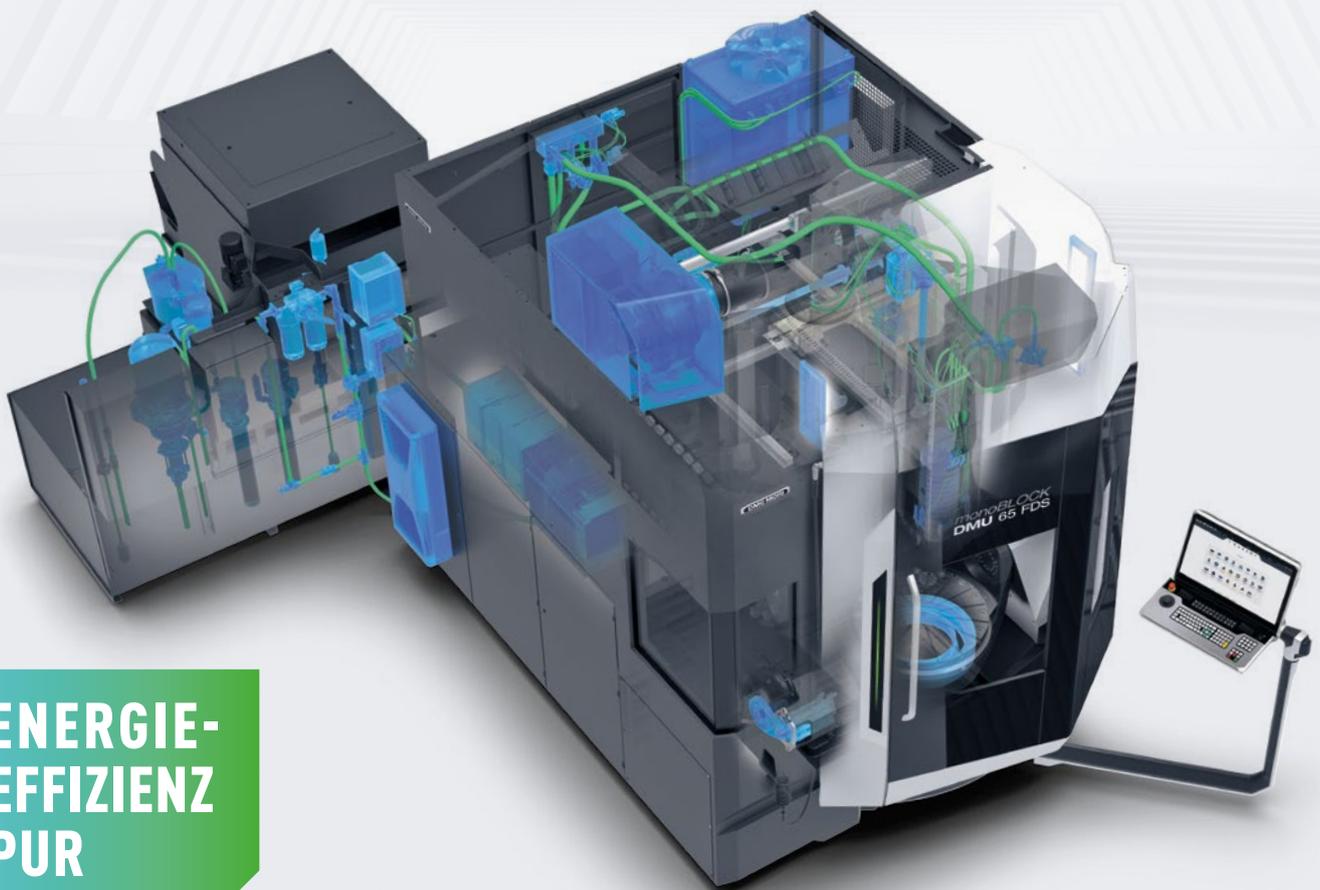


DMG MORI

ENERGIEEFFIZIENTE WERKZEUGMASCHINEN

GREENMODE

DMG MORI GREENMODE



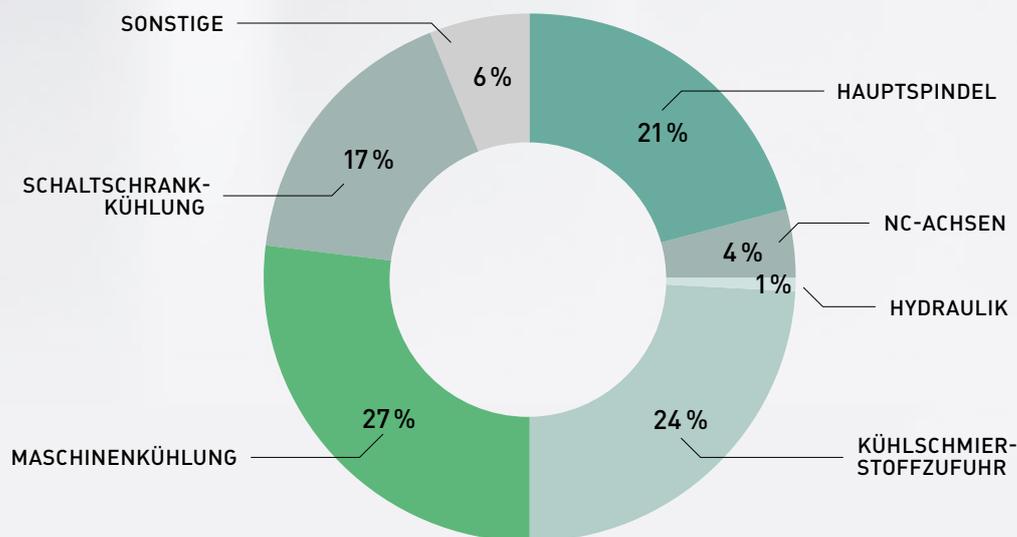
**ENERGIE-
EFFIZIENZ
PUR**

ENERGIEEFFIZIENTE WERKZEUGMASCHINEN

GREENMODE – Energieeffizienz pur

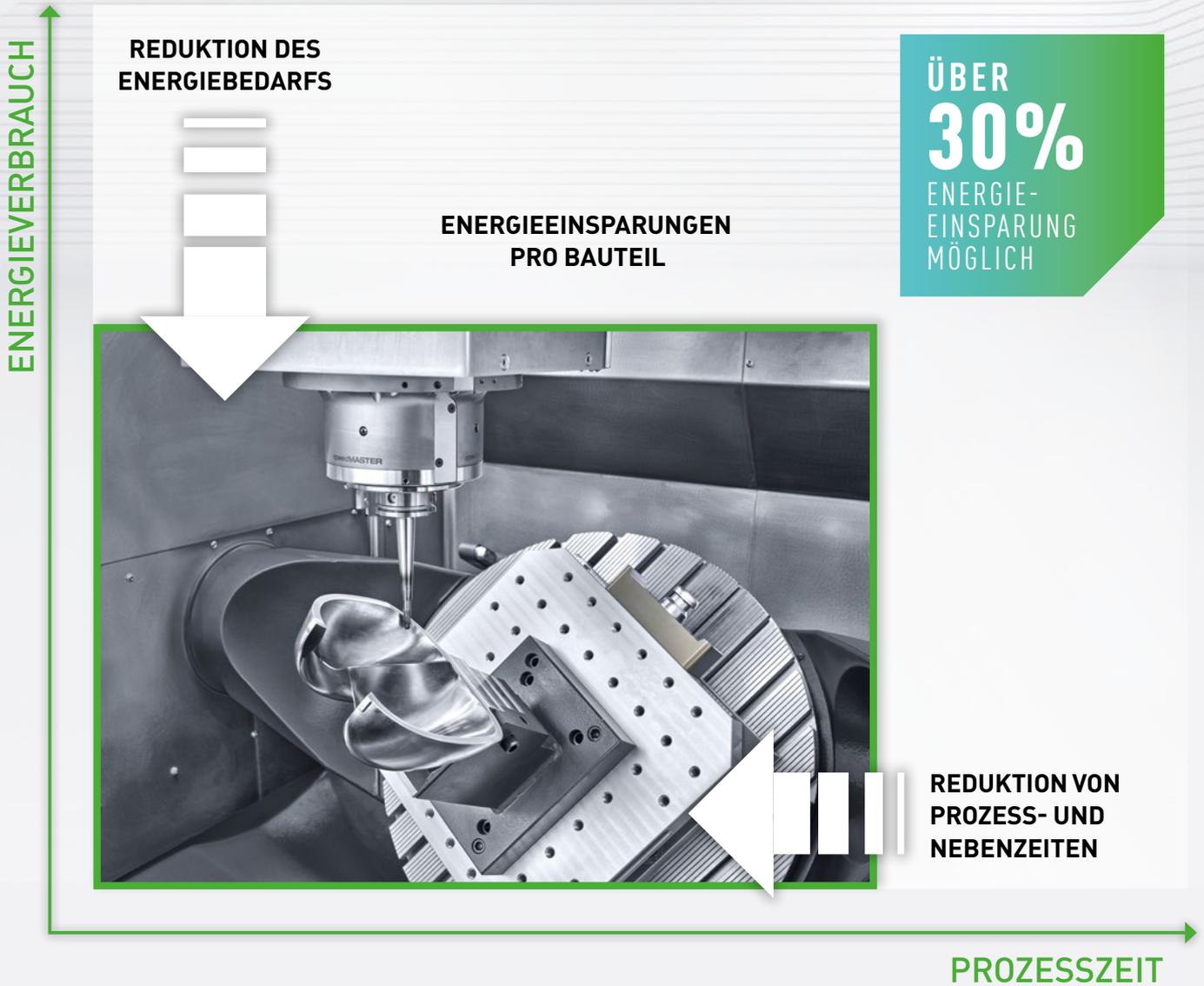
Das Steigern der Energieeffizienz in der Industrie ist ein wesentlicher Faktor für das Erreichen der Klimaschutzziele. Darüber hinaus gewinnt ein niedriger Energiebedarf angesichts steigender Energiepreise zunehmend auch eine hohe wirtschaftliche Bedeutung. Mit **GREENMODE** definiert DMG MORI die Energieeffizienz in der Fertigung neu. Erhebliche Einsparungen sind vor allem bei der Prozess- und Maschinenkühlung möglich, die oft bis zu 70 % der Leistungsaufnahme einer Werkzeugmaschine ausmachen. Durch innovative Hardware- und Softwarekomponenten konnte DMG MORI den Energiebedarf über 30 % reduzieren. Auf diese Weise unterstützt Sie DMG MORI auf Ihrem Weg zu einer energieeffizienten Produktion.

Typische Verteilung der Leistungsaufnahme von spanenden Werkzeugmaschinen



Maßnahmen für mehr Energieeffizienz

- + **Bremsenergieerückgewinnung**
- + **LED-Beleuchtung**
- + **Hocheffiziente Kühler**
Best-in-class Kühlaggregate
- + **Advanced Auto Shutdown**
Automatischer Standby & Wake-up
- + **Adaptive Vorschubregelung**
Kürzere Bearbeitungszeit
- + **Advanced Energy Monitoring**
Bauteilspezifische Energiemessung
- + **Pneumatics Monitoring**
Schnelles Erkennen von Leckagen



- + **Frequenzgeregelter Pumpen**
Effiziente Kühlmittelzufuhr
- + **zero-sludgeCOOLANT**
Weniger Kühlmittelwechsel
- + **Adaptive Kühlmittelzufuhr**
Bedarfsgerechte Zufuhr von Kühlmitteln

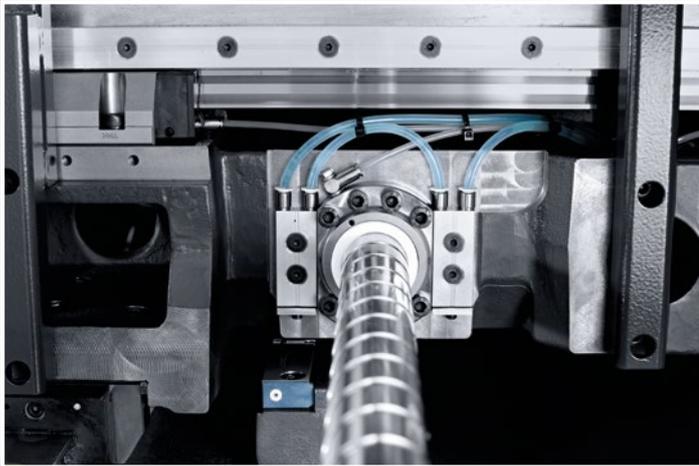
- + **zeroFOG Emulsionsnebelabscheider**
Einfache Wartung und effizienter Betrieb
- + **AI Chip Removal**
Effiziente Spülung des Arbeitsraumes

Maßnahmen

1. Bremsenergieerückgewinnung
2. LED-Beleuchtung
3. Hocheffiziente Kühler

1. 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.



BEI JEDER BEWEGUNG ETWAS ZURÜCK- GEWINNEN

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

2. LED-Beleuchtung

Leuchtdioden – oder kurz LED (light-emitting diode) – sind aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken und erlauben hocheffiziente Beleuchtungslösungen.

Aus diesem Grund sind LED auch bei DMG MORI seit etlichen Jahren Standard in allen Maschinen für die Beleuchtung des Arbeitsraumes. Aufgrund der geforderten hohen Leuchtstärke im Arbeitsraum und der langen Einschaltdauer führen LED zu erheblichen Energieeinsparungen in der Nutzungsphase von Werkzeugmaschinen.



HELL UND HOEFFIZIENT

- + Durchgängiger Einsatz von LED-Leuchtmitteln
- + Bis zu 30% geringerer Energiebedarf im Vergleich zu herkömmlichen Leuchtmitteln
- + Standard in allen Maschinen von DMG MORI

BEDARFSGERECHTE SCHALTSCHRANK- KÜHLUNG

- + Drehzahlgeregelte Schaltschrankkühler
- + Hohe Energieeffizienz im Teillastbetrieb



3. Hocheffiziente Kühler

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.

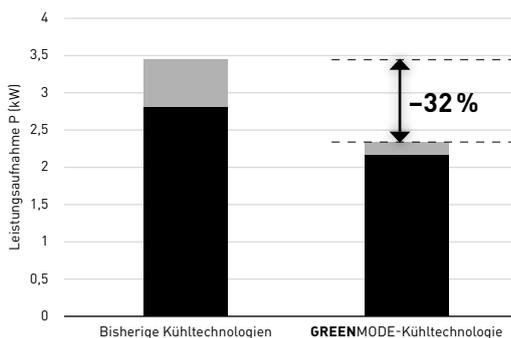
EFFIZIENTE MASCHINENKÜHLUNG

- + Einsatz der Wasserbeimischungstechnologie oder frequenz geregelter Aggregate
- + Besonders hohe Effizienz im Teillastbetrieb
- + Einsatz von Kältemitteln mit reduziertem Treibhausgaspotential

EINSPARUNGEN DURCH HOCHEFFIZIENTE KÜHLER

Leistungsaufnahme an DMU 40 eVo *linear*

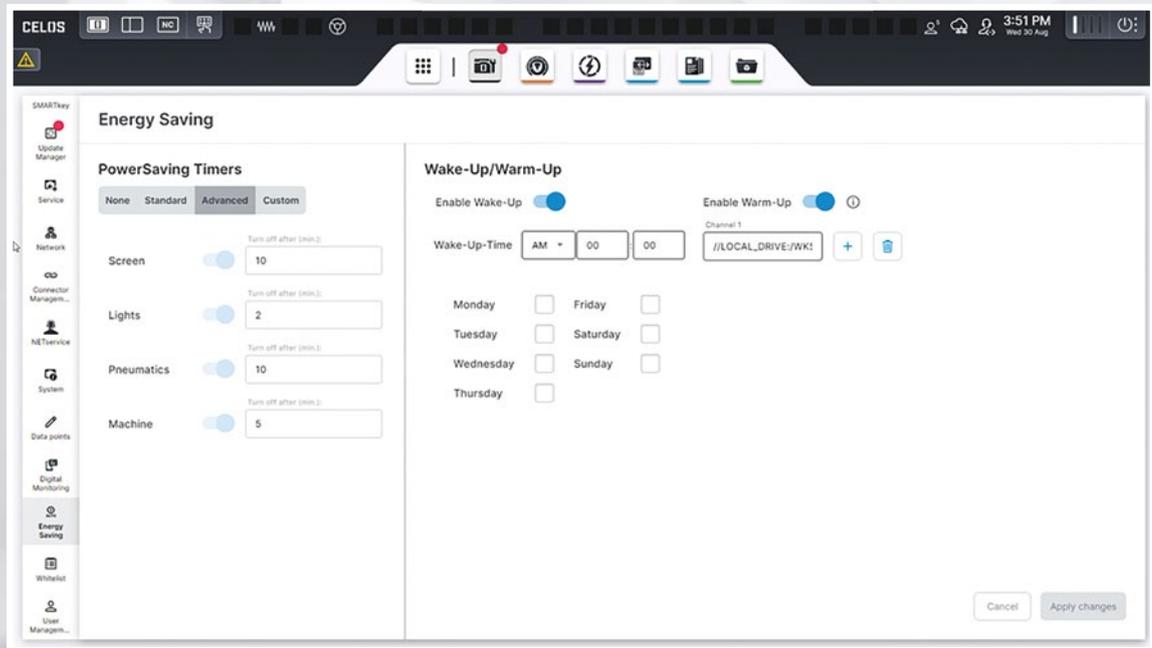
- Schaltschrankkühler
- Maschinenkühler



*Mittlere Leistungsaufnahme während der Bearbeitung im DMG MORI Energietestzyklus



4. Advanced Auto Shutdown
5. Adaptive Vorschubregelung



4. Advanced Auto Shutdown – Bedarfsgerechtes An- und Abschalten von Aggregaten und Medien

Werkzeugmaschinen besitzen im Standby bereits eine hohe Leistungsaufnahme. Durch das gezielte Abschalten von Komponenten, die zum jeweiligen Zeitpunkt nicht erforderlich sind, lässt sich der Energiebedarf erheblich reduzieren. Mit dem DMG MORI Advanced Auto Shutdown übernimmt die Maschine das Abschalten nichtbenötigter Aggregate selbstständig und fährt die Maschine punktgenau wieder hoch.

INTELLIGENTES ABSCHALTEN VON AGGREGATEN

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

EINFACH KONFIGURIERBAR

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

5. Adaptive Vorschubregelung – Weniger Energiebedarf pro Bauteil durch höhere Produktivität

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

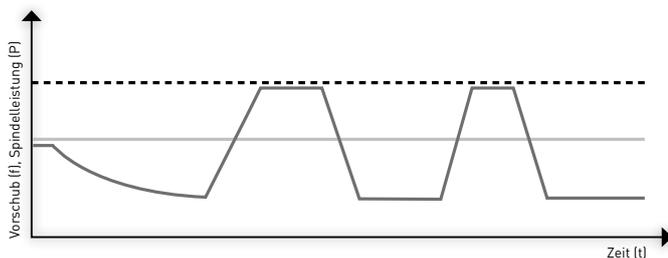
Eine wirksame Option hierfür ist die adaptive Vorschubregelung, die bei vielen Maschinen von DMG MORI zum Einsatz kommen kann.



VORTEILE DER ADAPTIVEN VORSCHUBREGELUNG

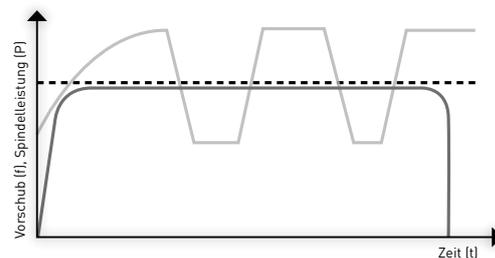
- + Automatisches Erkennen von Prozessabschnitten mit geringer Spindelleistung
- + Eigenständiges Anpassen des Vorschubs
- + Freiprogrammierbare Vorschubbereiche
- + Geringerer Energiebedarf pro Bauteil durch kürzere Bearbeitungszeit

Ohne adaptive Vorschubregelung:



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

Mit adaptiver Vorschubregelung:



BEARBEITUNGSBEISPIEL

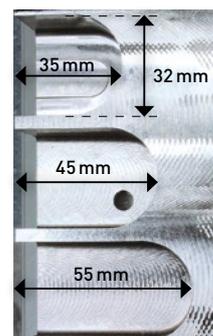
Bearbeitungszeit: 80 Sekunden/Nut
Werkzeug: 16 mm HPC VHM-Schaftfräser
Werkstückmaterial: Ti-6Al-4V

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

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

Wirbelfräsen: $a_p = 32 \text{ mm} + \text{AFC}$
 $Q = 39,6 \text{ cm}^3/\text{min}$

Offene Nut/32 mm tief



100%

133%

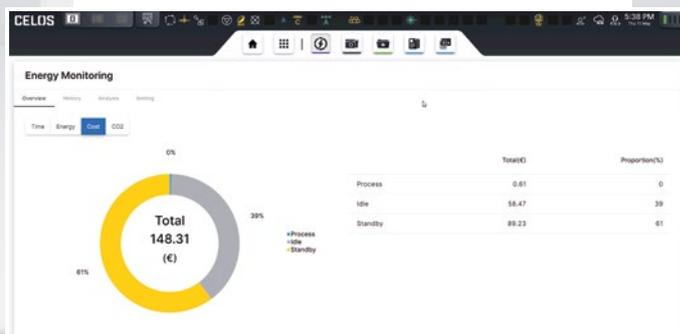
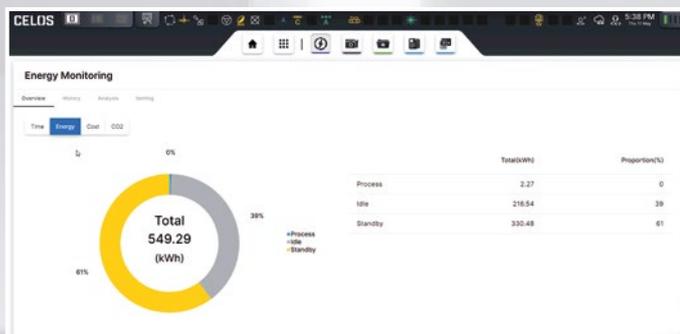
165%

Maßnahmen

- 6. Advanced Energy Monitoring
- 7. Druckluftüberwachung
- 8. Frequenzgeregelte Kühlmittelpumpe
- 9. zero-sludgeCOOLANT

**VOLLE TRANSPARENZ
BEIM ENERGIEBEDARF**

- + Messung des elektrischen Energiebedarfs
- + Maschinen- und bauteilspezifische Auswertung des Energiebedarfs
- + Automatische Berechnung von CO₂-Emissionen und Energiekosten



6. Advanced Energy Monitoring

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 Energy Monitoring von DMG MORI beantwortet diese Fragen zuverlässig und transparent. Neben der Dokumentation lassen sich damit auch schnell eigene Prozessverbesserungen bewerten.

7. Pneumatics Monitoring

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.



**DRUCKLUFTLECKAGEN
SCHNELLER ERKENNEN**

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

8. Frequenzgeregelte Kühlmittelpumpe

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

9. zero-sludgeCOOLANT – Kühlmittelkessel 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.



Hier geht es zum Video von zero-sludgeCOOLANT Technologie:
youtu.be/1j5iHa2n6_8



BIS ZU
2 TONNEN
CO₂ EINSPARUNG
PRO JAHR²

¹ Versuchsergebnis mit Testsedimentschlamm. Die Sammelmenge kann je nach Art des Materials abweichen.

² Unter der Annahme, dass das gesamte Tankvolumen (700 l) alle vier statt alle drei Monate ausgetauscht werden muss. Emissionsfaktor von 2,92 t CO₂/t für die Altölverbrennung.



BEDARFSGERECHTE FÖRDERLEISTUNG DURCH FREQUENZREGELUNG

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



SEDIMENTE IM KÜHLMITTELTANK – EINE HERAUSFORDERUNG

- + Feinste Späne und Sedimente können sich im Kühlmittelkessel 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

Funktionsprinzip

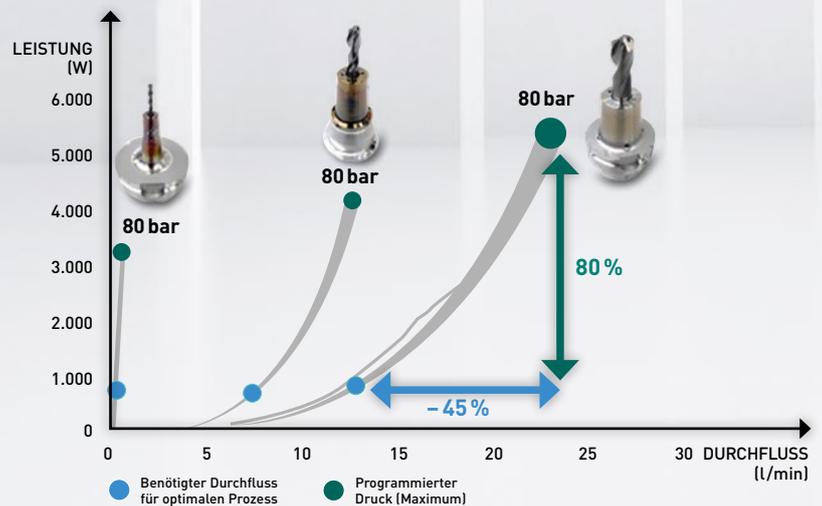
Mehrere Kühlmitteldüsen sind so angeordnet, dass sie den Kühlschmierstoff aufwirbeln und so bis zu 99%¹ der Sediemente gefiltert werden können.

10. Adaptive Kühlmittelzufuhr – Energieeffizienz pur durch bedarfsgerechte 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
- + Geringfügige Verringerung der Fördermenge kann Leistungsaufnahme erheblich reduzieren



Intelligente Regelung und einfache Bedienung



DURCHFLUSS-SENSOR

FREQUENZ-GEREGELTE PUMPE



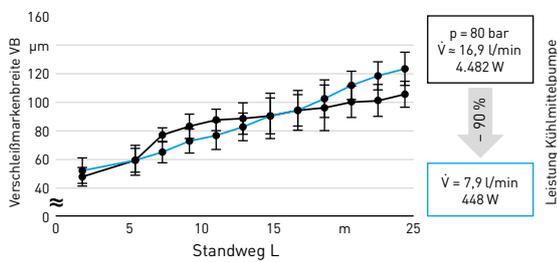
T1...
T2...
T3...
T4...

- + Werkzeugspezifische Kühlmittelzufuhr
- + Integrierter Technologiekreislauf zur Ermittlung des optimalen Volumenstroms
- + Werte werden automatisch in Werkzeugtabelle hinterlegt
- + Regelung des Volumenstroms während des Prozesses
- + Vorsteuerung erlaubt schnelle Verfügbarkeit des eingestellten Volumenstroms und sofortiges Abschalten der Kühlschmierstoffversorgung

GLEICHE WERKZEUGSTANDZEIT BEI REDUZIERTER FÖRDERLEISTUNG

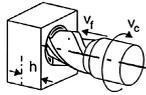
- + Leistungsaufnahme der Kühlmittelpumpe kann um über 80 % im Prozess reduziert werden
- + Umfangreiche Studien zeigen keine Zunahme des Werkzeugverschleißes bei reduzierter Kühlmenge*

Einfluss auf den Werkzeugverschleiß beim Bohren*

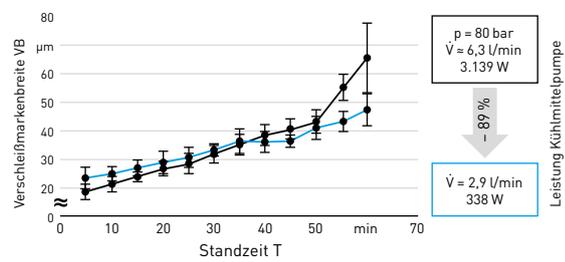


Prozessstellgrößen:
Schnittgeschwindigkeit: $v_c = 50 \text{ m/min}$
Vorschub: $f_z = 0,1 \text{ mm}$
Bohrungstiefe: $h = 25,5 \text{ mm}$

Werkstoff:
AISI 316
Werkzeug:
VHM-Bohrer
($\phi = 8,5 \text{ mm}$, IKZ)

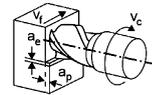


Einfluss auf den Werkzeugverschleiß beim Fräsen*



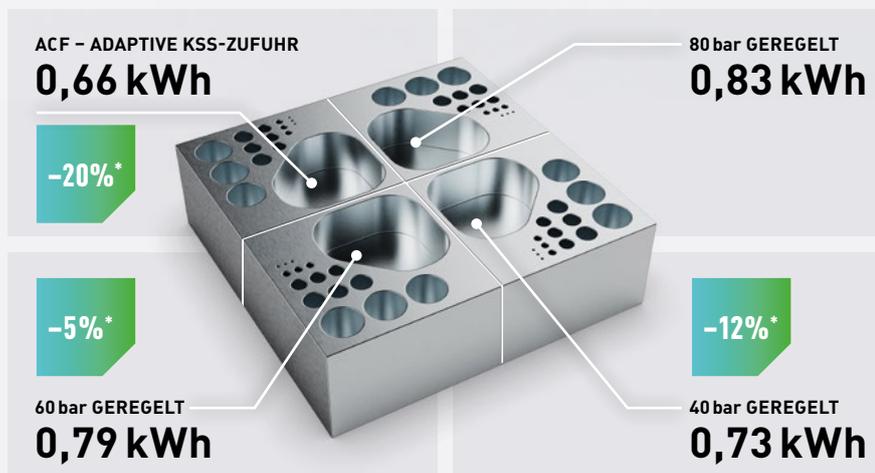
Prozessstellgrößen:
Schnittgeschwindigkeit: $v_c = 70 \text{ m/min}$
Vorschub: $f_z = 0,08 \text{ mm}$
Schnittbreite: $a_e = 5 \text{ mm}$
Schnitttiefe: $a_p = 5 \text{ mm}$

Werkstoff:
AISI 316
Werkzeug:
VHM-Schaftfräser
($\phi = 10 \text{ mm}$)



*Denkena, Berend, et al. "Energy efficient supply of cutting fluids in machining by utilizing flow rate control." CIRP Annals [2023].

Energieeinsparungen in der Bearbeitung

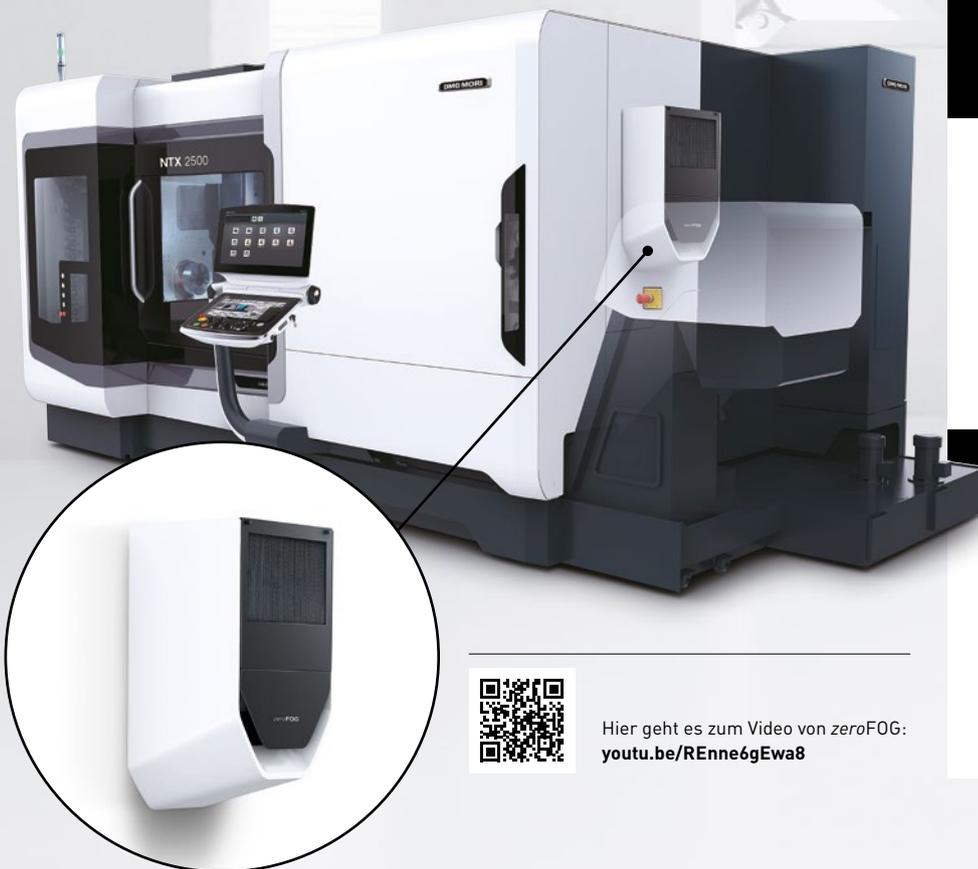


Energiewerte der Gesamtmaschine für die Bearbeitung des gezeigten Bauteils auf der DMU 65 FDS monoBLOCK.



*Energieeinsparung im Vergleich zu 80 bar

11. zeroFOG Emulsionsnebelabscheider – für eine saubere Arbeitsumgebung



**GEFÄHRLICHE DÄMPFE
KÖNNEN NICHT
UNKONTROLLIERT
AUS DER MASCHINE
ENTWEICHEN**

- + 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



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



12. 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.



Hier geht es zum Video von AI Chip Removal:
youtube.com/watch?v=mIEvH0ntDdw



GERINGER WARTUNGSAUFWAND

- + Automatische Reinigung des Primärfilters durch Hoch-Druckluft, keine manuelle Reinigung erforderlich
- + Einfacher Austausch des Endfilters mit wenigen Handgriffen
- + Benachrichtigung über den Zeitpunkt des Filterwechsels

ENERGIESPAREND

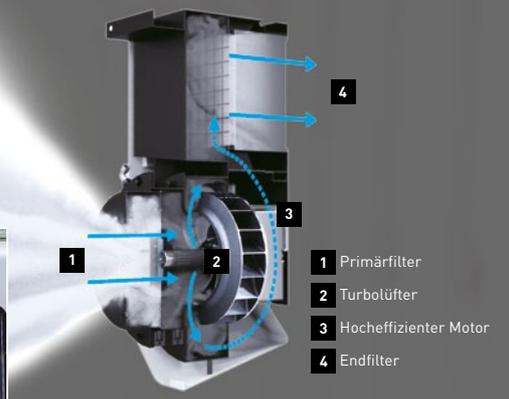
- + 35% weniger CO₂-Emissionen und Stromverbrauch im Vergleich zu herkömmlichen Produkten



Arbeitsraumvergleich: Ohne zeroFOG



Mit zeroFOG



Turbolüfter von DMG MORI mit hoher Saug- und Lüftungsleistung



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 ENERGIEGESTZUKLUS

- + Standardisierte Messung von elektrischer Energie und Druckluft
- + Einheitliche Messung über alle Werke
- + Messung von Betriebszuständen gemäß ISO 14955-3



Maschine: DMU 65 FDS monoBLOCK

-36%*

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

7.674 kg/a

KOSTENEINSPARUNG

2.147 €/a

*Alle 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: 0,434 kg/kWh, Strompreis: 0,12 €/kWh.

DMU 65 FDS monoBLOCK
mit GREENMODE



JÄHRLICH
7.674 kg CO₂
UND
2.147 €
EINSPAREN

ENTSPRICHT DER
CO₂-ABSORPTION VON
256
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)).

Technische Änderungen vorbehalten.
Die hier abgebildeten Maschinen können Optionen, Zubehör und Steuerungsvarianten beinhalten.

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.