

# Elektrochemische Metallbearbeitung

Köppern ECM Lohnfertigung



**KöpperneCM**

---

# Inhalt

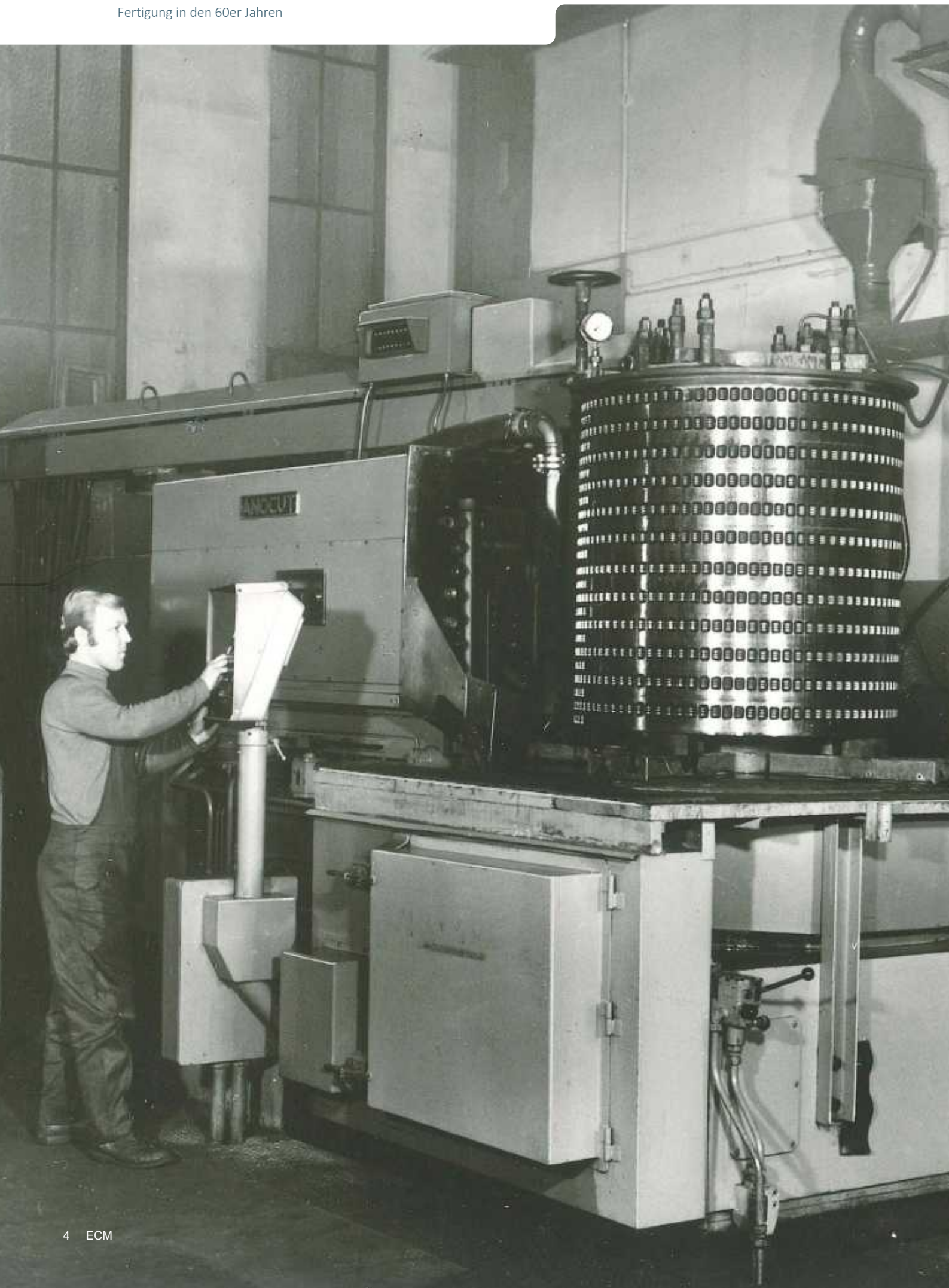
---

- 05 Geschichte
- 06 ECM – Die Technologie
- 08 Anwendungsbeispiele
- 12 Von der Idee zum EC-Werkzeug zum Produkt
- 13 Qualitätssicherung auf höchstem Niveau
- 14 ECM Anlagentechnik
- 15 Maschinenfabrik Köppern

---

# Köppern ECM

Ein Spezialprozess  
für vielfältige  
Anwendungsbereiche.



---

# Ein kurzer Streifzug durch eine lange Geschichte

---

Köppern wurde 1898 in Hattingen gegründet und präsentiert sich heute noch als ein familiengeführtes Unternehmen, das seine traditionellen Werte pflegt: Technologische Führerschaft und extrem verlässliche Fertigungsqualität, gekoppelt mit einem besonderen Blick für die individuellen Bedürfnisse seiner Kunden. Das globale Vertretungsnetzwerk von Köppern gewährleistet einen kundenspezifischen Service auf allen Kontinenten. Die Firmengeschichte ist sehr stark mit der Brikettierung von Steinkohle verbunden, ein Prozess der bis zur Mitte des 17. Jahrhunderts zurückverfolgt werden kann. Allerdings wurde die Herstellung von Briketts erst Ende des 19. Jahrhunderts zu einem modernen Industrieprozess.

Im Zuge der Verbesserung des langsamen und teuren Kopierfräsens von Walzen für die Brikettierung von Kohle gelang Köppern im Jahre 1965 einer der ersten Installationen für die elektrochemische Bearbeitung (ECM) auf dem europäischen Kontinent. Dadurch wurde die Bearbeitung der Walzen für die Brikettierung viel zeitsparender und kostengünstiger.

Nur ein Jahr später nahm Köppern die Zusammenarbeit mit Rolls Royce in England auf, die ebenfalls die ECM-Technologie zur Bearbeitung von Triebwerkgehäuseteilen nutzten – dies war unser erster Erfahrungsaustausch.

In den 70er Jahren wurde die ECM-Technologie bekannter und Köppern investierte zunehmend in die Lohnfertigung. Die Abwicklung von Kundenaufträgen für eine ECM-Bearbeitung, einschließlich der Werkzeugentwicklung, wurde häufig gemeinsam mit dem Hersteller von ECM Maschinen, der Firma AEG Elotherm aus Remscheid, durchgeführt. Im Zuge des Aufbaus zum europaweiten ECM-Anbieter für Lohnfertigung bearbeitete Köppern Teile für Famat in Frankreich, MTU in München sowie für Siemens und Tuthill Powerplant Technologies.

2007 entschied sich Köppern in den neuen Bereich der ECM-Technologie, Combined Pulse ECM (oder PECM) zu investieren, welche sowohl mit Gleichspannung als auch mit gepulster Spannung arbeiten kann. Diese Technologie macht ECM präziser, ohne dass viel Bearbeitungszeit verloren geht.

## Geschichte

---

» 1898

Wilhelm Köppern übernimmt die „Berninghaus-Hütte“ in Hattingen

» 1965

Installation der ersten ECM Anlage

» 1966

Beginn der Zusammenarbeit mit Rolls Royce

» 1968

Lohnfertigung von Turbinenläufern

» 1975

Aufbau von weiteren ECM Anlagen in Hattingen

» 1988

Lohnfertigung von Brems scheiben für BMW

» 1990

Beginn der Zusammenarbeit mit der MTU

» 1995

Bearbeitung von Turbinenscheiben für Rolls Royce

» 1995

Bau einer ECM Anlage für Rolls Royce  
Triebwerksteile

» 1996

Fertigung von Filterelementen für Kraftwerke

» 1999

Aufbau von ECM Kapazitäten in Venezuela

» 2002

Bezug der neuen Fertigungshallen

» 2004

Fertigung von Bremsnaben für Mercedes

» 2007

Entwicklung einer eigenen P ECM Anlage

» 2010

Lohnfertigung von Gehäuseteilen für die MTU

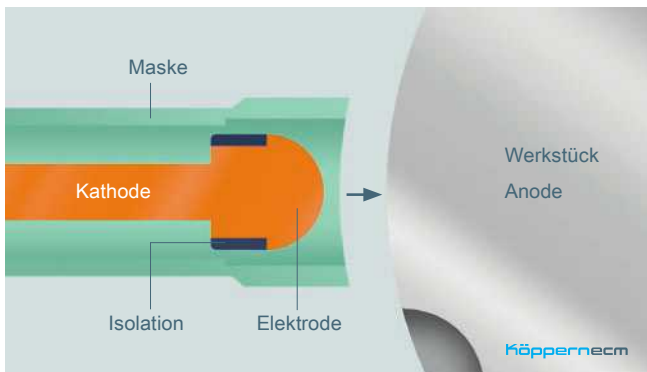
» 2012

Aufbau von ECM Kapazitäten in Indien

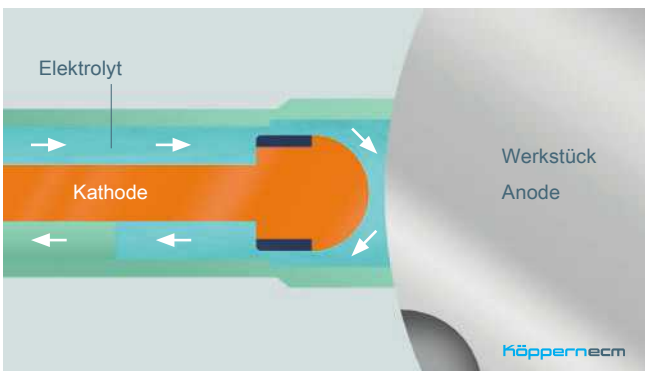
» 2015

Bau einer neuen ECM Großanlage

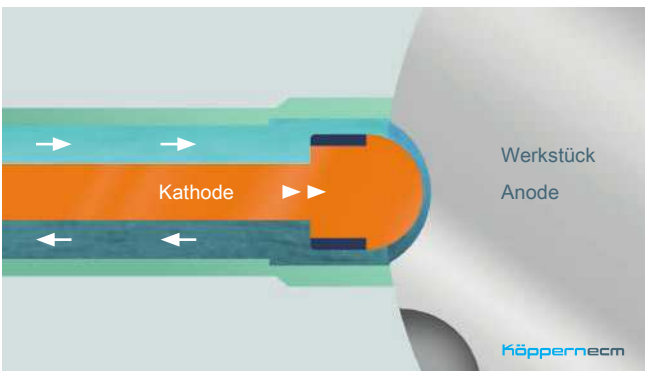
# ECM - Die Technologie



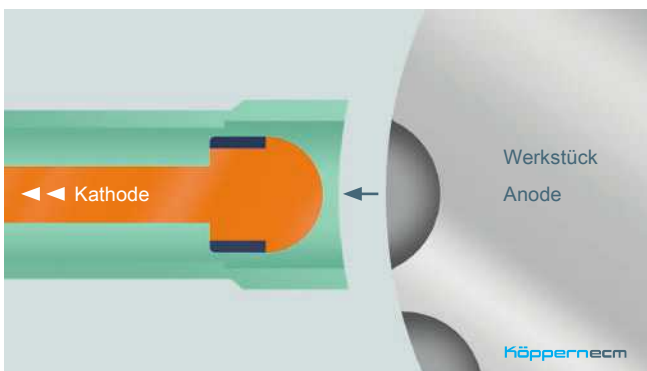
Schritt 1: Elektrode nähert sich dem Werkstück



Schritt 2: Elektrolyt strömt um die Elektrode, der Prozess beginnt



Schritt 3: Materialabtrag bis zur gewünschten Tiefe



Schritt 4: Rückzug der Elektrode

Beim ECM-Prozess wird Metall durch elektrolytische Auflösung so lange abgetragen, bis die spezifizerte Form des Werkstücks erreicht ist. Das zu bearbeitende Werkstück wird mit einem Pluspol (Anode) und die Werkzeugelektrode mit einem Minuspol (Kathode) einer externen Gleichstromquelle verbunden. Die Werkzeugelektrode besitzt die Form der zu erstellenden Werkstückkontur.

Die wässrige Elektrolytlösung im Spalt zwischen Anode und Kathode schließt den elektrischen Kreis. Der Elektrolyt trägt die für den Prozess erforderlichen Ionen; dabei leitet er die erzeugte Hitze ab und sondert aufgelöstes Material ab. Die Werkstückkontur entsteht durch das Vorrücken des Werkzeugs. Der durch den Prozess entstehende kontinuierliche Fluss der Elektrolytlösung zwischen der Werkzeugelektrode und dem Werkstück sorgt dafür, dass sich die Komponenten nicht gegenseitig berühren, so dass weder die Elektrode noch der Verarbeitungsprozess an sich durch Verschleiß beeinträchtigt werden.

Im Zusammenhang mit der gepulsten ECM-Technologie kann auch gepulste Spannung statt kontinuierlicher Spannung (Gleichstrom) genutzt werden um den elektrischen Kreis zu schließen – wie beim An- und Ausschalten eines Lichtschalters, aber in Zyklen von ca. 10 Millisekunden. Diese Eigenschaft, verbunden mit dem herkömmlichen Gleichspannungs-ECM-Verfahren, ergibt im Vergleich zum klassischen PECM mit z.B. schwingender Elektrode größere Vorteile wie höhere Präzision, bessere Oberflächenqualität und kürzere Bearbeitungszeiten.

Um den Elektrolyten zu kanalisieren greift Köppern auf verschiedene Möglichkeiten je nach Anwendungsfall und Elektrodengeometrie zurück. Im ersten Fall wird der Elektrolyt in eine Druckkammer eingeleitet und durch die Elektrode wieder zurückgeführt.

Bei einem weiteren Anwendungsfall wird der Elektrolyt durch die Elektrode eingeleitet und strömt aus dem Bearbeitungsspalt heraus. Dies erfolgt entweder frei oder, wie dargestellt, mittels einer Druckkammer in der dann ein entsprechender Gegendruck erzeugt werden kann.

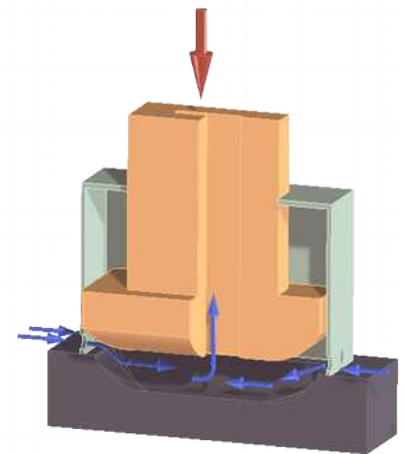
Das dritte Beispiel zeigt einen Aufbau, bei dem der Elektrolyt quer über die Elektrode geführt wird. Im Gegensatz zu den ersten zwei Beispielen entsteht hierbei kein Strömungssteg, der bei den Beispielen 1 und 2 durch den Spülschlitz hervorgerufen wird.

### Vorteile der ECM Bearbeitung:

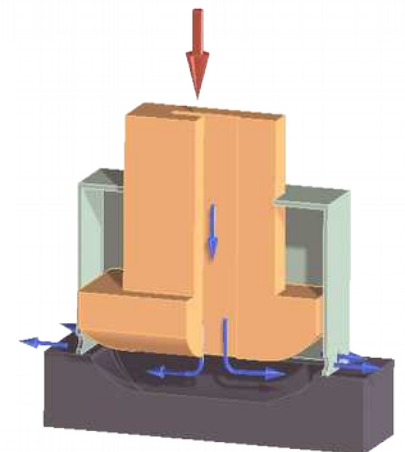
- » Bearbeitung sehr harter Werkstoffe
- » Keine Gefügeveränderung
- » Freiformflächen
- » Gratfrei
- » Oberflächenqualität  $R_z < 10 \mu\text{m}$
- » Kurze Bearbeitungszeiten

Insbesondere bei exotischen Werkstoffen mit hohen Anforderungen an Rissfreiheit und Oberflächengüte, wie sie z.B. in der Luft- und Raumfahrt verwendet werden, ist die ECM-Bearbeitung anderen Bearbeitungsverfahren überlegen.

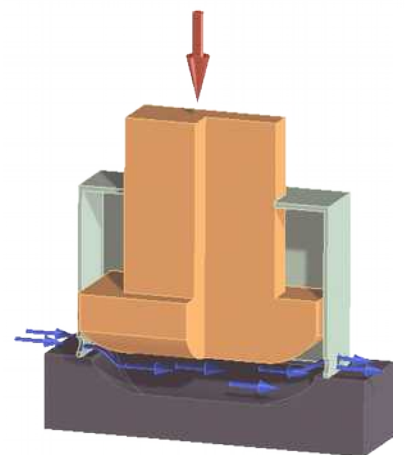
Auch hochlegierte Werkstoffe wie z.B. Legierungen auf Nickelbasis, Titanlegierungen oder pulvermetallurgisch hergestellte bzw. gehärtete Werkstoffe lassen sich problemlos formen. Die Bearbeitung ist gratfrei bei bester Oberflächenbeschaffenheit und erfolgt ohne thermische Belastung der Werkstücke, da die Bearbeitungstemperaturen verfahrensbedingt unter  $90^\circ\text{C}$  liegen.



Elektrolytströmung von Außen nach Innen



Elektrolytströmung von Innen nach Außen



Elektrolytströmung entlang der Elektrode



Verschiedene ECM Werkzeugelektroden

# Anwendungsbeispiele



ABS Vorderradnaben

## Automobiltechnik

Bei diesem Bauteil wird eine ABS/ASR Verzahnung mittels ECM-Bearbeitung in einem einzelnen Arbeitsgang eingebracht. Zur Herstellung wird hierbei eine hochgenaue Elektrode aus Blech verwendet. Die 48-fach-Verzahnung mit einer Zahnbreite von 2,2 mm und einer Tiefe von 1,5 mm wird auf der Länge der Achse von 15 mm gesenkt. Diese Bearbeitung wird auf einem Mehrfachwerkzeug durchgeführt, so dass pro Stunde im Schnitt fast 68 Vorderradnaben mit einer Oberflächengüte von  $R_t = 8 \mu\text{m}$  hergestellt werden können.



Kolbenboden

## Schiffstechnik

Die völlig gratfreie Bearbeitung von großen Bauteilen in einem einzelnen Arbeitsgang zeigt das nachfolgende Beispiel eines Kolbenbodens für Großdieselmotoren wie sie z.B. im Schiffsbau eingesetzt werden. Hierbei wird eine komplexe Geometrie in einem Arbeitsgang eingesenkt. In diesem Fall hat der äußere Teller einen Durchmesser von 190 mm und die gesenkte Kontur eine maximale Tiefe von 14 mm. Bei diesen Bauteilen kommt es insbesondere auf die gleichmäßigen und strömungsgünstigen Verrundungen sowie die verschiedenen Innen- und Außenradien bei einer hohen Oberflächengüte von mindestens  $R_a = 0,8 \mu\text{m}$  an.



Gekrümmte Kühlbohrungen

## Triebwerkstechnik

Bei der Fertigung besonders kritischer Teile in der Luftfahrtindustrie erlangt das ECM Verfahren einen entsprechend hohen Stellenwert. Für Rolls Royce in Deutschland fertigt Köppern mit Hilfe des ECM- Verfahrens gekrümmte elliptische Kühlbohrungen in Hochdruckturbinenscheiben (HPT) der ersten Stufe. Dabei handelt es sich um ein besonders kritisches und hoch belastetes Bauteil im Flugzeugtriebwerk, bei dem es auf absolute Rissfreiheit sowie eine strömungsgünstige Konstellation im Ein- und Austritt der Kühlbohrung ankommt. ECM als Bearbeitungsverfahren bietet die einzige Möglichkeit, diese Vorgabe am hochfesten und schwer zerspanbaren Werkstoff zu erfüllen. Bei der Fertigung wird die Größe der 74 Kühlbohrungen einer Scheibe auf  $\pm 0,05 \text{ mm}$  genau eingehalten.



## Pharmaindustrie

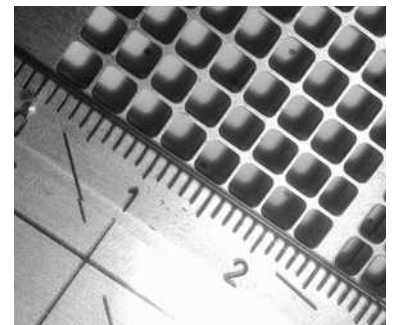
Im pharmaindustriellen Bereich steigen die Anforderungen an die Qualität der Produkte ebenso wie im Triebwerksbau die Anforderungen an die Ausfallsicherheit. Auch hier ist das ECM-Verfahren konventionellen Bearbeitungsverfahren wie Drehen und Fräsen deutlich überlegen. In diesem Produktbeispiel werden Tablettenwalzen gefertigt, wobei es dem Kunden besonders auf ein konstantes Tablettenvolumen von  $399 \text{ mm}^3$  bei jeder einzelnen Form ankommt. Durch die hohe Reproduzierbarkeit des ECM-Verfahrens können diese Kavitäten von  $5,88 \times 20 \text{ mm}$  auf  $\pm 0,05 \text{ mm}$  mit einer Oberflächenqualität von  $Ra=0,4 \text{ }\mu\text{m}$  gefertigt werden. Grundsätzlich erweist sich das ECM-Verfahren als hoch flexibel bei der Gestaltung von Tabletten. Lediglich durch Änderung der Elektroden können runde oder linsenförmige Tabletten, z.B. mit Bruchkerbe, Logo oder Grammangabe realisiert werden.



Tablettenwalzen

## Maschinenbau

Manchmal wird die Fertigungsplanung auch von einfachen Strukturen vor Herausforderungen gestellt, zum Beispiel wenn konventionelle Fertigungsmethoden nicht zugelassen sind oder unwirtschaftlich erscheinen. Im folgenden Bild wird mittels des PECM-Verfahrens eine Gitterstruktur von 2-3 mm breiten Vierkantlöchern in einem Stahlblech hergestellt. Diese Blechteile dienen als Filterelement in hochkritischen Bereichen von Kernkraftwerken und werden hinsichtlich Druck und Temperatur immens belastet. Aufgrund der hohen Anforderungen an die absolute Rissfreiheit des Filters kommt nur ein Verfahren in Frage, welches die Geometrie ohne mechanische Beanspruchung des Bauteils „sanft“ abträgt – also ECM, wobei auch hier eine wirtschaftliche Bearbeitung für unsere Kunden erst durch den Einsatz von bis zu 500 Einzelelektroden in einem einzelnen Werkzeug möglich wird.



Gitterstrukturen

## Dampfturbinen

Bei der Herstellung von Schaufelprofilen für stationäre Dampfturbinen können wir auf eine langjährige Erfahrung bis in die 70er Jahre zurückblicken. Im diesem Beispielbild werden aus einem geschlossenen, gedrehten Ring einzelne Schaufeln mit einem zusätzlichen Zapfen in aufeinanderfolgenden Arbeitsgängen gefertigt.



Schaufeln an Dampfturbinen



Ein klassisches Anwendungsbeispiel aus unserer hausinternen Fertigung von Walzenpressen ist das Einbringen von großvolumigen Formen (z.B. 106x44x15 mm) in Brikettieringen von bis zu 1.500 mm Durchmesser. Mit Mehrfachwerkzeugen werden hierbei vier Formen gleichzeitig in einem bis zu 14 Tonnen schweren, gehärteten Ring (67 HRC) eingesenkt – eine ECM-Anwendung, die hinsichtlich des gelösten Materialgewichtes von über 133 kg eine Besonderheit darstellt. Die eigentliche Senkzeit für vier Formen liegt bei nur 8 Minuten, was auch das Fräsen bei diesem Werkstoff als konventionelle Fertigungsmethode an ihre Grenzen bringt.



# Von der Idee zum ECM-Werkzeug zum Produkt



ECM Werkzeug zur Tablettierung

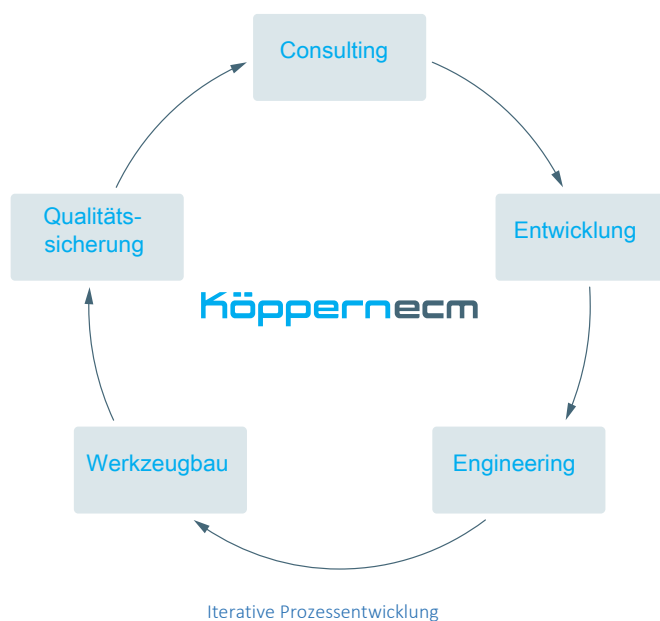
Die Nutzung der ECM-Technologie erfordert den Aufbau einer gemeinsamen iterativen Prozessentwicklung mit dem Kunden. Die hierbei konstruierten Kunden-Teile sind größtenteils zunächst für die konventionelle Bearbeitung vorgesehen. Bei der ECM-Bearbeitung ist es hier auch möglich, strömungsgünstige Optimierungen aus der Entwicklung eines Werkzeugs für den Kunden zu realisieren, die ursprünglich nicht fertigungstechnisch geplant waren.

Für die Entwicklung besonders komplexer ECM-Werkzeugstrukturen nutzt Köppern ein breites Spektrum an Fertigungstechnologien, wie z.B. selektives Lasersintern, 3D-Drucken, Drahterosion bis hin zu herkömmlichen Bearbeitungsmethoden wie z.B. Bohren und Fräsen.

Aufgrund jahrzehntelanger Erfahrung bietet Köppern seinen Kunden die Unterstützung qualifizierter Ingenieure und technischer Berater bei der:

- Analyse prozessnaher Probleme und
- Bereitstellung von Lösungen zur Optimierung der maschinellen Fertigung.

In enger Zusammenarbeit mit unseren Kunden entwickeln wir Bearbeitungskonzepte und bauen Prototypen. Wir gestalten, fertigen und montieren ECM-Werkzeuge im Hause und stellen letztlich Produkte in Einzel- oder Serienfertigung her. Alle Köppern ECM-Produkte – vom Rohling bis hin zum fertigen Erzeugnis – werden gemäß ISO 9001 Qualitätsstandards und der Produktspezifikation des Kunden hergestellt. Unter Einbeziehung des Leistungsangebots der Maschinenfabrik Köppern ist der ECM-Bereich ebenfalls in der Lage, Teile durch herkömmliches Fräsen und mit Drehautomaten von bis zu 50 Tonnen zu bearbeiten.



# Qualitätssicherung auf höchstem Niveau

## Koordinatenmessmaschinen

Primär fokussiert die Qualität darauf, Kundenbedürfnisse zu erfüllen und die Erwartungen des Kunden möglichst zu übertreffen. Der nachhaltige Erfolg besteht darin, Vertrauen beim Kunden und bei entsprechenden Stakeholdern aufzubauen und zu pflegen. Jeder Aspekt der Interaktion mit dem Kunden birgt die Chance, einen Mehrwert für den Kunden zu erzeugen. Daher sind wir stolz auf die ausschließlich positiven Rückmeldungen unserer Kunden, darunter:

Rolls Royce Deutschland,  
Areva,  
Daimler AG,  
Goodrich Control Systems,  
MTU Aero Engines.

Mit dem Augenmerk auf die Komplexitäten der ECM-Geometrien haben wir in den letzten Jahren stark in die neue CMM-Technologie investiert um unseren Kunden auch „messbare Qualität“ zu liefern. Wir sind in der Lage, unsere eigenen CMM-Programme so zu entwickeln, dass sie für den Kunden bei der Veränderung, der Adaption oder der Erstellung von Maßprotokollen, Konturschriebe und Grafiken so flexibel wie möglich sind.

Köppern ECM arbeitet selbstverständlich im 3-Schichten-System unter Einbeziehung einer eigenständigen Qualitätsabteilung.

Als Köppern ECM bieten wir unseren Kunden ein breites Spektrum an CMM-Leistungen für kleine und große Teile.



Typ: Referenz Xi 22 12 9  
Max. Werkstückdimension:  
2.200x1.200x900 mm  
Genauigkeit: 1,8µm + L/350µm

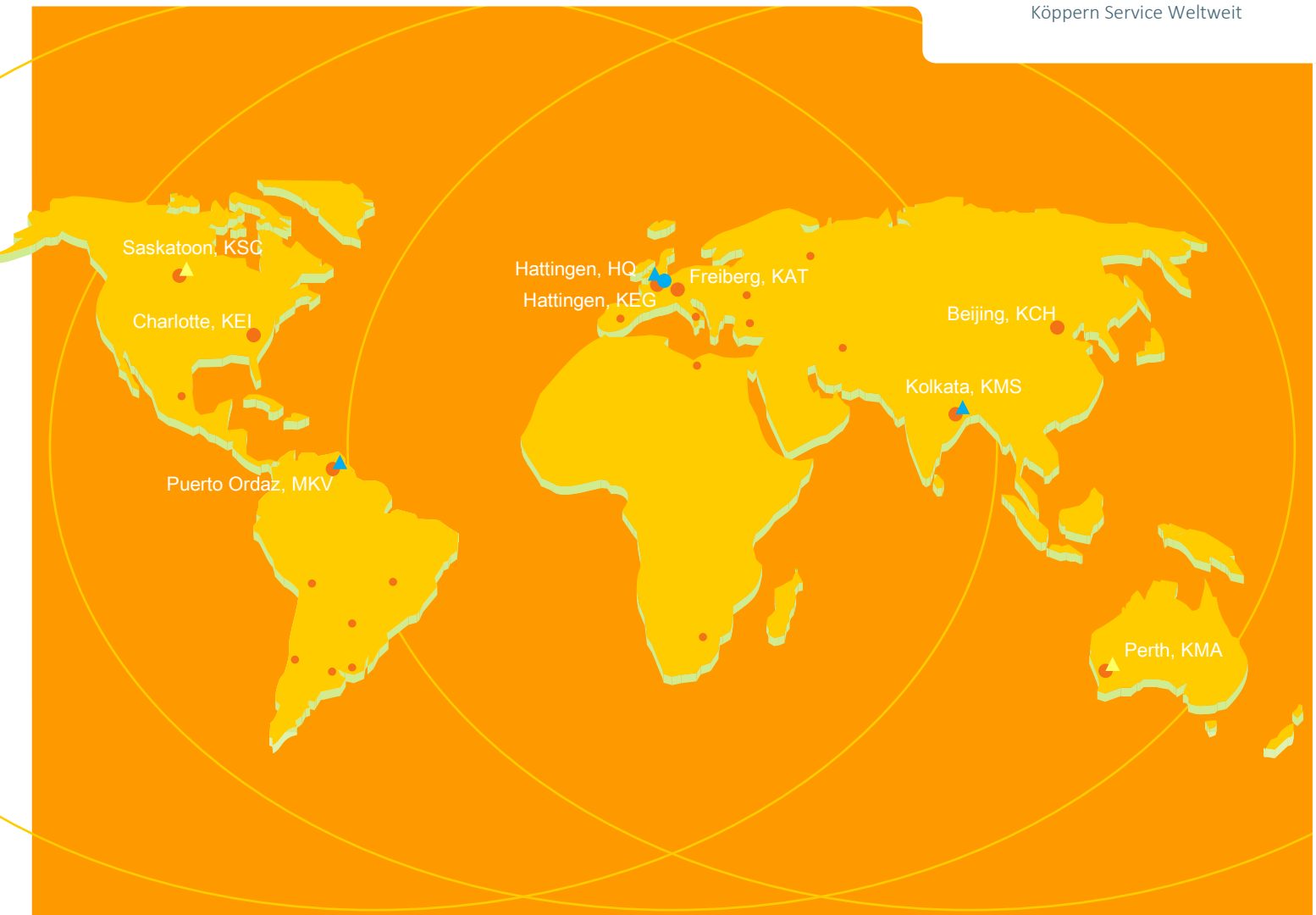


Typ: DEA Scirocco record 10-15-9  
Max. Werkstückdimension:  
1.000x1.500x900 mm  
Genauigkeit: 2,5µm + L/300µm

# ECM Anlagentechnik



Seit dem Start in 1965 gelang es Köppern, die ECM-Technologie für die Lohnfertigung laufend zu verbessern. Dadurch können wir unseren Kunden heute ein breites Spektrum an Maschinenleistungen anbieten, vom kleinsten Bedarf bis hin zu 15 Tonnen mit einem maximalen Durchmesser von 2,5m. Unsere fünf ECM Anlagen sind stets in unsere einzigartige Elektrolyt-Aufbereitung integriert und dadurch so umweltfreundlich wie im wirtschaftlichen Rahmen möglich. Die im Jahr 2002 bezogenen neuen Fertigungshallen entsprechen allen prozessrelevanten Sicherheitsnormen und bieten hinreichend Platz für den weiteren Ausbau des Verfahrens bei Köppern. Auf den im Hause installierten ECM Anlagen können Werkstücke von Einzelteilen bis hin zu Großserien bearbeitet werden.



## Verkaufs- und Servicebüros

- Köppern Hauptzentrale, Hattingen
- Köppern Tochter mit Verkaufs- und Servicebüros
- ▲ Köppern Fertigung mit ECM
- ▲ Köppern Fertigung
- Vertretungen

**Maschinenfabrik Köppern  
GmbH & Co. KG**

Königsteiner Straße 2  
45529 Hattingen  
Germany

Factory / Delivery  
Ruhrallee 6  
45525 Hattingen  
Germany

T +49 (2324) 207 - 0  
F +49 (2324) 207 - 207  
E [info@koeppernecm.de](mailto:info@koeppernecm.de)

**KAT – Köppern Aufbereitungstechnik  
GmbH & Co. KG**

Agricolastraße 24  
09599 Freiberg  
Germany

T +49 (3731) 2018 - 0  
F +49 (3731) 2018 - 20  
E [info@koeppern-kat.de](mailto:info@koeppern-kat.de)

**KSC – Koeppern Service Canada**

3077 Faithfull Avenue  
Saskatoon, S7K 8B3  
Canada

T +1 (306) 373 - 2110  
E [info@koeppern-service.ca](mailto:info@koeppern-service.ca)

**KEI – Kopperrn Equipment, Inc.**

2725 Water Ridge Parkway  
Six Lake Pointe Plaza  
Charlotte, NC 28217  
USA

T +1 (704) 357 - 3322  
F +1 (704) 357 - 3350  
E [moreinfo@koeppernusa.com](mailto:moreinfo@koeppernusa.com)

**KEG – Köppern Entwicklungs-GmbH**

Königsteiner Straße 2  
45529 Hattingen  
Germany

T +49 (2324) 207 - 0  
F +49 (2324) 207 - 301  
E [info@koeppern-entwicklung.de](mailto:info@koeppern-entwicklung.de)

**KCH – Koeppern China Holding GmbH**

Beijing Office, Unit 9a, Block B, Building 2  
Shiyunhaoting Apartment  
No. 33, Guangqu Road  
Chaoyang District  
100022 Beijing  
P.R. China

T +86 (10) 6482 - 7348  
F +86 (10) 6482 - 7341  
E [info@koeppern-kch.com](mailto:info@koeppern-kch.com)

**MKV – Maquinarias Koeppern Venezuela C.A.**

Ud-321, Parcela 08-08, Edificio Koeppern  
Zona Industrial Matanzas Sur  
Apartado Postal 766  
8015-A Puerto Ordaz  
Venezuela

T +58 (286) 994 - 1792  
F +58 (286) 994 - 1687  
E [mkv@cantv.net](mailto:mkv@cantv.net)

**KMA – Koeppern Machinery Australia Pty. Ltd.**

73 Pavers Circle  
Perth WA 6090  
Australia

T +61 (8) 9248 - 4170  
F +61 (8) 9248 - 4176  
E [info@koeppern.com.au](mailto:info@koeppern.com.au)

**KMS – Kopperrn Maco Services Private Ltd.**

Sukh Sagar Apartment  
6th Floor, Flat No. 6 / C  
2 / 5 Sarat Bose Road  
Kolkata – 700 020  
India

T +91 (33) 2476 - 1720  
F +91 (33) 2476 - 9052  
E [info@koeppern-kmspl.com](mailto:info@koeppern-kmspl.com)