

Ergonomie des Fahrradfahrens

Von Juliane Neuß im März 2006

»Die Ergonomie ist die Erforschung der Leistungsmöglichkeiten und der optimalen Arbeitsbedingungen des Menschen« (Duden 1980)

Wer sich also mit der Ergonomie des Fahrradfahrens auseinandersetzt, sollte danach in der Lage sein, durch Einstellen der optimalen Arbeitsbedingungen optimale Leistungen zu erzielen. Wer dabei alleine die Leistung des Radfahrers, in Form der maximal erreichbaren Geschwindigkeit oder Streckenlänge betrachtet, sich also nur auf die Antriebsleistung beschränkt, wird auch in 20 Jahren noch versuchen, Fahrräder alleine nach der Rahmenhöhe zu definieren.

Kein Mensch beklagt sich bei seinem Fahrradhändler, dass er vom Fahrradfahren Muskelkater in den Beinen bekommt, aber 80 bis 90 Prozent der ambitionierten Radfahrer beklagen sich über Gesäß-, Rücken-, Schulter-, Nacken- oder Handgelenks-Schmerzen!

Die gute Nachricht: 10 bis 20 Prozent der Radfahrer wissen anscheinend, was sie dagegen tun können.

Die zweite gute Nachricht: Es handelt sich um einen systemischen Fehler, der nicht alleine beim Radfahrer liegt und er lässt sich in vielen Fällen beheben oder vermeiden.

Die hier genannten Überlegungen sind in erster Linie für Menschen gedacht, die den Anspruch haben, viel und mit Spaß Rad zu fahren. Andere, welche die Bequemlichkeit beim Rad fahren in weichen Sätteln und mit den Füßen auf dem Boden suchen, können im Prinzip jedes Rad fahren, denn auf kurzen Strecken machen sich unergonomische Haltungen nicht so stark bemerkbar. Allerdings kann es sein, dass diese Menschen auch nie die Lust verspüren werden, mit dem Fahrrad Größeres zu unternehmen.

Wenn jeder dieser drei Bereiche bestimmte geometrische Voraussetzungen braucht, um optimal zu funktionieren, dann ergibt sich ein definierbarer Zusammenhang, aus dem sich eine ergonomisch sinnvolle Fahrrad- und Sitzgeometrie ableiten lässt. Die Schwierigkeit daran ist, dass sich eine Verbesserung der Ergonomie des Antriebes in Kilometerleistung oder Geschwindigkeit ausdrücken lässt, eine Veränderung der Oberkörperhaltung aber in erster Linie nur subjektiv wahrnehmbar ist und sich erst nach längerer Zeit bemerkbar macht.

Jede veränderte Haltung erfordert Training und Muskelaufbau. Eine ergonomisch sinnvolle Haltung ist am ehesten mit »anstrengend bequem« zu beschreiben, da es eine wesentliche Voraussetzung der ergonomisch korrekten Haltung ist, dass möglichst viele Muskeln mitarbeiten, damit jede zu leistende Arbeit auch auf möglichst viele Muskeln verteilt wird. Einige scheinbar bequeme Haltungen auf dem Fahrrad mit geringem Muskeleinsatz (z.B. City-Rad mit hohem Lenker) sind daher ergonomisch nicht sinnvoll.

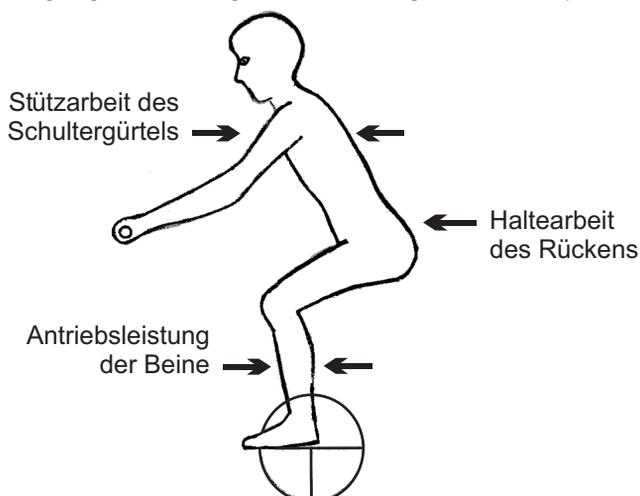
Die Ergonomie des Radfahrens ist nicht alleine die »richtige Rahmenhöhe kombiniert mit einem Multifunktionslenker«, sondern betrachtet das gesamte komplexe System Mensch-Maschine mit allen seinen Zusammenhängen und Wechselwirkungen.

Ein auf dem Sattel sitzender Radfahrer leistet in drei verschiedenen Bereichen körperliche Arbeit, die es zu optimieren gilt:

Die Stützleistung des Schultergürtels: Optimierung (und damit Verminderung) der Schulterbelastung, Schutz der Hände vor Überlastung, Abfedern von Fahrbahnstößen.

Die Haltearbeit des Rückens: Streckung und Stabilisierung der Wirbelsäule, Verstärkung der Antriebsleistung durch Fixierung des Beckens, Abfedern von Fahrbahnstößen und Halten des Oberkörpers in der gewünschten Position.

Der Antrieb: Die Streckung der Beine, das Einstellen verschiedener Kniewinkel, Sattelposition, Sattelleigung, Kurbellänge, Übersetzung und Trittfrequenz.

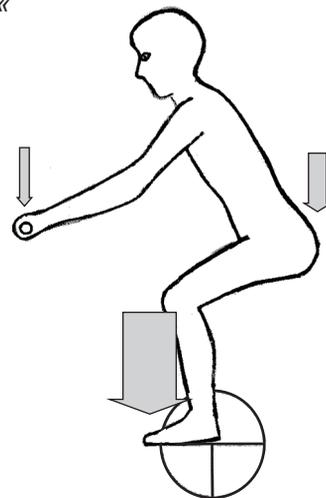


Tragfähigkeit des Körpergewichts (KG) beim Rad fahren

Hände = Last-»Hasser«
maximal 10 bis 20% des KG

Gesäß = Last-»Dulder«
bis 50 % des KG

Füße = Last-»Träger«
bis 200 % des KG



Unterschiedliche Belastung in Abhängigkeit von der Sitzposition

Radtyp Kontakt- punkt	Rennrad	Reiserad	Hollandrad	Cityrad
Lenker	20 %	20 %	10 %	5 %
Sattel	10 %	30 %	50 %	70 %
Pedalen	70 %	50 %	40 %	25 %

Es gibt zwei aufrechte Sitzpositionen, die ich sehr genau unterscheiden möchte:

Die Hollandrad-Position, und die Cityrad-Position (wobei die meisten Hersteller/Händler diese Begriffe sehr beliebig verwenden):
Das Cityrad in seiner heutigen Form hat meistens zu wenig Platz zwischen der Griffposition und Sattel und der Lenker ist unverhältnismäßig hoch. Die fast waagrecht gehaltenen Arme blockieren die Beweglichkeit des Oberkörpers, und das natürliche aktive Ausbalancieren findet nicht mehr statt. Bei der Hollandrad-Position ist der Lenker auf Oberschenkelhöhe und die Lenkergriffe nahe am Körper des Fahrers. Mit dieser tiefen Handhaltung kann man den Oberkörper frei balancieren, wobei die gesamte Rückenmuskulatur (ähnlich wie beim Gehen oder Reiten) an der aufrechten Haltung beteiligt ist. Die Wirbelsäule behält ihrer natürliche aktive S-Form. Arme und Hände brauchen bei der echten Hollandrad-Position so gut wie keine Stützarbeit zu leisten.

Die Hollandradposition, die Ur-Position des Radfahrens, ist durch zwei ergonomische Grundsätze gekennzeichnet:

- A: Die Wirbelsäule behält ihre natürliche S-Form**
- B: Der Rücken braucht eine Aufgabe (hier: Balance)**

Mit genau diesen beiden Grundsätzen hat man auch den Schlüssel für eine ergonomisch sinnvolle geeignete Sitzposition in der Hand. Die S-Form der Wirbelsäule ist der beste Schutz vor Überlastung, denn sie sorgt für:

- funktionale Belastung der Wirbelsäule
- optimale Stützwirkung der umgebenden Muskulatur
- optimale Elastizität
- optimale seitliche Beweglichkeit und Torsionsfähigkeit
- optimale Stabilisierung des Beckens
- Verbesserung der Antriebsleistung der Beine

Dieser Schutz funktioniert nur, wenn der Rücken dabei auch Arbeit leisten muss!

Bei der Cityrad-Haltung fällt die Aufgabe des Balancierens weg und nach kurzer Zeit wird die angestrebte S-Form aufgegeben. Wer bei einem Reiserad die Arme durchdrückt und sich dadurch stark abstützt wird die S-Form ebenso verlieren und in der Kompensation die Schultern nach hinten wölben (Rundrücken).

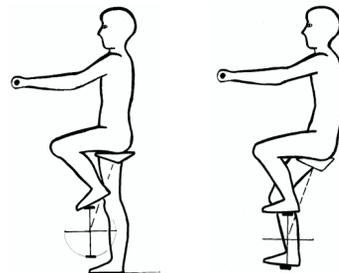
Interessanterweise enden alle Haltungsfehler auf dem Fahrrad, egal ob im Schulter oder Rückenbereich oder als Sattelproblem in der Beckenaufrichtung. Die Beckenaufrichtung ist das nach hinten kippen des Beckens, so dass das natürliche Hohlkreuz verschwindet. Fast alle Bandscheibenvorfälle ereignen sich aufgrund einer zu starken Beckenaufrichtung. Das Gegenteil der Beckenaufrichtung ist die Beckenkippung, bei der das Becken sich nach vorne neigt, die Lendenwirbelsäule in ein leichtes Hohlkreuz und die Wirbelsäule in die natürliche S-Form bringt.

Gründe für die Beckenaufrichtung können sein:

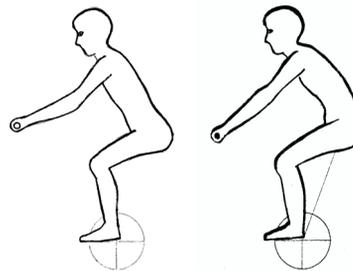
- zu tief eingestellter Sattel
- zu hoher Lenker
- falscher Sattel, Sattelnase zu hoch (Ausweichen vor dem Druck auf das Schambein)
- falsche Rahmengenometrie

Die Beckenaufrichtung erfolgt immer nach dem gleichen Muster und hat für die Haltung der Wirbelsäule immer die gleichen Folgen:

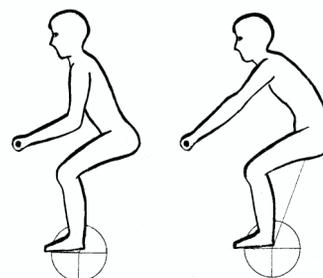
- die natürliche Lendenlordose wird weggedrückt (das natürliche Hohlkreuz verschwindet).
- Rückenstrecker wird durch die starke Wölbung im Lendenwirbelbereich überdehnt.
- Der Bereich der Brustwirbelsäule folgt der Bewegung des unteren Rückens und neigt sich stärker nach vorne.
- Zum Ausgleich der Kopfhaltung muss die Halswirbelsäule nach hinten gebogen werden, der Kopf wird in den Nacken gelegt, um wieder nach vorne schauen zu können.
- Die Last des Oberkörpers verlagert sich auf die Hände, da der Rücken den Oberkörper nicht tragen kann.



Sattel zu niedrig,
Lenker zu hoch
Rücken ohne Aufgabe



Ausweichbewegung
bei Satteldruck



Einstellen des
Schulterwinkels bei
zu kurzer Sitzposition

Warum führt ein zu kurzer Rahmen zur Beckenaufrichtung?

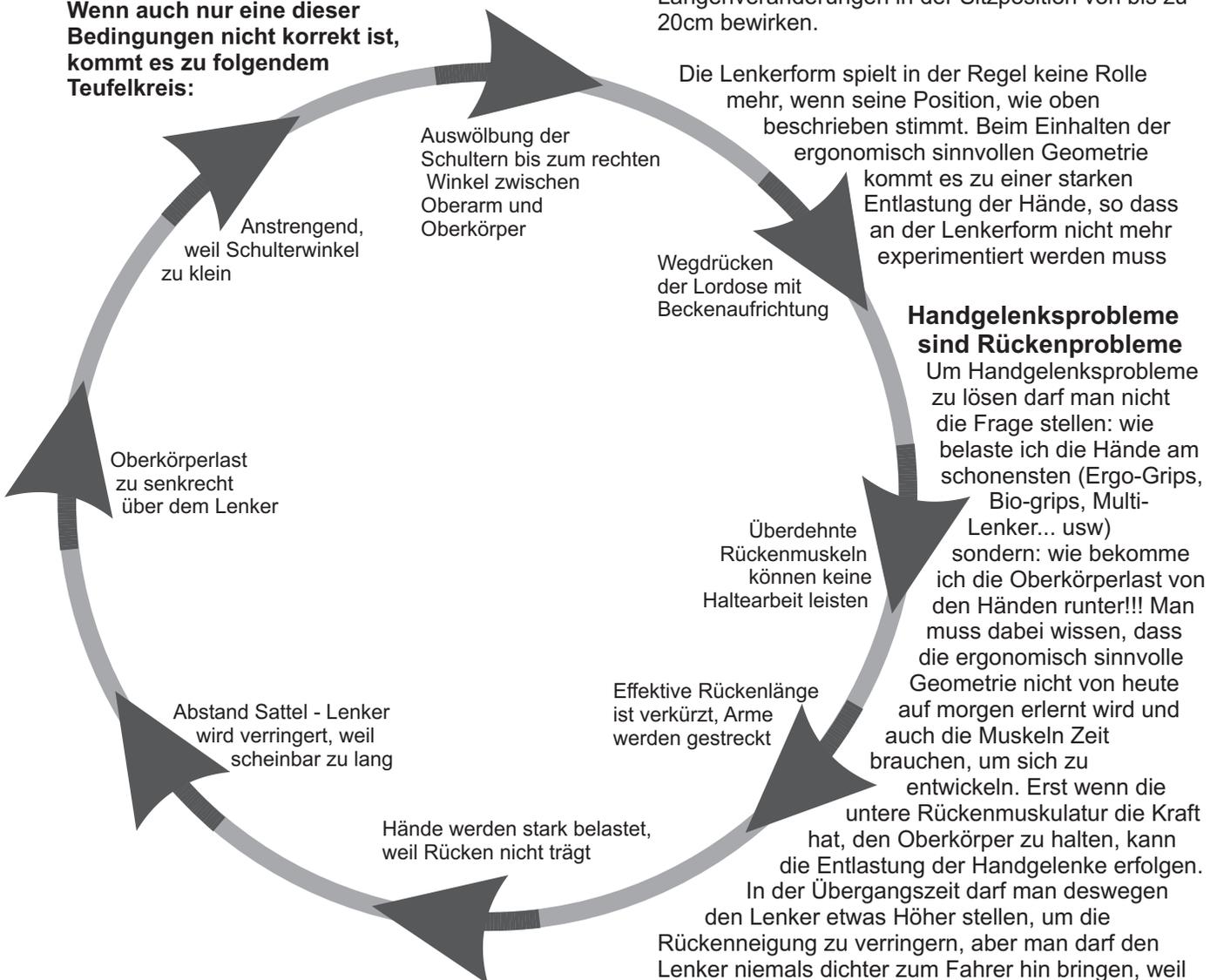
Die Arbeit des Oberkörpers in der Reiserad-Position ist Halten und Stützen. Die Haltearbeit des Rückenstreckers kann nur durch die S-Form der Wirbelsäule optimal geleistet werden. Bei gut ausgebildeter Rückenmuskulatur kann die geneigte Sitzposition vom Radfahrer ohne Belastung der Hände eingenommen werden. (Prinzip: freihändig)

Je nach Höhe des Lenkers kann eine Restlast von 10-20 % auf den Händen ruhen. Diese Restlast wird durch den korrekten Oberarm-Oberkörper-Winkel von 90 ° optimal gestützt, wodurch auch ein bequemes Einfedern der Arme möglich wird.

muss dann als schwächstes Glied in dieser Kette die Ausweichbewegung der Schulter mit Hilfe der Beckenaufrichtung wieder kompensieren. Erst wenn die S-Form der Wirbelsäule und der rechte Winkel zwischen Oberarmen und Oberkörper gemeinsam kompromisslos realisiert sind, weiß ich wo am Schluss die Hände und der Lenker hingehören.

Deswegen ist es wichtig das Fahrrad als System zu begreifen. Die Rahmengeometrie darf niemals isoliert betrachtet werden, sondern muss zusammen mit Sattel- und Lenkerposition zur Fahrradgeometrie werden. Die Position des Lenkers und seine spezifischen Baugrößen (Vorbauhöhe, Kröpfung und Rückwärtsschwung) haben mehr Einfluss auf die Sitzposition als die Rahmengeometrie. Ein Veränderung des Lenkers kann Längenveränderungen in der Sitzposition von bis zu 20cm bewirken.

Wenn auch nur eine dieser Bedingungen nicht korrekt ist, kommt es zu folgendem Teufelskreis:



Der 90° Winkel zwischen Oberkörper und Oberarmen ist für die Stützarbeit so wichtig, dass er, besonders bei zu kurzem Sattel-Lenker-Abstand, unbewusst eingenommen wird (Kompensationshaltung) und zur Beckenaufrichtung mit all den genannten negativen Folgen führt.

Ein kleinerer Winkel wäre in der Belastung so, als ob man Liegestütz mit nach hinten gestellten Armen ausführen müsste. Der Körper ist bei dieser Belastung sehr empfindlich und versucht sie mit allen Mitteln zu Vermeiden. Der untere Rücken, die Lendenwirbelsäule

Der bequemste Lenker für lange Strecken ist immer noch der Rennlenker oder der entsprechend ähnliche Zeitfahrbügel. Die Handhaltung ist parallel zum Körper, die Hände werden nicht auf den Handballen belastet, sondern liegen auf den Bremsgriffen auf, wobei die Last von der Hautfalte zwischen Daumen und Zeigefinger getragen wird. Die Arme können zum Körper hin einfedern und müssen nicht wie beim geraden MTB-Lenker zur Seite ausweichen, was

deutlich mehr Kraft kostet. Ein ganz guter Kompromiss ist der MTB-Lenker mit kurzen Hörnchen, der eine ähnliche Handposition erlaubt.

Die Lenkerbreite sollte immer auf die Schulterbreite abgestimmt sein, weil ein zu weites Spreizen der Arme eine unphysiologischen Kraftaufwand bedeutet. Besonders bei zierlichen Frauen ist das ein Problem.

Obwohl die Zusammenhänge zwischen Sitzposition und Leistungsfähigkeit komplex und elementar sind, wird sehr wenig darüber nachgedacht, geschweige denn wissenschaftlich geforscht. Es scheint, als ob das Problem relativ neu ist! Dafür gibt es mehrere Gründe:

A Die durchschnittliche Körpergröße der Mitteleuropäer ist in den letzten 50 Jahren um 15 cm angestiegen, ein Längenwachstum, was es nie zuvor gegeben hat. Die Fahrradrahmen sind bei gleich bleibender Rahmengröße in diesem Zeitraum gut 20 cm kürzer geworden. Das ergibt eine Verringerung der tatsächlichen Sitzlänge von ca. 30 cm.

B Die Rahmengenometrien der Sporträder sind die selben wie vor 40 Jahren, mit dem Unterschied, dass die Reiseradfahrer in den 80er Jahren durchweg mit Rennlenkern fuhren. Der Rennlenker bringt unabhängig von der Vorbaulänge eine zusätzliche Sitzlänge von 10 bis 15 cm, was bei den Rahmengenometrien berücksichtigt wurde. Dadurch konnte man die Rahmen kompakt und stabil machen.

C Die Entwicklung des durchschnittlichen Trekkingrades ist teilweise eine gedankenlose Übertragung der MTB-Idee auf die herkömmliche Rahmengenometrie gewesen. Das ursprüngliche MTB hatte die korrekte Länge. Die Stabilität des langen MTB-Rahmens wurde zum Teil durch die niedrige Rahmenform (lange Sattelstütze) realisiert. Als aus den Rennsporträdern Trekkingräder wurden, wurde lediglich der Rennlenker durch den geraden MTB-Lenker ersetzt, und die Sitzlänge verringerte sich um 15 cm. Der zu kurze Rahmen setzte den Teufelskreis der Beckenaufrichtung in Gang und die meisten Radfahrer bekamen den Eindruck, das Rad sei zu lang und forderten noch kürzere Rahmen und höhere Lenker ...usw.

D Da der Rahmenbau mittlerweile nicht mehr auf Muffen mit festgelegten Winkeln angewiesen ist, sind allen positiven wie negativen Ideen Tür und Tor geöffnet.

Die Beckenaufrichtung ist die wirkungsvollste und schädlichste Kompensationshaltung. Sie verursacht Rücken-, Schulter-, Nacken und Handgelenksschmerzen, deren Ursachen aber immer an der falschen Stelle gesucht werden.

Abstand Sattel – Lenker

= Mitte Sattel → Lenkergriffe

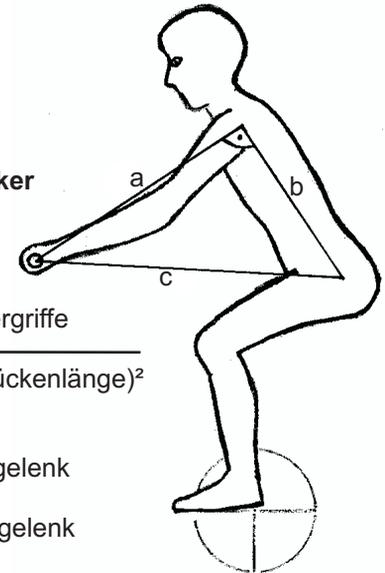
$$= \sqrt{(\text{Armlänge})^2 + (\text{Rückenlänge})^2}$$

Armlänge =

Handmitte → Schultergelenk

Rückenlänge =

Schultergelenk → Hüftgelenk



Die so ermittelte Länge der Sitzposition ist unabhängig von der Lenkerhöhe. Allerdings sollte die Lenkerhöhe nicht mehr als 10 cm über der Sattelhöhe liegen, weil sonst die Rückenmuskulatur nicht mehr gefordert wird.

Alle Sitzpositionen, die nicht der ergonomisch sinnvollen Geometrie folgen oder der Hollandradposition entsprechen, führen zur Beckenaufrichtung.

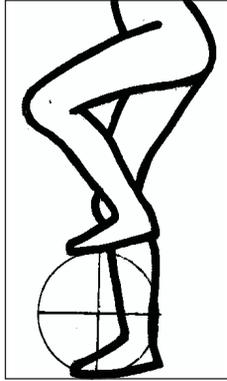
Hollandradposition



Effizienz des Antriebes

Obwohl die Rahmenlänge (Oberrohrlänge) am wenigsten variiert werden kann, wird die Rahmengröße immer noch mit der Höhe des Sattelrohres angegeben, in der Hoffnung, dass der Hersteller die Oberrohrlänge richtig bemessen hat. In Abhängigkeit von der Tretlagerhöhe, die bei vollgefederten Rädern meistens deutlich höher liegt als bei ungefederten, kann mit der Rahmenhöhe beim Diamantrahmen höchsten vorausgesagt werden, ob der Kunde über dem Rahmen noch stehen kann oder nicht.

Die richtige Sattelhöhen-einstellung ist dann erreicht, wenn in der gewünschten Fahrposition mit der Fußspitze getreten werden kann und dabei das Knie nicht bis zum Anschlag gestreckt ist. Die geneigte Sitzposition hat Einfluss auf die Lage des Hüftgelenkes und kann die tatsächliche Beinlänge gegenüber der Sattelaufgabe um bis zu 3 cm verändern. Ein zu tief eingestellter Sattel kostet unnötig Kraft, kann zu Kniebeschwerden führen und kann die Sitzposition ungünstig beeinflussen, indem das Becken nach hinten gekippt wird. Zu hoch ist ein Sattel erst, wenn das Becken anfängt seitlich zu kippen oder der Eindruck entsteht, dass der Sattel vermehrt scheuert.

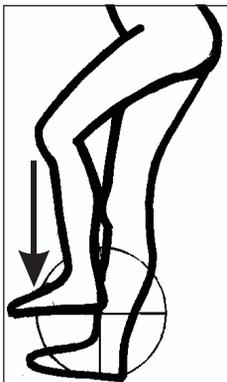


Nach Einstellung der korrekten Sitzhöhe sollte als erstes das Knie über der Pedale kontrolliert werden. Das geschieht durch horizontales Verschieben des Sattels oder durch die Wahl eines Rahmens mit anderem Sitzrohrwinkel. Für Menschen mit kurzen Beinen empfiehlt sich wegen der geringeren Oberschenkelänge ein steilerer Sitzrohrwinkel, oder unterhalb einer Körpergröße von 170 cm evtl. kürzere Kurbeln. Bei zu großer Kurbellänge oder bei zu niedriger Sattelhöhe ergibt sich außerdem das Problem des zu geringen Kniewinkels, wenn die Pedale im oberen Totpunkt steht (zu großer Pedal-Hub). Kleine Menschen gleichen das gerne durch extrem hohe Sitzpositionen aus.

Das Knie über der Pedale sorgt für die richtige Lage des Körperschwerpunktes beim Treten, so dass die Gewichtskraft des Körpers optimal zum Antrieb genutzt werden kann.

Ein Kniewinkel unter 90° verursacht einen großen Druck auf der Kniescheibe und fördert Knieprobleme

Knie über der Pedale



Eine hohe Trittfrequenz von ca. 80 bis 100 Pedalumdrehungen pro Minute sorgt dafür, dass in kleineren und somit gelenkschonenderen Gängen gefahren werden kann. Da geleistete Arbeit mit der Beziehung $\text{Arbeit} = \text{Kraft} \times \text{Weg}$ ausgedrückt wird, ist die aufgebrachte Kraft umso geringer, je länger der dabei zurückgelegte (Pedalkurbel-)Weg, gemessen in Anzahl der Umdrehungen, ist. Zum Einüben einer hohen Trittfrequenz lohnt es sich, ein halbes Jahr lang konsequent die Umdrehungszahl mit einer Trittfrequenz-Einheit zu kontrollieren.

Das Treten mit dem Vorfuß (Fußballen ist mit Zehengrundgelenk über der Pedalachse) dient nicht nur zur besseren Kraftentfaltung sondern vor allem zum Ausgleich der nicht ganz geraden Kniebewegung. Das Knie ist ein Gelenk mit einer konischen Gelenkfläche, so dass beim Beugen des Knies eine seitliche Verdrehung erfolgt, das Knie also eine kreisförmige Taumelbewegung macht. Diese Taumelbewegung würde in eine gerade Bewegung gezwungen, wenn das starre Fußgelenk genau die einfache kreisförmige die Bewegung des Pedals reproduzieren würde. Das ist immer der Fall, wenn das Fußgelenk durch Aufsetzen der Ferse oder des Mittelfußes auf der Pedale nicht frei beweglich ist.

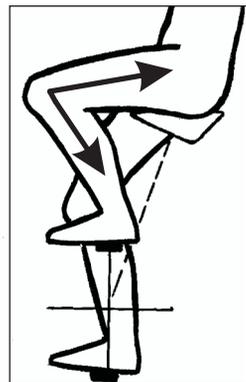
Wer mit dem Mittelfuß tritt, gleicht instinktiv eine zu niedrige Sattelhöhe aus, da dabei die effektive Beinlänge um einen Teil der Fußlänge reduziert wird.

Weiterführende Informationen:

Ergonomie: Juliane Neuß (ADFC) info@junik-hpv.de
Günstige Maßrahmen-Anfertigung mit besonderer Berücksichtigung ergonomischer Sitzpositionen:
Firma PATRIA www.patria.net

Anfertigen von Maßsätteln mittels elektronischer Druckmessung: www.gebiom.de

Englischsprachig:
»Zinn's Cycling Primer« Lennard Zinn
(ISBN: 1-931382-43-3) 218 Seiten, ca. 25 €
www.zinncycles.com



Zu enger Kniewinkel

Die richtige Tritttechnik entscheidet ebenfalls über die Leistungsfähigkeit und die Gesunderhaltung des Radfahrers. Neben der Forderung eine möglichst hohe Trittfrequenz anzustreben, müssen auch die Bewegungsmöglichkeiten der Gelenke berücksichtigt werden.