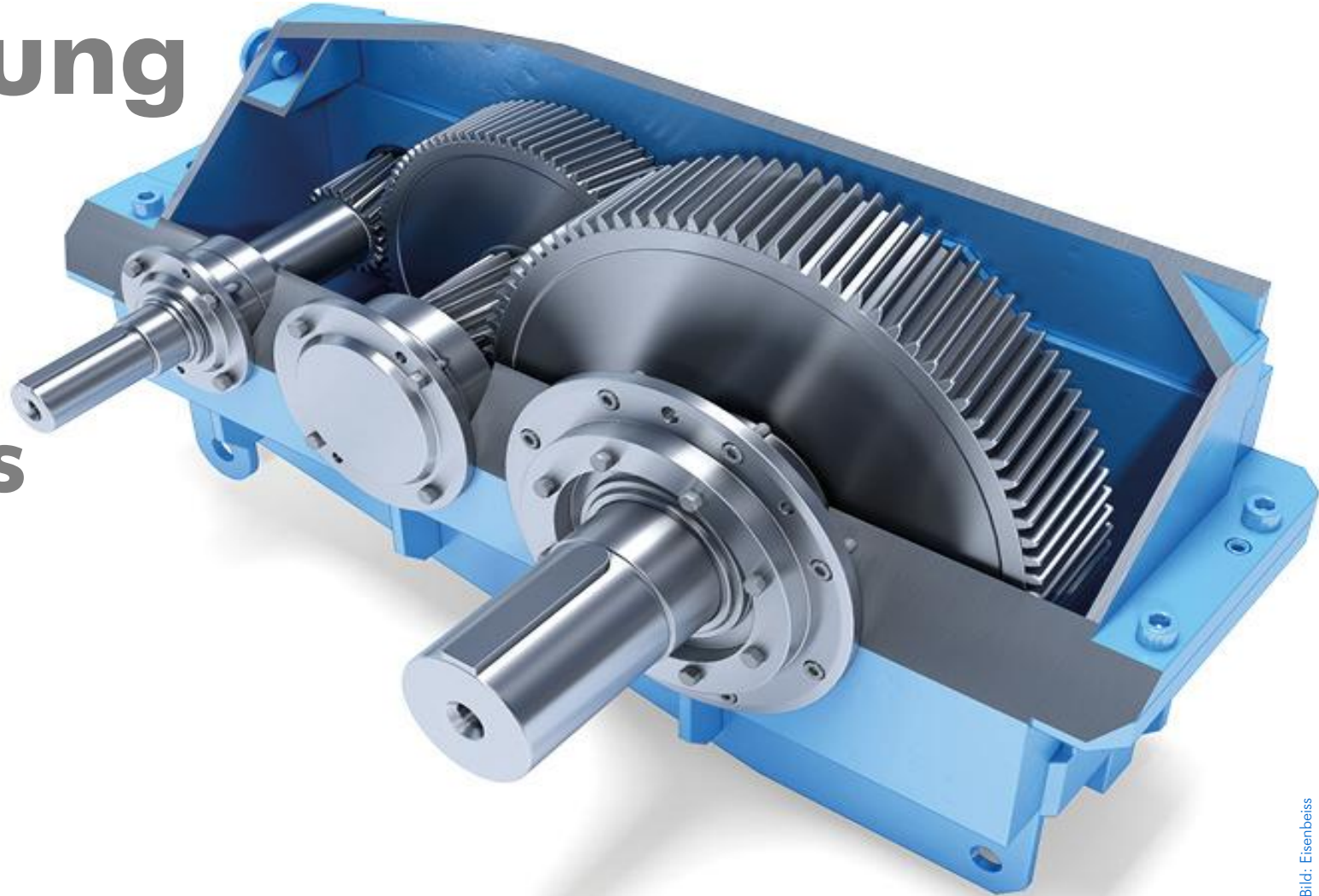


Systemgestaltung

Konstruktion eines Stirnradgetriebes

Wellen- berechnung



Wellenauslegung - Ablauf

- ↓ Leistung – Drehmomente, Lastdaten der Zahnradstufen
- ↓ Wellenmindestdurchmesser, Wellengroblayout
- ↓ Welle-Nabe-Verbindungen WNV
- ↓ Lastdaten für die Wellennachrechnung
- ↓ Kräfteplan
- ↓ Programm Ein- und Ausgabe
- ↓ Überprüfen
- ↓ Dokumentieren

Berechnung Leistung - Drehmoment

$$P = F \cdot v$$

$$P = T \cdot \omega$$

$$\omega = 2\pi \frac{n}{60s} \quad \text{mit } n \text{ in } \frac{1}{\text{min}}$$

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{P \cdot 60s}{n \cdot 2\pi}$$

Einheiten beachten!
(MathCad, RM)

Näherungsformel:

$$T \approx \frac{P}{n} \cdot 9550 \quad \text{mit } T \text{ in Nm, } P \text{ in kW, } n \text{ in } \frac{1}{\text{min}}$$

Beispiel:

$$P = 333 \text{ kW}$$

$$n_1 = 4444 \frac{1}{\text{min}}$$

$$T_1 = 716 \text{ Nm} = 716000 \text{ Nmm}$$

Vergleich der im Computer
berechneten Werte mit
"Handrechnung"!
Plausibilitätskontrolle!

Modul und Durchmesser

p : Teilung

z_1, z_2 : Zähnezahlen

d_1, d_2 : Teilkreise

$$d_1 \cdot \pi = p \cdot z_1$$

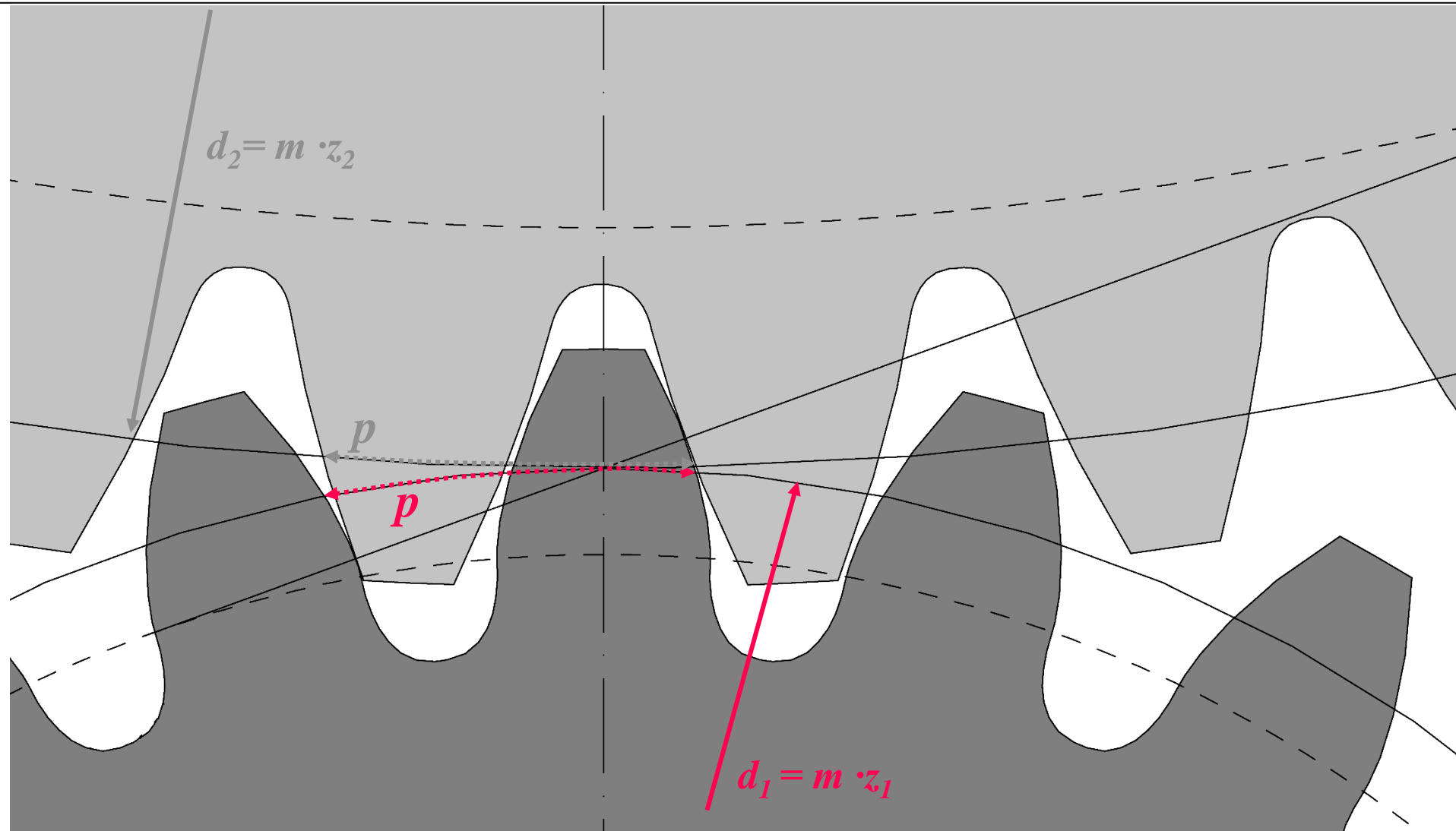
$$d_2 \cdot \pi = p \cdot z_2$$

m : Modul

$$p = m \cdot \pi$$

$$d_1 = m \cdot z_1$$

$$d_2 = m \cdot z_2$$



Zahnradgeometrie

Zahnradkräfte

hier vereinfacht :

Nullverzahnungen, Profilverschiebung
Zahnabmessungen nach RM GL21.5
Schrägverzahnung mit Schrägungswinkel β
Durchmesser nach RM GL21.38

$$x_i = 0$$

$$d_i = z_i \cdot m_n \cdot \frac{1}{\cos \beta}$$

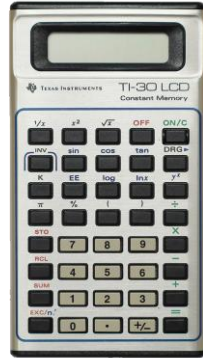
Null- Achsabstand RM GL 21.42

$$a_{(d)} = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

Nenn Drehmoment RM GL 21.70

$$T_i = F_{ti} \cdot \frac{d_i}{2}$$

Rechenwerkzeuge



Apache
OpenOffice™



LibreOffice®



Berechnungswerkzeuge

MathCad

$$\sigma_{HSB} := \sqrt{\frac{F_{tSB}}{b \cdot d_{1SB}} \cdot \frac{i_{SB} + 1}{i_{SB}}} \cdot Z_{nges} \cdot K_{Hges} = 668.09 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Calc, 123,

MS Excel

$$=WURZEL(BX2/BO2/BS2*(BD2+1)/BD2)*\$AT\$37*\$AT\$39$$

Python

```
F_tSB = 15660      #Zahnumfangskraft N
b      = 75        #Zahnbreite mm
d_1SB  = 122       #Teilkreis Ritzel SB mm
i_SB   = 4.533     #Übersetzung SB
Z_nges= 382.5     #Faktor Nennspannung
K_Hges= 1.206     #Faktor Breitentragen
```

```
sigma_HSB=((F_tSB/b/d_1SB*(i_SB+1)/i_SB)**(0.5))*Z_nges*K_Hges
```

Beispiel MathCad

Rechnen mit Einheiten

Eingabe mit Einheiten (Mechanik) (MathCad rechnet mit Einheiten!)

Eingabe $P_1 := 333 \text{ kW}$ $n_1 := 4444 \cdot \frac{1}{\text{min}}$ (MathCad kann mit Einheit $\text{min} = 60 \text{ s}$ f_1 gleich n_1 setzen)

Formeln $f_1 := n_1 = 74.067 \frac{1}{\text{s}}$ $\omega_1 := 2 \cdot \pi \cdot f_1 = 465.375 \frac{1}{\text{s}}$ $P_1 = T_1 \cdot \omega_1$

Ergebnis $T_1 := \frac{P_1}{\omega_1} = 715.553 \text{ N} \cdot \text{m}$ (Beachte in MathCad den Unterschied zwischen := und = und =!)

(Standardeinheit im MathCadErgebnis ist hier $\mathbf{J} = \text{N} \cdot \text{m}$) (Achtung: 715.553 ist in M Cad (USA) "715 Komma 553" !)

Eingabe ohne Einheiten (Ungünstig, in vielen älteren Büchern. Manchmal nötig für Kompatibilität mit den RM Formeln.)

Formel $T_{RM} = \frac{P_{RM} \cdot 30}{n_{RM} \cdot \pi}$ mit P_{RM} in W und n_{RM} in $\frac{1}{\text{min}}$.

Eingabe $P_{RM} := 333000$ $n_{RM} := 4444$

Ergebnis $T_{RM} := \frac{P_{RM} \cdot 30}{n_{RM} \cdot \pi} = 715.553 \quad [Nm]$

dimensionsloser Weg für RM-Formeln in M Cad: $P'_1 := \frac{P_1}{W} = 333000$ $n'_1 := \frac{n_1}{\frac{1}{\text{min}}} = 4444$ $T' := \frac{P'_1 \cdot 30}{n'_1 \cdot \pi} = 715.553$

Näherungsformel (RM GL11.11) $P''_1 := \frac{P_1}{kW} = 333$ $T'' := \frac{P''_1}{n'_1} \cdot 9550 = 716$

beachte: $n_1 = 707.285 \text{ rpm}$? $n_1 = 4444 \frac{1}{\text{min}}$ Üblich ist rpm "rotations per minute". In M Cad dagegen "radian per minute"

MathCad Express

"Nach Ablauf der 30 Tage erhalten Sie automatisch eine unbefristete Nutzungsberechtigung für **PTC Mathcad Express**, die Light-Version von **PTC Mathcad Prime**.
Hinweis: Mathcad Express ist jedoch nicht für kommerzielle Zwecke zugelassen."

oder:

SMATH

Übersetzung allgemein Zahnradpaarung

Umfangsgeschwindigkeit $v = r_1 \cdot \omega_1 = r_2 \cdot \omega_2$ $d_i = 2r_i$ $d_i = m \cdot z_i$ $\omega_i = 2\pi \cdot n_i [\dots]$

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

Übersetzung

$$i = \frac{n_{an}}{n_{ab}} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

Index **1** : Ritzel (klein) Index **2** : Rad (groß)

Zähnezahlverhältnis

$$u = \frac{z_1}{z_2}$$

- zweckmäßige, eindeutige Bezeichnungen verwenden
z.B. "langsame Stufe – schnelle Stufe" statt "erste Stufe – zweite Stufe"
oder noch besser nach Schema

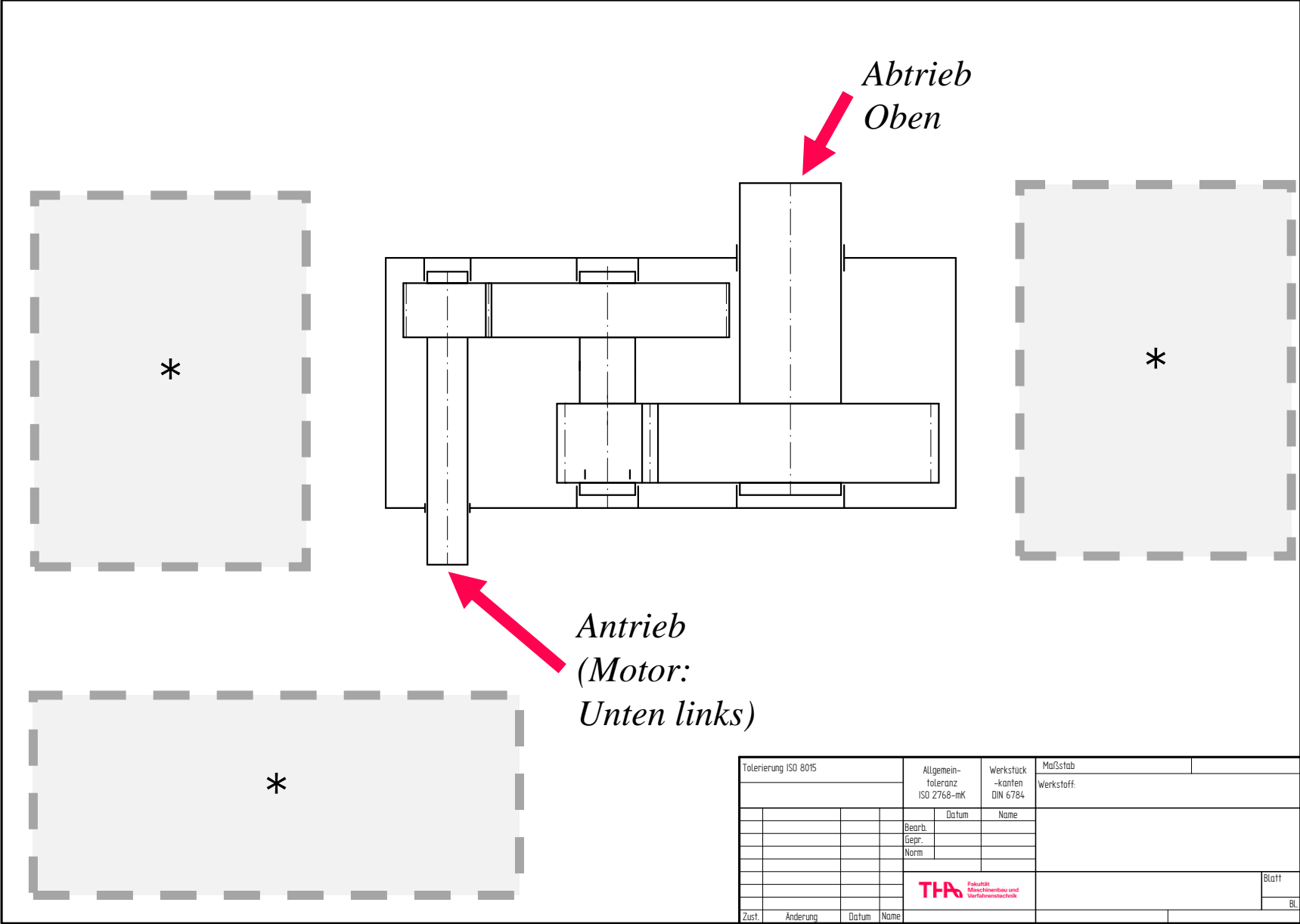
Ergebnisse bis jetzt

- Drehzahlen
- Drehmomente
- Zahnradabmessungen, Achsabstände

Anordnung auf der Zeichnung

Draufsicht auf die Wellenmittenebene

*:ggf. weitere Ansichten, Schnitte

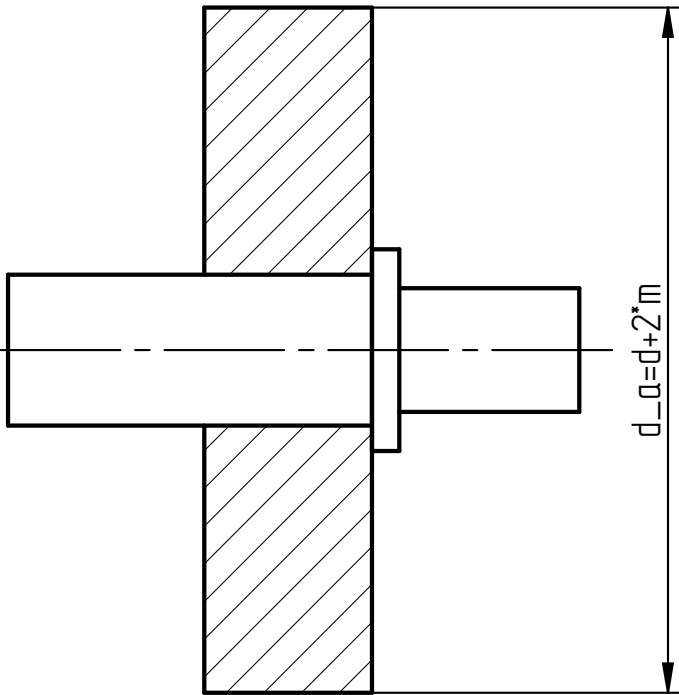


Tolerierung ISO 8015		Allgemein-toleranz ISO 2768-mK	Werkstück-kanten DIN 6784	Maßstab	
				Werkstoff:	
		Datum	Name		
		Bearb.			
		Gepr.			
		Norm			
				 Fakultät Maschinenbau und Verfahrenstechnik	Blatt
Zust.	Änderung	Datum	Name		BL

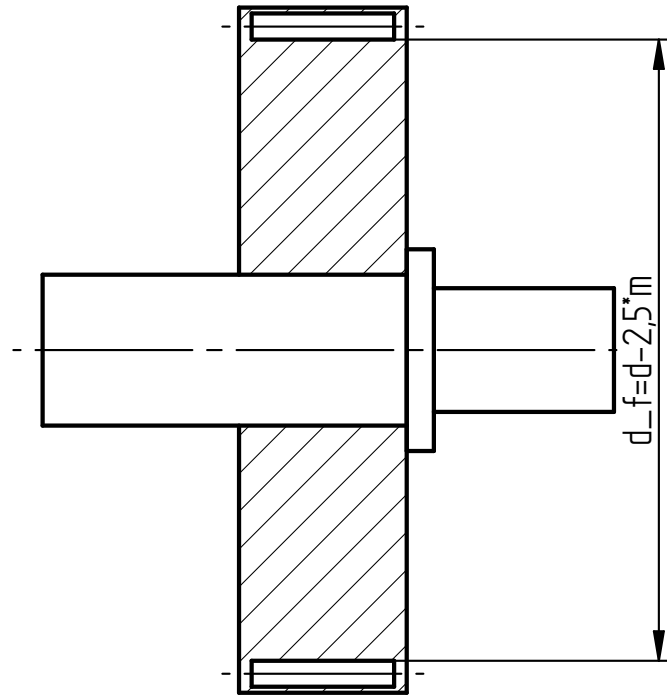
Skizze der Räder und Wellen

- ⚙ nur Hauptmaße = Achsabstände, Raddurchmesser, Radbreiten
- ⚙ keine Details und Bearbeitung
- ⚙ Zahnräder als Scheiben, keine Zähne im CAD modelliert
- ⚙ Verzahnungsdarstellung normgerecht (Hoischen!)

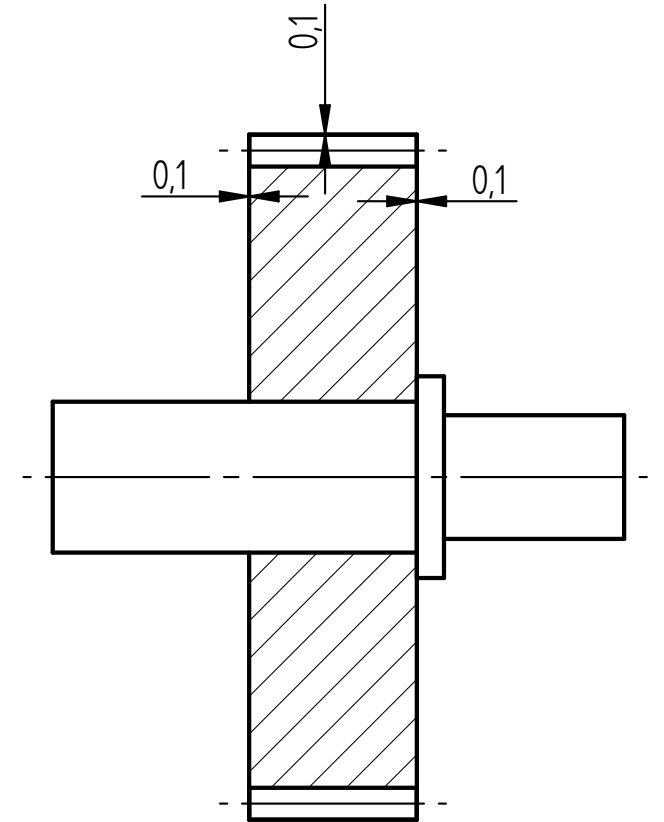
Vereinfachte CAD-Modellierung und normgerechte Darstellung der Zahnräder



◦ Stirnrad als Scheibe mit Kopfkreisdurchmesser



◦ "Ring" "abziehen"



◦ fertiges normgerechtes Zahnrad

Wellenauslegung - Ablauf

- ↓ Leistung – Drehmomente, Lastdaten der Zahnradstufen
- ↓ Wellenmindestdurchmesser, Wellengroblayout
- ↓ Welle-Nabe-Verbindungen WNV
- ↓ Lastdaten für die Wellennachrechnung
- ↓ Kräfteplan
- ↓ Programm Ein- und Ausgabe
- ↓ Überprüfen
- ↓ Dokumentieren

Vorauslegung Wellendurchmesser

- Verzahnung einsatzgehärtet, Welle blindgehärtet
z.B. nach RM Bild 11-21, Gl 11-13 $T = T_{nenn} \cdot K_A$

$$d' \approx 2,7 \cdot 3 \sqrt{\frac{T}{\tau_{tD}}}$$

d' in mm
 T in Nmm
 τ_{tD} in $\frac{N}{mm^2}$

hier im Beispiel:

$$d_{Welle,min} \approx 42 \text{ mm}$$

- Kontrolle Fußkreis Ritzel d_F (β zunächst vernachlässigt)

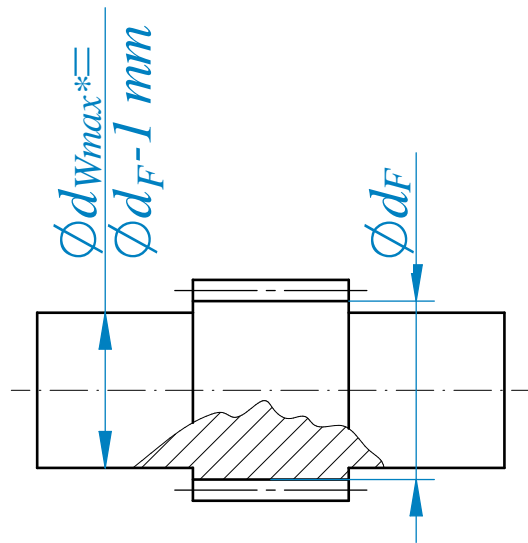
$$d_F \approx d \cdot 2,5 \cdot m \quad \text{hier} \quad d_F \approx 59 \text{ mm} > d_{Welle} \rightarrow \text{o.k.}$$

- Wellenenden \approx genormt! (Hoischen Kap.8, "kurz")

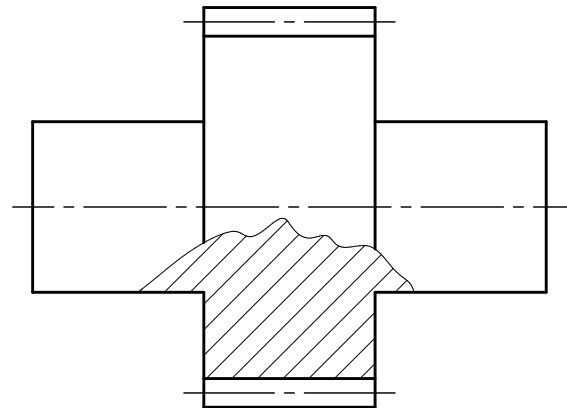
Wellen-Groblayout

Ritzel und Welle

1. Wellendurchmesser abschätzen nach Folie "Vorauslegung Wellendurchmesser"
2. Bauart Welle:

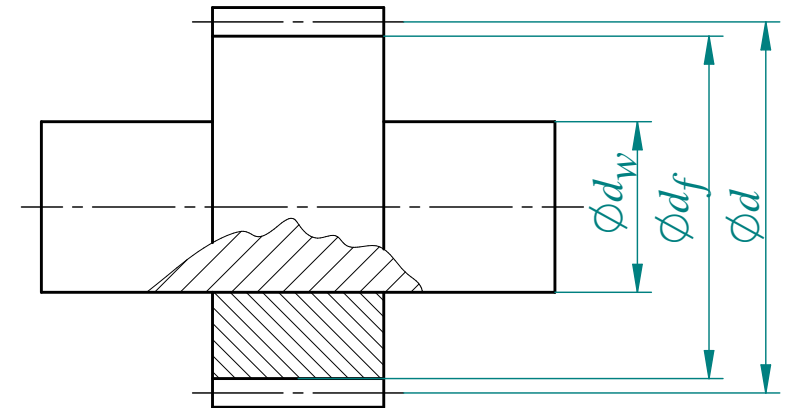


aufgeschnittenes Ritzel



aufgeschnittenes Ritzel
("Ritzelwelle")
möglich bis $d_f - d_w > 1 \text{ mm}$

gebautes Ritzel



gebautes Ritzel empfohlen
bei $d_f - d_w > 5 \cdot m_n$

Wellen-Groblayout

Anhaltswerte

$$a \approx 4\text{mm} + 1,5 \cdot m_{n2} \cdot k$$

$$v_t \leq 50 \frac{\text{m}}{\text{s}} : k = 1$$

$$v_t > 50 \frac{\text{m}}{\text{s}} : k = \frac{1}{40} (v_t \cdot \frac{\text{s}}{\text{m}} - 10)$$

$$a_{\text{max}} = 70\text{mm}$$

$$b \approx d_{\text{Welle}} \cdot \frac{1}{3}$$

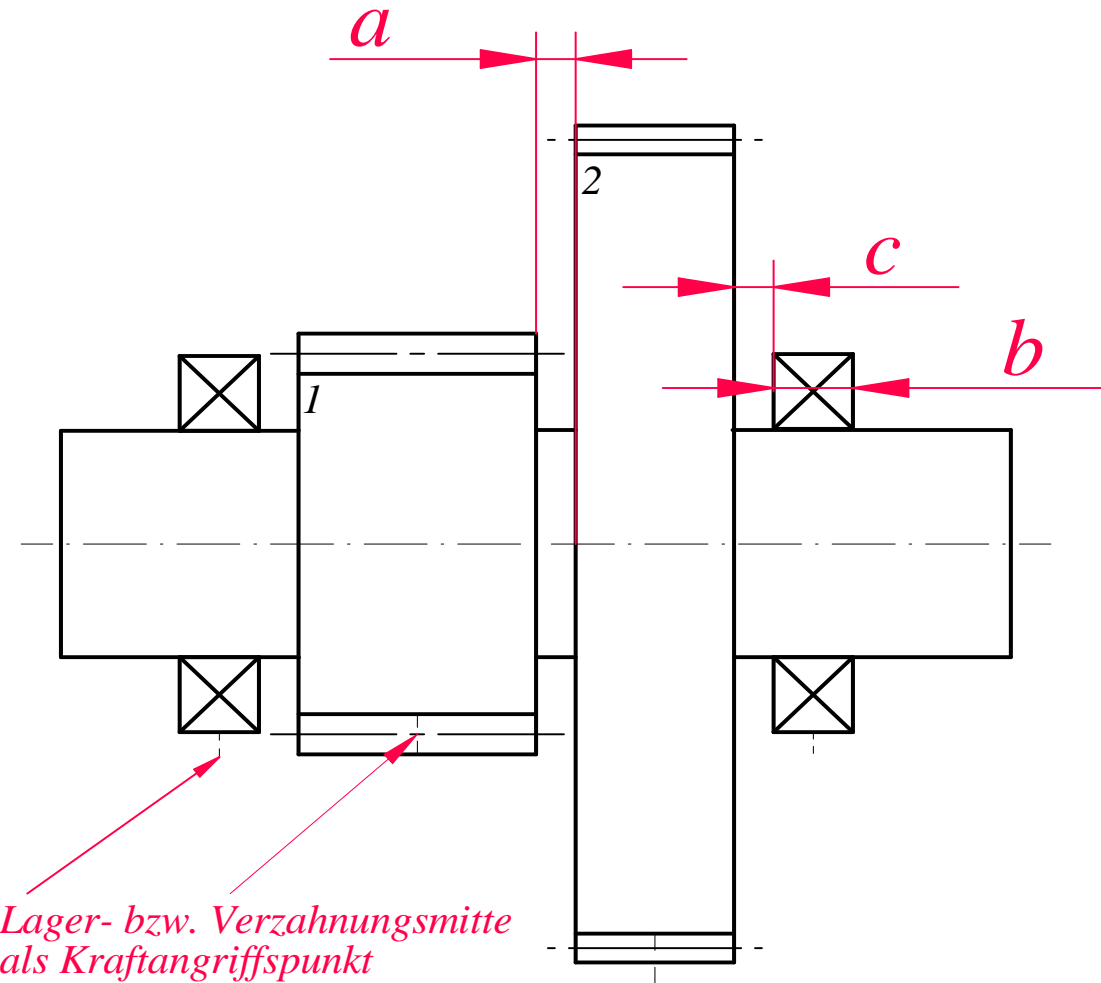
Loslager :

$$c_{LL} \approx 4\text{mm} + 3 \cdot m_{n2} \cdot k \quad (k \text{ wie oben})$$

Festlager

$$c_{FL} \approx 4\text{mm} + 3 \cdot m_{n2} \cdot k + \frac{b}{3}$$

(v_t = Umfangsgeschwindigkeit)



Wellenauslegung - Ablauf

- ↓ Leistung – Drehmomente, Lastdaten der Zahnradstufen
- ↓ Wellenmindestdurchmesser, Wellengroblayout
- ↓ Welle-Nabe-Verbindungen WNV
- ↓ Lastdaten für die Wellennachrechnung
- ↓ Kräfteplan
- ↓ Programm Ein- und Ausgabe
- ↓ Überprüfen
- ↓ Dokumentieren

Wellen-Layout

Drehmoment übertragende Teile (meist fürs Groblayout noch nicht nötig)

An-, Abtrieb, Zahnrad auf Welle, ...

- Passfeder? (zur Eignung beachte RM Bild 12-1. Auch l_d beachten!)

Zahnwellen? (z.B. DIN 5480, l_d beachten!)

- **zyl. Pressverband (Schrumpfsitz) ←Empfehlung!**

höhere Sicherheit als bei Welle und Verzahnung erforderlich

wegen z.B. Herstelltoleranzen, Reibwertunsicherheit, ...

Fliehkrafteinfluss beachten!

Fügetemperatur < Anlasstemperatur Einsatzstahl (Welle kühlen?)

Spannung außen am Außenteil?

(sollte hier bei Zahnrädern < 100 N/mm^2 sein, Zahnfußsicherheit beachten!)

Berechnung mit MDESIGN, nicht mit Excel-File von RM!

Zuerst Vorauslegung, dann NACHrechnung (Ausdruck zur Abgabe: nur Nachrechnung!).

Ergebnis: $T_{\text{übertragbar}} >! T_{\text{nenn}} \cdot \text{Sicherheit}$

„Sicherheit“ ggf. von Hand ausrechnen und nachweisen!

- Stirnflächen-Schraubverbindung z.B. RM Bsp.8.3

Wellenauslegung - Ablauf

- ↓ Leistung – Drehmomente, Lastdaten der Zahnradstufen
- ↓ Wellenmindestdurchmesser, Wellengroblayout
- ↓ Welle-Nabe-Verbindungen WNV
- ↓ Lastdaten für die Wellennachrechnung
- ↓ Kräfteplan
- ↓ Programm Ein- und Ausgabe
- ↓ Überprüfen
- ↓ Dokumentieren

Welle

Nachweis

Festigkeitsnachweis

Nachweis der **Sicherheit gegen Dauerbruch**
(Ermüdungs- oder Schwingungsbruch)

Nachweis der **Sicherheit gegen Verformung**
(Anriss oder Gewaltbruch)

Wellenberechnung mit MDESIGN-Welle

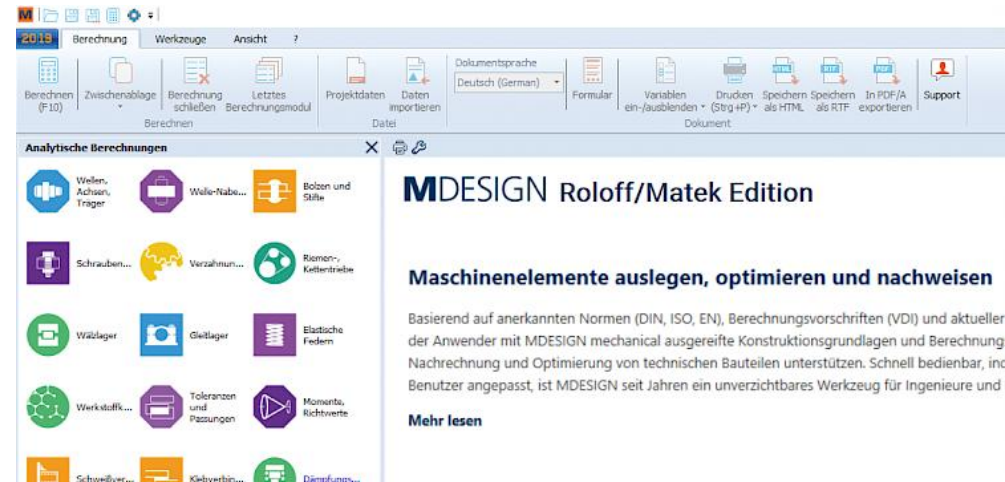
Zur Wellenberechnung ist die Vollversion oder die Studentenversion (Gebühr) von MDESIGN nicht nötig.

Die Version *MDESIGN-Roloff/Matek Edition*

ist für Studenten kostenfrei und funktionseingeschränkt, aber hier ausreichend. Andere Programme zur Wellenberechnung nach DIN 743 sind auch möglich, werden aber nicht von uns betreut.

Die Studentenversion von MDesign

(s.o., im Rechenzentrum, oder gegen xx€ beim Hersteller, Sammelbestellung?) ist in einigen Features etwas komfortabler.



Wellenberechnung mit MDESIGN-Welle

Mdesign Roloff/Matek

eingeschränkte Funktionalität bei Wellenberechnung,
z.B. mögliche Zahl der Wellenabschnitte begrenzt,
Hohlwelle nicht möglich.

Abhilfen:

- Verwendung von *Mdesign Student* im Rechenzentrum
- Sinnvolle Konstruktion, Vereinfachung der Wellengeometrie
(nicht belastete Wellenabschnitte weglassen, Welle "aufteilen",
Welle im Bereich hoher Sicherheiten gröber modellieren?)

Wellenberechnung mit MDESIGN-Welle

in Anlehnung an DIN 743

Programmeingaben

- ↩ Berechnungsumfang
- ↩ Wellenwerkstoff
- ↩ Wellengeometrie
- ↩ Position der Lager
- ↩ Belastungen (Kräfte und Momente)
- ↩ Sicherheiten

MDESIGN mechanical

↳ Wellen, Achsen, Träger

↳ Wellenberechnung Basis



Belastung

Kräfte, Momente

Drehmoment wechselnd oder schwelend ?

Axialkraft Verzahnung wechselnd oder schwelend, Richtung ? → Überlegen, s. Angabe!

Anwendungsfaktor $K_A = ?$ → s. Angabe

WELLEN Dauerfestigkeit:

Die Wellenberechnung erfolgt mit einem Bezugsmoment, eine Verwendung von K_A ist im Wellenprogramm nicht vorgesehen. (→Folie Bezugsbelastung)

hier also: $T_{Bez} = T_{nenn} \cdot K_A$ ebenso: $F_{xx} = F_{verz.rechn.} \cdot K_A$ und $P_{Bez} = P_{nenn} \cdot K_A!$

statische Festigkeit:

hier vorgegeben: $T_{max} = T_{nenn} \cdot 3$

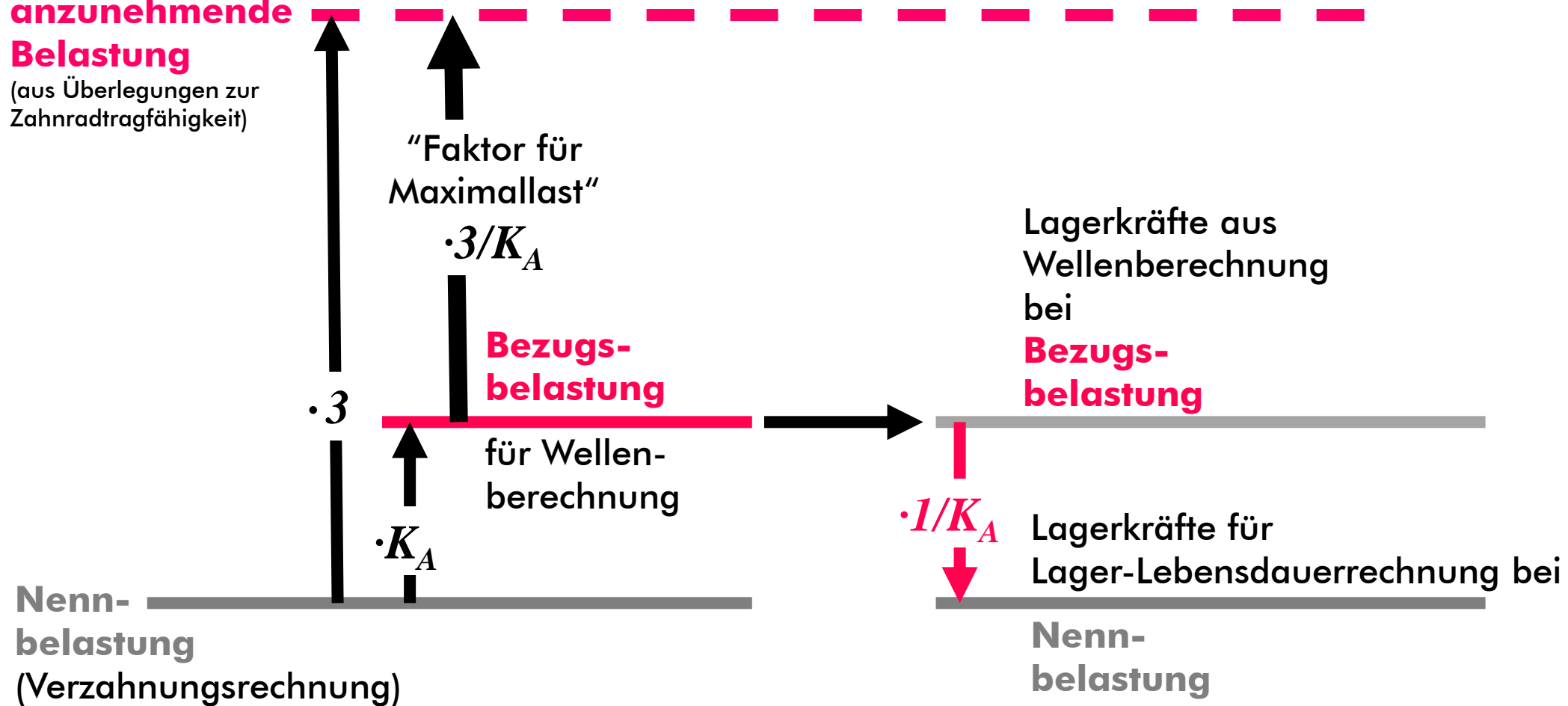
dem Wellenprogramm ist aber T_{nenn} nicht „bekannt“, sondern nur T_{Bez}

also gilt $T_{max} = T_{Bez} \cdot f_{max}$ mit $f_{max} = 3 / K_A$

Belastungen in Verzahnungs-, Wellen-, und Lagerrechnung

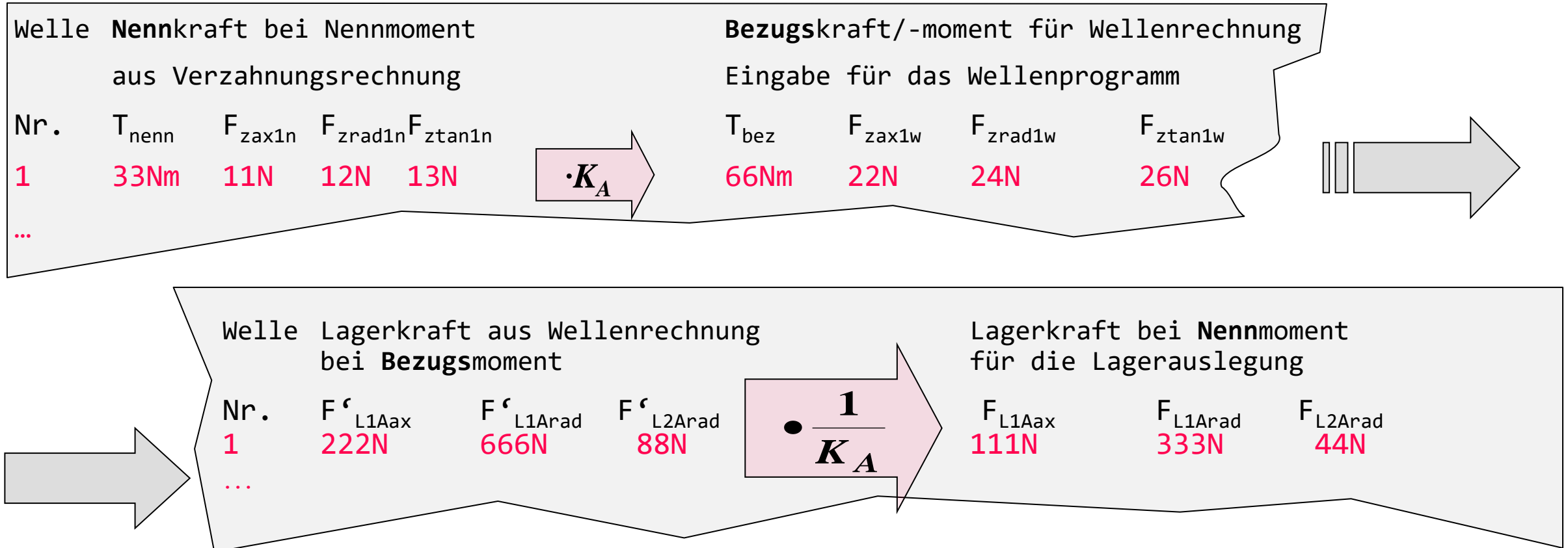
Maximal anzunehmende Belastung

(aus Überlegungen zur
Zahnradtragfähigkeit)



Belastungswerte für verschiedene Berechnungen übersichtlich Darstellen

Beispieltabelle für $\kappa_A=2$: (Achtung: κ_A Ihrer Aufgabe kann einen anderen Wert haben!)



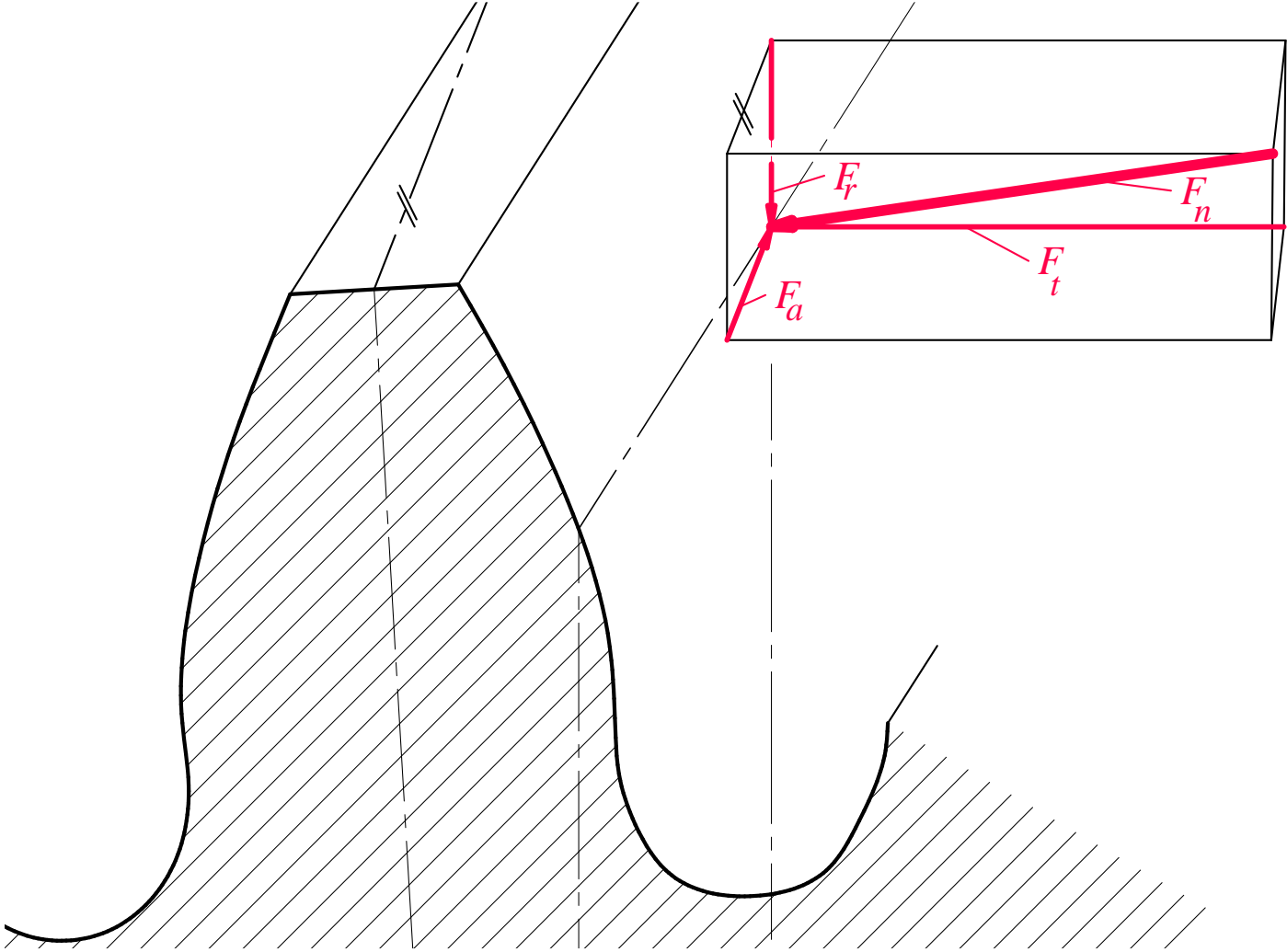
MDESIGN- Wellenberechnung

- Eingabe zu Beanspruchungsart:
 - Zug-Druck, Biegung, Torsion:
schwellig, wechselnd, ...?
Aus Angabe oder eigenen Überlegungen (aufschreiben?)
- Faktor für Maximallast: s.oben
- Wellenwerkstoff: lt. RM oder aus Konstruktion
- Wellengeometrie, Kerbform, Lager:
Vorerst nach Groblayout
- Überlastungsfall nach RM Kap.3.5.2 Abs.2

Wellenauslegung - Ablauf

- ↓ Leistung – Drehmomente, Lastdaten der Zahnradstufen
- ↓ Wellenmindestdurchmesser, Wellengroblayout
- ↓ Welle-Nabe-Verbindungen WNV
- ↓ Lastdaten für die Wellennachrechnung
- ↓ Kräfteplan
- ↓ Programm Ein- und Ausgabe
- ↓ Überprüfen
- ↓ Dokumentieren

Verzahnungskräfte Schrägverzahnung

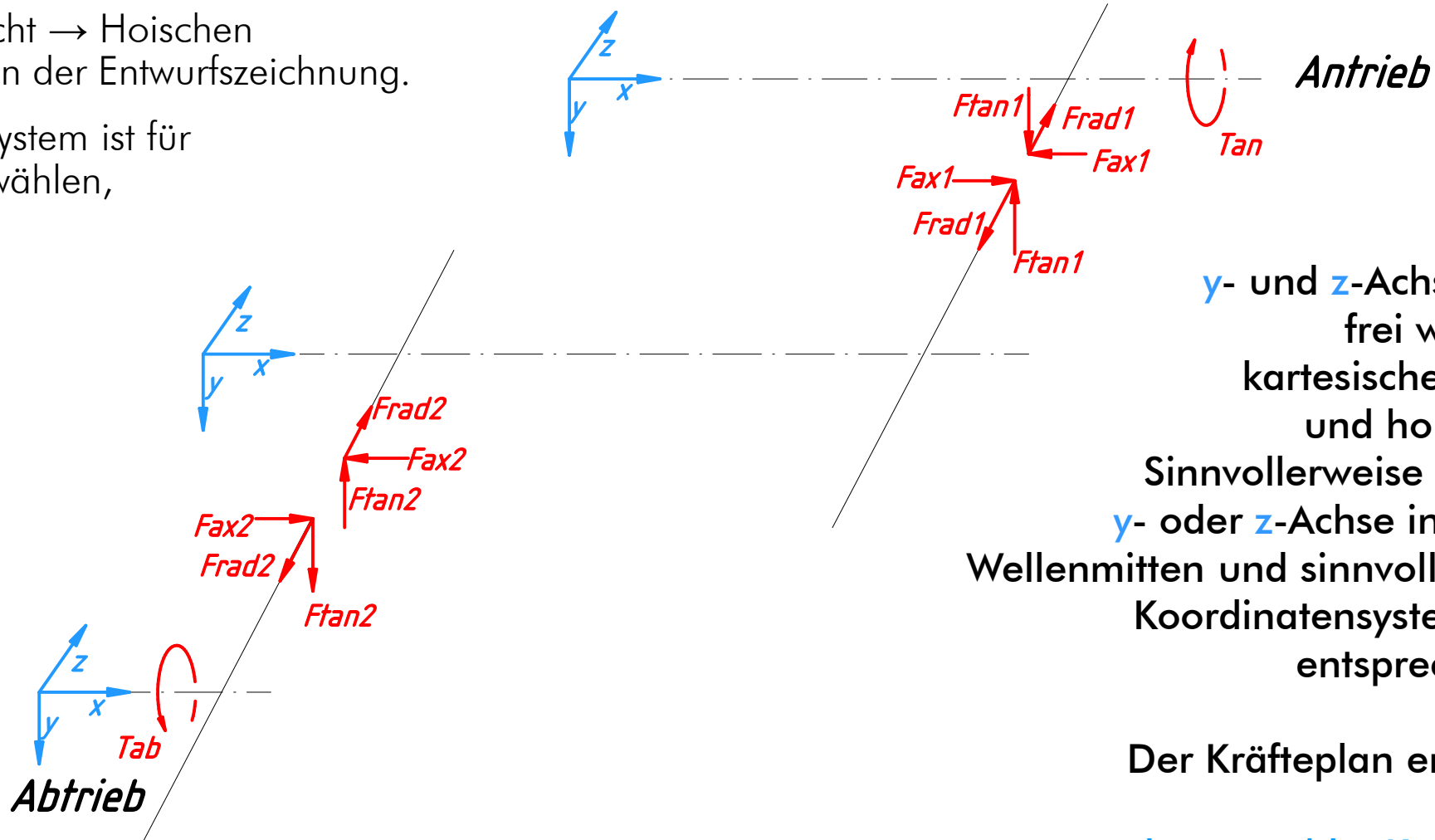


Kräfteplan gesamt

(Beispiel, weicht evtl. von der aktuellen Aufgabe ab!)

Isometrische Ansicht → Hoischen
Blickrichtung wie in der Entwurfszeichnung.

Das Koordinatensystem ist für
jede Welle so zu wählen,
dass die
x-Achse
jeweils
in der
Wellenmitte liegt.



y- und z-Achsenrichtung sind
frei wählbar, aber als
kartesisches Rechts-System
und horizontal/vertikal.
Sinnvollerweise liegen entweder
y- oder z-Achse in der Ebene aller
Wellenmitten und sinnvollerweise sind die
Koordinatensysteme aller Wellen
entsprechend orientiert.

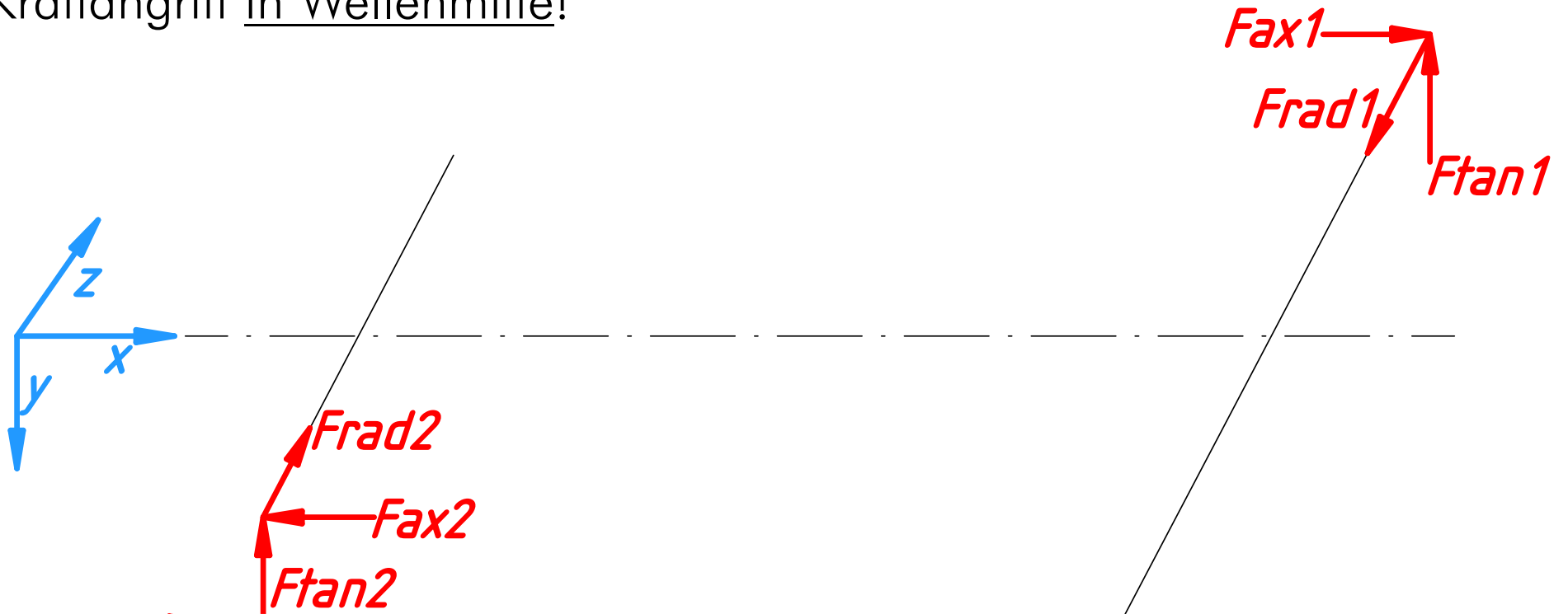
Der Kräfteplan enthält unbedingt

- alle Kräfte
- das gewählte Koordinatensystem

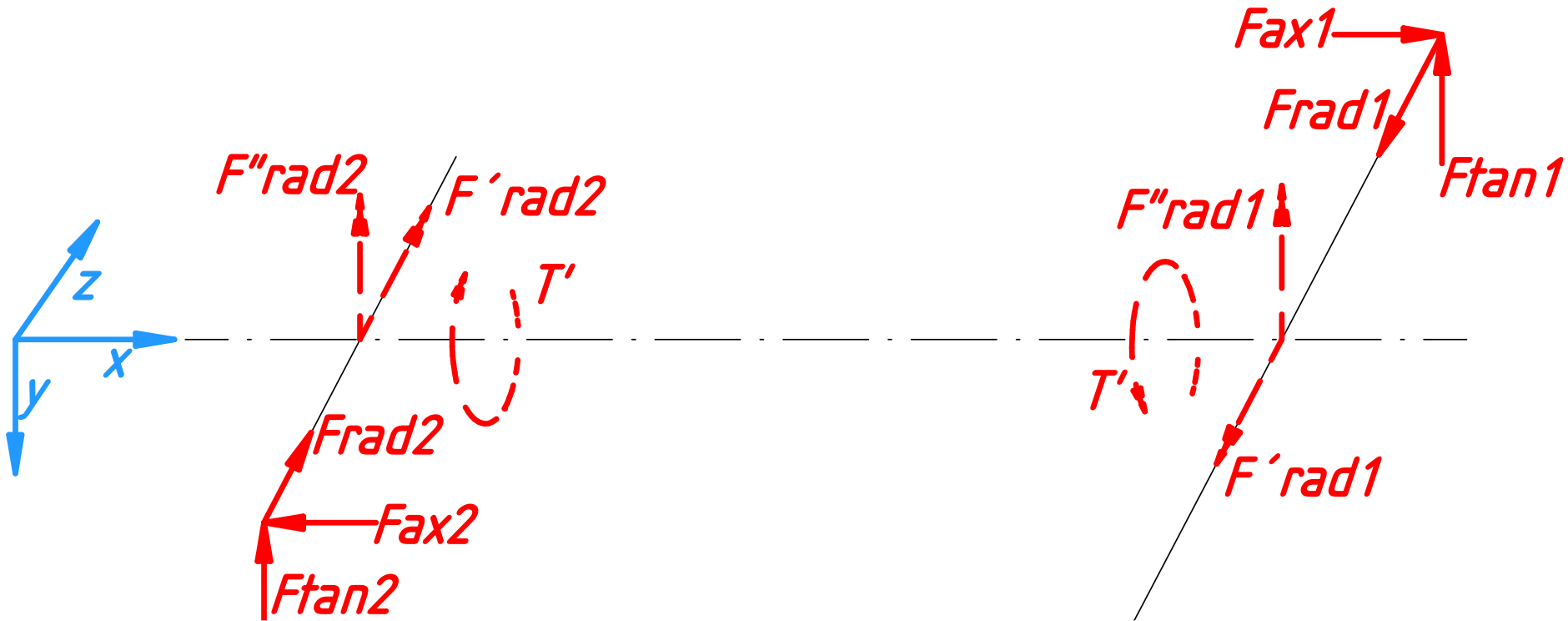
Kräfteplan Zwischenwelle (Beispiel)

Verzahnung: F_{tan} , F_{rad} , F_{ax} am Verzahnungsdurchmesser,
Kräfte von außen aufs Zahnrad

MDESIGN-Welle verarbeitet Kräfte senkrecht zur Wellendrehachse
aber nur mit Kraftangriff in Wellenmitte!



Kräfteplan Zwischenwelle

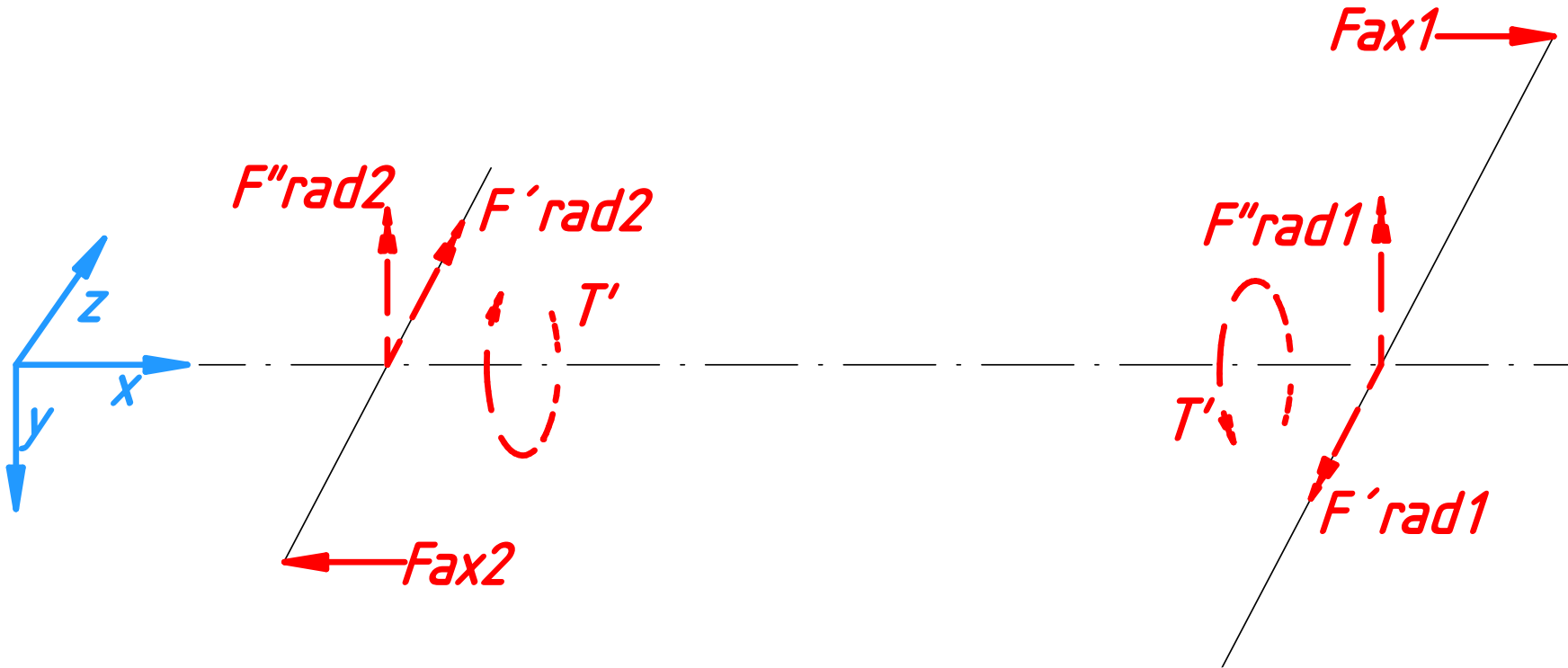


F_{rad1} wird entlang der Wirkungslinie verschoben zu F'_{rad1} .

F_{tan1} muss ersetzt werden durch F''_{rad1} und Drehmoment T' !

Ebenso die Kräfte in 2.

Kräfteplan Zwischenwelle für MDESIGN



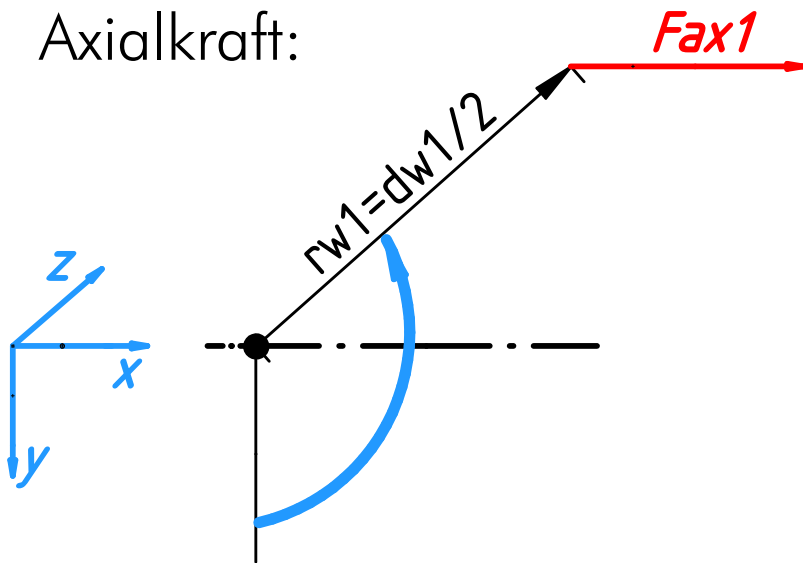
**Nur diese Kräfte und Momente werden
nun für die Berechnung mit MDESIGN verwendet!**

MDESIGN-Welle

Angabe der Axialkraft im Raum

Im Programm ist ausgehend vom vorher gewählten Koordinatensystem für die Angabe der Kräfte im Raum ein strenges Schema vorgegeben.

Axialkraft:



„Drehe von Richtung **y**-Achse um die **x**-Achse in Richtung **z**-Achse bis zum Kraftangriff!“

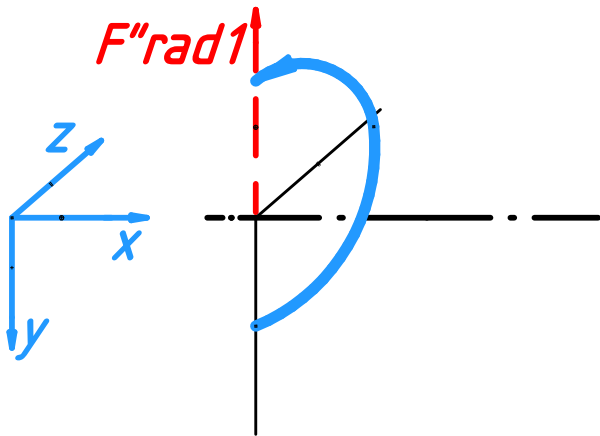
Hier im Beispiel:

Fax1: Betrag : positiv
Radius: Wälzkreisradius
Winkel α : 90°

MDESIGN-Welle

Angabe der Radialkrafttrichtung

Radialkräfte greifen immer in Wellenmitte an.
Zahnradtangentialkräfte sind umzurechnen (s.oben).



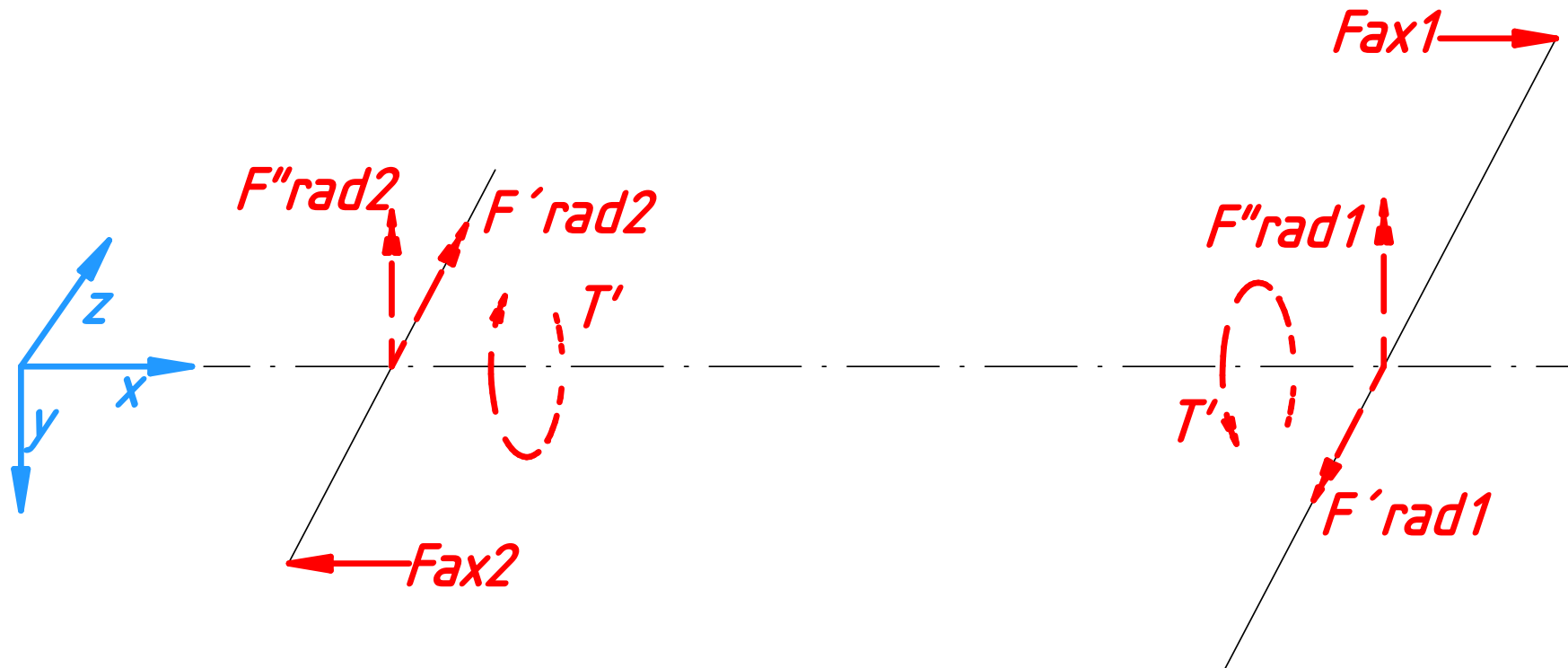
„Drehe von Richtung **y**-Achse
um die **x**-Achse in Richtung
z-Achse bis zum Kraftangriff!“

Hier im Beispiel:

$F''rad1$: Betrag: positiv (von der Welle weg)

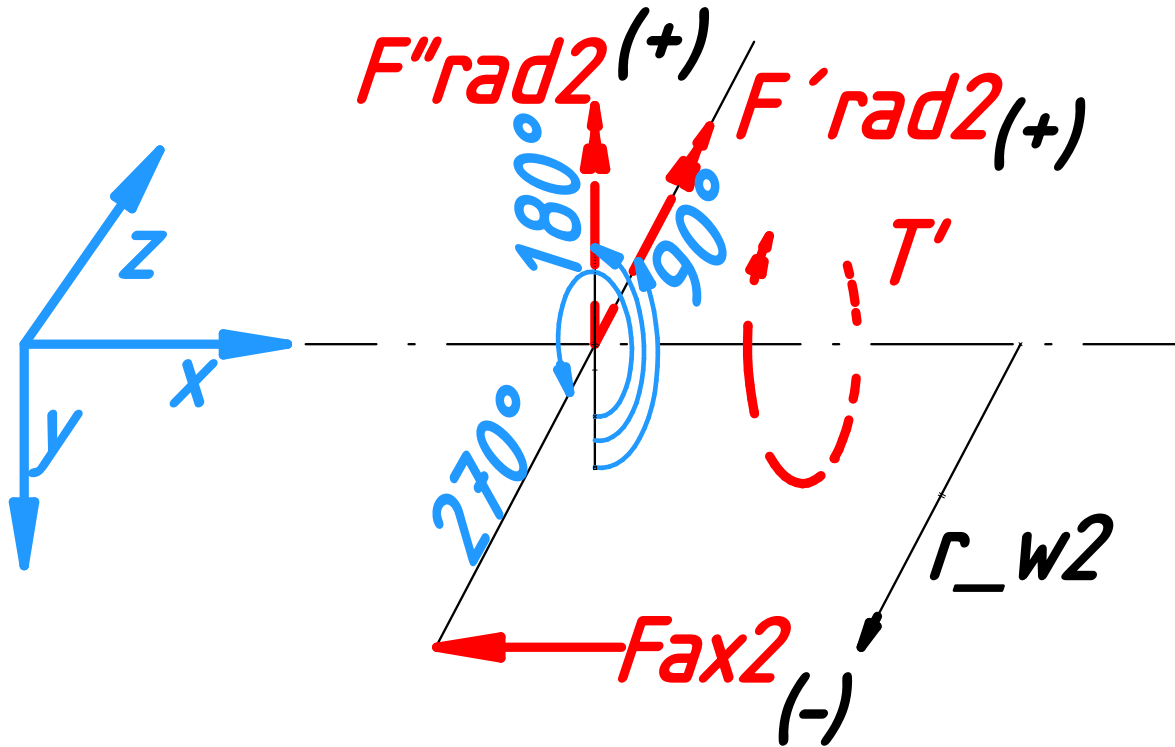
Winkel α : **+180°**

Beispiel Kräfteplan Zwischenwelle für MDESIGN



Beispiel Kräfteplan für MDESIGN

Zwischenwelle Zahneingriff2



Wellenauslegung - Testat

- zum Testat wird zunächst nur die mittlere Welle bearbeitet
- Layout dieser Welle zunächst grob,
nach dem Testat weiter detailliert

- andere Wellen erst nach dem Testat und nach weiteren Hinweisen!

Wellenauslegung - Ablauf

- ↓ Leistung – Drehmomente, Lastdaten der Zahnradstufen
- ↓ Wellenmindestdurchmesser, Wellengroblayout
- ↓ Welle-Nabe-Verbindungen WNV
- ↓ Lastdaten für die Wellennachrechnung
- ↓ Kräfteplan
- ↓ Programm Ein- und Ausgabe
- ↓ Überprüfen
- ↓ Dokumentieren

MDESIGN- Wellenberechnung

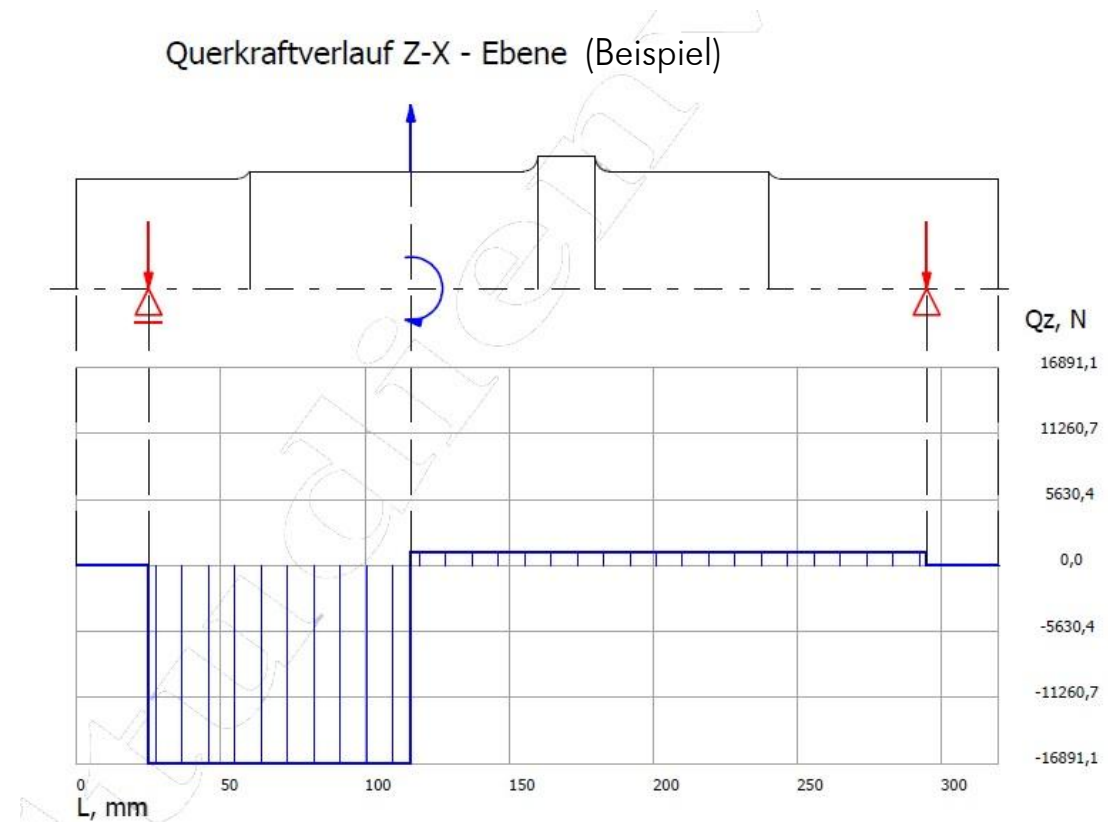
- **F'rad** und **F''rad** nehmen Sie am besten immer positiv an, das erleichtert Ihnen und uns die Kontrolle
- Vergessen Sie nicht die Eingabe der Torsionsmomente!
- Überlastungsfall (RM Kap. 3.5.2) ?
- Sicherheiten wählen Sie hier selbst und begründen diese schriftlich!
(Schadensfolge, Entdeckungswahrscheinlichkeit, ...)
z.B. nach RM

Wellenauslegung - Ablauf

- ↓ Leistung – Drehmomente, Lastdaten der Zahnradstufen
- ↓ Wellenmindestdurchmesser, Wellengroblayout
- ↓ Welle-Nabe-Verbindungen WNV
- ↓ Lastdaten für die Wellennachrechnung
- ↓ Kräfteplan
- ↓ Programm Ein- und Ausgabe
- ↓ Überprüfen
- ↓ Dokumentieren

Kontrolle der Eingabe

- Sind alle Eingabewerte vorhanden?
- Krafrichtungen in der 3D-Ansicht der Welle überprüfen
- Querkraftverlauf in x-y- und x-z-Richtung mit ausplotten und überprüfen!



Kontrolle der Ergebnisse

- Plausibilität?
- Warnmeldungen?
- Sicherheit ausreichend?

Abhilfe bei zu geringer Sicherheit:

Kerbwirkung verringern
Durchmesser vergrößern
evtl. Werkstoff ändern

Sicherheiten?

Auswahl schriftlich begründen!

(Schadensfolge,
Entdeckungswahrscheinlichkeit, ...)
z.B. nach RM

Sicherheiten nie aufrunden!

Beispiel:

$$S_{\text{gefordert}} = 1,3$$

$S_{\text{berechnet}} = 1,29$ ist also zu wenig!



handelszeitung.ch

Sicherheiten zu groß?

Verzahnungssicherheit zu groß

⇒ Getriebekosten zu hoch:
Verzahnung optimieren

Wälzlagerlebensdauer zu hoch

⇒ Lagerkosten zu hoch, evtl. Schadensrisiko:
Lagerwahl verbessern








Wellensicherheit hoch

⇒ oft kaum Einfluss auf Getriebekosten:
Welle so belassen

Wellenauslegung - Ablauf

- ↓ Leistung – Drehmomente, Lastdaten der Zahnradstufen
- ↓ Wellenmindestdurchmesser, Wellengroblayout
- ↓ Welle-Nabe-Verbindungen WNV
- ↓ Lastdaten für die Wellennachrechnung
- ↓ Kräfteplan
- ↓ Programm Ein- und Ausgabe
- ↓ Überprüfen
- ↓ Dokumentieren

EDV

-  Datei sinnvoll benennen
-  Projekteigenschaften ausfüllen?
-  Ausgabeumfang?
-  Backup
-  Berechnung zuhause und in Rechenzentrum kann unterschiedliche Ergebnisse liefern (→PDF?)
-  Ausgabedatei überprüfen!
-  Dateibenennung bei Abgabe wie in moodle angegeben!

Abgabe zum Testat „Welle“

- s. Angabe
- Deckblatt mit Hauptdaten, Ergänzendes Hauptwerte mit eigener Rechnung (MathCadExpress, Open Calc, 123, Excel, Smath ...)
z.B. Übersetzung, Vergleich mit Sollwert
- Wellenberechnung:
(unwichtige Ausgabeseiten abwählen)
wichtig sind aber: alle Eingabewerte
Verläufe in x-y und x-z-Richtung und
zusätzlich: Definition Koordinatensysteme, Kräfteplan; Kräftetabelle

zum Testat „Welle“

- Zeichnung:
 - 3D-Gesamtansicht isometrisch
 - 2D-Gesamtansicht in Teilfugenebene (Abstand Zahnräder!)
 - Mittlere Welle detaillierter, andere Wellen grob,
 - keine Fertigungszeichnung mit Detailbemaßung.**
 - Zahnräder vereinfacht modellieren, normgerecht darstellen.
(→ Hinweis zur vereinfachten Ersatzlösung)
 - Zeichnungsrahmen, Schriftfeld, ... nicht vergessen!
- Das CAD-Modell bauen Sie so auf, dass es Zug um Zug verfeinert werden kann.
An- und Abtriebswelle vorerst nur als Zylinder, Mittelwelle genauer
- später: s. Hoischen, Kap. 13.1.3
- ⚠ Keine Fertigungszeichnung, keine Form- und Lagetoleranzen,
keine Oberflächenangaben, keine Detailbemaßungen!
- ⚠ Nur was im Testat vorgelegt wird, kann geprüft werden!

und wie geht es weiter?

- Vorbesprechung "Lager und Gehäuse"
- Testat Welle, Korrektur, Verbesserung
- Gestaltung der anderen Wellen
- Lagerauslegung → evtl. Welle anpassen
- Schrumpfverbindung Rad-Welle → evtl. Welle anpassen
- Testat Entwurf
- Gehäusegestaltung, weitere Teile