HEIDENHAIN

KinematicsOpt

KinematicsOpt – Grundlagen

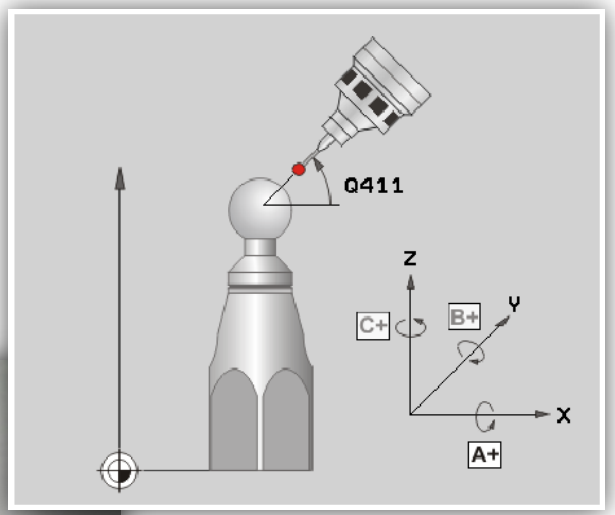
Anwendung:

Genauigkeiten verbessern bei

- Schwenkbearbeitungen
- Bearbeitung mit 4. und 5. Achse

Vorteile

- Endanwenderfreundliche Zyklen zur Verbesserung der Kinematik der Maschine
- Erhöhung der Genauigkeit
- Messbereich der Rundachsen frei wählbar
- Kalibrierdauer liegt in den meisten Fällen unter 15 Minuten
- Möglichkeit Kinematik zu sichern
- Verwendung auch für Hirthverzahnte Achsen möglich
- Prüf- oder Schreibmodus



KinematicsOpt – Grundlagen

Auswirkung einer nicht korrekten Mitte einer Drehachse:

Berechnete Situation der Steuerung

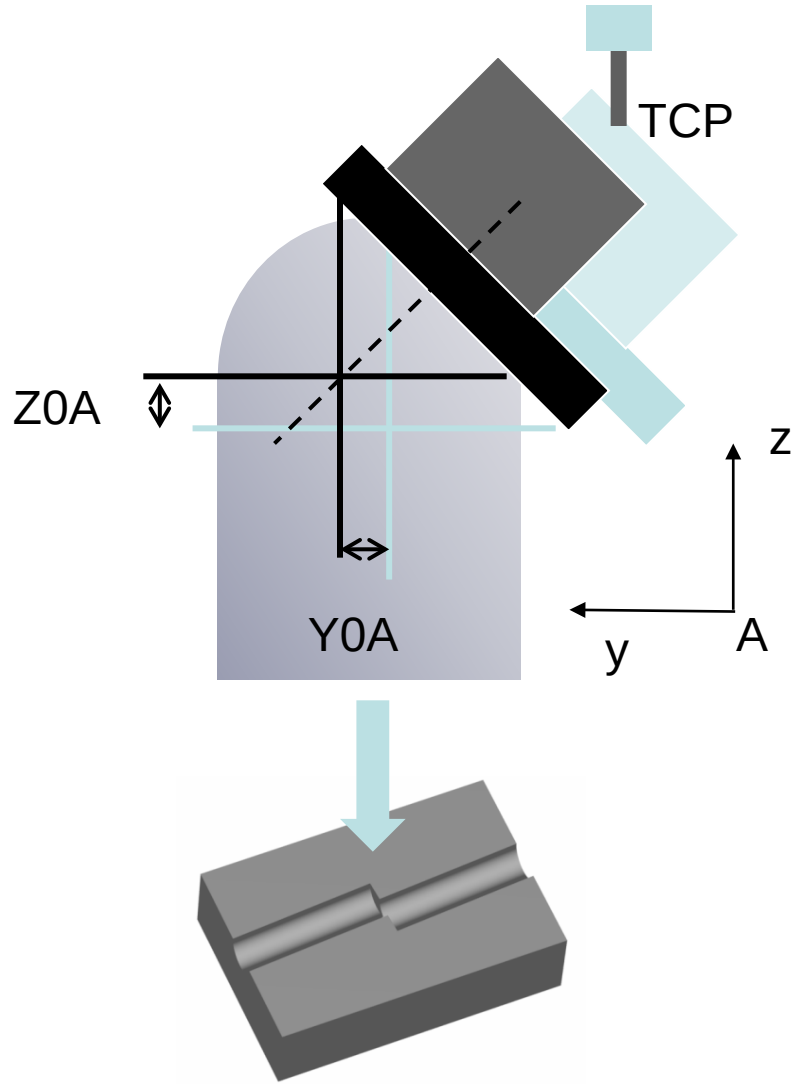
- Position der Drehachse im kinematischen Modell der Steuerung

Tatsächliche Situation

- Reelle Position der Drehachse

Differenzen zwischen dem kinematischen Modell der CNC-Steuerung und der reellen Maschine führen zu Fehlern am Werkstück

Schematische Darstellung (Rundtisch)



KinematicsOpt – Grundlagen

Vorraussetzungen:

Software:

- iTNC 530: ab NC-Software 34049x-04
- iTNC 530: ab NC-Software 60642x-01
- TNC 640: ab NC-Software 34059x-01
- TNC 620: ab NC-Software 34056x-03
- TNC 620: ab NC-Software 73498x-01
- TNC 620: ab NC-Software 81760x-01
- Option #48

Hardware:

- Kalibrierter 3D-Taster
- Steife Kalibrierkugel mit bekannten Radius
  - KKH 100
  - KKH 250
- Messverfahren setzt gute Geometrie der Linearachsen voraus

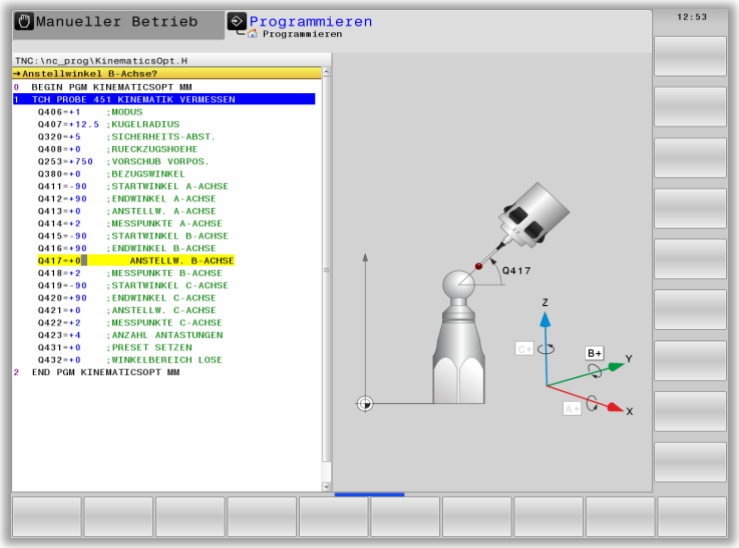
KinematicsOpt – Grundlagen

Anforderung

- Kurze Messdauer
- Verwendung vorhandender Messmittel (3D-Taster und Kalibrierkugel)
- Einfach zu bedienen (einheitlicher Tast-Zyklus für verschiedenste Maschinenkonzepte)

Funktion

- KinematicsOpt ermittelt, kompensiert und dokumentiert Lagefehler von Drehachsen
- Die Anwendung kann voll automatisiert in den Bearbeitungsprozess eingebunden werden



```
*************** Messprotokoll Antastzyklus 451 Kinematik messen *************
DATUM                          : 2014/03/03
UHRZEIT                        : 12:19:40
Messprogramm                   : TNC:\Fasys\Kinematic\KinematicsOPT.H
******************************************************************************

Modus (0=Pruefen 1=Optimieren 2=Winkelopt.)     : 2
Aktive Kinematik                                : 0
Eingegebener Messkugelradius                    :  12.5000 mm

Anstellwinkel Achse A (Grad)                    :     0.00
Anstellwinkel Achse B (Grad)                    :     0.00
Anstellwinkel Achse C (Grad)                    :     0.00
******************************************************************************

Achse        A:
    Eingabewerte
        Startwinkel (Grad)             :  -75.000
        Endwinkel (Grad)               :   75.000
        Anzahl der Messpunkte          :    4.000
******************************************************************************

******************************************************************************
*   Modus                            *            * Pruefen (0)* Opt. (1/2) *
*   Ergebnisse                       * gemessen   * erreichbar * optimiert  *
******************************************************************************
* volumetrische Fehlerstreuung (mm)  *     0.0111 *            *     0.0110 *
* maximaler Fehler (mm)              *     0.0162 *            *     0.0163 *
*     bei Position (Grad)            *   -75.000  *            *   -75.0000 *
* Lagefehler gemittelt           Y0A *   -0.0009  *            *            *
* Lagefehler gemittelt           Z0A *   -0.0013  *            *            *
* Lagefehler gemittelt (Grad)    A0A *       ---  *            *            *
* Lagefehler gemittelt (Grad)    B0A *    0.00289 *            *            *
* Lagefehler gemittelt (Grad)    C0A *    0.00074 *            *            *
* Lose gemittelt (Grad)              *       ---  *            *            *
* Pos.-fehler gemittelt (Grad)   EAA *    0.00053 *            *    0.00063 *
******************************************************************************
```

KinematicsOpt – Grundlagen

KinematicsOpt – Zyklen

- Kalibierzyklen mit detaillierten Hilfsbildern
- Messung, Datenverarbeitung, Parameteroptimierung und Dokumentation erfolgt in einem automatisierten Ablauf

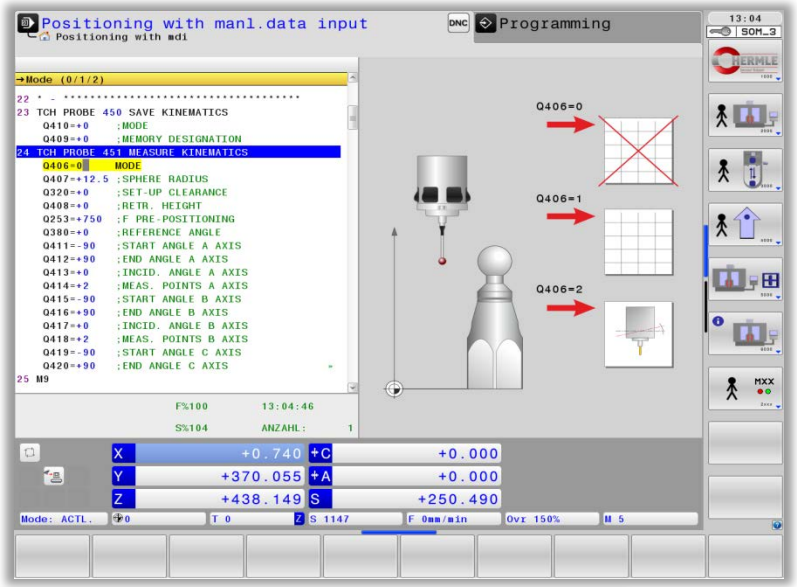
Zyklenübersicht

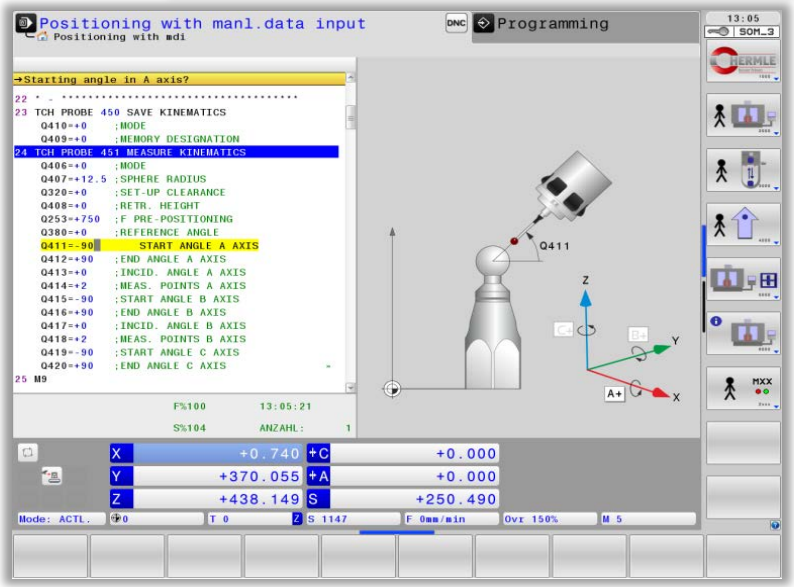
- **Zyklus 450**

  Sichern und Restaurieren der Daten der aktiven Maschinenkinematik
- **Zyklus 451**

  Prüfen und Optimieren der Drehachsposition im Kinematikmodell
- **Zyklus 452**

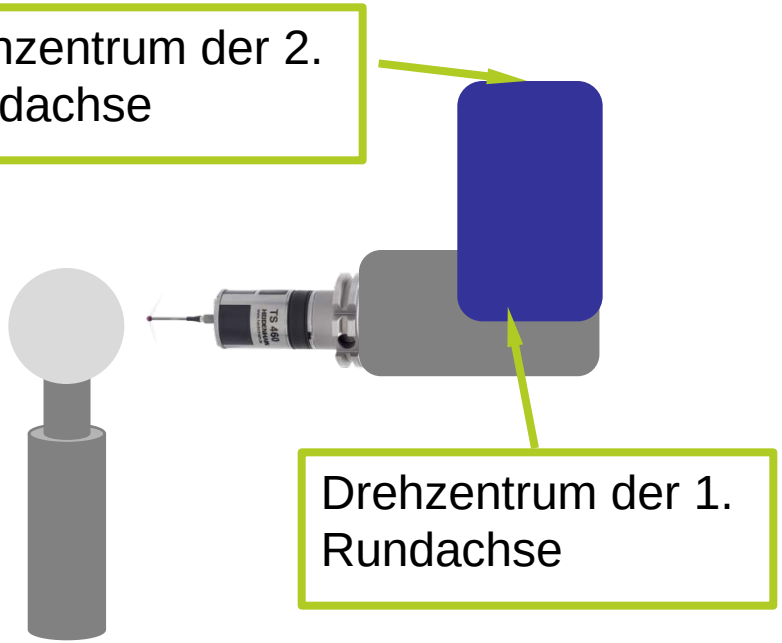
  Abgleich von Wechselköpfen





Positionierung der Kugel auf dem Maschinentisch

- Kugel soweit wie möglich vom Drehzentrum der Rundachse entfernt aufspannen.
- Kalibrierkugel in der Nähe der Bearbeitung aufspannen (bei großen Maschinen)
- Bei Gabelköpfen mit allen Drehachsen im Kopf einen Anstellwinkel definieren um auch die zweite Rundachse sinnvoll vermessen zu können

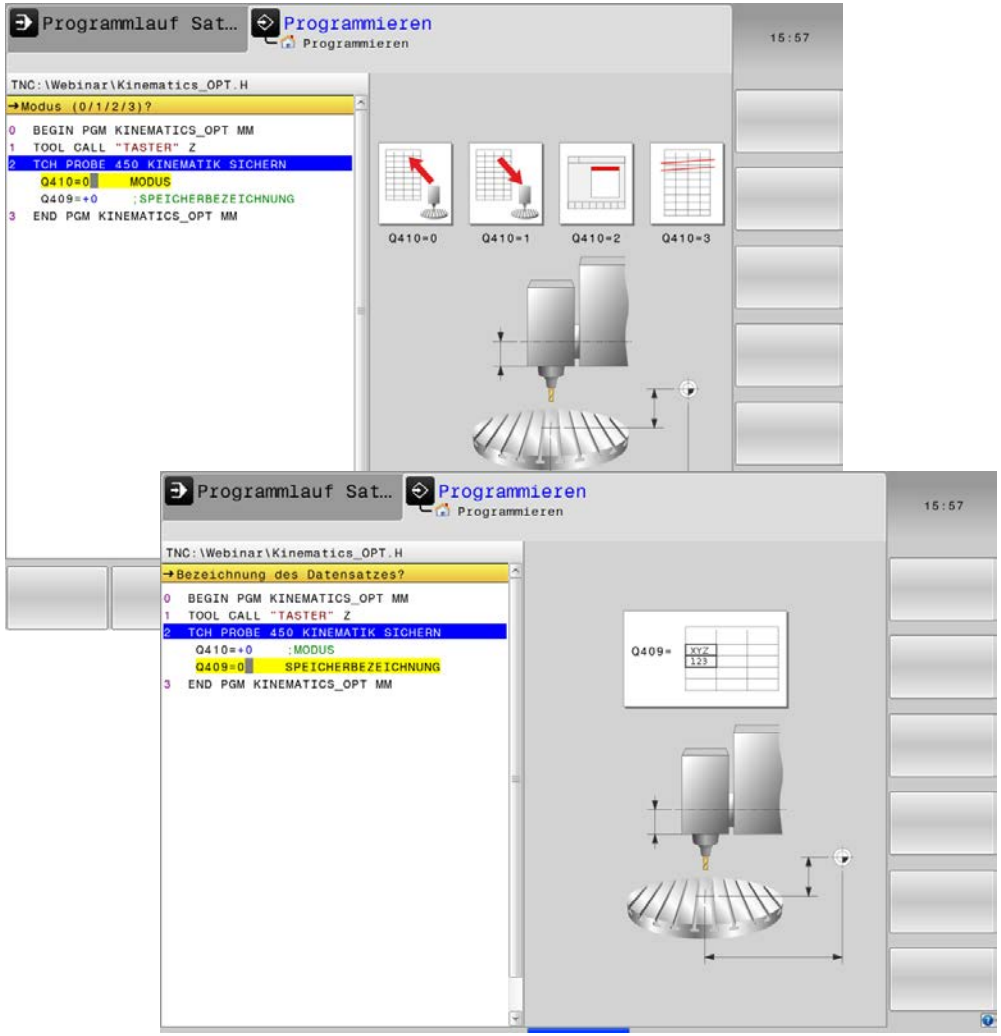


Zyklus 450:

Kinematik sichern:

- Modus
  - 0 = Sichern
  - 1 = Restaurieren
  - 2 = Speicherplätze anzeigen
  - 3 = Angewählte Zeile Löschen
- Speicherplatz wählen

→ Kinematiken können mit Schlüsselzahlen gesichert werden

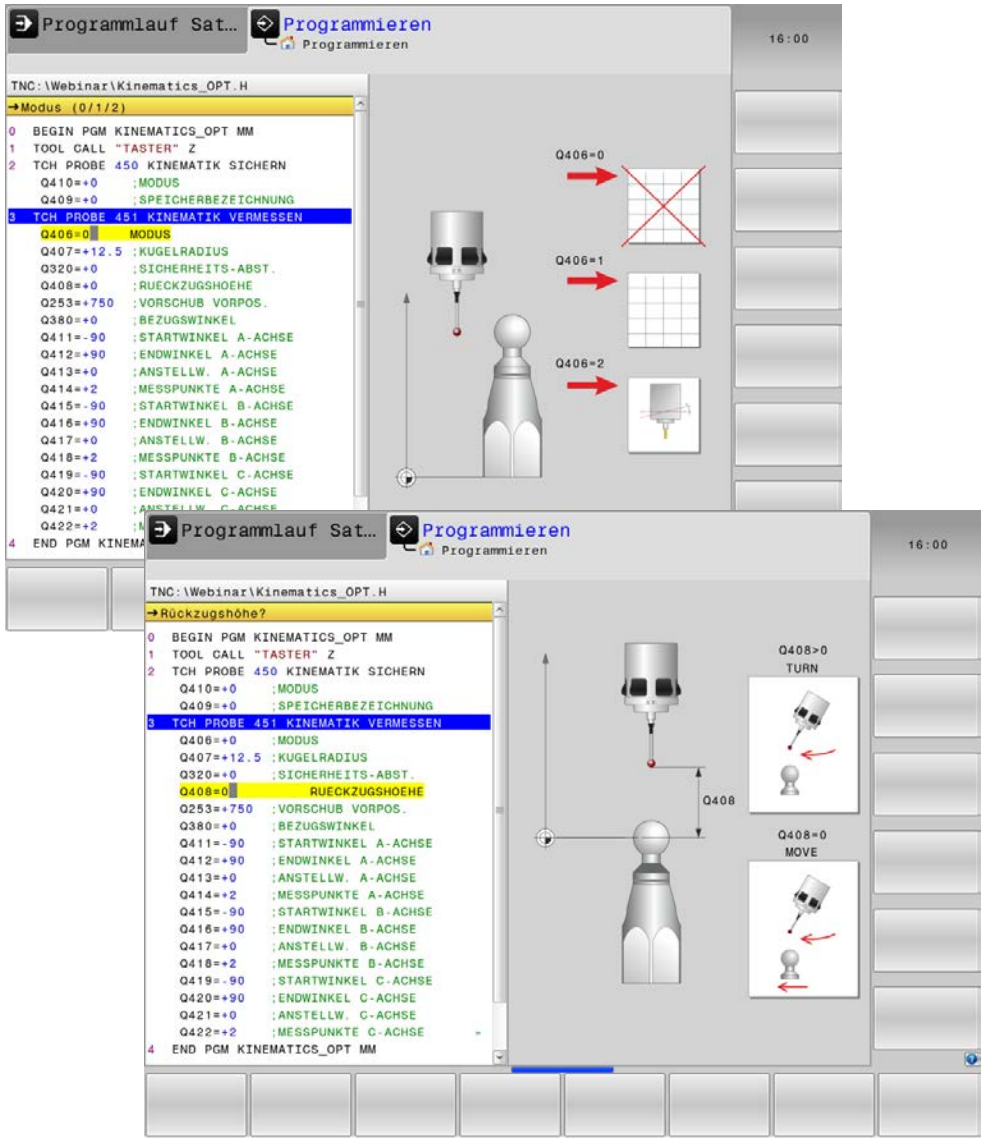


KinematicsOpt

Zyklus 451:

Kinematik vermessen:

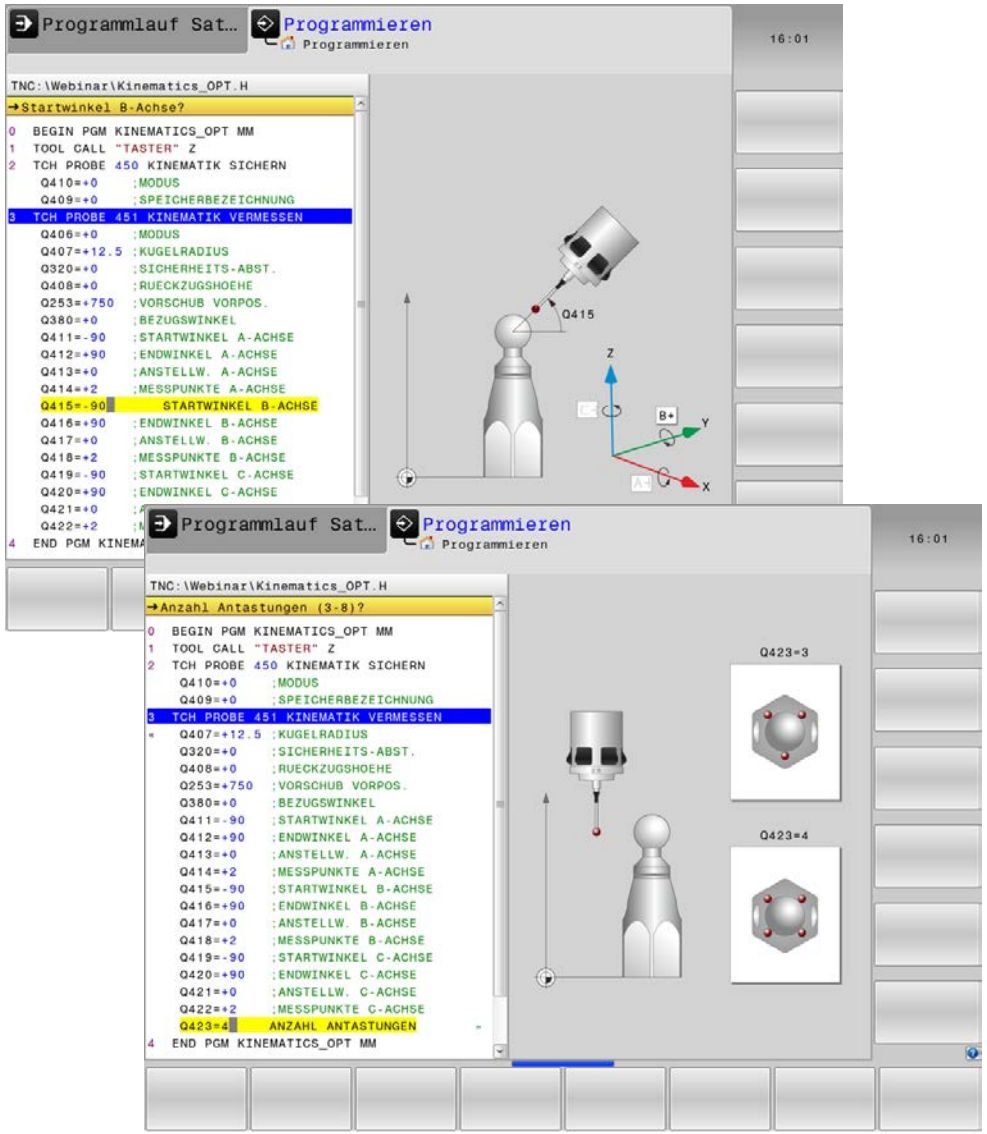
- **Modus Q406**
  - **0** = Prüfen
  - **1** = Schreiben (optimiert die Position der Drehachsen)
  - **2** = Schreiben (optimiert die Position und kompensiert den Winkel der Drehachsen, erfordert Option KinematicsComp, #52)
- **Rückzugshöhe Q408**
  - **0** = keine Rückzugshöhe anfahren Drehachsen werden mit MOVE bewegt
    → Nicht für Hirthachsen geeignet
  - **>0** = Rückzugshöhe wird im ungeschwenkten Koordinatensystem angefahren und Drehachsen mit TURN bewegt



Zyklus 451:

Kinematik vermessen:

- Jeder Rundachse kann ein Messbereich und die Anzahl der Messpunkte zugewiesen werden.
  → Bei 0° und 360° darf kein Messpunkt definiert sein.
- Der Messbereich sollte zu dem Schwenkbereich passen, indem später gearbeitet werden soll. Dadurch erzielt man genauere Optimierungsergebnisse.
- Der Anstellwinkel der Drehachse, mit dem die anderen Drehachsen vermessen werden sollen.
- Anzahl der Antastungen Q423
  - 3 Messpunkte
  - 4 Messpunkte



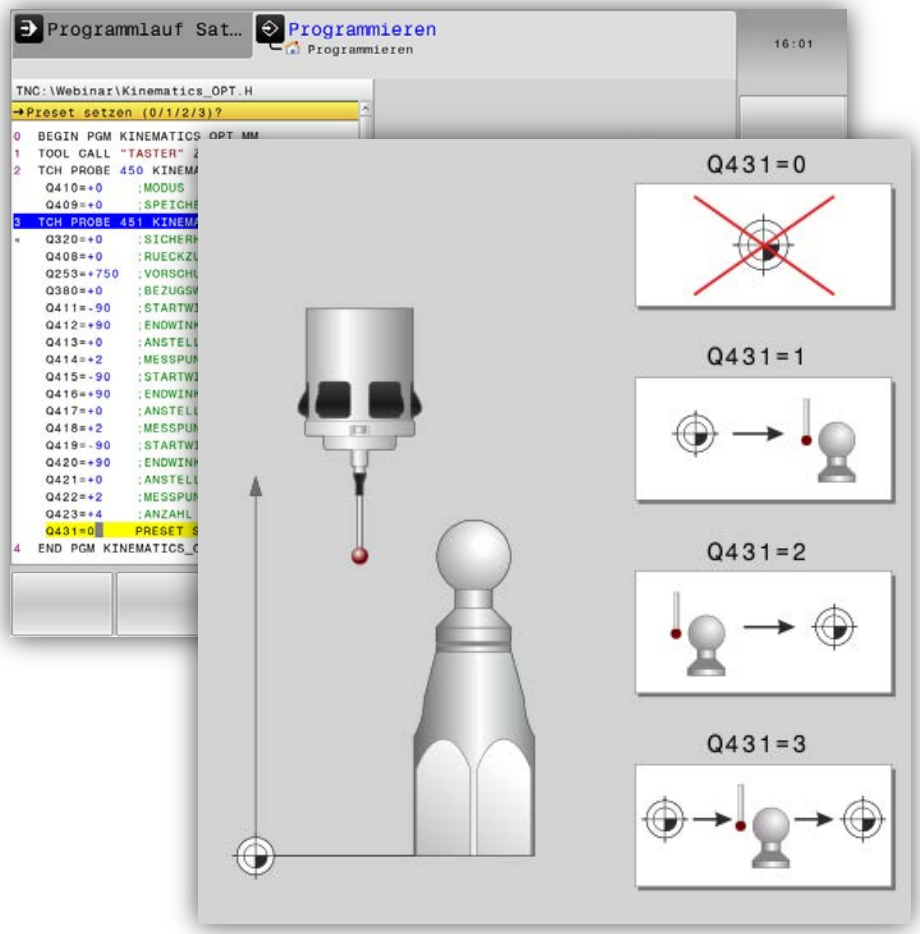
KinematicsOpt

Zyklus 451:

Kinematik vermessen:

- **Preset setzen Q431**
  - **0** = Preset manuell vor Zyklusstart ins Kugelzentrum setzen
  - **1** = Tastsystem manuell vor dem Zyklusstart über die Kalibrierkugel positionieren
  - **2** = Preset manuell vor Zyklusstart ins Kugelzentrum setzen, der Preset wird nach der Vermessung automatisch ins Kugelzentrum gesetzt.
  - **3** = Preset vor und nach der Messung ins Kugelzentrum setzen. Tastsystem manuell vor dem Zyklusstart über die Kalibrierkugel positionieren

➔Es wird immer der aktive Preset beschrieben



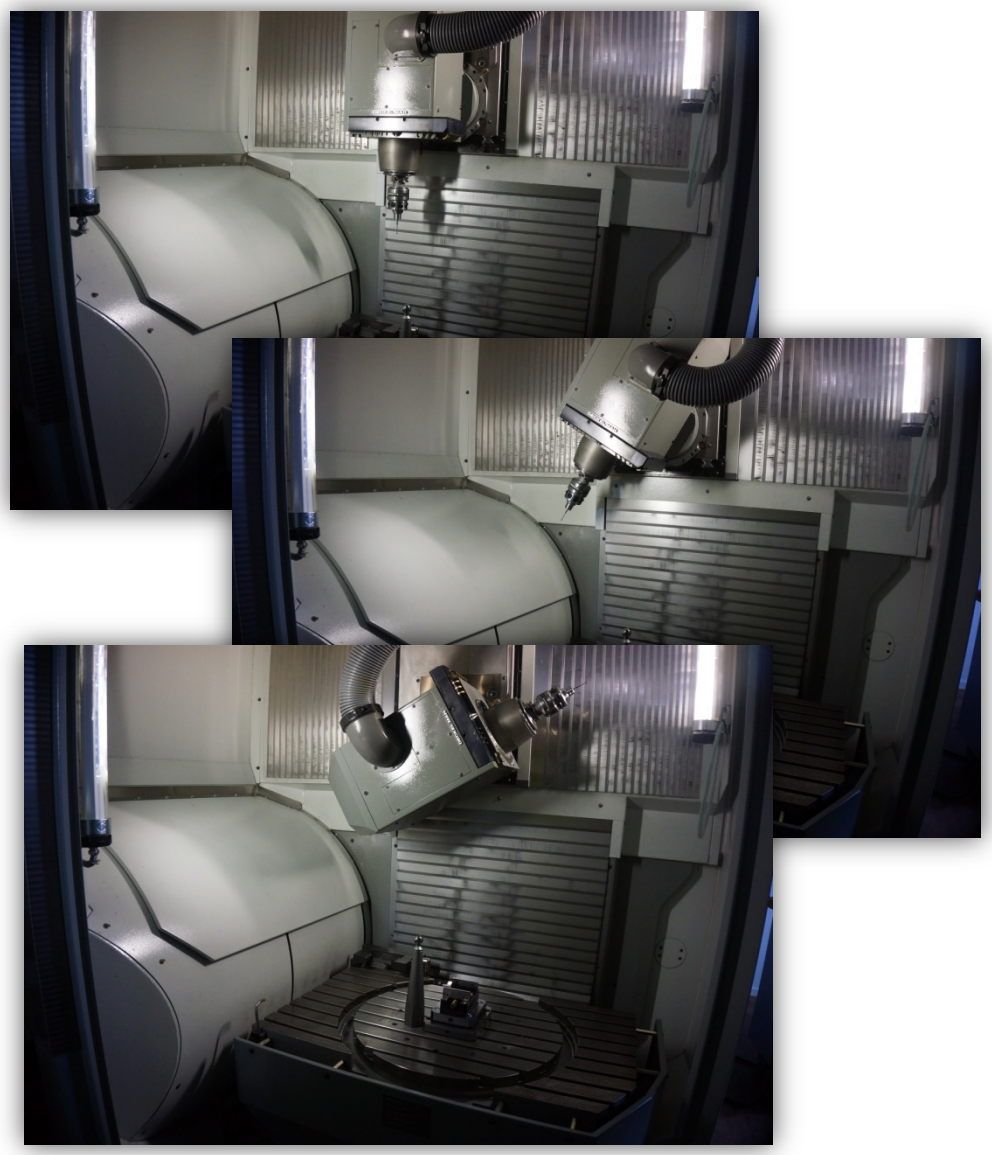
KinematicsOpt

Anwendungsbeispiel:

Beispielmaschine mit B-Kopf und C-Rundtisch:

- Verfahrbereich B-Achse
  - +30°
  - -120°
- Gängiger Arbeitsbereich B-Achse
  - 0°
  - -90°
- Verfahrbereich C-Achse
  - 0° - 360°
- Gängiger Arbeitsbereich C-Achse
  - 0° - 360°

➔ Die B- und C-Achse soll mit jeweils 4 Messpunkten vermessen werden.



KinematicsOpt

Anwendungsbeispiel:

Beispielmaschine mit B-Kopf und C-Rundtisch:

- Eingaben B-Achse
  - Startwinkel = -90
  - Endwinkel = -30
  - Anzahl Messpunkte = 3

→ Insgesamt werden 4 Messpunkte ausgeführt:

1. Messpunkt: 0° (immer)
2. Messpunkt: -90° (Startwinkel)
3. Messpunkt: -60°
4. Messpunkt: -30° (Endwinkel)

Anstellwinkel -30° → zum Vermessen der C-Achse wird die B-Achse auf diesen Winkel gestellt

➔ Vermeidung von Endschaltermeldung beim Vermessen

```
TCH PROBE 451 KINEMATIK VERMESSEN
Q406=+1      ;MODUS
Q407=+12.5   ;KUGELRADIUS
Q320=+5      ;SICHERHEITS-ABST.
Q408=+0      ;RUECKZUGSHOEHE
Q253= MAX    ;VORSCHUB VORPOS.
Q380=+45     ;BEZUGSWINKEL
Q411=-90     ;STARTWINKEL A-ACHSE
Q412=+90     ;ENDWINKEL A-ACHSE
Q413=+0      ;ANSTELLW. A-ACHSE
Q414=+2      ;MESSPUNKTE A-ACHSE
Q415=-90     ;STARTWINKEL B-ACHSE
Q416=-30     ;ENDWINKEL B-ACHSE
Q417=-30     ;ANSTELLW. B-ACHSE
Q418=+3      ;MESSPUNKTE B-ACHSE
Q419=+90     ;STARTWINKEL C-ACHSE
Q420=+270    ;ENDWINKEL C-ACHSE
Q421=+0      ;ANSTELLW. C-ACHSE
Q422=+3      ;MESSPUNKTE C-ACHSE
Q423=+4      ;ANZAHL ANTASTUNGEN
Q431=+0      ;PRESET SETZEN
Q432=+0      ;WINKELBEREICH LOSE
```

KinematicsOpt

Anwendungsbeispiel:

Beispielmaschine mit B-Kopf und C-Rundtisch:

- Eingaben C-Achse
  - Startwinkel = +90
  - Endwinkel = +270
  - Anzahl Messpunkte = 3

→ Insgesamt werden 4 Messpunkte ausgeführt:

1. Messpunkt: 0° (immer)
2. Messpunkt: +90° (Startwinkel)
3. Messpunkt: +180°
4. Messpunkt: +270° (Endwinkel)

```
TCH PROBE 451 KINEMATIK VERMESSEN
Q406=+1      ;MODUS
Q407=+12.5   ;KUGELRADIUS
Q320=+5      ;SICHERHEITS-ABST.
Q408=+0      ;RUECKZUGSHOEHE
Q253= MAX    ;VORSCHUB VORPOS.
Q380=+45     ;BEZUGSWINKEL
Q411=-90     ;STARTWINKEL A-ACHSE
Q412=+90     ;ENDWINKEL A-ACHSE
Q413=+0      ;ANSTELLW. A-ACHSE
Q414=+2      ;MESSPUNKTE A-ACHSE
Q415=-90     ;STARTWINKEL B-ACHSE
Q416=-30     ;ENDWINKEL B-ACHSE
Q417=-30     ;ANSTELLW. B-ACHSE
Q418=+3      ;MESSPUNKTE B-ACHSE
Q419=+90     ;STARTWINKEL C-ACHSE
Q420=+270    ;ENDWINKEL C-ACHSE
Q421=+0      ;ANSTELLW. C-ACHSE
Q422=+3      ;MESSPUNKTE C-ACHSE
Q423=+4      ;ANZAHL ANTASTUNGEN
Q431=+0      ;PRESET SETZEN
Q432=+0      ;WINKELBEREICH LOSE
```

KinematicsOpt

KinematicsOpt

Anwendungsbeispiel:

Beispielmaschine mit B-Kopf und C-Rundtisch:

Messprotokoll

- Protokollkopf
- Jede Drehachse, z. B. B-Achse
  - Werte aus dem Zyklus
  - Streuung (68.3 % der tatsächlichen Fehler liegen in diesem Bereich +/-)

```
--------------------------------------------------------------------------------
*************** Messprotokoll Antastzyklus 451 Kinematik messen **************
DATUM                          : 2014/06/27
UHRZEIT                        : 09:10:21
Messprogramm                   : TNC:\WEBINAR\Kinematics_opt.h
******************************************************************************

Modus (0=Pruefen 1=Optimieren 2=Winkelopt.)      : 1
Aktive Kinematik                                 : 3
Eingegebener Messkugelradius                     :  12.5000 mm

Anstellwinkel Achse A (Grad)                     :     0.00
Anstellwinkel Achse B (Grad)                     :   -30.00
Anstellwinkel Achse C (Grad)                     :     0.00
******************************************************************************
```

```
Achse        B:
    Eingabewerte
        Startwinkel (Grad)              :  -90.000
        Endwinkel (Grad)                :  -45.000
        Anzahl der Messpunkte           :    2.000
******************************************************************************

******************************************************************************
*   Modus                              *            * Pruefen (0)* Opt. (1/2) *
*   Ergebnisse                         * gemessen   * erreichbar * optimiert  *
*                                      *            *            *            *
* volumetrische Fehlerstreuung (mm)    *     0.0245 *            *     0.0197 *
*     bei Position (Grad)              *   -45.000  *            *  -45.0000  *
* Lagefehler gemittelt            Z0B  *   -0.0113  *            *            *
* Lagefehler gemittelt            X0B  *    0.0061  *            *            *
* Lagefehler gemittelt (Grad)     A0B  *  -0.00260  *            *            *
* Lagefehler gemittelt (Grad)     B0B  *       ---  *            *            *
* Lagefehler gemittelt (Grad)     C0B  *  -0.00282  *            *            *
* Lose gemittelt (Grad)                *       ---  *            *            *
* Pos.-fehler gemittelt (Grad)    EBB  *  -0.00231  *            *  -0.00062  *
******************************************************************************
    Weitere Informationen
      Messkreisradius (mm)                  :    464.1
      Preset-Verschiebung (mm)              : X=-0.0061 Y=0.0000 Z=0.0113
      Bewertungen der Messpunkte            :  3.4

******************************************************************************
```

KinematicsOpt

Anwendungsbeispiel:

Beispielmaschine mit B-Kopf und C-Rundtisch:

Messprotokoll

- Protokollkopf
- Jede Drehachse, z. B. B-Achse
  - Werte aus dem Zyklus
  - Streuung (68.3 % der tatsächlichen Fehler liegen in diesem Bereich +/-)
  - Größter Fehler, bei der angegebenen Anstellung

```
--------------------------------------------------------------------------------
*************** Messprotokoll Antastzyklus 451 Kinematik messen **************
DATUM                          : 2014/06/27
UHRZEIT                        : 09:10:21
Messprogramm                   : TNC:\WEBINAR\Kinematics_opt.h
******************************************************************************

Modus (0=Pruefen 1=Optimieren 2=Winkelopt.)      : 1
Aktive Kinematik                                 : 3
Eingegebener Messkugelradius                     :  12.5000 mm

Anstellwinkel Achse A (Grad)                     :     0.00
Anstellwinkel Achse B (Grad)                     :   -30.00
Anstellwinkel Achse C (Grad)                     :     0.00
******************************************************************************
```

```
Achse        B:
    Eingabewerte
        Startwinkel (Grad)              :  -90.000
        Endwinkel (Grad)                :  -45.000
        Anzahl der Messpunkte           :    2.000
******************************************************************************

******************************************************************************
*   Modus                              *            * Pruefen (0)* Opt. (1/2) *
*   Ergebnisse                         * gemessen   * erreichbar * optimiert  *
******************************************************************************
* maximaler Fehler (mm)                *     0.0305 *            *     0.0234 *
*     bei Position (Grad)              *    -45.000 *            *   -45.0000 *
* Lagefehler gemittelt            Z0B  *    -0.0113 *            *            *
* Lagefehler gemittelt            X0B  *     0.0061 *            *            *
* Lagefehler gemittelt (Grad)     A0B  *   -0.00260 *            *            *
* Lagefehler gemittelt (Grad)     B0B  *        --- *            *            *
* Lagefehler gemittelt (Grad)     C0B  *   -0.00282 *            *            *
* Lose gemittelt (Grad)                *        --- *            *            *
* Pos.-fehler gemittelt (Grad)    EBB  *   -0.00231 *            *   -0.00062 *
******************************************************************************
    Weitere Informationen
      Messkreisradius (mm)                  :    464.1
      Preset-Verschiebung (mm)              : X=-0.0061 Y=0.0000 Z=0.0113
      Bewertungen der Messpunkte            :  3.4

******************************************************************************
```

KinematicsOpt

Anwendungsbeispiel:

Beispielmaschine mit B-Kopf und C-Rundtisch:

Messprotokoll

- Protokollkopf
- Jede Drehachse, z. B. B-Achse
  - Werte aus dem Zyklus
  - Streuung (68.3 % der tatsächlichen Fehler liegen in diesem Bereich +/-)
  - Größter Fehler, bei der angegebenen Anstellung
  - Lagefehler für die einzelnen linearen Transformationen der Rundachse in der Kinematik
  - Rotatorische Lagefehler für die Schieflage der Rundachse in der Kinematik
    ➔ Wird nur mit Modus 2 kompensiert

```
--------------------------------------------------------------------------------
*************** Messprotokoll Antastzyklus 451 Kinematik messen **************
DATUM                          : 2014/06/27
UHRZEIT                        : 09:10:21
Messprogramm                   : TNC:\WEBINAR\Kinematics_opt.h
******************************************************************************

Modus (0=Pruefen 1=Optimieren 2=Winkelopt.)      : 1
Aktive Kinematik                                 : 3
Eingegebener Messkugelradius                     :  12.5000 mm

Anstellwinkel Achse A (Grad)                     :     0.00
Anstellwinkel Achse B (Grad)                     :   -30.00
Anstellwinkel Achse C (Grad)                     :     0.00
******************************************************************************
```

```
Achse        B:
    Eingabewerte
        Startwinkel (Grad)              :  -90.000
        Endwinkel (Grad)                :  -45.000
        Anzahl der Messpunkte           :    2.000
******************************************************************************

******************************************************************************
*   Modus                              *            * Pruefen (0)* Opt. (1/2) *
*   Ergebnisse                         * gemessen   * erreichbar * optimiert  *
******************************************************************************
* volumetrische Fehlerstreuung (mm)    *     0.0245 *            *     0.0197 *
* maximaler Fehler (mm)                *     0.0305 *            *     0.0234 *
  Lagefehler gemittelt            Z0B *    -0.0113 *            *            *
  Lagefehler gemittelt            X0B *     0.0061 *            *            *
  Lagefehler gemittelt (Grad)     A0B *   -0.00260 *            *            *
  Lagefehler gemittelt (Grad)     B0B *        --- *            *            *
  Lagefehler gemittelt (Grad)     C0B *   -0.00282 *            *            *
* Pos.-fehler gemittelt (Grad)    EBB *   -0.00231 *            *   -0.00062 *
******************************************************************************
    Weitere Informationen
      Messkreisradius (mm)                  :    464.1
      Preset-Verschiebung (mm)              : X=-0.0061 Y=0.0000 Z=0.0113
      Bewertungen der Messpunkte            :  3.4

******************************************************************************
```

KinematicsOpt

Anwendungsbeispiel:

Beispielmaschine mit B-Kopf und C-Rundtisch:

Messprotokoll

- Lose, Umkehrspiel der Drehachsen
  ➔ Wird nur bei Q423 > 0 ermittelt

```
--------------------------------------------------------------------------------
*************** Messprotokoll Antastzyklus 451 Kinematik messen **************
DATUM                          : 2014/06/27
UHRZEIT                        : 09:10:21
Messprogramm                   : TNC:\WEBINAR\Kinematics_opt.h
******************************************************************************

Modus (0=Pruefen 1=Optimieren 2=Winkelopt.)      : 1
Aktive Kinematik                                 : 3
Eingegebener Messkugelradius                     :  12.5000 mm

Anstellwinkel Achse A (Grad)                     :     0.00
Anstellwinkel Achse B (Grad)                     :   -30.00
Anstellwinkel Achse C (Grad)                     :     0.00
******************************************************************************
```

```
Achse        B:
    Eingabewerte
        Startwinkel (Grad)              :  -90.000
        Endwinkel (Grad)                :  -45.000
        Anzahl der Messpunkte           :    2.000
******************************************************************************

******************************************************************************
*   Modus                              *            * Pruefen (0)* Opt. (1/2) *
*   Ergebnisse                         * gemessen   * erreichbar * optimiert  *
******************************************************************************
* volumetrische Fehlerstreuung (mm)    *     0.0245 *            *     0.0197 *
* maximaler Fehler (mm)                *     0.0305 *            *     0.0234 *
*     bei Position (Grad)              *    -45.000 *            *   -45.0000 *
* Lagefehler gemittelt            Z0B  *    -0.0113 *            *            *
* Lagefehler gemittelt            X0B  *     0.0061 *            *            *
* Lagefehler gemittelt (Grad)     A0B  *   -0.00260 *            *            *
* Lagefehler gemittelt (Grad)     B0B  *        --- *            *            *
* Lose gemittelt (Grad)                *        --- *            *            *
******************************************************************************
    Weitere Informationen
      Messkreisradius (mm)                  :    464.1
      Preset-Verschiebung (mm)              : X=-0.0061 Y=0.0000 Z=0.0113
      Bewertungen der Messpunkte            :  3.4

******************************************************************************
```

KinematicsOpt

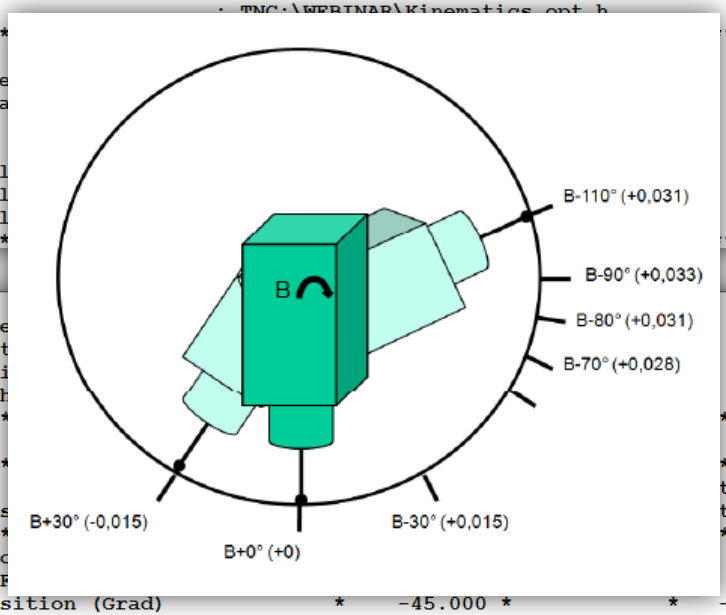
Anwendungsbeispiel:

Beispielmaschine mit B-Kopf und C-Rundtisch:

Messprotokoll

- Lose, Umkehrspiel der Drehachsen
  ➔ Wird nur bei Q423 > 0 ermittelt
- Positionierfehler der Drehachse

```
---------------------------------------------------------------------------
*************** Messprotokoll Antastzyklus 451 Kinematik messen **************
DATUM                          : 2014/06/27
UHRZEIT                        : 09:10:21
Messprogramm                   : TNC:\WEBINAR\Kinematics_opt.h
*************                                                     **********

Modus (0=Prue
Aktive Kinema
Eingegebener

Anstellwinkel
Anstellwinkel
Anstellwinkel
*************                                                     *********

Achse
    Eingabewe
        Start
        Endwi
        Anzah
*************                                                     **********

*************                                                     **********
*   Modus                                                       t. (1/2) *
*   Ergebniss                                                   timiert  *
*************                                                     **********
* volumetrisc                                                       0.0197 *
* maximaler F                                                       0.0234 *
*     bei Position (Grad)              *    -45.000 *          *  -45.0000 *
* Lagefehler gemittelt            Z0B *    -0.0113 *          *           *
* Lagefehler gemittelt            X0B *     0.0061 *          *           *
* Lagefehler gemittelt (Grad)     A0B *   -0.00260 *          *           *
* Lagefehler gemittelt (Grad)     B0B *        --- *          *           *
* Lagefehler gemittelt (Grad)     C0B *   -0.00282 *          *           *
* Pos.-fehler gemittelt (Grad)    EBB *   -0.00231 *          *   -0.00062 *

    Weitere Informationen
      Messkreisradius (mm)                  :    464.1
      Preset-Verschiebung (mm)              : X=-0.0061 Y=0.0000 Z=0.0113
      Bewertungen der Messpunkte            :  3.4

***************************************************************************
```



KinematicsOpt

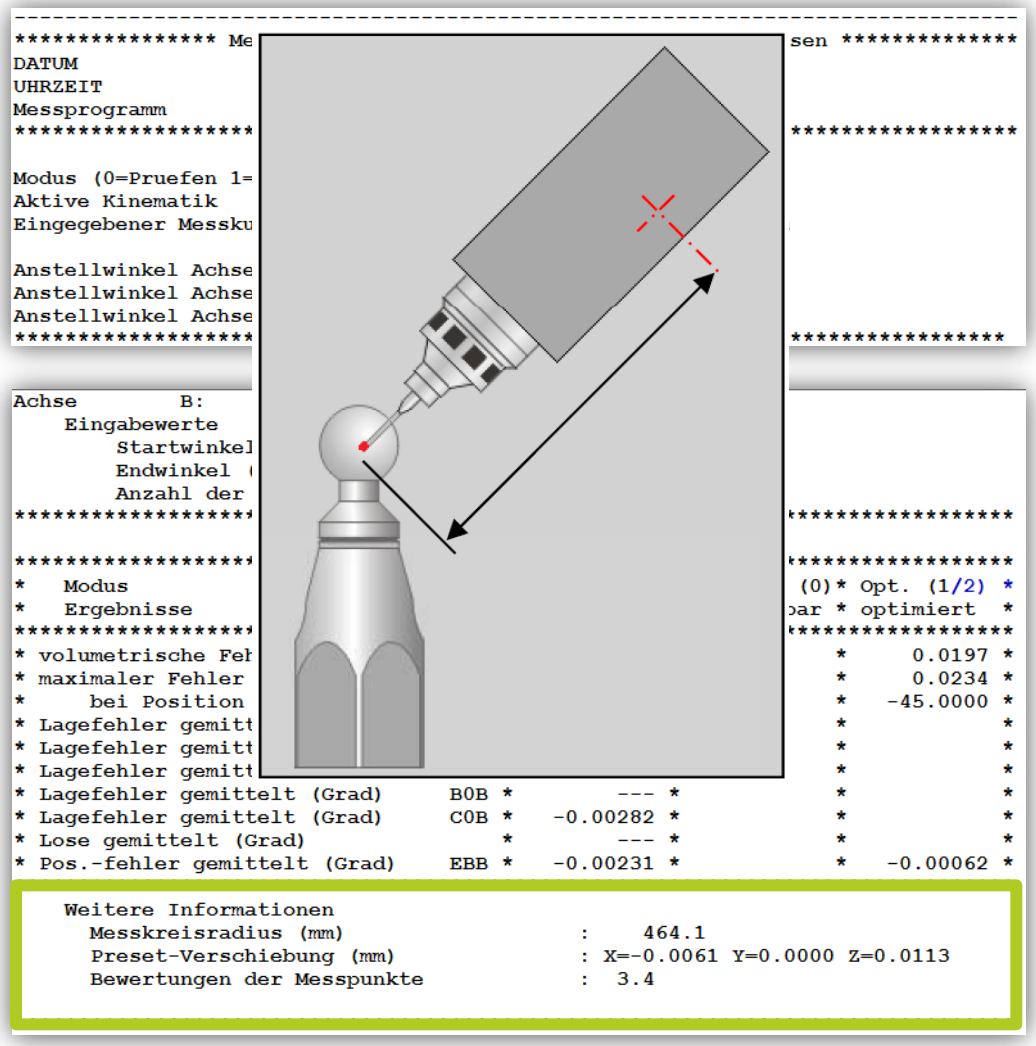
Anwendungsbeispiel:

Beispielmaschine mit B-Kopf und C-Rundtisch:

Messprotokoll

- Lose, Umkehrspiel der Drehachsen
  ➔ Wird nur bei Q423 > 0 ermittelt
- Positionierfehler der Drehachse
- Weitere Informationen:
  - Messkreisradius (Abstand Kugelzentrum ←➔ Drehpunkt zu vermessende Rundachse)
  - Presetverschiebung
  - Bewertung der Messpunkte:
    - < 2 nicht optimal
    - Anzustreben ist ≥ 4

→ Die Bewertung kann durch einen größeren Messbereich oder auch durch die Anzahl der Messpunkte beeinflusst werden.



KinematicsOpt

Anwendungsbeispiel:

Beispielmaschine mit B-Kopf und C-Rundtisch:

Messprotokoll

- Protokollkopf
- Jede Drehachse, z. B. C-Achse

```
-------------------------------------------------------------------------------
*************** Messprotokoll Antastzyklus 451 Kinematik messen **************
DATUM                          : 2014/06/27
UHRZEIT                        : 09:10:21
Messprogramm                   : TNC:\WEBINAR\Kinematics_opt.h
*******************************************************************************

Modus (0=Pruefen 1=Optimieren 2=Winkelopt.)      : 1
Aktive Kinematik                                 : 3
Eingegebener Messkugelradius                     :  12.5000 mm

Anstellwinkel Achse A (Grad)                     :     0.00
Anstellwinkel Achse B (Grad)                     :   -30.00
Anstellwinkel Achse C (Grad)                     :     0.00
*******************************************************************************
```

```
Achse        C:
    Eingabewerte
        Startwinkel (Grad)              :   90.000
        Endwinkel (Grad)                :  270.000
        Anzahl der Messpunkte           :    3.000
*******************************************************************************

*******************************************************************************
*   Modus                              *            * Pruefen (0)* Opt. (1/2) *
*   Ergebnisse                         * gemessen   * erreichbar * optimiert  *
*******************************************************************************
* volumetrische Fehlerstreuung (mm)    *     0.0361 *            *     0.0024 *
* maximaler Fehler (mm)                *     0.0449 *            *     0.0031 *
*     bei Position (Grad)              *    180.000 *            *    90.0000 *
* Lagefehler gemittelt            X0C  *    -0.0213 *            *            *
* Lagefehler gemittelt            Y0C  *    -0.0058 *            *            *
* Lagefehler gemittelt (Grad)     A0C  *    0.00016 *            *            *
* Lagefehler gemittelt (Grad)     B0C  *   -0.00065 *            *            *
* Lagefehler gemittelt (Grad)     C0C  *        --- *            *            *
* Lose gemittelt (Grad)                *        --- *            *            *
* Pos.-fehler gemittelt (Grad)    ECC  *   -0.00003 *            *   -0.00003 *
*******************************************************************************
    Weitere Informationen
      Messkreisradius (mm)                  :    179.5
      Preset-Verschiebung (mm)              : X=0.0152 Y=0.0058 Z=0.0113
      Bewertungen der Messpunkte            :  6.0

****************************** Meßprotokoll-Ende ******************************
```

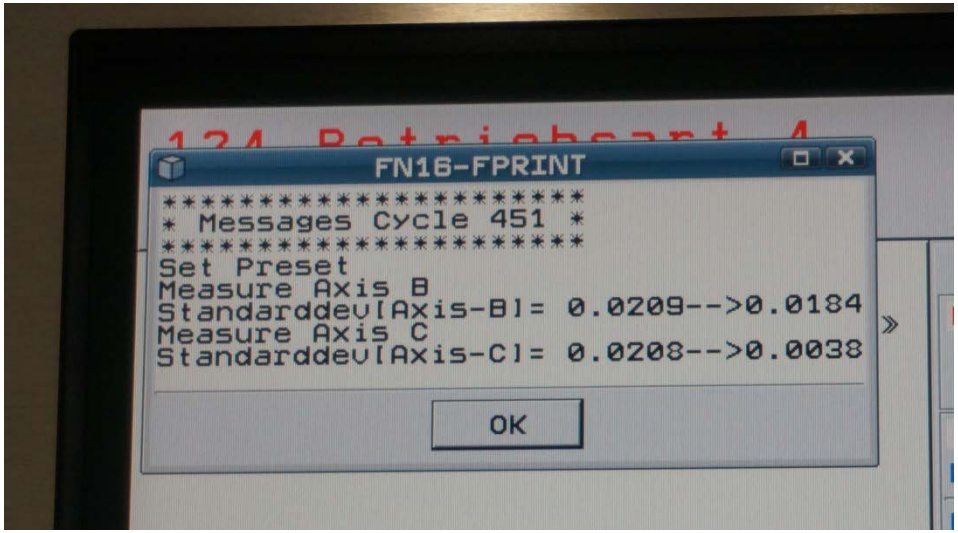
KinematicsOpt

Anwendungsbeispiel:

Beispielmaschine mit B-Kopf und C-Rundtisch:

Ergebnis:

- Die B-Achse konnte auf einen maximalen Fehler von 0.0184 mm verbessert werden
- Die C-Achse konnte auf einen maximalen Fehler von 0.0038 verbessert werden.



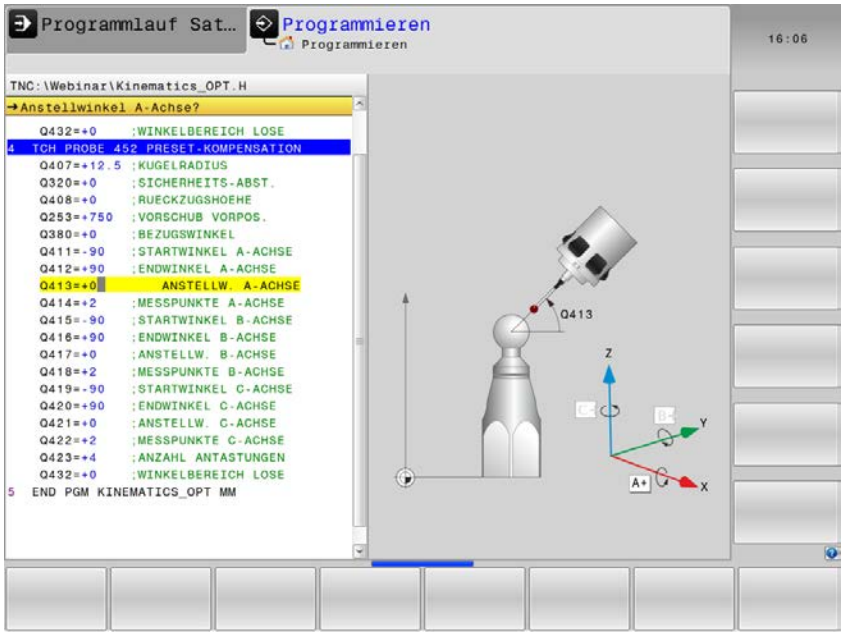
Zyklus 452:

Preset-Kompensation:

- Abgleich von Wechselköpfen
- Kinematikvermessung während der Bearbeitung
- Temperaturkompensation

Programmierung:

- Gleiche Eingaben wie bei Zyklus 451, allerdings ohne
  - Modus Q406
  - Preset setzen Q431
  - Preset muss vor der Zyklusstart ins Kugelzentrum gesetzt werden.



HEIDENHAIN

KinematicsOpt

- ✓ erhöht die Schwenkgenauigkeit Ihrer Maschine.
- ✓ bietet einfache Antastzyklen zur Vermessung.
- ✓ ist geeignet für die prozessbegleitende, vollautomatische Vermessung.
- ✓ kann flexibel an allen Maschinenkonzepten verwendet werden.

Jede Kalibrierung kann eine gute Maschine besser machen, aber es macht aus einer schlechten Maschine keine gute Maschine.