

Hinweise für den Einbau der Kegelräder

Da Kegelräder auf Grund der sich kreuzenden Achsen und der meist einseitigen Lagerung gewöhnlich größeren Abdrängungen unterworfen sind, sollten sie besonders sorgfältig montiert werden. Denn nur bei einwandfreiem Einbau ist die gewünschte Laufruhe zu erreichen. Es muß schon bei der Konstruktion darauf geachtet werden, daß das Gehäuse und die Lagerstellen für die Aufnahme der Räder so starr sind, daß keine unzulässigen Durchbiegungen während des Betriebes auftreten können. Von ebenso großer Wichtigkeit ist es jedoch, daß das Gehäuse und die einzubauenden Teile hinsichtlich Fluchten, Rechtwinkligkeit, Passungssitze und Rundlauf innerhalb der vorgeschriebenen Toleranzen gefertigt wurden.

Es ist ferner dafür zu sorgen, daß sowohl das Ritzel wie auch das Tellerrad den bei Belastung auftretenden axialen Schub sicher aufnehmen können.

Außerdem muß der Konstrukteur darauf achten, daß das Tellerrad und das Ritzel auf ihr erforderliches Einbaumaß eingestellt werden können. Es ist ferner zu empfehlen, das Gehäuse so zu gestalten, daß mindestens ein Teil des Rad-

paares im eingebauten Zustande beobachtet werden kann, ohne daß das Gehäuse auseinandergenommen werden muß. Damit wird das Einstellen des Radsatzes wesentlich erleichtert und gleichzeitig die Möglichkeit geschaffen, das Betriebsverhalten der Räder periodisch zu überprüfen.

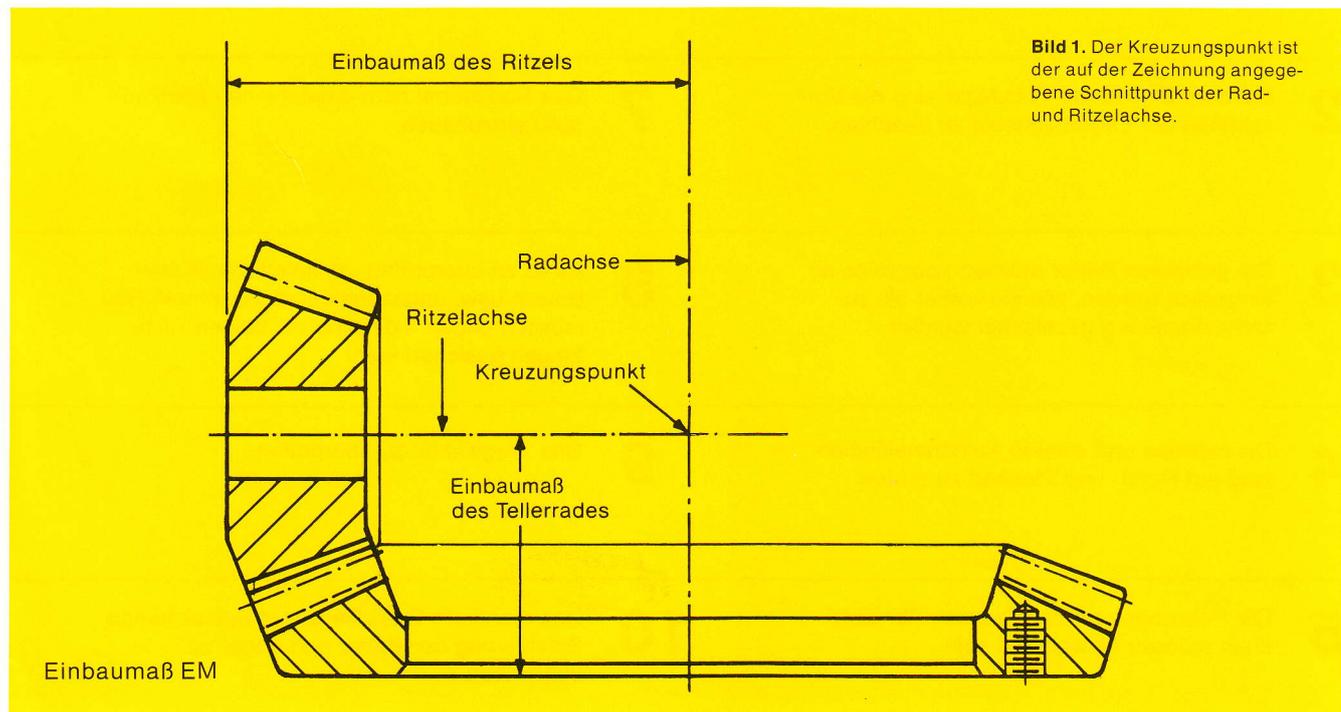


Bild 1. Der Kreuzungspunkt ist der auf der Zeichnung angegebene Schnittpunkt der Rad- und Ritzelachse.

Da die Kegelräder auf ihr Einbaumaß A geprüft sind, ist darauf zu achten, daß bei der Montage dieses Maß eingehalten wird. Unter- bzw. Überschreitungen des Einbaumaßes haben zur Folge, daß sich die Kegelräder unverhältnismäßig rasch abnutzen und schon bei geringeren Tourenzahlen großen Lärm entwickeln.

Modul m_s	zulässige Abweichung für Einbaumaß EM (in mm)
bis 3,0	$\pm 0,02$
3,01–5,5	$\pm 0,03$
5,51–9,0	$\pm 0,05$

Die Kegelräder werden so verzahnt, daß sie mit einem im voraus festgelegten Flankenspiel zusammenarbeiten. Die Größe des Flankenspieles ist von dem Modul der Verzahnung und den Betriebsverhältnissen abhängig. Wenn das Flankenspiel zu groß oder zu klein gewählt wird, arbeiten die Räder geräuschvoll und zeigen schon frühzeitig Abnützungserscheinungen, die unter Umständen zu einem Anfressen der Zahnflanken oder zu Zahnbrüchen führen.

Die angegebenen Werte gelten für den eingebauten Zustand der Räder. Die in der Tabelle angeführten Werte haben sich gut bewährt; in besonderen Fällen kann jedoch ein abweichender Flankenspielwert erforderlich sein, um den jeweiligen Anforderungen zu entsprechen. In solchen Fällen fordern Sie bitte unsere Beratung an.

Flankenspiel im Normalschnitt (d. h. senkrecht zu den Zahnflanken)

Modul m_s :	Flankenspiel im Normalschnitt (in mm):
bis 1,25	0,03 bis 0,08
1,26 bis 2,5	0,05 bis 0,10
2,6 bis 4,2	0,10 bis 0,15
4,3 bis 6,4	0,15 bis 0,20
6,5 bis 9,0	0,20 bis 0,28

Flankenspiel in der Verdrehebene (Verdrehflankenspiel)

Modul m_s :	Flankenspiel in der Verdrehebene (in mm):
bis 1,25	0,03 bis 0,08
1,26 bis 2,5	0,05 bis 0,12
2,6 bis 4,2	0,12 bis 0,19
4,3 bis 6,4	0,19 bis 0,25
6,4 bis 9,0	0,25 bis 0,36

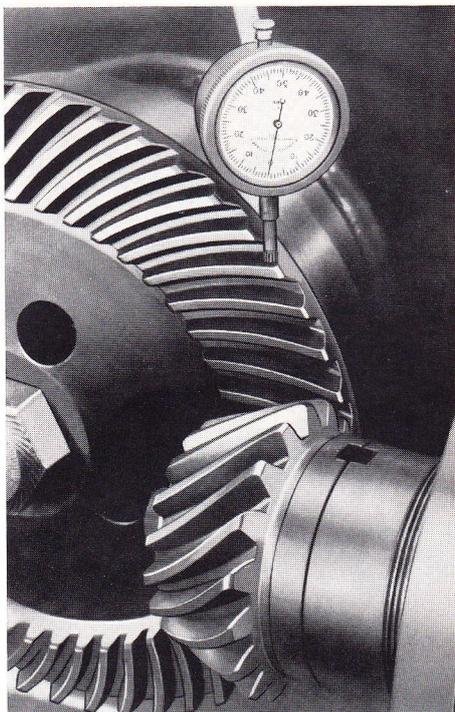


Bild 2. Anordnung der Meßuhr beim Prüfen des Flankenspieles im Normalschnitt.

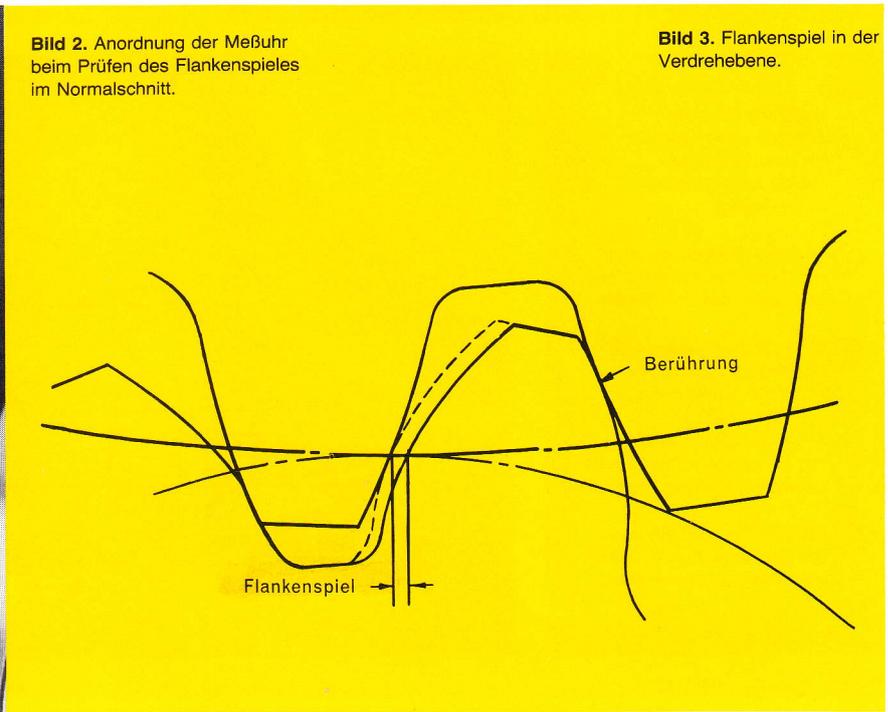


Bild 3. Flankenspiel in der Verdrehebene.

Die Tabellenwerte gelten für das Flankenspiel im Normalschnitt der Räder. Dieses wird am äußersten Zahnende des Tellerrades senkrecht zu den Zahnflanken gemessen. Der Taster der fest angebrachten Meßuhr steht dabei senkrecht auf der Zahnoberfläche des Tellerrades, und das Ritzel ist gegen Verdrehen gesichert. Das Flankenspiel wird durch Vor- und Zurückbewegen des Tellerrades bis zur jeweiligen Anlage mit der Ritzelflanke bestimmt und unmittelbar an der Meßuhr abgelesen.

Das Verdrehflankenspiel wird in Höhe des Teilkreisdurchmessers des Tellerrades gemessen. Man befestigt hierzu einen Hebel auf der Achse des Tellerrades. Die Meßuhr wird nun in einer Entfernung, die dem halben Teilkreisdurchmesser des Tellerrades entspricht (von der Achsenmitte aus gemessen), auf dem Hebel angesetzt. Das Verdrehflankenspiel kann nun unmittelbar an der Meßuhr abgelesen werden.

Tragbildbeurteilung der eingebauten Kegelräder

Bezeichnungen am Radzahn:

Zehe = der Flankenteil, der sich in der Nähe des inneren Zahnendes befindet.

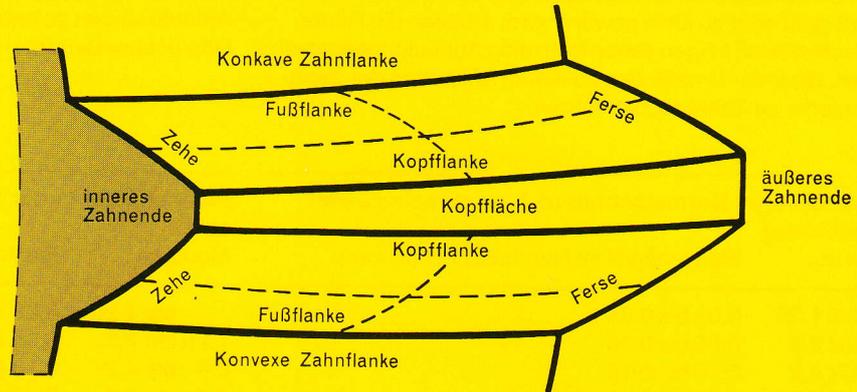
Ferse = der Flankenteil, der sich in der Nähe des äußeren Zahnendes befindet.

Kopfflanke = Zahnflanken-gebiet oberhalb der gedachten Zahnmitte.

Fußflanke = Zahnflanken-gebiet unterhalb der gedachten Zahnmitte.

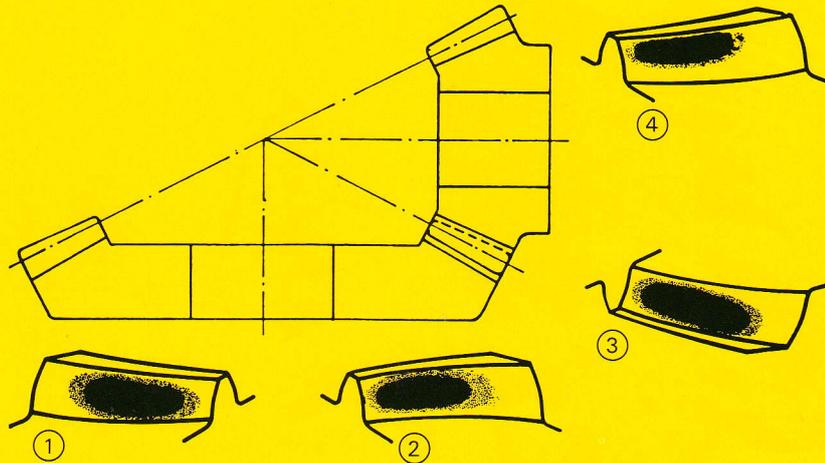
Kopfgrundspiel = Abstand vom Zahngrund des einen Zahnes zum Kopf des Gegenzahnes.

Eingriffshöhe = Höhe der Zahnflanke ohne Kopfgrundspiel.



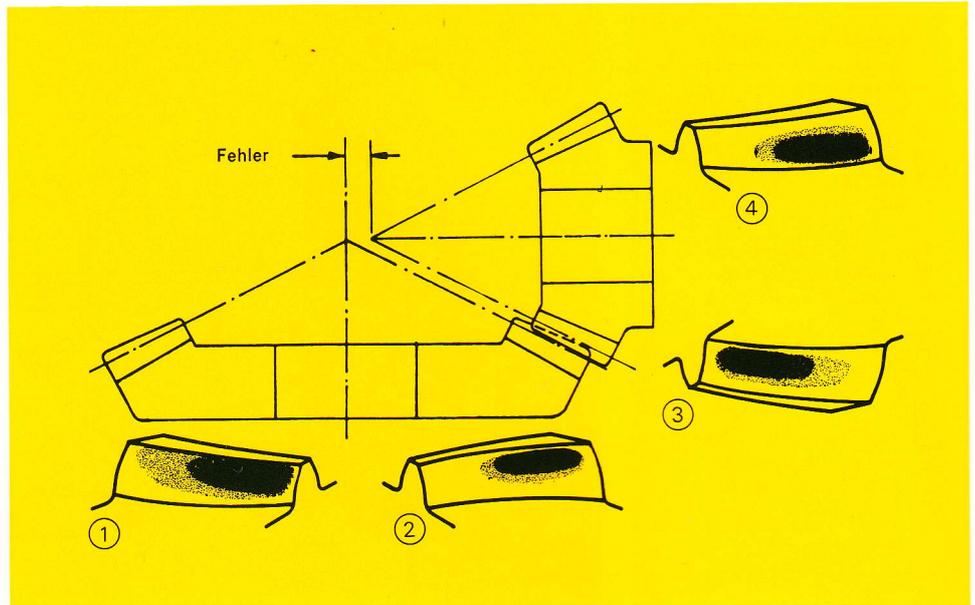
Spiral-Kegelräder. Empfohlenes Tragbild (in allen gezeigten Fällen ist das Ritzel linksgängig)

- ① Mittleres Tragbild am inneren Zahnende auf der Zahnunterseite, konvexe Flanke.
- ② Mittleres Tragbild am inneren Zahnende auf der Zahnoberseite, konkave Flanke.
- ③ Mittleres Tragbild am inneren Zahnende auf der Zahnunterseite, konkave Flanke.
- ④ Mittleres Tragbild am inneren Zahnende auf der Zahnoberseite, konvexe Flanke.



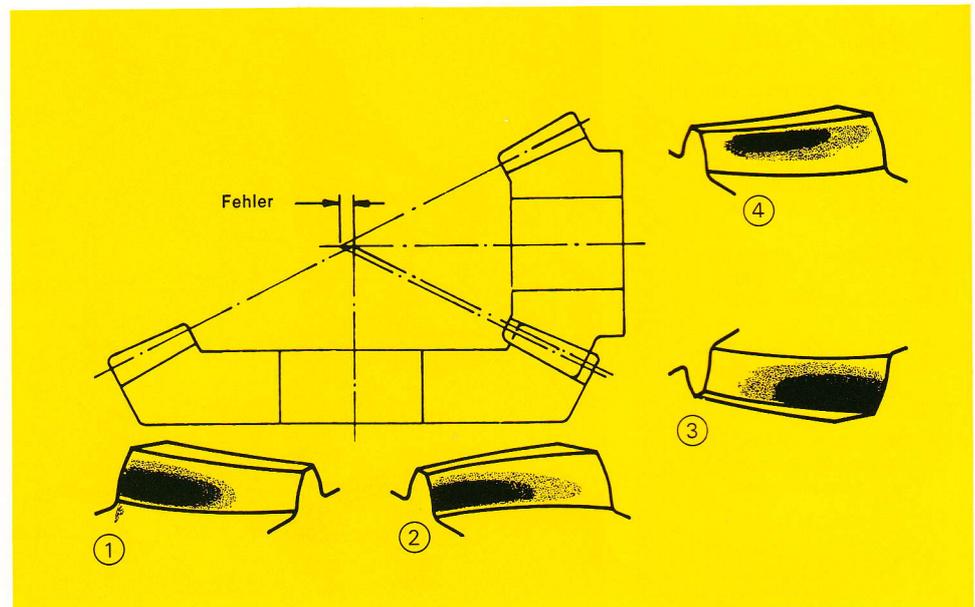
Fehler im Profiltragen.
Um das Tragbild zu korrigieren, ist das Einbaumaß des Ritzels zu verkleinern.

- ① Hohes Tragbild am inneren Zahnende auf der Zahnunterseite, konvexe Flanke.
- ② Hohes Tragbild am äußeren Zahnende auf der Zahnoberseite, konkave Flanke.
- ③ Tiefes Tragbild am inneren Zahnende auf der Zahnunterseite, konkave Flanke.
- ④ Tiefes Tragbild am äußeren Zahnende auf der Zahnoberseite, konvexe Flanke.



Fehler im Profiltragen.
Um das Tragbild zu korrigieren, ist das Einbaumaß des Ritzels zu vergrößern.

- ① Tiefes Tragbild am äußeren Zahnende auf der Zahnunterseite, konvexe Flanke.
- ② Tiefes Tragbild am inneren Zahnende auf der Zahnoberseite, konkave Flanke.
- ③ Hohes Tragbild am äußeren Zahnende auf der Zahnunterseite, konkave Flanke.
- ④ Hohes Tragbild am inneren Zahnende auf der Zahnoberseite, konvexe Flanke.



Toleranz des Einbaumaßes

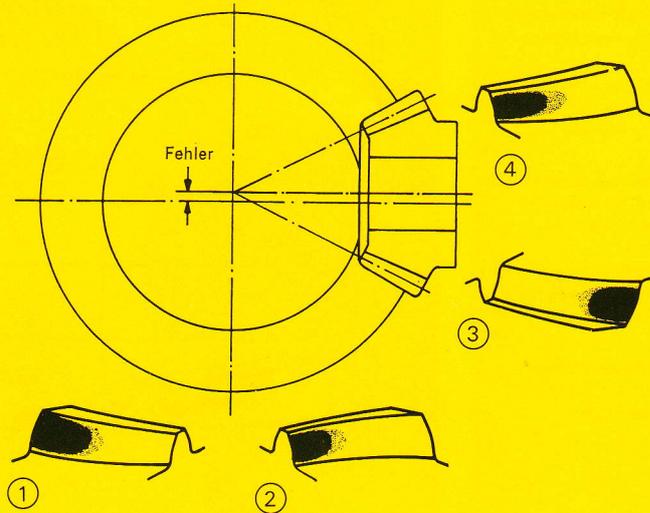
Modul m_s	zulässige Abweichung für Einbaumaß EM (in mm)
bis 3,0	$\pm 0,02$
3,01–5,5	$\pm 0,03$
5,51–9,0	$\pm 0,05$

Tragbildbeurteilung der eingebauten Kegelräder

Bevor eine der folgenden Korrekturen vorgenommen wird, müssen die Profilhöhe des Tragbildes und das Flankenspiel einwandfrei sein.

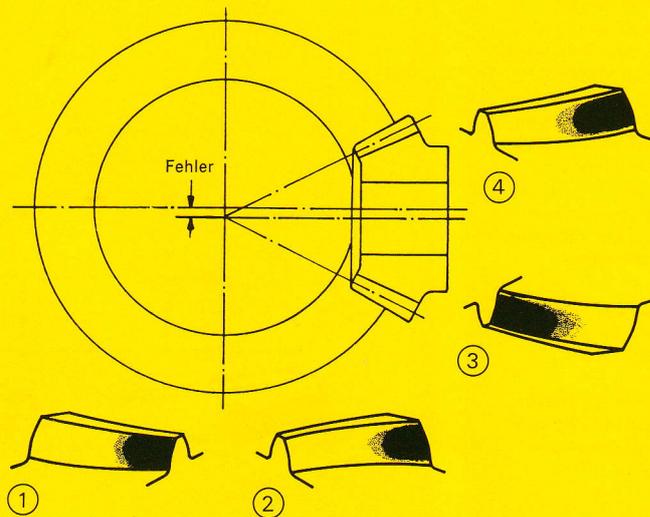
Gekreuztes Tragbild.
Um dieses zu korrigieren, ist das Ritzel nach unten zu verschieben.

- ① Tragbild am äußeren Zahnende auf der Zahnunterseite, konvexe Flanke.
- ② Tragbild am inneren Zahnende auf der Zahnoberseite, konkave Flanke.
- ③ Tragbild am äußeren Zahnende auf der Zahnunterseite, konkave Flanke.
- ④ Tragbild am inneren Zahnende auf der Zahnoberseite, konvexe Flanke.



Gekreuztes Tragbild.
Um dieses zu korrigieren, ist das Ritzel nach oben zu verschieben.

- ① Tragbild am inneren Zahnende auf der Zahnunterseite, konvexe Flanke.
- ② Tragbild am äußeren Zahnende auf der Zahnoberseite, konkave Flanke.
- ③ Tragbild am inneren Zahnende auf der Zahnunterseite, konkave Flanke.
- ④ Tragbild am äußeren Zahnende auf der Zahnoberseite, konvexe Flanke.

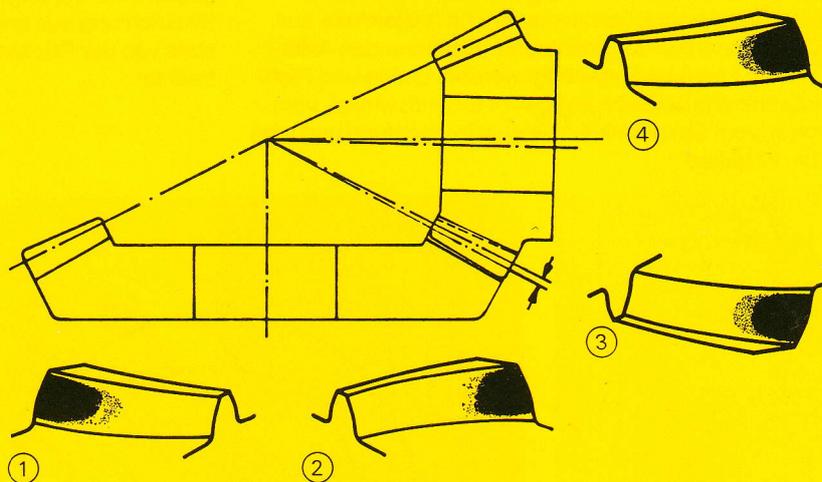


Ritzel- und Tellerradachse liegen nicht in einer Ebene.
Zulässige Abweichungen:

Modul m_s	Fehler (in mm)
bis 3,0	$\pm 0,02$
3,01–5,5	$\pm 0,03$
5,51–9,0	$\pm 0,05$

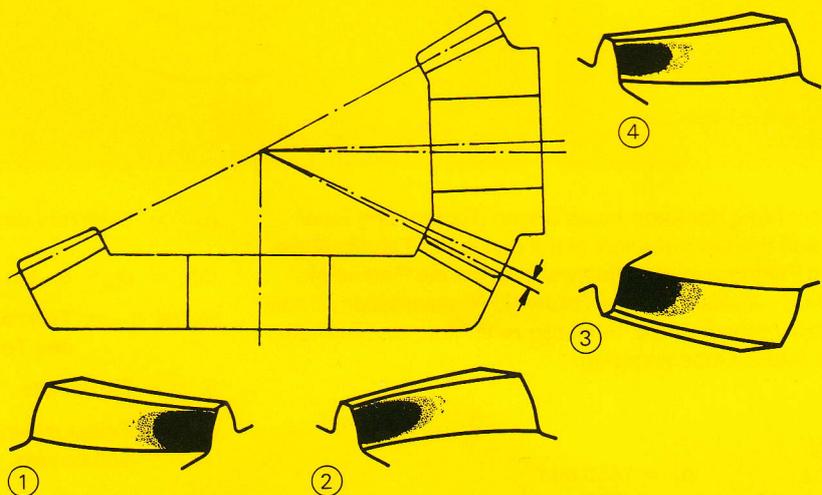
Achsenwinkelfehler.
Um diesen zu korrigieren,
ist der Achsenwinkel zu
vergrößern.

- ① Tragbild am äußeren Zahn-
ende auf der Zahnunter-
seite, konvexe Flanke.
- ② Tragbild am äußeren Zahn-
ende auf der Zahnober-
seite, konkave Flanke.
- ③ Tragbild am äußeren Zahn-
ende auf der Zahnunter-
seite, konkave Flanke.
- ④ Tragbild am äußeren Zahn-
ende auf der Zahnober-
seite, konvexe Flanke.



Achsenwinkelfehler.
Um diesen zu korrigieren,
ist der Achsenwinkel zu
verkleinern.

- ① Tragbild am inneren Zahn-
ende auf der Zahnunter-
seite, konvexe Flanke.
- ② Tragbild am inneren Zahn-
ende auf der Zahnober-
seite, konkave Flanke.
- ③ Tragbild am inneren Zahn-
ende auf der Zahnunter-
seite, konkave Flanke.
- ④ Tragbild am inneren Zahn-
ende auf der Zahnober-
seite, konvexe Flanke.



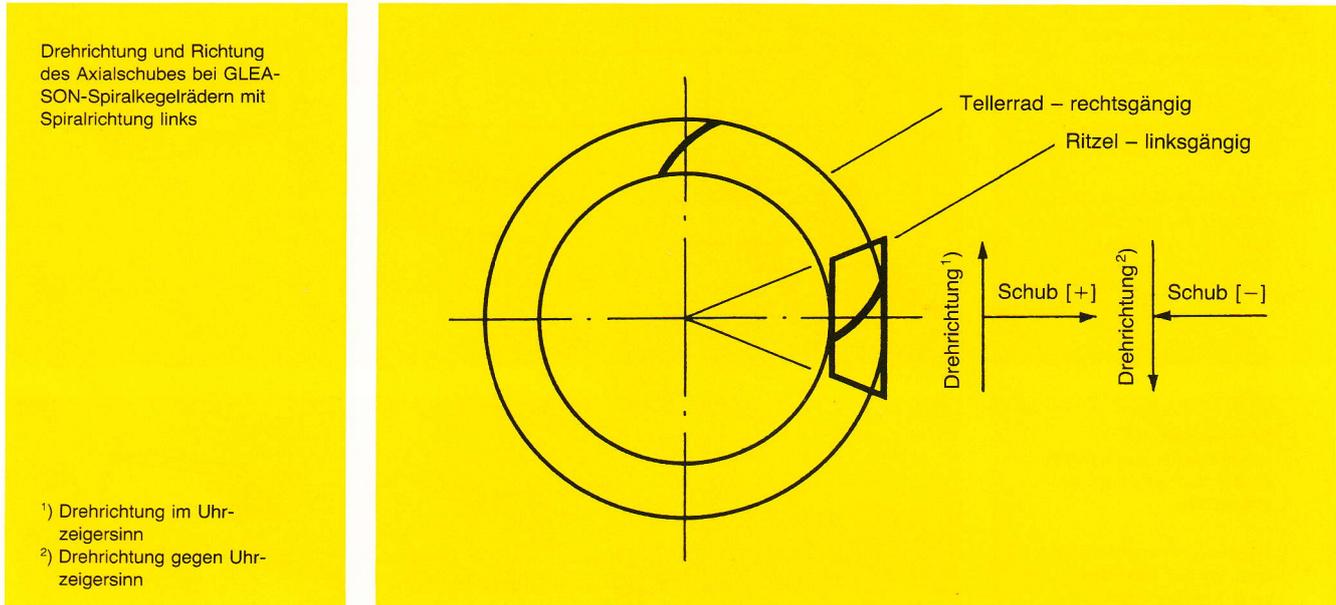
Abweichungen vom Achsenwinkel:

Bei Abweichungen vom Achsenwinkel $\alpha = 90^\circ$ kann die Ursache in Bearbeitungsfehlern oder elastischer Nachgiebigkeit der Getriebegehäuse liegen. Die Winkelabweichung bewirkt, daß das Kegelrad entweder am großen oder am kleinen Kegelraddurchmesser trägt. Sie darf höchstens ± 2 Winkelminuten betragen.

Berechnung der Lagerbelastungen

Zur Auswahl der richtigen Lager für die Kegelräder ist es notwendig, die Größe und Richtung der Zahnkräfte zu kennen. Bei Kegelrädern mit Spiralverzahnung müssen die aus den Axialkomponenten der Zahnkräfte resultierenden Axialschübe auf die Lager berücksichtigt werden. Größe und Richtung der Zahnkräfte sind abhängig vom Eingriffswinkel, vom Kegelwinkel, vom Spiralwinkel, von der Drehrichtung und vom treibenden Kegelrad.

Die Drehrichtung eines Zahnrad (im Uhrzeigersinn oder entgegen dem Uhrzeigersinn) muß immer von ein und derselben Blickrichtung aus angegeben werden. Kegelräder werden stets von der Rückseite des Rades zur Kegelspitze hin betrachtet.



Zur Berechnung der Lagerbelastungen (Radial- und Axialkräfte) muß das Drehmoment M mit den in der Tabelle angegebenen Faktoren multipliziert werden, um die Radialbelastungen und Axialschübe der Räder [in N] zu erhalten. Dabei ist auf das Vorzeichen der Faktoren zu achten, die die Richtung der Axialschübe angeben.

Beispiel:

$i = 2:1$ $n_1 = 1450 \text{ min}^{-1}$
 $n_2 = 725 \text{ min}^{-1}$
 $M_1 = 145 \text{ Nm}$
 Größe: A35.200 $P_1 = 22 \text{ kW}$ $M_2 = 290 \text{ Nm}$
 Drehrichtung des Ritzels im Uhrzeigersinn
 Axialschübe:
 $P_A = +25,55 \cdot 145 \text{ Nm} = +3705 \text{ N}$ (Ritzel)
 $P_A = + 1,29 \cdot 290 \text{ Nm} = + 374 \text{ N}$ (Tellerrad)

Radialbelastungen:
 $P_R = + 2,59 \cdot 145 \text{ Nm} = + 376 \text{ N}$ (Ritzel)
 $P_R = +12,75 \cdot 290 \text{ Nm} = +3698 \text{ N}$ (Tellerrad)

Umfangskraft:

$$P_u = \frac{19098800 \cdot P_1}{d_{m2} \cdot n_2} \text{ [N]}$$

wobei: $P_1 =$ übertragene Leistung [kW]

$d_{m2} =$ Teilkegeldurchmesser am Tellerrad in der Mitte der Zahnbreite

$n_2 =$ Drehzahl des Tellerrades

$$d_{m2} = d_{02} - b \cdot \sin \delta_{02}$$

wobei: $d_{02} =$ Teilkreisdurchmesser des Tellerrades

$b =$ Zahnbreite

$\delta_{02} =$ Teilkegelwinkel des Tellerrades

$$\delta_{02} = 90^\circ - \delta_{01}$$

wobei: $\delta_{01} =$ Teilkegelwinkel des Ritzels

$$\tan \delta_{01} = \frac{z_1}{z_2}$$

wobei: $z_1 =$ Zähnezahl des Ritzels
 $z_2 =$ Zähnezahl des Tellerrades

Größe A35.200

$$\tan \delta_{01} = \frac{z_1}{z_2} = \frac{19}{38} = 0,5 \rightarrow \delta_{01} = 26,56^\circ$$

$$\delta_{02} = 90^\circ - \delta_{01} = 90^\circ - 26,56^\circ = 63,44^\circ$$

$$d_{m2} = d_{02} - b \cdot \sin \delta_{02}$$

$$d_{m2} = 152 \text{ mm} - 25,5 \text{ mm} \cdot \sin 63,44^\circ$$

$$d_{m2} = 129,2 \text{ mm}$$

$$P_u = \frac{19098800 \cdot P_1}{d_{m2} \cdot n_2} = \frac{19098800 \cdot 22}{129,2 \cdot 725} = 4486 \text{ N}$$