
Koordinatensysteme für Hexapod-Mikroroboter und Parallelkinematische Positionierer

Inhalt

Über dieses Dokument	2
Überblick über die Arbeit mit anwenderdefinierten Koordinatensystemen	2
Gruppen und Typen von Koordinatensystemen, Koordinatensystem HEXAPOD	3
Das Work-und-Tool-Konzept	4
Arbeiten mit dem Work-und-Tool-Konzept	4
Betrachtung von Koordinatensystemen der Typen KSD und KSF aus dem Blickwinkel von „Work“ und „Tool“	5
Definieren, Kopieren und Löschen von Koordinatensystemen	6
Verketten von Koordinatensystemen	6
Aufbau von Ketten und Anwendbarkeit von KLN	6
Verkettung von Betriebskoordinatensystemen (Typen KSD, KSF, KST, KSW)	7
Aktivieren/Deaktivieren von Koordinatensystemen	10
Sichern und Zurücksetzen von Einstellungen	11
Kommandieren von Bewegungen	12
PC-Software von PI	12
Beispiele für anwenderdefinierte Koordinatensysteme	13
Bereich Optik: Optische Achse soll die Z-Achse sein	13
Bereich Optik: Scannen in schiefer Ebene	14
Benutzerdefinierte „Home“-Position	14
Arbeiten mit dem Work-und-Tool-Konzept	15
GCS-Befehle	15
Befehlsübersicht	16
Konventionen für Namen von Koordinatensystemen	17
Befehlsbeschreibungen	17

Über dieses Dokument

Bei der Arbeit mit einem Hexapod-Mikroroboter („Hexapod“) oder einem parallelkinematischen Positionierer (z. B. SpaceFAB) kann es für bestimmte Anwendungen erforderlich sein, eigene Koordinatensysteme zu definieren und anstelle der voreingestellten Koordinatensysteme zu verwenden. Dieses Dokument beschreibt die Grundlagen der Arbeit mit anwenderdefinierten Koordinatensystemen und die dafür bereitgestellten Befehle.

Für bessere Lesbarkeit werden in diesem Dokument die Bezeichnungen „Hexapod-Mikroroboter“ und „parallelkinematischer Positionierer“ zusammengefasst zu „Positionierer“.

Mitgeltende Dokumente:

- Handbuch des verwendeten Controllers
- Handbuch des verwendeten Positionierers
- „Bewegungen des Hexapods - Position und Orientierung im Raum, Drehpunkt“ (Handbuch C887T0021)
- „PI Hexapod Simulation Tool - Arbeitsraum und zulässige Belastung des Hexapods ermitteln“ (Handbuch A000T0068).

Überblick über die Arbeit mit anwenderdefinierten Koordinatensystemen

Grundlegende Arbeitsschritte:

1. Definieren eines geeigneten Koordinatensystems entsprechend der Anwendung
2. Optional: Verketteten des definierten Koordinatensystems mit anderen vorhandenen Koordinatensystemen, damit deren Eigenschaften in die des neuen Koordinatensystems eingehen
3. Aktivieren des definierten Koordinatensystems, damit seine Eigenschaften für die Arbeit mit dem Positionierer wirksam werden
4. Optional: Speichern der Definition und des Aktivierungszustands des Koordinatensystems, damit sie bei Ausschalten oder Neustart des Controllers erhalten bleiben
5. Kommandieren von Bewegungen

Wenn notwendig, können die Werkseinstellungen für Koordinatensysteme jederzeit wiederhergestellt werden.

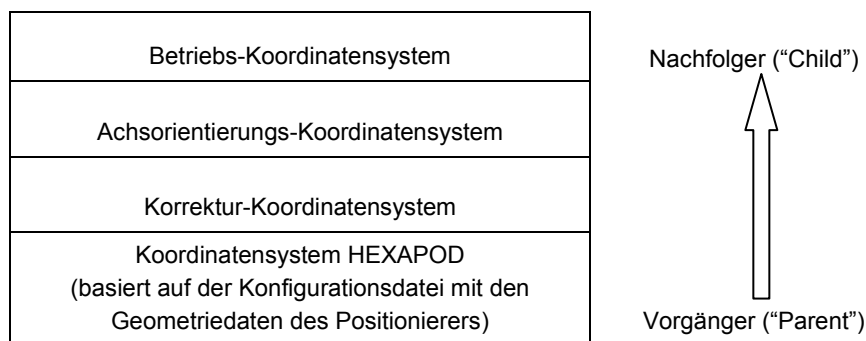
Gruppen und Typen von Koordinatensystemen, Koordinatensystem HEXAPOD

Die verschiedenen Typen von Koordinatensystemen lassen sich in Gruppen einteilen. Pro Gruppe ist jeweils genau ein Koordinatensystem bzw. genau eine Koordinatensystem-Kombination aktiv. Typen und Koordinatensysteme, die **nicht** vom Anwender definiert werden können, sind in der folgenden Tabelle **fett** markiert.

Gruppe	Typen	Zweck	Werkseinstellung*
Betriebs-Koordinatensystem	ZERO , KSD, KSF	Anpassung der Positionsanzeige, der Bewegungsrichtung und des Drehpunkts für die Bewegungsplattform des Positionierers an die Anwendung	Koordinatensystem ZERO vom Typ ZERO ist aktiv
	Wenn mit dem Work-und-Tool-Konzept (S. 4) gearbeitet wird: KSW („Work-Koordinatensystem“), KST („Tool-Koordinatensystem“) Verwendet wird hier eine Kombination aus aktivem Work- und aktivem Tool-Koordinatensystem; weitere Details siehe S. 4		
Achs-orientierungs-Koordinatensystem	KSB(PI) , KSB(USER)	Dauerhaftes Ändern der Richtung der Achsen X und/oder Y und/oder Z (z. B. wenn Z immer in die Richtung der werkseitigen X-Achse zeigen soll)	Koordinatensystem PI_Base vom Typ KSB(PI) ist aktiv
Korrektur-Koordinatensystem	KLD(PI) , KLF(PI) , KLD(USER), KLF(USER)	Dauerhafte Korrektur von Fehlern in der Ausrichtung des Positionierers (z. B. von Einbaufehlern)	Koordinatensystem PI_Llevelling vom Typ KLD(PI) ist aktiv

*Werkseinstellungen werden von PI vorgegeben und können jederzeit wiederhergestellt werden, siehe „Sichern und Zurücksetzen von Einstellungen“ (S. 11).

Jedes Koordinatensystem ist Bestandteil mindestens einer Kette. Grundsätzlicher Aufbau von Ketten:



Das Koordinatensystem HEXAPOD, das zu keiner der oben genannten Gruppen gehört, ist der Ausgangspunkt aller Koordinatensystem-Ketten und bestimmt damit die grundsätzlichen Eigenschaften aller Koordinatensysteme. HEXAPOD basiert auf der Konfigurationsdatei mit den Geometriedaten des Positionierers. Die Maßzeichnungen in den Handbüchern der Hexapod-Mikroroboter H-xxx zeigen jeweils die Lage des Koordinatensystems HEXAPOD.

Die in den Handbüchern der Hexapod-Mikroroboter H-xxx beschriebenen Eigenschaften von Koordinatensystem und Pivotpunkt und das dort beschriebene Verhalten bei Translationen und Rotationen

entsprechen den Eigenschaften und dem Verhalten bei aktiviertem Betriebs-Koordinatensystem ZERO (Werkseinstellung).

Achsorientierungs- und Korrektur-Koordinatensystem passen, basierend auf HEXAPOD, grundlegende Eigenschaften des aktiven Betriebs-Koordinatensystems an und müssen in den meisten Anwendungen gar nicht oder nur einmalig anwenderspezifisch definiert und aktiviert werden.

Werkseitige und anwenderdefinierte Koordinatensysteme sind **immer rechtshändige** Systeme. Die Umwandlung eines rechtshändigen Systems in ein linkshändiges System ist **nicht** möglich.

Das Work-und-Tool-Konzept

Arbeiten mit dem Work-und-Tool-Konzept

Das Work-und-Tool-Konzept verwendet eine Kombination aus zwei aktiven Betriebs-Koordinatensystemen („Work-Koordinatensystem“ und „Tool-Koordinatensystem“). In der Regel besteht die Kombination aus jeweils einem aktiven Koordinatensystem der Typen KST (Tool-Koordinatensystem) und KSW (Work-Koordinatensystem).

Mit dem Work-und-Tool-Konzept wird gearbeitet, wenn ein Koordinatensystem vom Typ KST und/oder KSW aktiv ist. Die aktuelle Position der Bewegungsplattform des Positionierers ist dann als Position des Tool-Koordinatensystems im Work-Koordinatensystem zu verstehen (Abfrage mit dem Befehl POS?, siehe Handbuch des Controllers).

Work-Koordinatensysteme vom Typ KSW und Tool-Koordinatensysteme vom Typ KST können beliebig im Raum platziert und ausgerichtet werden.

Die Achsen X, Y, Z des Tool-Koordinatensystems sind immer fest mit der Bewegungsplattform des Positionierers verbunden, d.h. das Tool-Koordinatensystem bewegt sich zusammen mit der Plattform.

Die Achsen X, Y, Z des Work-Koordinatensystems sind immer raumfest, d.h. das Work-Koordinatensystem bewegt sich **nicht** mit, wenn sich die Plattform des Positionierers bewegt.

Der Drehpunkt für Rotationen liegt immer im Ursprung des Tool-Koordinatensystems und bewegt sich deshalb genau wie das Tool-Koordinatensystem zusammen mit der Plattform.

Eine Kombination aus Work-und-Tool-Koordinatensystem wird im flüchtigen Speicher beim Aktivieren eines Koordinatensystems vom Typ KST oder KSW angelegt. Die Kombinationen sind im flüchtigen Speicher auch dann noch vorhanden, wenn die darin enthaltenen Koordinatensysteme vom Typ KST oder KSW nicht mehr aktiv, jedoch noch vorhanden sind.

Auch wenn nur ein Koordinatensystem vom Typ KST **oder** KSW aktiv ist, jedoch **kein** Koordinatensystem des jeweils anderen Typs, wird mit dem Work-und-Tool-Konzept gearbeitet. Für den fehlenden Typ wird dann ein automatisch erzeugter Ersatz verwendet. Die Platzierung und Ausrichtung der Achsen des Koordinatensystems, das als Ersatz erzeugt und verwendet wird, entspricht der des Betriebs-Koordinatensystems ZERO (Offsetwerte für die Position der Achsen $X = Y = Z = U = V = W = 0$). Wenn die Eigenschaften von Koordinatensystem-Kombinationen mit dem Befehl KLC? (S. 22) abgefragt werden, sind ersatzweise erzeugte und verwendete Koordinatensysteme deshalb unter dem Namen „Zero“ in der Antwort enthalten.

Betrachtung von Koordinatensystemen der Typen KSD und KSF aus dem Blickwinkel von „Work“ und „Tool“

Wenn man sich vorstellt, dass auch dann immer ein Work- und ein Tool-Koordinatensystem vorhanden sind, wenn nicht mit dem Work-und-Tool-Konzept gearbeitet wird, lassen sich die anwenderdefinierten Koordinatensysteme der Typen KSD (S. 36) und KSF (S. 38) möglicherweise besser verstehen. **Auch hier gilt dann, dass die aktuelle Position der Bewegungsplattform des Positionierers als Position des Tool-Koordinatensystems im Work-Koordinatensystem zu verstehen ist.**

Zunächst soll aus diesem Blickwinkel die Werkseinstellung betrachtet werden:

- In der Werkseinstellung, d.h. wenn das Betriebs-Koordinatensystem ZERO aktiv ist, sind das Work- und das Tool-Koordinatensystem beide deckungsgleich mit ZERO, wenn die Plattform des Positionierers die aktuelle Position $X = Y = Z = U = V = W = 0$ hat. Bei Bewegungen bewegt sich das Tool-Koordinatensystem mit der Plattform des Positionierers mit, während das Work-Koordinatensystem raumfest und deckungsgleich mit ZERO bleibt.

Betrachtung der Betriebs-Koordinatensysteme der Typen KSD und KSF aus dem Blickwinkel von „Work“ und „Tool“:

- Wenn ein Betriebs-Koordinatensystem vom Typ KSD definiert wird, werden gleichzeitig Work- und Tool-Koordinatensystem entsprechend der angegebenen Offsetwerte im Raum platziert und ausgerichtet. Nach dem Aktivieren eines Betriebs-Koordinatensystems vom Typ KSD sind Work- und Tool-Koordinatensystem genau dann deckungsgleich, wenn sich die Bewegungsplattform des Positionierers an der Position $X = Y = Z = U = V = W = 0$ befindet. Bei Bewegungen bewegt sich das Tool-Koordinatensystem wie gewohnt mit der Plattform des Positionierers mit, während das Work-Koordinatensystem in der mit KSD bestimmten Platzierung und Ausrichtung raumfest bleibt.
- Wenn ein Betriebs-Koordinatensystem vom Typ KSF definiert wird, wird das Work-Koordinatensystem so im Raum platziert und ausgerichtet, dass es deckungsgleich ist mit dem Tool-Koordinatensystem, das aktuell entsprechend der bisherigen Bewegungen der Plattform des Positionierers im Raum platziert und ausgerichtet ist. Nach dem Aktivieren eines Betriebs-Koordinatensystems vom Typ KSF wird die aktuelle Position der Plattform des Positionierers deshalb als $X = Y = Z = U = V = W = 0$ angezeigt, sofern zwischen Definieren und Aktivieren des Koordinatensystems keine Bewegungen kommandiert wurden. Bei Bewegungen bewegt sich das Tool-Koordinatensystem wie gewohnt mit der Plattform des Positionierers mit, während das Work-Koordinatensystem in der mit KSF bestimmten Platzierung und Ausrichtung raumfest bleibt.

Der Drehpunkt für Rotationen liegt auch hier grundsätzlich im Ursprung des Tool-Koordinatensystems. Wenn als Betriebs-Koordinatensystem das Koordinatensystem ZERO oder ein Koordinatensystem vom Typ KSF aktiv ist, kann der Drehpunkt zudem mit dem Befehl SPI aus dem Ursprung des Tool-Koordinatensystems heraus in X- und/oder Y- und/oder Z-Richtung verschoben werden (der mit SPI verschiebbare Drehpunkt wird auch als „Pivotpunkt“ bezeichnet). Das Ändern der Koordinaten des Drehpunkts mit SPI ist jedoch nur möglich, wenn für die aktuelle Position der Plattform gilt $U = V = W = 0$. Da der Drehpunkt entweder direkt im Ursprung des Tool-Koordinatensystems liegt oder mit SPI um feste Offsetwerte aus diesem heraus verschoben ist, bewegt er sich wie das Tool-Koordinatensystem immer zusammen mit der Plattform.

Definieren, Kopieren und Löschen von Koordinatensystemen

Koordinatensysteme können mit den folgenden Befehlen im flüchtigen Speicher definiert werden:

Typ des Koordinatensystems	Befehl	Beschreibung siehe
KSD	KSD	S. 36
KSF	KSF	S. 38
KST	KST	S. 39
KSW	KSW	S. 41
KSB(USER)	KSB	S. 35
KLD(USER)	KLD	S. 25
KLF(USER)	KLF	S. 27

Eine Kopie eines Koordinatensystems kann mit dem Befehl KCP (S. 18) im flüchtigen Speicher erzeugt werden.

Ein Koordinatensystem, das nicht aktiv ist oder nicht als Vorgänger mit dem aktiven Koordinatensystem verkettet ist, kann mit dem Befehl KRM (S. 34) im flüchtigen Speicher gelöscht werden. Beim Löschen eines Koordinatensystems werden dessen direkter Vorgänger und Nachfolger miteinander verkettet.

Die Eigenschaften der im flüchtigen Speicher vorhandenen Koordinatensysteme können mit dem Befehl KLS? (S. 31) abgefragt werden.

Verketteten von Koordinatensystemen

Aufbau von Ketten und Anwendbarkeit von KLN

Koordinatensysteme können mit dem Befehl KLN (S. 28) miteinander verkettet werden.

Details zum Aufbau von Ketten und zur Anwendbarkeit von KLN (zum grundsätzlichen Aufbau von Ketten siehe auch das Schema auf S. 3):

- Das Koordinatensystem HEXAPOD basiert immer auf der Konfigurationsdatei mit den Geometriedaten des Positionierers und ist der Ausgangspunkt aller Koordinatensystem-Ketten.
- Das Korrektur-Koordinatensystem PI_Levelling ist immer der Nachfolger von HEXAPOD.
- Der Nachfolger des Korrektur-Koordinatensystems PI_Levelling ist werkseitig das Achsorientierungs-Koordinatensystem PI_Base.

Wenn ein Korrektur-Koordinatensystem vom Typ KLD(USER) oder KLF(USER) definiert wird, hat es automatisch PI_Levelling als Vorgänger.

Wenn ein Korrektur-Koordinatensystem vom Typ KLD(USER) oder KLF(USER) aktiviert wird, hängt PI_Base automatisch als Nachfolger an diesem Koordinatensystem und nicht mehr direkt an PI_Levelling.

- Der Nachfolger des Achsorientierungs-Koordinatensystems PI_Base ist werkseitig das Betriebs-Koordinatensystem ZERO.
Wenn ein Achsorientierungs-Koordinatensystem vom Typ KSB(USER) definiert wird, hat es automatisch das aktive Achsorientierungs-Koordinatensystem als Vorgänger (werkseitig PI_Base). Mehrere Achsorientierungs-Koordinatensysteme vom Typ KSB(USER) können mit KLN miteinander verkettet werden, wobei PI_Base immer der Vorgänger der jeweiligen Kette bleibt.
Wenn ein Achsorientierungs-Koordinatensystem vom Typ KSB(USER) aktiviert wird, hängt ZERO automatisch als Nachfolger an diesem Koordinatensystem.
- Wenn ein Betriebs-Koordinatensystem vom Typ KSD, KSF, KST oder KSW neu definiert wird, hat es automatisch das Koordinatensystem ZERO als Vorgänger. Mehrere Betriebs-Koordinatensysteme der Typen KSD, KSF, KST oder KSW können mit KLN miteinander verkettet werden, wobei ZERO immer der Vorgänger der jeweiligen Kette bleibt.
- Ein Koordinatensystem kann nicht mit sich selbst verkettet werden.
- Ringverbindungen aus mindestens zwei Koordinatensystemen können zwar gebildet, aber nicht mit KEN (S. 19) aktiviert werden.

Verkettung von Betriebskoordinatensystemen (Typen KSD, KSF, KST, KSW)

An das werkseitige Betriebs-Koordinatensystem ZERO können Sie durch Verkettung mit KLN beliebig viele Nachfolger der Typen KSD, KSF, KST und KSW anhängen. Damit soll zum Beispiel die Abbildung einzelner Glieder eines seriellen Aufbaus, der auf dem Positionierer befestigt ist, erleichtert werden. Sie müssen also das für Ihre Anwendung resultierende Betriebs-Koordinatensystem nicht aufwändig selbst berechnen, sondern der Controller fasst die Betriebs-Koordinatensysteme der aktiven Kette zu einem „Ersatz-Koordinatensystem“ zusammen. Der Controller verwendet für die Berechnung 4x4-Transformationsmatrizen, Details siehe unten.

Anmerkungen:

Das Ersatz-Koordinatensystem ist vom Typ des mit KEN explizit aktivierten Betriebs-Koordinatensystems.

Enthalten Betriebs-Koordinatensysteme einer Kette Angaben über Pivotpunkte, so gehen diese Angaben nicht in die unten beschriebenen Berechnungen ein. Berücksichtigt wird lediglich ein ggf. vorhandener Pivotpunkt des explizit mit KEN aktivierten Betriebs-Koordinatensystems; dieser Pivotpunkt wird dann dem Ersatz-Koordinatensystem zugeordnet.

Beispiel:

Auf der Bewegungsplattform des Positionierers ist ein dreiteiliger Aufbau befestigt, in dessen Spitze das Tool-Koordinatensystem liegen soll. Der Aufbau ist in Bezug auf den Ursprung des werkseitig voreingestellten Koordinatensystems (siehe Maßzeichnung in der Dokumentation des Positionierers) wie folgt verschoben:

- Teil eins „TA“: 2 mm in X-Richtung, 10 mm in Z-Richtung
- Teil zwei „WA“: 1 mm in X-Richtung, 3 mm in Z-Richtung
- Teil drei „TB“: 3 mm in X-Richtung, 4 mm in Z-Richtung

Für jeden der drei Teile wird ein Koordinatensystem vom Typ KST definiert, um die entsprechende Verschiebung in X- und Z-Richtung abzubilden. Die drei Koordinatensysteme werden anschließend miteinander verkettet und an ZERO angehängt, und der Endpunkt der Kette wird aktiviert. Intern fasst der Controller die drei Koordinatensysteme vom Typ KST zu einem Ersatz-Koordinatensystem zusammen.

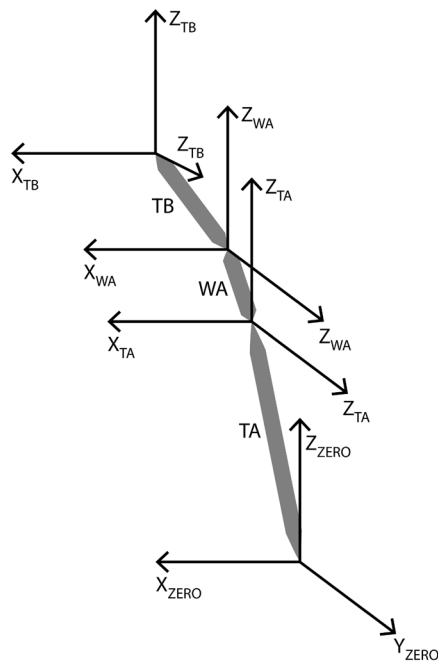


Abbildung 1: Koordinatensysteme für den dreiteiligen Aufbau

Definieren der drei Koordinatensysteme TA, WA und TB vom Typ KST:

```
kst ta x 2 z 10
kst wa x 1 z 3
kst tb x 3 z 4
```

Verketten der Koordinatensysteme:

Anmerkungen: TB soll den Endpunkt der Kette bilden; TA hängt bereits per Definition an ZERO und muss daher nicht ausdrücklich mit ZERO verketten werden; die Syntax von KLN lautet „KLN Nachfolger Vorgänger“.

```
kln tb wa
kln wa ta
```

Abfragen der Kette für den Endpunkt TB:

```
kln? tb
TB=WA TA ZERO
```

Abfrage der Offsetwerte für den Endpunkt TB, die aus den Offsetwerten der mit diesem Koordinatensystem verkettenen Vorgänger resultieren:

```
klt? tb
Name=TB EndCoordinateSystem=ZERO X=6.000000 Y=0.000000 Z=17.000000 U=0.000000
V=0.000000 W=0.000000
```

Aktivieren des Koordinatensystems TB:

```
ken tb
```


Abfrage der Koordinatensystem-Eigenschaften:

```
klS?
```

```
<SingleCoordinateSystem>
  <ZERO Name="ZERO" Parent="PI_BASE" Used="True" Type="ZERO">
    <POS X="0.000000" Y="0.000000" Z="0.000000" U="0.000000" V="0.000000" W="0.000000"/>
    <NLM X="-17.000100" Y="-16.000100" Z="-6.500100" U="-10.000100" V="-10.000100"
      W="-21.000100"/>
    <PLM X="17.000100" Y="16.000100" Z="6.500100" U="10.000100" V="10.000100"
      W="21.000100"/>
    <SSL X="1" Y="1" Z="1" U="1" V="1" W="1"/>
    <SPI R="0.000000" S="0.000000" T="0.000000"/>
    <SST X="0.010000" Y="0.010000" Z="0.010000" U="0.010000" V="0.010000" W="0.010000"/>
  </ZERO>
  <PI_BASE Name="PI_BASE" Parent="PI_LEVELLING" Used="True" Type="KSB(PI)">
    <POS X="0.000000" Y="0.000000" Z="0.000000" U="0.000000" V="0.000000" W="0.000000"/>
  </PI_BASE>
  <PI_LEVELLING Name="PI_LEVELLING" Parent="HEXAPOD" Used="True" Type="KLD(PI)">
    <POS X="0.000000" Y="0.000000" Z="0.000000" U="0.000000" V="0.000000" W="0.000000"/>
  </PI_LEVELLING>
  <TA Name="TA" Parent="ZERO" Used="True" Type="KST">
    <POS X="2.000000" Y="0.000000" Z="10.000000" U="0.000000" V="0.000000" W="0.000000"/>
  </TA>
  <WA Name="WA" Parent="TA" Used="True" Type="KST">
    <POS X="1.000000" Y="0.000000" Z="3.000000" U="0.000000" V="0.000000" W="0.000000"/>
  </WA>
  <TB Name="TB" Parent="WA" Used="True" Type="KST">
    <POS X="3.000000" Y="0.000000" Z="4.000000" U="0.000000" V="0.000000" W="0.000000"/>
  </TB>
</SingleCoordinateSystem>
```

Positionsabfrage nach der Referenzfahrt zum Vergleich der Positionswerte bei aktiviertem Koordinatensystem TB und aktiviertem Koordinatensystem ZERO:

```
ken?
TB=KST
PI_LEVELLING=KLD(PI)
PI_BASE=KSB(PI)
pos?
X=6
Y=0
Z=17
U=-0
V=0
W=-0
ken zero
pos?
X=0
Y=0
Z=0
U=-0
V=0
W=-0
```

Die Berechnung des Ersatz-Koordinatensystems erfolgt auf Basis von 4x4-Transformationsmatrizen der einzelnen Koordinatensysteme. Die Matrix des jeweiligen Vorgängers wird **VON LINKS** mit dem bereits errechneten Matrixprodukt der Nachfolger-Kette multipliziert. Das werkseitige Koordinatensystem ZERO geht nicht in die Berechnung des Ersatz-Koordinatensystems ein.

4x4-Transformationsmatrizen für das Beispiel (die Kette lautet TB=WA TA ZERO):

TA hat die Pose X = 2, Z = 10 (restliche Achsen = 0)

Die zugehörige Matrix lautet:

```
1 0 0 2
0 1 0 0
0 0 1 10
0 0 0 1
```

WA hat die Pose X = 1, Z = 3 (restliche Achsen = 0)

Die zugehörige Matrix lautet:

```
1 0 0 1
0 1 0 0
0 0 1 3
0 0 0 1
```

TB hat die Pose X = 3, Z = 4 (restliche Achsen = 0)

Die zugehörige Matrix lautet:

```
1 0 0 3
0 1 0 0
0 0 1 4
0 0 0 1
```

Damit ergibt sich die Transformationsmatrix M des Ersatz-Koordinatensystems zu

$$\begin{array}{ccccccc}
 \mathbf{M} = & \begin{array}{c} 1\ 0\ 0\ 2 \\ 0\ 1\ 0\ 0 \\ 0\ 0\ 1\ 10 \\ 0\ 0\ 0\ 1 \end{array} & * & \begin{array}{c} 1\ 0\ 0\ 1 \\ 0\ 1\ 0\ 0 \\ 0\ 0\ 1\ 3 \\ 0\ 0\ 0\ 1 \end{array} & * & \begin{array}{c} 1\ 0\ 0\ 3 \\ 0\ 1\ 0\ 0 \\ 0\ 0\ 1\ 4 \\ 0\ 0\ 0\ 1 \end{array} & = & \begin{array}{c} 1\ 0\ 0\ 6 \\ 0\ 1\ 0\ 0 \\ 0\ 0\ 1\ 17 \\ 0\ 0\ 0\ 1 \end{array}
 \end{array}$$

Anmerkungen:

Die Matrizenmultiplikation ist NICHT kommutativ; obiges Beispiel stellt einen Sonderfall dar.

Ein Punkt des Raumes (x, y, z) wird transformiert, indem seine homogenen Koordinaten (x, y, z, 1) mit der Transformationsmatrix M in der Weise $M^*(x, y, z, 1)^T$ multipliziert werden. Die 4x4-Transformationsmatrizen werden hier nur erwähnt, um Missverständnisse bei der Reihenfolge der Auswertung auszuräumen.

Aktivieren/Deaktivieren von Koordinatensystemen

Aus jeder der in „Gruppen und Typen von Koordinatensystemen“ (S. 3) beschriebenen Gruppen ist jeweils genau ein Koordinatensystem bzw. genau eine Koordinatensystem-Kombination aktiv.

Nur die Eigenschaften aktiver Koordinatensysteme sind für die Arbeit mit dem Positionierer wirksam.

Aktive Koordinatensysteme können nicht geändert oder gelöscht werden. Wenn ein Koordinatensystem als Vorgänger mit dem aktiven Koordinatensystem verkettet ist, ist es zwar nicht selbst aktiv, kann aber auch nicht geändert oder gelöscht werden. In diesem Dokument werden aktive Koordinatensysteme und Koordinatensysteme, die Vorgänger des aktiven Koordinatensystems sind, auch als „verwendete Koordinatensysteme“ bezeichnet. Die aktiven Koordinatensysteme können mit den Befehlen KEN? (S. 20) und

KET? (S. 21) abgefragt werden. Die Antwort auf den Befehl KLS? (S. 31) listet mit den Eigenschaften der Koordinatensysteme auch auf, ob die Koordinatensysteme aktuell verwendet werden, d.h. selbst aktiv oder Vorgänger des aktiven Koordinatensystems sind (Angabe „Used = “”).

Die Kette aus den Vorgängern des aktiven Koordinatensystems kann nicht geändert werden.

Mit dem Befehl KEN (S. 19) können Koordinatensysteme der folgenden Typen aktiviert werden:
KSD, KSF, KSW, KST, KSB(USER), KSB(PI), KLF(USER), KLF(PI), KLD(USER), KLD(PI), ZERO

Das Aktivieren von Koordinatensystemen mit KEN löst keine Bewegung aus, sondern ändert die Anzeige der aktuellen Position für die Bewegungsplattform des Positionierers.

Beim Aktivieren eines Koordinatensystems vom Typ KST oder KSW wird im flüchtigen Speicher eine Kombination aus Work- und Tool-Koordinatensystem angelegt. Deshalb wird nachfolgend auch vom „Aktivieren einer Koordinatensystem-Kombination“ gesprochen. Die Eigenschaften der im flüchtigen Speicher vorhandenen Koordinatensystem-Kombinationen können mit dem Befehl KLC? (S. 22) abgefragt werden.

Das Aktivieren eines Koordinatensystems für eine der Koordinatensystem-Gruppen (Betriebs-, Achsausrichtungs-, Korrektur-Koordinatensysteme) deaktiviert gleichzeitig das Koordinatensystem bzw. die Koordinatensystem-Kombination, welche/s zuvor für diese Gruppe aktiv war.

Durch Senden von KEN ZERO wird das werkseitig aktive Betriebs-Koordinatensystem ZERO wieder aktiviert. Wenn die Befehlsebene 1 aktiv ist (siehe Beschreibung des Befehls CCL im Handbuch des Controllers), aktiviert KEN ZERO auch wieder das werkseitig aktive Korrektur-Koordinatensystem PI_Levelling, jedoch nicht das werkseitig aktive Achsorientierungs-Koordinatensystems PI_Base (dieses kann durch Senden von KEN PI_Base wieder aktiviert werden). Durch Senden von DPA SKS (S. 17) können alle werkseitig aktiven Koordinatensysteme unabhängig von der aktuell aktiven Befehlsebene wieder aktiviert werden.

In Abhängigkeit vom Typ des Koordinatensystems werden beim Aktivieren eines Koordinatensystems bzw. einer Koordinatensystem-Kombination neben den Offsetwerten für die Positionen der Achsen X, Y, Z, U, V, W weitere Einstellungen wirksam:

- Bei Typen ZERO und KSF:
SPI: Pivotpunktkoordinaten R, S, T
- Bei Typen ZERO, KSD und KSF sowie bei Kombinationen aus Koordinatensystemen der Typen KSW/KST oder ZERO/KST oder KSW/ZERO:
 - NLM: Untergrenze des Verfahrbereichs der Achse
 - PLM: Obergrenze des Verfahrbereichs der Achse
 - SSL: Aktivierungszustand der Verfahrbereichsgrenzen der Achse
 - SST: Schrittweite für Bewegungen, die durch eine manuelle Bedieneinheit ausgelöst werden

Die Einstellungen für das aktive Koordinatensystem können mit den entsprechenden Befehlen (SPI, NLM, PLM, SSL, SST; siehe Handbuch des Controllers) geändert werden.

Sichern und Zurücksetzen von Einstellungen

Koordinatensysteme und Koordinatensystem-Kombinationen werden immer im flüchtigen Speicher des Controllers definiert, aktiviert, kopiert, verkettet oder gelöscht. Beim Ausschalten oder Neustart des Controllers gehen die aktuellen Einstellungen verloren, wenn sie nicht gesichert wurden.

Zum Sichern können die aktuell gültigen Einstellungen für Koordinatensysteme mit dem Befehl WPA (S. 46) in den permanenten Speicher des Controllers geschrieben werden. Die mit WPA gespeicherten Einstellungen werden beim Einschalten oder Neustart des Controllers automatisch aus dem permanenten Speicher in den flüchtigen Speicher geladen.

Das Speichern mit WPA überschreibt **nicht** die Werkseinstellungen.

Das Zurücksetzen auf die Werkseinstellungen kann mit dem Befehl DPA (S. 17) oder durch Senden von KEN ZERO erfolgen, siehe auch „Aktivieren/Deaktivieren von Koordinatensystemen“ (S. 7).

Kommandieren von Bewegungen

Bewegungen der Plattform des Positionierers können immer als Bewegungen des Tool-Koordinatensystems im Work-Koordinatensystem betrachtet werden, siehe dazu auch „Betrachtung von Koordinatensystemen der Typen KSD und KSF aus dem Blickwinkel von „Work“ und „Tool““ (S. 5). Wie das Work- und das Tool-Koordinatensystem ausgerichtet und platziert sind, hängt vom aktiven Betriebs-Koordinatensystem bzw. der Koordinatensystem-Kombination ab.

Absolute Bewegungen der Plattform des Positionierers, die mit dem Befehl MOV (Beschreibung siehe Handbuch des Controllers) kommandiert werden, sind deshalb immer auch als absolute Bewegungen des Tool-Koordinatensystems im Work-Koordinatensystem anzusehen. Mit MVR (Beschreibung siehe Handbuch des Controllers) können entsprechende relative Bewegungen kommandiert werden.

Relative Bewegungen der Plattform des Positionierers im Tool-Koordinatensystem können immer mit MRT (S. 43) kommandiert werden.

Relative Bewegungen der Plattform des Positionierers im Work-Koordinatensystem können immer mit MRW (S. 44) kommandiert werden.

Der mit dem Befehl SPI (Beschreibung siehe Handbuch des Controllers) definierte Pivotpunkt wird für Rotationen nur verwendet und kann nur geändert werden, wenn als Betriebs-Koordinatensystem das Koordinatensystem ZERO oder ein Koordinatensystem vom Typ KSF aktiv ist.

Mit dem Befehl TRA? (S. 45) kann die absolute Position abgefragt werden, die maximal kommandiert werden kann, wenn sich die Plattform des Positionierers entlang eines angegebenen Richtungsvektors bewegen würde.

Die aktuelle Position der Plattform des Positionierers und damit die Position des Tool-Koordinatensystems im Work-Koordinatensystem kann mit dem Befehl POS? abgefragt werden (Beschreibung siehe Handbuch des Controllers).

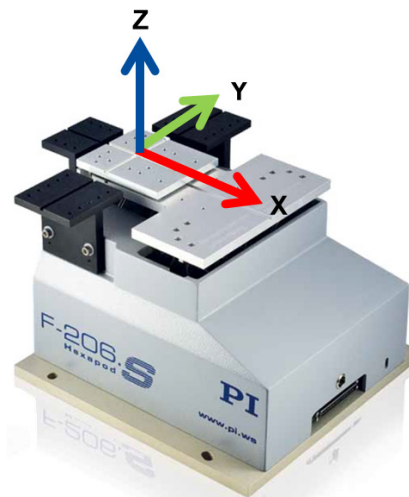
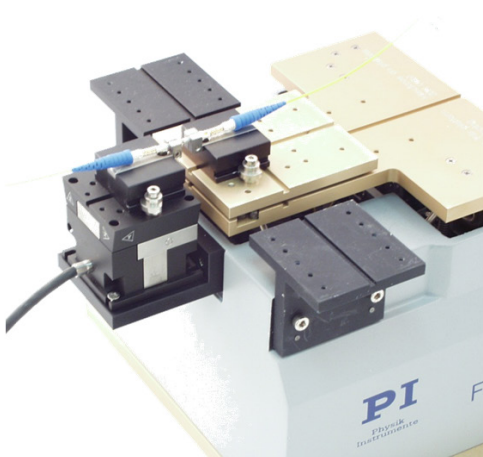
PC-Software von PI

Die PC-Software von PI (u.a. PIMikroMove®, PI GCS 2 DLL, GCS LabVIEW Treibersatz, Simulationsprogramm **PI Hexapod Simulation Software**) wurde für die Arbeit mit anwenderdefinierten Koordinatensystemen angepasst.

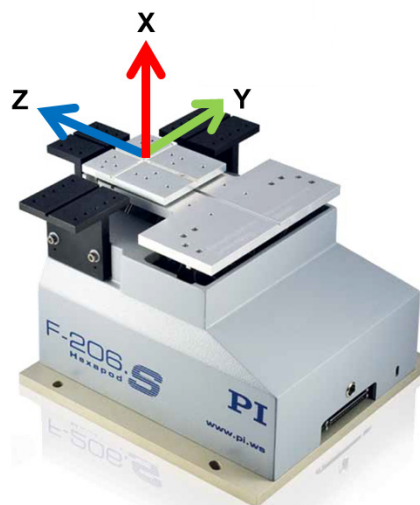
Die Anpassungen in PIMikroMove® betreffen vor allem das Fenster **Positionierer Plattform** und die Karte **Positionierer 3D View**. Außerdem ist der Menüeintrag **Show Hexapod Simulation Tool** verfügbar, der das Simulationsprogramm **PI Hexapod Simulation Software** aufruft. Die im Simulationsprogramm **PI Hexapod Simulation Software** vorgenommenen Einstellungen können über PIMikroMove® an den Controller gesendet werden.

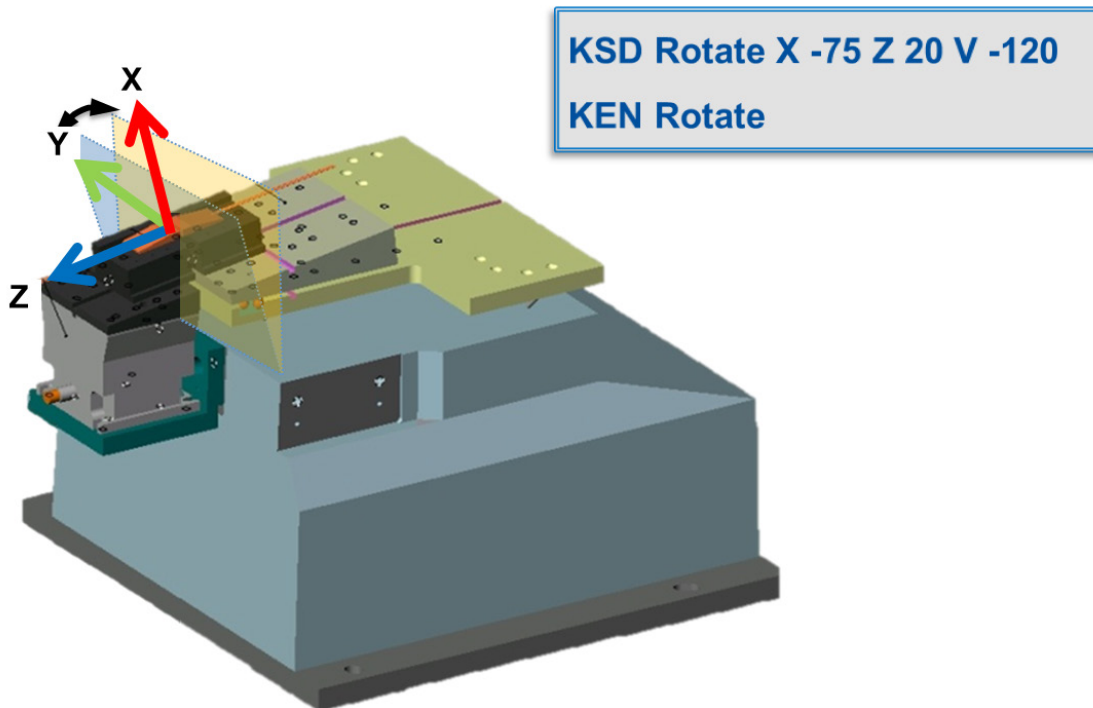
Beispiele für anwenderdefinierte Koordinatensysteme

Bereich Optik: Optische Achse soll die Z-Achse sein

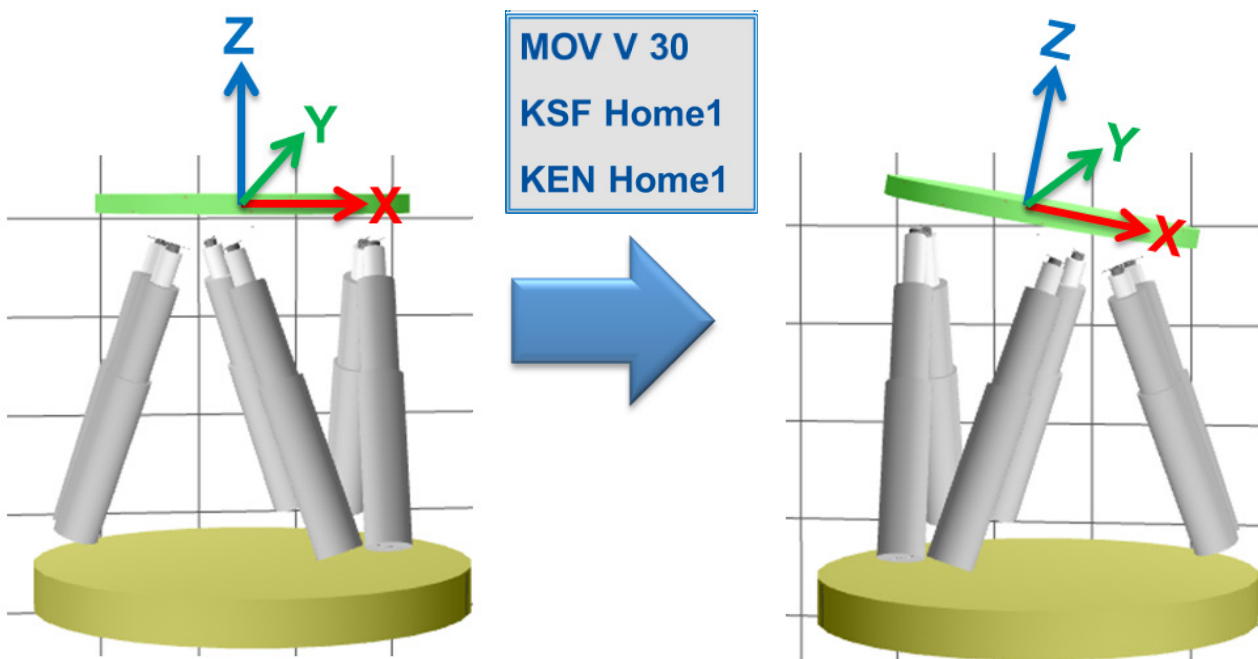


KSB Base V -90
KEN Base



Bereich Optik: Scannen in schiefer Ebene**Benutzerdefinierte „Home“-Position**

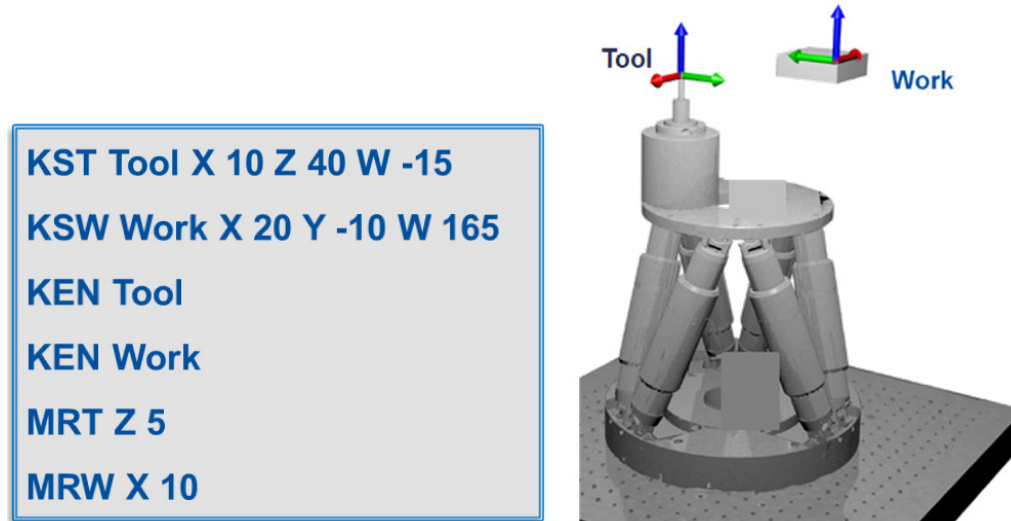
Die Plattform wurde vor dem Senden von KSF mit MOV in die neue Position bewegt.



Arbeiten mit dem Work-und-Tool-Konzept

Mitbewegtes Werkzeug interagiert mit raumfestem Werkstück, z. B. beim Fräsen, Kleben oder Schneiden

- ➔ Work-Koordinatensystem und Tool-Koordinatensystem werden definiert und aktiviert..
- ➔ Die Bewegung mit MRT stellt das Werkzeug zu.
- ➔ Die Bewegung mit MRW erfolgt entlang des Werkstücks, um das Werkstück zu bearbeiten.



GCS-Befehle

Die nachfolgend beschriebenen Befehle wurden für die Arbeit mit benutzerdefinierten Koordinatensystemen eingeführt. Die Befehle ermöglichen u.a. das Definieren, Aktivieren, Verketteten und Speichern von Koordinatensystemen.

Die in diesem Dokument beschriebenen Befehle ergänzen den GCS-Befehlssatz, der im Handbuch des Controllers beschrieben ist. Im Handbuch des Controllers finden Sie auch grundsätzliche Informationen zur Schreibweise, die in den Befehlsbeschreibungen verwendet wird, und zur GCS-Syntax.

Befehlsübersicht

Befehl	Format	Beschreibung
DPA (S. 17)	DPA <Pswd> [{<ItemID> <PamID>}]	Reset Volatile Memory Settings To Default
KCP (S. 18)	KCP <CSNameSource> <CSNameCopy>	Copy Coordinate System
KEN (S. 19)	KEN <CSName>	Activate Coordinate System
KEN? (S. 20)	KEN? [{<CSName>}]	Get Active Coordinate Systems
KET? (S. 21)	KET? [{<CSType>}]	Get Active Coordinate System Types
KLC? (S. 22)	KLC? [<CSName1>[<CSName2>[<Item1>[<Item2>]]]]	Get Properties Of Work-And-Tool Combinations
KLD (S. 25)	KLD <CSName> [{<AxisID> <Offset>}]	Define Leveling Coordinate System By Specifying Values
KLF (S. 27)	KLF <CSName>	Define Leveling Coordinate System At Current Position
KLN (S. 28)	KLN <ChildCS> <ParentCS>	Link Coordinate Systems
KLN? (S. 30)	KLN? [{<CSName>}]	Get Coordinate System Chains
KLS? (S. 31)	KLS? [<CSName>[<Item1>[<Item2>]]]	Get Coordinate System Properties
KLT? (S. 33)	KLT? [<StartCS> [<EndCS>]]	Get Offsets Resulting From A Chain
KRM (S. 34)	KRM <CSName>	Remove Coordinate System
KSB (S. 35)	KSB <CSName> [{<AxisID> <Angle>}]	Define Orientational Coordinate System
KSD (S. 36)	KSD <CSName> [{<AxisID> <Offset>}]	Define Operating Coordinate System By Specifying Values
KSF (S. 38)	KSF <CSName>	Define Operating Coordinate System At Current Position
KST (S. 39)	KST <CSName> [{<AxisID> <Offset>}]	Define "Tool" Operating Coordinate System
KSW (S. 41)	KSW <CSName> [{<AxisID> <Offset>}]	Define "Work" Operating Coordinate System
MRT (S. 43)	MRT {<AxisID> <Distance>}	Set Target Relative In Tool Coordinate System
MRW (S. 44)	MRW {<AxisID> <Distance>}	Set Target Relative In Work Coordinate System
TRA? (S. 45)	TRA? {<AxisID> <Component>}	Get Maximum Commandable Position For Direction Vector
WPA (S. 46)	WPA <Pswd> [{<ItemID> <PamID>}]	Save Settings To Non-Volatile Memory

Konventionen für Namen von Koordinatensystemen

Zulässige Zeichen: 1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ_

Die Zeichenanzahl ist unbegrenzt.

Der Name muss mit einem Buchstaben beginnen.

Reservierte Namen, die nicht zum Definieren, Kopieren oder Löschen verwendet werden dürfen: HEXAPOD, PI_LEVelling, PI_BASE, ZERO, 0, NULL, XML, KLF, KLF(USER), KLF(PI), KLD, KLD(USER), KLD(PI), KSB, KSB(USER), KSB(PI), KSD, KSF, KST, KSW

Jeder Name darf nur einmal vorhanden sein. Ein vorhandenes Koordinatensystem, das nicht verwendet wird, wird beim Anlegen (Definieren, Erzeugen einer Kopie) eines Koordinatensystems mit demselben Namen überschrieben. Details siehe KLD (S. 25), KLF (S. 27), KSB (S. 35), KSD (S. 36), KSF (S. 38), KST (S. 39) und KSW (S. 41).

Befehlsbeschreibungen

DPA (Reset Volatile Memory Settings To Default)

Beschreibung:	Setzt Parameterwerte und parameterunabhängige Einstellungen auf Werkseinstellungen zurück.
Format:	DPA <Pswd> [{<ItemID> <PamID>}]
Argumente:	<p><Pswd> ist das Kennwort zum Zurücksetzen des Speichers. Nähere Angaben siehe unten.</p> <p><ItemID> ist das Element, für das ein Parameter zurückzusetzen ist. Nähere Angaben siehe unten.</p> <p><PamID> ist die Parameterkennung, kann im Hexadezimal- oder Dezimalformat geschrieben werden. Nähere Angaben siehe unten.</p>
Antwort:	Keine
Fehlersuche:	Unzulässige Elementkennung, falsche Parameter-ID, ungültiges Kennwort
Hinweise:	<p>DPA setzt im flüchtigen Speicher des Controllers die mit WPA gespeicherten Parameterwerte und die Einstellungen für Koordinatensysteme auf Werkseinstellungen zurück.</p> <p>Die Angabe von <ItemID> und <PamID> entfällt.</p> <p>Die Werkseinstellungen, die mit DPA geladen werden, sind unabhängig von den Einstellungen im permanenten Speicher, die mit WPA (S. 46) überschrieben werden können. Die (mit WPA gespeicherten) Einstellungen aus dem permanenten Speicher werden beim Einschalten oder Neustart des Controllers automatisch in den flüchtigen Speicher geladen.</p>

Gültige Kennwörter:	100	Setzt die Werte aller Parameter und die Einstellungen für Koordinatensysteme (Details siehe Kennwort SKS) auf Werkseinstellungen zurück
	SKS	Einstellungen, die mit DPA SKS auf Werkseinstellungen zurücksetzt werden: <ul style="list-style-type: none"> Achsorientierungs-Koordinatensystem (Typ KSB()): PI_BASE wird aktiviert Korrektur-Koordinatensystem (Typ KLD() oder KLF()): PI_Levelling wird aktiviert Betriebs-Koordinatensystem ZERO wird aktiviert und basiert auf PI_BASE und PI_Levelling Pivotpunkt (siehe SPI), Verfahrbereichsgrenzen der Achsen (siehe NLM, PLM und SSL), Schrittweite für Bewegungen, die durch eine manuelle Bedieneinheit ausgelöst werden (siehe SST)

KCP (Copy Coordinate System)

Beschreibung:	Erzeugt eine Kopie eines Koordinatensystems.
Format:	KCP <CSNameSource> <CSNameCopy>
Argumente:	<CSNameSource> ist der Name des Koordinatensystems, von dem eine Kopie erzeugt werden soll. PI_Base, PI_Levelling, ZERO und HEXAPOD können nicht kopiert werden. <CSNameCopy> ist der Name der Kopie des Koordinatensystems.
Antwort:	Keine
Hinweise:	PI_Base, PI_Levelling, ZERO und HEXAPOD können nicht kopiert werden.

Möglichkeiten zum Anlegen der Kopie:

- <CSNameCopy> ist ein neuer Name. Die Kopie wird unter diesem Namen als neues Koordinatensystem angelegt.
- <CSNameCopy> ist der Name eines existierenden Koordinatensystems, das nicht verwendet wird. Das Koordinatensystem wird dadurch überschrieben.

Die Verkettung mit dem Vorgänger in einer Kette von Koordinatensystemen wird kopiert. Die Verkettung mit Nachfolgern wird **nicht** kopiert.

Die Kopie wird im flüchtigen Speicher erzeugt. Mit WPA SKS kann die Kopie in den permanenten Speicher geschrieben werden.

KEN (Activate Coordinate System)

Beschreibung: Aktiviert das angegebene Koordinatensystem. Der Umfang der Einstellungen, die durch das Aktivieren beeinflusst werden, hängt vom Typ des Koordinatensystems ab, siehe unten.

Positionsangaben für die Bewegungsplattform des Positionierers (Abfrage mit POS?) beziehen sich auf das aktive Betriebs-Koordinatensystem.

Wenn mit dem Work-und-Tool-Konzept gearbeitet wird:

- Das Work-und-Tool-Konzept verwendet eine Kombination aus zwei aktiven Betriebs-Koordinatensystemen. In der Regel besteht die Kombination aus jeweils einem aktiven Koordinatensystem der Typen KST und KSW. Wenn nur für einen der beiden Typen ein Koordinatensystem aktiv ist, wird für den anderen Typ automatisch ein Ersatz verwendet, Details siehe S. 4.
- Die mit POS? abgefragte aktuelle Position der Bewegungsplattform des Positionierers ist als Position des Tool-Koordinatensystems im Work-Koordinatensystem zu verstehen.

Das Aktivieren von Koordinatensystemen mit KEN löst keine Bewegung aus.

Format: KEN <CSName>

Argumente: <CSName> ist der Name des Koordinatensystems, das aktiviert werden soll.

Antwort: Keine

Hinweise: Vor dem Aktivieren eines Koordinatensystems prüft KEN die korrekte Definition dieses Koordinatensystems inklusive seiner korrekten Verkettung (Details siehe S. 6). Wenn das Koordinatensystem nicht korrekt definiert ist, wird es nicht aktiviert.

Koordinatensysteme der folgenden Typen können mit KEN aktiviert werden: KSD, KSF, KSW, KST, KSB(USER), KSB(PI), KLF(USER), KLF(PI), KLD(USER), KLD(PI), ZERO

Aus den folgenden Gruppen von Koordinatensystemen ist jeweils genau ein Koordinatensystem bzw. genau eine Koordinatensystem-Kombination aktiv:

- Betriebs-Koordinatensystem: ein Koordinatensystem vom Typ ZERO oder KSF oder KSD oder - für das Work-und-Tool-Konzept - eine Kombination aus Koordinatensystemen der Typen KSW/KST oder ZERO/KST oder KSW/ZERO
- Achsorientierungs-Koordinatensystem (Typ KSB(PI) oder KSB(USER))
- Korrektur-Koordinatensystem (Typ KLD(USER) oder KLD(PI) oder KLF(USER) oder KLF(PI))

Das Aktivieren eines Koordinatensystems für eine der Gruppen deaktiviert gleichzeitig das Koordinatensystem bzw. die Koordinatensystem-Kombination, welche/s zuvor für diese Gruppe aktiv war.

Durch Senden von KEN ZERO wird das werkseitig aktive Betriebs-Koordinatensystem ZERO wieder aktiviert. Wenn die Befehlsebene 1 aktiv ist (siehe Beschreibung des Befehls CCL im Handbuch des Controllers), aktiviert KEN ZERO auch wieder das werkseitig aktive Korrektur-Koordinatensystem PI_Levelling, jedoch nicht das werkseitig aktive Achsorientierungs-Koordinatensystems PI_Base (dieses kann durch Senden von KEN PI_Base wieder aktiviert werden). Durch Senden von DPA SKS (S. 17) können alle werkseitig aktiven Koordinatensysteme unabhängig von der aktuell aktiven Befehlsebene wieder aktiviert werden.

Durch das aktive Betriebs-Koordinatensystem werden Werte für die folgenden Einstellungen vorgegeben (beim Work-und-Tool-Konzept durch die Kombination aus zwei Betriebs-Koordinatensystemen):

- NLM: Untergrenze des Verfahrbereichs der Achse
- PLM: Obergrenze des Verfahrbereichs der Achse
- SSL: Aktivierungszustand der Verfahrbereichsgrenzen der Achse
- SPI: Koordinaten des Pivotpunkts (nur für Koordinatensysteme der Typen KSF und ZERO)
- Wenn vom Controller unterstützt:
SST: Schrittweite für Bewegungen, die durch eine manuelle Bedieneinheit ausgelöst werden

Vor dem Aktivieren von Korrektur- und Achsorientierungs-Koordinatensystemen (Typen KLD(), KLF() und KSB()) ist der Wechsel auf Befehlsebene 1 erforderlich (siehe CCL).

Die Koordinatensysteme werden im flüchtigen Speicher aktiviert und deaktiviert. Mit WPA SKS kann der Aktivierungszustand in den permanenten Speicher geschrieben werden.

KEN? (Get Active Coordinate Systems)

Beschreibung:	Listet die Namen der aktiven Koordinatensysteme auf und zeigt deren Typ an.
Format:	KEN? [{<CSName>}]
Argumente:	<CSName> ist der Name eines aktiven Koordinatensystems. Nicht zulässig: ZERO. Wenn <CSName> weggelassen wird, werden alle aktiven Koordinatensysteme aufgelistet.

Antwort: {<CSName>="<CSType>}

wobei

<CSType> den Typ des Koordinatensystems angibt.

Hinweise: KEN? fragt den flüchtigen Speicher ab.

Wenn das Betriebs-Koordinatensystem ZERO aktiv ist, wird es in der Antwort auf KEN? **nicht** angezeigt, und die Antwort enthält nur Folgendes:

- Das aktive Korrektur-Koordinatensystem, d.h. ein Koordinatensystem vom Typ KLD(PI) oder KLD(USER) oder KLF(PI) oder KLF(USER)
- Das aktive Achsorientierungs-Koordinatensystem, d.h. ein Koordinatensystem vom Typ KSB(PI) oder KSB(USER)

Wenn <CSName> in der Abfrage angegeben wird und das entsprechende Koordinatensystem nicht aktiv ist, sendet der Controller eine leere Antwort und setzt einen Fehler (Abfrage des Fehlercodes mit ERR?).

KET? (Get Active Coordinate System Types)

Beschreibung: Listet die aktiven Typen von Koordinatensystemen auf und zeigt die Namen der entsprechenden Koordinatensysteme an.

Format: KET? [{<CSType>}]

Argumente: <CSType> ist ein aktiver Koordinatensystem-Typ. Mögliche Werte: KSW, KST, KSF, KSD, KLD(PI), KLD(USER), KLF(PI), KLF(USER), KSB(PI), KSB(USER)
 Wenn <CSType> weggelassen wird, werden alle aktiven Koordinatensystem-Typen aufgelistet.

Antwort: {<CSType>="<CSName>}

wobei

<CSName> den Namen des Koordinatensystems angibt.

Hinweise: KET? fragt den flüchtigen Speicher ab.

Wenn das Betriebs-Koordinatensystem vom Typ ZERO aktiv ist, wird dieser Typ in der Antwort auf KET? **nicht** angezeigt, und die Antwort enthält nur Folgendes:

- Den Typ des aktiven Korrektur-Koordinatensystems, d.h. KLD(PI) oder KLD(USER) oder KLF(PI) oder KLF(USER)
- Den Typ des aktiven Achsorientierungs-Koordinatensystems, d.h. KSB(PI) oder KSB(USER)

KSB(USER)

Wenn <CSType> in der Abfrage angegeben wird und kein Koordinatensystem des entsprechenden Typs aktiv ist, sendet der Controller eine leere Antwort und setzt einen Fehler (Abfrage des Fehlercodes mit ERR?).

KLC? (Get Properties Of Work-And-Tool Combinations)

Beschreibung: Listet die Eigenschaften der im flüchtigen Speicher vorhandenen Kombinationen von Koordinatensystemen für das Work-und-Tool-Konzept auf.

Das Work-und-Tool-Konzept verwendet eine Kombination aus zwei aktiven Betriebs-Koordinatensystemen. In der Regel besteht die Kombination aus jeweils einem aktiven Koordinatensystem der Typen KST und KSW. Wenn nur für einen der beiden Typen ein Koordinatensystem aktiv ist, wird für den anderen Typ automatisch ein Ersatz verwendet. Ersatzweise verwendete Koordinatensysteme sind unter dem Namen „Zero“ in der Antwort auf KLC? enthalten, Details siehe S. 4.

Eine Kombination wird im flüchtigen Speicher beim Aktivieren eines Koordinatensystems vom Typ KST oder KSW angelegt. Die Kombinationen sind im flüchtigen Speicher auch dann noch vorhanden, wenn die darin enthaltenen Koordinatensysteme vom Typ KST oder KSW nicht mehr aktiv sind.

Wenn mit KRM ein Koordinatensystem des Typs KST oder KSW gelöscht wird, sind die Kombinationen, in denen dieses Koordinatensystem enthalten war, nicht mehr in der Antwort auf KLC? enthalten.

Mit WPA SKS können die im flüchtigen Speicher vorhandenen Kombinationen in den permanenten Speicher geschrieben werden.

Die Eigenschaften der im flüchtigen Speicher vorhandenen Koordinatensysteme können mit KLS? abgefragt werden.

Format: KLC? [<CSName1>[<CSName2>[<Item1>[<Item2>]]]]

Argumente: <CSName1> ist der Name eines Koordinatensystems vom Typ KST oder KSW, das Bestandteil einer Kombination im flüchtigen Speicher ist.

<CSName2> ist der Name eines Koordinatensystems vom Typ KST oder KSW, das Bestandteil einer Kombination im flüchtigen Speicher ist.

<Item1> ist eine Eigenschaft der Achsen des Controllers für die abgefragte Kombination von Koordinatensystemen. Mögliche Werte:

- NLM: Untergrenze des Verfahrbereichs der Achse
- PLM: Obergrenze des Verfahrbereichs der Achse

- SSL: Aktivierungszustand der Verfahrbereichsgrenzen der Achse
- Wenn vom Controller unterstützt:
SST: Schrittweite für Bewegungen, die durch eine manuelle Bedieneinheit ausgelöst werden

Die Einstellungen der Eigenschaften für die aktuell aktive Kombination können mit den entsprechenden Befehlen geändert und mit WPA gespeichert werden.

<Item2> ist eine Achse des Controllers, mögliche Werte: X, Y, Z, U, V, W

Wenn die Eigenschaften aller Kombinationen von Koordinatensystemen aufgelistet werden sollen, werden alle Argumente weggelassen.

Antwort:

<String>

<String> enthält im XML-Format Informationen zu den im flüchtigen Speicher vorhandenen Kombinationen von Koordinatensystemen.

Der Aufbau der Antwort hängt von der Anzahl der Argumente im gesendeten Befehl ab. Mögliche Antworten je nach Anzahl der Argumente am Beispiel der Koordinatensysteme Node1, Node2, Node3 und Node4:

Gesendet:

KLC?

Antwort:

```
<CombinedCoordinateSystem>[SP][LF]
[TAB] <NODE1.NODE2 Name="NODE1.NODE2" Work="NODE1" Tool="NODE2">[SP][LF]
[TAB] [TAB] <NLM X="-3.0" ... W="-5.0"/>[SP][LF]
[TAB] [TAB] <PLM X="3.0" ... W="5.0"/>[SP][LF]
[TAB] [TAB] <SSL X="1" Y="0" ... W="1"/> [SP][LF]
[TAB] [TAB] <SST X="0.1" ... W="0.2"/>[SP][LF]
[TAB] </NODE1.NODE2>[SP][LF]
[TAB] [TAB] <NODE1.NODE4 Name="NODE1.NODE4" Work="NODE1" Tool="NODE4"> [SP][LF]
[TAB] [TAB] <NLM X="-4.0" ... W="-3.4"/>[SP][LF]
[TAB] [TAB] <PLM X="2.0" ... W="2.0"/>[SP][LF]
[TAB] [TAB] <SSL X="1" Y="0" ... W="1"/> [SP][LF]
[TAB] [TAB] <SST X="0.2" ... W="0.15"/>[SP][LF]
[TAB] </NODE1.NODE4>[SP][LF]
...
</CombinedCoordinateSystem>[LF]
```

Gesendet:

KLC? Node1

Antwort:

```
<CombinedCoordinateSystem>[SP][LF]
```

```
[TAB] <NODE1.NODE2 Name="NODE1.NODE2" Work="NODE1" Tool="NODE2"> [SP][LF]
[TAB] [TAB] <NLM X="-3.0" ... W="-5.0"/>[SP][LF]
[TAB] [TAB] <PLM X="3.0" ... W="5.0"/>[SP][LF]
[TAB] [TAB] <SSL X="1" Y="0" ... W="1"/> [SP][LF]
[TAB] [TAB] <SST X="0.1" ... W="0.2"/>[SP][LF]
[TAB] </NODE1.NODE2 >[SP][LF]
[TAB] <NODE1.NODE4 Name="NODE1.NODE4" Work="NODE1" Tool="NODE4"> [SP][LF]
[TAB] [TAB] <NLM X="-1.0" ... W="-7.0"/>[SP][LF]
[TAB] [TAB] <PLM X="1.1" ... W="10.0"/>[SP][LF]
[TAB] [TAB] <SSL X="1" Y="0" ... W="1"/> [SP][LF]
[TAB] [TAB] <SST X="0.2" ... W="0.21"/>[SP][LF]
[TAB] </NODE1.NODE4 >[SP][LF]
...
</CombinedCoordinateSystem>[LF]
```

Gesendet:

KLC? Node1 Node2

Antwort:

```
<CombinedCoordinateSystem>[SP][LF]
[TAB] <NODE1.NODE2 Name="NODE1.NODE2" Work="NODE1" Tool="NODE2"> [SP][LF]
[TAB] [TAB] <NLM X="-3.0" ... W="-5.0"/>[SP][LF]
[TAB] [TAB] <PLM X="3.0" ... W="5.0"/>[SP][LF]
[TAB] [TAB] <<SSL X="1" Y="0" ... W="1"/> [SP][LF]
[TAB] [TAB] <SST X="0.1" ... W="0.2"/>[SP][LF]
[TAB] </NODE1.NODE2 >[SP][LF]
</CombinedCoordinateSystem>[LF]
```

Gesendet:

KLC? Node1 Node2 PLM

Antwort:

```
<PLM X="3.0" ... W="5.0"/>[LF]
```

Gesendet:

KLC? Node1 Node2 PLM X

Antwort:

```
X = 3.0 [LF]
```

KLD (Define Leveling Coordinate System By Specifying Values)

Beschreibung: Definiert ein Korrektur-Koordinatensystem vom Typ KLD(USER) zur dauerhaften Korrektur von Fehlern in der Ausrichtung des Positionierers (z. B. Einbaufehler).

Das Korrektur-Koordinatensystem wird auf Basis von Messwerten definiert (z. B. unter Verwendung eines Interferometers) und korrigiert die Linearverschiebung (Achsen X, Y, Z) und Achsneigung (Achsen U, V, W) der Bewegungsplattform des Positionierers.

Wenn die Linearverschiebung und Achsneigung nicht gemessen werden kann:
Verwenden Sie KLF zum Definieren eines Korrektur-Koordinatensystems.

Das Koordinatensystem wird im flüchtigen Speicher definiert. Mit WPA SKS kann die Definition in den permanenten Speicher geschrieben werden.

Format: KLD <CSName> [{<AxisID> <Offset>}]

Argumente: <CSName> ist der Name des Koordinatensystems, das definiert werden soll.
 <AxisID> ist eine Achse des Controllers. Mögliche Werte: X, Y, Z, U, V, W.
 <Offset> ist ein Offset, der nach der Referenzfahrt zum aktuellen Positionswert der Achse addiert wird; in physikalischen Einheiten.
 Für Achsen, die im Befehl KLD nicht angegeben werden, wird der Offset auf null gesetzt.

Antwort: Keine

Hinweise: Vor dem Definieren eines Korrektur-Koordinatensystems ist der Wechsel auf Befehlsebene 1 erforderlich (siehe CCL).

Möglichkeiten zum Definieren eines Koordinatensystems mit KLD:

- <CSName> ist ein neuer Name. Das Korrektur-Koordinatensystem wird unter diesem Namen neu angelegt.
- <CSName> ist der Name eines existierenden Koordinatensystems, das nicht verwendet wird. Das Koordinatensystem wird durch die Definition mit KLD überschrieben.

Empfohlene Vorgehensweise zum Definieren und Aktivieren eines Korrektur-Koordinatensystems vom Typ KLD(USER):

1. Ausführen der Referenzfahrt (siehe FRF)
2. Messen der Abweichung von Position und Orientierung der Bewegungsplattform des Positionierers von derjenigen Position und Orientierung, in der künftig gelten soll $X = 0$, $Y = 0$, $Z = 0$, $U = 0$, $V = 0$, $W = 0$ (Messung mit externem Messinstrument)
3. Wechsel auf Befehlsebene 1 durch Senden von CCL 1 advanced
4. Definieren des Korrektur-Koordinatensystems mit KLD unter Angabe der

gemessenen Abweichungen für die Achsen der Bewegungsplattform (Offsetwerte)

5. Aktivieren des Korrektur-Koordinatensystems (siehe KEN)
6. Optional: Festlegung des Verhaltens nach der Referenzfahrt durch Setzen der Parameter Behaviour After Reference Move (ID 0x07030401) und Target For Motion After Reference Move (ID 0x07030402). Auf diese Weise können die Achsen der Plattform z. B. nach der Referenzfahrt automatisch zur Nullposition bewegt werden.
 - Wert des Parameters 0x07030401 = 0: Die Achse bleibt nach der Referenzfahrt in der Referenzposition
 - Wert des Parameters 0x07030401 = 1: Die Achse fährt nach der Referenzfahrt zur Zielposition, die durch Parameter 0x07030402 vorgegeben ist
7. Speichern der Einstellungen durch Senden von WPA SKS

Die Offsetwerte, die in der Antwort auf KLS? für Koordinatensysteme vom Typ KLD(USER) angezeigt werden, ergeben sich durch Rückrechnung aus allen aktuell aktiven Koordinatensystemen. Sie können sich deshalb beim Wechsel der aktiven Koordinatensysteme ändern. Die in der Antwort auf KLT? enthaltenen Offsetwerte sind dagegen jeweils auf den angegebenen Vorgänger in der Kette bezogen und deshalb unabhängig von den aktuell aktiven Koordinatensystemen.

Für Korrektur-Koordinatensysteme, die mit KLD definiert werden, gilt Folgendes:

- Das Korrektur-Koordinatensystem ist immer direkter Nachfolger des werkseitig eingestellten Korrektur-Koordinatensystems PI-Levelling (automatische Verkettung).
- Das Korrektur-Koordinatensystem kann **nicht** mit KLN mit anderen Koordinatensystemen verkettet werden

DPA SKS aktiviert unabhängig von der aktuell aktiven Befehlsebene wieder das werkseitig aktive Korrektur-Koordinatensystem PI_Levelling, Details siehe KEN.

KLF (Define Leveling Coordinate System At Current Position)

Beschreibung: Definiert ein Korrektur-Koordinatensystem vom Typ KLF(USER) zur dauerhaften Korrektur von Fehlern in der Ausrichtung des Positionierers (z. B. Einbaufehler).

Zum Definieren des Korrektur-Koordinatensystems wird die Bewegungsplattform nach der Referenzfahrt in die Position und Orientierung kommandiert, in der künftig gelten soll $X = 0$, $Y = 0$, $Z = 0$, $U = 0$, $V = 0$, $W = 0$. Durch Senden von KLF wird ein Koordinatensystem mit Offsetwerten definiert, die nach der Referenzfahrt zu den aktuellen Positionswerten der Achsen addiert werden; in physikalischen Einheiten.

Wenn Linearverschiebung (Achsen X, Y, Z) und Achsneigung (Achsen U, V, W) gemessen werden sollen: Verwenden Sie KLD zum Definieren eines Korrektur-Koordinatensystems.

Das Koordinatensystem wird im flüchtigen Speicher definiert. Mit WPA SKS kann die Definition in den permanenten Speicher geschrieben werden.

Format: KLF <CSName>

Argumente: <CSName> ist der Name des Koordinatensystems, das definiert werden soll.

Antwort: Keine

Hinweise: Vor dem Definieren eines Korrektur-Koordinatensystems ist der Wechsel auf Befehlsebene 1 erforderlich (siehe CCL).

Möglichkeiten zum Definieren eines Koordinatensystems mit KLF:

- <CSName> ist ein neuer Name. Das Korrektur-Koordinatensystem wird unter diesem Namen neu angelegt.
- <CSName> ist der Name eines existierenden Koordinatensystems, das nicht verwendet wird. Das Koordinatensystem wird durch die Definition mit KLF überschrieben.

Die Definition mit KLF ist nur möglich, wenn sich der Positionierer nicht bewegt.

Empfohlene Vorgehensweise zum Definieren und Aktivieren eines Korrektur-Koordinatensystems vom Typ KLF(USER):

1. Ausführen der Referenzfahrt (siehe FRF)
2. Anfahren derjenigen Position und Orientierung der Bewegungsplattform des Positionierers, in der künftig gelten soll $X = 0$, $Y = 0$, $Z = 0$, $U = 0$, $V = 0$, $W = 0$
3. Wechsel auf Befehlsebene 1 durch Senden von CCL 1 advanced
4. Definieren des Korrektur-Koordinatensystems mit KLF
5. Aktivieren des Korrektur-Koordinatensystems (siehe KEN)

6. Optional: Festlegung des Verhaltens nach der Referenzfahrt durch Setzen der Parameter Behaviour After Reference Move (ID 0x07030401) und Target For Motion After Reference Move (ID 0x07030402). Auf diese Weise können die Achsen der Plattform z. B. nach der Referenzfahrt automatisch zur Nullposition bewegt werden.
 - Wert des Parameters 0x07030401 = 0: Die Achse bleibt nach der Referenzfahrt in der Referenzposition
 - Wert des Parameters 0x07030401 = 1: Die Achse fährt nach der Referenzfahrt zur Zielposition, die durch Parameter 0x07030402 vorgegeben ist
7. Speichern der Einstellungen durch Senden von WPA SKS

Die Offsetwerte, die in der Antwort auf KLS? für Koordinatensysteme vom Typ KLF(USER) angezeigt werden, ergeben sich durch Rückrechnung aus allen aktuell aktiven Koordinatensystemen. Sie können sich deshalb beim Wechsel der aktiven Koordinatensysteme ändern. Die in der Antwort auf KLT? enthaltenen Offsetwerte sind dagegen jeweils auf den angegebenen Vorgänger in der Kette bezogen und deshalb unabhängig von den aktuell aktiven Koordinatensystemen.

Für Korrektur-Koordinatensysteme, die mit KLF definiert werden, gilt Folgendes:

- Das Korrektur-Koordinatensystem ist immer direkter Nachfolger des werkseitig eingestellten Korrektur-Koordinatensystems PI-Levelling (automatische Verkettung).
- Das Korrektur-Koordinatensystem kann **nicht** mit KLN mit anderen Koordinatensystemen verkettet werden

DPA SKS aktiviert unabhängig von der aktuell aktiven Befehlsebene wieder das werkseitig aktive Korrektur-Koordinatensystem PI_Levelling, Details siehe KEN.

KLN (Link Coordinate Systems)

Beschreibung:	Verbindet zwei Koordinatensysteme zu einer Kette aus Vorgänger und Nachfolger.
Format:	KLN <ChildCS> <ParentCS>
Argumente:	<p><ChildCS> ist der Name des Koordinatensystems, das in der Kette als Nachfolger an <ParentCS> angehängt werden soll.</p> <p><ParentCS> ist der Name des Koordinatensystems, das der Vorgänger von <ChildCS> in der Kette sein soll.</p>
Antwort:	Keine

Hinweise: Jedes Koordinatensystem ist Bestandteil mindestens einer Kette. Grundsätzlicher Aufbau von Koordinatensystem-Ketten siehe „Gruppen und Typen von Koordinatensystemen“ (S. 3) und „Verketteten von Koordinatensystemen“ (S. 6).

Werkseitig sind folgende Koordinatensysteme zu einer Kette verbunden:

- Das Koordinatensystem HEXAPOD, das auf der Konfigurationsdatei mit den Geometriedaten des Positionierers basiert, ist der „Ursprung“ aller Ketten und Vorgänger des Korrektur-Koordinatensystems PI_Levelling (unveränderbare Verkettung)
- PI_Levelling ist Vorgänger des Achsorientierungs-Koordinatensystems PI_Base
- PI_Base ist Vorgänger des Betriebs-Koordinatensystems ZERO

Für verkettete Koordinatensysteme gilt:

- Die tatsächlichen Offsetwerte für die Position der Achsen X, Y, Z, U, V, W ergeben sich jeweils aus den Offsetwerten der mit einem Koordinatensystem verketteten Vorgänger (Details siehe KLT?).
- Jedes Koordinatensystem hat genau einen Vorgänger und kann einen oder mehrere Nachfolger haben.
- Wenn ein Koordinatensystem aktiv ist, sind alle Vorgänger in der Kette ebenfalls in Verwendung und können nicht gelöscht oder überschrieben werden.
- Wenn ein (nicht verwendetes) Koordinatensystem gelöscht wird, werden sein Vorgänger und sein Nachfolger in der Kette miteinander verbunden.

Beschränkungen für den Aufbau von Ketten mit KLN:

- Ein Koordinatensystem kann nicht mit sich selbst verkettet werden.
- Ringverbindungen aus mindestens zwei Koordinatensystemen können zwar gebildet, aber **nicht** mit KEN aktiviert werden.
- Ein Koordinatensystem, das verwendet wird, kann **nicht** mit KLN als Nachfolger an ein anderes Koordinatensystem angehängt werden.
- An ein Koordinatensystem, das verwendet wird, kann mit KLN ein (nicht verwendetes) Koordinatensystem als Nachfolger angehängt werden.
- Vor dem Verketteten von Achsorientierungs-Koordinatensystemen vom Typ KSB(USER) als Nachfolger ist der Wechsel auf Befehlsebene 1 erforderlich (siehe CCL).
- Koordinatensysteme der Typen KLD(PI), KLF(PI), KLD(USER), KLF(USER) und das Koordinatensystem HEXAPOD können **nicht** mit KLN verkettet werden.
- Das Koordinatensystem PI_Base kann **nicht** mit KLN als Nachfolger an ein anderes Koordinatensystem angehängt werden.
- Koordinatensysteme vom Typ KSB(USER) können mit KLN nur mit anderen Koordinatensystemen vom Typ KSB(USER) verkettet oder als Nachfolger an das Koordinatensystem PI_Base angehängt werden.

- Das Koordinatensystem ZERO kann **nicht** mit KLN als Nachfolger an ein anderes Koordinatensystem angehängt werden.

Koordinatensysteme werden mit KLN im flüchtigen Speicher verkettet. Mit WPA SKS kann die Verkettung in den permanenten Speicher geschrieben werden.

KLN? (Get Coordinate System Chains)

Beschreibung:	Listet die Bestandteile der vorhandenen Ketten von Koordinatensystemen auf.
	Jedes Koordinatensystem ist Bestandteil mindestens einer Kette. Grundsätzlicher Aufbau von Koordinatensystem-Ketten siehe „Verkettung von Koordinatensystemen“ (S. 6)
Format:	KLN? [{<CSName>}]
Argumente:	<p><CSName> ist der Name eines Koordinatensystems, dessen Vorgänger in der Kette aufgelistet werden sollen.</p> <p>Wenn die Vorgänger aller Koordinatensysteme aufgelistet werden sollen, wird <CSName> weggelassen.</p>
Antwort:	<p>{<CSName>="<String>}</p> <p>wobei</p> <p><String> die Namen der Vorgänger des Koordinatensystems in der Kette enthält. Der „Ursprung“ der Kette steht immer am Ende der Zeile</p>
Hinweise:	Für eine übersichtliche Darstellung werden für Betriebs-Koordinatensysteme der Typen KSD, KSF, KSW und KST nur die Vorgänger bis zum Koordinatensystem ZERO aufgelistet. Die Vorgänger von ZERO können jedoch gezielt abgefragt werden und sind auch als separate Zeile in der Antwort enthalten, wenn <CSName> in der Abfrage weggelassen wird.

KLS? (Get Coordinate System Properties)

Beschreibung: Listet die Eigenschaften der im flüchtigen Speicher vorhandenen Koordinatensysteme auf.

Mit WPA SKS können die im flüchtigen Speicher vorhandenen Koordinatensysteme in den permanenten Speicher geschrieben werden.

Die Eigenschaften der im flüchtigen Speicher vorhandenen Kombinationen von Koordinatensystemen für das Work-und-Tool-Konzept können mit KLC? abgefragt werden.

Format: KLS? [<CSName>[<Item1>[<Item2>]]]

Argumente: <CSName> ist der Name eines Koordinatensystems. Nicht zulässig: HEXAPOD.

<Item1> ist eine Eigenschaft der Achsen des Controllers. Mögliche Werte:

Für alle Typen von Koordinatensystemen:

- POS: Offset für Positionen der Achsen

Nur für Koordinatensysteme der Typen KSD, KSF und ZERO:

- NLM: Untergrenze des Verfahrbereichs der Achse
- PLM: Obergrenze des Verfahrbereichs der Achse
- SSL: Aktivierungszustand der Verfahrbereichsgrenzen der Achse
- Wenn vom Controller unterstützt:
SST: Schrittweite für Bewegungen, die durch eine manuelle Bedieneinheit ausgelöst werden

Nur für Koordinatensysteme der Typen KSF und ZERO:

- SPI: Koordinaten des Pivotpunkts

<Item2> ist eine Achse des Controllers, mögliche Werte: X, Y, Z, U, V, W

Wenn die Eigenschaften aller Koordinatensysteme aufgelistet werden sollen, werden alle Argumente weggelassen.

Antwort: <String>
<String> enthält im XML-Format Informationen zu den im flüchtigen Speicher vorhandenen Koordinatensystemen.

Der Aufbau von <String> hängt von der Anzahl der Argumente im gesendeten Befehl ab.

Wenn kein Argument oder nur der Name eines Koordinatensystems angegeben wird, listet <String> zu jedem in der Antwort enthaltenen Koordinatensystem die zutreffenden Angaben für <Item1> und <Item2> und zusätzlich folgende Informationen auf:

- Name des Koordinatensystems (Name="")
- Name des direkten Vorgängers des Koordinatensystems in der Kette

(Parent="")

- Aktuelle Verwendung des Koordinatensystems;
 - Used="True": Das Koordinatensystem wird verwendet, d.h. es ist entweder selbst aktiv, oder es ist ein Vorgänger des aktiven Koordinatensystems in dessen Kette.
 - Used="False": Das Koordinatensystem wird nicht verwendet.
- Typ des Koordinatensystems (Type="")

Hinweis: Die Offsetwerte, die in der Antwort auf KLS? für Korrektur-Koordinatensysteme der Typen KLD(USER) und KLF(USER) angezeigt werden, ergeben sich durch Rückrechnung aus allen aktuell aktiven Koordinatensystemen. Sie können sich deshalb beim Wechsel der aktiven Koordinatensysteme ändern.

Beispiel: Das nachfolgende Beispiel zeigt die Antwort auf KLS? für die werkseitig vorhandenen Koordinatensysteme.

KLS?

<SingleCoordinateSystem>

<ZERO Name="ZERO" Parent="PI_BASE" Used="True" Type="ZERO">

<POS X="0.000000" Y="0.000000" Z="0.000000" U="0.000000" V="0.000000" W="0.000000"/>

<NLM X="-10.000100" Y="-10.000100" Z="-10.000100" U="-1.000100" V="-1.000100" W="-1.000100"/>

<PLM X="10.000100" Y="10.000100" Z="10.000100" U="1.000100" V="1.000100" W="1.000100"/>

<SSL X="1" Y="1" Z="1" U="1" V="1" W="1"/>

<SPI R="0.000000" S="0.000000" T="481.000000"/>

<SST X="0.010000" Y="0.010000" Z="0.010000" U="0.010000" V="0.010000" W="0.010000"/>

</ZERO>

<PI_BASE Name="PI_BASE" Parent="PI_LEVELLING" Used="True" Type="KSB(PI)">

<POS X="0.000000" Y="0.000000" Z="0.000000" U="0.000000" V="0.000000" W="0.000000"/>

</PI_BASE>

<PI_LEVELLING Name="PI_LEVELLING" Parent="HEXAPOD" Used="True" Type="KLD(PI)">

<POS X="0.000000" Y="0.000000" Z="0.000000" U="0.000000" V="0.000000" W="0.000000"/>

</PI_LEVELLING></SingleCoordinateSystem>

KLT? (Get Offsets Resulting From A Chain)

Beschreibung: Listet für ein Koordinatensystem die Offsetwerte für die Position der Achsen X, Y, Z, U, V, W auf, die aus den Offsetwerten der mit diesem Koordinatensystem verketteten Vorgänger resultieren.

Für Betriebs-Koordinatensysteme gehen nur die als Vorgänger verketteten Betriebs-Koordinatensysteme bis zum Koordinatensystem ZERO in die Berechnung ein.

Für Achsorientierungs-Koordinatensysteme gehen nur die als Vorgänger verketteten Achsorientierungs-Koordinatensysteme bis zum Koordinatensystem HEXAPOD in die Berechnung ein.

Für Korrektur-Koordinatensysteme gehen nur die als Vorgänger verketteten Korrektur-Koordinatensysteme bis zum Koordinatensystem HEXAPOD in die Berechnung ein.

Format: KLT? [<StartCS> [<EndCS>]]

Argumente: <StartCS> ist der Name des Koordinatensystems, für das die aus seinen Vorgängern resultierenden Offsetwerte abgefragt werden sollen.
 <EndCS> ist der Name eines als Vorgänger von <StartCS> verketteten Koordinatensystems, das als Ausgangspunkt der Offsetberechnung verwendet werden soll. Wenn <EndCS> weggelassen wird, hängt der Ausgangspunkt der Berechnung von der Angabe für <StartCS> ab:

- <StartCS> ist ein Betriebs-Koordinatensystem (Typ KSD, KSF, KST, KSW oder ZERO): Ausgangspunkt ist ZERO
- <StartCS> ist ein Achsorientierungs- oder Korrektur-Koordinatensystem (Typen KSB(PI), KSB(USER), KLD(PI), KLD(USER), KLF(PI), KLF(USER)): Ausgangspunkt ist HEXAPOD

Wenn die resultierenden Offsetwerte für alle Koordinatensysteme aufgelistet werden sollen, werden alle Argumente weggelassen.

Antwort: <String>

<String> enthält für jedes abgefragte Koordinatensystem eine Zeile mit folgenden Angaben:

- Name: Der Name des Koordinatensystems, für das die resultierenden Offsetwerte aufgelistet werden.
- EndCoordinateSystem: Der Name des Koordinatensystems, das als Ausgangspunkt der Berechnung der Offsetwerte verwendet wurde.
- X, Y, Z, U, V, W: Resultierender Offsetwert für die entsprechende Achse.

Hinweis: KLT? fragt den flüchtigen Speicher ab.

Die Eigenschaften der im flüchtigen Speicher vorhandenen Koordinatensysteme können mit KLS? abgefragt werden.

Beispiel: Das nachfolgende Beispiel zeigt die Antwort auf KLT? für die werkseitig vorhandenen Koordinatensysteme.

KLT?

Name=ZERO	EndCoordinateSystem=ZERO	X=0.000000	Y=0.000000	Z=0.000000	U=0.000000	V=0.000000	W=0.000000
Name=PI_BASE	EndCoordinateSystem=HEXAPOD	X=0.000000	Y=0.000000	Z=0.000000	U=0.000000	V=0.000000	W=0.000000
Name=PI_LEVELLING	EndCoordinateSystem=HEXAPOD	X=0.000000	Y=0.000000	Z=0.000000	U=0.000000	V=0.000000	W=0.000000

KRM (Remove Coordinate System)

Beschreibung: Löscht ein Koordinatensystem.

Format: KRM <CSName>

Argumente: <CSName> ist der Name des Koordinatensystems, das gelöscht werden soll.

Antwort: Keine

Hinweise: Ein Koordinatensystem, das verwendet wird (d.h. das selbst aktiv ist oder als Vorgänger mit dem aktiven Koordinatensystem verkettet ist), kann **nicht** gelöscht werden.

Beim Löschen eines (nicht verwendeten) Koordinatensystems werden dessen Vorgänger und Nachfolger in der Kette von Koordinatensystemen miteinander verbunden.

Vor dem Löschen eines Korrektur-Koordinatensystems der Typen KLD(USER), KLF(USER) und KSB(USER) ist der Wechsel auf Befehlsebene 1 erforderlich (siehe CCL).

Das Koordinatensystem wird im flüchtigen Speicher gelöscht. Mit WPA SKS kann das Löschen in den permanenten Speicher übertragen werden.

KSB (Define Orientational Coordinate System)

Beschreibung: Definiert ein Achsorientierungs-Koordinatensystem vom Typ KSB(USER) zum dauerhaften Ändern der Richtung der Achsen X und/oder Y und/oder Z.

Die Richtung der Achsen wird durch Drehen des Koordinatensystems in 90°-Schritten wie folgt geändert:

- Drehen um X, d.h. Angabe eines Winkelwerts für U, ändert die Richtung der Achsen Y und Z
- Drehen um Y, d.h. Angabe eines Winkelwerts für V, ändert die Richtung der Achsen X und Z
- Drehen um Z, d.h. Angabe eines Winkelwerts für W, ändert die Richtung der Achsen X und Y

Das Koordinatensystem wird im flüchtigen Speicher definiert. Mit WPA SKS kann die Definition in den permanenten Speicher geschrieben werden.

Format: KSB <CSName> [{<AxisID> <Angle>}]

Argumente: <CSName> ist der Name des Koordinatensystems, das definiert werden soll.
 <AxisID> ist eine Achse des Controllers. Mögliche Werte: U, V, W.
 <Angle> ist der Winkel, um den die Achse gedreht werden soll. Mögliche Werte: 0, 90, 180, 270, -90, -180, -270 (Einheit: Grad).
 Für Achsen, die im Befehl KSB nicht angegeben werden, wird der Winkel auf null gesetzt.

Antwort: Keine

Hinweise: Vor dem Definieren eines Achsorientierungs-Koordinatensystems ist der Wechsel auf Befehlsebene 1 erforderlich (siehe CCL).

Möglichkeiten zum Definieren eines Koordinatensystems mit KSB:

- <CSName> ist ein neuer Name. Das Achsorientierungs-Koordinatensystem wird unter diesem Namen neu angelegt und hat automatisch das aktive Achsorientierungs-Koordinatensystem als Vorgänger
- <CSName> ist der Name eines existierenden Koordinatensystems, das nicht verwendet wird. Das Koordinatensystem wird durch die Definition mit KSB überschrieben und automatisch als Nachfolger an das aktive Achsorientierungs-Koordinatensystem angehängt

Achsorientierungs-Koordinatensysteme vom Typ KSB(USER) können mit KLN mit anderen Koordinatensystemen vom Typ KSB(User) verkettet oder als Nachfolger an das Koordinatensystem PI_Base angehängt werden.

Achsorientierungs-Koordinatensysteme vom Typ KSB(USER) können mit KEN aktiviert werden. DPA SKS aktiviert wieder das werkseitig aktive Achsorientierungs-Koordinatensystem PI_Base, Details siehe KEN.

KSD (Define Operating Coordinate System By Specifying Values)

Beschreibung: Definiert ein Betriebs-Koordinatensystem vom Typ KSD.

Ein Koordinatensystem vom Typ KSD kann beliebig im Raum platziert und ausgerichtet werden. Siehe „Das Work-und-Tool-Konzept“ (S. 4) und insbesondere „Betrachtung von Koordinatensystemen der Typen KSD und KSF aus dem Blickwinkel von „Work“ und „Tool““ (S. 5) für weiterführende Erläuterungen.

Die Platzierung des Koordinatensystems im Raum wird durch Angabe von Offsetwerten für die Achsen X, Y, Z festgelegt. Die Ausrichtung des Koordinatensystems wird durch Angabe von Offsetwerten für die Achsen U, V, W festgelegt:

- Drehen um X, d.h. Angabe eines Offsets für U, ändert die Richtung der Achsen Y und Z
- Drehen um Y, d.h. Angabe eines Offsets für V, ändert die Richtung der Achsen X und Z
- Drehen um Z, d.h. Angabe eines Offsets für W, ändert die Richtung der Achsen X und Y

Wenn ein Betriebs-Koordinatensystem vom Typ KSD mit KEN aktiviert wurde:

- Das Koordinatensystem bestimmt die Positionsangaben für die Bewegungsplattform des Positionierers (Abfrage der aktuellen Position mit POS?).
- Die Koordinaten des Drehpunkts können **nicht** mit SPI geändert werden, und der mit SPI definierte Pivotpunkt wird **nicht** verwendet.

Wenn ein Koordinatensystem vom Typ KSD selbst nicht aktiv ist, jedoch als Vorgänger mit dem aktiven Betriebs-Koordinatensystem verkettet ist, gehen seine Offsetwerte in die Berechnung der Offsetwerte des aktiven Betriebs-Koordinatensystems ein (siehe KLT?).

Das Koordinatensystem wird im flüchtigen Speicher definiert. Mit WPA SKS kann die Definition in den permanenten Speicher geschrieben werden.

Format: KSD <CSName> [{<AxisID> <Offset>}]

Argumente:	<p><CSName> ist der Name des Koordinatensystems, das definiert werden soll.</p> <p><AxisID> ist eine Achse des Controllers. Mögliche Werte: X, Y, Z, U, V, W.</p> <p><Offset> ist ein Offsetwert für die Platzierung oder Ausrichtung der Achse; in physikalischen Einheiten.</p> <p>Für Achsen, die im Befehl KSD nicht angegeben werden, wird der Offset auf null gesetzt.</p>
Antwort:	Keine
Hinweise:	<p>Wenn ein Betriebskoordinatensystem vom Typ KSD aktiv ist:</p> <ul style="list-style-type: none"> Neben den Offsetwerten für die Achsen X, Y, Z, U, V, W gibt das Koordinatensystem Werte für die folgenden Einstellungen vor: <ul style="list-style-type: none"> NLM: Untergrenze des Verfahrbereichs der Achse PLM: Obergrenze des Verfahrbereichs der Achse SSL: Aktivierungszustand der Verfahrbereichsgrenzen der Achse Wenn vom Controller unterstützt: <ul style="list-style-type: none"> SST: Schrittweite für Bewegungen, die durch eine manuelle Bedieneinheit ausgelöst werden Die aktuellen Einstellungen können mit den entsprechenden Befehlen geändert werden. Die aktuellen Einstellungen können mit KLS? abgefragt werden. Die aktuellen Einstellungen werden mit WPA SKS für das Koordinatensystem gespeichert. Für Details zum Auslösen von Bewegungen siehe "Kommandieren von Bewegungen" (S. 12).

Möglichkeiten zum Definieren eines Koordinatensystems mit KSD:

- <CSName> ist ein neuer Name. Das Betriebs-Koordinatensystem wird unter diesem Namen neu angelegt und hat automatisch das Betriebs-Koordinatensystem ZERO als Vorgänger.
- <CSName> ist der Name eines existierenden Koordinatensystems, das nicht verwendet wird. Das Koordinatensystem wird durch die Definition mit KSD überschrieben.
 - Wenn das überschriebene Koordinatensystem ebenfalls vom Typ KSD war, bleibt die Verkettung mit seinem Vorgänger und Nachfolger erhalten.
 - Wenn das überschriebene Koordinatensystem nicht vom Typ KSD war, wird sein Typ in KSD geändert, und es wird an ZERO als neuen Vorgänger angehängt.

Betriebs-Koordinatensysteme der Typen KSD, KSF, KST, KSW können mit KLN mit anderen Betriebs-Koordinatensystemen dieser Typen verkettet oder wieder als Nachfolger an das Koordinatensystem ZERO angehängt werden.

KEN ZERO und DPA SKS aktivieren wieder das werkseitig aktive Betriebs-Koordinatensystem ZERO, Details siehe KEN.

KSF (Define Operating Coordinate System At Current Position)

Beschreibung: Definiert ein Betriebs-Koordinatensystem vom Typ KSF an der aktuellen Position der Bewegungsplattform des Positionierers.

Siehe „Das Work-und-Tool-Konzept“ (S. 4) und insbesondere „Betrachtung von Koordinatensystemen der Typen KSD und KSF aus dem Blickwinkel von „Work“ und „Tool““ (S. 5) für weiterführende Erläuterungen.

Wenn ein Betriebs-Koordinatensystem vom Typ KSF mit KEN aktiviert wurde, bestimmt es die Positionsangaben für die Bewegungsplattform des Positionierers (Abfrage der aktuellen Position mit POS?), und der mit SPI definierte Pivotpunkt wird als Drehpunkt für Rotationen verwendet.

Wenn ein Koordinatensystem vom Typ KSF selbst nicht aktiv ist, jedoch als Vorgänger mit dem aktiven Betriebs-Koordinatensystem verkettet ist, gehen seine Offsetwerte in die Berechnung der Offsetwerte des aktiven Betriebs-Koordinatensystems ein (siehe KLT?).

Die Definition mit KSF ist nur möglich, wenn sich der Positionierer nicht bewegt.

Das Koordinatensystem wird im flüchtigen Speicher definiert. Mit WPA SKS kann die Definition in den permanenten Speicher geschrieben werden.

Format: KSF <CSName>

Argumente: <CSName> ist der Name des Koordinatensystems, das definiert werden soll.

Antwort: Keine

Hinweise: Wenn ein Koordinatensystem vom Typ KSF definiert wird, werden seine Pivotpunkt-Koordinaten (R, S, T, siehe SPI) auf die Werte gesetzt, die für das aktuell aktive Betriebs-Koordinatensystem gültig sind. Wenn das aktive Betriebs-Koordinatensystem den mit SPI gesetzten Pivotpunkt nicht unterstützt (Typen KSD, KST/KSW), werden die Pivotpunkt-Koordinaten des KSF-Koordinatensystems auf $R = S = T = 0$ gesetzt.

Wenn ein Betriebskoordinatensystem vom Typ KSF aktiv ist:

- Neben den Offsetwerten für die Achsen X, Y, Z, U, V, W gibt das Koordinatensystem Werte für die folgenden Einstellungen vor:
 - NLM: Untergrenze des Verfahrbereichs der Achse
 - PLM: Obergrenze des Verfahrbereichs der Achse

- SSL: Aktivierungszustand der Verfahrbereichsgrenzen der Achse
- SPI: Pivotpunktkoordinaten R, S, T
- Wenn vom Controller unterstützt:
SST: Schrittweite für Bewegungen, die durch eine manuelle Bedieneinheit ausgelöst werden
- Die aktuellen Einstellungen können mit den entsprechenden Befehlen geändert werden. Die Pivotpunktkoordinaten können mit SPI nur geändert werden, wenn für die aktuelle Position der Plattform gilt $U = V = W = 0$.
- Die aktuellen Einstellungen können mit KLS? abgefragt werden.
- Die aktuellen Einstellungen werden mit WPA SKS für das Koordinatensystem gespeichert.
- Für Details zum Auslösen von Bewegungen siehe "Kommandieren von Bewegungen" (S. 12).

Möglichkeiten zum Definieren eines Koordinatensystems mit KSF:

- <CSName> ist ein neuer Name. Das Betriebs-Koordinatensystem wird unter diesem Namen neu angelegt und hat automatisch das Betriebs-Koordinatensystem ZERO als Vorgänger.
- <CSName> ist der Name eines existierenden Koordinatensystems, das nicht verwendet wird. Das Koordinatensystem wird durch die Definition mit KSF überschrieben und automatisch als Nachfolger an das Betriebs-Koordinatensystem ZERO angehängt.

Betriebs-Koordinatensysteme der Typen KSD, KSF, KST, KSW können mit KLN mit anderen Betriebs-Koordinatensystemen dieser Typen verkettet oder wieder als Nachfolger an das Koordinatensystem ZERO angehängt werden.

KEN ZERO und DPA SKS aktivieren wieder das werkseitig aktive Betriebs-Koordinatensystem ZERO, Details siehe KEN.

KST (Define "Tool" Operating Coordinate System)

Beschreibung: Definiert ein Betriebs-Koordinatensystem vom Typ KST („Tool-Koordinatensystem“) für das Work-und-Tool-Konzept. Siehe „Das Work-und-Tool-Konzept“ (S. 4) für weiterführende Erläuterungen.

Die Platzierung des Tool-Koordinatensystems wird durch Angabe von Offsetwerten für die Achsen X, Y, Z festgelegt. Die Ausrichtung des Tool-Koordinatensystems wird durch Angabe von Offsetwerten für die Achsen U, V, W festgelegt:

- Drehen um X, d.h. Angabe eines Offsets für U, ändert die Richtung der Achsen Y und Z
- Drehen um Y, d.h. Angabe eines Offsets für V, ändert die Richtung der Achsen

X und Z

- Drehen um Z, d.h. Angabe eines Offsets für W, ändert die Richtung der Achsen X und Y

Wenn ein Betriebs-Koordinatensystem vom Typ KST aktiv ist, wird mit dem Work-und-Tool-Konzept gearbeitet, und Folgendes gilt:

- Zusätzlich zum Tool-Koordinatensystem muss ein Work-Koordinatensystem aktiv sein. Wenn kein Work-Koordinatensystem vom Typ KSW aktiv ist, wird als Ersatz ein automatisch erzeugtes Work-Koordinatensystem verwendet, Details siehe S. 4.
- Die Koordinaten des Drehpunkts können **nicht** mit SPI geändert werden, und der mit SPI definierte Pivotpunkt wird **nicht** verwendet.

Wenn ein Koordinatensystem vom Typ KST selbst nicht aktiv ist, jedoch als Vorgänger mit dem aktiven Betriebs-Koordinatensystem verkettet ist, gehen seine Offsetwerte in die Berechnung der Offsetwerte des aktiven Betriebs-Koordinatensystems ein (siehe KLT?).

Das Koordinatensystem wird im flüchtigen Speicher definiert. Mit WPA SKS kann die Definition in den permanenten Speicher geschrieben werden.

Format: KST <CSName> [{<AxisID> <Offset>}]

Argumente: <CSName> ist der Name des Koordinatensystems, das definiert werden soll.
 <AxisID> ist eine Achse des Controllers. Mögliche Werte: X, Y, Z, U, V, W.
 <Offset> ist ein Offsetwert für die Platzierung oder Ausrichtung der Achse; in physikalischen Einheiten.
 Für Achsen, die im Befehl KST nicht angegeben werden, wird der Offset auf null gesetzt.

Antwort: Keine

Hinweise: Wenn eine Kombination aus Koordinatensystemen der Typen KSW/KST oder ZERO/KST oder KSW/ZERO aktiv ist:

- Neben den Offsetwerten für die Achsen X, Y, Z, U, V, W gibt die Kombination Werte für die folgenden Einstellungen vor:
 - NLM: Untergrenze des Verfahrbereichs der Achse
 - PLM: Obergrenze des Verfahrbereichs der Achse
 - SSL: Aktivierungszustand der Verfahrbereichsgrenzen der Achse
 - Wenn vom Controller unterstützt:
 SST: Schrittweite für Bewegungen, die durch eine manuelle Bedieneinheit ausgelöst werden
- Die aktuellen Einstellungen können mit den entsprechenden Befehlen geändert werden.

- Die aktuellen Einstellungen können mit KLC? abgefragt werden.
- Die aktuellen Einstellungen werden mit WPA SKS für die Koordinatensystem-Kombination gespeichert.
- Für Details zum Auslösen von Bewegungen siehe "Kommandieren von Bewegungen" (S. 12).

Möglichkeiten zum Definieren eines Koordinatensystems mit KST:

- <CSName> ist ein neuer Name. Das Betriebs-Koordinatensystem wird unter diesem Namen neu angelegt und hat automatisch das Betriebs-Koordinatensystem ZERO als Vorgänger.
- <CSName> ist der Name eines existierenden Koordinatensystems, das nicht verwendet wird. Das Koordinatensystem wird durch die Definition mit KST überschrieben.
 - Wenn das überschriebene Koordinatensystem ebenfalls vom Typ KST war, bleibt die Verkettung mit seinem Vorgänger und Nachfolger erhalten.
 - Wenn das überschriebene Koordinatensystem nicht vom Typ KST war, wird sein Typ in KST geändert, und es wird an ZERO als neuen Vorgänger angehängt.

Betriebs-Koordinatensysteme der Typen KSD, KSF, KST, KSW können mit KLN mit anderen Betriebs-Koordinatensystemen dieser Typen verkettet oder wieder als Nachfolger an das Koordinatensystem ZERO angehängt werden.

KEN ZERO und DPA SKS aktivieren wieder das werkseitig aktive Betriebs-Koordinatensystem ZERO, Details siehe KEN.

KSW (Define "Work" Operating Coordinate System)

Beschreibung: Definiert ein Betriebs-Koordinatensystem vom Typ KSW („Work-Koordinatensystem“) für das Work-und-Tool-Konzept. Siehe „Das Work-und-Tool-Konzept“ (S. 4) für weiterführende Erläuterungen.

Die Platzierung des Work-Koordinatensystems wird durch Angabe von Offsetwerten für die Achsen X, Y, Z festgelegt. Die Ausrichtung des Work-Koordinatensystems wird durch Angabe von Offsetwerten für die Achsen U, V, W festgelegt:

- Drehen um X, d.h. Angabe eines Offsets für U, ändert die Richtung der Achsen Y und Z
- Drehen um Y, d.h. Angabe eines Offsets für V, ändert die Richtung der Achsen X und Z
- Drehen um Z, d.h. Angabe eines Offsets für W, ändert die Richtung der Achsen X und Y

Wenn ein Betriebs-Koordinatensystem vom Typ KSW aktiv ist, wird mit dem Work-und-Tool-Konzept gearbeitet, und Folgendes gilt:

- Zusätzlich zum Work-Koordinatensystem muss ein Tool-Koordinatensystem aktiv sein. Wenn kein Tool-Koordinatensystem vom Typ KST aktiv ist, wird als Ersatz ein automatisch erzeugtes Tool-Koordinatensystem verwendet, Details siehe S. 4.
- Die Koordinaten des Drehpunkts können **nicht** mit SPI geändert werden, und der mit SPI definierte Pivotpunkt wird **nicht** verwendet.

Wenn ein Koordinatensystem vom Typ KSW selbst nicht aktiv ist, jedoch als Vorgänger mit dem aktiven Betriebs-Koordinatensystem verkettet ist, gehen seine Offsetwerte in die Berechnung der Offsetwerte des aktiven Betriebs-Koordinatensystems ein (siehe KLT?).

Das Koordinatensystem wird im flüchtigen Speicher definiert. Mit WPA SKS kann die Definition in den permanenten Speicher geschrieben werden.

Format: KSW <CSName> [{<AxisID> <Offset>}]

Argumente: <CSName> ist der Name des Koordinatensystems, das definiert werden soll.
 <AxisID> ist eine Achse des Controllers. Mögliche Werte: X, Y, Z, U, V, W.
 <Offset> ist ein Offsetwert für die Platzierung oder Ausrichtung der Achse; in physikalischen Einheiten.
 Für Achsen, die im Befehl KSW nicht angegeben werden, wird der Offset auf null gesetzt.

Antwort: Keine

Hinweise: Wenn eine Kombination aus Koordinatensystemen der Typen KSW/KST oder ZERO/KST oder KSW/ZERO aktiv ist:

- Neben den Offsetwerten für die Achsen X, Y, Z, U, V, W gibt die Kombination Werte für die folgenden Einstellungen vor:
 - NLM: Untergrenze des Verfahrbereichs der Achse
 - PLM: Obergrenze des Verfahrbereichs der Achse
 - SSL: Aktivierungszustand der Verfahrbereichsgrenzen der Achse
 - Wenn vom Controller unterstützt:
 SST: Schrittweite für Bewegungen, die durch eine manuelle Bedieneinheit ausgelöst werden
- Die aktuellen Einstellungen können mit den entsprechenden Befehlen geändert werden.
- Die aktuellen Einstellungen können mit KLC? abgefragt werden.
- Die aktuellen Einstellungen werden mit WPA SKS für die Koordinatensystem-Kombination gespeichert.

- Für Details zum Auslösen von Bewegungen siehe “Kommandieren von Bewegungen” (S. 12).

Möglichkeiten zum Definieren eines Koordinatensystems mit KSW:

- <CSName> ist ein neuer Name. Das Betriebs-Koordinatensystem wird unter diesem Namen neu angelegt und hat automatisch das Betriebs-Koordinatensystem ZERO als Vorgänger.
- <CSName> ist der Name eines existierenden Koordinatensystems, das nicht verwendet wird. Das Koordinatensystem wird durch die Definition mit KSW überschrieben.
 - Wenn das überschriebene Koordinatensystem ebenfalls vom Typ KSW war, bleibt die Verkettung mit seinem Vorgänger und Nachfolger erhalten.
 - Wenn das überschriebene Koordinatensystem nicht vom Typ KSW war, wird sein Typ in KSW geändert, und es wird an ZERO als neuen Vorgänger angehängt.

Betriebs-Koordinatensysteme der Typen KSD, KSF, KST, KSW können mit KLN mit anderen Betriebs-Koordinatensystemen dieser Typen verkettet oder wieder als Nachfolger an das Koordinatensystem ZERO angehängt werden.

KEN ZERO und DPA SKS aktivieren wieder das werkseitig aktive Betriebs-Koordinatensystem ZERO, Details siehe KEN.

MRT (Set Target Relative In Tool Coordinate System)

Beschreibung: Bewegt die angegebene Achse relativ im Tool-Koordinatensystem. Siehe „Das Work- und-Tool-Konzept“ (S. 4) für weiterführende Erläuterungen.

Während der Ermittlung der anzufahrenden Zielposition aus den Werten für <Distance> wird zuerst die Translation berechnet und danach die Rotation.

Der Servomodus muss für die kommandierte Achse vor dem Einsatz dieses Befehls eingeschaltet sein (geregelter Betrieb).

Format: MRT {<AxisID> <Distance>}

Argumente: <AxisID> ist eine Achse des Controllers. Mögliche Werte: X, Y, Z, U, V, W.
 <Distance> gibt die Strecke an, um die sich die Achse bewegen soll; die Summe der Strecke und der letzten kommandierten Zielposition wird als neue Zielposition gesetzt (in physikalischen Einheiten).

Antwort: Keine

Fehlersuche:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zielposition außerhalb des aktuellen Arbeitsraums. ▪ Parameter Trajectory Source (ID 0x19001900) ist auf 1 gesetzt (muss bei Verwendung von MRT jedoch auf 0 gesetzt sein). ▪ Servomodus ist Aus für eine der angegebenen Achsen. ▪ Für mindestens eine Achse wurde die Referenzfahrt nicht erfolgreich abgeschlossen.
Hinweise:	<p>Wenn nicht mit dem Work-und-Tool-Konzept gearbeitet wird, werden Bewegungen mit MRT in dem Tool-Koordinatensystem ausgeführt, das entsprechend dem aktiven Betriebs-Koordinatensystem besteht (siehe „Betrachtung von Koordinatensystemen der Typen KSD und KSF aus dem Blickwinkel von „Work“ und „Tool“, S. 5).</p> <p>Die physikalische Einheit, in der <Distance> anzugeben ist, kann mit PUN? abgefragt werden.</p> <p>Um festzustellen, ob eine Bewegung abgeschlossen ist, wird empfohlen, #5 zu senden.</p> <p>Die Bewegung kann durch #24, STP und HLT abgebrochen werden.</p>

MRW (Set Target Relative In Work Coordinate System)

Beschreibung:	<p>Bewegt die angegebene Achse relativ im Work-Koordinatensystem. Siehe „Das Work-und-Tool-Konzept“ (S. 4) für weiterführende Erläuterungen.</p> <p>Während der Ermittlung der anzufahrenden Zielposition aus den Werten für <Distance> wird zuerst die Translation berechnet und danach die Rotation.</p> <p>Der Servomodus muss für die kommandierte Achse vor dem Einsatz dieses Befehls eingeschaltet sein (geregelter Betrieb).</p>
Format:	MRW {<AxisID> <Distance>}
Argumente:	<p><AxisID> ist eine Achse des Controllers. Mögliche Werte: X, Y, Z, U, V, W.</p> <p><Distance> gibt die Strecke an, um die sich die Achse bewegen soll; die Summe der Strecke und der letzten kommandierten Zielposition wird als neue Zielposition gesetzt (in physikalischen Einheiten).</p>
Antwort:	Keine

Fehlersuche:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zielposition außerhalb des aktuellen Arbeitsraums. ▪ Parameter Trajectory Source (ID 0x19001900) ist auf 1 gesetzt (muss bei Verwendung von MRW jedoch auf 0 gesetzt sein). ▪ Servomodus ist Aus für eine der angegebenen Achsen. ▪ Für mindestens eine Achse wurde die Referenzfahrt nicht erfolgreich abgeschlossen.
Hinweise:	<p>Wenn nicht mit dem Work-und-Tool-Konzept gearbeitet wird, werden Bewegungen mit MRW in dem Work-Koordinatensystem ausgeführt, das entsprechend dem aktiven Betriebs-Koordinatensystem besteht (siehe „Betrachtung von Koordinatensystemen der Typen KSD und KSF aus dem Blickwinkel von „Work“ und „Tool““, S. 5).</p> <p>Die physikalische Einheit, in der <Distance> anzugeben ist, kann mit PUN? abgefragt werden.</p> <p>Um festzustellen, ob eine Bewegung abgeschlossen ist, wird empfohlen, #5 zu senden.</p> <p>Die Bewegung kann durch #24, STP und HLT abgebrochen werden.</p>

TRA? (Get Maximum Commandable Position For Direction Vector)

Beschreibung:	<p>Fragt die absolute Position ab, die maximal kommandiert werden kann, wenn sich die Plattform des Positionierers entlang des Richtungsvektors bewegt, der durch die angegebenen Achsenanteile definiert wird.</p> <p>Die maximal kommandierbare Position wird ausgehend von der aktuellen Position berechnet und kann nur abgefragt werden, wenn sich die Plattform des Positionierers nicht bewegt.</p> <p>Anmerkung: „Maximal“ bezieht sich auf den Betrag des Positionswerts. Deshalb wird in dieser Beschreibung auch die größtmögliche Auslenkung in negative Richtung als „maximale“ Position bezeichnet (und nicht als „minimale“ Position).</p>
Format:	TRA? {<AxisID> <Component>}
Argumente:	<p><AxisID> ist eine Achse des Controllers. Mögliche Werte: X, Y, Z, U, V, W.</p> <p><Component> ist der Anteil der Achse am Richtungsvektor. Muss für mindestens eine abgefragte Achse verschieden von null sein. Kann ein negatives Vorzeichen haben.</p> <p>Achsen, die in der Abfrage nicht angegeben werden, haben keinen Anteil am Richtungsvektor und sind in der Antwort nicht enthalten.</p>

Antwort {<AxisID>=" "<Position> LF}

wobei

<Position> die für die Achse maximal kommandierbare absolute Position ist, wenn sich die Plattform des Positionierers entlang des angegebenen Richtungsvektors bewegt; in physikalischen Einheiten.

Hinweise: Die aktuellen Einstellungen für die Verfahrbereichsgrenzen (siehe NLM, PLM, SSL) und, falls vom aktiven Betriebs-Koordinatensystem verwendet, für den mit SPI definierten Pivotpunkt (siehe SPI) werden in die Berechnung einbezogen.

Die physikalische Einheit, in der die maximal kommandierbare Position angegeben wird, kann mit PUN? abgefragt werden.

Beispiel: Die Bewegungsplattform soll sich in Richtung des Vektors (X, Z) = (2, 4) bewegen. Mit dem Befehl PLM ist die obere Verfahrbereichsgrenze für die Achse X auf den Wert 1 gesetzt.

Senden Sie:

TRA? X 2 Z 4

Die Antwort gibt die maximale absolute Position an, die von der aktuellen Position aus in Richtung des Vektors (X, Z) = (2, 4) angefahren werden kann:

X=1.00000

Z=1.99869

WPA (Save Settings To Non-Volatile Memory)

Beschreibung: Schreibt die aktuellen Einstellungen aus dem flüchtigen in den permanenten Speicher.

Die mit WPA gespeicherten Einstellungen werden beim Einschalten oder Neustart des Controllers automatisch aus dem permanenten Speicher in den flüchtigen Speicher geladen.

Hinweis: Fehlerhafte Einstellungen können zur Fehlfunktion des Systems führen. Vergewissern Sie sich, dass die aktuellen Einstellungen korrekt sind, bevor Sie den Befehl WPA ausführen.

Einstellungen im flüchtigen Speicher, die nicht mit WPA gespeichert wurden, gehen verloren, wenn der Controller ausgeschaltet oder neugestartet wird bzw. wenn Einstellungen zurückgesetzt werden.

Format: WPA <Pswd> [{<ItemID> <PamID>}]

Argumente:	<p><Pswd> ist das Kennwort zum Schreiben in den permanenten Speicher. Nähere Angaben siehe unten.</p> <p><ItemID> ist das Element, für das ein Parameter aus dem flüchtigen Speicher im permanenten Speicher gespeichert werden soll. Nähere Angaben siehe unten.</p> <p><PamID> ist die Parameterkennung, kann im Hexadezimal- oder Dezimalformat geschrieben werden. Nähere Angaben siehe unten.</p>
Antwort:	Keine
Fehlersuche:	Unzulässige Elementkennung, falsche Parameter-ID, ungültiges Kennwort
Hinweise:	<p>Wenn Parametereinstellungen gespeichert werden sollen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Parameterwerte können im flüchtigen Speicher mit dem Befehl SPA geändert werden. ▪ Ein Element kann eine Achse, ein Antrieb, ein Eingangssignalkanal (wenn vom Controller unterstützt) oder das gesamte System sein. Der Elementtyp hängt vom Parameter ab. Weitere Informationen siehe "Anpassen von Einstellungen" im Handbuch des Controllers. ▪ Mit der Abfrage HPA? erhalten Sie eine Liste aller verfügbaren Parameter. Gültige Parameter-IDs finden Sie auch in der Parameterübersicht im Handbuch des Controllers. <p>Neben den Einstellungen der Parameter können mit WPA die Einstellungen für Koordinatensysteme in den permanenten Speicher geschrieben werden (Details siehe untenstehende Tabelle).</p> <p>Das Speichern mit WPA überschreibt nicht die Werkseinstellungen, die mit DPA (S. 17) wiederhergestellt werden können.</p>

Hinweis: Vermeiden Sie es, den Controller während der WPA-Prozedur auszuschalten.

Gültige Kennwörter
zum Schreiben in
den permanenten
Speicher:

100 Speichert die aktuell gültigen Werte aller Parameter und die aktuell gültigen Einstellungen für Koordinatensysteme (Details siehe Kennwort SKS). Beim Controller C-887 wird außerdem die aktuelle Zuweisung von Verstellertypen zu den Achsen A und B gespeichert.

101 Speichert die aktuell gültigen Parameterwerte. Die Angabe von <ItemID> und <PamID> ist optional.

SKS Die Angabe von <ItemID> und <PamID> entfällt bei Verwendung des Passworts SKS.

Speichert die aktuell gültigen Einstellungen für Koordinatensysteme:

- Eigenschaften der im flüchtigen Speicher vorhandenen Koordinatensysteme und Kombinationen von Koordinatensystemen, siehe KLS? und KLC?
- Aktivierungszustand von Koordinatensystemen, siehe KEN
- Verkettung von Koordinatensystemen, siehe KLN

Wenn ZERO aktiv ist: Die aktuellen Werte für NLM, PLM, SSL, SPI und SST werden nicht gespeichert. Damit wird sichergestellt, dass KEN ZERO die Werkseinstellungen für das Betriebs-Koordinatensystem wieder im vollen Umfang aktiviert.

A12 Nur Controller C-887: Zuweisung von Verstellertypen zu den Achsen A und B

Gültige Kennwörter können mit MAN? WPA abgefragt werden.