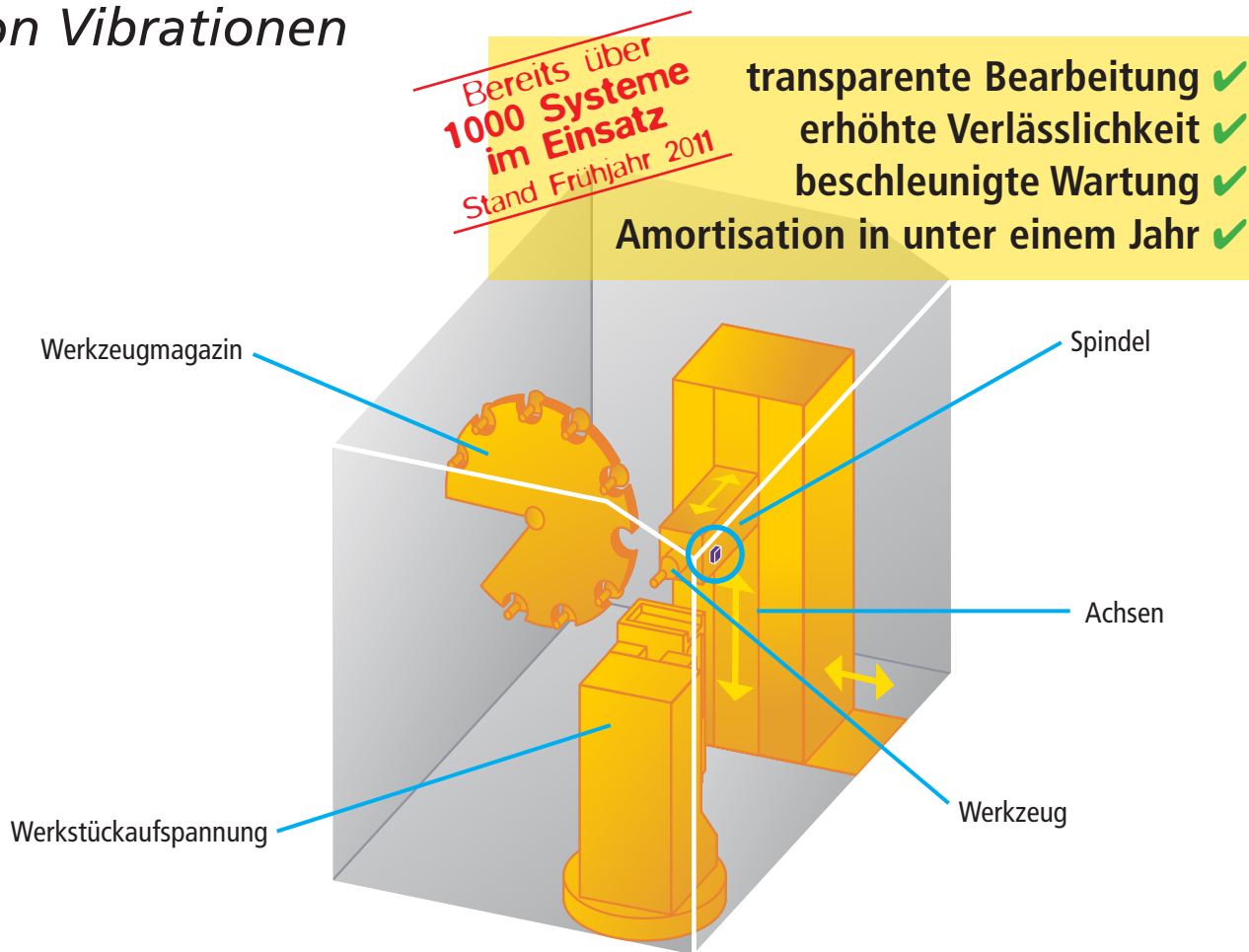


# Maschinen-Zustandsüberwachung mit Prozessoptimierung und Maschinenoptimierung

*Automatische und kontinuierliche Erfassung von Vibrationen*



## Maschinen-Zustandsanalyse

Zustandsanalyse von  
Spindel  
Schlitten  
Lagern



**Zustandsorientierte Instandhaltung**

## Prozessanalyse

der gesamte Prozess wird erfasst;  
Werkzeug für Werkzeug und Schnitt für Schnitt



## Maschinenoptimierung

Prozessoptimierung & -überwachung  
**Zustandsorientierte Instandhaltung**

MCI erfasst über einen am Spindelgehäuse platzierten Sensor die **Vibrationssignale einer Bearbeitungsmaschine vollautomatisch und kontinuierlich während allen bei der Fertigung auftretenden Zuständen** (Zerspanung, Werkzeugwechsel, Spindelhochlauf, Beschleunigen und Abbremsen der Achsen, etc.). In festgelegten Intervallen testet MCI darüber hinaus Spindel und Schlitten im Leerlauf.

Die MCI-Hardware kümmert sich um die Erfassung und Ablage der Sensordaten, ebenso um deren Verarbeitung mittels eines integrierten digitalen Signalprozessors. Die Signale werden durch das **neuartige I<sup>2</sup>- und weitere Analyseverfahren** aufbereitet und mit zuvor definierten Schwellen überwacht.

Zweck ist die Erstellung, Speicherung und Überwachung von Trends. Pro Zyklus, Schnitt oder Werkzeug werden aufgetretene Kennwerte (Maximalwerte, Arbeitswerte, Mittelwerte, Standardabweichungen, etc.) gespeichert. Übersteigen diese ein definiertes Maß, wird eine Warn- oder Alarmmeldung ausgegeben. Typische Verschleißerscheinungen an der

Maschine und kritische Zerspanungsprozessveränderungen werden so frühzeitig erkannt.

Außerdem löst MCI bei Beschleunigungen oberhalb von z.B. 60 g ein **Crash-Limit** aus, welches die Maschine sofort abschaltet.

Durch die **Trennung der Messungen in Bearbeitung und Nicht-Bearbeitung** lassen sich im Problemfall Ursachen schnell zuordnen: Werden z.B. während der Bearbeitung extrem hohe Werte gemessen, beim Werkzeugwechsel und Verfahren der Achsen sowie im Leerlauf derselben Spindel allerdings völlig normale Werte, müssen die Schnittbedingungen des Werkzeugs optimiert werden, da von Spindel und Achsen logischerweise keine Beeinträchtigung ausgehen kann.

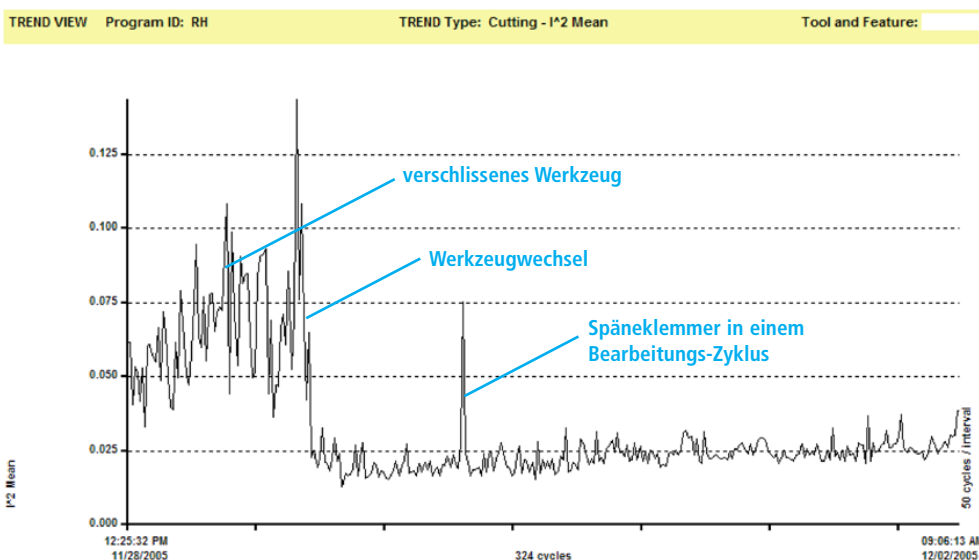
MCI macht Maschine und Bearbeitungsprozesse transparent und sicher, erhöht die **Verlässlichkeit**, beschleunigt die **Wartung** und **spart bares Geld**. Im Normalfall **amortisiert sich das System binnen eines Jahres** – bei kritischen Bearbeitungen genügt dazu sogar **bereits der erste erkannte und abgestellte Fehler!**

Die online an der Steuerung einsehbaren MCI-Daten können jederzeit über eine am Maschinen- oder Schaltschrankgehäuse installierte Schnittstelle abgerufen und gespeichert werden. Im Offline-Modus können so die Trends auf Auffälligkeiten untersucht und mit denen anderer, gleicher Maschinen verglichen werden. Eine zentrale Datenablage sowie -zugriff über das firmeneigene Intranet ist ebenfalls möglich.

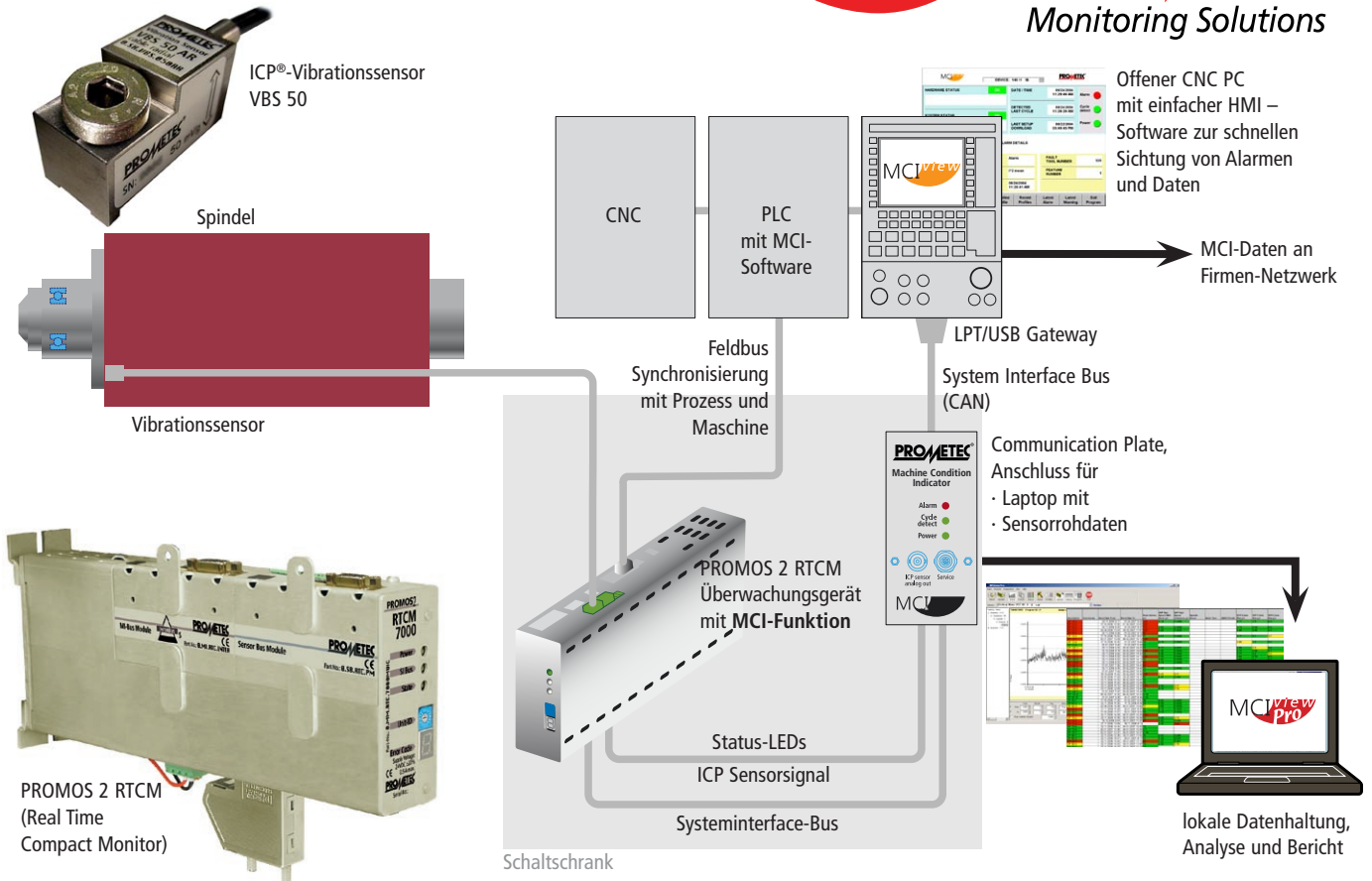
Bei optimaler Platzierung wird für MCI lediglich ein einziger Vibrationssensor in der Maschine benötigt – der Einsatz weiterer Sensoren ist für Zusatzfunktionen möglich, z.B. Werkzeugunwucht oder **Werkzeugsitzkontrolle (TSD – Tool Seat Detection)**.

Bohrer	Gute Bearbeitung	Verschlissenes Werkzeug	Anstieg
RMS	0,352 g	0,621 g	76%
Max.	3,63 g	9,42 g	159%
<b>I<sup>2</sup></b>	<b>0,115</b>	<b>3,62</b>	<b>3047%</b>
Fräser (4 Schneiden)	Gute Bearbeitung	2 Schneiden fehlen	Anstieg
RMS	0,325 g	1,3 g	300%
Max.	2,48 g	5,98 g	141%
<b>I<sup>2</sup></b>	<b>0,062</b>	<b>13,5</b>	<b>21674%</b>

Vergleich verschiedener Überwachungsparameter des MCI-Systems: **I<sup>2</sup> reagiert äußerst feinfühlig auf abrupte Signaländerungen** (z.B. hervorgerufen durch Beschädigungen an Werkzeug, Spindellager, Achsführung, etc.)



Beispiel für die hohe Empfindlichkeit des I<sup>2</sup>-Analysewerts



**Funktionsweise**

**1. Prozessüberwachung**

während des Bearbeitungsprogramms werden die Vibrationsdaten Werkzeug für Werkzeug und Schnitt für Schnitt sowie bei der Nicht-Bearbeitung aufgezeichnet.

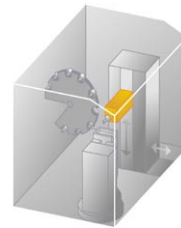
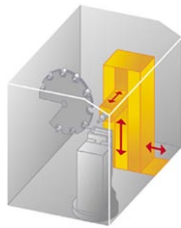
**2. Schlitten-Testprogramm (STP)**

testet zu festgelegten Zeiten die Achsen: Jede Achse wird (einmal pro Tag) einzeln über den kompletten Verfahrbereich bewegt, was einen rein achsbezogenen, zuverlässigen Trend für jede Achse liefert.

**3. Spindel-Analyseprogramm (SAP)**

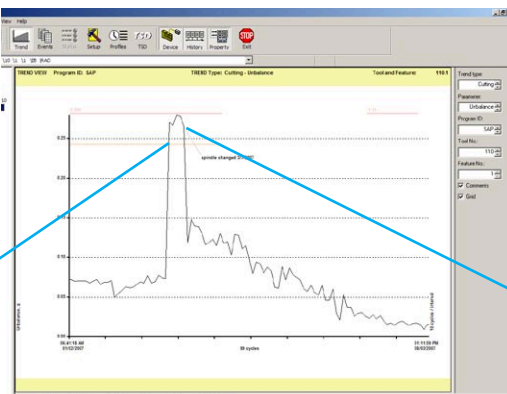
testet zu festgelegten Zeiten die Spindel: Sie wird (einmal pro Tag) auf 3 verschiedenen Drehzahlen je 30 Sekunden gedreht. Liefert einen zuverlässigen, rein Spindel-bezogenen Trend je Drehzahl

Eine Fast-Fourier-Transformation bietet weitere Analyse-Möglichkeiten (Unwucht, Ausrichtungsfehler, Anbahnung eines Lagerschadens). Siehe auch Beispiel unten.



**Beispiel**

Unwucht, erkannt durch das Spindel-Analyse-Programm (SAP)



Warnung durch automatische Unwuchterkennung.

Trendüberwachung führte zu Tausch der Spindel bei nächstem Wartungsintervall.

Automatische Warnung an PLC und Plant Management System

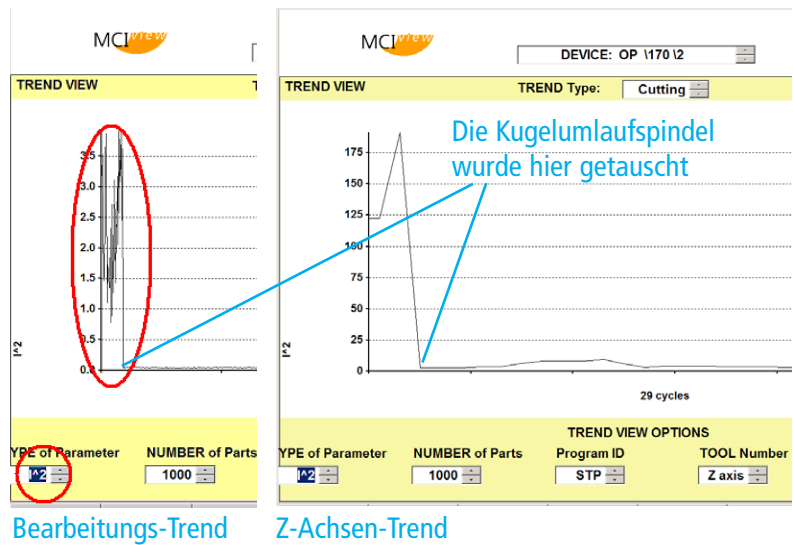
Spindelwechsel



**Beispiel**

Der I<sup>2</sup>-Wert im Bearbeitungs-Trend eines Tiefloch-Bohrers war deutlich erhöht (Trend = jeweils ein Wert pro Bearbeitungszyklus).

Der Trend des I<sup>2</sup>-Wertes aus dem Schlitten-Testprogramm der Z-Achse war ebenfalls erhöht, daher wurde eine vorbeugende Instandhaltung **gezielt für die Z-Achse** eingeleitet, bei der eine defekte Kugelumlaufspindel entdeckt wurde.



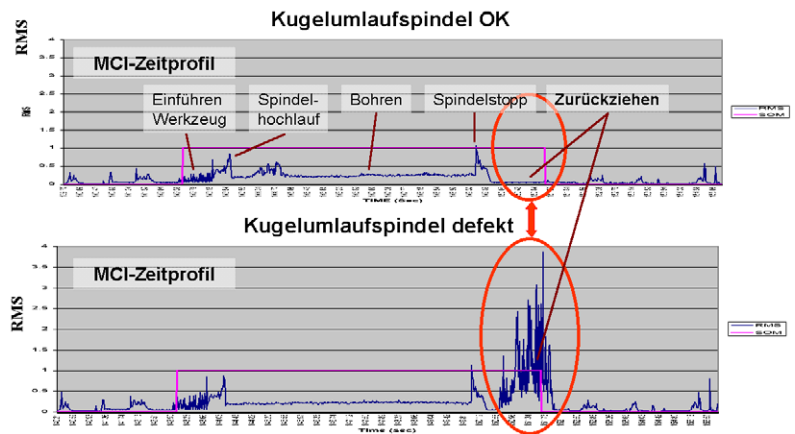
Bearbeitungs-Trend

Z-Achsen-Trend

Nebenstehend zwei Zeitprofile der RMS-Werte des oben gezeigten Tieflochbohrers (ein kontinuierliches Vibrationsprofil mit hoher Auflösung).

Die Bearbeitungsqualität war in beiden Fällen nicht zu beanstanden - jedoch brach das Werkzeug beim Herausziehen aus dem Bohrloch häufig.

(Anmerkung: Der kleine „Buckel“ im oberen Bild ist eine normale, unkritische Prozessvariation, z.B. ein Späneklebmer.)



**MCIview:** Einfache Anwendung direkt auf der Maschinen-Steuerung.

Alle wesentlichen Anzeigen sind verfügbar, jedoch gibt es keine Konfigurations-Möglichkeiten. D.h., der Maschinenbediener kann die Ergebnisse ablesen, aber keine Einstellungen beeinflussen.



**MCIview-Pro:** Profi-Anwendung auf Laptop- oder Desktop-Computer.

Anschluss an das Überwachungsgerät erfolgt mittels USB- oder Parallelport - für Einrichten, Daten-Download und Analyse.  
Alle Parameter (Trends und Profile) werden durch das Programm aus dem Flash-Speicher des Real Time Monitor auf den Computer geladen.  
Nach dem Download Ablage in einer Datenbank (Netzwerk/ gemeinsames-Verzeichnis/Laufwerk).

