

**HÖFLER**

**TM 65**

STIRNRAD-TECHNOLOGIE – KOMPLETTBEARBEITUNG



**KLINGELBERG**

## Innovative Zahnrad-Bearbeitung für flexible Anforderungen

Rund um den Globus sichern sich Zahnrad- und Getriebehersteller ihren Vorsprung in der Zahnrad-Bearbeitung durch innovative Spitzentechnologie von Klingelberg.

Der Geschäftsbereich **Höfler Stirnrad-Technologie** ermöglicht Anwendern eine wirtschaftliche und hochpräzise Fertigung von Stirnrädern mit einem Durchmesser-Bereich von 20 Millimetern bis hin zu 10 Metern. Dabei gewährleistet ein hoher Forschungs- und Entwicklungsstandard, aber auch ein weltweites Servicenetzwerk sowie eine firmeninterne Anwendungstechnik durch jahrzehntelanges Know-how und höchste Innovationskraft eine kontinuierliche Spitzenstellung.

Klingelberg bietet die fortschrittlichste Technologie und die effizientesten Maschinen für die Fertigungsprozesskette von Stirnrädern. Das Unternehmen sieht sich dabei als Lösungsanbieter, das seine Kunden von der Verzahnungsauslegung bis zur Qualitätssicherung unterstützt, um Verzahnungen der Spitzenklasse zu fertigen. Das Softwaresystem zur Fertigungssteuerung von der Prozessauslegung bis zur Qualitätskontrolle heißt bei Klingelberg **Closed Loop** – ab jetzt auch für Stirnräder verfügbar.

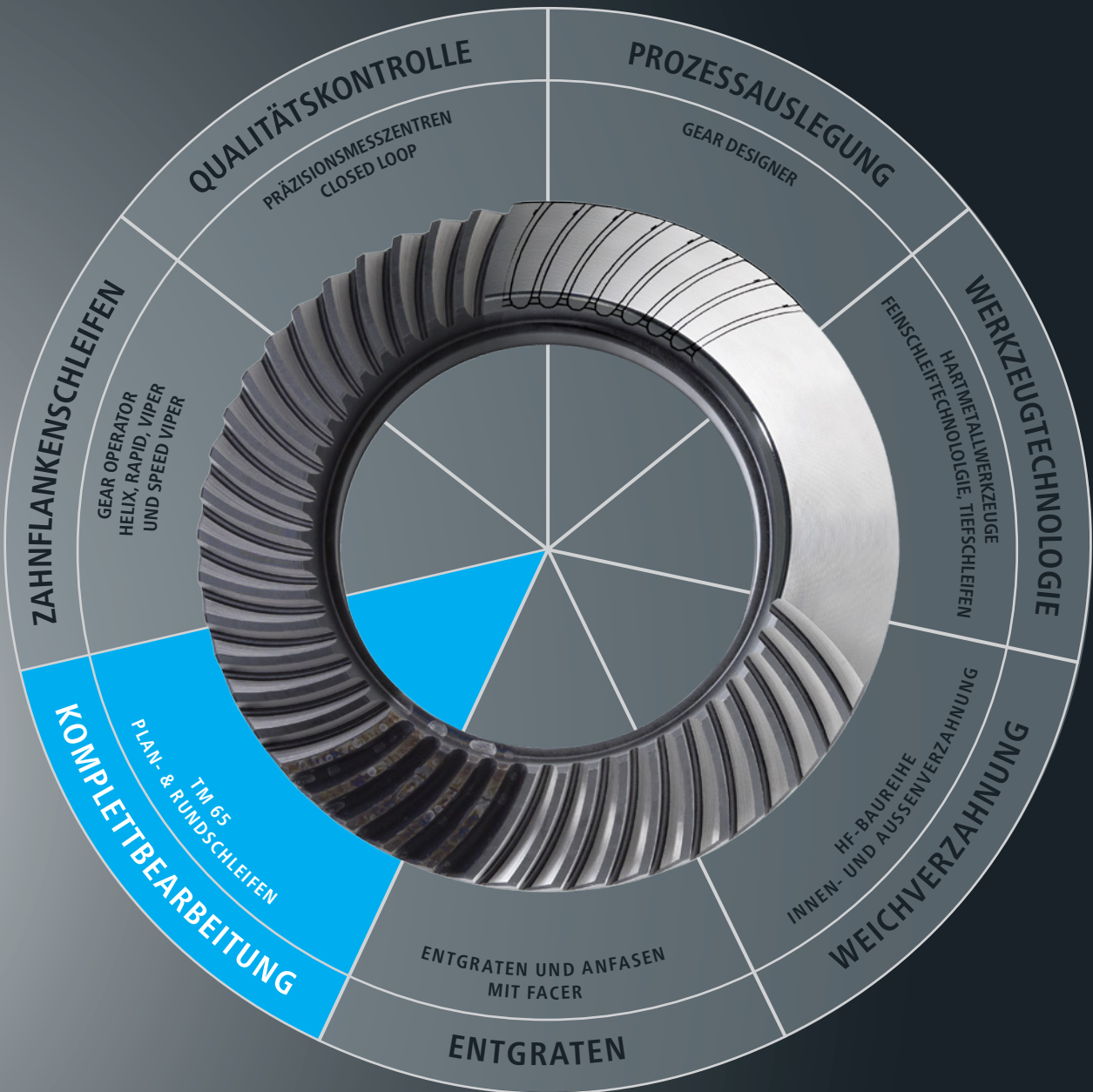
Kernbestandteil ist dabei das leistungsfähige Duo aus **Gear Designer** und **Gear Operator** – zwei neu entwickelte Softwarelösungen, die mithilfe eines digitalen Zwillings des zu schleifenden Werkstücks den gesamten Herstellprozess exakt abbilden und somit Auslegung und Fertigung optimal unterstützen.

Höfler Stirnrad-Maschinen sind mit Blick auf die Praxis entwickelt und werden unterschiedlichsten Anforderungen aus den Anwendungsindustrien gerecht. Zu den Kunden zählen unter anderem alle Getriebehersteller aus den Bereichen Feinmechanik, Luftfahrt und der Automobilindustrie sowie Hersteller von Großverzahnungen für die Energiebranche.



HÖFLER Komplettbearbeitungsmaschine TM 65

# Außergewöhnliche Konzepte für jeden Prozessschritt in der Verzahnungstechnik

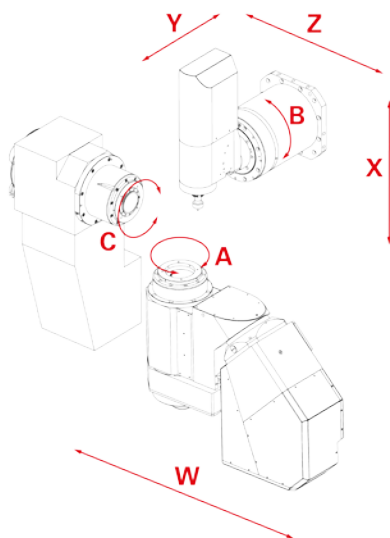


## Angepasste Lösungen für jeden Produktionsanspruch

Mit der HÖFLER Komplettbearbeitungsmaschine TM 65 hat Klingelberg eine Maschine konzipiert, die beliebig komplexe Radkörper und Verzahnungen bis 65 mm Durchmesser in der Komplettbearbeitung aus Stangenmaterial fertigen kann – unabhängig davon, ob es sich um Kegelräder, Stirnräder oder Innenverzahnungen mit evolventischem oder nicht-evolventischem Zahnprofil handelt.

Dank der vorhandenen Haupt- und Subspindel ist die Komplettbearbeitung selbst komplizierter Bauteile in einer Maschine möglich. Diese beiden Werkstück-Spindeln ermöglichen es, alle Flächen eines Bauteils innerhalb der Maschine zu bearbeiten – unabhängig davon, ob es sich um ein wellenförmiges oder scheibenförmiges Bauteil handelt. Dank der Schwenkeinheit, auf der die Subspindel angeordnet ist, gibt es auch keine Kollisionsprobleme. Die Werkzeug-Spindel der TM 65 leistet bis zu 30.000 min<sup>-1</sup>, sodass neben kleinen Fräs- und Bohrwerkzeugen auch Schleifwerkzeuge eingesetzt werden können.

Ein weiteres Highlight der TM 65 ist der in die Maschine integrierte Werkzeug-Wechsler, der Platz für bis zu 90 Werkzeugen bietet und dafür sorgt, dass keine manuellen Eingriffe während des Bearbeitungsprozesses erforderlich sind. Das Maschinenbett ist wassergekühlt und temperaturstabil; die Linearantriebe verschleißfrei und hochdynamisch.



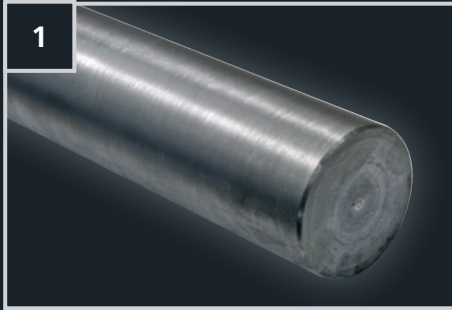
Spindelkonzept

- Komplettbearbeitung von Zahnrädern aus Stangenmaterial bis 65 mm
- Klingelberg Verzahnungstechnologie für Kegelrad- und Stirnrad-Verzahnungen in einer Maschine
- Drehen, Fräsen, Bohren, Stoßen und Verzahnen in einer Maschine
- Maximale Spindel-Drehzahl von 30.000 min<sup>-1</sup>
- Subspindel um 90° frei schwenkbar
- Integrierter Werkzeug-Wechsler mit bis zu 90 Werkzeug-Plätzen
- Leichter Zugang zum System bei kompakter Bauweise
- Verschleißfreie Linearantriebe mit hoher Dynamik

### Achsschema:

A	Gegenspindel
B	Werkzeug-Spindel
C	Hauptspindel
X	Vertikalachse
Y	Querachse
Z	Längsachse
W	Längsachse

# Von der Stange zum Zahnrad in sechs Bearbeitungsschritten



1  
ROHLING



2  
DREHEN



3  
FRÄSEN



4  
BOHREN



5  
VERZAHNEN

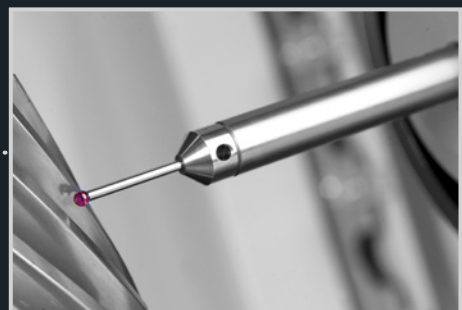


6  
SCHLEIFEN



MESSEN

KORREKTUR



MESSEN

KORREKTUR

## Eine für alles

Kegelräder, Stirnräder oder Innenverzahnungen mit evolventischem oder nicht-evolventischem Zahnprofil lassen sich mit der TM 65 „von der Stange“ fertigen:

Das Zahnrad wird hierfür als CAD-Modell abgebildet und die Datensätze für die NC werden über eine CAD/CAM-Schnittstelle erzeugt. Das große Werkzeug-Magazin mit bis zu 90 Plätzen ermöglicht eine Vielzahl von Bearbeitungsschritten ohne Rüsten. Die Verzahnungsauslegung erfolgt mit den bekannten Klingenberg Softwarepaketen:

- Flexible Kegelrad-Fertigung mit ARCOFLEX
- Verzahnungsauslegung mit KIMoS (Klingenberg Integrated Manufacturing of Spiral Bevel Gears)
- Verwendung des Klingenberg Closed Loop-Verfahrens
- Bearbeitung von Stirnverzahnungen mit Wälzschälern und Wälzfräsen

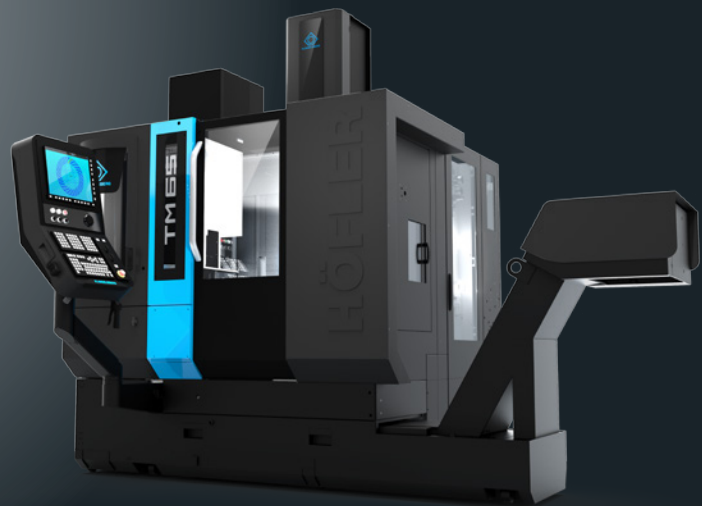
### Ergebnis:

Die TM 65 kombiniert neuartige Verzahnungstechnologie mit dem Klingenberg Closed Loop-Konzept. Dadurch erreicht sie die Flexibilität eines modernen Bearbeitungszentrums – ohne lange Durchlaufzeiten.

## Drehen, Fräsen, Bohren, Stoßen und Verzahnen in einer Maschine!

„Die Verzahnungsindustrie befindet sich in einem Wandel“ – Die Herstellung von Verzahnungen ist heute nicht allein auf Verzahnmaschinen beschränkt. Auch Bearbeitungszentren sind heute fähig, Verzahnungen herzustellen. Mit der TM 65 beschreitet Klingenberg einen neuen Weg, um Zahnräder komplett zu bearbeiten. Dabei knüpft die Vorgehensweise an das Klingenberg Closed Loop-Verfahren an. Die Herstellung der mit KIMoS ausgelegten Kegelrad-Verzahnung erfolgt prozesssicher auf Basis eines virtuellen Zwillings. Damit steht Technologie Know-how für die Automobilindustrie auch für die Kleinserie zur Verfügung. Zu den Erfolgsfaktoren der TM 65 gehören:

- Herstellung von Kegelrad-Verzahnungen mit dem Klingenberg Produktionssystem
- Herstellung von Stirnverzahnungen durch Wälzschälern und Wälzfräsen
- Fertige Bearbeitung von komplizierten Bauteilen in einer Maschine



HÖFLER Komplettbearbeitungsmaschine TM 65



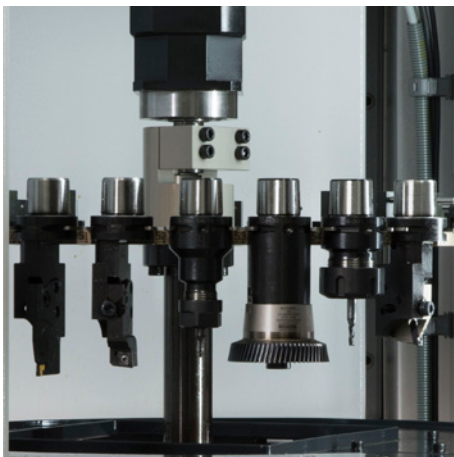
## Komplettbearbeitung von der Stange

- Haupt- und Subspindel -Spannsystem Hainbuch zur Bearbeitung aller Flächen eines Bauteils innerhalb der Maschine
- Wechsel des Spannsystems erfolgt in nur wenigen Minuten
- Standard-Spanndorne für Schleifarbeiten
- Maximale Bearbeitungsfähigkeit auf kleinstem Raum dank innovativer Kinematik
- Bis zu 90 Werkzeuge erlauben alle Arten von spanender Bearbeitung



## Werkzeug-Spindel mit hohem Drehzahl- und Drehmomentniveau

- Dauerhaft hohe Drehzahlen und eine lange Spindel-Lebensdauer dank direkter Schmierung an den Lagerstellen
- Hochfrequente Spindel mit bis zu 30.000 min<sup>-1</sup>
- Hohe Beschleunigung/Abbremsung der Werkzeugspindel
- Hochdruck-Innenkühlung für Schleifbearbeitung und kleinste Werkzeuge
- Bearbeitung mit kleinsten Vollhartmetall-Fräsern und Messerköpfen bis 80 mm Durchmesser möglich



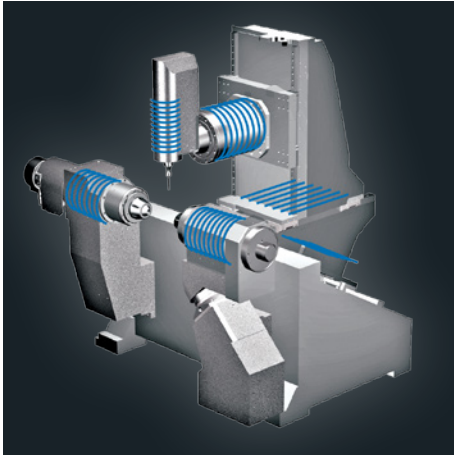
## Hohe Universalität

- Drehen, Bohren, Fräsen und Stoßen in einer Maschine
- Universelles Werkzeug-Magazin
- Integrierter Werkzeug-Wechsler mit bis zu 90 Werkzeug-Plätzen
- Capto-C4-Aufnahme als Schnittstelle zur Werkzeug-Spindel für hohe Drehmomente bei höchster Rund- und Planlauf-Genauigkeit
- Guter Zugang zu den 30, 60 oder 90 Werkzeug-Plätzen für eine hervorragende Kontrolle der Werkzeuge
- Hartfein-Bearbeitung mit galvanisch gebundenen CBN-Schleifscheiben



## Innovatives und intuitives Bedienkonzept

- Einsatz der Fanuc 31i-Steuerung als weltweit meist verbreitete NC-Steuerung
- Einfache und bedienerfreundliche Benutzung und Programmierung
- Erstellung des Kegelrad-Satzes mittels KIMoS-Software
- Universal CAD-/CAM-System nach Kundenwunsch
- Integration von KIMoS und Gear Designer im Closed Loop-Verfahren
- Uneingeschränkt Closed Loop-fähig für die Kegel- und Stirnrad-Bearbeitung



## Höchste Bearbeitungspräzision

- Stabilisierter Kühl-Kreislauf für alle wärmeerzeugenden Elemente sichert eine stabile Produktion und reduziert die Aufwärmzeiten
- Kombination modernster Technologien ermöglichen beste Oberflächengüten bei kürzesten Bearbeitungszeiten
- Linearantriebe in den Horizontalachsen sorgen für reduzierte Nebenzeiten und eine exzellente Dynamik
- Höchste Werkzeug-Standzeiten
- Verschleißfreie Linearantriebe



## Qualität und Effizienz dank Closed Loop-Systems

- Korrektur der Verzahnung auf Basis eines virtuellen Zwillings
- Effizientes Datenmanagement zur Produktionsoptimierung und zur Sicherstellung hoher Qualitätsansprüche
- Vollständige Integration der Maschine in das Klingelberg Produktionssystem



## Energieeffizienz (e<sup>2</sup>) für höchste Einsparungen

- Kompakte Bauweise
- Kurze Durchlaufzeiten
- Thermische Stabilität
- Bedarfsgerechte Dimensionierung der Antriebe
- Rekuperation der kinetischen Energie durch Direktantriebe und Linearmotoren



## Vielseitige Maschine mit breitem Spektrum an Bearbeitungsverfahren



### ARCOFLEX-Verfahren

- Nur ein Messer für einen ganzen Modulbereich nötig
- Modulbereich 0,3 mm bis 3 mm
- Normaleingriffswinkel 20°



### Wälzfräsen von Stirnrädern

- Modulbereich bis 2,5 mm
- Hohe Produktivität



### Wälzschälen von Stirnrädern

- Innenwälzschälen ab Kopfkreis-Durchmesser  $D = 8$  mm möglich
- Maschinenschonendes Verfahren
- Hohe Produktivität



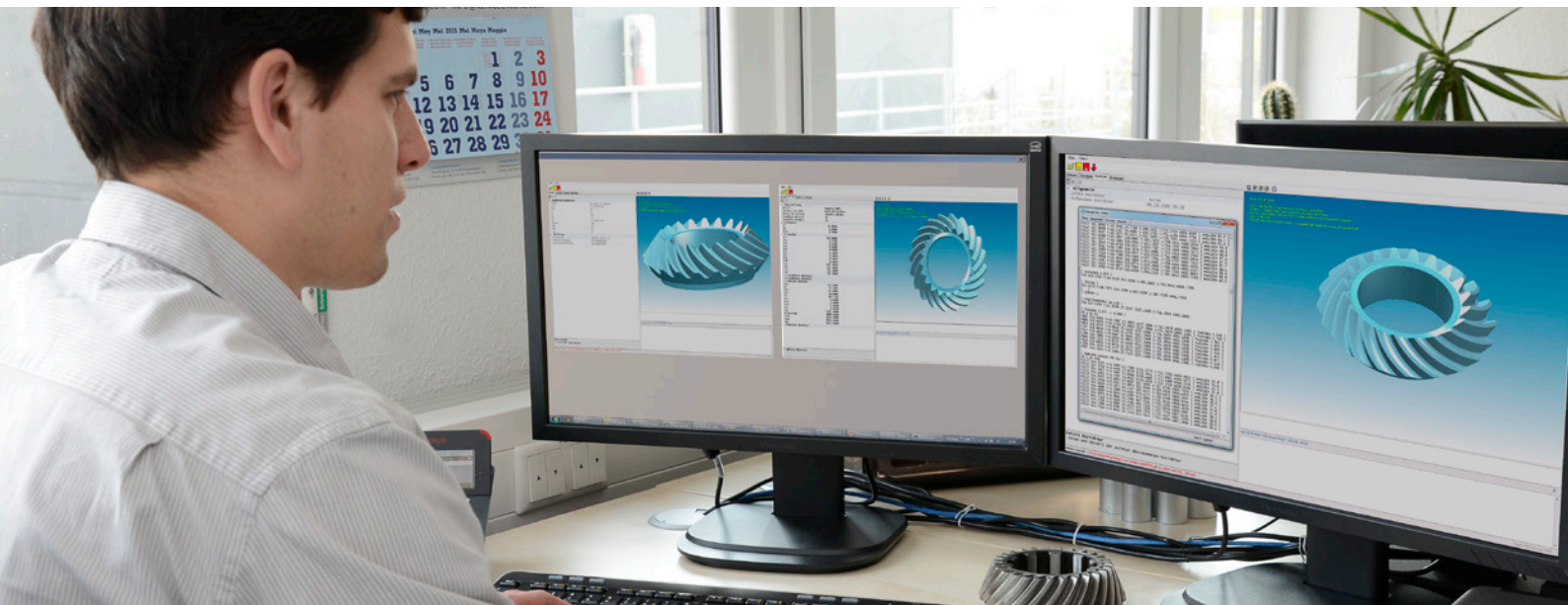
### CBN-Schleifsystem

- Kein Abrichten erforderlich
- Standardisierte Schleifscheiben



### Werkzeuge zum Räumen und Stoßen

- Räumen von Passfeder-Nuten
- Stoßen nach DIN 5480



## Echter Produktivitätsgewinn durch Klingelberg Softwareumgebung

Produktivität wird häufig auf den reinen Bearbeitungsprozess reduziert und die erforderlichen Aufwände zur Durchführung der NC-Programmierung werden nicht berücksichtigt. Jedoch ist insbesondere bei der Bearbeitung von Zahnrädern mittels 5-achsigem Freiformfräsen der zeitliche Aufwand für die NC-Programmierung oft höher als der eigentliche Bearbeitungsprozess.

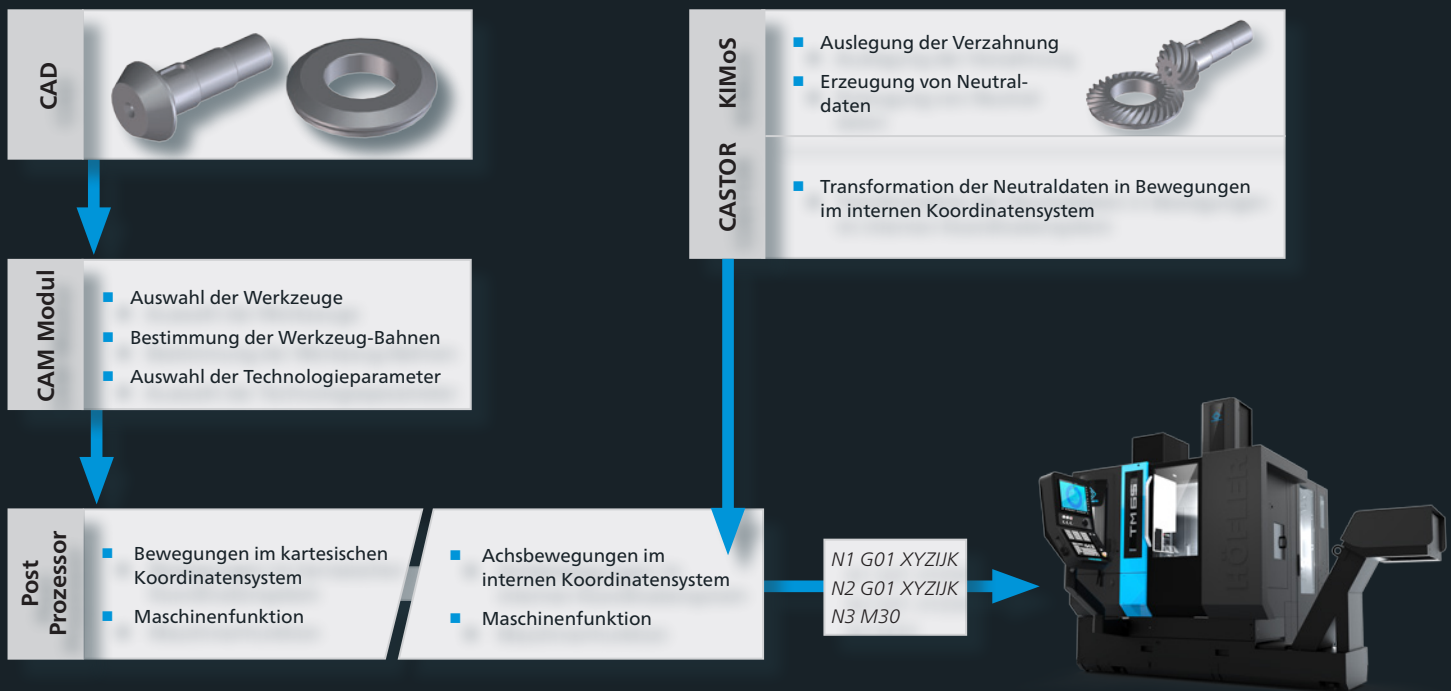
Für die TM 65 hat Klingelberg ein Softwarepaket geschnürt, bei der die 5-achsige Bearbeitung mit den leistungsfähigsten Zahnrad-Auslegungsprogrammen nahtlos verbunden werden kann. Der Anwender setzt einfach sein bevorzugtes System ein, sobald der entsprechende Postprozessor des CAM-Herstellers zur Verfügung steht. Um die Flexibilität zur Nutzung unterschiedlicher CAM-Systeme zu sichern, werden im CAM-Modul nicht die Maschinenachsen direkt verwendet, vielmehr wird auf Basis eines einfachen virtuellen Koordinatensystems die Bewegung zwischen Werkzeug und Werkstück erzeugt.

Für die Bearbeitung des Radkörpers werden übliche CAD-/CAM-Systeme sowie universelle Werkzeuge im Werkzeugmagazin verwendet. Diese Systeme bieten die Möglichkeit, flexibel komplizierteste Formelemente zu bearbeiten. Die Generierung der NC-Daten für die Verzahnungsherstellung ist jedoch grundsätzlich anders: Die Basis bilden Neutraldaten, die auf der Geometrie einer universellen Verzahnmaschine basieren. Die Transformation der Neutraldaten

zur Erzeugung der NC-Daten im  $(x, y, z, i, j, k)$  Koordinatensystem für die Verzahnungsbearbeitung übernimmt das speziell für die TM 65 entwickelte **Softwarepaket CASTOR**, das einem CAM-System für Verzahnungen entspricht. Die unterschiedlichen Programme **KIMoS für Kegelräder** und **Gear Designer für Stirnräder** beschreiben nicht nur die Geometrie der Verzahnung, sondern berechnen die Herstellbewegung, der das Werkstück und das Werkzeug folgen müssen, um die berechnete Verzahnung zu fertigen.

Klingelberg setzt zwei unterschiedliche Systeme zur NC-Datenerzeugung ein, denn einerseits ist die Herstellung einer Kegelrad-Verzahnung mit einem Stirnmesserkopf vielfach produktiver als das Abzeilen mit einem Schaftfräser. Andererseits, durch die Verwendung von Neutraldaten als Basis für die Verzahnungsberechnung, steht dem Anwender der komplette Technologiebaukasten von Klingelberg zur Verfügung. So kann er bei der Verzahnungsauslegung entscheiden, ob er mit ARCOFLEX ein universelles Werkzeugsystem für kleine bis mittlere Serien einsetzt, oder ob er mit ARCON® ein Spezialwerkzeug für große Stückzahlen benutzt. Ein wesentlicher Vorteil der Klingelberg Softwarelösung ist die uneingeschränkte Closed Loop-Fähigkeit. Die Korrektur der Verzahnungsgeometrie ist mit den bekannten Programmen **KOMET** oder **Gear Corrector** einfach und schnell umsetzbar. So lassen sich auf der TM 65 jegliche Fertigungsabweichungen der Verzahnung auf Knopfdruck eliminieren.

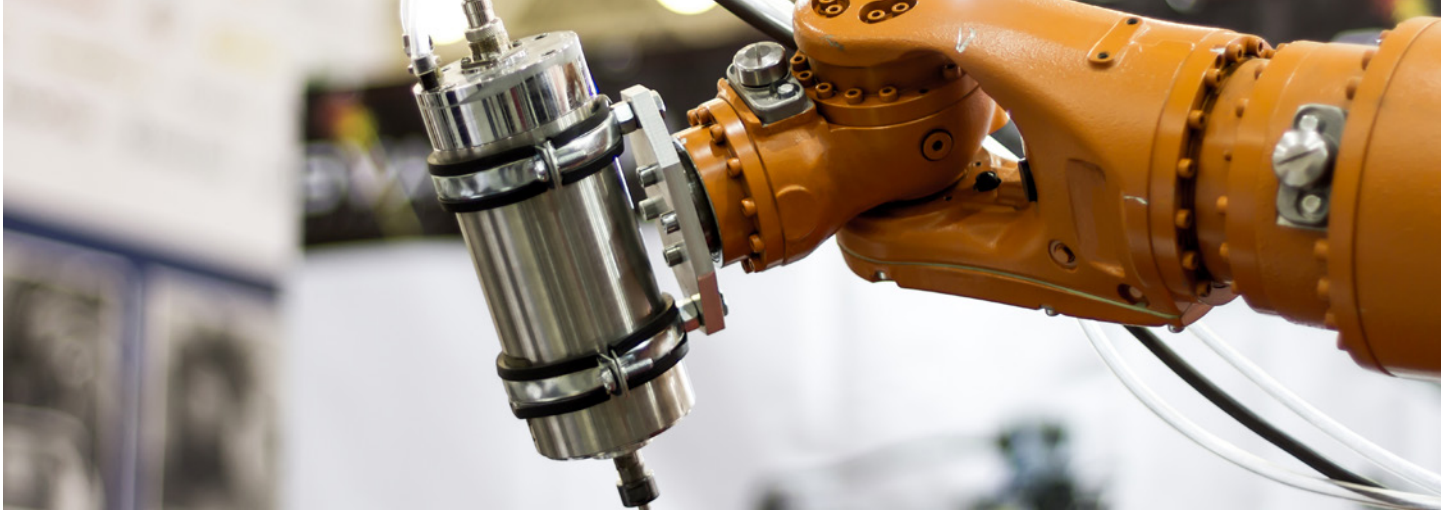
# Die Industrie 4.0 Softwareumgebung



## Komfortable und durchgängige Software für 5-achsig Bearbeitung und Verzahnen

- Direkte Anbindung leistungsfähiger Zahnrad-Berechnungsprogramme KIMoS und Gear Designer
- Closed Loop-Integration zur Kompensation von Fertigungsabweichungen
- Schnelle NC-Programmierung
- Fräsen, Schleifen für Kegel- und Stirnräder
- Wälzschälen für Innen- und Außenverzahnungen
- Volle Softwareunterstützung bei der Fertigung von Sonderprofilen wie Zykloiden, Steckverzahnungen u. a.

## Roboter als fester Bestandteil moderner Produktions- und Handhabungssysteme



Roboterbasierte Automatisierungslösungen zählen heutzutage zu den festen Bestandteilen industrieller Produktionsstätten. Aber auch andere Bereiche, wie beispielsweise die Medizintechnik, profitieren von den modernen Produktions- und Handhabungssystemen. Bedingt durch die Übernahme komplexester Aufgaben von Robotern, kann die physische Belastung der Mitarbeiter bei wiederholenden oder ergonomisch kritischen Tätigkeiten erheblich reduziert werden. Im Vergleich zu den konventionellen, manuellen und mechanisierten Bearbeitungslösungen zählen zu den wesentlichen Vorteilen insbesondere die hohe Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit sowie die Positioniergenauigkeit und Reproduzierbarkeit in den Bewegungsabläufen. So haben sich Robotersysteme in zahlreichen Anwendungsbereichen und Branchen fest etabliert.

### Herausforderung an die Robotersysteme

Aus dem steigenden Bedarf an Robotersystemen folgt für einen preis- und stückzahlgetriebenen Markt, die Notwendigkeit einer effizienten und robusten Fertigung qualitätsbestimmen-

der Bauteile. Für eine effiziente und wirtschaftliche Umsetzung von Bewegungs- und Handhabungsaufgaben müssen Robotersysteme zum einen über eine hohe Beweglichkeit sowie Dynamik in den Verfahrenoperationen und der Positionierung verfügen. Zum anderen stellt eine präzise und gleichförmige Übertragung von Bewegungen und Drehmomenten die wesentliche Herausforderung an die verwendeten Getriebe in den Gelenken und Aktuatoren von Robotersystemen dar. Hierfür sind wiederum eine geringe Spielfreiheit sowie eine hohe Verdrehsteifigkeit erforderlich.

### Lösungen für hochpräzise Antriebe

An diese Herausforderung knüpft Klingelberg an und bietet mit seinem Produktionssystem Lösungen an, um hochpräzise Antriebe in Serie zu fertigen. Die Komplettbearbeitung von komplizierten, verzahnten Bauteilen in kleinen, mittleren und großen Serien ist ein Angebot an die Roboterindustrie, zu dem es keine Alternative gibt.

Zykloidenverzahnung am Beispiel einer HÖFLER Stirnrad-Schleifmaschine VIPER 500 K



## Werkzeug-Maschinen



Modern angetriebene Werkzeuge werden heutzutage in den verschiedensten Ausführungen angeboten. Die Anforderung: Kegelrad-Sätze in Stückzahlen zwischen ein bis zwei Sätzen zu fertigen. Die Lösung: Mit der TM 65 hat Klingelberg eine Maschine entwickelt, bei der verschiedenste Kegelrad-Sätze in unterschiedlichsten Größen und verschiedensten Achswinkeln hergestellt werden können.

## Medizintechnik



Moderne Operationsmethoden verlangen immer filigranere Instrumente. So werden beispielsweise Zahnarzt-Bohrmaschinen und chirurgische Schneidwerkzeuge von kleinsten Kegelrädern angetrieben. Hierbei sind Kopf-kreis-Durchmesser von kleiner 8 mm mit Modulen ab 0,2 keine Seltenheit. Klingelberg bietet mit der TM 65 zugeschnittene Lösungskonzepte für die Produktion moderner Kegelräder kleinster Abmessungen an.

## Industriegetriebe



Der Bereich der Industriegetriebe besteht aus vielen unterschiedlichen Anwendungen, die hohe Anforderungen an die Zuverlässigkeit der Zahnräder stellen. Die Zahnräder für diese Bereiche werden oft von Unternehmen hergestellt, die sich auf kleine Losgrößen und große Variantenvielfalt spezialisiert haben. Eine steife Maschinenkonstruktion sowie flexible und wirtschaftliche Werkzeug-Systeme sind der Schlüssel zum Erfolg, um hier zu den Marktführern zu zählen.

## Feinmechanik



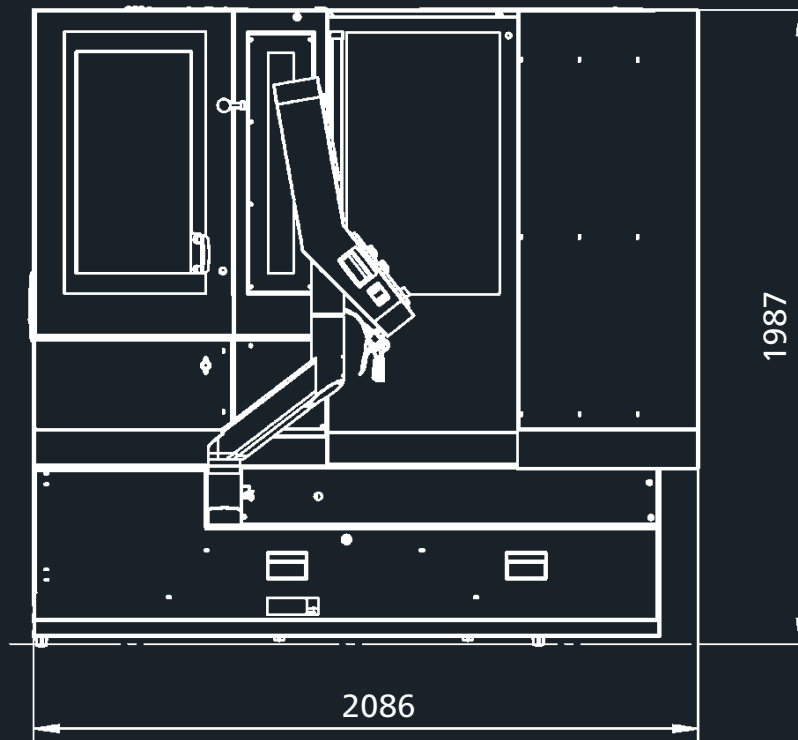
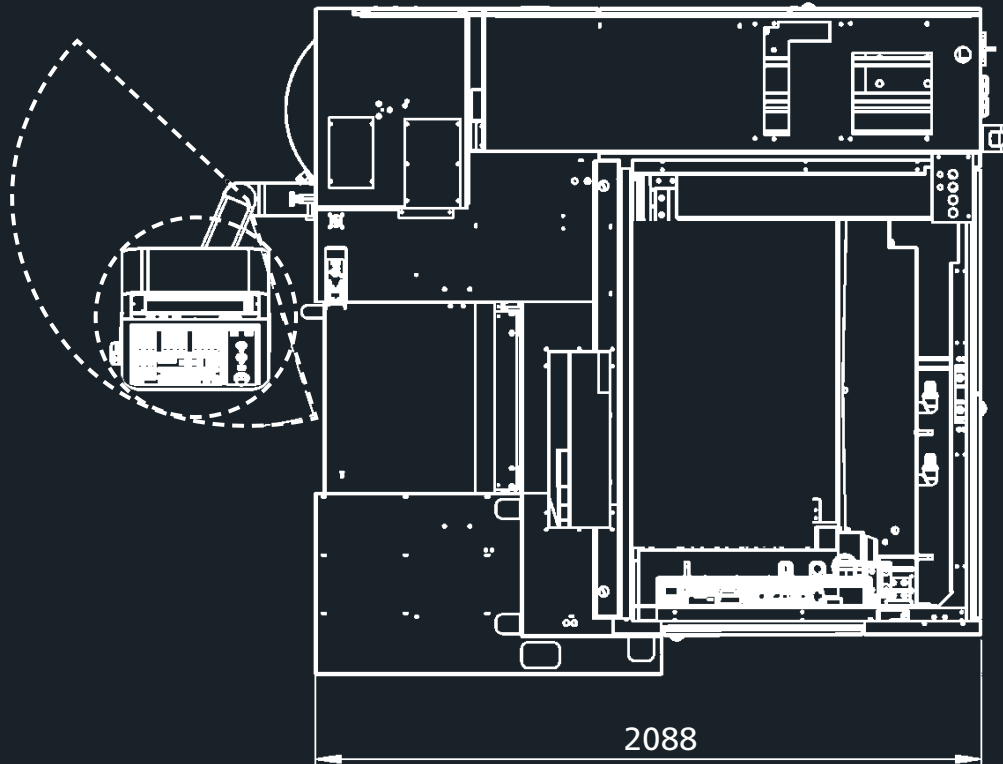
Antriebssysteme mit Getriebekomponenten und Zahnrädern unterschiedlichster Bauform sind heute Bestandteil des täglichen Lebens. So verfügen elektrische Antriebe in den meisten Fällen über Getriebe zur Anpassung von Drehzahl und Drehmoment. Aufgrund dieser spezifischen Kombination wird in Elektro-Werkzeugen oder Haushaltsgeräten sowie in vielen anderen elektrisch angetriebenen Aggregaten eine optimale Leistungsdichte erreicht.

# TECHNISCHE DATEN

## TM 65

<b>Grundmaschine</b>	
<b>Verfahrwege</b>	X = 410 mm / Y = 200 mm / Z = 400 mm
<b>Leistung X-Y-Z -</b>	X = 4,5 kW / Y = 4,8 kW / Z = 7,2 kW
<b>Achskraft X-Y-Z</b>	X = 360 daN / Y = 240 daN / Z = 360 daN
<b>Eilgänge X-Y-Z</b>	50 m/min
<b>Hauptspindel C</b>	
<b>Leistung (Direktantrieb)</b>	15 kW
<b>Drehmoment S1 S2 S3</b>	84 Nm / 104 Nm / 124 Nm
<b>Drehzahl (max.)</b>	6.000 min <sup>-1</sup>
<b>Teilgeschwindigkeit (max.)</b>	90.000 °/min
<b>Auflösung</b>	0,0001°
<b>Stangendurchlass</b>	Ø 65 mm
<b>Subspindel A</b>	
<b>Leistung</b>	15 kw
<b>Drehzahl (max.)</b>	6.000
<b>Werkzeug-Spindel</b>	
<b>Leistung</b>	13 kw
<b>Drehmoment Dauer/Spitze</b>	S1 = 9,5 Nm / S6 = 11,5 Nm
<b>Drehzahl (max.)</b>	30.000 min <sup>-1</sup> (40.000 optional)
<b>Innenkühlendruck (max.)</b>	100 bar (optional)
<b>Werkzeug-Spindel</b>	CAPTO C4
<b>Gesamtgewicht</b>	ca. 4.200 kg
<b>Maschinenabmessungen (L x B x H)</b>	ca. 2.086 x 2.088 x 1.987 mm

# Aufstellmaße



Alle Angaben in mm

## KLINGELNBERG Service

Die Klingelberg Gruppe zählt zu den führenden Unternehmen in der Entwicklung und Fertigung von Maschinen zur Kegelrad- und Stirnrad-Bearbeitung, von Präzisionsmesszentren für Verzahnungen und rotationssymmetrische Bauteile sowie in der Fertigung hochpräziser Antriebskomponenten im Kundenauftrag. Neben dem Hauptsitz in Zürich (Schweiz) zählen zu den weiteren Entwicklungs- und Fertigungsstandorten Hückeswagen und Ettlingen (Deutschland).

Dazu kommen Vertriebs- und Serviceniederlassungen sowie zahlreiche Handelsvertretungen weltweit. Auf dieser Basis bietet Klingelberg den Anwendern ein umfangreiches Dienstleistungsangebot rund um die Auslegung, das Fertigungsverfahren und die Qualitätsprüfung von Zahnrädern. Das Spektrum umfasst technische Beratungen, Maschinenabnahmen im Werk, Bediener- und Softwareschulungen sowie Wartungsverträge.

## KLINGELNBERG Lösungen

Klingelberg Lösungen kommen neben der Automobil-, Nutzfahrzeug- und Luftfahrtindustrie auch im Schiffbau, der Windkraftindustrie sowie im allgemeinen Getriebebau zum Einsatz. Mit zahlreichen F&E-Ingenieuren rund um den Globus und über 100 erteilten Patenten stellt das Unternehmen seine Innovationskraft stetig unter Beweis.

### KLINGELNBERG AG

Binzmühlestrasse 171  
8050 Zürich, Switzerland  
Fon: +41 44 278 7979  
Fax: +41 44 273 1594

### KLINGELNBERG GmbH

Peterstraße 45  
42499 Hückeswagen, Germany  
Fon: +49 2192 81-0  
Fax: +49 2192 81-200

### KLINGELNBERG GmbH

Industriestraße 19  
76275 Ettlingen, Germany  
Fon: +49 7243 599-0  
Fax: +49 7243 599-165