



ASS AG SCHWEIZ

Montageanleitung für Cylkro®-Räder

1 Ausführungen von Cylkro®-Rädern

Cylkro®-Räder können so gestaltet werden, daß sie auf einer Nabe oder direkt auf einer Welle montiert werden. Ebenso kann die Verzahnung direkt auf eine Welle geschnitten werden. Verschiedene Ausführungsbeispiele sind in den Abbildungen 1 bis 7 dargestellt.

2 Montage von Cylkro®-Rädern auf Naben und Wellen

2.1 Montage von Cylkro®-Rädern auf Naben

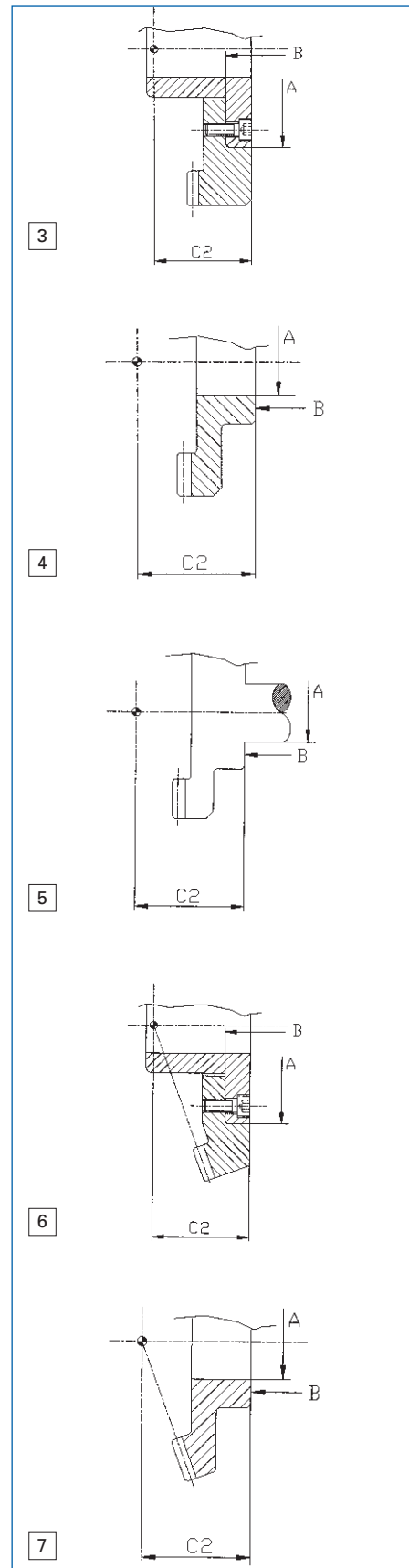
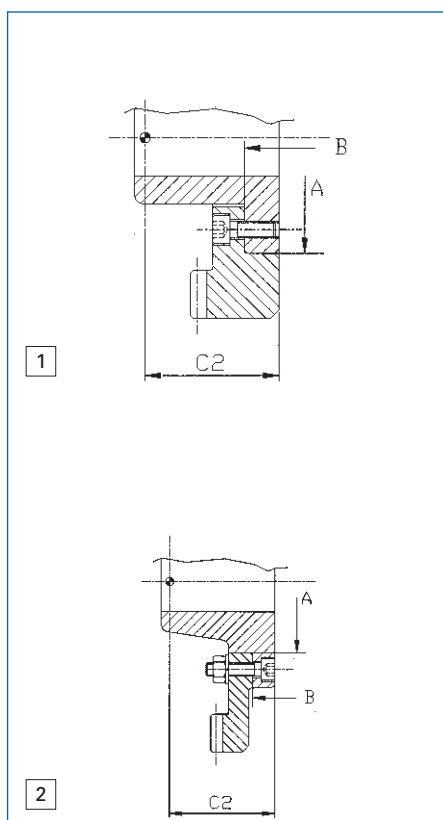
Die genaue Positionierung des Cylkro®-Rades auf der Nabe ist von äußerster Wichtigkeit. Dies wird mit der Hilfe von zwei Referenzebenen erreicht, die auch bei der Herstellung des Rades verwendet werden, nämlich einer radialen Ebene für die Zentrierung während des Wälzfräsens und einer axialen Ebene für die Aufnahme. Beide Ebenen sind in den Abbildungen 1 bis 7 mit den Buchstaben A und B bezeichnet. Lage, Form und gegenseitige Ausrichtung dieser beiden Ebenen zu den Anlageflächen auf der Nabe müssen mit größter Genauigkeit hergestellt werden. Die verbreitetste Art der Verbindung zur Übertragung des Drehmoments ist das Verschrauben von Kronenrad und Nabe. Hier sind verschiedene Lösungen möglich, abhängig von der Höhe des zu übertragenden Drehmoments und der Gestalt von Cylkro®-Rad und Welle. Die Schrauben müssen mit einem kalibrierten Drehmomentschlüssel gemäß Zeichnungsangabe angezogen und mit einer geeigneten Schraubensicherung gesichert werden. Kegelstifte bzw. kegelige Schrauben müssen verwendet werden, wenn gewöhnliche Schrauben das geforderte Drehmoment nicht übertragen können.

2.2 Welle-Nabe Verbindungen

Diese Verbindungsart verlangt genaue Toleranzen für den Wellendurchmesser und die Nabenbohrung. Letztere wird üblicherweise mit dem Toleranzfeld H7 toleriert. Die Toleranz für den Wellendurchmesser hängt von der Art der Drehmomentübertragung und der Belastungscharakteristik ab (gleichmäßig, mit Schwingungen, stoßweise). Die verbreitetsten Welle-Nabe-Verbindungen sind Formschluß- und Schrumpfverbindungen. Eine befriedigende neuartige Verbindungsart für viele Anwendungen stellt das Kleben dar.

Bemerkung:

Die Verantwortung für Konstruktion und Herstellung der Welle-Nabe-Verbindung liegt bei dem Getriebehersteller, der die Cylkro®-Räder montiert. Crown Gear gibt gerne Ratschläge zu allen Fragen betreffend Herstellung und Montage.



3 Montagegrößen

In den Abbildungen 8a und 8b sind die Montagegrößen für das Ritzel und das Cylkro®-Rad mit C1 und C2 bezeichnet.

Bei einem Cylkro®-Radpaar entspricht die Strecke C2 dem Abstand zwischen der (Montage-)Referenzfläche und der Mittellinie der Ritzelwelle unter der Annahme des berechneten Flankenspiels. Die Strecke C2 wird auch als Referenzgröße für die Werkzeug-einstellung bei der Herstellung des Cylkro®-Rades verwendet. Auf Zeichnungen werden C1 und C2 als Standardgrößen angegeben.

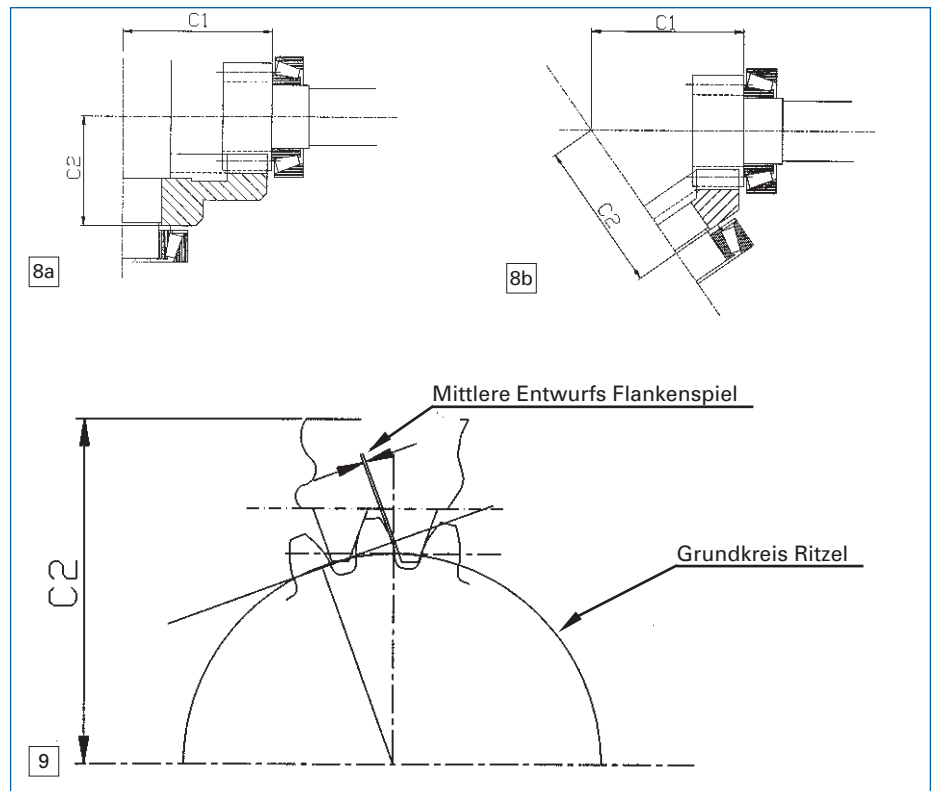
4 Verdrehflankenspiel

Ein Zahnradpaar arbeitet nur dann korrekt, wenn ein definiertes Verdrehflankenspiel eingestellt wird. Dies betrifft das Spiel gemessen zwischen den Rückflanken. Der kürzeste Abstand zwischen der Rückflanke und deren Gegenflanke wird als "Normalspiel" bezeichnet. Wann im folgenden von Spiel die Rede ist, so ist dieses Normalspiel gemeint. Das durchschnittliche Flankenspiel wird in der Entwurfsphase definiert und zwar durch die Zahndicke des Ritzels und des Cylkro®-Rades gemeinsam mit der Positionseinstellung der Referenzfläche (vgl. Abb. 9). Grundsätzlich wird das tatsächliche Spiel von diesem theoretischen Wert abweichen, und zwar in der Regel kleiner sein, aufgrund von Toleranzabweichungen, Formänderungen und Betriebs-einflüssen.

Abweichungen vom Soll-Spiel treten aus folgenden Gründen auf:

- Temperaturänderungen im Gehäuse,
- Temperaturänderungen des Ritzels und des Cylkro®-Rades,
- Elastische Verformungen des Gehäuses, der Wellen, der Lager und der Zahnräder,
- Dimensions-, Form- und Lagetoleranzen des Gehäuses, der Wellen und der Zahnräder.

Das Spiel wird bei der Verzahnungsauslegung von Crown Gear festgelegt, wenn notwendig unter Absprache mit dem Konstrukteur des gesamten Getriebes. Zwingenden Einfluß auf die Größe des Spiels haben die Zahngröße (Modul m) und die Art der Anwendung.



5 Montage

Für die Montage von Cylkro®-Rädern sind keine besonderen Fertigkeiten notwendig. Das Ritzel kann entlang seiner Achse beliebig verschoben werden. Dies bedeutet, daß nur eine Größe genau eingestellt werden muß. Vereinfacht ausgedrückt wird dies am besten in zwei Phasen erreicht:

1. Grobeinstellung
2. Feineinstellung einschließlich Kontrolle des Tragbilds

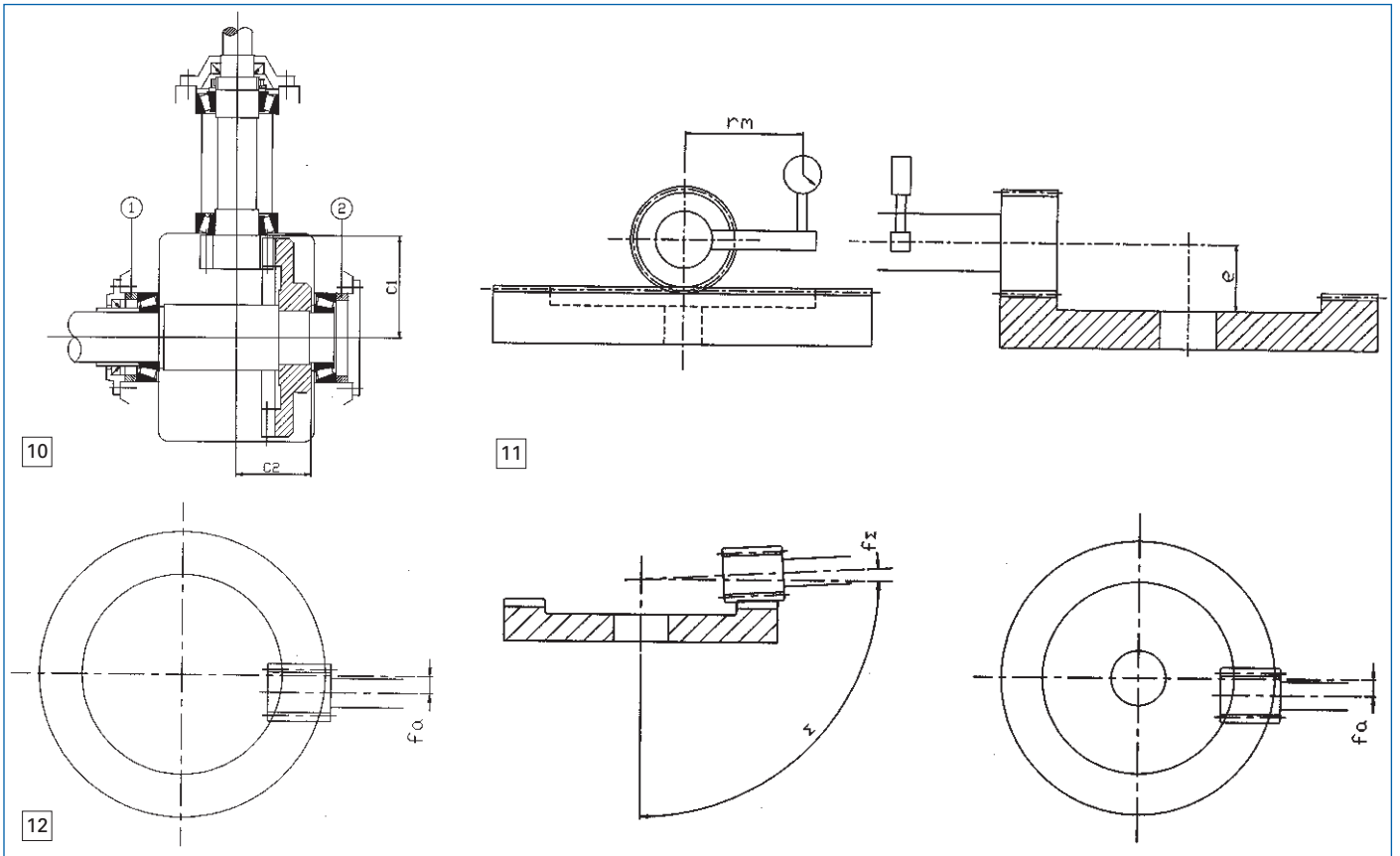
Gelegentlich kann ein zweiter Einstellungsschritt notwendig werden, nachdem die Tragbildkontrolle vorgenommen wurde.

5.1 Grobeinstellung

Die Ritzelwelle und die Welle mit dem Cylkro®-Rad werden zusammen mit ihren Lagern in das Getriebe eingebaut. Besondere Aufmerksamkeit muß bei der Einstellung der Kronenradwelle angewendet werden, um größtmögliche Übereinstimmung mit der Montagegröße C2 zu erreichen. Bei der Montage soll der tatsächlichen Position der Wellen Rechnung getragen werden, die diese im Betrieb einnehmen. Die tatsächlichen Positionen werden viel mehr durch die Lastrichtung als durch deren Größe bestimmt (vgl. auch Kap. 6, "Lagerbelastung").

5.2 Feineinstellung und Kontrolle des Tragbilds

Die Feineinstellung erfolgt nach der Kontrolle des Spiels. Diese Kontrolle muß erfolgen, wenn Ritzel- und Radwelle ihre Position unter Last eingenommen haben. Das Spiel kann unter Verwendung von Fühlerlehren ermittelt werden. Diese Methode ist geeignet und ausreichend, um die Information "geht" oder "geht nicht" zu ermitteln. Diese Methode gibt damit nur die Information, ob die Montage innerhalb der Toleranz erfolgte oder nicht, und liefert natürlich keine absoluten Werte der tatsächlichen Meßergebnisse. In vielen Fällen sind die Bereiche, wo das Spiel gemessen wird, nur schwer zugänglich, oder können mit Fühlerlehren überhaupt nicht erreicht werden. In diesen Fällen müssen andere Methoden angewendet werden. Eine einfache, aber doch genaue Meßmethode wird im folgenden beschrieben: "Drehen der Ritzelwelle, während das Cylkro®-Rad festgehalten wird, und messen der Drehbewegung der Welle an einem beliebigen, bekannten Radius."



Wenn r_m Radius, an dem die Drehbewegung der Welle gemessen wird,
 f Drehweg der Ritzelwelle (in mm),
 r_b Grundkreisradius,
 j_n Spiel
 b Schrägungswinkel des Ritzels sind,
dann gilt:

$$j_n = f \frac{r_b}{r_m} \cos \beta$$

Abbildung 11 zeigt eine mögliche Meßanordnung, die für die oben beschriebene Methode geeignet ist. Das Spiel muß an einer bestimmten Anzahl von Positionen (z.B. sechs) gemessen werden, die gleichmäßig über den Umfang des Cyclo®-Rades verteilt sein sollten.

• **Beachte:** Eine große Streuung der Meßwerte kann auf eine ungenaue Positionierung von Welle zu Nabe hindeuten.

Wenn der Mittelwert der Meßwerte vom vorgeschriebenen Wert abweicht wie oben beschrieben, muß die Welle in Richtung ihrer korrekten Position unter Verwendung von Distanzscheiben (Abb. 10) oder einer anderen Sicherungsmethode eingestellt werden. Abschließend wird die Lagerluft durch die Distanzscheiben 1 und 2 eingestellt.

5.3 Tragbildlage während der Montage

Wenn ein Cyclo®-Radpaar in der beschriebenen Weise montiert wird, sollte das Tragbild (= Kontaktfläche auf den Zahnflanken, wenn unter Last abgewälzt wird) idealerweise den Vorgaben beim Entwurf entsprechen. Wichtige Abweichungen treten hinsichtlich der Größe, der Form und/oder der Position der aktiven Zahnflanken auf, wenn dieses Tragbild nicht korrekt ist. Zusammen mit diesen Toleranzforderungen für die Verbindungen Kronenrad zu Nabe und Welle zu Nabe (vgl. Kap. 2) gibt es auch die Forderung, daß die Bohrungen von Ritzel und Rad genau positioniert werden.

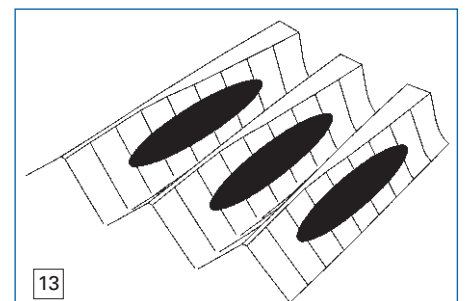
Die zulässigen Toleranzabweichungen für Achsenwinkel und Bohrungsmittenversatz sind in DIN 3964, Teil 4 festgelegt (vgl. Abb. 12). Gewöhnlich gewährleisteten Qualitäten von 6 bis 7 einen ausreichenden Genauigkeitsgrad für Industrieanwendungen von Cyclo®-Rädern. Unter bestimmten Umständen können höhere Genauigkeiten erforderlich sein, z.B. bei Anwendungen mit hohen Drehgeschwindigkeiten und einer Forderung von hoher Übertragungsgenauigkeit. Wenn ein Radpaar

montiert ist, kann das Tragbild geprüft werden. Dabei wird eine Kontaktpaste auf eine der miteinander wälzenden Flanken gestrichen, vorzugsweise der des Ritzels. Die Schichtdicke sollte dabei $5 \mu\text{m}$ ($\pm 2 \mu\text{m}$) nicht übersteigen. Beim Drehen der Ritzelachse unter Last wird die Paste auf die Zahnflanken des Cyclo®-Rades übertragen. Die Position, die Größe und die Änderung der aufeinanderfolgenden Tragbilder geben Aufschluß über die Laufgüte des Cyclo®-Radpaars wie montiert. Unter Last sollte jedes Flankenpaar ein Tragbild ähnlich wie in Abb. 13 dargestellt aufweisen.

Andere Tragbilder können als Folge von Abweichungen auftreten.

Hier müssen drei Situationen unterschieden werden:

1. Alle Zahnflanken weisen dasselbe Tragbild auf, jedoch nicht an der



Stelle wie beschrieben

(Vgl. Abb. 14 und 15).

Eine axiale Verschiebung des Cylkro®-Rades wird diesen Fehler beseitigen. Axiale Verschiebungen, die das Spiel verkleinern, bewirken eine Verlagerung des Tragbilds zum Außendurchmesser des Rades.

Beachte:

Eine Veränderung des Spiels hat keinen negativen Einfluß auf den Wirkungsgrad des Cylkro®-Getriebes.

2. Eine Tragbildsituation wie in Abb. 16 dargestellt, entsteht durch Achslagefehler des Ritzels (Achsversatz f_a).

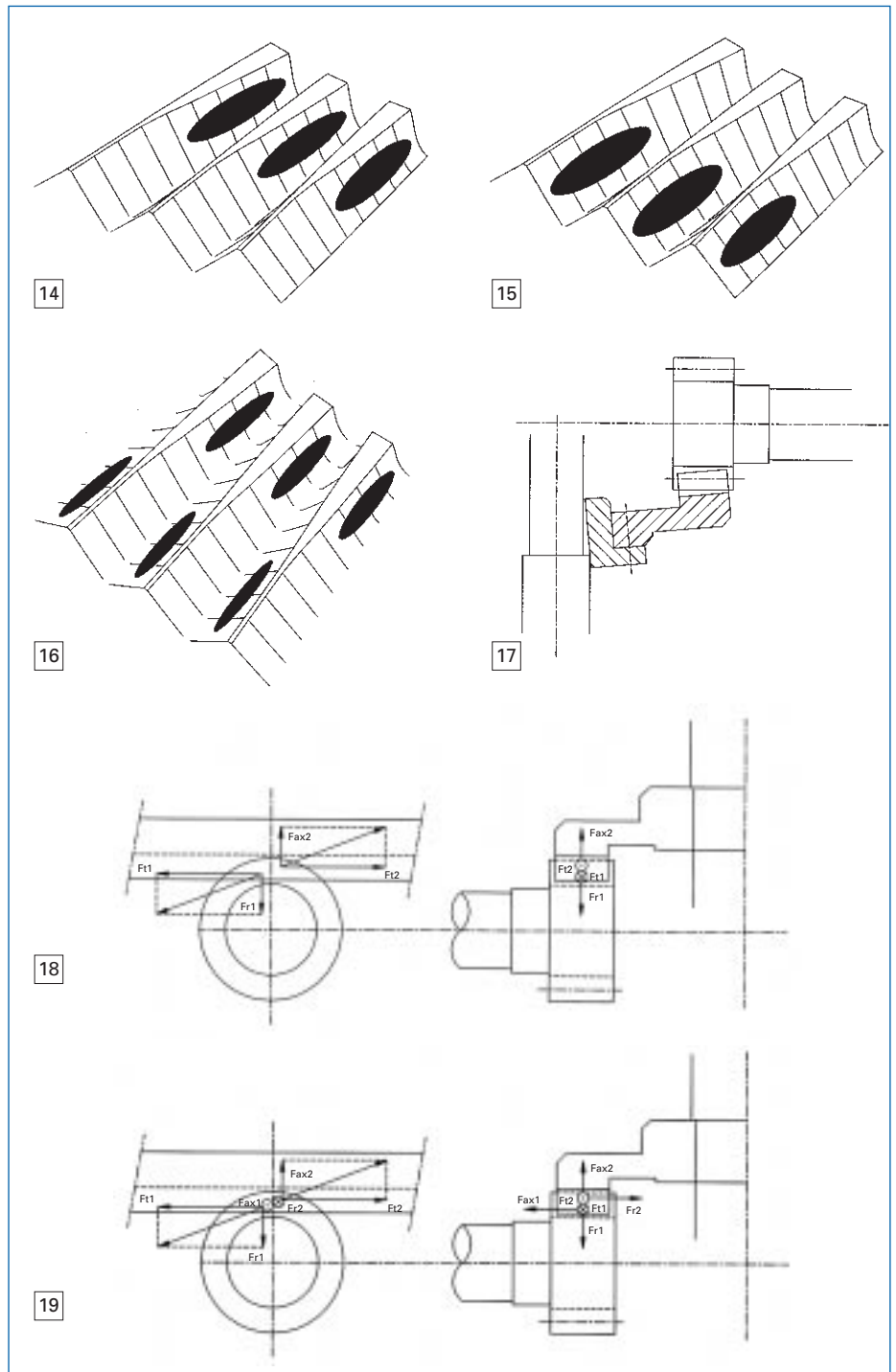
3. Die Einbausituation aus Abb. 17 führt zu Schwankungen der Tragbildlage (Einbaumaß) über den Umfang des Cylkro®-Rades betrachtet.

Bedeutende Abweichungen der Tragbilder bei aufeinander folgenden Flanken ist inakzeptabel. Der Grund hierfür muß herausgefunden und der Fehler abgestellt werden.

Die oben beschriebene Montageanleitung kann in den meisten Situationen angewendet werden. Bei den meisten Kleinserien und Massenerstellungen wird die Erfahrung, die beim ersten, meistens länger dauernden Montageprozeß gewonnen wird, die Voraussetzungen liefern, Tragbilder sicher zu identifizieren und damit die Qualität des gesamten Getriebes sicherzustellen. In der Folge wird dieser Vorgang zur Routine und kann gewöhnlich in einem Schritt durchgeführt werden.

5.4 Tragbild im Betrieb

Insbesondere bei großen Radabmessungen und schweren Lasten ist es üblich, die Tragbildsituation im Betrieb zu überprüfen. Dies wird mit Hilfe eines ölresistenten Lack (blau oder rot) erreicht, der vorzugsweise auf einige Flanken des Cylkro®-Rads in gleichmäßigen Abständen aufgetragen wird. Die Schichtdicke des Lacks bewegt sich dabei im Bereich von einem bis zwei Mikrometern. Der Lack wird im Bereich der Kontaktzone verdrängt. Das Ergebnis ist ein dynamisches Lasttragbild der Zähne. Diese Methode liefert die Summe aller möglichen Abweichungen auf jeder Zahnflanke.



6 Lagerbelastung

Um Cylkro®-Räder richtig zu lagern, müssen Betrag und Richtung der im Zahneingriff auftretenden Kräfte bekannt sein. Die Lager für die Ritzelwelle werden nur durch Radialkräfte belastet. Die Lager an der Kronenradwelle werden durch Axial- und Radialkräfte belastet (vgl. Abb. 18). Bei Schrägverzahnung erfahren die Lager der Ritzelwelle ebenfalls eine Axialkraft (vgl. Abb. 19). Der Betrag und die Richtung der Zahnkräfte einer Cylkro®-Verzahnung werden von Crown Gear genannt.

