planlauf

Statisches und dynamisches Verhalten des 5-Achsen-Roboters JN2014

- Eignung für das Fräsen von Stahl -

Dr.-Ing. Rouven Meidlinger

planlauf GmbH

Gliederung

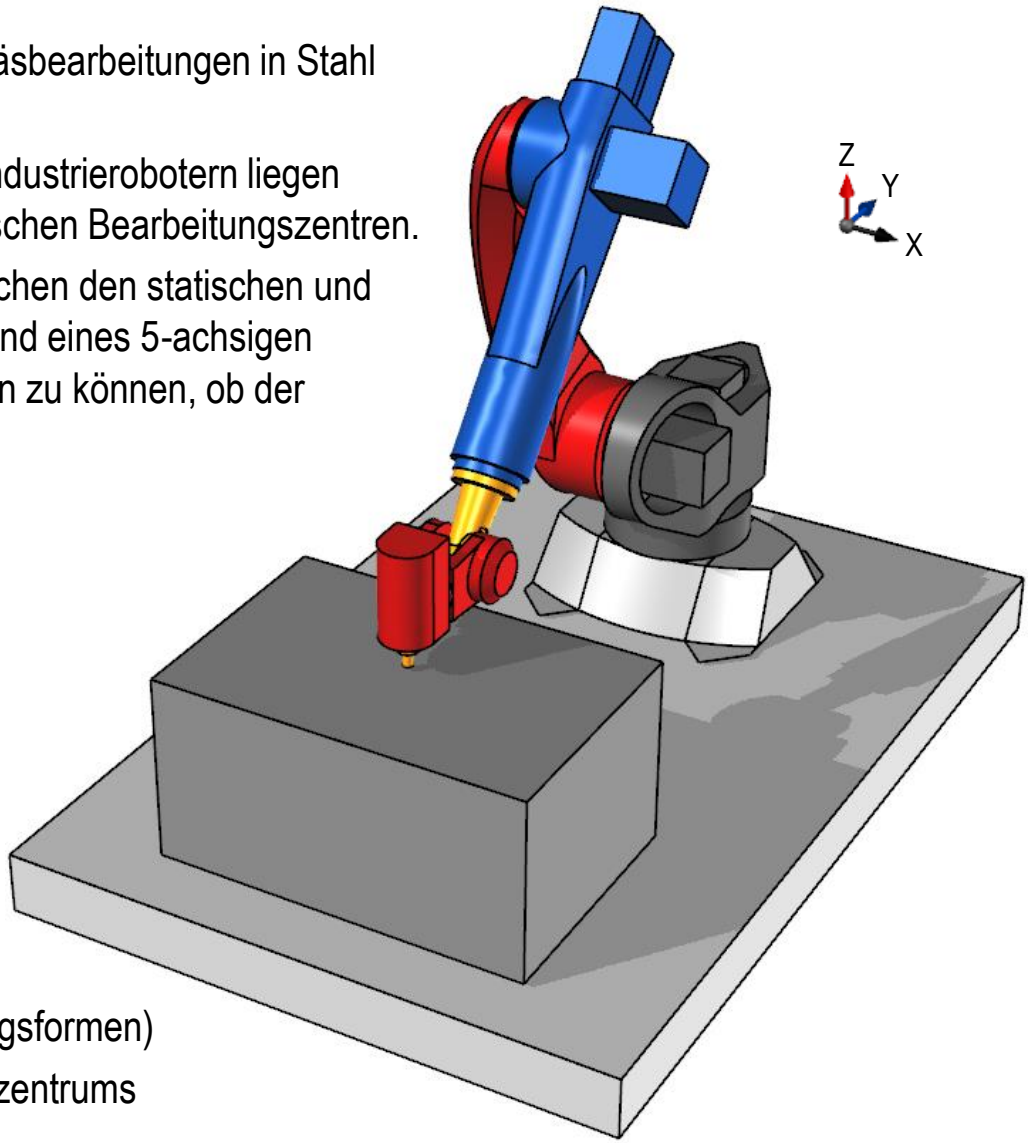
- Einleitung und Aufgabenstellung
- Statisches Verhalten
- Dynamisches Verhalten
- Zusammenfassung

© planlauf GmbH

Einleitung und Aufgabenstellung

Einleitung

- Der Auftraggeber plant die Durchführung leichter Fräsbearbeitungen in Stahl mit einem Industrieroboter vom Typ JN2014.
- Die statischen und dynamischen Steifigkeiten von Industrierobotern liegen prinzipbedingt deutlich unter den Werten von klassischen Bearbeitungszentren.
- Im Rahmen dieses Projektes soll ein Vergleich zwischen den statischen und dynamischen Eigenschaften des Industrieroboters und eines 5-achsigen Bearbeitungszentrum gezogen werden, um bewerten zu können, ob der angedachte Ansatz erfolgversprechend ist.

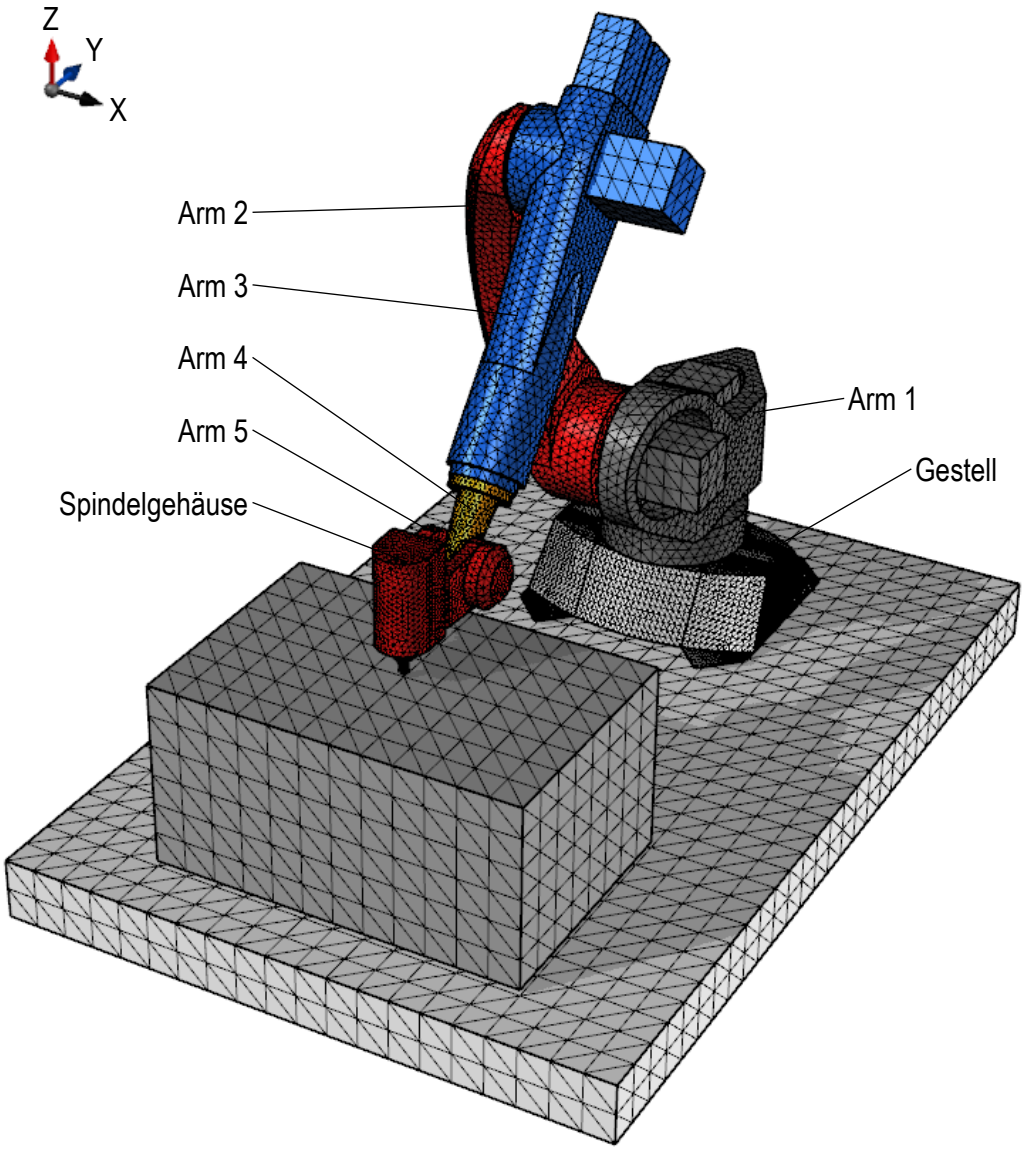


Aufgabenstellung

- Statisches Verhalten inkl. Schwachstellenanalyse
- Dynamisches Verhalten (Frequenzgänge/Schwingungsformen)
- Vergleich zu den Werten eines 5-Achs-Bearbeitungszentrums

© planlauf GmbH

Aufbau des Finite-Elemente-Modells



- Lager
  - Achse 1: INA YRT 260
  - Achse 2: INA YRT 200
  - Achse 3: INA YRT 180
  - Achse 4: INA YRT 120
  - Achse 5: INA YRT 100
- Hauptspindel (//\ M Z)
  - Vorne: 3x Spindellager HC71914C.UL
  - Hinten: Zylinderrollenlager HCN1013K
  - Werkzeug: ∅30x50
- Werkstoffe
  - Gestell, Arm 4: Stahl
  - Arm 1: EN-GJL-250
  - Arm 2, 3, 5: Aluminium
  - alle anderen Bauteile: Stahl
- Verankerte 4-Punkt-Aufstellung

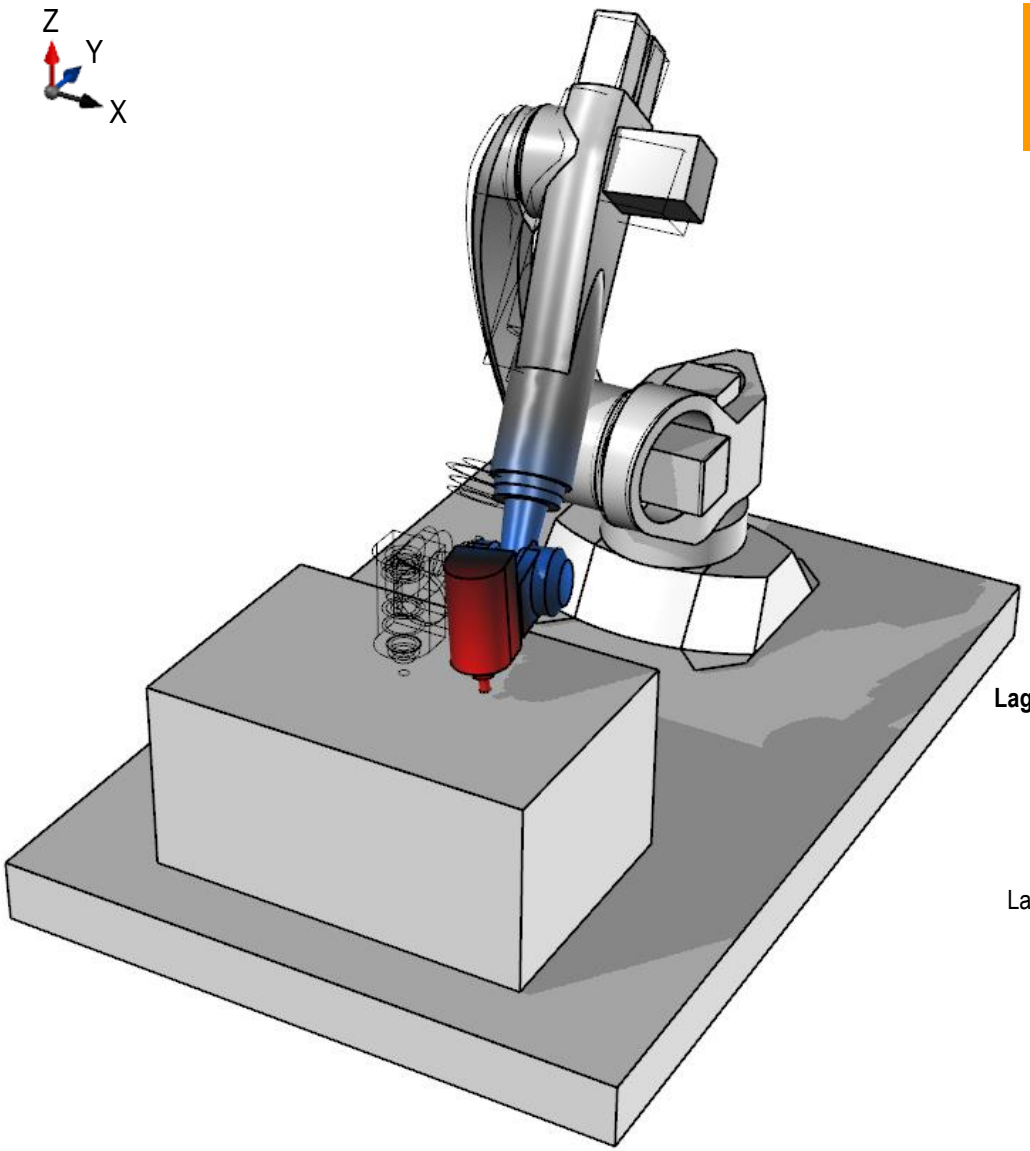
© planlauf GmbH

Gliederung

- Einleitung und Aufgabenstellung
- Statisches Verhalten – *Steifigkeiten und Schwachstellenanalyse*
- Dynamisches Verhalten
- Zusammenfassung

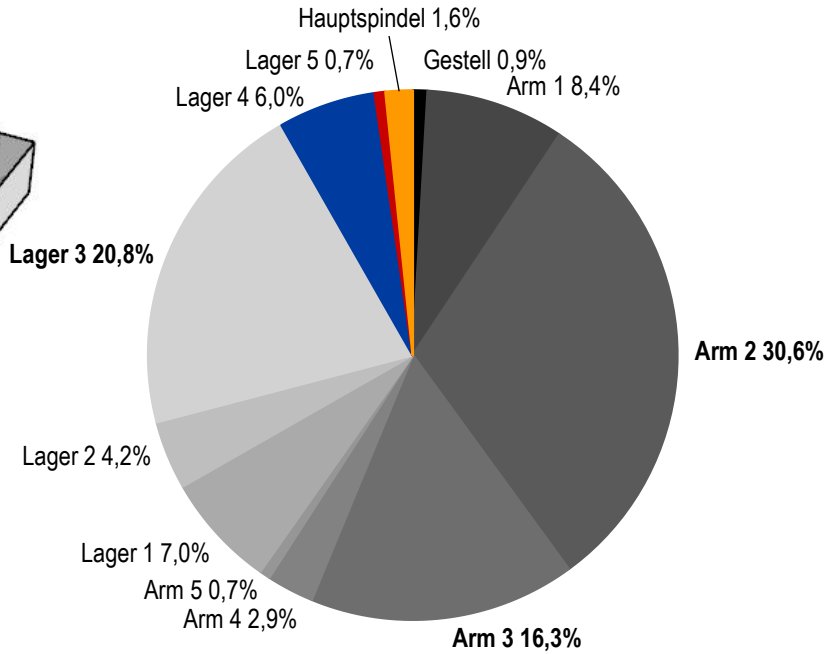
© planlauf GmbH

Statische Belastung in X-Richtung



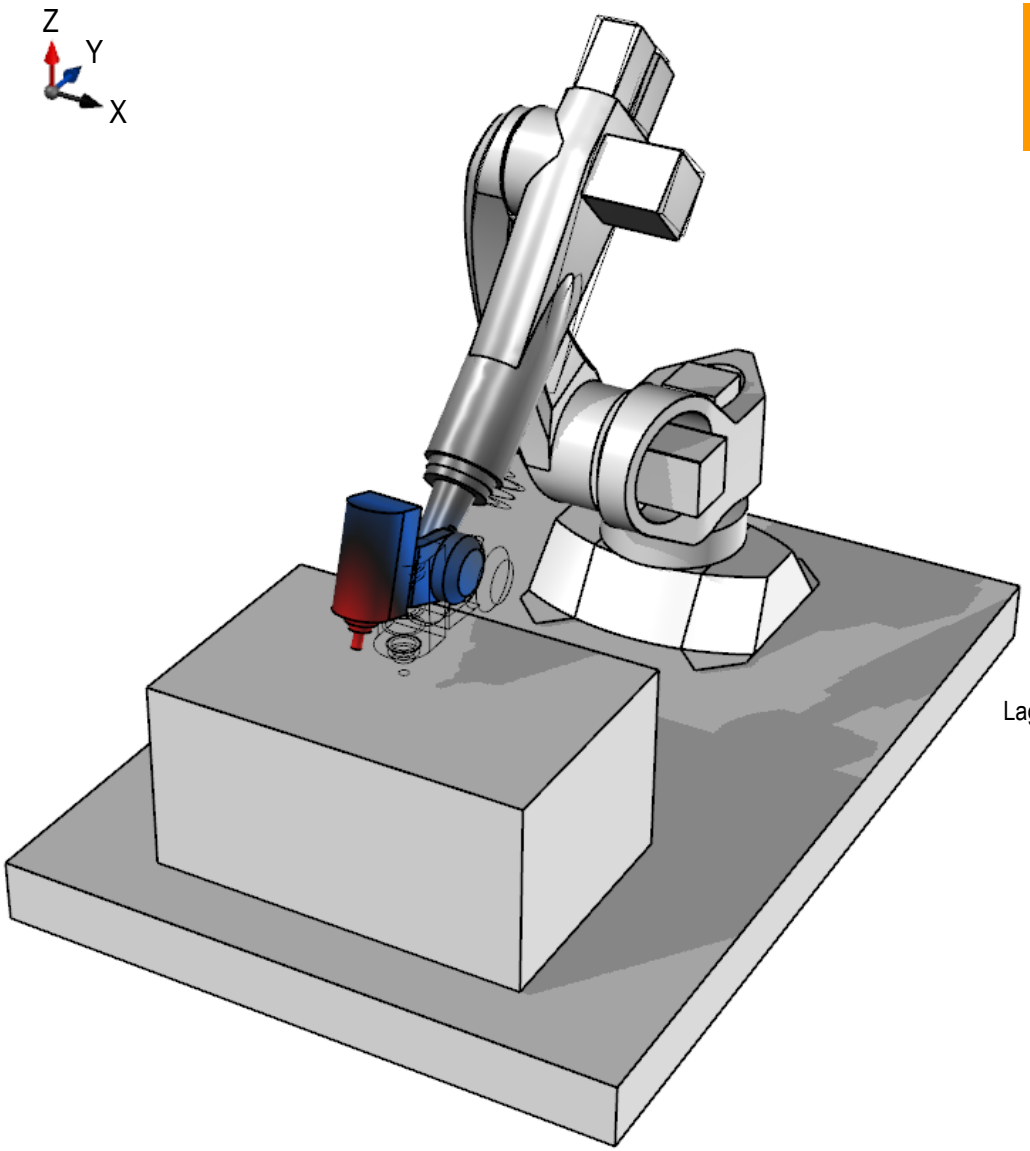
Statische Steifigkeit in X-Richtung
$k_{XX,REL}$ = 0,97 N/µm

Anteile der einzelnen Komponenten an der Gesamtverformung



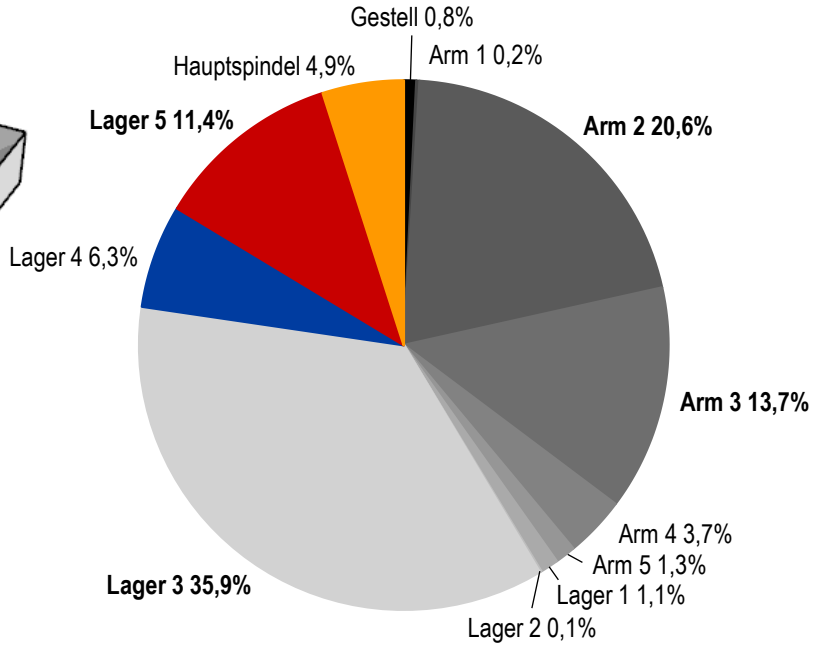
© planlauf GmbH

Statische Belastung in Y-Richtung



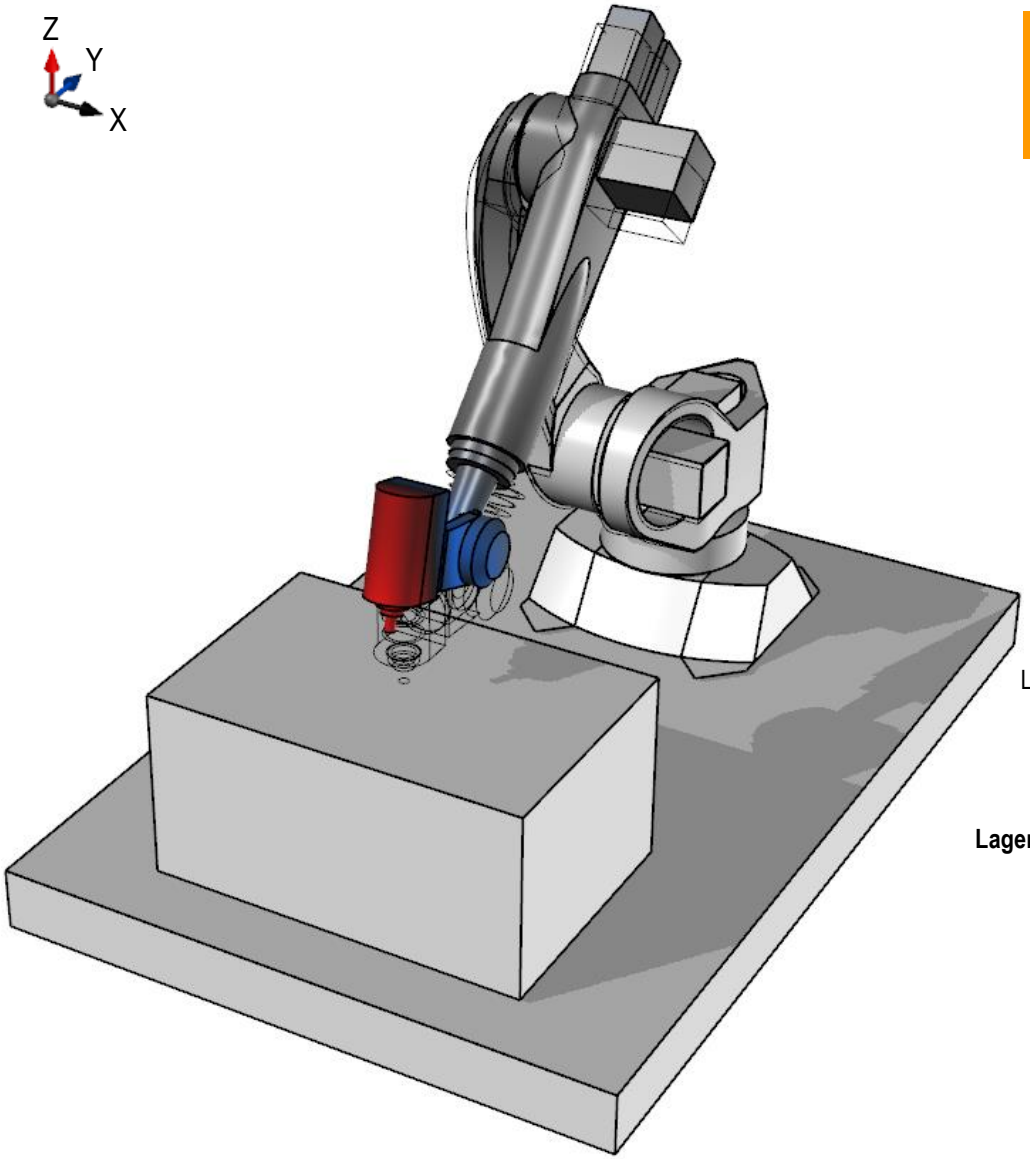
Statische Steifigkeit in Y-Richtung
$k_{YY,REL}$ = 2,94 N/µm

Anteile der einzelnen Komponenten
an der Gesamtverformung



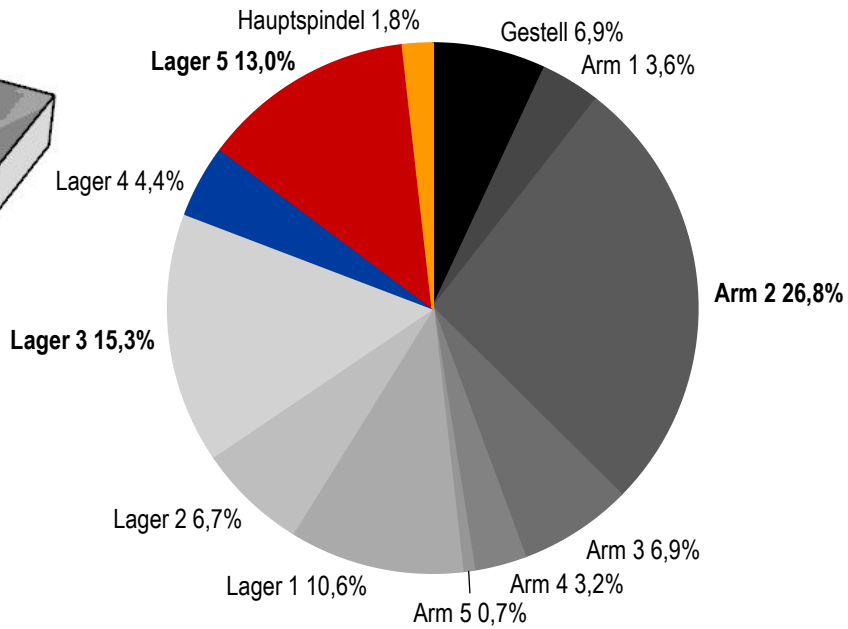
© planlauf GmbH

Statische Belastung in Z-Richtung



Statische Steifigkeit in Z-Richtung
$k_{ZZ,REL}$ = 1,56 N/µm

Anteile der einzelnen Komponenten
an der Gesamtverformung



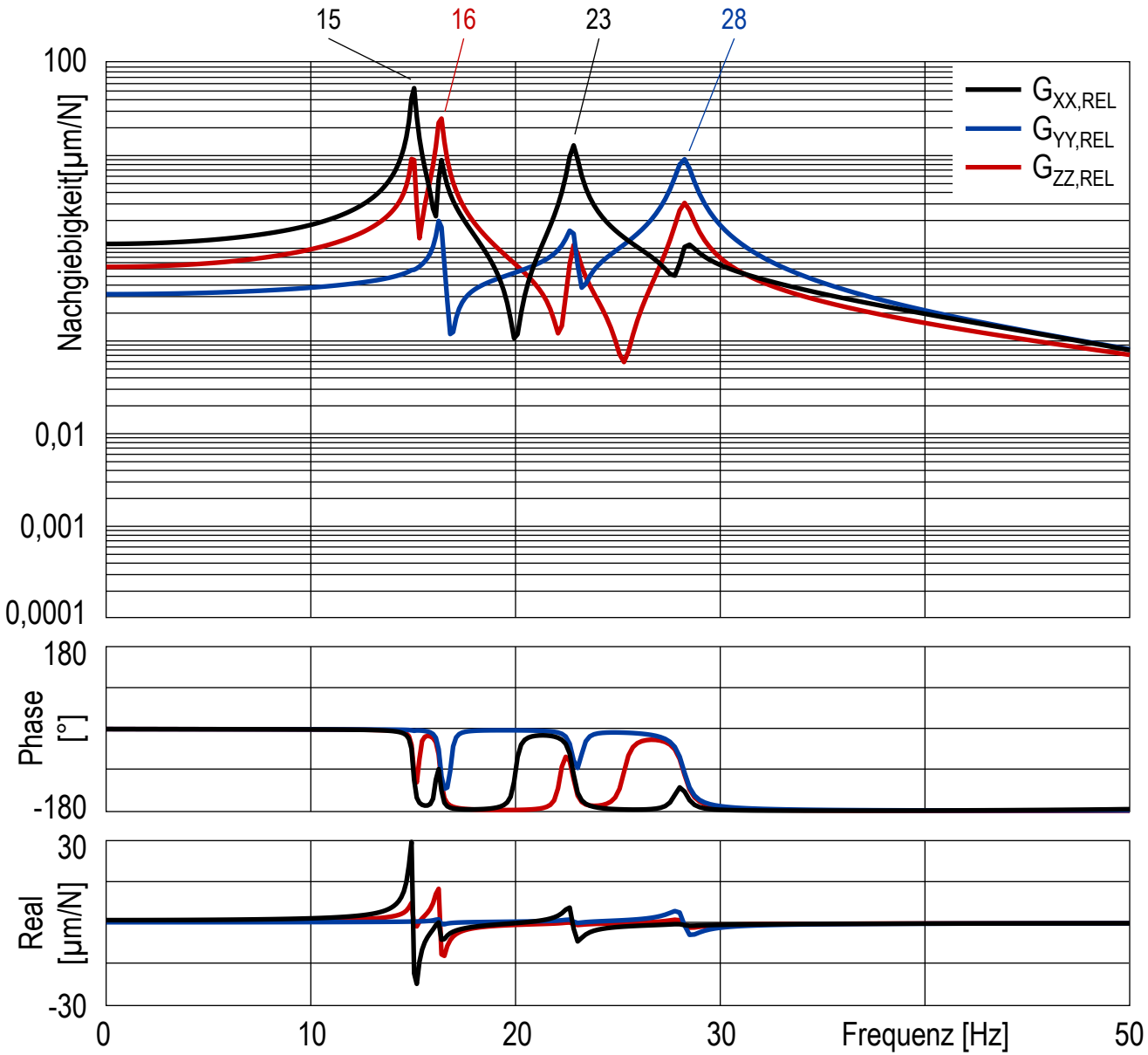
© planlauf GmbH

Gliederung

- Einleitung und Aufgabenstellung
- Statisches Verhalten
- Dynamisches Verhalten – *Frequenzgänge und Schwingungsformen*
- Zusammenfassung

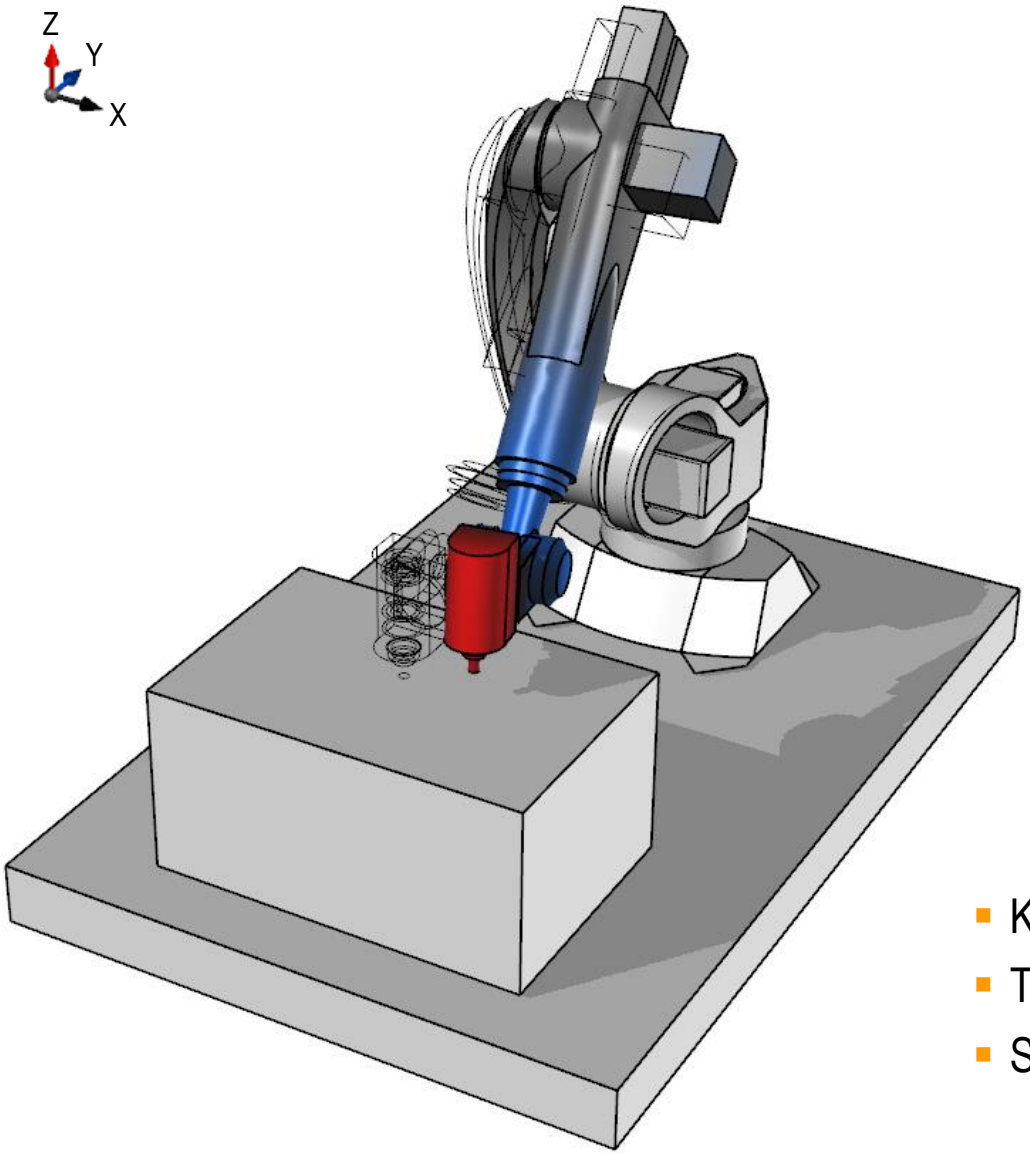
© planlauf GmbH

Relative Nachgiebigkeitsfrequenzgänge



© planlauf GmbH

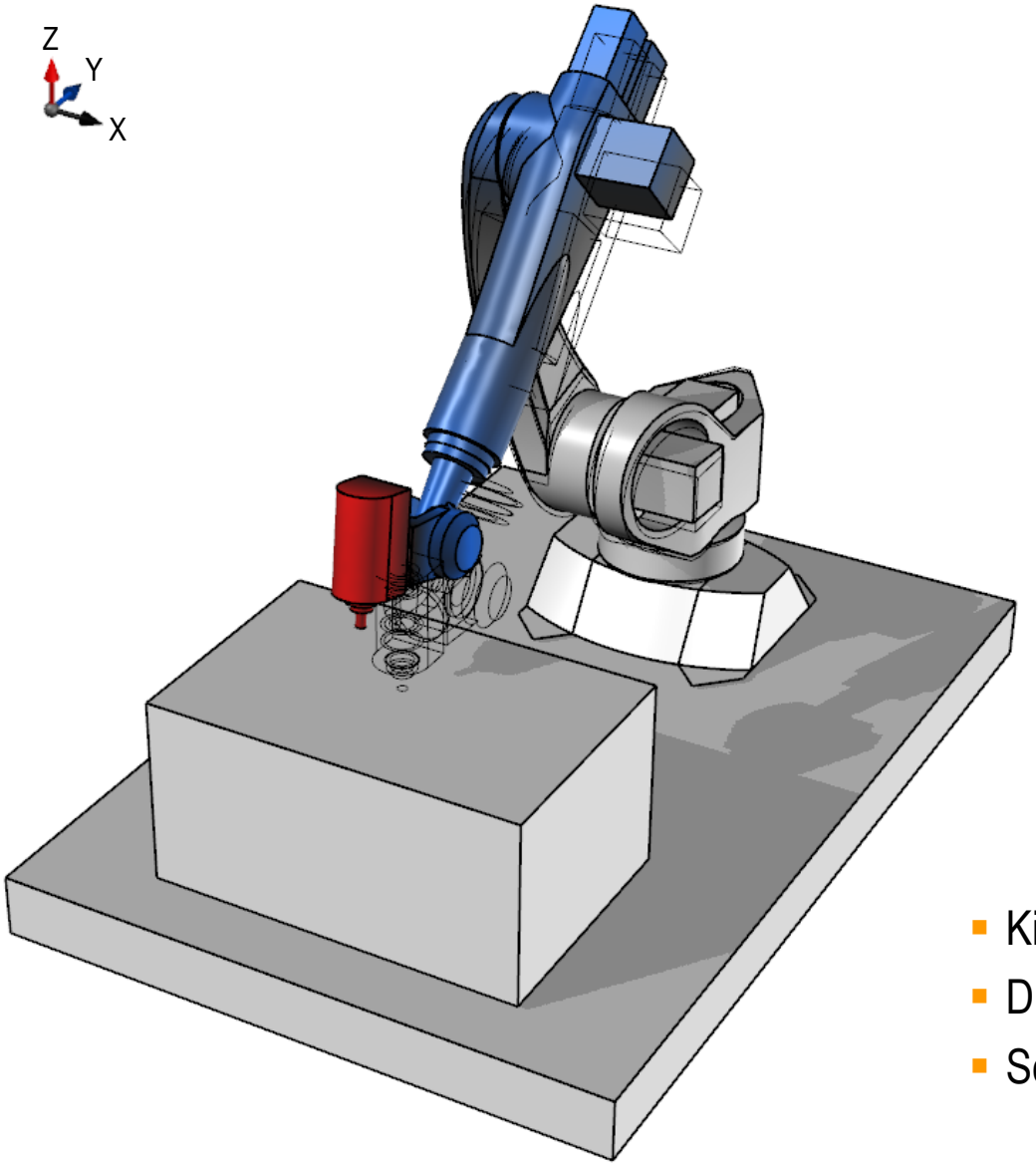
Schwingungsform bei 15 Hz



- Kippen im Lager 1
- Torsion und Biegung im Arm 2
- Schwingung der Hauptspindel in X-Richtung

© planlauf GmbH

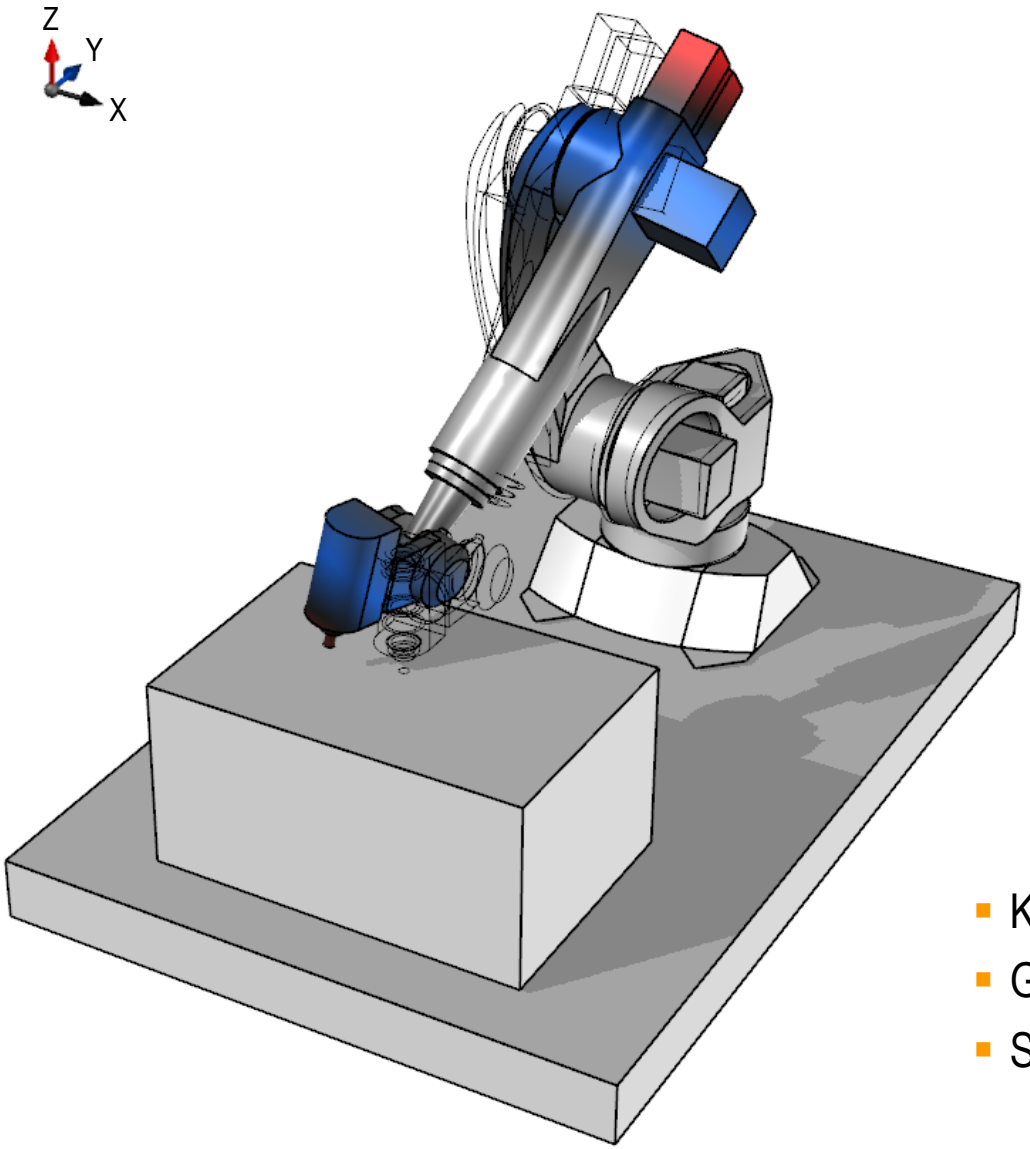
Schwingungsform bei 16 Hz



- Kippen im Lager 1
- Drehschwingung im Antrieb 3
- Schwingung des Hauptspindel in Z-Richtung

© planlauf GmbH

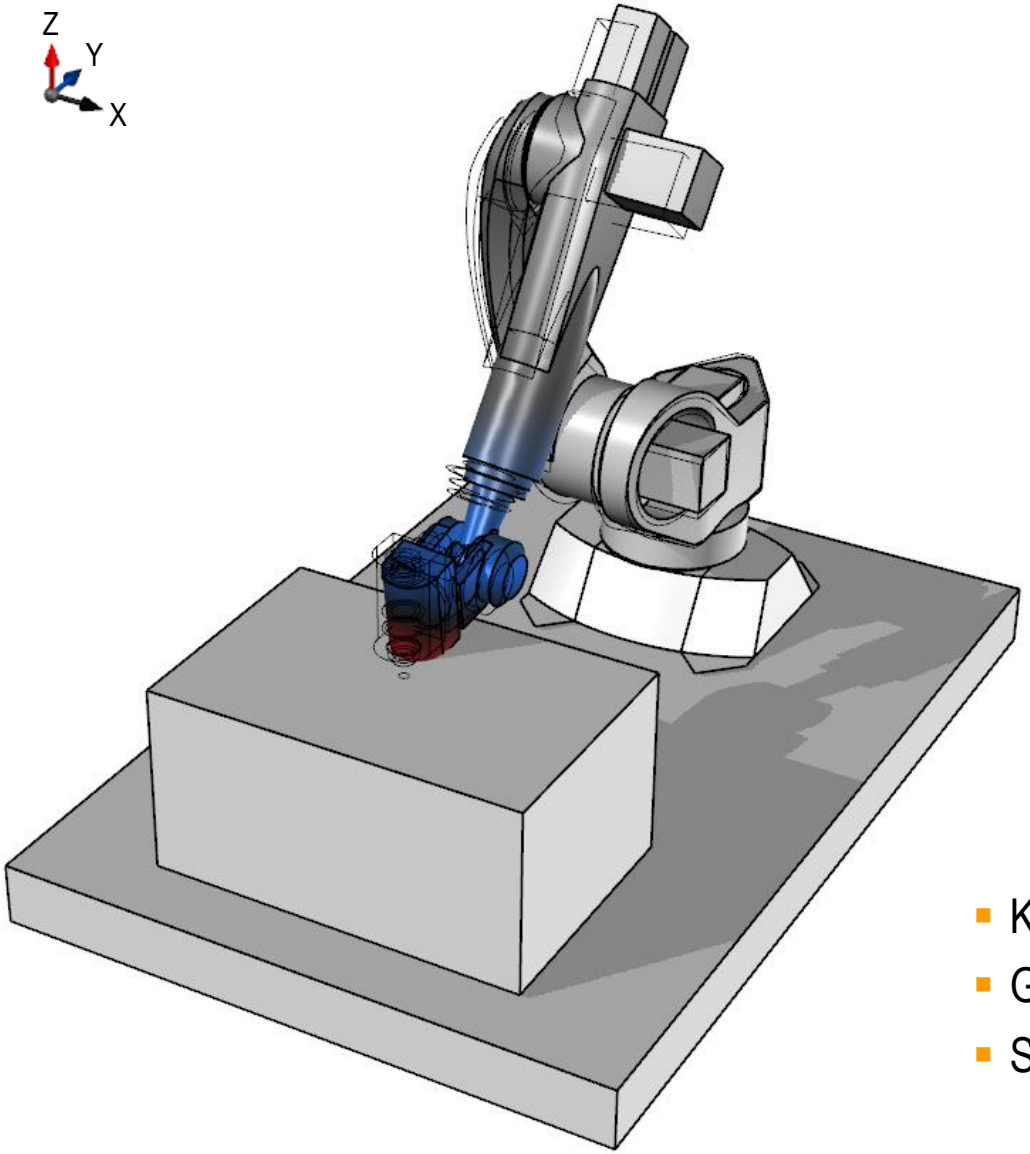
Schwingungsform bei 23 Hz



- Kippen im Lager 1
- Gegenphasige Torsion und Biegung im Arm 2
- Schwingung der Hauptspindel in X-Richtung

© planlauf GmbH

Schwingungsform bei 28 Hz



- Kippen im Lager 1
- Gegenphasige Drehschwingung im Antrieb 3
- Schwingung des Hauptspindel in Z-Richtung

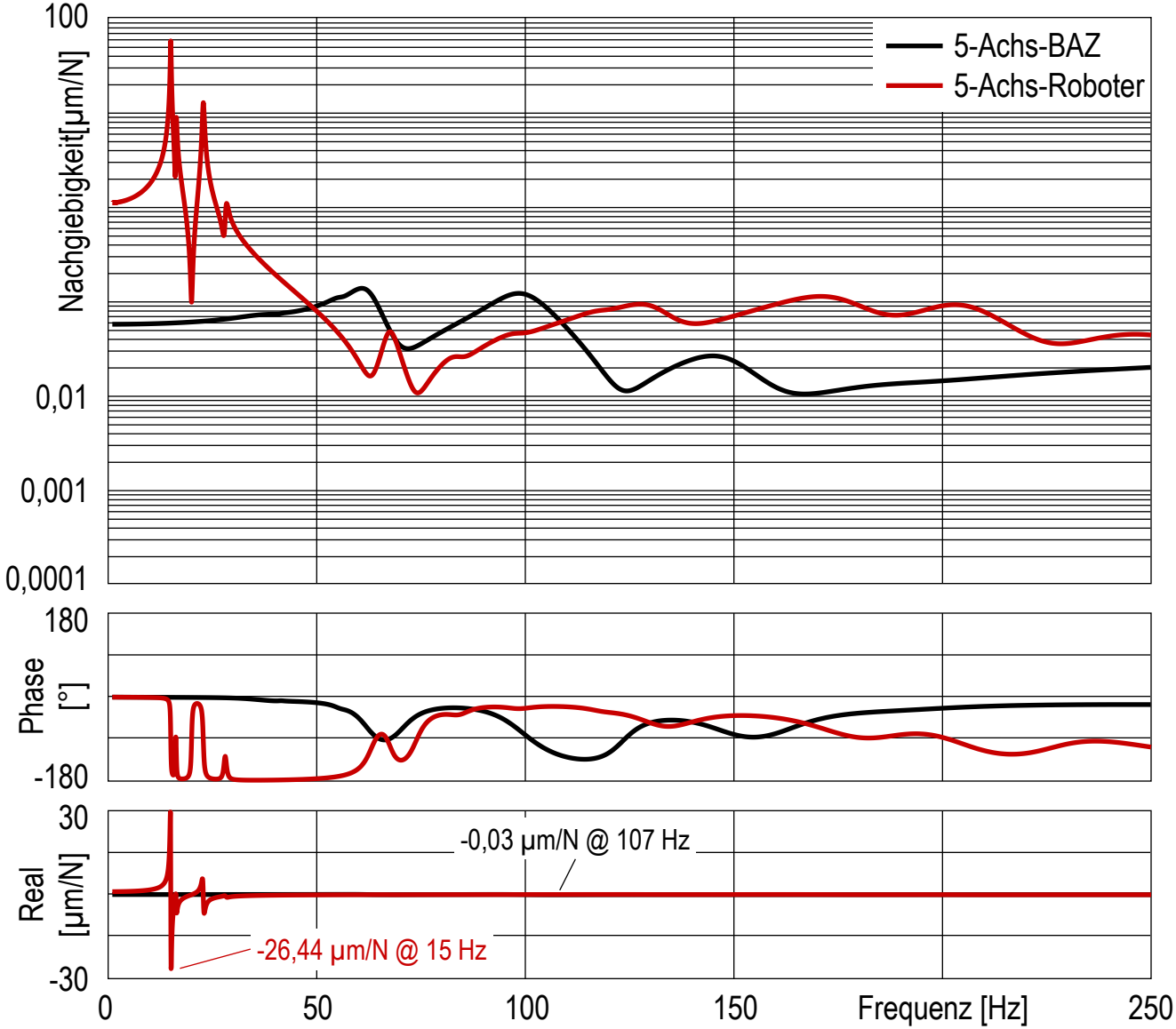
© planlauf GmbH

Gliederung

- Einleitung und Aufgabenstellung
- Statisches Verhalten
- Dynamisches Verhalten – *Gegenüberstellung zu einem 5-Achs-Bearbeitungszentrum*
- Zusammenfassung

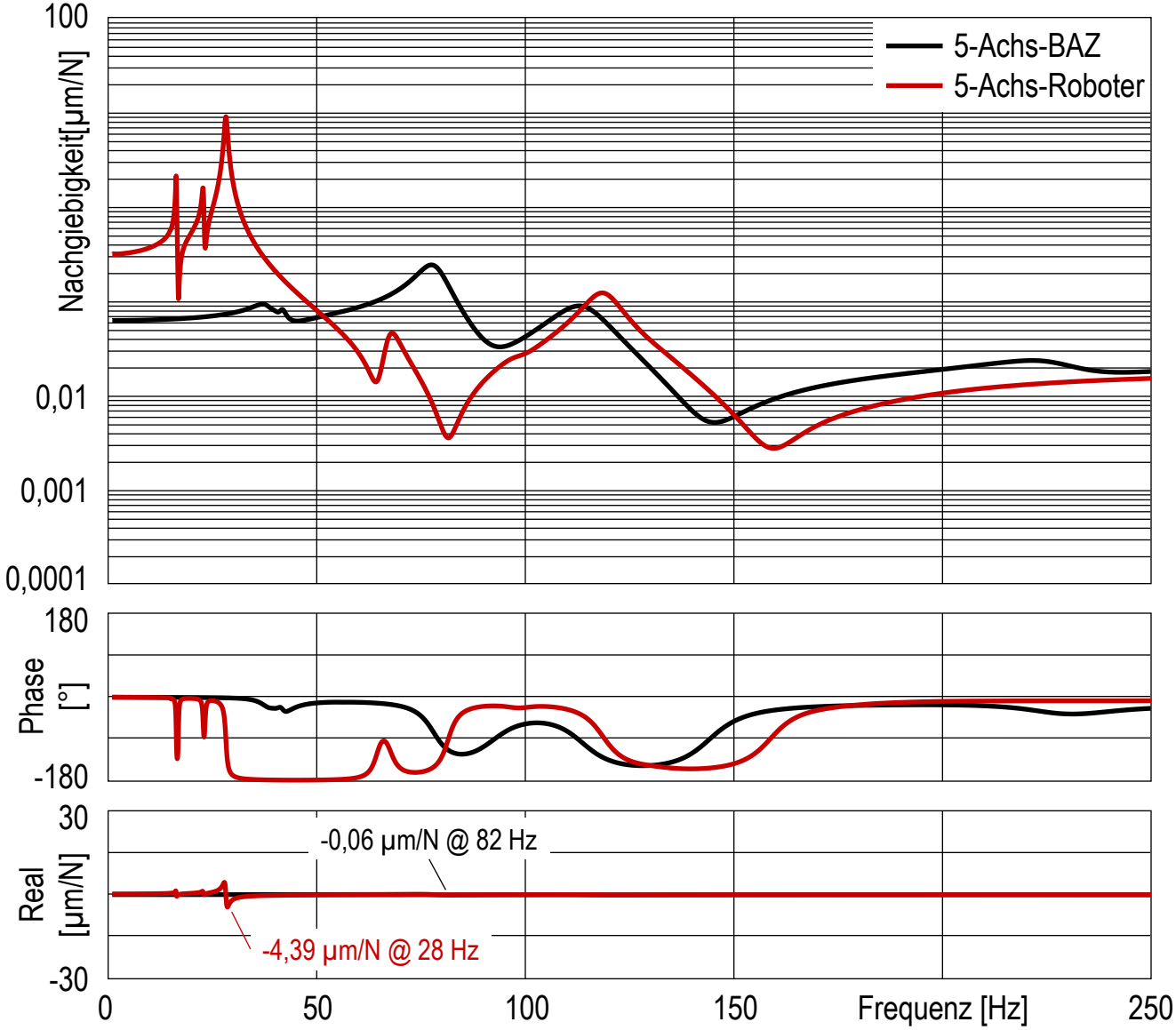
© planlauf GmbH

Relative Nachgiebigkeitsfrequenzgänge in X-Richtung



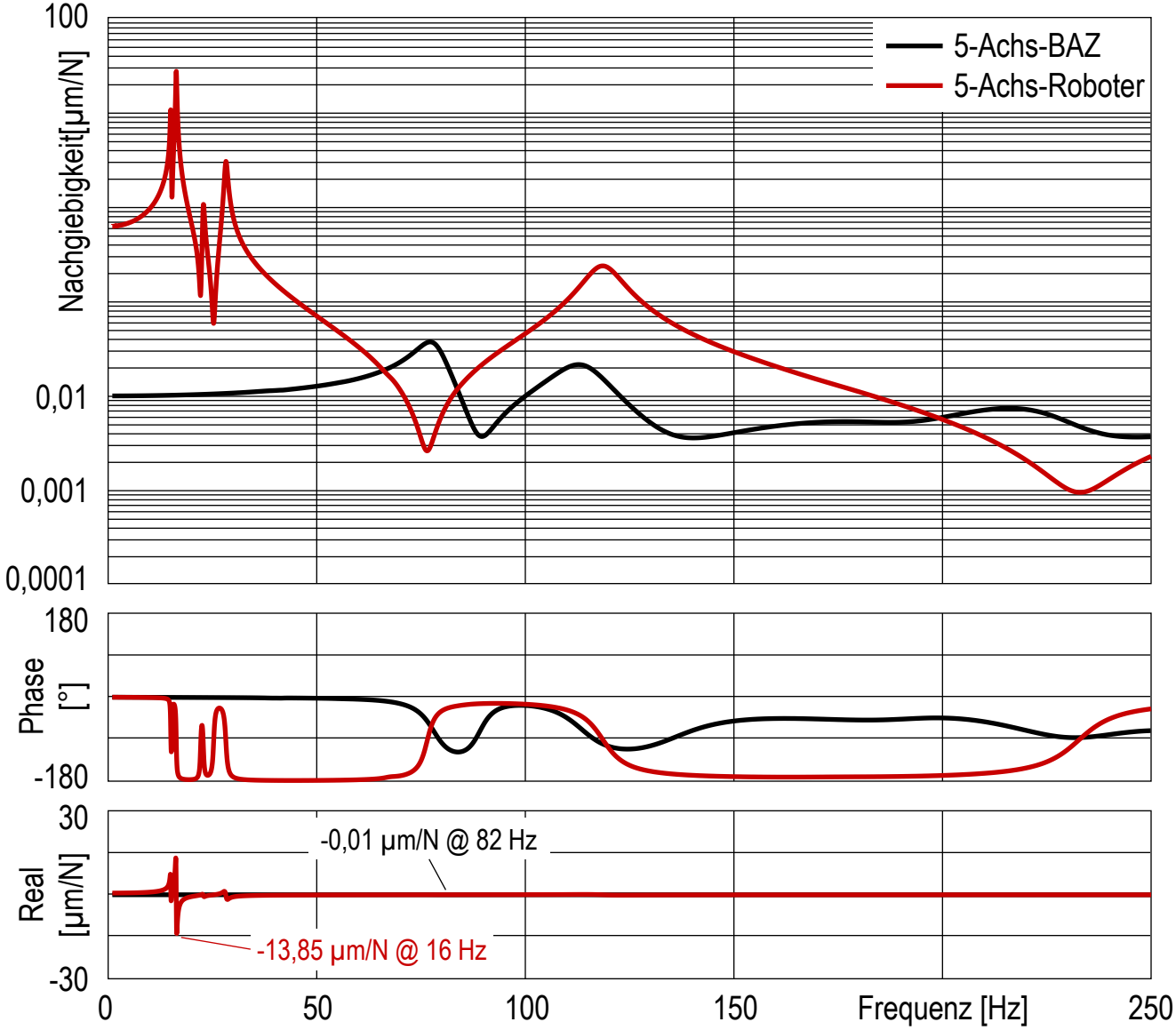
© planlauf GmbH

Relative Nachgiebigkeitsfrequenzgänge in Y-Richtung



© planlauf GmbH

Relative Nachgiebigkeitsfrequenzgänge in Z-Richtung



© planlauf GmbH

Gliederung

- Einleitung und Aufgabenstellung
- Statisches Verhalten
- Dynamisches Verhalten
- Zusammenfassung

© planlauf GmbH

Zusammenfassung

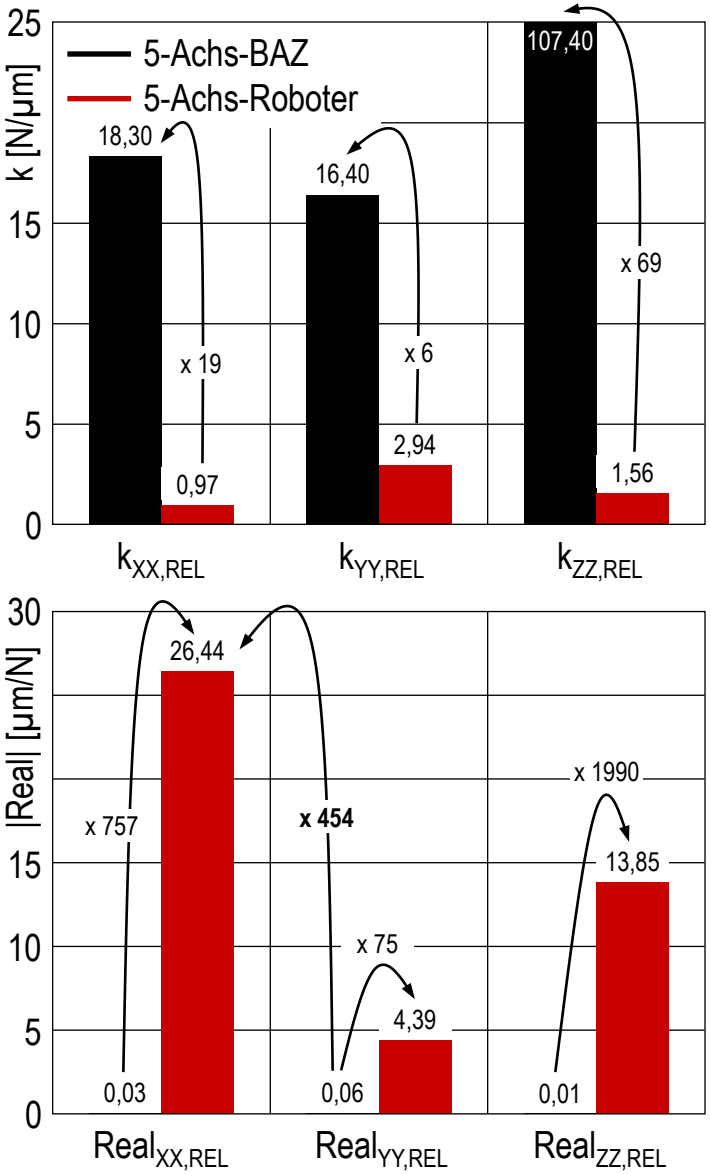
Statisches Verhalten

- Die **statische Steifigkeit des Industrieroboters** liegt in der kritischen X-Richtung bei ca. 0,97 N/µm und damit nur bei ca. **5% des Wertes des Bearbeitungszentrums**.
- Eine Übertragung der bei Bearbeitungszentren üblichen Bearbeitungs-strategien ist bei einem so großen Steifigkeitsunterschied nicht mehr möglich, da bereits bei moderaten Schnitten die statische Abdrängung im Bereich von mehreren 1/10 mm liegen wird.

Dynamisches Verhalten

- Das dynamische Verhalten wird anhand des maximalen negativen Realteils bewertet. Gemäß der üblichen Rattertheorie hängt der ratterfrei erreichbare Zerspanquerschnitt umgekehrt proportional mit dem **Betrag des maximalen negativen Realteils** zusammen.
- Der maximale Realteil liegt bei dem Industrieroboter um den Faktor 454 höher als bei dem Bearbeitungszentrum.
- Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass **der Industrieroboter ratterfrei lediglich 0,2% des Zeitspanvolumens des Bearbeitungszentrums** erreichen kann.

► **Ein wirtschaftlich sinnvoller Einsatz des Industrieroboters bei der Stahlzerspanung ist somit nicht möglich.**



© planlauf GmbH