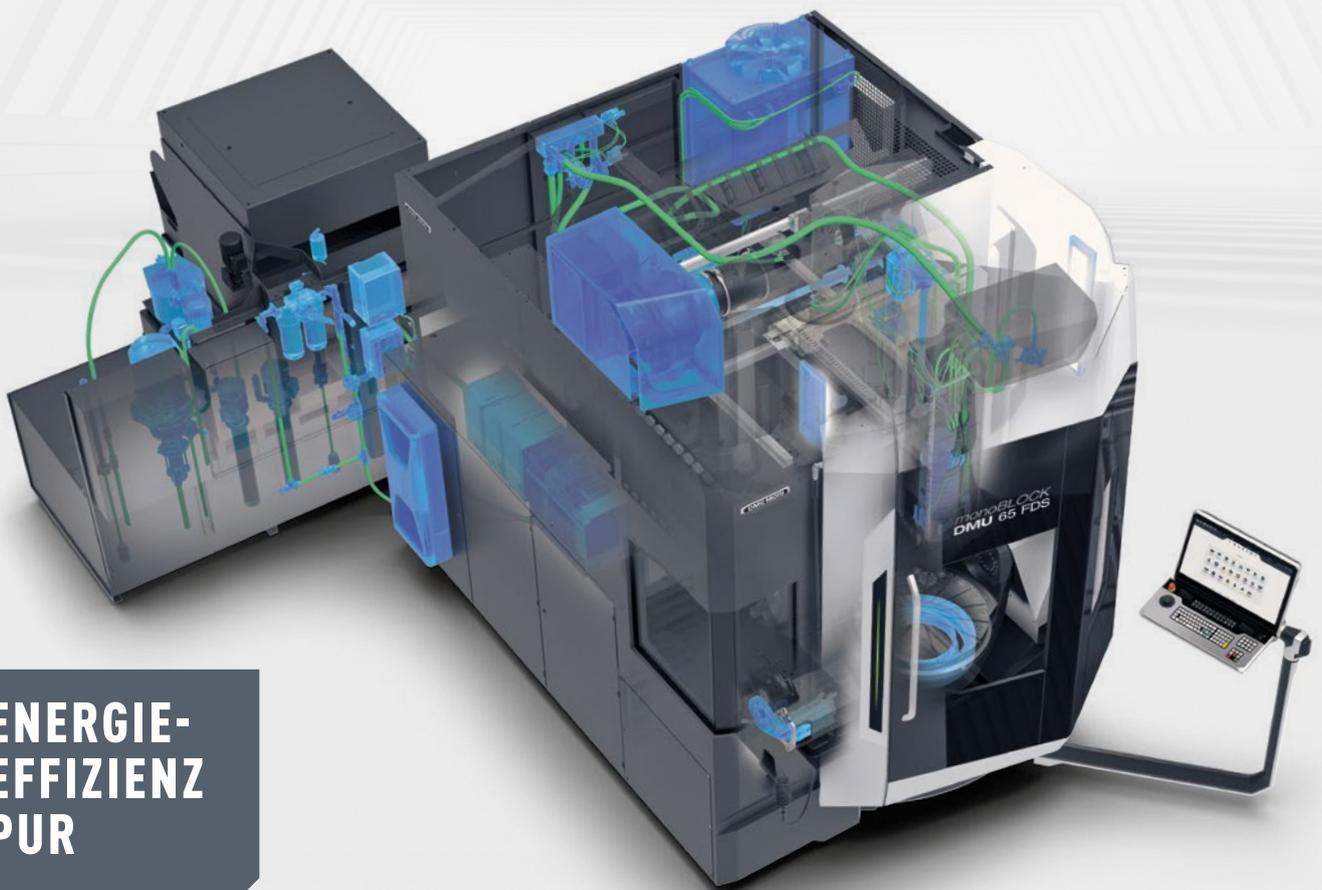


DMG MORI

ENERGIEEFFIZIENTE WERKZEUGMASCHINEN

GREENMODE

DMG MORI GREENMODE



**ENERGIE-
EFFIZIENZ
PUR**

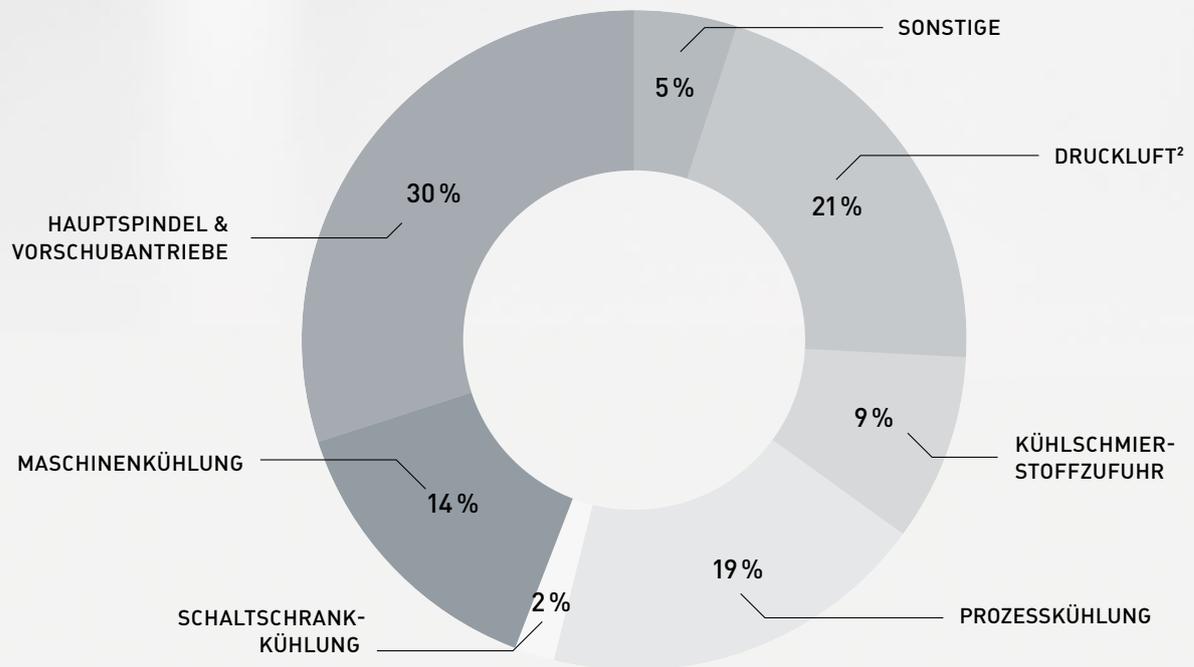
ENERGIEEFFIZIENTE WERKZEUGMASCHINEN

GREENMODE – Energieeffizienz pur

Die Verbesserung der Energieeffizienz in der Industrie ist entscheidend für die Erreichung der Klimaschutzziele. Darüber hinaus wird aufgrund steigender Energiepreise ein niedriger Energiebedarf in der Produktion zunehmend wirtschaftlich wichtig. Der wirtschaftliche Druck wird durch die in vielen Ländern anstehenden Regulierungen der CO₂-Preise weiter zunehmen. Eine energieeffiziente Fertigung wird daher zu einem Wettbewerbsvorteil.

Wir sind überzeugt, dass ein Übergang zu einer klimaneutralen Gesellschaft möglich ist und dass wir gemeinsam die globale Erwärmung begrenzen müssen, um eine Klimakrise zu vermeiden. Aus diesem Grund haben wir uns der Science Based Targets Initiative (SBTi)¹ angeschlossen.

Verteilung des Leistungsbedarfs einer exemplarischen Werkzeugmaschine ohne Energieeinsparmaßnahmen



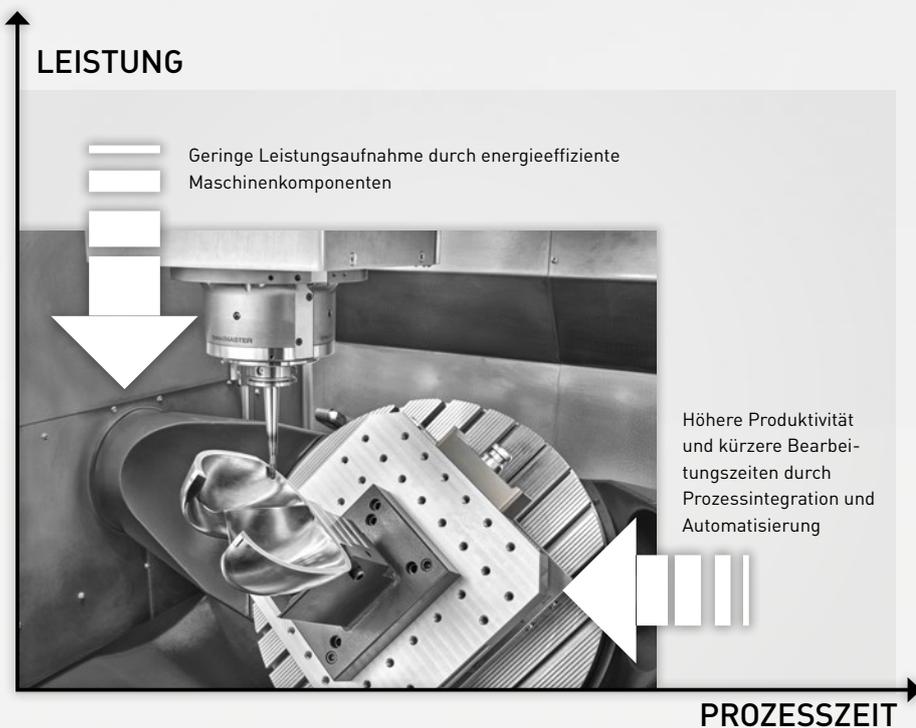
Maßnahmen für mehr Energieeffizienz & Transparenz

- + Bremsenergierückgewinnung 4
- + Advanced Auto Shutdown
Automatischer Standby & Wake-up von
Maschinenkomponenten 5
- + Advanced Electrical Energy Monitoring
Werkstückspezifische Energiemessung 6
- + Adaptive Vorschubregelung
Kürzere Bearbeitungszeit..... 7

¹<https://sciencebasedtargets.org> ²Umrechnungsfaktor: 0,12kW/m³/h

Mit **GREENMODE** definiert DMG MORI die Energieeffizienz in der Produktion neu. Vor allem bei der Prozess- und Maschinenkühlung, die oft bis zu 70 % des Leistungsbedarfs der Werkzeugmaschine ausmacht, sind signifikante Einsparungen möglich. Dank innovativer Hardwarekomponenten und Software konnten wir den Energieverbrauch um mehr als 30 % senken. So unterstützen wir Sie auf Ihrem Weg zu einer energieeffizienten Produktion.

Der Energiebedarf für die Bearbeitung von Werkstücken kann durch energieeffiziente Komponenten der Maschine und einen bedarfsgerechten Betrieb reduziert werden. Zugleich lässt sich der Energiebedarf pro Werkstück durch die Verkürzung der Bearbeitungszeit, die Reduzierung von Nebenzeiten und eine hohe Auslastung der Werkzeugmaschine weiter senken. Effiziente Komponenten und hohe Produktivität sind also eine starke Kombination, um den Energiebedarf pro Werkstück zu senken. Hier kommt DMG MORIs einzigartige MX-Strategie zum Tragen.



**WHITE PAPER –
Energieeffizienz von
spanenden
Werkzeugmaschinen**

In unserem neuesten kostenlosen Whitepaper geben wir einen Überblick über technische Lösungen zur Senkung des Energiebedarfs in der Zerspanung und diskutieren die Auswirkungen von Prozessintegration und Automatisierung.

+ Pneumatics Monitoring Schnelles Erkennen von Leckagen	8	+ Frequenzgeregelter Kühlmittelpumpe Effiziente Kühlmittelzufuhr	12
+ Sperrluftfreie Führungen Linearmesssysteme ohne Sperrluft	9	+ zeroFOG Effiziente Nebelrauchabsaugung	13
+ Hocheffiziente Kühler Best-in-class Kuhlaggregate	10	+ Adaptive Kühlmittelzufuhr Bedarfsgerechte Zufuhr von Kühlschmierstoffen	14
+ Wasser-Wasser-Kühlung Mehr Effizienz durch integrierte Systeme	11	+ zero-sludgeCOOLANT Weniger Kühlschmierstoffwechsel	16
		+ AI Chip Removal Effiziente Spülung des Arbeitsraumes	17

DMG MORI **GREENMODE**

Bremsenergieerückgewinnung

Jeder Beschleunigungsbewegung steht ein Bremsprozess gegenüber. Mithilfe der Bremsenergieerückgewinnung lässt sich die Energie der bewegten Massen erneut in elektrische Energie umwandeln. Diese steht dann für den nächsten Beschleunigungsvorgang zu Verfügung. Die Bremsenergieerückgewinnung macht sich insbesondere bei Prozessen positiv bemerkbar, die ein häufiges Beschleunigen von Achsen erfordern. Dies ist z. B. bei Prozessen mit häufigem Werkzeugwechsel der Fall.

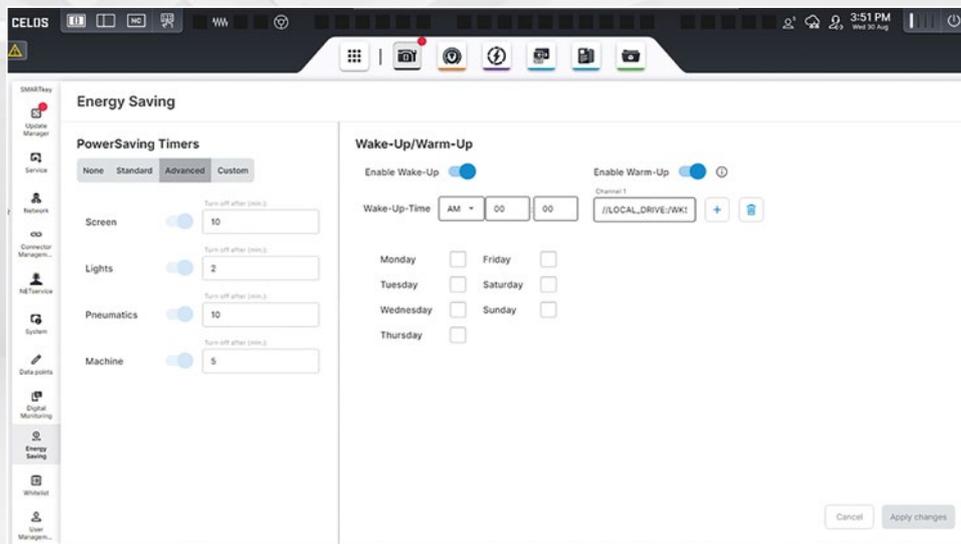
04

BEI JEDER BEWEGUNG ETWAS ZURÜCKGEWINNEN

- + Energieerückgewinnung beim Abbremsen von NC-Achsen
- + Auf die Steuerung abgestimmte Frequenzumrichter
- + Standard in den meisten Maschinen von DMG MORI

Advanced Auto Shutdown

Automatischer Standby & Wake-up von Maschinenkomponenten



Werkzeugmaschinen haben bereits im Standby einen hohen Stromverbrauch. Durch gezieltes Abschalten von Komponenten, die gerade nicht benötigt werden, kann der Energiebedarf deutlich gesenkt werden. Mit dem DMG MORI Advanced Auto Shutdown schaltet die Maschine nicht benötigte Aggregate automatisch ab und startet die Komponenten bei Bedarf neu. Über individuelle Vorgaben lassen sich der Zeitpunkt und das NC-Programm für das automatische Aufwärmen der Maschine festlegen.

INTELLIGENTES ABSCHALTEN VON AGGREGATEN

- + Automatisches Abschalten nichtbenötigter Aggregate im Standby
- + Reduzierter Strom- und Druckluftbedarf

Einfach zu konfigurieren

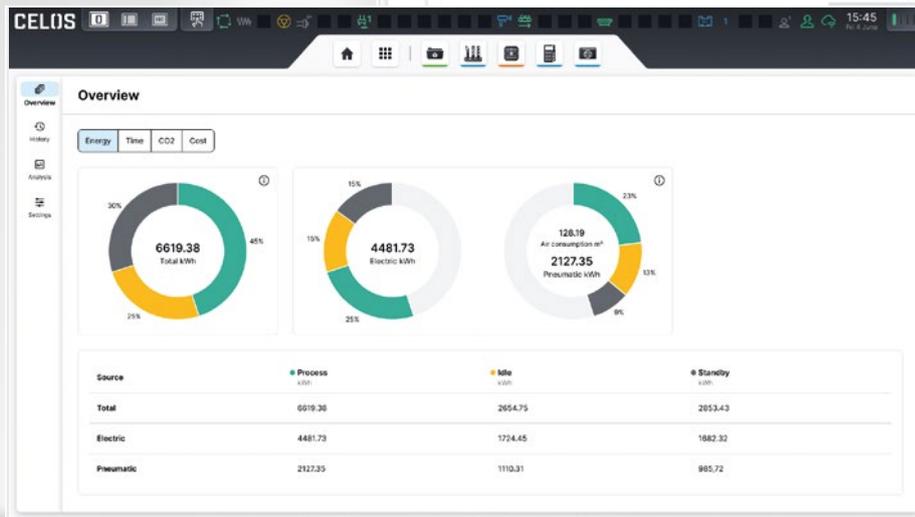
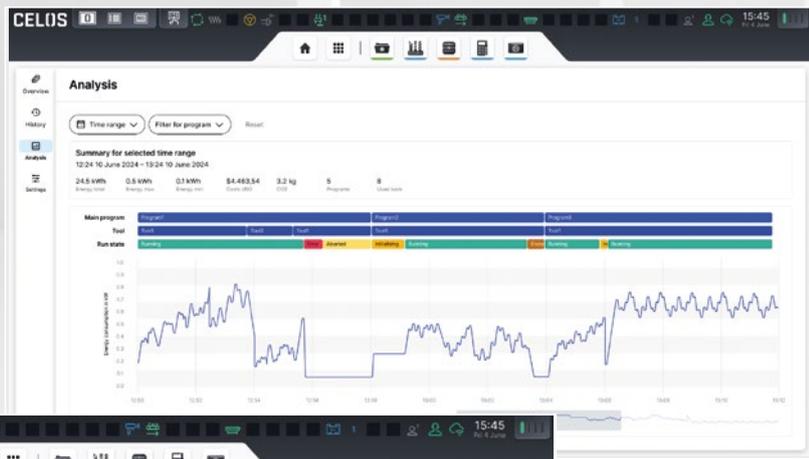
- + Abschalten von Aggregaten individuell konfigurierbar
- + Punktgenau einsatzbereit durch zeitbasierten Wake-up der Maschine

DMG MORI **GREENMODE**

Advanced Electrical Energy Monitoring

Messung & Analyse des Energiebedarfs

Wie viel Energie hat der Prozess benötigt? Welche Energiekosten entfallen auf das Bauteil? Wie hoch sind die CO₂-Emissionen für die Fertigung gewesen? Das Advanced Electrical Energy Monitoring von DMG MORI beantwortet diese Fragen zuverlässig und transparent. Neben der Dokumentation lassen sich damit auch schnell eigene Prozessverbesserungen bewerten.



VOLLE TRANSPARENZ BEIM ENERGIEBEDARF

- + Messung des elektrischen Energiebedarfs
- + Maschinen- und bauteilspezifische Auswertung des Energiebedarfs
- + Automatische Berechnung von CO₂-Emissionen und Energiekosten
- + Standard bei den meisten DMG MORI Maschinen

Adaptive Vorschubregelung

Geringerer Energiebedarf pro Werkstück durch höhere Produktivität

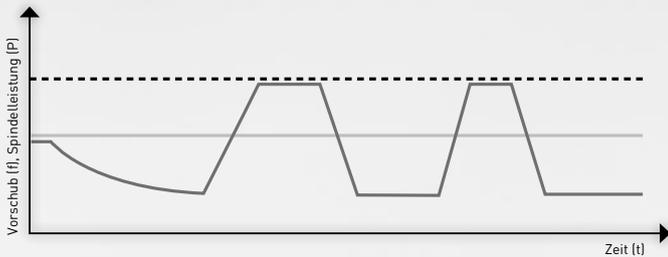
Aufgrund des hohen fixen Energiebedarfs von Werkzeugmaschinen besitzt das Steigern der Produktivität hohes Potenzial, den Energiebedarf pro Bauteil zu reduzieren.

Eine wirksame Option hierfür ist die adaptive Vorschubregelung, die bei vielen Maschinen von DMG MORI zum Einsatz kommen kann.

VORTEILE DER ADAPTIVEN VORSCHUBREGELUNG

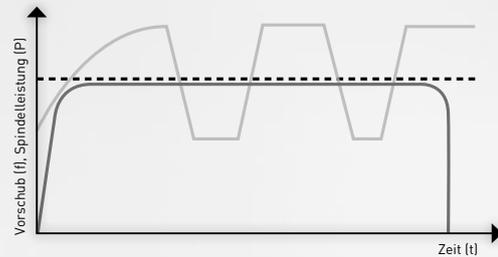
- + Automatisches Erkennen von Prozessabschnitten mit geringer Spindelleistung
- + Eigenständiges Anpassen des Vorschubs
- + Freiprogrammierbare Vorschubbereiche
- + Geringerer Energiebedarf pro Bauteil durch kürzere Bearbeitungszeit

Ohne Adaptive Vorschubregelung:



----- Optimale Spindelleistung für das Werkzeug
 ——— Vorschub
 ——— Ist-Spindelleistung

Mit Adaptive Vorschubregelung:



BEARBEITUNGSBEISPIEL

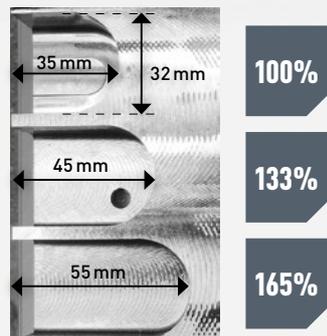
Bearbeitungszeit: 80 Sekunden/Nut
Werkzeug: 16 mm HPC VHM-Schaftfräser
Werkstückmaterial: Ti-6Al-4V

Konventionell: 4x Vollnuthschnitt + 4x Teilschnitt
 $Q = 24 \text{ cm}^3/\text{min}$

Wirbelfräsen: $a_p = 32 \text{ mm}$
 $Q = 32 \text{ cm}^3/\text{min}$

Wirbelfräsen + ACF: $a_p = 32 \text{ mm}$
 $Q = 39.6 \text{ cm}^3/\text{min}$

Offene Nut/32 mm tief



**EXCLUSIVE
TECHNOLOGY
BY DMG MORI**

DMG MORI **GREENMODE**

Pneumatics Monitoring

Druckluftüberwachung und Erkennung von Leckagen

Mit dem Pneumatics Monitoring von DMG MORI lassen sich der Druckluftbedarf nachvollziehen und Leckagen schnell erkennen. Damit behalten Sie den vollen Überblick über den Energiebedarf und sparen Kosten.



This screenshot shows the configuration settings for 'Air Leakage' monitoring. It includes a 'Session' section with 'Reset session' and 'Automatic reset' (set to 7 days). The 'Expenses' section shows 'Energy consumption*' as 0.12 kW h/m³ and 'Energy expense*' as 0.27 €/kWh, with a currency dropdown set to 'EUR - €'. The 'Notifications' section has three checkboxes: 'Normal' (checked), 'Warning' (checked), and 'Error' (checked). At the bottom, there are 'Warning threshold at*' (3 %) and 'Error threshold at*' (8 %) fields, along with 'Cancel' and 'Save' buttons.

DRUCKLUFTLECKAGEN SCHNELLER ERKENNEN

- + Abgleich zwischen Soll- und Ist-Druckluftbedarf
- + Betriebszustände bei Auslieferung der Maschine bereits angelernt
- + Frei konfigurierbare Überwachungsgrenzen



DMG MORI **GREENMODE**

Sperrluftfreie Führungen Linearmesssysteme ohne Druckluft

Die Einführung von magnetoresistiven Sensoren in Linearmesssystemen ermöglicht genaue Messungen und eine hohe Beständigkeit gegen Umwelteinflüsse (z. B. Öl und Kondensation). Aus diesem Grund sind ausgewählte Achsen ohne Luftspülung ausgelegt, was den Druckluftbedarf der Werkzeugmaschine reduziert.



DMG MORI **GREENMODE**

Hocheffiziente Kühler

Energieeffiziente Kühlung der Maschine und ihrer Komponenten

DMG MORI steht für Präzision und höchste Bearbeitungsgenauigkeit. Eine wichtige Voraussetzung hierfür ist die thermische Stabilität der Werkzeugmaschine. Neben konstruktiven Maßnahmen kommen aktive Kühlsysteme zum Einsatz. Die aktive Kühlung von Maschine und Schaltschrank kann jedoch bis zu 45% des gesamten Energiebedarfs einer Maschine betragen. Um den Energiebedarf bei gleichbleibender Genauigkeit zu reduzieren, setzt DMG MORI auf modernste Technologien mit klimaschonenden Kältemitteln.

EFFIZIENTE MASCHINENKÜHLUNG

- + Kühler mit Kaltwasserbeimischung oder Frequenzregelung verfügbar
- + Besonders hohe Effizienz im Teillastbetrieb
- + Verwendung von Kältemitteln mit reduziertem Treibhauspotenzial (GWP)



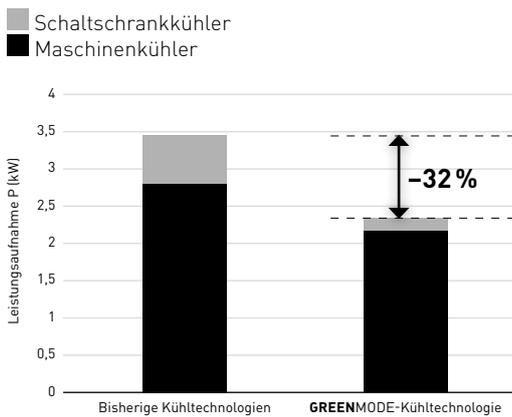
BEDARFSGERECHTE SCHALTSCHRANKKÜHLUNG

- + Drehzahlgeregelte Schaltschrankkühler
- + Hohe Energieeffizienz im Teillastbetrieb



EINSPARUNGEN DURCH HOCHEFFIZIENTE KÜHLER

Leistungsaufnahme an DMU 40 eVo linear



*Mittlere Leistungsaufnahme während der Bearbeitung im DMG MORI Energietestzyklus



DMG MORI **GREENMODE**

11

Wasser-Wasser-Kühler Mehr Effizienz durch integrierte Systeme

Kann die erforderliche Kühlleistung durch die Infrastruktur der Fabrik bereitgestellt werden, so lässt sich durch den Einsatz von Wasser-Wasser-Kühlern die Energieeffizienz weiter erhöhen. Ein weiterer Vorteil ist die damit verbundene Möglichkeit zur Wärmerückgewinnung.



DMG MORI GREENMODE

Frequenzgeregelte Kühlmittelpumpe Effiziente Kühlmittelzufuhr

Konventionelle Pumpen fördern immer mit maximaler Förderleistung. Steigt der Druck im System aufgrund kleiner Kühlkanäle über einen Grenzwert (z.B. 80 bar), wird ein Teil des Kühlschmierstoffs direkt in den Tank zurückgeführt und so der Druck reduziert. Im Gegensatz dazu erlauben frequenzgeregelte Kühlmittelpumpen eine angepasste Kühlmittelzufuhr.

BEDARFSGERECHTE FÖRDERLEISTUNG DURCH FREQUENZREGELUNG

- + Förderleistung der Pumpe wird über die Drehzahl an die Druckvorgabe angepasst
- + Reduzierter Energiebedarf im Teillastbetrieb



DMG MORI GREENMODE

zeroFOG

Für eine saubere Arbeitsumgebung



Hier geht es zum Video von zeroFOG:
youtu.be/REne6gEwa8

13

EFFIZIENTE ABSAUGUNG VON KÜHLMITTELNEBEL

- + Turbolüfter, angetrieben von einem hocheffizienten Motor für eine leistungsstarke Absaugung
- + Stabile und konstante Saugleistung
- + Abscheidegrad über 99,97% für 0,3µm Partikel

KOMPAKTES DESIGN

- + Direkt an der Maschine befestigt, keine zusätzliche Stellfläche erforderlich
- + Kompakte, eingebaute und leitungsfreie Bauweise
- + Keine bauseitigen Installationsarbeiten notwendig

**EXCLUSIVE
TECHNOLOGY
BY DMG MORI**

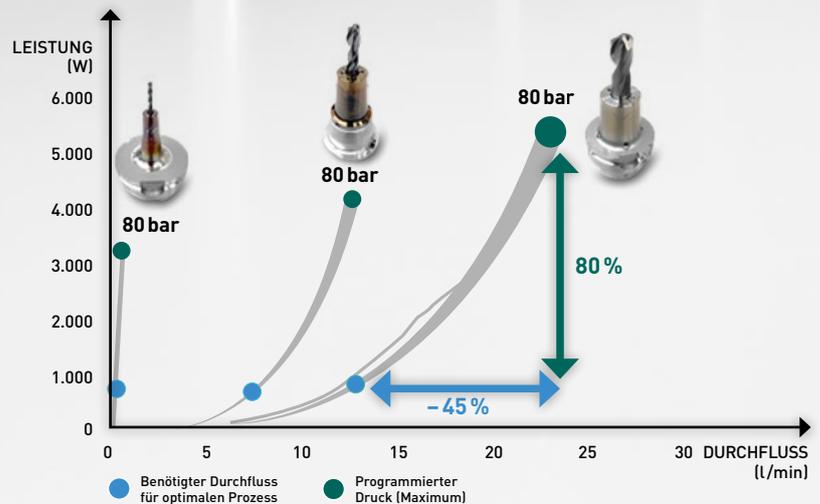
DMG MORI **GREENMODE**

Adaptive Kühlmittelzufuhr – Pure Effizienz durch innovative Prozesskühlung

Das Bereitstellen von Kühlschmierstoffen mit leistungsstarken Pumpen unterstützt eine produktive Zerspanung. Allerdings entfallen bis zu 25% der Energieaufnahme im Prozess auf die Kühlschmierstoffzufuhr. Mit der innovativen adaptiven Kühlmittelzufuhr von DMG MORI wird nur so viel Kühlschmierstoff dem Prozess zugeführt wie tatsächlich benötigt wird.

Ansatz der adaptiven Kühlmittelzufuhr

- + Maximale Förderleistung für viele Prozesse nicht erforderlich
- + Exponentieller Anstieg der Leistungsaufnahme der Pumpe mit zunehmender Fördermenge
- + Patentierte Technologie von DMG MORI



Intelligente Regelung und einfache Bedienung



DURCHFLUSS-
SENSOR



FREQUENZ-
GEREGELTE
PUMPE

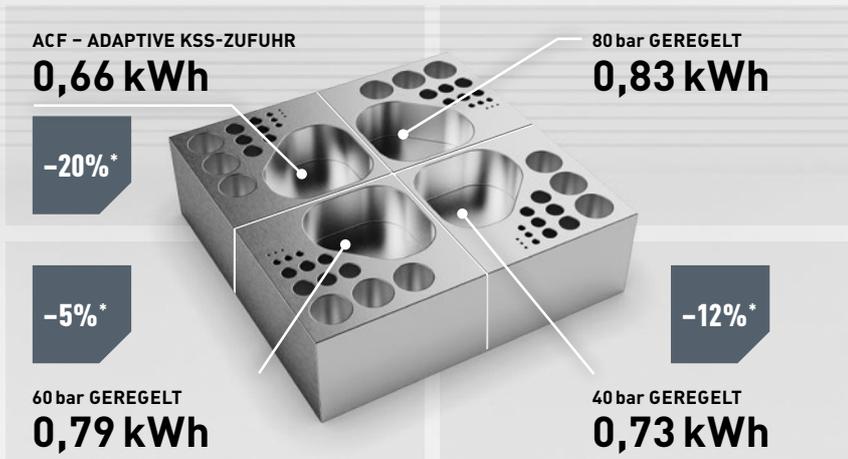


T1...
T2...
T3...
T4...

VORTEILE DER ADAPTIVEN KÜHLMITTELZUFUHR

- + Werkzeugspezifische Kühlmittelzufuhr
- + Technologiezyklus zur Ermittlung des geeigneten Volumenstroms
- + Regelung des Volumenstroms während des Prozesses
- + Schnelles An- und Abschalten der Kühlmittelzufuhr
- + Energiebedarf der Pumpe um bis zu 90 % reduziert

Energieeinsparungen in der Bearbeitung



*Energieeinsparung im Vergleich zu 80 bar

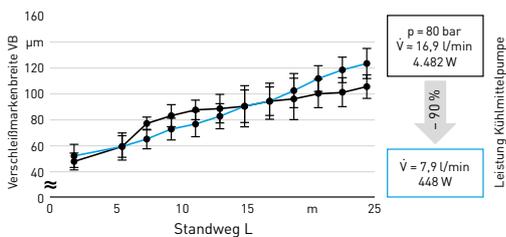


Energiewerte der Gesamtmaschine für die Bearbeitung des gezeigten Bauteils auf der DMU 65 FDS monoBLOCK.

PATENTIERTE TECHNOLOGIE FÜR STABILE KSS-ZUFUHR

- + Kontrollierter Volumenstrom für konstante Kühlmittelzufuhr an der Schneidkante
- + Umfangreiche Studien zeigen keine Zunahme des Werkzeugverschleißes bei reduzierter Kühlmenge³

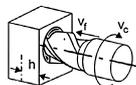
Einfluss auf den Werkzeugverschleiß beim Bohren



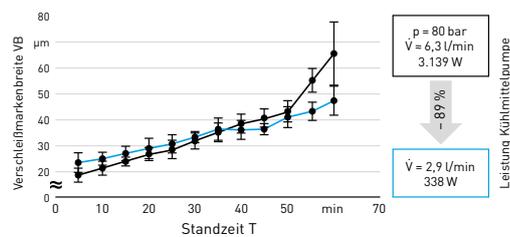
Prozessstellgrößen:
Schnittgeschwindigkeit: $v_c = 50 \text{ m/min}$
Vorschub: $f_z = 0,1 \text{ mm}$
Bohrungstiefe: $h = 25,5 \text{ mm}$

Werkstoff:
AISI 316

Werkzeug:
VHM-Bohrer
($\phi = 8,5 \text{ mm}$, IKZ)



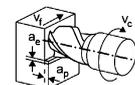
Einfluss auf den Werkzeugverschleiß beim Fräsen



Prozessstellgrößen:
Schnittgeschwindigkeit: $v_c = 70 \text{ m/min}$
Vorschub: $f_z = 0,08 \text{ mm}$
Schnittbreite: $a_e = 5 \text{ mm}$
Schnitttiefe: $a_p = 5 \text{ mm}$

Werkstoff:
AISI 316

Werkzeug:
VHM-Schaftfräser
($\phi = 10 \text{ mm}$)



³Denkena, Berend, et al. "Energy efficient supply of cutting fluids in machining by utilizing flow rate control." CIRP Annals (2023).

DMG MORI **GREENMODE**

zero-sludgeCOOLANT

Kühlmittel tank ohne Ansammlung von Sedimenten

Die Herstellung und die Entsorgung von Kühlschmierstoffen sind mit hohen CO₂-Emissionen verbunden. Mit zero-sludgeCOOLANT lässt sich die Einsatzzeit von Kühlschmierstoffen – insbesondere in Anwendungen mit feinsten Spänen und Partikeln – erhöhen.

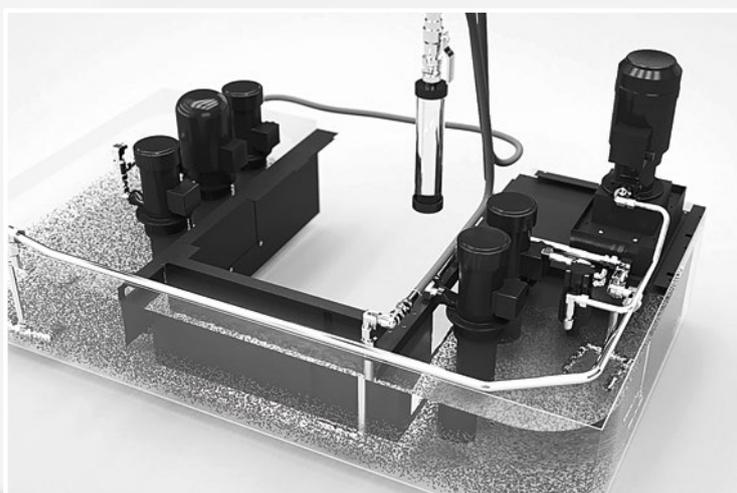


SEDIMENTE IM KÜHLMITTEL TANK – EINE HERAUSFORDERUNG

- + Feinste Späne und Sedimente können sich im Kühlmittel tank ansammeln
- + Ansammlungen lassen sich besonders in der Gussbearbeitung und beim Schleifen beobachten
- + Die Reinigung des Tanks ist zeitintensiv
- + Die Sedimente verschlechtern die Qualität des Kühlschmierstoffs, sodass dieser häufiger getauscht werden muss



Hier geht es zum Video von
zero-sludgeCOOLANT Technologie:
tinyurl.com/c5htjajk



Funktionsprinzip

Mehrere Kühlmitteldüsen sind so angeordnet, dass sie den Kühlschmierstoff aufwirbeln und so bis zu 99%⁴ der Sediemente gefiltert werden können.

⁴Versuchsergebnis mit Testsedimentschlamm. Die Sammelmenge kann je nach Art des Materials abweichen.

DMG MORI **GREENMODE**

AI Chip Removal

Späneansammlungen und Stillstände vermeiden

Späneansammlungen auf dem Bauteil oder im Arbeitsraum der Maschine führen besonders in der Serienfertigung zu ungewollten Stillständen.

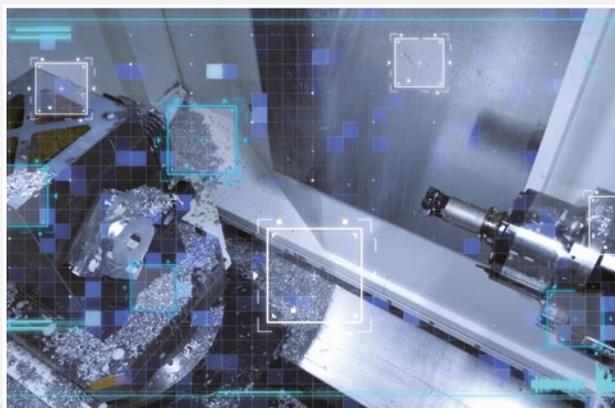
Mit der programmierbaren Arbeitsraumspülung von DMG MORI lassen sich diese Stillstände vermeiden und Nebenzeiten im Vergleich zu einer konventionellen Arbeitsraumspülung reduzieren.

**EXCLUSIVE
TECHNOLOGY
BY DMG MORI**



Nebenzeiten und Kühlmiteleinsetz reduzieren

- + Präzises und effizientes Entfernen von Späneansammlungen
- + Bis zu 2 unabhängig voneinander ansteuerbare Kühlmitteldüsen
- + Kürzere Nebenzeiten durch gezielte Steuerung der Spüldüsen
- + Geringerer Kühlmittelbedarf



Automatisieren mit künstlicher Intelligenz

- + Optionale Erweiterung um KI-basierte Späneerkennung
- + Detektion von Späneansammlungen mittels Bilderkennung
- + Automatische Programmierung der Arbeitsraumspülung

Der DMG MORI Energietestzyklus

Um die Auswirkungen neuer Technologien auf den Energiebedarf zu bewerten, hat DMG MORI einen internen Standard zur Messung des Energiebedarfs von Werkzeugmaschinen etabliert.

MERKMALE DES DMG MORI ENERGIETESTZYKLUS

- + Standardisierte Messung von elektrischer Energie und Druckluft
- + Messung von Betriebszuständen gemäß ISO 14955-3



Maschine: DMU 65 FDS monoBLOCK

-36%⁵

MIT GREENMODE
32.190 kWh/a

-17.890 kWh/a

OHNE GREENMODE
50.080 kWh/a

1. STAND-BY	2. AUFWÄRMEN	3. NC-READY	4. BEARBEITUNG	5. NOT-AUS
Δ -45%	Δ -16%	Δ -11%	Δ -38%	Δ -81%
Referenz 7,7 kW GREENMODE (ECO) 4,2 kW	Referenz 9,0 kW GREENMODE 7,6 kW	Referenz 7,7 kW GREENMODE 6,9 kW	Referenz 17,3 kW GREENMODE 10,8 kW	Referenz 3,5 kW GREENMODE (ECO+) 0,7 kW

Einsparungen im Betrieb – Beispielrechnung

Maschinenlaufzeit: 4.000 Stunden/ Jahr (16 Stunden/Tag, 250 Tage/ Jahr)

Maschinenstatus	Standby	NC-Ready	Bearbeitung
Zeitverteilung	30%	20%	50%
Durchschnittliche Leistungsaufnahme ohne GREENMODE	7,7 kW	7,7 kW	17,3 kW
Durchschnittliche Leistungsaufnahme mit GREENMODE	4,2 kW	6,9 kW	10,8 kW

CO₂-EINSPARUNG

6.798 kg/a

KOSTENEINSPARUNG

3.578 €/a

⁵Alle dargestellten Werte basieren auf internen Untersuchungen und Erfahrungen von DMG MORI. Tatsächliche Werte können hiervon aufgrund der tatsächlichen Produktionsbedingungen abweichen. Annahmen für jährlichen Energiebedarf: 250 Arbeitstage/ Jahr, 2 Schichten/ Tag, 8 Stunden/ Schicht, 30 % Standby, 20 % NC-Ready, 50 % Bearbeitung, CO₂-Emissionsfaktor: 0,38 kg/kWh, Strompreis: 0,20 €/kWh.

DMU 65 FDS monoBLOCK
mit GREENMODE

JÄHRLICH
6.798 kg CO₂
UND
3.578 €
EINSPAREN

ENTSPRICHT DER
CO₂-ABSORPTION
VON

226
BÄUMEN*

*Interne Annahmen zur Ermittlung der durchschnittlichen jährlichen CO₂-Aufnahme von 30 kg pro Baum: Buche, 30 m Höhe, 80 Jahre Lebensalter, 38 cm Stammdurchmesser in 1,3 m Höhe (basierend u. a. auf Daten der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)).

Exportkontrolle: Maschinen und Produkte von DMG MORI können Exportbeschränkungen unterliegen. Vorherige Exportkontrollgenehmigungen können erforderlich sein.

Um die illegale Umleitung von Maschinen an Personen oder Nationen zu verhindern, die die internationale Sicherheit bedrohen, ist jede DMG MORI-Maschine mit einer RMS-Funktion (Relocation Machine Security) ausgestattet. RMS deaktiviert die Maschine automatisch, wenn die Maschine bewegt oder demontiert wird. Eine solche Deaktivierung findet während des regulären Betriebs oder der Wartung nicht statt. Wenn die Maschine auf diese Weise deaktiviert wurde, kann sie nur von DMG MORI oder einem autorisierten Vertreter reaktiviert werden. Die Reaktivierung kann über den DMG MORI Service in Auftrag gegeben werden. Wird das Gerät aufgrund einer umfangreichen Reparaturmaßnahme deaktiviert, ist dieser Service kostenlos. DMG MORI kann die Reaktivierung der Maschine verweigern, wenn festgestellt wird, dass es sich dabei um einen unerlaubten Export von Technologie handelt oder anderweitig gegen geltende Exportbeschränkungen verstoßen würde. DMG MORI ist nicht verpflichtet, eine solche Maschine zu reaktivieren und übernimmt keine Haftung in diesem Zusammenhang.