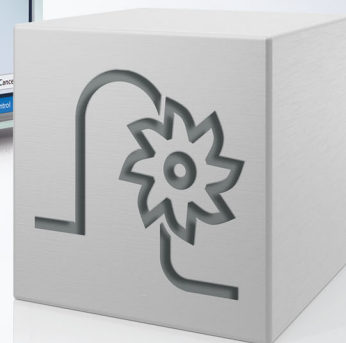
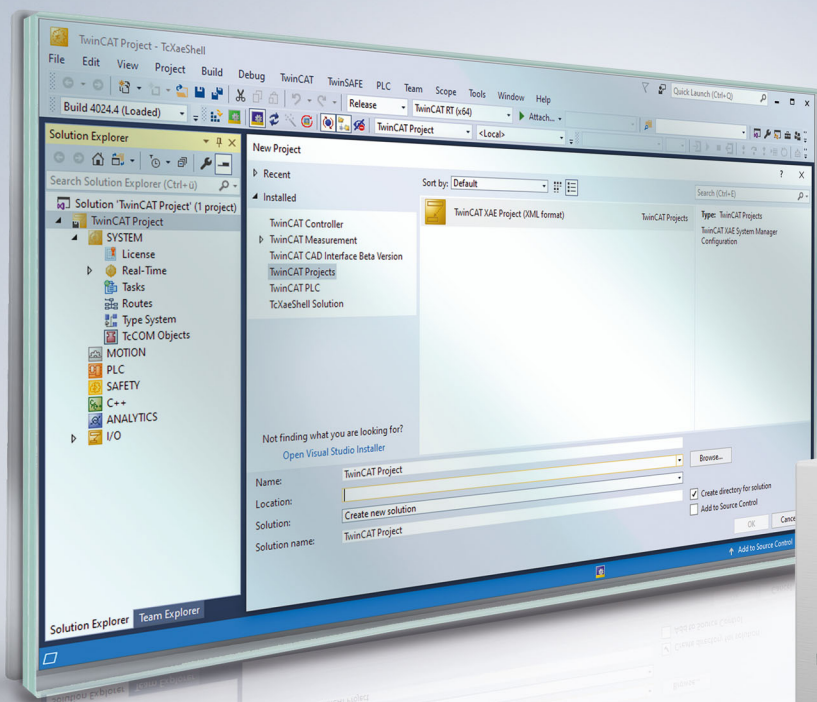


Handbuch | DE

TF5240 | TwinCAT 3 CNC

Kinematische Transformationen



Hinweise zur Dokumentation

Diese Beschreibung wendet sich ausschließlich an ausgebildetes Fachpersonal der Steuerungs- und Automatisierungstechnik, das mit den geltenden nationalen Normen vertraut ist.

Zur Installation und Inbetriebnahme der Komponenten ist die Beachtung der Dokumentation und der nachfolgenden Hinweise und Erklärungen unbedingt notwendig.

Das Fachpersonal ist verpflichtet, für jede Installation und Inbetriebnahme die zu dem betreffenden Zeitpunkt veröffentlichte Dokumentation zu verwenden.

Das Fachpersonal hat sicherzustellen, dass die Anwendung bzw. der Einsatz der beschriebenen Produkte alle Sicherheitsanforderungen, einschließlich sämtlicher anwendbaren Gesetze, Vorschriften, Bestimmungen und Normen erfüllt.

Disclaimer

Diese Dokumentation wurde sorgfältig erstellt. Die beschriebenen Produkte werden jedoch ständig weiter entwickelt.

Wir behalten uns das Recht vor, die Dokumentation jederzeit und ohne Ankündigung zu überarbeiten und zu ändern.

Aus den Angaben, Abbildungen und Beschreibungen in dieser Dokumentation können keine Ansprüche auf Änderung bereits gelieferter Produkte geltend gemacht werden.

Marken

Beckhoff®, TwinCAT®, TwinCAT/BSD®, TC/BSD®, EtherCAT®, EtherCAT G®, EtherCAT G10®, EtherCAT P®, Safety over EtherCAT®, TwinSAFE®, XFC®, XTS® und XPlanar® sind eingetragene und lizenzierte Marken der Beckhoff Automation GmbH.

Die Verwendung anderer in dieser Dokumentation enthaltenen Marken oder Kennzeichen durch Dritte kann zu einer Verletzung von Rechten der Inhaber der entsprechenden Bezeichnungen führen.

Patente

Die EtherCAT-Technologie ist patentrechtlich geschützt, insbesondere durch folgende Anmeldungen und Patente:

EP1590927, EP1789857, EP1456722, EP2137893, DE102015105702

mit den entsprechenden Anmeldungen und Eintragungen in verschiedenen anderen Ländern.

EtherCAT®

EtherCAT® ist eine eingetragene Marke und patentierte Technologie lizenziert durch die Beckhoff Automation GmbH, Deutschland

Copyright

© Beckhoff Automation GmbH & Co. KG, Deutschland.

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet.

Zuwerhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Geschmacksmustereintragung vorbehalten.

Allgemeine- und Sicherheitshinweise

Verwendete Symbole und ihre Bedeutung

In der vorliegenden Dokumentation werden die folgenden Symbole mit nebenstehendem Sicherheitshinweis und Text verwendet. Die (Sicherheits-) Hinweise sind aufmerksam zu lesen und unbedingt zu befolgen!

Symbole im Erklärtext

1. Gibt eine Aktion an.
- ⇒ Gibt eine Handlungsanweisung an.

GEFAHR

Akute Verletzungsgefahr!

Wenn der Sicherheitshinweis neben diesem Symbol nicht beachtet wird, besteht unmittelbare Gefahr für Leben und Gesundheit von Personen!

VORSICHT

Schädigung von Personen und Maschinen!


Wenn der Sicherheitshinweis neben diesem Symbol nicht beachtet wird, können Personen und Maschinen geschädigt werden!

HINWEIS

Einschränkung oder Fehler

Dieses Symbol beschreibt Einschränkungen oder warnt vor Fehlern.

Tipps und weitere Hinweise

 Dieses Symbol kennzeichnet Informationen, die zum grundsätzlichen Verständnis beitragen oder zusätzliche Hinweise geben.


Allgemeines Beispiel

Beispiel zu einem erklärten Sachverhalt.

NC-Programmierbeispiel

Programmierbeispiel (komplettes NC-Programm oder Programmsequenz) der beschriebenen Funktionalität bzw. des entsprechenden NC-Befehls.

Spezifischer Versionshinweis

 Optionale, ggf. auch eingeschränkte Funktionalität. Die Verfügbarkeit dieser Funktionalität ist von der Konfiguration und dem Versionsumfang abhängig.

Inhaltsverzeichnis

Hinweise zur Dokumentation	3
Allgemeine- und Sicherheitshinweise.....	5
1 Einleitung.....	12
1.1 Angabe von Kinematik ID und Versatzdaten	13
1.2 Rotatorachsen und Drehrichtung	14
1.3 Linearachsen und Bewegungsrichtung	14
1.4 Weitere Dokumente zu Transformationen	15
2 Kinematische Transformationen	16
2.1 KIN_TYP_1 – Fünfachs-Kinematik / Einständerbettmaschine	16
2.2 KIN_TYP_2 – Fünfachs-Kinematik mit Dreh-Schwenkkopf	20
2.3 KIN_TYP_3 - Vierachs-Kinematik mit Doppelspindelkopf (obere Spindel)	22
2.4 KIN_TYP_4 - Vierachs-Kinematik mit Doppelspindelkopf (untere Spindel)	24
2.5 KIN_TYP_5 – Vierachs-Kinematik mit Kreuzkopf für 4 Werkzeuge	26
2.6 KIN_TYP_6 – Vierachs-Kinematik mit Unterflur-Fräswerkzeug	30
2.7 KIN_TYP_7 – Fünfachs-Kinematik mit man. Hilfsachse (Bohren)	32
2.8 KIN_TYP_8 – Fünfachs-Kinematik mit man. Hilfsachse (Sägen)	36
2.9 KIN_TYP_9 – Fünfachs-Kinematik (Bohr- und Fräsaggregat)	40
2.10 KIN_TYP_10 – Fünfachs-Kinematik (Sägen).....	43
2.11 KIN_TYP_11 – Fünfachs-Kinematik mit Schrägwinkelkopf	45
2.12 KIN_TYP_12 – Tripod-Kinematik	48
2.13 KIN_TYP_16 – Fünfachs-Kinematik	53
2.14 KIN_TYP_17 – Fünfachs-Kinematik mit 2 manuellen Hilfsachsen	56
2.15 KIN_TYP_18 – Fünfachs-Kinematik mit 2 manuellen Hilfsachsen (Sägen).....	59
2.16 KIN_TYP_19 – Tripod Kinematik	61
2.17 KIN_TYP_21 – Lambda Kinematik	64
2.18 KIN_TYP_22 – Fünfachs-Kinematik mit X/Y-Werkstücktisch	68
2.19 KIN_TYP_23 – Fünfachs-Kinematik mit X/Y/B-Werkstücktisch	70
2.20 KIN_TYP_25 – Fünfachs-Kinematik mit Plasma-/Laserkopf.....	72
2.21 KIN_TYP_28 – Fünfachs-Kinematik	76
2.22 KIN_TYP_30 – Vierachs-Kinematik	79
2.23 KIN_TYP_33 – Fünfachs-Kinematik mit Schrägwinkelkopf	81
2.24 KIN_TYP_34 – Vierachs-Kinematik mit X/C-Werkstücktisch	84
2.25 KIN_TYP_37 – Flexpicker-Kinematik.....	86
2.26 KIN_TYP_52 – Fünfachs-Kinematik mit A/B-Werkstücktisch	89
2.27 KIN_TYP_57 – Fünfachs-Kinematik mit B/C-Werkstücktisch	91
2.28 KIN_TYP_58 – Fünfachs-Kinematik mit A/C-Werkstücktisch	95
2.29 Kardankinematik	99
2.29.1 KIN_TYP_59 – Kardankinematik mit C/A-Kopf.....	99
2.29.2 KIN_TYP_60 – Kardankinematik mit C/B-Kopf.....	109
2.30 KIN_TYP_61 – Fünfachs-Kinematik mit Y/A-Werkstücktisch	114
2.31 KIN_TYP_63 – Fünfachs-Kinematik mit X/Y/B-Werkstücktisch	119
2.32 KIN_TYP_64 – Sechssachs-Kinematik mit C/A/C-Werkstücktisch.....	124
2.33 KIN_TYP_70 – Fünfachs-Kinematik	128

2.34	KIN_TYP_76 – Fünfachs-Kinematik mit MTCP-Schrägwinkelkopf	131
2.35	KIN_TYP_80 – Fünfachs-Kinematik mit A/B-Werkstücktisch	135
2.36	KIN_TYP_81 – Fünfachs-Kinematik mit B/A-Werkstücktisch	140
2.37	KIN_TYP_82 – Sechssachs-Kinematik mit C-Werkstücktisch	145
2.38	KIN_TYP_85 – Hebelarm-Kinematik.....	149
2.39	KIN_TYP_207 - Fünfachs-Kinematik mit schrägem Werkzeug	151
2.40	KIN_TYP_209 - Tripod mit Drehschwenk-Werkstücktisch.....	154
3	Roboter-Kinematiken.....	162
3.1	KIN_TYP_36 – SCARA-Kinematik.....	162
3.2	KIN_TYP_45 – Sechssachs-Gelenkarmroboter-Kinematik	166
3.2.1	Bewegtes Werkstück.....	171
3.2.2	Flanschkoordinatensystem	173
3.3	KIN_TYP_206 – 5-Achsroboter auf Lineareinheit.....	177
3.4	KIN_TYP_208 – 4 Achsroboter auf Lineareinheit	180
4	Klassifizierung der Transformationen	183
4.1	Transformationstyp	183
4.2	Kinematiktyp.....	184
4.3	Anwendung	185
4.4	Transformationen der Rohrbearbeitung	187
5	Begriffsdefinitionen	188
6	Support und Service	189

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Koordinatensysteme und Bewegungsrichtungen.....	14
Abb. 2	Kinematik der Einständerbettmaschine.....	17
Abb. 3	Versätze im Werkzeugkopf.....	18
Abb. 4	Versätze am Werkstückträger.....	19
Abb. 5	Kinematik der 5-achsigen Fräsmaschine mit Dreh-Schwenkkopf.....	20
Abb. 6	Größen L, TX, HD1, HD2 und HD3 des Dreh-/Schwenkkopfes.....	21
Abb. 7	Ansicht von vorne.....	21
Abb. 8	Kinematik der 4-achsigen Fräsmaschine mit Doppelspindelkopf.....	22
Abb. 9	Doppelspindelkopf in Seiten- und Vorderansicht (obere Spindel).....	23
Abb. 10	Kinematik der 4-achsigen Fräsmaschine mit Doppelspindelkopf.....	24
Abb. 11	Doppelspindelkopf in Seiten- und Vorderansicht (untere Spindel)).....	25
Abb. 12	4-achsige Kinematik mit Kreuzkopf für 4 Werkzeuge.....	26
Abb. 13	Werkzeugkreuzkopf.....	27
Abb. 14	Werkzeugkreuzkopf mit Nullstellungen der Werkzeuge 1..4.....	28
Abb. 15	4-achsige Kinematik mit Unterflur-Fräswerkzeug.....	30
Abb. 16	Werkzeugkopf zum Unterflurfräsen (Ruhestellung mit HD4 = 0).....	31
Abb. 17	5-achsige Kinematik (Bohr- und Fräswerkzeug mit manueller Hilfsachse A).....	33
Abb. 18	5-achsiges Bohr-/Fräswerkzeug (Ruhestellung mit HD3=0, HD4=0, CM=0).....	34
Abb. 19	5-achsige Kinematik (Sägewerkzeug mit manueller Hilfsachse A).....	37
Abb. 20	5-achsiges Sägewerkzeug (Ruhestellung mit HD5 = 0, HD4 = +90,CM=0).....	38
Abb. 21	5-achsige Kinematik (Bohr- und Fräsaggregat).....	40
Abb. 22	5-achsiges Bohr-/Fräswerkzeug (Ruhestellung mit HD3 = 0, AM=0, HD4=0, CM=0).....	41
Abb. 23	5-achsige Kinematik (Sägewerkzeug).....	43
Abb. 24	5-achsiges Sägewerkzeug (Ruhestellung mit HD5 =0, CM=0, HD4 =0, AM =90).....	44
Abb. 25	Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine mit Schrägwinkelkopf.....	45
Abb. 26	Winkel und Längen am Schrägwinkelkopf.....	46
Abb. 27	Tripod Kinematik.....	49
Abb. 28	Vektordarstellung der Stabkinematik.....	50
Abb. 29	Versatzmaße der Stabkinematik.....	51
Abb. 30	Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine.....	53
Abb. 31	Parameter des Dreh-Schwenkkopfes.....	54
Abb. 32	5-achsige Kinematik (Bohr- und Fräswerkzeug mit manuellen Hilfsachsen C und A).....	56
Abb. 33	Bohr-/ Fräswerkzeug (Ruhestellung mit HD3 = 0, HD4 = 0).....	57
Abb. 34	5-achsige Kinematik (Sägewerkzeug mit manuellen Hilfsachsen C und A).....	59
Abb. 35	Sägewerkzeug (Ruhestellung mit HD5 = 0, HD4 = +90).....	60
Abb. 36	Tripod Kinematik.....	61
Abb. 37	Versätze der Kinematik.....	62
Abb. 38	Lambda Kinematik.....	64
Abb. 39	Lambda Kinematik, Variante 1.....	65
Abb. 40	Lambda Kinematik, Variante 2.....	66
Abb. 41	Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine.....	68
Abb. 42	Versätze der Kinematik.....	69
Abb. 43	Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine.....	70
Abb. 44	Versätze der Kinematik.....	71

Abb. 45	5-achsige Kinematik (Plasma/Laserkopf).....	72
Abb. 46	5-achsiger Plasma/Laserkopf (Ruhestellung mit $HD3 = 0$, $AM=0$, $HD4=0$, $CM=0$).....	73
Abb. 47	Bei Schrägstellung des Kopfes bleibt die Höhe der Düsen Spitze über dem Werkstück konstant, d.h. bei $A \neq 0$ ist die wirksame Länge $L2 > L1$	74
Abb. 48	5-achsige Kinematik.....	76
Abb. 49	Werkzeugkopf (Ruhestellung mit $HD3 = 0$, $A=0$, $HD4=0$, $C=0$)	77
Abb. 50	4-achsige Kinematik (Bohr- und Fräsaggregat)	79
Abb. 51	Versätze der 4-achsigen Kinematik	80
Abb. 52	5-achsiger Schrägwinkelkopf	81
Abb. 53	Schrägwinkelkopf in Nullstellung, $HD7=0$	82
Abb. 54	Schrägwinkelkopf mit 180 Grad Kopffoffset in Nullstellung, $HD7=1$	83
Abb. 55	4-achsige C-Achs-Kinematik	84
Abb. 56	Nullpunktversätze am rotatorischen C-Achs-Werkstückträger.....	85
Abb. 57	Hängende Flexpicker-Kinematik	86
Abb. 58	Versatzmaße der Flexpicker-Kinematik	87
Abb. 59	Kinematik der 5-achsigen Fräsmaschine	89
Abb. 60	Definition der Versatzparameter	90
Abb. 61	Definition der Versatzparameter in der Frontansicht.....	90
Abb. 62	Kinematische Struktur der 5-achsigen Maschine mit BC Werkstücktisch.....	91
Abb. 63	Versätze in Y/Z Ansicht.....	92
Abb. 64	Versätze in X/Z Ansicht.....	93
Abb. 65	Kinematische Struktur der 5-achsigen Maschine mit AC Werkstücktisch.....	95
Abb. 66	Versätze in X/Z Ansicht.....	96
Abb. 67	Versätze in Y/Z Ansicht.....	97
Abb. 68	Kardankinematik mit CA-Kopf.....	99
Abb. 69	Versätze des kardanischen CA-5-Achskopfes.....	100
Abb. 70	Kardankopf bei idealer Kopfgeometrie (Schnittpunkt C-A-Achse liegt in Werkzeugachse)	102
Abb. 71	Kardankopf mit versetzter C-Achse (C-Achse liegt nicht in der Werkzeugachse)	103
Abb. 72	Kardankopf mit Sägewerkzeug und TCP am Sägezahn.....	105
Abb. 73	Winkeldarstellungen – Sägewerkzeug und TCP.....	106
Abb. 74	Kardankopf mit Unterflurfräser	108
Abb. 75	Kardankopf mit Unterflurfräser mit versetzter C-Achse.....	109
Abb. 76	Kardankinematik mit CB-Kopf	110
Abb. 77	Versätze des kardanischen CB-5-Achskopfes.....	111
Abb. 78	Kardankopf bei idealer Kopfgeometrie (Schnittpunkt C-B-Achse liegt in Werkzeugachse)	113
Abb. 79	Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine	114
Abb. 80	Versätze Werkzeugkopf.....	115
Abb. 81	Versätze Werkstückträger.....	116
Abb. 82	Ideale und reale z- Nullstellung.....	117
Abb. 83	Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine	119
Abb. 84	Versätze Werkzeugkopf.....	120
Abb. 85	Versätze Werkstückträger.....	121
Abb. 86	Ideale und reale Z-Nullstellung	122
Abb. 87	Kinematische Struktur der sechsachsigen Maschine mit CAC Werkstücktisch	124
Abb. 88	Parameter des CAC Werkstücktische in X/Z Darstellung	125
Abb. 89	Parameter des CAC Werkstücktische in Y/Z Darstellung	126

Abb. 90 Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine	128
Abb. 91 Parameter des Werkzeugkopfes.....	129
Abb. 92 Winkeloffset des Dreh-Schwenkkopfes.....	130
Abb. 93 Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine	132
Abb. 94 Parameter des Werkzeugkopfes.....	133
Abb. 95 Winkeloffset des Fasenkopfes bzgl. Montage.....	134
Abb. 96 Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine	135
Abb. 97 Versätze Werkzeugkopf.....	136
Abb. 98 Versätze Werkstückträger.....	137
Abb. 99 Ideale und reale Z-Nullstellung	138
Abb. 100 Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine	140
Abb. 101 Versätze Werkzeugkopf.....	141
Abb. 102 Versätze Werkstückträger.....	142
Abb. 103 Ideale und reale Z-Nullstellung	143
Abb. 104 Achskonfiguration der sechssachsigen Maschine	145
Abb. 105 Parameter des Werkzeugkopfes.....	146
Abb. 106 Versätze am Werkstückträger.....	147
Abb. 107 Lage des Koordinatensystems.....	149
Abb. 108 Achskonfiguration Linksausleger	150
Abb. 109 Achskonfiguration Rechtsausleger.....	150
Abb. 110 5-achsige Kinematik (Schneidwerkzeug mit manueller Hilfsachse A)	151
Abb. 111 5-achsiges Schneidwerkzeug bei 90 Grad Winkelstellung	152
Abb. 112 Schneidhöhe	153
Abb. 113 Tripodkinematik mit CA-Drehschwenktisch	155
Abb. 114 Versatzmaße der Stabkinematik.....	156
Abb. 115 Winkelversatz HD30 des CA-Drehschwenktisches.....	157
Abb. 116 Versätze CA-Drehschwenktisch.....	158
Abb. 117 Winkelversatz HD30 des CB-Drehschwenktisches.....	159
Abb. 118 Versätze CB-Drehschwenktisch.....	160
Abb. 119 SCARA Kinematik	163
Abb. 120 SCARA Kinematik in Nullstellung ($C1=0, C2=0, C3=0, HD8=0$).....	164
Abb. 121 6-achsiger Gelenkarmroboter	166
Abb. 122 HD-Versatzdaten in der Seitenansicht.....	167
Abb. 123 Nullstellung für HD14 und HD15.....	168
Abb. 124 Gelenkarmroboter in der Draufsicht.....	168
Abb. 125 Werkzeugversätze des fest positionierten Werkzeuges	171
Abb. 126 Vorgehen beim Festlegen der Orientierung mit Rotationsreihenfolge Z Y' X''.....	172
Abb. 127 Die Orientierung des Roboterflansches und der Welt.....	173
Abb. 128 Verschiebung vom Flansch zum schwarzen Punkt im Werkstück	173
Abb. 129 4-achsiger Palletierroboter	175
Abb. 130 Seitenansicht HD-Versatzdaten - Palletierroboter	176
Abb. 131 Draufsicht HD-Versatzdaten - Palletierroboter.....	176
Abb. 132 5-Achsroboter auf Lineareinheit.....	177
Abb. 133 Beispiel einer Nullstellung.....	178
Abb. 134 4-Achsroboter auf Lineareinheit.....	180
Abb. 135 Beispiel einer Nullstellung.....	181

1 Einleitung

Obligatorischer Hinweis zu Verweisen auf andere Dokumente

Zwecks Übersichtlichkeit wird eine verkürzte Darstellung der Verweise (Links) auf andere Dokumente bzw. Parameter gewählt, z.B. [PROG] für Programmieranleitung oder P-AXIS-00001 für einen Achsparameter.

Technisch bedingt funktionieren diese Verweise nur in der Online-Hilfe (HTML5, CHM), allerdings nicht in PDF-Dateien, da PDF keine dokumentenübergreifenden Verlinkungen unterstützt.

Transformationstypen

Bei den im Folgenden aufgeführten Transformationen handelt es sich um 3-, 4-,5- und 6-achsige kinematische Transformationen. Diese sind bei Maschinen mit

- nicht kartesischer Achsanordnung oder
- mit rotatorischen Achsen

zur Einstellung der Orientierung dann erforderlich, wenn im WCS (Werkstückkoordinatensystem) programmiert werden soll. Im Allgemeinen erhält man in diesem Fall nichtlineare Gleichungen, die den Zusammenhang zwischen Werkstückkoordinaten und Maschinenkoordinaten widerspiegeln.

Als Werkstückachsen werden Achsen bezeichnet, die in der kinematischen Kette auf der Werkstückseite liegen. Als Werkzeugachsen werden Achsen auf der Werkzeugseite bezeichnet.

Folgende Transformationstypen werden unterschieden

- **RTCP Transformation (Rotation Tool Center Point):** Hierbei werden Raumpositionen im WCS programmiert. Die Einstellung der Werkzeugrichtung erfolgt über die Programmierung der rotatorischen Maschinenachsen (z.B. B und C sind abhängig von der Maschine). Hilfsfunktionen erlauben die automatische Werkzeugausrichtung auf gedrehte Koordinatensysteme im Raum.
Beispiel für NC Prg. Zeile: N10 X100 Y20 Z30 B0 C0
- **Vollständige Transformation:** Hierbei erfolgt die Programmierung von Raumkurven und der Bearbeitungsorientierung des Werkzeugs über Position und Orientierung (Punkt Vektor Folgen) grundsätzlich unabhängig vom Maschinentyp mit 6 Koordinaten (*).
Beispiel für NC Prg. Zeile: N10 X100 Y20 Z30 A0 B0 C1

(*) Abhängig von den Freiheitsgraden einer Kinematik kann ggf. nur die Position über 3 Koordinaten programmiert werden (z.B. Tripod).

i Transformationen sind eine lizenzpflichtige Zusatzoption.

HINWEIS

Bei aktiver kinematischer Transformation werden achsspezifische Werkzeugversätze aus `ax_ersatz[<ax_index>]` (P-TOOL-00006) nur in den Achsen berücksichtigt, die nicht von der Transformationsfunktion beeinflusst werden. Abhängig vom Transformationstyp sind dies z.B. bei RTCP typischerweise alle Achsen mit Index > 2.

Die achsspezifischen Werkzeugversätze der ersten 3 Achsen (Index 0, 1, 2) werden bei aktiver Trafo **nicht** berücksichtigt. Sollen für diese Achsen Werkzeugversätze auch bei aktiver Trafo wirken, sind diese in den oben genannten Kinematikversätzen des Werkzeuges einzutragen (P-TOOL-00009).

Die erforderliche kinematikspezifische Achskonfiguration ist in den Kanalparametern herzustellen.

Dabei ist auf die korrekte Achsindexsequenz für die ausgewählte Transformation zu achten.

1.1 Angabe von Kinematik ID und Versatzdaten

Kinematik ID

Die zur Verwendung einer bestimmten Kinematik notwendige ID ergibt sich aus dem angegebenen Kinematiktyp wie folgt:

KIN_TYP_1 1

KIN_TYP_2 2

usw.

HINWEIS

Ab CNC-Version V3.00.3018.00 **ersetzen** die Strukturen *kin_step[i].trafo[j].** bzw. *trafo[j].** die Definition von Kinematikdaten über *kinematik[i].**

Die bisherige Struktur *kinematik[i].** wird nicht mehr unterstützt!

Angabe von Kinematik ID und Versatzparametern

Die Angabe der Kinematik ID und der Versatzparameter (HD-Versätze) einer Kinematik erfolgt in CNC-Versionen < V3.00 wie folgt:

```
kinematik[9].param[0] 500000
kinematik[9].param[1] 0
kinematik[9].param[2] 0
kinematik[9].param[3] 0
```

bei einer weiteren Transformation z.B. Kinematik ID 60

```
kinematik[60].param[0] 200000
kinematik[60].param[1] 0
```

Ab V3.00 muss die Kinematik wie folgt angegeben werden

```
trafo[0].id 9
trafo[0].param[0] 5000000
trafo[0].param[1] 0
trafo[0].param[2] 0
trafo[0].param[3] 0
```

bei einer weiteren Transformation z.B. Kinematik ID 60

```
trafo[1].id 60
trafo[1].param[0] 2000000
trafo[1].param[1] 0
```

Die gleiche Angabe der Kinematik mit ID 9 für die mehrstufigen Transformationsangabe sieht wie folgt aus:

```
kin_step[0].trafo[0].id 9
kin_step[0].trafo[0].param[0] 5000000
kin_step[0].trafo[0].param[1] 0
kin_step[0].trafo[0].param[2] 0
kin_step[0].trafo[0].param[3] 0
```

bei einer zweiten Transformationsstufe würde die Angabe der Kinematik wie folgt aussehen:

```
kin_step[1].trafo[0].id 20
kin_step[1].trafo[0].param[0] 3000000
```



Die HDi-Versätze einer Kinematik korrespondieren mit den Kinematikversätzen in den Kanalparametern entweder zu `kinematik[ID].param[i-1]` oder zu `trafo[idx].param[i-1]`.

Diese Versätze können auch alternativ im entsprechenden Wert der Werkzeugparameter (P-TOOL-00009) eingetragen werden.

Die Einheiten der Versatzparameter ist bei translatorischen Versätzen 1.0 E-4 mm und bei rotatorischen Versätzen 1.0 E-4°.

1.2 Rotatorachsen und Drehrichtung

Im nachfolgenden Bild sind die positiven Drehrichtungen von rotatorischen Achsen dargestellt. Basis ist ein rechtsdrehendes kartesisches Koordinatensystem.

Die Drehung ist dann positiv, wenn mit Blick auf die Pfeilspitze der Koordinatensystemachse die Rotation gegen den Uhrzeigersinn erfolgt. Dreht sich die Rotatorachse um die X-Achse, wird diese als A-Achse bezeichnet, bei Drehung um Y-Achse als B-Achse usw. Wenn nicht gesondert anders angeführt, liegen diese Drehrichtungen den kinematischen Transformationen mit Rotatorachsen zugrunde.

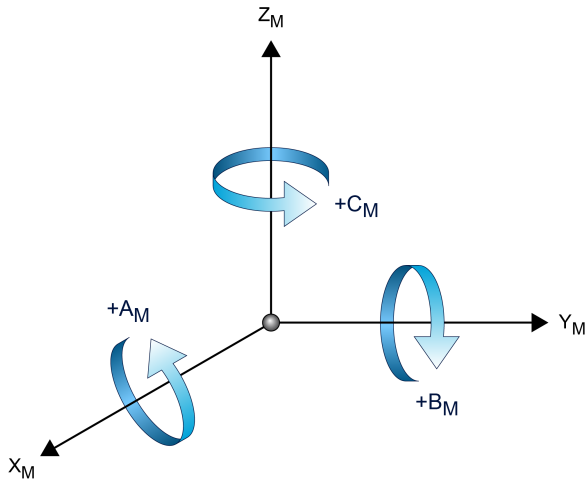


Abb. 1: Koordinatensysteme und Bewegungsrichtungen

1.3 Linearachsen und Bewegungsrichtung

Die Bewegungsrichtung bei Linearachsen ist so einzustellen, dass sich eine Relativbewegung zwischen Werkzeug und Werkstück wie bei 2.5 D Betrieb ergibt. Wenn also Linearachsen das Werkstück bewegen, so ist deren Bewegungsrichtung entgegengesetzt zu den Richtungen der Achsen des Werkstückkoordinatensystems.

1.4 Weitere Dokumente zu Transformationen

In der Funktionsbeschreibung [FCT-M5] werden Transformationen zur Rohrbearbeitung beschrieben.

Trafo-ID	Beschreibung
15	Rundrohr, Mantelfläche (3/4-achsig)
78	Rundrohr, Projektion (3/4-achsig)
79	Mehrkantrohr, Profilrohr (3/4-achsig)
90	Rundrohr, Mantelfläche (5/6-achsig)
93	Mehrkantrohr, Profilrohr (5/6-achsig)

In der Funktionsbeschreibung [FCT-C27] wird die Universelle Kinematik mit der ID 91 beschrieben.

Die Funktionsbeschreibung [FCT-C35] enthält die Funktionalität der Koppelkinematik mit der ID 210.

Die Integration eigener Transformationen ist in der Beschreibung des Transformations-Interfaces [McCOM-TRAFO] zu finden.

2 Kinematische Transformationen

2.1 KIN_TYP_1 – Fünfachs-Kinematik / Einständerbettmaschine

Kinematische Struktur

Die Kinematik dieser Maschine besteht aus 2 translatorischen Achsen und einer rotatorischen Achse im Werkstück sowie einer translatorischen und einer rotatorischen Achse im Werkzeug.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X,Y, Z, B, C	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	Z, B	X, Y, C

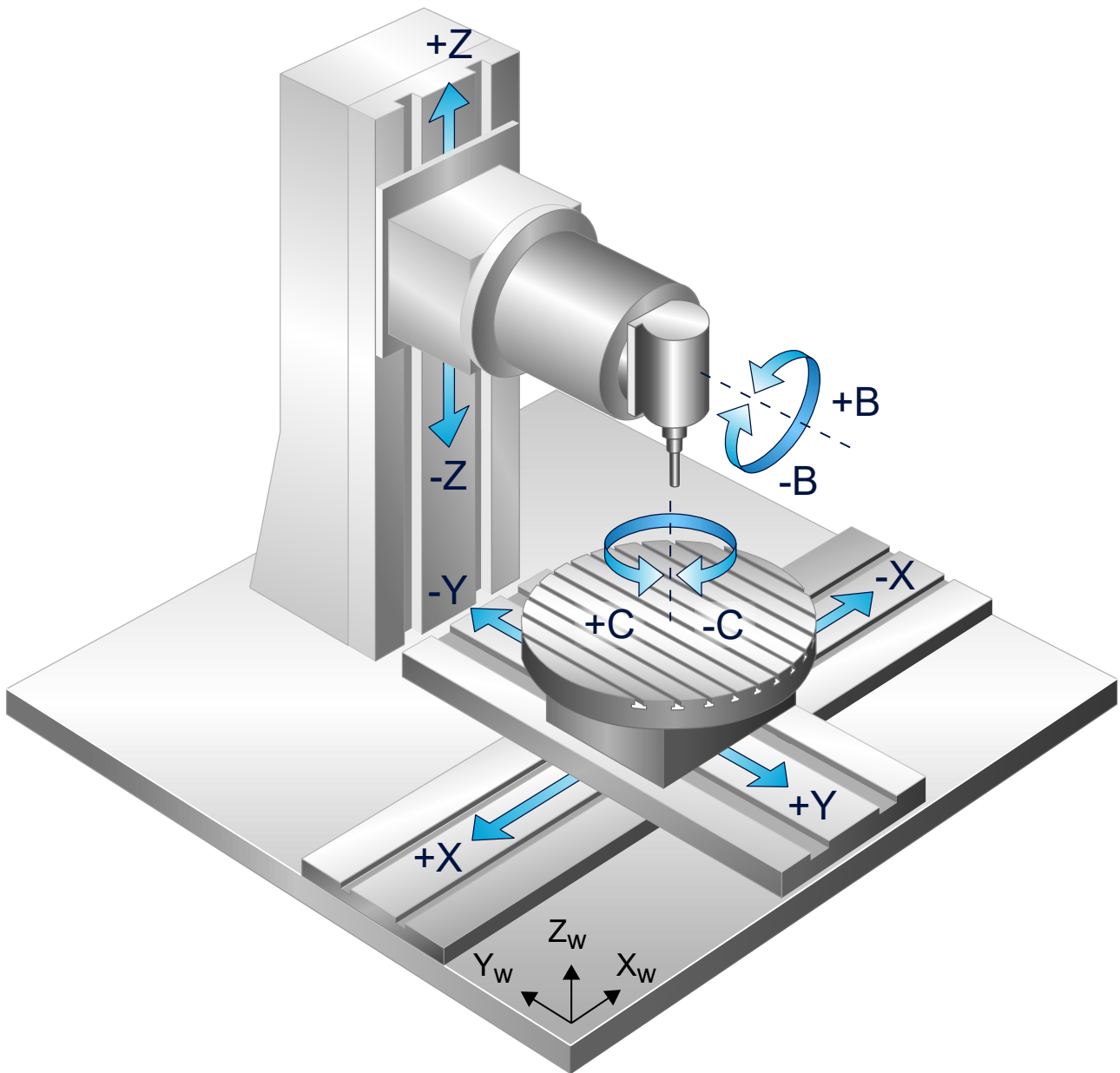


Abb. 2: Kinematik der Einständerbettmaschine

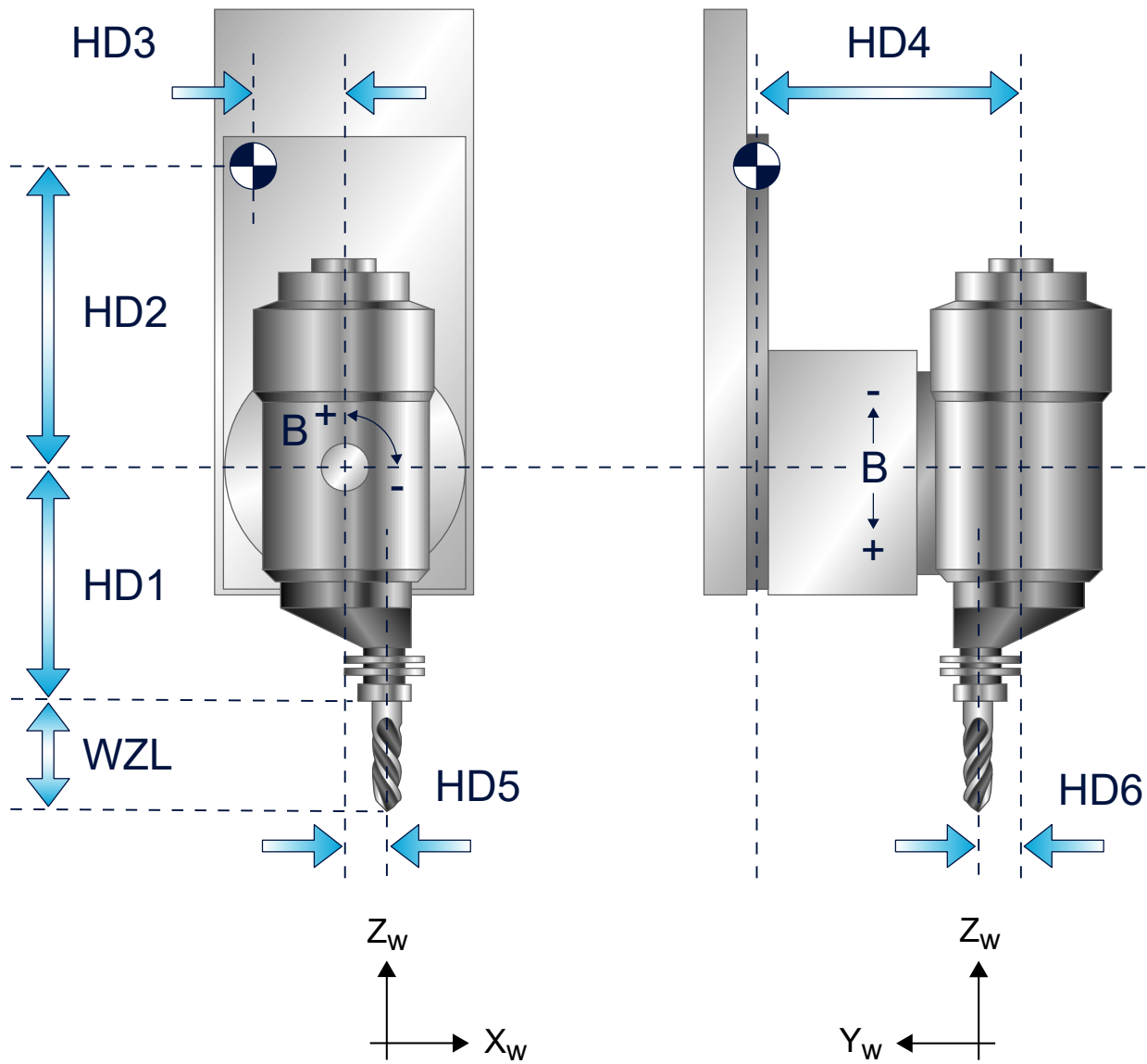


Abb. 3: Versätze im Werkzeugkopf

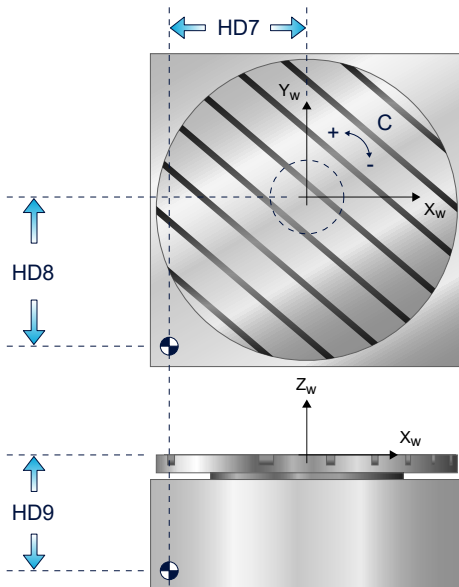


Abb. 4: Versätze am Werkstückträger

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z Versatz Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt B-Achse	1.0 E-4 mm
HD2	1	Z-Versatz Drehpunkt B-Achse bis Bzpkt. WZ-Schlitten	1.0 E-4 mm
HD3	2	X-Versatz Bzpkt. WZ-Schlitten bis Drehpunkt B-Achse	1.0 E-4 mm
HD4	3	Y- Versatz Bzpkt. WZ-Schlitten bis Drehpunkt B-Achse	1.0 E-4 mm
HD5	4	X- Versatz Drehpunkt B-Achse bis Werkzeugeinspannpunkt	1.0 E-4 mm
HD6	5	Y- Versatz Drehpunkt B-Achse bis Werkzeugeinspannpunkt	1.0 E-4 mm
HD7	6	X- Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse C	1.0 E-4 mm
HD8	7	Y- Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse C	1.0 E-4 mm
HD9	8	Z- Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse C	1.0 E-4 mm
HD10	9	Rotatorischer Offset Drehachse B	1.0 E-4 mm
HD11	10	Rotatorischer Offset Drehachse C	1.0 E-4 mm
HD13	12	Drehrichtung B-Achse (*), 0: negativ, 1 positiv	[-]
HD14	13	Drehrichtung C-Achse, 0 positiv, 1 negativ	[-]

(*) Die Drehrichtung der B-Achse ist mathematisch negativ!

2.2 KIN_TYP_2 – Fünfachs-Kinematik mit Dreh-Schwenkkopf

Kinematische Struktur

Die Kinematik dieser Maschine besteht aus 3 translatorischen Achsen und 2 rotatorischen Achsen im Werkzeug (Dreh-/Schwenkkopf).

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, A, B	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, A, B	-

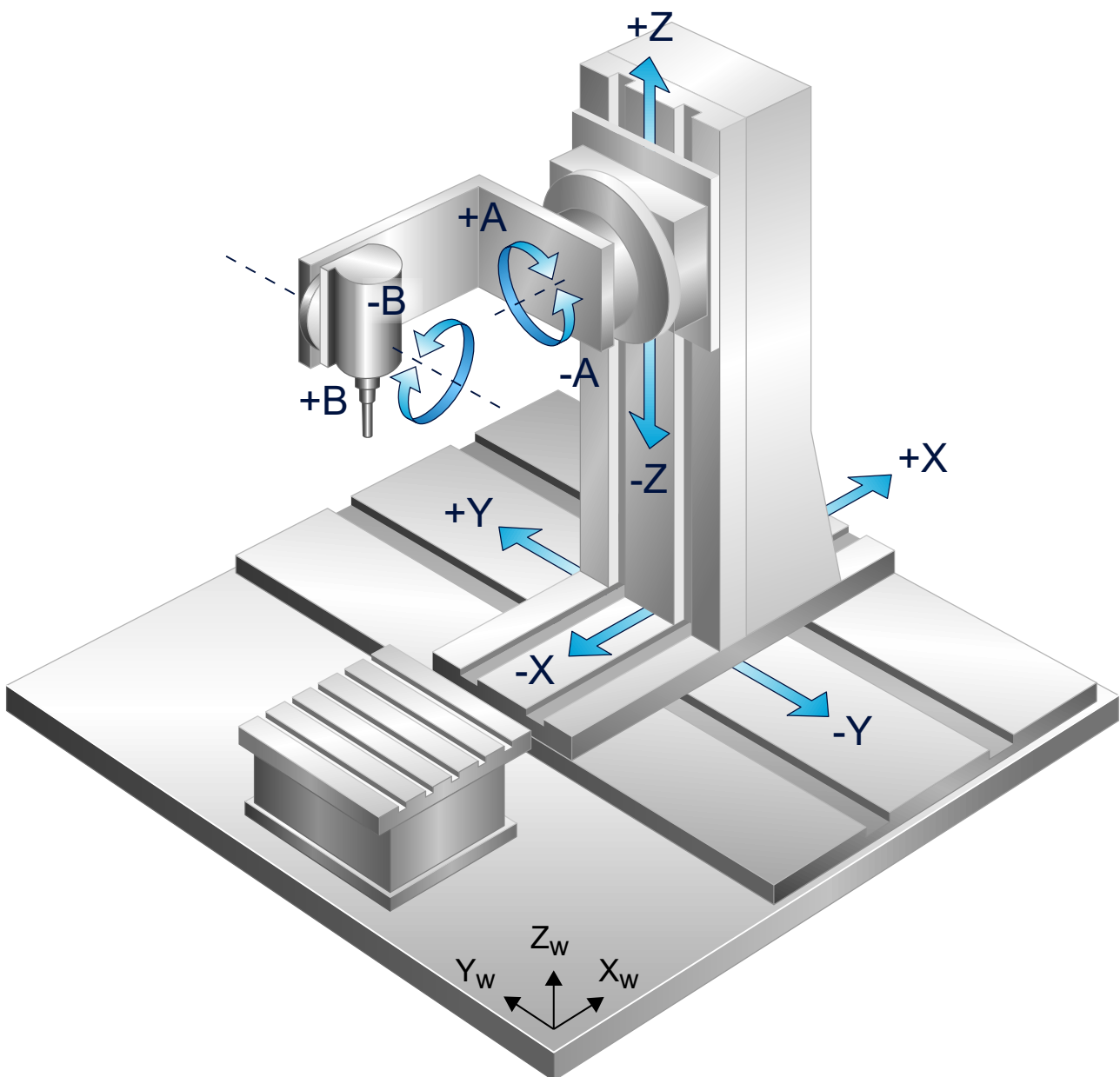


Abb. 5: Kinematik der 5-achsigen Fräsmaschine mit Dreh-Schwenkkopf

Zur Beschreibung des Dreh-/Schwenkkopfs der Maschine aus oben stehender Abbildung sind die Geometrie konstanten HD1, HD2 und HD3 notwendig und wie in unten stehender Abbildung gezeigt zu verwenden. Der Dreh-/Schwenkkopf ist dabei in der Draufsicht gezeichnet.

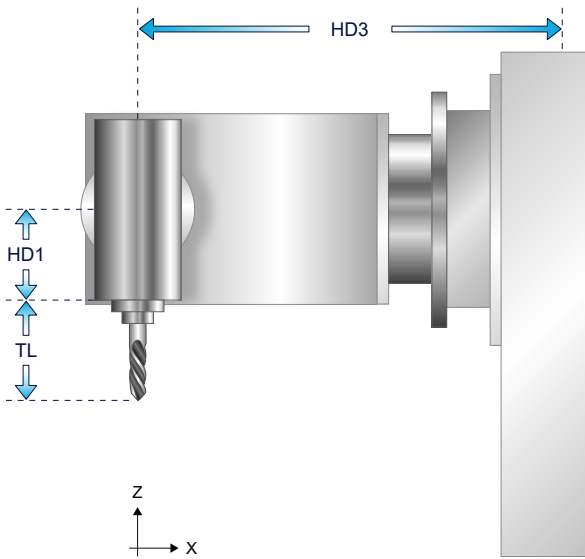


Abb. 6: Größen L, TX, HD1, HD2 und HD3 des Dreh-/Schwenkkopfes

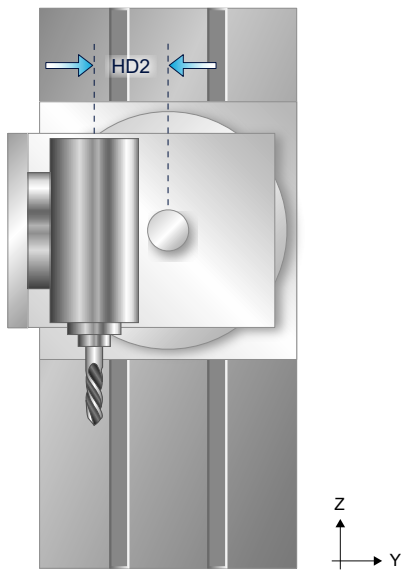


Abb. 7: Ansicht von vorne

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Versatz Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt B-Achse	1.0 E-4 mm
HD2	1	Y Versatz von B-Achse zu A-Achse	1.0 E-4 mm
HD3	2	X Versatz von B-Achse zu A-Achse	1.0 E-4 mm

2.3 KIN_TYP_3 - Vierachs-Kinematik mit Doppelspindelkopf

Kinematische Struktur

Die Kinematik dieser Maschine besteht aus 3 translatorischen Achsen und einer rotatorischen Achse im Werkzeug (Doppelspindelkopf).

Mit KIN_TYP_4 wird die untere Spindel selektiert.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, B	
Achsindex	0, 1, 2, 3	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, B	-

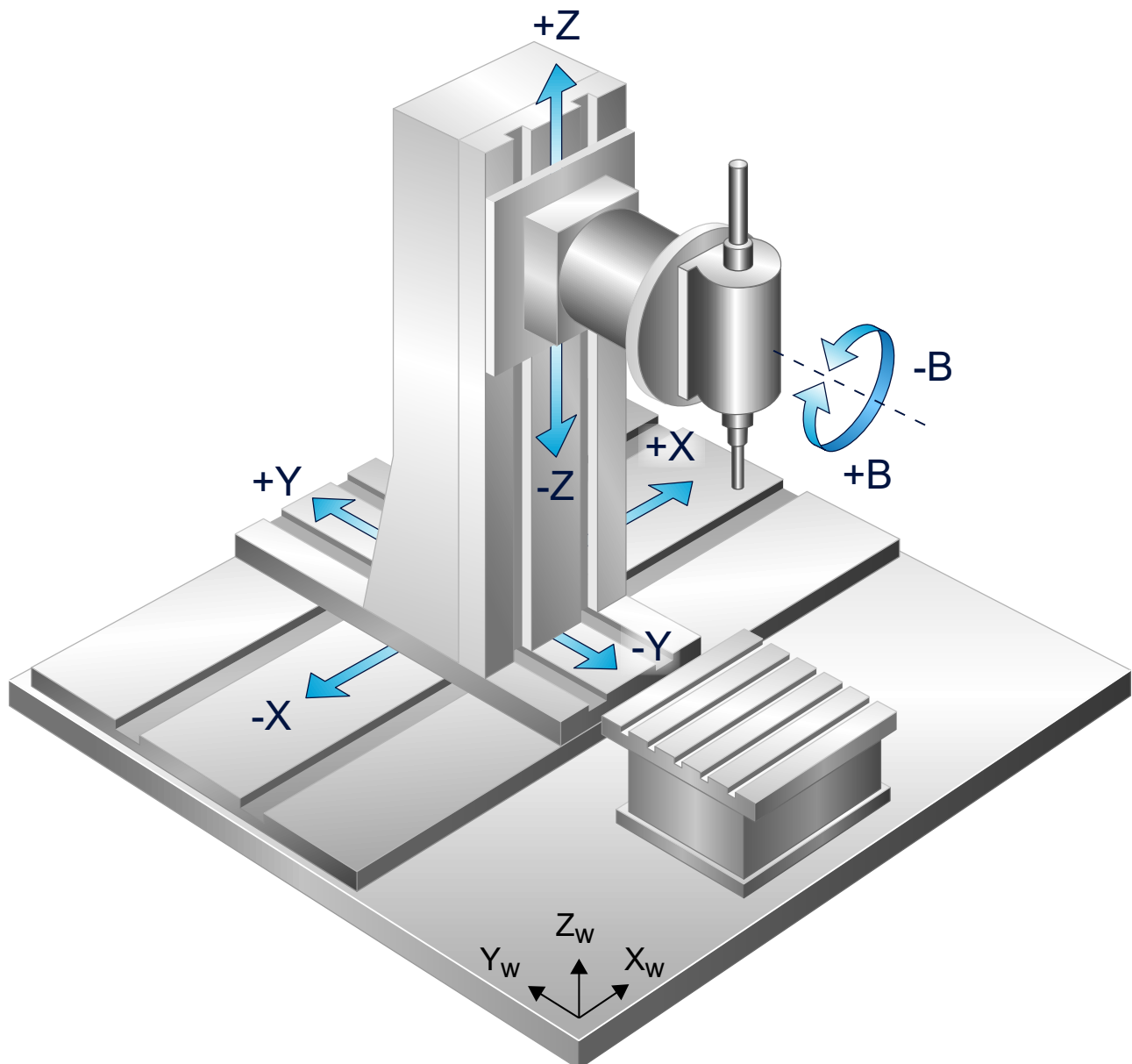


Abb. 8: Kinematik der 4-achsigen Fräsmaschine mit Doppelspindelkopf

Der Aufbau des Fräskopfes ist in der Abbildung oben für die Nullstellung der B-Achse dargestellt. Er besitzt 2 Spindeln (im Folgenden *obere* und *untere* Spindel genannt, unabhängig von der momentanen Position der B-Achse), so dass 2 Werkzeuge einspannbar sind, die um 180° gegeneinander verdreht sind.

Die Auswahl, welche der beiden Spindeln bzw. welches der 2 Werkzeuge momentan aktiv ist, ist durch einen Befehl im NC-Programm möglich.

Bei aktiver oberer Spindel muss der programmierte Wert für die B-Achse folgendermaßen verändert werden:

$$b_M = b_M + 180^\circ$$

Ein Wechsel der Spindel bedeutet somit eine Drehung der B-Achse um 180°, sowie bedingt durch die Geometrie konstanten bei aktivem RTCP, translatorische Verschiebungen aller 3 Linearachsen.

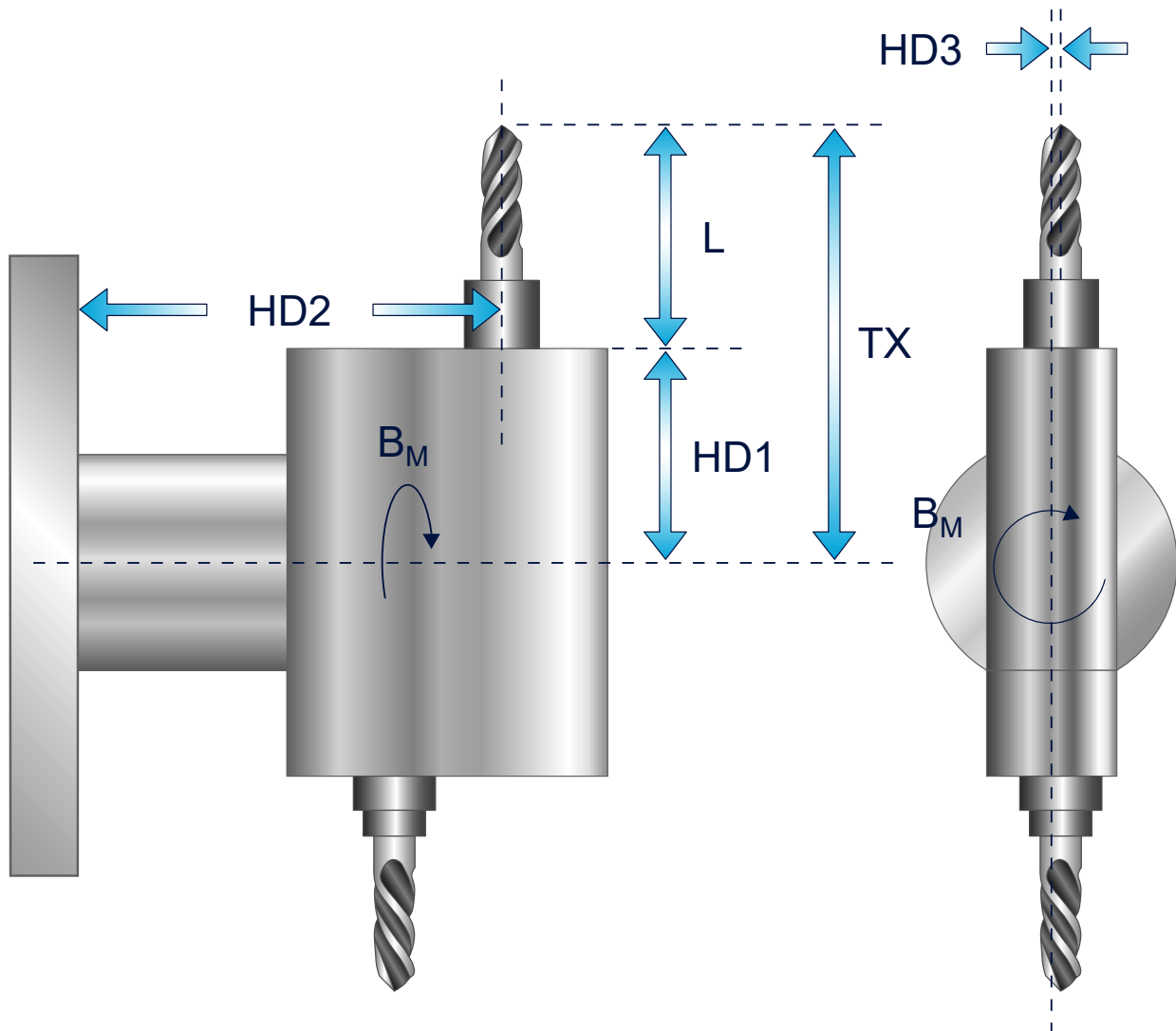


Abb. 9: Doppelspindelkopf in Seiten- und Vorderansicht (obere Spindel)

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Versatz Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt B-Achse	1.0 E-4 mm
HD2	1	Y-Versatz Werkzeugkopf	1.0 E-4 mm
HD3	2	X-Versatz von Werkzeugeinspannpunkt zu B-Achse	1.0 E-4 mm

2.4 KIN_TYP_4 - Vierachs-Kinematik mit Doppelspindelkopf

Kinematische Struktur

Die Kinematik dieser Maschine besteht aus 3 translatorischen Achsen und einer rotatorischen Achse im Werkzeug (Doppelspindelkopf).

Mit KIN_TYP_3 wird die obere Spindel selektiert.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, B	
Achsindex	0, 1, 2, 3	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, B	-

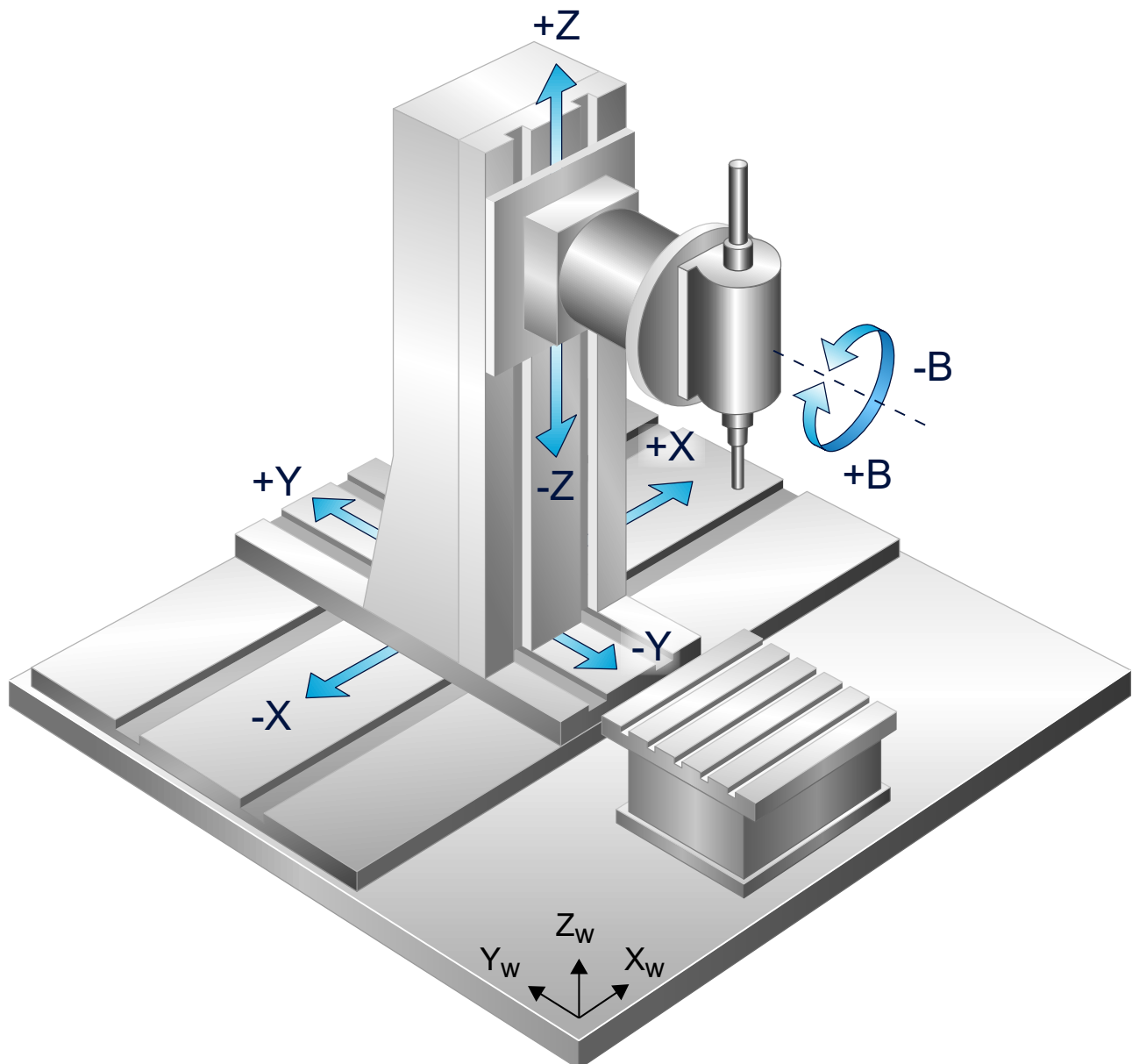


Abb. 10: Kinematik der 4-achsigen Fräsmaschine mit Doppelspindelkopf

Der Aufbau des Fräskopfes ist in der Abbildung oben für die Nullstellung der B-Achse dargestellt. Er besitzt 2 Spindeln (im Folgenden *obere* und *untere* Spindel genannt, unabhängig von der momentanen Position der B-Achse), so dass 2 Werkzeuge einspannbar sind, die um 180° gegeneinander verdreht sind.

Die Auswahl, welche der beiden Spindeln bzw. welches der 2 Werkzeuge momentan aktiv ist, ist durch einen Befehl im NC-Programm möglich.

Bei aktiver oberer Spindel muss der programmierte Wert für die B-Achse folgendermaßen verändert werden:

$$b_M = b_M + 180^\circ$$

Ein Wechsel der Spindel bedeutet somit eine Drehung der B-Achse um 180°, sowie bedingt durch die Geometrie konstanten bei aktivem RTCP, translatorische Verschiebungen aller 3 Linearachsen.

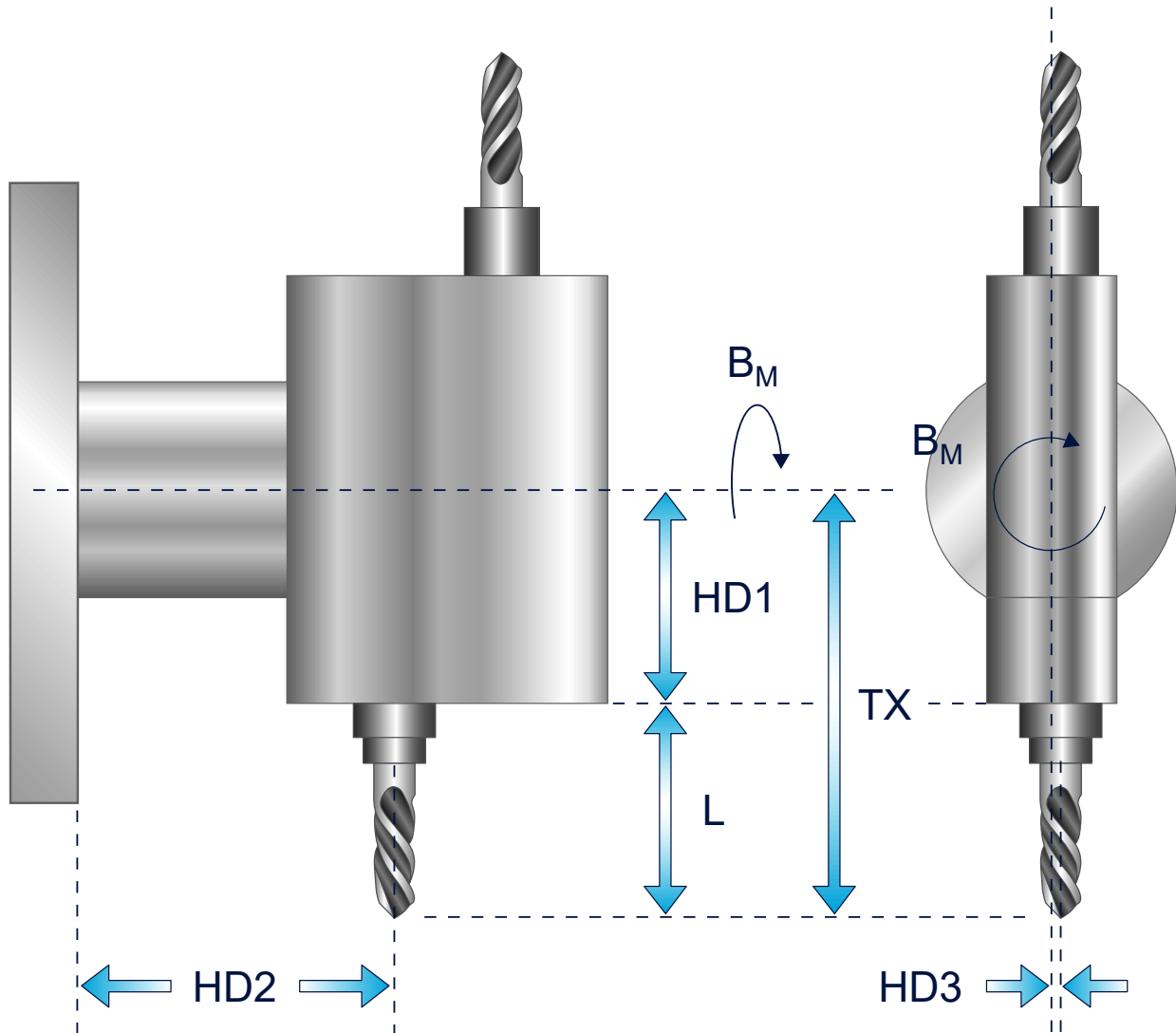


Abb. 11: Doppelspindelkopf in Seiten- und Vorderansicht (untere Spindel))

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Versatz Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt B-Achse	1.0 E-4 mm
HD2	1	Y-Versatz Werkzeugkopf	1.0 E-4 mm
HD3	2	X-Versatz von Werkzeugeinspannpunkt zu B-Achse	1.0 E-4 mm

2.5 KIN_TYP_5 – Vierachs-Kinematik mit Kreuzkopf für 4 Werkzeuge

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen Achsen und einer rotatorischen Achse im Werkzeug.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C	
Achsindex	0, 1, 2, 3	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, C	-

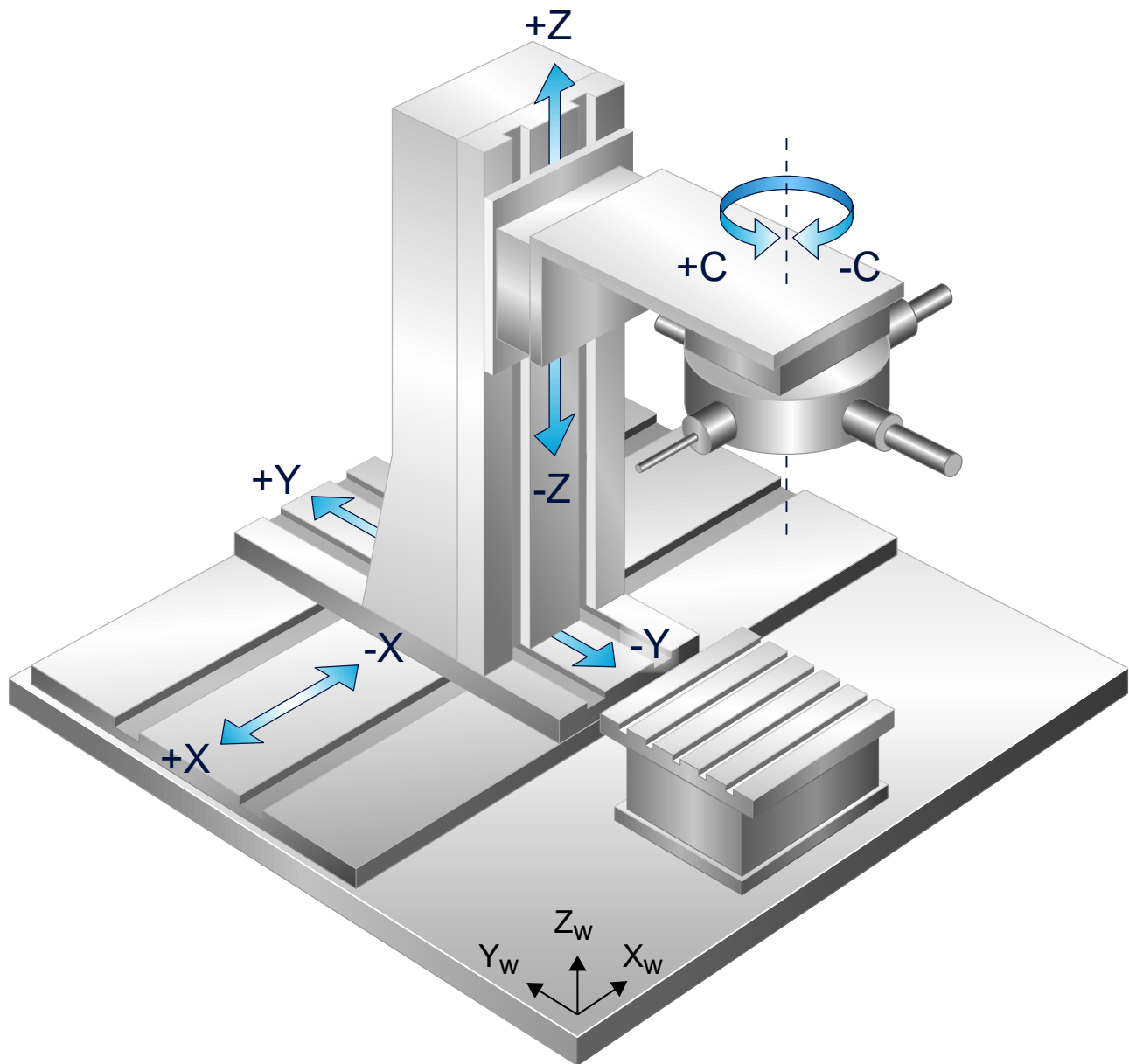


Abb. 12: 4-achsige Kinematik mit Kreuzkopf für 4 Werkzeuge

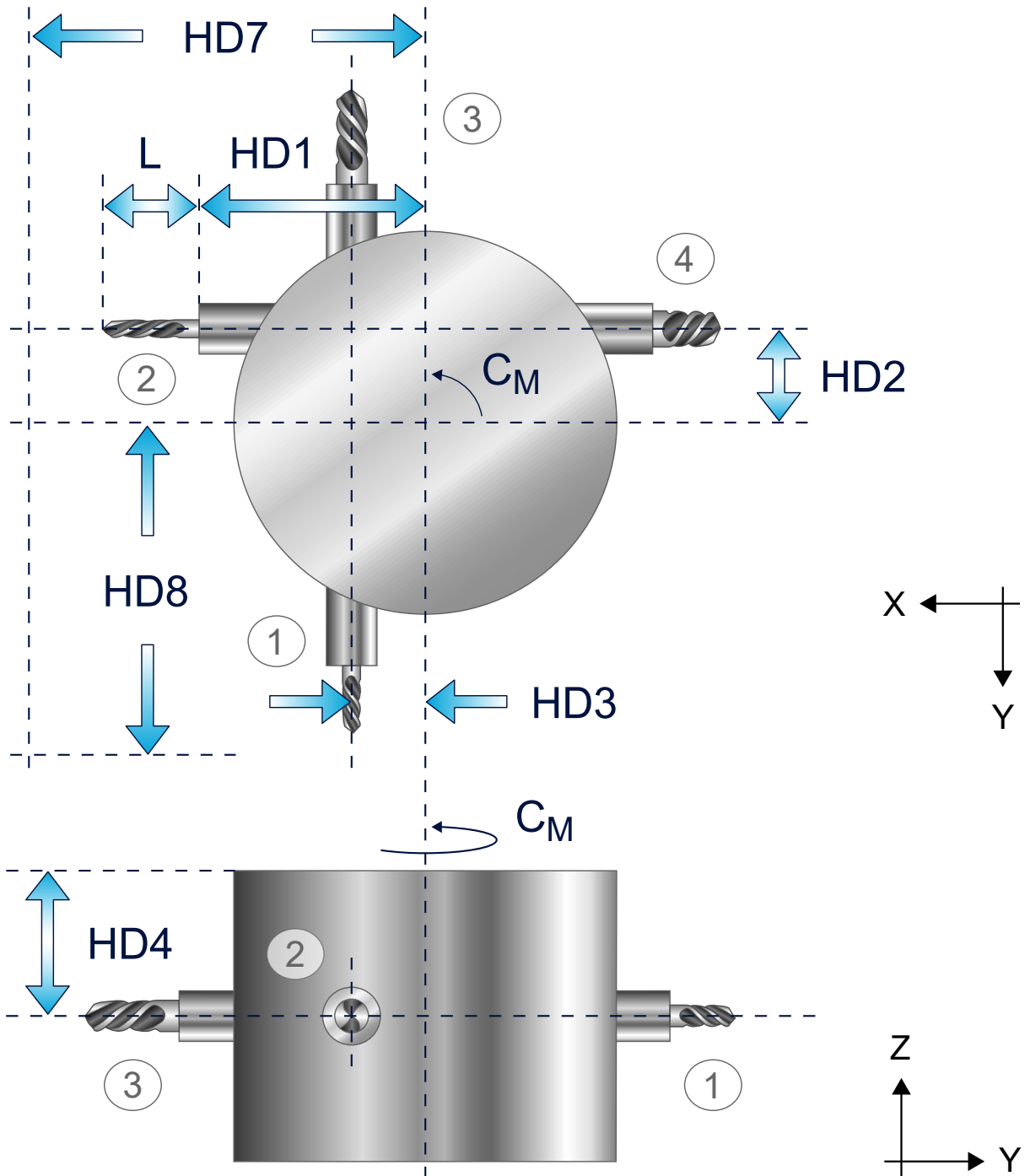


Abb. 13: Werkzeugkreuzkopf

Die Angabe, welches Werkzeug momentan aktiv ist, erfolgt durch die Belegung des Werkzeugversatzes HD5 der C-Achse. HD5 wird von der Nullstellung der C-Achse (Y-Achse) zur Werkzeugposition hin positiv gerechnet.

Sind die 4 Werkzeuge, wie in oben stehender Abbildung gezeichnet, rechtwinklig zueinander angeordnet, so ergibt sich beim Wechsel der Spindel eine Drehung der C-Achse um 90° bzw. 180° sowie, bedingt durch die Geometrie konstanten bei aktivem RTCP, translatorische Verschiebungen der X- und Y-Achse.

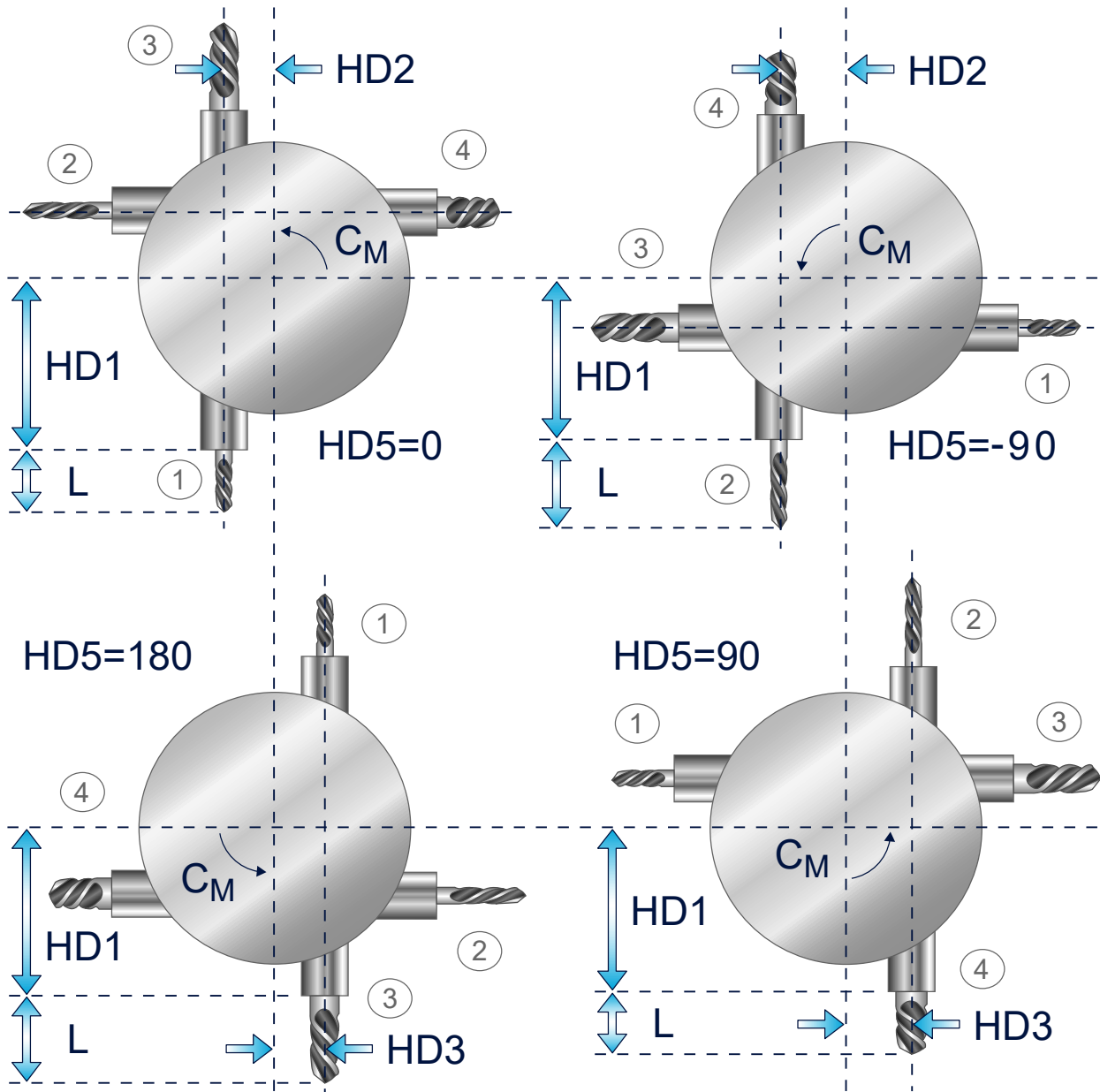


Abb. 14: Werkzeugkreuzkopf mit Nullstellungen der Werkzeuge 1..4

i Für jedes Werkzeug des Kopfes ist ein Datensatz mit Kopfparametern zu halten. Über den zugeordneten Werkzeugkopfdatensatz wird eines der Werkzeuge 1-4 selektiert.

Zur Vermaßung der Kopfversätze der einzelnen Werkzeuge wird das zugehörige Werkzeug über eine Drehung in die Nullstellung des Werkzeugs 1 gebracht (positive Y-Richtung).

Neben den einheitlichen Kopfparametern HD1, HD4, HD5 wird das Werkzeug 1 und 2 über den Kopfparameter HD2 parametrisiert, Werkzeug 3 und 4 über Kopfparameter HD3.

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Versatz Werkzeugeinspannpunkt zu Bezugspunkt	1.0 E-4 mm
HD2	1	Versatz Bezugspunkt Drehmittelpunkt C-Achse Werkzeug 1 und 2	1.0 E-4 mm

HD3	2	Versatz Bezugspunkt Drehmittelpunkt C-Achse Werkzeug 3 und 4	1.0 E-4 mm
HD4	3	Z-Achsversatz Werkzeugeinspannpunkt	1.0 E-4 mm
HD5	4	Rotatorischer Winkelversatz C-Achsnullposition	1.0 E-4°
HD7	6	statischer Werkzeugversatz in X	1.0 E-4 mm
HD8	7	statischer Werkzeugversatz in Y	1.0 E-4 mm

2.6 KIN_TYP_6 – Vierachs-Kinematik mit Unterflur-Fräswerkzeug

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen Achsen und einer rotatorischen Achse im Werkzeug. Als Besonderheit weist bei dieser Kinematik das Werkzeug in positive Z-Richtung.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C	
Achsindex	0, 1, 2, 3	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, C	-

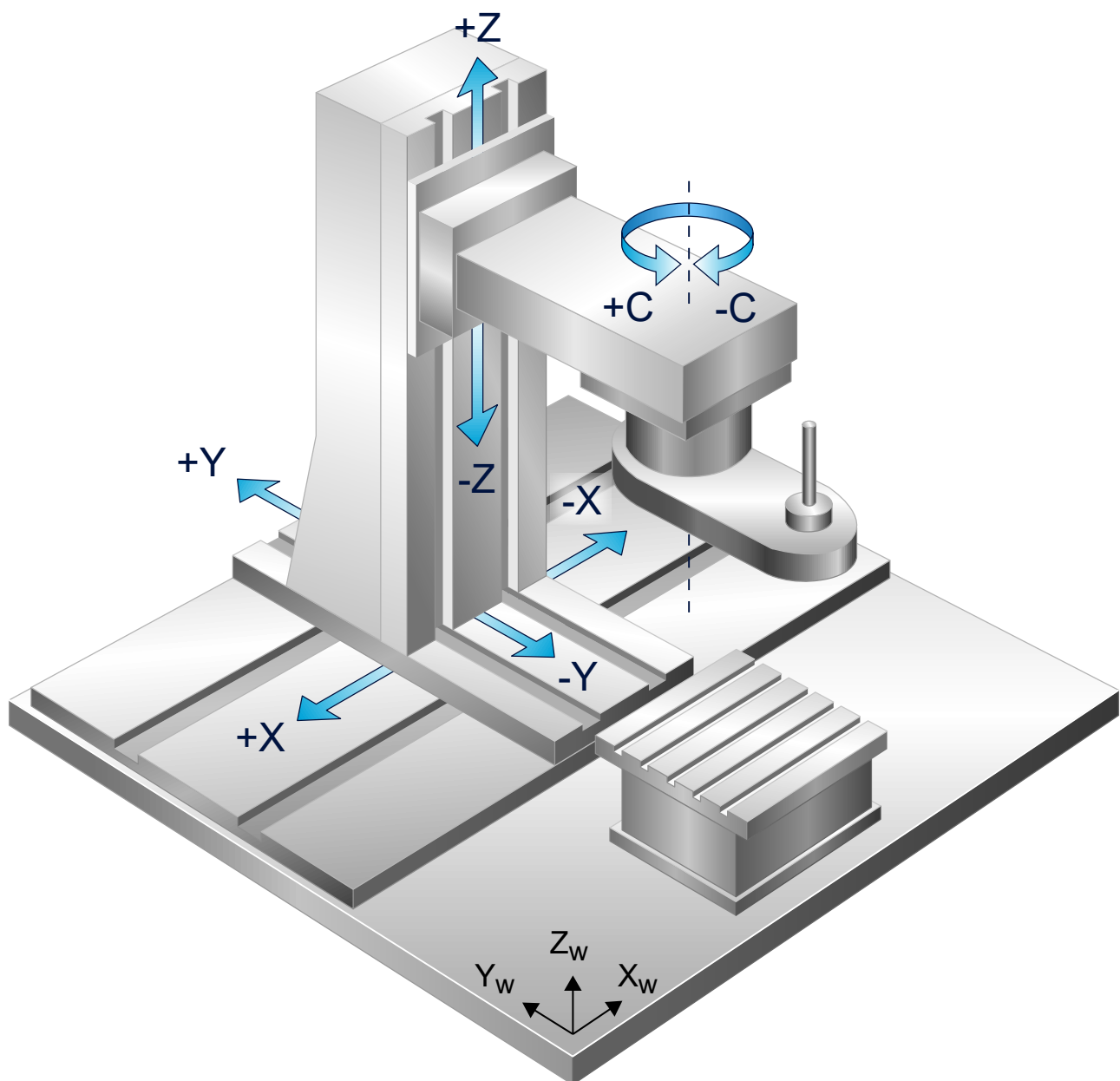


Abb. 15: 4-achsige Kinematik mit Unterflur-Fräswerkzeug

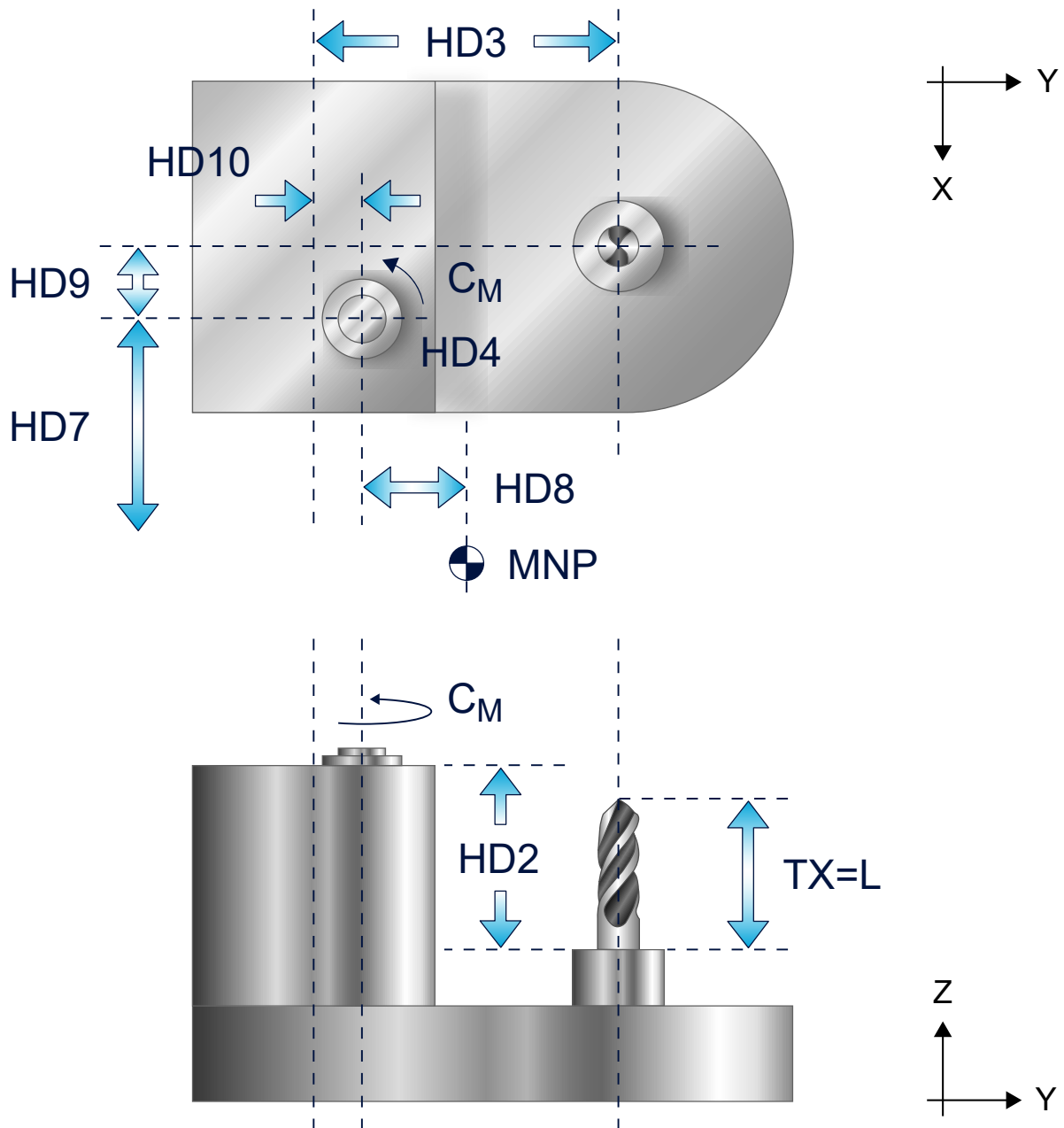


Abb. 16: Werkzeugkopf zum Unterflurfräsen (Ruhstellung mit HD4 = 0)

Die Achsen sind im Sinne eines Rechtssystems angeordnet. Die Nullstellung der C-Achse liegt in positiver Richtung der Y-Achse.

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD2	1	Z-Achsversatz Werkzeugeinspannpunkt	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y-Achsversatz Drehachse C zu Werkzeugdrehachse	1.0 E-4 mm
HD4	3	Rotatorischer Winkelversatz C-Achsnullposition	1.0 E-4°
HD7	6	statischer Werkzeugversatz in X	1.0 E-4 mm
HD8	7	statischer Werkzeugversatz in Y	1.0 E-4 mm
HD9	8	X-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm
HD10	9	Y-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm

2.7 KIN_TYP_7 – Fünfachs-Kinematik mit man. Hilfsachse (Bohren)

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen und einer rotatorischen NC-Achse im Werkzeug. Weiterhin steht eine manuell einstellbare rotatorische 5.Achse zur Verfügung. Diese Achse ist also vom NC-Programm aus nicht ansprechbar.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C	
Achsindex	0, 1, 2, 3	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, A, C	-
Hilfsachsen	A	-

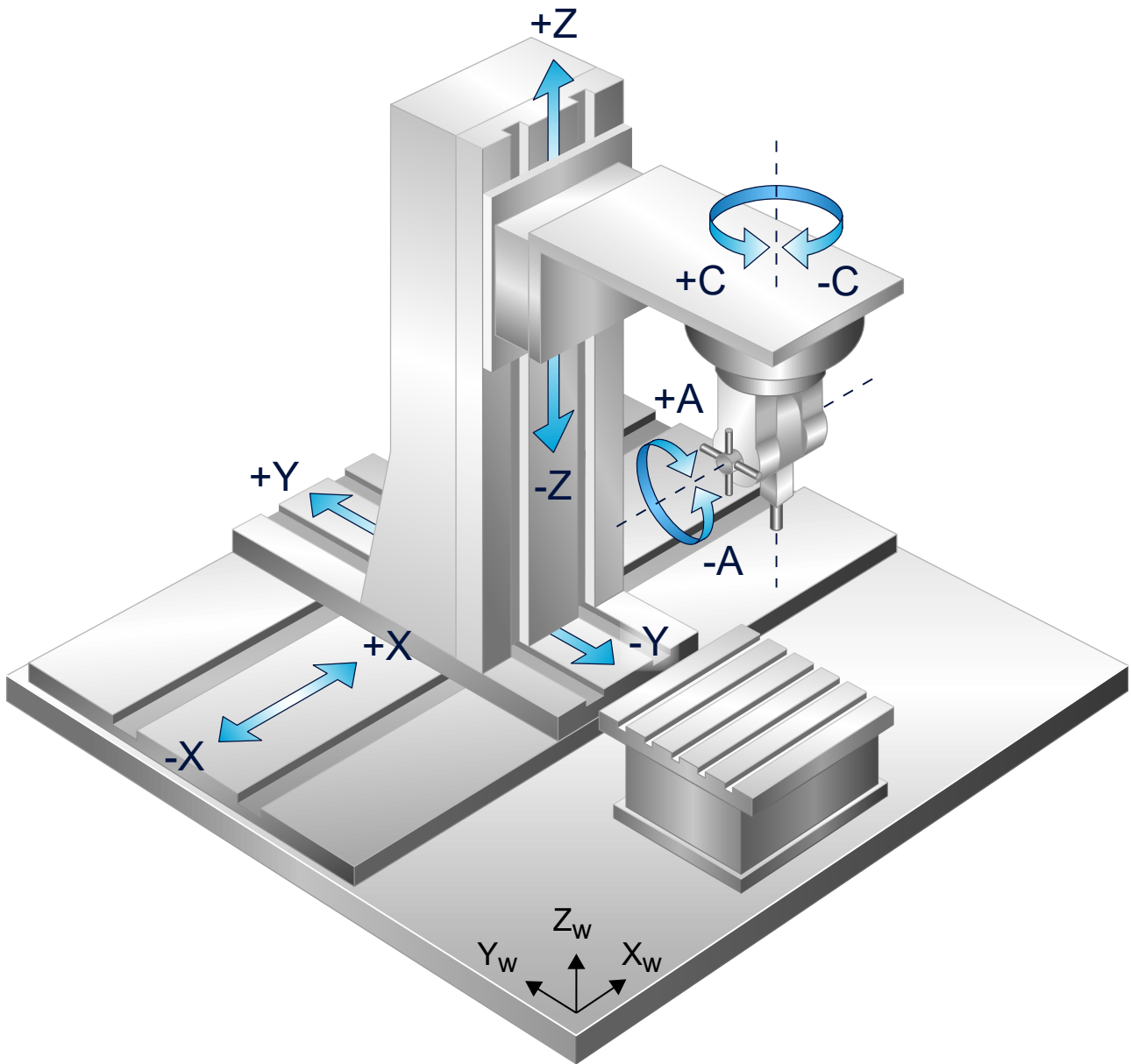


Abb. 17: 5-achsige Kinematik (Bohr- und Fräs Werkzeug mit manueller Hilfsachse A)

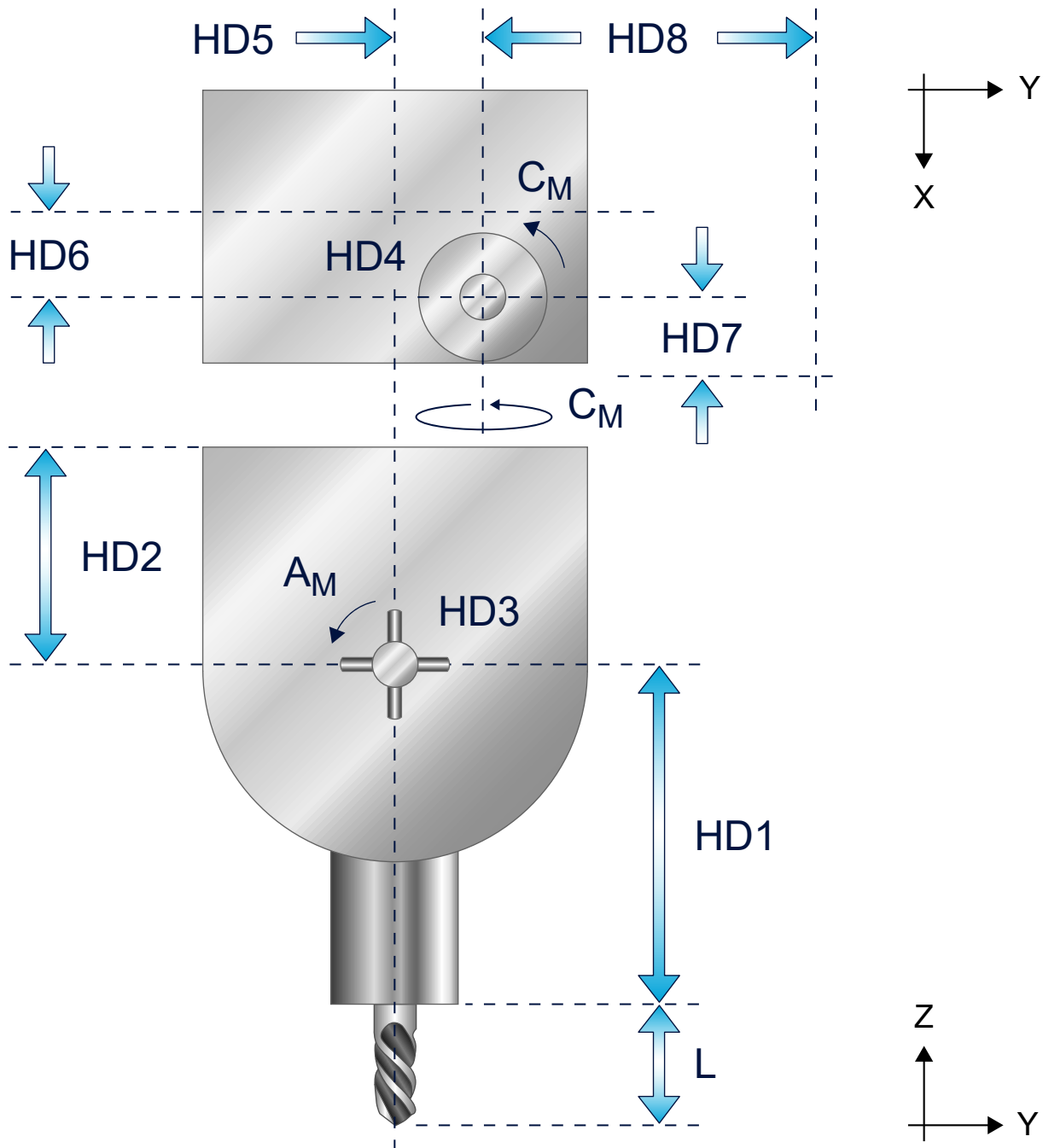


Abb. 18: 5-achsiges Bohr-/Fräswerkzeug (Ruhestellung mit $HD3=0$, $HD4=0$, $CM=0$)

Die Achsen sind im Sinne eines Rechtssystems angeordnet. Die Nullstellung der A-Achse liegt in negativer Richtung der Z-Achse.

Bei dem 5-achsigen Werkzeugkopf mit manuell einstellbarer A-Achse ist die automatische Orientierungseinstellung von der Stellung der A-Achse abhängig. Stimmen physikalische Maschinenachsposition und Wert im HD-Parameter der A-Achse nicht überein, so ist keine korrekte automatische Ausrichtung möglich.

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Achsversatz Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt A-Achse (Schwenkachse)	1.0 E-4 mm
HD2	1	Z-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Werkzeugkopfbezugspunkt	1.0 E-4 mm
HD3	2	Feste Winkeleinstellung von rotatorischer A-Achse (Schwenkachse)	1.0 E-4°
HD4	3	Winkelversatz Werkzeug zu C-Achsnullposition	1.0 E-4°
HD5	4	Y-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Drehpunkt C-Achse (Kröpfung)	1.0 E-4 mm
HD6	5	X-Achsversatz Werkzeugkopfbezugspunkt bis Drehpunkt C-Achse (Kröpfung)	1.0 E-4 mm
HD7	6	Statischer Werkzeugversatz in X	1.0 E-4 mm
HD8	7	Statischer Werkzeugversatz in Y	1.0 E-4 mm

2.8 KIN_TYP_8 – Fünfachs-Kinematik mit man. Hilfsachse (Sägen)

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen und einer rotatorischen NC-Achse im Werkzeug. Weiterhin steht eine manuell einstellbare rotatorische 5. Achse zur Verfügung. Diese Achse ist vom NC-Programm aus nicht ansprechbar.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C	
Achsindex	0, 1, 2, 3	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, A, C	-
Hilfsachsen	A	-

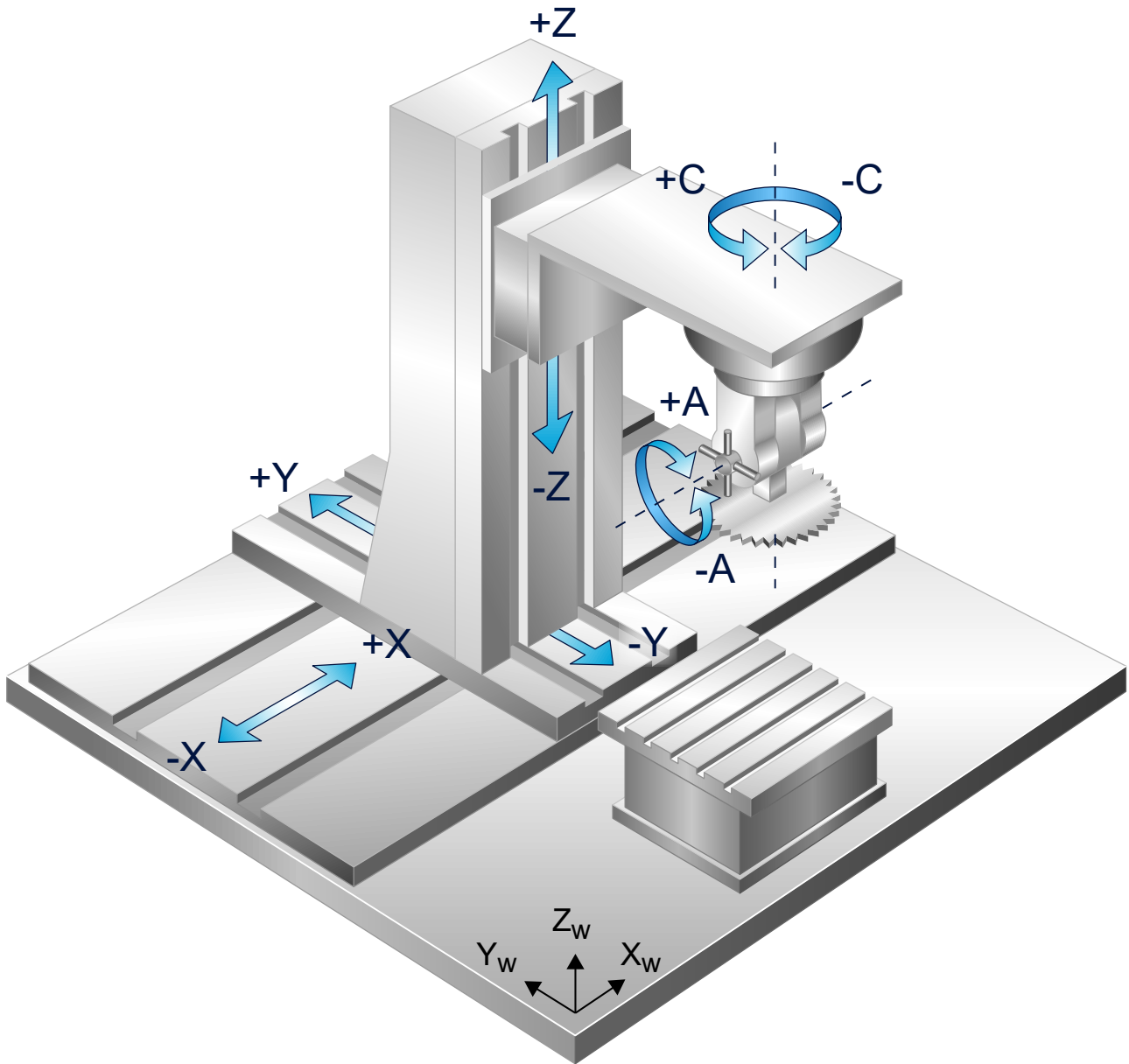


Abb. 19: 5-achsige Kinematik (Sägewerkzeug mit manueller Hilfsachse A)

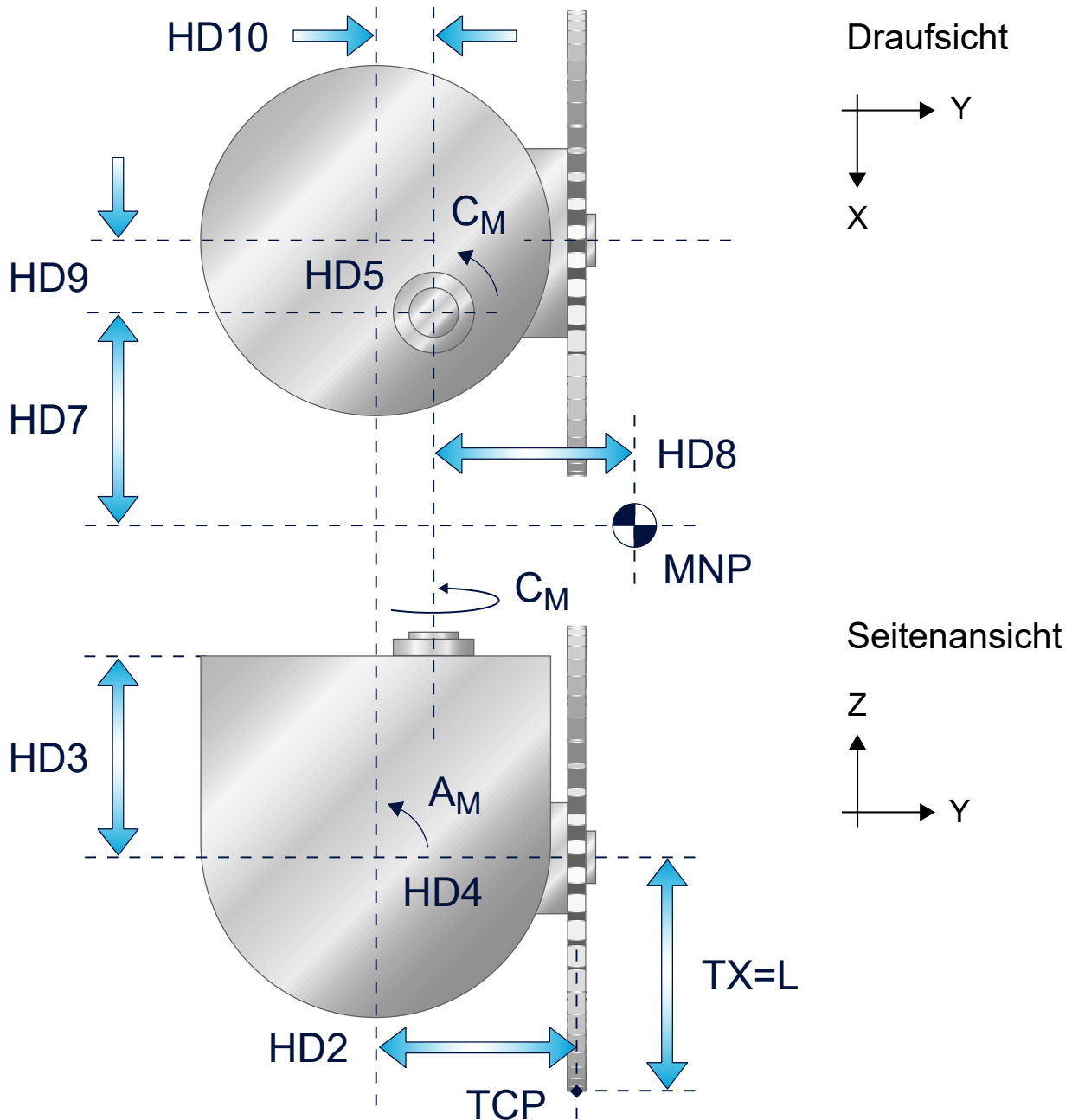


Abb. 20: 5-achsiges Sägewerkzeug (Ruhestellung mit $HD5 = 0$, $HD4 = +90$, $CM=0$)

Bei dem 5-achsigen Werkzeugkopf mit manuell einstellbarer A-Achse ist die automatische Orientierungseinstellung von der Stellung der A-Achse abhängig.

Stimmen physikalische Maschinenachspolition und Wert im HD-Parameter der A-Achse nicht überein, so ist keine korrekte automatische Ausrichtung möglich.

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD2	1	Y-Achsversatz von Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt A-Achse (Schwenkachse)	1.0 E-4 mm
HD3	2	Z-Achsversatz von Drehpunkt A-Achse zu Werkzeugbezugspunkt	1.0 E-4 mm
HD4	3	Feste Winkeleinstellung von rotatorischer A-Achse (Schwenkachse)	1.0 E-4°
HD5	4	Rotatorischer Winkelversatz C-Achse	1.0 E-4°
HD7	6	statischer Werkzeugversatz in X	1.0 E-4 mm
HD8	7	statischer Werkzeugversatz in Y	1.0 E-4 mm
HD9	8	X-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm
HD10	9	Y-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm

2.9 KIN_TYP_9 – Fünfachs-Kinematik (Bohr- und Fräsaggregat)

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkzeug.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C, A	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, C, A	-

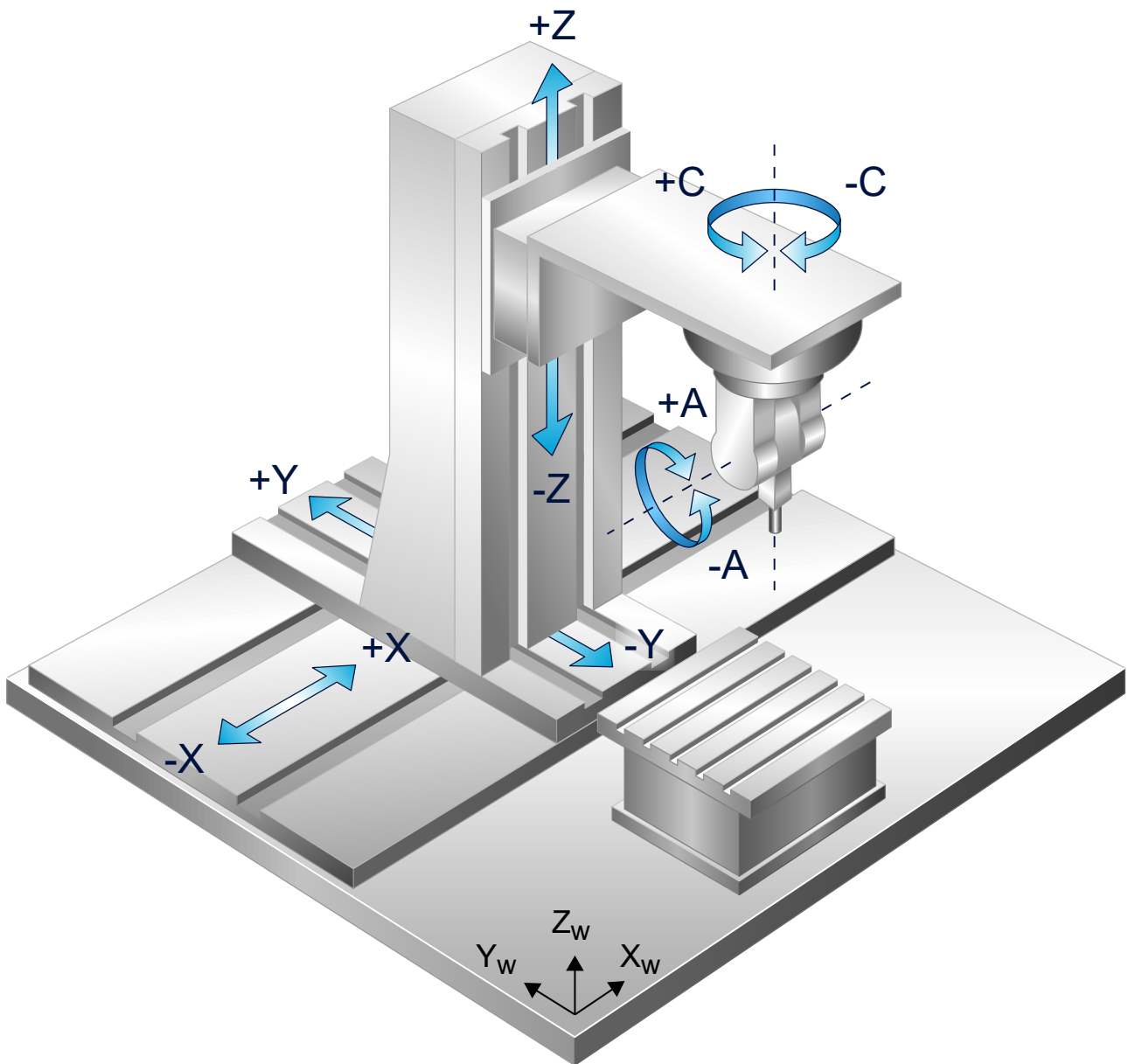


Abb. 21: 5-achsige Kinematik (Bohr- und Fräsaggregat)

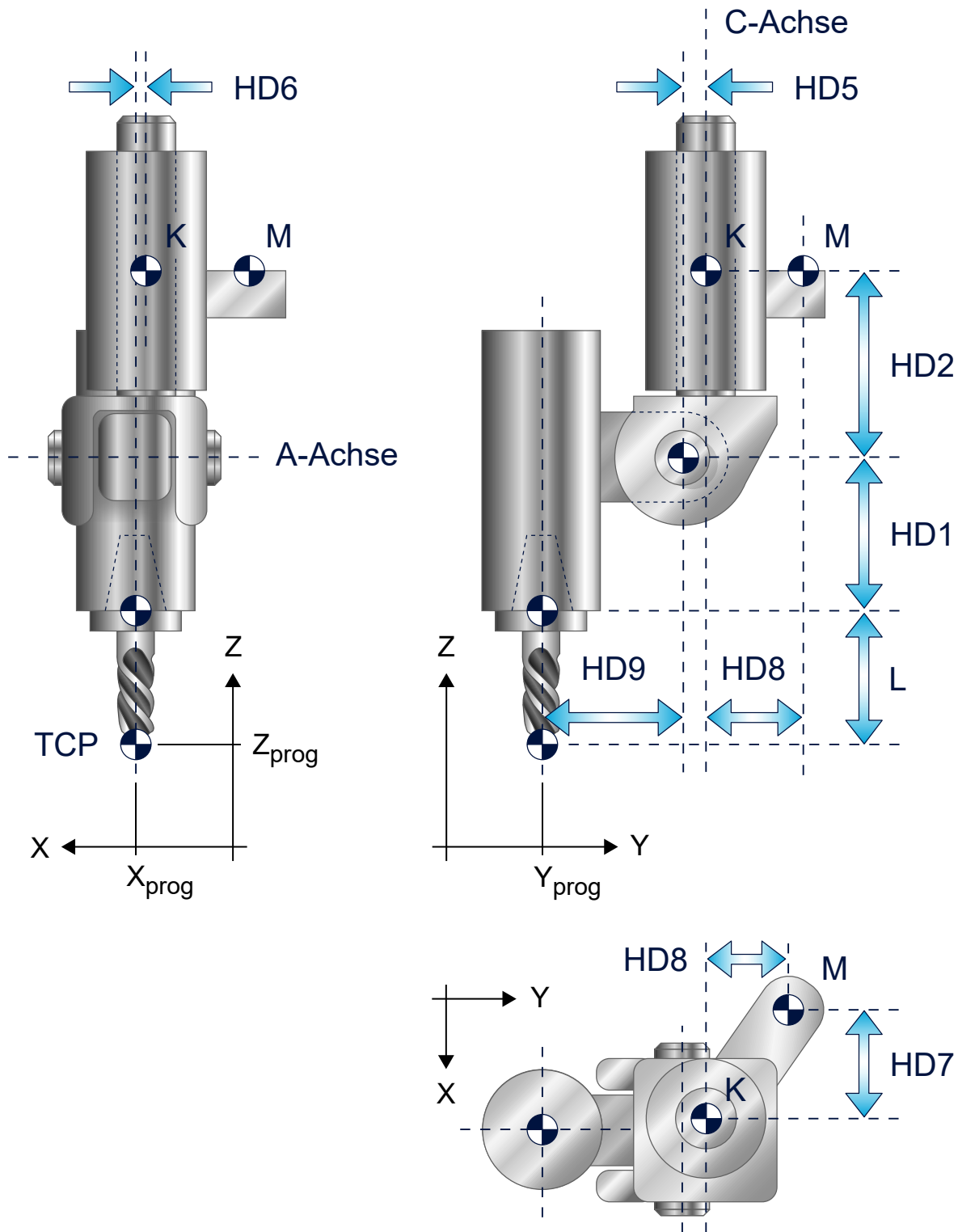


Abb. 22: 5-achsiges Bohr-/Fräswerkzeug (Ruhestellung mit $HD3 = 0, AM=0, HD4=0, CM=0$)

Die Punkte M und K in obiger Abbildung sind zwei Bezugspunkte.

(M)aschinenbezugspunkt und (K)inematikbezugspunkt

Es handelt sich bei dem ACS Versatz zwischen den Punkten M und K um einen statischen Versatz d.h. er ist unabhängig von der Winkelstellung der Drehachsen C, A.

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
------------	----------	--------------	---------

HD1	0	Z-Achsversatz von Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt A-Achse (Schwenkachse)	1.0 E-4 mm
HD2	1	Z-Achsversatz Drehachse A zu Werkzeugkopfbezugspunkt	1.0 E-4 mm
HD3	2	Rotatorischer Winkelversatz A-Achse (Standardwert 0)	1.0 E-4°
HD4	3	Rotatorischer Winkelversatz C-Achse (Standardwert 0)	1.0 E-4°
HD5	4	Y-Achsversatz Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm
HD6	5	X-Achsversatz Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm
HD7	6	statischer Kopfversatz in X (Standardwert 0)	1.0 E-4 mm
HD8	7	statischer Kopfversatz in Y (Standardwert 0)	1.0 E-4 mm
HD9	8	Y-Achsversatz Fräserachse zu Drehpunkt A-Achse	1.0 E-4 mm

2.10 KIN_TYP_10 – Fünffachs-Kinematik (Sägen)

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkzeug.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C, A	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, C, A	-

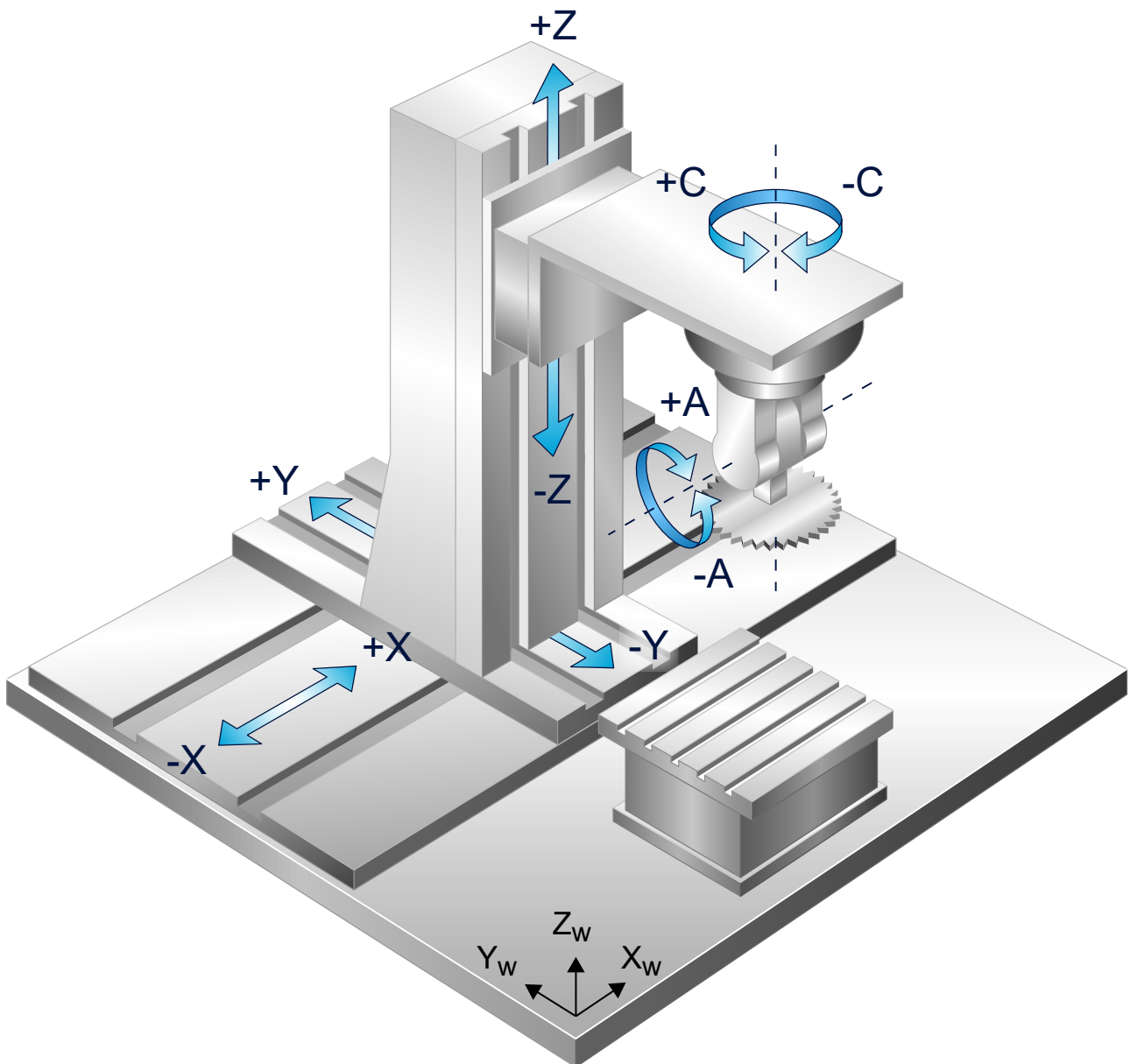


Abb. 23: 5-achsige Kinematik (Sägewerkzeug)

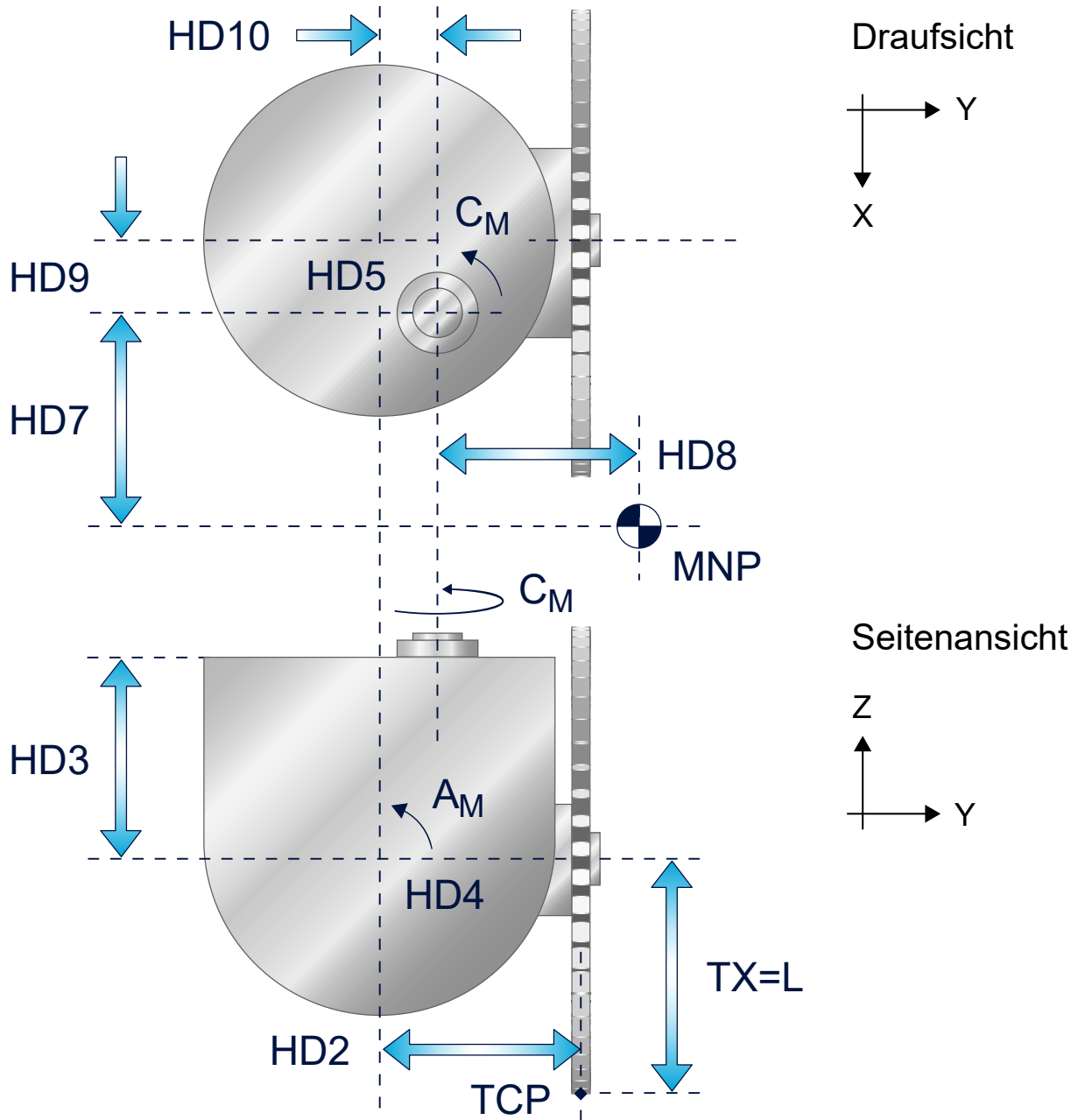


Abb. 24: 5-achsiges Sägewerkzeug (Ruhestellung mit $HD5 = 0$, $CM = 0$, $HD4 = 0$, $AM = 90$)

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD2	1	Y-Achsversatz von Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt A-Achse (Schwenkachse)	1.0 E-4 mm
HD3	2	Z-Achsversatz von Drehpunkt A-Achse (Schwenkachse) zu Werkzeugbezugspunkt	1.0 E-4 mm
HD4	3	Rotatorischer Winkelversatz A-Achse	1.0 E-4°
HD5	4	Rotatorischer Winkelversatz C-Achse	1.0 E-4°
HD7	6	statischer Werkzeugversatz in X	1.0 E-4 mm
HD8	7	statischer Werkzeugversatz in Y	1.0 E-4 mm
HD9	8	X-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm
HD10	9	Y-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm

2.11 KIN_TYP_11 – Fünffachs-Kinematik mit Schrägwinkelkopf

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen kartesischen Achsen und 2 rotatorischen Achsen. Als Besonderheit weist die Maschine die schräg aufgesetzte B-Achse auf.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, A, B	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, B	Z, A

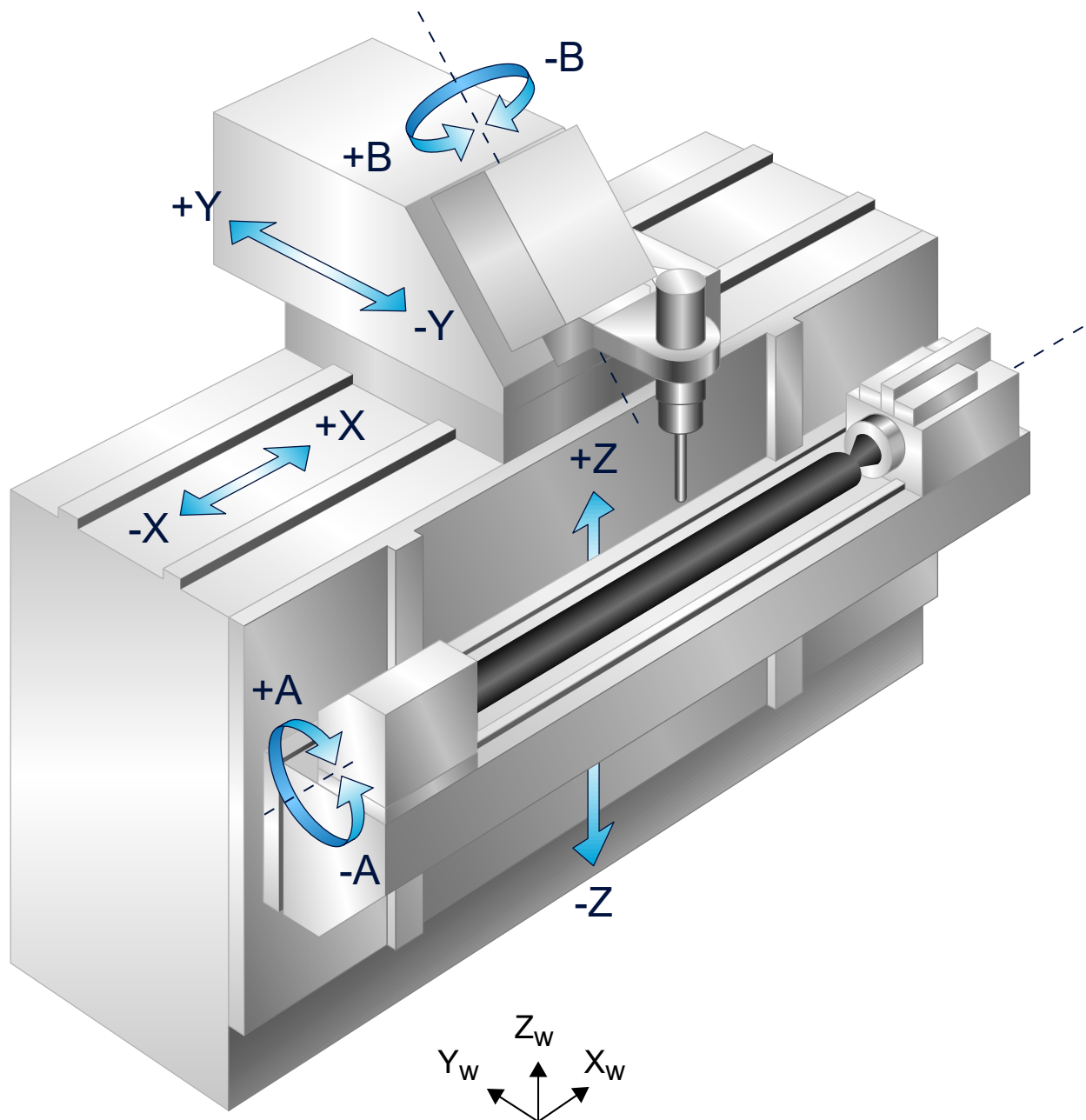


Abb. 25: Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine mit Schrägwinkelkopf

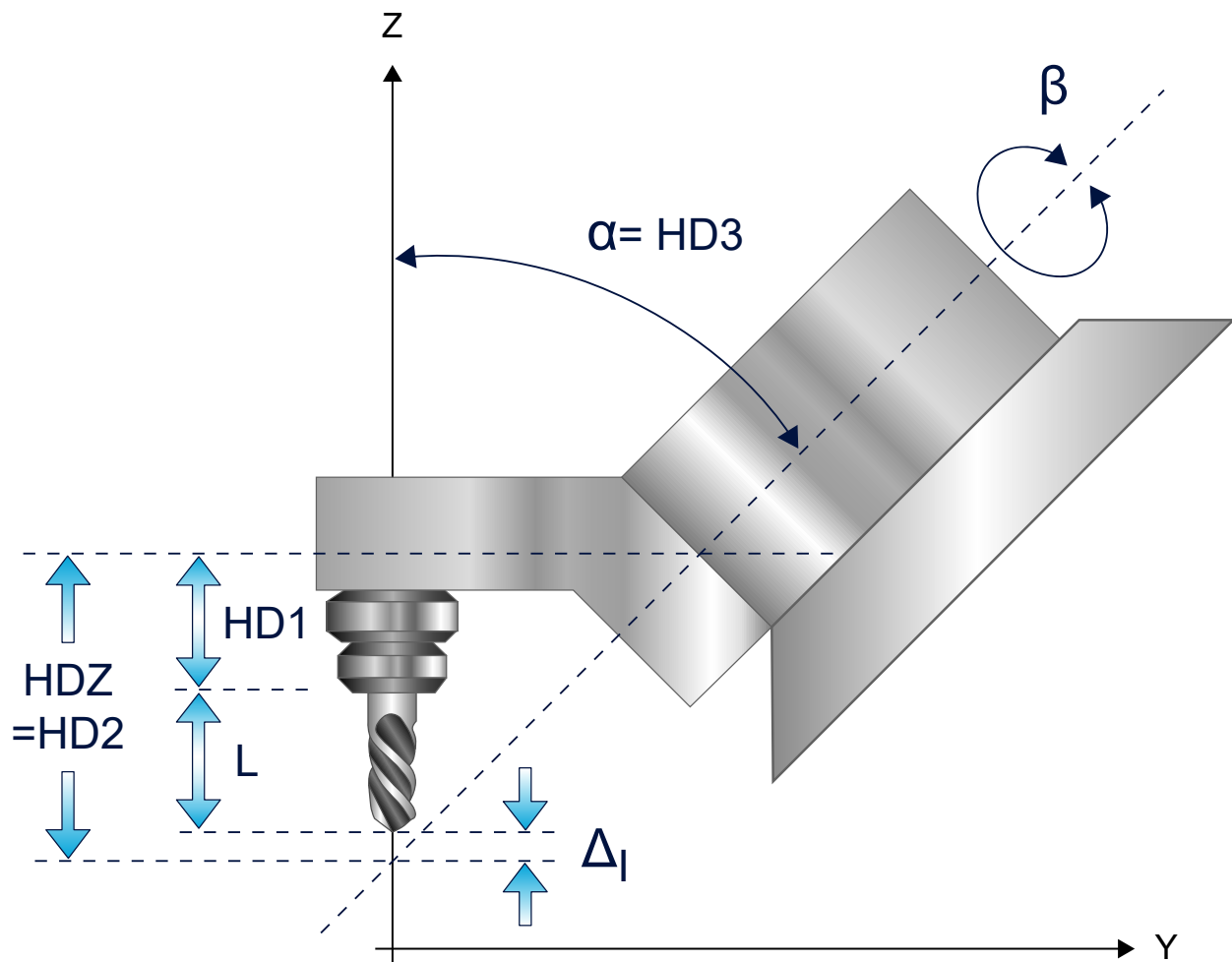


Abb. 26: Winkel und Längen am Schrägwinkelkopf

Bei der Kinematik fällt besonders die Konstruktion der schiefwinkligen B-Achse auf: Wird die Werkzeuglänge so gewählt, dass der TCP (Tool Center Point) genau auf der Verlängerung der B-Achse zu liegen kommt (Werkzeugversatz HDZ), so sind bei Änderungen der Werkzeugorientierung über die B-Achse keine Ausgleichsbewegungen in den translatorischen Achsen notwendig (Ausgleichsbewegungen aufgrund von Orientierungsänderung in der A-Achse sind immer vorhanden). Ist die Werkzeuglänge nicht ideal gewählt, also der TCP nicht exakt auf der Verlängerung der B-Achse, so ergeben sich geringfügige zusätzliche Ausgleichsbewegungen auf den linearen Achsen, je nach Abweichung von der idealen Länge.

Durch die besondere Konstruktion der B-Achse können keine singulären Stellen bei der Rückwärtstransformation der Orientierungsachsen auftreten, jedoch können auch nicht alle beliebigen Werkzeugorientierungen eingestellt werden (s.u.).

Die Nullstellungen der Maschinenachsen XM, YM, ZM werden so gewählt, dass sich die gedachten Verlängerungen von AM und BM schneiden. Die Nullstellung von BM wird so gewählt, dass bei BM=0 das Werkzeug senkrecht und damit parallel zu Z0 steht (Die Abbildung „Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine mit Schrägwinkelkopf“ zeigt die Nullstellung von BM). Die Nullstellung von AM wird sinnvollerweise so festgelegt, dass die Y0, Z0 -Werkstückachsen parallel zu den Maschinenachsrichtungen verlaufen.

HDZ repräsentiert die ideale Werkzeuglänge als Geometrieparameter der Maschinenkinematik; HD1 repräsentiert den ersten Werkzeugkopfparameter, L die tatsächliche Werkzeuglänge (Fräserlänge).

Es ist zu beachten, dass L vorzeichenbehaftet ist, also auch negativ sein kann.

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Achsversatz Werkzeugeinspannpunkt bis Werkzeugkopfbezugspunkt	1.0 E-4 mm
HD2	1	Ideale Werkzeuglänge	1.0 E-4 mm
HD3	2	Winkel zwischen B-Achse und Z-Achse (Schrägwinkel)	1.0 E-4°

2.12 KIN_TYP_12 – Tripod-Kinematik

Kinematische Struktur

Die als Tripod bezeichnete Stabkinematik besteht aus 3 nicht kartesisch angeordneten translatorischen Achsen. Jeweils 2 zueinander parallele Stäbe tragen die Werkzeugträgerplattform. Die Werkzeugorientierung ist konstant.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z (Z1, Z2, Z3)	
Achsindex	0, 1, 2	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z	-

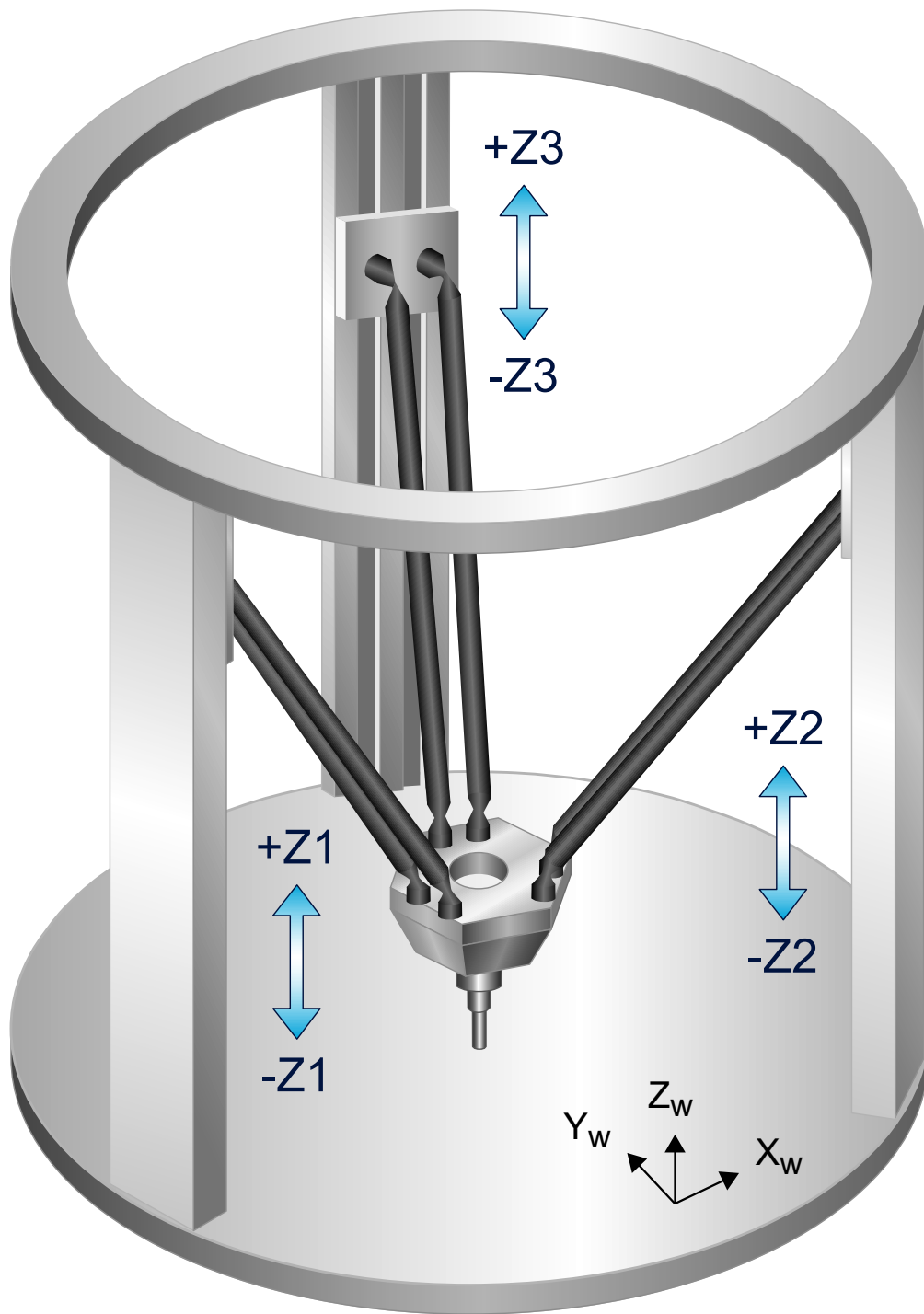


Abb. 27: Tripod Kinematik

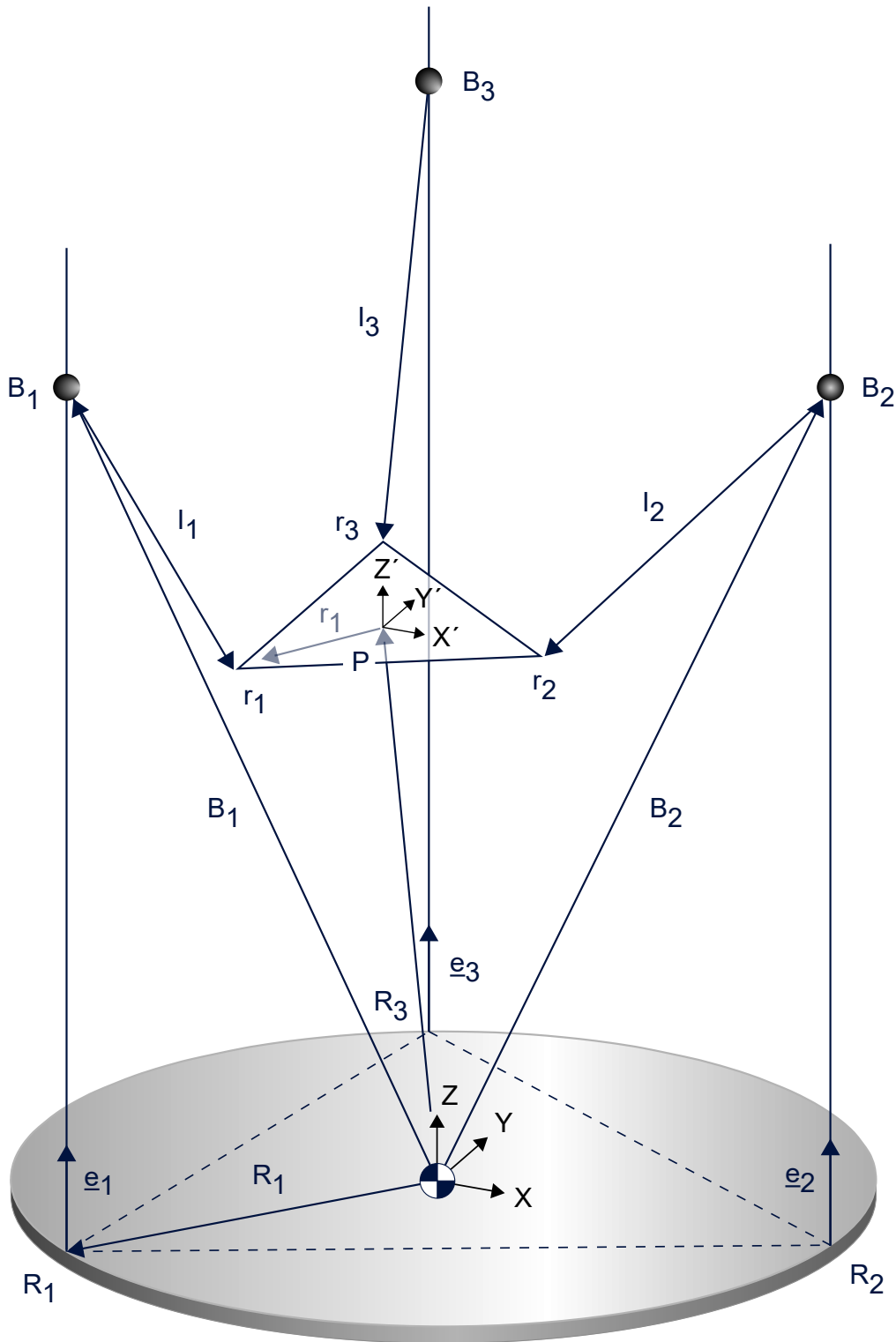
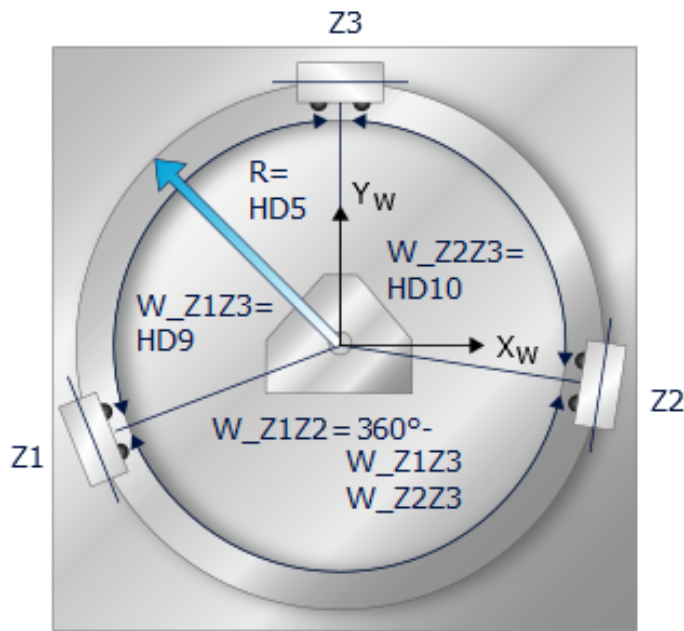


Abb. 28: Vektordarstellung der Stabkinematik

Träger Maschinenachsen



Trägerplattform
Werkzeug

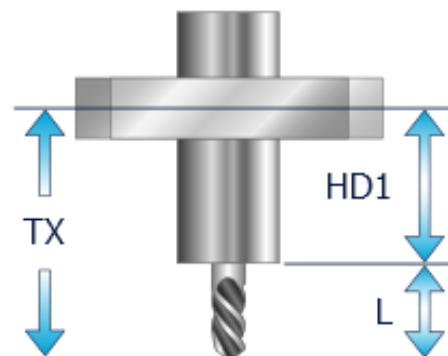
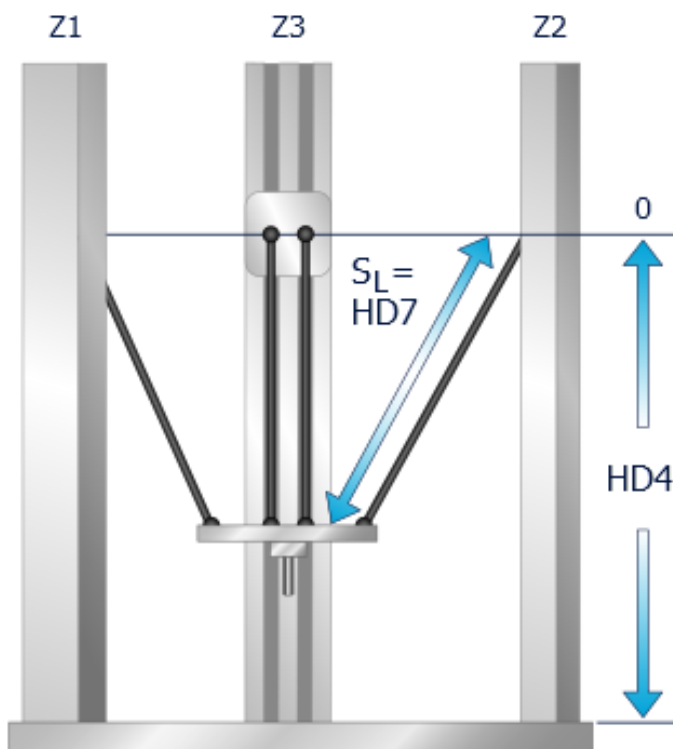
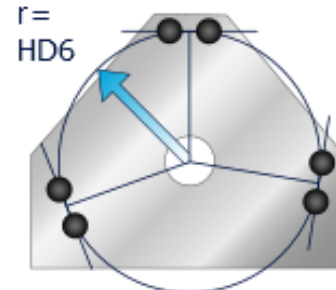


Abb. 29: Versatzmaße der Stabkinematik

Mit dem Parameter HD8 lässt sich zwischen einem idealen (0) und nichtidealen (1) Tripod umschalten. Ein idealer Tripod hat zwischen allen Säulen einen Winkel von 120°. Der nichtideale Tripod muss durch die Winkel HD9 und HD10 definiert werden.

Der dritte Winkel zwischen den Säulen ergibt sich aus:

$$W_{Z1Z2} = 360^\circ - HD9 - HD10 = 360^\circ - W_{Z2Z3} - W_{Z1Z3}$$

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
------------	----------	--------------	---------

HD1	0	Z Werkzeugversatz	1.0 E-4 mm
HD2	1	Y Werkzeugversatz	1.0 E-4 mm
HD3	2	X Werkzeugversatz	1.0 E-4 mm
HD4	3	Z-Achsversatz Maschinennullpunkt	1.0 E-4 mm
HD5	4	Radius zu Verbindungslinie Gelenkmittelpunkte Antriebssäulen (großer Kreis)	1.0 E-4 mm
HD6	5	Radius zu Verbindungslinie Gelenkmittelpunkte Stewardplattform (kleiner Kreis)	1.0 E-4 mm
HD7	6	Stablänge jeweils bis Gelenkmittelpunkt	1.0 E-4 mm
HD8	7	Schalter zum Umschalten auf nichtidealen Tripod 0 : idealer Tripod 1 : nichtidealer Tripod und freischalten von HD9 / HD 10	[-]
HD9	8	Winkel Säule / Gelenk 3 zu Säule / Gelenk 1	1.0 E-4°
HD10	9	Winkel Säule / Gelenk 3 Säule / Gelenk 2	1.0 E-4°

2.13 KIN_TYP_16 – Fünffachs-Kinematik

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkzeug.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, B, A	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, B, A	-

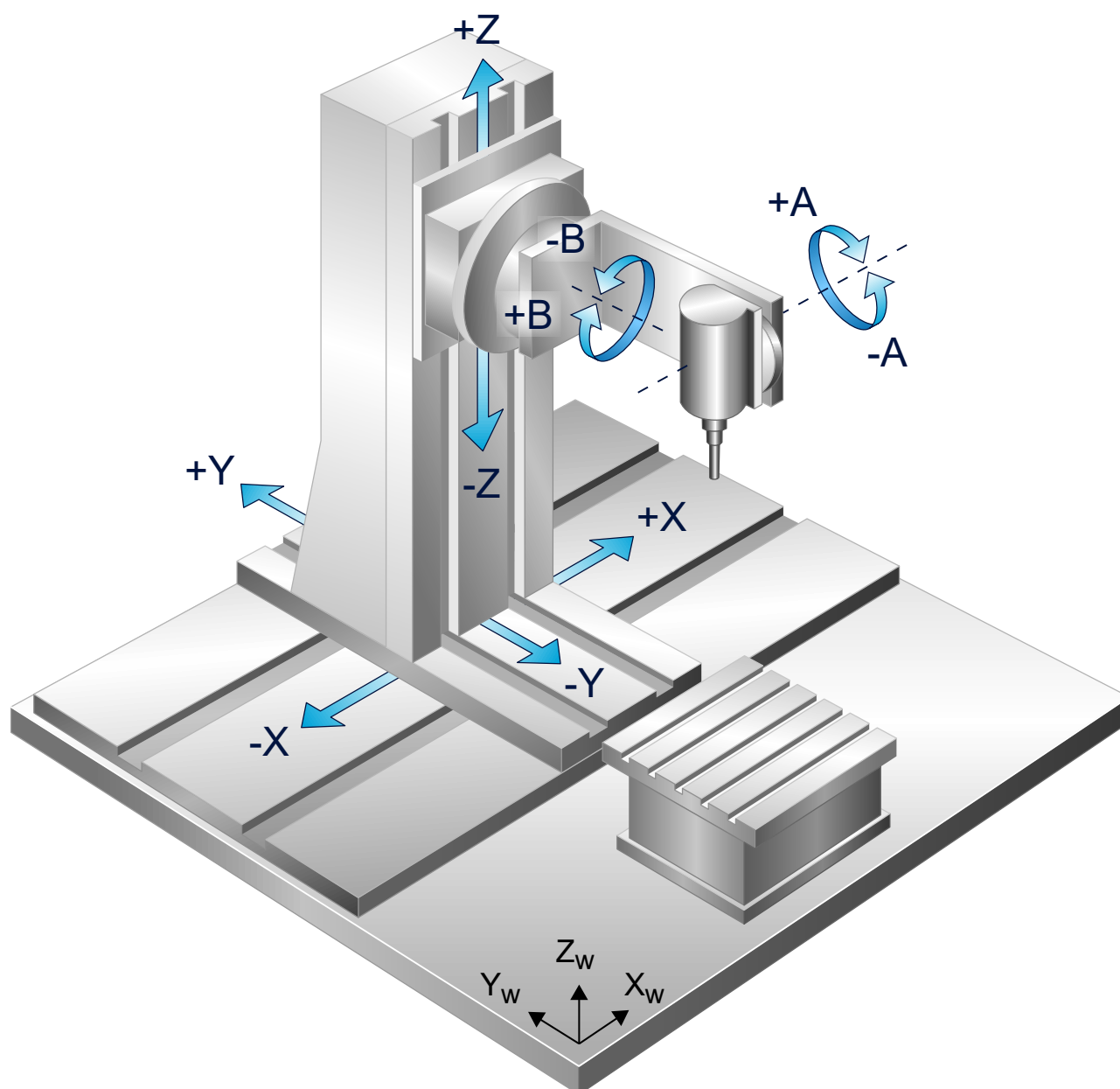


Abb. 30: Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine

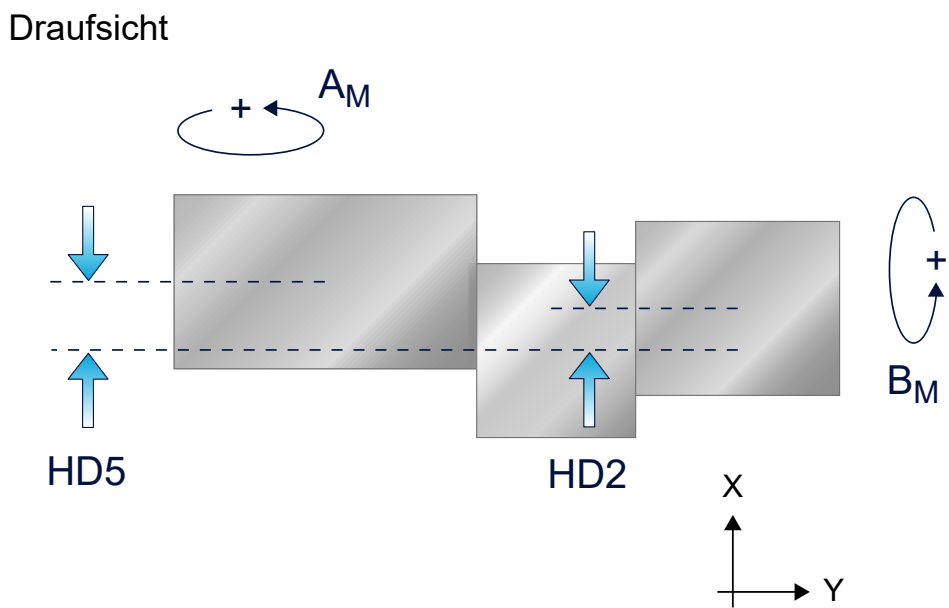
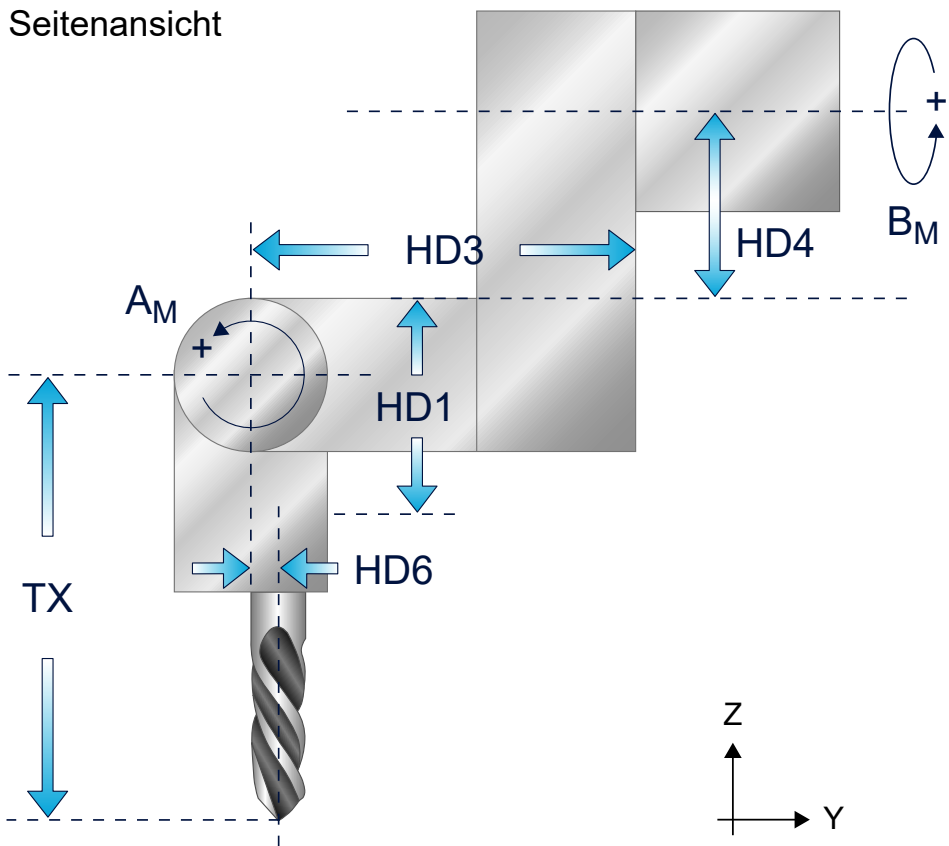


Abb. 31: Parameter des Dreh-Schwenkkopfes

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z Versatz bis Einspannpunkt WZ	1.0 E-4°
HD2	1	X Versatz	1.0 E-4°
HD3	2	Y Versatz	1.0 E-4°
HD4	3	Z Versatz	1.0 E-4°
HD5	4	X Versatz	1.0 E-4°

HD6	5	Y-Achsversatz WZ	1.0 E-4°
HD7	6	Rotatorischer Versatz A-Achse	1.0 E-4°
HD8	7	Rotatorischer Versatz B-Achse	1.0 E-4°
HD9	8	Vorzeichen Drehrichtung A-Achse	[-]
HD10	9	Vorzeichen Drehrichtung B-Achse	[-]

2.14 KIN_TYP_17 – Fünffachs-Kinematik mit 2 manuellen Hilfsachsen

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen. Weiterhin stehen 2 manuell einstellbare rotatorische Achsen zur Verfügung. Diese Achsen sind vom NC-Programm aus nicht ansprechbar.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z	
Achsindex	0, 1, 2	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z	-
Hilfsachsen	C, A	-

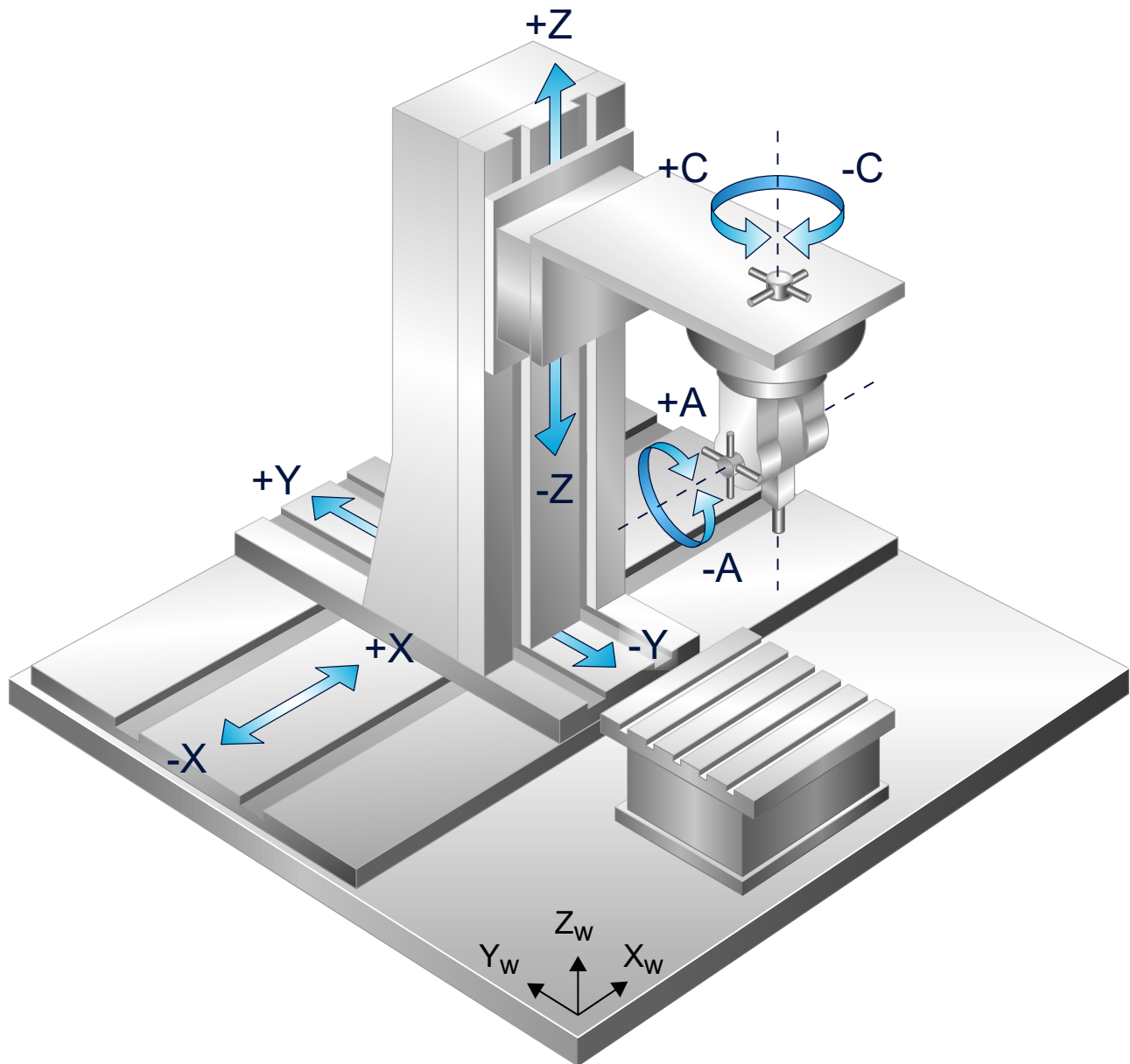


Abb. 32: 5-achsige Kinematik (Bohr- und Fräs Werkzeug mit manuellen Hilfsachsen C und A)

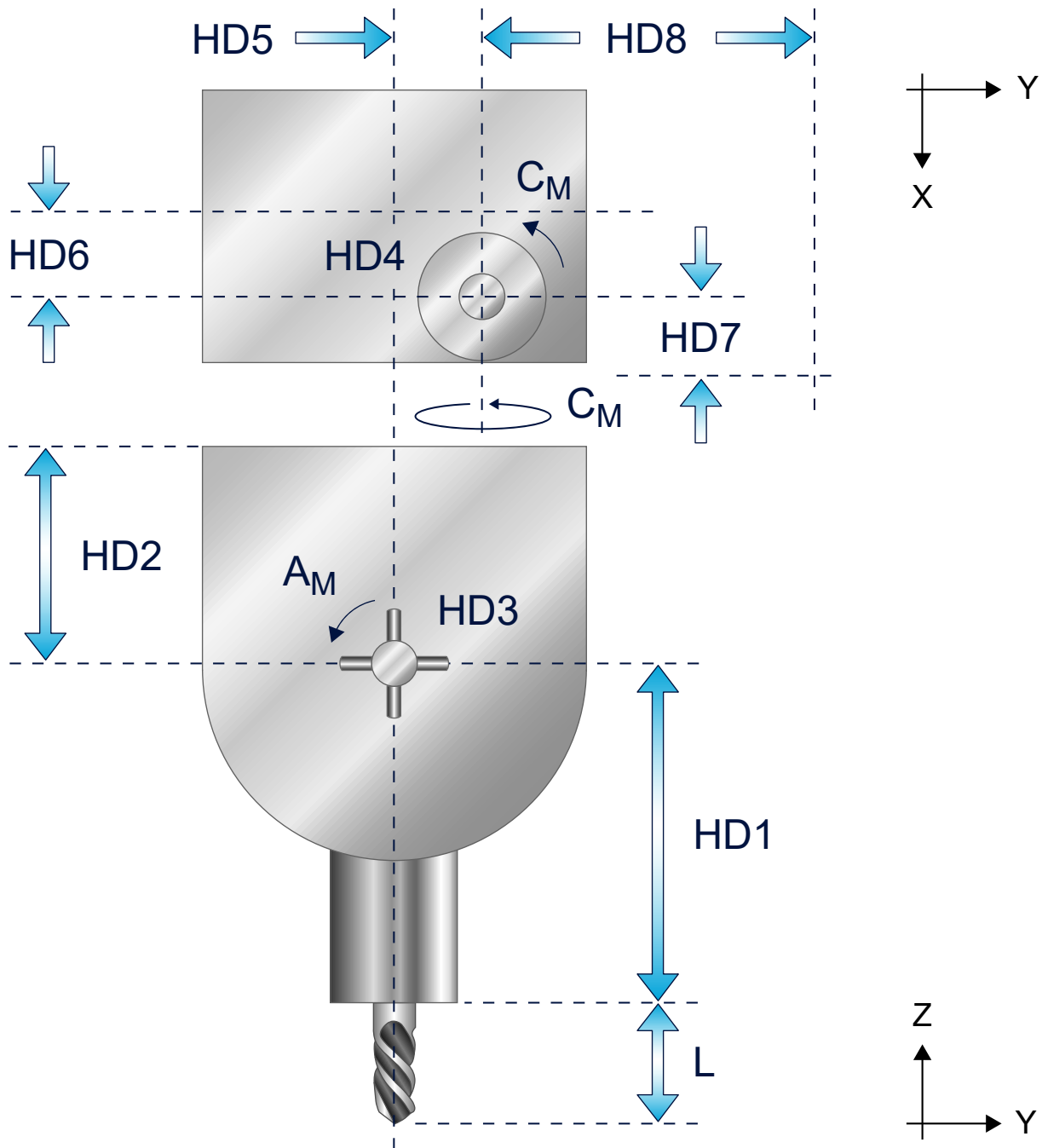


Abb. 33: Bohr-/ Fräswerkzeug (Ruhestellung mit HD3 = 0, HD4 = 0)

Die Achsen sind im Sinne eines Rechtssystems angeordnet. Die Nullstellung der A-Achse liegt in negativer Richtung der Z-Achse. Bei dem 2-achsigen Werkzeugkopf mit manuell einstellbarer C-Achse und A-Achse ist keine automatische Orientierungseinstellung möglich.

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Achsversatz Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt A-Achse (Schwenkachse)	1.0 E-4 mm
HD2	1	Z-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Werkzeugkopfbezugspunkt	1.0 E-4 mm
HD3	2	Feste Winkeleinstellung von rotatorischer A-Achse (Schwenkachse)	1.0 E-4°

HD4	3	Feste Winkeleinstellung von rotatorischer C -Achse	1.0 E-4°
HD5	4	Y-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Drehpunkt C-Achse (Kröpfung)	1.0 E-4 mm
HD6	5	X-Achsversatz Werkzeugkopfbezugspunkt bis Drehpunkt C-Achse (Kröpfung)	1.0 E-4 mm
HD7	6	Statischer Werkzeugversatz in X	1.0 E-4 mm
HD8	7	Statischer Werkzeugversatz in Y	1.0 E-4 mm

2.15 KIN_TYP_18 – Fünfachs-Kinematik mit 2 manuellen Hilfsachsen (Sägen)

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen. Weiterhin stehen 2 manuell einstellbare rotatorische Achsen zur Verfügung. Diese Achsen sind vom NC-Programm aus nicht ansprechbar.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z	
Achsindex	0, 1, 2	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z	-
Hilfsachsen	C, A	-

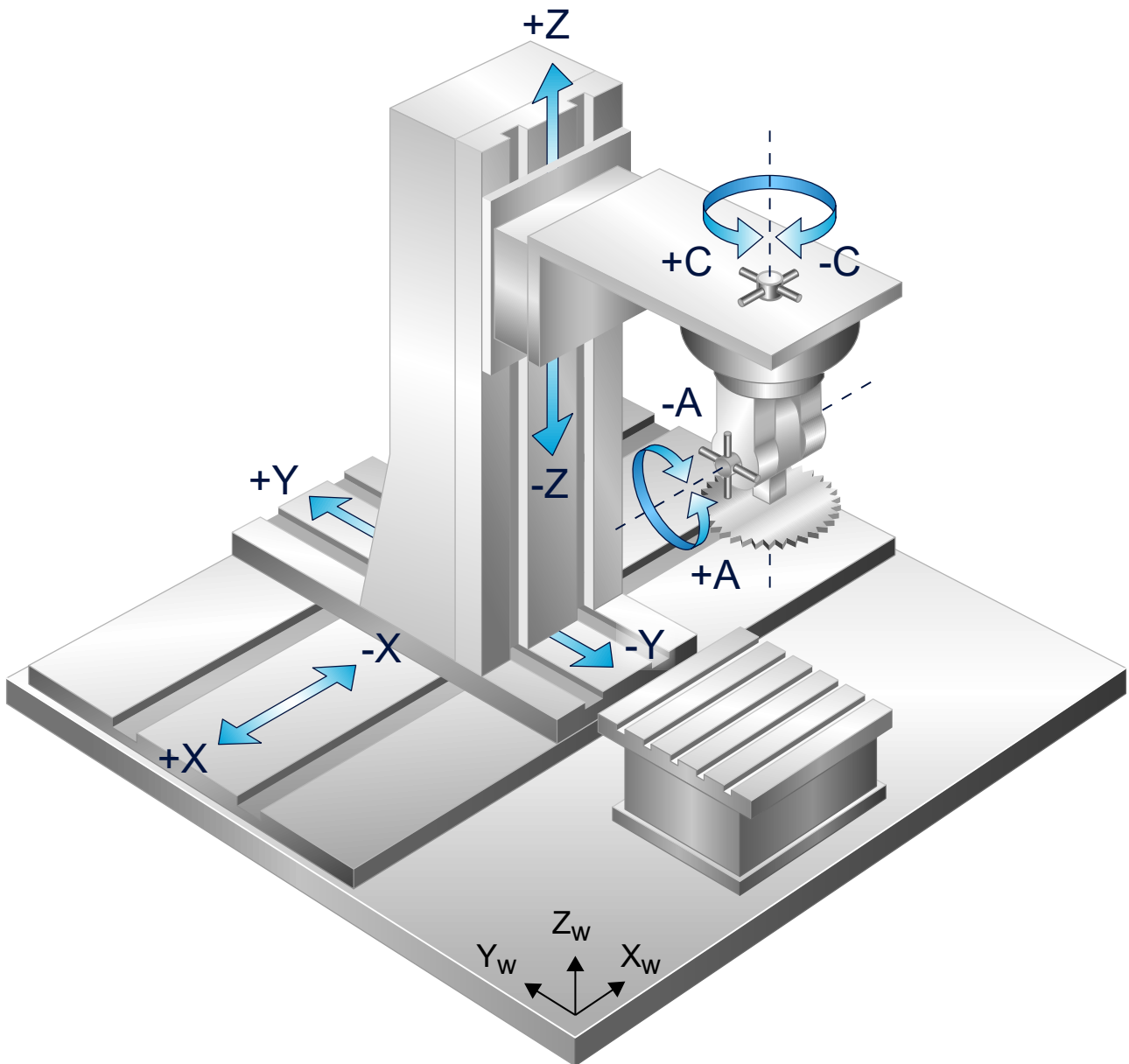


Abb. 34: 5-achsige Kinematik (Sägewerkzeug mit manuellen Hilfsachsen C und A)

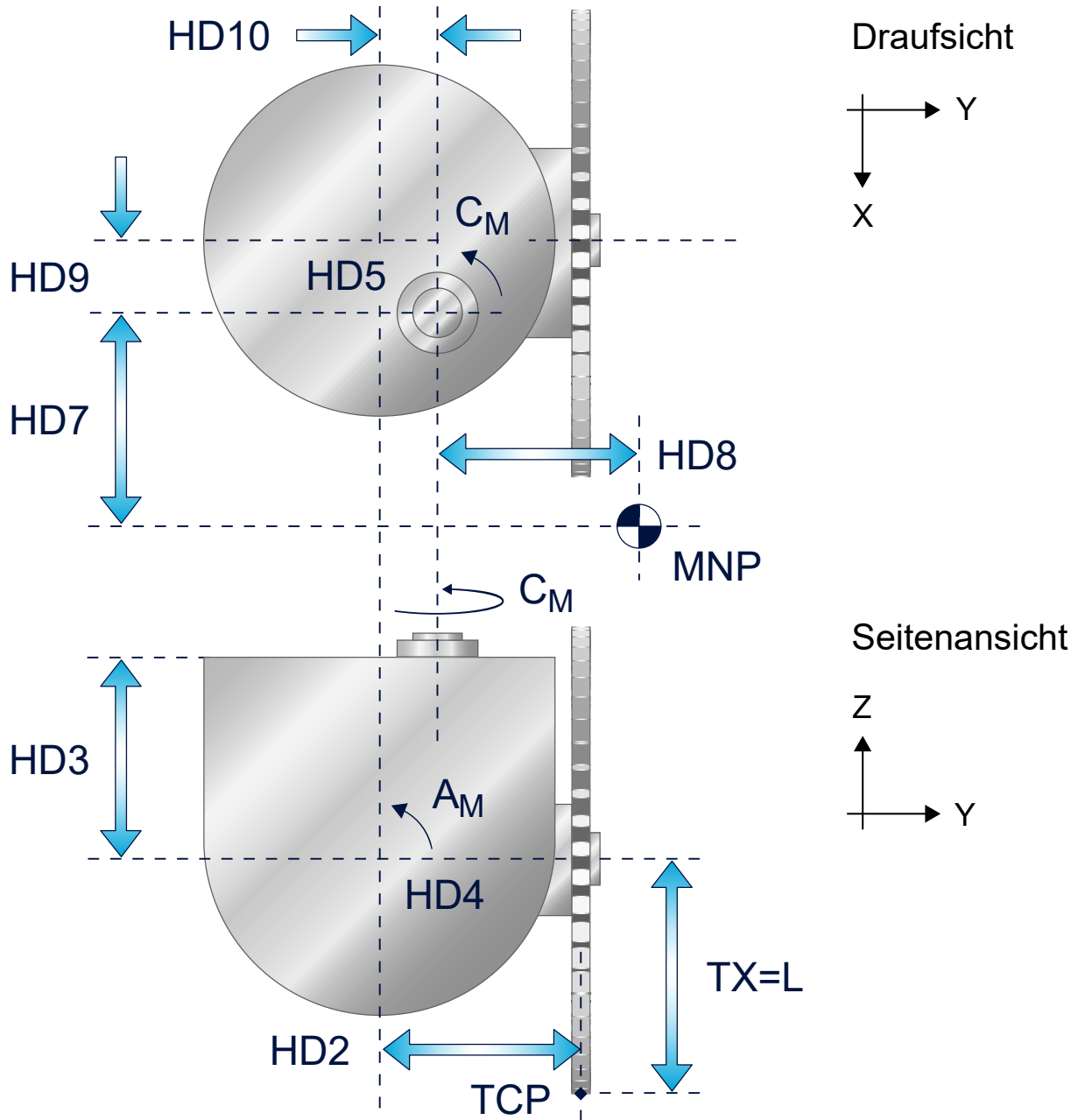


Abb. 35: Sägewerkzeug (Ruhestellung mit HD5 = 0, HD4 = +90)

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD2	1	Y-Achsversatz von Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt A-Achse (Schwenkachse)	1.0 E-4 mm
HD3	2	Z-Achsversatz von Drehpunkt A-Achse zu Werkzeugbezugspunkt	1.0 E-4 mm
HD4	3	Feste Winkeleinstellung von rotatorischer A-Achse (Schwenkachse)	1.0 E-4°
HD5	4	Feste Winkeleinstellung von rotatorischer C-Achse	1.0 E-4°
HD7	6	statischer Werkzeugversatz in X	1.0 E-4 mm
HD8	7	statischer Werkzeugversatz in Y	1.0 E-4 mm
HD9	8	X-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm
HD10	9	Y-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm

2.16 KIN_TYP_19 – Tripod Kinematik

Kinematische Struktur

Die Stabkinematik besteht aus 3 nicht kartesisch angeordneten translatorischen Achsen und 2 kartesischen Achsen. 3 Stäbe mit Kugelgelenken tragen die Werkstückplattform. Dadurch kann die Z-Höhe und die Orientierung des Werkstücks beeinflusst werden.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, U, V, W (X, Y, Z1, Z2, Z3, W)	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4, 5	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y	Z1, Z2, Z3

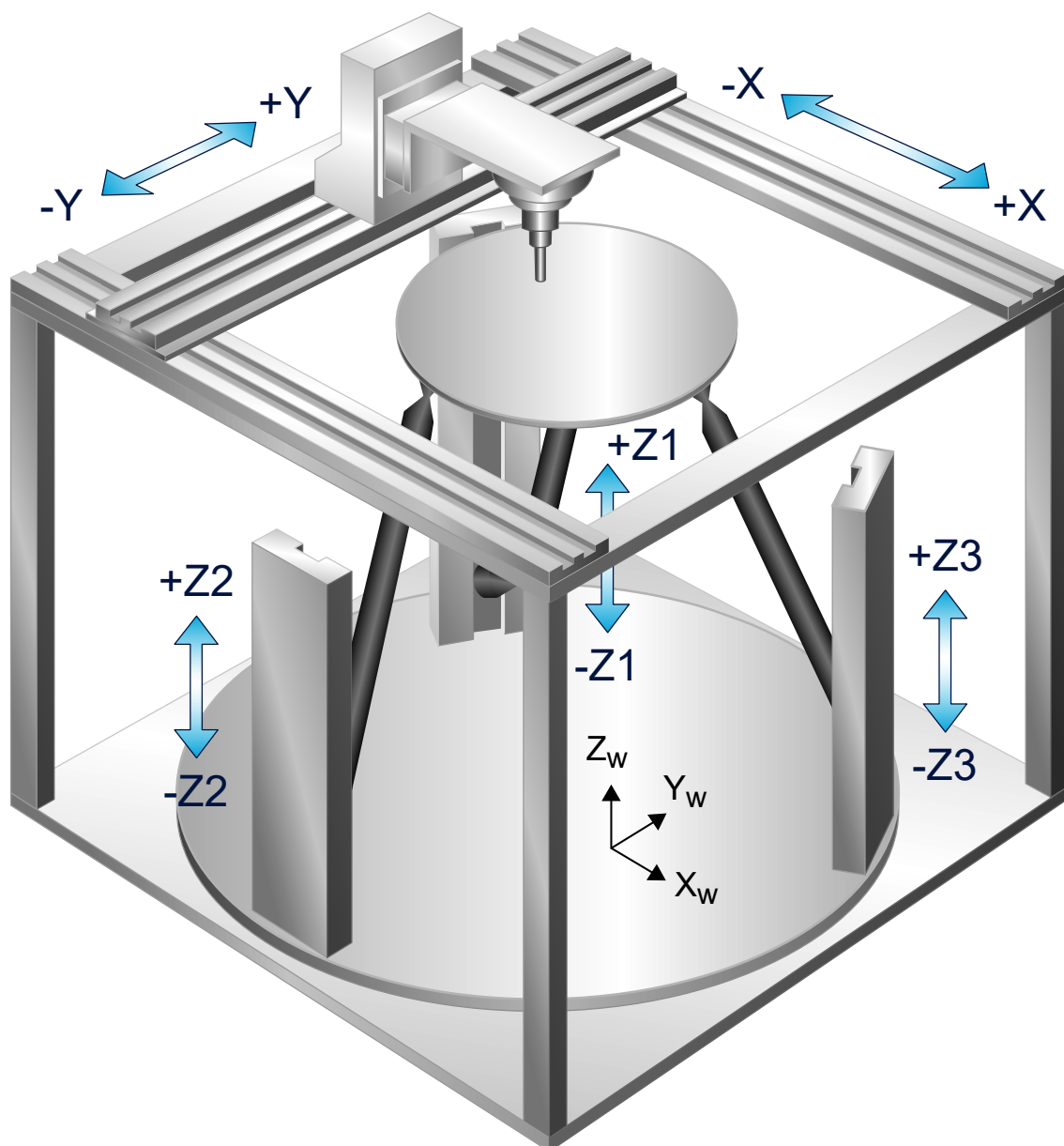
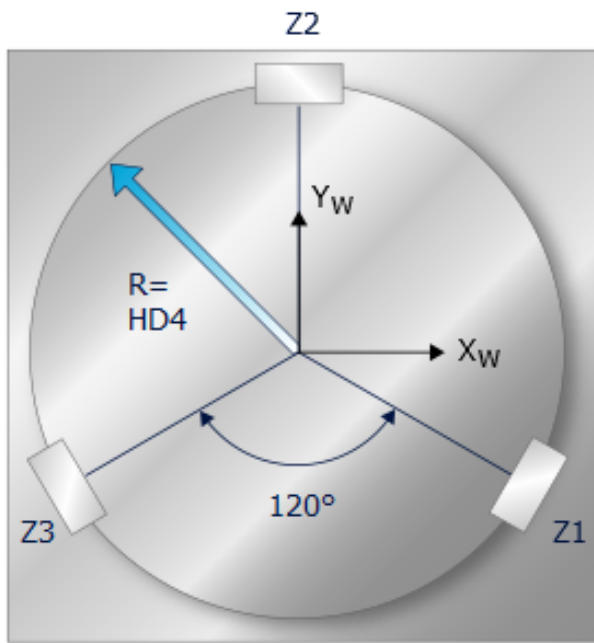


Abb. 36: Tripod Kinematik

Träger Maschinenachsen



Trägerplattform
Werkstück

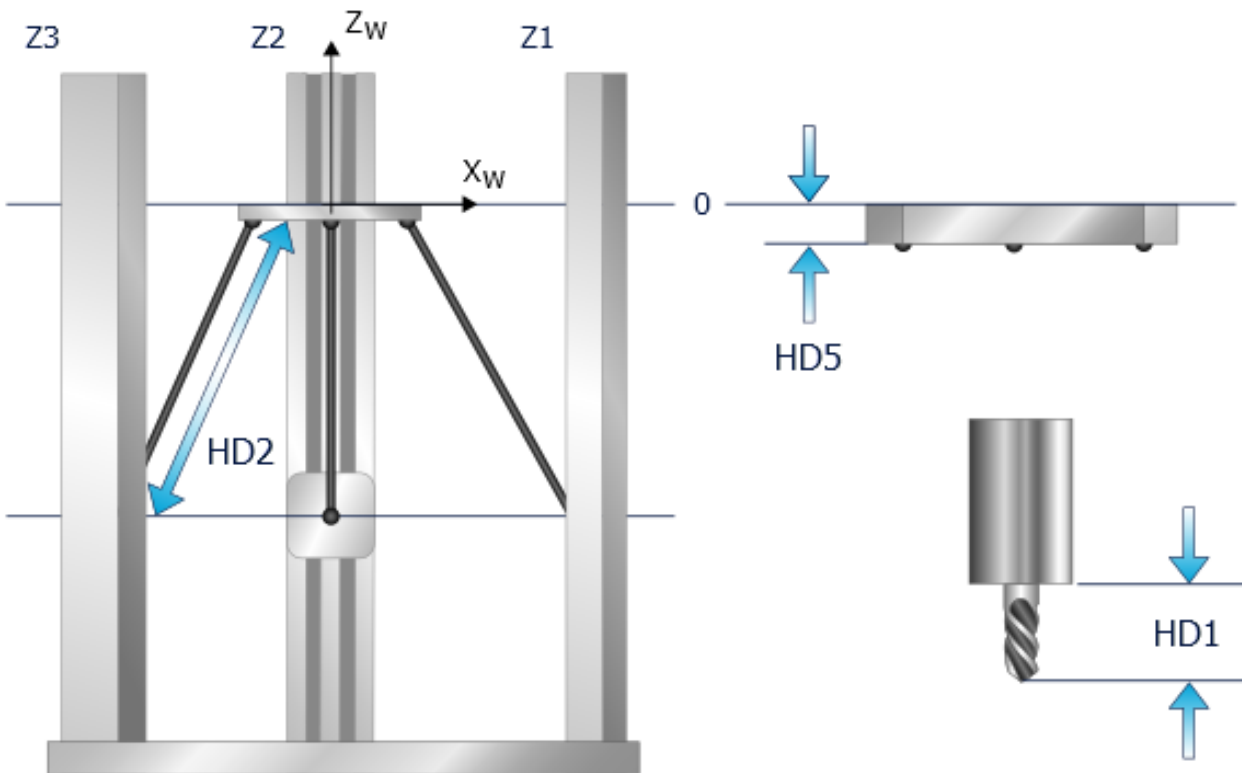
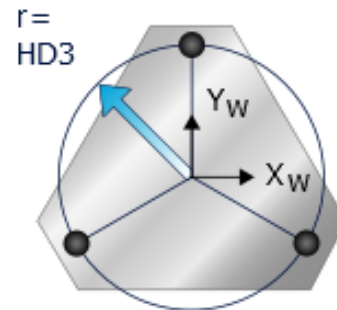


Abb. 37: Versätze der Kinematik

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Werkzeugversatz in Z	1.0 E-4 mm
HD2	1	Stablänge jeweils bis zu Gelenkmittelpunkt	1.0 E-4 mm
HD3	2	Radius zu Verbindungslinie Gelenkmittelpunkte Stewardplattform (kleiner Kreis)	1.0 E-4 mm
HD4	3	Radius zu Verbindungslinie Gelenkmittelpunkte Antriebssäulen (großer Kreis)	1.0 E-4 mm
HD5	4	Abstand Werkstückträgerplattform zu den Gelenkmittelpunkten auf der Stewardplattform	1.0 E-4 mm

2.17 KIN_TYP_21 – Lambda Kinematik

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen und einer rotatorischen NC-Achse im Werkzeug.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C (X1, X2, Z, C)	
Achsindex	0, 1, 2, 3	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, C	-

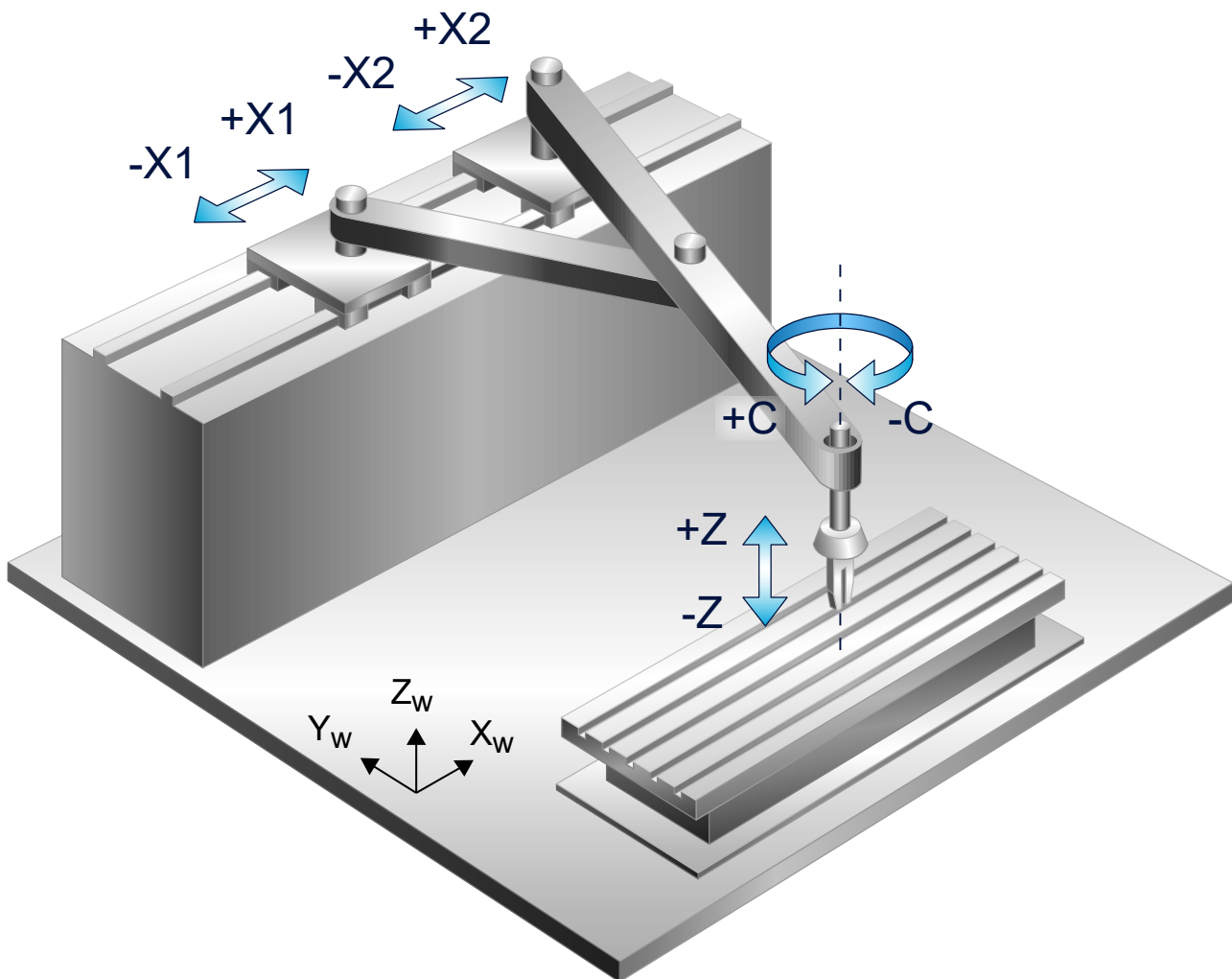


Abb. 38: Lambda Kinematik

Die ebene XY Kinematik ist als eine der Varianten der Scherenkinematik bekannt. Auf 2 Linearschlitten XM1 und XM2 befinden sich an den Drehgelenken C und B die Stäbe (Länge I2, I1) die am Punkt D ebenfalls drehbar miteinander verbunden sind.

Über den fixen Winkel β ist der Stab CA (Länge I3) an Stab CD befestigt. An der Spitze dieses Stabes befindet sich die C-Achse. Der eigentliche werkzeugtragende Stab (Länge I4) beginnt im Drehpunkt der C-Achse und endet im TCP.

Die C-Achse ist bezogen auf die kartesischen Achsen nicht mechanisch geführt d.h. sie muss abhängig von der Gelenkstellung kompensiert werden.

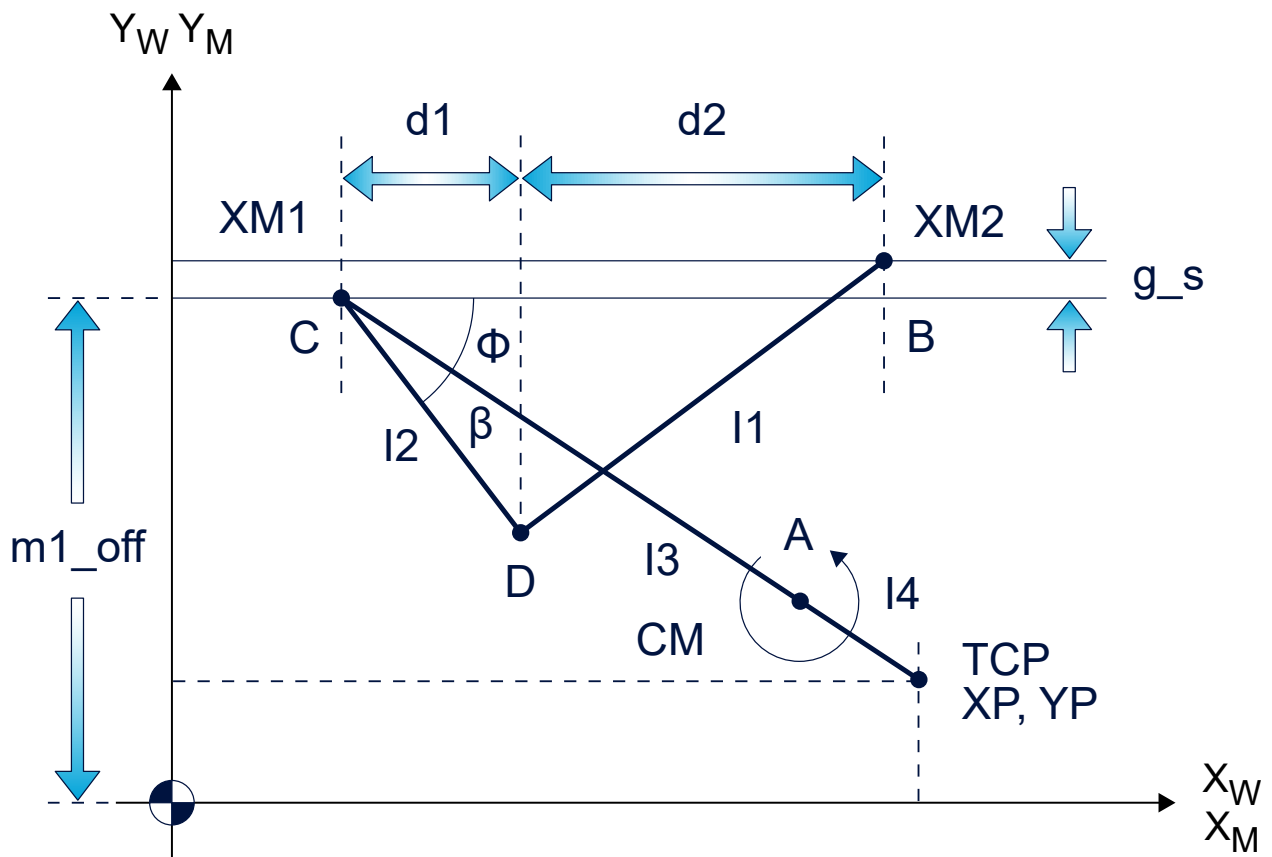


Abb. 39: Lambda Kinematik, Variante 1

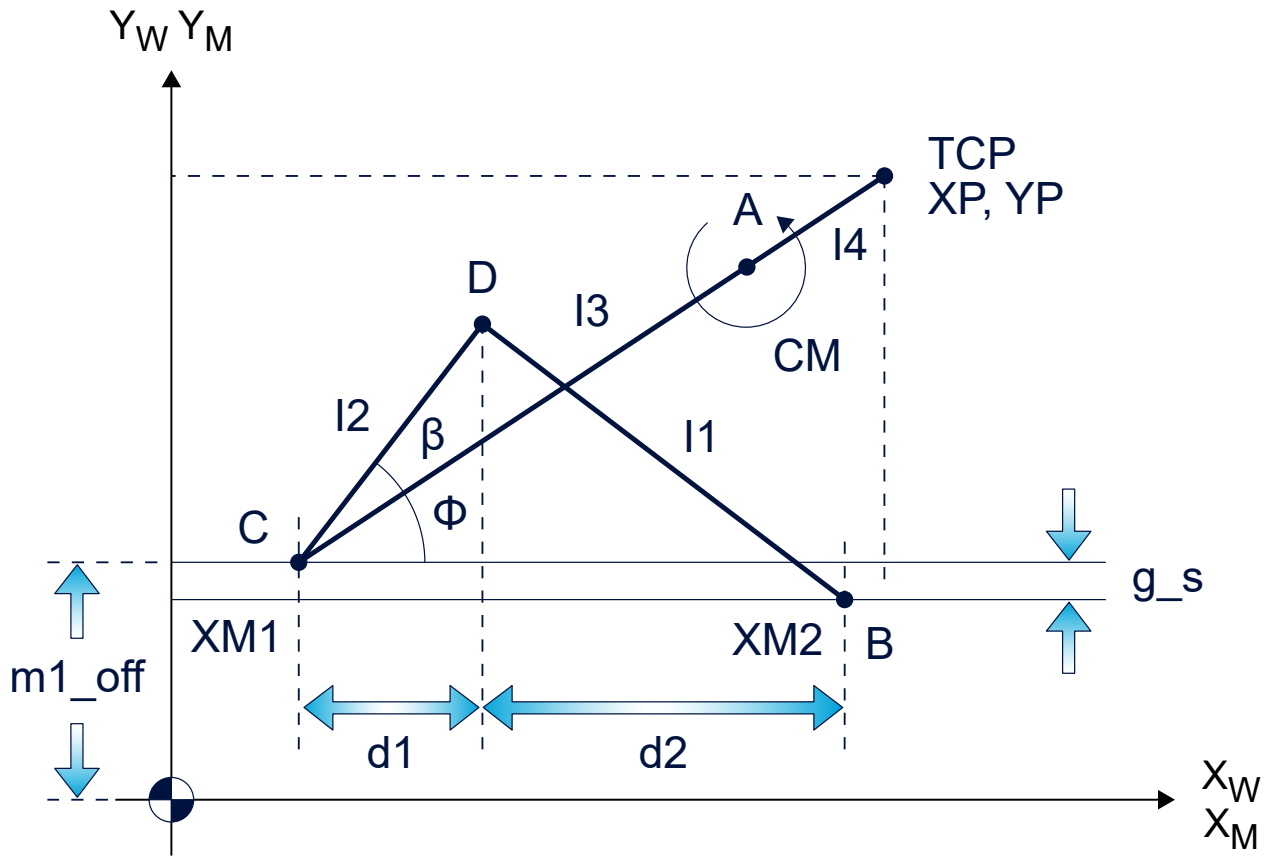


Abb. 40: Lambda Kinematik, Variante 2

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Offset bis Einspannpunkt WZ	1.0 E-4 mm
HD2	1	l1: Stablänge 1	1.0 E-4 mm
HD3	2	l2: Stablänge 2	1.0 E-4 mm
HD4	3	l3: Stablänge 3	1.0 E-4 mm
HD5	4	g_s : Versatz Gelenkpunkte C zu B	1.0 E-4 mm
HD6	5	β = Fixer Winkel zwischen Stab CD und Stab CA	1.0 E-4°
HD7	6	m1_off: Y-Position von Antrieb 1, bezogen auf Y -Nullpunkt WCS	1.0 E-4 mm
HD8	7	phi_min: Minimalwert für Winkel j (0°)	1.0 E-4°
HD9	8	phi_max: Maximalwert für Winkel j (90°)	1.0 E-4°
HD10	9	X-Offset	1.0 E-4 mm
HD11	10	L4= Greiferoffset	1.0 E-4 mm
HD12	11	Kinematikvariante	[-]

2.18 KIN_TYP_22 – Fünffachs-Kinematik mit X/Y-Werkstücktisch

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 2 translatorischen NC-Achsen im Werkstück, 2 rotatorischen NC-Achsen und einer translatorischen Achse im Werkzeug.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, A, B	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	Z, A, B	X, Y

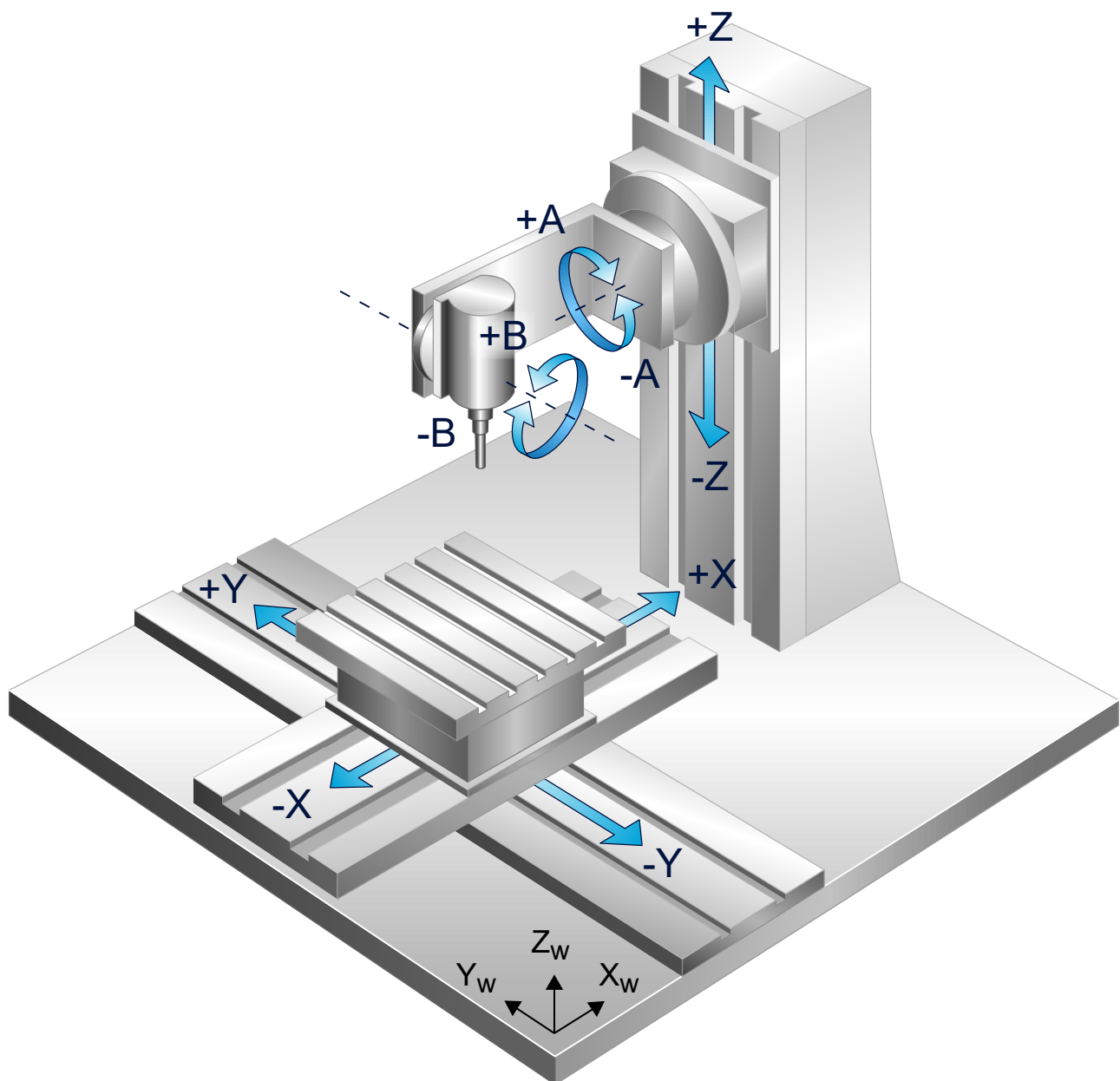


Abb. 41: Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine

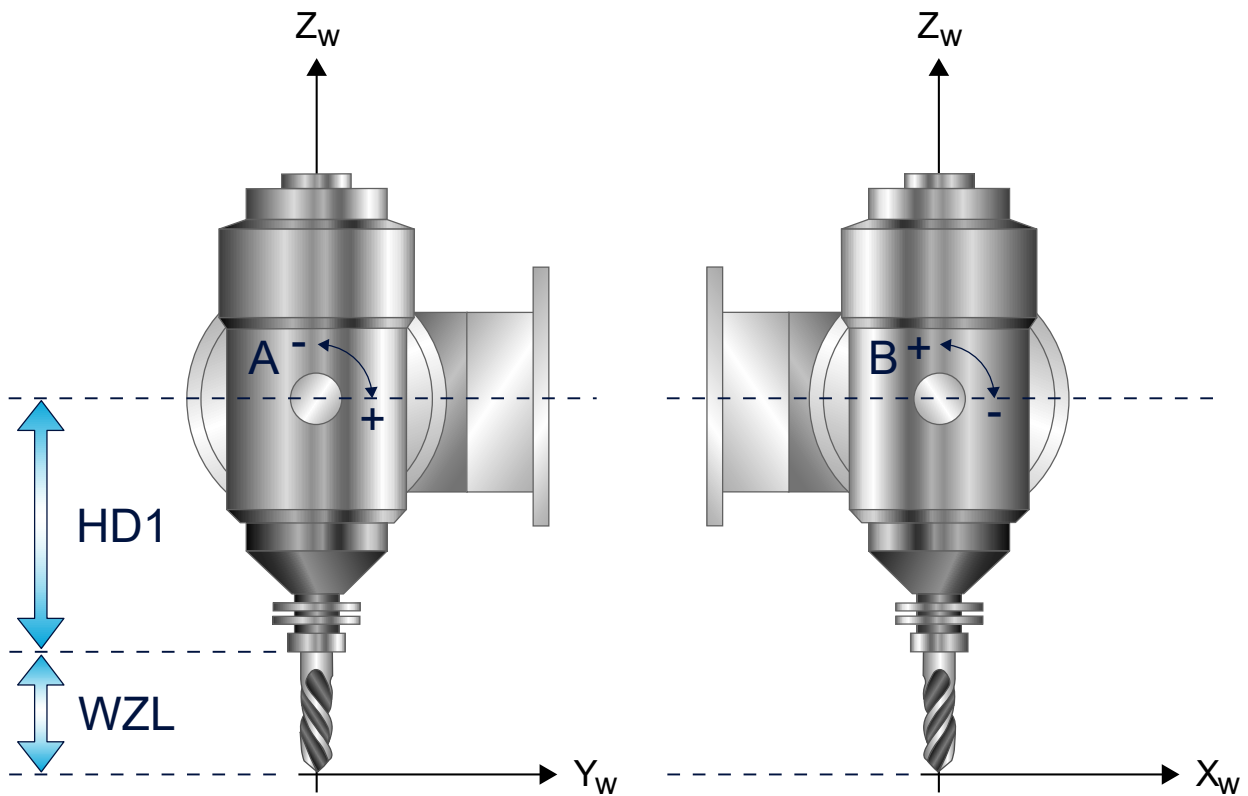


Abb. 42: Versätze der Kinematik.

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Achsversatz Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt A / B-Achse	1.0 E-4 mm
HD4	3	Bewegungsrichtung Drehachse A	[-]
HD5	4	Bewegungsrichtung Drehachse B	[-]

2.19 KIN_TYP_23 – Fünfachs-Kinematik mit X/Y/B-Werkstücktisch

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 2 translatorischen NC-Achsen im Werkstück, einer translatorischen Achse im Werkzeug und je einer rotatorischen NC-Achse in Werkstück und Werkzeug.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, A, B	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	Z, A	X, Y, B

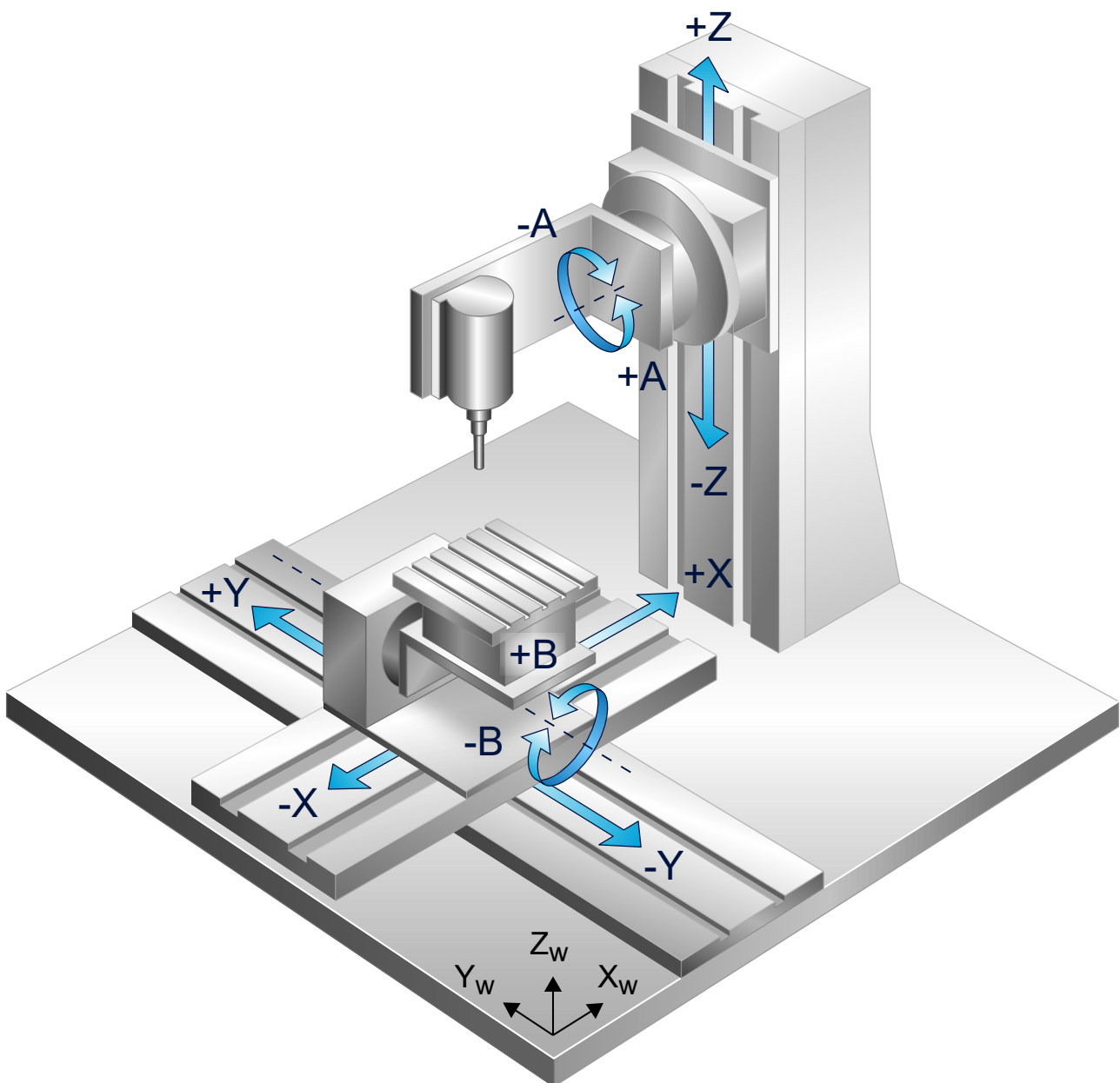


Abb. 43: Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine

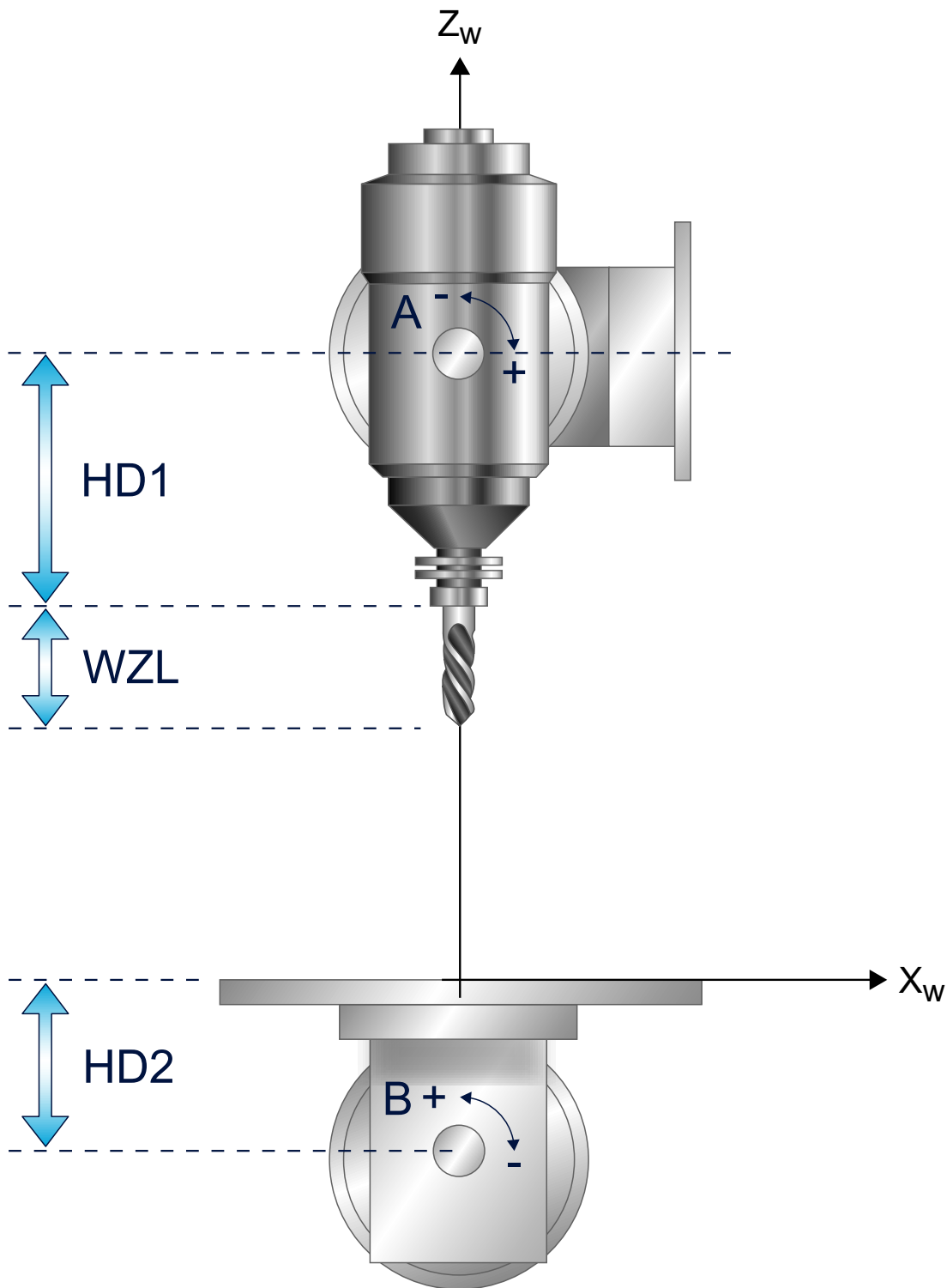


Abb. 44: Versätze der Kinematik.

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Achsversatz Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt A-Achse	1.0 E-4 mm
HD2	1	Abstand Drehpunkt B-Achse zu Werkstückplattform	1.0 E-4 mm
HD4	3	Bewegungsrichtung Drehachse A	[-]
HD5	4	Bewegungsrichtung Drehachse B	[-]

2.20 KIN_TYP_25 – Fünffachs-Kinematik mit Plasma-/Laserkopf

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkzeug. Als Besonderheit wird bei dieser Kinematik die wirksame Werkzeuglänge abhängig vom A-Winkel verändert.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C, A	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, C, A	-

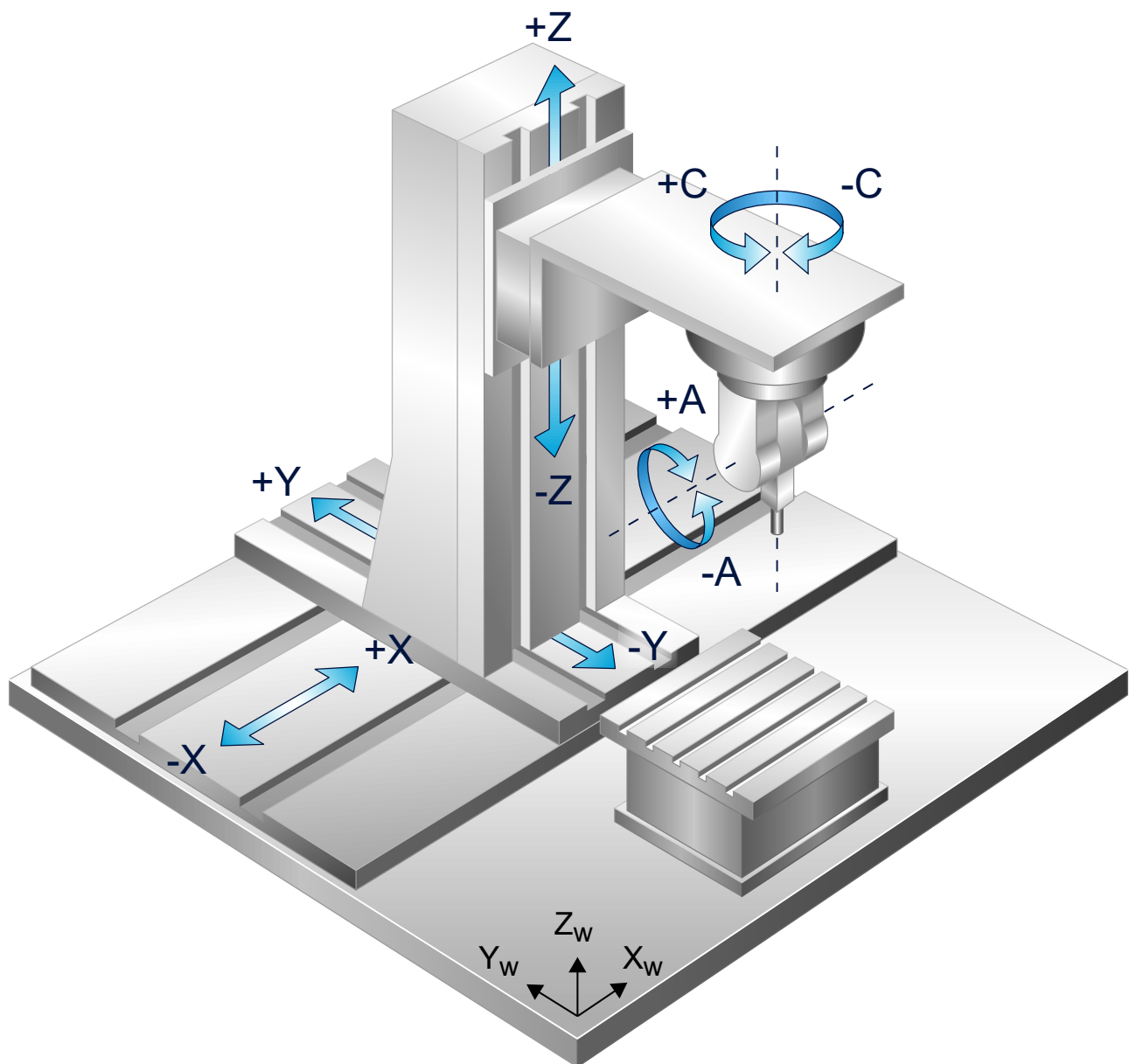


Abb. 45: 5-achsige Kinematik (Plasma/Laserkopf)

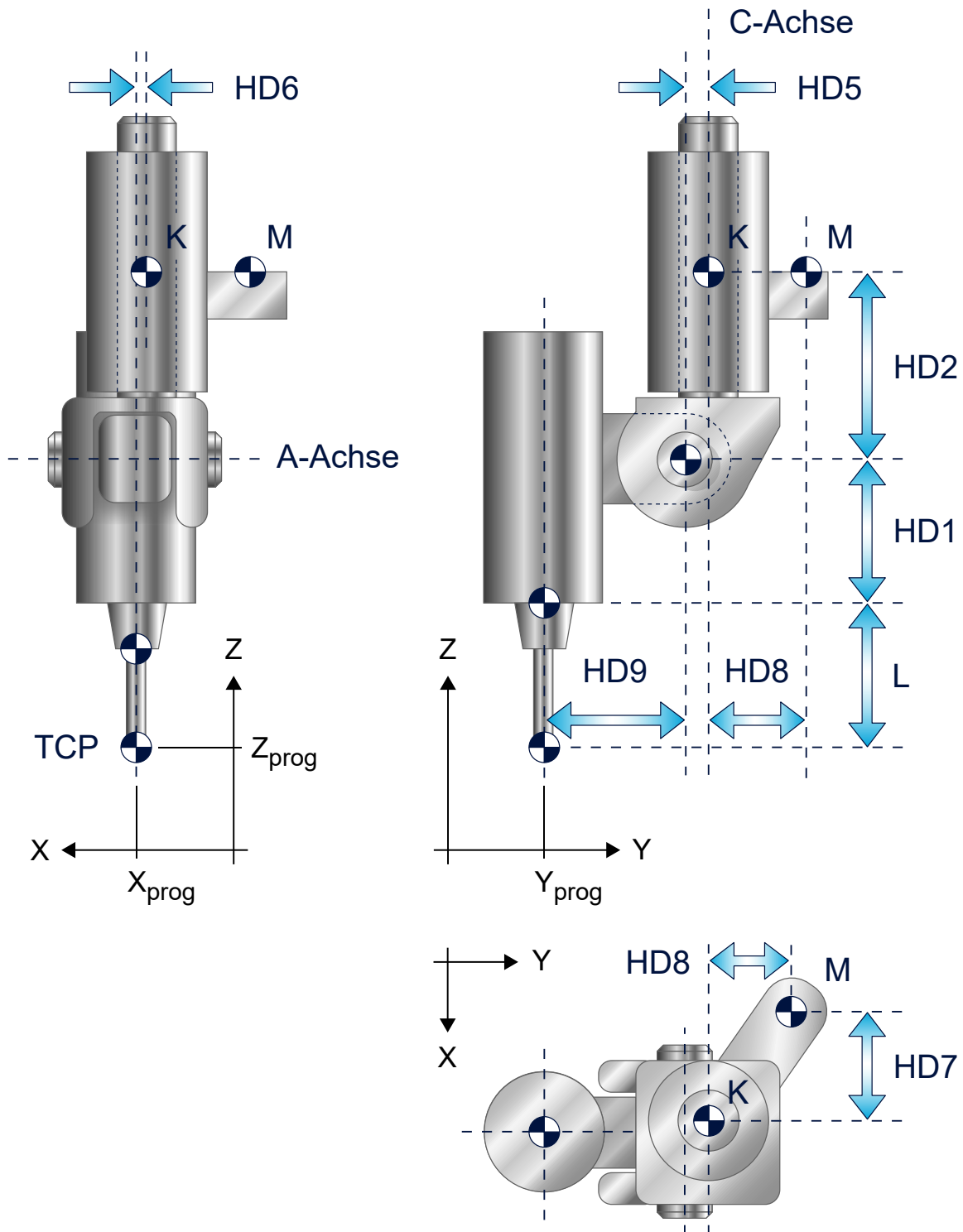


Abb. 46: 5-achsiger Plasma/Laserkopf (Ruhestellung mit $HD3 = 0$, $AM=0$, $HD4=0$, $CM=0$)

Die Punkte M und K in obiger Abbildung sind zwei Bezugspunkte.

(M)aschinenbezugspunkt und (K)inematikbezugspunkt

Es handelt sich bei dem ACS Versatz zwischen den Punkten M und K um einen statischen Versatz d.h. er ist unabhängig von der Winkelstellung der Drehachsen C, A.

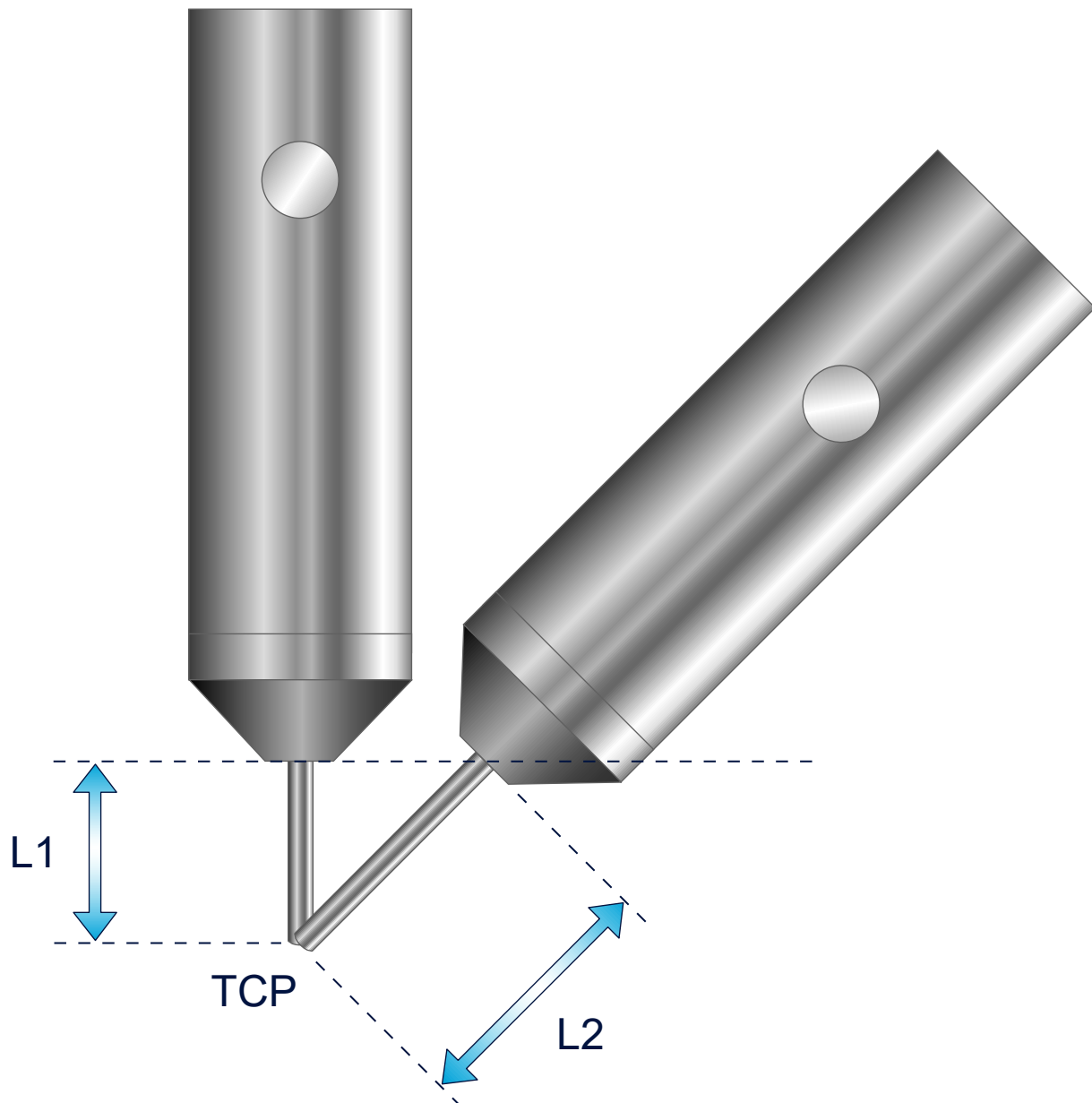


Abb. 47: Bei Schrägstellung des Kopfes bleibt die Höhe der Düsenspitze über dem Werkstück konstant, d.h. bei $A \neq 0$ ist die wirksame Länge $L2 > L1$.

Um die wirksame Länge $L2$ zu beschränken und somit die erforderlichen Ausgleichsbewegungen der Maschine gering zu halten sollte die Schrägstellung des Kopfes klein gewählt werden. (Empfehlung maximal ± 45 Grad)

Die Beschränkung der Schrägstellung kann über die Konfiguration der Software-Endschalter (P-AXIS-00177/ P-AXIS-00178) der A-Achse erfolgen.

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Achsversatz von Düsenspitze bis Drehpunkt A-Achse (Schwenkachse)	1.0 E-4 mm
HD2	1	Z-Achsversatz Drehachse A zu Werkzeugkopfbezugsunkt	1.0 E-4 mm
HD3	2	Rotatorischer Winkelversatz A-Achse (Standardwert 0)	1.0 E-4°
HD4	3	Rotatorischer Winkelversatz C-Achse (Standardwert 0)	1.0 E-4°
HD5	4	Y-Achsversatz Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm
HD6	5	X-Achsversatz Drehpunkt C-Achse	

HD7	6	statischer Kopfversatz in X (Standardwert 0)	1.0 E-4 mm
HD8	7	statischer Kopfversatz in Y (Standardwert 0)	1.0 E-4 mm
HD9	8	Y-Achsversatz Düsenachse zu Drehpunkt A-Achse	1.0 E-4 mm

2.21 KIN_TYP_28 – Fünffachs-Kinematik

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkzeug. Die physikalische Winkelstellung des Kopfes C, A wird über 2 Achsen mit Getriebekopplung eingestellt.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C, A (X, Y, Z, C1, C2)	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, C(C1), A(C2)	-

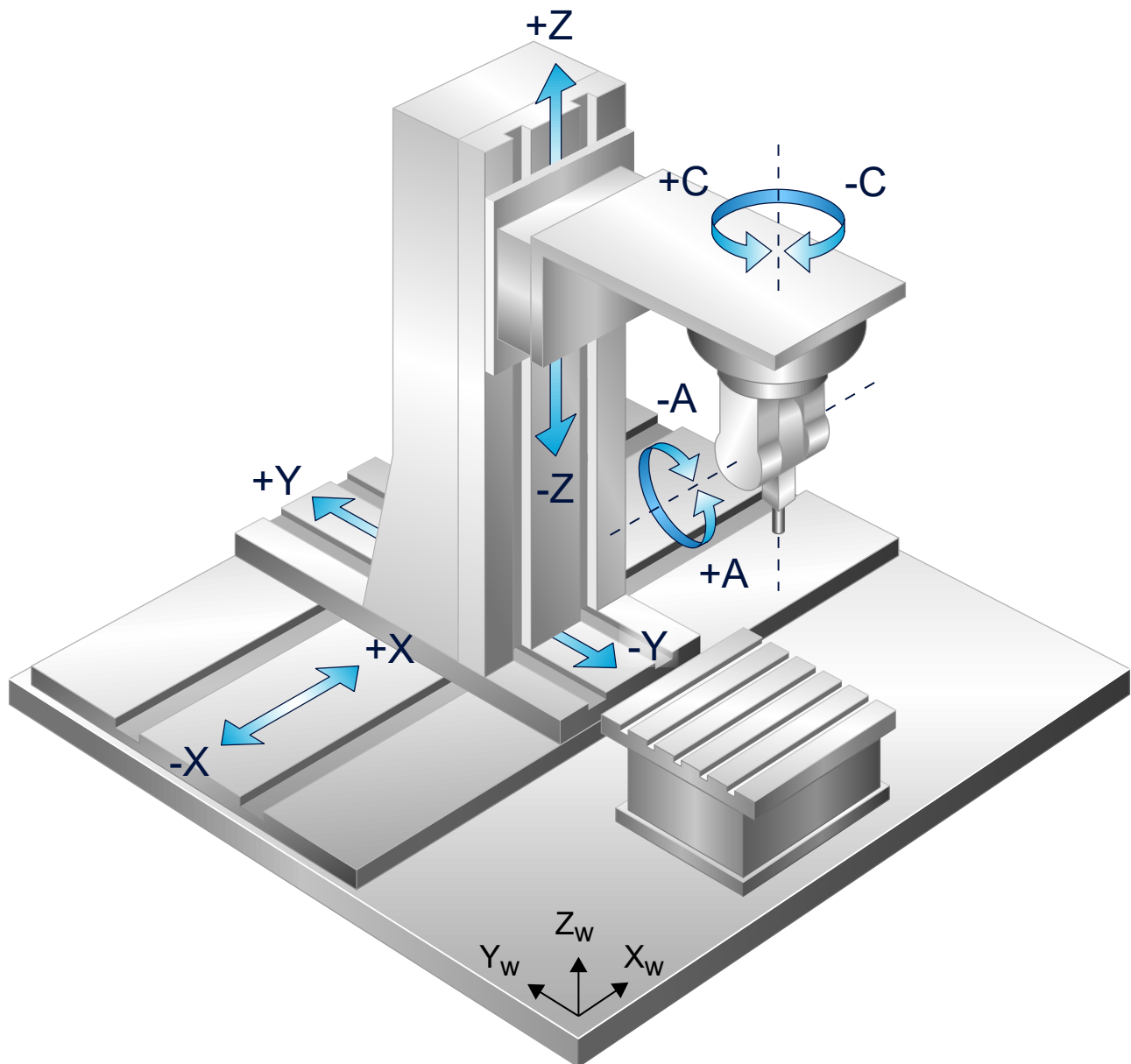


Abb. 48: 5-achsige Kinematik

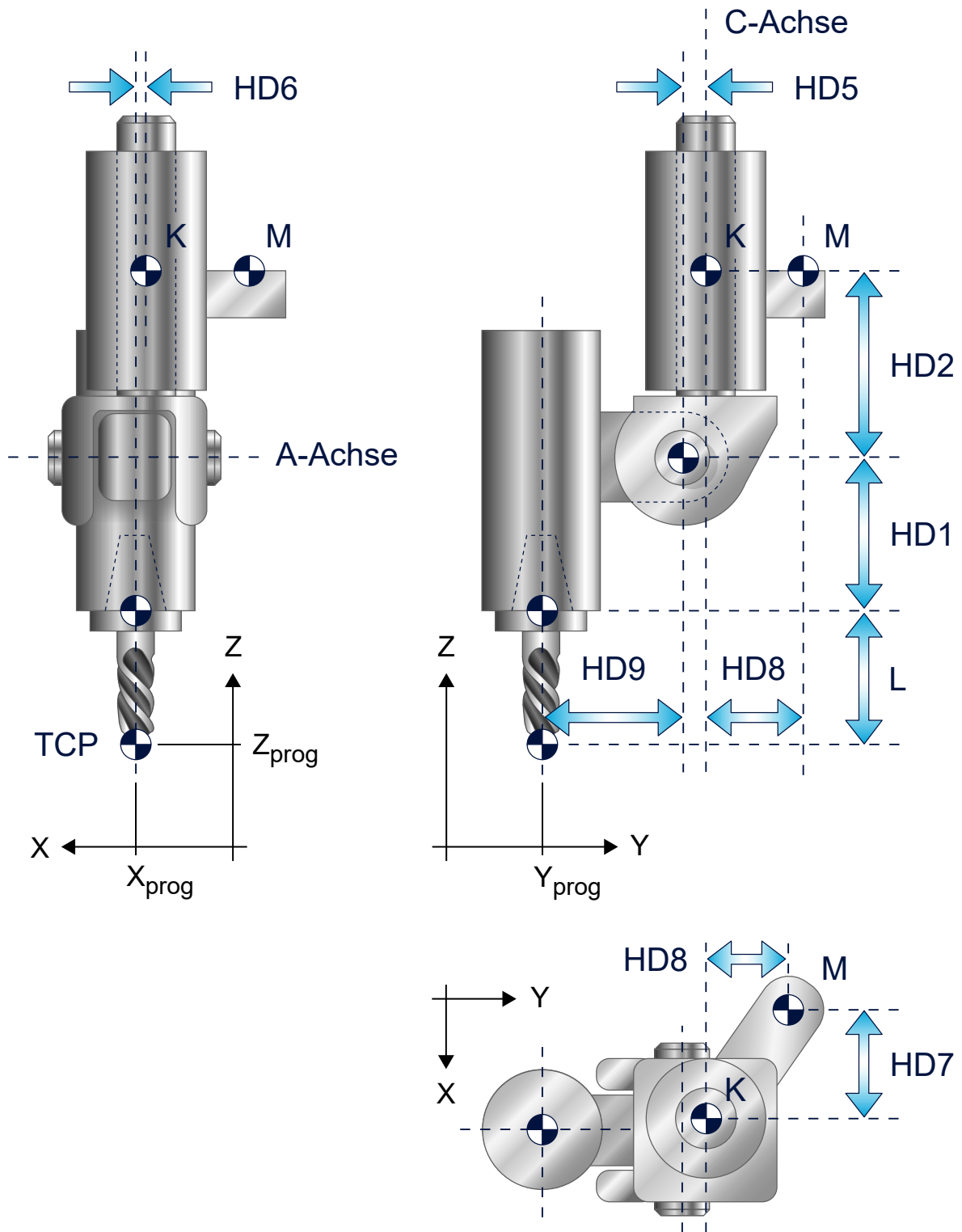


Abb. 49: Werkzeugkopf (Ruhestellung mit $HD3 = 0$, $A=0$, $HD4=0$, $C=0$)

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Achsversatz von Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt A-Achse (Schwenkachse)	1.0 E-4 mm
HD2	1	Z-Achsversatz Drehachse A zu Werkzeugkopfbezugspunkt	1.0 E-4 mm
HD3	2	Rotatorischer Winkelversatz A-Achse (Standardwert 0)	
HD4	3	Rotatorischer Winkelversatz C-Achse (Standardwert 0)	
HD5	4	Y-Achsversatz Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm
HD6	5	X-Achsversatz Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm
HD7	6	statischer Kopfversatz in X (Standardwert 0)	1.0 E-4 mm
HD8	7	statischer Kopfversatz in Y (Standardwert 0)	1.0 E-4 mm
HD9	8	Y-Achsversatz Fräserachse zu Drehpunkt A-Achse	1.0 E-4 mm
HD10	9	n. v.	[-]
HD11	10	Nullpunktoffset CA Getriebekopplung	1.0 E-4°
HD12	11	Getriebekopplungsfaktor Zähler	[-]
HD13	12	Getriebekopplungsfaktor Nenner	[-]
HD14	13	VZ Drehachse C	[-]
HD15	14	VZ Drehachse A	[-]
HD16	15	A Faktor Zähler	[-]
HD17	16	A Faktor Nenner	[-]

Die Getriebekopplung zwischen C und A ist absolut und wird nach folgenden Gleichungen durchgeführt:

$$CM = CW$$

$$AM = AW \cdot k_a + NP0 + k_{ca} \cdot CW$$

Mit

$$k_{ca} = \frac{HD12}{HD13} \quad : C \rightarrow A \text{ Getriebekopplungsfaktor}$$

$$k_a = \frac{HD16}{HD17} \quad : A \text{ Auflösungsfaktor}$$

NP0 = HD11 : Nullpunktoffset Getriebekopplung

Die Drehachsen des Kopfes müssen entweder als Linearachsen oder als Rotatorachsen mit ausreichend großem Modulobereich eingestellt sein. Die SWE Überwachung im Kanal wirkt auf Antriebspositionen entsprechend den im MDS eingestellten Grenzen.

2.22 KIN_TYP_30 – Vierachs-Kinematik

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen und einer rotatorischen NC-Achse im Werkzeug.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, A	
Achsindex	0, 1, 2, 3	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, A	-

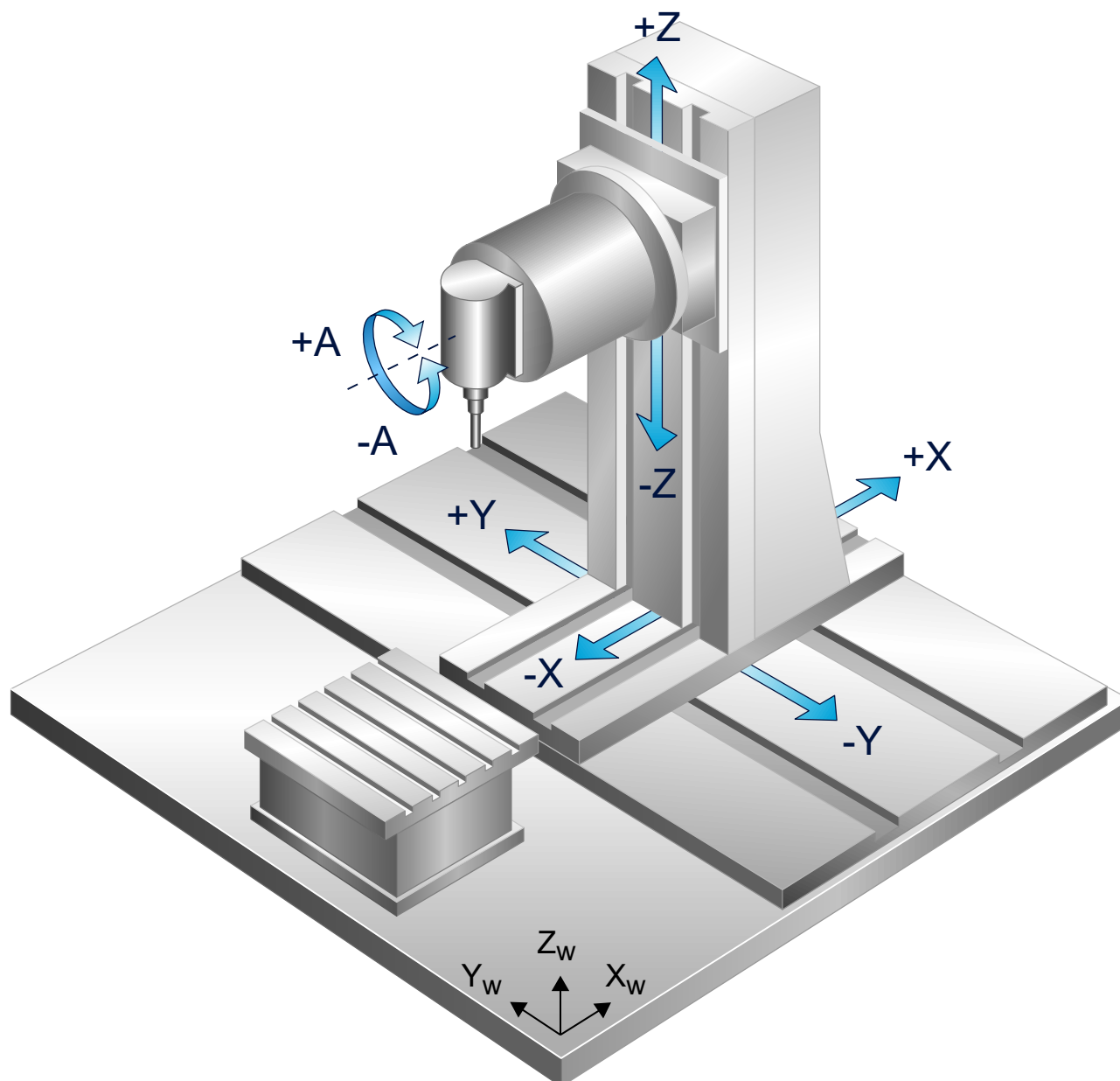


Abb. 50: 4-achsige Kinematik (Bohr- und Fräsaggregat)

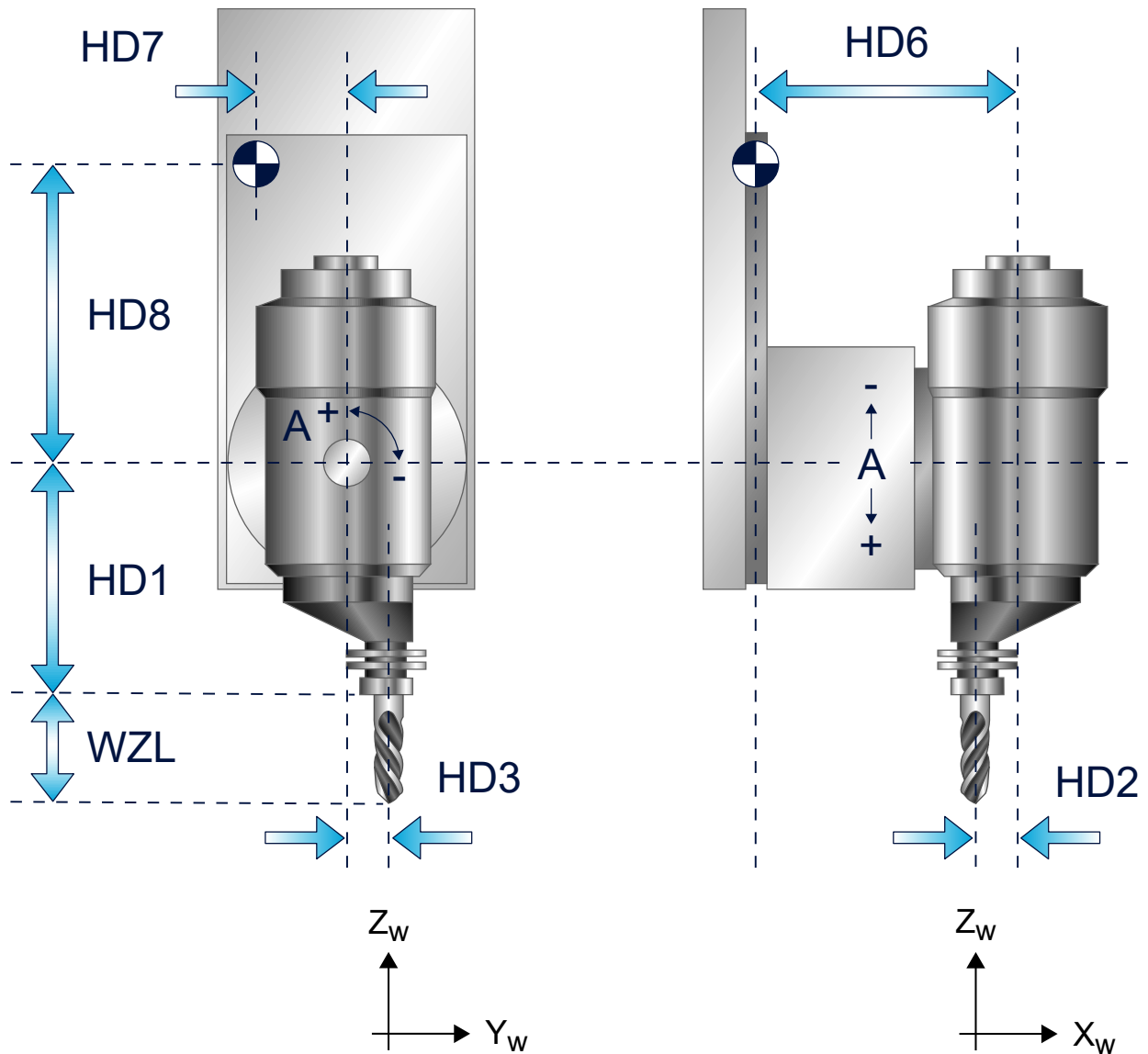


Abb. 51: Versätze der 4-achsigen Kinematik

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Versatz WZ Einspannpunkt bis Drehpunkt A-Achse	1.0 E-4 mm
HD2	1	X-Versatz WZ Einspannpunkt bis Drehpunkt A-Achse	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y- Versatz WZ Einspannpunkt bis Drehpunkt A-Achse	1.0 E-4 mm
HD4	3	VZ Drehrichtung A-Achse: 1 (Standard), -1	[-]
HD5	4	Rotatorischer Offset A-Achse	1.0 E-4°
HD6	5	X-Versatz Drehpunkt A-Achse bis Bzpkt. WZ-Schlitten	1.0 E-4 mm
HD7	6	Y-Versatz Drehpunkt A-Achse bis Bzpkt. WZ-Schlitten	1.0 E-4 mm
HD8	7	Z-Versatz Drehpunkt A-Achse bis Bzpkt. WZ-Schlitten	1.0 E-4 mm

2.23 KIN_TYP_33 – Fünffachs-Kinematik mit Schrägwinkelkopf

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkzeug. Als Besonderheit sind bei dieser Kinematik aufgrund des mechanischen Aufbaus bei Drehung der rotatorischen Achsen keine Ausgleichsbewegungen der translatorischen Achsen erforderlich.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C, A	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, C, A	-

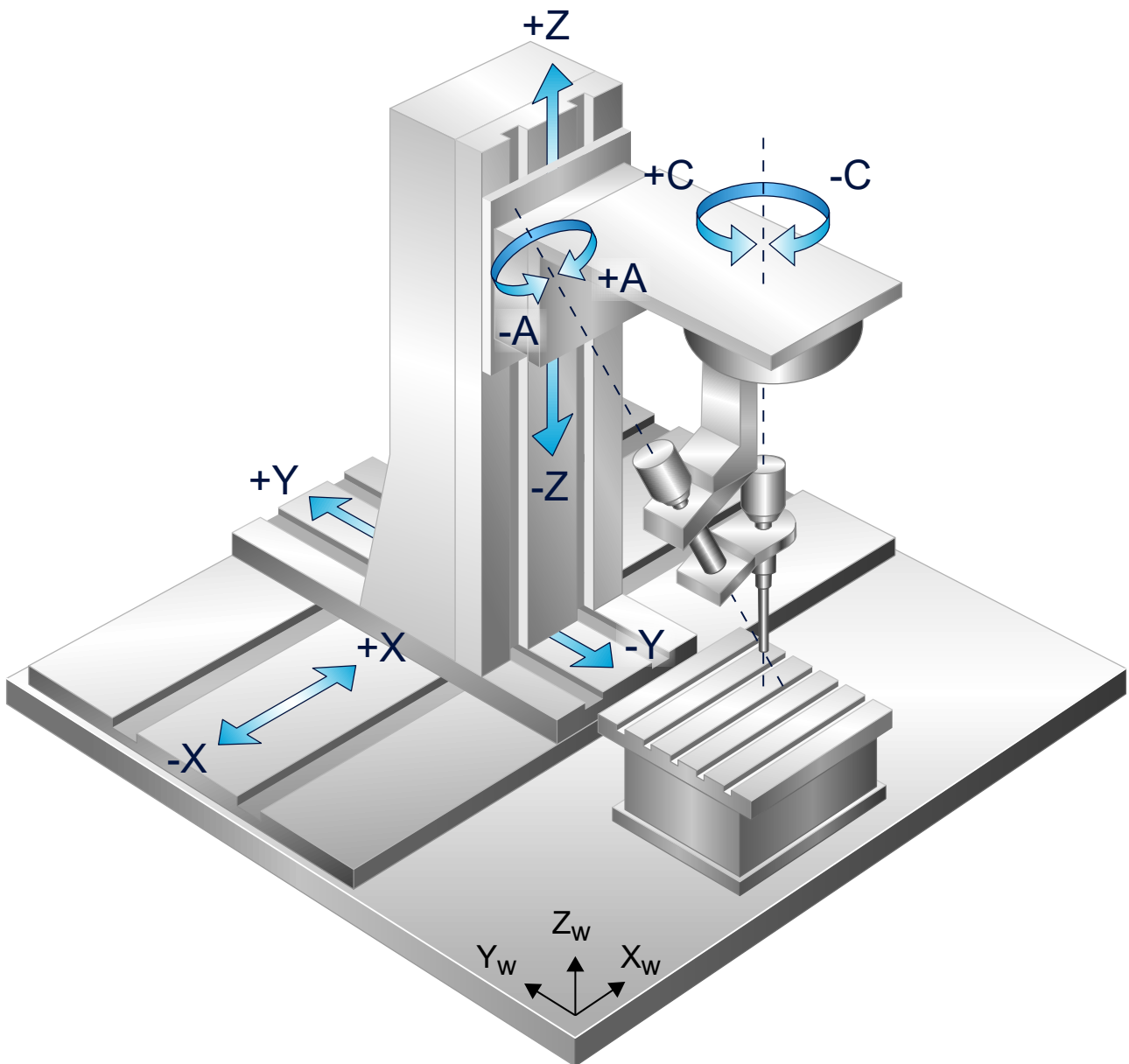


Abb. 52: 5-achsiger Schrägwinkelkopf

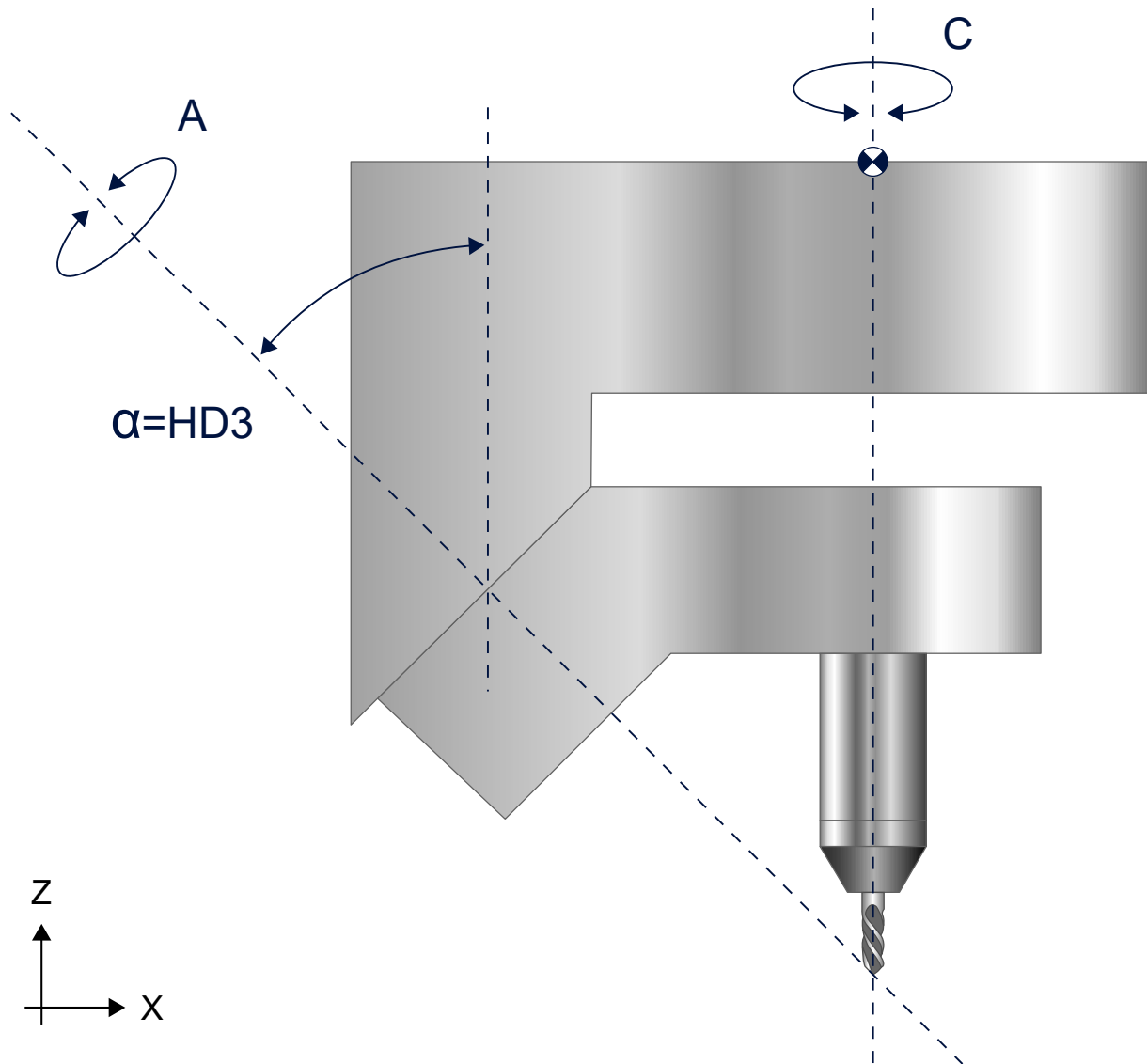


Abb. 53: Schrägwinkelkopf in Nullstellung, HD7=0

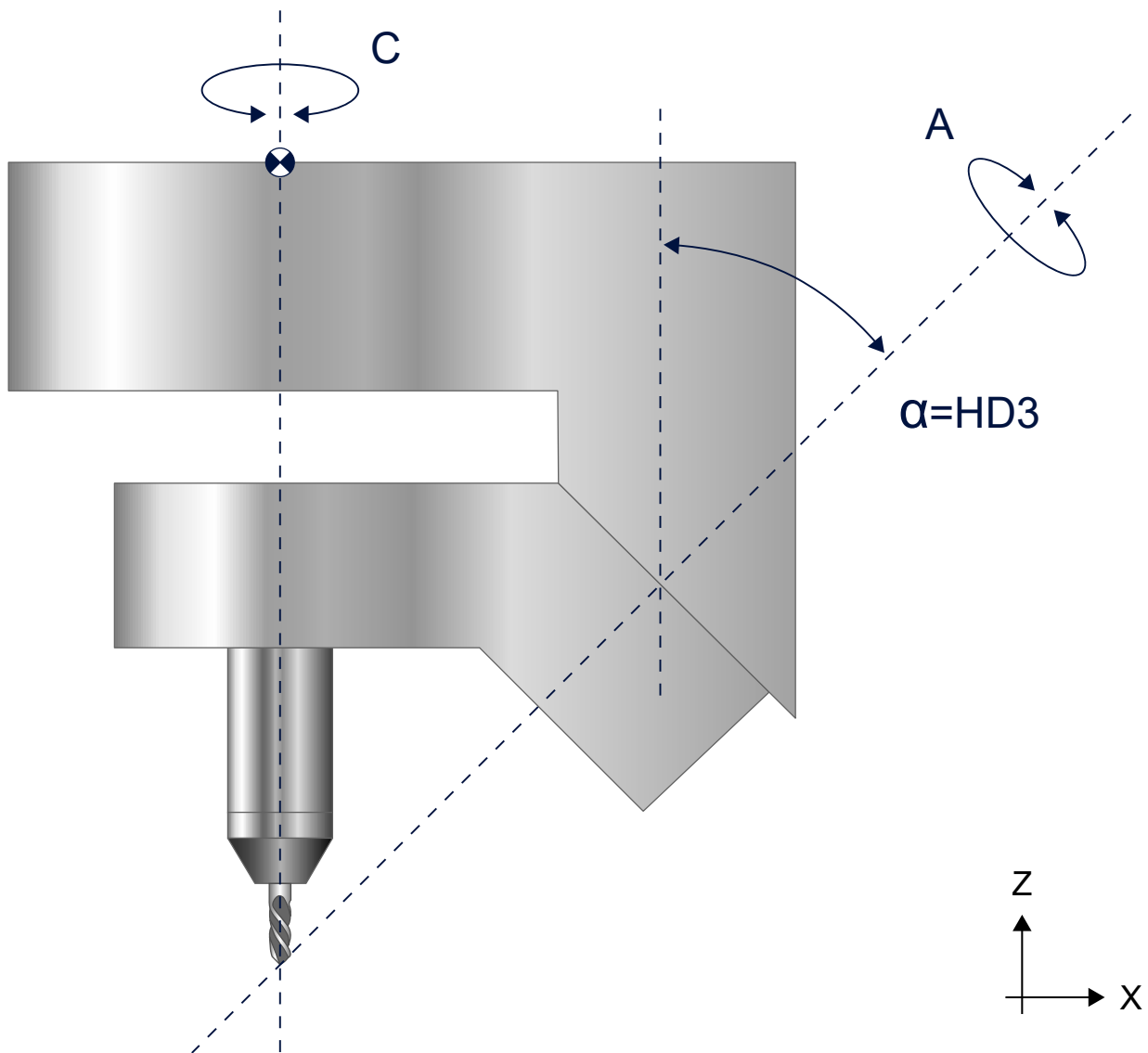


Abb. 54: Schrägwinkelkopf mit 180 Grad Kopfoffset in Nullstellung, HD7=1

Versatzdaten der kinematischen Struktur

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD3	2	Kopfwinkel	1.0 E-4°
HD4	3	Statischer X-Versatz	1.0 E-4 mm
HD5	4	Statischer Y-Versatz	1.0 E-4 mm
HD6	5	Statischer Z-Versatz	1.0 E-4 mm
HD7	6	Orientierung C-Achs Kopf, erforderlich, wenn Kopf 180° Offset in Nullstellung hat	[-]

2.24 KIN_TYP_34 – Vierachs-Kinematik mit X/C-Werkstücktisch

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 2 translatorischen NC-Achsen im Werkzeug, jeweils einer rotatorischen und translatorischen NC-Achse im Werkstück.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C	
Achsindex	0, 1, 2, 3	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	Y, Z	X, C

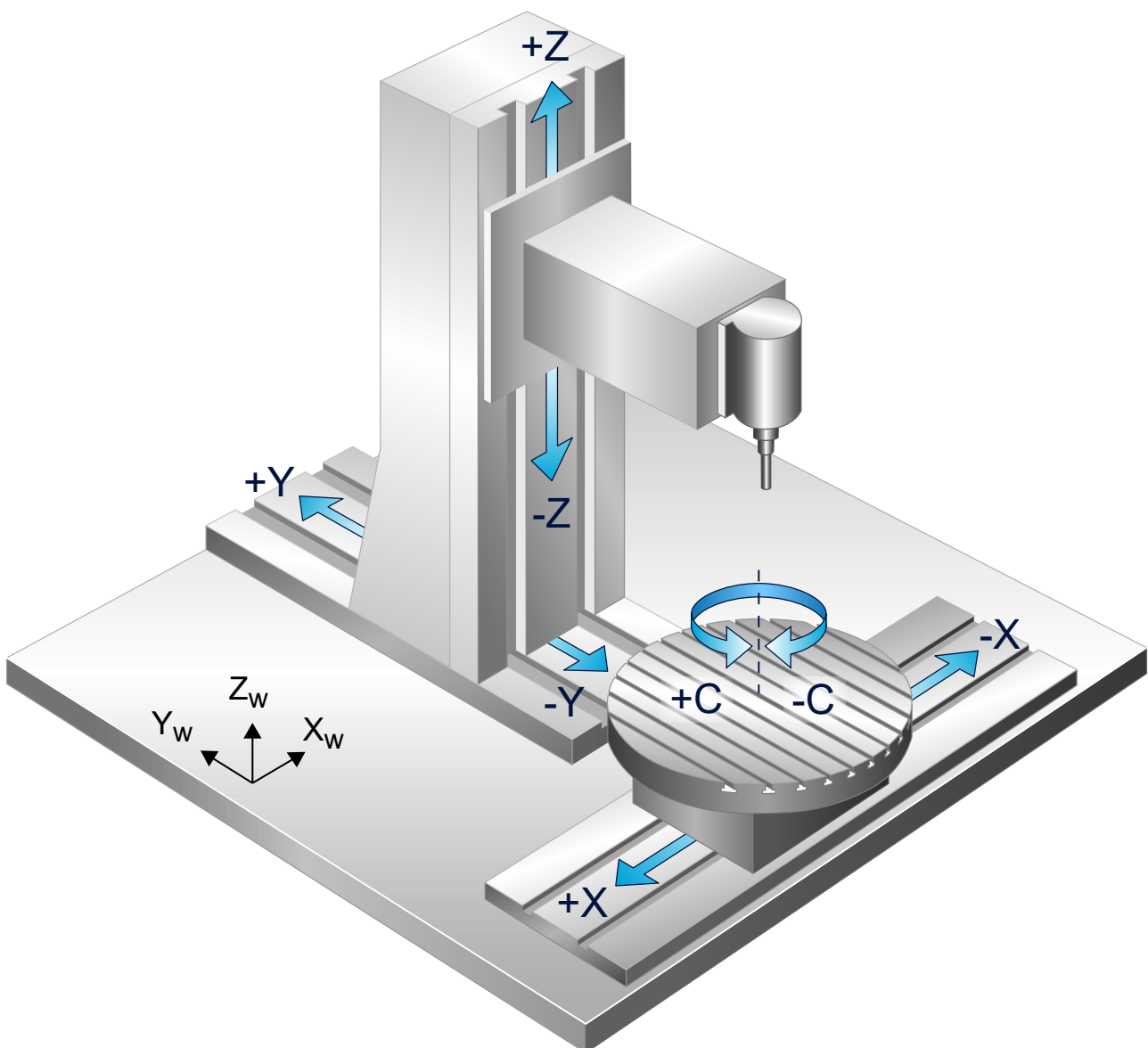


Abb. 55: 4-achsige C-Achs-Kinematik

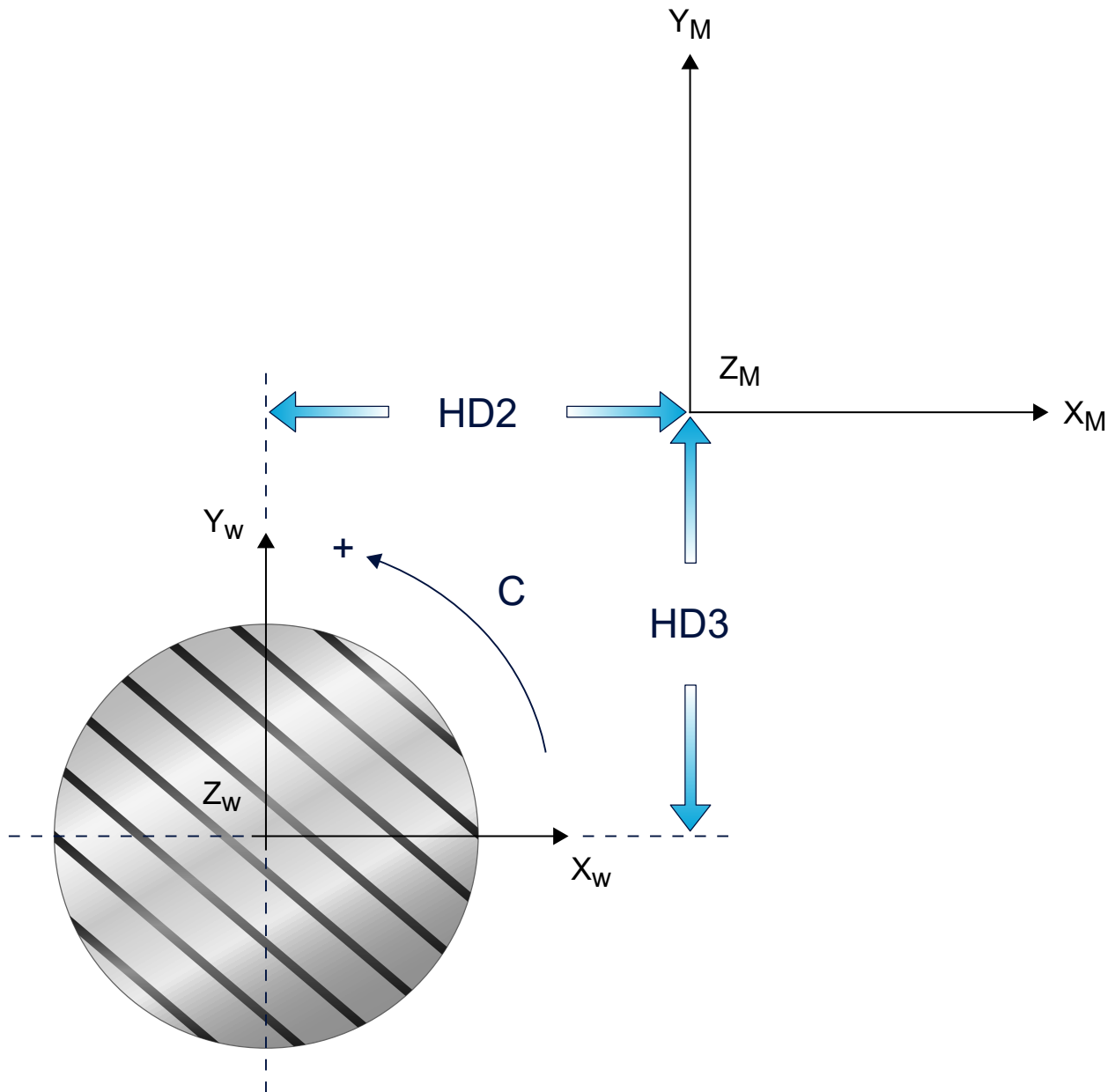


Abb. 56: Nullpunktversätze am rotatorischen C-Achs-Werkstückträger

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD2	1	MCS Versatz X	1.0 E-4 mm
HD3	2	MCS Versatz Y	1.0 E-4 mm

2.25 KIN_TYP_37 – Flexpicker-Kinematik

Die als Flexpicker bezeichnete Stabkinematik besteht aus 3 um 120 Grad versetzt angeordneten rotatorischen Achsen die über Anlenkhebel jeweils 2 zueinander parallele Stäbe führen. Diese Stäbe wiederum führen die Werkzeugträgerplattform. Die Werkzeugorientierung ist konstant.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z (J1, J2, J3)	
Achsindex	0, 1, 2	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z	-

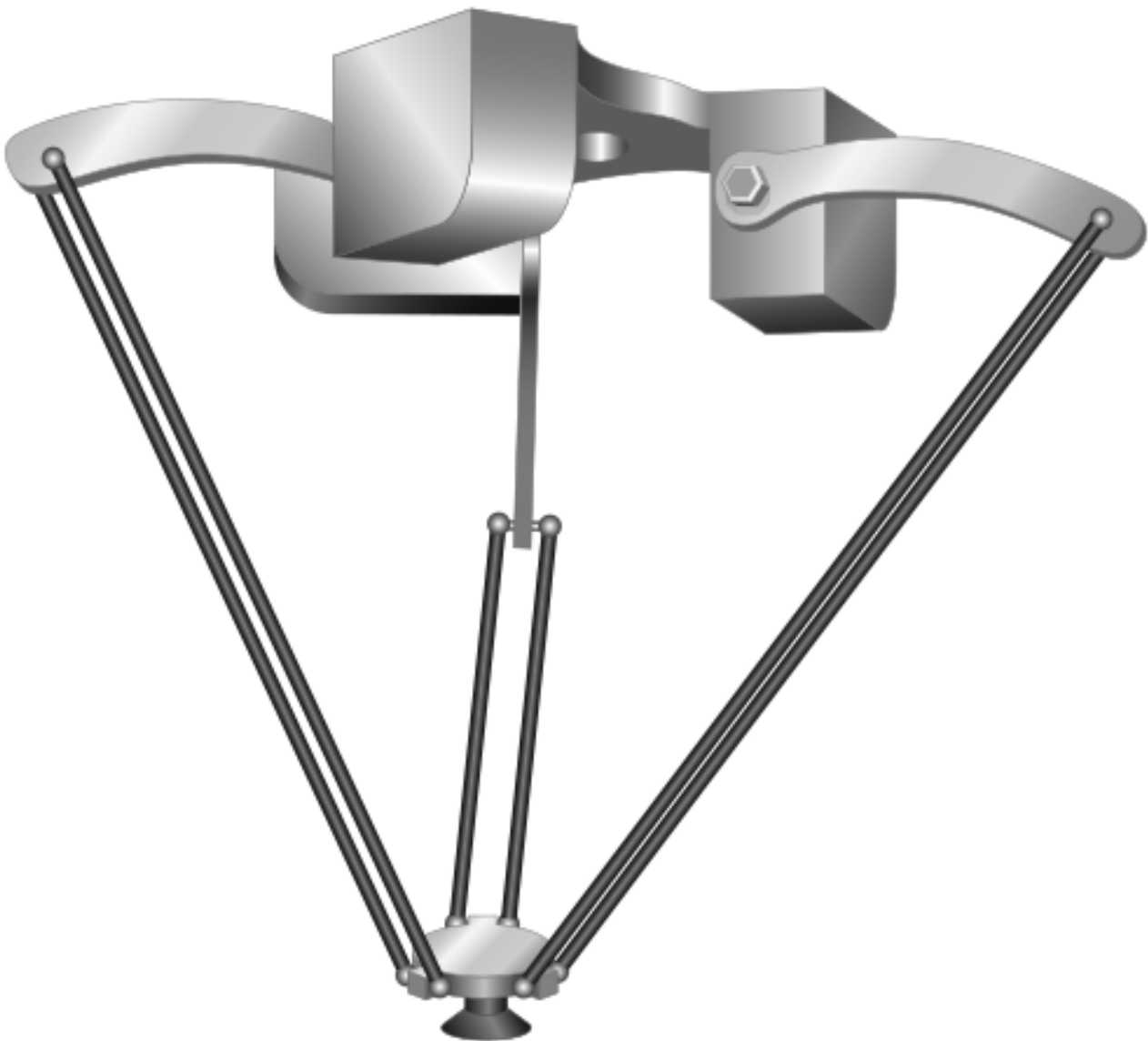


Abb. 57: Hängende Flexpicker-Kinematik

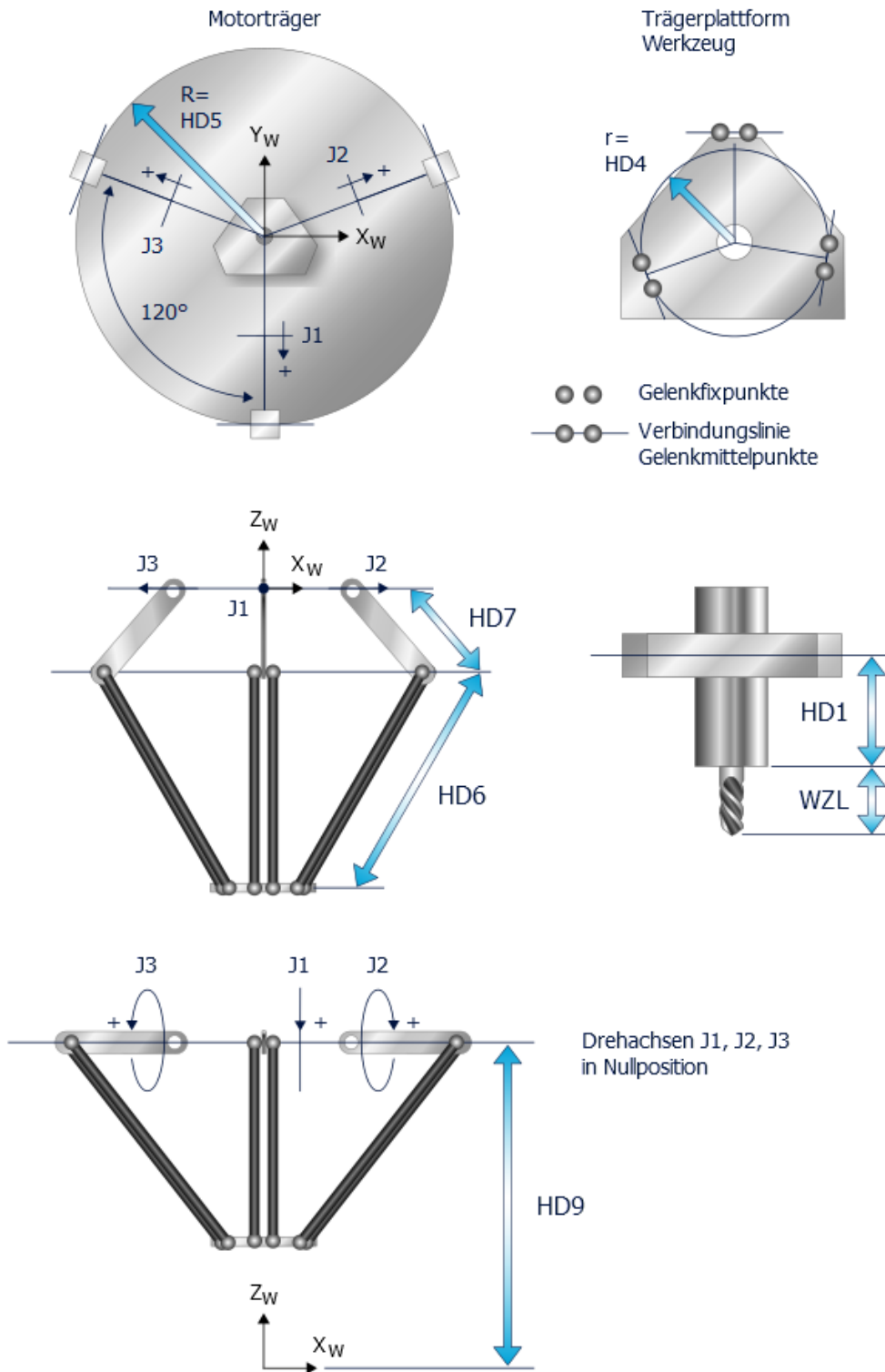


Abb. 58: Versatzmaße der Flexpicker-Kinematik

Versatzdaten der Kinematik:

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z Werkzeugversatz	1.0 E-4 mm
HD2	1	n.v.	[-]
HD3	2	n.v.	[-]
HD4	3	Radius zur Verbindungslinie der Gelenkfixpunkte unten	1.0 E-4 mm
HD5	4	Radius zur Verbindungslinie der Gelenkfixpunkte oben	1.0 E-4 mm

HD6	5	Stab- / Armlänge unten	1.0 E-4 mm
HD7	6	Stab- / Armlänge oben (Anlenkhebel)	1.0 E-4 mm
HD8	7	Winkeloffset Nullstellung J1 (ideale Nulllage oberer Arm waagrecht)	1.0 E-4°
HD9	8	Winkeloffset Nullstellung J2 (ideale Nulllage oberer Arm waagrecht)	1.0 E-4°
HD10	9	Winkeloffset Nullstellung J3 (ideale Nulllage oberer Arm waagrecht)	1.0 E-4°
HD11	10	Begrenzung minimaler Gelenkwinkel J1..J3	1.0 E-4°
HD12	11	Begrenzung maximaler Gelenkwinkel J1.. J3	1.0 E-4°
HD13	12	Z Nullpunktoffset kart. Werkstückkoordinatensystem	1.0 E-4 mm

Das kartesische Koordinatensystem liegt im Nullpunkt des Motorträgers. Über den Parameter HD11 kann der Nullpunkt des Systems so verschoben werden, dass sich der Nullpunkt unterhalb des Motorträgers und der Werkzeugträgerplattform befindet.

Standardmäßig müssen die Anlenkhebel der Stäbe in Nullstellung der Antriebe waagrecht liegen. Ist dies nicht der Fall, so kann über die Parameter HD8, HD9 und HD10 die Winkelnullstellung für das interne kinematische Modell korrigiert werden. Bei positiver Drehung aller Drehachsen bewegt sich der TCP in negativer Z-Richtung.

Beispiel: Anlenkhebel in waagerechter Position, Position der Antriebe: 900000 [1.0 E-4°]

HD8, HD9, HD10: 900000 [1.0 E-4°]



Diese kinematische Transformation wurde in Zusammenarbeit mit der Hochschule Esslingen (www.hs-esslingen.de) entwickelt.

2.26 KIN_TYP_52 – Fünfachs-Kinematik mit A/B-Werkstücktisch

Kinematische Struktur

Die Kinematik dieser Maschine besteht aus 3 translatorischen Achsen und 2 rotatorischen Achsen im Werkstück.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, A, B	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y	Z, A, B

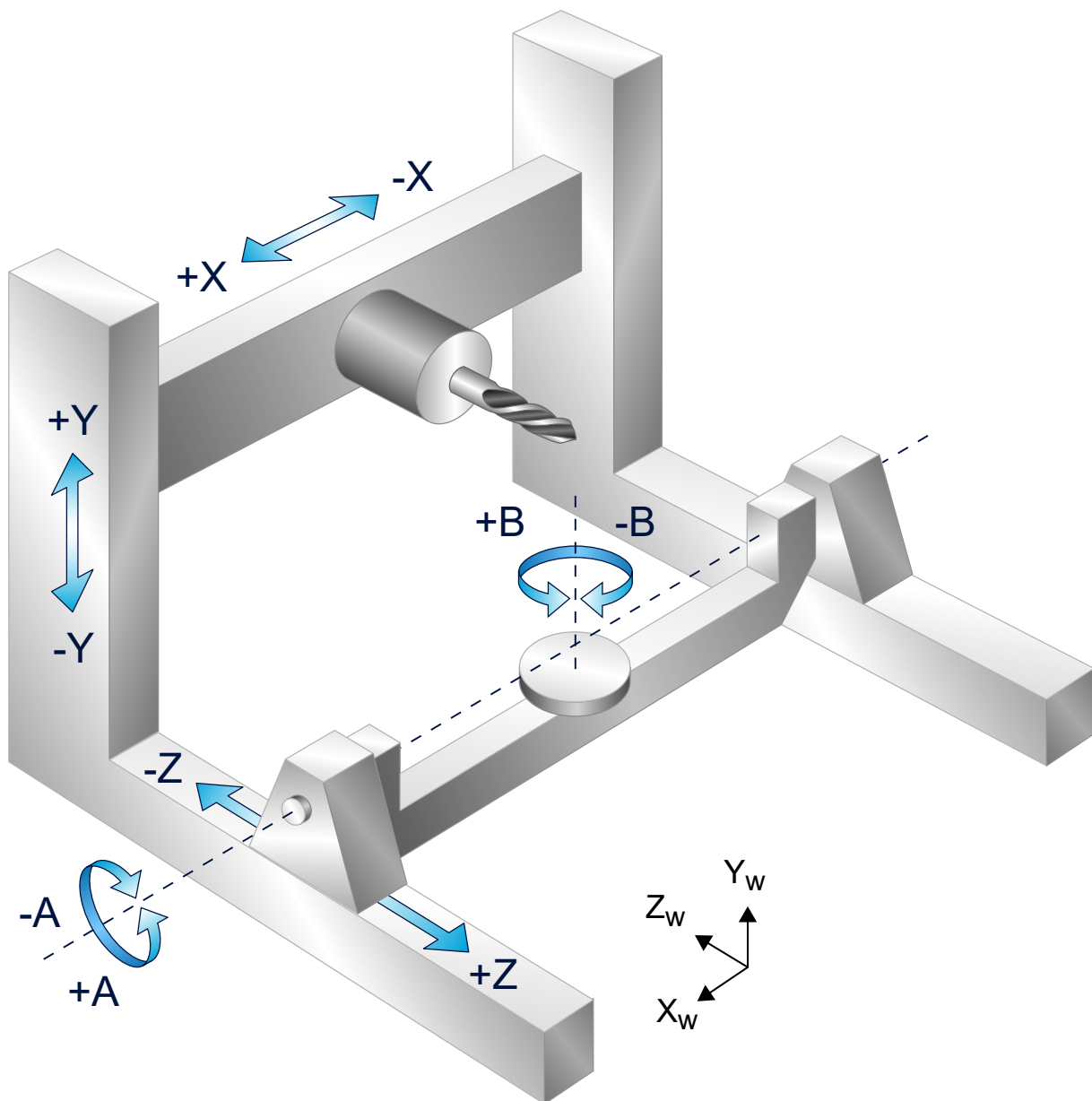


Abb. 59: Kinematik der 5-achsigen Fräsmaschine

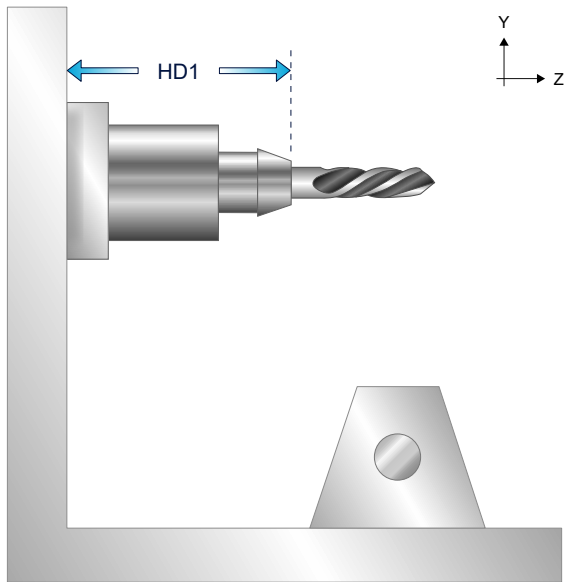


Abb. 60: Definition der Versatzparameter

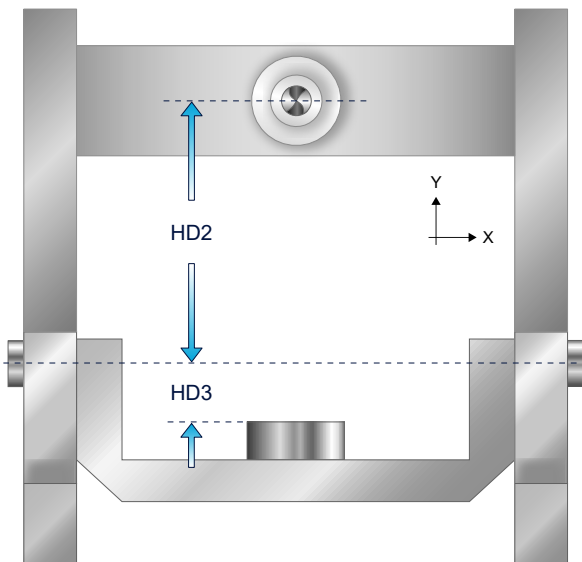


Abb. 61: Definition der Versatzparameter in der Frontansicht

In der obigen Abbildung ist die Kinematik für die Maschinenachspeditionen $Z = 0$, $Y = 0$ und $A = 0$ dargestellt.

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Versatz bis Werkzeugeinspannpunkt.	1.0 E-4 mm
HD2	1	Y-Versatz Werkzeug	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y-Versatz von Nullpunkt Werkstückkoordinatensystem zu Drehachse A-Achse	1.0 E-4 mm
HD4	3	Vorzeichen Drehrichtung A-Achse	[-]
HD5	4	Vorzeichen Drehrichtung B-Achse	[-]

2.27 KIN_TYP_57 – Fünfachs-Kinematik mit B/C-Werkstücktisch

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen Achsen im Werkzeug und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkstück.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, B, C	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z	B, C

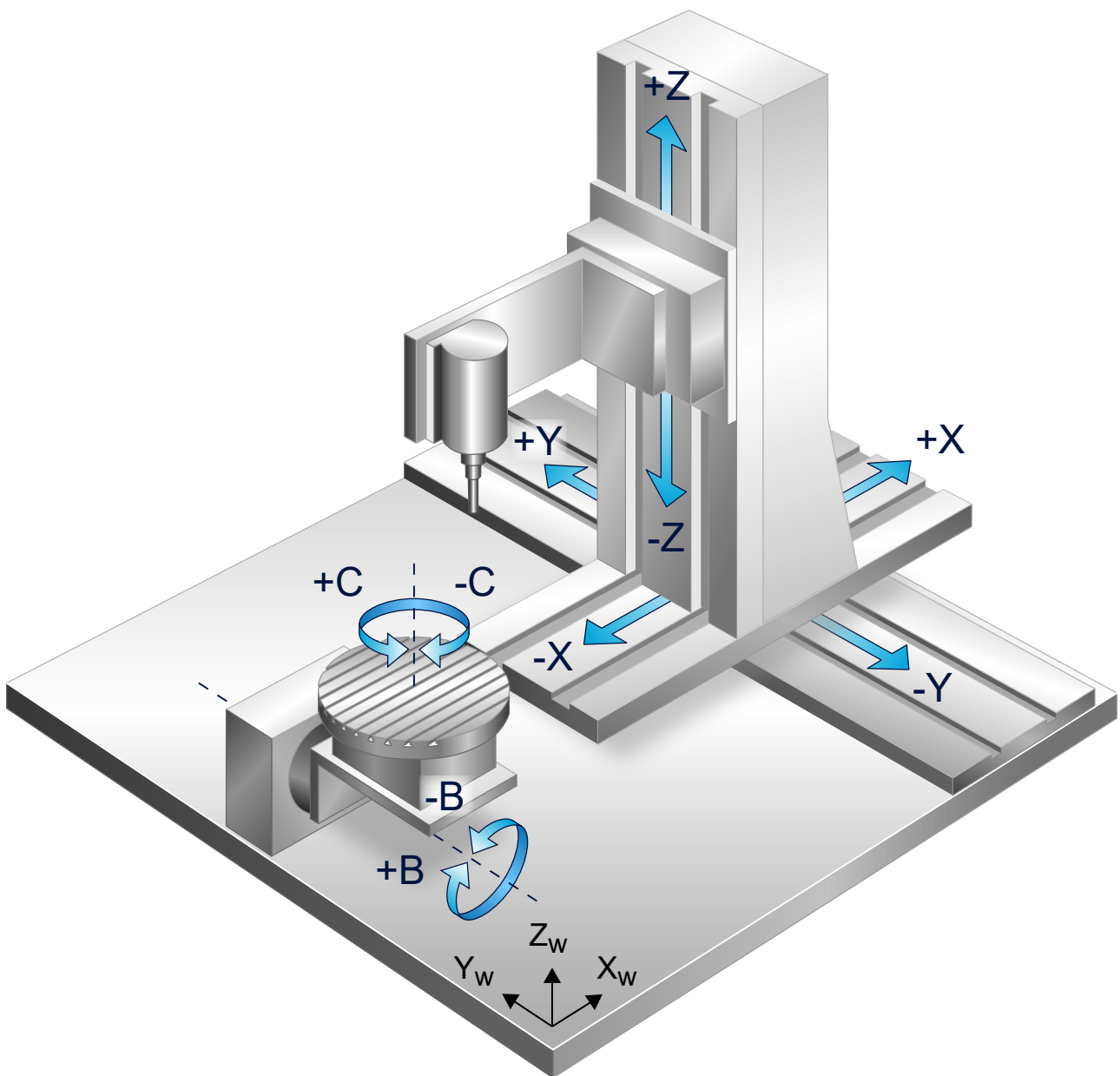


Abb. 62: Kinematische Struktur der 5-achsigen Maschine mit BC Werkstücktisch

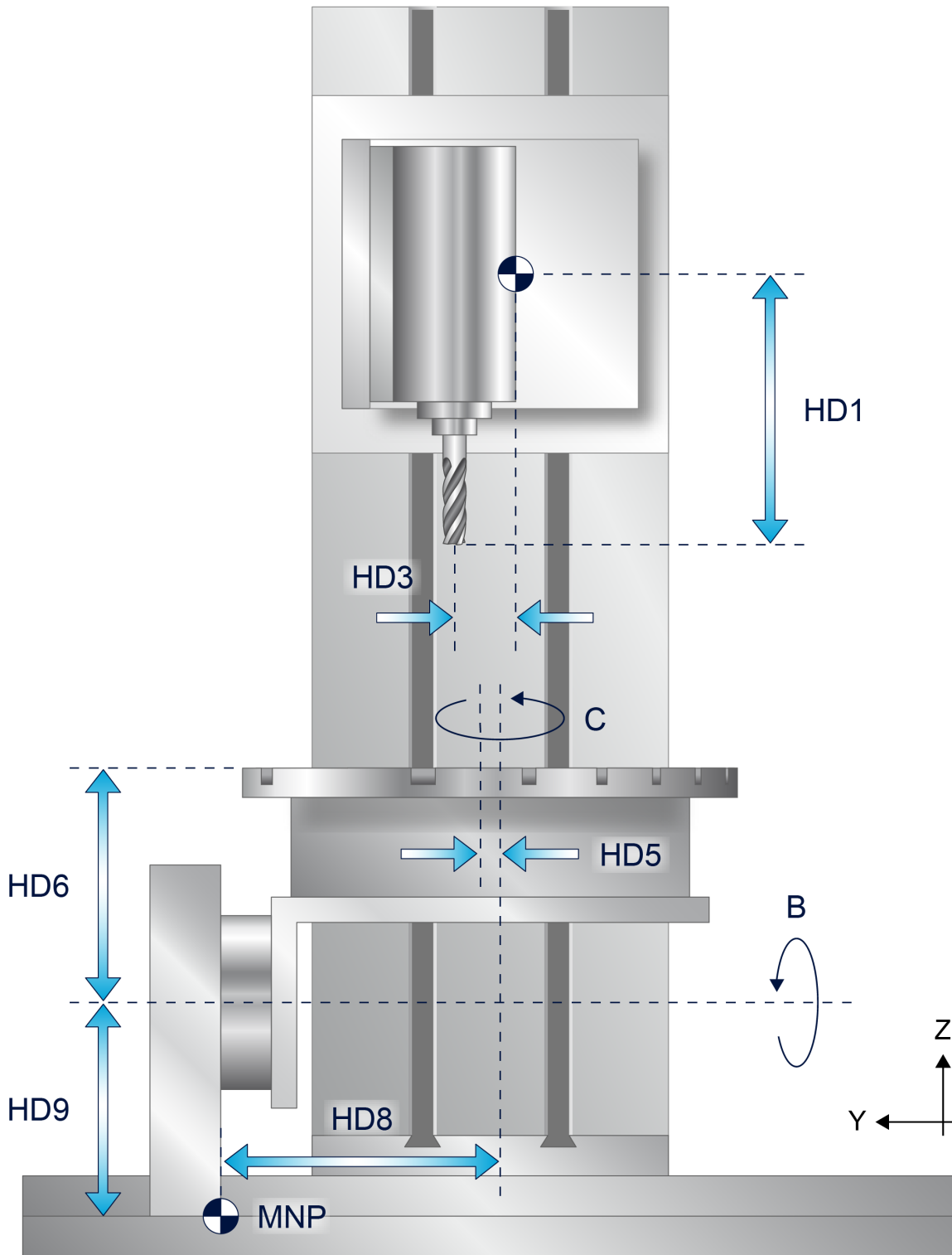


Abb. 63: Versätze in Y/Z Ansicht

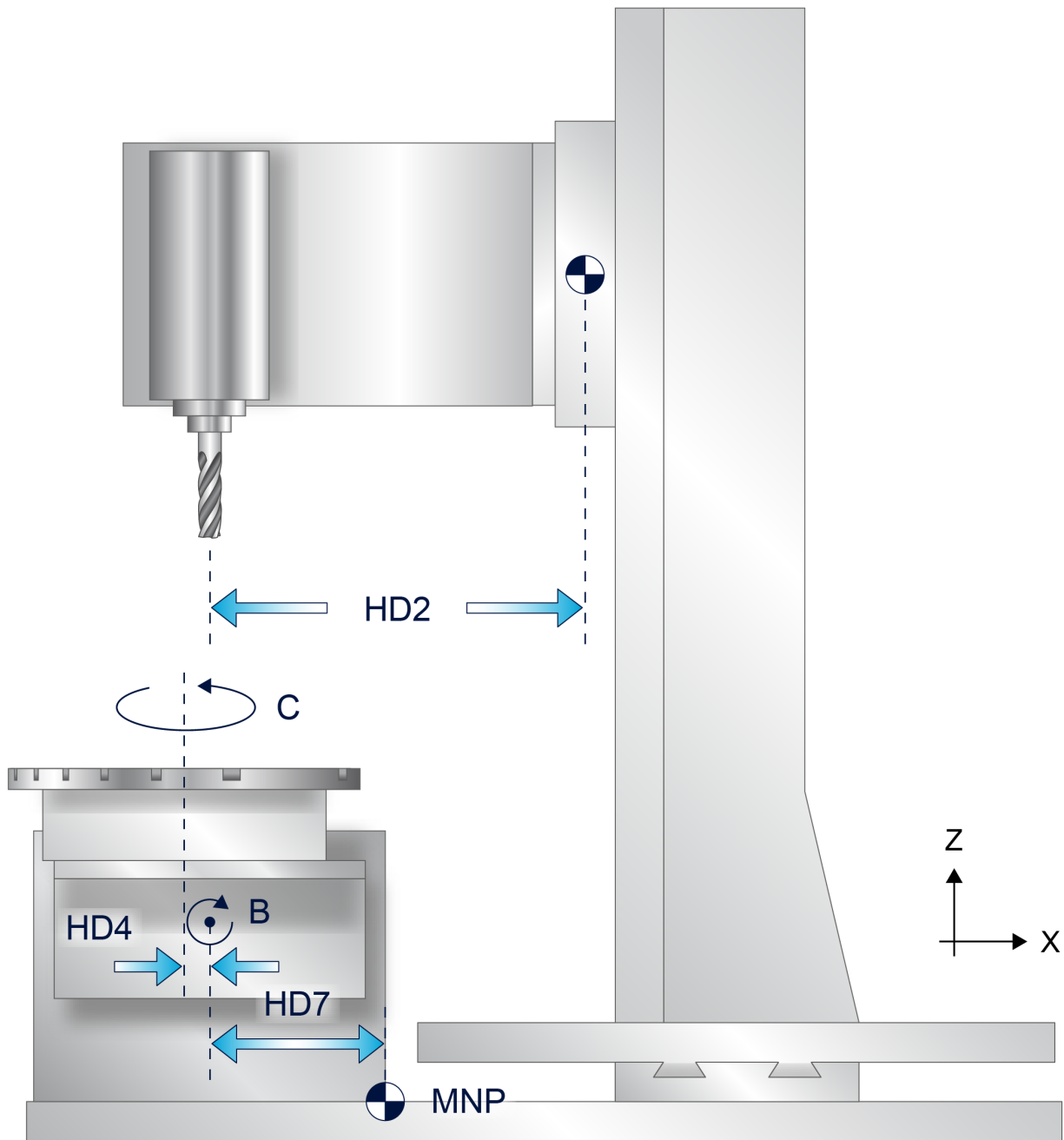


Abb. 64: Versätze in X/Z Ansicht

Der Maschinennullpunkt kann über die Parameter HD7..HD9 verschoben werden. Abweichende Nullstellungen der rotatorischen Achsen B und C können über die Parameter HD10 HD11 so eingestellt werden, dass das interne kinematische Modell mit der realen Maschinenkinematik übereinstimmt. Ebenso können abweichende Drehrichtungen der Achsen B und C über die Parameter HD12, HD13 eingestellt werden. Im Allgemeinen sind dann auch die Vorzeichen von Soll- und Istgrößen in den Achsparametern entsprechend anzupassen.

Über die Parameter HD14..HD16 kann der Nullpunkt des WCS auf dem Drehteller festgelegt werden.

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z Werkzeugversatz Einspannpunkt zu Bezugspunkt Werkzeugschlitten SBP	1.0 E-4 mm
HD2	1	X-Achsversatz Einspannpunkt zu Bezugspunkt Werkzeugschlitten SBP	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y-Achsversatz Einspannpunkt zu Bezugspunkt Werkzeugschlitten SBP	1.0 E-4 mm
HD4	3	X-Achsversatz Drehachse B zu Drehachse C, NP WCS	1.0 E-4 mm
HD5	4	Y-Achsversatz Drehachse B zu Drehachse C, NP WCS	1.0 E-4 mm
HD6	5	Z-Achsversatz Drehachse B zu Drehachse C, NP WCS	1.0 E-4 mm
HD7	6	X-Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse B	1.0 E-4 mm
HD8	7	Y-Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse B	1.0 E-4 mm
HD9	8	Z-Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse B	1.0 E-4 mm
HD10	9	Rotatorischer Offset B-Achse	1.0 E-4°
HD11	10	Rotatorischer Offset C-Achse	1.0 E-4°
HD12	11	Drehrichtungsflag B-Achse	[-]
HD13	12	Drehrichtungsflag C-Achse	[-]
HD14	13	X Versatz NP WCS	1.0 E-4 mm
HD15	14	Y Versatz NP WCS	1.0 E-4 mm
HD16	15	Z Versatz NP WCS	1.0 E-4 mm

2.28 KIN_TYP_58 – Fünfachs-Kinematik mit A/C-Werkstücktisch

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen Achsen im Werkzeug und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkstück.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, A, C	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z	A, C

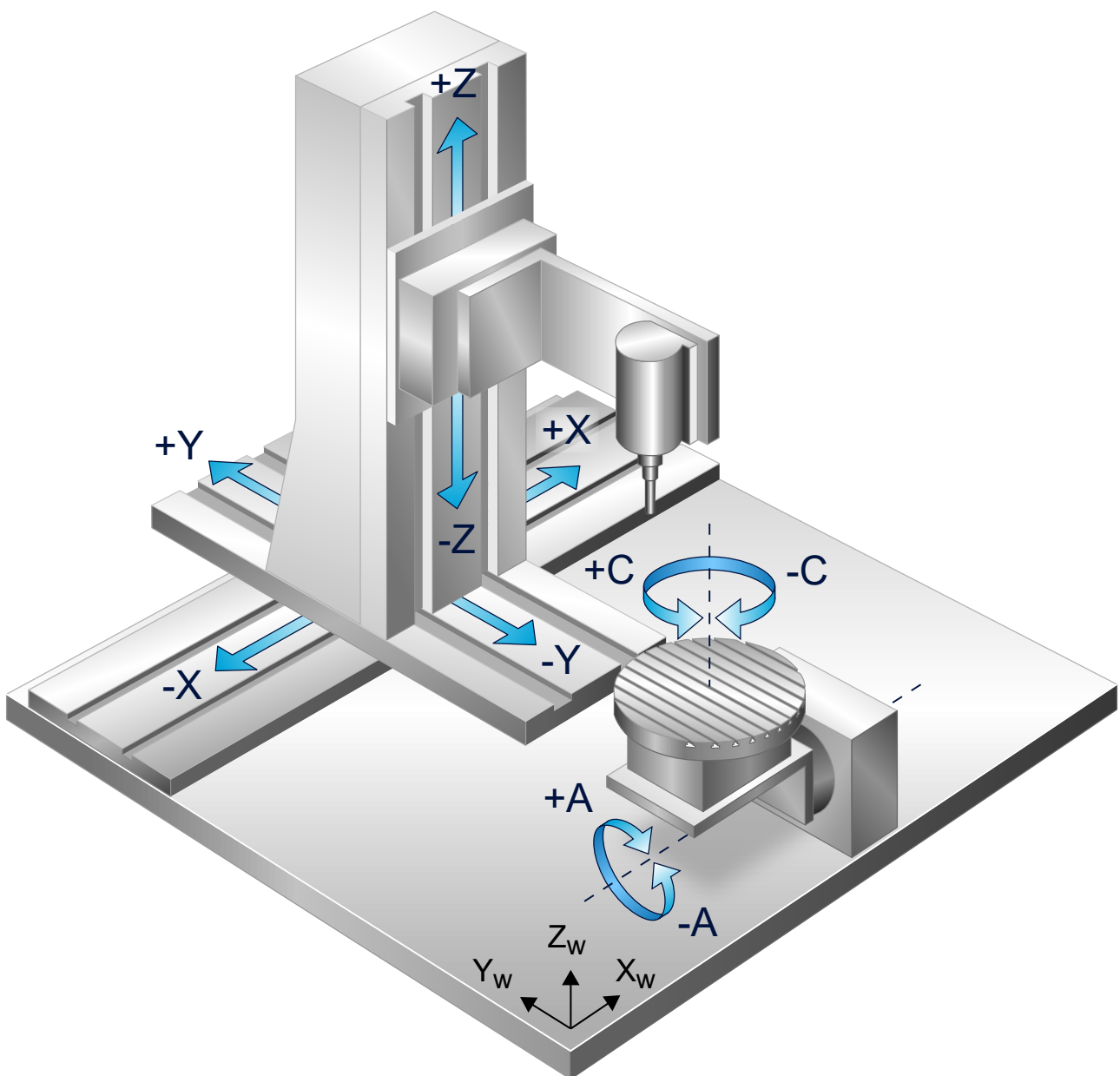


Abb. 65: Kinematische Struktur der 5-achsigen Maschine mit AC Werkstücktisch

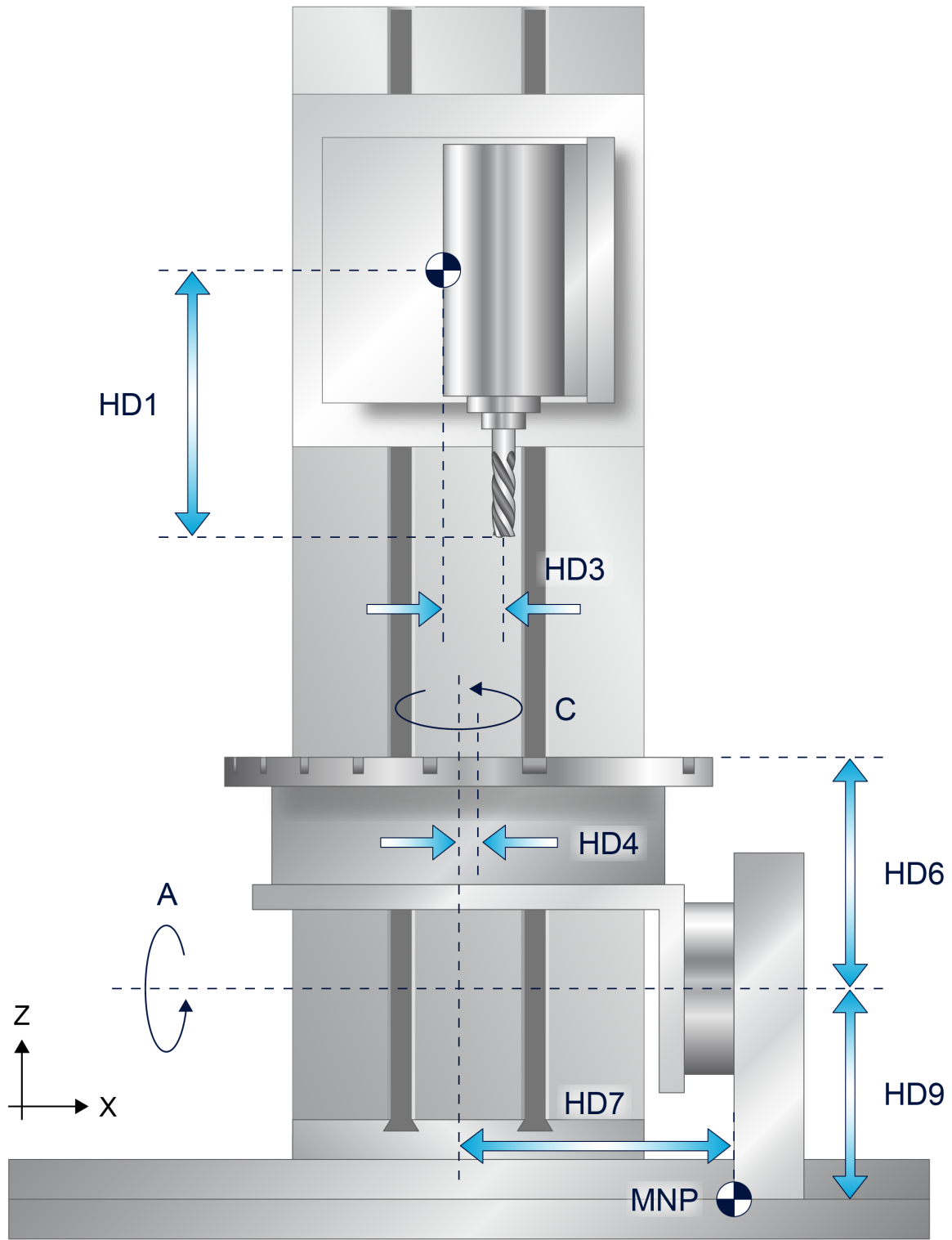


Abb. 66: Versätze in X/Z Ansicht

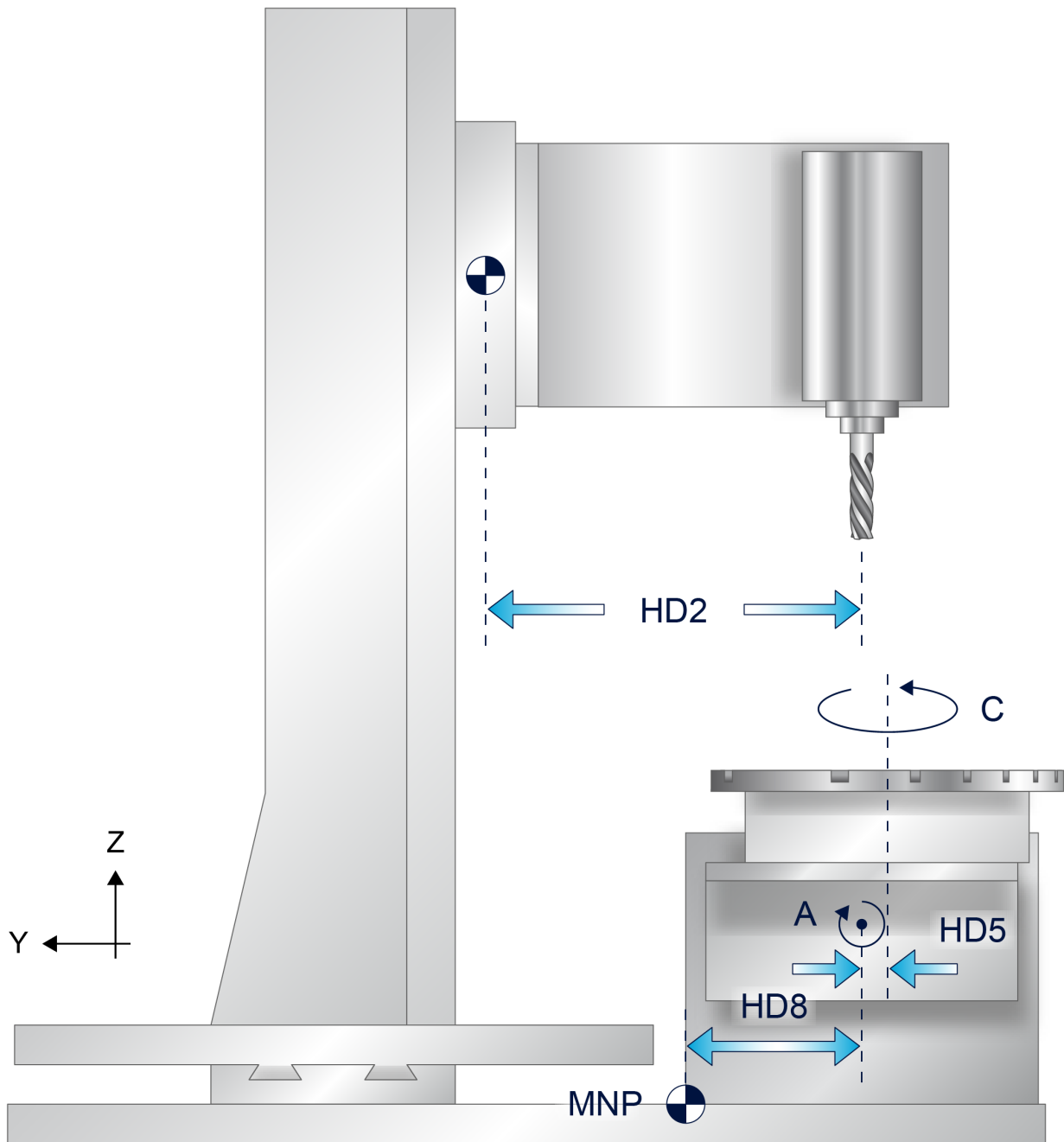


Abb. 67: Versätze in Y/Z Ansicht

Den Maschinennullpunkt legt man typischerweise in die Drehachse A. Bei Bedarf kann er über die Parameter HD7-HD9 verschoben werden. Abweichende Nullstellungen der rotatorischen Achsen A und C können über die Parameter HD10 und HD11 so eingestellt werden, dass das interne kinematische Modell mit der realen Maschinenkinematik übereinstimmt. Ebenso können abweichende Drehrichtungen der Achsen A und C über die Parameter HD12, HD13 eingestellt werden. Im Allgemeinen sind dann auch die Vorzeichen von Soll- und Istgrößen in den Achsparametern entsprechend anzupassen.

Über die Parameter HD14..HD16 kann der Nullpunkt des WCS auf dem Drehteller verschoben werden.

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Werkzeugversatz Einspannpunkt zu Bezugspunkt Werkzeugschlitten SBP	1.0 E-4 mm
HD2	1	X-Achsversatz Einspannpunkt zu Bezugspunkt Werkzeugschlitten SBP	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y-Achsversatz Einspannpunkt zu Bezugspunkt Werkzeugschlitten SBP	1.0 E-4 mm
HD4	3	X-Achsversatz Drehachse A zu Drehachse C, NP WCS	1.0 E-4 mm
HD5	4	Y-Achsversatz Drehachse A zu Drehachse C, NP WCS	1.0 E-4 mm
HD6	5	Z-Achsversatz Drehachse A zu Drehachse C, NP WCS	1.0 E-4 mm
HD7	6	X-Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse A	1.0 E-4 mm
HD8	7	Y-Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse A	1.0 E-4 mm
HD9	8	Z-Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse A	1.0 E-4 mm
HD10	9	Rotatorischer Offset A-Achse	1.0 E-4°
HD11	10	Rotatorischer Offset C-Achse	1.0 E-4°
HD12	11	Drehrichtungsflag A-Achse	[-]
HD13	12	Drehrichtungsflag C-Achse	[-]
HD14	13	X-Versatz NP WCS	1.0 E-4 mm
HD15	14	Y-Versatz NP WCS	1.0 E-4 mm
HD16	15	Z-Versatz NP WCS	1.0 E-4 mm

2.29 Kardankinematik

2.29.1 KIN_TYP_59 – Kardankinematik mit C/A-Kopf

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkzeug. Die A-Achse ist um einen Winkel $\neq 90$ Grad um die Y-Achse gedreht angeordnet, typischerweise liegt der Winkel zwischen 30 und 60 Grad.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C, A	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z,C,A	-

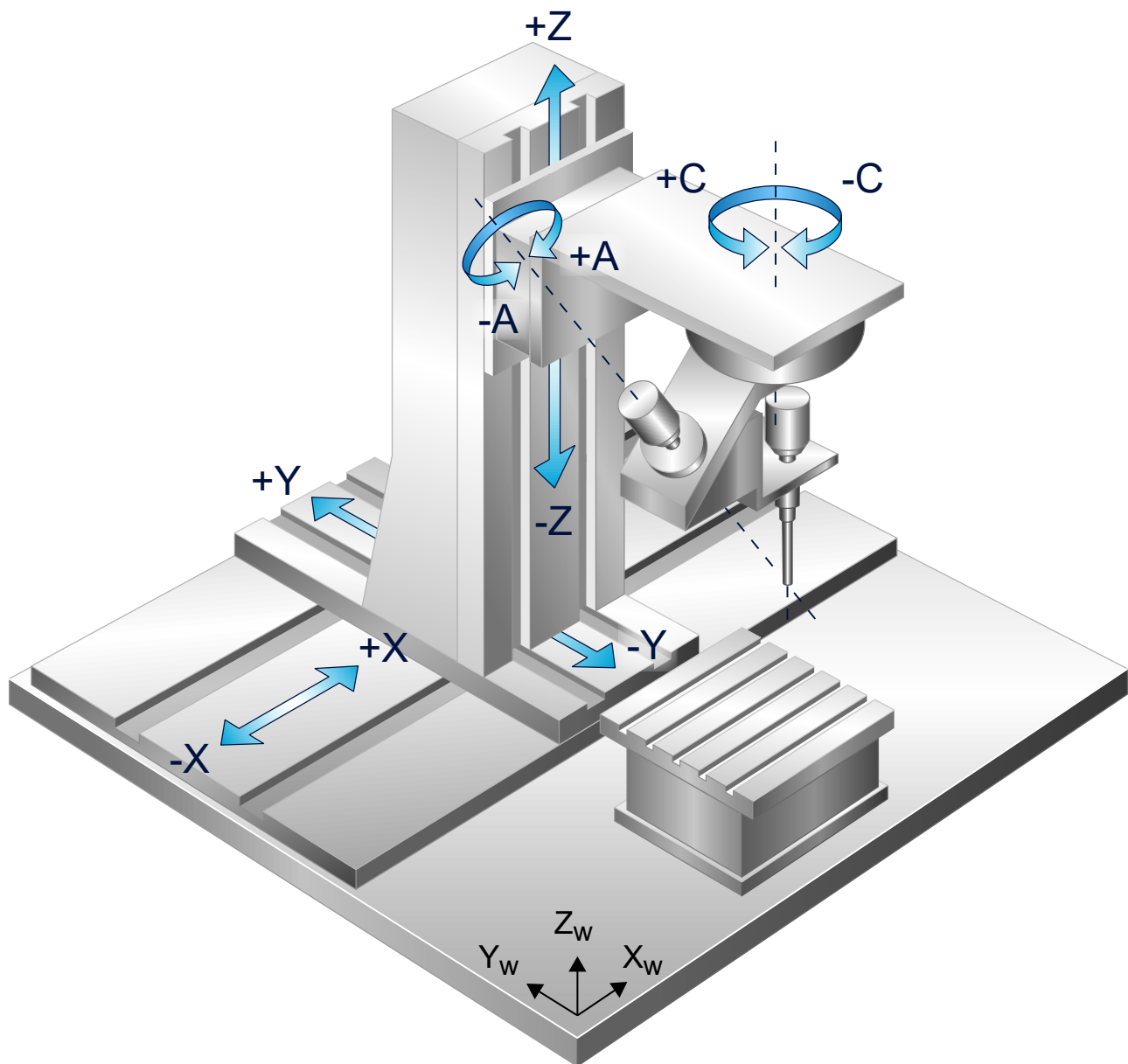


Abb. 68: Kardankinematik mit CA-Kopf

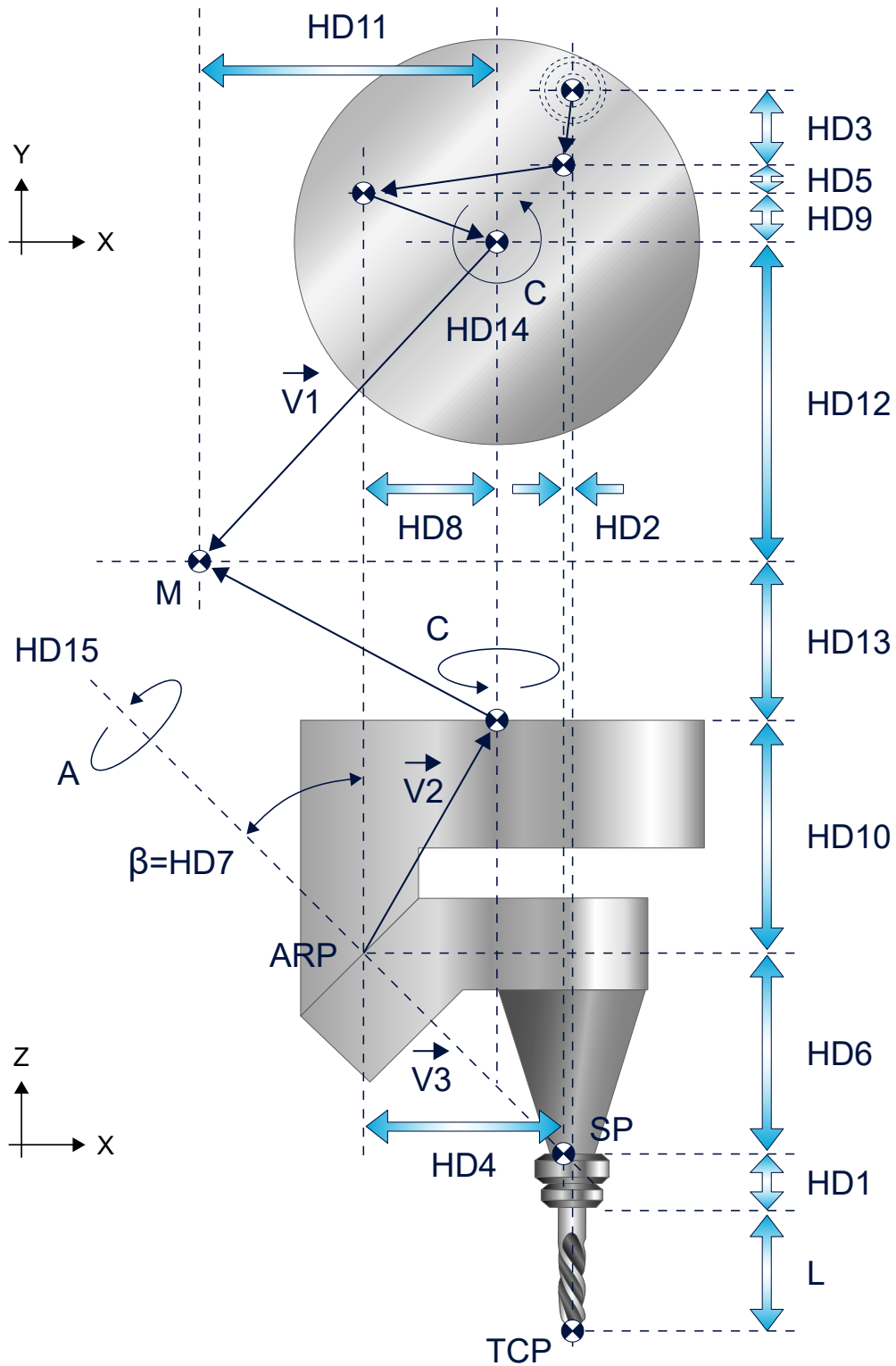


Abb. 69: Versätze des kardanischen CA-5-Achskopfes

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z- Versatz bis Einspannung WZ	1.0 E-4 mm
HD2	1	X- Versatz bis Einspannung WZ	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y- Versatz bis Einspannung WZ	1.0 E-4 mm
HD4	3	X- Versatz Kompensationspunkt (SP) bis A-Achse	1.0 E-4 mm
HD5	4	Y- Versatz Kompensationspunkt (SP) bis A-Achse	1.0 E-4 mm
HD6	5	Z- Versatz Kompensationspunkt (SP) bis A-Achse	1.0 E-4 mm
HD7	6	Winkel zwischen A-Achse und Z-Achse	1.0 E-4°
HD8	7	X- Versatz A-Achse bis C-Achse	1.0 E-4 mm
HD9	8	Y-Versatz A-Achse bis C-Achse	1.0 E-4 mm
HD10	9	Z-Versatz A-Achse bis C-Achse	1.0 E-4 mm
HD11	10	X-Versatz C-Achse bis Maschinenpunkt M	1.0 E-4 mm
HD12	11	Y-Versatz C-Achse bis Maschinenpunkt M	1.0 E-4 mm
HD13	12	Z-Versatz C-Achse bis Maschinenpunkt M	1.0 E-4 mm
HD14	13	Rotatorischer interner Offset C-Achse (*)	1.0 E-4°
HD15	14	Rotatorischer interner Offset A-Achse (*)	1.0 E-4°
HD16	15	Rotatorischer Offset C-Achse (*)	1.0 E-4°
HD17	16	Rotatorischer Offset A-Achse (*)	1.0 E-4°
HD21	20	Steuerflag: 0: Transformation der rotatorischen Achsen C und A , Standard. 1: Die rotatorischen Achsen C und A sind Maschinenwinkel.	[-]

Im Allgemeinen wandert der mit ARP (Rotationspunkt A-Achse) bezeichnete Bezugspunkt in den Bezugspunkt SP d.h. der Vektor V3 ist 0 und der Punkt SP liegt in der Werkzeugachse, die sich mit der C-Drehachse deckt. In diesem Fall sind dann nur die Parameter L, HD1, HD7 und HD10 erforderlich. Die Kinematik kann einen A-Raumwinkel von maximal 2*HD7 umsetzen.

(*) Die rotatorischen Offsets HD14 und HD15 wirken nur auf das interne Kinematikmodell, d.h. diese Offsets werden nicht an die rotatorischen Achsen weitergereicht. Im Gegensatz dazu wirken die Offsets HD16 und HD17 wie eine NPV bei aktiver kinematischer Transformation. Sie führen auch zu einer Neupositionierung des Kardankopfes mit rotatorischem Offset bei Programmierung einer Winkelposition.

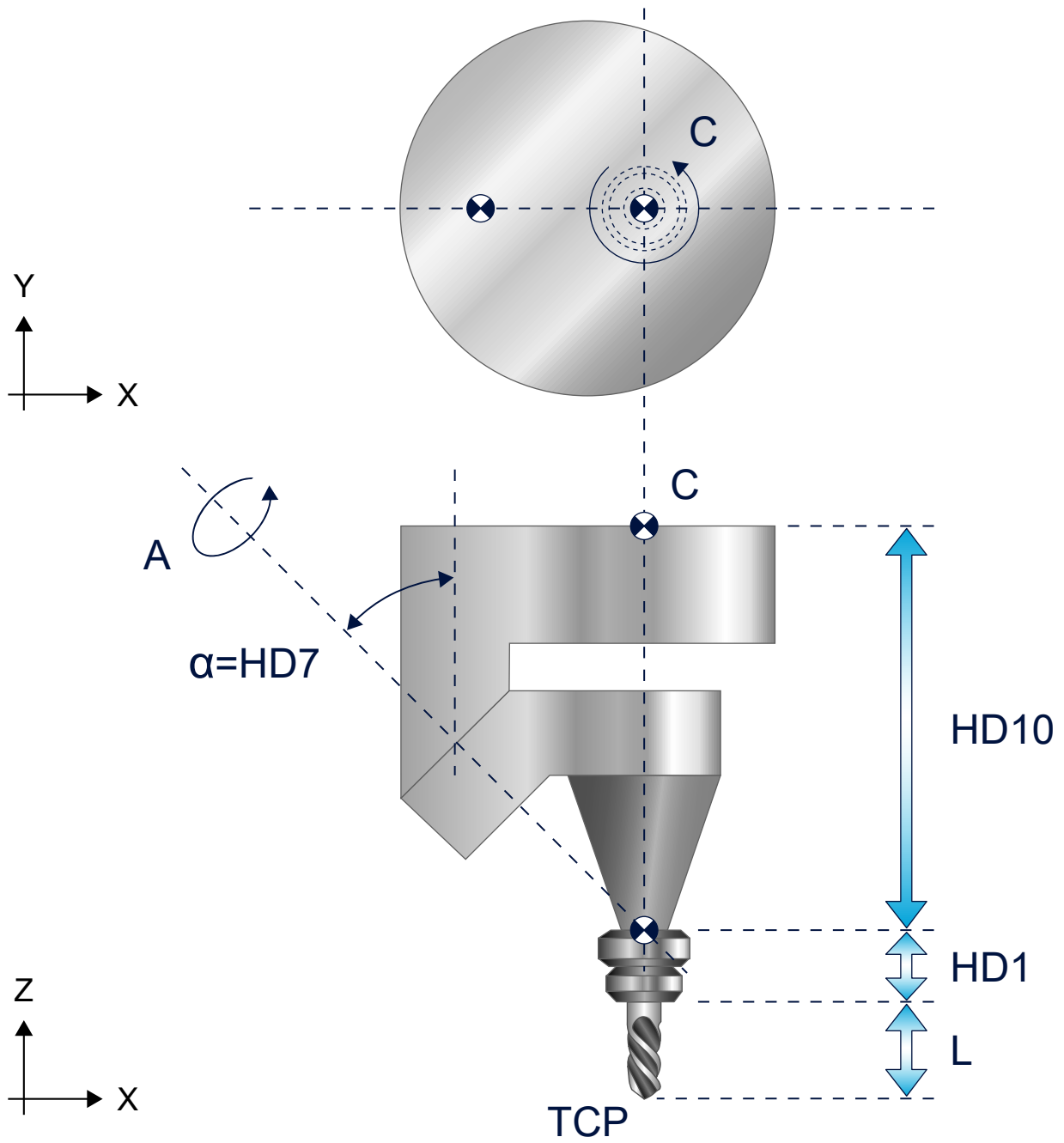


Abb. 70: Kardankopf bei idealer Kopfgeometrie (Schnittpunkt C-A-Achse liegt in Werkzeugachse)

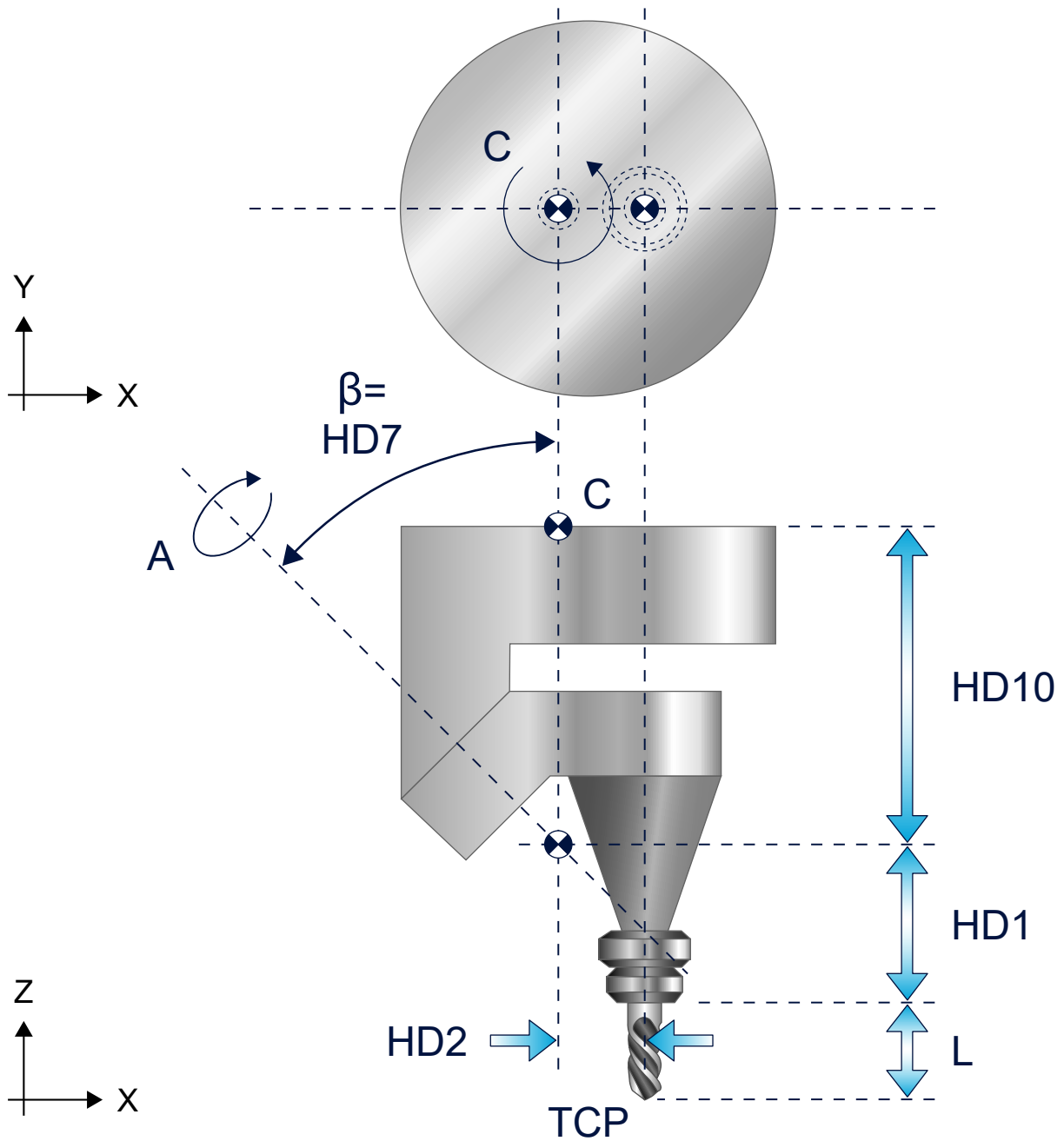


Abb. 71: Kardankopf mit versetzter C-Achse (C-Achse liegt nicht in der Werkzeugachse)

2.29.1.1 Sägeblatt mit TCP Funktion

Mit Aktivierung des Parameters HD20 kann die kinematische Transformation dazu verwendet werden TCP Versätze abhängig vom Zielwinkel A des Kardankopfes zu berechnen. Dies ist notwendig um die korrekte Schneidtiefe mit dem Sägeblatt programmieren zu können wenn $A \neq 0$ ist. Der TCP befindet sich dann zum tiefsten Punkt auf dem Sägeblatt.

Der Zielwinkel A ist im Parameter HD19 einzustellen.

Nachdem der Zielwinkel $A \neq 0$ angefahren wurde liegt der TCP entsprechend der Darstellung unten am Punkt mit minimalem Abstand zur Werkstückoberfläche (in Nullposition von A liegt der TCP in X Richtung rechts auf dem Sägezahn)

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung
HD19	18	Kopf Zielwinkel A für Sägebearbeitung
HD20	19	Steuerflag: 0: Standard, Kardantransformation für Fräsbearbeitung 2: Kardan Transformation mit TCP am Sägeblatt Mit der Aktivierung der Kinematik werden die erforderlichen Werkzeugoffsets abhängig vom Sägeblattradius und Zielwinkel A berechnet. In der Zielwinkelposition $A \neq 0$ liegt der TCP am tiefsten Punkt am Sägeblatt (i.A. minimaler Abstand zum Werkstück).

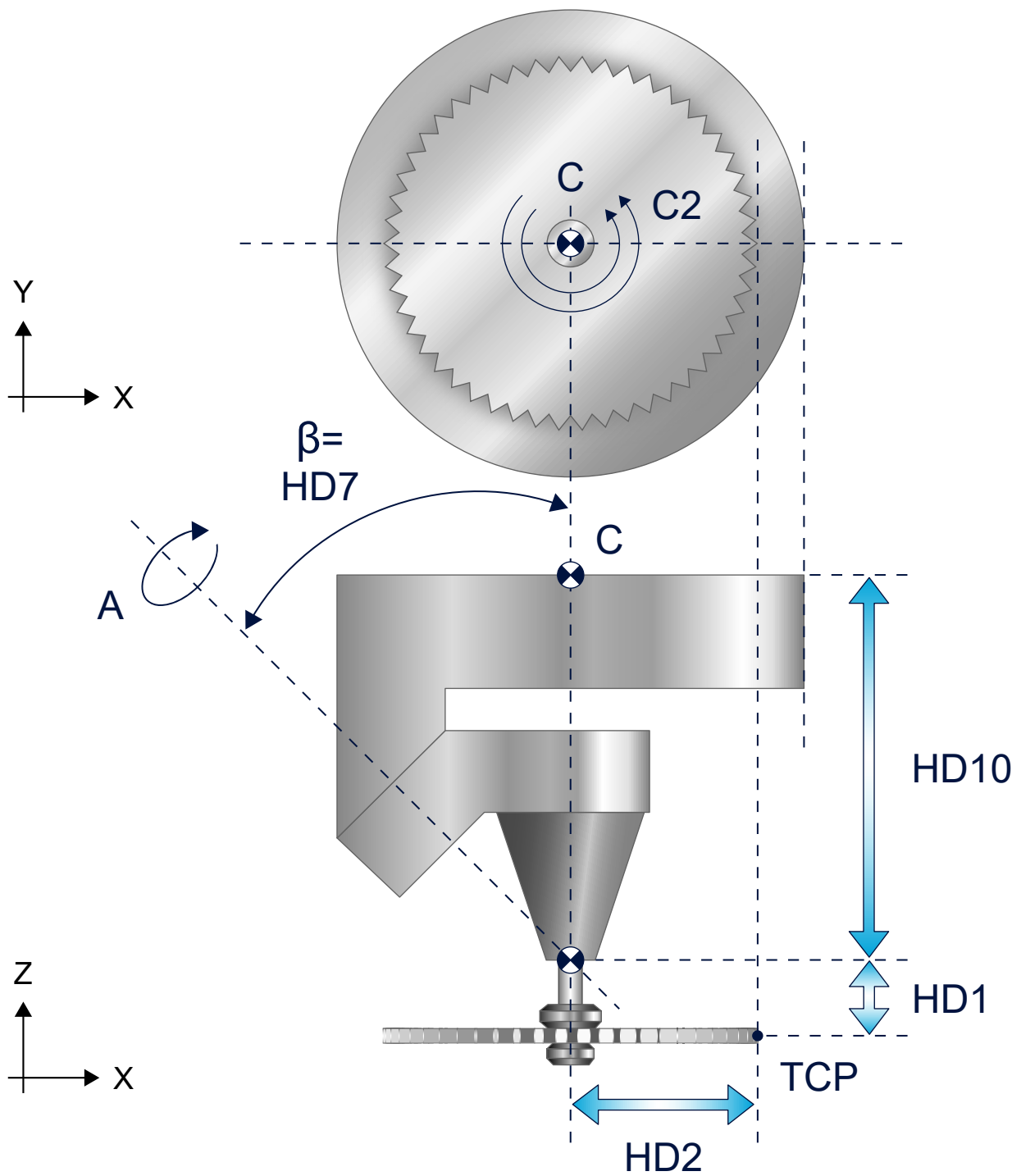


Abb. 72: Kardankopf mit Sägewerkzeug und TCP am Sägezahn

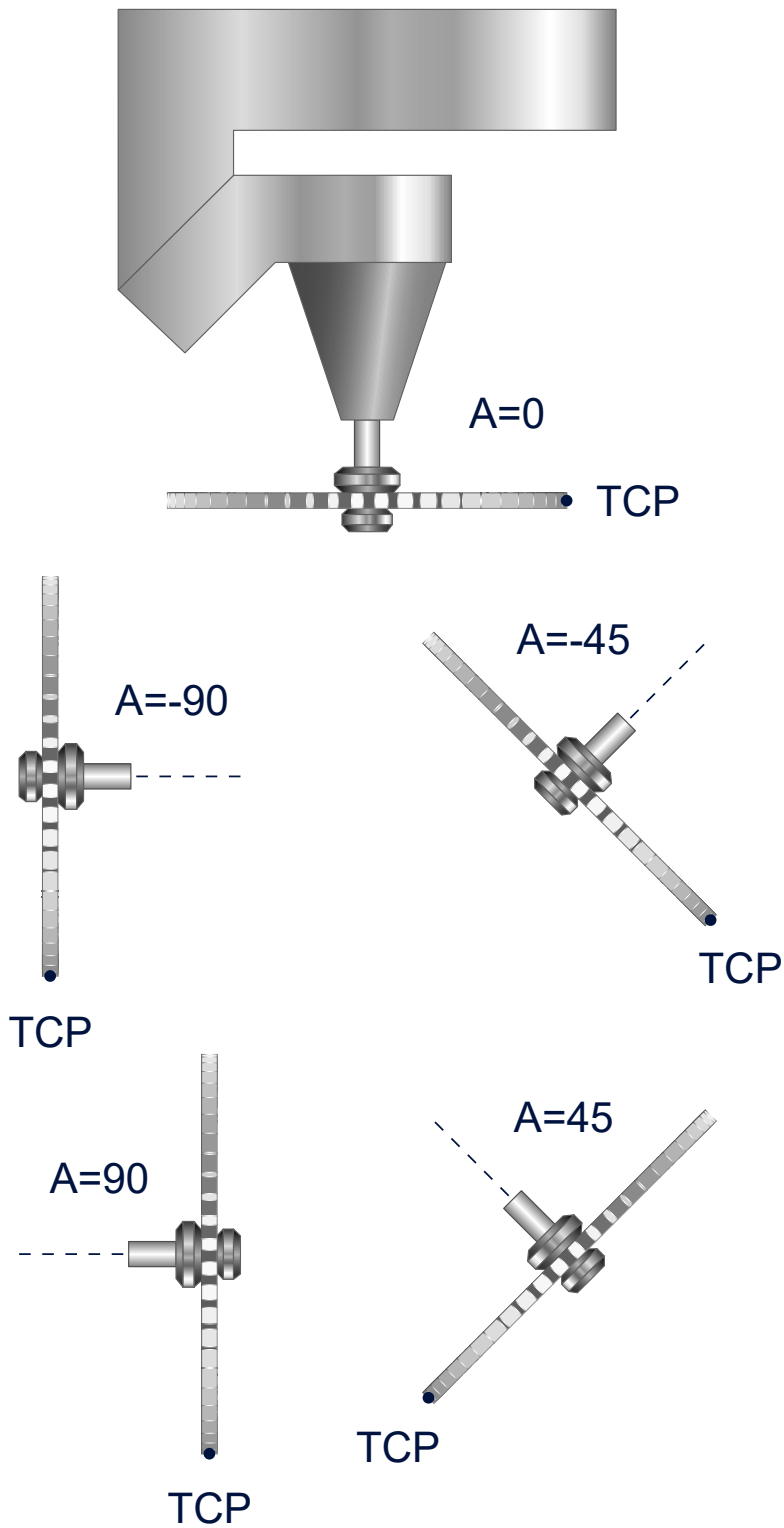


Abb. 73: Winkeldarstellungen – Sägewerkzeug und TCP

2.29.1.2 Sonderfunktion: Angeflanschter Unterflurfräser

Zusätzliche Versatzdaten:

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung
HD19	18	C2 Winkel
HD20	19	Steuerflag: 0: Standard Kardan Transformation 1: Utility Funktion zur Berechnung von C2 Winkel mit Unterflurfräser an Spindel angeflanscht mit manuell einstellbarem C2 Winkel.

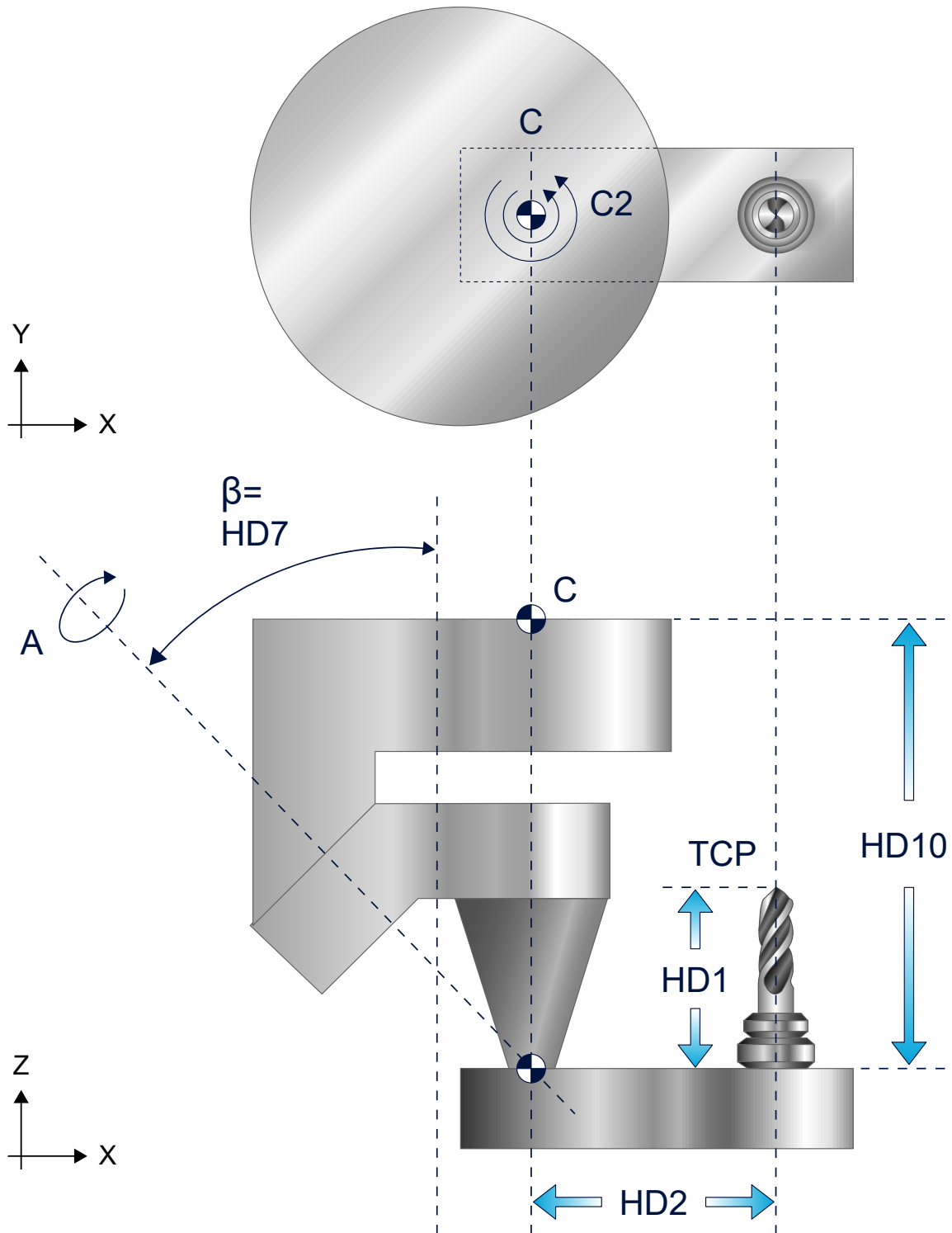


Abb. 74: Kardankopf mit Unterflurfräser

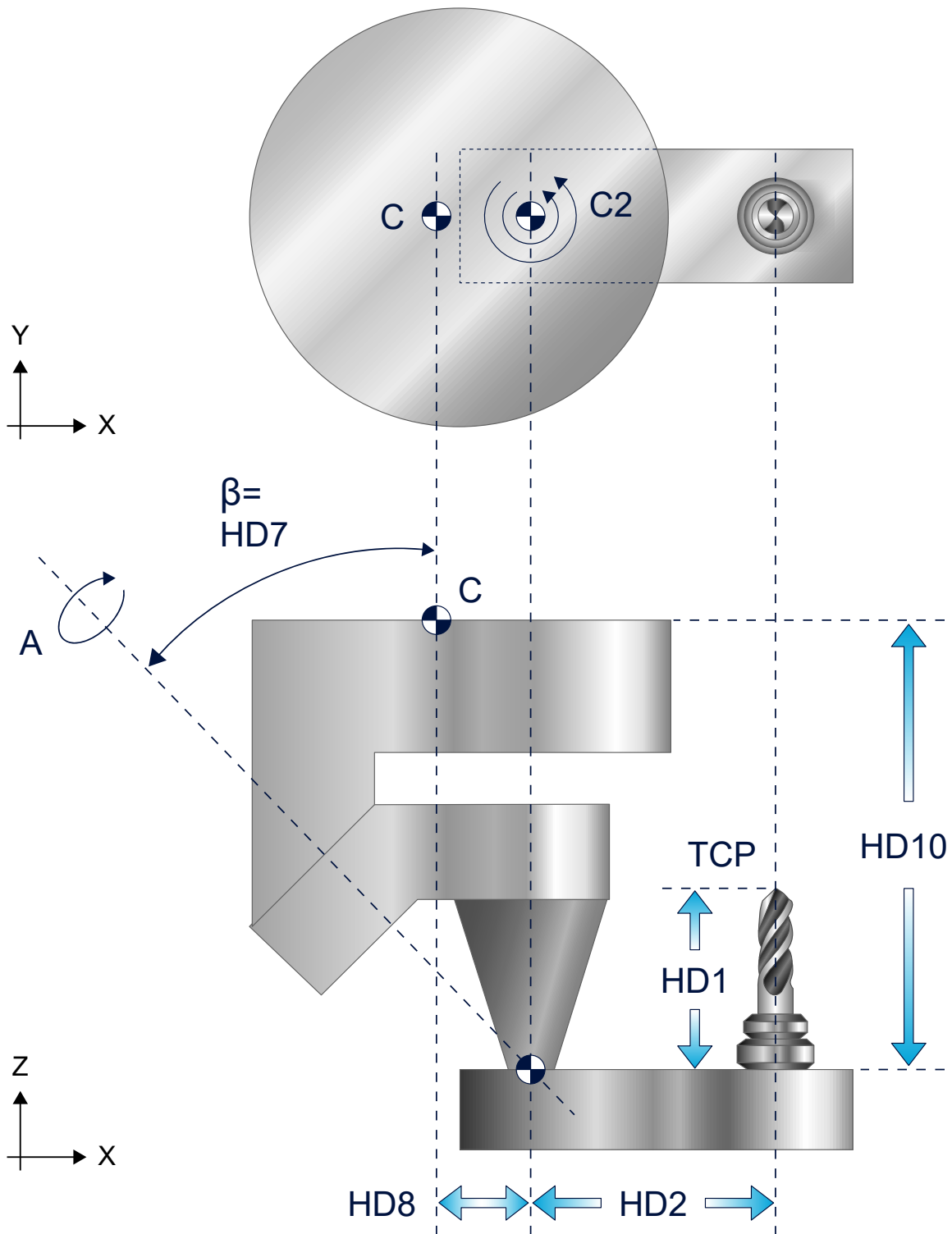


Abb. 75: Kardankopf mit Unterflurfräser mit versetzter C-Achse

2.29.2 KIN_TYP_60 – Kardan kinematik mit C/B-Kopf

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkzeug. Die B-Achse ist um einen Winkel $\neq 90$ Grad um die X-Achse gedreht angeordnet, typischerweise liegt der Winkel zwischen 30 und 60 Grad.

Achskonfiguration im NC-Kanal	
Achsbezeichner	X, Y, Z, C, B

Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z,C,B	-

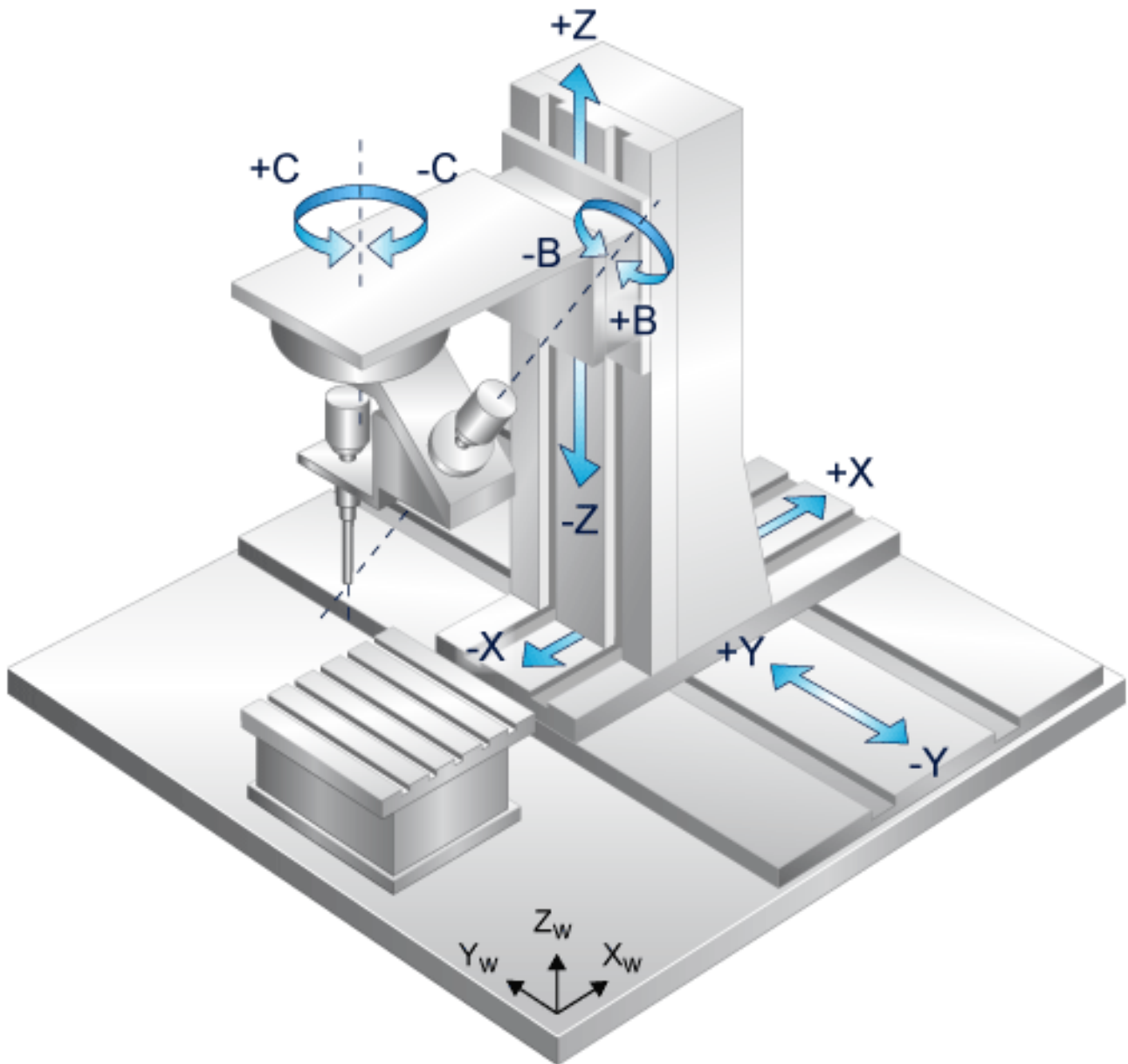


Abb. 76: Kardankinematik mit CB-Kopf

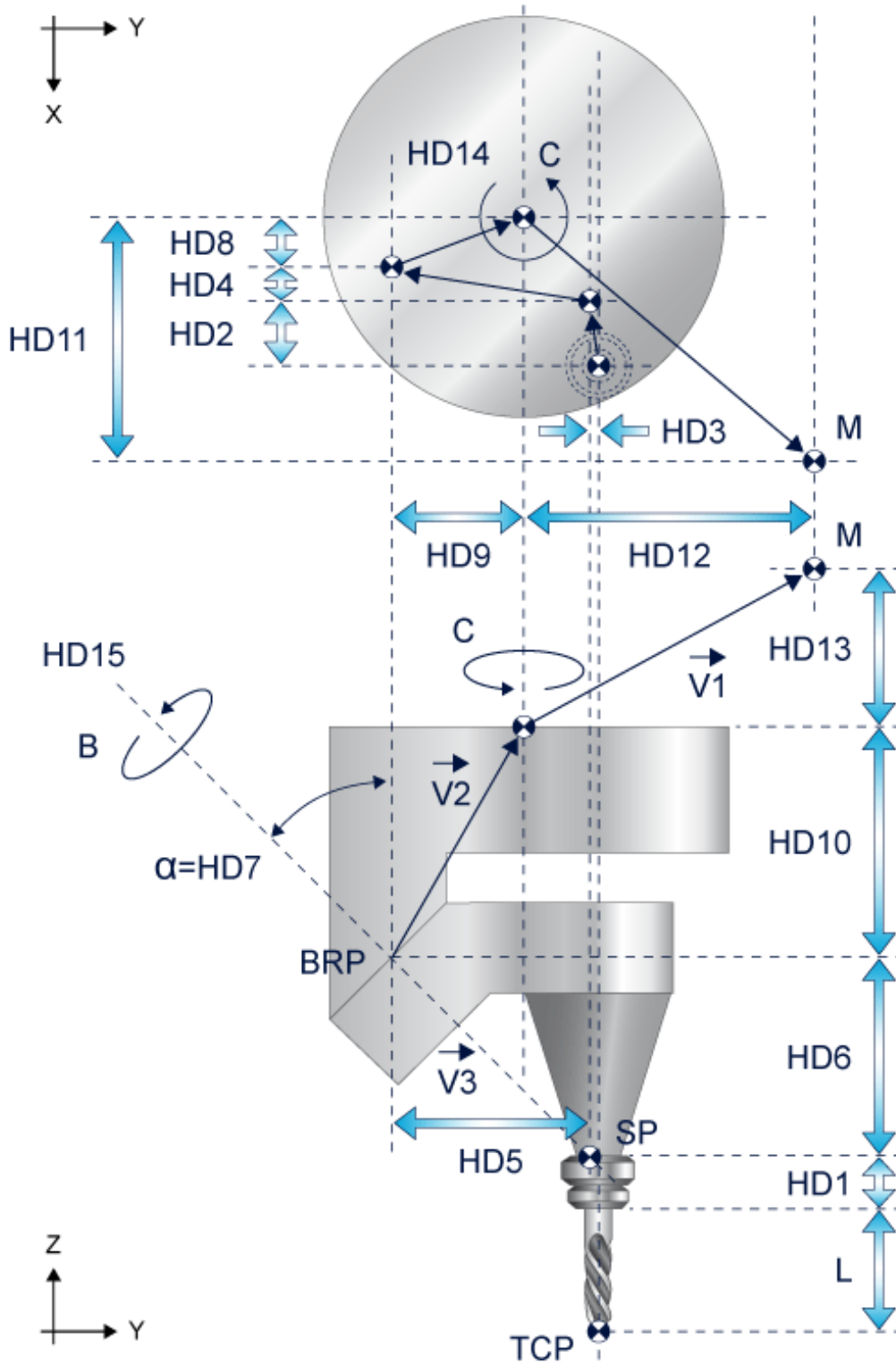


Abb. 77: Versätze des kardanischen CB-5-Achskopfes

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Versatz bis Einspannung WZ	1.0 E-4 mm
HD2	1	X-Versatz bis Einspannung WZ	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y-Versatz bis Einspannung WZ	1.0 E-4 mm
HD4	3	X-Versatz Kompensationspunkt (SP) bis B-Achse	1.0 E-4 mm
HD5	4	Y-Versatz Kompensationspunkt (SP) bis B-Achse	1.0 E-4 mm
HD6	5	Z-Versatz Kompensationspunkt (SP) bis B-Achse	1.0 E-4 mm
HD7	6	Winkel zwischen B-Achse und Z-Achse	1.0 E-4°
HD8	7	X-Versatz B-Achse bis C-Achse	1.0 E-4 mm
HD9	8	Y-Versatz B-Achse bis C-Achse	1.0 E-4 mm
HD10	9	Z-Versatz B-Achse bis C-Achse	1.0 E-4 mm
HD11	10	X-Versatz C-Achse bis Maschinenpunkt M	1.0 E-4 mm
HD12	11	Y-Versatz C-Achse bis Maschinenpunkt M	1.0 E-4 mm
HD13	12	Z-Versatz C-Achse bis Maschinenpunkt M	1.0 E-4 mm
HD14	13	Rotatorischer Offset C-Achse	1.0 E-4°
HD15	14	Rotatorischer Offset B-Achse	1.0 E-4°
HD21	20	Steuerflag für rotatorische Achsen C und B 0: Transformation von C und B, Standard. 1: C und B sind Maschinenwinkel.	[-]

Im Allgemeinen wandert der mit BRP (Rotationspunkt B-Achse) bezeichnete Bezugspunkt in den Bezugspunkt SP d.h. der Vektor V3 ist 0 und der Punkt SP liegt in der Werkzeugachse, die sich mit der C-Drehachse deckt. In diesem Fall sind dann nur die Parameter L, HD1, HD7 und HD10 erforderlich.

Die Kinematik kann einen B-Raumwinkel von maximal $2 \cdot \text{HD7}$ umsetzen.

(*) Die rotatorischen Offsets HD14 und HD15 wirken nur auf das interne Kinematikmodell d.h. diese Offsets führen nicht zu einer Neupositionierung des Kardankopfes wie bei einer rotatorischen NPV und Programmierung einer Winkelposition.

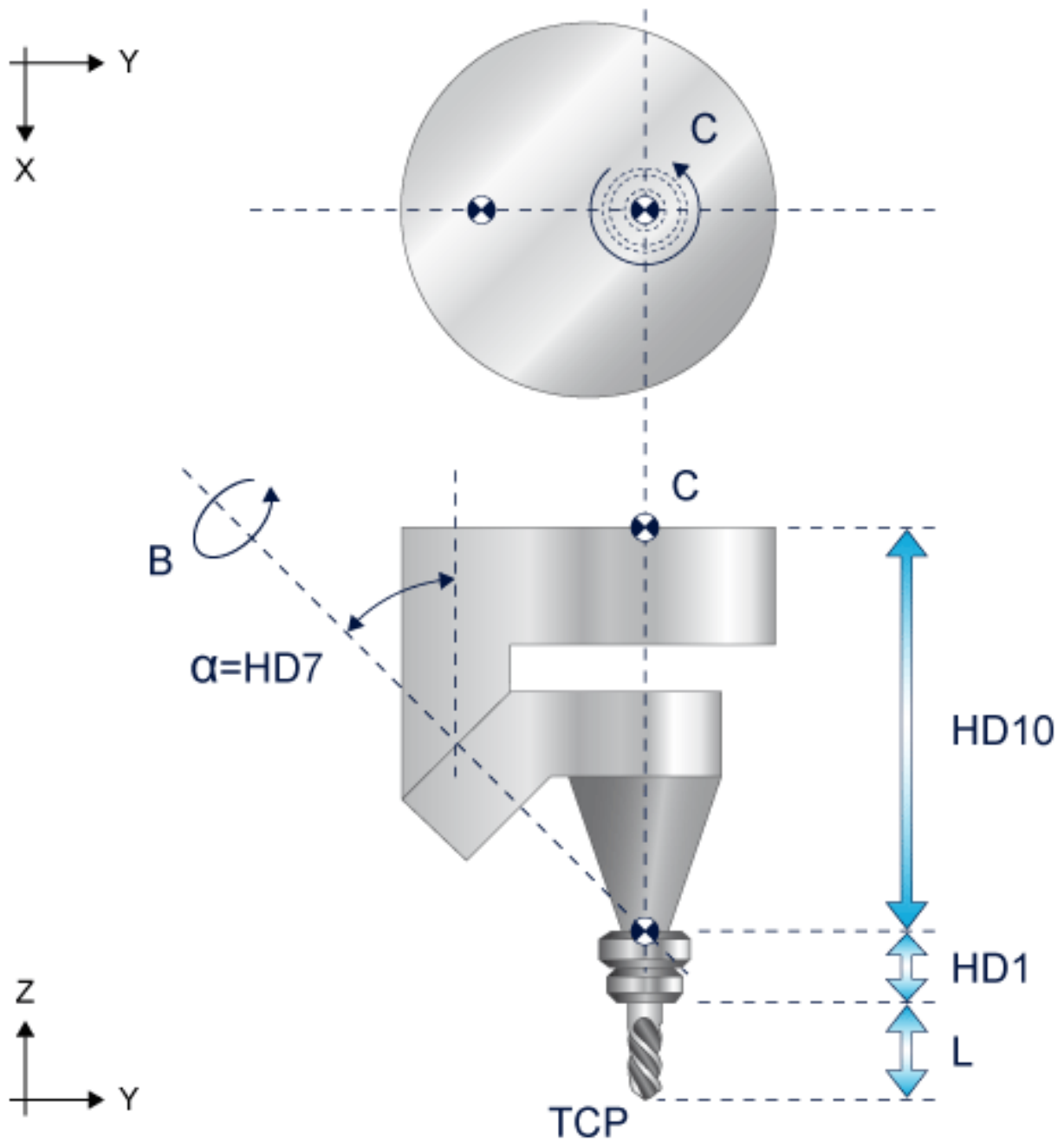


Abb. 78: Kardankopf bei idealer Kopfgeometrie (Schnittpunkt C-B-Achse liegt in Werkzeugachse)

2.30 KIN_TYP_61 – Fünffachs-Kinematik mit Y/A-Werkstücktisch

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus je einer translatorischen und rotatorischen NC-Achse im Werkstück und 2 translatorischen und einer rotatorischen NC-Achse im Werkzeug.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, A, B	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Z, B	Y, A

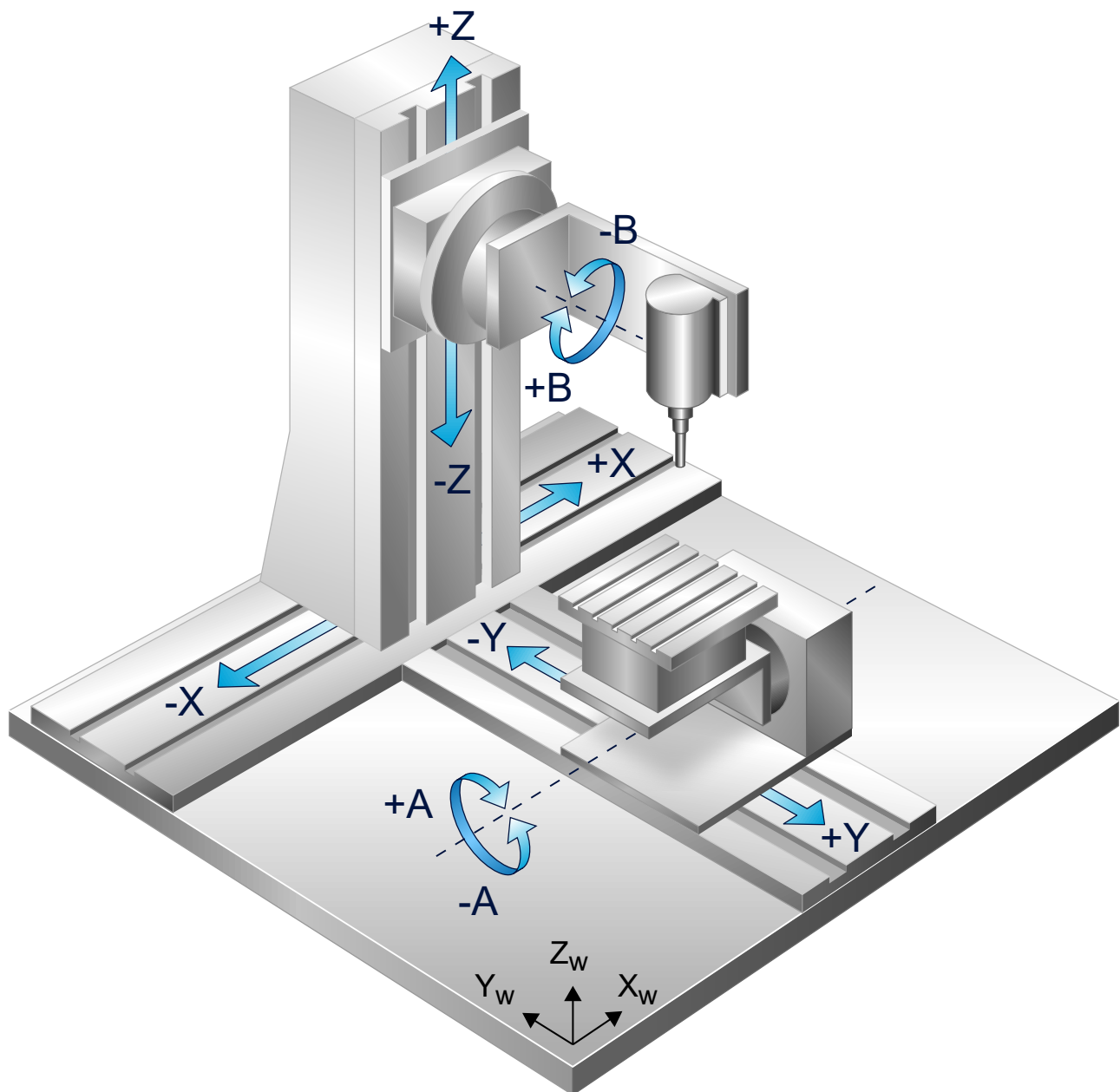


Abb. 79: Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine

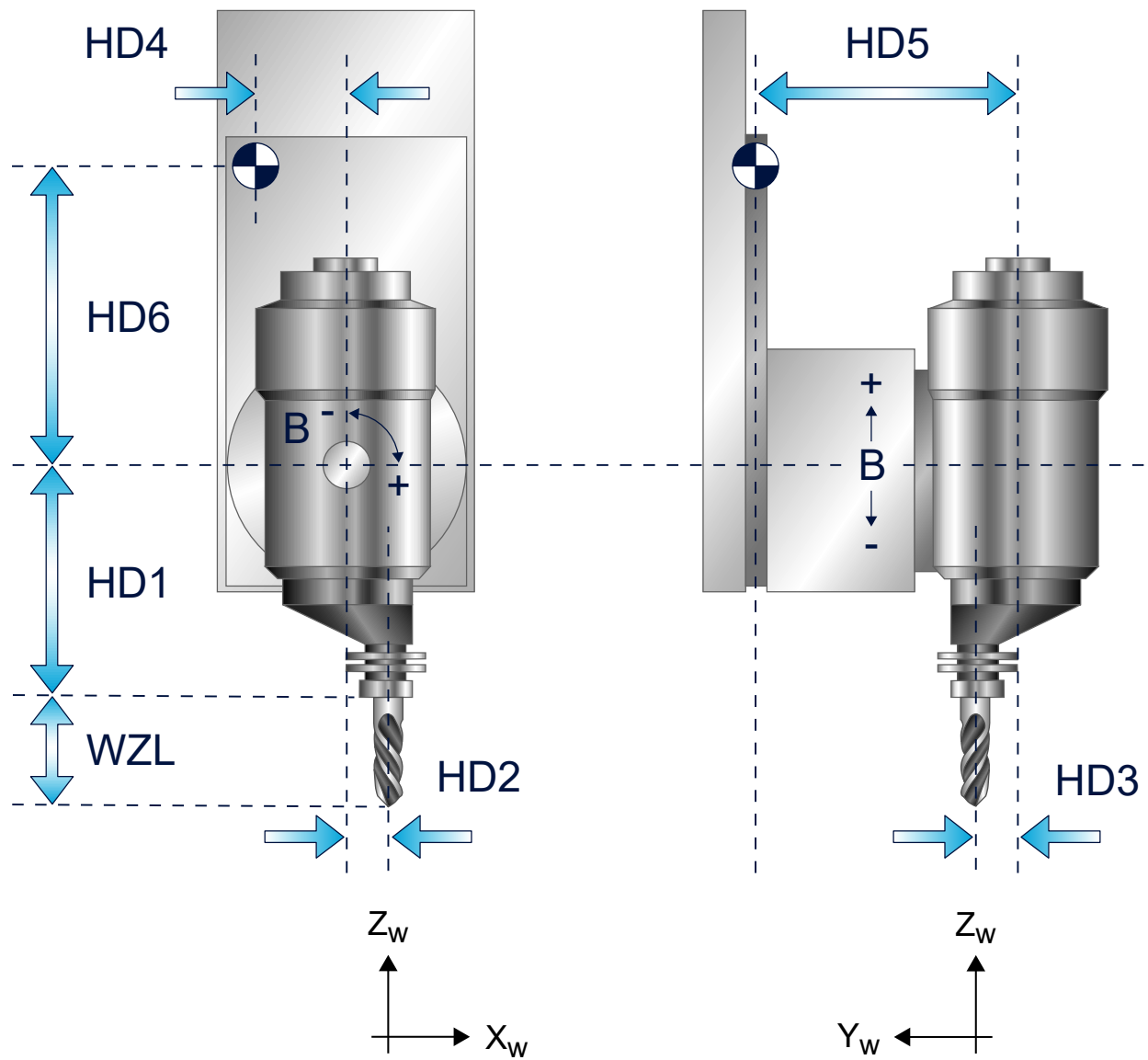


Abb. 80: Versätze Werkzeugkopf

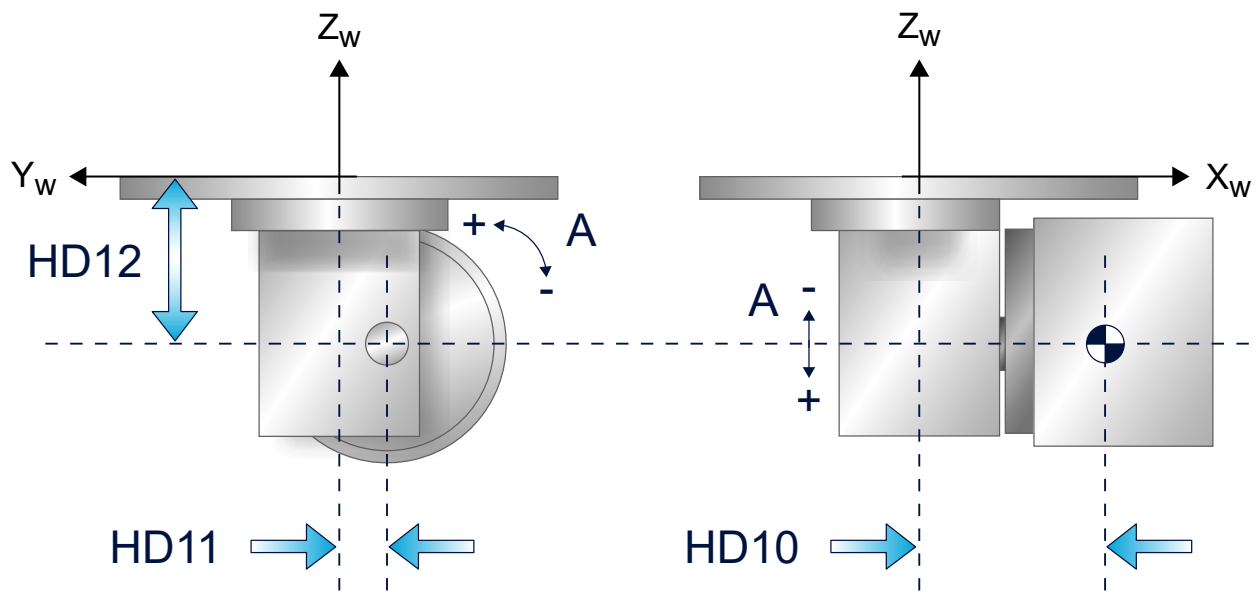


Abb. 81: Versätze Werkstückträger

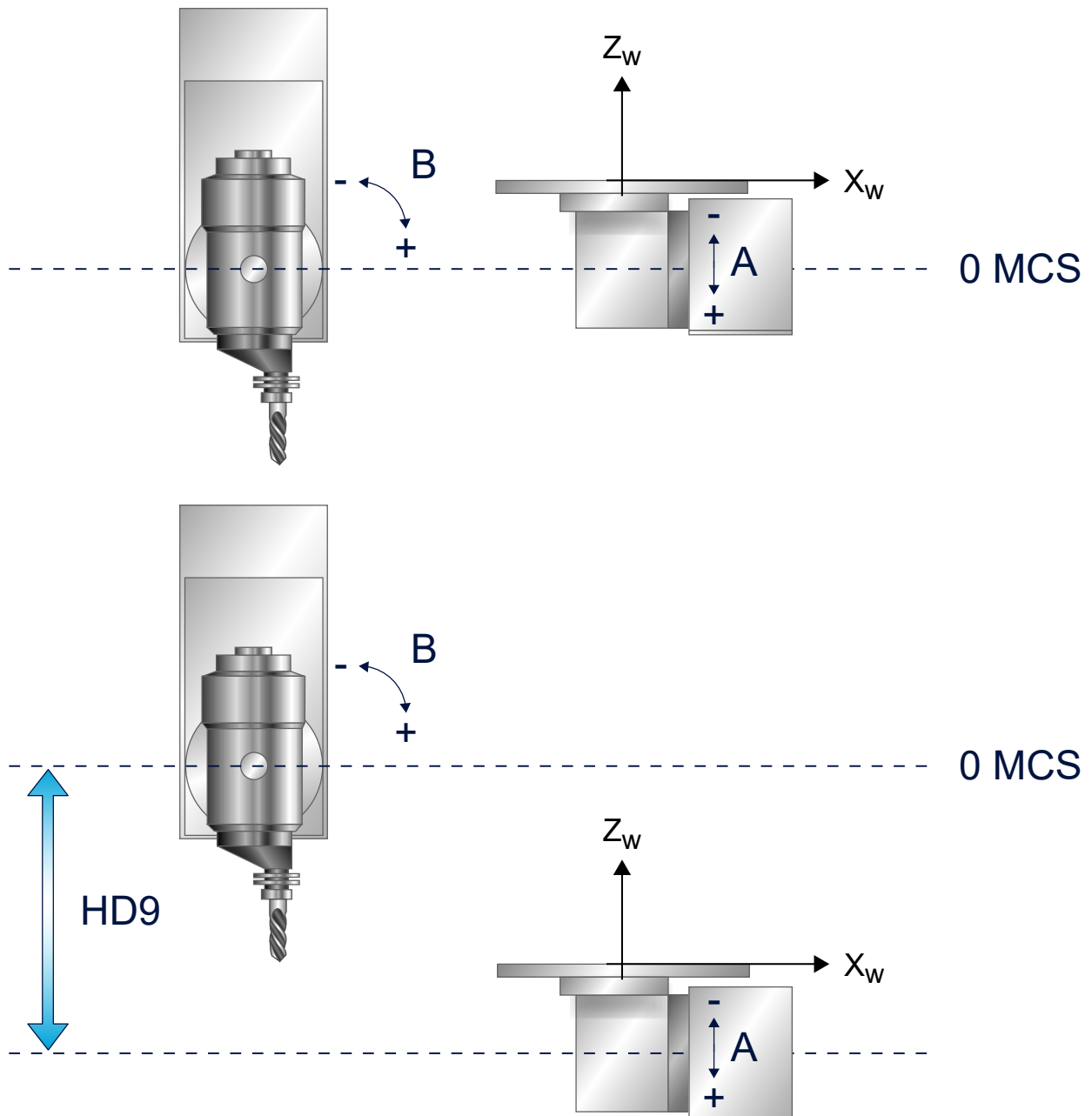


Abb. 82: Ideale und reale z- Nullstellung

In der idealen Nullstellung der kinematischen Struktur schneiden sich die Drehachse A im Werkstück und Drehachse B im Werkzeug in einem Punkt. Die Maschinenachspalten des Werkzeugschlittens sind dann in dieser Stellung 0. Real können diese Achspalten bei einer Maschine nicht angefahren werden. Die bei der Werkzeugschlittenposition 0 vorhandenen Offsets zu dieser Stellung können über die Parameter HD7, HD8, HD9 berücksichtigt werden.

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Versatz WZ Drehpunkt B-Achse bis Einspannpunkt	1.0 E-4 mm
HD2	1	X-Versatz WZ Drehpunkt B-Achse bis Einspannpunkt	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y-Versatz WZ Drehpunkt B-Achse bis Einspannpunkt	1.0 E-4 mm
HD4	3	X-Versatz Drehpunkt B-Achse bis Bzpkt. WZ-Schlitten	1.0 E-4 mm
HD5	4	Y-Versatz Drehpunkt B-Achse bis Bzpkt. WZ-Schlitten	1.0 E-4 mm
HD6	5	Z-Versatz Drehpunkt B-Achse bis Bzpkt. WZ-Schlitten	1.0 E-4 mm
HD7	6	X-Versatz zu Maschinen-Nullpunkt	1.0 E-4 mm
HD8	7	Y-Versatz zu Maschinen-Nullpunkt	1.0 E-4 mm
HD9	8	Z-Versatz zu Maschinen-Nullpunkt	1.0 E-4 mm
HD10	9	X-Versatz A-Drehachse zu Nullpunkt WCS	1.0 E-4 mm
HD11	10	Y-Versatz A-Drehachse zu Nullpunkt WCS	1.0 E-4 mm
HD12	11	Z-Versatz A-Drehachse zu Nullpunkt WCS	1.0 E-4 mm
HD13	12	Rotatorischer Offset A-Achse	1.0 E-4°
HD14	13	Rotatorischer Offset B-Achse	1.0 E-4°
HD15	14	Drehrichtungs-Flag A-Achse	[-]
HD16	15	Drehrichtungs-Flag B-Achse	[-]

2.31 KIN_TYP_63 – Fünffachs-Kinematik mit X/Y/B-Werkstücktisch

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus je einer translatorischen und rotatorischen NC-Achse im Werkstück und 2 translatorischen und einer rotatorischen NC-Achse im Werkzeug. Die Transformation unterstützt zusätzliche Versatzparameter bei nicht symmetrischem Aufbau und ersetzt die vorhandene Struktur unter KIN_TYP_23.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, A, B	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	Z, A	X, Y, B

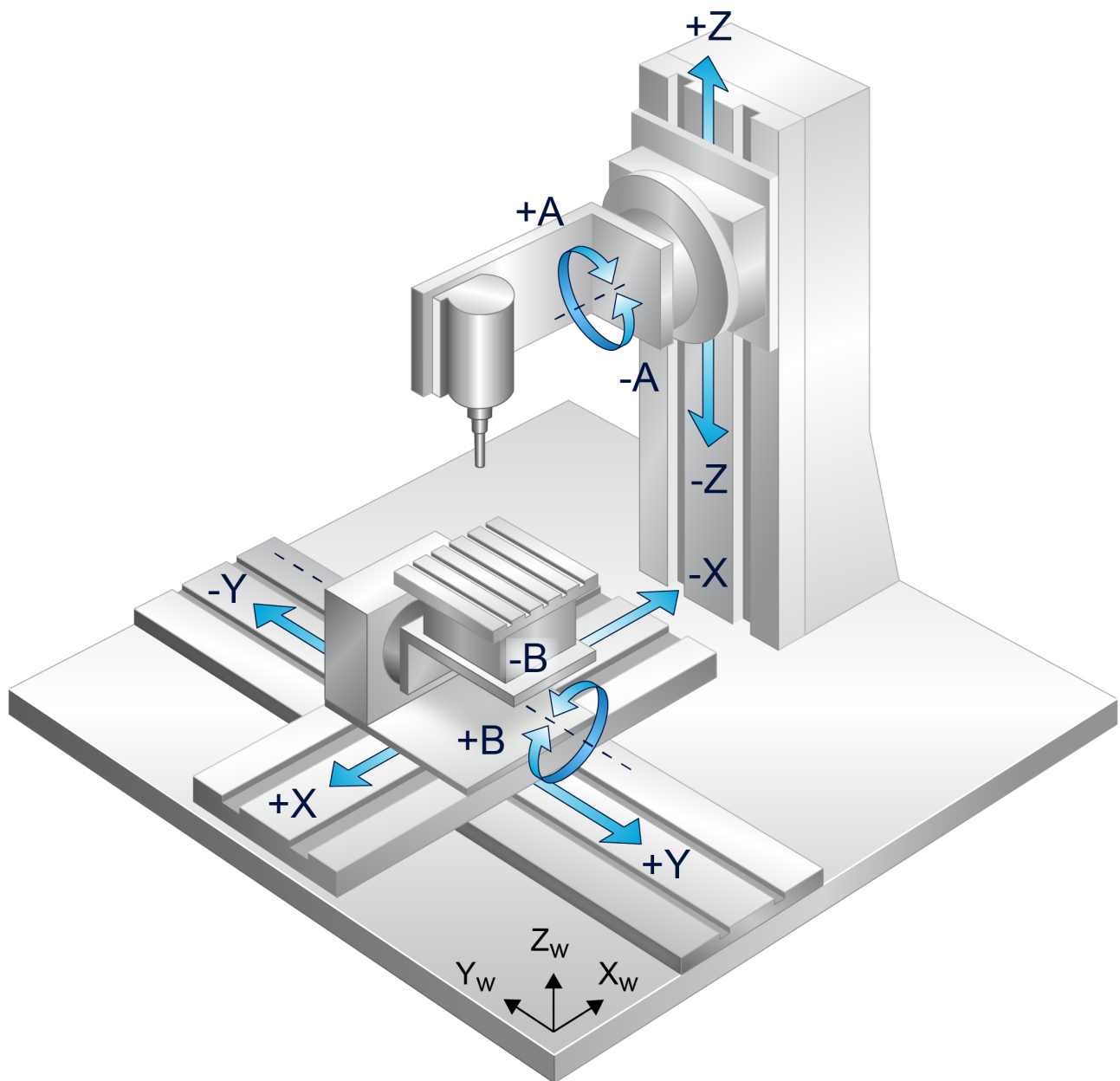


Abb. 83: Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine

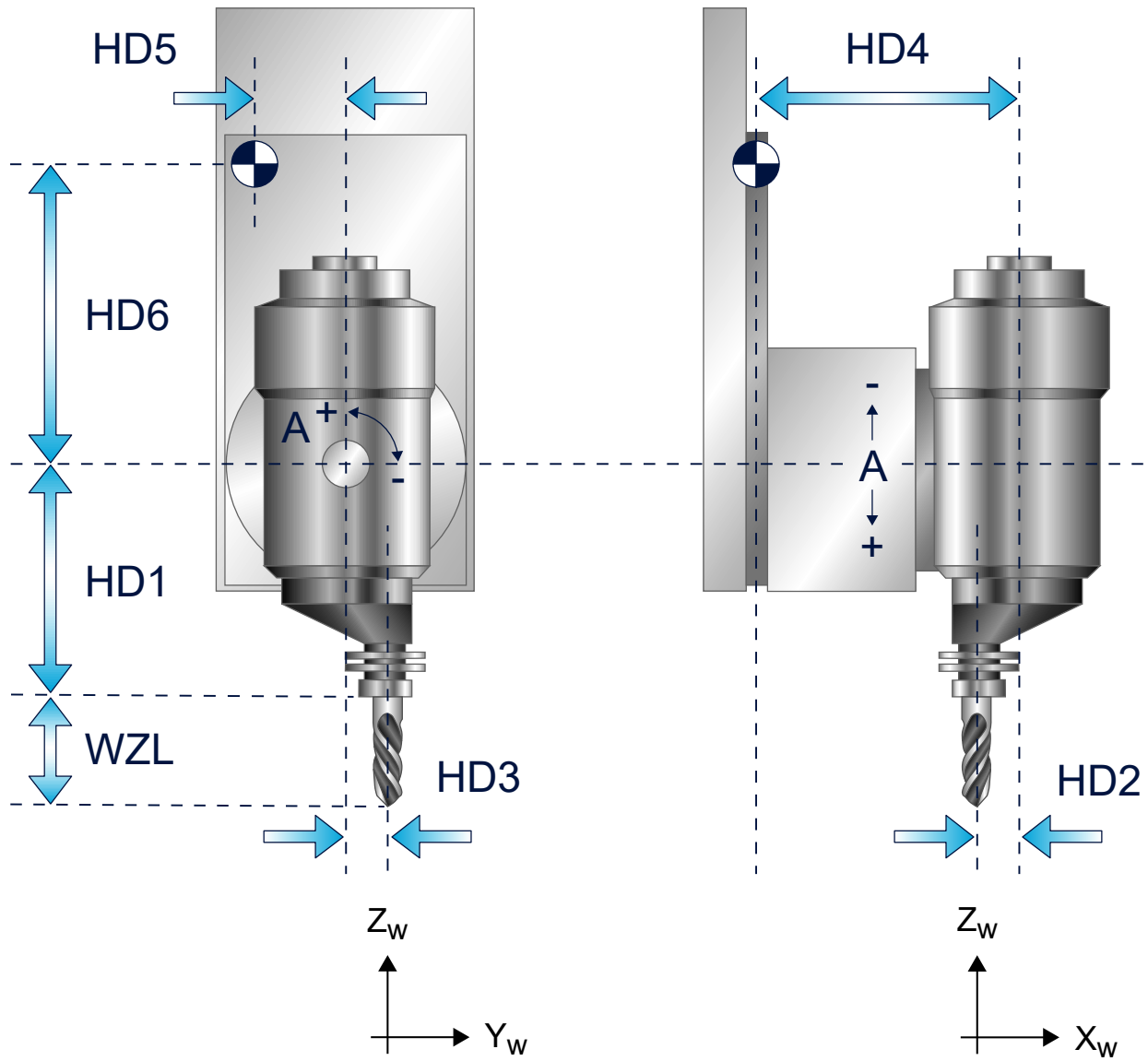


Abb. 84: Versätze Werkzeugkopf

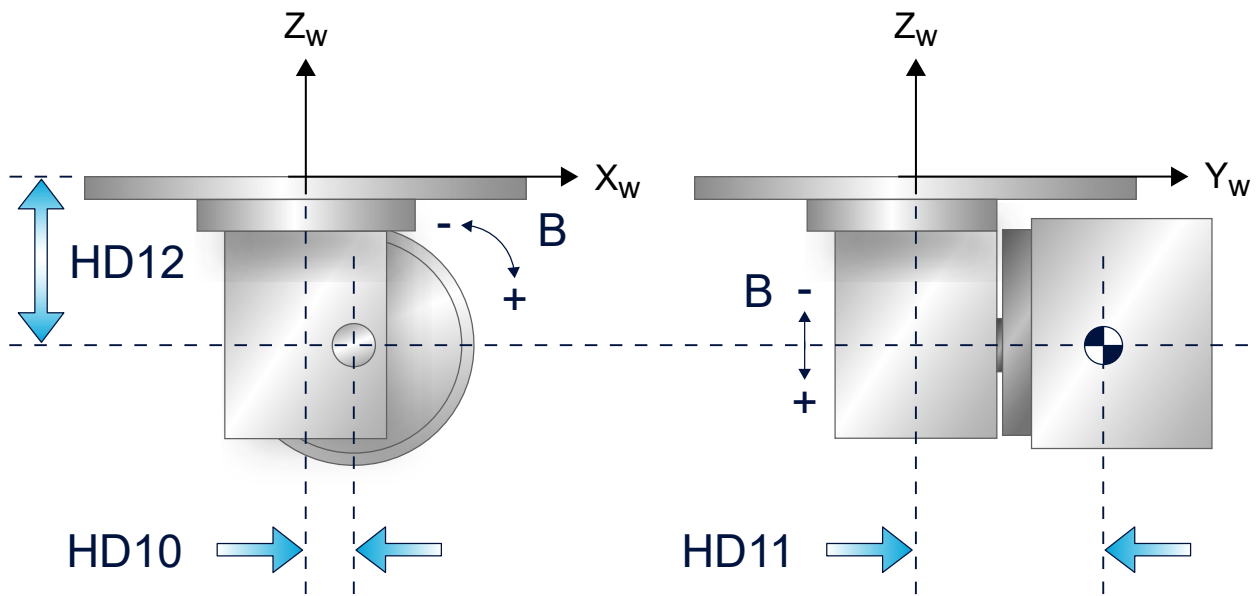


Abb. 85: Versätze Werkstückträger

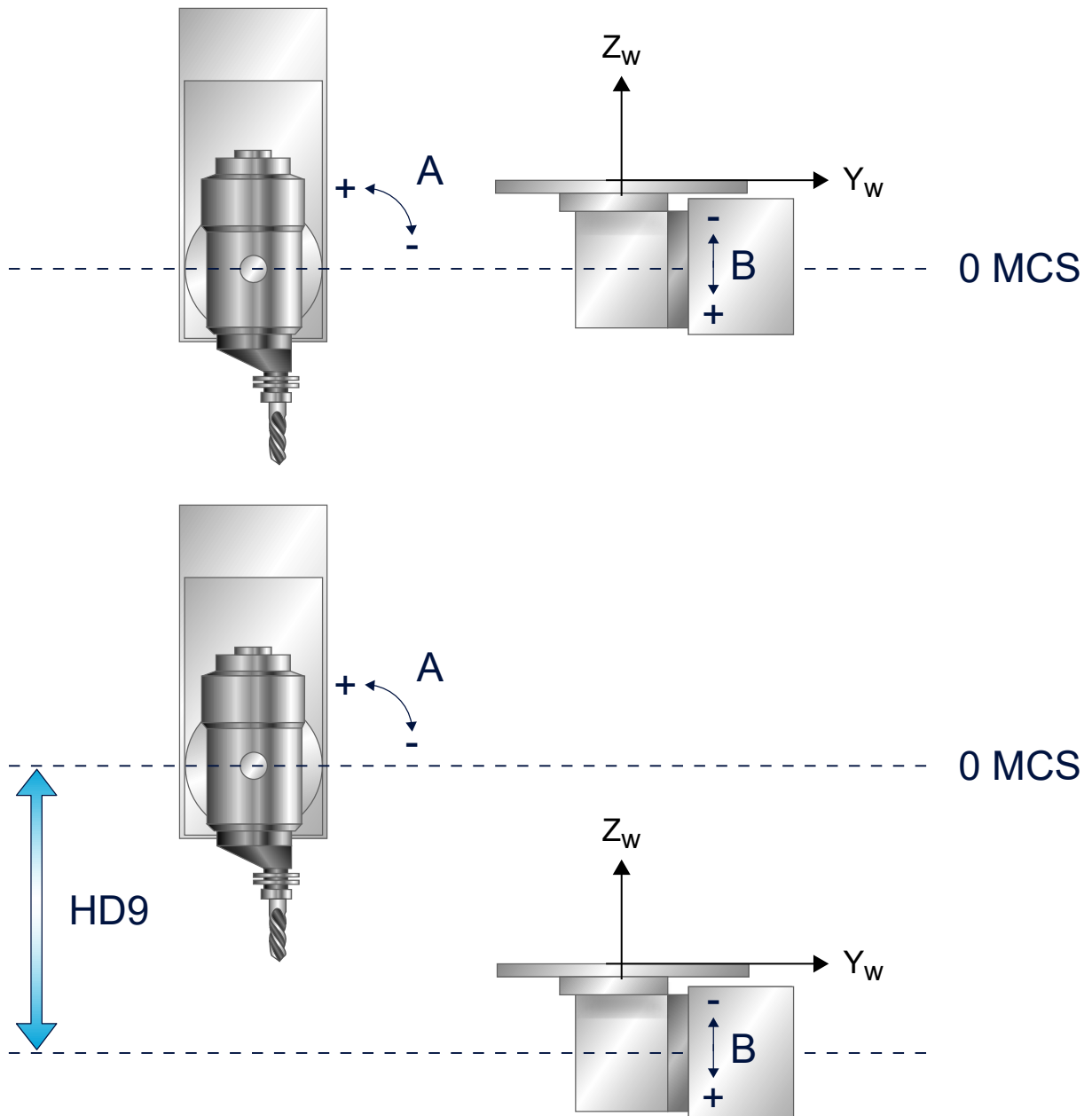


Abb. 86: Ideale und reale Z-Nullstellung

In der idealen Nullstellung der kinematischen Struktur schneiden sich die Drehachse B im Werkstück und Drehachse A im Werkzeug in einem Punkt. Die Maschinenachsenpositionen des Werkzeugschlittens sind dann in dieser Stellung 0. Real können diese Achspositionen bei einer Maschine nicht angefahren werden. Die bei der Werkzeugschlittenposition 0 vorhandenen Offsets zu dieser Stellung können über die Parameter HD7, HD8, HD9 berücksichtigt werden.

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Versatz WZ Drehpunkt A-Achse bis Einspannpunkt	1.0 E-4 mm
HD2	1	X-Versatz WZ Drehpunkt A-Achse bis Einspannpunkt	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y-Versatz WZ Drehpunkt A-Achse bis Einspannpunkt	1.0 E-4 mm
HD4	3	X-Versatz Drehpunkt A-Achse bis Bzpkt. WZ-Schlitten	1.0 E-4 mm
HD5	4	Y-Versatz Drehpunkt A-Achse bis Bzpkt. WZ-Schlitten	1.0 E-4 mm
HD6	5	Z-Versatz Drehpunkt A-Achse bis Bzpkt. WZ-Schlitten	1.0 E-4 mm
HD7	6	X-Versatz zu Maschinen-Nullpunkt	1.0 E-4 mm
HD8	7	Y-Versatz zu Maschinen-Nullpunkt	1.0 E-4 mm
HD9	8	Z-Versatz zu Maschinen-Nullpunkt	1.0 E-4 mm
HD10	9	X-Versatz B-Drehachse zu Nullpunkt WCS	1.0 E-4 mm
HD11	10	Y-Versatz B-Drehachse zu Nullpunkt WCS	1.0 E-4 mm
HD12	11	Z-Versatz B-Drehachse zu Nullpunkt WCS	1.0 E-4 mm
HD13	12	Rotatorischer Offset A-Achse	1.0 E-4°
HD14	13	Rotatorischer Offset B-Achse	1.0 E-4°
HD15	14	Drehrichtungs-Flag A-Achse	[-]
HD16	15	Drehrichtungs-Flag B-Achse	[-]

2.32 KIN_TYP_64 – Sechssachs-Kinematik mit C/A/C-Werkstücktisch

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen Achsen im Werkzeug und 3 rotatorischen NC-Achsen im Werkstück.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C1, A, C2	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4, 5	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z	C1, A, C2

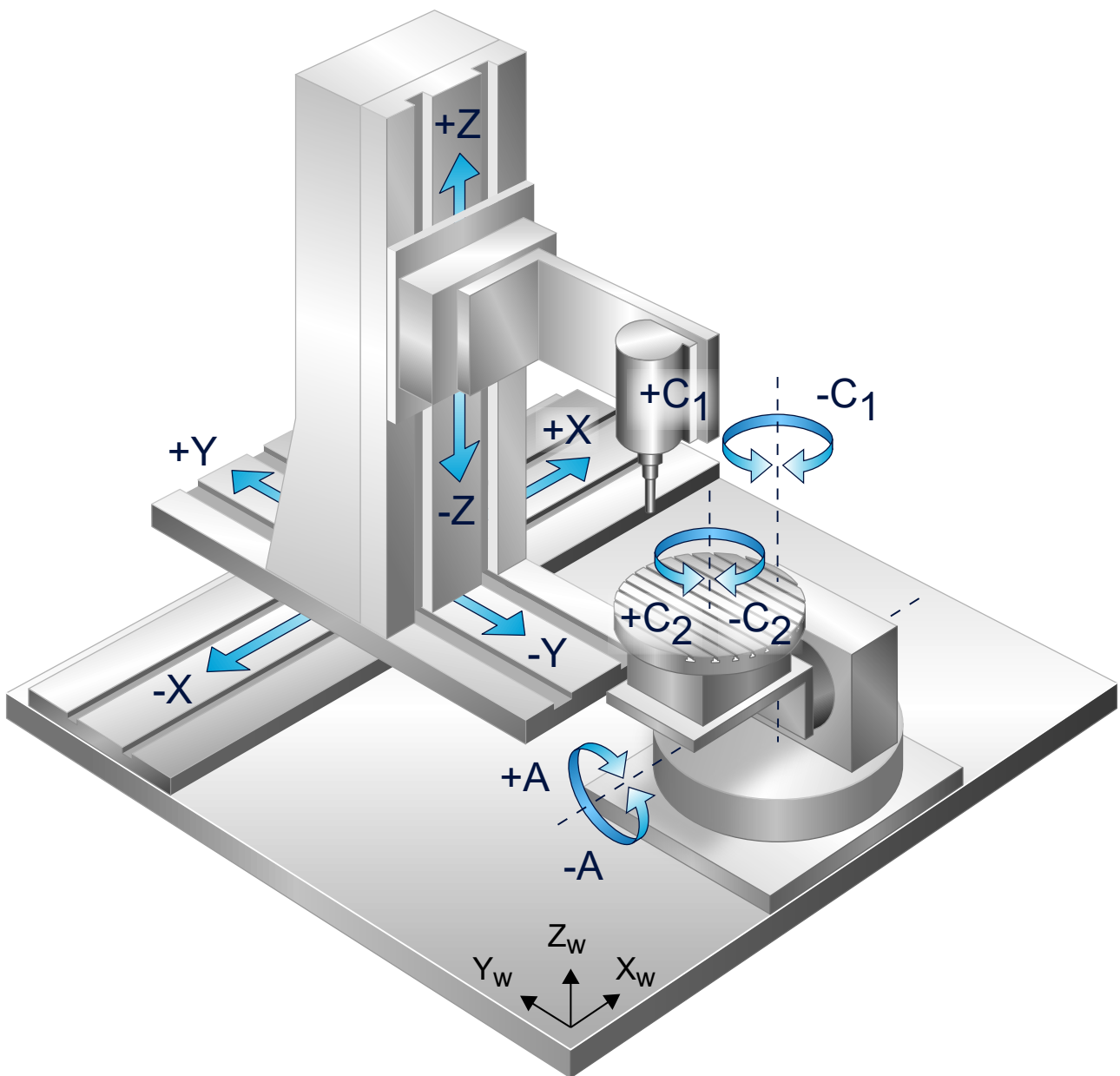


Abb. 87: Kinematische Struktur der sechssachsigen Maschine mit CAC Werkstücktisch

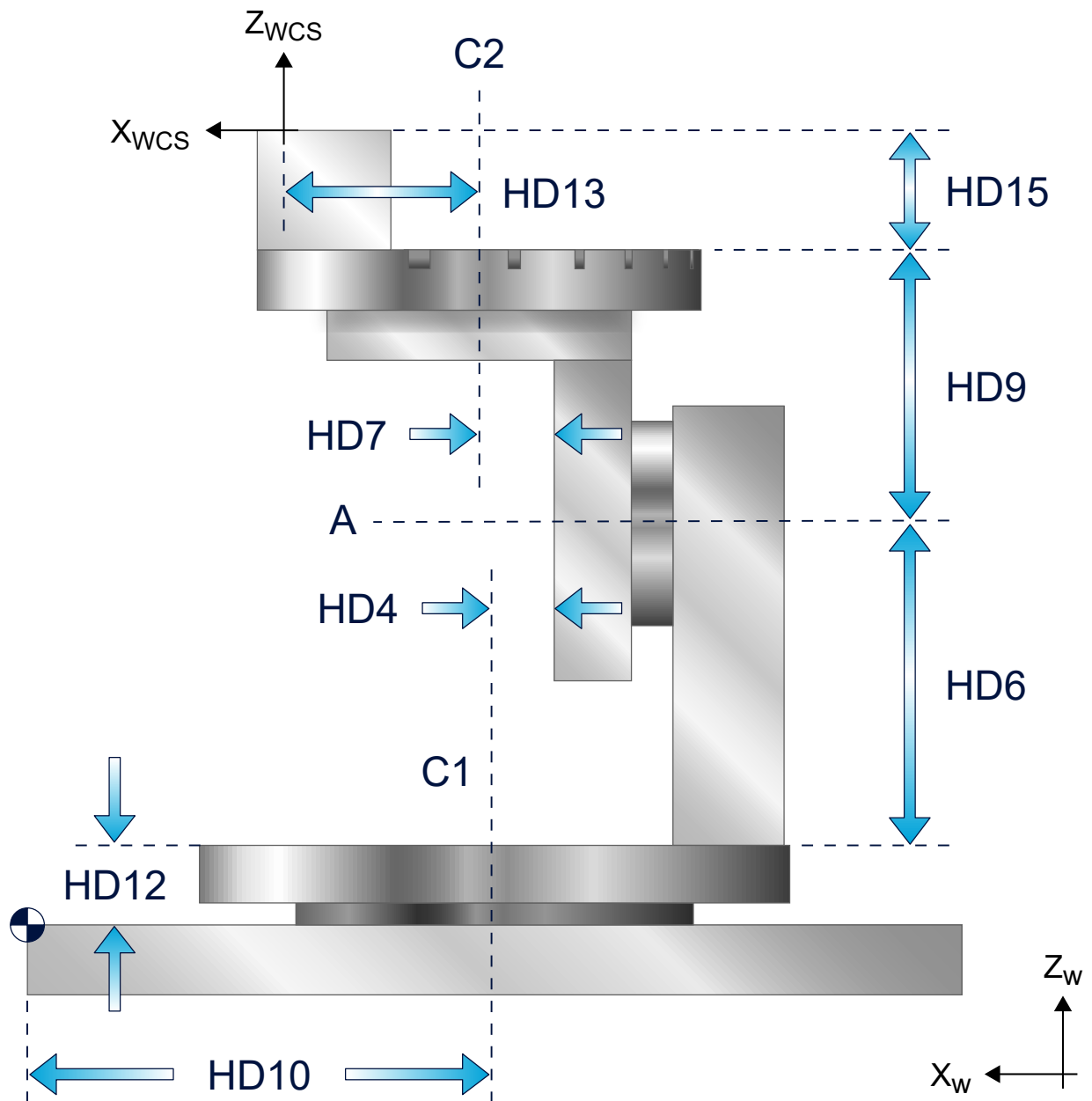


Abb. 88: Parameter des CAC Werkstücktischs in X/Z Darstellung

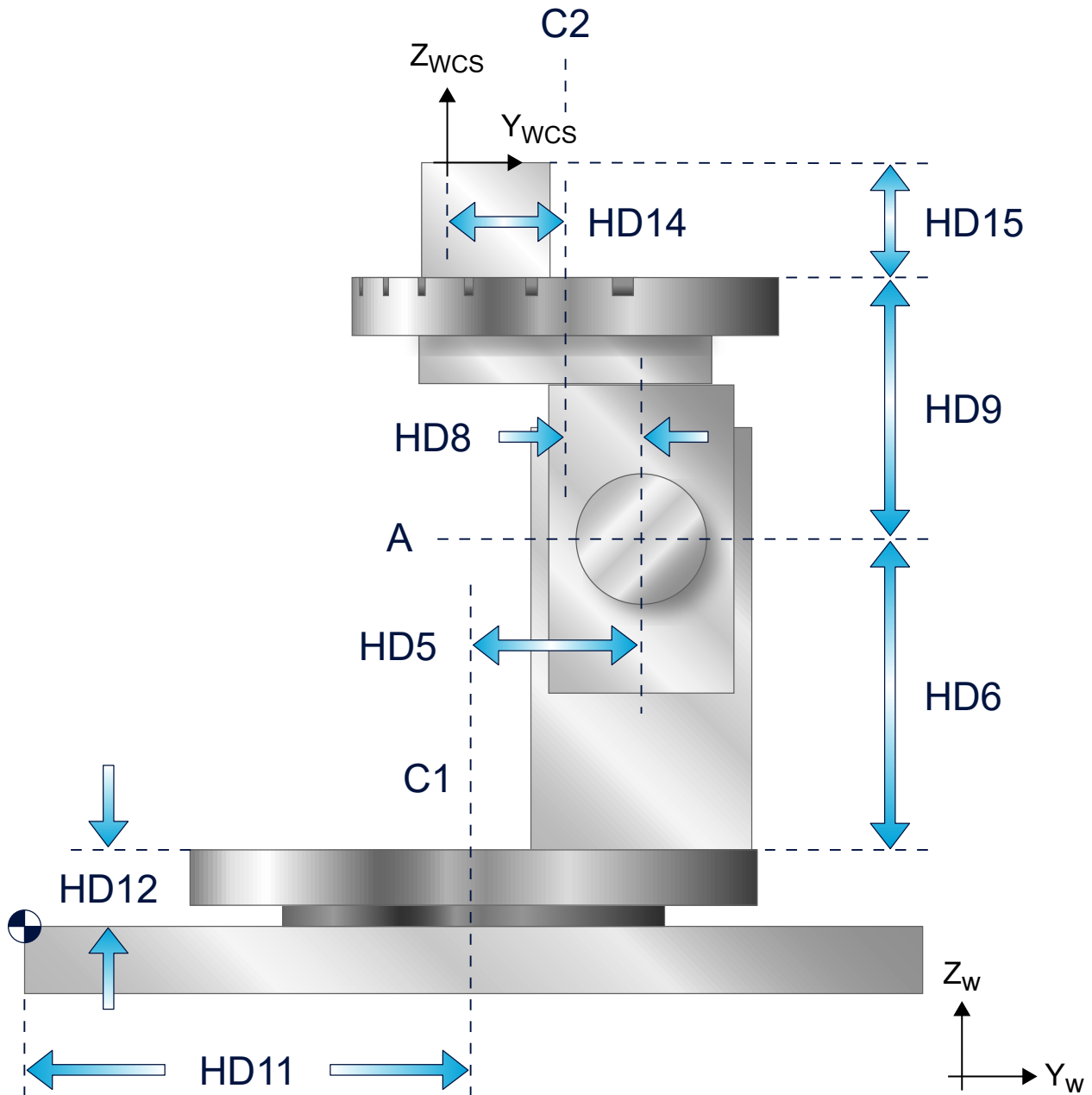


Abb. 89: Parameter des CAC Werkstücktische in Y/Z Darstellung

Den Maschinennullpunkt legt man typischerweise in die Drehachse C1. Bei Bedarf kann er über die Parameter HD10..HD12 verschoben werden. Abweichende Nullstellungen der rotatorischen Achsen C1 und A bzw. A und C2 können über die Parameter HD4..HD9 so eingestellt werden, dass das interne kinematische Modell mit der realen Maschinenkinematik übereinstimmt. Ebenso können abweichende Drehrichtungen der Achsen C1, A und C2 über die Parameter HD16..HD18 eingestellt werden. Im Allgemeinen sind dann auch die Vorzeichen von Soll- und Istgrößen in den Achsparametern entsprechend anzupassen.

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z Werkzeugversatz Einspannpunkt zu Bezugspunkt Werkzeugschlitten SBP	1.0 E-4 mm
HD2	1	X-Achsversatz Einspannpunkt zu Bezugspunkt Werkzeugschlitten SBP	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y-Achsversatz Einspannpunkt zu Bezugspunkt Werkzeugschlitten SBP	1.0 E-4 mm
HD4	3	X-Achsversatz Drehachse C1 zu Drehachse A, NP WCS	1.0 E-4 mm
HD5	4	Y-Achsversatz Drehachse C1 zu Drehachse A, NP WCS	1.0 E-4 mm
HD6	5	Z-Achsversatz Drehachse C1 zu Drehachse A, NP WCS	1.0 E-4 mm
HD7	6	X-Achsversatz Drehachse A zu Drehachse C2, NP WCS	1.0 E-4 mm
HD8	7	Y-Achsversatz Drehachse A zu Drehachse C2, NP WCS	1.0 E-4 mm
HD9	8	Z-Achsversatz Drehachse A zu Drehachse C2, NP WCS	1.0 E-4 mm
HD10	9	X-Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse C1	1.0 E-4 mm
HD11	10	Y-Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse C1	1.0 E-4 mm
HD12	11	Z-Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse C1	1.0 E-4 mm
HD13	12	X-Versatz Werkstück KS	1.0 E-4 mm
HD14	13	Y-Versatz Werkstück KS	1.0 E-4 mm
HD15	14	Z-Versatz Werkstück KS	1.0 E-4 mm
HD16	15	Rotatorischer Offset C1 Achse	1.0 E-4°
HD17	16	Rotatorischer Offset A-Achse	1.0 E-4°
HD18	17	Rotatorischer Offset C2 Achse	1.0 E-4°
HD19	18	Drehrichtungsflag C1-Achse	[-]
HD20	19	Drehrichtungsflag A-Achse	[-]
HD21	20	Drehrichtungsflag C2-Achse	[-]

2.33 KIN_TYP_70 – Fünffachs-Kinematik

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkzeug. Bei dieser Kinematik kann die Werkzeugkopffrotation um Z bei nicht achsparalleler Ausrichtung des BA-Drehkopfes eingestellt werden. Eine virtuelle Achse CV dient zur Beeinflussung der Werkzeugorientierung.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, B, A, CV	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4, 5	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, B, A, CV	-

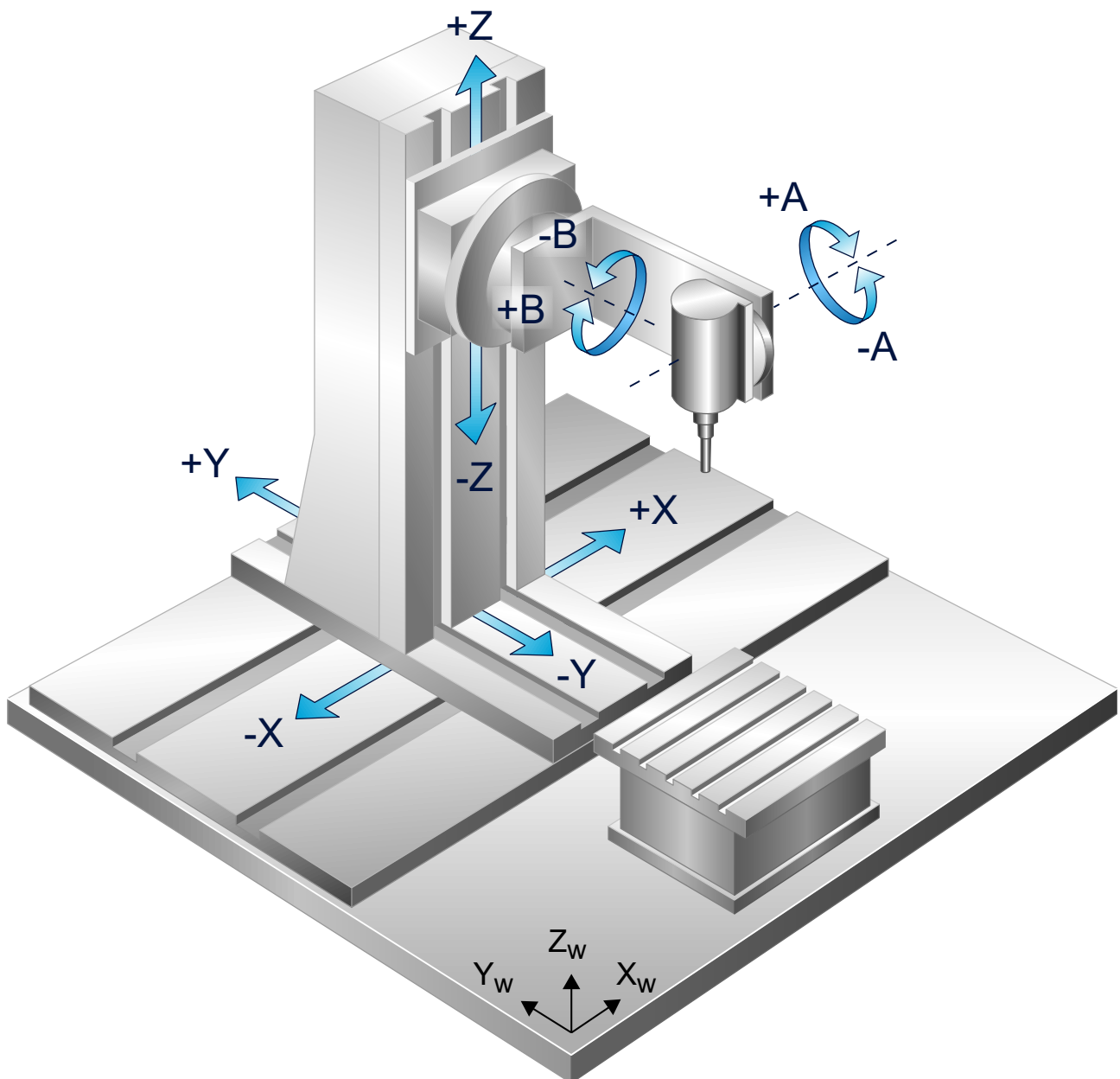


Abb. 90: Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine

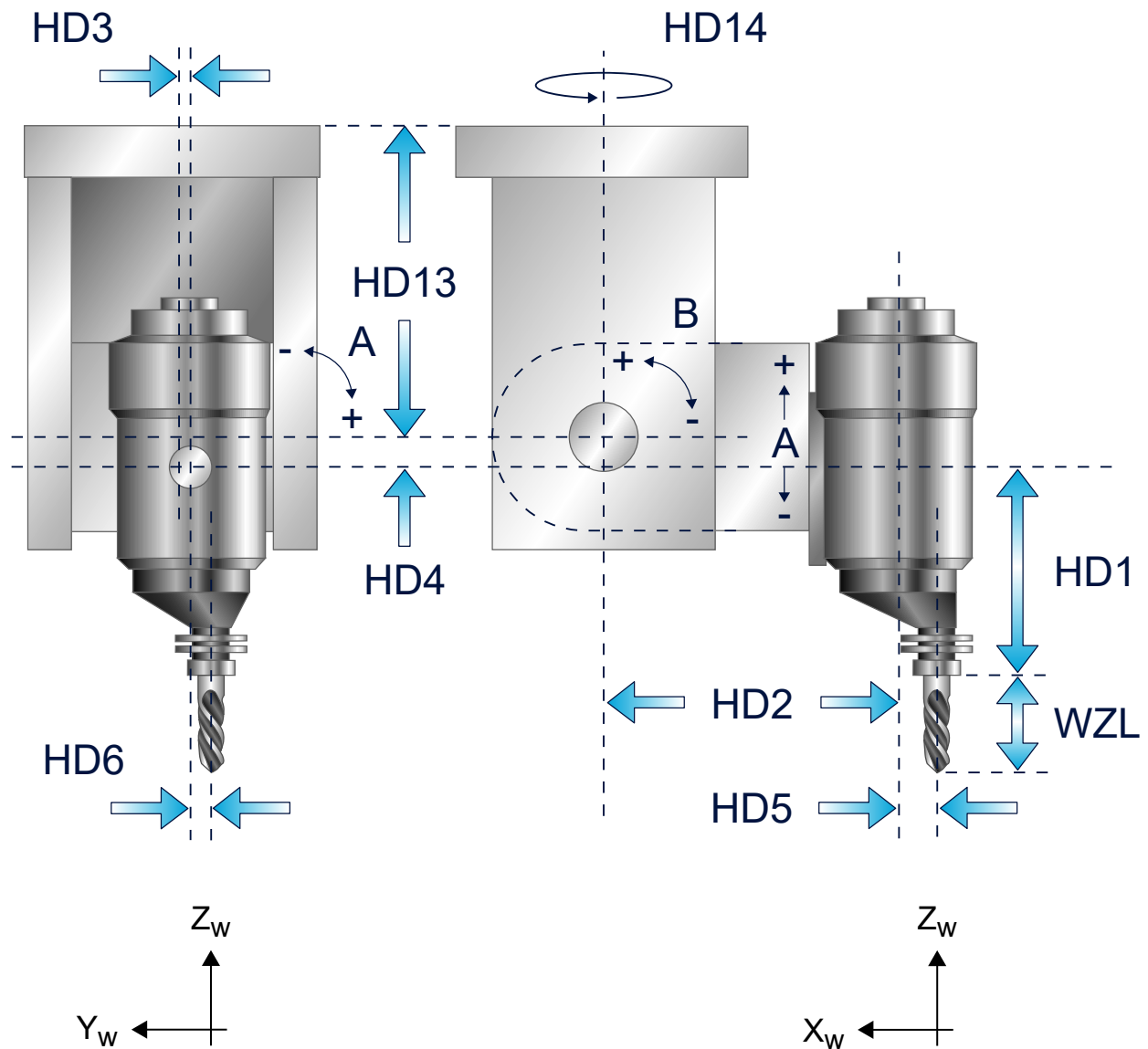


Abb. 91: Parameter des Werkzeugkopfes

Versatzdaten der Kinematik:

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Versatz bis Einspannpunkt WZ	1.0 E-4 mm
HD2	1	X-Versatz	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y-Versatz	1.0 E-4 mm
HD4	3	Z-Versatz	1.0 E-4 mm
HD5	4	X-Versatz	1.0 E-4 mm
HD6	5	Y-Achsversatz WZ	1.0 E-4 mm
HD7	6	Rotatorischer Versatz A-Achse	1.0 E-4°
HD8	7	Rotatorischer Versatz B-Achse	1.0 E-4°
HD9	8	Vorzeichen Drehrichtung A-Achse	[-]
HD10	9	Vorzeichen Drehrichtung B-Achse	[-]
HD14	13	Rotatorischer Versatz um Z (Kopflage)	1.0 E-4°

Draufsicht

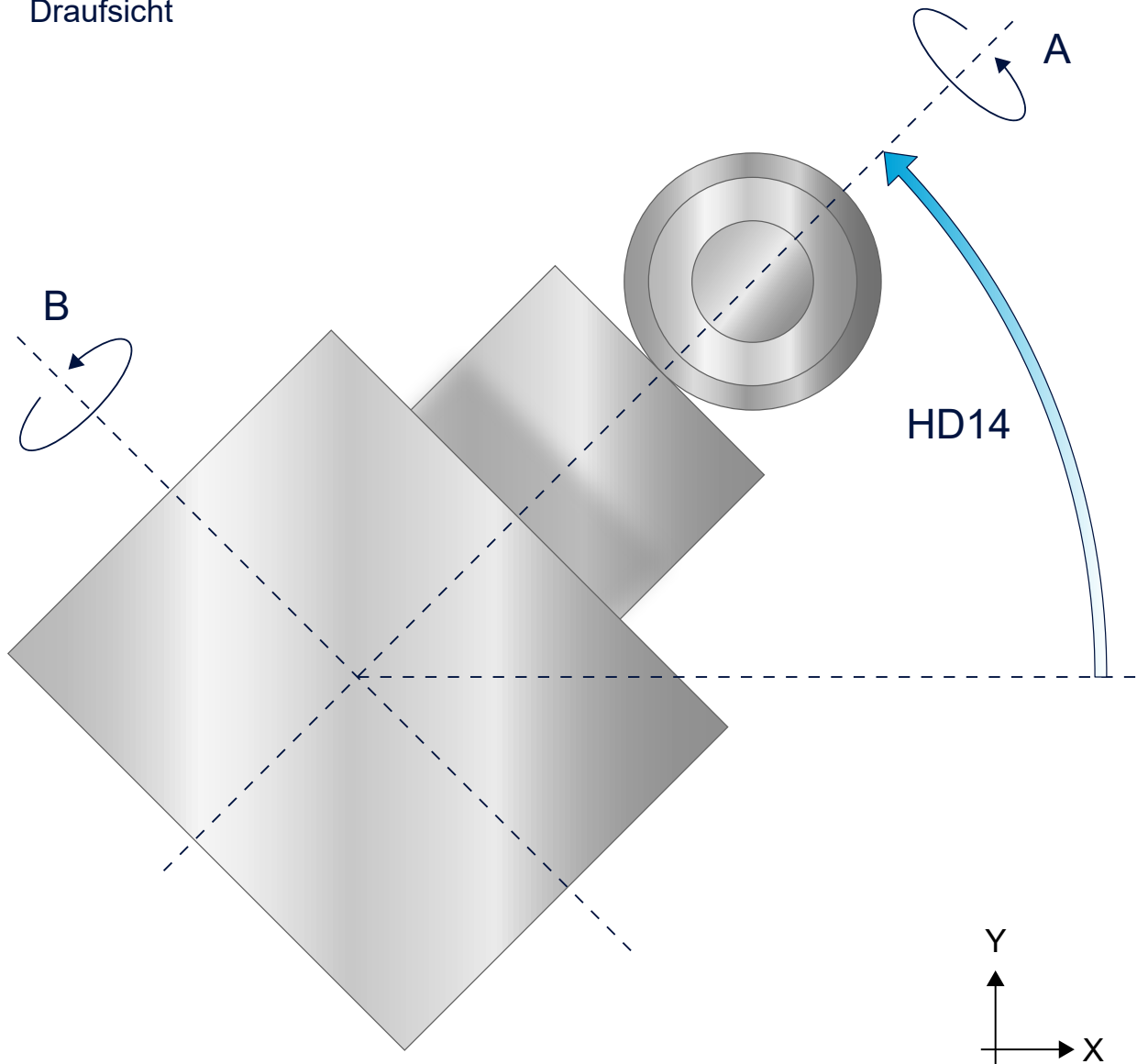


Abb. 92: Winkeloffset des Dreh-Schwenkkopfes

Die CV-Achse ist keine physikalisch real vorhandene Achse der kinematischen Struktur. Die CV-Achse führt eine Drehung des Werkzeugrichtungsvektors um Z aus, d.h. die Winkel A und B werden abhängig von CV berechnet. Eine Anwendung kann z. B. die Normalausrichtung einer Komponente der XY Werkzeugrichtung zur programmierten Kontur sein. Dazu ist diese Achse als Simulationsachse einzustellen und kann dann wie gewohnt im NC-Programm angesprochen werden.

Der zulässige Winkelbereich der Achsen A und B liegt im Bereich ± 90 Grad.

2.34 KIN_TYP_76 – Fünfachs-Kinematik mit MTCP-Schrägwinkelkopf

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkzeug. A- und B-Achse sind um einen Winkel $\neq 90$ Grad um die Y-Achse gedreht angeordnet. Durch den konstruktiven Aufbau ist der TCP mechanisch kompensiert (MTCP). Bei Bedarf kann zusätzlich eine WZ-Länge eingestellt werden, dies führt dann allerdings zu entsprechenden Ausgleichsbewegungen in den kartesischen Achsen.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C, A	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z,A,B	-

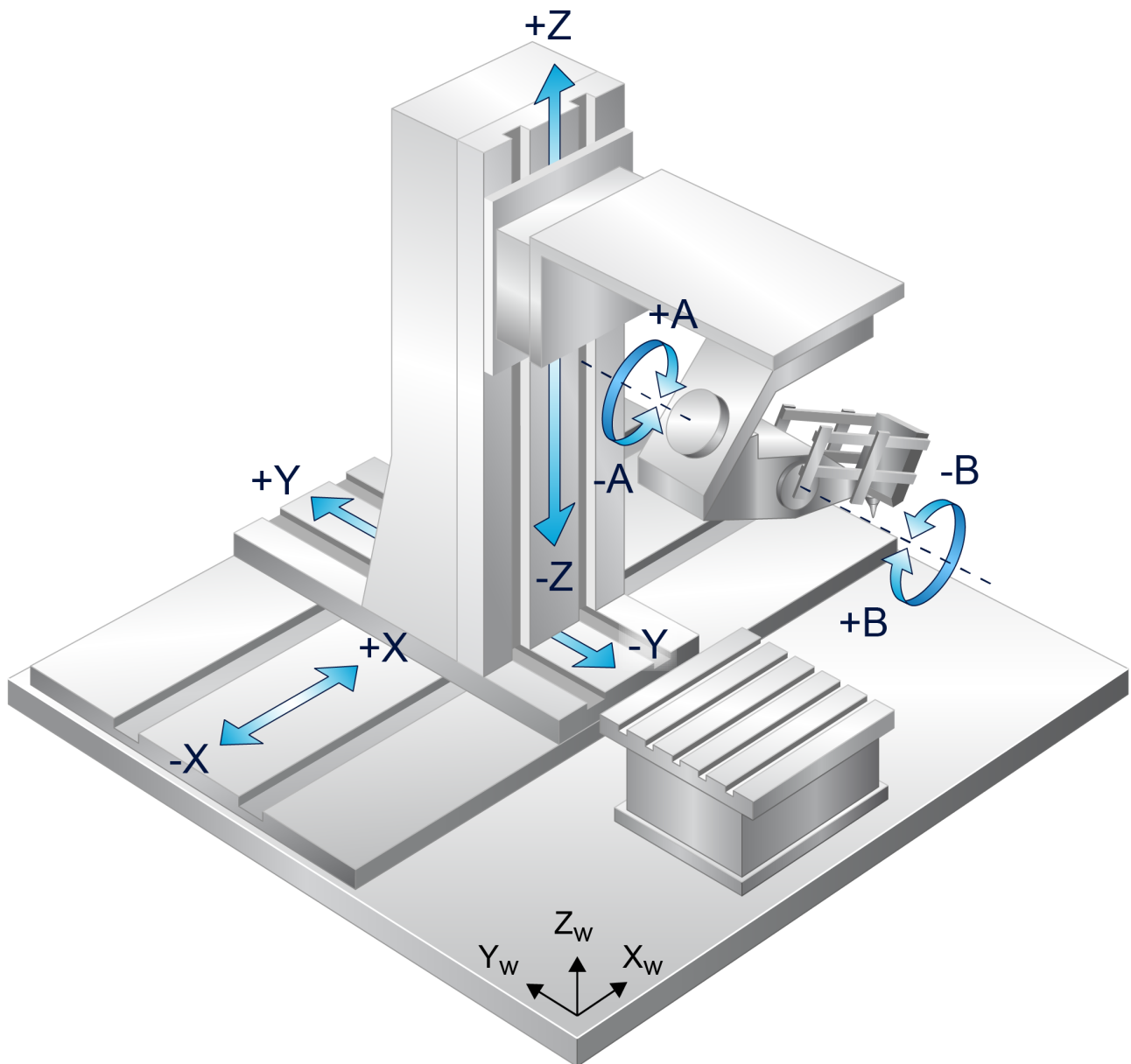


Abb. 93: Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine

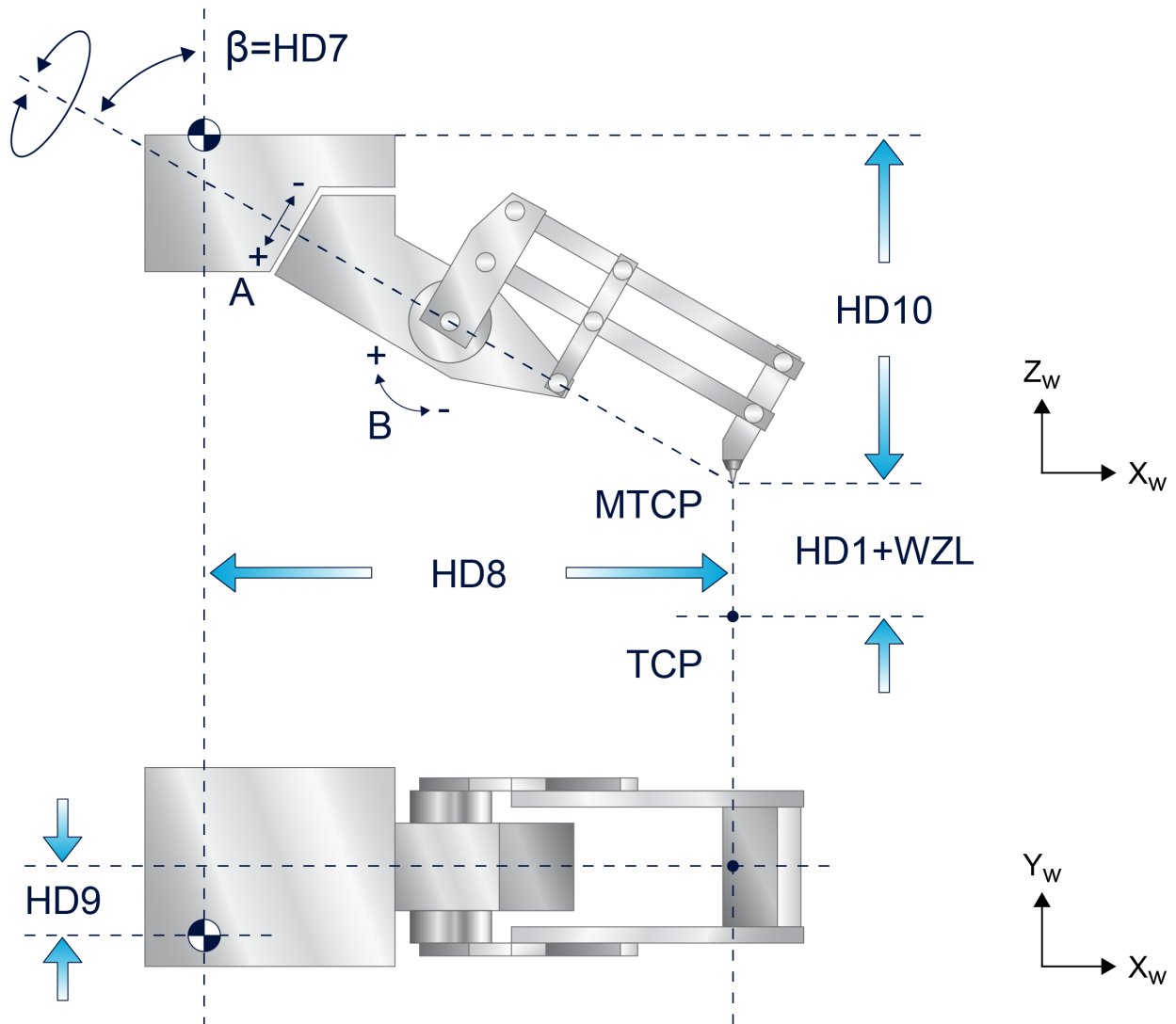


Abb. 94: Parameter des Werkzeugkopfes

Versatzdaten der Kinematik:

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Versatz bis Einspannung WZ	1.0 E-4 mm
HD6	5	Winkeloffset zwischen kartesischem MCS und Schneidkopf KS	1.0 E-4°
HD7	6	Winkel zwischen A-Achse und Z-Achse	1.0 E-4°
HD8	7	X-Versatz MTCP zu Maschinennullpunkt	1.0 E-4 mm
HD9	8	Y-Versatz MTCP zu Maschinennullpunkt	1.0 E-4 mm
HD10	9	Z-Versatz MTCP zu Maschinennullpunkt	1.0 E-4 mm

Die Programmierung der Werkzeugorientierung erfolgt über die Drehwinkel C und A mit Drehsequenz in der aufgeführten Reihenfolge. Bei HD6 = 65 Grad liegt die maximale Winkelstellung im Bereich von ca. +-60 Grad.

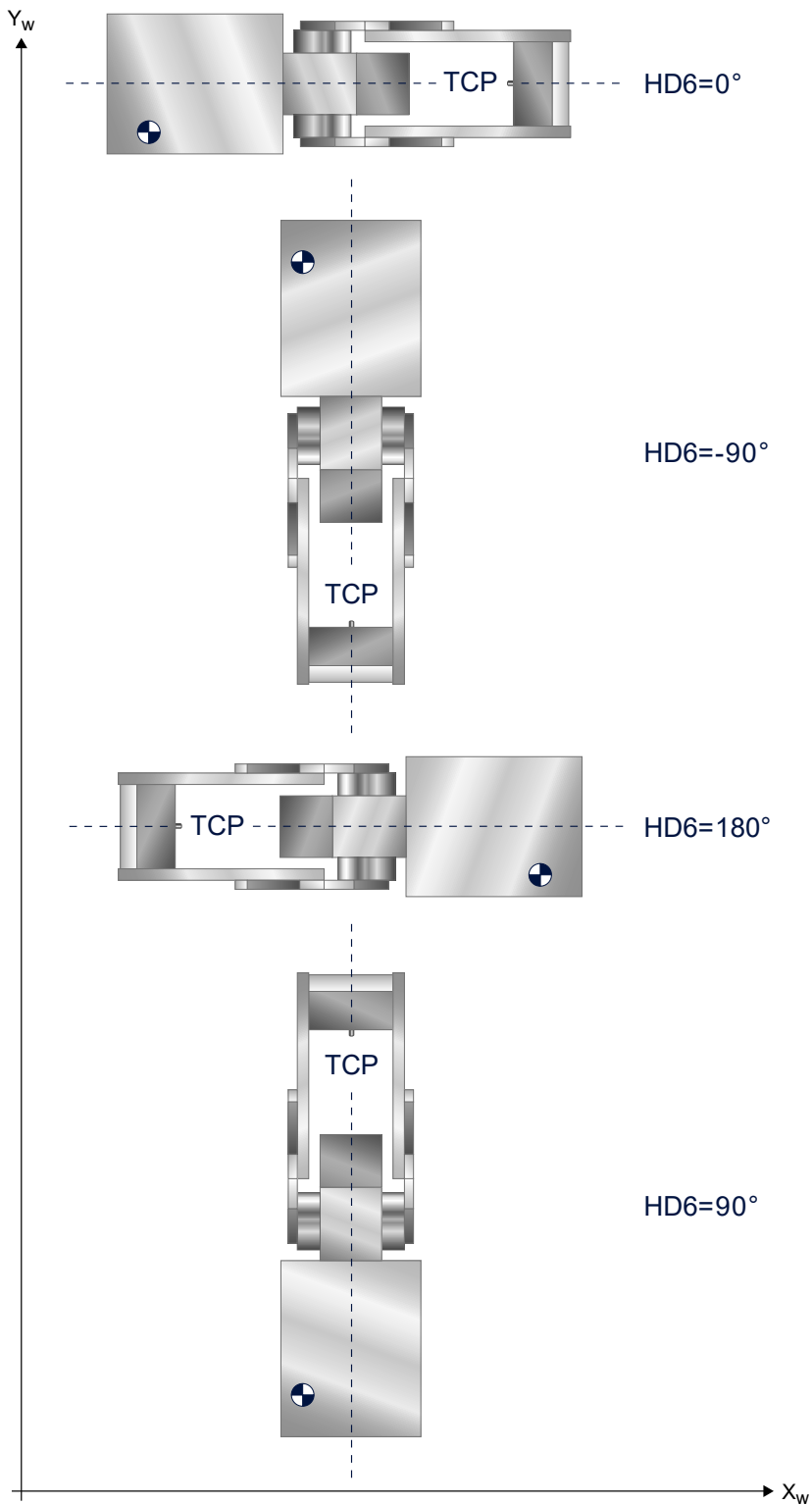


Abb. 95: Winkeloffset des Fasenkopfes bzgl. Montage

Die Orientierung des Fasenkopfes bezogen auf das kartesische Maschinenkoordinatensystem kann über den Parameter HD6 eingestellt werden.

2.35 KIN_TYP_80 – Fünffachs-Kinematik mit A/B-Werkstücktisch

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen im Werkzeug und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkstück.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, A, B	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z	A, B

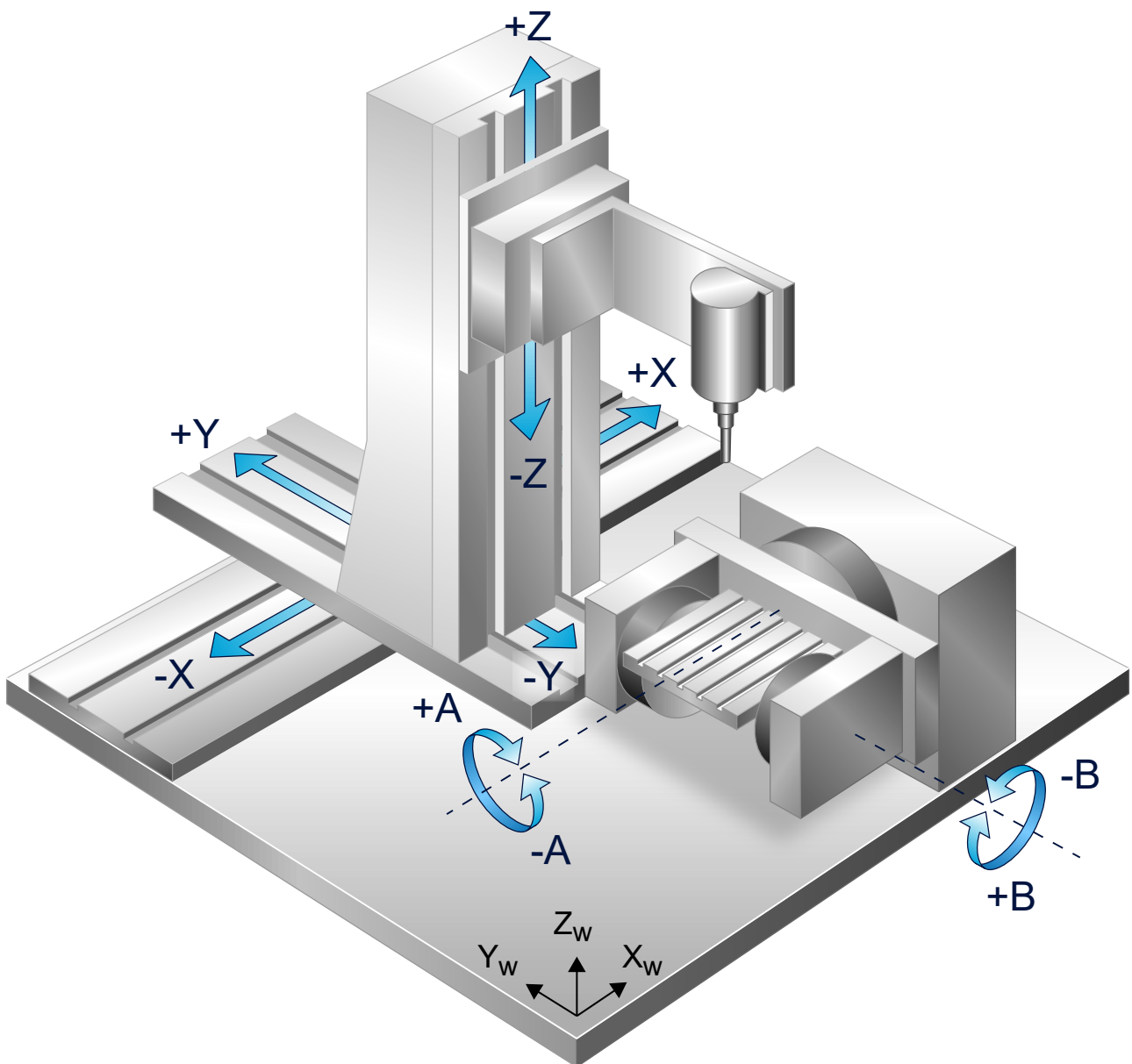


Abb. 96: Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine

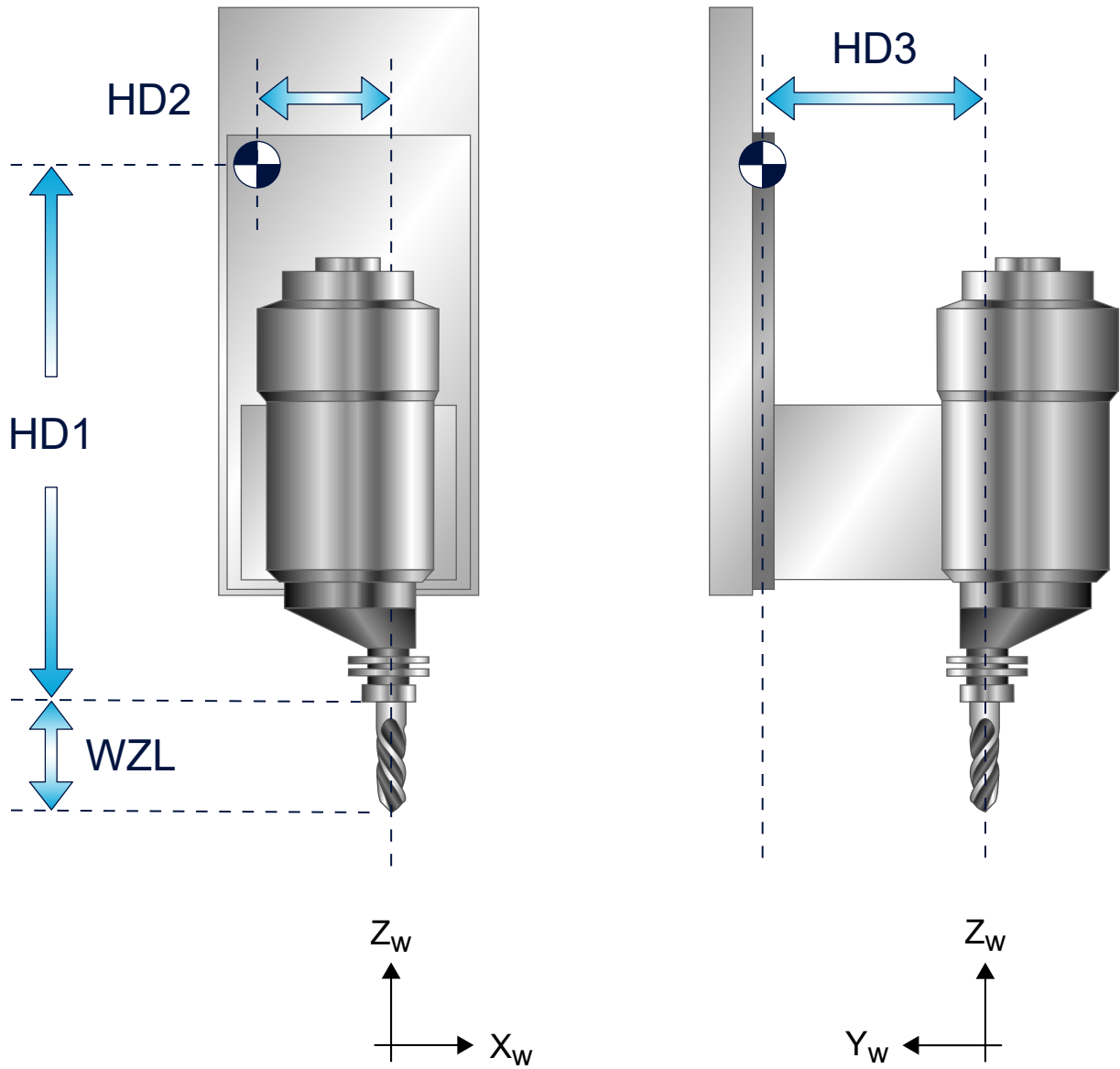


Abb. 97: Versätze Werkzeugkopf

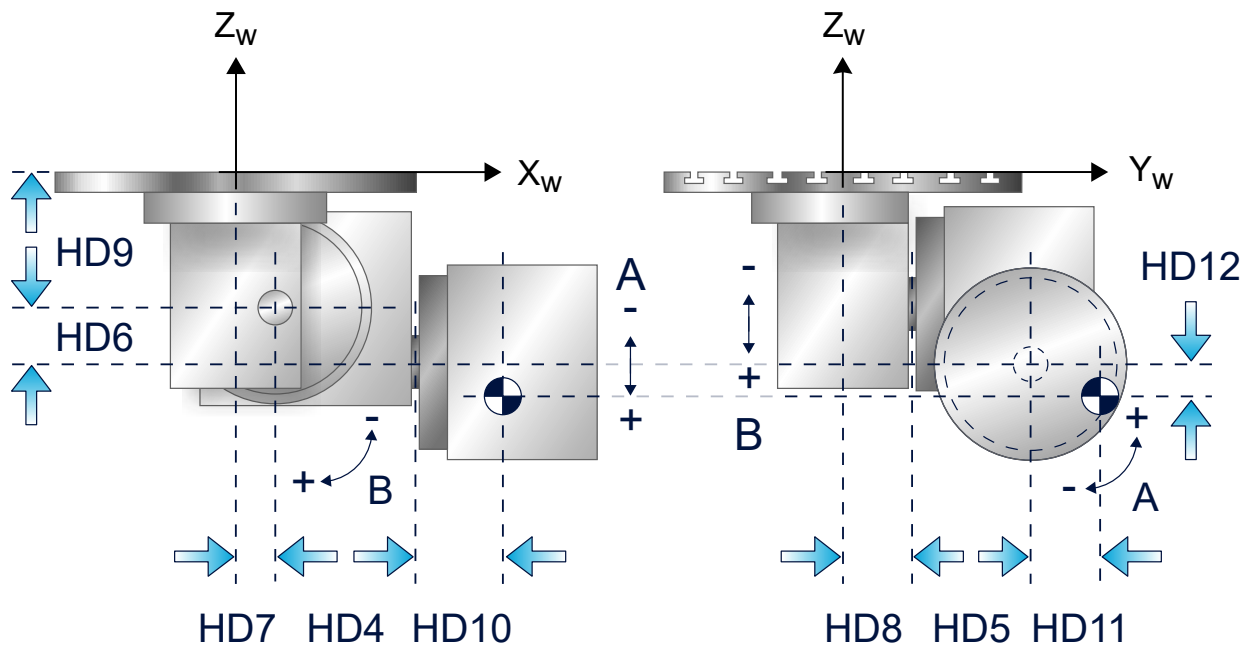


Abb. 98: Versätze Werkstückträger

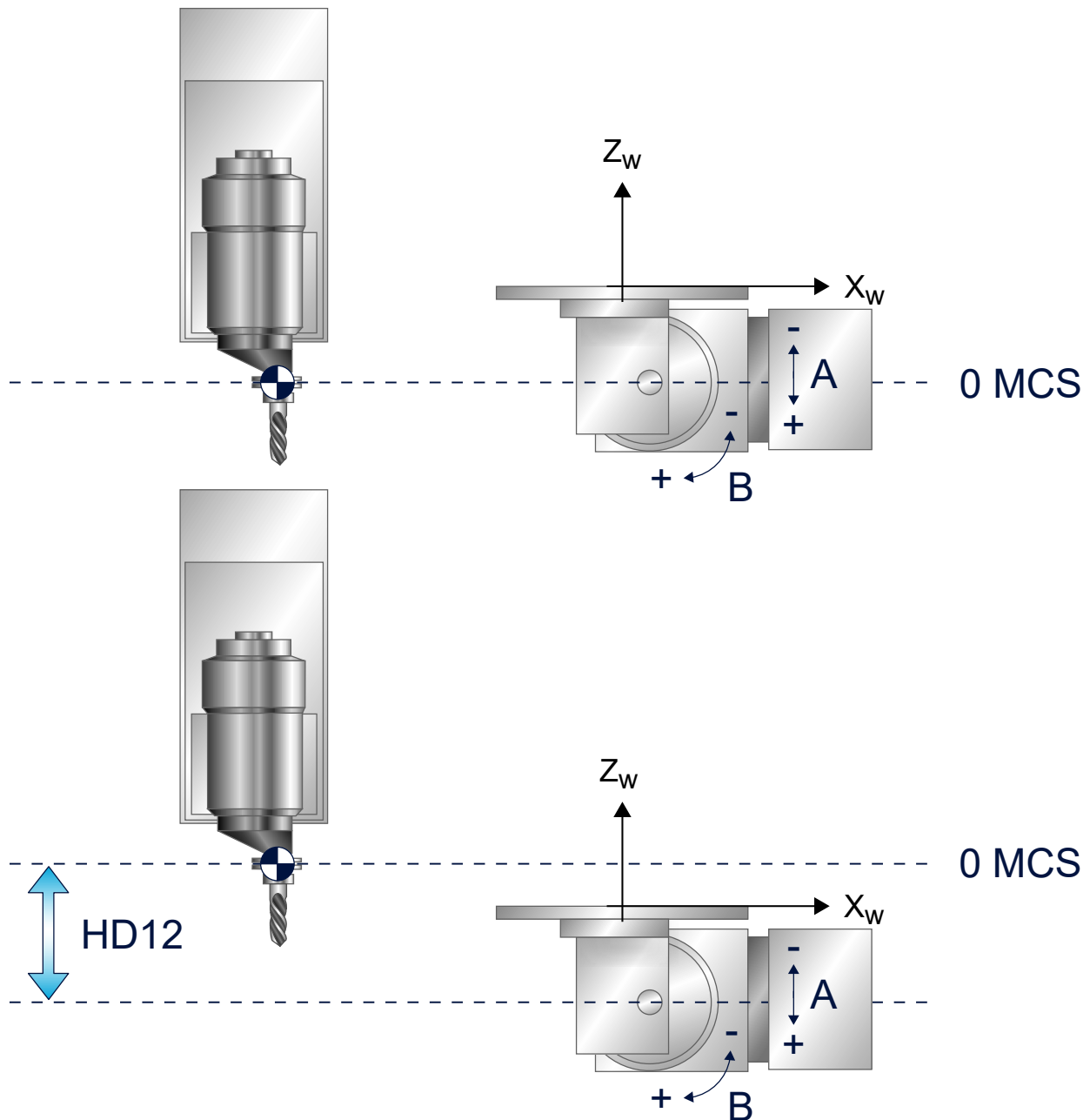


Abb. 99: Ideale und reale Z-Nullstellung

In der idealen Nullstellung der kinematischen Struktur schneiden sich die Drehachse A im Werkstück und der Bezugspunkt am Werkzeugschlitten (hier Werkzeugeinspannpunkt) in einem Punkt. Die Maschinenachsenpositionen des Werkzeugschlittens sind dann in dieser Stellung 0. Im Allgemeinen können diese Achsenpositionen bei einer Maschine nicht angefahren werden. Die bei der Werkzeugschlittenposition 0 vorhandenen Offsets zu dieser Stellung können über die Parameter HD10, HD11, HD12 berücksichtigt werden.

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Versatz Bzpkt. WZ-Schlitten bis Einspannpunkt WZ	1.0 E-4 mm
HD2	1	X-Versatz Bzpkt. WZ-Schlitten bis Einspannpunkt WZ	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y-Versatz Bzpkt. WZ-Schlitten bis Einspannpunkt WZ	1.0 E-4 mm
HD4	3	X-Achsversatz Drehachse A zu Drehachse B	1.0 E-4 mm
HD5	4	Y-Achsversatz Drehachse A zu Drehachse B	1.0 E-4 mm
HD6	5	Z-Achsversatz Drehachse A zu Drehachse B	1.0 E-4 mm
HD7	6	X-Achsversatz Drehachse B NP WCS	1.0 E-4 mm
HD8	7	Y-Achsversatz Drehachse B NP WCS	1.0 E-4 mm
HD9	8	Z-Achsversatz Drehachse B NP WCS	1.0 E-4 mm
HD10	9	X-Versatz zu Maschinennullpunkt MNP	1.0 E-4 mm
HD11	10	Y-Versatz zu Maschinennullpunkt MNP	1.0 E-4 mm
HD12	11	Z-Versatz zu Maschinennullpunkt MNP	1.0 E-4 mm
HD13	12	Rotatorischer Offset A-Achse	1.0 E-4°
HD14	13	Rotatorischer Offset B-Achse	1.0 E-4°
HD15	14	Drehrichtungsflag A-Achse	[-]
HD16	15	Drehrichtungsflag B-Achse	[-]

2.36 KIN_TYP_81 – Fünfachs-Kinematik mit B/A-Werkstücktisch

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen im Werkzeug und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkstück.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, B, A	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z	B, A

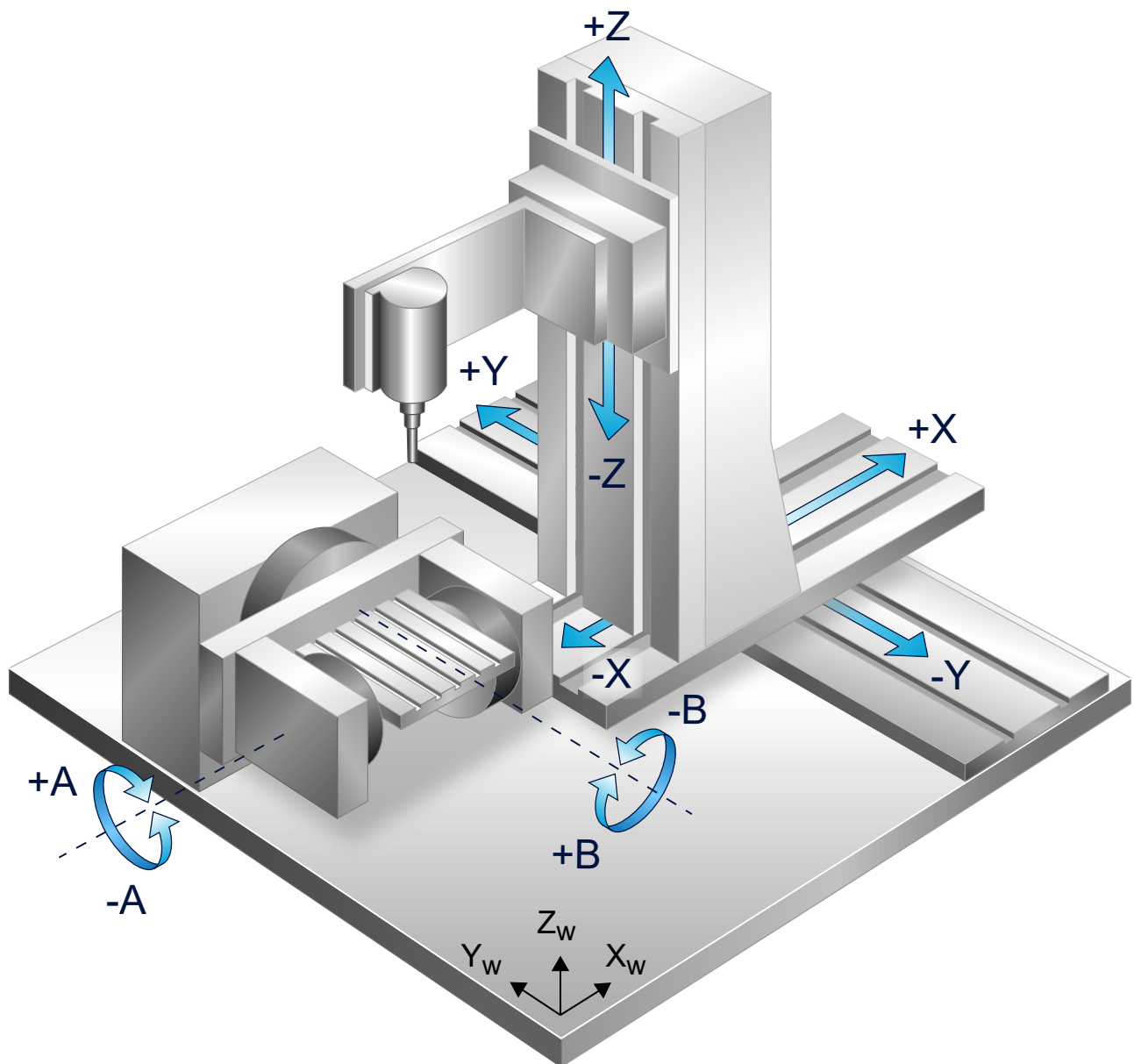


Abb. 100: Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine

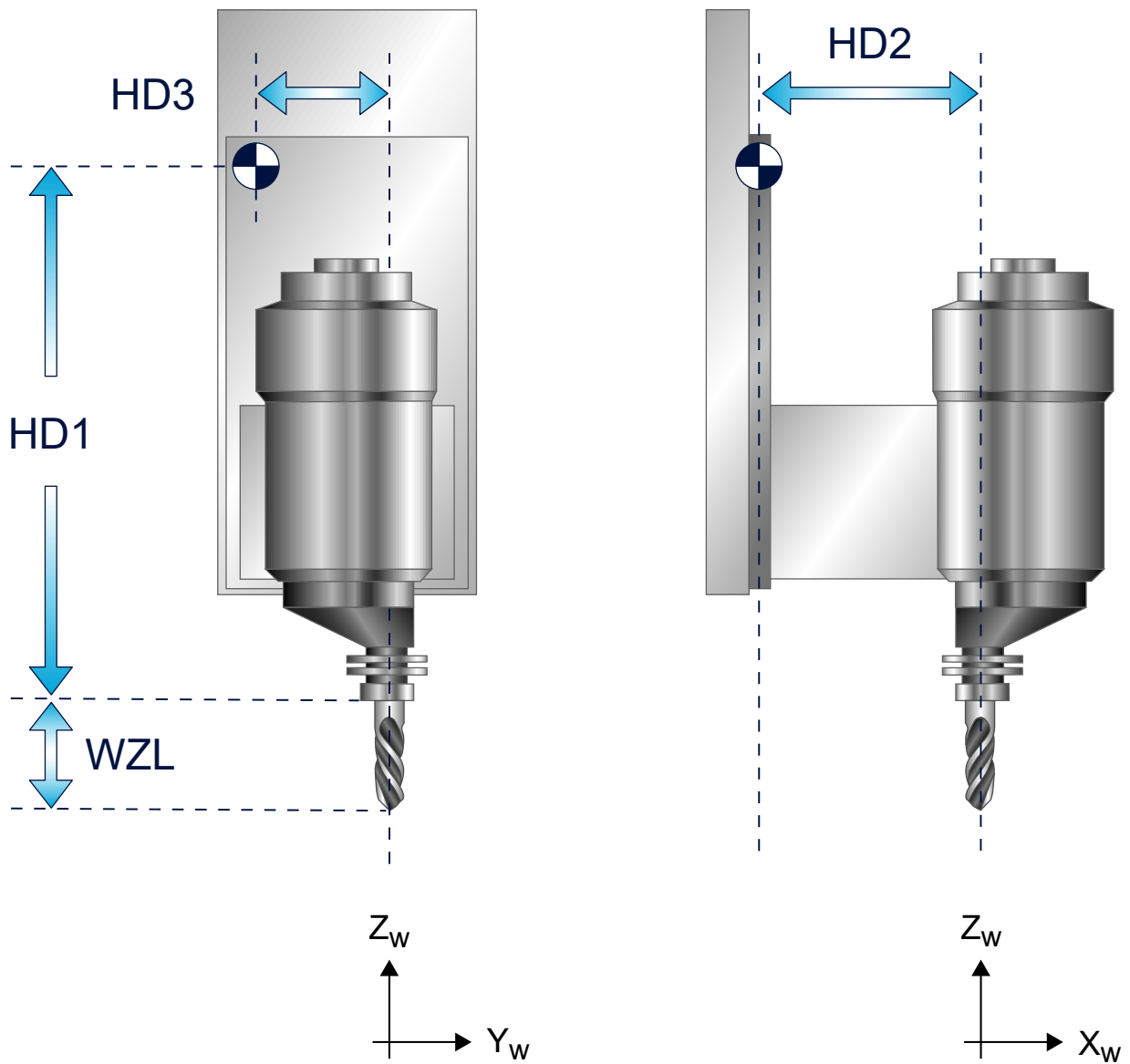


Abb. 101: Versätze Werkzeugkopf

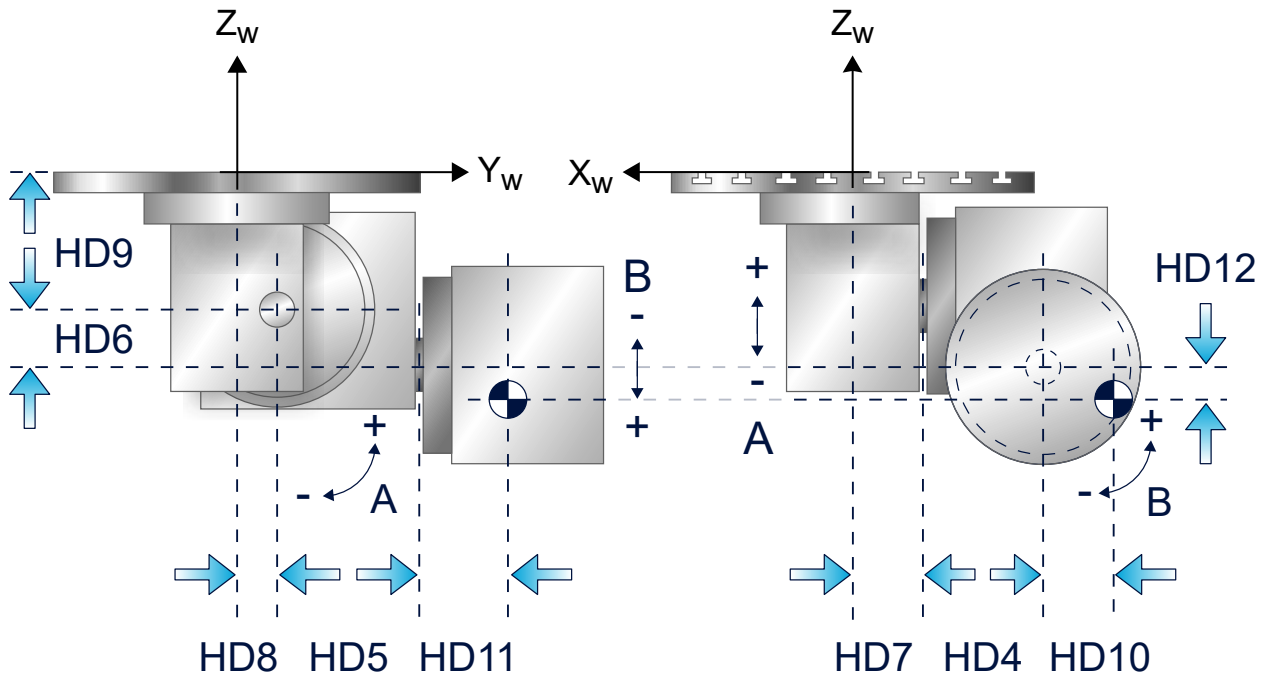


Abb. 102: Versätze Werkstückträger

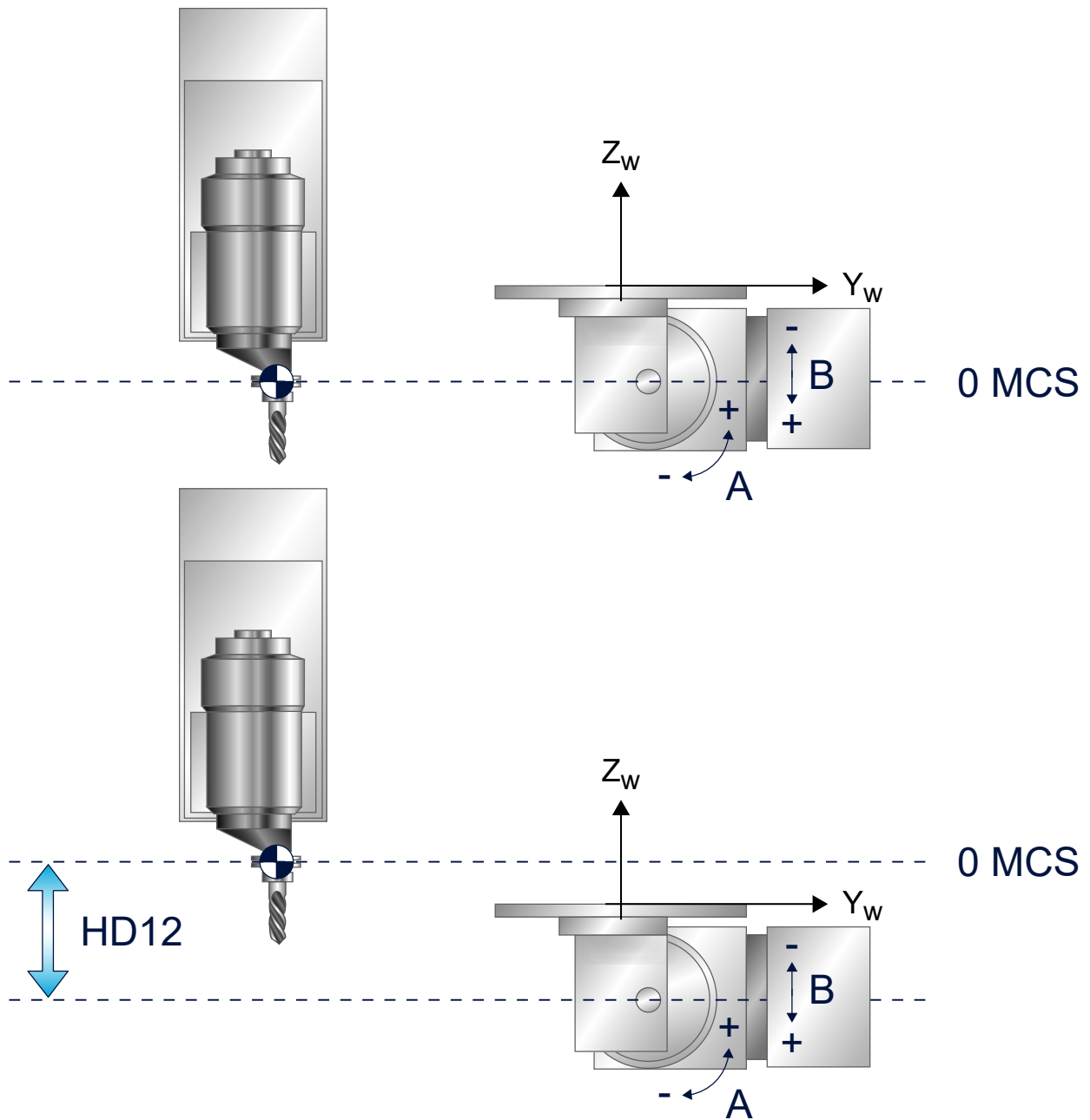


Abb. 103: Ideale und reale Z-Nullstellung

In der idealen Nullstellung der kinematischen Struktur schneiden sich die Drehachse B im Werkstück und der Bezugspunkt am Werkzeugschlitten (hier Werkzeugeinspannpunkt) in einem Punkt. Die Maschinenachspaltenpositionen des Werkzeugschlittens sind dann in dieser Stellung 0. Im Allgemeinen können diese Achspaltenpositionen bei einer Maschine nicht angefahren werden. Die bei der Werkzeugschlittenposition 0 vorhandenen Offsets zu dieser Stellung können über die Parameter HD10, HD11, HD12 berücksichtigt werden.

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Versatz Bzpkt. WZ-Schlitten bis Einspannpunkt WZ	1.0 E-4 mm
HD2	1	X-Versatz Bzpkt. WZ-Schlitten bis Einspannpunkt WZ	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y-Versatz Bzpkt. WZ-Schlitten bis Einspannpunkt WZ	1.0 E-4 mm
HD4	3	X-Achsversatz Drehachse B zu Drehachse A	1.0 E-4 mm
HD5	4	Y-Achsversatz Drehachse B zu Drehachse A	1.0 E-4 mm
HD6	5	Z-Achsversatz Drehachse B zu Drehachse A	1.0 E-4 mm
HD7	6	X-Achsversatz Drehachse A NP WCS	1.0 E-4 mm
HD8	7	Y-Achsversatz Drehachse A NP WCS	1.0 E-4 mm
HD9	8	Z-Achsversatz Drehachse A NP WCS	1.0 E-4 mm
HD10	9	X-Versatz zu Maschinennullpunkt MNP	1.0 E-4 mm
HD11	10	Y-Versatz zu Maschinennullpunkt MNP	1.0 E-4 mm
HD12	11	Z-Versatz zu Maschinennullpunkt MNP	1.0 E-4 mm
HD13	12	Rotatorischer Offset B-Achse	1.0 E-4°
HD14	13	Rotatorischer Offset A-Achse	1.0 E-4°
HD15	14	Drehrichtungsflag B-Achse	[-]
HD16	15	Drehrichtungsflag A-Achse	[-]

2.37 KIN_TYP_82 – Sechssachs-Kinematik mit C-Werkstücktisch

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen Achsen im Werkzeug, 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkzeug und einer rotatorischen Achse im Werkstück.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, B, C, A	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4, 5	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, B, A	C

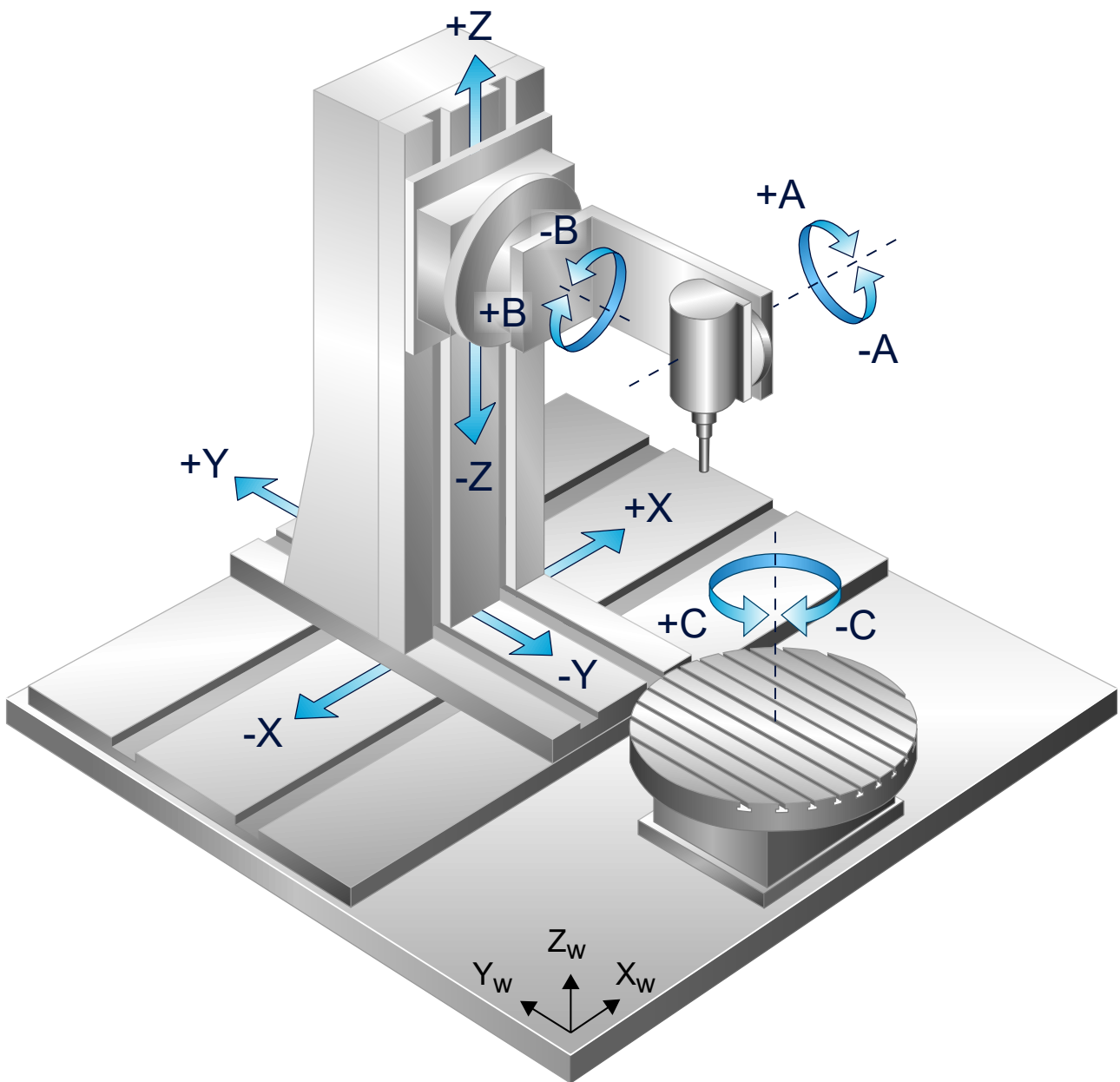


Abb. 104: Achskonfiguration der sechssachsigen Maschine

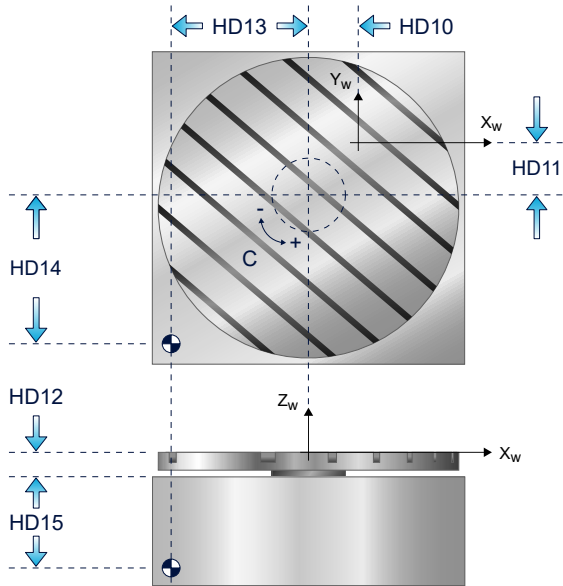


Abb. 106: Versätze am Werkstückträger

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Versatz WZ zu Drehpunkt A-Achse	1.0 E-4 mm
HD2	1	X-Versatz WZ zu Drehpunkt A-Achse	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y-Versatz WZ zu Drehpunkt A-Achse	1.0 E-4 mm
HD4	3	X-Versatz Drehpunkt A-Achse zu B- Achse	1.0 E-4 mm
HD5	4	Y-Versatz Drehpunkt A-Achse zu B-Achse	1.0 E-4 mm
HD6	5	Z-Versatz Drehpunkt A-Achse zu B-Achse	1.0 E-4 mm
HD7	6	X-Versatz B- Achse bis Bzpkt. Werkzeugschlitten	1.0 E-4 mm
HD8	7	Y-Versatz B- Achse bis Bzpkt. Werkzeugschlitten	1.0 E-4 mm
HD9	8	Z-Versatz B- Achse bis Bzpkt. Werkzeugschlitten	1.0 E-4 mm
HD10	9	X-Versatz C-Drehachse zu Nullpunkt WCS	1.0 E-4 mm
HD11	10	Y-Versatz C-Drehachse zu Nullpunkt WCS	1.0 E-4 mm
HD12	11	Z-Versatz C-Drehachse zu Nullpunkt WCS	1.0 E-4 mm
HD13	12	X-Versatz zu Maschinen-Nullpunkt	1.0 E-4 mm
HD14	13	Y-Versatz zu Maschinen-Nullpunkt	1.0 E-4 mm
HD15	14	Z-Versatz zu Maschinen-Nullpunkt	1.0 E-4 mm
HD16	15	Rotatorischer Offset B-Achse	1.0 E-4°
HD17	16	Rotatorischer Offset C-Achse	1.0 E-4°
HD18	17	Drehrichtungs-Flag B-Achse	[-]
HD19	18	Drehrichtungs-Flag C-Achse	[-]

2.38 KIN_TYP_85 – Hebelarm-Kinematik

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus einer translatorischen und einer rotatorischen NC-Achse. Die Transformation kann bei einer beliebigen Achsen-X-Position (ACS) angewählt werden. Hierzu wird eine entsprechende Maschinen-X-Position (MCS) ermittelt.

Je nach Winkelposition bei Anwahl der Transformation wird die programmierte Kontur in Links- oder Rechtshänder-Auslage gefahren. Bei aktiver Transformation wird die Anwahlseite beibehalten, d.h. es wird nicht zwischen Rechts-/Linksausleger gewechselt. Um die Anwahlseite zu wechseln, muss die Transformation ausgeschaltet werden.

Die rotatorische Achse darf im genutzten Verfahrensbereich der Transformation keinen Moduloübergang aufweisen.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Z	
Achsindex	0, 1	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, C	-

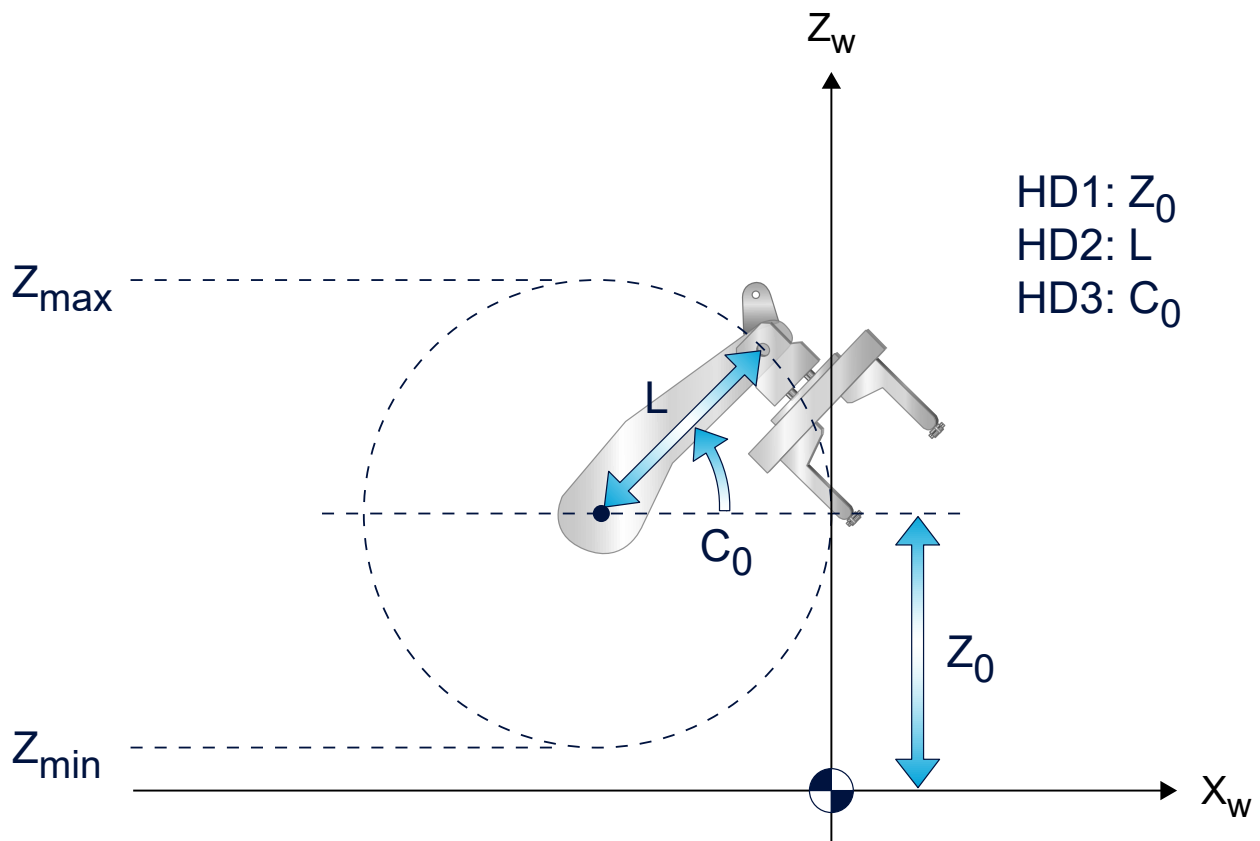


Abb. 107: Lage des Koordinatensystems

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Versatz des Drehmittelpunkts	1.0 E-4 mm
HD2	1	Armlänge des Hebelarms	1.0 E-4 mm

HD3	2	Winkeloffset der C-Achse zur Waagrechten	1.0 E-4°
-----	---	--	----------

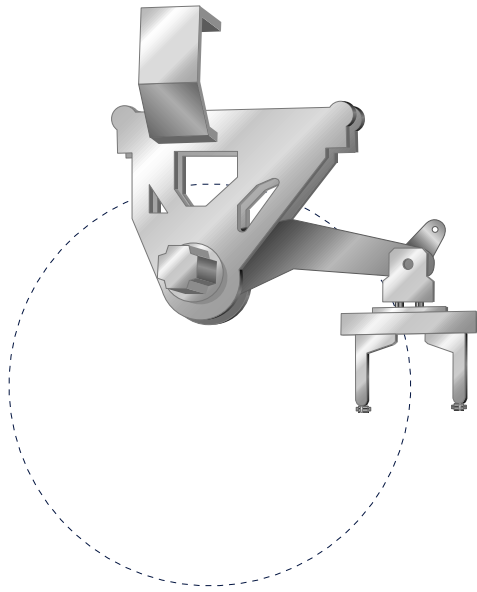


Abb. 108: Achskonfiguration Linksausleger

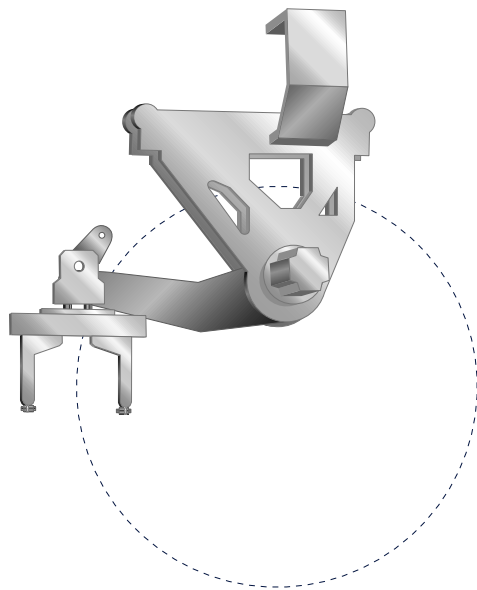


Abb. 109: Achskonfiguration Rechtsausleger

2.39 KIN_TYP_207 - Fünfachs-Kinematik mit schrägem Werkzeug

Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen und einer rotatorischen NC-Achse im Werkzeug. Weiterhin steht eine manuell einstellbare rotatorische 5. Achse zur Verfügung. Diese Kinematik ermöglicht schräge Bearbeitungskanten mit vorher manuell eingestelltem festen Winkel (A). Diese A-Achse ist vom NC-Programm aus nicht ansprechbar.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C	
Achsindex	0, 1, 2, 3	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, A, C	-
Hilfsachsen	A	-

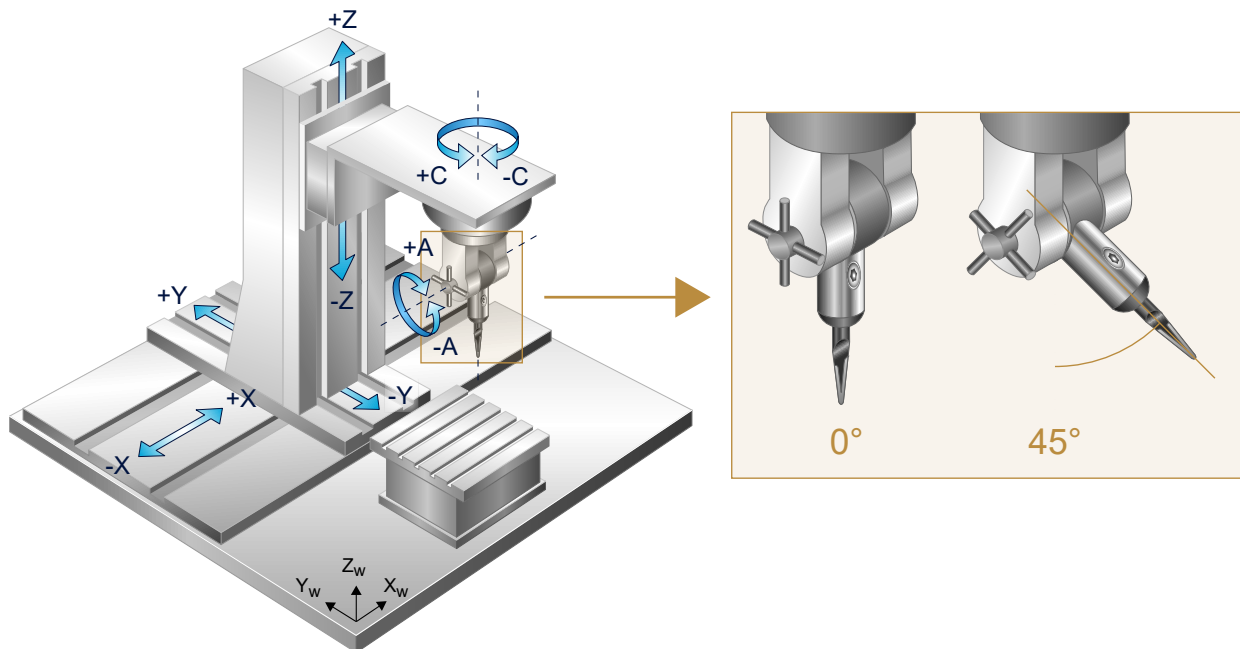


Abb. 110: 5-achsige Kinematik (Schneidwerkzeug mit manueller Hilfsachse A)

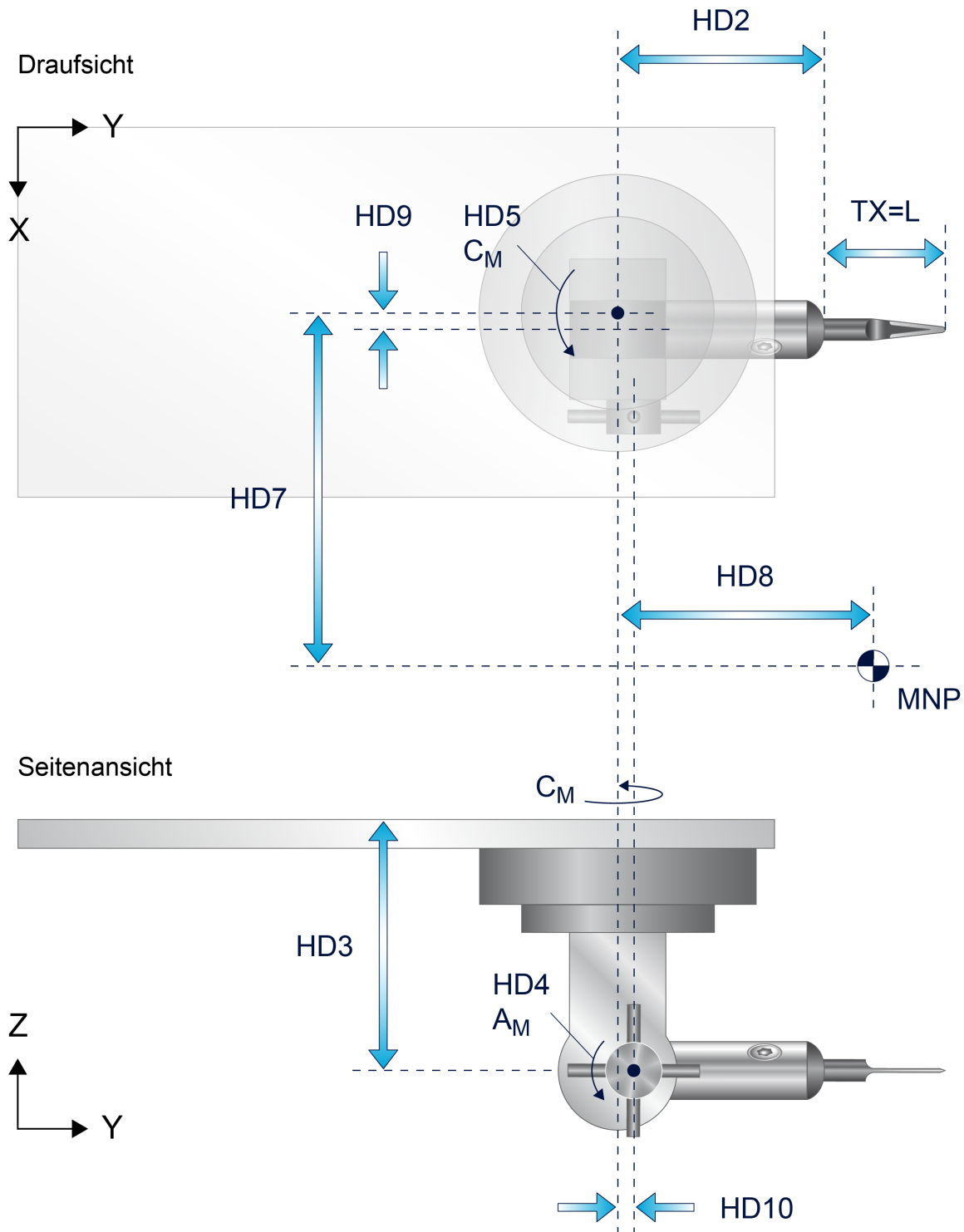


Abb. 111: 5-achsiges Schneidwerkzeug bei 90 Grad Winkelstellung

Zusatzinformation zu Parameter HD11

Über HD11 wird mit der Schneidhöhe Z_0 die Bearbeitungstiefe bzw. die verwendete Werkstückdicke angegeben. Bezugsebene für die Programmierung der Kontur ist Z_0 . Tiefer als die angegebene Schneidhöhe kann nicht gefahren werden.

Bei der Fahrt auf Schneidhöhe Z_0 realisiert diese Kinematik das schräge Eintauchen bzw. Herausziehen des Werkzeuges mit manuell eingestelltem Werkzeugwinkel A (HD4).

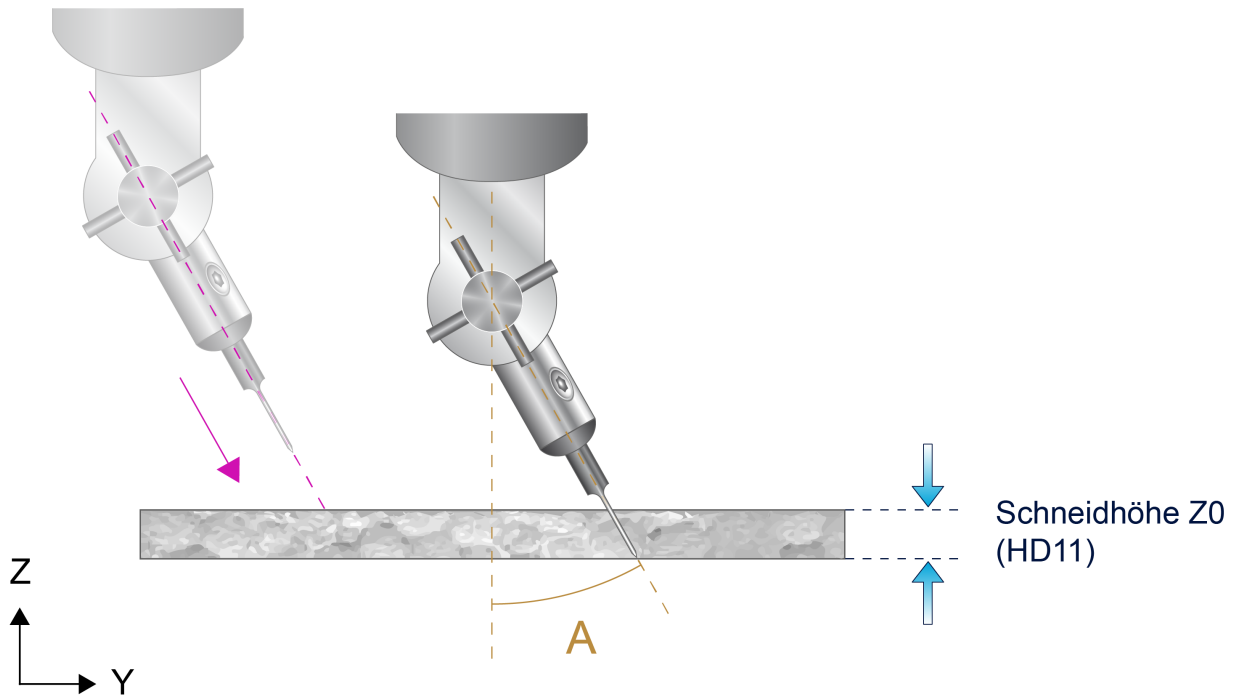


Abb. 112: Schneidhöhe

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD2	1	Y-Achsversatz von Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt A-Achse (Schwenkachse)	1.0 E-4 mm
HD3	2	Z-Achsversatz von Drehpunkt A-Achse zu Werkzeugbezugspunkt	1.0 E-4 mm
HD4	3	Feste Winkeleinstellung von rotatorischer A-Achse (Werkzeugwinkel)	1.0 E-4°
HD5	4	Rotatorischer Winkelversatz C-Achse	1.0 E-4°
HD7	6	statischer Werkzeugversatz in X	1.0 E-4 mm
HD8	7	statischer Werkzeugversatz in Y	1.0 E-4 mm
HD9	8	X-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm
HD10	9	Y-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm
HD11	10	Festlegung der Schneidhöhe Z0	1.0 E-4 mm

2.40 KIN_TYP_209 - Tripod mit Drehschwenk- Werkstücktisch

Diese Kinematik basiert auf der Stabkinematik (KIN_TYP_12), die zusätzlich einen dreh- schwenkbaren Werkstücktisch enthält. Es können hiermit klassische 5 Achsbearbeitungen durchgeführt werden.



Diese Kinematik ist verfügbar ab der CNC-Version V3.01.3078

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z (Z1, Z2, Z3), A(B), C	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z	A(B), C

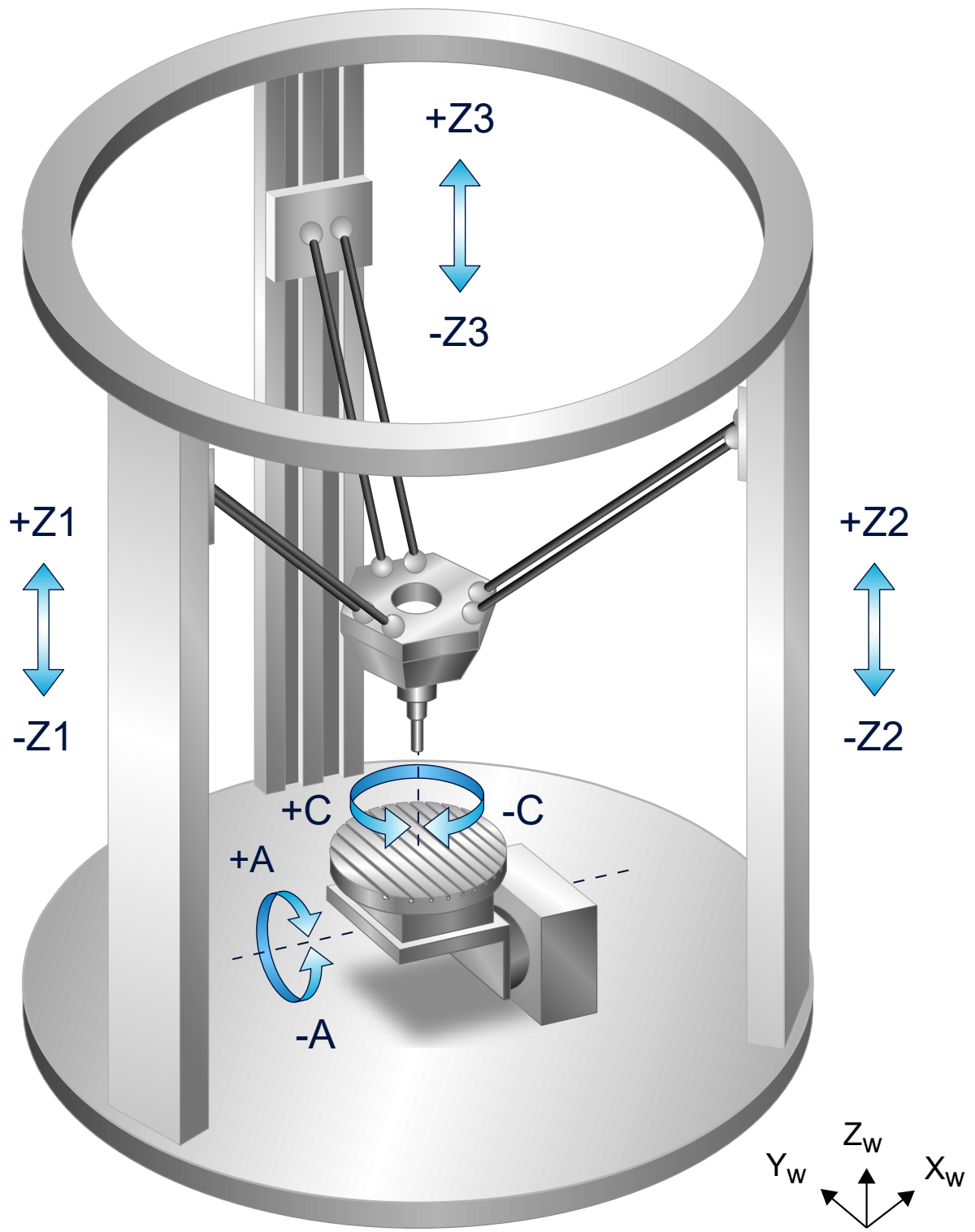
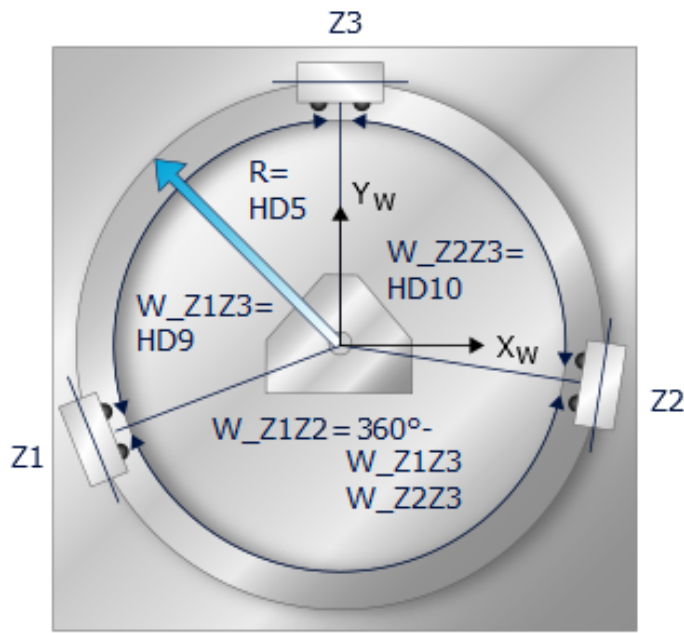


Abb. 113: Tripodkinematik mit CA-Drehschwenktisch

Träger Maschinenachsen



Trägerplattform
Werkzeug

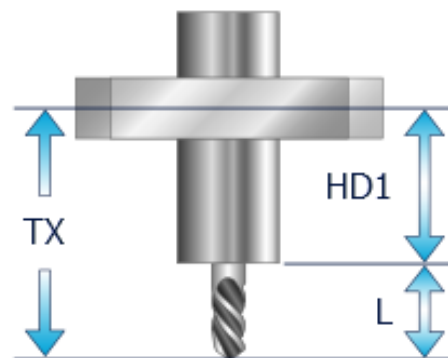
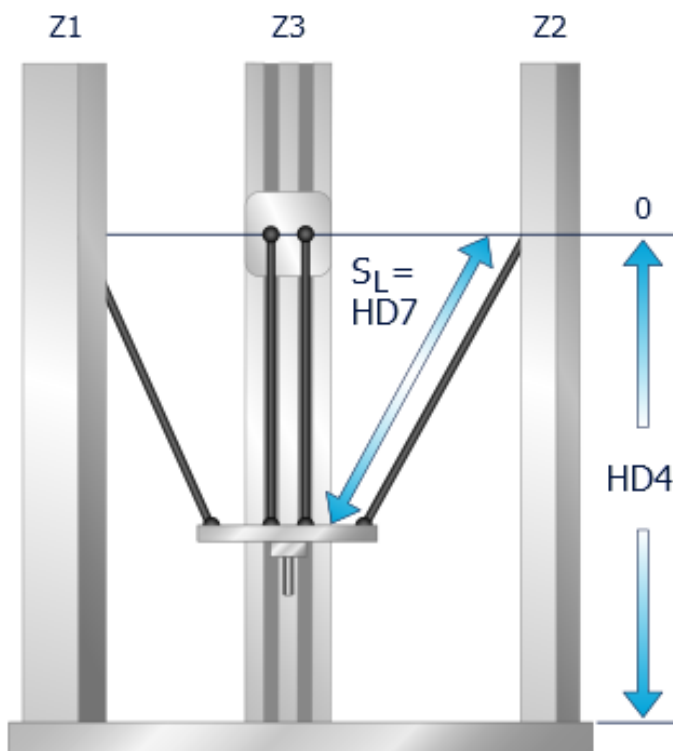
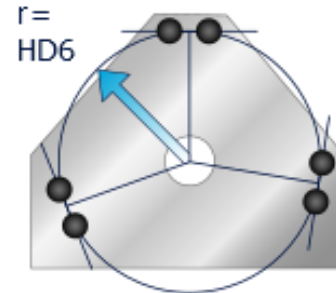


Abb. 114: Versatzmaße der Stabkinematik

Mit dem Parameter HD8 lässt sich zwischen einem idealen (0) und nichtidealen (1) Tripod umschalten. Ein idealer Tripod hat zwischen allen Säulen einen Winkel von 120°. Der nichtideale Tripod muss durch die Winkel HD9 und HD10 definiert werden.

Der dritte Winkel zwischen den Säulen ergibt sich aus:

$$W_{Z1Z2} = 360^\circ - HD9 - HD10 = 360^\circ - W_{Z2Z3} - W_{Z1Z3}$$

Ein montagebedingter Winkelversatz des Drehschwenktisches kann mit HD30 korrigiert werden.

Drehschwenktisch – CA-Variante

Mit HD31 wird die Variante des Drehschwenktisches festgelegt. Standardmäßig ist der Wert mit 0 belegt und somit die CA-Variante parametrisiert.

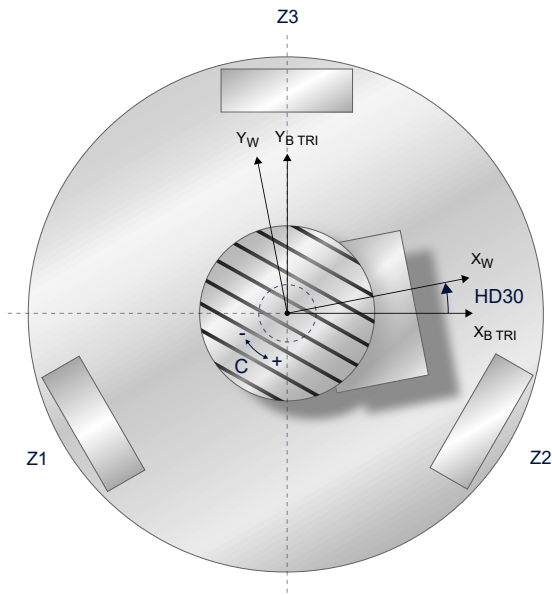


Abb. 115: Winkelversatz HD30 des CA-Drehschwenktisches

Versätze CA-Drehschwenktisch

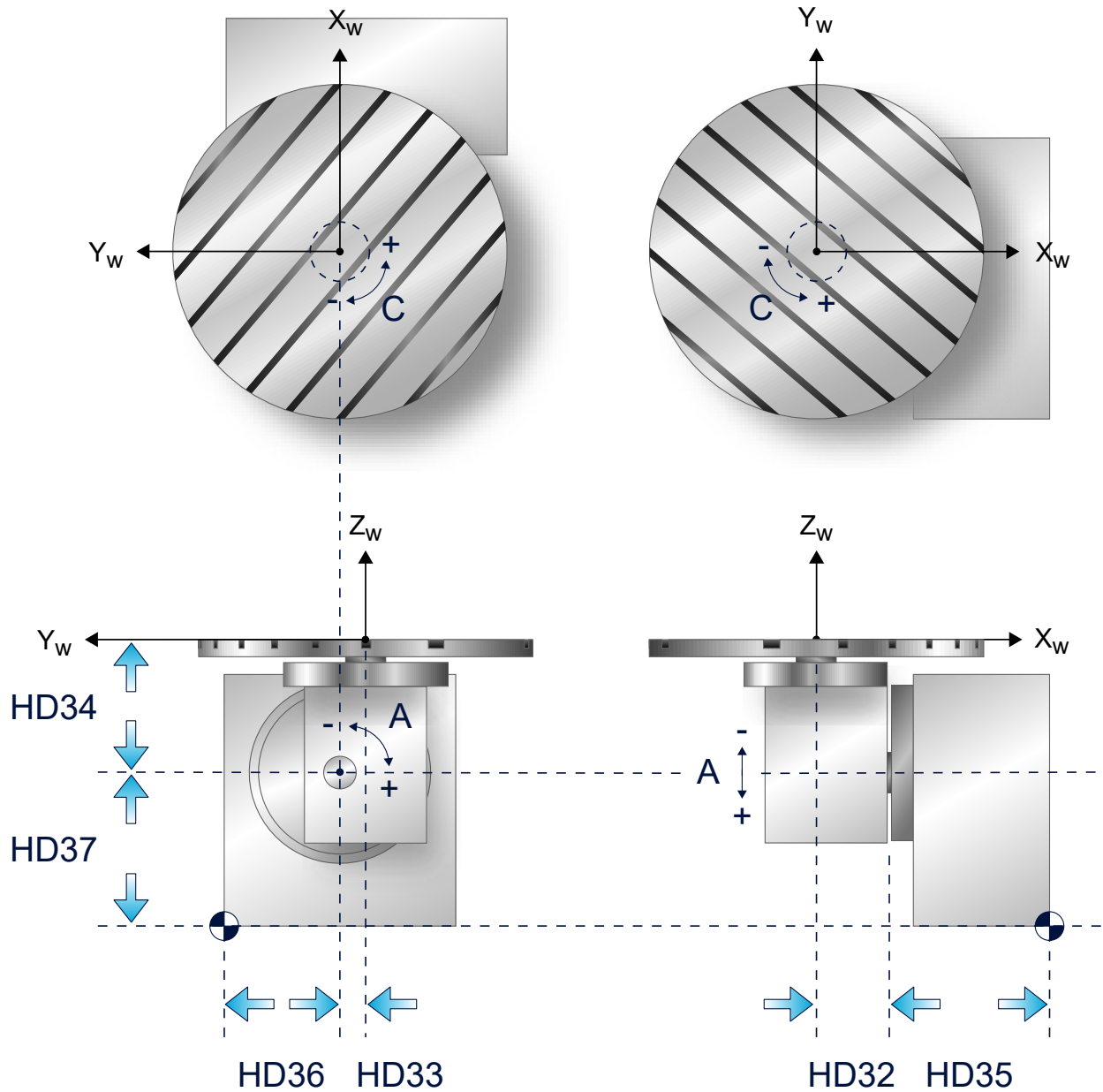


Abb. 116: Versätze CA-Drehschwenktisch

Drehschwenktisch – CB-Variante

Wird HD31 mit 1 belegt, so ist die CB-Variante parametrierbar.

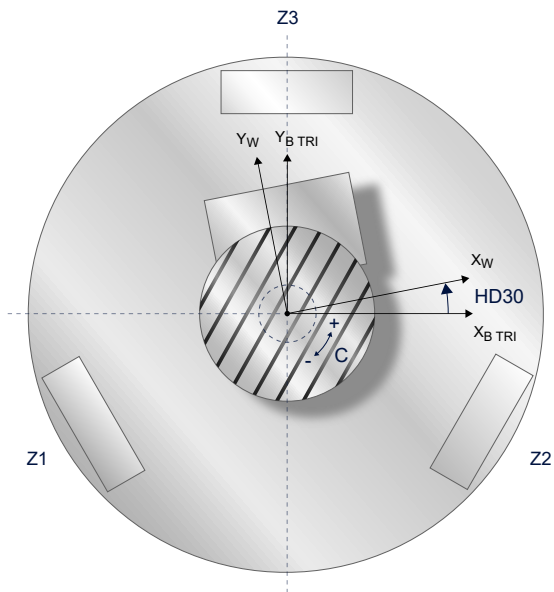


Abb. 117: Winkelversatz HD30 des CB-Drehschwenktisches

Versätze CB-Drehschwenktisch

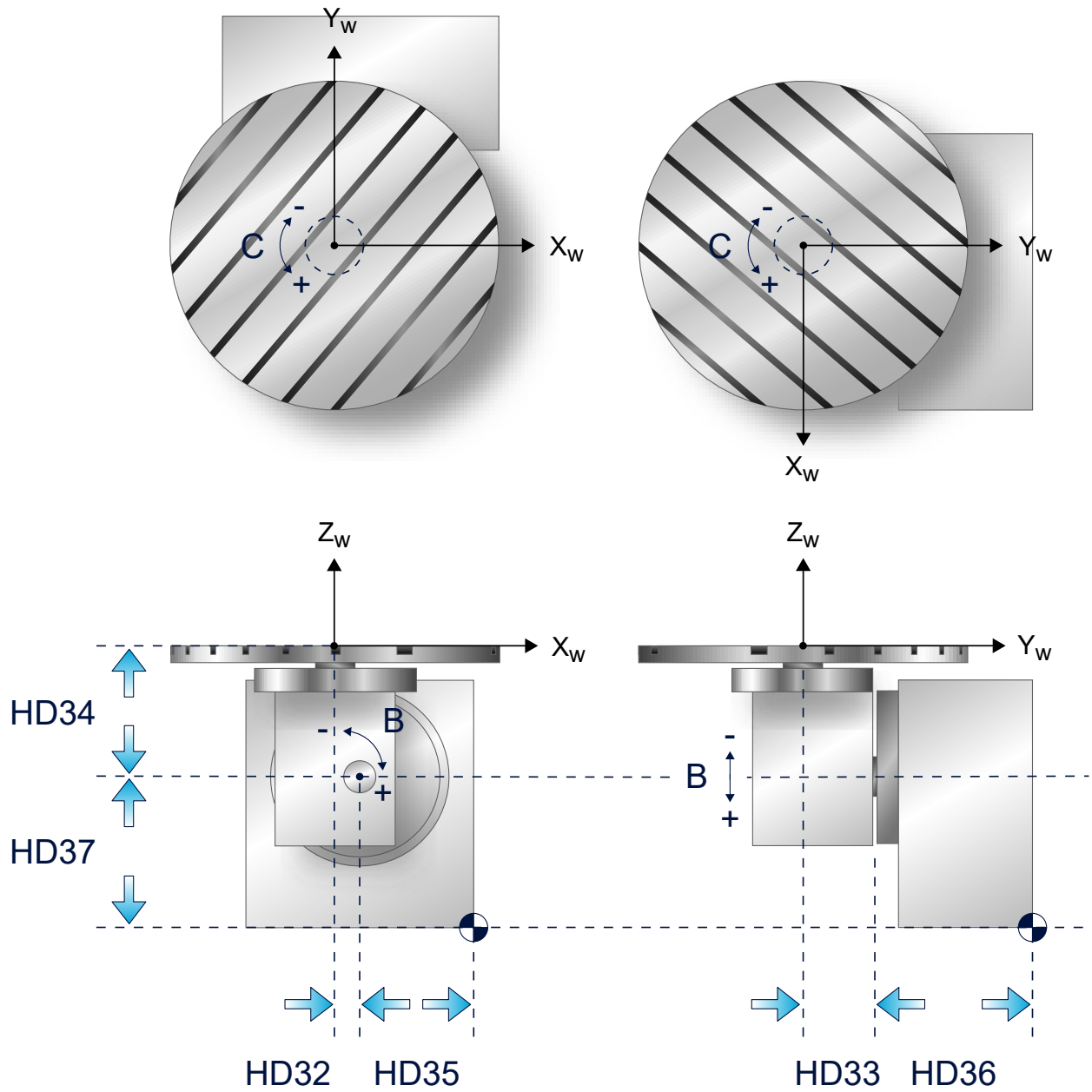


Abb. 118: Versätze CB-Drehschwenktisch

Versatzdaten der Tripodkinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z Werkzeugversatz	1.0 E-4 mm
HD2	1	Y Werkzeugversatz	1.0 E-4 mm
HD3	2	X Werkzeugversatz	1.0 E-4 mm
HD4	3	Z-Achsversatz Maschinennullpunkt	1.0 E-4 mm
HD5	4	Radius zu Verbindungslinie Gelenkmittelpunkte Antriebssäulen (großer Kreis)	1.0 E-4 mm
HD6	5	Radius zu Verbindungslinie Gelenkmittelpunkte Stewardplattform (kleiner Kreis)	1.0 E-4 mm
HD7	6	Stablänge jeweils bis Gelenkmittelpunkt	1.0 E-4 mm
HD8	7	Schalter zum Umschalten auf nichtidealen Tripod 0 : idealer Tripod 1 : nichtidealer Tripod und freischalten von HD9 / HD 10	[-]
HD9	8	Winkel Säule / Gelenk 3 zu Säule / Gelenk 1	1.0 E-4°
HD10	9	Winkel Säule / Gelenk 3 Säule / Gelenk 2	1.0 E-4°

Versatzdaten des Drehschwenktisches

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD30	29	Winkeloffset um Z von kartesischem. Basissystem zu Tripod Säule Z3	1.0 E-4°
HD31	30	Typ des rotatorischen Werkstückträgers: 0: CA, 1:CB Standardwert = 0	[-]
HD32	31	X Achsversatz Drehachse A, (B) zu Drehachse C, NP WKS	1.0 E-4 mm
HD33	32	Y Achsversatz Drehachse A, (B) zu Drehachse C, NP WKS	1.0 E-4 mm
HD34	33	Z Achsversatz Drehachse A,(B) zu Drehachse C, NP WKS	1.0 E-4 mm
HD35	34	X Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse A, (B)	1.0 E-4 mm
HD36	35	Y Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse A, (B)	1.0 E-4 mm
HD37	36	Z Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse A, (B)	1.0 E-4 mm
HD38	37	Rotatorischer Offset A (B) Achse	1.0 E-4°
HD39	38	Rotatorischer Offset C Achse	1.0 E-4°
HD40	39	Drehrichtungsflag A (B)-Achse	[-]
HD41	40	Drehrichtungsflag C-Achse	[-]

3 Roboter-Kinematiken

3.1 KIN_TYP_36 – SCARA-Kinematik

Kinematische Struktur

Die Roboterkinematik besteht aus 3 rotatorischen und einer translatorischen NC-Achse im Werkzeug. In der Z-Achse erfolgt die Werkzeuglängenverrechnung. Alle Rotationachsen sind C-Achsen.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C (C1, C2, Z, C3)	
Achsindex	0, 1, 2, 3	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, C	-

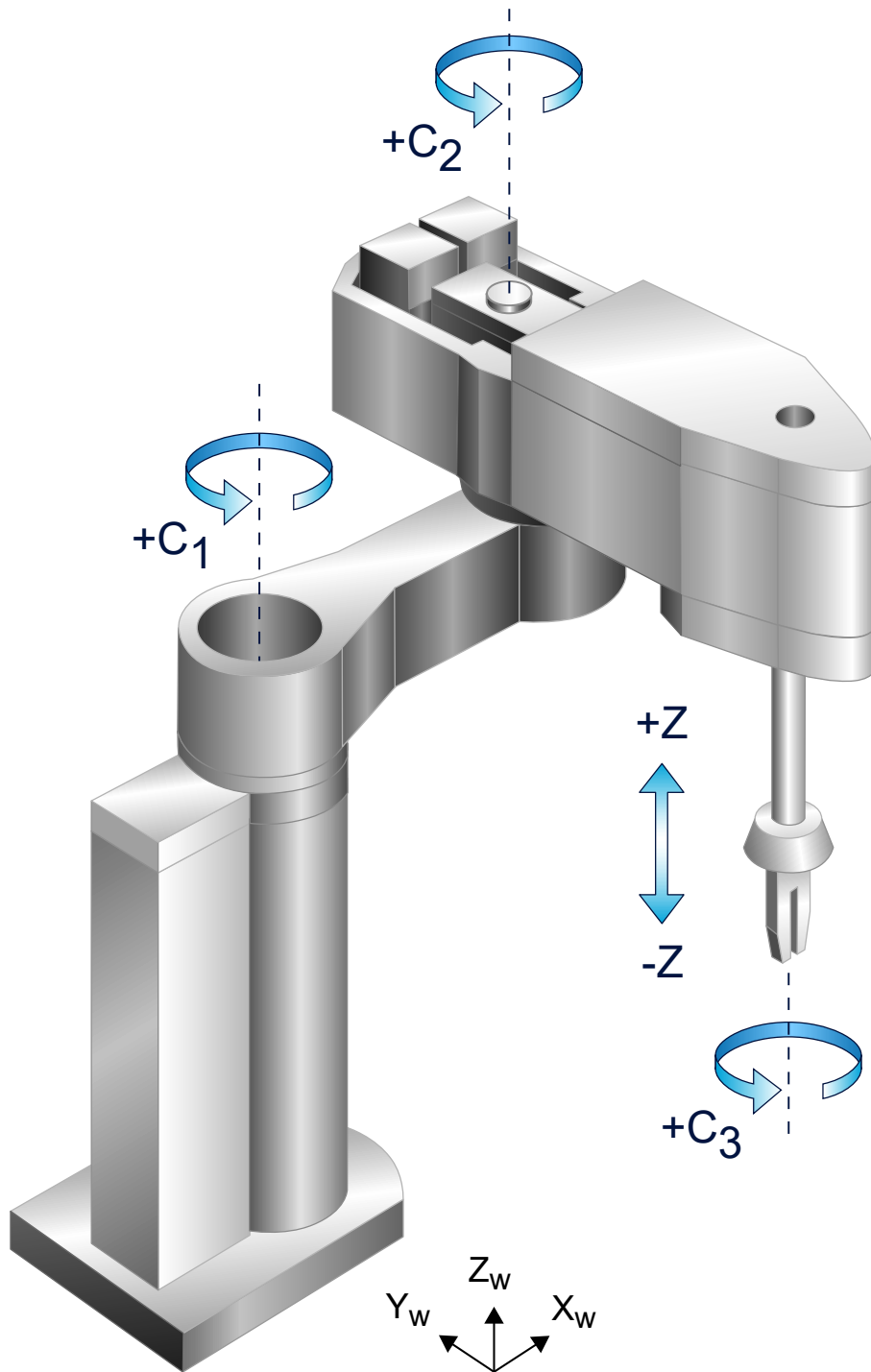


Abb. 119: SCARA Kinematik

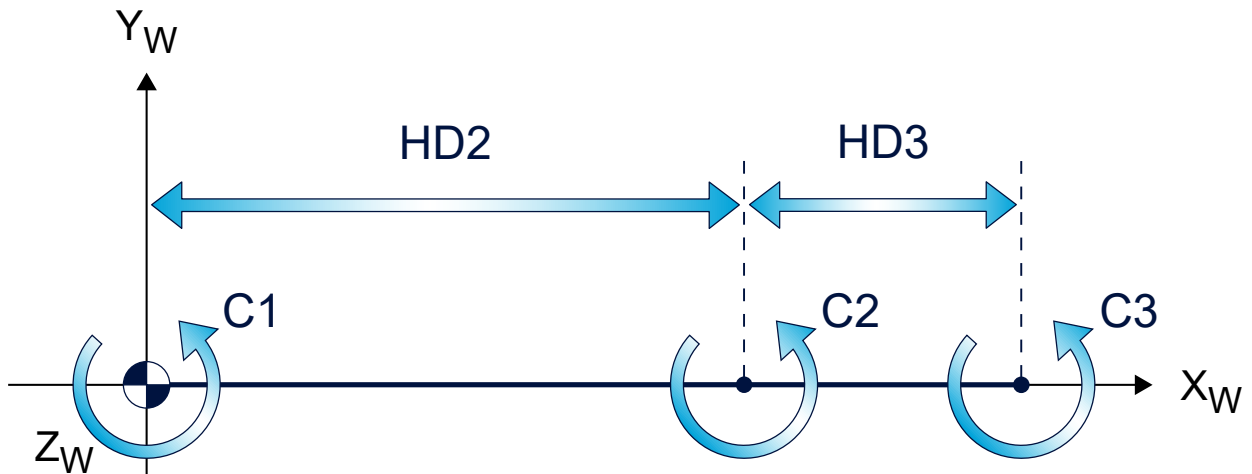


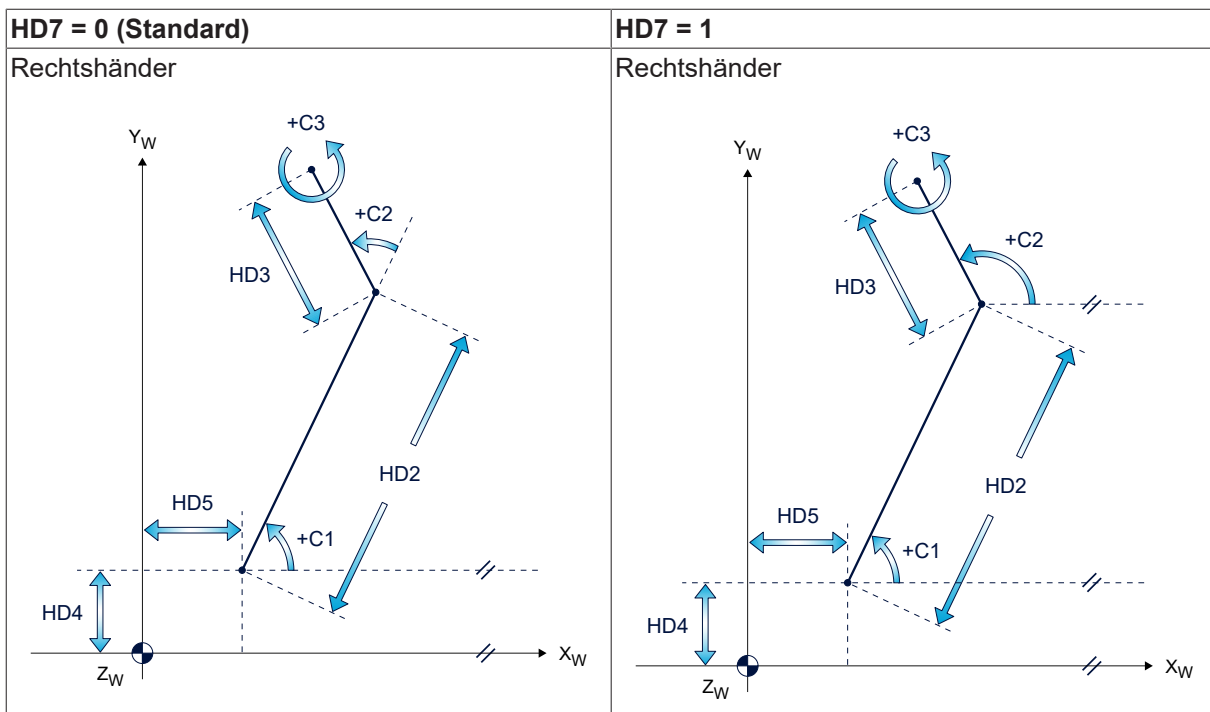
Abb. 120: SCARA Kinematik in Nullstellung ($C1=0$, $C2=0$, $C3=0$, $HD8=0$)

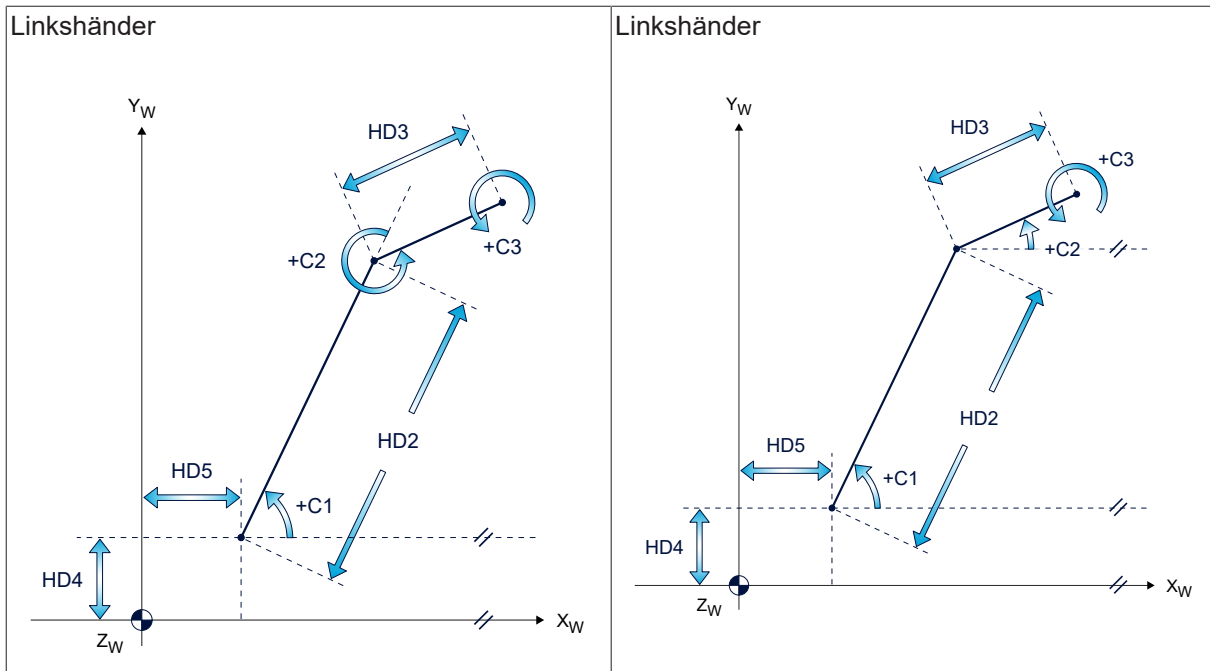
Abhängig von der Knickstellung des Robotergelenkes 2 ($C2$) arbeitet der SCARA als Links- oder Rechtshänder. Die Maschinenachsstellung vor Anwahl der Transformation entscheidet also darüber, ob der SCARA als Rechts- oder Linkshänder positioniert. Ein Wechsel zwischen Links- und Rechtshänder ist bei inaktiver kinematischer Transformation möglich.

Über $HD7$ kann der Bezug des Robotergelenkes 2 ($C2$) festgelegt werden.

Im Standardfall $HD7 = 0$ bezeichnet $C2$ den Winkel zwischen der Verlängerung des ersten Arms und dem zweiten Arm. Bei $HD7 = 1$ ist $C2$ der Winkel zwischen der X -Achse und dem zweiten Arm.

$HD8$ ist ein rotatorischer Offset von $C2$. Damit ist es möglich, eine Nullstellung der Kinematik zu beschreiben, in der der SCARA nicht komplett ausgestreckt ist, sondern im zweiten Gelenk angewinkelt. Standardmäßig ist $HD8=0$.





Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	WZ Längenversatz in Z-Richtung	1.0 E-4 mm
HD2	1	Längenversatz von Gelenk 1 bis Gelenk 2	1.0 E-4 mm
HD3	2	Längenversatz Gelenk 2 bis Drehachse C3	1.0 E-4 mm
HD4	3	X-Versatz Nullpunkt C1 Achse	1.0 E-4 mm
HD5	4	Y-Versatz Nullpunkt C1 Achse	1.0 E-4 mm
HD6	5	Rotatorischer Offset C1 Achse	1.0 E-4°
HD7	6	Bezug des Robotergelenks von C2 0 = C2 als Offset zu C1 berechnen (Standard) 1 = C2 als Winkel zur X-Achse berechnen	[-]
HD8	7	Rotatorischer Offset C2 Achse	1.0 E-4°

3.2 KIN_TYP_45 – Sechssachs-Gelenkarmroboter-Kinematik

Kinematische Struktur

Gelenkarmroboter mit 6 Maschinenachsen. Alle Gelenkachsen des Roboters bis auf die Handachsen A1 und A2 sind Linearachsen. Die Achsen A1 und A2 sind Moduloachsen mit 0..180, 0...-180 Grad Bereich. Sofern kein Schleppkabel zu berücksichtigen ist, kann auch die Gelenkachse C1 als Moduloachse eingestellt werden.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, A, B, C (C1, B1, B2, A1, B3, A2)	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4, 5	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, A, B, C	-

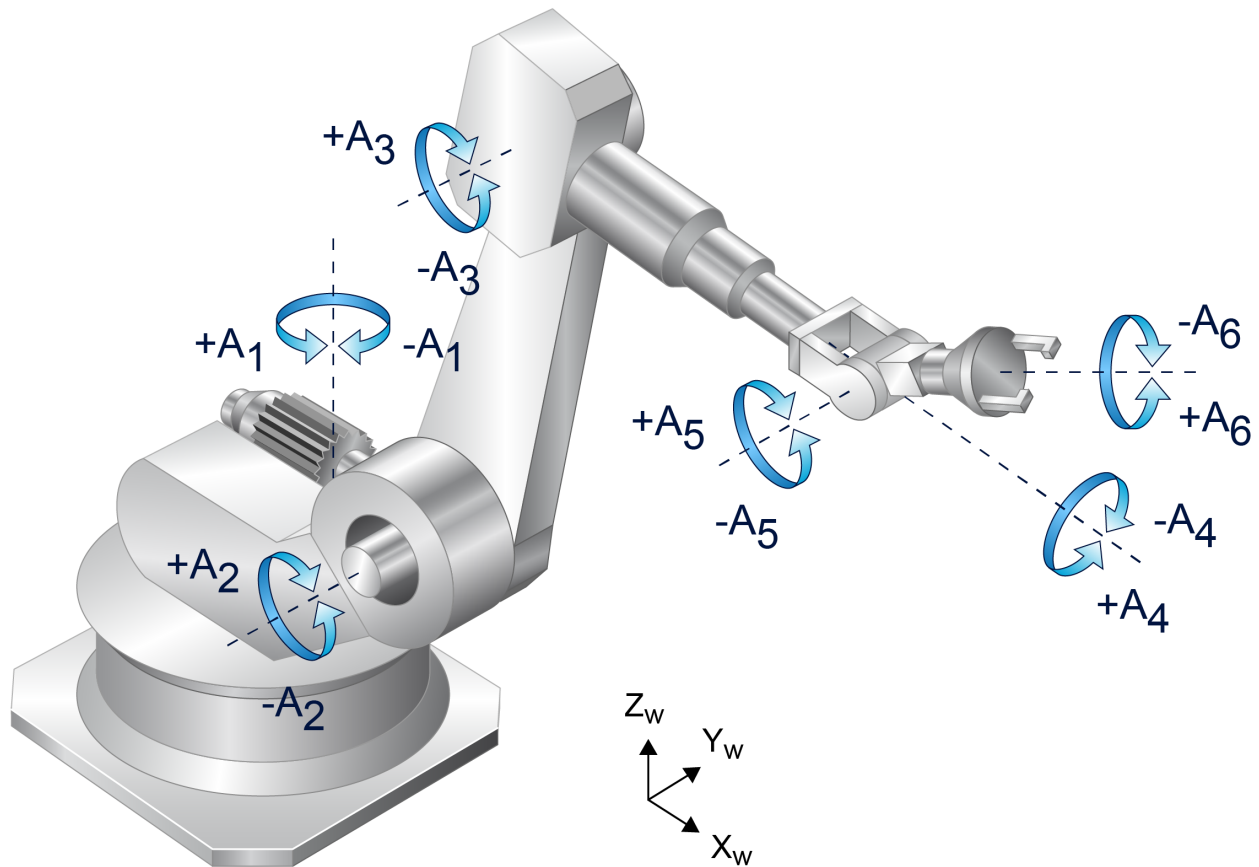


Abb. 121: 6-achsiger Gelenkarmroboter

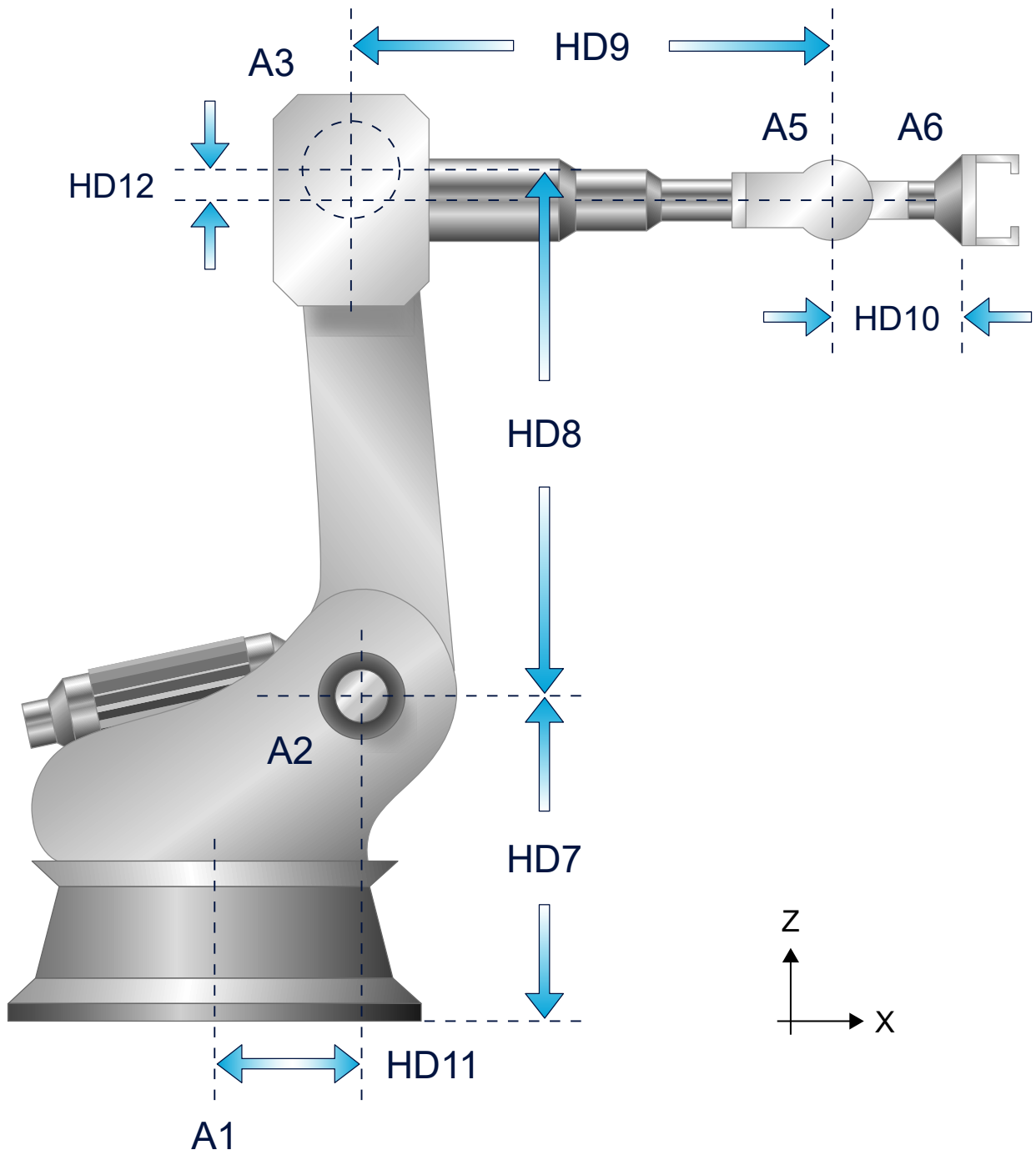


Abb. 122: HD-Versatzdaten in der Seitenansicht

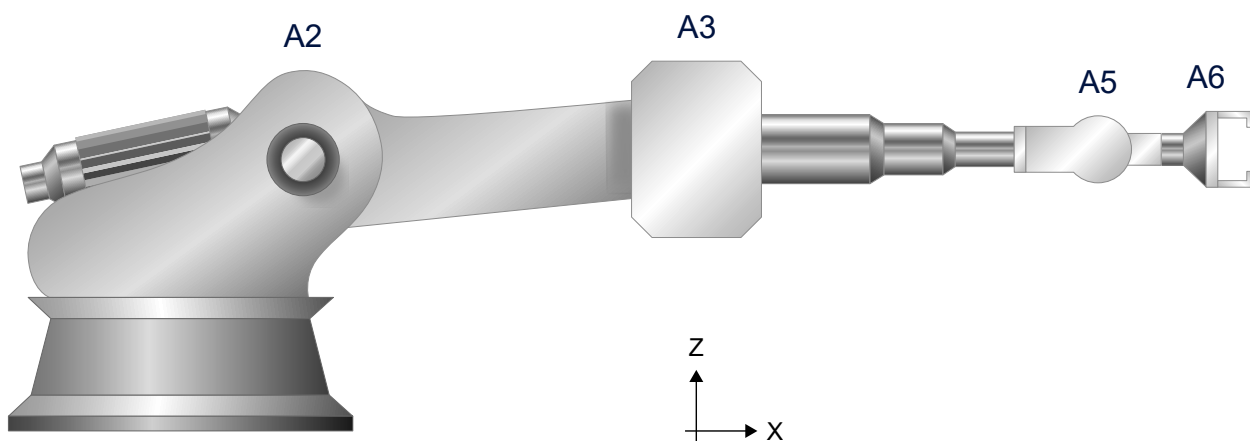


Abb. 123: Nullstellung für HD14 und HD15

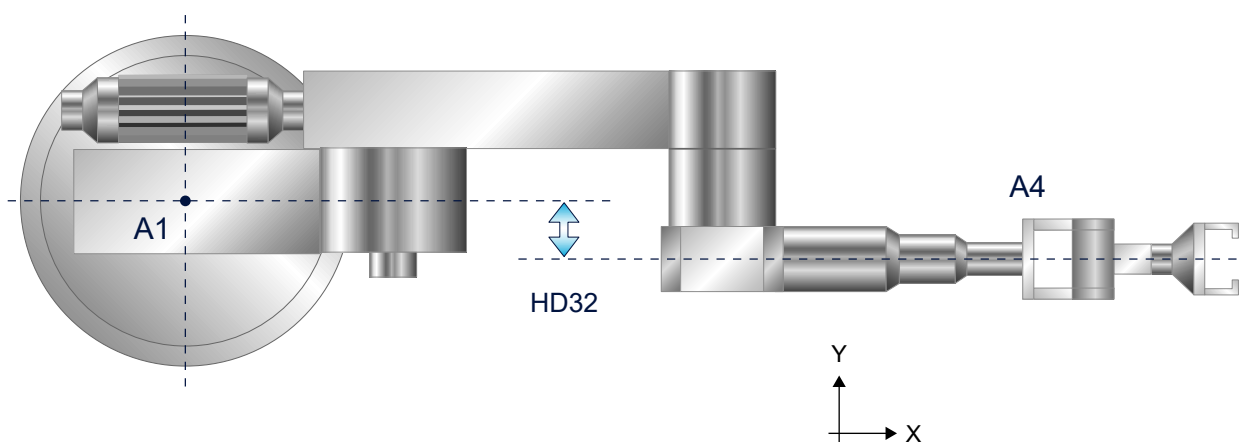


Abb. 124: Gelenkarmroboter in der Draufsicht

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Werkzeug-Z-Versatz im <u>Flanschkoordinatensystem</u> [▶ 173] (Variante 1)	1.0 E-4 mm
HD2	1	Werkzeug-X-Versatz im <u>Flanschkoordinatensystem</u> [▶ 173] (Variante 1)	1.0 E-4 mm
HD3	2	Werkzeug-Y-Versatz im <u>Flanschkoordinatensystem</u> [▶ 173] (Variante 1)	1.0 E-4 mm
HD4	3	Winkel für Werkzeugrotation um die X"-Achse	1.0 E-4°
HD5	4	Winkel für Werkzeugrotation um die Y'-Achse	1.0 E-4°
HD6	5	Winkel für Werkzeugrotation um die Z-Achse	1.0 E-4°
HD7	6	Z-Versatz vom Nullpunkt des kartesischen Raumkoordinatensystems zum Drehpunkt der Gelenkachse 2	1.0 E-4 mm
HD8	7	Z-Versatz von der Drehachse Gelenk 2 bis zur Drehachse Gelenk 3	1.0 E-4 mm
HD9	8	X-Versatz von der Drehachse Gelenk 3 bis zur Drehachse Gelenk 5	1.0 E-4 mm
HD10	9	X-Versatz vom Handachsen Gelenk 5 bis zur Flanschfläche auf Gelenk 6	1.0 E-4 mm
HD11	10	X-Versatz vom Nullpunkt des kartesischen Raumkoordinatensystems zum Drehpunkt Gelenkachse 2	1.0 E-4 mm

HD12	11	Z-Versatz von der Drehachse Gelenk 5 bis zur Drehachse Gelenk 3. Bitte Hinweis unter der Tabelle beachten.	1.0 E-4 mm
HD14	13	Rotatorischer Versatz für die Nullstellung der Robotergelenkachse 2 (siehe Winkeloffset)	1.0 E-4°
HD15	14	Rotatorischer Versatz für die Nullstellung der Robotergelenkachse 3 (siehe Winkeloffset)	1.0 E-4°
HD21	20	Drehrichtung der Gelenkachse 1: 0 (positiv), 1 (negativ)	[-]
HD22	21	Drehrichtung der Gelenkachse 2: 0 (positiv), 1 (negativ)	[-]
HD23	22	Drehrichtung der Gelenkachse 3: 0 (positiv), 1 (negativ)	[-]
HD24	23	Drehrichtung der Gelenkachse 4: 0 (positiv), 1 (negativ)	[-]
HD25	24	Drehrichtung der Gelenkachse 5: 0 (positiv), 1 (negativ)	[-]
HD26	25	Drehrichtung der Gelenkachse 6: 0 (positiv), 1 (negativ)	[-]
HD31	30	Flanschkoordinatensystem ▶ 173 : 0 (Variante 1) 1 (Variante 2)	[-]
HD32	31	Y-Versatz von der Drehachse Gelenk 4 bis zur Drehachse Gelenk 1. Bitte Hinweis unter der Tabelle beachten.	1.0 E-4 mm

HD33	32	Flag zum Steuern der Bearbeitungsart 0: Standard 1: Bewegtes Werkstück Sobald der Parameter HD33 gesetzt ist, wird die Bearbeitungsweise auf die des bewegten Werkstückes gewechselt. Es ist daher zu empfehlen, diesen erst mit der Anwahl des festen Werkzeugs zu setzen und den Roboter bereits entsprechend zu positionieren, oder diesen Parameter über die Werkzeugverwaltung zu setzen.	[-]
HD34	33	Werkzeuiglängenverrechnungsrichtung 0: keine (Standard) 1: -Z 2: -X 3: -Y 4: Z 5: X 6: Y Standardmäßig wird bei der Anwahl eines Werkzeuges, bei aktiver Kinematik 45, die eingetragene Werkzeuglänge nicht eingerechnet. Ist dieser Parameter ungleich 0, so wird die Werkzeuglänge in die eingestellte Richtung eingerechnet.	[-]
HD35	34	Rotationsreihenfolge der Werkzeugorientierung HD4-6 0: Z Y' X'' (Standard) 1: X Y' Z''	[-]
HD36	35	Rotatorischer Versatz für die Nullstellung der Robotergelenkachse 1	1.0 E-4°
HD37	36	Rotatorischer Versatz für die Nullstellung der Robotergelenkachse 4	1.0 E-4°
HD38	37	Rotatorischer Versatz für die Nullstellung der Robotergelenkachse 5	1.0 E-4°
HD39	38	Rotatorischer Versatz für die Nullstellung der Robotergelenkachse 6	1.0 E-4°



Bei Parameter HD12 und HD32 ist das Vorzeichen korrekt zu setzen.

HD12: Vorzeichen positiv, die Drehachse von Gelenk 3 liegt in positiver Z-Richtung **oberhalb** der Drehachse von Gelenk 5

HD32: Vorzeichen positiv, die Drehachse von Gelenk 1 liegt in positiver Y-Richtung **oberhalb** der Drehachse von Gelenk 4

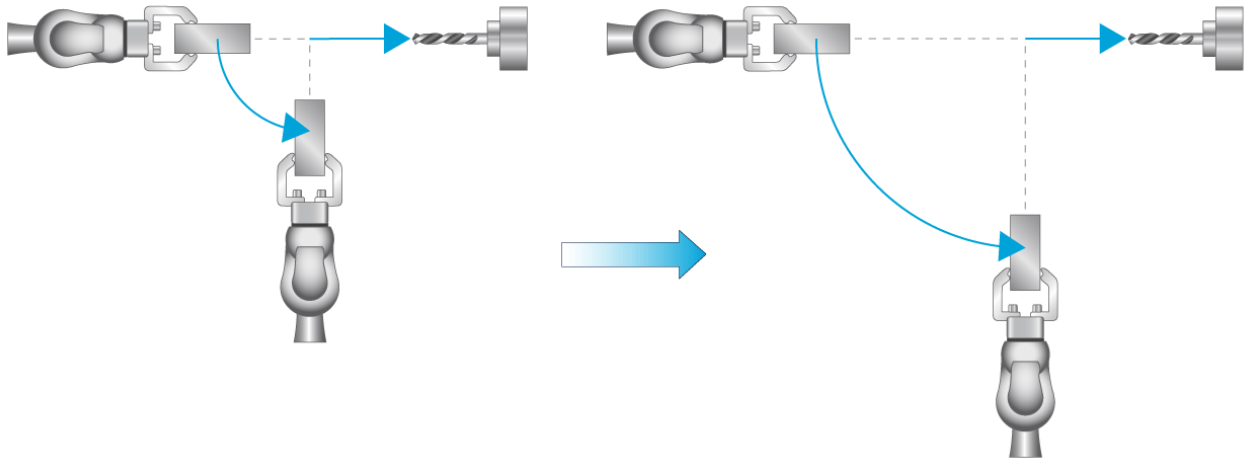
Als Alternative zur achsspezifischen Positionierung können auch Roboterposen angegeben werden, siehe [PROG// Status & Turn (IS, IT)].

Weitere Informationen zu den Versatzdaten der Kinematik siehe [CMS-A2].

3.2.1 Bewegtes Werkstück

Das bewegte Werkstück ist eine Unterfunktion der Kinematik 45. Sie ermöglicht das Steuern eines Industrieroboters bei dem das Werkstück am Flansch angebracht ist mit einem Standardbearbeitungsprogramm, während das (Fräs-) Werkzeug fest im Raum positioniert ist.

i Je weiter der Roboter vom festen Werkzeug entfernt ist, desto größer wird die Bewegung des Roboters beim Verändern der Orientierung ABC.



Die Aktivierung dieser Funktion wird durch den Kinematikparameter HD33 der Kinematik 45 getätigt.

Setup – Werkzeug

Die Werkzeugparameter können bei der Kinematik 45 direkt in den Parametern HD1-6 eingetragen werden oder über ein entsprechendes Werkzeug via Werkzeug-Kopf-Versätzen bei der Anwahl des Werkzeuges aktiviert werden.

Werkzeug-Kopf-Versätze werden zu den Kinematikparametern addiert (es findet keine Verkettung statt). Bei Benutzung dieser Funktionalität wird empfohlen, die Parameter HD1-6 in der Kanalparameterliste auf „0“ zu setzen.

Beispiel Parametrierung HD1-3 des festen Werkzeuges:

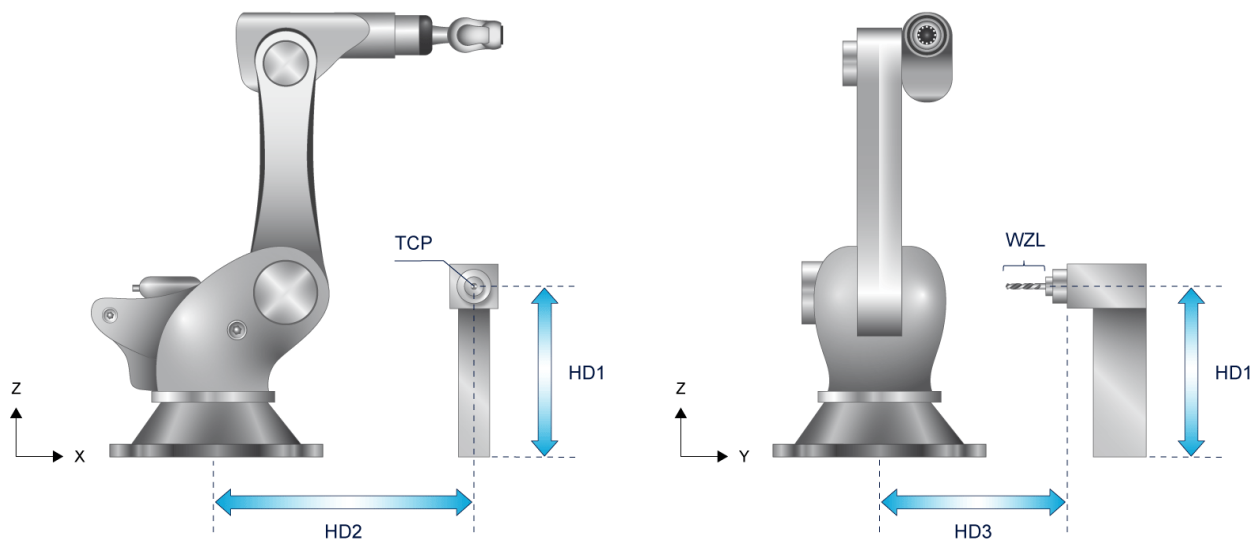


Abb. 125: Werkzeugversätze des fest positionierten Werkzeuges

Beispiel: Parametrierung HD4-6 des festen Werkzeuges :

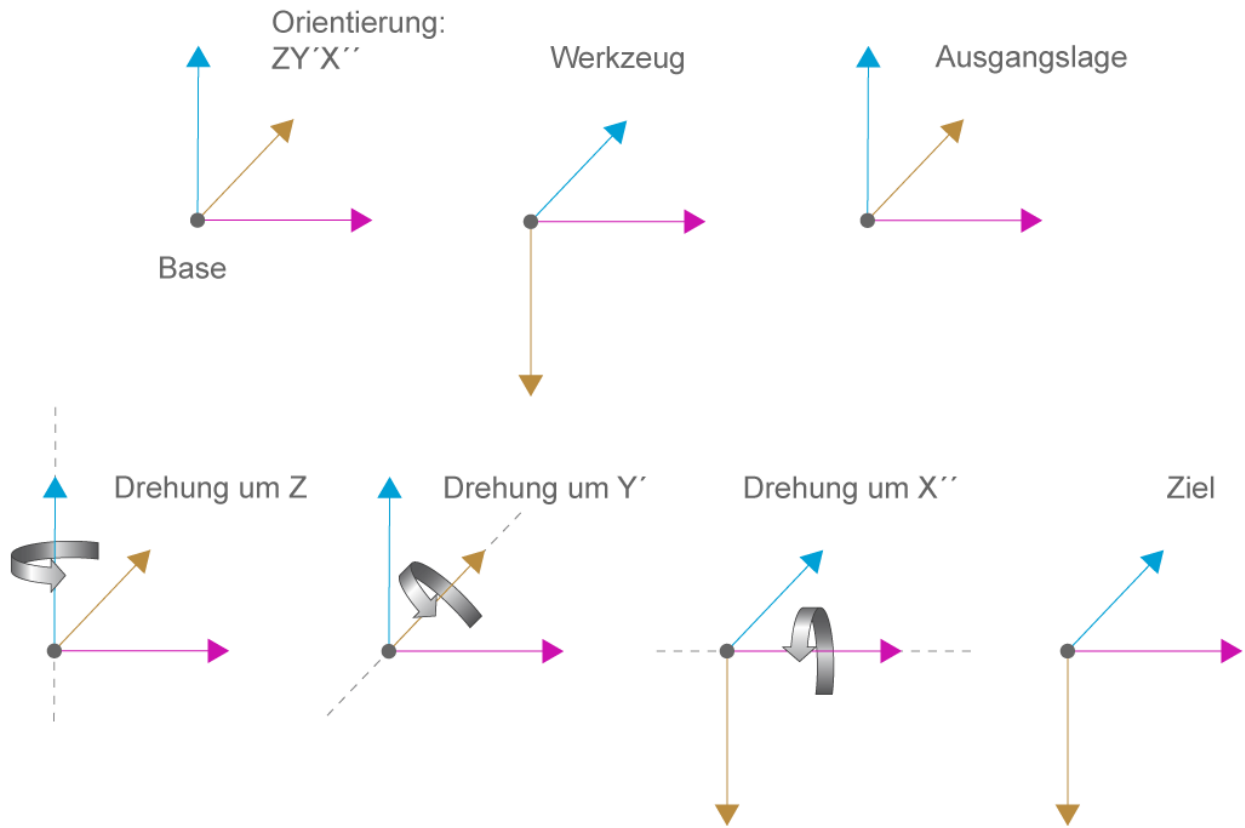


Abb. 126: Vorgehen beim Festlegen der Orientierung mit Rotationsreihenfolge Z Y' X''

Setup – Werkstück

Verschiebungen des Koordinatensystems ins Werkstück haben bei dem bewegten Werkstück nun als untersten Bezugspunkt das Flanschsystem des Roboters.

Jede weitere Verschiebung/Drehung verhält sich wie gewohnt.

Es kann immer nur ein Werkzeug aktiv sein. Beim bewegten Werkstück ist dies das Bearbeitungswerkzeug. Ein Greifer am Flansch kann über eine Verschiebung (z.B. #CS) festgelegt werden.

Das folgende Beispiel der Parametrierung bezieht sich auf die Standard-Flansch-Orientierung (HD 31 = 0).

Flanschsystem

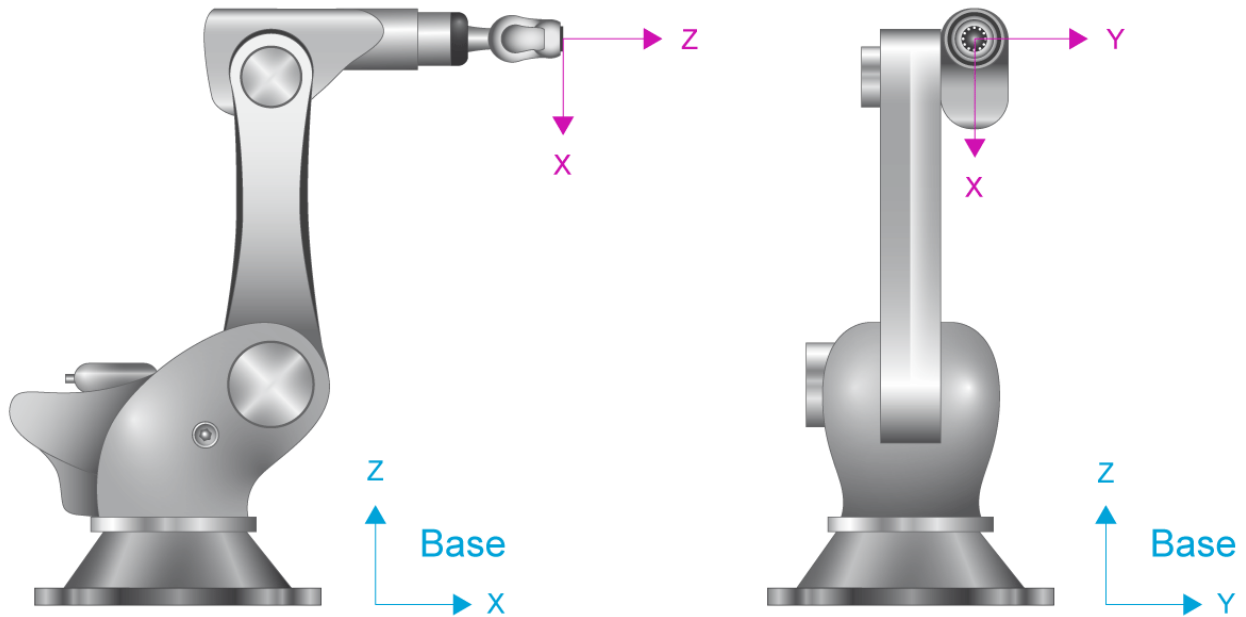


Abb. 127: Die Orientierung des Roboterflansches und der Welt

Verschiebung im Flanschsystem

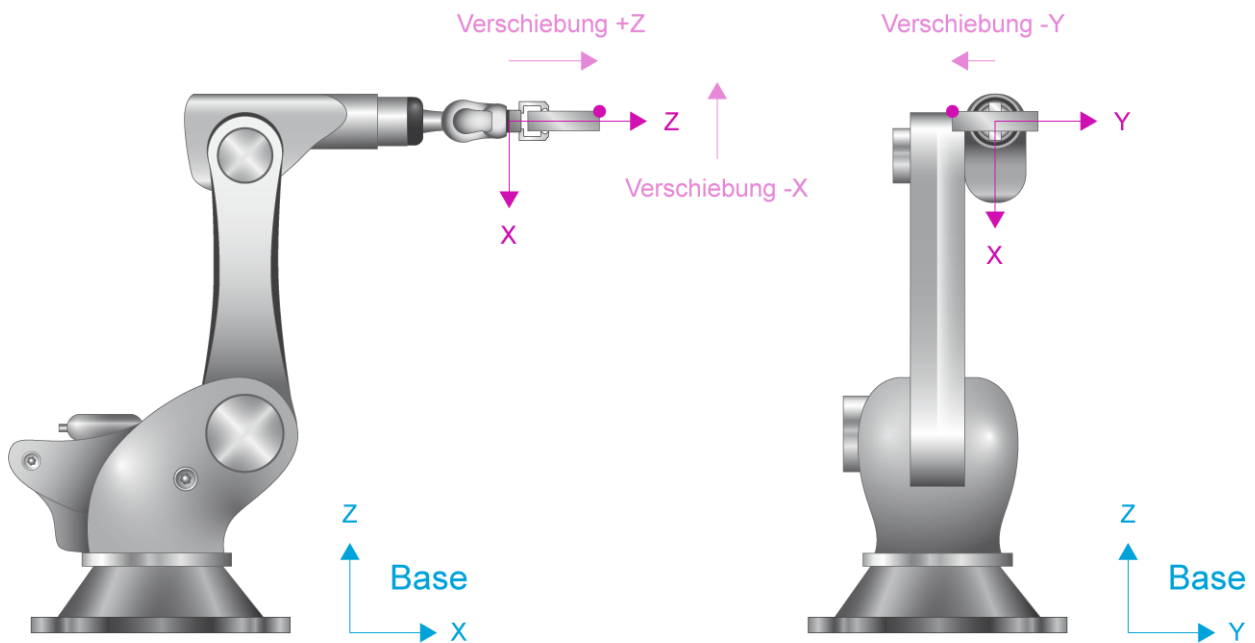
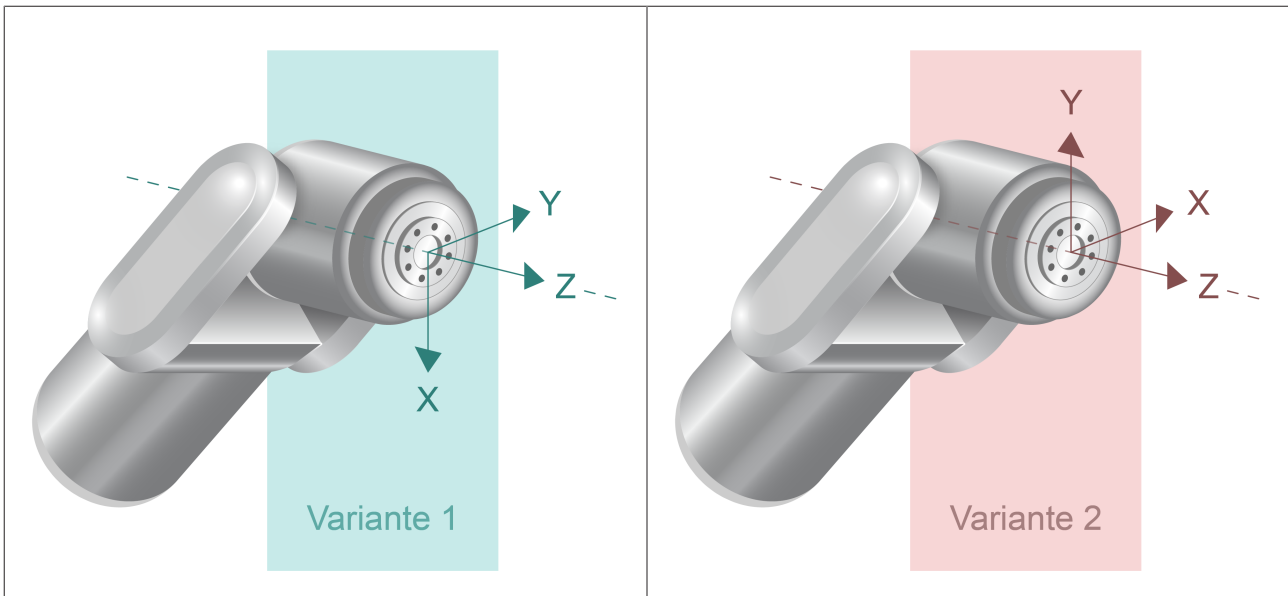


Abb. 128: Verschiebung vom Flansch zum schwarzen Punkt im Werkstück

3.2.2 Flanschkoordinatensystem

Aus Kompatibilitätsgründen kann die Orientierung des Flanschkoordinatensystems von der Variante 1 (Standard) auf die Variante 2 zurückgeschaltet werden.

Listenparameter	Bedeutung
kinematik[45].param[30]	0: Variante 1, Standard (KUKA, Stäubli) 1: Variante 2



KIN_TYP_96 - Palletierroboter-Kinematik

Kinematische Struktur

Die Gelenkachsen sind von 1 bis 4 nummeriert. Achse 1 rotiert um die Z-Achse des kartesischen Koordinatensystems. Der Roboter ist in der Nullposition aller Gelenkachsen dargestellt.

Die Drehung in positiver Richtung entspricht der mathematisch positiven Drehrichtung im kartesischen Koordinatensystem. Die Gelenkachsen G1, G2, G3 müssen als Linearachsen konfiguriert sein (mit begrenztem Bewegungsbereich). Die Gelenkachse G4 muss als Moduloachse im Bereich -180° bis $+180^\circ$ konfiguriert sein.

Die Transformation darf nur mit korrekt eingestellten Softwareendschaltern benutzt werden. Insbesondere die Endschalter von Achse 3 hängen von den Bewegungen von Achse 2 ab. Ohne Endschalter kann diese Transformation den Roboter beschädigen!

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C (G1, G2, G3, G4)	
Achsindex	0, 1, 2, 3	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, C	-

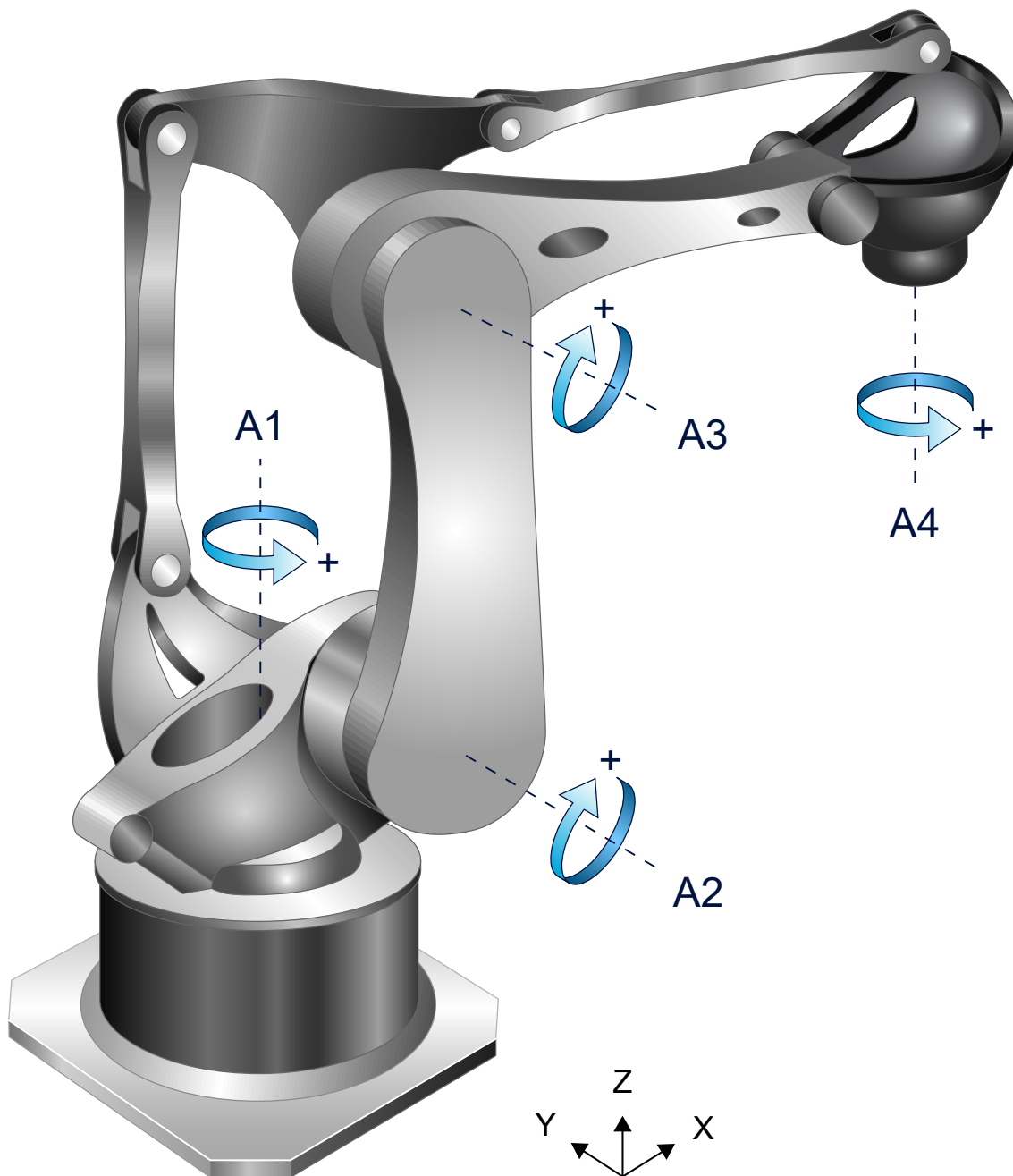


Abb. 129: 4-achsiger Palletierroboter

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	X-Versatz Gelenkachse G2	1.0 E-4 mm
HD2	1	Z-Versatz Gelenkachse G2	1.0 E-4 mm
HD3	2	Länge des ersten Arms (Abstand zwischen G3 und G2)	1.0 E-4 mm
HD4	3	Y-Versatz zwischen G2 und G1	1.0 E-4 mm
HD5	4	Länge des zweiten Arms (Abstand zwischen dem rechten Gelenk des zweiten Arms und G3)	1.0 E-4 mm
HD6	5	Kopflänge (Abstand zwischen G4 und dem rechten Gelenk des zweiten Arms)	1.0 E-4 mm
HD7	6	Y-Versatz des Werkzeugs zu G4	1.0 E-4 mm
HD8	7	X-Versatz des Werkzeugs zu G4	1.0 E-4 mm
HD9	8	Z-Versatz des Werkzeugs zu G4	1.0 E-4 mm

HD10	9	Z-Versatz zwischen G4 und G3	1.0 E-4 mm
------	---	------------------------------	------------

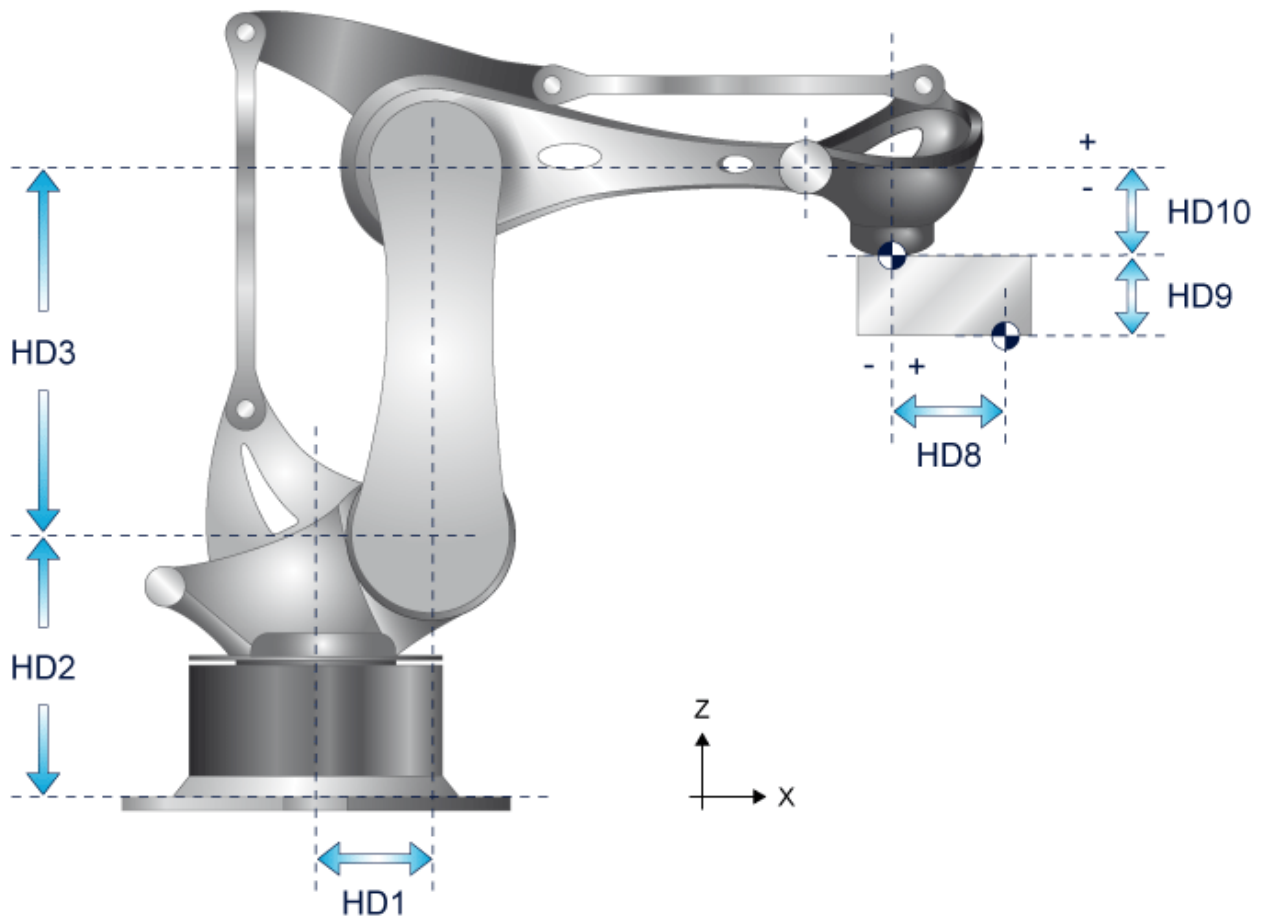


Abb. 130: Seitenansicht HD-Versatzdaten - Palletierroboter

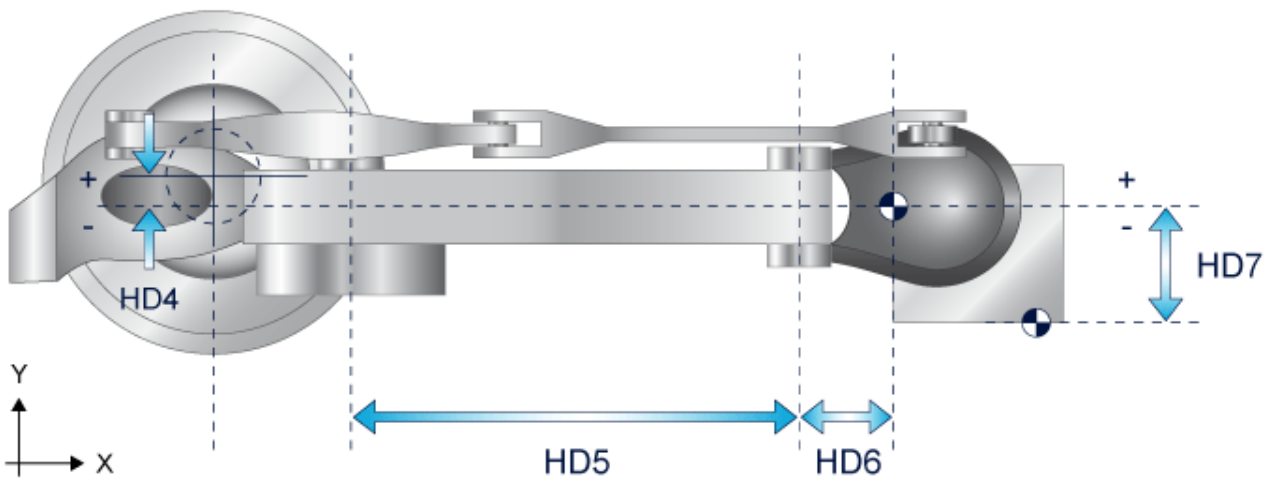


Abb. 131: Draufsicht HD-Versatzdaten - Palletierroboter

3.3 KIN_TYP_206 – 5-Achsroboter auf Lineareinheit

Kinematische Struktur

Die Kinematische Struktur besteht aus einer Lineareinheit, die einen Fünffachs-Roboter trägt.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, A, B, C (A1, A2, A3, A4, A5, A6)	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4, 5	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, A, B, C	-

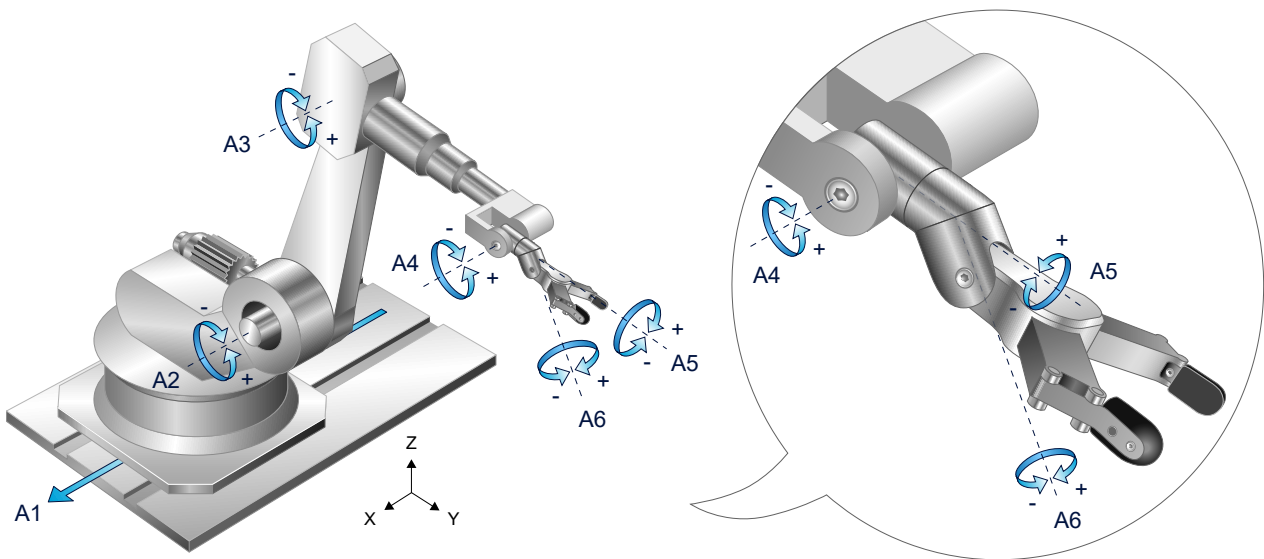


Abb. 132: 5-Achsroboter auf Lineareinheit

Achskonfiguration

Die folgende Achskonfiguration wird empfohlen.

Achsname	Achstyp (P-AXIS-00018)	Achsmodus (P-AXIS-00015)
A1	Linear	Linear
A2	Rotation	Linear
A3	Rotation	Linear
A4	Rotation	Modulo, 0° bis 360° oder Linear
A5	Rotation	Modulo, 0° bis 360°
A6	Rotation	Modulo, 0° bis 360°



Um die Gefahr von Kollisionen zu verringern können für Achsen mit linearem Achsmodus Softwareendschalter konfiguriert werden.

Die Lage der Achsen im Raum wird in der Nulllage der Maschine beschrieben. Für jede Rotationsachse wird ein Aufhängepunkt im Maschenkoordinatensystem angegeben.

Zu jeder Achse gibt es einen Längen- bzw. Winkeloffset.

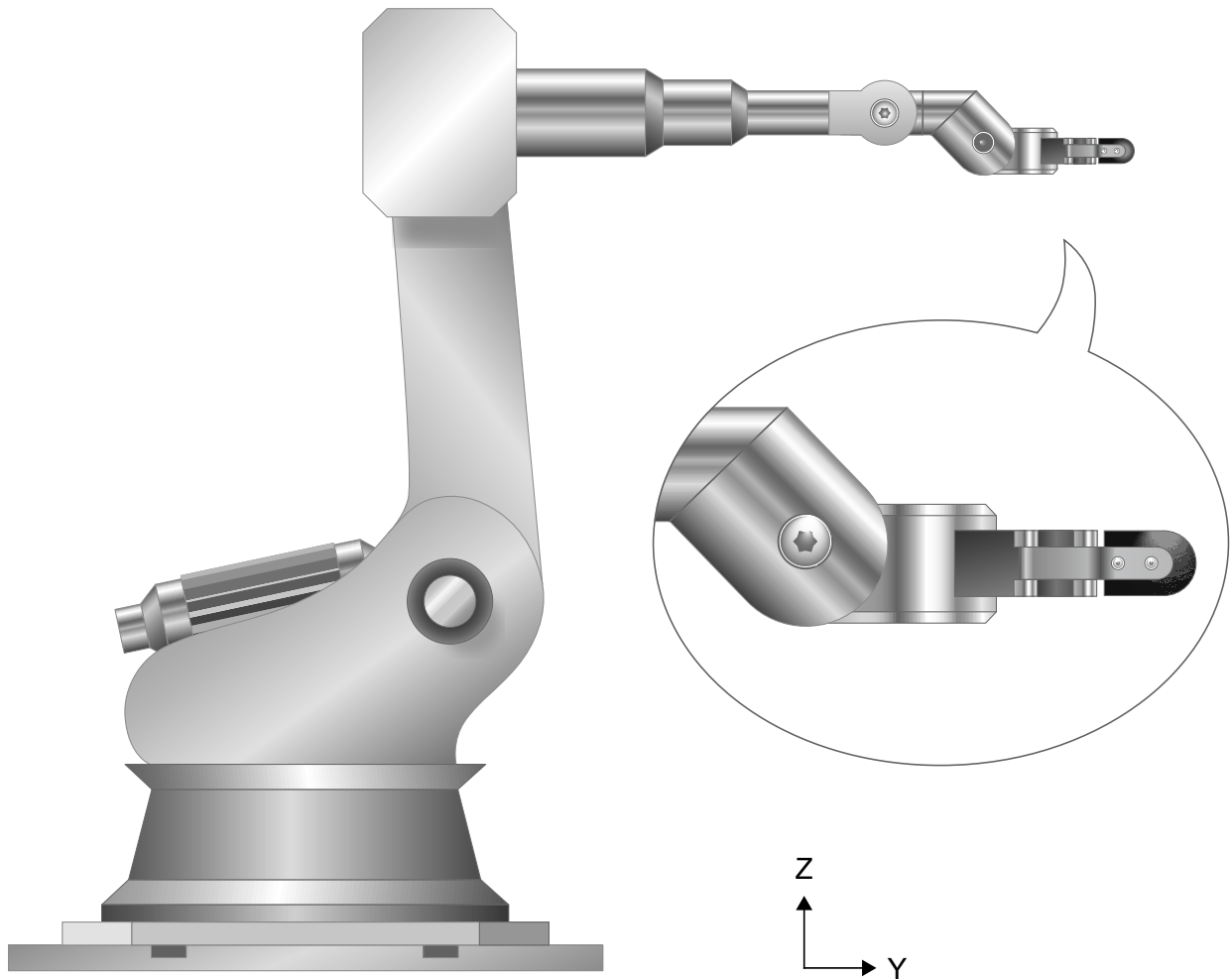


Abb. 133: Beispiel einer Nullstellung

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Werkzeugversatz in X-Richtung	1.0 E-4 mm
HD2	1	Werkzeugversatz in Y-Richtung	1.0 E-4 mm
HD3	2	Werkzeugversatz in Z-Richtung	1.0 E-4 mm
HD4	3	Werkzeugrotation um die Z"-Achse	1.0 E-4°
HD5	4	Werkzeugrotation um die Y'-Achse	1.0 E-4°
HD6	5	Werkzeugrotation um die X-Achse	1.0 E-4°
HD7-HD9	6-8	-	
HD10	9	Abweichung A1 in XZ-Ebene	1.0 E-4°
HD11	10	Abweichung A1 in XY-Ebene	1.0 E-4°
HD12	11	Längenoffset für A1	1.0 E-4 mm
HD13	12	X-Koordinate des Aufhängepunktes von A2	1.0 E-4 mm
HD14	13	Y-Koordinate des Aufhängepunktes von A2	1.0 E-4 mm
HD15	14	Z-Koordinate des Aufhängepunktes von A2	1.0 E-4 mm
HD16	15	Abweichung A2 in XZ-Ebene	1.0 E-4°
HD17	16	Abweichung A2 in XY-Ebene	1.0 E-4°
HD18	17	Winkeloffset für A2	1.0 E-4°
HD19	18	X-Koordinate des Aufhängepunktes von A3	1.0 E-4 mm
HD20	19	Y-Koordinate des Aufhängepunktes von A3	1.0 E-4 mm

HD21	20	Z-Koordinate des Aufhängepunktes von A3	1.0 E-4 mm
HD22	21	Abweichung A3 in XZ-Ebene	1.0 E-4°
HD23	22	Abweichung A3 in XY-Ebene	1.0 E-4°
HD24	23	Winkeloffset für A3	1.0 E-4°
HD25	24	X-Koordinate des Aufhängepunktes von A4	1.0 E-4 mm
HD26	25	Y-Koordinate des Aufhängepunktes von A4	1.0 E-4 mm
HD27	26	Z-Koordinate des Aufhängepunktes von A4	1.0 E-4 mm
HD28	27	Abweichung A4 in XZ-Ebene	1.0 E-4°
HD29	28	Abweichung A4 in XY-Ebene	1.0 E-4°
HD30	29	Winkeloffset für A4	1.0 E-4°

HD31	30	X-Koordinate des Aufhängepunktes von A5	1.0 E-4 mm
HD32	31	Y-Koordinate des Aufhängepunktes von A5	1.0 E-4 mm
HD33	32	Z-Koordinate des Aufhängepunktes von A5	1.0 E-4 mm
HD34	33	Abweichung A5 in YZ-Ebene	1.0 E-4°
HD35	34	Abweichung A5 in XY-Ebene	1.0 E-4°
HD36	35	Winkeloffset für A5	1.0 E-4°
HD37	36	X-Koordinate des Aufhängepunktes von A6	1.0 E-4 mm
HD38	37	Y-Koordinate des Aufhängepunktes von A6	1.0 E-4 mm
HD39	38	Z-Koordinate des Aufhängepunktes von A6	1.0 E-4 mm
HD40	39	Abweichung A6 in XZ-Ebene	1.0 E-4°
HD41	40	Abweichung A6 in XY-Ebene	1.0 E-4°
HD42	41	Winkeloffset für A6	1.0 E-4°
HD43	42	Kardanwinkel alpha der A6-Achse	1.0 E-4°

Werkzeugversatzdaten der Kinematik

Für ein an der Achse A6 angeflanshtes Werkzeug stehen die Parameter HD1 bis HD6 zur Verfügung.



Falls eine Werkzeuglänge aktiv ist (`V.G.WZ_AKT.L`.), wird sie auf `HD2` addiert.

3.4 KIN_TYP_208 – 4 Achsroboter auf Lineareinheit

Kinematische Struktur

Die Kinematische Struktur besteht aus einer Lineareinheit, die einen Vierachs-Roboter trägt.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C, A, (A1, A2, A3, A4, A5,)	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, C, A,	-

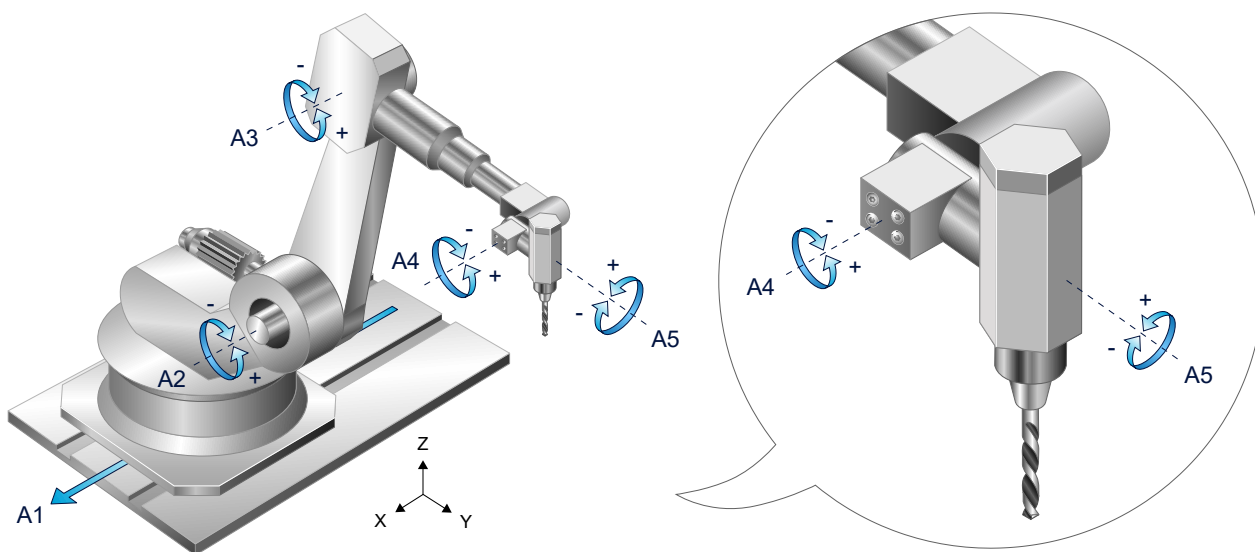


Abb. 134: 4-Achsroboter auf Lineareinheit

Achskonfiguration

Die folgende Achskonfiguration wird empfohlen.

Achsname	Achstyp (P-AXIS-00018)	Achsmodus (P-AXIS-00015)
A1	Linear	Linear
A2	Rotation	Linear
A3	Rotation	Linear
A4	Rotation	Linear, Modulobereich -180° bis 180°
A5	Rotation	Linear, Modulobereich -180° bis 180°

i Um die Gefahr von Kollisionen zu verringern können für Achsen mit linearem Achsmodus Softwareendschalter konfiguriert werden.

Die Lage der Achsen im Raum wird in der Nulllage der Maschine beschrieben. Für jede Rotationsachse wird ein Aufhängepunkt im Maschenkoordinatensystem angegeben.

Zu jeder Achse gibt es einen Längen- bzw. Winkeloffset.

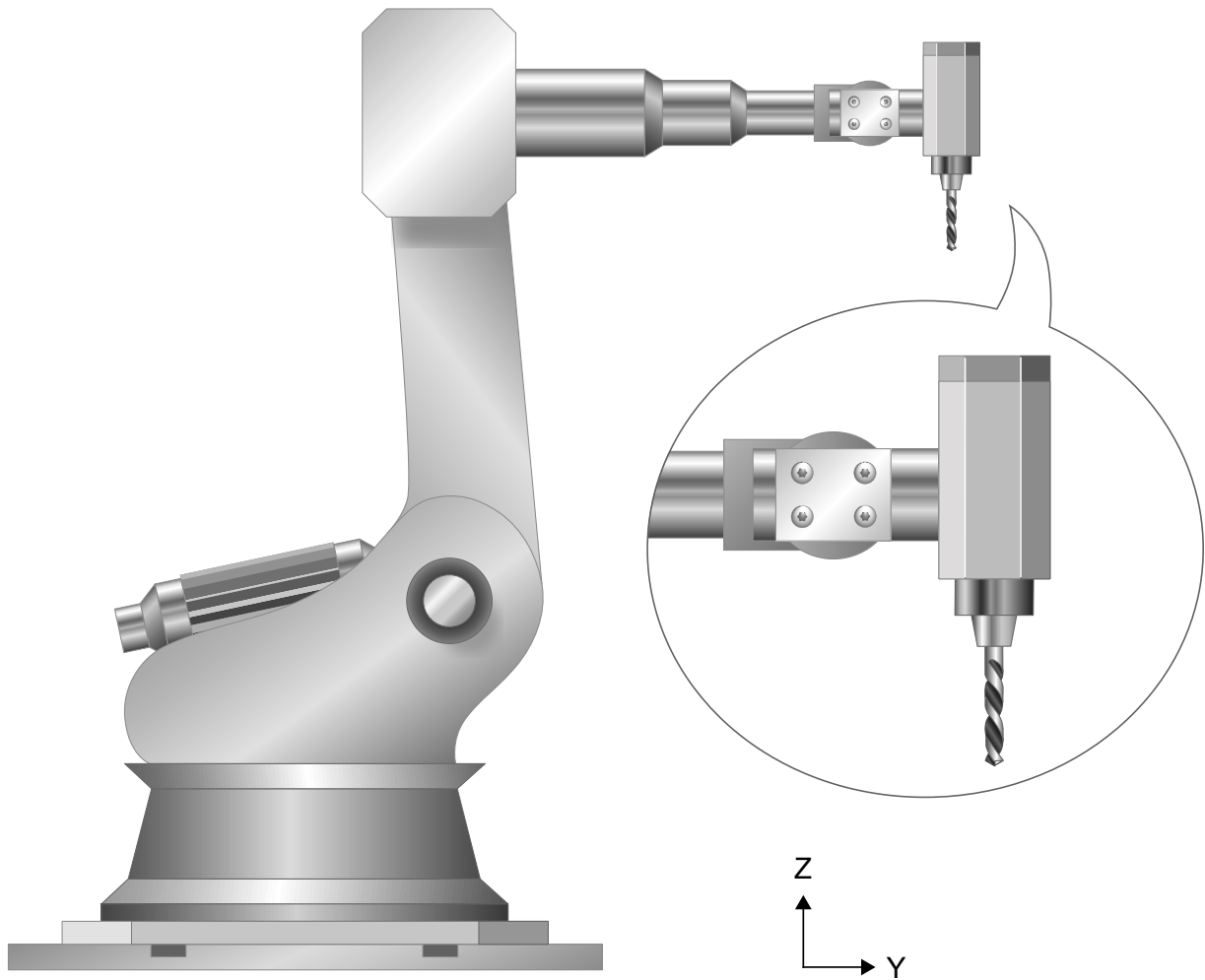


Abb. 135: Beispiel einer Nullstellung

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Werkzeugversatz in X-Richtung	1.0 E-4 mm
HD2	1	Werkzeugversatz in Y-Richtung	1.0 E-4 mm
HD3	2	Werkzeugversatz in Z-Richtung	1.0 E-4 mm
HD4	3	Werkzeugrotation um die Z"-Achse	1.0 E-4°
HD5	4	Werkzeugrotation um die Y'-Achse	1.0 E-4°
HD6	5	Werkzeugrotation um die X-Achse	1.0 E-4°
HD7-HD9	6-8	-	
HD10	9	Abweichung A1 in XZ-Ebene	1.0 E-4°
HD11	10	Abweichung A1 in XY-Ebene	1.0 E-4°
HD12	11	Längenoffset für A1	1.0 E-4 mm
HD13	12	X-Koordinate des Aufhängepunktes von A2	1.0 E-4 mm
HD14	13	Y-Koordinate des Aufhängepunktes von A2	1.0 E-4 mm
HD15	14	Z-Koordinate des Aufhängepunktes von A2	1.0 E-4 mm
HD16	15	Abweichung A2 in XZ-Ebene	1.0 E-4°
HD17	16	Abweichung A2 in XY-Ebene	1.0 E-4°
HD18	17	Winkeloffset für A2	1.0 E-4°
HD19	18	X-Koordinate des Aufhängepunktes von A3	1.0 E-4 mm
HD20	19	Y-Koordinate des Aufhängepunktes von A3	1.0 E-4 mm

HD21	20	Z-Koordinate des Aufhängepunktes von A3	1.0 E-4 mm
HD22	21	Abweichung A3 in XZ-Ebene	1.0 E-4°
HD23	22	Abweichung A3 in XY-Ebene	1.0 E-4°
HD24	23	Winkeloffset für A3	1.0 E-4°
HD25	24	X-Koordinate des Aufhängepunktes von A4	1.0 E-4 mm
HD26	25	Y-Koordinate des Aufhängepunktes von A4	1.0 E-4 mm
HD27	26	Z-Koordinate des Aufhängepunktes von A4	1.0 E-4 mm
HD28	27	Abweichung A4 in XZ-Ebene	1.0 E-4°
HD29	28	Abweichung A4 in XY-Ebene	1.0 E-4°
HD30	29	Winkeloffset für A4	1.0 E-4°

HD31	30	X-Koordinate des Aufhängepunktes von A5	1.0 E-4 mm
HD32	31	Y-Koordinate des Aufhängepunktes von A5	1.0 E-4 mm
HD33	32	Z-Koordinate des Aufhängepunktes von A5	1.0 E-4 mm
HD34	33	Abweichung A5 in YZ-Ebene	1.0 E-4°
HD35	34	Abweichung A5 in XY-Ebene	1.0 E-4°
HD36	35	Winkeloffset für A5	1.0 E-4°

Werkzeugversatzdaten der Kinematik

Für ein an der Achse A5 angeflanshtes Werkzeug stehen die Parameter HD1 bis HD6 zur Verfügung.

i Falls eine Werkzeuglänge aktiv ist (`V.G.WZ_AKT.L`.), wird sie auf `HD3` addiert.

Verwenden von Koordinatensystemen (#CS-Befehl)

Wenn ein Koordinatensystem (#CS-Befehl) verwendet werden soll, dann muss der Kanalparameter P-CHAN-00247 auf 1 gesetzt werden.

Bei nichtgesetztem P-CHAN-00247 ist der #CS-Befehl wirkungslos.

4 Klassifizierung der Transformationen

Abhängig von deren Eigenschaften lassen sich die in den ersten beiden Kapiteln aufgeführten Transformationen wie folgt einordnen:

4.1 Transformationstyp

Trafo-ID	Typ	Achsanzahl	Anzahl Werkstückachsen	Besonderheiten
1 [▶ 16]	RTCP	5		
2 [▶ 20]	RTCP	5		
3 [▶ 22]	RTCP	4		
4 [▶ 24]	RTCP	4		
5 [▶ 26]	RTCP	4		
6 [▶ 30]	RTCP	4		
7 [▶ 32]	RTCP	5		
8 [▶ 36]	RTCP	5		
9 [▶ 40]	RTCP	5		
10 [▶ 43]	RTCP	5		
11 [▶ 45]	RTCP	5		
12 [▶ 48]	Vollständig	3		3 achsige Parallelkinematik mit konstanter Orientierung
16 [▶ 53]	RTCP	5		
17 [▶ 56]	RTCP	5		3 Maschinenachsen, 2 Hilfsachsen
18 [▶ 59]	RTCP	5		3 Maschinenachsen, 2 Hilfsachsen
19 [▶ 61]	Vollständig	5		3 Säulen Parallelkinematik, 5 Maschinenachsen
21 [▶ 64]	Vollständig	4		LAMBDA Scherenkinematik mit Kompensation von rot. C Achse, konstante Orientierung, 4 Maschinenachsen
22 [▶ 68]	RTCP	5	2	2 Achsen im Werkstück, 3 Maschinenachsen
23 [▶ 70]	RTCP	5		
25 [▶ 72]	RTCP	5		
28 [▶ 76]	RTCP	5		
30 [▶ 79]	RTCP	4		
33 [▶ 81]	RTCP	5		
34 [▶ 84]	RTCP	4		
36 [▶ 162]	RTCP	4		SCARA

Trafo-ID	Typ	Achsanzahl	Anzahl Werkstückachsen	Besonderheiten
37 [▶ 86]	Vollständig	3		Flexpicker
45 [▶ 166]	Vollständig	6		6 Achs-Gelenkarmroboter
52 [▶ 89]	RTCP	5		
57 [▶ 91]	RTCP	5		Dreh-/Schwenktisch
58 [▶ 95]	RTCP	5		Dreh-/Schwenktisch

Trafo-ID	Typ	Achsanzahl	Anzahl Werkstückachsen	Besonderheiten
59 [▶ 99]	RTCP	5		Kardankopf
60 [▶ 109]	RTCP	5		Kardankopf
61 [▶ 114]	RTCP	5		
63 [▶ 119]	RTCP	5		
64 [▶ 124]	RTCP	6		
70 [▶ 128]	RTCP	5		
76 [▶ 131]	Vollständig	5		mechanischer TCP
80 [▶ 135]	RTCP	5		
81 [▶ 140]	RTCP	5		
82 [▶ 145]	RTCP	6		
85 [▶ 149]	RTCP	2		
96 [▶ 174]	Vollständig	4		4-Achs Palletierroboter
206 [▶ 177]	Vollständig	5		5-Achsroboter aus Lineareinheit
207 [▶ 151]	RTCP	5		
208 [▶ 180]	Vollständig	4		4-Achsroboter aus Lineareinheit
209 [▶ 154]	RTCP	5		Tripod mit Drehschwenktisch

4.2 Kinematiktyp

Trafo-ID	Mit Drehtisch	Roboter kinematik	Parallel kinematik	Scheren kinematik	Mit manueller Achse
1 [▶ 16]	1				
2 [▶ 20]					
3 [▶ 22]					
4 [▶ 24]					
5 [▶ 26]					
6 [▶ 30]					
7 [▶ 32]					1
8 [▶ 36]					1
9 [▶ 40]					
10 [▶ 43]					
11 [▶ 45]	1				
12 [▶ 48]			1		
16 [▶ 53]					
17 [▶ 56]					1
18 [▶ 59]					1
19 [▶ 61]			1		
21 [▶ 64]				1	
22 [▶ 68]					
23 [▶ 70]	1				
25 [▶ 72]					
28 [▶ 76]					

Trafo-ID	Mit Drehtisch	Roboter kinematik	Parallel kinematik	Scheren kinematik	Mit manueller Achse
30 [▶ 79]					
33 [▶ 81]					
34 [▶ 84]	1				
36 [▶ 162]		1			
37 [▶ 86]			1		
45 [▶ 166]		1			
52 [▶ 89]	1				
57 [▶ 91]	1				
58 [▶ 95]	1				
59 [▶ 99]					

Trafo-ID	Mit Drehtisch	Roboter kinematik	Parallel kinematik	Scheren kinematik	Mit manueller Achse
60 [▶ 109]					
61 [▶ 114]	1				
63 [▶ 119]	1				
64 [▶ 124]	1				
70 [▶ 128]					
76 [▶ 131]					
80 [▶ 135]	1				
81 [▶ 140]	1				
82 [▶ 145]	1				
85 [▶ 149]		1			
96 [▶ 174]		1			
206 [▶ 177]		1			
207 [▶ 151]					1
208 [▶ 180]		1			
209 [▶ 154]	1				

4.3 Anwendung

Trafo-ID	5-Achs-bearbeitung	Fräsen	Bohren	Sägen	Plasma-schneiden	Laser-schneiden
1 [▶ 16]	1	1	1			
2 [▶ 20]	1	1	1			
3 [▶ 22]		1	1			
4 [▶ 24]		1	1			
5 [▶ 26]		1	1			
6 [▶ 30]		1	1			
7 [▶ 32]		1	1			
8 [▶ 36]				1		
9 [▶ 40]	1	1	1			
10 [▶ 43]				1		

Trafo-ID	5-Achs- bearbeitung	Fräsen	Bohren	Sägen	Plasma- schneiden	Laser- schneiden
11 [▶ 45]	1	1				
12 [▶ 48]		1	1			
16 [▶ 53]	1	1	1			
17 [▶ 56]		1	1			
18 [▶ 59]				1		
19 [▶ 61]		1	1			
21 [▶ 64]		1				
22 [▶ 68]	1	1	1			1
23 [▶ 70]	1	1	1			
25 [▶ 72]	1	1	1		1	1
28 [▶ 76]	1	1	1			
30 [▶ 79]		1	1			
33 [▶ 81]	1	1				
34 [▶ 84]		1	1			
36 [▶ 162]		1	1			
37 [▶ 86]		1	1			
45 [▶ 166]	1	1	1			
52 [▶ 89]	1	1	1			
57 [▶ 91]	1	1	1			
58 [▶ 95]	1	1	1			
59 [▶ 99]	1	1	1			

Trafo-ID	5-Achs- bearbeitung	Fräsen	Bohren	Sägen	Plasma- schneiden	Laser- schneiden
60 [▶ 109]	1	1	1			
61 [▶ 114]	1	1	1			
63 [▶ 119]	1	1	1			
64 [▶ 124]	1	1	1			
70 [▶ 128]	1	1	1			
76 [▶ 131]	1					
80 [▶ 135]	1	1	1			
81 [▶ 140]	1	1	1			
82 [▶ 145]	1	1	1			
85 [▶ 149]						
96 [▶ 174]						
206 [▶ 177]	1	1	1			
207 [▶ 151]	1	1	1			
208 [▶ 180]	1	1	1			
209 [▶ 154]	1	1	1			

4.4 Transformationen der Rohrbearbeitung

Trafo-ID	Beschreibung
15	Rundrohr, Mantelfläche (3/4-achsig)
78	Rundrohr, Projektion (3/4-achsig)
79	Mehrkantrohr, Profilrohr (3/4-achsig)
90	Rundrohr, Mantelfläche (5/6-achsig)
93	Mehrkantrohr, Profilrohr (5/6-achsig)

Weitere Informationen zur Rohrbearbeitung finden Sie auf unserer Produktseite im Bereich **TF5290 | TC3 CNC Cutting Plus** <https://www.beckhoff.de/tf5290>

Funktionsbeschreibungen zu diesen Transformationen finden Sie im Beckhoff Information System

TwinCAT 3 > TFxxx | TC3 Functions > TF5xxx - Motion > TF52xx - TC3 CNC > **Rohrbearbeitung**

https://infosys.beckhoff.de/content/1031/tf5290_tube_processing/index.html

5 Begriffsdefinitionen

Allgemein:

ID	Identifizier; allg. Kennung
RT	Rückwärtstransformation
TCP	Tool-Center-Point; Mittelpunkt des Fräsers
VT	Vorwärtstransformation
MCS	Maschinenkoordinatensystem
WCS	Werkstückkoordinatensystem

sonstige Abkürzungen:

HD	Kinematikversatzmaß (Head distance)
----	-------------------------------------

6 Support und Service

Beckhoff und seine weltweiten Partnerfirmen bieten einen umfassenden Support und Service, der eine schnelle und kompetente Unterstützung bei allen Fragen zu Beckhoff Produkten und Systemlösungen zur Verfügung stellt.

Downloadfinder

Unser [Downloadfinder](#) beinhaltet alle Dateien, die wir Ihnen zum Herunterladen anbieten. Sie finden dort Applikationsberichte, technische Dokumentationen, technische Zeichnungen, Konfigurationsdateien und vieles mehr.

Die Downloads sind in verschiedenen Formaten erhältlich.

Beckhoff Niederlassungen und Vertretungen

Wenden Sie sich bitte an Ihre Beckhoff Niederlassung oder Ihre Vertretung für den [lokalen Support und Service](#) zu Beckhoff Produkten!

Die Adressen der weltweiten Beckhoff Niederlassungen und Vertretungen entnehmen Sie bitte unserer Internetseite: www.beckhoff.com

Dort finden Sie auch weitere Dokumentationen zu Beckhoff Komponenten.

Beckhoff Support

Der Support bietet Ihnen einen umfangreichen technischen Support, der Sie nicht nur bei dem Einsatz einzelner Beckhoff Produkte, sondern auch bei weiteren umfassenden Dienstleistungen unterstützt:

- Support
- Planung, Programmierung und Inbetriebnahme komplexer Automatisierungssysteme
- umfangreiches Schulungsprogramm für Beckhoff Systemkomponenten

Hotline: +49 5246 963-157
E-Mail: support@beckhoff.com

Beckhoff Service

Das Beckhoff Service-Center unterstützt Sie rund um den After-Sales-Service:

- Vor-Ort-Service
- Reparaturservice
- Ersatzteilservice
- Hotline-Service

Hotline: +49 5246 963-460
E-Mail: service@beckhoff.com

Beckhoff Unternehmenszentrale

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

Hülshorstweg 20
33415 Verl
Deutschland

Telefon: +49 5246 963-0
E-Mail: info@beckhoff.com
Internet: www.beckhoff.com

Mehr Informationen:
www.beckhoff.de/TF5240

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG
Hülshorstweg 20
33415 Verl
Deutschland
Telefon: +49 5246 9630
info@beckhoff.com
www.beckhoff.com

