

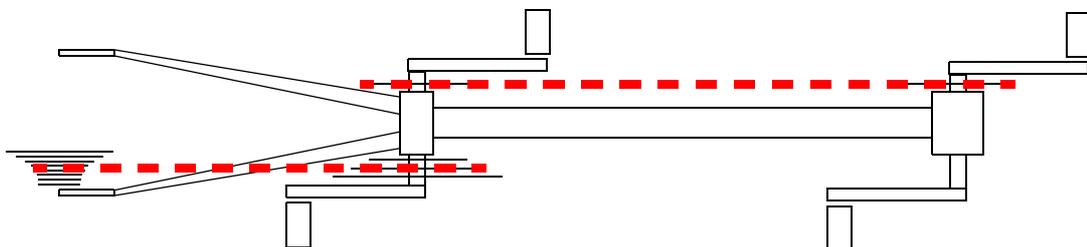
# 1 Antrieb

## 1.1 Kettenführung

Man kann man beim Tandem zwei grundsätzlich verschiedene Variationen des Crossover-Systems implementieren:

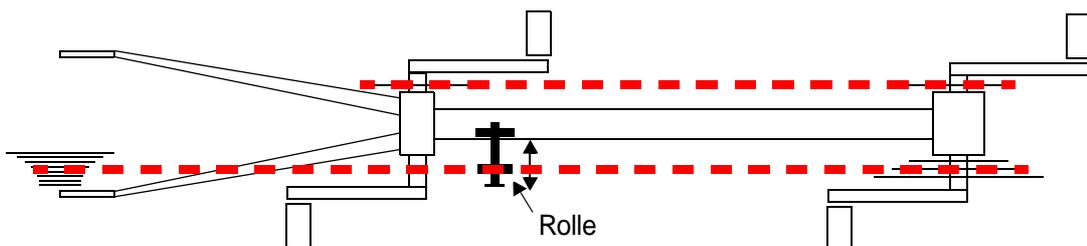
- Rear-Crossover: dies ist wohl die bei den meisten Tandems angewendete Variante, bei der die Kettenräder und damit auch der Umwerfer beim Stoker angebracht sind. Die Antriebskette läuft also ähnlich wie bei einem Solo mit Kettenschaltung.

*Bild 1 Rear-Crossover, schematisch*



- Front-Crossover: bei dieser kaum anzutreffenden Variante sitzen Kettenräder und Umwerfer vorn beim Captain. Die etwas höhere Komplexität dieser Variante aber auch die Unkenntnis von deren Existenz und was der praktische Nutzen ist, dürften die Hauptgründe für die geringe Popularität des Front-Crossover sein. Mehr dazu weiter unten.

*Bild 2 Front-Crossover, schematisch*



Aufgrund der guten Erfahrungen mit dem Front-Crossover beim alten Gitane-Tandem wurde auch der Nöllrahmen dafür präpariert. Der Rahmen unterstützt zusätzlich weiterhin den von Haus aus vorgesehenen Rear-Crossover. Abgesehen davon, daß Nöll dies ohnehin so vorgesehen hätte, haben wir die Möglichkeit des Rear-Crossover auch verlangt, um notfalls darauf ausweichen zu können: es war nämlich nicht von vornherein selbstverständlich, daß das, was am alten Gitane gut funktioniert hat, beim neuen Tandem ebenso gut läuft:

Projekt : Tandem : Kapitel 1 : Antrieb		
<ul style="list-style-type: none"> <li>– die 8/9-fach Ritzelpakete sind breiter als die 5-fachen und reichen näher an die rechte Hinterradgabel heran. Dies bedeutet, daß auch die Kette recht nah an die Stokerkurbel herankommt, sobald sie auf dem kleinsten Ritzel läuft.</li> <li>– die Kette ist um etwa 20 cm länger aufgrund des erweiterten Captain-Stoker-Abstandes.</li> </ul> <p>In der Praxis hat sich all dies als vollkommen unproblematisch herausgestellt. Es ist nicht einmal eine auf der rechten Seite längere Stoker-Tretlagerachse nötig, um die Kollisionswahrscheinlichkeit mit der Kette zu reduzieren. Wesentlich zu diesem positiven Verhalten dürften die heute üblichen sauberen Schaltvorgänge beitragen, die die Kette praktisch nicht hüpfen lassen.</p> <p>Beim Nöllrahmen sind es 3 Besonderheiten, die die optimale Unterstützung des Front-Crossover durch den Rahmen ausmachen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– die angelötete Lasche mit 8 mm Loch für die Kettenrolle, deren Geometrie und Position aus Bild 3 und Bild 5 hervorgeht. An einem nicht speziell präparierten Rahmen ließe sich wohl eine Lösung mit einer Lasche mit Schellenbefestigung finden.</li> <li>– die Seilführung für den Umwerfer, der ja nun vorn zu liegen kommt. Da heutzutage beim Downpull-Umwerfer das Seil unter und dann hinter dem Tretlager hochgeführt wird, kommt es beim Tandem zu einer Kollision mit dem Tretlagerverbindungsrohr. Achim Nöll hat dies elegant gelöst, indem er kurzerhand das Tretlager hinter dem Sattelrohr mit einem 2 mm Loch durchbohrt hat.  Alternativ hätte man Widerlager für ein Stück Bowdenhülle zur Umgehung der Rohre anlöten können (so wurde das vor etlichen Jahren gelöst).  Ohne Tunnel und Widerlager kann man das Schaltseil auch komplett in der Bowdenhülle laufen lassen.</li> <li>– ein zweites Klemmstück für die Luftpumpe auf dem Tretlagerverbindungsrohr. Nöll's Standardlösung sieht eine Klemmung der Luftpumpe auf dem Tretlagerverbindungsrohr zwischen dem Captain-Sattelrohr und einem Luftpumpenklemmteil in geeignetem Abstand vor dem Stokersattelrohr vor. Da, wie oben geschildert, das Schaltseil des vorderen Umwerfers den Platz hinter dem Captain-Sattelrohr bereits beansprucht, muß in etwas Abstand davon ein zweiter Luftpumpenklemmhaken aufgelötet werden. Das Stoker-Sattelrohr ist als</li> </ul>		
Last Update: 10-Oct-2011	© Lothar Baumbauer Erlangen	Date 03-Dec-2002 Page 1-2

Projekt	: Tandem	
Kapitel	1 : Antrieb	

Gegenhalter nicht geeignet, da der Winkel zum Tretlagerverbindungsrohr zu stumpf ist.

Für einen Rahmen, der nicht speziell präpariert ist, gibt es sicher mehrere alternative Luftpumpenlösungen, sofern es überhaupt eine Kollision mit dem Front-Crossover-System gibt.

Ein wichtiges Detail der Front-Crossover-Implementierung ist die Kettenrolle zur Bändigung der nunmehr langen Kette im unteren entlasteten Bereich. Vor der Präsentation von Lösungen zu diesem Problem gibt es in den nächsten Abschnitten erst einmal etwas zu den Pros und Cons zu Rear- und Front-Crossover.

## 1.2 Rear- versus Front-Crossover

John Allen hat schon vor Jahren die Pros und Cons des Front-Crossover im Internet präsentiert - <http://www.bikexpert.com/bicycle/tancrank.htm>

“Front drive has some important advantages:

- You can use any chainwheel-sprocket combination without chain angle problems, since the long front chain reduces the angles.
- The drive chain lasts longer, because the wear is spread among more links, and so the sprockets also last longer.
- Both riders can see and hear the front derailleur.
- Stresses on the bottom brackets and the frame are lower than with rear crossover drive.
- You can switch easily and quickly from the conventional rear crankset to a kidback by using a chain that runs diagonally from the kidback down to the front crankset, and lashing the conventional rear crankset to the frame so it does not turn. You do not have to remove the rear pedals when switching to the kidback.

There are disadvantages too:

- Both sides of the bike have chains, making it more difficult to lift the bike without getting chain dirt on yourself. The long chain may soil the rear seat tube.
- There's more chain, and so the bike weighs a little more (but probably, this is less important than the increase in drive efficiency due to smaller chain angles)

- You have to make sure that the drive chain clears the right rear crank. Generally, it will if the rear bottom bracket axle is as long as the front one.
- If you ride over big bumps, the long drive chain can flop around. Front drive doesn't make much sense for off-road riding. Even on a road tandem, it's a good idea to put a chain idler just ahead of the rear bottom bracket to control the long, slack lower run of the drive chain. But the need for an idler can become an advantage: a sprung, two-pulley idler made from a rear derailleur chain cage takes up chain, increasing derailleur capacity, and improves shifting.”

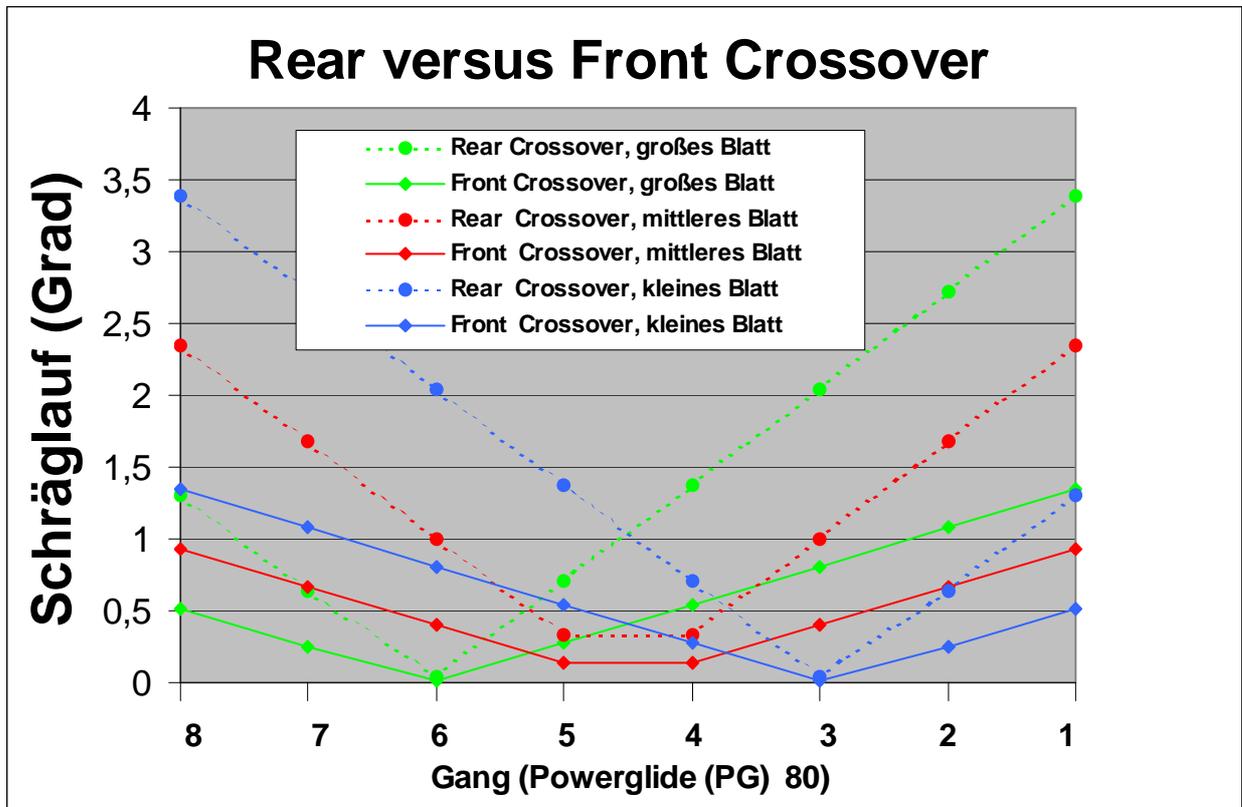
Soweit John Allen. Die herausragenden, spürbaren Vorteile am Reisetandem sind in der Tat

- der geringere Kettenverschleiß
- das absolut saubere und leichte Schalten
- die Benutzbarkeit aller Kettenblatt-Ritzel-Kombinationen
- kein Nachjustieren des Umwerfers in den extremen Schaltstellungen. Das heißt, man kann ein Kettenblatt einlegen und alle 8 Ritzel durchklicken, ohne ein Schleifen des Umwerfer zu erzeugen.
- dazu kommt eine Verringerung der Gefahr des berücksichtigten Chain-Suck bedingt durch den weitaus geringeren Schräglauf. Das Hochheben der Kette wird durch Schräglauf gefördert.
- verbesserte Seitensteifigkeit, da die Stärke der Kettenstreben auf beiden Seiten gleich sein kann. Auf der rechten Seite ist außen keine Verjüngung erforderlich, da kein inneres Kettenblatt anstoßen kann. . Das Gitane ist demgemäß gebaut. Demgegenüber hat die rechte Nöll-Kettenstrebe dennoch eine Verjüngung, da auch Rear-Crossover möglich sein sollte und 145 mm Klemmbreite gemeistert werden müssen.

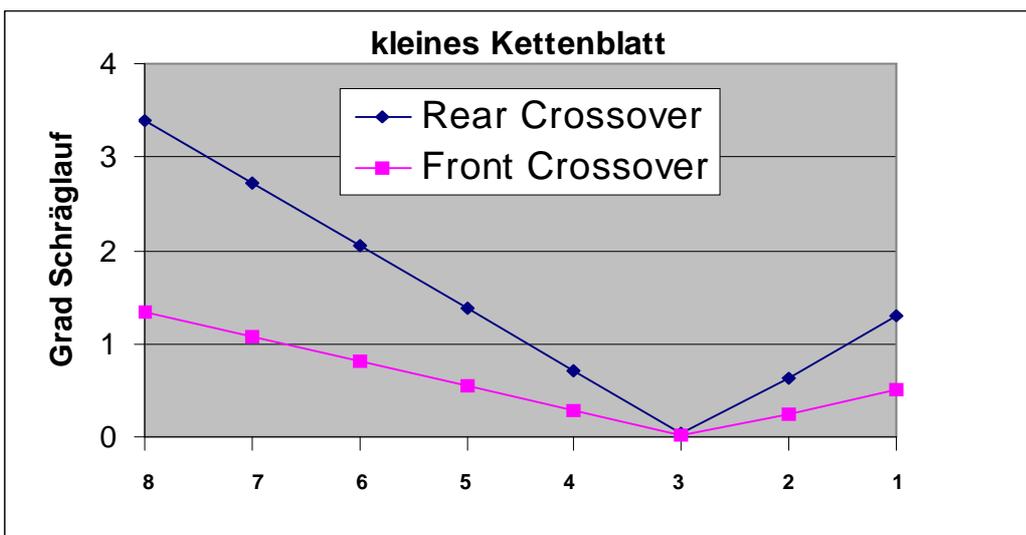
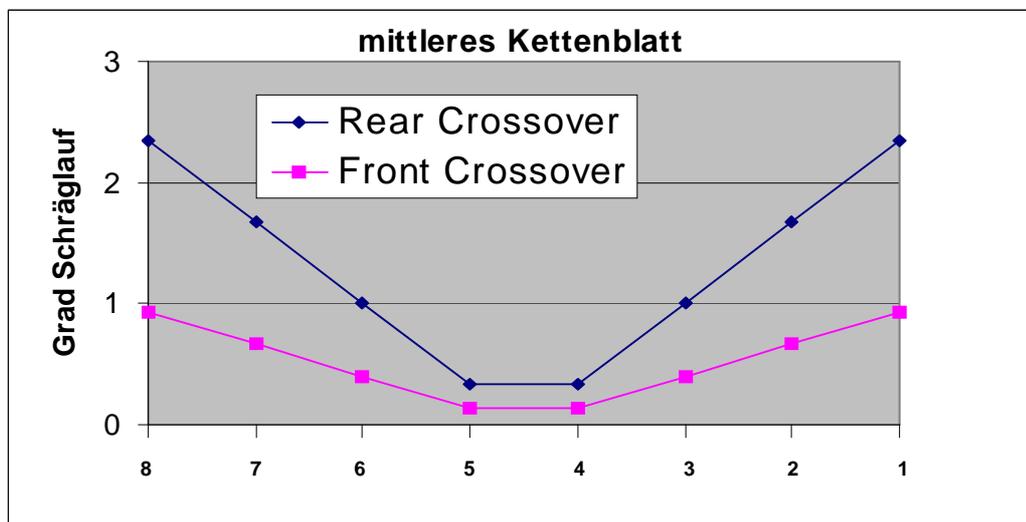
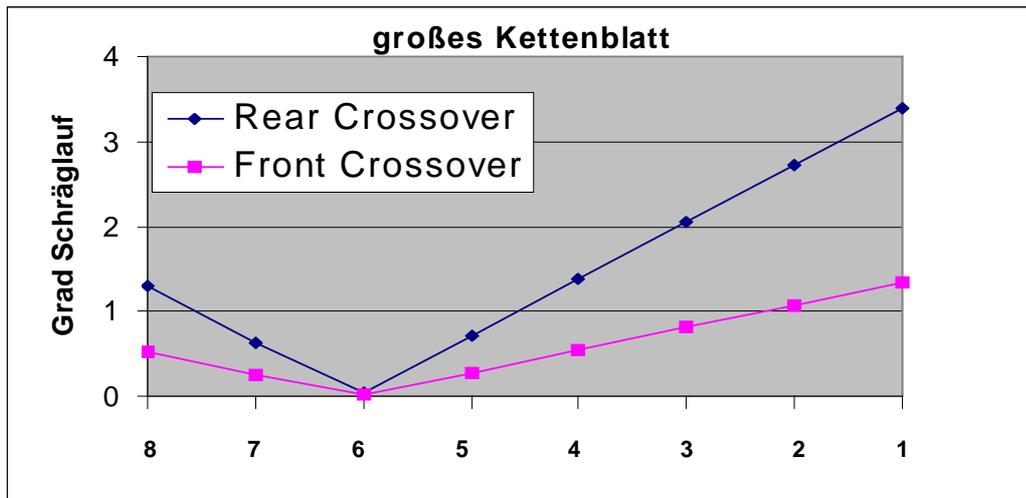
Man sieht, daß die Vorteile überwiegend dem geringen Schräglauf der Kette zu verdanken sind. Daher ist in den folgenden Diagrammen ein Vergleich der Schrägläufe von Front- und Rear-Crossover zusammengestellt und in Zahlen ausgedrückt.

Vereinfacht kann man das Ergebnis so ausdrücken:

Der maximale Schräglauf, der beim Durchklicken aller 8 Ritzel im Falle des Front-Crossover auftritt, entspricht im Falle des Rear-Crossover gerade mal 4 bzw. 5 Ritzeln.



PG Mitte 12er zu Mitte 32er	36	mm
PG Ritzelabstand (Mitte-Mitte)	5.142857143	mm
Kettenblattabstand (Mitte-Mitte)	8	mm
Tretlager vorn zu Achse hinten	111	cm
Tretlager hinten zu Achse hinten	44	cm



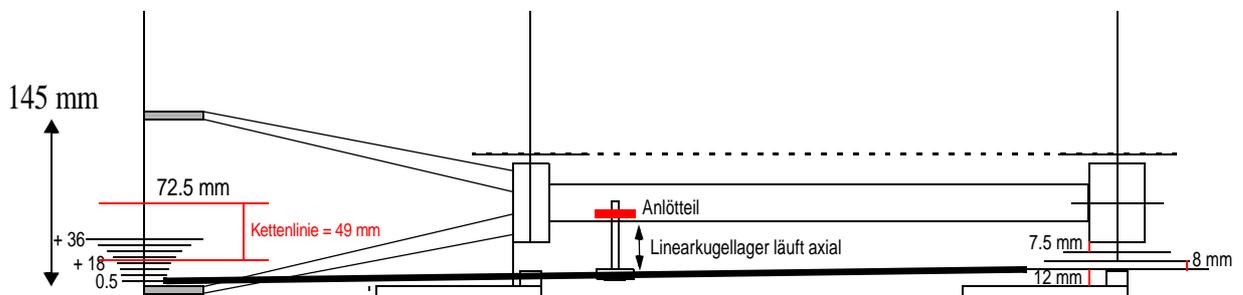
Ob man die Nachteile des Front-Crossover zugunsten der oben genannten Vorteile in Kauf nehmen will oder nicht, bleibt Geschmacksache. Neben dem höheren Preis und höherem Realisierungsaufwand verbleiben in der Praxis lediglich folgende Nachteile:

- Mehrgewicht (ca. 400 g)
- mehr Kette und die vergleichsweise empfindliche Kettenrolle, die beim Transport stören können bzw. mit Vorsicht behandelt werden müssen.

### 1.3 Die Kettenrolle für Front Crossover

#### 1.3.1 Zweck und Funktionsweise

Bild 3 Position der Kettenrolle



Kettendicke: < 7.5 mm  
 Abstand Kurbel (innen) - Kettenblattmitte (großes Blatt): 12 mm  
 Kettenblattabstand: 8 mm  
 Kurbel: wie vorn (26 mm) = + 0, + 2 mm, + 7 mm, + 10.5 mm

Die beim Front Crossover recht lange Kette (beim Nöll-Rahmen 214 Glieder anstelle von maximal 116 beim Rear Crossover) erfordert eine Laufrolle im entlasteten Teil der Kette. Diese Rolle verhindert ein zu starkes Schwingen der Kette und ein mögliches Verheddern derselben mit der hinteren Kurbel oder ein Schlagen gegen den Reifen.

Bild 3 zeigt, daß die Kettenrolle zwischen den Tretlagern in der Nähe des hinteren Lagers an einer Anlötlasche befestigt ist. Der Abstand vom hinteren Tretlager zur Lasche beträgt etwa 9 cm (Mitte-Mitte). Wahrscheinlich würde es genügen, die Laufrolle an fester Position auf der in der Lasche befestigten Achse drehen zu lassen, nämlich genau auf der Kettenlinie. Zur Optimierung des Schaltens und zur Minimierung des Kettenschräglaufs ist es jedoch geschickt, die Rolle axial mitwandern zu lassen. Die einfachste Möglichkeit einer Rolle mit axialer Beweglichkeit hat Gitane implementiert: eine Art Schnurrolle aus Kunststoff läuft direkt auf der glatten 8 mm Achse. Diese Lösung hat jedoch folgende Nachteile:

Projekt	: Tandem	
Kapitel	1 : Antrieb	

- es gibt ein relativ lautes zusätzliches Kettenlaufgeräusch (“Kettenschnorcheln”)
- die Rolle unterliegt Verschleiß, ist jedoch kein Standard-Ersatzteil
- die Kette kann beim Transport oder beim Dagegenstoßen aus der Rolle hüpfen.
- bei vernachlässigter Schmierung kann die Rolle leicht verkanten und hat dann schlechte axiale Beweglichkeit.

Im folgenden Kapitel ist eine Eigenbau-Kettenrolle dargestellt, die diese Nachteile nicht aufweist..

### 1.3.2 Die Eigenbau-Kettenrolle

Kernstück der Eigenbau-Rolle ist das in Bild 4 gezeigte Linearkugellager KH0824 von INA (auf der schematisch dargestellten Achse). Dieser Typ ist zum Beispiel bei Conrad Elektronik unter der Nummer 216992-62 zu 9,95 € pro Einzelstück beschaffbar (Angaben gelten für Februar 2011).  
Produktinformation:

“Linearkugellager sind Kugelumlauf Führungen für axiale Bewegungen (Verschiebewege) auf Wellen. Käfig und Kugeln sind eine einbaufertige Einheit, das Lager ist in eine Gehäusebohrung einzupressen. Zur exakten Wellenführung sind 2 Lager erforderlich, das Linearkugellager ist nachschmierbar und eignet sich für Geschwindigkeiten bis 2 m/sek. Einsetzbar nur für axiale Bewegungen, nicht für drehende Wellen.”

Bild 4 Linearkugellager INA KH0824 auf 8 mm Achse

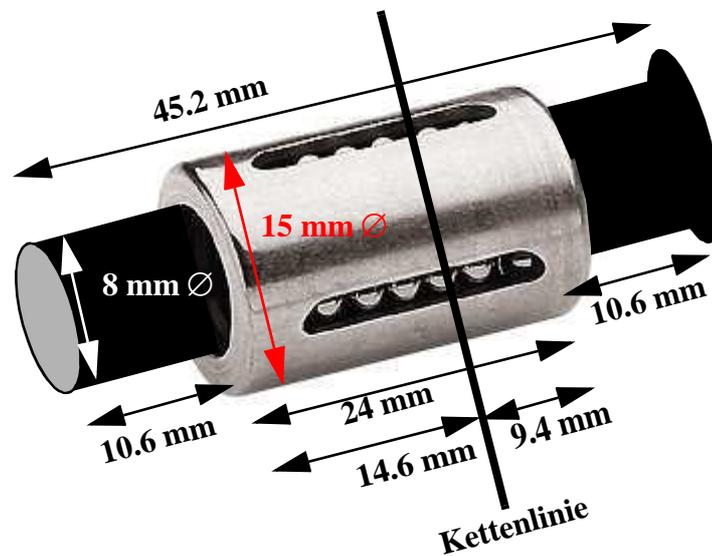
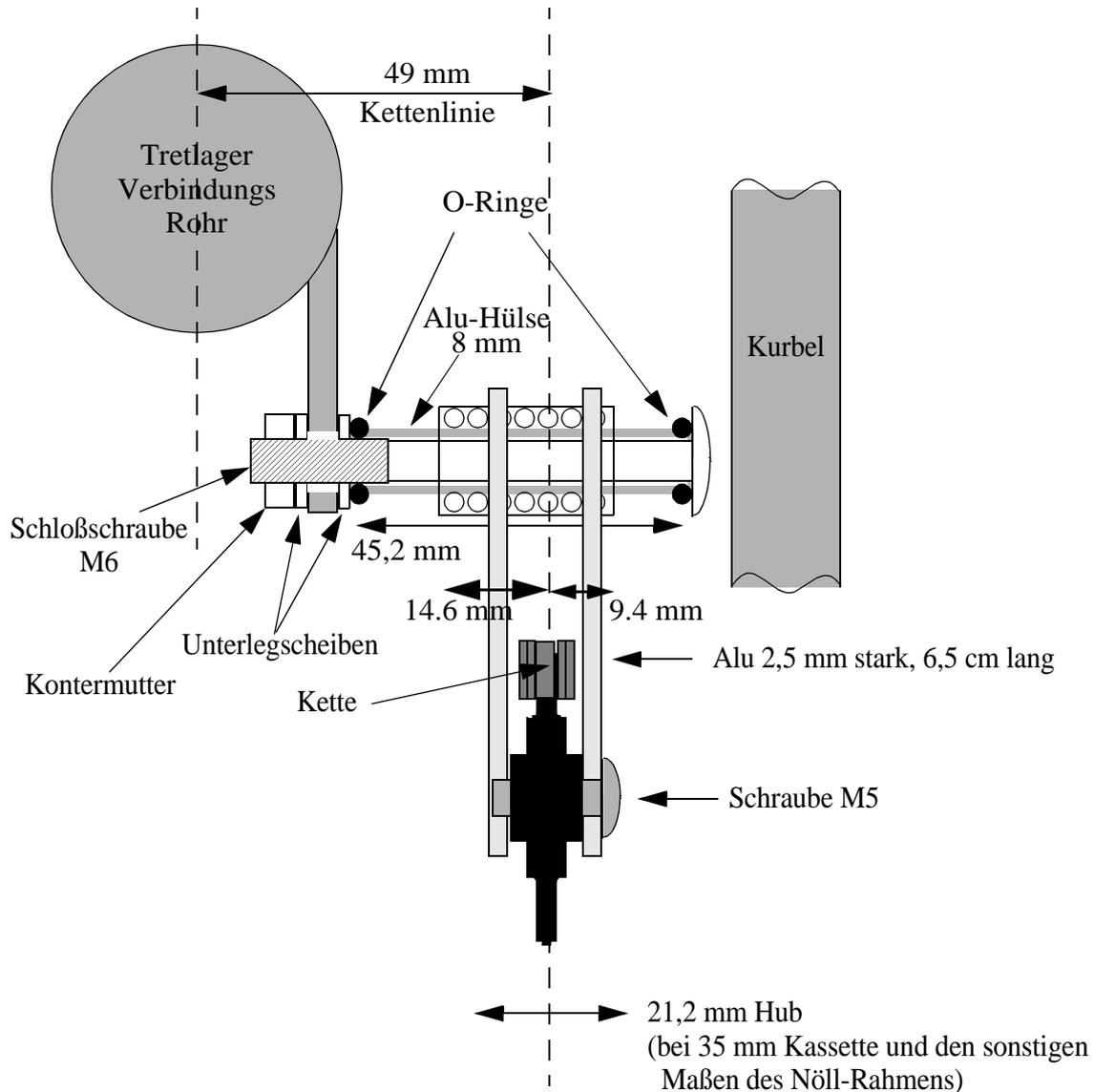


Bild 5 zeigt die Draufsicht der Kettenrolle in Fahrtrichtung.

Die Länge der Achse muß so dimensioniert sein, daß sie einerseits den optimalen Hub für das sich axial bewegende Lager hergibt, sie aber andererseits nicht mit der rotierenden Stokerkurbel kollidiert. Die sich für das Nölltandem ergebenden Maße sind aus Bild 5 ersichtlich. Man erkennt, daß das Achsende (= Kopf der Schloßschraube) recht nah an die Kurbel herankommt. Dies stellt jedoch kein Problem dar, da die Verwindungen von Kurbel und Trelagerrohr in dieser Gegend nicht signifikant auftreten.

Als ein größeres Problem kann man sich eine Kollision der Kette im oberen, belasteten Teil mit der rotierenden Stokerkurbel vorstellen, wenn man den größten Gang einlegt (= vorne großes Blatt, hinten kleinstes Ritzel). Es verbleiben dann von der statischen Geometrie her nur noch knapp 5 mm zwischen Kurbel und Kette. Es hat sich jedoch im realen Betrieb keinerlei Anschläge bemerkbar gemacht. Unter Last stabilisiert sich die Kette ohnehin. Ohne Last lassen sich eher senkrechte als seitliche Schwingungen provozieren.

Bild 5 Die Kettenrolle: Draufsicht in Fahrtrichtung



Eine 8 mm Achse mit den gewünschten Maßen und Eigenschaften läßt sich auf mehrere Weisen herstellen:

- Aus einer M8 Maschinenschraube, auf deren glattem Teil das Linearkugellager läuft. Es gilt also, eine Inbusschraube zu finden, deren glatter Teil möglichst nahe an die oben angegebenen 45.2 mm kommt. Prinzipiell darf der glatte Teil auch länger sein, wenn man das Gewinde weiterschneiden kann oder will. Die Schraube wird durch die 8 mm Bohrung der Lasche geschoben und mit zwei M8 Muttern festgeschraubt. Die in Richtung Kugellager weisende Mutter muß möglichst flach sein, um keinen Platz für den nötigen Hub des Kugellagers zu verschenken. Der

Schraubenkopf muß je nach Dicke flachgefeilt oder -geschliffen werden. Das Loch der Rahmenlasche muß für diese Lösung auf jeden Fall mindestens 8 mm betragen.

- Die in Bild 5 dargestellte Variante basiert auf einer Schloßschraube mit M6-Gewinde. Zum Erreichen der 8 mm wird eine entsprechende Aluhülse (abgesägt von 1 m Standard-Alu-Profil aus dem Baumarkt oder Eisenwarenhandel) übergestülpt. Der an den Kopf anschließende Vierkant muß entsprechend rund gefeilt werden.

Man beachte, daß bei dieser Lösung die in Bild 5 dargestellten Unterlegscheiben auch dazu dienen, ein eventuelles 8 mm Loch der Rahmenlasche auf 6 mm zu reduzieren (die Laschen des Nöllrahmens und des alten Gitane haben 8 mm Löcher).

Der Vorteil der Schloßschrauben-Lösung gegenüber der Verwendung einer M8 Maschinenschraube besteht darin, daß

- der Kopf der Achse von vornherein schön flach ist.
- die Länge des Gewindeteils der Schraube keine Rolle spielt, da die Aluhülse das in den Hubbereich des Kugellagers ragende Gewinde überdeckt.
- nur eine normale Kontermutter benötigt wird.
- sich die Schalldämmung verbessern läßt, indem man links und rechts von der Lasche noch dünne Gummischeiben unterlegt, die sich beim Festziehen der Kontermutter zwischen die M6 Achse und das 8 mm Loch der Lasche quetschen. Dadurch werden die metallischen Kontakte zum Rahmen und damit die Schallübertragung minimal.

Man beachte übrigens, daß anstelle einer M8 Maschinenschraube eine Schloßschraube nicht genommen werden kann, da der glatte Teil einer Schloßschraube deutlich weniger als 8 mm Durchmesser hat.

Die in Bild 5 angedeuteten O-Ringe verhindern ein störendes metallisches Klicken beim Fahren mit den größten oder den kleinsten Ritzeln: das Klicken wird durch geringe seitliche Kettenschwingungen verursacht, die das Linearkugellager an den Schraubenkopf oder die Lasche anschlagen lassen, wenn man keine O-Ringe dazwischenlegt.

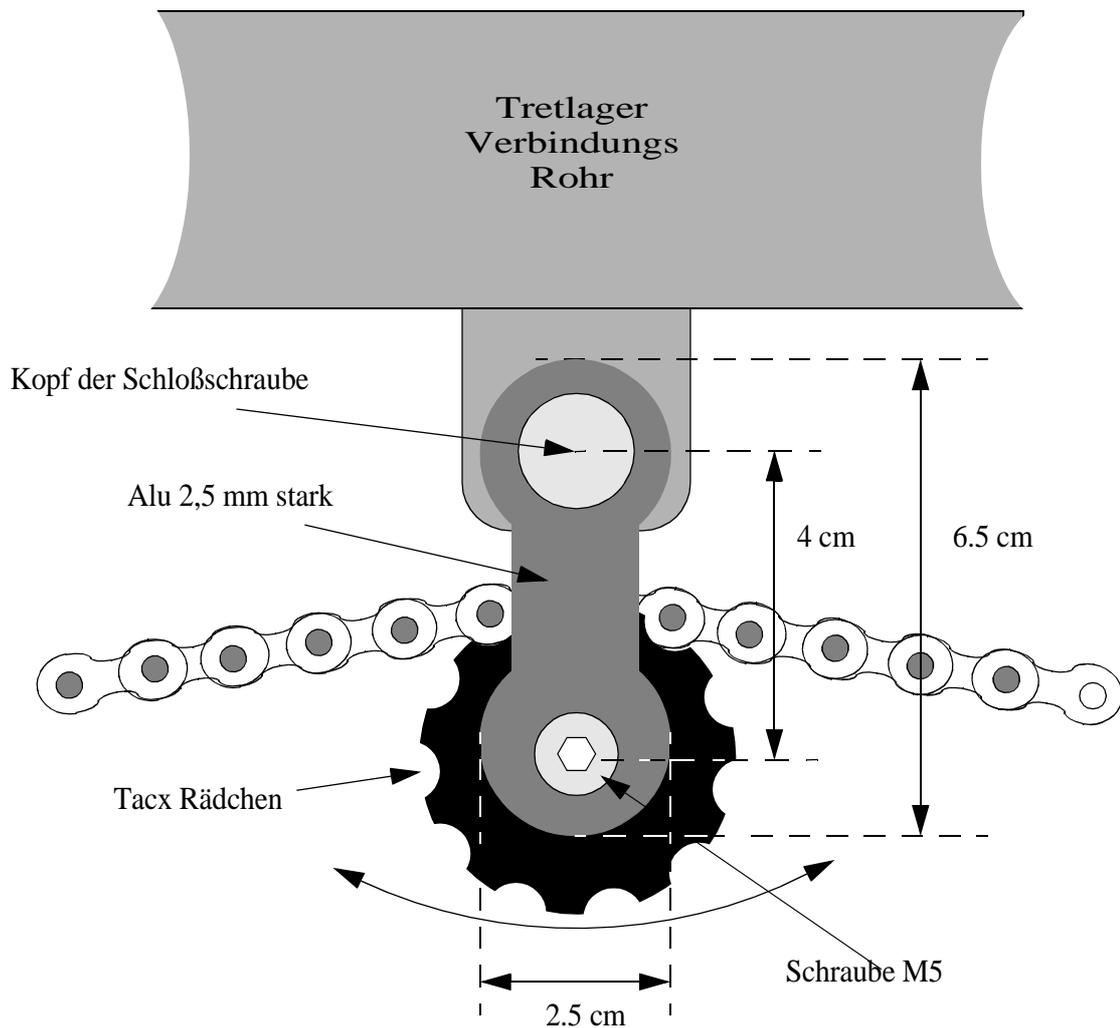
Das Linearkugellager läuft also auf der beschriebenen 8 mm Achse. An diesem Linearkugellager hängt nun der “Kettenrollenkäfig” mit der Kettenrolle. Die Kettenrolle ist einfach ein kugelgelagertes Schaltwerksrädchen aus einem ausgemusterten Schaltwerk oder aus dem

Tuning- oder Ersatzteilmereich. Gut geeignet sind die Rädchen von Tacx, die in Doppelpackung mit verschiedenen Kunststoffeinsätzen zur Befestigung mit M5-Schrauben angeboten werden.

Der Käfig besteht aus 2 Seitenteilen, die aus einem 1 m Standard-Aluprofil (aus dem Baumarkt oder Eisenwarenhandel) von 2.5 cm Breite und 2.5 mm Stärke gefertigt werden (siehe Bild 5 und Bild 6):

- 2 Streifen von je 6.5 cm Länge absägen

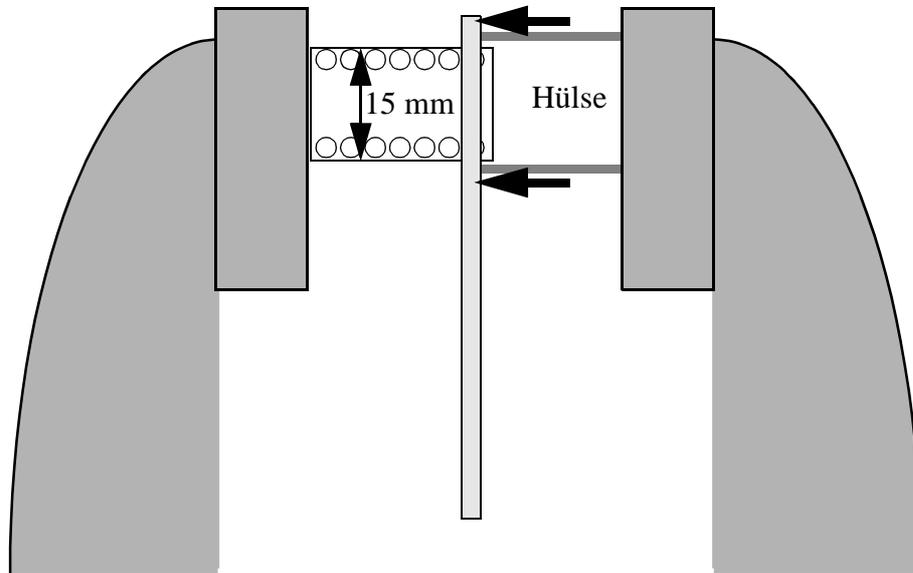
*Bild 6 Der Kettenrollenkäfig, Ansicht quer zur Fahrtrichtung*



- in beide Teile im Abstand von etwa 12 mm von einer Schmalseite entfernt ein Loch von 15 mm bohren, z.B. mit einem Spiralbohrer. Diese Löcher dienen zum Einpressen des Linearkugellagers.

Projekt : Tandem : Kapitel 1 : Antrieb		
<ul style="list-style-type: none"> <li>– in die gegenüberliegende Seite eines der Teile, ebenfalls etwa 12 mm vom Rand entfernt, ein 5 mm Loch bohren. Dieses Loch dient zum Durchstecken der M5-Schraube.</li> <li>– in die gegenüberliegende Seite des anderen Teiles, ebenfalls etwa 12 mm vom Rand entfernt, ein 5 mm Gewinde bohren. Dieses Gewinde dient zum Eindrehen der M5-Schraube.</li> <li>– Beide Teile entgraten und in Form feilen und schleifen (z.B. eine hübsche Knochenform)</li> <li>– Erst das eine Teil, dann das andere auf das Linearkugellager pressen. Dies geschieht z.B. im Schraubstock mithilfe einer Hülse, die wenig mehr als 15 mm Innendurchmesser hat (siehe Bild 7). Als Hülse gut geeignet ist zum Beispiel ein abgesägtes Lenkerende. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Als Abstandskriterium (Innenseite-Innenseite) der beiden Aluteile dient die Breite des Kettenrädchens, bei Tacx ca. 10 mm</li> <li>• Wie in Bild 5 deutlich zu sehen ist, ist die Anordnung der Aluteile nicht unbedingt mittig auf dem Linearkugellager. Zur Kurbel hin läßt sich der nötige Hub nur dadurch erreichen, daß der Überstand des Lagers etwa 5.2 mm geringer ist als zur Innenseite hin. Das Kriterium ist in jedem Fall die Kettenlinie und der optimale Hub.</li> </ul> </li> <li>– Das Kettenrädchen Einfädeln und mit der M5-Schraube festdrehen. Bemerkenswert ist, das der Käfig nur durch diese eine Schraube die nötige Fixierung erhält: die Seitenteile können sich nicht gegeneinander verdrehen und ein Heruntergleiten vom Kugellagerkäfig ist praktisch unmöglich, da zum Anpreßdruck noch eine gewisse Verkantung dazukommt.</li> <li>– Ein Eindringen von Schmutz durch die Öffnungen des Linearkugellagers läßt sich dadurch vermindern, indem man zum Beispiel geeignete Silikonschlauchstücke oder Stücke von Leerrohren aufsteckt und zwar zumindest eines zwischen die Aluseitenteile. Hierzu genügt es, die Stücke einmal längsseitig aufzuschlitzen. In der Praxis hat sich Schmutz als recht unkritisch erwiesen. Das Lager läuft ohnehin sehr leicht auf seiner Achse. Eine gewisse Trägheit ist der Funktion nicht abträglich. Sie ist vielleicht eher vorteilhaft, um eine allzu nervöse Reaktion der Kette beim Schalten zu dämpfen.</li> </ul>		
Last Update: 10-Oct-2011	© Lothar Baumbauer Erlangen	Date 03-Dec-2002 Page 1-13

Bild 7 Aufpressen der Aluseitenteile auf das Linearkugellager



Die Kettenrolle wiegt in dieser Bauart übrigens gerade mal um die 85 g (ohne die Rahmenlasche). Sie ist damit leichter als robuste Kettenrollen, die zum Beispiel für Liegeräder verwendet werden. Ebenso ist der Herstellungspreis (inklusive 15 mm Spiralbohrer) in ähnlicher Größenordnung. Jede weitere Rolle wäre erheblich günstiger, da die Aluprofile für mehrere Rollen reichen und das Werkzeug natürlich ebenso. Der Verschleiß dürfte sehr gering sein und wenn er denn eintritt, dann lassen sich die Teile leicht ersetzen. Infrage hierzu kommen eigentlich nur das Schaltungsrädchen und die Aluhülse. Das Linearkugellager ist relativ zu seiner Dimensionierung kaum belastet.

Hier zusammengefaßt spezielle Werkzeuge und die Materialliste für das hier abgebildete Modell.

Werkzeug:

- HSS Spiralbohrer 15 mm
- Hülse zum Eindrücken der Seitenteile auf das Linearkugellager (z.B. abgesägtes Lenkerende)
- M5 Gewindeschneider (alternativ kann auch auf das Gewinde verzichtet werden und einfach mit einer Mutter gekontert werden)

Projekt	: Tandem	
Kapitel	1 : Antrieb	

– Schraubstock

Material:

- Linearkugellager KH0824 von INA
- Aluprofil 1 m x 2.5 cm x 2.5 mm (davon zwei 6.5 cm Seitenteile)
- Aluprofil rund, hohl: 1 m x 8 mm (davon ca. 5 cm für eine 8 mm Achse)
- ein (kugelgelagertes) Schaltwerksrädchen
- eine 6 mm Schloßschraube geeigneter Länge
- eine 6 mm Kontermutter
- 2 Unterlegscheiben mit 6 mm Loch (für beide Seiten der Rahmenlasche)
- 2 O-Ringe (Seitenanschlagpuffer)
- eine M5 Schraube mit möglichst flachem Kopf
- Silikonschlauch- oder Leerrohrstückchen für Schmutzschutz des Linearkugellagers.

Mit etwas Phantasie kommt man sicher zu weiteren Variationen der Implementierung. Zum Beispiel könnte man zu noch besserer Schalldämmung und erweitertem Schmutzschutz erst ein Stück Silikonschlauch über das Linearkugellager ziehen und dann erst die Seitenteile des Käfigs (mit entsprechend größeren Löchern) aufdrücken.

Last Update: 10-Oct-2011	© Lothar Baumbauer Erlangen	Date 03-Dec-2002 Page 1-15
--------------------------	--------------------------------	-------------------------------

*Bild 8 Das Endergebnis mit ungetunten Seitenteilen am ungeputzten Tandem*

