



SILENT CROSS

schnell - leise - vielseitig

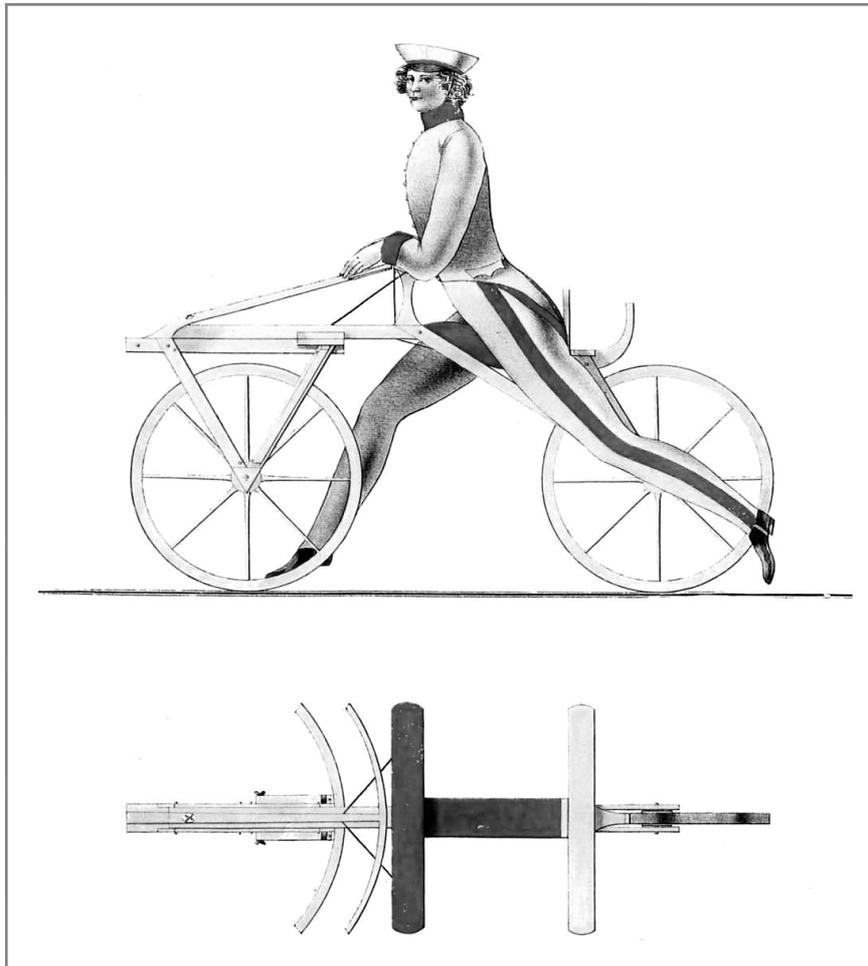
Thomas Hirsch

Meisterprojektarbeit  
Zweiradtechnik - Fahrrad

2017

Berufs- und Technologiezentrum  
der Handwerkskammer Rhein-Main

Frankfurt am Main



Draisine (Laufmaschine) von  
Karl Freiherr von Drais

1817 - 2017

200 Jahre Fahrrad

„Die Hauptidee der Erfindung ist  
von dem Schlittschuhfahren genommen.“

Karl Freiherr von Drais

„Das Leben ist wie ein Fahrrad,  
man muss sich vorwärts bewegen,  
um das Gleichgewicht nicht zu  
verlieren.“

## Projektbeschreibung

Das Stadtrad ist zu unsportlich und für Touren ungeeignet, das Mountainbike auf Asphalt zu schwergängig, das Rennrad zu wenig komfortabel im Alltag und ungeeignet für Wege abseits der Straße. Es schwebt sozusagen ein „Allrounder“ im Kopf vor.

Nachfolgende Projektarbeit beschreibt die Gedanken und technischen Details zum Projekt „SILENT CROSS“, einem Fahrrad welches optimal nach den gegebenen Bedingungen und Bedürfnissen sowie den individuellen Wünschen gefertigt ist.

Das Grundmotto lautet: Schnell, leise, vielseitig.

Kurz zusammengefasst handelt sich um ein sportliches Fahrrad welches gut im Alltag genutzt werden kann aber es soll sich auf eignen um kurze Touren in die Natur bzw. im Gelände zu unternehmen.

Folgende Wünsche gibt es zu Beginn des Projektes:

- Geometrie angepasst auf die Körpermaße
- Sportliche Sitzposition für flotte Fortbewegung
- Möglichkeit im Alltag und Stadtgebrauch auch entspannte Sitzposition einnehmen zu können
- wendig im Alltag und gut kontrollierbar im leichten Geländegebrauch.
- schnell auf der Straße aber auch geeignet für Schotter- und Feldwege
- Übersetzung angepasst auf Stadtgebrauch und kurze Ausflüge in die fränkische Schweiz
- reduziert aus das Wesentliche
- zuverlässige Bremsen
- das Fahrrad soll leise sein
- leichtes Gewicht
- langlebiger Stahlrahmen in gemuffter Bauweise
- hochwertige und nachhaltige Komponenten
- Option auf Rohloff Speedhub, da schon vorhanden

Zu Beginn steht eine Vermessung der Körpermaße, eine Analyse der Sitzgewohnheiten und Vermessung der Sitzposition mit dem s w.

Grund Körperdaten sind: 174cm Körpergröße, 75kg Körpergewicht, 86,5cm Innenbeinlänge  
Vom optimalsten Fahrradkonzept her ergibt sich die Art eines Querfeldein-Rennrades mit ETRTO 584 Laufradgröße.

Grund-Eckdaten:

- Rennlenker für zahlreiche Griffpositionen (sportlich und entspannt)
- ETRTO 584 Laufräder für gute Wendigkeit und es lassen sich Reifen bis 50mm Breite fahren und ewystddesyeTouren mit Gepäck
- Preis bis zu 4500,-EUR

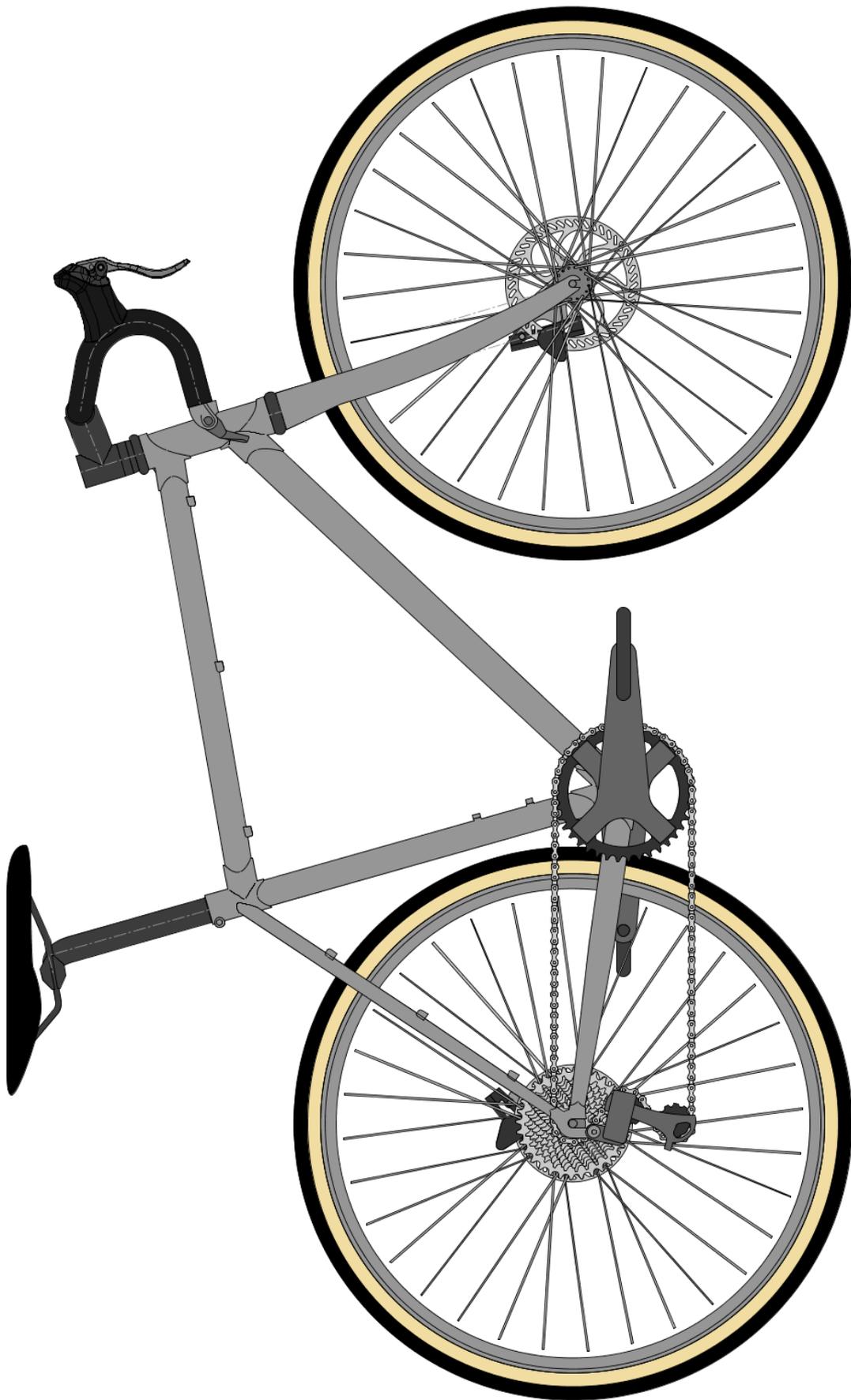
Auf den nachfolgenden Seiten werden die technischen Aspekte, Komponentenauswahl und betriebswirtschaftliche Details erläutert und erörtert, um das Projekt „SILENT CROSS“ darzustellen und zu dokumentieren. Ebenso wird der optionale Umbau auf eine Rohloff Speedhub Schaltung diskutiert.

Frankfurt am Main 2017 - Thomas Hirsch

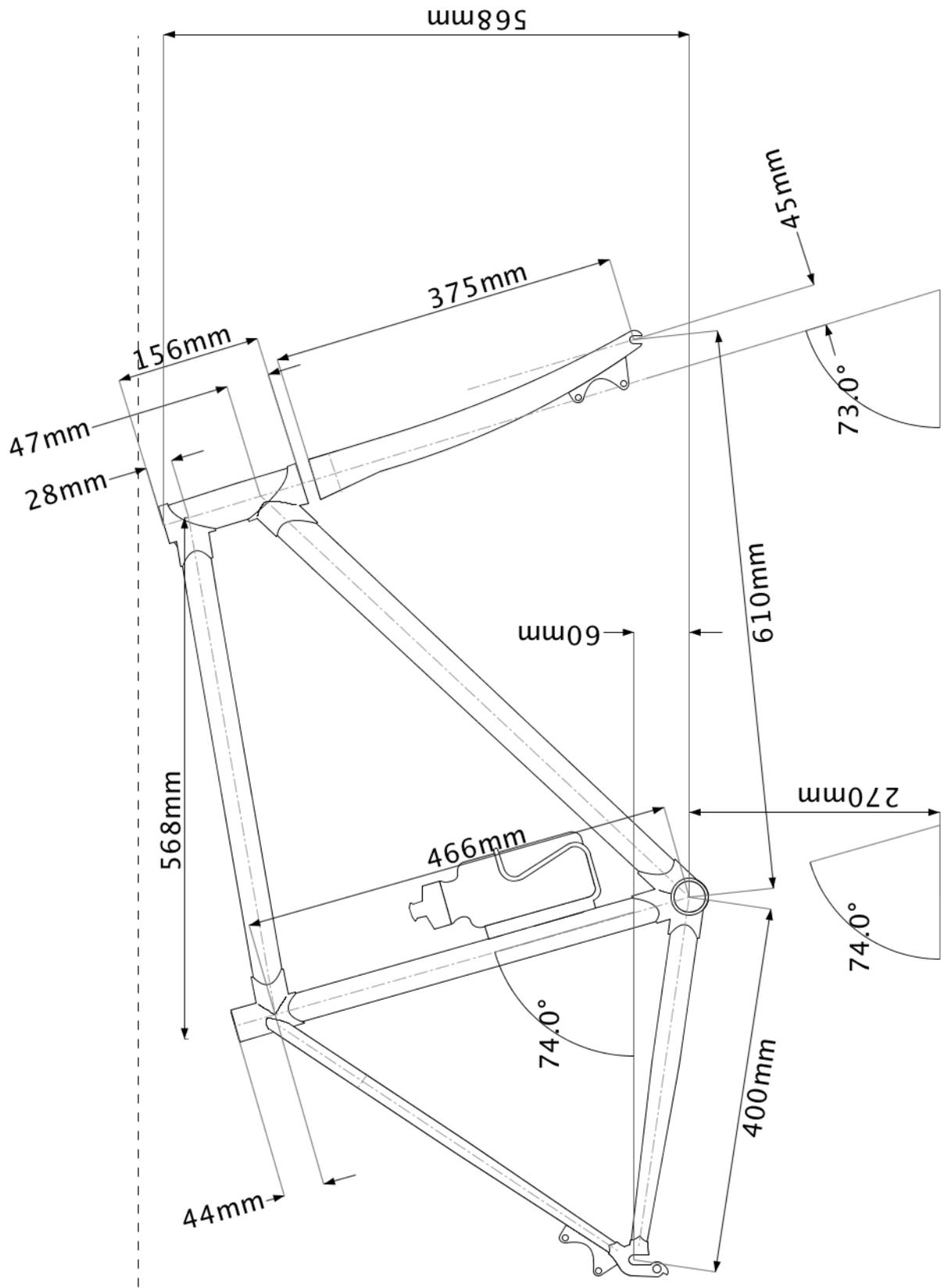
## Inhaltsverzeichnis w

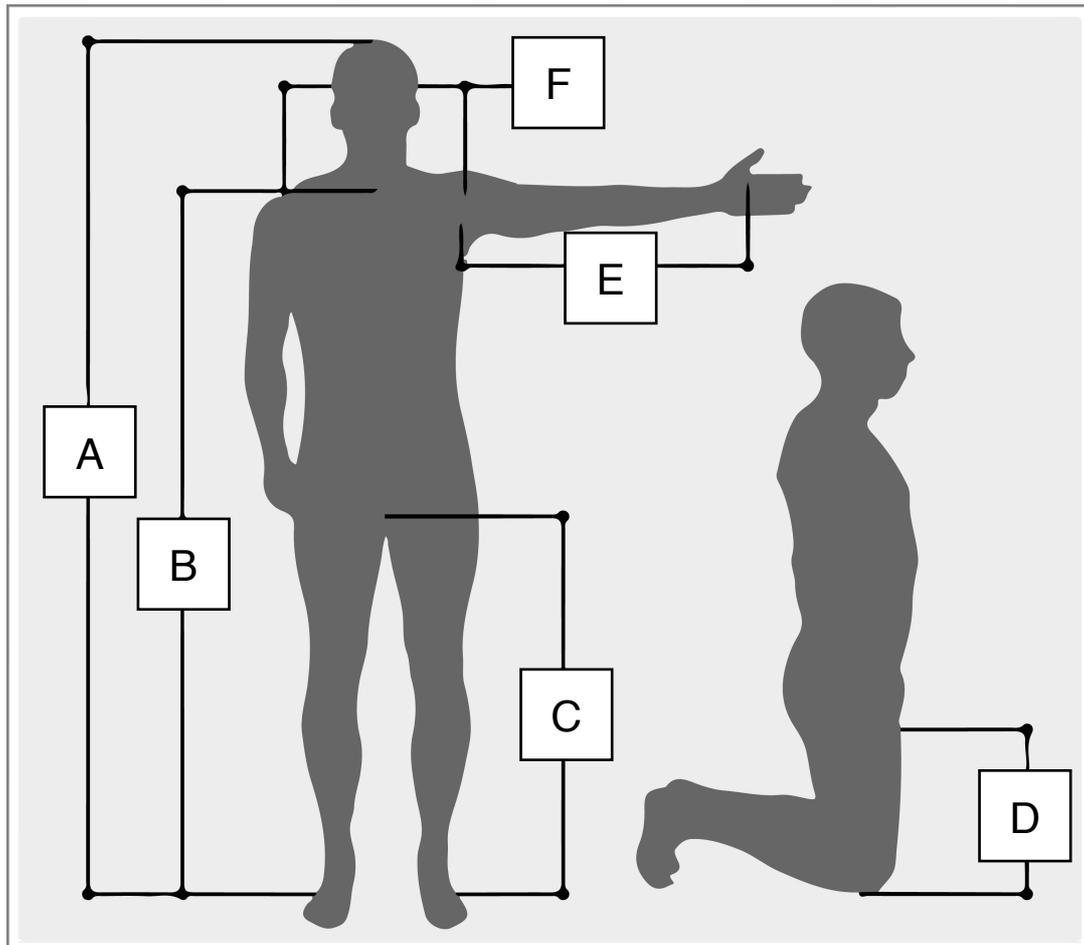
Projektbeschreibung .....	5
Rahmenzeichnung .....	9
Körpermaße und Sattelhöhe .....	10
Rahmengenometrietabelle .....	11
Anlötteile .....	12
Position Anlötteile .....	12
Winkelanordnung Anlötösen .....	13
Daten Rahmen .....	16
Rahmenwerkstoff Daten und Spannungs-Dehnungs-Diagramm .....	16
Verbindungstechnik Rahmen .....	17
Oberflächenbeschichtung Rahmen & Gabel .....	19
Nachlauf und Vorderradabsenkung .....	20
Skizze Nachlauf und Vorderradabsenkung .....	20
Definition und Berechnung Nachlauf und Vorderradabsenkung .....	21
DIN Tretlagerhöhe und Fußfreiheit .....	22
DIN Tretlagerhöhe Definition und Skizze .....	22
DIN Fußfreiheit Definition und Skizze .....	23
Lager .....	24
Wichtige Lager des Fahrrades .....	24
Lageranordnungen .....	25
Aufbau Steuerlager und Innenlager .....	27
Gewinde, Drehmomente und Passungen .....	28
Verwendete Gewinde mit Drehmomentangaben .....	28
Verwendete Passungen .....	30
Laufräder .....	32
Maße Laufradkomponenten .....	32
Berechnung Speichenlänge .....	33
Komponenten mit Beschreibung und Maßen .....	34
Beschreibung Asymmetrie Felge .....	35

Beschreibung Schaltung.....	36
Shimano Ultegra 1x11 Kettenschaltung.....	36
Rohloff Speedhub 14-Gang Nabenschaltung.....	37
Übersetzung und Entfaltung.....	38
Übersetzungsdaten und Berechnung Entfaltung.....	38
Tabellen Übersetzung und Entfaltung.....	39
Entfaltungsdiagramm Ultegra 1x11 Kettenschaltung.....	40
Entfaltungsdiagramm Rohloff Speedhub.....	41
Kettenlinie Daten und Definition.....	42
Q-Faktor Definition und Daten.....	43
Option auf Rohloff Speedhub.....	44
Unterschiedliche Kettenlinie.....	45
Kettenspannung bei vertikalen Ausfallenden.....	46
Schaltgriffnutzung mit Rennlenker.....	47
Konstruktion Rohloff Schaltgriffadapter.....	48
Technische Zeichnung Rohloff Schaltgriffadapter.....	49
Beschreibung Klemmstückfreilauf der ONYX Hinterradnabe.....	50
Wirkprinzip Sperrklinken- und Klemmkörperfreilauf.....	51
Bremsen.....	53
Berechnung Bremsübersetzung.....	53
Berechnung Bremskräfte.....	54
Berechnung der maximalen Bremsverzögerung.....	55
Diagramm Bremshysterese und Beschreibung Dosierbarkeit.....	56
Komponentenliste mit Beschreibungen.....	58
Betriebswirtschaftliche Kalkulation.....	66
Kundenangebot.....	69
Liste Jahreswartung /-inspektion.....	72
Gewährleistung und Garantie.....	74
Kundenhinweise.....	76



Rahmenzeichnung





A = Körpergröße	= 1750mm
B = Schulterhöhe	= 1470mm
C = Innenbeinlänge	= 865mm
D = Innenbeinlänge ab Kniescheibe	= 414mm
E = Armlänge	= 685mm
F = Schultergelenke-Abstand	= 432mm

Empfohlene Sattelhöhe: ca. 764mm

Basiert auf Formel:

$$\text{Sattelhöhe} = \text{Innenbeinlänge } C \cdot 0,883$$

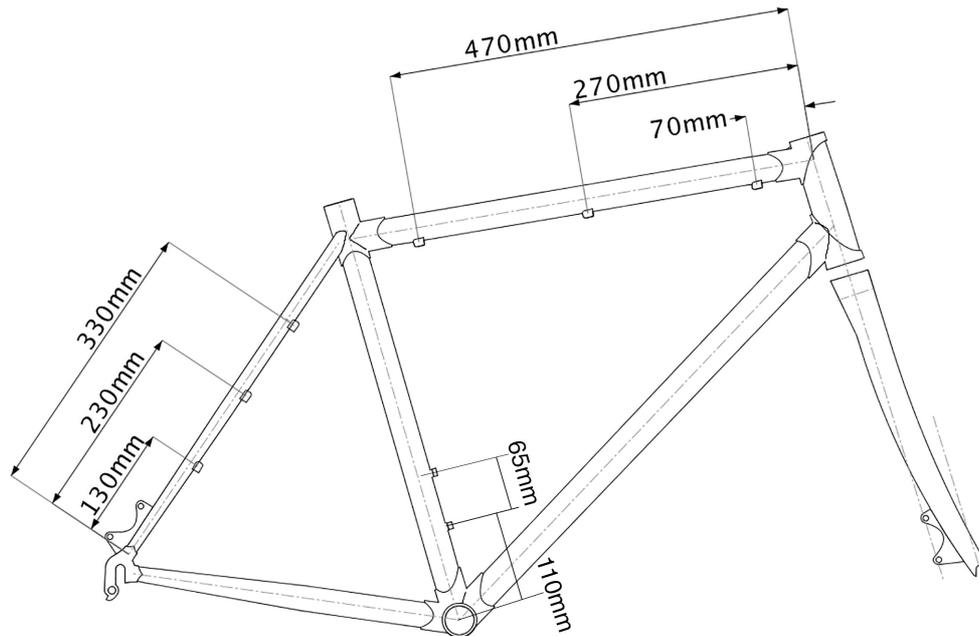
Allgemeine Daten	Eingabewerte		Errechnete Werte	
	Mitte - Maße		Mitte - Maße	
	Vorgebenen Daten		Errechnete Daten	
Nummer	<i>rh</i>	Rahmenhöhe	<i>i</i>	Rahmenhöhe vertikal
Datum	<i>htl</i>	Tretlagerhöhe	<i>r</i>	Lauftradius
Name	$\alpha$	Sitzrohrwinkel	<i>N</i>	Nachlauf
Fahrradtyp	$\beta$	Steuerrohrwinkel	<i>ls</i>	Steuerrohrlänge
Körpergröße	<i>lvo</i>	Vorderbaulänge	<i>lo</i>	Oberrohrlänge
Innenbeinlänge	<i>c</i>	Gabelversatz	<i>lu</i>	Unterrohrlänge
Gewicht	<i>gl</i>	Gabellänge	$\gamma$	Lenkkopfwinkel
Schuhgröße	<i>lth</i>	obere Muffe THL	$\psi$	Tretlagerwinkel
Sitzposition	<i>lss</i>	Lenkungslager unten	$\delta$	Tretlagerwinkel
Lenkerform	<i>lsm</i>	untere Muffe BHL	<i>HM1</i>	Hilfsmaß 1
Kurbellänge	<i>o</i>	Tretlager - Tiefgang	<i>HM2</i>	Hilfsmaß 2
Felgendurchmesser	<i>n</i>	Hinterbaulänge	<i>HM3</i>	Hilfsmaß 3
Reifengröße von bis	<i>e</i>	Felgenradius	<i>lo<sub>2</sub></i>	Schräges Oberrohr
Verbindungsart	<i>m</i>	Klemmbreite hinten	$\alpha_2$	Sitzrohrwinkel 2
Bremsentyp	<i>d</i>	Abfallendes Oberrohr	$\beta_2$	Steuerrohrwinkel 2
Ausfaller			$\epsilon$	Ausfallerwinkel
Schutzblech			$\xi$	Sitzstrebenwinkel
			<i>rs</i>	Radstand ca.
			<i>hü</i>	Überstandshöhe ca.
			<i>hs</i>	Sattelhöhe ca.

### Position Anlötteile

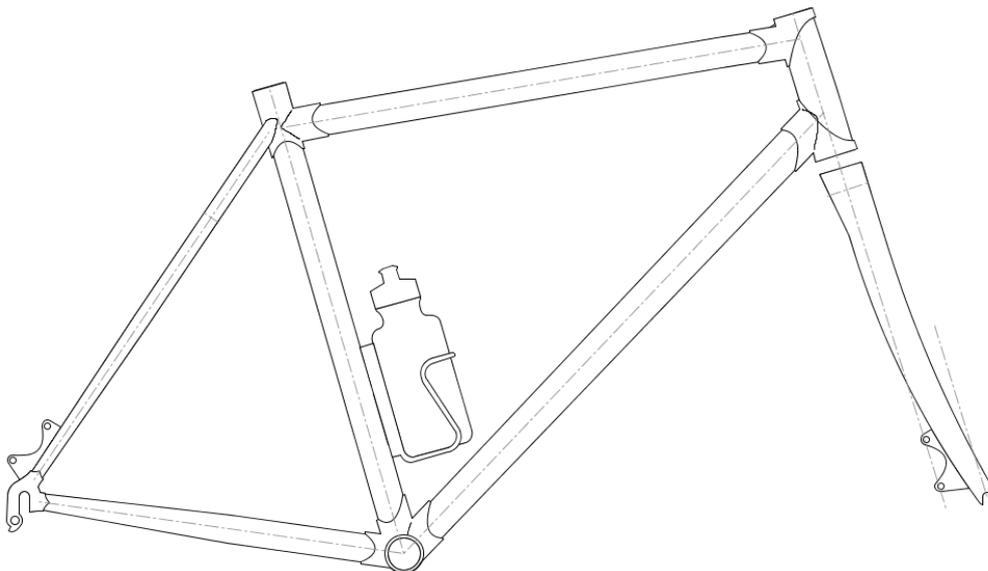
Skizze der Lage der Anlötteile (Zugführungen und Flaschenhalterösen):

Brems- und Schaltzüge werden mit durchgängigen Hüllen und an der Oberseite des Rahmens verlegt. Dadurch können Witterungs- und Schmutzeinflüsse minimiert werden. Anbringen an der Unterseite des Oberrohrs und der Sattelstreben sorgt für eine schlichte Optik.

Anfangs- und Endösen werden leicht schräg entlang des Schalt- / Bremshüllenverlaufes angelötet um Knicke der Hülle zu vermeiden und einen optimierten, leichten Zuglauf zu gewährleisten.



Skizze der Position der Flaschenhalterösen:

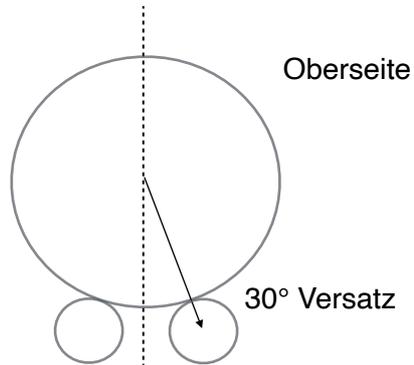


Da kein Umwerfer befestigt werden muss können die Flaschenhalterösen sehr weit unten am Sattelrohr angebracht werden. Damit wird ein sehr niedriger Schwerpunkt und eine aufgeräumtere Optik erreicht.

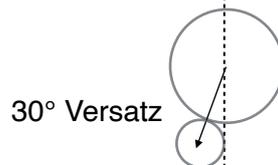
## Winkelanordnung Anlötösen

Winkelanordnung der Anlötösen auf Oberrohr und Sattelstreben:  
(Winkel gemessen von Mittellinie)

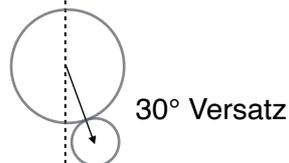
Oberrohr:  
(6 Hüllenführungsösen)



Sattelstrebe links vom Ausfallende  
gesehen:  
(3 Hüllenführungsösen)



Sattelstrebe rechts vom Ausfallende  
gesehen:  
(3 Hüllenführungsösen)



Unterseite

**Anschauungsbild der verwendeten Hüllenführungsösen:**

∅ innen 5,7mm



„Mir ist es eingefallen, während ich  
Fahrrad fuhr.“

Albert Einstein über die Relativitätstheorie



## Rahmenwerkstoff Daten und Spannungs-Dehnungs-Diagramm

Konifizierter Columbus Zona Rohrsatz aus NIVACROM - doppelt endverstärkt. Dünnere Wandstärke zur Mitte des Rohres für niedriges Gewicht bei trotzdem hoher Festigkeit an den Rohrenden.

Nivacrom ist ein von der italienischen Firma Columbus hergestellte Stahllegierung welche für die Herstellung von Fahrradrahmenrohren vorgesehen ist.

Oberrohr: Ø31,8mm - Wandstärken 0.8 - 0.5 - 0.8mm  
 Unterrohr: Ø34,9mm - Wandstärken 0.8 - 0.5 - 0.8mm  
 Sitzrohr: Ø31,8mm - Wandstärken 0.8mm durchgehend  
 Kettenstreben: 30/16mm hochoval  
 Sitzstreben: Ø16mm - Wandstärken 0.7 - 0.8 - 1.0mm

Endgewicht Rahmen nach Fertigung (ohne Beschichtung): 2012g

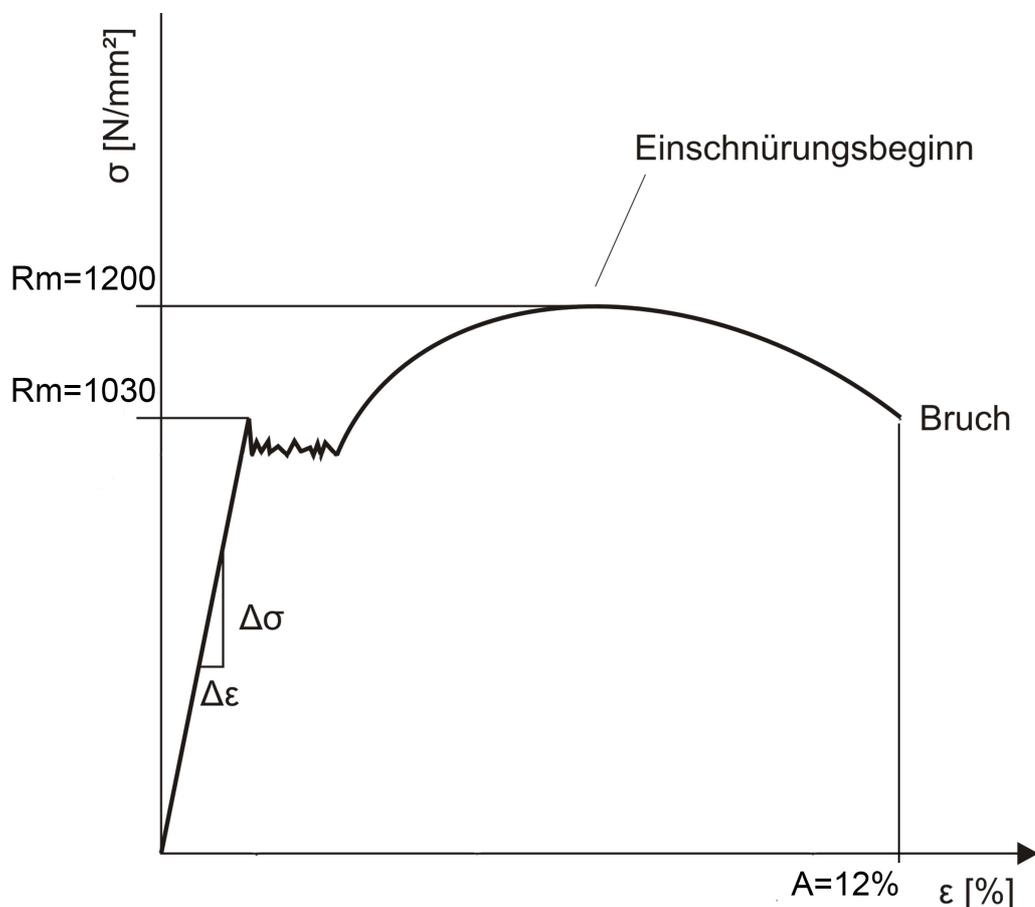
Mechanische Daten für Columbus NIVACROM (Quelle: [www.framebuilding.com](http://www.framebuilding.com))

Streckgrenze  $R_e$  : 1030 N/mm<sup>2</sup>

Zugfestigkeit  $R_m$  : 1200 N/mm<sup>2</sup>

Bruchdehnung A: 12%

NIVACROM Spannungs-Dehnungs-Diagramm



## Verbindungstechnik Rahmen

### Hartlötung mit Muffen:

Beim Hartlöten werden weitaus niedrigere Temperaturen wie beim Schweißen benötigt. Dadurch ergibt sich beim Hartlöten keine Gefügeveränderung des Stahlwerkstoffes. Das verwendete Lot hat eine niedrigere Festigkeit wie der Rohrwerkstoff des Rahmens. Durch die Muffen ergibt sich jedoch eine sehr große Verbindungsoberfläche (Im Gegensatz zu einer Verschweissung oder Stoßlötung) so dass diese hartgelötete Verbindung sehr belastbar ist. Die Festigkeitsdifferenz von Lot und Rohrwerkstoff relativiert sich so.

### Verwendete Muffen:

Rohrverbindungsmuffen sind im Feingussverfahren hergestellt.

### Verwendetes Lot:

L-Ag- 55 Sn (Lot mit 55% Silberanteil, Arbeitstemperatur 650-670°C, Festigkeit ca. 350 N/mm<sup>2</sup>).

Lotstäbe sind bereits flussmittelummantelt.

### Flussmittel:

F-SH1 ( Flussmittel Stahl - Temperaturbereich 1 , Arbeitstemperatur 550 - 800°C)

### Verwendete Lötflamme:

Acetylen - Sauerstoff

„Bei keiner anderen Erfindung ist das Nützliche mit dem Angenehmen so innig verbunden wie beim Fahrrad.“

Adam Opel

## Oberflächenbeschichtung Rahmen & Gabel

### Pulverbeschichtung Rahmen und Gabel:

Rahmen und Gabel werden pulverbeschichtet.

Bei der Pulverbeschichtung wird Farbpulver elektrostatisch aufgeladen und mit einer Pulverpistole auf den Werkstoff aufgebracht. Voraussetzung ist, dass der zu beschichtende Werkstoff elektrisch leitfähig ist. Durch die elektrostatische Aufladung haftet das Pulver am Werkstoff.

Im Einbrennofen wird die Farbbeschichtung anschließend bei einer Temperatur zwischen 140° und 200° C eingebrannt. Das auf Epoxydharz- oder Polyesterharzbasis bestehende Pulver verschmilzt dort dann zu einer sehr homogenen Lackschicht.

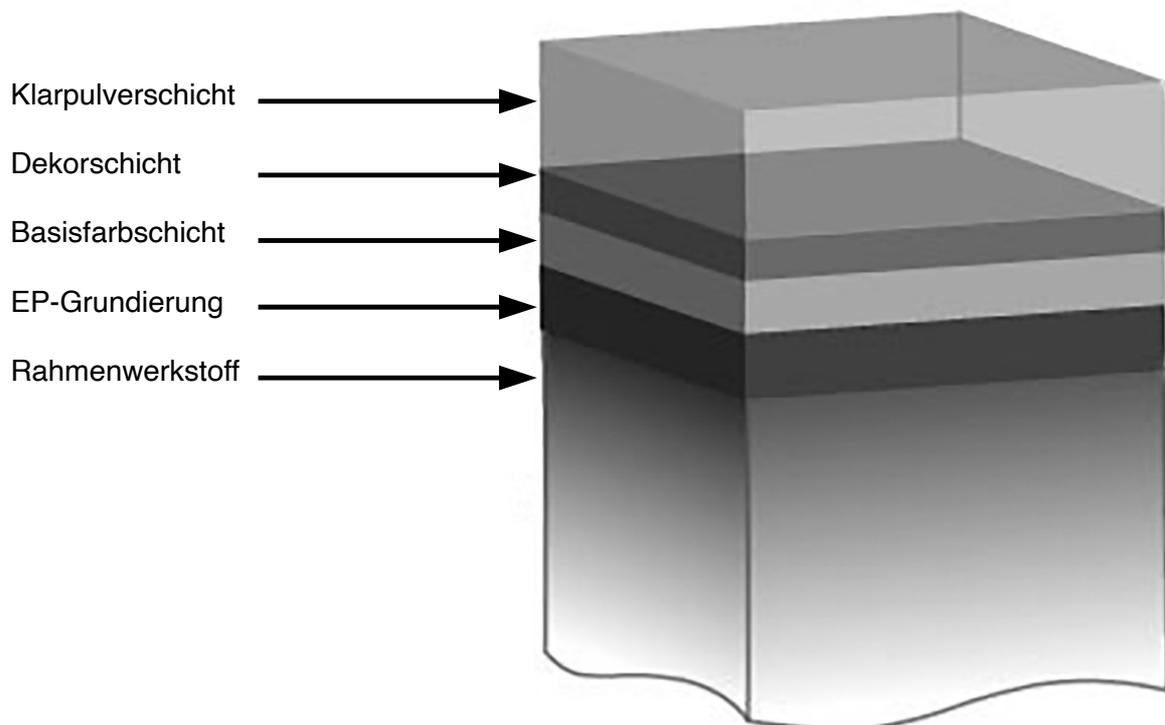
Übliche Dicke einer Lackschicht durch Pulverbeschichtung sind zwischen 60 und 120 µm.

Vorteile einer Pulverbeschichtung:

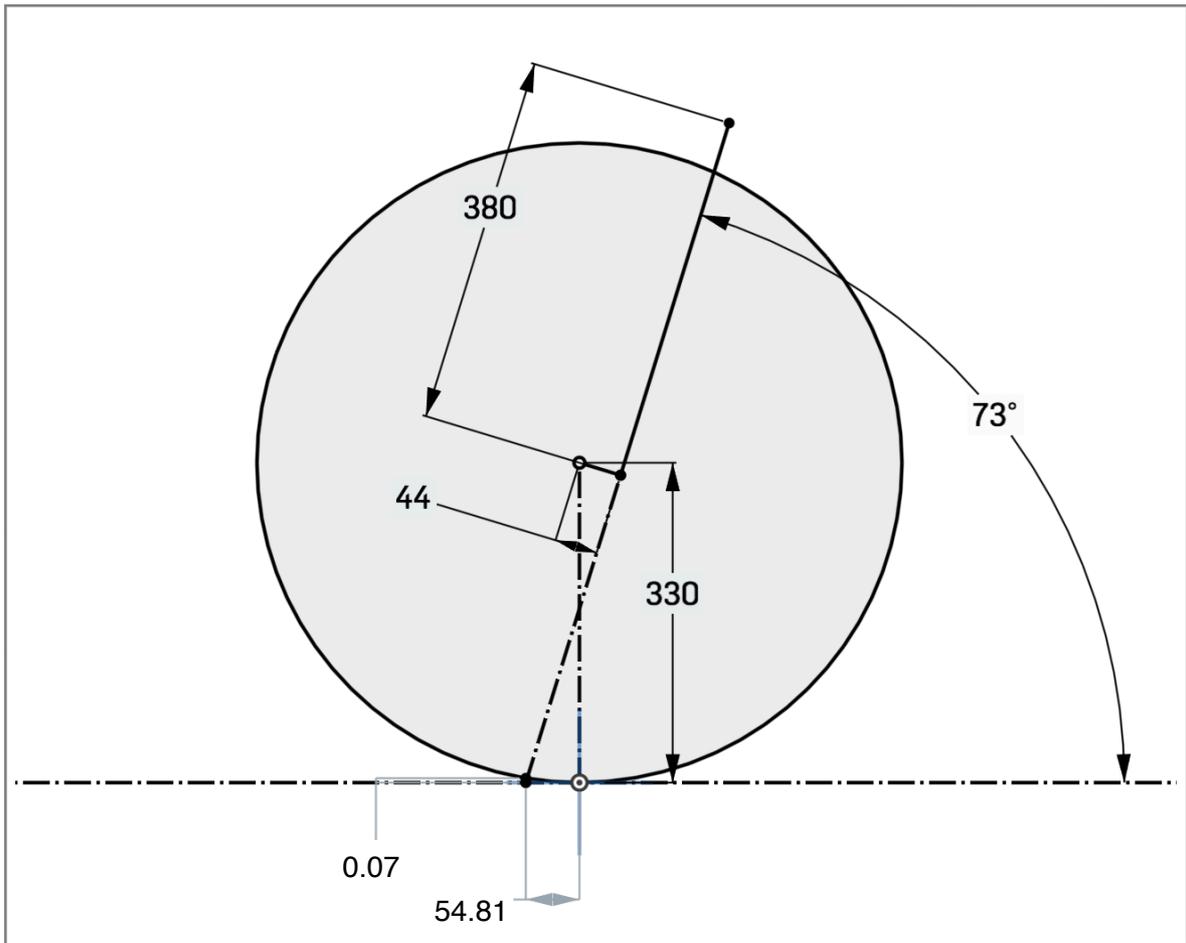
- relativ umweltfreundlich da ohne Lösungsmittel gearbeitet wird
- ist Witterungsbeständig mit hohem Korrosionsschutz
- ist chemikalienbeständig und mechanisch sehr widerstandsfähig

Aufbau der verwendeten Beschichtung:

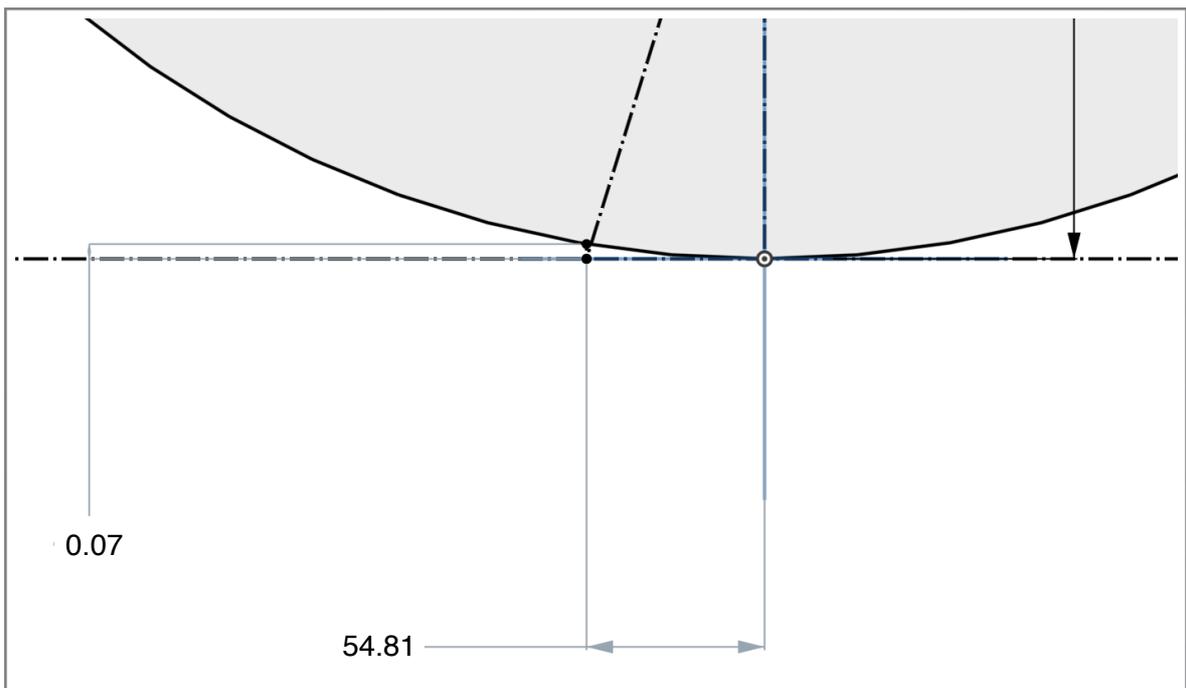
1. Schicht: EP-Rostschutzgrundierung (Epoxydharz)
2. Schicht: Farb-Pulverbeschichtung
3. Schicht: Deckorschicht (Designlackierung und Sticker) mit Edding 570 Lackstift (bis 400°C hitzefest)
4. Schicht: Pulverbeschichtung klar-matt



Skizze Nachlauf und Vorderradabsenkung



Detailskizze Nachlauf und Vorderradabsenkung



## Definition und Berechnung Nachlauf und Vorderradabsenkung

Als Nachlauf N bezeichnet man den Abstand zwischen dem Aufstandspunkt A des Vorderrades und dem Punkt, in dem die gedachte Verlängerung der Lenkachse (Mittellinie des Steuerkopfrohrs) den Boden trifft, dem sogenannten Spurpunkt.

Der Nachlauf wirkt auf zweifache Weise:

Kippt ein Fahrrad, bewirkt die bei der Radneigung in der Vorderradachse angreifende Schwerkraft einen Lenkereinschlag in die Richtung der Neigung. Das System Rad und Fahrer leitet eine Kurve ein. Die nun einsetzende Fliehkraft richtet das System wieder auf.

Die Richtkraft versucht das Rad in Radflucht gesehen auszurichten.

Berechnung Nachlauf und Vorderradabsenkung:

<b>Steuerrohrwinkel</b>	73,00°
<b>Durchmesser Laufrad</b>	584,00 mm
<b>Reifendurchmesser</b>	38,00 mm
<b>Laufraddurchmesser mit Reifen</b>	660,00 mm
<b>Nachlauf</b>	54,81mm
<b>Vorderradabsenkung ( in mm pro Grad Lenkeinschlag )</b>	0,07 mm
<b>Gabelversatz</b>	44,00 mm

Formel für den Nachlauf bei einem Lenkwinkel von 0°

N = Nachlauf

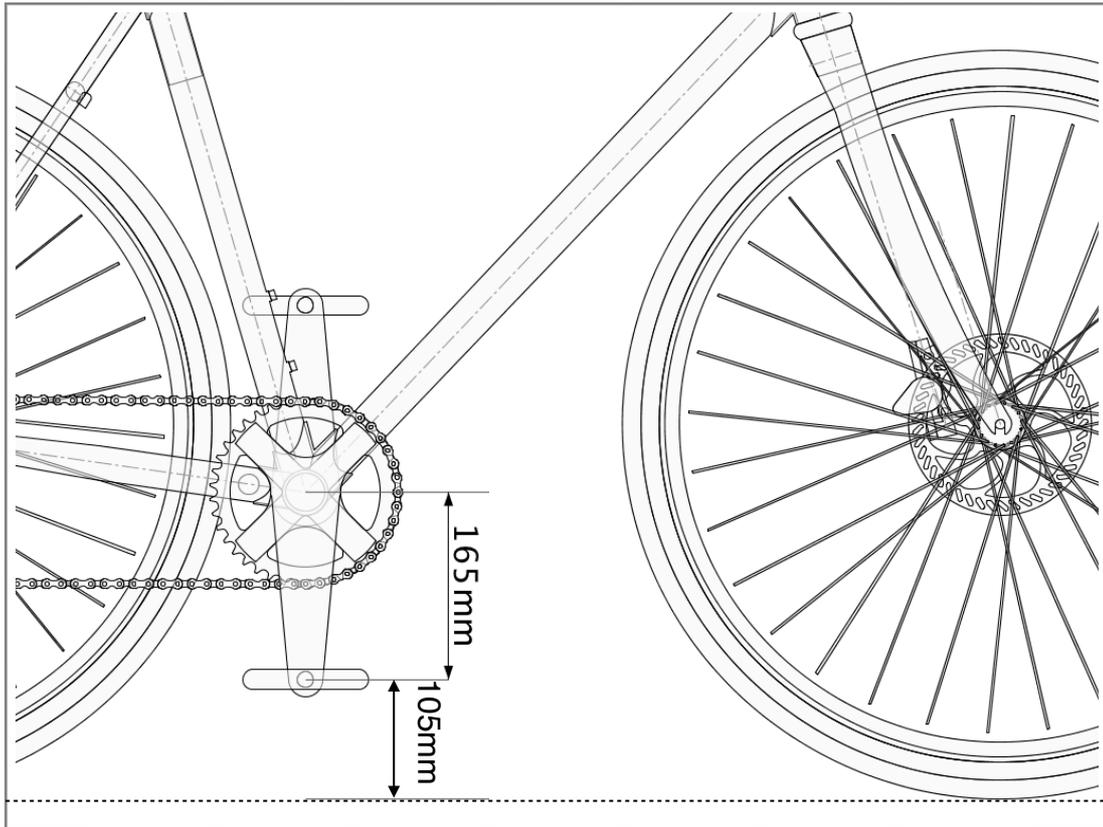
r = Laufradius mit Reifen

v = Gabelversatz

$\delta$  = Steuerkopfwinkel

$$N = \frac{r}{\tan\delta} - \frac{v}{\sin\delta}$$

### DIN Tretlagerhöhe Definition und Skizze



#### Definition DIN - Bodenfreiheit:

Es muss möglich sein, das unbelastete Fahrrad in einem Winkel von 25° aus der Senkrechten seitlich zu neigen, ohne dass irgendein Teil des Pedals, Trittläche nach oben, den Boden berührt. Dabei muss das Pedal an den niedrigsten Punkt gebracht werden und die Trittläche parallel zum Boden stehen.

Ist z.B. ein Mountainbike mit einer Federung ausgestattet, muss bei der Messung die Federung in der Position eingefedert sein, als würde die Masse eines Fahrers mit 80 kg einwirken.

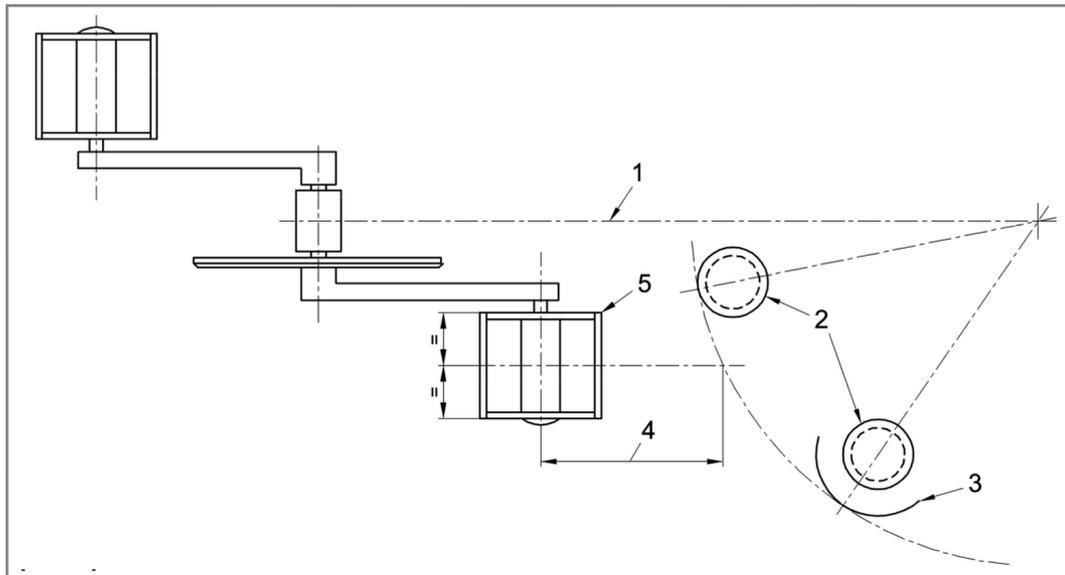
#### Faustformel für Bodenfreiheit:

Kurbellänge + halbe Pedaldicke + 100mm

$$165\text{mm} + 10\text{mm} + 100\text{mm} = 275\text{mm}$$

## DIN Fußfreiheit Definition und Skizze

Anschauungsskizze DIN Fußfreiheit:



- 1 - Längsachse
- 2 - vorderer Reifen
- 3 - Schutzblech / Radschützer
- 4 - Fußfreiheit
- 5 - Pedal

### Beschreibung Fußfreiheit nach DIN EN 14766:2005 (D)

Bei Fahrrädern, die nicht mit Fußsicherungsrichtungen (wie z. B. Fußhalter) ausgestattet sind, darf der Abstand zwischen Pedal und Vorderradreifen oder Schutzblech, in beliebiger Richtung gedreht, 100mm nicht unterschreiten. Der Abstand muss vom Pedalmittelpunkt parallel zur Längsachse des Fahrrades nach vorn gemessen werden bis zum Kreisbogen, der vom Reifen oder Radschützer (je nachdem welcher Abstand geringer ist) gebildet wird. Bei Vorderradgabeln, die eine Anbringung eines vorderen Radschützers erlauben, muss die Messung der Fußfreiheit mit einem montierten Radschützer erfolgen.

Vorderbaulänge = 600mm

halber Laufraddurchmesser  
mit Reifen = 330mm

Kurbellänge = 165mm

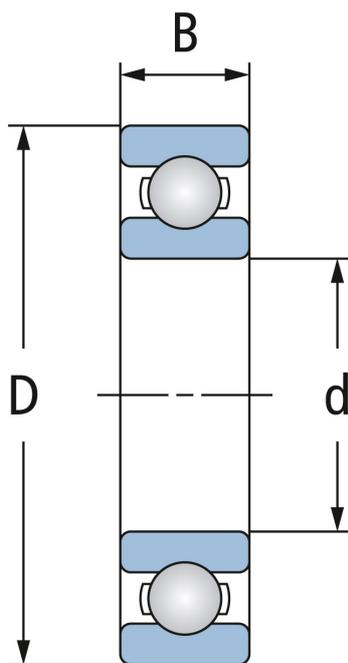
### Fußfreiheit SILENT CROSS:

$$600\text{mm} - 330\text{mm} - 165\text{mm} = 105\text{mm}$$

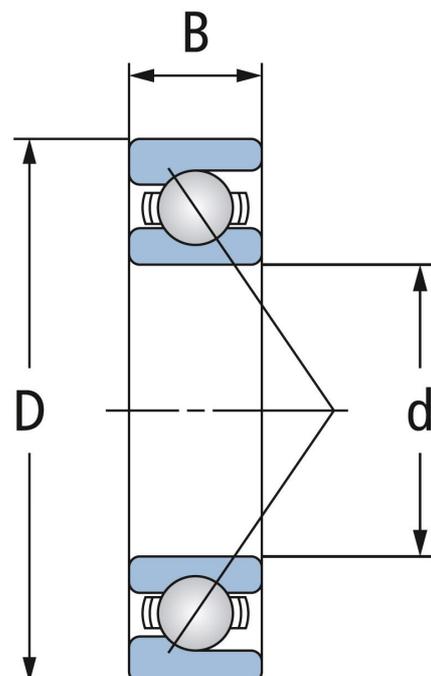
**Wichtige Lager des Fahrrades**

	Wälzlagerart	Anzahl Lager	Lageranordnung
<b>Steuerlager</b>	Schrägkugellager - DIN 628	2	O-Anordnung
<b>Nabenlager vorne</b>	Rillenkugellager radial - DIN 625	2	Fest-Los-Lagerung (einstellbar)
<b>Nabenlager hinten</b>	Rillenkugellager radial - DIN 625	3	Fest-Los-Lagerung (einstellbar)
<b>Tretlager</b>	Rillenkugellager radial - DIN 625	2	nicht bekannt

Rillenkugellager radial  
DIN 625



Schrägkugellager  
DIN 628



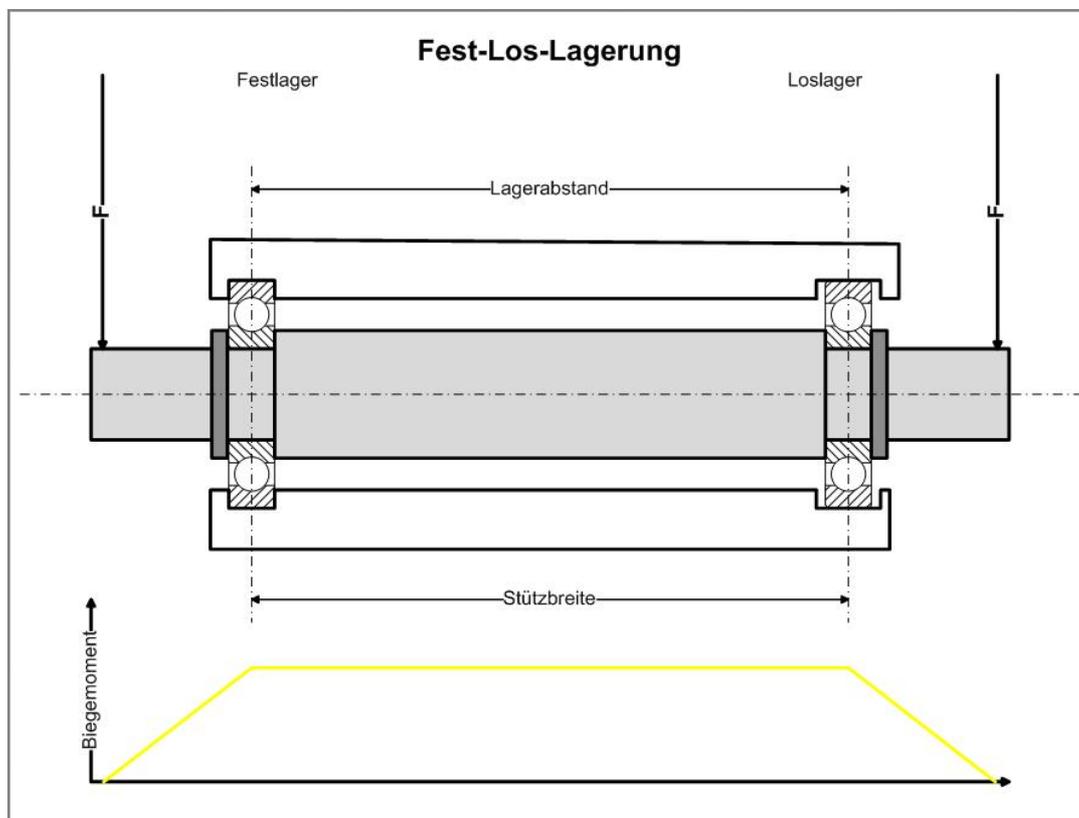
Im Gegensatz zu radialen Rillenkugellager können Schrägkugellager je nach Anordnung auch sehr hohe axiale Belastungen aufnehmen. Drehmomente können besser aufgenommen werden.

## Lageranordnungen

Nachfolgend die Beschreibung der verwendeten Lagerkonzepte:

### Fest-Los-Lagerung mit Biegemomenteverlauf.

(Genutzt bei den ONYX Nabenlagern - Loslagerspiel ist einstellbar)



Axiale Fixierung der Welle und Aufnahme dieser Kräfte werden durch das linke Festlager übernommen. Radiale Kräfte werden von beiden Lagern aufgenommen. Das Loslager ist axial leicht verschiebbar.

Vorteile:

- kein axiales Spiel
- Ausdehnung der Welle (durch z.B. erhöhte Temperatur) unkritisch
- wechselnde Axialbelastungen können aufgenommen werden
- Eindeutigkeit der wirkenden Kräfte

Nachteile:

- erhöhter konstruktiver Aufwand
- höhere Fertigungskosten

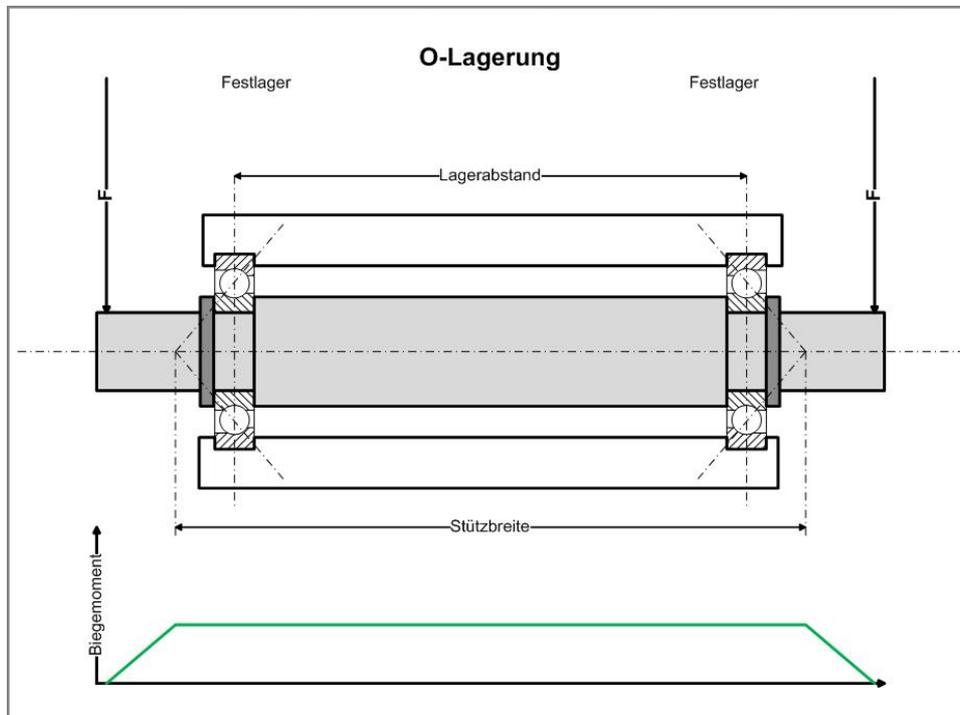
## O und X Lageranordnung

Spiegelbildlich voneinander montierte, vorgespannte Schrägkugellager oder Kegelrollenlager können als O oder X Lagerung angeordnet werden.

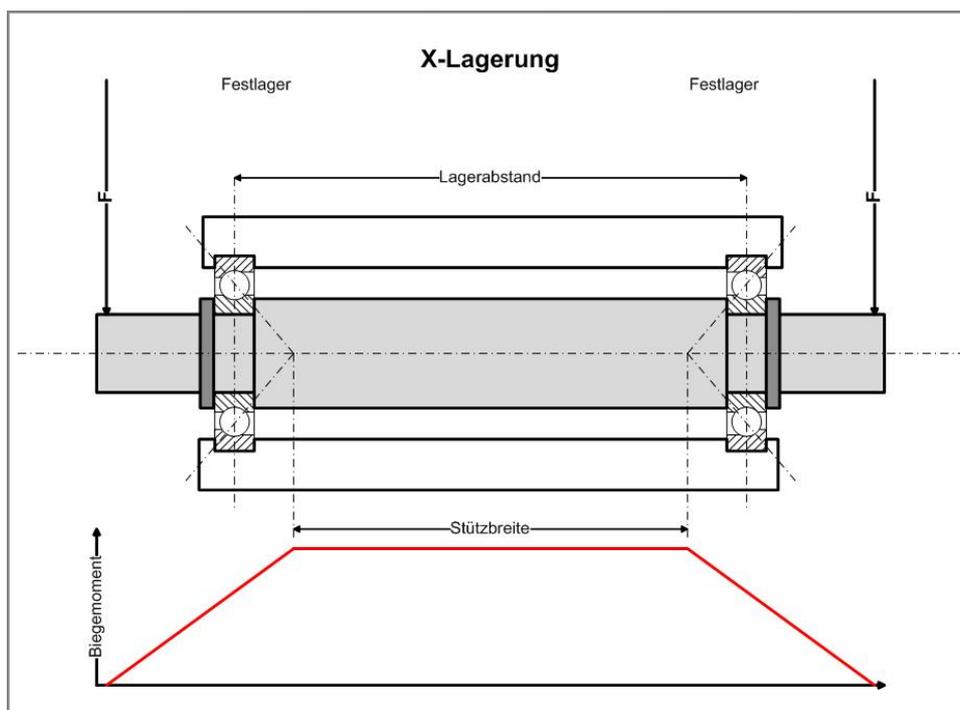
Namensgebend ist die Lage der Drucklinien (Kraftflusslinien) durch die Wälzlager – bei Lage des Druckmittelpunktes zwischen den Lagerstellen spricht man von X-Anordnung, außerhalb der Lagerstellen von O-Anordnung. In O-Anordnung kann die Lagerung ein größeres Kippmoment aufnehmen als in X-Anordnung.

### O-Anordnung mit Biegemomentenverlauf

(Genutzt beim Chris King Steuerlager)

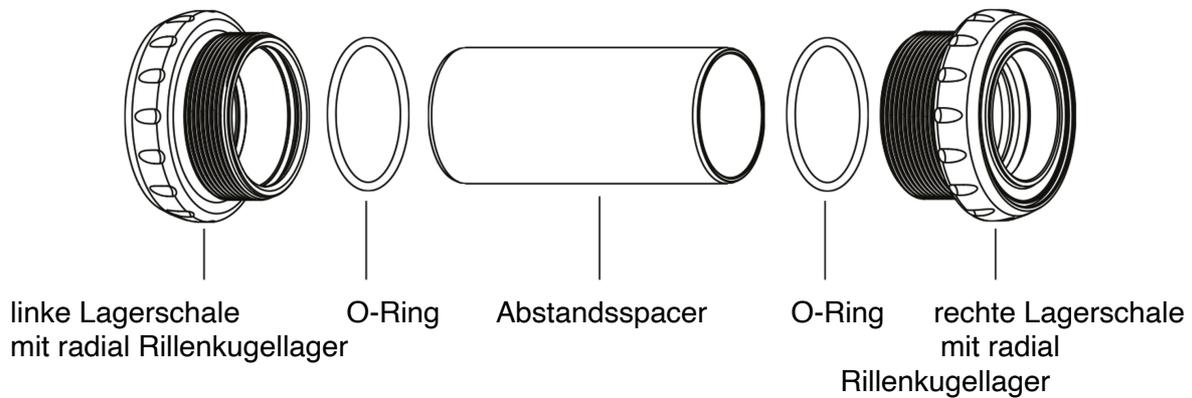


### X-Anordnung mit Biegemomentenverlauf



## Aufbau Steuerlager und Innenlager

Aufbau Chris King Hollowtech Innenlager:

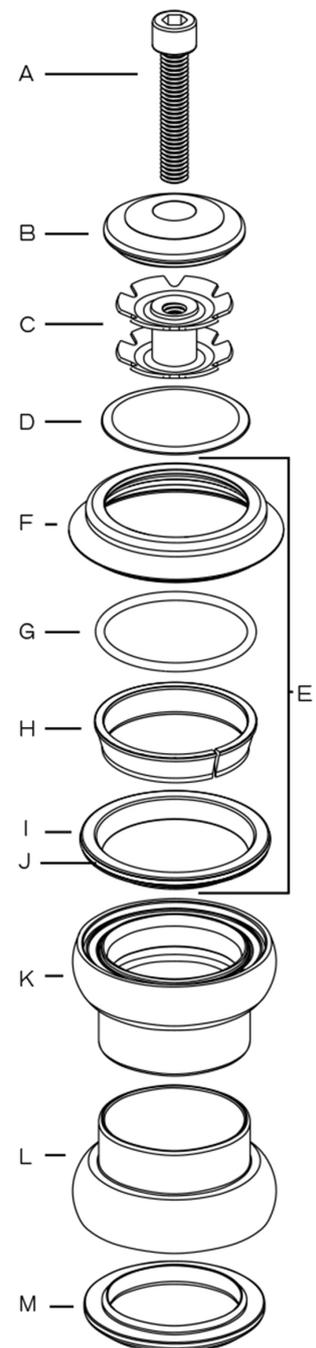


Aufbau Chris King Ahead Steuerlager:  
(X-Schrägkugellageranordnung)

- A = Lagereinstellschraube
- B = Vorbaukappe
- C = Ahead Gabelkralle
- D = Teflongleitscheibe
- E = GripLock Einheit

Die GripLock Einheit E ist ein Klemmsystem welches nach Einstellung des Steuerlagers den oberen Lagerring in Position hält. Ein „Weghämmern“ des Lagerrings bei Stößen nach oben wird somit vermieden. Langsam auftretendem Lagerspiel wird somit vorgebeugt.

- F = GripLock Kappe
- G = O-Ring zur Dichtung
- H = Kegelklemmring
- I = Oberer Lagerring
- J = Lager O-Ring
- K = Obere Lagerschale mit Schrägkugellager
- L = Untere Lagerschale mit Schrägkugellager
- M = Gabelkonus



**Verwendete Gewinde mit Drehmomentangaben**

Komponente	Bezeichnung / Position	Stückzahl	Gewindebezeichnung	Drehmoment
<b>Pedale</b>	Pedalgewinde links	1	FG 14,3 bzw. 9/16" x 20 - Linksgewinde	35 - 40 Nm
	Pedalgewinde rechts	1	FG 14,3 bzw. 9/16" x 20 - Rechtsgewinde	35 - 40 Nm
<b>Kurbelgarnitur</b>	Hollowtech Achsklemmschrauben Kurbel links	2	M5	12 Nm
	Hollowtech II Kurbelkappe /	1	M20 x 1	2 Nm
	Pedalgewinde Kurbel links	1	FG 14,3 bzw. 9/16" x 20 - Linksgewinde	35 - 40 Nm
	Pedalgewinde Kurbel rechts	1	FG 14,3 bzw. 9/16" x 20 - Rechtsgewinde	35 - 40 Nm
	Kettenblattbefestigungsschrauben Kurbel rechts	4	M8 x 0,75	8 Nm
<b>Sattelstütze</b>	Sattelklemmschrauben an Sattelstütze	2	M6	8 Nm
<b>Vorbau</b>	Klemmschrauben Gabelschaft	2	M5	4 Nm
	Klemmschrauben Lenkerklemmung	4	M5	4 Nm
<b>Rahmen</b>	Klemmschraube Sattelstützenklemmung	1	M6	10 Nm
	Gewinde in Schaltauge für Schaltwerkbelegung	1	M10 x 1	10 Nm
	Klemmschrauben Flaschenhalterösen	2	M5	8 Nm
	Tretlager	2	FG 34,8 (ISO) bzw. 1 3/8" x 24 tpi Linke Seite - Rechtsgewinde Rechte Seite - Linksgewinde 68mm Gehäusebreite	50 Nm
<b>Innenlager</b>	Lagerschalen	2	FG 34,8 (ISO) bzw. 1 3/8" x 24 tpi Linke Lagerschale - Rechtsgewinde Rechte Lagerschale - Linksgewinde	50 Nm
<b>Gabel</b>	Anlötösen an Gabel für Flaschenhalter, etc.	4	M5	8 Nm

Komponente	Bezeichnung / Position	Stückzahl	Gewindebezeichnung	Drehmoment
<b>Schläuche</b>	Ventilgewinde Überwurfmutter	-	VG 6	handfest
	Ventilgewinde Schaft		VG 5,2	handfest
<b>Speichen</b>	Speichengewinde	-	FG 2 x 56	-
<b>Nippel</b>	Nippelgewinde	-	FG 2 x 56	-
<b>Bremssattel</b>	Bremssattelbefestigung	4	M6	6 Nm
	Bremszugklemmung	2	M5	6 - 8 Nm
<b>Steuerlager</b>	Ahead Kralle	1	M6	2,5 - 3 Nm
<b>Bremsscheiben</b>	Gewinde Centerlock Bremsscheibenbefestigung	2	M31 x 1	40 Nm
<b>Naben</b>	Gewinde Centerlock Bremsscheibenbefestigung	2	M31 x 1	40 Nm
<b>Schaltwerk</b>	Zugklemmschraube	1	M6	7 Nm
	Befestigungsschraube an Rahmenschaltaupe	1	M10 x 1	10 Nm
<b>Kassette</b>	Kassettenbefestigung an Freilaufkörper	1	M31 x 1	40 Nm
<b>Bremshebel</b>	Lenkerklemmschrauben	4	M6	7 Nm
<b>Schnellspannachsen</b>	DT Achse und Spannmutter	2	M5	15 Nm

**Verwendete Passungen**  
(Einheitsbohrung - Welle)

Komponenten	Passungsart	Bezeichnung Passung	Toleranzbereiche	max. / min. Spiel max. / min. Übermaß
<b>Sattelrohr</b>	Spielpassung	30,0mm H8	30,000mm 30,039mm	min. Spiel 0,050mm
<b>Sattelstütze</b>	Spielpassung	30,0mm e8	29,911mm 29,950mm	max. Spiel 0,128mm
<b>Steuerrohr</b>	Presspassung	34,0mm H8	34,000mm 34,039mm	min. Übermaß 0,021mm
<b>Steuerlagerschale</b>	Presspassung	34,0mm u8	34,060mm 34,099mm	max. Übermaß 0,099mm
<b>Steuerlager- Gabelkonus</b>	Presspassung	30,0mm H8	30,000mm 30,039mm	min. Übermaß 0,021mm
<b>Gabelkonussitz</b>	Presspassung	30,0mm u8	30,060mm 30,099mm	max. Übermaß 0,099mm

„Nichts ist vergleichbar mit der  
einfachen Freude, Rad zu fahren.“

John F. Kennedy

## Maße Laufradkomponenten

### Verwendete Felgen:

- DT Swiss XR361, 27,5" - ETRTO 584, 32 Loch
- ERD = Felgeninnendurchmesser = 569mm

### Verwendete Naben:

- Vorne: ONYX CR, Centerlock, 100mm, 32 Loch
- Hinten: ONYX CR, Centerlock, 135mm, 32 Loch

### Verwendete Speichen:

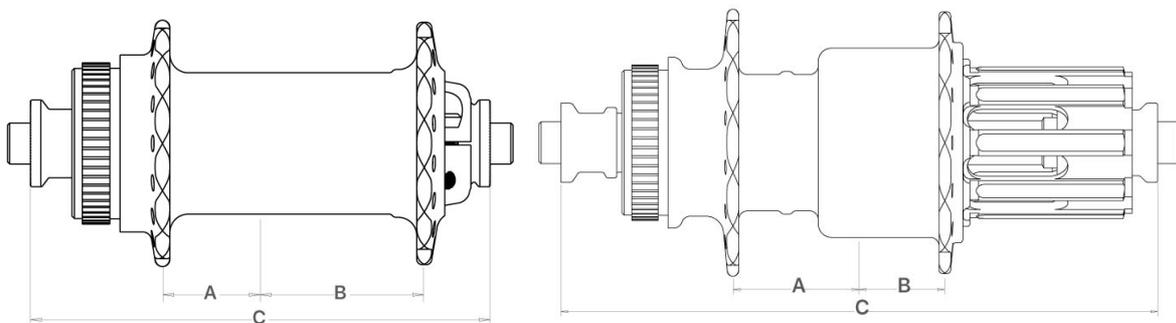
- DT Swiss Competition (Doppeldickendspeichen 2.0-1.8-2.0)

### Verwendete Nippel:

- DT Swiss Pro Lock Squorx Pro Head - 12mm Länge

### Maße Naben:

	A = $w_L$ = Linker Flanschabstand zur Radmittelebene	B = $w_R$ = Rechter Flanschabstand zur Radmittelebene	C = Einbaubreite	Lochkreis der Speichenlöcher aus linkem und rechtem Nabenflansch	Speichenlochdurchmesser
<b>Vorderradnabe</b>	21,20mm	35,60mm	100mm	45mm	2,3mm
<b>Hinterradnabe</b>	28,53mm	19,30mm	135mm	50mm	2,3mm



## Berechnung Speichenlänge

$L_S$  = Gesuchte Speichenlänge

$r_1$  = 569mm/2 = 284,5mm = Halber Felgeninnendurchmesser

$r_2$  = Halber Lochkreisdurchmesser der Nabe

$w_L$  = Linker Flanschabstand zu Radmittelebene bei asymmetrischer  
Laufadmittelebene

$w_R$  = Rechter Flanschabstand zu Radmittelebene bei asymmetrischer  
Laufadmittelebene

$\beta$  =  $(360^\circ \cdot n_K) / n_S$

$n_S$  = Speichenanzahl pro Flanschseite

$n_K$  = Kreuzungsart ( 1-, 2-, 3- oder 4fach. 1 für radial)

$y$  = Speichenlochdurchmesser der Nabe

**Formel zur Errechnung der Speichenlänge:**

$$L_S = \sqrt{r_1^2 + r_2^2 + w^2 - 2r_1 \cdot r_2 \cdot \cos\beta} - \frac{1}{2}y$$

**Speichenlängen für 3-fach gekreuztes Einspeichmuster:**

Speichen vorne:

$L_S$  vorne-links = 276mm

$L_S$  vorne-rechts = 278mm

Speichen hinten:

$L_S$  hinten-links = 276mm

$L_S$  hinten-rechts = 275mm

## Komponenten mit Beschreibung und Maßen

### Reifen:

Verwendete Reifen: Panaracer Pacenti Pari-Moto, Faltreifen mit Aramidring  
ETRTO 38 584  
38mm Breite im aufgepumpten Zustand  
584mm Innendurchmesser  
ETRTO = **E**uropean **T**ire and **R**im **T**echnical **O**rganization  
Französische Bezeichnung 650 x 38B

Gewicht: Gewicht pro Reifen ca. 300 g

Zulässiger Druckbereich: 55 bis 75 psi (psi = pound force per square inch  
Englisches Pfund = 454g) bzw. 3,8 bis 5,2 bar

### Felgen:

Verwendete Felgen: DT Swiss XR 361, ETRTO 584, 32 Loch  
asymmetrische Scheibenbremsfelge, ohne Ösen

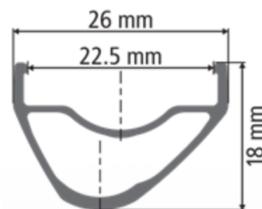
Gewicht: Gewicht pro Felge ca. 390g

Material: Aluminium

Maximale Speichenspannung: 1200N

Felgeninnendurchmesser am Nippelsitz: 569mm

Skizze Felgenprofil:



### Speichen:

Verwendete Speichen: DT Swiss Competition, Doppeldickendspeiche 2.0-1.8-2.0mm  
Speichenkopfhöhe 6,2mm

Gewicht: 382g für 64 Speichen (Länge 270mm)

### Nippel:

Verwendete Nippel: DT Swiss Pro Lock Squorx Pro Head mit sphärischem  
Auflagebereich in der Felge für optimale Ausrichtung der  
Speiche. Zusätzliche Torx Aufnahme für einfachen Laufradbau.

Material: Aluminium

Gewicht: 27g für 64 Stück

Schnittmodell DT Nippel:

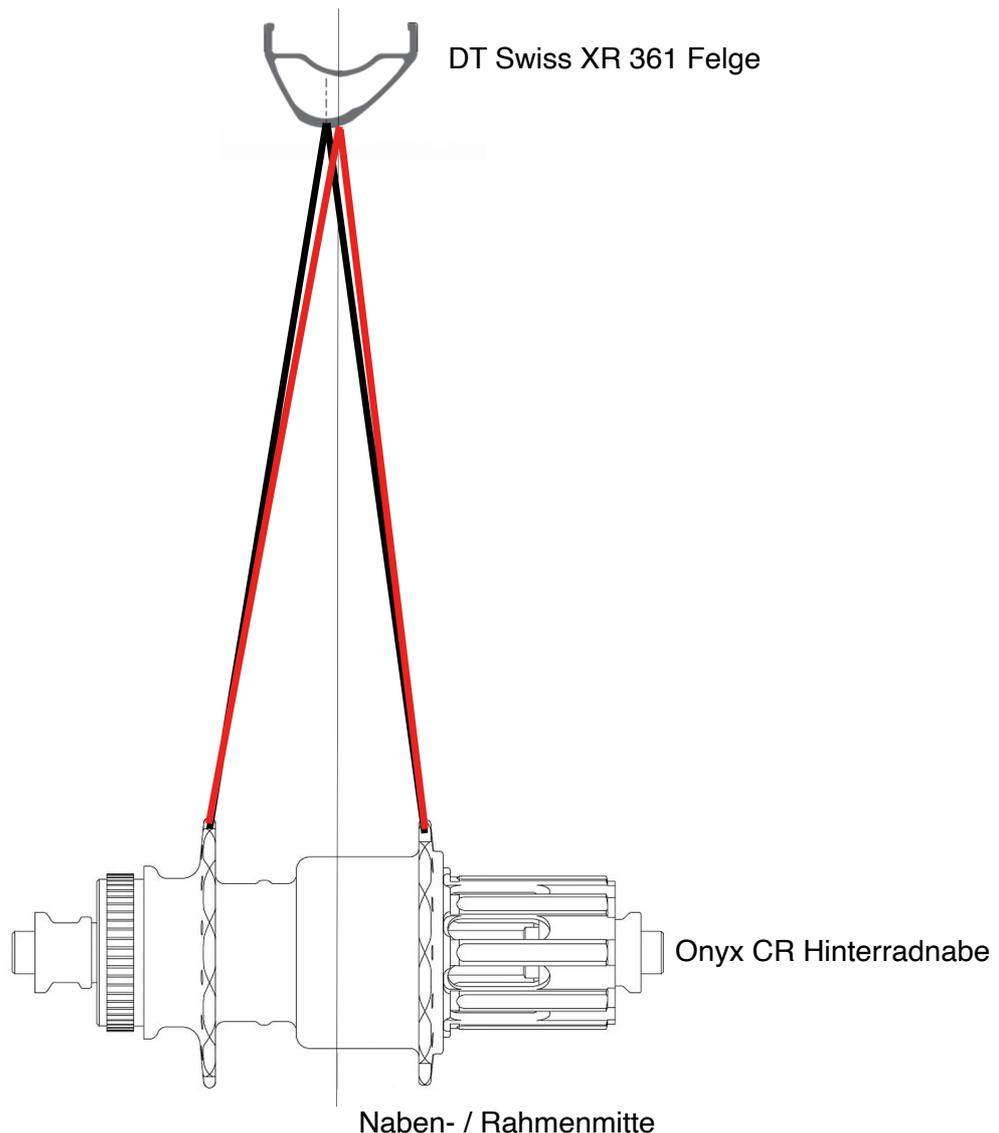


## Beschreibung Asymetrie Felge

Schaubild der Einspeichung mit der verwendeten asymmetrischen Felge - DT Swiss XR 361 - und der verwendeten Hinterradnabe - ONYX CR.

Farben der Einspeichung:

- Einspeichung mit asymmetrischer Felge
- Einspeichung mit symmetrischer Felge



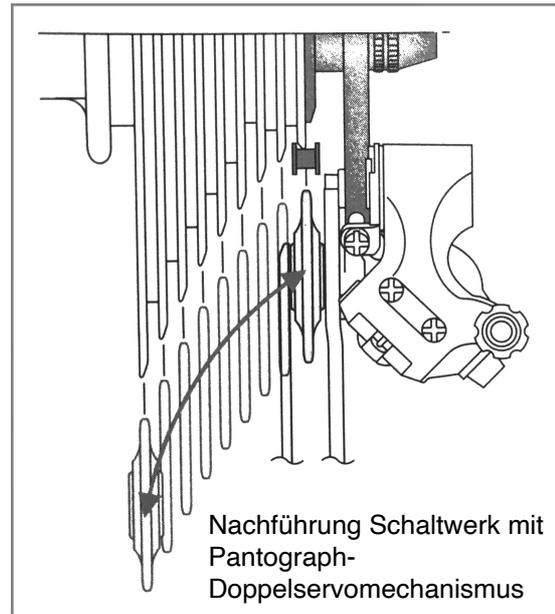
### Vorteile der Verwendung einer Asymmetrischen Felge:

Durch die Verwendung einer asymmetrischen Felge wird die Länge der Speichen auf beiden Laufradseiten nahezu angeglichen. Normalerweise müssen auf der Zahnkranzseite des hinteren Laufrades wegen des Nabenflanschversatzes kürzere Speichen verwendet werden (Beim Disc-Vorderrad auf der Seite der Bremsscheibe). Der Winkel zwischen Nabenmitte und Speichenverlauf wird dadurch auf beiden Seiten besser angeglichen und ist fast identisch. Durch diese nur noch sehr kleine Differenz der Kraftverläufe kann das Laufrad homogener gespannt werden und ist dadurch wesentlich stabiler.

## Shimano Ultegra 1x11 Kettenschaltung

Als Schaltung kommt die Shimano Ultegra 11-fach Kettenschaltung zum Einsatz, auf einen Umwerfer wird bewusst verzichtet.

Bei dem verwendeten Ultegra FC-6800 Schaltwerk handelt es sich um ein Pantograph Schaltwerk. Durch den Shimano Pantograph-Doppelservomechanismus verläuft das Schaltwerk in einer optimierten Bahn. Die Führungsrolle wird den Zahnkränzen bei der Bewegung nach vorne und nach hinten in ganz geringem Abstand nachgeführt und optimiert damit den Schaltvorgang. Die Kette wird immer im optimalen Abstand zum eingelegter Gang gehalten.



Vorteile 1x11 Kettenschaltung:

- niedriges Gewicht
- hoher Wirkungsgrad bei optimaler Pflege
- leicht zu warten bzw. zu reparieren
- leichter Radwechsel
- gute Ersatzteilversorgung
- relativ niedrige Anschaffungskosten

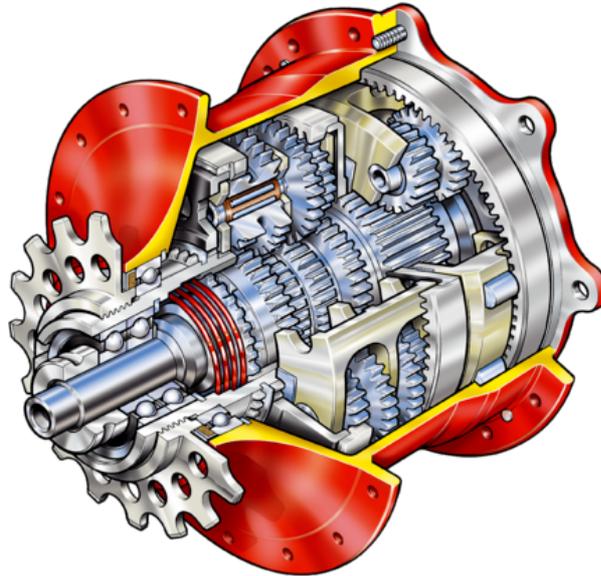
Nachteile 1x11 Kettenschaltung:

- Getriebe ungeschützt von Witterungseinflüssen was zu erhöhtem Verschleiss und weniger exakter Funktion führt
- Schräglauf der Kette auf Ritzel außerhalb der Kettenlinie führt zu etwas mehr Verschleiss
- relativ kleiner Gesamtübersetzungsumfang bei Verwendung mit nur einem Kettenblatt
- hoher Pflege- und Wartungsaufwand
- kann leicht beschädigt werden

## Rohloff Speedhub 14-Gang Nabenschaltung

Optional zu der Ultegra 1x11 Kettenschaltung soll eine Rohloff Speedhub mit 14 Gängen zum Einsatz kommen. Die Rohloff Speedhub arbeitet mit drei hintereinander geschalteten Planetengetrieben welche gekapselt im Ölbad laufen.

Schnittbild Rohloff Speedhub



### Vorteile Rohloff Speedhub:

- wenig Wartung und Pflege nötig, gerade im Langstreckenbetrieb
- geringe Defektanfälligkeit
- niedrige Folgekosten
- niedriger Verschleiss da Getriebe komplett gekapselt ist
- geschützt vor Witterungseinflüssen
- hoher Gesamtübersetzungsumfang
- einfache Bedienung
- Möglichkeit des Betriebes mit Zahnriemen bei geeignetem Rahmen

### Nachteile Rohloff Speedhub:

- niedrigerer Wirkungsgrad wie optimal gepflegte Kettenschaltung
- höheres Gewicht
- hohe Anschaffungskosten
- höherer Montageaufwand
- Benutzung nur mit Bremsscheiben ab 160mm Durchmesser möglich  
(Bei der primär verwendeten Onyx CR Nabe wird eine 140mm Bremsscheibe benutzt)
- Ersatzteilversorgung nicht überall gegeben

## Übersetzungsdaten und Berechnung Entfaltung

### 1. 1x11 Kettenschaltung:

- Ultegra 11-32 Kasette 11-fach
- Laufradgröße: ETRTO 584
- Reifengröße: 38-584
- Kettenblattgröße: 40 Zähne

### 2. Rohloff Speedhub Nabenschaltung:

- Rohloff Ritzel 16 Zähne
- Laufradgröße: ETRTO 584
- Reifengröße: 38-584
- Kettenblattgröße: 40 Zähne

### Berechnung Entfaltung:

$i_G$	= Gesamtübersetzung
$i_K$	= Übersetzung Kettengetriebe
$i_N$	= Übersetzung Nabenge triebe
$n_R$	= Zähnezah l Ritzel
$n_K$	= Zähnezah l Kettenblatt
$D$	= Laufradgesamtdurchmesser
$U$	= Laufradgesam tumfang
$E$	= Entfaltung

$$i = 1 : \frac{n_R}{n_K}$$

$$D = \text{Reifendurchmesser}_{\text{ETRTO}} + 2 \cdot \text{Reifenbreite}_{\text{ETRTO}} = 584\text{mm} + 2 \cdot 38\text{mm} = 660\text{mm}$$

$$U = D \cdot \pi = 660\text{mm} \cdot \pi = 2073,45\text{mm}$$

$$E = \frac{U}{(i_K \cdot i_N)}$$

$$E = \frac{U}{i_K}$$

## Tabellen Übersetzung und Entfaltung

### Entfaltung mit Ultegra Kettenschaltung:

(Ultegra 1x11 - Kettenblatt 40 Zähne, 11-32 Kasette)

Ritzel	Gang	Übersetzung $i = 1/...$	Entfaltung in m	Gangsprung in %
11	11	3,64	7,547	-
12	10	3,33	6,905	9,30
13	9	3,08	6,386	8,13
14	8	2,86	5,930	7,69
16	7	2,50	5,184	14,39
18	6	2,22	4,603	12,62
20	5	2,00	4,147	11,00
22	4	1,82	3,774	9,88
25	3	1,60	3,318	13,74
28	2	1,42	2,944	12,70
32	1	1,25	2,592	13,58

**Gesamtübersetzungsumfang = 291,17%**

### Entfaltung mit Rohloff Nabenschaltung:

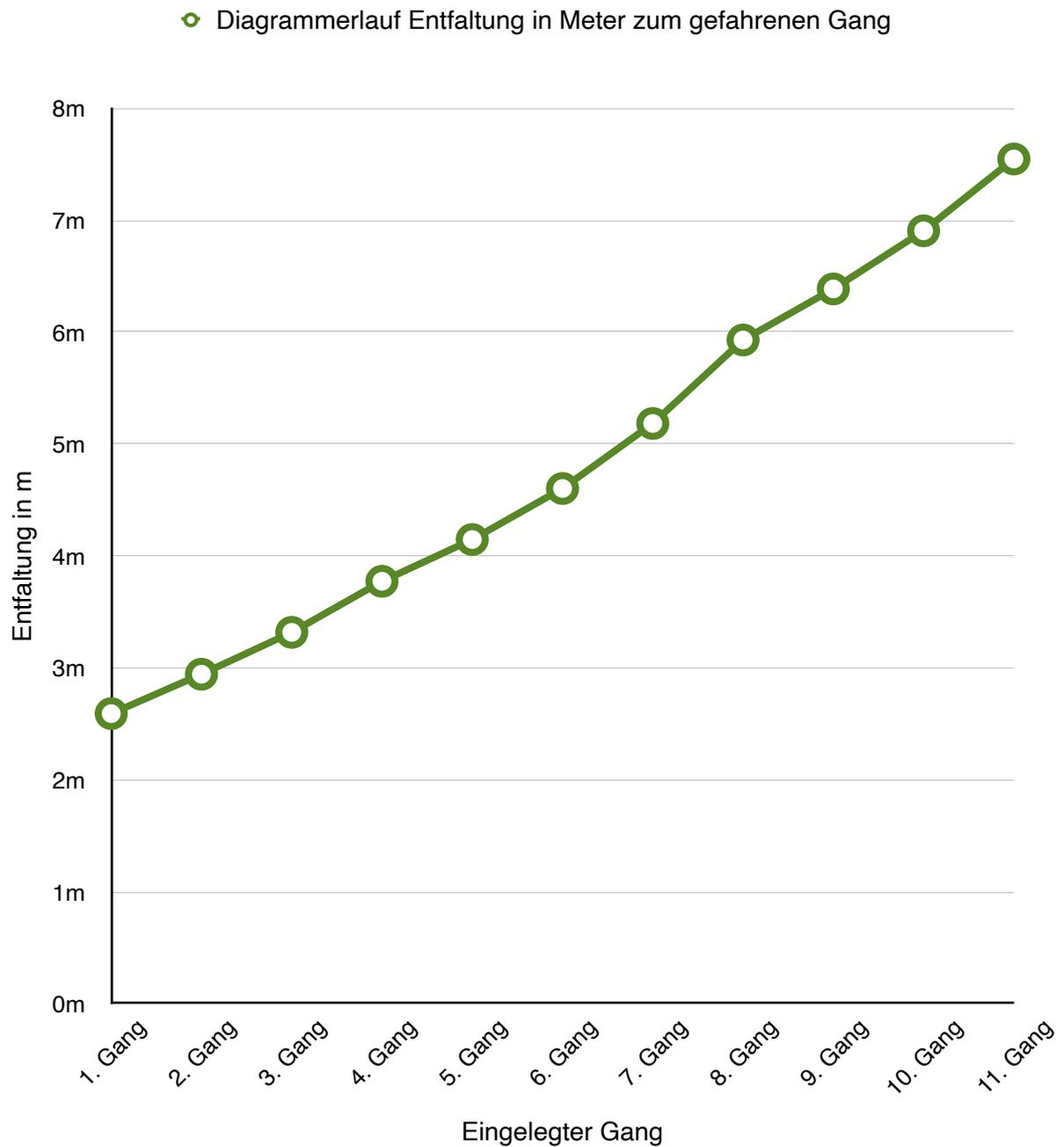
(Rohloff Speedhub, Kettenblatt 40 Zähne, Ritzel 16 Zähne)

Ritzel	Gang	Übersetzung Kettenradgetriebe $i = 1/...$	Getriebeübersetzung $i = 1/...$	Gesamtübersetzung $i = 1/...$	Entfaltung in m	Gangsprung in %
16	14	2,5	1,47	3,675	7,620	14
16	13	2,5	1,29	3,225	6,687	14
16	12	2,5	1,14	2,850	5,909	14
16	11	2,5	1,00	2,500	5,184	14
16	10	2,5	0,88	2,200	4,562	14
16	9	2,5	0,77	1,925	3,991	14
16	8	2,5	0,68	1,700	3,525	14
16	7	2,5	0,60	1,500	3,110	14
16	6	2,5	0,53	1,325	2,747	14
16	5	2,5	0,46	1,150	2,384	14
16	4	2,5	0,41	1,025	2,125	14
16	3	2,5	0,36	0,900	1,866	14
16	2	2,5	0,32	0,800	1,659	14
16	1	2,5	0,28	0,700	1,451	-

**Gesamtübersetzungsumfang = 526%**

## Entfaltungsdigramm Ultegra 1x11 Kettenschaltung

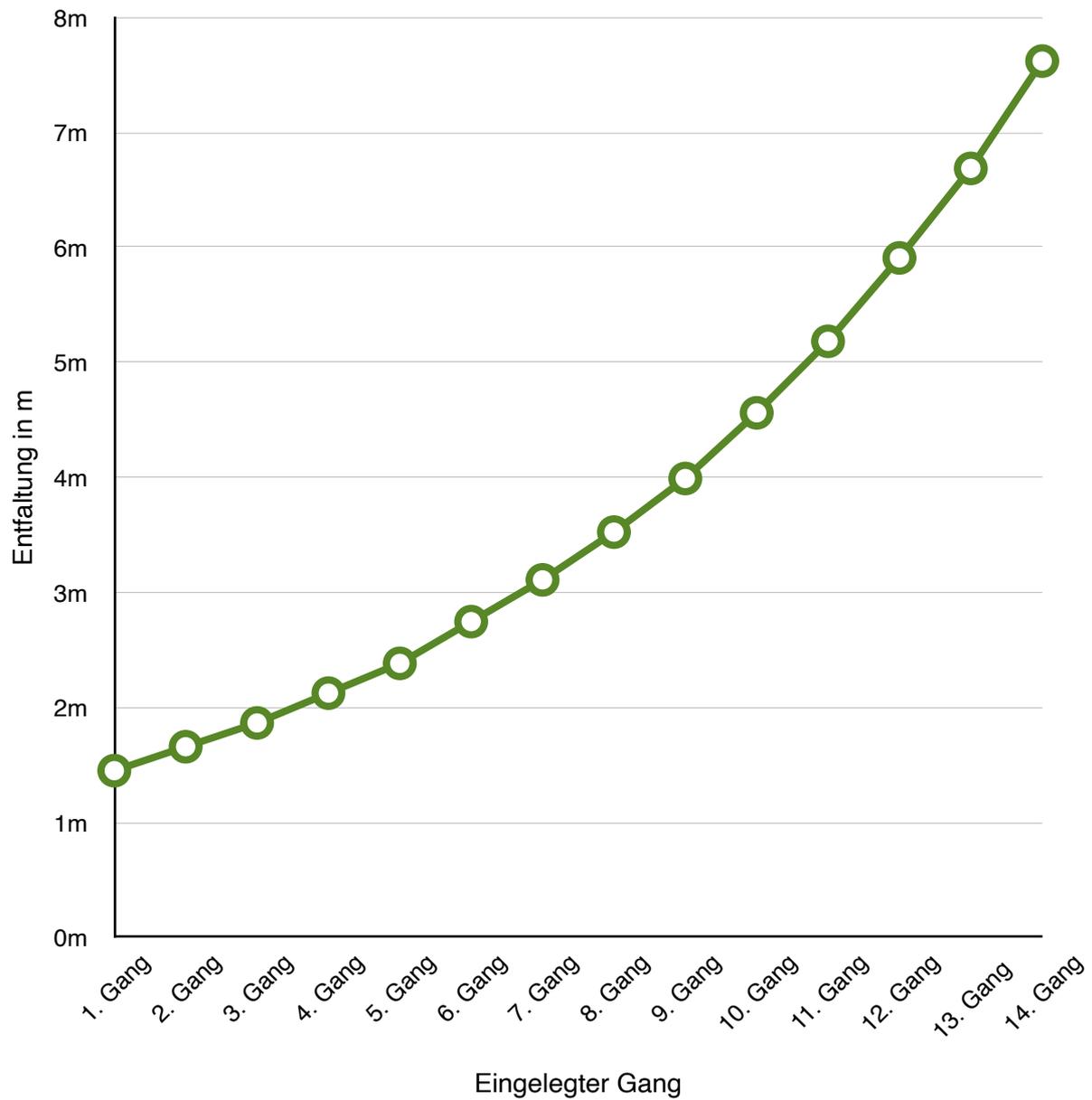
Kettenblatt 40 Zähne - Ritzelpaket 11-32 Zähne



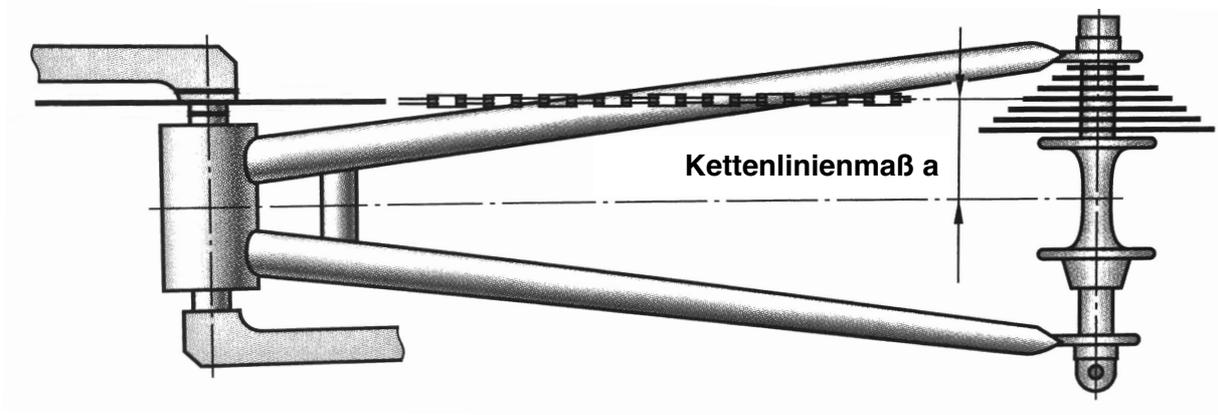
# Entfaltungsdiagramm Rohloff Speedhub

Kettenblatt 40 Zähne - Ritzel 16 Zähne

◇ Diagrammerlauf Entfaltung in Meter zum gefahrenen Gang



### Anschauungsskizze Kettenlinie:



### Kettenlinienmaße a (Abstand Rahmenmitte- Kettenmitte):

Onyx Hinterradnabe mit Ultegra 11-fach Ritzel	
Position des 6. Ritzels bzw. der Mitte des Ritzelpakets:	47,5mm
Wolf 1-fach Kettenblatt auf Ultegra Kurbel:	47,5mm
Rohloff Speedhub 16 Zähne Ritzel:	54mm

### Definition Kettenlinie:

Die Kettenlinie bestimmt wie geradlinig die Kette zwischen Kettenblatt und Ritzel verläuft. Idealerweise befinden sich Kettenblatt und Ritzel in einer Ebene und haben so das gleiche Kettenlinienmaß. Das beschreibt die perfekte Antriebsanordnung.

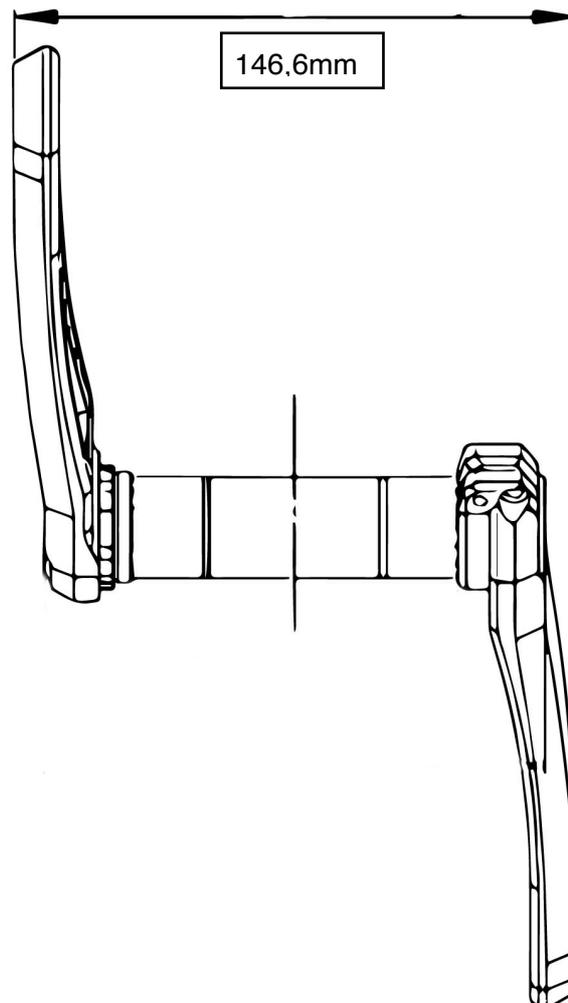
Tritt ein Kettenschräglauf auf - also Kettenlinienmaß vorne und hinten ist unterschiedlich - ist die Kette zusätzlichem Verschleiss ausgesetzt (es wirken Verwindungskräfte auf die Kette), arbeitet der Antrieb weniger effizient und funktioniert der Schaltvorgang eventuell nicht optimal.

Der Q-Faktor bezeichnet den seitlichen Abstand der äußeren Flächen der beiden Tretkurbeln zueinander. Der Abstand setzt sich zusammen aus den Abständen der linken Kurbel und rechten Kurbel zur Rahmenmitte.

### Gründe, den Pedalabstand (und damit den Q-Faktor) schmal zu halten:

- Die Hüftgelenke sind optimiert für das Gehen. Bei einem normalen Gang sind die Fußspuren mit nur geringer Schrittbreite fast in einer Linie. Ein kleiner Q-Faktor ist ergonomisch günstiger
- Je weiter die Pedale von der Mittellinie entfernt sind, desto stärker muss man am Lenker ziehen, um beim Wiegetritt die seitliche Kippbewegung des Fahrrades auszugleichen
- Je größer der Pedalabstand ist, desto höher muss das Innenlager sein, um einen Bodenkontakt der Pedale in engen Kurven zu vermeiden

### Q-Faktor Skizze der benutzten Shimano Ultegra FC-6800 Kurbel:



Optional zu der genutzten Ultegra 11-fach Kettenschaltung soll die Verwendung der Rohloff Speedhub mit 14-Gängen möglich sein.

Bei längeren Touren mit viel Gepäck und langen Steigungen deckt die Rohloff Speedhub einen weitaus größeren Schaltumfang ab bzw. stellt weitaus leichtere Übersetzungen zur Verfügung.

Drei Probleme treten auf bei Montage und Verwendung der Rohloff Speedhub:

- 1. Unterschiedliche Kettenlinie im Gegensatz zu Kettenschaltung Shimano**

Kettenschaltung - 47,5mm / Rohloff Speedhub - 54mm

- 2. Möglichkeit die Kette auf Spannung halten zu können**

Da der Rahmen vertikale Ausfallenden besitzt und das Schaltwerk entfällt muss eine Möglichkeit gefunden werden die Kette auf Spannung zu halten

- 3. Verwendung eines Schaltgriffes an den Rennlenker**

Die Rohloff Speedhub wird mit dem Standard Rohloff Drehgriff ausgeliefert. Es ist nicht möglich diesen auf den vorhandenen Rennlenker zu montieren

**Nachfolgend werden Lösungen für diese Problemstellungen genannt.**

## **Unterschiedliche Kettenlinie**

Bei Verwenden einer Rohloff Speedhub ergibt sich eine Differenz der Kettenlinie 1-fach Kettenblatt zu Rohloff Ritzel von 6,5mm. Dies würde einen großen Schräglauf der Kette bedeuten und wäre für den Dauerbetrieb nicht optimal geeignet. Kette, Ritzel und Kettenblatt würden übermäßig verschlissen werden und weicher Kettenlauf wäre auch nicht garantiert.

Normalerweise muss dann eine Kurbel mit einer anderen Kettenlinie verwendet bzw. ein Innenlager mit einer anderen Breite montiert werden. Die Innenlagerverbreiterung muss ausgeschlossen werden da es sich um den Hollowtech Standard handelt und die Kurbel nicht mehr ausreichend geklemmt werden könnte. Achslänge ist nicht veränderbar bei vorhandener Kurbel.

### **Hier die einfachste Lösung des Kettenlinienkonflikts ohne weiteren Komponententausch:**

Da das 1-fach Wolf Kettenblatt nach innen gekröpft ist kann es einfach nach außen gedreht werden. Das Zahnprofil und die Anschraubung an die Kurbel läßt dies zu. Dadurch verschiebt sich die Kettenlinie des Kettenblattes um 8mm nach außen. Die Differenz der Kettlinie hinten-vorne beträgt dann nur noch 1,5mm.

Dies liegt dann in einem tolerierbaren Bereich und ist für den Dauerbetrieb geeignet.

Somit wäre die Shimano Ultegra Rennradkurbel mit montiertem Wolf 1-fach Kettenblatt kompatibel mit der Rohloff Speedhub.

## Kettenspannung bei vertikalen Ausfallenden

Es gibt folgende Möglichkeiten die Kette bei Verwendung mit vertikalen Ausfallenden und normalen Tretlagers auf Spannung zu halten:

1. Verwendung eines Kettenspanners (Montage unter Tretlager oder an das Schaltauge)
2. Verwendung eines Exzentertretlagers (Trickstuff Exzentriker)
3. Montage eines Roll-Rings

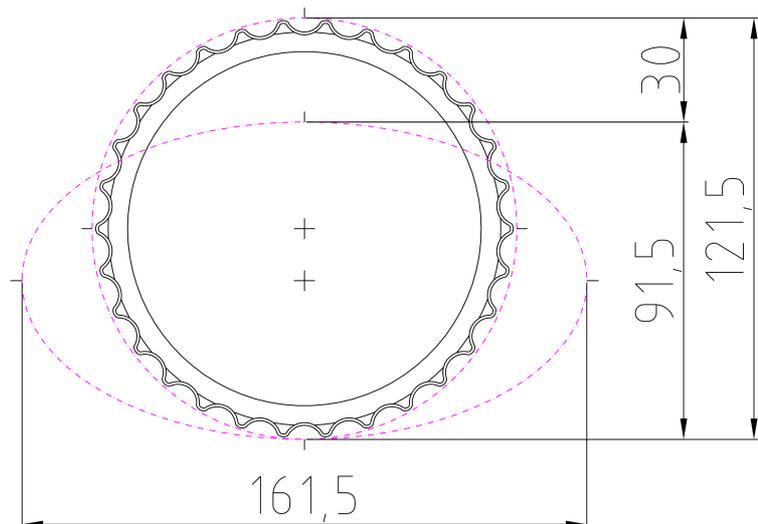
Bei dem Projekt wird auf den Rollring zurückgegriffen. Er stellt den besten Kompromiss aus Nutzen, Einfachheit und Kosten dar. Anschaffungspreis sind ca. 40,-EUR. Als einzige weitere Änderung muss nur eine kürzere Kette montiert werden bzw. die vorhandene Kette gekürzt werden.

Der Rollring ist aus flexiblem, sehr verschleissfestem Spezialkunststoff gefertigt und wird bei der Kette zwischen Zugtrum und Leertrum mit Vorspannung eingesetzt. Danach läuft er dauerhaft mit und hält die Kette auf Spannung.

Der Rollring wird unter Angabe von Zähnezahl Kettenblatt, Zähnezahl Ritzel und der Angabe des Abstandes -Mitte Tretlagerachse - Mitte Hinterradachse- speziell angefertigt.

Bedingung ist das die Hinterbauform die Montage zulässt (genug Platz vorhanden ist).

Anschauungsskizzen des Rollrings:



## Schaltgriffnutzung mit Rennlenker

Aufgrund der Biegung und des Durchmessers eines Rennlenkers lässt sich der Standard Rohloff Schaltdrehgriff nicht montieren. Eine Lösung dieses Konflikts wird von Rohloff nicht angeboten.

Hier gäbe es folgende Möglichkeiten:

- Verwendung eines Gilles Bertoud Schaltdrehgriffes  
Dieser lässt sich durch die spezielle Konstruktion bis auf den Oberlenker aufschieben.  
Es entstünden jedoch Mehrkosten von ca. 200,-EUR
- Verwendung des Tout-Terrain-ShiftR Systems.  
Bestehend aus zwei Daumenschalthebeln - auf linker und rechter Oberlenkerseite - und der ShiftR Schaltbox anstelle der Rohloff Schaltbox.  
Dies würde auch Mehrkosten von ca. 200,-EUR verursachen und wäre mit relativ hohem Montageaufwand verbunden. Außerdem ist die ShiftR Schaltbox relativ kompliziert aufgebaut im Vergleich zu der Rohloff Schaltbox. Defekte auf langen Touren können schwer repariert werden.
- Verwendung der Rohbox-Schaltbox mit Renn-Schalt/Bremshebeln.  
Da an dem Projekt nur einfach Bremshebel verwendet werden fällt auch diese Möglichkeit außer Betracht. Es müssten teure STI-Bremshebel nachgerüstet werden.
- Montage des Rohloff Drehgriffes auf einen Adapterhalter der unterhalb des Steuerrohres montiert wird.

Lösung:

Es wird ein Adapterhalter aus Aluminium angefertigt auf dem dann der Rohloff Standarddrehgriff montiert wird. Der Adapterhalter wird unterhalb des Vorbaus anstatt eines Ahead-Spacers montiert.

Vorteile:

- Schneller einfacher Umbau auf Rohloff Speedhub Betrieb - Schaltgriff, Schaltbox und Schaltzüge mit Schalthüllen können bei Umbau zusammen montiert bleiben
- Sehr geringe Mehrkosten für den Umbau. Außer dem Adapter werden keine teuren Spezialteile benötigt
- Schaltzüge können harmonisch, nicht störend vom Schaltgriff weg verlegt werden
- Es bleibt eine aufgeräumte Optik am Lenker und den Bremsgriffen erhalten
- Original Rohloff Schaltkomponenten werden verwendet welche optimale Funktion gewährleisten
- Ersatzteilversorgung ist gut sichergestellt

Nachteile:

- Um zu Schalten muss die rechte Hand von der Griffposition genommen werden um auf der rechten Vorbauseite schalten zu können. Es bleibt nur die linke Hand zum Lenken und Bremsen in diesem Moment.

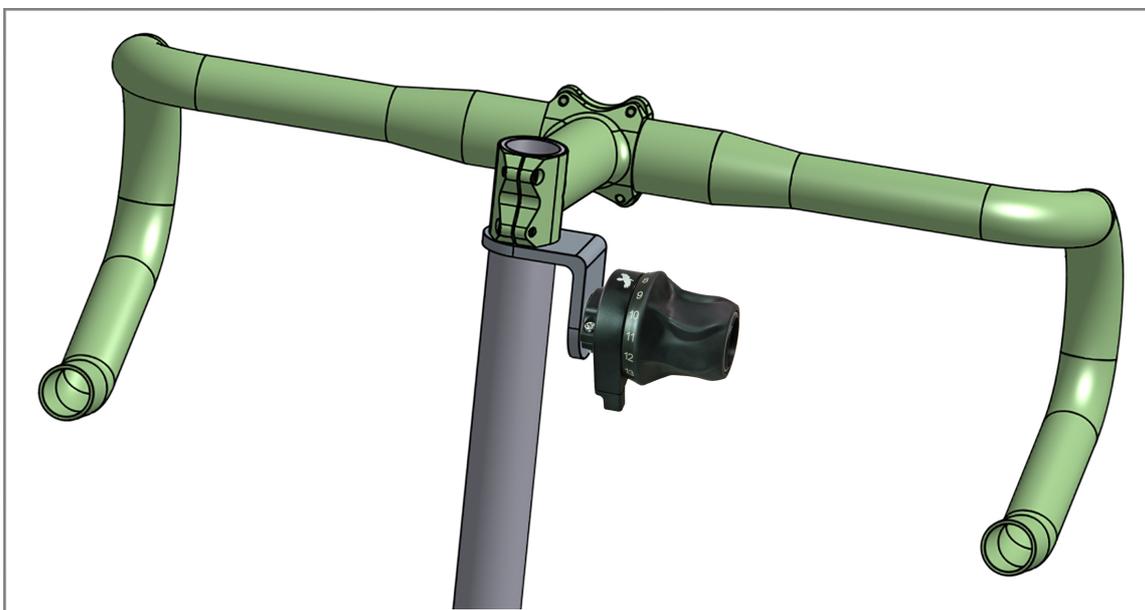
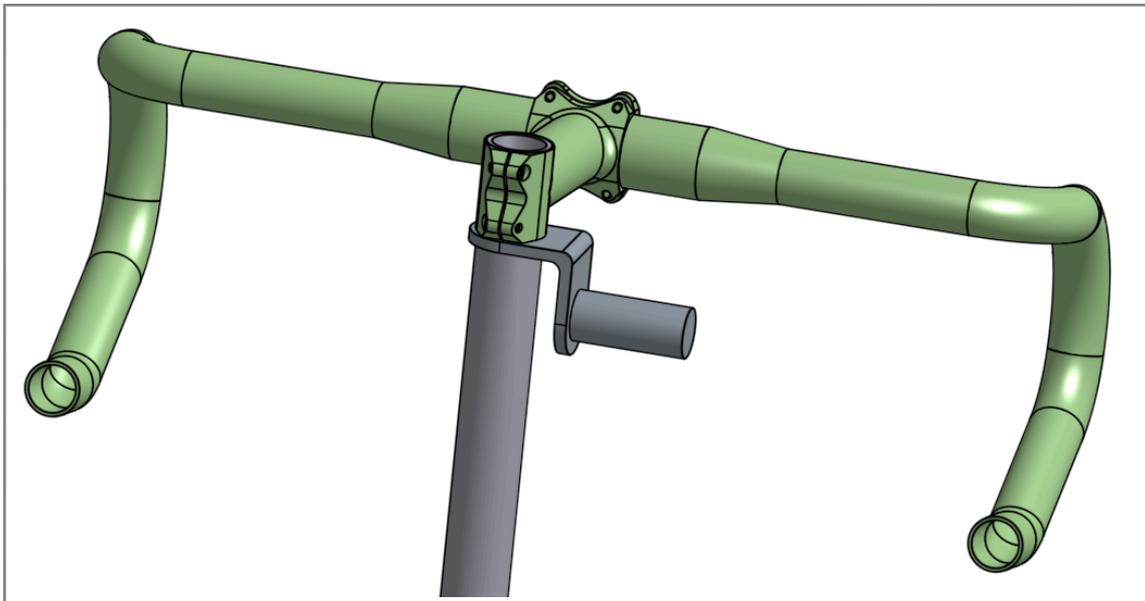
Da die Rohloff Option nur im Langtourenbetrieb verwendet wird kann dieser Nachteil in Kauf genommen werden. Schaltvorgänge fallen meist nur bei Geradeausfahrt und bei Steigungen an. Für diese Zeit kann in Kauf genommen werden kurz die Handposition zu wechseln.

## Konstruktion Rohloff Schaltgriffadapter

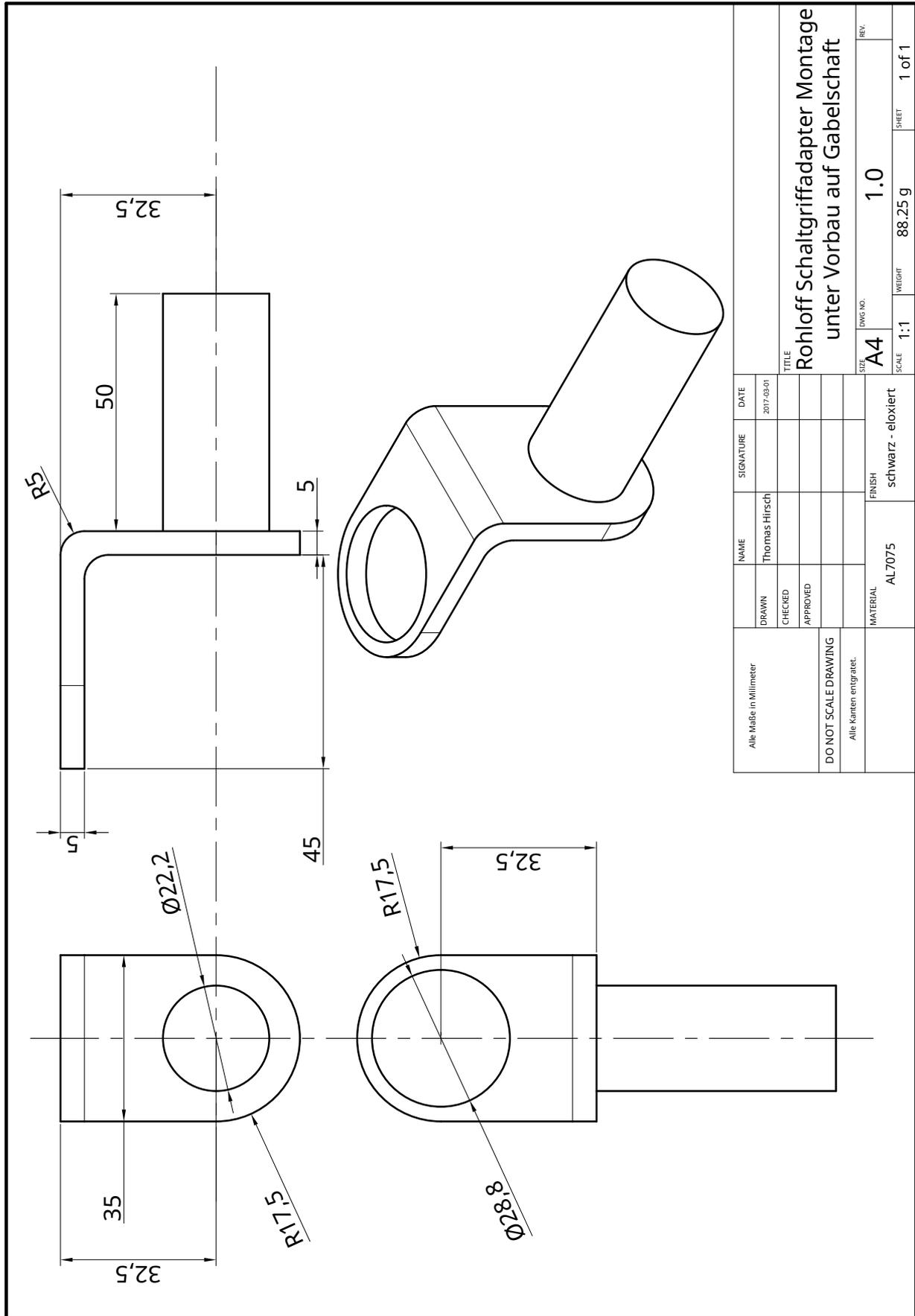
Konstruktion des Rohloff Schaltdrehgriffadapters:



Gegen Verdrehung auf dem Gabelschaft wird der Adapter mit Madenschrauben gesichert.



# Technische Zeichnung Rohloff Schaltgriffadapter



## Beschreibung Klemmstückfreilauf der ONYX Hinterradnabe

Als Hinterradnabe für den Kettenschaltungsbetrieb kommt die ONYX CR Nabe zum Einsatz. Im Gegensatz zu normalen Naben welche mit einem Sperrklinkenfreilauf arbeiten funktioniert diese Nabe mit einem Klemmkörperfreilauf.

Generell ist die Aufgabe des Freilaufes in einer Drehrichtung Antriebskraft/ Drehmoment zu übertragen und in der anderen Richtung im Leerlaufbetrieb zu funktionieren.

Vorteile:

- **Lautlos im Freilaufbetrieb** - Kein „Klicken“ von Sperrklinken
- **Berührungsloser Leerlaufbetrieb** - Weniger Verschleiss
- **Freilauf sperrt schlupffrei** - fast sofortiger Kraftschluss beim Antritt hilft beim schnellen Beschleunigen (Gerade aus Kurven heraus und im Gelände) - Sperrklinken brauchen relativ viel Weg bis diese eingreifen
- Klemmkörpersystem sehr hochwertig, langlebig und nahezu wartungsfrei
- **Zu übertragene Antriebskraft wird auf sehr viele Kontaktpunkte verteilt** - Es können sehr hohe Drehmomente übertragen werden

Nachteile:

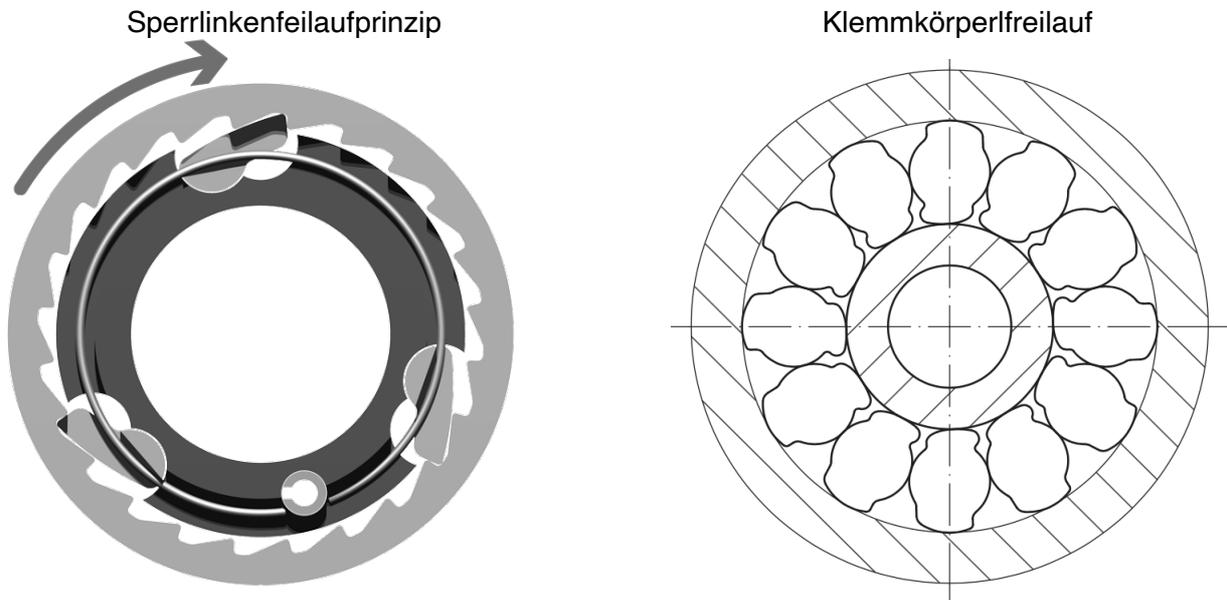
- Höheres Gewicht als ein Sperrklinkenfreilauf
- Höhere Fertigungskosten

ONYX Hinterradnabe mit transparenter Nabenhülse - Klemmkörperfreilauf sichtbar:

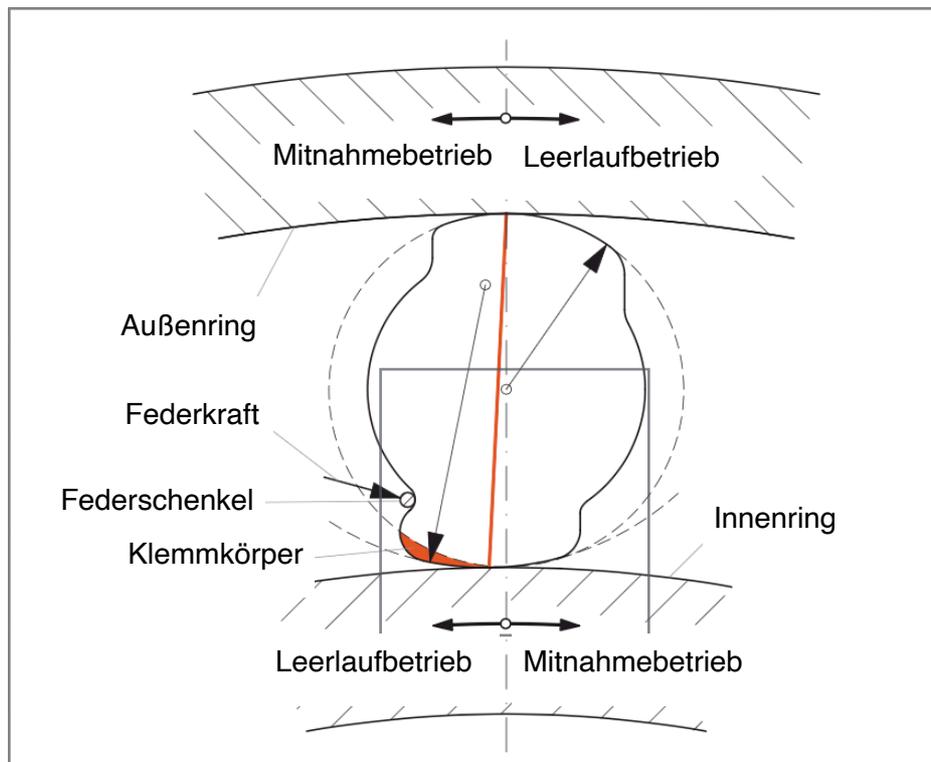


## Wirkprinzip Sperrklinken- und Klemmkörperfreilauf

Generelle Wirkprinzipien von Sperrklinkenfreilauf und Klemmkörperfreilauf:



Detailansicht und Wirkweise Klemmkörperfreilauf:



Wird der Außenring (Nabenhülse) – bei still stehenden Innenring (mit Ritzel verbunden) – in entgegengesetzter Richtung gedreht, so wird die Klemmung wirksam. Die Klemmstücke verspannen sich schlupffrei zwischen den Laufbahnen. In dieser Drehrichtung kann ein hohes Drehmoment übertragen werden (Mitnahmebetrieb).

„Wer später bremst  
fährt länger schnell“

### Berechnung Bremsübersetzung

$i$  = Übersetzungsverhältnis

Bremshebel:

Cane Creek SCR-5 Road - Übersetzung,  $i = 1:4,00$

Mechanischer Bremsattel:

TRP Spyre - Übersetzung,  $i = 1:7,65$

$$i_{Gesamt} = i_{Bremshebel} \cdot i_{Bremsattel}$$

$$i_{Gesamt} = \frac{1}{4,00} \cdot \frac{1}{7,65} = \frac{1}{30,60}$$

## Berechnung Bremskräfte

$F_H$	= Handkraft
$F_N$	= Andruckkraft (Bremsnormalkraft)
$F_U$	= Umfangskraft
$K_R$	= Anzahl Spannkräfte
$\mu$	= Haftreibungszahl Bremsbelag - Bremsscheibe
$\mu_H$	= Haftreibungszahl Reifen - Asphalt
$r_w$	= wirksamer Halbmesser der Scheibenbremse
$r_{dyn}$	= Dynamischer Reifenhalbmesser
$F_{BR}$	= Bremskraft am dynamischen Halbmesser des Reifens
$F_{HR}$	= Haftreibungskraft der Räder am dynamischen Reifenhalbmesser
$m_{HR}$	= Radlast hinten , $m_{VR}$ = Radlast vorne
$F_{BR,max}$	= größtmögliche Bremskraft des Fahrrades kurz vor der Blockiergrenze

Gegebene Daten:

$F_H$	= 100 N
$\mu$	= 0,7
$\mu_H$	= 0,8 (trockener Asphalt)
$r_w$ vorne	= 70mm = 0,07m (160mm Scheibe vorne)
$r_w$ hinten	= 60mm = 0,06m (140mm Scheibe hinten)
$r_{dyn}$	= 330mm = 0,33m
$m_{hinten}$	= 45kg
$m_{vorne}$	= 45kg
$m_{gesamt}$	= 90kg

$$F_N = \frac{F_H}{i_{Gesamt}} = \frac{100N}{\frac{1}{30,6}} = 3060N$$

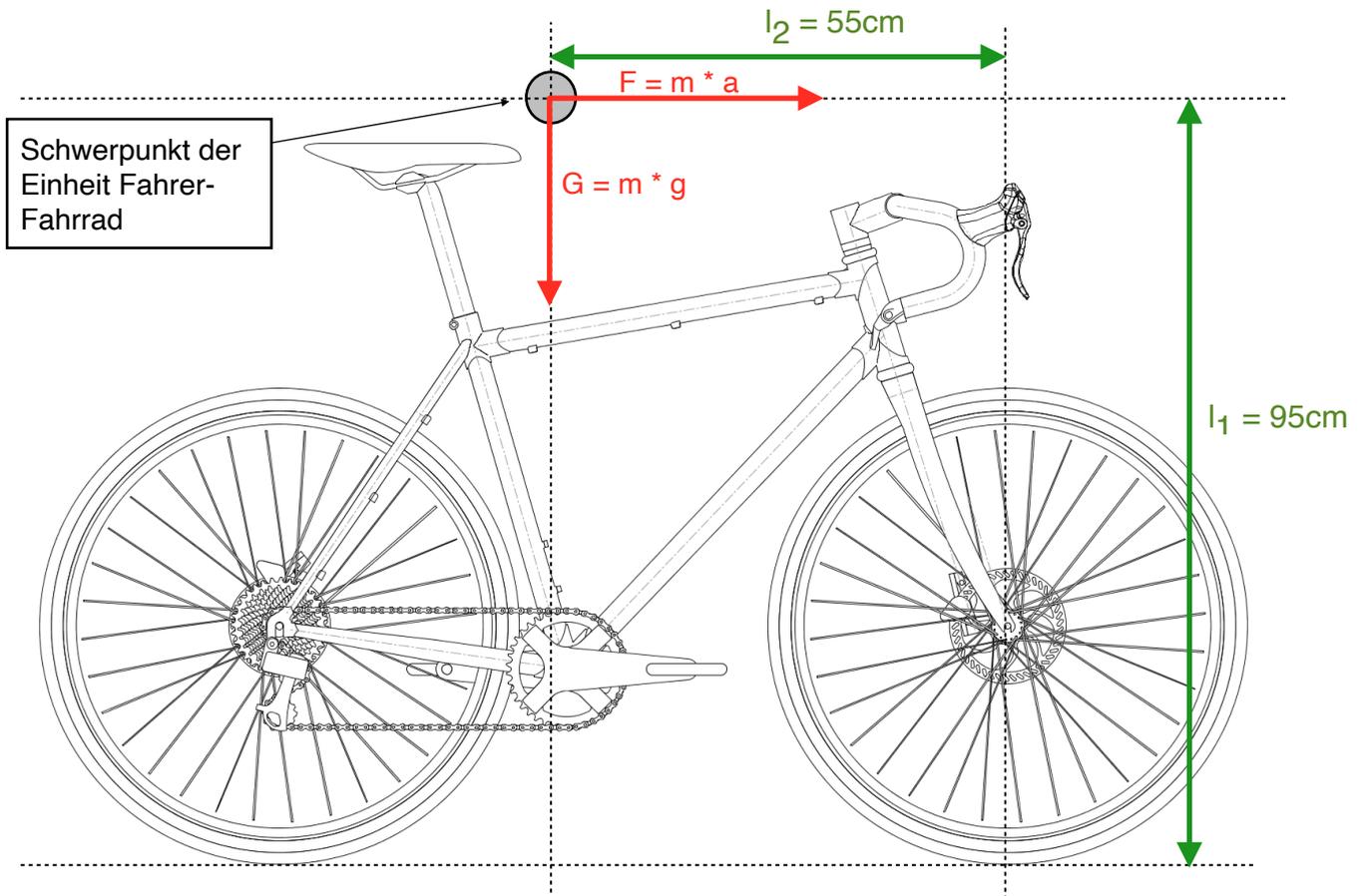
$$F_U = K_R \cdot \mu \cdot F_N = 2 \cdot 0,7 \cdot 3060N = 4284N$$

$$F_{HR} = \mu_H \cdot m_{gesamt} \cdot g = 0,8 \cdot 90kg \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} = 706,32N$$

$$F_{BR-vorne} = \frac{F_U \cdot r_w}{r_{dyn}} = \frac{4284N \cdot 0,07m}{0,33m} = 908,73N$$

$$F_{BR-hinten} = \frac{F_U \cdot r_w}{r_{dyn}} = \frac{4284N \cdot 0,06m}{0,33m} = 778,91N$$

## Berechnung der maximalen Bremsverzögerung



- $M_{rechts}$  = Drehmoment im Uhrzeigersinn  
 $M_{links}$  = Drehmoment gegen den Uhrzeigersinn  
 $l_1$  = vertikale Distanz Fahrbahn-Schwerpunktlage  
 $l_2$  = Horizontale Distanz Vorderradaufstandspunkt-Schwerpunktlage  
 $g$  = Erdbeschleunigung  
 $a$  = Bremsbeschleunigung  
 $m$  = Masse des Systems Fahrrad-Fahrer

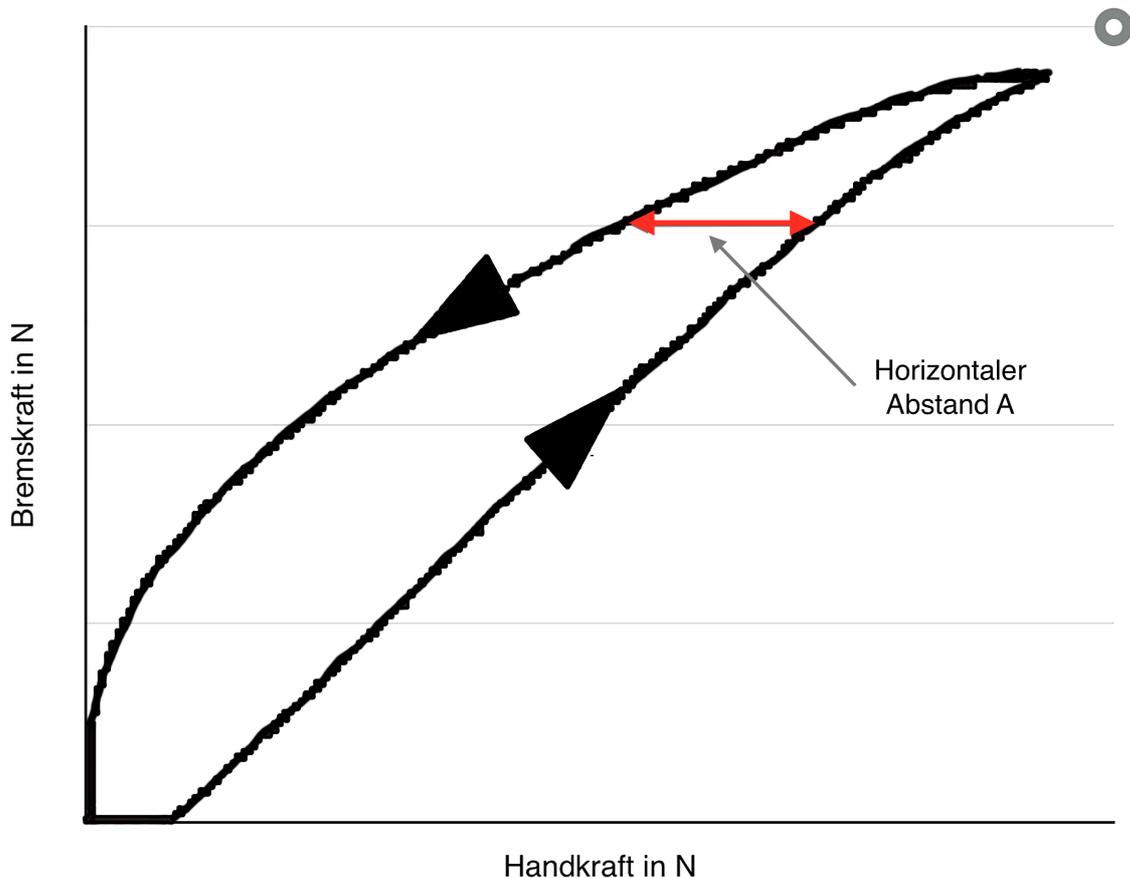
$$M_{rechts} = M_{links}$$

$$m \cdot g \cdot l_2 = m \cdot a \cdot l_1$$

$$a = \frac{l_2}{l_1} \cdot g$$

$$a_{max} = \frac{55cm}{95cm} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} = 5,67 \frac{m}{s^2}$$

## Diagramm Bremshysterese und Beschreibung Dosierbarkeit (beispielhaft)



Das Diagramm beschreibt den Verlauf der Bremskraft zur eingesetzten Handkraft gegen den Uhrzeigersinn.

Es wird bis zum Scheitelpunkt die maximale Bremskraft erreicht.

Beim Nachlassen der Handkraft und damit auch der Bremskraft verläuft die Kurve nicht mehr exakt genau wie vorher zurück. Ursache sind Reibungsverluste und Biegeverformung im Bremssystem.

Je kleiner der horizontale Abstand A der beiden Kurven ist - also je näher beide Kurven verlaufen - desto besser ist die Bremse dosierbar.

Bei einer gut dosierbaren Bremse lässt sich die Bremskraft sehr exakt durch die Handkraft am Bremshebel steuern.

„Umwege fördern nur die Ortskenntnis“

## Komponentenliste mit Beschreibungen

Hirsch Velo Komponenten Beschreibung	Bezeichnung	Details	Bemerkungen / Vorteile
<b>Rahmen</b>	MABRAHMEN CROSS	Maßrahmen - Diamantform für Scheibenbremsennutzung und Kettenschaltung.	Columbus Rohrsatz aus Nivachrom. Spezielle Legierung für Fahrradrohre mit sehr hoher Festigkeit und dünnen Wandstärken. Hartverlötet mit Muffen. Durch Werkstoff und Konstruktion sehr langlebig und trotzdem sehr leicht. Rahmengewicht 2000g.
<b>Gabel</b>	SURLY Straggler	650b - 1 1/8 Ahead, , 380mm Länge 44mm Gabelersatz	Robuste & bewährte Stahlgabel für die Anwendung mit Scheibenbremse. Speziell auf ETRTO 584 Laufraddurchmesser ausgelegt. Genug Freiheit für Reifen bis 50mm Breite. Gewindeösen für Lowridermontage vorhanden.
<b>Steuerlager</b>	CHRIS KING Nothreadset	1 1/8 Zoll - 30mm Konus, sotto voce	Bewährter, höchstqualitatives, leichtlaufendes Steuerlager (Schrägkugellager) zum Einpressen, 5 Jahre Garantie, sehr hochwertig mit edlem Finish. „Sotto Voce“ Version mit dezentem Branding. Optisch passend zum Innenlager.
<b>Lenker</b>	SALSA Cowbell 3	420mm Breite, 31,8mm Klemmung	Cyclecross Lenker mit niedriger Gesamthöhe im gegensatz zu normalen Rennradlenkern. Leicht abgewinkelter Verlauf nach aussen für ergonomische Griffposition im Alltag und Gelände. Sehr leicht und robust. 7075 Aluminiumlegierung.
<b>Vorbau</b>	THOMSON Elite	1 1/8", 70mm Länge, 10° Neigung, Lenkerklemmung 31,8mm	Sehr hochwertiger Vorbau aus 7075 Aluminiumlegierung und mit optimalen Klemmeigenschaften. Kurze 70mm Version mit 10° Neigung für eine relativ entspannte Sitzposition und ausreichenden Kontrolle im Gelände. Optisch passend zur Sattelstütze.

Hirsch Velo Komponenten Beschreibung	Bezeichnung	Details	Bemerkungen / Vorteile
<b>Lenkerband</b>	CINELLI Caleido	Lenkerband schwarz	Bewährtes Lenkerband mit interessanter Optik, rutschfestem Griff und guten dämpfenden Eigenschaften.
<b>Sattel</b>	BROOKS Cambium C15 carved		Hochwertiger Sattel aus Naturkautschuk mit Ausstanzung zur Entlastung des Dammbereichs. Witterungunempfindlich und sehr robust. Obere Baumwollschicht lässt Sattel auch bei Nässe nicht zu rutschig werden. Vorheriger Sitztest wurde durchgeführt. Sehr schöne Optik.
<b>Sattelstütze</b>	THOMSON Elite	30,0 mm Durchmesser - Zero Offset	Sehr hochwertige Sattelstütze aus 7074 Aluminium mit robuster Sattellemmung und niedrigem Gewicht. Optisch passend zum Vorbau.
<b>HR- Nabe</b>	ONYX CX	32 Loch, Shimano 11-fach, Quick Release, 135mm Einbaubreite	Sehr hochwertige, einzigartige Hinterradnabe mit speziellen Klemmrollensystem anstatt Sperrklinken. Keinerlei Leertritt beim Antritt und lautloser Freilauf. Sofortige Kraftübertragung. Keramiklager für leichten Lauf. Innenleben praktisch wartungsfrei. Aufnahme für Centerlock Brems Scheiben integriert.
<b>HR- Felge</b>	DT SWISS 361 Disc	650b, 32 Loch,	Asymetrische Scheibenbremsfelge mit hervorragendem Stabilitäts - Gewichts - Verhältnis.
<b>HR- Speichen</b>	DT SWISS Competition		Bewährte, DT Swiss Doppelendverstärkte Speichen. 2.0-1.8-2.0.
<b>HR- Nippel</b>	DT SWISS Pro Lock		Selbstsichernde Aluminiumnippel zur langen Erhaltung der Laufradstabilität und Verringerung der rotierenden Laufradmasse.

Hirsch Velo Komponenten Beschreibung	Bezeichnung	Details	Bemerkungen / Vorteile
<b>VR- Nabe</b>	ONYX CX	32 Loch, 6-Loch Aufnahme	Sehr hochwertige, keramikelagerte Nabe mit leichtem Lauf und Centerlock Bremscheibenaufnahme. Lagerspiel einstellbar für optimierte langfristige Nutzung.
<b>VR- Felge</b>	DT SWISS 361 Disc	650b, 32 Loch,	Asymetrische Scheibenbremsfelge mit hervorragendem Stabilitäts-Gewichts-Verhältnis.
<b>VR- Speichen</b>	DT SWISS Competition		Bewährte, DT Swiss Doppelendverstärkte Speichen. 2.0-1.8-2.0.
<b>VR- Nippel</b>	DT SWISS Pro Lock		Selbstsichernde Aluminiumnippel zur langfristigen Erhaltung der Laufrostabilität und Verringerung der rotierenden Laufradmasse.
<b>Felgenbänder</b>	SCHWALBE	20-622	Bewährte und robuste Felgenbänder aus höchstem Kunststoff.
<b>Schläuche</b>	SCHWALBE SV12		Bewährte Schläuche mit Schlaferandventil und normaler Wandstärke.
<b>Reifen</b>	PANARACER Pari Moto	38-584, Faltversion.	Leichte Faltreifen in relativ breiter 38mm Version. Sehr gute Abrolleigenschaften. Auch geeignet für Wege abseits der Straße. Durch beigefarbene Seitenwand wird die Optik des kompletten Laufrades abgerundet.

Hirsch Velo Komponenten Beschreibung	Bezeichnung	Details	Bemerkungen / Vorteile
<b>Kurbel</b>	SHIMANO Ultegra FC-6800	2x11, 165mm Kurbellänge, 43,5mm Kettenlinie	Bewährte Shimano Ultegra Kurbel mit Hollowtechachse. Sehr verwindungssteif. Gutes Gewichts-Steifigkeits-Verhältnis. Verfügbar in der verwendeten kurzen 165mm Version für einen runderen Tritt.
<b>Innenlager</b>	CHRIS KING threaded	BSA 68mm (BC 1.37) Gehäusebreite für Hollowtech 2	Bewährtes, leichtlaufendes Tretlager von höchster Qualität. 5 Jahre Garantie, sehr hochwertig mit edlem Finish. Montierbar mit normalem Hollowtech Werkzeug. Passende Ergänzung zum verwendeten Steuerlager. Gut zu warten mit optionaler Abschmierpresse für eine lange Lebensdauer und niedrige Folgekosten (Wartung statt Austausch). Außenliegende Lagerschalen für erhöhte Steifigkeit.
<b>Pedale</b>	MOTO Bicycles Urban Pedal		Sehr flache, leichte Pedale auf Kompositenschalen und Holzrahmen. Sehr interessante Optik und mit allen Schuhen sehr gut fahrbar durch großflächige Griptapefläche. Langlebige Gleitlagerung. Griptape ist austauschbar und Pedal lässt sich zur Wartung komplett demontieren.
<b>Ritzelpaket</b>	SHIMANO Ultegra CS-6800	11-fach, 11-32 Abstufung	Shimano Ultegra Ritzelpaket mit größtmöglichen Übersetzungsbereich. 11-32 Zähne. Optimal für die Konfiguration mit nur einem Kettenblatt vorne.

Hirsch Velo Komponenten Beschreibung	Bezeichnung	Details	Bemerkungen / Vorteile
<b>Kette</b>	KMC X11e silver	11-fach	Bewährte KMC Kette mit sehr gutem Schaltverhalten. E-Bike Version für Nutzung mit nur einem Kettenblatt vorne. Im Gegensatz zur normalen 11-fach Kette ohne Ausstanzungen in den Laschen und dadurch wesentlich verschleißfester gegen Kettenlänge.
<b>Bremsgriffe</b>	CANE CREEK SCR-5 Road		Leichte, sehr robuste Rennbremshebel ohne Schaltmechanismus und gutem Griff.
<b>Schalthebel</b>	SHIMANO Dura-Ace 9000	SL-BSR1 Bar End Shifters - 11 Speed	Hochwertige 11-fach Lenkerendschalthebel. Einfache Mechanik und sehr robust im Gegensatz zu STI - Schalt-/Bremshebeln. Es können einfache Bremshebel mit sehr einfacher und robuster Mechanik gefahren werden.
<b>Schaltwerk</b>	SHIMANO Ultegra RD-6800 GS	Käfig mittellang. Bis 30 Zähne	Bewährtes Ultegra 11-fach Schaltwerk in der mittellangen GS - Käfigversion zur Verwendung mit 11-32 Kasette. Leicht und sehr robust.
<b>Kettenblatt</b>	WOLF	Eliptical / Asymetric 40Z für Shimano 6800, 11-fach	Sehr hochwertiges, gefrästes, elliptisches Kettenblatt mit Narrow-Wide-Verzahnung. Sehr guter Halt der Kette auch im ruppigen Gelände ohne Verwendung eines Umwerfers oder einer Kettenführung. Durch elliptische Form etwas runderer Tritt gegeben. Kettenlinie ist korrigiert für Shimano Ultegra 6800 Kurbel.
<b>Kettenblattschrauben</b>	WOLF	kurz für Single Kettenblatt, Alu eloxiert	Passende kurze Kettenblattschrauben zur Verwendung eines einzelnen Wolf - Kettenblattes an der Ultegra Kurbel.

Hirsch Velo Komponenten Beschreibung	Bezeichnung	Details	Bemerkungen / Vorteile
<b>Zusatzbremsgriffe</b>	CANE CREEK Crosstop	31,8mm Klemmung	Zu den Rennbremshebeln passende Zusatzbremshebel um auch im Oberlenkergriff bremsbereit zu sein. Speziell im Stadtgebrauch sehr nützlich.
<b>Bremsen</b>	TRP Spyre		Hochwertige mechanische Scheibenbremse bei der jeweils beide Bremskolben angesteuert werden. Dadurch besser dosierbar und Bremsscheibe wird nicht gebogen wie bei anderen mech. Scheibenbremsen. Hier ist oft ein Kolben fest. Ansteuerung mit Rennbremshebeln.
<b>Bremsscheibe vorne</b>	SHIMANO Bremsscheibe SM-RT81 Center Lock	160mm Center lock	Hochwertige Centerlock Bremsscheibe mit Ice-Technologie (Aluminiumkern) zur guten Ableitung der Bremswärme. Da keine zu hohen Bremsbelastungen bei diesem Fahrrad erreicht werden sehr gut geeignet. Größere 160mm Version für vorne da dort eine höhere Bremskraft benötigt wird.
<b>Bremsscheibe hinten</b>	SHIMANO Bremsscheibe SM-RT81 Center Lock	140mm Center lock	Hochwertige Centerlock Bremsscheibe mit Ice-Technologie (Aluminiumkern) zur guten Ableitung der Bremswärme. Da keine zu hohen Bremsbelastungen bei diesem Fahrrad erreicht werden sehr gut geeignet. Kleinere 140mm Version für hinten da dort weniger Bremskraft benötigt wird.

Hirsch Velo Komponenten Beschreibung	Bezeichnung	Details	Bemerkungen / Vorteile
<b>Bremszüge &amp; - hüllen</b>	JAGWIRE Pro	Set - kompressionslos	Kevlarverstärkte Aussenhüllen, dadurch nahezu kompressionslos im Gegensatz zu Stahlgewendelten Bremshüllen. Optimal zur Verwendung mit den gewählten mechanischen Scheibenbremsen. Besserer Druckpunkt wird erreicht und Dosierbarkeit merklich verbessert.
<b>Schaltzüge &amp; - hüllen</b>	JAGWIRE Pro	Set - kompressionslos	Sehr hochwertiges, leichtlaufendes Schaltzugset. Passend zum Bremszugset.

„Besorg Dir ein Fahrrad. Wenn Du lebst, wirst  
Du es nicht bereuen.“

Mark Twain

Betriebswirtschaftliche Kalkulation

Hirsch Velo Teilekalkulation	Bezeichnung	VK brutto ca.	Farbe	Details	Gewicht pro Posten ca. in Gramm	Stückza hl	EK netto ca.	Reingewinn	Bruttofak tor
<b>Rahmen</b>	MAßRAHMEN	1000,00 €							
<b>Gabel</b>	SURLY Straggler	110,00 €	schwarz	650b - 1 1/8 Ahead, , 380mm Länge 44mm Gabelversatz	2100	1	500,00 €	340,34 €	2,0
<b>Steuerlager</b>	CHRIS KING Notheadset	179,95 €	schwarz	1 1/8 Zoll - 30mm Konus, sotto voce	50	1	110,00 €	41,22 €	1,6
<b>Lenker</b>	SALSA Cowbell 3	79,95 €	schwarz	420mm Breite, 31,8mm Klemmung	300	1	45,00 €	22,18 €	1,8
<b>Vorbau</b>	THOMSON Elite	99,95 €	schwarz	1 1/8", Länge noch nicht festgelegt	180	1	65,00 €	18,99 €	1,5
<b>Lenkerband</b>	CINELLI Caleido	24,95 €	schwarz	Lenkerband schwarz	40	1	14,00 €	6,97 €	1,8
<b>Sattel</b>	BROOKS Cambium C15 carved	139,95 €	schwarz		300	1	80,00 €	37,61 €	1,7
<b>Sattelstütze</b>	THOMSON Elite	79,95 €	schwarz	30,0 mm Durchmesser - Zero Offset	300	1	50,00 €	17,18 €	1,6
<b>Sattelleklemme</b>	THOMSON	24,95 €	schwarz	31,8mm Durchmesser	60	1	15,00 €	5,97 €	1,7
<b>HR- Nabe</b>	ONYX CX	449,95 €	schwarz	32 Loch, Shimano 11-fach, Quick Release, 135mm Einbaubreite	400	1	360,00 €	18,11 €	1,2
<b>HR- Felge</b>	DT SWISS 361 Disc	69,95 €	schwarz	650b, 32 Loch,	330	1	38,00 €	20,78 €	1,8
<b>HR- Speichen</b>	DT SWISS Competition	27,20 €	schwarz		140	32	20,00 €	2,86 €	1,4
<b>HR- Nippel</b>	DT SWISS Pro Lock	9,60 €	rot		40	32	3,20 €	4,87 €	3,0
<b>VR- Nabe</b>	ONYX CX	149,95 €	schwarz	32 Loch, 6-Loch Aufnahme	150	1	110,00 €	16,01 €	1,4
<b>VR- Felge</b>	DT SWISS 361 Disc	69,95 €	schwarz	650b, 32 Loch,	330	1	38,00 €	20,78 €	1,8
<b>VR- Speichen</b>	DT SWISS Competition	27,20 €	schwarz		140	32	20,00 €	2,86 €	1,4
<b>VR- Nippel</b>	DT SWISS Pro Lock	9,60 €	rot		40	32	3,20 €	4,87 €	3,0
<b>Felgenbänder</b>	SCHWALBE	5,90 €	blau	20-622	40	2	3,00 €	1,96 €	2,0
<b>Schläuche</b>	SCHWALBE SV12	15,90 €	schwarz		170	2	8,00 €	5,36 €	2,0
<b>Reifen</b>	PANARACER Pacenti Gravel King	69,90 €	schwarz / beige	48-584, Faltversion.	800	2	40,00 €	18,74 €	1,7
<b>Kurbel</b>	SHIMANO Ultegra FC-6800	219,95 €	grau	2x11, 165mm Kurbellänge, 43,5mm Kettenlinie	670	1	130,00 €	54,83 €	1,7
<b>Innenlager</b>	CHRIS KING threaded	199,95 €	schwarz	BSA 68mm (BC 1.37) Gehäusebreite für Hollowtech 2	100	1	120,00 €	48,03 €	1,7

Hirsch Velo Teilekalkulation	Bezeichnung	VK brutto ca.	Farbe	Details	Gewicht pro Posten ca. in Gramm	Stückza hl	EK netto ca.	Reingewinn	Bruttofak tor
Pedale	MOTO Bicycles Urban Pedal	155,00 €	Holz / schwarz		300	1	80,00 €	50,25 €	1,9
Ritzelpaket	SHIMANO Ultegra CS-6800	64,95 €	silber	11-fach, 11-32 Abstufung	230	1	35,00 €	19,58 €	1,9
Kette	KMC X11e silver	29,95 €	silber	11-fach	253	1	20,00 €	5,17 €	1,5
Bremssgriffe	CANE CREEK SCR-5 Road	39,95 €	schwarz/ silber		450	2	22,00 €	11,57 €	1,8
Schalthebel	SHIMANO Dura-Ace 9000	89,95 €	schwarz	SL-BSR1 Bar End Shifters - 11 Speed	60	1	45,00 €	30,59 €	2,0
Schaltwerk	SHIMANO Ultegra RD-6800 GS	64,95 €	grau	Käfig mittellang. Bis 30 Zähne	198	1	40,00 €	14,58 €	1,6
Kettenblatt	WOLF	79,95 €	schwarz	Elipitical / Asymetric 40Z für Shimano 6800, 11-fach	104	1	60,00 €	7,18 €	1,3
Kettenblattschrauben	WOLF	19,95 €	schwarz	kurz für Single Kettenblatt, Alu eloxiert	4	4	11,00 €	5,76 €	1,8
Zusatzbremssgriffe	CANE CREEK Crossstop	34,95 €	schwarz eloxiert	31,8mm Klemmung	140	2	20,00 €	9,37 €	1,7
Bremsen	TRP Spyre	159,90 €	schwarz / silber		160	2	97,00 €	37,37 €	1,6
Bremsscheibe vorne	SHIMANO Bremsscheibe SM- RT81 Center Lock	39,95 €	silber	160mm Center lock	90	1	24,00 €	9,57 €	1,7
Bremsscheibe hinten	SHIMANO Bremsscheibe SM- RT81 Center Lock	39,95 €	silber	140mm Center lock	90	1	24,00 €	9,57 €	1,7
Bremszüge & - hüllen	JAGWIRE Pro	24,95 €	schwarz	Set - kompressionslos	60	1	18,00 €	2,97 €	1,4
Schaltzüge & - hüllen	JAGWIRE Pro	24,95 €	schwarz	Set - Polymerbeschichtet	60	1	18,00 €	2,97 €	1,4
Kleinteile und Schmiermittel	Schmiermittel, Schrauben, Unterlegscheiben, Aheadspacer, sonstiges Montagematerial	15,00 €							
<b>SUMMEN</b>		3948,95 €			9879 g		2356,40 €	949,44 €	

Hirsch Velo Teilekalkulation	Bezeichnung	VK brutto ca.	Farbe	Details	Gewicht pro Posten ca. in Gramm	Stückza hl	EK netto ca.	Reingewinn	Bruttofak tor
<b>Arbeitswerte</b>									
		140,00 €		10 AW - Laufrad einspeichen		2			
		245,00 €		35 AW - Rahmen aufbauen komplett		1			
		14,00 €		2 AW - Gabelkonussitz fräsen		1			
		17,50 €		2,5 AW - Gabelschaft kürzen		1			
	1 AW = 6min	7,00 €		1 AW - Pedale aus- und einbauen		1			
	68,5 AW TOTAL = 411min = 6Std. 51min	17,50 €		2,5 AW - Kettenblatt aus- und einbauen		1			
		7,00 €		0,5 AW - Felgenband aus- und einbauen		2			
		21,00 €		1,5 AW - Schlauch/Decke aus- und einbauen		2			
		10,50 €		1,5 AW - Kasette aus- und einbauen		1			
		21,00 €		3 AW - Lenkerband wickeln		1			
<b>SUMME TOTAL</b>		<b>4449,45 €</b>							

HIRSCH VELO USt-IdNr.: DE123456789  
 Werkstatt Tel: 0178 - 1896699  
 Neue Str. 33 Mail: email@hirsch-velo.de  
 91054 Erlangen



HIRSCH VELO • Neue Str. 33 • 91054 Erlangen

Frau Dr. Michaela Mustermann  
 Wiesenweg 23

91056 Erlangen

Angebot Nr. 1  
 Kunde Nr. 10001  
 Datum 01.12.2016  
 Anzahl Seiten 3

## Angebot

Untenstehend die Angebotsposten wie am Dienstag besprochen.

Pos	Produkt	Bezeichnung	Menge	Einzelpreis	Betrag
10	1	HIRSCH VELO Maßrahmen Cyclocross nach Kundenwunsch	1 St	1.000,00	1.000,00
20	2	SURLY Straggler Gabel - schwarz, disc, 650b	1 St	110,00	110,00
30	3	CHRIS KING Nothreadset Steuersatz - 1 1/8 Zoll - 30mm Konus, sotto voce schwarz	1 St	179,95	179,95
40	4	SALSA Cowbell 3 Lenker - schwarz, 420mm Breite, 31,8mm Klemmung	1 St	79,95	79,95
50	5	THOMSON Elite Vorbau - schwarz, 1 1/8", 31.8 Klemmung, Länge 70mm, 6Grad	1 St	99,95	99,95
60	45	CHRIS KING Innenlager - BSA 68mm - Hollowtech 2 - schwarz	1 St	199,95	199,95
70	6	CINELLI Caleido Lenkerband - schwarz	1 St	24,95	24,95
80	7	BROOKS Cambium C15 carved Sattel - schwarz	1 St	139,95	139,95
90	8	THOMPSON Elite Sattelstütze - schwarz, 30.0mm Durchmesser	1 St	79,95	79,95
100	9	THOMSON Sattelklemme - schwarz, 31.8mm Klemmung	1 St	24,95	24,95
110	10	ONYX CX Silent Hinterradnabe - schwarz, 32 Loch, Shimano 11-fach, Quick Release, 135mm Einbaubreite, Centerlock	1 St	449,95	449,95
120	11	DT SWISS XR361 - Felge, 32Loch, asymmetrisch, schwarz	2 St	69,95	139,90



<b>Pos</b>	<b>Produkt</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Menge</b>	<b>Einzelpreis</b>	<b>Betrag</b>
130	12	DT Competition Speiche - schwarz	64 St	0,85	54,40
140	13	DT SWISS Pro Lock Nippel - rot, Alu, 12mm, für 2.0mm Speichengewinde	64 St	0,30	19,20
150	14	ONYX Vorderradnabe - schwarz, 32Loch, 100mm Einbaubreite, Quick Release	1 St	149,95	149,95
160	15	SCHWALBE Felgenband - high pressure, blau, 21-584	2 St	2,95	5,90
170	16	SCHALBE Schlauch SV12 - Schläucherend Ventil	2 St	7,95	15,90
180	17	PANARACER Gravel King Pacenti Reifen - schwarz/beige, 38-584, faltbar	2 St	34,95	69,90
190	18	SHIMANO Ultegra FC-6800 Kettenradgarnitur - grau, 2x11, 165mm Kurbellänge, 43,5mm Kettenlinie	1 St	219,95	219,95
200	20	MOTO Urban Pedal - schwarz / holz	1 St	155,00	155,00
210	21	SHIMANO Ultegra CS-6800 Ritzelpaket - silber, 11-fach, 11-32 Abstufung	1 St	64,95	64,95
220	22	KMC X11e silver Kette - silber, 11-fach, inkl. Missing Link	1 St	29,95	29,95
230	23	CANE CREEK SCR-5 Road Bremsgriffe - schwarz,	1 St	39,95	39,95
240	24	SHIMANO Dura-Ace 9000, Schalthebel - schwarz, links & rechts, 11-fach, für Montage Lenkerende	1 St	89,95	89,95
250	25	SHIMANO Ultegra RD-6800 GS Schaltwerk - grau, Käfig mittellang. Bis 30 Zähne	1 St	64,95	64,95
260	26	WOLF Kettenblatt - schwarz, Elliptical/Asymetric 40Z für Shimano 6800, 11-fach	1 St	79,95	79,95
270	27	WOLF Kettenblattschrauben - 4 Stück, schwarz, kurze Version für Montage Single Kettenblatt, inkl. Gegenmutter	1 St	19,95	19,95
280	28	CANE CREEK Crc Zusatzbremshebel - schwarz, 31,8mm Klemmung	1 St	34,95	34,95
290	29	TRP Spyre Bremssattel - schwarz / silber, mechanisch	2 St	79,95	159,90
300	30	SHIMANO Bremsscheibe SM-RT81 Center Lock - silber, 160mm Center lock	1 St	39,95	39,95



Pos	Produkt	Bezeichnung	Menge	Einzelpreis	Betrag
310	31	SHIMANO Bremsscheibe SM-RT81 Center Lock - silber, 140mm Center lock	1 St	39,95	39,95
320	33	JAGWIRE Pro Bremszugset - rot, Set - Polymerbeschichtet	1 St	24,95	24,95
330	34	JAGWIRE Pro Schaltzugset - rot, Set - Polymerbeschichtet	1 St	24,95	24,95
340	100	diverse Kleinteile und Schmiermittel (Edelstahlschrauben, Unterlegscheiben, Kabelbinder, Montagmaterial)	1 St	15,00	15,00
350	35	AW Laufrad einspeichen und zentrieren - 10AW - 1AW=6min	2 St	70,00	140,00
360	36	AW Rahmen aufbauen komplett, ink. aller Fräs- und Einstellarbeiten - 35AW - 1AW=6min	1 St	245,00	245,00
370	37	AW Gabelkonussitz fräsen - 2AW - 1AW=6min	1 St	14,00	14,00
380	38	AW Gabelschaft kürzen - 2,5AW - 1AW=6min	1 St	17,50	17,50
390	39	AW Pedale aus- und einbauen - 1AW - 1AW=6min	1 St	7,00	7,00
400	40	AW Kettenblatt aus- und einbauen - 2,5AW - 1AW=6min	1 St	17,50	17,50
410	41	AW Felgenband aus- und einbauen - 0,5AW - 1AW=6min	2 St	3,50	7,00
420	42	AW Schlauch oder Decke aus- und einbauen - 1,5AW - 1AW=6min	2 St	10,50	21,00
430	43	AW Kassette aus- und einbauen - 1,5AW - 1AW=6min	1 St	10,50	10,50
440	44	AW Lenkerband wickeln - 3AW - 1AW=6min	1 St	21,00	21,00
				Nettobetrag	3.739,03
				Umsatzsteuer 19%	710,42
				Endbetrag EUR	4.449,45

Zahlbar innerhalb 14 Tagen ohne Abzug

Bankverbindung: Konto 123456789 • BLZ 9876543321 • Schweizer Sparkasse

Angebot gültig bis 31. Dezember 2016



## Liste Jahreswartung /-inspektion

Bauteilgruppe	Prüfung, Tätigkeit, Einstellvorgang, Austausch	Erledigt	Bemerkung
<b>Rahmen &amp; Gabel</b>			
	Sichtprüfung auf Korrosion, Verformungen und Risse.		
<b>Antrieb</b>			
	Sitz der Zahnkränze prüfen, Kettenverschleiss messen.		
	Kettenblatt- und Kurbelschrauben kontrollieren / festziehen.		
	Kette auf Lauf, Verschleiß und Spannung prüfen, Sichtprüfung der Vernietung, schmieren.		
	verschlossene Kette und Zahnkränze erneuern.		
	verschlossene Kettenblätter / KRG erneuern.		
	Pedale auf Verschleiß, Rutschfestigkeit und Leichtlauf prüfen.		
	Pedale lösen, Gewinde fetten, festziehen, ggf. erneuern.		
	Innenlager auf Spielfreiheit und Leichtlauf prüfen, ggf. reinigen und schmieren.		
	Schaltzüge prüfen, entwässern, schmieren, einstellen.		
	Schaltzüge ggf. erneuern.		
	Schalthebel auf einwandfreie Funktion prüfen, schmieren, justieren.		
	Schaltwerk prüfen und einstellen.		
	Schaltwerk Gelenke reinigen, schmieren.		
<b>Bremsen</b>			
	allgemeine Prüfung auf Zustand und Funktion.		
	Bremsbeläge auf Verschleiß und korrekte Montage prüfen.		
	Verschlossene Bremsbeläge erneuern.		
	Gelenke der Bremse reinigen, schmieren.		
	Bremshebel Funktion und Ergonomie prüfen, Gelenke schmieren.		
	Bremszüge prüfen, entwässern, schmieren, einstellen.		
	ggf. Bremszüge erneuern.		
	Bremsscheiben auf Verschleiss prüfen, ggf. erneuern.		

Bauteilgruppe	Prüfung, Tätigkeit, Einstellvorgang, Austausch	Erledigt	Bemerkung
<b>Laufräder</b>			
	Radlager auf Spiel, Leichtlauf und Beschädigung prüfen.		
	Radlager bei Bedarf einstellen bzw. austauschen.		
	Schnellspanner anziehen / Sitz prüfen, ggf. fetten.		
	Felgen auf Beschädigung prüfen.		
	Speichen auf Schäden und Spannung prüfen.		
	Laufräder spannen und zentrieren, defekte Speichen ersetzen.		
	Felgenband und Bereifung auf Montage und Verschleiß prüfen, aufpumpen. Verschlossene Bereifung austauschen.		
<b>Lenkung</b>			
	Vorbau: Montage und Verschraubungen prüfen.		
	Lenker: Sichtprüfung auf Verformungen und Risse, Justage / Ergonomie.		
	Lenkerband auf Sitz und Zustand prüfen.		
	Steuerlager prüfen und einstellen.		
	ggf. Steuerlager öffnen, reinigen, fetten.		
<b>Anbauten</b>			
	alle Verschraubungen auf festen Sitz prüfen, fehlende Schrauben und Kappen ersetzen.		
<b>Funktion Endkontrolle und Probefahrt</b>			
	Endkontrolle und Probefahrt durchführen. Inspektionsprotokoll abzeichnen.		
<b>Dokumentation</b>			
	Arbeiten durchgeführt. Datum, Unterschrift Bearbeiter:		

## Gewährleistung

Die gesetzliche Gewährleistung bezieht sich auf die Mangelfreiheit des Kaufgegenstandes zum Zeitpunkt der Übergabe an den Käufer.

Der Verkäufer steht dafür ein, dass die verkaufte Sache frei von Sach- und Rechtsmängeln ist. Er haftet daher für alle Mängel, die schon zum Zeitpunkt des Verkaufs bestanden haben und auch für sogenannte versteckte Mängel, die erst später bemerkbar werden.

Die Gewährleistungsfrist beträgt für Neuware 24 Monate und für gebrauchte Ware 12 Monate. Innerhalb der ersten sechs Monate nach Übergabe ist bei Mangel an der Sache der Verkäufer dazu verpflichtet nachzuweisen, dass die Sache bei Übergabe mangelfrei war. Nach diesen sechs Monaten findet eine Beweislastumkehr statt. Wird nach diesen sechs Monaten ein Mangel erkennbar, muss der Käufer nachweisen dass die gekaufte Sache bereits bei Übergabe mangelhaft war.

Bei Mangelhaftigkeit der Sache stehen dem Käufer die folgenden gesetzlichen Rechte zu:

zunächst nur Anspruch auf Nacherfüllung; falls Nacherfüllung erfolglos:

- Rücktrittsrecht
- Minderung
- Anspruch auf Schadensersatz
- Ersatz vergeblicher Aufwendungen

Die Nacherfüllung ist dabei das vorrangige Recht. Sie ist zum einen durch die Lieferung einer neuen Sache (Austausch bzw. Nachlieferung) oder durch die Beseitigung des Mangels (Reparatur bzw. Nachbesserung) möglich. Welche Art der Nacherfüllung zu erbringen ist, bestimmt grundsätzlich der Käufer.

## Garantie

Ein Garantieverprechen ist eine zusätzliche freiwillige Leistung des Händlers und/oder des Herstellers für Mängel nach der Übergabe.

Die Übernahme einer Garantie durch den Händler bzw. Hersteller bedeutet in der Regel eine Besserstellung, da die Garantie zumeist Mängel erfasst, die erst nach der Übergabe der Sache entstehen. Somit spielt der Zustand der Ware zum Zeitpunkt der Übergabe an den Kunden keine Rolle.

Das gesetzliche Gewährleistungsrecht bleibt neben einer eventuellen Garantie bestehen, sodass der Kunde während der gesetzlichen Gewährleistungsfrist wählen kann, ob er aus der Garantie oder seinen Gewährleistungsrechten vorgehen möchte.

Die Garantieerklärung (häufig in Form eines Garantiescheins) muss u.a. folgende Angaben enthalten:

- Inhalt der Garantie über freiwillige Leistungen nach eigenen Vorstellungen des Händlers/Herstellers
- alle wesentlichen Angaben, die für eine Geltendmachung der Garantie erforderlich sind, insbesondere die Dauer und den räumlichen Geltungsbereich des Garantieschutzes, eventuelle Beschränkungen der Garantie sowie Namen und Anschrift des Garantiegebers.

## Übersicht Gewährleistung und Garantie:

	<b>Garantie</b>	<b>Gewährleistung</b>
<b>Dauer</b>	24 Monate	0 bis lebenslang
<b>Neuware</b>	24 Monate - nach 6 Monaten Beweislastumkehr	0 bis lebenslang
<b>Gebrauchtware</b>	2 Jahre - kann bei gewerblichen Verkauf auf 1 Jahr reduziert werden. Privat kann sie komplett ausgeschlossen werden.	0 bis lebenslang
<b>Ansprechpartner</b>	Händler	Garantiegeber
<b>Freiwillig?</b>	Nein - gesetzlich geregelt	Ja - freiwillige Leistung des Garantiegebers
<b>Wer haftet?</b>	Verkäufer haftet	Garantiegeber haftet (Händler / Hersteller)
<b>Für wann entstandene Mängel?</b>	Für Mängel bei der Übergabe	Für Mängel nach der Übergabe

### **Gewährleistung und Garantie In unserem Fall:**

#### **Gewährleistung:**

Für das hergestellte Fahrrad gilt uneingeschränkt die gesetzliche Gewährleistungspflicht von 24 Monaten. Ausgenommen davon sind normaler Verschleiss und Schäden durch unsachgemäßen Gebrauch.

#### **Garantie:**

Freiwillige Garantie 5 Jahre auf Rahmen und Gabel ab Verkaufsdatum.

Diese Garantie gilt nur für den Erstkäufer und ist nicht übertragbar.

Es wird sich vorbehalten defekte Rahmen oder Gabeln zu reparieren oder durch gleichwertiges Nachfolgemodell zu ersetzen. Montage-, Transport- und weitere Zusatzkosten werden nicht übernommen.

Ausgeschlossen von der Garantie ist die Lackierung, Schäden durch unsachgemäßen Gebrauch sowie durch Veränderung am Rahmen oder der Gabel und durch Montage zusätzlicher Komponenten.

#### **Unsachgemäßer Gebrauch:**

Unsachgemäßer Gebrauch ist z.B. Mangelnde Pflege und Wartung, Sturz, Überbelastungen durch Sprünge, etc.

### Hinweise für den Kunden

- Regelmäßig die Kette schmieren, gerade bei Geräusentwicklung und nach Regenfahrten. Überschüssiges Öl von der Kette abwischen. Schmierung sollte vor allem im Kettengelenk vorhanden sein.
- Darauf achten das keinesfalls Schmiermittel auf die Bremsanlage kommen! Dies kann auch bei der Reinigung des Fahrrades passieren.
- Luftdruck der Reifen regelmäßig überprüfen und ggf. nachpumpen.
- Etwa alle 3 Monate die Kette mit einer Kettenmesslehre auf Verschleiss prüfen um Kette rechtzeitig wechseln zu können. Damit wir einem Übermäßigen Verschleiss des Antriebs ( Kettenblatt und Ritzel) vorgebeugt.
- Züge/Hüllen und bewegliche Gelenke alle paar Monate nachölen um Leichtgängigkeit und lange Nutzungsdauer gewähren zu können.
- Bremsbeläge und Bremsscheiben regelmäßig auf Verschleiss prüfen.
- Einmal pro Jahr Generalwartung durch eine Fachwerkstatt.

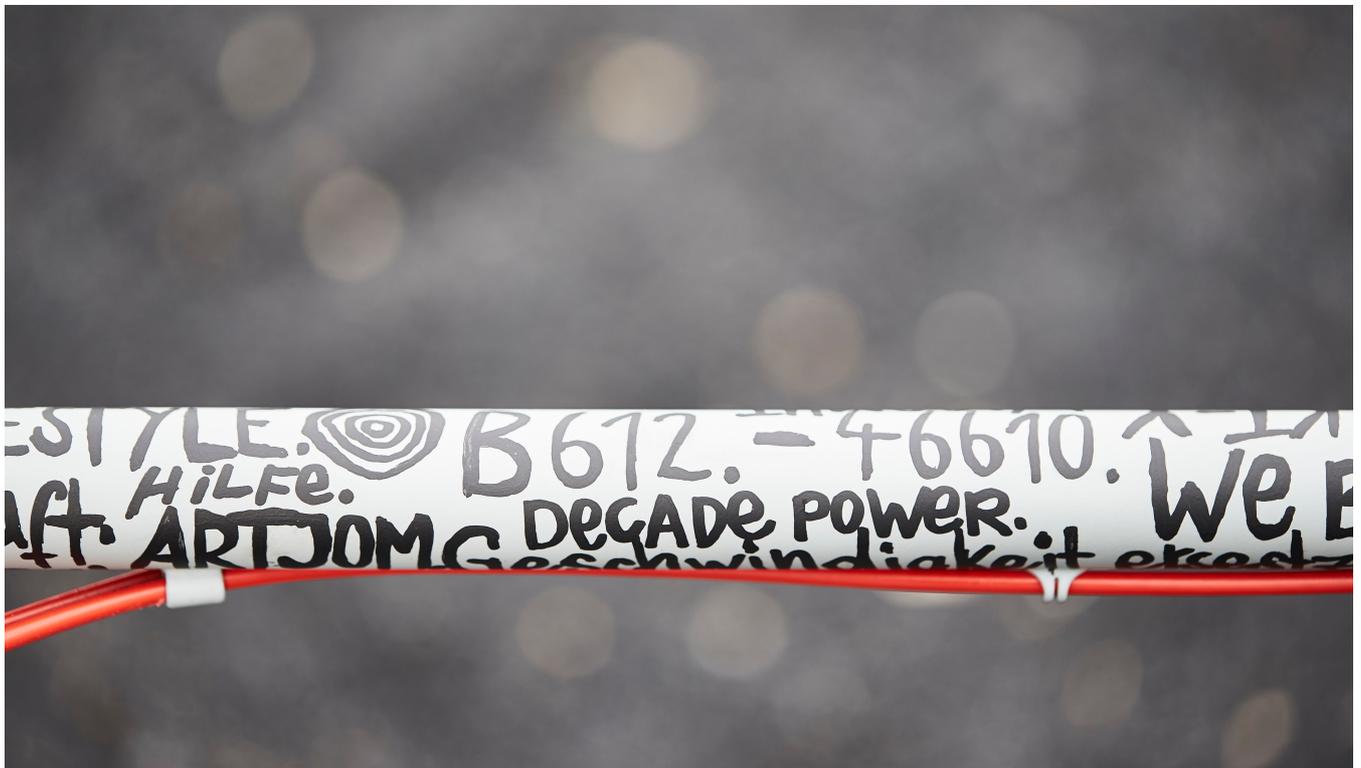












„Beim Fahrradfahren geht es um  
Bewegung und Freiheit, auf dem  
Fahrrad fühlt man sich ungebunden, ja  
fast autonom.“

Ralf Hütter - Kraftwerk



SILENT CROSS  
schnell - leise - vielseitig

Meisterprojektarbeit  
Zweiradtechnik - Fahrrad

Thomas Hirsch

[www.thomas-hirsch.net](http://www.thomas-hirsch.net)

Berufs- und Technologiezentrum  
der Handwerkskammer Rhein-Main

Frankfurt am Main - 2017