2.1. Synchrone Verstellung:

$$\Delta ts = \Delta tl$$

Wird der Vorbau und die Sattelstütze parallel unter gleichen Winkel verschoben, entfällt die Wachstumanpassung zum Oberkörper. Die Auswirkungen auf die Winkel:

- $\delta$  wird größer
- $\epsilon$  wird kleiner,  $\epsilon_0$  dagegen steiler
- $\mu$  wird kleiner
- Der Schwerpunkt verschiebt sich nach hinten.

### 1.2.2. Synchrone Verstellung mit Ausladen der Griffposition

Die Ausladung ist der lotrechte Abstand  $al$  zwischen Griffpositionmitte und der Ebene, die aus der Mittellinie des Steuerkopfs auf der Z-Achse gebildet wird. Bei Rennmaschinen und MTBs wird die Ausladung dagegen mit der Länge des Vorbaus ausgedrückt: Dies ist zwar praktisch, aber nicht genau, wenn sich die Lenkerformen unterscheiden.

Nach bekannter Lehrmeinung verhilft ein längerer Vorbau zu einem stabileren Geradeauslauf, was durchaus der Notwendigkeit entspräche: mit zunehmenden Alter werden Kinder Strecken befahren, die weniger kurvenreich, dafür aber länger sind. Und sie werden vermehrt am Verkehr teilnehmen, der generell ein geradliniges Fahrverhalten erfordert.

Die Lehrmeinung ist allerdings hier kaum anwendbar, denn sie setzt eine Lastverschiebung zum Vorderrad voraus. Dagegen wird beim Herausziehen der Sattelstütze der Schwerpunkt nach hinten verschoben. Um die Lage auszugleichen, wäre eine Ausladung um

$$\Delta sl_x = \Delta al / \cos \alpha = 2 * \Delta ts * \cos \beta R$$

notwendig.

Musterbeispiel:  $\alpha = \beta R = 70^\circ$

Ergebnis:  $\Delta sl_x = 0.68 * \Delta ts$

Das sind 155 - 170 % der Werte aus der anatomischen Berechnung! Die Rechnung ist nicht genau, denn sie setzt Modellähnlichkeit der Körperproportionen voraus: der Rumpf wächst aber wesentlich langsamer als die Arme und verschiebt damit ohnehin die Last in Richtung des Hinterrads.

Das „Ausladen“ der Griffposition gemäß dem Wachstum kann die Schwerpunktverschiebung nach hinten bei üblichen Sitzrohrwinkel bei weiten nicht ausgleichen. Es ist sinnvoll, ihn steil auszuliegen. Mit der Methode „Ausladen“ ist es am besten möglich, die Sitzposition im weiten Bereich zu erhalten. Weil die Griffposition nicht weit von der Ebene der Lenkachse/Z-Ebene entfernt liegt, gibt es auch so gut wie keinen geometrischen Einfluß auf den Lenkvorgang (12).

Bei realen Kinderfahrrädern kann man

Stellungen des Lenkers mit einer Ausladung von -50...+100 mm beobachten. Nur ein Bruchteil dieser 150 mm sind für die Anpassung notwendig. Kinderräder besitzen meistens einen hochgelegten Lenkerbügel, der durch eine leichte Winkelbewegung eine akzeptable Ausladungsänderung möglich macht. Problematisch, aber nicht unlösbar bei dieser Bauart sind starke Kröpfungen der Lenkerenden nach hinten. Das typische Einsatzgebiet eines Kinderrads ähnelt mehr dem Gebrauch eines MTBs als eines Reiserades. Gerade Lenker werden keinesfalls als unbequem empfunden. Bei Kinderrädern mittlerer Größe gibt es hochgelegte Lenkerbügel nur selten. Auch hier erweist sich, daß Kinderräder, die dem erwachsenen Vorbild folgen, schlechtere Wachstumanpassungen aufweisen. Ausnahme sind Barends oder geschwungene Lenker mit mehreren Griffpositionen. Ein verstellbarer Vorbau stellt die flexiblere Wahl für den Lenker dar.

Eine einfache Änderung der Ausladung könnte man durch simples Drehen des Vorbaus um 180° erreichen. Mit dem Stufensprung läßt sich leben. Allerdings ist bei üblichen leicht lösbaren Vorbauaugen (geteilt oder aufklappbar)  $\Delta slx = 2 * al / \cos\alpha$  zu hoch und müßte durch den Lenkerbügel wieder zurückgesetzt werden (vorstellbar bei BMX-Rädern und deren Imitationen)! Bei sehr großem  $\Delta ts$ , sprich langer Sattelstütze, kommt  $\Delta tl$  nicht mehr mit. Für das Ausladen ohne Kippen der Sitzposition ist es notwendig, daß der gesamte Vorbau ausgetauscht wird. Die Unstetigkeit ließe sich ebenfalls tolerieren bzw. ausgleichen.

### 1.2.3. Asynchrone Verstellung:

$$\Delta ts > \Delta tl$$

Das Herausziehen der Sattelstütze verlängert, das des Lenkerschafts dagegen reduziert die Sitzlänge. Wird der Sattel weiter herausgezogen als der Lenkerschaft, so verändert sich der Winkel Sattel/Lenkergriff und die Arme fallen zum Lenker schräg ab. Eine sehr niedrige Sattelstellung in der Anfangsposition mit hochgelegten Armen behindert die Beherrschung des Fahrrads und die Rundumsicht. Eine sinnvolle Grenze dieser Maßnahme ist nur schwerlich eindeutig zu bestimmen.



**Abb. 7: Wachstum und Stellgrößen**  
Die Regel „Standssicherheit“ setzt am Berührungspunkt zum Boden an. Indirekt gilt ähnliches auch für die Regel „Ergonomischer Tritt“: Der dynamische Berührungspunkt der Pedale bestimmt die Pedalhöhe. Beide Regeln führen folgerichtig zu wachstumsorientierten Stellgrößen von unten nach oben bzw. nach vorne. Das Wachstum des Oberkörpers muß nach vorne ausgeglichen werden, wenn die Sattelposition nicht an Funktionen überfordert werden soll.

**Abb. 6 (links): Asynchrone Verstellung am Beispiel Faltrad.** Das Brompton paßt erfahrungsgemäß am besten für kleinere Erwachsene. Die beiden Fotos zeigen exemplarisch, daß die Sitzlänge sich allein durch die Sattelstütze anpassen läßt. Erstaunlicherweise wird hier nicht mal die Möglichkeit des hochgestellten Lenkers genutzt, die Ausladung zu ändern. Dennoch: Die Sitzposition des Jungen ist ungeeignet und verkrampft. Die Anpassung der Sitzlänge geht auf Kosten der Winkellage der Arme. Die langen Kurbelarme schieben die Beine hoch, und der Radstand eignet sich eher für Geradeausfahrten.

(Fotos aus: Gunnar Fehlau, „Das Modul-Bike“, Moby-Dick-Verlag)

- Für  $\Delta tl = 0$  gilt:  
 $\Delta sl = \Delta ts * \cos\beta R$
- Erwünschte Sitzlängenänderung:  
 $\Delta slx = \Delta ts * 0.36 \dots 0.44$
- Errechnet mit  $\beta R = 70^\circ$ :  
 $\Delta slx = \Delta ts * 0.34$

Die Methode ist also sehr effektiv. Bei Falträdern mit extrem langen Sattelstützen lassen sich extrem weite Anpassungen demonstrieren (Abb. 6). Das verlockende Ergebnis: Es ist möglich, mit dem Herausziehen der Sattelstütze die Fahrzeugproportionen nicht nur der Beinlänge, sondern auch den Oberkörpermaßen und der Armlänge des Radlers anzupassen. Doch die Messungen und die Rechnungen, die sich am Rahmen orientieren, aber Aussagen über den Körper machen sollen, sind problematisch, weil Winkel verändert werden. Beispiele:

- Ein steiler werdender Winkel  $\epsilon_0$  wird bei der synchronen Verstellung (1.2.1.) richtig als Mangel gewertet, bei der asynchronen Methode nicht. Sie liegt zwar quantitativ etwas niedriger - in der Rechnung kommt das aber nicht zum Ausdruck.
- Bei flacheren Sitzrohrwinkeln als im Musterbeispiel verkleinert sich der Trittwinkel  $\delta$ , gleichzeitig fallen die Arme weniger stark ab ( $\epsilon$ ). Die aufrechte Sitzhaltung wird in eine mehr gebeugte Haltung gekippt. Wenn man sie erhalten möchte, müßte  $\Delta tl$  erhöht werden. Das wird aber nach der Rechnung negativ bewertet!

Die asynchrone Methode und ihre unterschiedlichen Folgen muß in jedem einzelnen Fall neu bewertet werden. In der Lite-

ratur über Kinderräder wird sie nicht erwähnt, obwohl sie die häufigste Änderung darstellt. Häufig frißt sich der Lenkervorbau fest, und nur die Sattelhöhe wird verstellt - und das nicht einmal regelmäßig.

Der Term  $\Delta ts - \Delta tl$  ist eine wichtige Größe für die Bestimmung der Sitzlängen Anpassung. Sehr lange Sattelstützen führen zu ungleichförmiger Verstellung, weil  $tl$  bauseitig begrenzt ist. MTB-Imitationen für Kids haben keinen nach vorne verstellbaren Vorbau. Auch bei vielen Fahrrädern für Erwachsene gibt es keine andere Anpassung unterschiedlicher Größen als die über den Cosinus des Sitzrohrwinkels.

#### 1.2.4. Spreizen von Lenk- und Sitzrohr: $\alpha > \beta R$

Im Gegensatz zur Asynchronen Verstellung (1.2.3.) wird der Cosinus des Lenkwinkels abgezogen. Für  $\Delta ts = \Delta tl$  gilt:

$$\Delta slx = \Delta ts * (\cos \beta R - \cos \alpha)$$

Wenn man eine vergleichbare Effizienz wie bei den anderen beiden Methoden erreichen will, landet man sehr schnell beim 45°-Sitzrohrwinkel! Konstruktionen mit Ansätzen zum „Spreizen“ sind 1994-97 veröffentlicht worden. Sie sind alle kombiniert mit dem Anspruch einer besonders langen Nutzungsdauer von 5 Jahren und mehr. Weil der Vorbau nicht entsprechend lang herausgezogen werden kann, wird die Sitzposition zusätzlich asynchron verstellt. Im Gegensatz zur üblichen asynchronen Verzerrung wird der Trittwinkel  $\delta$  reduziert, der Winkel  $\varepsilon$  dafür weniger: Die obere Sitzposition kippt nach vorne. Es entwickelt sich eine Art „Spreiz-Kippen“.

Es gibt drei Hauptvarianten:

1. *Gleichförmige Sitzgeometrie mit ausgereiztem Lenk- und Sitzrohrwinkel.* Beispiel: Nach den Ergebnissen von Abschnitt 1.1. wird ein Wachstum von  $s = 500$  bis  $700$  mm angenommen. Richtet man den Sitzwinkel nach der tiefsten Stelle aus, bekommt man eine sehr flache Geometrie, die für das größere Kind wesentlich schlechter ist als sie sein müßte. Um ein ausreichend großes  $\Delta slx$  zu erreichen, muß  $\Delta ts$  zu etwa  $2/3$  asynchron verstellt werden. Gegenüber dem Musterbeispiel unter vergleichbaren Voraussetzungen ergibt sich

ein zweifingerbreiter Vorteil nach 5 Jahren (13).

2. *Fallende Sitzgeometrie:* Das Sitzrohr bzw. die gedachte Verlängerung endet vor dem Tretlager. Es läßt sich ein sehr flacher Sitzrohrwinkel  $\beta R$  realisieren, ohne ein Sattlrutschen zu riskieren. Folge: Ein steiler Sitzwinkel für das kleine Kind, ein flacher für das große. Das fallende Konzept ist effektiver als die gleichförmige Variante, weil der Sitzrohrwinkel sehr flach und in der Mitte ausgelegt werden kann. Es steht eindeutig im Widerspruch zu den beiden Anforderungen der unteren Sitzgeometrie (nach Kapitel 1.1.) (14).

3. *Variable Sitzgeometrie:* Die zweidimensionale Sitzverstellung weist einen doppelten Verschieberegion nach oben und seitlich dazu aus - weit über die übliche Sattelverstellung hinaus (XY-Ebene nach Abb.1). Ein universal verstellbares Konzept führt nicht zwangsläufig zu einem flachen Verlauf der Sitzrohrverstellung, es wird aber in der Folge der beiden ersten Varianten in der Werbung suggeriert. Auch diese aufwendige Konstruktion kann den prinzipiellen Widerspruch zwischen wünschenswerter steigender Geometrie und Sitzlängen Anpassung durch Sattlrückversatz nicht lösen (15). Es ist unmöglich, einen Punkt in der Ebene (zweidimensional) durch drei Funktionen zu bestimmen: Standsicherheit, gestreckter Tritt und Sitzlängenänderung. Der Toleranzbereich einer allgemeinen Regel gegenüber einer Funktion wird durch die lang ausgelegte Nutzungsdauer ( $\Delta ts$ ) überschritten. Der ADAC vollzog prompt den nächsten Schritt (16): er stellte 6 Regeln zur körpergerechten Auswahl/Anpassung von „Schüler rädern“ auf, darunter auch eine neue Regel für die Sitzlänge mit der Stellgröße  $as$  (Sattel)! Weil  $ts$  schon mit der Regel „Standsicherheit“ abgegolten war, stand logischerweise keine Stellgröße mehr für den Abstand Sattel-Pedale zur Verfügung. Die Antriebsfunktion (= Motor) ist bei den Kfz-Vertretern als ergonomisch wichtige Größe gar nicht vorhanden! Die Funktionsüberladung der Sattelverstellung geht immer zu Lasten der - wichtigeren - Beinverstellung. Es ist prinzipiell falsch bei Kinderrädern, die Sitzlänge über den Sattel einstellen zu wollen. (Abb.7)

Auch in der „klassischen“ Lehre über die Sitzposition sportlicher Fahrräder wird die Sattelstellung ausschließlich an der Beinarbeit ausgerichtet. Die Oberkörperposition dagegen ist für die Schwerpunktlage (Fahr-dynamik) wichtig.

Bei einem synchronen Versatz von Lenkervorbau und Sattelstütze wird der Körperschwerpunkt nach hinten verschoben. Das „Spreizen“ vergrößert den Effekt - und zwar gewaltig. Das kleine Kind bekommt ein Fahrrad mit relativ ausgeprägtem Geradeauslauf, das große ein sehr quirliches Fahrverhalten. Die Umkehrung entspricht aber eher dem realen Terrain, auf dem sich die Kinder bewegen.

Sehr flache Sitzrohrwinkel verändern die empfindlichsten Variablen der Rahmengeometrie. Lenk- und Sitzrohrwinkel werden besser durch die Funktion der Beine, das Lenkverhalten und die gewünschte Fahrdynamik bestimmt (17). Es bedarf schon einer gründlichen Analyse, wenn man bewährte Fahrradgeometrien über den Haufen werfen will. Eine lang nutzbare verstellbare Sitzposition ist auch mit bewährten Techniken möglich. Ob eine lange Nutzungsdauer sinnvoll ist, sei dahingestellt.

#### 1.2.5. Sitzlänge und Nutzungsdauer

Gute Kinderräder stellen ein  $\Delta ts$  von mehr als  $120$  mm und mehr zur Verfügung. In der Praxis werden davon durchschnittlich etwa  $100$  mm genutzt. Der Rest steht zur individuellen Anpassung und zum Gebrauch über die ausgelegte Nutzungsdauer hinaus zur Verfügung. Was würde geschehen, wenn bei entsprechenden 2 bis 2.4 Jahren Nutzungsdauer die errechnete  $30...35$  mm Sitzlängen Anpassung nicht stattfindet? Die Differenz beträgt bei einem  $20''$ -Rad etwa  $6\%$  der gesamten Sitzlänge. Sie könnte z.B. durch Änderungen der Körperwinkel  $\delta$ ,  $\varepsilon$  und  $\mu$  um jeweils  $3^\circ$  ausgeglichen werden. Fehlt diese Differenz oder ist sie umgekehrt am Anfang zuviel? Auch mit sehr aufwendigen interdisziplinären Untersuchungen wäre es nicht möglich, eine derartig genaue Aussage über die optimalen Winkel der einzelnen Körperteile unter den Aspekten Verkehr und Entwicklung zu machen - selbst wenn sich die Beteiligten über die Prioritäten einig wären. Es handelt sich nicht nur um ein

Problem der Genauigkeit: der Mensch ist in Grenzen fähig, sich körperlich anzupassen, zumal es sich hier um einen stetigen Prozeß und um sehr jungen Menschen handelt. Variablen stehen genügend zur Verfügung - im Gegensatz zur Funktion der Beine. Auch innovative Geometrien mit dem Versprechen einer angepaßten Sitzlänge müssen sich der Kritik stellen, daß die Verbesserungen kaum zu beweisen sind.

Kinderrädern werden regelmäßig mehr oder weniger asynchron verstellt. Bei diesen Verfahren finden unterschiedliche Winkeländerungen über den o.g.  $3^\circ$  statt, die als Sitzlängenänderung sich nicht entsprechend ausdrücken. Die resultierende „Sitzlänge“  $\Delta s/l$  ist in Wahrheit eine Hilfsgröße, die Dimensionen deutlich machen kann. Mit ihr allein ist keine Aussage über der Qualität der Wachstumsanpassung möglich.

Mindestens ebenso wichtig wie die Wachstumsanpassung ist das individuelle Maß, die Größe, bei der sich der kleine (oder auch große) Fahrer eben sicher fühlt. Kinderräder mit überdurchschnittlicher Qualität brauchen eine ausgeprägt variable Stellmöglichkeit am Vorbau und am Lenker.

Wer die Altersangaben von durchaus konventionellen Kinderrädern in der Werbung liest, staunt nicht schlecht: 4 Jahre Nutzungsdauer und mehr scheinen völlig normal zu sein. Diese Angaben sind nicht etwa unseriös. Neben den individuellen Größenunterschieden beziehen sie sich auf die gut verstellbare Sitzposition. Die Kids nutzen ihre Räder aber selten so lange, weil



Abb. 8: „Standsicherheit“ und „ergonomischer Tritt“. Die beiden Anforderungen sind bei diesem älteren Modell „Maus“ / Fa. Enik dank niedrigerem und steigendem Sitzwinkel erfüllt.  $\alpha = 73^\circ$ ,  $\beta R = 70^\circ$ ,  $\beta V = 64^\circ$  für niedrigste Sattelstellung, schwach ansteigen.

sie schon vorher als zu klein empfunden werden. Die angegebene Nutzungsdauer und die (enge) Staffelnung unterschiedlich großer Kinderfahräder einer Firma sind zwei verschiedene Dinge.

Bei der Konstruktion und Beurteilung von Kinderrädern ist es dimensionsmäßig unsinnig, die Nutzungsdauer allein von der sehr gut verstellbaren Sitzposition abhängig zu machen. Es gibt noch andere vom Wachstum abhängige Elemente des Fahrrads, die ebenfalls berücksichtigt werden müssen.

### 1.3. Zusammenfassung Sitzposition: Optimal wachstumsorientierte Auslegung

Die Folgerungen aus der quantitativen Aufschlüsselung unterscheiden sich von herkömmlichen Auffassungen. Die benutzten Regeln sind offensichtlich geeignet, vorgefaßte Meinungen leicht zu bestätigen. Bei allen selbstsicher vorgetragenen „Erfahrungen“ ist Skepsis angebracht. Maßstäbe wie „Ausladung“ oder „Sitzlänge“ werden anatomisch und ergonomisch völlig sinnlos, wenn sie sich auf etwas anderes als die

#### Anmerkungen 1. Teil

- (1) B. Flügel, H.Greil, K.Sommer, „Anthropologischer Atlas - Grundlagen und Daten der DDR“, Berlin 1986
- (2) V. Briese (ADFC), „Kinderräder Info-Clip“, RadWelt 8/98
- (3) V. Briese, „Der einäugige König“, „aktiv Radfahren“ 5/96, Erfahrungen mit dem innovativen „Crusader“ (Fa.Puky, VSF) mit langer ausgelegter Nutzungsdauer (8 bis 14 Jahre,  $\alpha = 74^\circ$ ,  $\beta V = \beta R = 69^\circ$ ).
- (4) K.Bishops, H.Gerards, „Kinderradfahren - Technik, Sicherheit, Spiel und Sport“
- (5) Ein praktischer Koeffizient  $K_s = s/hs_0$  (Schrittlänge zu Sattelhöhe über Boden) könnte die Winkelangaben als Parameter ersetzen, wenn bei kleineren Kindern ein etwas strengerer Maßstab für die Standsicherheit angenommen wird als für größere. Allerdings ist ein Fehler durch unterschiedliche Sattel und Schuhe zu erwarten.
- (6) R. Knußmann, „Vergleichende Biologie des Menschen“, Lehrbuch der Anthropologie und Humangenetik
- (7) Auf der IFMA 1998 war ein uriges „Fly-Bike“ mit nahezu  $90^\circ$  Sitzwinkel zu bestaunen, daß auch den Exzentrik-gewohnten Redakteuren von „Bike Culture“ 14 Rätsel aufgab.
- (8) H.Probst, „Der heimliche Lehrgang zum Radfahren - die Aneignung von Kinderfahrzeugen“, aus: „Ansichten vom Fahrrad“, Marburg 1996
- (9) M.Schmitz, „Der kindliche Fahrradunfall“, Diss. TH Aachen 1985
- (10) Die Fahrradnormen DIN 71100 (1980) und 71000 (1984) schreiben eine einheitliche Fußfreiheit von 89 mm vor. Sie ist also vergleichsweise für Kinder überproportional groß und dehnt folgerichtig die Rahmenlänge. Das Verhältnis von  $s/sh$  ( $s/sh_0$ ) ist bei der Abbildung in der Kinderradnorm DIN 71100 um 54 % (49 %) größer als beim Pedant in der DIN 71000!
- (11) Rahmenbauer leiten steile Lenkwinkel aus der relativ großen Absenkung kleiner Räder
- (12) Es gibt mehrere Falträdern mit einer Ausladung, die mindestens das 5fache der errechneten notwendigen Ausladungsänderung von Kinderrädern bei realistischer Nutzungsdauer beträgt. Extremstes Beispiel: 16"-Räder mit ungeteilten Miniatur-Diamantrahmen. Rahmenlänge und Radstand sind kürzer (!) als bei einem üblichen 16"- Kinder-rad.
- (13) Beispiel „Skippy“/Fa.Patria mit  $\beta V = \beta R = 62^\circ$  (gemessen). Patria gibt 5 bis 10 Jahre als Nutzungszeitraum an - die Auslegung ist also etwas niedriger als im Rechenbeispiel angesetzt.
- (14) Beispiel „R-Evolution“/Fa.Enik. Bei den beiden Modellen der Fa. Enik beginnt der Sitzwinkel extrem steil, um dann bei höchster Einstellung normale Werte zu erreichen.
- (15) G.Fink, „Ein mitwachsendes Fahrrad für Kinder und Jugendliche“, pro velo 49/1997: „Allerdings gelingt es auch beim „Multisize“ nicht immer, die für jedes Wachstumstadium optimale Sitzposition zu finden. Es kann durchaus geschehen, daß zwar der Abstand zum Boden stimmt, nicht aber der zu den Pedalen - oder umgekehrt.“ Wenn die 2 Grundregeln mit diesen variablen Konzept nicht erfüllbar wären, gelingt es niemals! Der Störfaktor ist die erwünschte Sitzlängenänderung über der Sattelverstellung nach hinten. Zum Konzept „Multisize“/Fa. Biria gehört auch ein auffällig hochgezogener Lenker, der leicht eine gute Ausladung möglich macht. Der ADAC zeichnete 1996 ein ähnliches Modell im Wettbewerb „Sicheres Kinderrad“ aus.
- (16) Gelesen in „aktiv Radfahren - Spezial 99“ Der ADAC betont, daß für die Standsicherheit die Stellung auf Zehenspitzen nicht ausreichend ist. Dafür kommt bei den üblich zu hohen Sitzwinkeln mittlerer und großer Kinderräder nur die hinterste Sattelposition am Anfang in Frage.
- (17) H. Koch: „Rahmen und Gabel“, Fernlehrgang Fahrrad, Forum Berufsbildung e.V. Der Rahmenbauer Koch bewertet Sitzwinkel, Hinterbaulänge und Rahmenhöhe als die Faktoren, bei denen Änderungen am stärksten spürbar sind. bei Radeinschlag ab. Dazu: H. Trzebiatowsky, „Motorräder, Motorroller, Mopeds und ihre Instandhaltung“, Reprint von 1955

Griffposition beziehen. Die Unterscheidung zwischen Sitz- und Sitzrohrwinkel ist überflüssig. Praxisgerechte einfache Maßstäbe sind dummerweise nicht genau.

Die Einhaltung der anerkannten Regeln „Standsicherheit“ und „Ergonomischer Tritt“ führen zu flachen Sitzwinkeln bei Kinderrädern. Erst bei Beginn der Pubertät nähert sich die Sitzposition der von Erwachsenen. Im gleichen Alter bilden sich die geschlechtsspezifischen Merkmale aus und die Wachstumskurve flacht merklich ab. Für die Wachstumanpassung einer gegebenen Nutzungsdauer sind folgerichtig steigende Sitzwinkel notwendig, die sich üblicherweise durch den Einrohrrahmen mit steilen Sitzrohr realisieren läßt. Je länger die ausgelegte Nutzungsdauer ist, umso wichtiger sind steigende Sitzwinkel.

Die am Fahrrad gemessene Hilfsgröße „Sitzlänge“ stellt sich anatomisch als sehr elastisch handhabbare Resultierende verschiedener körperbezogener Vektoren mit unterschiedlicher Wirkung dar. Sie kann nicht zum Qualitätsmaßstab erhoben werden und ist praktisch nur bei starken Abweichungen erwähnenswert.

Die Beantwortung nach der optimalen Oberkörperhaltung verlangt eine eingehende empirisch abgesicherte Erforschung. Die Sitzlängenänderung unter Wachstum ist relativ klein gegenüber den Unterschieden von individuell bevorzugten Einstellungen. Die Aufrechterhaltung der Körperwinkel setzt eine ausgeprägte Stellmöglichkeit der Lenkgriffposition voraus.

In einer Gesamtkonstruktion werden üblicherweise die Extreme der Einzelergebnisse zu einem Kompromiß geformt. Die Summe der Einzelanalysen stellt sich hier allerdings als sehr eindeutig dar:

- Für einfache Ansprüche und kurze mögliche Nutzungsdauer gilt: Wichtig ist ein flacher Sitzwinkel und ein Lenker, der mehrere Griffpositionen möglich macht oder winkelverstellbar ist. Bei einer gleichförmigen Geometrie sollte der Sattel und der Lenker ausreichend verschiebbar (*as*) sein.
- Für hohe Ansprüche und lange mögliche Nutzungsdauer gilt: Standsicherheit/Tretergonomie und Aufrechterhaltung der Schwerpunkt lage führen beide zu ei-

# Veloladen

## Liegeräder



fon 02204-61075 fax 02204-61076  
 Dolmanstraße 20 D-51427 Bergisch Gladbach  
 Versandunterlagen gegen DM 5 in Briefmarken

nem steilen Sitzrohrwinkel. Gleichzeitig sollte er mit dem Lenkwinkel harmonisieren, der ebenfalls steil gewählt wird. Die horizontale Sattelverstellung *as* dient der individuellen Einstellung, z.B. bei relativ langen Oberschenkeln und der Korrektur, wenn die optimal steigende Sitzgeometrie nicht über den Rahmen realisierbar ist. Die Stellgröße *tl* (Lenker-

schaft) sollte nicht wesentlich kleiner als *ts* (Sitzrohr) sein. Entsprechend dem Ideal der steigenden Sitzgeometrie wird die Wachstumanpassung an Oberkörper/Arme durch Änderung der Ausladung *al* erstellt. Die Stellgrößen am Lenker müssen nicht zwingend stetig veränderbar sein.

Ralf Stein-Cadenbach, Dahlenburg

Die Entstehung von SKIPPY:

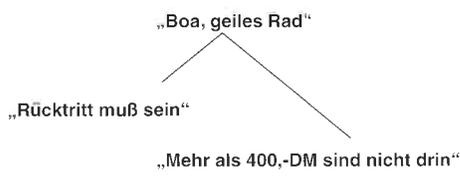
# Überlegungen zur Konstruktion eines mitwachsenden Kinderfahrrades

Über das optimale Kinderrad kann man kluge meßtechnische Aussagen machen, man kann sich die zurechtgedesignten „Erkenntnisse“ der Fahrradindustrie anschauen, oder man beobachtet Kinder beim Fahrradfahren und Eltern beim Fahrradkaufen und landet spätestens dann in der harten Realität zwischen Werbung und Wahnvorstellung.

Seit der Entstehung und Vermarktung von Skippy sind 5 Jahre vergangen, und die Verkaufszahlen liegen zur Zeit bei ca. 50 Stück pro Jahr. (Insgesamt sind ca. 1000 verkauft worden)

Die Fahrradindustrie hat einige vorsichtige Versuche gewagt, auf das Thema der mitwachsenden Kinderräder aufzuspringen. Die meisten dieser Versuche sind gescheitert, daß heißt, die Produktion dieser Fahrräder ist nach einer kurzen Werbekampagne wieder eingeschlafen. Zum Teil haben die Hersteller den Fehler gemacht, einfach nur bestimmte Rahmenformen zu kopieren, ohne das Gesamtkonzept des Fahrrades darauf abzustimmen. Meistens stand aber das „Design“ im Vordergrund und das Prädikat „mitwachsend“ sollte den Preis des Fahrrades rechtfertigen.

Noch immer gibt es bei den Eltern völlig falsche Vorstellungen, wann und wie ein Kind radfahren soll und bei den Kindern herrscht ein starker Gruppendruck. Die Entscheidung wird häufig durch das Meinungsdreieck:



bestimmt.

Die Entwicklung der meisten Kinder-

räder wird auch heute noch weder nach ergonomischen Gesichtspunkten noch nach technischen Überlegungen vorangetrieben, sondern lediglich nach der Aussicht auf Verkaufszahlen. Eine kurze Nutzungsdauer wird von den Eltern als schicksalhaft hingenommen und von der Industrie unterstützt.

Altersangaben in Katalogen, z.B. „für Kinder von 6-9 Jahren“ bedeuten lediglich, daß großgeratene 6jährige und kleine 9jährige das Rad benutzen können. Schnell entsteht ein Regelkreis, der Qualität und Entwicklungsarbeit von vornherein ausschließt

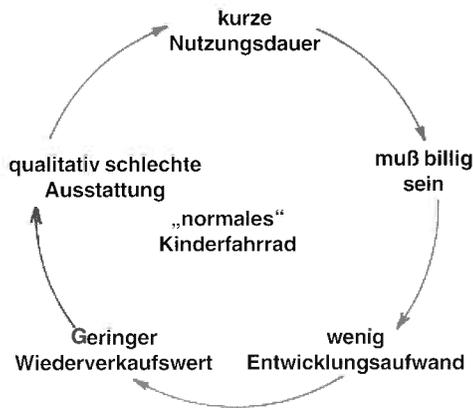


Abb.1: Regelkreis über den Zusammenhang von Nutzungsdauer und Qualität eines „normalen“ Kinderfahrrades

Als Anhaltspunkt für Konstruktion und Ausstattung gelten für die meisten Hersteller immer noch die Geometrie und die Optik der Erwachsenenfahrräder und natürlich das Erreichen eines möglichst geringen Herstellungspreises.

Der Rahmen entsteht dabei in der Regel durch annähernd lineares Verkleinern der Geometrie eines Erwachsenen-Rades. Die Fahrradbauer haben sich darauf geeinigt,

daß alle Rahmenmaße sich in ein bestimmtes Verhältnis zur Beinlänge setzen lassen, denn der normale erwachsene Mensch unterliegt in seinen Proportionen gewissen Gesetzmäßigkeiten. Wenn jemand längere Beine hat, dann hat er wahrscheinlich auch einen größeren Oberkörper. Also wird ein höheres Rad länger gebaut und ein kleineres kürzer. Ein Erwachsener ist daher meistens richtig beraten, wenn er sich ein Fahrrad in erster Linie nach der Beinlänge aussucht. Beim Kind geht das nicht.

Mit Hilfe der Körpermaß-DIN (DIN 334 02) bekommt man für das Alter zwischen 3 und 15 Jahren eine große Anzahl Körpermaße einzeln aufgeschlüsselt. Da es sich um reale Messungen mit Streuungsangaben handelt, wurde bei der Entwicklung von Skippy der angegebene Mittelwert verwendet (sog. 50. Perzentil). Die in der DIN angegebenen Werte zeigen schnell, wo bei den Proportionen der Kinder der größte Unterschied zum Erwachsenen liegt:

**Der Oberkörper ist proportional deutlich länger als bei Erwachsenen und die Beine wesentlich kürzer.**

Erst ab dem 10. Lebensjahr sind die Proportionen einem Erwachsenen ähnlich und das Längenwachstum findet relativ gleichmäßig statt. In Zahlen ausgedrückt: im Alter zwischen 5 und 10 Jahren wachsen der Oberkörper um 5 cm, die Arme um 10 cm und die Beine um 20 cm (siehe Abb. 2).

Wenn man jetzt die Proportionen des Erwachsenen auf die Maße des Kindes überträgt, bekommt man eine Vorstellung davon, um wieviel Zentimeter ein Kinderrad falsch dimensioniert wäre, wenn es genau nach den Proportionen eines Erwachsenenfahrrades gebaut wäre (Abb.3).

Viel schlimmer ist aber, daß die Hersteller die Geometrien dann noch in die falsche Richtung verändern: Statt den Abstand

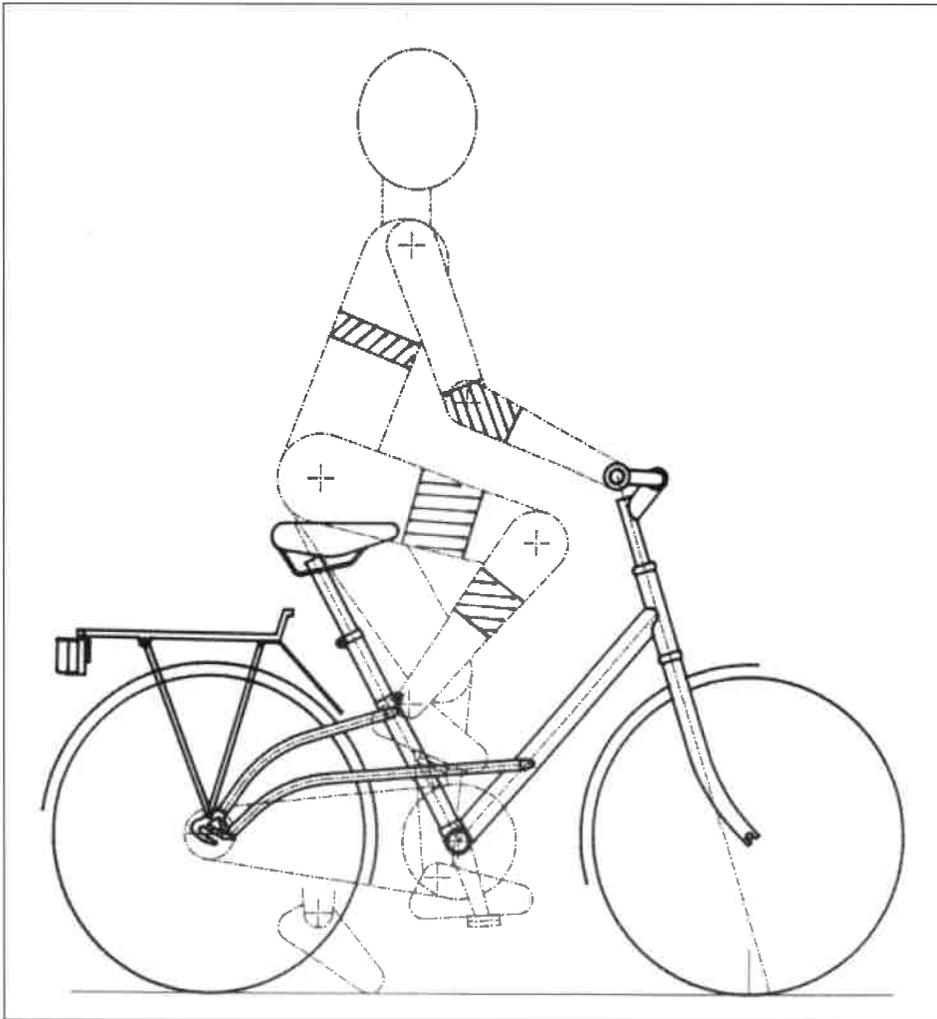


Abb. 2: Längenwachstums bei Kindern zwischen dem 5. und 10. Lebensjahr (schraffiert)

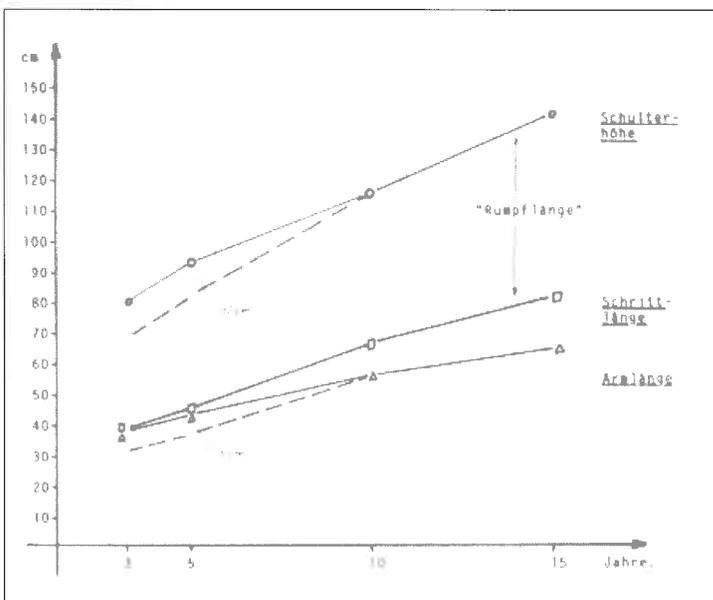


Abb. 3 (links): Körperproportionen bei Kindern (nach DIN 33 405). Die gestrichelten Linien geben an, wie klein Arme und Oberkörper sein müßten, wenn ein Kind den Proportionen der Erwachsenen entsprechen würde.

zwischen Sattel und Lenker kindgerecht größer zu halten als die Rahmenhöhe, wird hier eher auf 80% der Rahmenhöhe reduziert. Das Kinderrad ist in zweifacher Weise zu kurz für das Kind. Einmal, weil die Kinder proportional einen längeren Oberkörper haben und zweitens, weil der Rahmen zusätzlich kürzer gehalten ist.

Heutige Kinderfahrräder (12"-20"-Bereich) sind daher, wenn sie für die Beinlänge passen, zu kurz und wenn sie für die Oberkörper-Größe passen, noch zu hoch. Einige kuriose Notlösungen haben sich eingeschlichen:

Da die Räder zu kurz gebaut und häufig auch noch cruiserähnliche Lenker verwendet werden, reichen die Lenkerenden beim Umschlagen des Vorderrades oft eine Handbreit über den Sattel, so daß sich Kinder bei einem Sturz böse Bauchverletzungen zuziehen können. Statt die Abmessungen zu hinterfragen, fing man an, abgerundete Lenkerenden zu empfehlen. Niemand wundert sich, daß diese Art der Bauchverletzungen bei Erwachsenen nicht vorkommen.

Ein anderes Problem ist die Tretlagerhöhe. Die DIN verlangt soviel Bodenfreiheit, daß das Kinderrad 20° Neigung verträgt, ohne mit einem Bauteil den Boden zu berühren. Leider gibt die DIN keine Begrenzung nach oben an! Das hat zur Folge, daß die meisten Kinderräder mit ihren kurzen Pedalarmen und kleinen Pedalen 45-60° Seitenneigung vertragen und die Kinder keine Chance haben, gleichzeitig eine vernünftige Sitzhöhe eingestellt zu bekommen und noch einigermaßen mit den die Füße den Boden zu erreichen. (An einem 24"-Kinderrad normaler Bauform, kein MTB, einer renommierten Firma, habe ich vor einigen Jahren versucht einen Ständer anzubringen. Ich mußte mir den Ständer eines Hollandrades organisieren, da das Tretlager 30 cm über dem Boden lag!) Bei einem 16" Kinderrad mit einer Tretlagerhöhe von 26 cm und einer Kurbellänge von üblicherweise 110mm sitzt das Kind, wenn es mit den Füßen auf den Boden kommen soll mind. 15 cm zu tief. Das sind bei einem Fünfjährigen Kind 1/3 der gesamten Beinlänge! Auf einen Erwachsenen übertragen hieße das eine Sitzposition um 25-30 cm zu tief einzunehmen.

Die Lösung dafür heißt, die Tretlagerhöhe nach unten auszureizen. Selbst wenn man 30° zulässige Neigung als Ausgangswert nimmt, bekommt man eine für Kinder schon etwas entschärfte Geometrie. Unterstützen kann man dies noch, indem man die Sattelneigung etwas flacher gestaltet. Möchte man erreichen, daß das Kind mit den Füßen optimal auf den Pedalen steht und gleichzeitig mit dem ganzen Fuß auf dem Boden stehen kann, bekommt man einen Sitzrohrwinkel von 53°! Das entspricht dem „Chopper-Rad“ von Prof. Tauber und ist dann nur noch mit einer Rückenabstützung zu fahren. Für Kinder, die in der Regel viel Spaß daran haben, schnell zu beschleunigen, wäre das unter Spielkameraden das AUS. So ein Rad würde nicht akzeptiert werden. Es ist einem Zufall zu verdanken, daß bei der Firma Patria zu der Zeit, als ich mit meiner Idee dort auflief, genau dieses „Tauber-Rad“ zur Verfügung stand. Ich konnte mich von dem Effekt überzeugen und die Sitzgeometrie wurde auf ca. 63° angehoben. Bei den meisten der in den letzten 5 Jahren nachgebauten „mitwachsenden“ Kinderrädern wurde nur der flache Sitzrohrwinkel als Option der Längenverstellung nach hinten realisiert. Meistens, indem man das Sitzrohr oberhalb oder vor dem Tretlager ansetzte. Dies hat zwar ein relativ hohes Längenwachstum zur Folge, bringt aber am Anfang regelmäßig reale Sitzrohrwinkel von bis zu 80° mit sich. Zusammen mit den immer noch zu hohen Tretlagern ist dies eine für Kinder denkbar schlechte Lösung. Die Firma „Enik“ brachte Anfang `97 ein sog. „mitwachsendes“ Rad heraus, bei dem der Sitzrohrwinkel durch die o.g. Bauweise am Anfang bei 74° liegt und zum Schluß bei 66°. Außerdem liegt der Schwerpunkt in der letzten Position nicht mehr annähernd mittig zwischen Hinterradachse und Tretlager, sondern 1/3 vor der Hinterradachse, was eine höhere Gefahr des Nach-Hinten-Kippens bedeutet. Enik hatte dabei noch die Stirn zu behaupten, daß sie das „erste mitwachsende Kinderrad“ hätten und nannten es „R“evolution. Bei Puky entstand 1998 eine mitwachsende Version eines Kinderrades bzw. das Konzept dreier verschiedener Fahrräder (18,20,24") mit drei unterschiedlichen Rahmgeometrien,

wobei genau die Fehler der vergangenen Jahre als besondere Innovation herausgestellt wurden: Die niedrigen Rahmen sind am Anfang sehr kurz und die höheren Rahmen werden nur unwesentlich länger. Beim 18" Rad beträgt der Abstand Sattel-Lenker ca.60% der Sitzhöhe, beim 20" Rad ca. 70% und beim 24" Rad 65%. Schon beim 18"Rad hätte der Abstand mind 75% sein

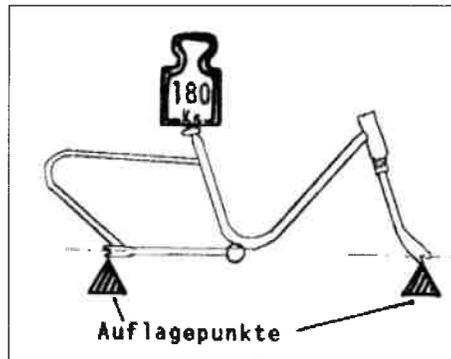


Abb. 4: Versuchsaufbau für die statische Belastung von Kinderfahrrädern

sollen, damit eine entspannte und nicht zu eingeeengte Sitzposition entsteht. Puky-Räder sind in der Geometrie die kürzesten und dabei höchsten Räder. Ungünstiger war nur noch das 12"er von Kettler, was aber glücklicherweise nicht mehr gebaut wird. Der zweite Fehler, der bei Puky zur Innovation erhoben wurde, ist das zu hohe Tretlager. Hier rühmen sich die Hersteller mit besonders großer Bodenfreiheit und dadurch einem extra plus an Sicherheit. Bezeichnender Weise benutzen sie in ihrem Prospekt die hölzerne Gliederpuppe eines „Erwachsenen“ (aus dem Künstlerbedarf!) um die Proportionen zu beweisen und zeigen damit, daß der Erwachsene immer noch das Maß aller Dinge im Kinderfahrradbau ist. Die Versuche von BIRIA und Winora ein mitwachsendes Kinderrad zu bauen, möchte ich hier nicht weiter diskutieren, weil diese Räder kaum auf den Markt gelangt sind. Interessant dagegen ist das Konzept von Villiger, mit dem Modell „Spycy“. Das Rad ist gelb und wurde in der Schweiz entwickelt. In die Schweiz wurden damals nur gelbe „Skippies“ importiert und der Knick in der Sattelstrebe des Spycys hat wahrscheinlich nur den Zweck, zusammen mit dem ähnlich klingenden Namen eine Annäherung an das vorhandene Skippy zu

bringen. Die Rahmengeometrie des Skippy ist nicht unbedingt aufs Mitwachsen ausgelegt, daß heißt, die Winkel von Sitzrohr und Steuerrohr sind gleich. Mit 70° Sitzrohrwinkel kann es direkt als gemäßigt gelten, ist aber auch kein Anfängerrad mehr. Eine Schwierigkeit sind die 22" Räder, da es diese Reifengröße schon fast nicht mehr gibt. Der Lenker ist ein sogenannter Multipositionslenker, der wie alle diese Lenker den Nachteil hat, daß von den vier möglichen Griffpositionen nur eine das Erreichen der Bremse und der Schaltung erlauben. Trotzdem ist die abgerundete Form durchaus kindgerecht. Etwas unglücklich ist der viel zu hohe Gepäckträger. Mit fast 10cm Raum zwischen Hinterradschutzblech und Gepäckträger kommt der Schwerpunkt des Gepäcks unnötig weit nach oben. Das ist aber eine Problematik, die grundsätzlich bei allen Kinderrädern auftritt, die man abweichend von der üblichen Form baut. Die Hersteller der Komponenten sind häufig nicht bereit, von ihrem Standardprogramm abzuweichen und für kleine Stückzahlen Sondergrößen zu bauen. Oft muß man auf vorhandenes Material zurückgreifen oder Kompromisse eingehen. So war der Multipositionslenker vom Spycy in der kleinen Abmessung fast nicht zu bekommen, für Skippy gibt es keine Alukurbeln und Kindersättel gibt es auch nur ein oder zwei gute Modelle.

Der Vollständigkeit halber muß ich noch auf den Crusader von Puky eingehen. Auch der ist kein Anfängerrad, da bereits 24". Der Crusader wurde mit viel Aufwand und Presse-Begleitung entwickelt, fiel aber nachher den Designern zum Opfer. Eigentlich sollte die Rahmengeometrie auch als mitwachsend ausgelegt werden und bekam aber dann ein ansteigendes Oberrohr und die Optik eines „Cruisers“. Die tiefstmögliche Sitzposition (Sattel ganz unten) führte dazu, daß man nicht mehr nach vorne absteigen konnte, es sei denn, man fuhr das Rad zu niedrig und kam mit den Füßen auf den Boden. Effektiv sicher fahren konnte man es erst, wenn der Sattel ungefähr 15 cm rausgezogen war. Dann hatte man über dem Oberrohr auch genug Schrittfreiheit, hatte aber auch die Höhenverstellung bereits zur Hälfte ausgereizt. Absteigen war nur nach hinten möglich.

Soweit ich weiß, wird auch der Crusader nicht mehr gebaut.

Zu den „großen“ Rädern gehört natürlich auch das mitwachsende MTB von Giant. Man konnte es als gefederte oder ungefederte Version bekommen. Die Sattelposition war so verstellbar, daß man in der kleinsten Position auch die Position einstellen mußte, die den geringsten Abstand zum Lenker darstellte. Der Sitzrohrwinkel beträgt dann 80°. Die Tretkurbeln sind 170 mm lang und das Rad hat eine extrem hohe Tretlagerhöhe, da unterhalb des Rahmens noch ein Stück Bandstahl verläuft. Das Ganze sieht ziemlich dramatisch aus und erwies sich mit 20 kg für die ungefederte Version und wahrscheinlich 22 kg für die gefederte Version glücklicherweise als unverkäuflich. Das Giant ist keine Ausnahme. Die meisten Kinderräder sind zu schwer. Messungen an real existierenden Kinderrädern haben gezeigt, daß 12"-18" Räder häufig schon auf 13 kg kommen. 20" Räder mit Beleuchtung und Dreigangschaltung wiegen noch mehr. Auch hier war Puky Spitzenreiter. Ein 1994 gewogenes 20" Rad brachte es ohne Schaltung auf 15 kg. In der Regel müssen Kinder im Al-

ter von 4 Jahren (16" Rad) 66% ihres Eigengewichtes als Fahrrad ertragen. Beim 20" Rad sind es noch je nach Modell 56-33%. Ein Erwachsener kommt in der Regel mit 22-26% seines Eigengewichtes aus.

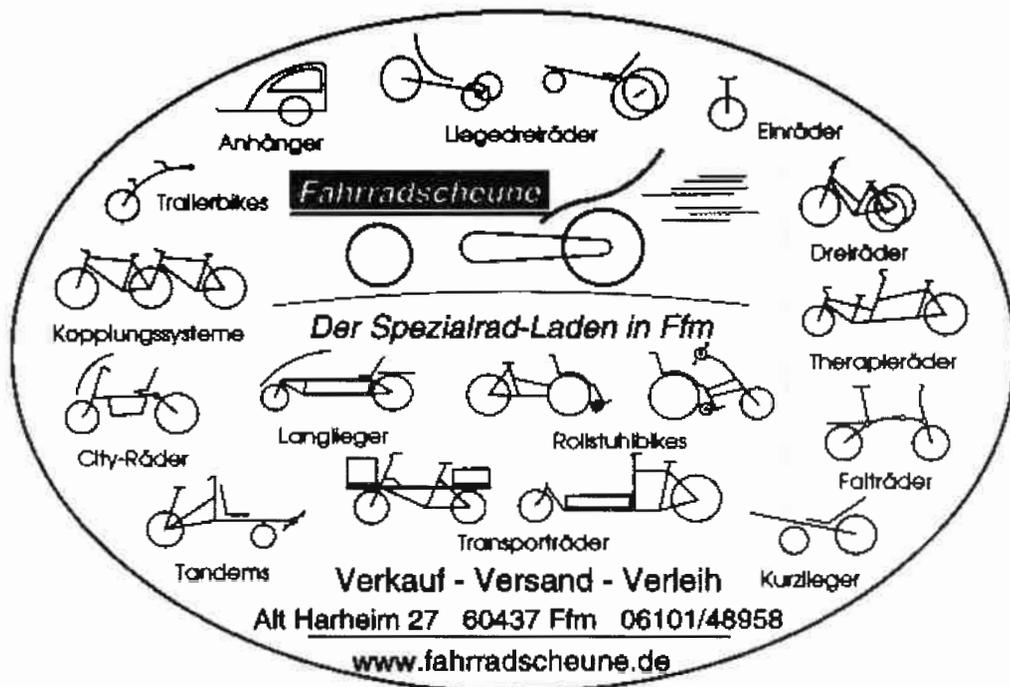
Nicht ganz schuldlos ist auch hier die DIN. Sie schreibt vor, daß ein Kinderrad eine statische Belastung von 180 kg aushalten soll. Das gilt für die sogenannten „Spielräder“, die ja in der Regel von 12-18" gehen. Die Industrie kann für die Regelung dankbar sein, denn sie erlaubt es, große Wandstärken bei den Rohren zu benutzen, die sich deutlich besser mit Schweißrobotern verarbeiten lassen. Daß Stabilität nicht immer durch mehr Gewicht realisiert werden muß, wird dabei nicht berücksichtigt.

Kinder sind noch nicht in der Lage, analytisch zu denken. Sie hinterfragen ihre eigene Situation so gut wie gar nicht. Man bekommt von einem Kind nie die Aussage „Das Rad ist mir zu schwer“. Sie fügen sich in die Situation, da sie es gewohnt sind, daß sie etwas noch nicht können. Kinder wehren sich nicht gegen schlechte Qualität. Ihre einzige Waffe ist, daß sie irgendwann keine Lust mehr haben.

Wenn Kinder auf einer Radtour „versagen“, liegt das nicht etwa an der mangelnden Leistungsfähigkeit, sondern meistens an der Qualität des Fahrrades. Kinder fahren alles, da der Wert der individuellen Mobilität unglaublich hoch liegt.

Glücklicherweise kann man Kindern die Lust am Radfahren auch mit schlechten, schwergängigen und unpassenden Fahrrädern nicht verderben, da sie buchstäblich aus diesem Problem herauswachsen. Wenn sie mit 10 oder 12 Jahren ein 26"-Rad fahren können, sind die Beschwerlichkeiten der ersten Fahrräder schnell vergessen. Auch wenn das 26"-er nur geringfügig besser ist als seine kleinen Vorgänger, ist es in der Geometrie schon verträglicher und die Gewichtsrelationen sind nicht mehr so krass. Solange aber niemand diese Mißstände öffentlich beschreibt, wird sich an der Situation nichts ändern. Die wenigsten Erwachsenen können sich in die Problematik der Kinderräder hineindenken.

Unter Berücksichtigung der bisher genannten Punkte sollte damals mit Skippy ein Rad entstehen, was möglichst folgenden Anforderungen entsprechen sollte:



- Es sollte ein Kinderrad entstehen, welches für einen Zeitraum vom 5.-10. Lebensjahr paßt. 5 Jahre gilt im Allgemeinen als Untergrenze für das Radfahren.
- Der Rahmen soll möglichst niedrig und dabei lang sein, die Tretlagerhöhe muß nach unten hin ausgereizt werden. Als Kurbellänge kommt ein Kompromiß von 130 mm in Frage, da ein Kurbelumbau Eltern nicht zugemutet werden sollte.
- Das Mitwachsen konnte durch eine Rahmengenometrie erreicht werden, bei der Lenkerrohr und Sattelrohr nicht parallel, sondern mit einer Winkeldifferenz von ca 10° gebaut wurden. Dadurch wurde der Sitzrohrwinkel verkleinert, was bewirkt, daß die Kinder mit den Füßen auf den Boden kommen und trotzdem den richtigem Abstand zur Pedale haben.
- Bestimmte sinnvolle Ansprüche der Kinderfahrrad-DIN werden als „Eckpunkte“ akzeptiert. Die Lenkerbreite bleibt auf maximal 50 cm beschränkt, die Griffweite der Bremshebel ist anpaßbar. Die dazugehörige Cantilever-Bremse ist extrem leichtgängig. Es werden scharfe Kanten und gefährliche Ecken vermieden, auch die abgerundeten Lenkerenden kommen zum Einsatz.
- SKIPPY wird mit einem Zahnriemenantrieb gebaut. Dieser Antrieb ist absolut wartungsfrei und hat den Vorteil, daß er nicht verschmutzt, und die Kinder sich daran nicht verletzen können. Daher kann man SKIPPY auch mal problemlos im Auto mitnehmen.
- Ein weiterer wichtiger Punkt war, daß alle Bedienelemente so ausgewählt werden sollten, daß das Kind dabei nicht die Hände vom Lenker nehmen muß. So ist die Schaltung als Drehgriff-Schalter ausgelegt. Die Rücktrittbremse in der Nabe ist notwendig, weil die Kinder selten die Kraft haben, alleine mit der Handbremse abzubremsen. Auch die Klingel wurde nach diesem Gesichtspunkt ausgesucht. Sie hat das bei Kindern so beliebte „auf dem Kopf stellen“ des Rades bei Reparaturen zu überstehen.
- Die Lichtanlage ist von vornherein so ausgelegt, daß sie den späteren Ansprüchen gerecht wird. Halogenlicht und ein nachleuchtendes Rücklicht sorgen für die notwendige Sicherheit im Dunkeln. Die vorgeschriebenen, zum Teil in die Lichtanlage integrierten Reflektoren sind selbstverständlich. Die Verlegung des Lichtkabels erfolgt abrißsicher im Rahmen, bzw. in der Schutzblech-Falz.
- Sämtliche Lager sind gedichtet, das Tretlager ist gekapselt und hat eine 4-Kant-Achsaufnahme, so daß die gefährlichen Kurbelkeile vermieden werden konnten.
- Die Alu-Felgen sind nicht nur korrosionsfrei, sie gewährleisten auch bestes Bremsverhalten bei Nässe. Edelstahlspeichen und Edelstahl-Schrauben sichern über Jahre eine gute Optik und sind reperaturfreundlich.
- Es wurde mit Absicht keine grobstollige Bereifung gewählt, auch wenn sie bei Kindern zur Zeit hoch im Kurs steht. Die Laufeigenschaften von profilarmer Bereifung sind wesentlich besser und es besteht auch nicht die Gefahr, daß Fremdkörper zwischen Bereifung und Schutzblech gelangen, was zum Blockieren des Vorderrades führen könnte. Die Schutzbleche haben ein deutliches U-förmiges Profil, was das Einknicken wirkungsvoll verhindert, daher konnte auf Steckschutzbleche verzichtet werden.
- Der Sattel ist wahrscheinlich der einzige gefederte Kindersattel, den es zur Zeit auf den Markt gibt. Der Gepäckträger ist für 25 kg ausgelegt und verträgt neben einer Portion Urlaubsgepäck auch verbotenerweise den Spielkameraden.

**Juliane Neuß, Glinde**

---

Arbeiten Sie gerade an einem Fahrrad-Thema?

Mit unserer Artikelverwaltung finden Sie den passenden Aufsatz aus älteren Heften aufs Stichwort!!

Und die Ergebnisse Ihrer Arbeit können wir für Sie publizieren.

Sprechen Sie mit uns! Anruf genügt!

Ihr PRO-VELO-Team

**So bestellen Sie:**

**Ich bestelle PRO VELO zum Jahresbezugspreis von 34,- DM 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 8,50 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  
Nahnahmegebühr (zusätzlich z. Porto): ..... 3,00 DM

**PRO VELO \* Riethweg 3 \* 29227 Celle**  
Tel.: 05141/86110 \* Fax: 05141/84783  
eMail: [Fahrradmagazin.ProVelo@t-online.de](mailto:Fahrradmagazin.ProVelo@t-online.de)

**PRO VELO bisher**

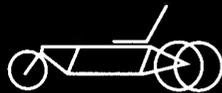
(Die mit einem \* versehenen Hefte sind vergriffen. Die Aufsätze sind aber über den Kopierservice lieferbar)

- 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

Aufsätze aus den vergriffenen Heften sind als Kopien lieferbar. (0,50 DM pro Kopie zzgl. 4,- DM Porto und Verpackung). Bei der Suche hilft die PRO VELO-Datenbank (für 25,- DM vom Verlag zu beziehen). Aus noch lieferbaren Heften sind keine Kopien möglich!

# Der Spezialist für Spezialräder:

Leihgabe vom:  
Andreas Pösch  
Römerstr. 44  
53840 Troisdorf



RÄDER   
WERK



Marienstraße 28 · 30171 Hannover

Telefon 0511/71 71 74

Mo - Fr 10 - 18 (Mi ab 14 Uhr) · Sa 9 - 13 Uhr