

Antrieb Be6/8“ (Krokodil)

Case Study Antriebstechnik

TS Maschinenbau TM4, IBZ Bern



P. Hänni, Ch. Reimann & M. Weibel

Geht an: M. Lanz, TM4

z. K. an:

Erstellt durch: P. Hänni, Ch. Reimann & M. Weibel

Datum: 20.09.2005

Unterschrift:

Freigegeben: P. Hänni, Ch. Reimann & M. Weibel

Datum: 30.09.2005

Unterschrift:

sig. M. Weibel

Version 1.2

Ersatz für:

Referenz: Krokodil_V12.doc

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	3
2	Vorgehensweise im Team	3
3	Vorbereitungen.....	3
3.1	3D Volumen-Modell.....	3
3.2	Kaufteillieferanten	3
4	Besichtigung	4
5	Berechnungen zur Bestimmung Motor/Getriebe.....	5
5.1	Hinweis.....	5
5.2	Max. Geschwindigkeit Lokomotive	5
5.3	Max. Drehzahl am Rad	5
5.4	Gewünschte Zugkraft Lokomotive.....	5
5.5	Anfahren (Werte am Rad)	5
5.5.1	Zu überwindende Haftreibungskraft	5
5.5.2	Leistung	5
5.5.3	Drehmoment.....	5
5.6	Fahren (Werte am Rad)	5
5.6.1	Gleit- bzw. Rollreibungskraft.....	5
5.6.2	Leistung	6
5.6.3	Drehmoment.....	6
5.7	Anforderung pro Motor (ohne Getriebe).....	6
6	Auswahl Motor & Getriebe	6
6.1	Gewählter Motor.....	6
6.2	Gewähltes Getriebe	7
6.2.1	Motorgetriebe.....	7
6.2.2	Querübersetzung	7
6.2.3	Übertragung.....	7
7	Berechnungen nach Motor/Getriebeauswahl	9
7.1	Drehzahl mit gewähltem Getriebe	9
7.1.1	Drehzahl Getriebe.....	9
7.1.2	Drehzahl Rad.....	9
7.1.3	Gesamtübersetzung	9
7.2	Maximalgeschwindigkeit	9
7.3	Momente des Motors	9
7.3.1	Anfahrmoment (pro Motor)	9
7.3.2	Fahrmoment (pro Motor)	9
8	Schwungscheibe.....	10
8.1	Moment Rad.....	10
8.2	Moment Motor	10
8.3	Erforderliches Trägheitsmoment.....	10
8.4	Minstdurchmesser (Material: Messing/ Breite 5mm).....	10
8.5	Bremsweg	11
9	Einbau	11

1 Vorwort

Die vorliegende Arbeit ist Bestandteil einer Case Study welche wir Ende des 4. Semester im Fach Antriebstechnik erarbeitet haben. Die Arbeitsgruppe ist in dieser Form zu Stande gekommen, da wir bis anhin gemeinsam eine Lerngruppe geführt haben. Wir wohnen unweit voneinander und können uns so einfach treffen. Das Thema haben wir gewählt, da es uns am meisten angesprochen hat und Ch. Reimann beim Thema Modelleisenbahnen gut bewandert ist.

2 Vorgehensweise im Team

Von Beginn weg haben wir uns Etappen-Ziele gesteckt und die anfallenden Arbeiten untereinander aufgeteilt. An vereinbarten Zeitpunkten haben wir uns getroffen, sind das Erarbeitete durchgegangen und haben uns gegenseitig kontrolliert.

3 Vorbereitungen

3.1 3D Volumen-Modell

Aufgrund der Skizze, welche im Anhang der Aufgabenstellung zu finden war, haben wir ein 3D-Volumen Modell der Lokomotive erstellt. Das ganze wurde nicht detailliert dargestellt, aber vor allem den Freiräumen für die Platzierung des Antriebs haben wir ein Augenmerk geschenkt.

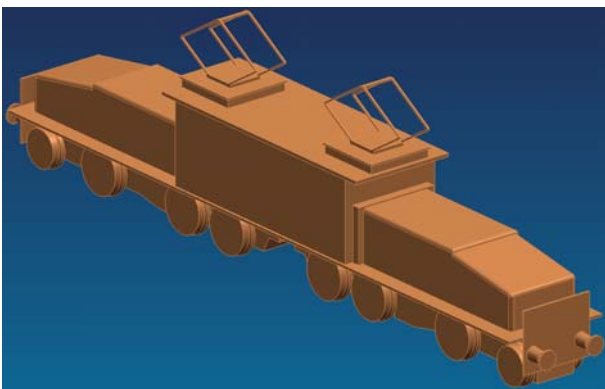


Abbildung 1 3D Volumen-Modell

3.2 Kaufteillieferanten

Bereits im Vorfeld der Berechnungen, haben wir mögliche Lieferanten ausfindig gemacht. Auf der einen Seite aus dem Erfahrungsschatz von Ch. Reimann, andererseits haben wir im Internet gesucht.

Als allfälligen Motor- und Getriebelieferant haben wir die Firma Faulhaber (www.minimotor.ch) gefunden, für einzelnen Zahnräder die Firma Old Pullman (www.oldpullmann.ch).

4 Besichtigung

Am Montag 15. August 2005 hatten wir die Gelegenheit Herr Lanz in Grünen bei Sumiswald zu besuchen und uns die besagte Modelleisenbahn-Lokomotive anzusehen. Er erläuterte uns die Vorgeschichte und den bisherigen Aufbau des Modells. Anhand von Demonstrationen zeigt er uns das Fehlverhalten beim Anfahren und Bremsen auf.



Abbildung 2 Antriebsbereich



Abbildung 3 Mittelaufbau

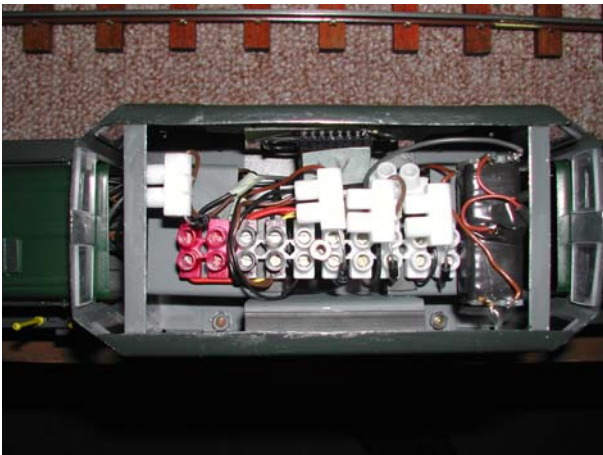


Abbildung 4 Verdrahtung im Mittelaufbau



Abbildung 5 Unterboden/Fahrwerk

5 Berechnungen zur Bestimmung Motor/Getriebe

5.1 Hinweis

Es werden die Werte der Lokomotive als Gesamtes gerechnet. Es wird ein Eigengewicht der Lokomotive von 3kg angenommen.

5.2 Max. Geschwindigkeit Lokomotive

$$v = 27 \text{ m/min} \rightarrow: 60 \rightarrow \underline{0.45 \text{ m/s}}$$

5.3 Max. Drehzahl am Rad

$$v_u = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot n$$

$$n_{\max} = \frac{v}{2 \cdot \pi \cdot r} = \frac{0.45 \text{ m/s}}{2 \cdot \pi \cdot 0.015 \text{ m}} = 4.7751/\text{s} \rightarrow \cdot 60 \rightarrow \underline{286.4791/\text{min}}$$

5.4 Gewünschte Zugkraft Lokomotive

$$F_Z = 10 \text{ N}$$

5.5 Anfahren (Werte am Rad)

5.5.1 Zu überwindende Haftreibungskraft

$$F_{HR} = F_G \cdot \mu_0$$

$$F_{HR} = 3 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 \cdot 0.25 = \underline{7.358 \text{ N}}$$

5.5.2 Leistung

$$P = F \cdot v$$

$$P = (F_Z + F_{HR}) \cdot v = (10 \text{ N} + 7.358 \text{ N}) \cdot 0.45 \text{ m/s} = \underline{7.811 \text{ W}}$$

5.5.3 Drehmoment

$$P = M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n$$

$$M = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{7.811 \text{ W}}{2 \cdot \pi \cdot 4.7751/\text{s}} = \underline{0.260 \text{ Nm}}$$

5.6 Fahren (Werte am Rad)

5.6.1 Gleit- bzw. Rollreibungskraft

$$F_{RR} = F_G \cdot \mu$$

$$F_{RR} = 3 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 \cdot 0.05 = \underline{1.472 \text{ N}}$$

5.6.2 Leistung

$$P = F \cdot v$$

$$P = (F_Z + F_{RR}) \cdot v = (10N + 1.472N) \cdot 0.45 m/s = \underline{5.162W}$$

5.6.3 Drehmoment

$$P = M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n$$

$$M = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{5.162W}{2 \cdot \pi \cdot 4.7751/s} = \underline{0.172Nm}$$

5.7 Anforderung pro Motor (ohne Getriebe)

Die oben aufgeführten Werte werden halbiert (2 Motoren)

	Leistung	Drehmoment
Anfahren	3.905 W	0.130 Nm
Betrieb	2.581 W	0.086 Nm

6 Auswahl Motor & Getriebe

Aufgrund des Einbauraumes, haben wir festgestellt, dass wir den Motor in Längsrichtung einbauen werden müssen. Mit einem Getriebe müssen wir die längsseitige Antriebswelle, quer übersetzen. Anschliessend müssen wir den Antrieb auf die Blindwelle übertragen.

6.1 Gewählter Motor

Angaben gemäss beigelegtem Datenblatt:

Hersteller	Faulhaber
Typ	DC-Kleinstmotoren 2.5mNm Edelmetallkommutierung
Artikelnummer	012 S
Nennspannung	12 V
Abgabeleistung	3.27 W
Leerlaufdrehzahl	9500 1/min
Gewicht	50 g
Drehrichtung	Rechtsdrehend auf Antriebswelle gesehen
Empfohlene Werte	
Drehzahl bis	8000 1/min
Dauerdrehmoment bis	2.5 mNm
Thermisch zulässiger Dauerstrom	0.45 A

6.2 Gewähltes Getriebe

Durch diese Anordnungen kommen wir auf 3 verschiedene Übersetzungen. Die entsprechenden Übersetzungsverhältnisse haben wir immer untereinander durchgerechnet und sind auf folgende gekommen.

6.2.1 Motorgetriebe

Als Zubehör zum Motor kann ein Getriebe eingekauft werden.

Angaben gemäss beigelegtem Datenblatt:

<i>Hersteller</i>	<i>Faulhaber</i>
Typ	Stirnradgetriebe 0.1Nm
Artikelnummer	22/2
Untersetzungsverhältnis	1:5.4
Wirkungsgrad	90 %

6.2.2 Querübersetzung

Um die längsdrehende Antriebswelle quer zu übersetzen haben wir ein Schraubenradgetriebe gewählt, da dieses Getriebe nicht selbsthemmend ist und wir daher auf einen Freilauf verzichten können.

	<i>Schraubenrad klein (gelb)</i>	<i>Schraubenrad gross (rot)</i>
Lieferant	Old Pullman	
Artikelnummer	84101	84105
Modul	0.5 mm	
Werkstoff	Messing	
Zähnezahl	10	25
Bohrung	3 mm	
Zahnbreite	7.5 mm	5.5 mm
Übersetzungsverhältnis	1:2.5	

6.2.3 Übertragung

Nach der Querübersetzung müssen wir den Antrieb auf die Blindwelle übertragen. Diese Distanz überbrücken wir mit einem einfachen Stirnradgetriebe

	<i>Stirnrad klein (gelb)</i>	<i>Stirnrad gross (rot)</i>
Lieferant	Old Pullman	
Artikelnummer	84052	84056
Modul	0.5 mm	
Werkstoff	Messing	
Zähnezahl	20	50
Bohrung	2 mm	3 mm
Zahnbreite	2 mm	
Übersetzungsverhältnis	1:2.5	

Antrieb Be6/8“ (Krokodil)

Case Study Antriebstechnik
TS Maschinenbau TM4, IBZ Bern

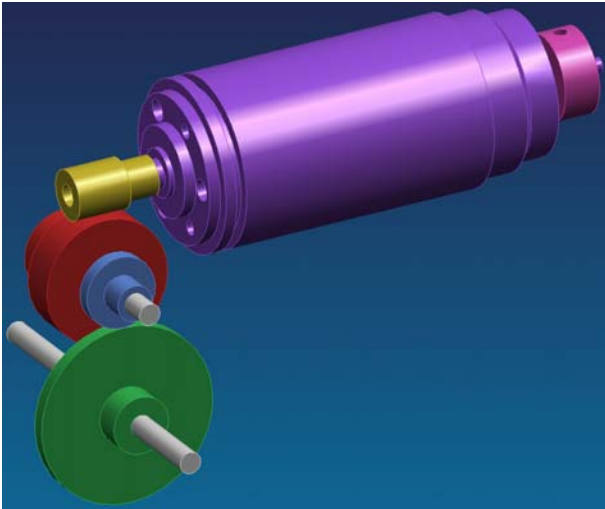


Abbildung 6 Aufbau 3D

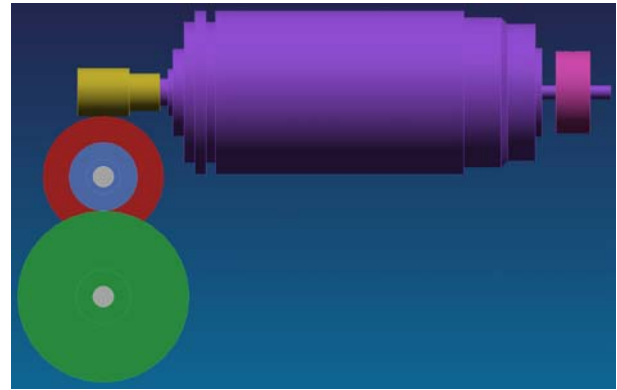


Abbildung 7 Auf Achse gesehen

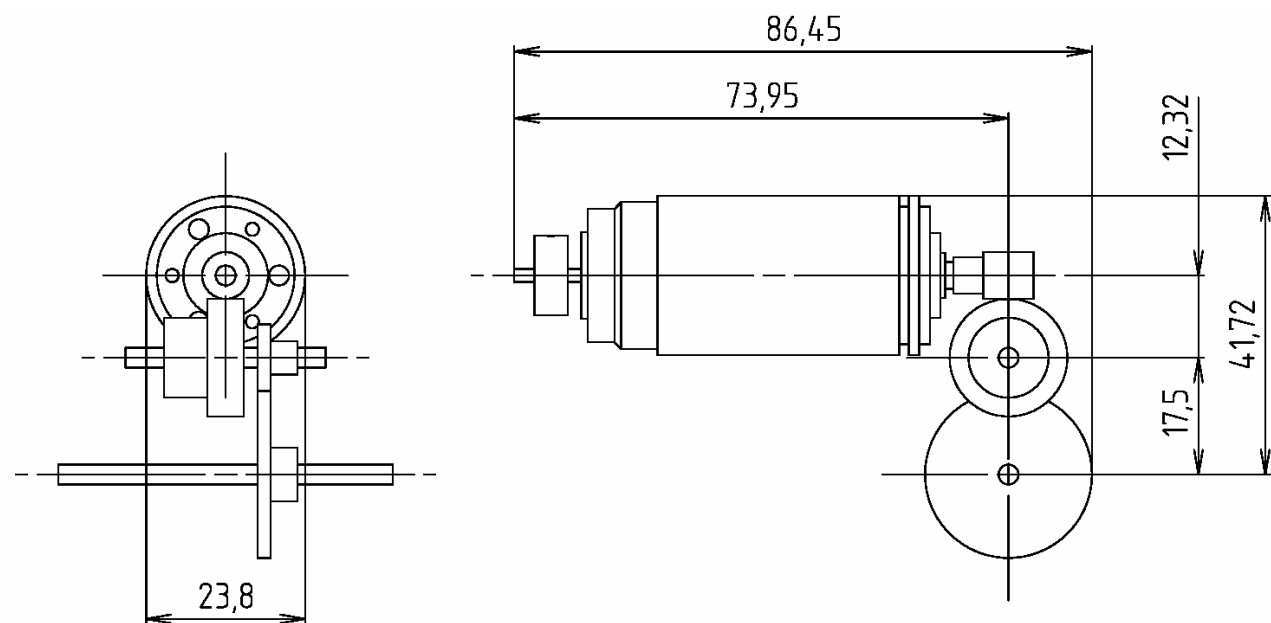


Abbildung 8 Massbild

7 Berechnungen nach Motor/Getriebeauswahl

7.1 Drehzahl mit gewähltem Getriebe

7.1.1 Drehzahl Getriebe

$$n_G = \frac{n_M}{i_G}$$

$$n_G = \frac{80001/\text{min}}{1:5.4} = \underline{1481.4821/\text{min}}$$

7.1.2 Drehzahl Rad

$$n_R = \frac{n_G}{i_{SchR}}$$

$$n_R = \frac{1481.4821/\text{min}}{1:6.25} = \underline{237.0371/\text{min}}$$

7.1.3 Gesamtübersetzung

$$i_{Ges} = i_G \cdot i_{SchR}$$

$$i_{Ges} = 5.4 \cdot 6.25 = 33.75$$

$$i_{Ges} = 1:5.4 \cdot 1:6.25 = \underline{1:33.75} = 0.0296$$

7.2 Maximalgeschwindigkeit

$$v = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot n_R$$

$$v = 2 \cdot \pi \cdot 0.015\text{m} \cdot 237.0371/\text{min} = \underline{22.340\text{m}/\text{min}} = 0.372\text{m}/\text{s}$$

7.3 Momente des Motors

Für die Berechnungen haben wir einen grundsätzlichen Wirkungsgrad von 75% gewählt.

7.3.1 Anfahrmoment (pro Motor)

$$M_A = \frac{M}{\eta \cdot i_{Ges}}$$

$$M_A = \frac{0.13\text{Nm}}{0.75 \cdot 33.75} = \underline{0.0051\text{Nm}}$$

7.3.2 Fahrmoment (pro Motor)

$$M_F = \frac{M}{\eta \cdot i_{Ges}}$$

$$M_A = \frac{0.086\text{Nm}}{0.75 \cdot 33.75} = \underline{0.0034\text{Nm}}$$

8 Schwungscheibe

8.1 Moment Rad

$$M_R = \frac{m \cdot g \cdot \mu_0 \cdot r}{2}$$

$$M_R = \frac{3\text{kg} \cdot 9.81\text{m/s}^2 \cdot 0.25 \cdot 0.015\text{m}}{2} = 0.0551812\text{Nm} \rightarrow \underline{0.055\text{Nm}}$$

8.2 Moment Motor

$$M_M = \frac{M_R}{\eta \cdot i_{Ges}}$$

$$M_M = \frac{0.055\text{Nm}}{0.75 \cdot 33.75} = 0.0021728\text{Nm} \rightarrow \underline{0.002\text{Nm}}$$

8.3 Erforderliches Trägheitsmoment

$$J_{SchS} = \frac{M_M}{\alpha}$$

$$J_{SchS} = \frac{0.002\text{Nm}}{50000\text{rad/s}^2} = \underline{4.36 \cdot 10^{-8}\text{kgm}^2}$$

8.4 Mindestdurchmesser (Material: Messing/ Breite 5mm)

$$J_x = \frac{1}{32} \cdot \rho_{\text{Messing}} \cdot \pi \cdot d^4 \cdot h$$

$$4.36 \cdot 10^{-8}\text{kgm}^2 = \frac{1}{32} \cdot 8.7 \cdot 10^3\text{kg/m}^3 \cdot \pi \cdot d^4 \cdot 0.005\text{m} \rightarrow d = 0.0101\text{m} \rightarrow \underline{10.0519\text{mm}}$$

Es handelt sich hierbei um den Mindestdurchmesser der Schwungscheibe. Die Anlauf- und Auslaufenforderungen werden bei einer Vergrößerung des Durchmessers verbessert. Wir haben uns daher auf den nächst grösseren Durchmesser von 12mm festgelegt.

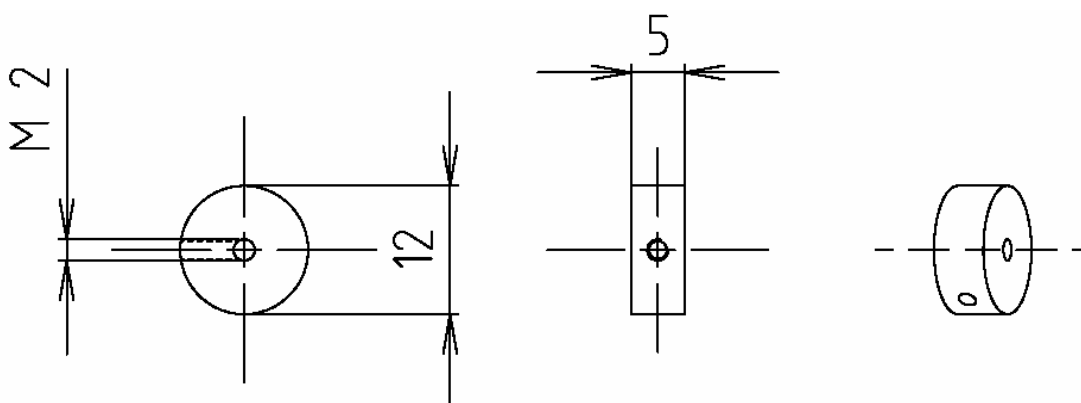


Abbildung 9 Fertigungszeichnung Schwungscheibe

8.5 Bremsweg

$$s = \frac{\frac{m}{2} \cdot v^2}{F_{RR}}$$
$$s = \frac{3\text{kg} \cdot (0.372\text{m/s})^2}{1.472\text{N}} = \underline{\underline{0.1413\text{m}}} = 141.3\text{mm}$$

9 Einbau

Der Einbau kann wie in Abbildung 10 und Abbildung 11 dargestellt eingebaut werden.

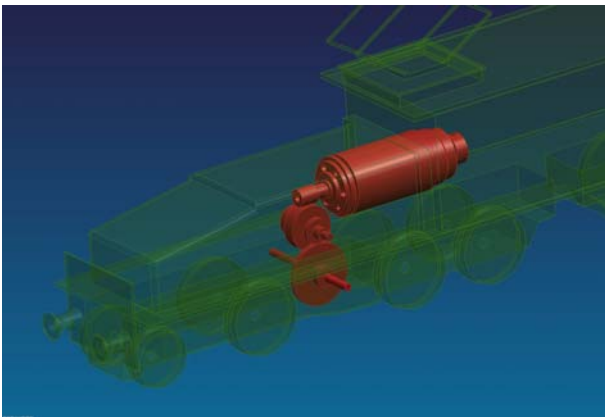


Abbildung 10 Einbau 3D

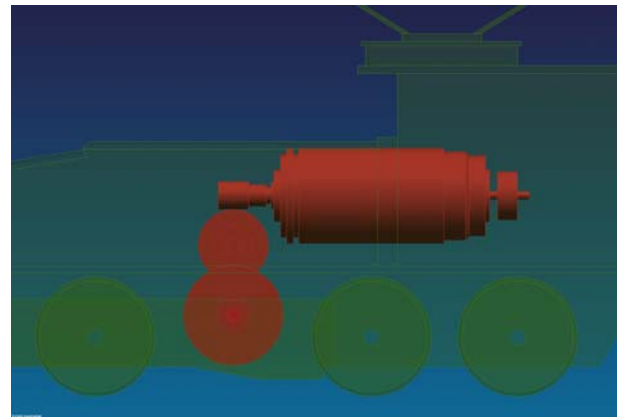


Abbildung 11 Einbau der Antriebsgruppe

Es kann eine leichte Verlagerung des Einbauortes erreicht werden, indem man den ganzen Aufbau um die Achse der Blindwelle dreht.

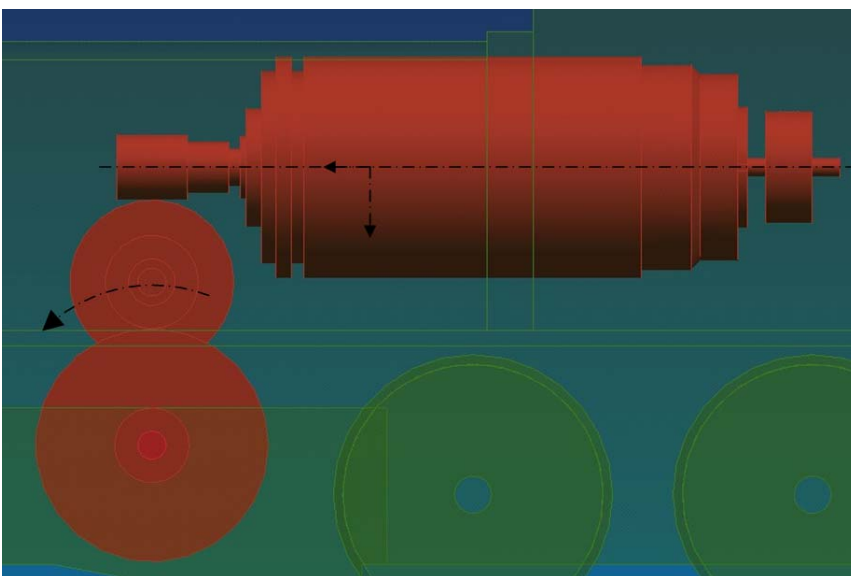


Abbildung 12 Verschiebbarkeit