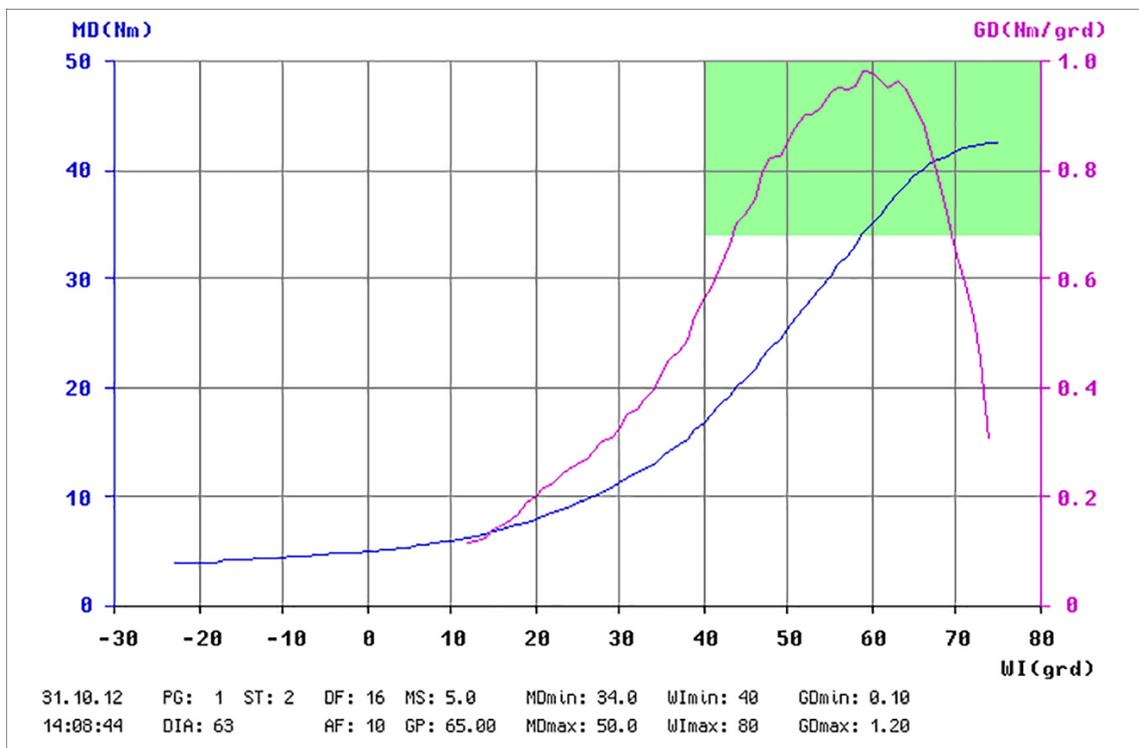


## Schraubverfahren



Copyright © 2023 Apex Brands, Inc. All rights reserved.

### **Haftungsausschluss**

Apex Tool Group behält sich das Recht vor, dieses Dokument oder das Produkt auch ohne vorherige Ankündigung zu modifizieren, zu ergänzen oder zu verbessern.

### **Markenzeichen**

Cleco® ist eine eingetragene Marke von Apex Brands, Inc.

### **Apex Tool Group**

670 Industrial Drive  
Lexington, SC 29072  
USA

Hersteller

#### **Apex Tool Group GmbH**

Industriestraße 1  
73463 Westhausen  
Germany

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Zu diesem Dokument .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Grundsätzliche Schraubverfahren .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Anzugs-Schraubverfahren .....</b>	<b>7</b>
3.1	Diagramm 10: Findestufe .....	7
3.2	Diagramm 11: Anlegestufe .....	8
3.3	Diagramm 13: MD gesteuert, Einschraubüberwachung .....	9
3.4	Diagramm 20: MD gesteuert .....	13
3.5	Diagramm 30: MD gesteuert, WI überwacht .....	14
3.6	Diagramm 31: MD gesteuert, erweiterte Überwachung .....	15
3.7	Diagramm 50: WI gesteuert, MD überwacht .....	20
3.8	Diagramm 51: WI gesteuert, erweiterte Überwachung .....	22
3.9	Diagramm 63: GD gesteuert, Streckgrenze .....	27
3.10	Diagramm 73: MD gesteuert, WI/GD überwacht .....	29
3.11	Diagramm 75: WI gesteuert, MD/GD überwacht .....	30
3.12	Diagramm 78: MD/WI gesteuert, GD überwacht .....	31
3.13	Diagramm 80: Drehmoment/Winkel gesteuert .....	33
<b>4</b>	<b>Löse-Schraubverfahren .....</b>	<b>35</b>
4.1	Diagramm 41: Lösen, WI gesteuert .....	35
4.2	Diagramm 46: Lösen, WI/MD gesteuert .....	36
4.3	Diagramm 47: Lösen, bis Restmoment .....	38
4.4	Diagramm 48: Lösen, erweiterte Überwachung .....	41
<b>5</b>	<b>Spezielle Schraubverfahren .....</b>	<b>44</b>
5.1	Diagramm 15: DDM, Reibmomentmessung .....	44
5.2	Diagramm 16: Positionieren .....	45
5.3	Diagramm 21: Gegenhalten .....	46
5.4	Diagramm 32: MD gesteuert, kompensiert .....	47
5.5	Diagramm 33: Kontrolliertes Halten .....	49
5.6	Diagramm 35: Vorspannkraft .....	51
5.7	Diagramm 56: DDM, WI gesteuert .....	55
5.8	Diagramm 94: Lenkungsmitteneinstellung .....	58
5.9	Diagramm 97: WI/Zeit gesteuert, Kupplung überwacht .....	60
<b>6</b>	<b>Optionen .....</b>	<b>63</b>
6.1	Redundanz .....	63
6.1.1	Aufnehmerredundanz .....	64
6.1.2	Strom/Resolverredundanz .....	64
6.1.3	Resolverredundanz .....	66
6.1.4	Winkelredundanz .....	67

6.1.5	Redundanzkurve.....	67
6.2	Statische Stromkalibrierung.....	68
6.3	Dynamische Stromkalibrierung.....	70
6.3.1	Dynamische Stromkalibrierung aktivieren .....	71
6.3.2	Dynamische Stromfaktoren/Kalibrierlauf .....	71
6.3.3	Stromredundanzwerte anzeigen.....	73
6.3.4	Dynamische Stromkalibrierung rücksetzen .....	73
6.4	PCR – automatische Sicherheit bei Handschraubern .....	74
6.5	Lösen ohne Produktgruppen-Vorwahl (TM_LL) .....	74
6.6	Systeminformation .....	75
6.6.1	Wartungsinformationen.....	75
6.6.2	MFU-Daten (software-, werkzeugabhängig).....	76
6.7	Zeitkonstanten .....	77
<b>7</b>	<b>Softwareabhängige Optionen.....</b>	<b>78</b>
7.1	Stick-Slip .....	78
7.2	Gradientenbewertung im Abschaltpunkt.....	78
7.3	Drehmoment halten .....	78
7.4	Erkennung Schraubenbruch .....	79
7.5	Fügapunkterkennung.....	79
7.6	Drehzahlumschaltung.....	81
<b>8</b>	<b>Spezial-Parameter .....</b>	<b>82</b>

# 1 Zu diesem Dokument

Dieses Dokument richtet sich an Fachkräfte für Installation, Verfahrens-, Prozess- und Qualitätstechnik (Administratoren, Instandhalter, Service).

Es enthält Informationen zu Schraubverfahren für elektrisch gesteuerte Werkzeuge.

Die Originalsprache dieses Dokuments ist Deutsch.

## Auszeichnung im Text

- kursiv* Kennzeichnet Menüoptionen (z. B. Diagnose), Eingabefelder, Kontrollkästchen, Optionfelder, Dropdownmenüs oder Pfade.
- > Kennzeichnet die Auswahl einer Menüoption aus einem Menü, z. B. *Datei > Drucken*.
- <...> Kennzeichnet Schalter, Schaltflächen oder Tasten einer externen Tastatur, z. B. <F5>.
- Courier* Kennzeichnet Dateinamen, z. B. *setup.exe*.
- Kennzeichnet Listen, Ebene 1.
- Kennzeichnet Listen, Ebene 2.
- a) Kennzeichnet Optionen
- b)
- Kennzeichnet Resultate.
- 1. (...) Kennzeichnet eine Abfolge von Handlungsschritten.
- 2. (...)
- ▶ Kennzeichnet einen einzelnen Handlungsschritt.

## Abkürzungen

Abkürzungen	Beschreibung
Abk.	Abkürzung
IO	Ergebnis ist in Ordnung. Das Ergebnis liegt innerhalb der Zielwerttoleranzen.
MD	Drehmoment
NIO	Ergebnis ist nicht in Ordnung. Das Ergebnis liegt außerhalb der Zielwerttoleranzen.
WI	Winkel

## Grundsätzliche Schraubverfahren

### Drehmomentgesteuertes Anziehen

Bei drehmomentgesteuertem Anziehen wird die Schraube bis auf ein Ziel-Drehmoment angezogen. Aus dem Ziel-Drehmoment und der Gewindeübersetzung resultiert eine Klemmkraft.

Das benötigte Drehmoment ist abhängig von der Reibung unterhalb des Schraubenkopfs und der Reibung innerhalb des Gewindes. Da diese Reibung von der Materialpaarung und eventuell von reibungsreduzierenden Schmiermitteln abhängig ist, muss für die Absicherung dieses Verfahrens der Anzugswinkel ebenfalls überwacht und durch entsprechende Minimal- und Maximalgrenzen eingeeengt werden.

Dieses Schraubverfahren ist in der Praxis einfach einzusetzen und liefert bei nicht zu hohen Genauigkeitsansprüchen gute Wiederholgenauigkeit, falls sich die Randbedingungen (Reibung) nicht zu sehr ändern. Bei höherer Anforderung an die Genauigkeit bzw. bei entsprechenden sich ändernden Randbedingungen muss auf ein Verfahren mit besserer Reproduzierbarkeit vor allem im Hinblick auf die Klemmkraft übergegangen werden.

### Drehwinkelgesteuertes Schraubverfahren (Streckgrenzüberschreitendes Anziehen)

Eine Steuerung über Drehwinkel ist mittelbar eine Steuerung durch Verlängerungsmessung. Da dabei die plastische Verformung der verspannten Teile mitgemessen wird, erhält dieses Verfahren seine größte Genauigkeit erst, wenn die Verbindung mit einer Vorspannkraft vorgespannt wird und dann um einen bestimmten Winkel in den plastischen Bereich der Schraube weiter vorgespannt wird. Da dabei die Streckgrenze immer erreicht oder überschritten wird, ergeben sich Schwankungen in der erzielten Vorspannkraft nur aus der Toleranz der Streckgrenze der Schrauben eines Schraubenloses.

Die größte Genauigkeit wird bei Überschreitung der Streckgrenze des Schraubenwerkstoffes erzielt, wodurch eine plastische Deformation der Schraube in Kauf genommen wird, was deren Wiederverwendbarkeit einschränkt.

Ein Anziehungsfaktor wird für dieses Verfahren nicht benötigt, da die Schrauben nach der minimalen Vorspannkraft dimensioniert werden. Hierbei wird der Schraubwerkstoff optimal ausgenutzt. Der Anziehungsfaktor wird hier mit „1“ angenommen.

### Streckgrenzgesteuertes Schraubverfahren

Streckgrenzgesteuerte Schraubverfahren beruhen darauf, dass bei Erreichen der Streckgrenze des Schraubenwerkstoffes das Anziehdrehmoment nicht mehr linear mit dem Drehwinkel zunimmt. Die Verbindung wird zunächst auf eine Zwischenvorspannkraft angezogen, um alle Trennflächen zur Anlage zu bringen. Danach wird über eine einstellbare Sehnenlänge der Differenzquotient berechnet. Sobald bei Erreichen der Streckgrenze des Schraubenwerkstoffes dieser Differenzquotient auf einen bestimmten Betrag des maximalen Wertes fällt, wird der Anziehvorgang aktiv gestoppt.

Auf diese Weise wird die erzielte Vorspannkraft bei der Montage eines Schrauben- und Bauteilloses weitgehend unabhängig von den Reibeinflüssen. Lediglich die Streuung der Streckgrenze des Schraubenwerkstoffes hat noch erheblichen Einfluss auf die Vorspannkraft. Die Wiederverwendbarkeit von „streckgrenzgesteuert“ angezogenen Schrauben werden praktisch nicht beeinträchtigt. Ein Anziehungsfaktor wird für dieses Verfahren nicht benötigt, da die Schrauben nach der minimalen Vorspannkraft dimensioniert werden. Hierbei wird der Schraubwerkstoff optimal ausgenutzt.

Vorliegender Text ist eine grobe Zusammenfassung aus Auszügen der VDI 2230 und soll nur zum allgemeinen Verständnis dienen.

Nachfolgend beschriebene Schraubverfahren sind in den Cleco®-Schraubersteuerungen vollständig oder zum Teil implementiert und stellen vorgenannte Anziehungsmethoden sowie erweiterte und kombinierte Varianten dar.

## 3 Anzugs-Schraubverfahren

### 3.1 Diagramm 10: Findestufe

Die Findestufe verbessert das sichere Ineinandergreifen von Steckschlüsseinsatz und Schraubenkopf. Dazu wird das Werkzeug im Wechsel in beide Richtungen betrieben.

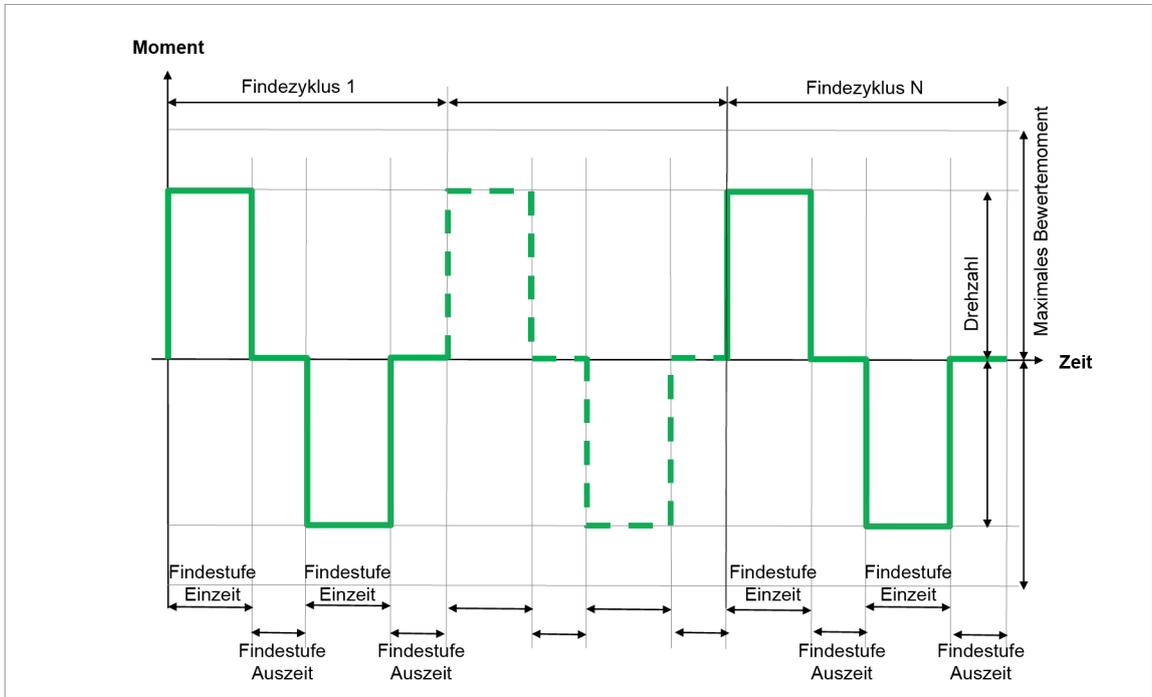


Abb. 3-1: Diagramm 10

Die *Findestufe Einzeit* bestimmt dabei die Dauer der Rechts- bzw. Linksbewegung des Werkzeugs, die *Findestufe Auszeit* bestimmt die Pause nach jeder Bewegung. Ein Findestufenzyklus besteht aus Rechtsdrehung – Pause – Linksdrehung – Pause.

Über den eingebauten Messwertaufnehmer wird das, während des Schraubvorgangs auftretende Drehmoment erfasst und in der Schraubersteuerung verarbeitet. Bei Erreichen von *Max. Bewertungsmoment* oder nach Ablauf der Findestufenzyklen wird das Werkzeug gestoppt. Das zuletzt gemessene Drehmoment wird der Schraubersteuerung zugeführt.

In der Schraubersteuerung werden folgende Parameter eingegeben:

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Dämpfungsfaktor	Anzahl der zur Dämpfung durch Mittelwertbildung verwendete Messwerte	1, 2, 4, 8, 16, 32	DF
Drehzahl	Drehzahlvorwahl; im Bereich der in den Werkzeugkonstanten vorgegebenen Maximaldrehzahl	± Maximaldrehzahl	n (1/min)
Findestufe Einzeit	Für die Dauer dieser Zeit bleibt das Werkzeug ausgeschaltet	Max. 0 ... 29 000	tF aus (ms)
Findestufe Auszeit	Für die Dauer dieser Zeit bleibt das Werkzeug eingeschaltet	Max. 0 ... 29 000	tF ein (ms)
Findezyklen	Anzahl der Findestufenzyklen	1 ... 250	N
Max. Bewertungsmoment	Maximal auftretendes Drehmoment, bei dem die Findestufe vorzeitig beendet wird	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MBmax

<sup>1</sup> Nachfolgende Plausibilitätsprüfung in Bezug auf die Werkzeug-Kapazität (softwareabhängig)

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Maximale Verschraubungszeit	Sicherheitsabschaltung	Ist für alle Werkzeuge einer Werkzeuggruppe in dieser Stufe wirksam	

### 3.2 Diagramm 11: Anlegestufe

Abschaltmoment gesteuertes Anzugsverfahren bis zu einem vorgegebenem parametrierbaren Drehmomentziel. Dieses Schraubverfahren kann als schnelle Voranzugsstufe für Befestigungselemente mit langem Gewindeeingriff oder als eine Möglichkeit zur Verringerung der gesamten Befestigungszykluszeit (Taktzeit) verwendet werden.

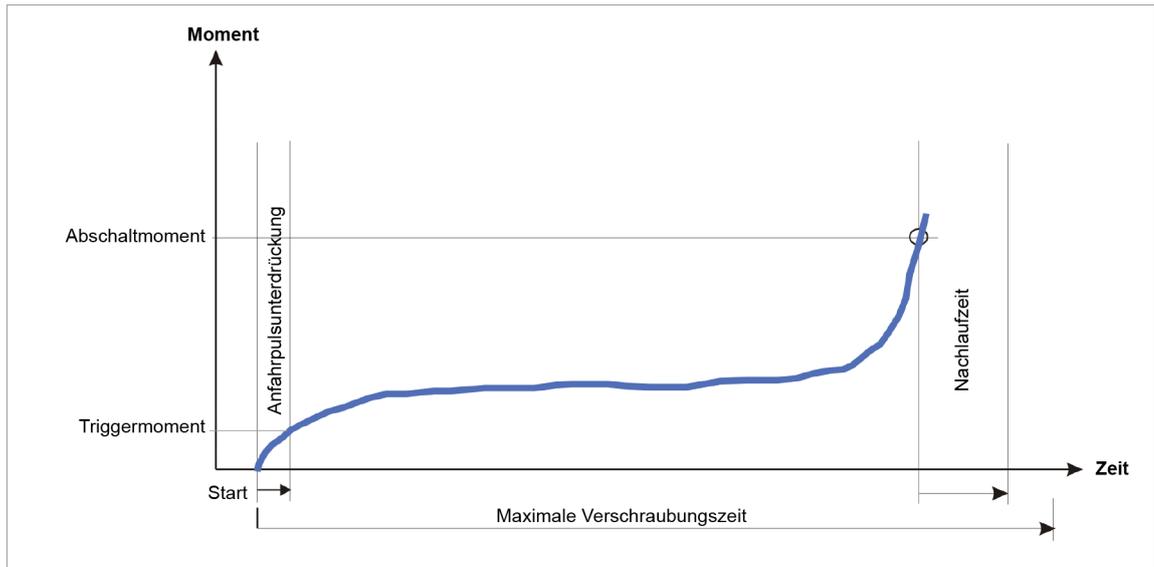


Abb. 3-2: Diagramm 11

Über den eingebauten Messwertempfänger wird das, während des Schraubvorgangs auftretende Drehmoment erfasst und in der Schraubersteuerung verarbeitet. Bei Erreichen vom *Abschaltmoment* wird das Werkzeug gestoppt. Anschließend wird während der Nachlaufzeit das Spitzenmoment erfasst und als Anziehmoment der Schraube, zusammen mit der Bewertung der Verschraubung, der Schraubersteuerung zugeführt.



Es gibt keine maximale oder minimale Drehmomentbegrenzung, noch gibt es eine Bewertung des Winkels.

Bei Erreichen vom *Triggermoment* wird der Drehmomentverlauf aufgezeichnet und kann über die Grafikfunktion dargestellt werden.

In der Schraubersteuerung werden folgende Parameter eingegeben:

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Abschaltmoment	Abschaltmoment der Anlegestufe	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MP
Dämpfungsfaktor	Anzahl der zur Dämpfung durch Mittelwertbildung verwendeter Messwerte	1, 2, 4, 8, 16, 32	DF
Drehzahl	Drehzahlvorwahl; im Bereich der in den Werkzeugkonstanten vorgegebenen Maximaldrehzahl	± Maximaldrehzahl	n (1/min)
Triggermoment	Beginn der Messwertaufzeichnung für die grafische Darstellung	0 ... 1 × MD-Kapazität	MT

<sup>1</sup> Nachfolgende Plausibilitätsprüfung in Bezug auf die Werkzeug-Kapazität (softwareabhängig)

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Maximale Verschraubungszeit	Sicherheitsabschaltung	Ist für alle Werkzeuge einer Werkzeuggruppe in dieser Stufe wirksam	

### 3.3 Diagramm 13: MD gesteuert, Einschraubüberwachung

Abschaltmomentgesteuertes Anziehen bis zu einem Anlegemoment mit Drehmomentkontrolle beim Einschrauben und nachfolgender Drehmomentbewertung.

Dieses Schraubverfahren kann als schnelle Voranzugsstufe mit Einschraubüberwachung und nachfolgender Bewertung eingesetzt werden.

In der Phase 1 kann damit z. B. auf „bereits verschraubt“ geprüft werden. In Phase 2 kann das korrekte Ineingreifen der Gewindeflanken kontrolliert werden oder die korrekte Schraubenlänge und/oder Gewindetiefe. Außerdem ist eine exakte Ermittlung des Fügepunktes möglich. Am Fügepunkt kommen zwei oder mehrere Teile einer lösbaren Verbindung zur Anlage.

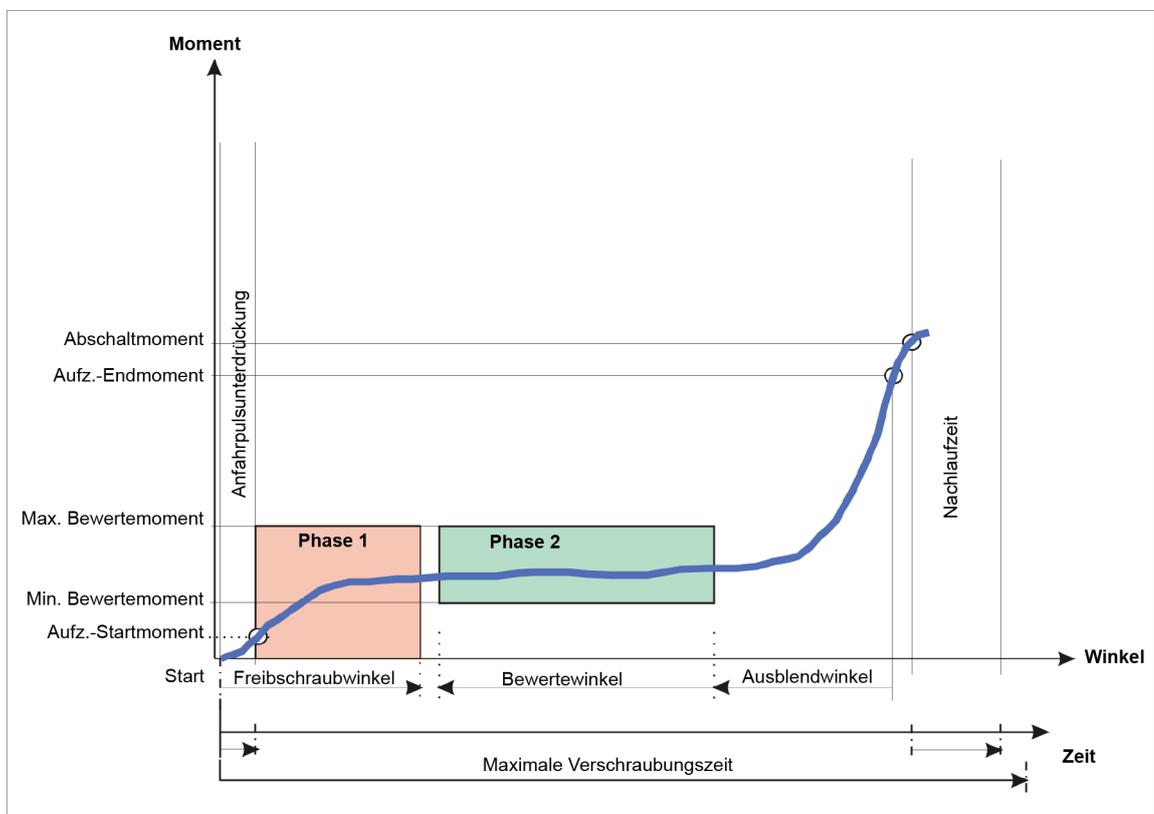


Abb. 3-3: Diagramm 13

Über den eingebauten Messwertaufnehmer wird das, während des Schraubvorgangs auftretende Drehmoment sowie der Drehwinkel erfasst und in der Schraubersteuerung verarbeitet. Ab Start des Werkzeugs bis zum Erreichen von Freischraubwinkel wird das Drehmoment überwacht. Bei Überschreitung von *Max. Bewertungsmoment* in dieser Phase (Phase1) wird der Schraubvorgang sofort mit NIO abgebrochen.

Wird kein Fehler in Phase 1 festgestellt, läuft der Schraubvorgang ohne Unterbrechung weiter. Bei Erreichen von *Abschaltmoment* wird das Werkzeug gestoppt. Anschließend wird während der Nachlaufzeit das Spitzenmoment erfasst und als Anziehmoment der Schraube, zusammen mit der Bewertung der Verschraubung, der Schraubersteuerung zugeführt.

In der Auswertephase (Phase2) werden die aufgezeichneten Werte zwischen dem *Aufz.-Startmoment* und dem *Aufz.-Endmoment* bewertet. Drehmomentwerte, die beginnend von *Aufz.-Endmoment* innerhalb des Ausblendwinkels liegen, bleiben unberücksichtigt. Drehmomentwerte im daran anschließenden Bereich des Bewertungswinkels, werden auf Überschreitung von *Max. Bewertungsmoment* und auf Unterschreitung *Min. Bewertungsmoment* überprüft.

Ausgehend von den aufgezeichneten Messwerten können innerhalb des Bewertewinkels auch Über- und Unterschreitungen der Drehmomentwerte toleriert werden. Die Tolerierung kann mit den Parametern *Überschreitungen* und/oder *Unterschreitungen* begrenzt werden. Bezogen auf die Gesamtzahl der aufgezeichneten Messwerte und der Anzahl der Messwerte, die außerhalb von *Max. Bewertungemoment* bzw. *Min. Bewertungemoment* liegen, wird entweder eine Warnung (P2M<, P2M>) oder eine NIO-Fehlermeldung (P2UN, P2UE, P2UU) ausgegeben.

Die restlichen Messwerte, sofern vorhanden, bleiben unberücksichtigt. Ist die Summe aus *Bewertewinkel* und *Ausblendwinkel* größer als die Anzahl der vorhandenen Messwerte, so wird die Fehlermeldung **FSMUE: Nicht genügend Messwerte und NIO ausgegeben**.

Ab Erreichen vom *Triggermoment* wird der Drehmomentverlauf aufgezeichnet und kann über die Grafikfunktion dargestellt werden. Teilweise beginnt die Aufzeichnung systembedingt früher.

In der Schraubersteuerung werden folgende Parameter eingegeben:

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Abschaltmoment	Abschaltmoment dieser Anlegestufe	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MP
Aufz.- Endmoment	Endmoment der Aufzeichnung, Ende der Aufzeichnung für die nachträgliche Auswertung (Phase 2)	0 ... 1,2 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MAend
Aufz.- Startmoment	Beginn des überwachten Bereiches (Beginn der Winkelzählung)	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MAst
Bewertewinkel	Bereich, der in Phase 2 ausgewertet wird	0 ... 9 999	WiFs (grd)
Dämpfungsfaktor	Anzahl der zur Dämpfung durch Mittelwertbildung verwendeter Messwerte	1, 2, 4, 8, 16, 32	DF
Drehzahl	Drehzahlvorwahl; im Bereich der in den Werkzeugkonstanten vorgegebenen Maximaldrehzahl	± Maximaldrehzahl	n (1/min)
Freischraubwinkel	Dauer des überwachten Bereiches ab Werkzeug-Start in Phase 1	0 ... 9 999	WiFs (grd)
Fügapunkterkennung	<i>siehe Kapitel Fügapunkterkennung, Seite 11</i>		
Max. Bewertungemoment	Maximales Moment im überwachten Bereich, oberer Grenzwert in Phase 1 und Phase 2	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MBmax
Min. Bewertungemoment	Minimales Moment im überwachten Bereich, unterer Grenzwert in Phase 2	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MBmin
Ausblendwinkel	Bereich, der in Phase 2 nicht ausgewertet wird	0 ... 9 999	WiAus (grd)
Triggermoment	Beginn der Messwertaufzeichnung für die grafische Darstellung	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MT
Überschreitungen	Anteil der tolerierten Messwerte, die über dem oberen Grenzwert liegen, bezogen auf die Gesamtzahl der aufgezeichneten Messwerte innerhalb des Bewertungemoments, ohne NIO auszulösen (Phase2)	0 ... 100	pUe (%)
Unterschreitungen	Anteil der tolerierten Messwerte, die unter dem unteren Grenzwert liegen, bezogen auf die Gesamtzahl der aufgezeichneten Messwerte innerhalb des Bewertungemoments, ohne NIO auszulösen (Phase2)	0 ... 100	pUn (%)

<sup>1</sup> Nachfolgende Plausibilitätsprüfung in Bezug auf die Werkzeug-Kapazität (softwareabhängig)

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Maximale Verschraubungszeit	Sicherheitsabschaltung	Ist für alle Werkzeuge einer Werkzeuggruppe in dieser Stufe wirksam	

### Fügepunkterkennung

Am Fügepunkt kommen zwei oder mehrere Teile einer lösbaren Verbindung zur Anlage. Das Kennzeichen einer solchen Anlage ist ein starker Drehmomentanstieg innerhalb weniger Verschraubungswinkel. Durch eine rückwirkende Bewertung der aufgezeichneten Drehmomentwerte und der Ermittlung des Drehmomentanstiegsgradienten, lässt sich der exakte Fügepunkt dieser Voranzugsstufe ermitteln.

Die Fügepunkterkennung ist mit STM Messkarten der Serie S168025-3(...) möglich.



Für die Ermittlung einer exakten Fügepunkterkennung sind folgende Voraussetzungen notwendig:

- Es müssen mindestens 256 Drehmomentwerte innerhalb der Einschraubüberwachung aufgezeichnet worden sein.
- Ein nachfolgendes abschaltwinkelgesteuertes Schraubverfahren mit Drehwinkel- und Drehmomentkontrolle (Endanzugsstufe mit Diagramm 50) ist bei einer Fügepunkt-Erkennung obligatorisch.
- Ein markanter Drehmomentanstieg muss am Ende der Einschraubüberwachung stattgefunden haben. Dies bedeutet, dass das Anlegemoment (Abschaltmoment) der Einschraubüberwachung deutlich über dem Eindreh-Reibmoment liegen muss.
- Das Schwellenmoment der Endanzugsstufe (Diagramm 50) muss unterhalb des Abschaltmomentes der Voranzugsstufe (Diagramm 13) parametrieren werden.
- Die Winkelzählung endet am Abschaltwinkel der Voranzugsstufe (Diagramm 13) und wird erst mit Erreichen des Schwellenmoments der Endanzugsstufe (Diagramm 50) wieder fortgesetzt (Abschaltwinkel = Fügewinkel + Restwinkel). Dadurch muss die Nachlaufzeit der Voranzugsstufe (Diagramm 13), die Verzögerungszeit zwischen den Stufen, sowie die Anfahrpulsunterdrückung der Endanzugsstufe (Diagramm 50) mit „0“ parametrieren werden.
- Bei der Voranzugsstufe (Diagramm 13) ist das Aufzeichnungs-Endmoment so zu wählen, dass der komplette Drehmomentverlauf sich in der Grafikaufzeichnung befindet. Nur dann ist auch gewährleistet, dass die Vorspannkraft reproduzierbar konstant bleibt.

Der Winkel, von Fügepunkt bis zum Abschaltwinkel der Voranzugsstufe, wird als Fügewinkel bezeichnet. Der aus der Voranzugsstufe ermittelte Fügewinkel reduziert den Abschaltwinkel der Endanzugsstufe (Restwinkel). Somit ist der Winkel, ab dem Fügepunkt der Voranzugsstufe bis zum Stillstand des Werkzeugs in der Endanzugsstufe, konstant. Dies wiederum bewirkt, dass die Vorspannkraft der Voranzugsstufe auch in der Endanzugsstufe berücksichtigt wird, um eine Überschreitung der maximalen Vorspannkraft der Endanzugsstufe zu verhindern.

Fehler innerhalb des Schraubverfahrens mit Fügepunkterkennung werden bewertet und zusammen mit den Anziehwerten der Schraube der Schraubersteuerung zugeführt.

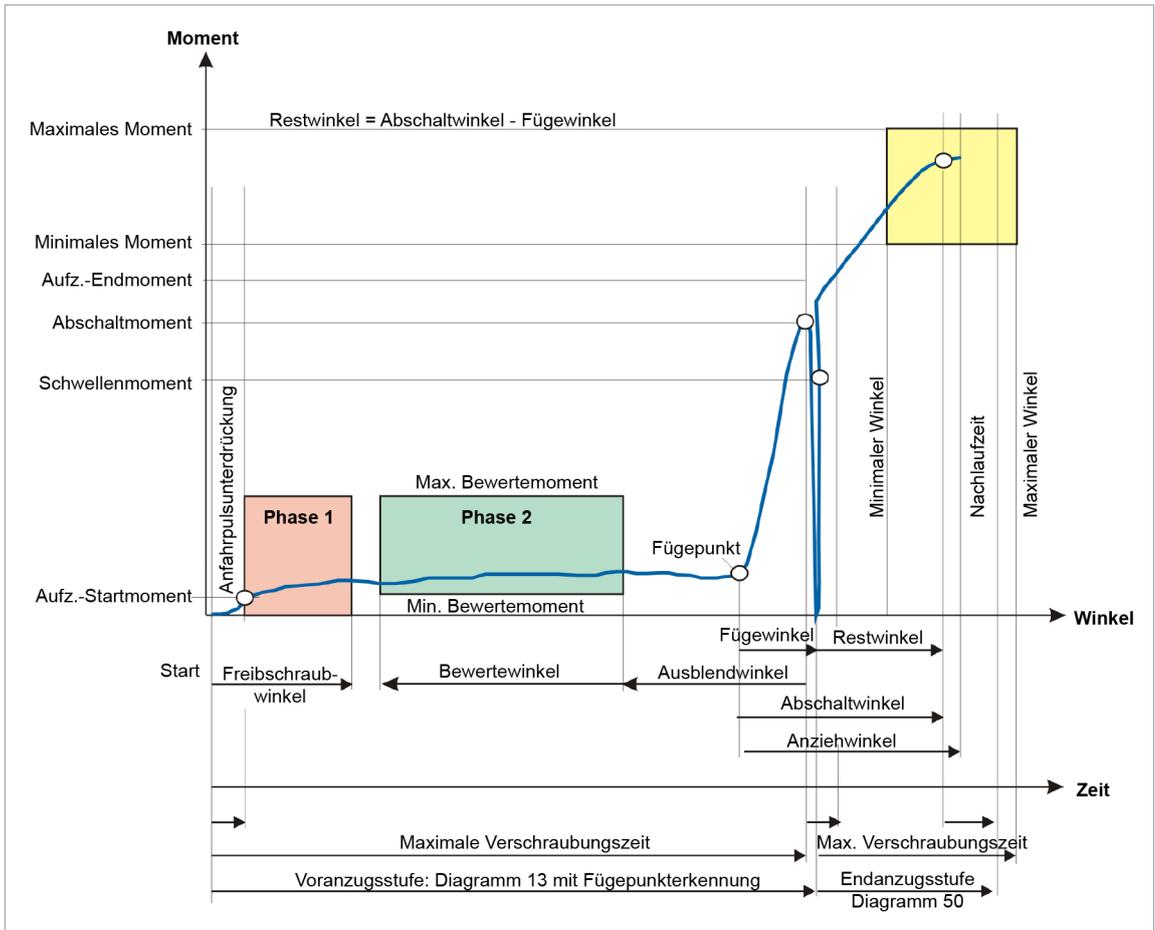


Abb. 3-4: Darstellung des kompletten Anzugsverfahrens

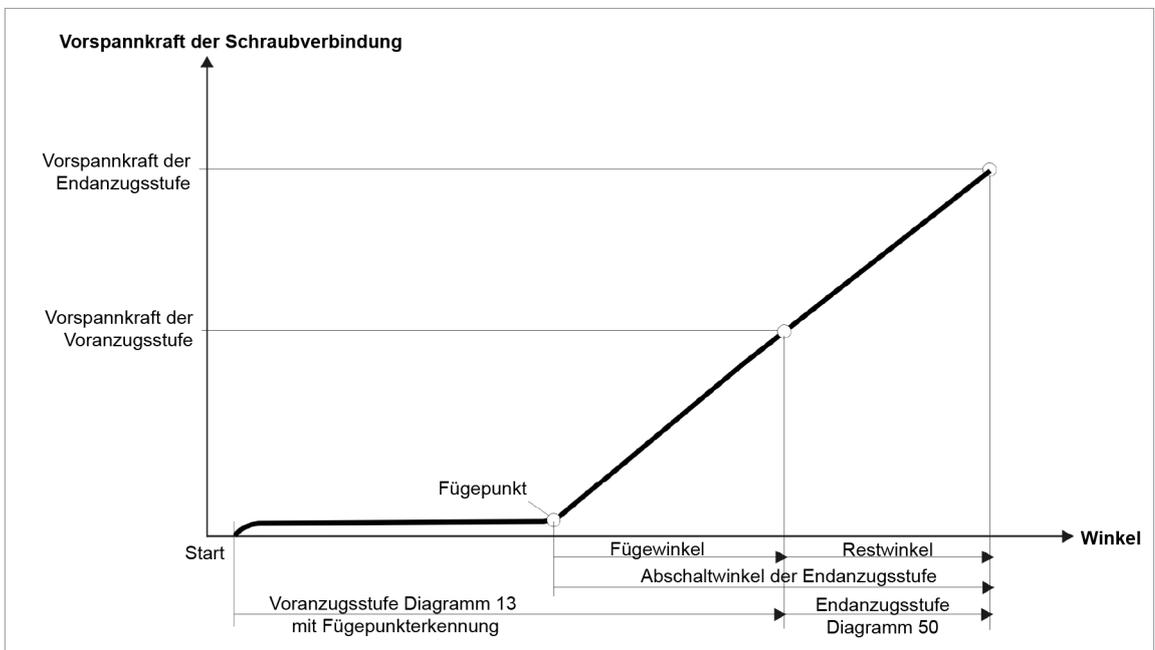


Abb. 3-5: Vorspannkraft ist äquivalent zum Anzugsdrehmoment (positiv) dargestellt.

### 3.4 Diagramm 20: MD gesteuert

Abschaltmoment gesteuertes Schraubverfahren mit max. und min. Drehmomentbegrenzung. Winkelgrenzen werden in diesem Schraubverfahren nicht verwendet.

Dieses Schraubverfahren kann auch als schnelle Vorzugsstufe eingesetzt werden. Das Diagramm wird vor allem bei Schrauberausführungen angewendet, die ohne Winkelerfassung ausgerüstet sind.

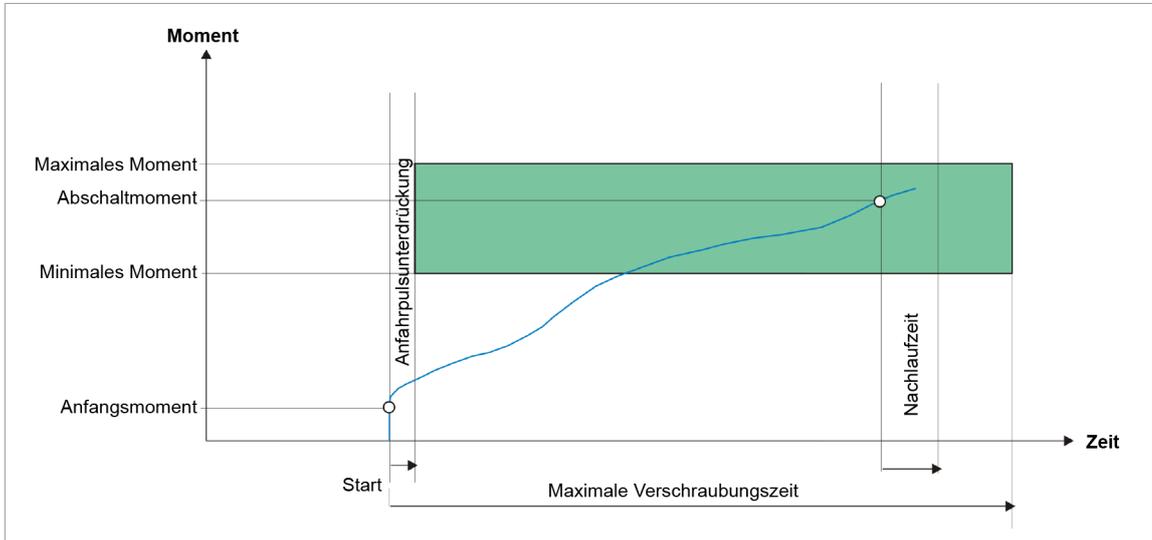


Abb. 3-6: Diagramm 20

Über den eingebauten Messwertnehmer wird das, während des Schraubvorgangs auftretende Drehmoment erfasst und in der Schraubersteuerung verarbeitet. Bei Erreichen vom *Abschaltmoment* wird das Werkzeug gestoppt. Anschließend wird während der Nachlaufzeit das Spitzenmoment erfasst und als Anziehmoment der Schraube, zusammen mit der Bewertung der Verschraubung, der Schraubersteuerung zugeführt.

Bei Erreichen vom *Triggermoment* wird der Drehmomentverlauf aufgezeichnet und kann über die Grafikfunktion dargestellt werden.

In der Schraubersteuerung werden folgende Parameter eingegeben:

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Abschaltmoment	Abschaltmoment der Stufe	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MP
Dämpfungsfaktor	Anzahl der zur Dämpfung durch Mittelwertbildung verwendete Messwerte	1, 2, 4, 8, 16, 32	DF
Drehzahl	Drehzahlvorwahl; im Bereich der in den Werkzeugkonstanten vorgegebenen Maximaldrehzahl	± Maximaldrehzahl	n (1/min)
Maximales Moment	Oberer Grenzwert des erreichten Drehmoments	0 ... 1,2 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MdMax
Minimales Moment	Unterer Grenzwert des erreichten Drehmoments	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MdMin
Triggermoment	Beginn der Messwertaufzeichnung für die grafische Darstellung	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MT
Maximale Verschraubungszeit	Sicherheitsabschaltung	Ist für alle Werkzeuge einer Werkzeuggruppe in dieser Stufe wirksam	
Moment halten	Nach Erreichen des Abschaltwertes wird das Moment weiterhin gehalten (Drehzahl 0 1/min)		

<sup>1</sup> Nachfolgende Plausibilitätsprüfung in Bezug auf die Werkzeug-Kapazität (softwareabhängig)

### 3.5 Diagramm 30: MD gesteuert, WI überwacht

Abschaltmomentgesteuertes Schraubverfahren mit Drehmoment- und Drehwinkelkontrolle. Diesem Schraubverfahren geht ein schneller Voranflug voraus.

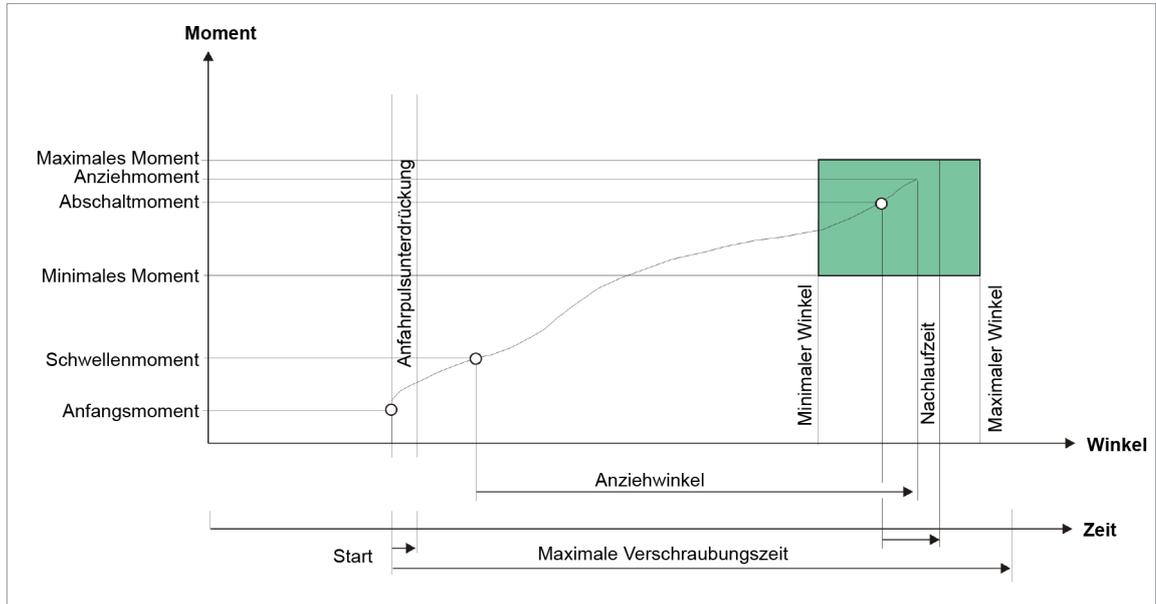


Abb. 3-7: Diagramm 30

Über den eingebauten Messwertaufnehmer wird das, während des Schraubvorgangs auftretende Drehmoment sowie der Drehwinkel erfasst und in der Schraubersteuerung verarbeitet. Ab Erreichen vom *Schwellenmoment* werden die Winkel gezählt. Bei Erreichen vom *Abschaltmoment* wird das Werkzeug gestoppt. Anschließend wird während der Nachlaufzeit der Nachlaufwinkel und das Spitzenmoment erfasst und als Anziehmoment der Schraube, zusammen mit der Bewertung der Verschraubung, der Schraubersteuerung zugeführt. Das maximale Drehmoment und der Anziehungswinkel müssen innerhalb der spezifizierten Grenzen liegen, damit die Verschraubung als IO bewertet werden kann. Wird der maximale Anziehungswinkel überschritten, bevor das Abschaltmoment erreicht ist, wird der Ablauf gestoppt und als NIO bewertet.

Bei Erreichen vom *Triggermoment* wird der Drehmomentverlauf aufgezeichnet und kann über die Grafikfunktion dargestellt werden.

In der Schraubersteuerung werden folgende Parameter eingegeben:

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Abschaltmoment	Abschaltmoment der Stufe	0 ... 1 × MD-Kapazität	MP
Dämpfungsfaktor	Anzahl der zur Dämpfung durch Mittelwertbildung verwendete Messwerte	1, 2, 4, 8, 16, 32	DF
Drehzahl	Drehzahlvorwahl; im Bereich der in den Werkzeugkonstanten vorgegebenen Maximaldrehzahl	± Maximaldrehzahl	n (1/min)
Maximaler Winkel	Oberer Grenzwert des erreichten Winkels und Sicherheitsabschaltwert	0 ... 9 999	WiMax (grd)
Maximales Moment	Oberer Grenzwert des erreichten Drehmoments	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MdMax
Minimaler Winkel	Unterer Grenzwert des erreichten Winkels	0 ... 9 999	WiMin (grd)
Minimales Moment	Unterer Grenzwert des erreichten Drehmoments	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MdMin
Schwellenmoment	Beginn der Winkelzählung	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MS

<sup>1</sup> Nachfolgende Plausibilitätsprüfung in Bezug auf die Werkzeug-Kapazität (softwareabhängig)

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Maximale Verschraubungszeit	Sicherheitsabschaltung	Die maximale Verschraubungszeit ist für alle Werkzeuge einer Werkzeuggruppe in dieser Stufe wirksam	
Triggermoment	Beginn der Messwertaufzeichnung für die grafische Darstellung	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MT
Moment halten	Nach Erreichen des Abschaltwertes wird das Moment weiterhin gehalten (Drehzahl 0 1/min)		

### 3.6 Diagramm 31: MD gesteuert, erweiterte Überwachung

Abschaltmomentgesteuertes Schraubverfahren mit Drehmoment- und Drehwinkelkontrolle. Dieses Diagramm ermöglicht durch Rückbetrachtung eine Bewertung des Schraubvorgangs über zwei Überwachungsbereiche.

#### Diagramm als Endanzug

Dieses Schraubverfahren kann auch als einstufiges Endanzugsverfahren verwendet werden.

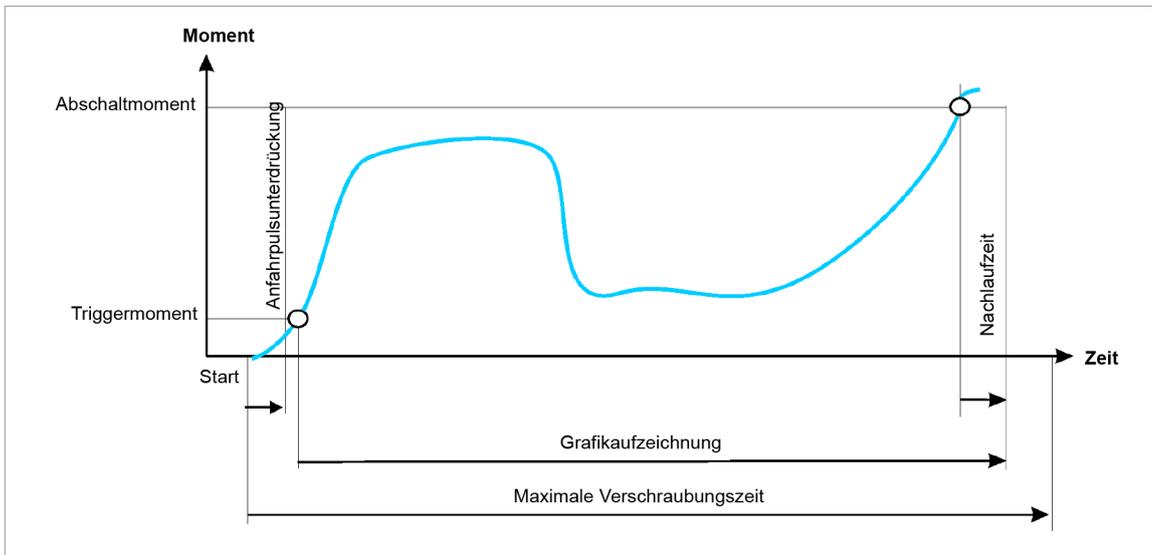


Abb. 3-8: Darstellung Zeit / Grafikaufzeichnung

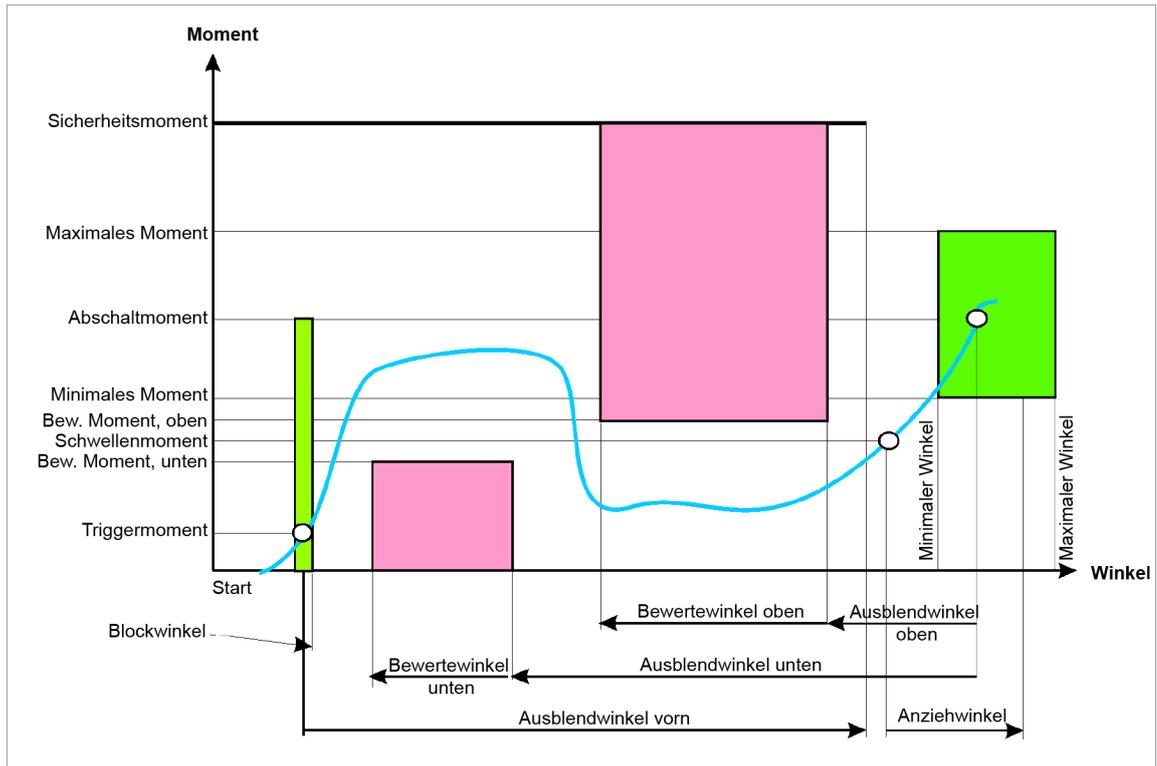


Abb. 3-9: Darstellung Winkel / Moment

Dieses Schraubdiagramm bietet fünf unterschiedliche Modi zur Auswahl an.

Modus	Beschreibung
Default	Allgemeine Grundeinstellung; alle Parameter sind aktiv; ohne besondere Anwendung
Einschrauben metrisch	Allgemeine Anwendung für metrisches Gewinde; das untere Bewertungs-fenster ist inaktiv
Einschrauben selbstfurchend	Allgemeine Anwendung für selbstfurchendes Gewinde; der Ausblendwin-kel vorne wird unterdrückt
Einschrauben selbstschnei-dend	Allgemeine Anwendung für selbstschneidende Gewinde mit Drehmo-ment-Sicherheitsabschaltung des selbstschneidenden Bereichs; in die-sem Bereich kann das Drehmoment höher sein als das Endabschalt-Mo-ment
Endanzug	Entspricht im Wesentlichen der Sequenz 30

Die nachfolgende Beschreibung bezieht sich auf die Default-Einstellung.

Nach Beendigung des Schraubvorgangs kann eine Rückbetrachtung des Drehmomentverlaufs vorgenommen werden. Diese Rückbetrachtung beginnt mit dem Abschaltmoment (die Nachlaufzeit wird nicht betrachtet) und wird durch die Angabe zweier getrennter Winkelbereiche realisiert.

Diese Winkelbereiche können durch Parametrierung des Bereich-Endes (*Ausblendwinkel oben/Ausblendwinkel unten*) und der Bereichslänge (*Bewertewinkel oben/Bewertewinkel unten*) unabhängig voneinander festgelegt werden. Die Reihenfolge der beiden Bewertewinkel ist beliebig und sie können sich ganz oder teilweise überlappen.

Der Drehmomentverlauf wird dabei im *Bewertewinkel oben* auf Überschreitung des oberen Bewertungsmoments, und im *Bewertewinkel unten* auf Unterschreitung des unteren Bewertungsmoments überprüft. Treten *Überschreitungen* bzw. *Unterschreitungen* auf, wird der Schraubablauf mit NIO bewertet.

Innerhalb vom *Bewertewinkel oben* wird der höchste, innerhalb vom *Bewertewinkel unten* der niedrigste Drehmomentwert erfasst und der statistischen Auswertung zugeführt. Die Bewertungsmomente können durch Setzen der zugehörigen Bewertewinkel auf Null deaktiviert werden.

Im Bereich des Blockwinkels, welcher direkt im Anschluss an die Anfahrpulsunterdrückung beginnt, darf das Moment das Abschaltmoment nicht übersteigen, da sonst der Antrieb gestoppt wird und eine NIO-Bewertung erfolgt. Dies dient der Erkennung von Verschraubungen, die auf eine angezogene Schraube durchgeführt werden. Diese Erkennung kann durch Setzen des Blockwinkels auf Null deaktiviert werden.

Ab Erreichen vom *Triggermoment* wird der Drehmomentverlauf für die Grafikdarstellung aufgezeichnet (1 Drehmomentwert pro Winkelgrad). Diese Werte sind auch die Basis für die Rückbetrachtung.



Das Triggermoment so parametrieren, dass der für die Rückbetrachtung relevante Drehmomentverlauf auf jeden Fall aufgezeichnet wird.

Sind nicht genügend Drehmomentwerte für eine Rückbetrachtung vorhanden, erfolgt eine Fehlermeldung mit NIO-Bewertung. Der Drehmomentverlauf kann über die Grafikfunktion ausgegeben und analysiert werden.

Es kann ein *Ausblendwinkel vorn* parametrieren, der mit Erreichen vom *Triggermoment* beginnt. Während des *Ausblendwinkel vorn* wird die Schwellen- und Abschaltmomentenerkennung deaktiviert und erst mit Ende vom *Ausblendwinkel vorn* wieder aktiviert.

Im *Ausblendwinkel vorn* darf das Drehmoment größer als das *Abschaltmoment* sein, aber das *Sicherheitsmoment* darf nicht überschritten werden. Bei Überschreitung des Sicherheitsmoments, dass im Diagramm ab Ende *Ausblendwinkel vorn* bis zum Abschaltpunkt gilt, wird das Werkzeug gestoppt. Es erfolgt eine Fehlermeldung mit NIO-Bewertung. Der *Ausblendwinkel vorn* kann durch Setzen auf Null deaktiviert werden. Überschneiden sich der *Blockwinkel* und der *Ausblendwinkel vorn*, so ist bis zum Ablauf des Blockwinkels das Abschaltmoment als Abbruchkriterium gültig.

Die Winkelzählung startet mit Erreichen vom *Schwellenmoment*, sofern die Erkennung des Schwellenmoments nicht durch den *Blockwinkel* oder *Ausblendwinkel vorn* deaktiviert ist.



Ist das *Schwellenmoment*  $\leq$  *Triggermoment*, beginnt die Winkelzählung bereits mit Erreichen des Schwellenmoments und wird auch im *Ausblendwinkel vorn* fortgesetzt. Die Winkelerfassung und evtl. die Redundanzüberwachung erfolgt ab Start des Antriebs.

Nach dem Abschalten über das Abschaltmoment wird das aufgetretene Moment bzw. der zugehörige Winkel mit *Minimales Moment/Maximales Moment* und *Minimaler Winkel/Maximaler Winkel* verglichen und entsprechend IO/NIO bewertet. Außerdem wird die Rückbetrachtung durchgeführt.

Zur Winkelredundanz, vor allem bei Handwerkzeugen, kann eine Zeitüberwachung aktiviert werden, welche die Zeit ab Erreichen vom *Schwellenmoment* bis zum Abschaltpunkt misst. Diese Zeit muss innerhalb der Grenzen *Mindestzeit ab MS* und *Maximalzeit ab MS* liegen. Bei Unterschreiten der Minimalzeit im Abschaltpunkt wird die Verschraubung als NIO bewertet und die Fehlermeldung TMS< ausgegeben. Beim Überschreiten der Maximalzeit wird die Verschraubung gestoppt und die Fehlermeldung TMS> und NIO bewertet.

Beim Nussabrutschen entspricht der gemessene Winkel nicht dem Winkel, der in die Schraube eingebracht wurde. Eine Erkennung dieses Problems kann aktiviert werden. Hierfür werden die Parameter *Nussabrutschen MdMin* und *Nussabrutschen WiMin* verwendet. Wenn das Moment nach Erreichen des Schwellenmoments erneut unter das *Nussabrutschen MdMin* fällt, wird eine spezielle Winkelzählung für das Erkennen des Nussabrutschens gestartet. Diese wird beim Überschreiten des Momentes *Nussabrutschen MdMin* wieder gestoppt. Sollte diese Winkelzählung den Winkelwert *Nussabrutschen WiMin* überschreiten, wird die Fehlermeldung JUMP erzeugt und die Verschraubung mit NIO bewertet.

Für die Drehzahl kann ein zweiter Drehzahlparameter *Enddrehzahl* gewählt werden. Wenn dieser parametrieren (ungleich 0) ist, wird die Drehzahl beginnend ab dem *Schwellenmoment* von der Standarddrehzahl bis zum Abschaltmoment auf die *Enddrehzahl* abgeregelt. Die Enddrehzahl muss niedriger als die Standarddrehzahl sein.

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Abschaltmoment	Moment, an dem der Antrieb gestoppt wird und die Nachlaufzeit beginnt; gültig außerhalb des <i>Ausblendwinkel vorn</i>	0 ... 1 × MD-Kapazität	MP
Ausblendwinkel oben	Endpunkt des <i>Bewertewinkel oben</i> , bezogen auf den Abschaltpunkt (rückwärts)	0 ... 9 999	WiAuob (grd)

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Ausblendwinkel unten	Endpunkt des <i>Bewertewinkel unten</i> , bezogen auf den Abschaltpunkt (rückwärts)	0 ... 9 999	WiAuun (grd)
Ausblendwinkel vorn	Winkelbereich mit Beginn beim <i>Triggermoment</i> , in dem das <i>Abschaltmoment</i> und <i>Schwellenmoment</i> nicht gültig sind	0 ... 9 999	WiAus (grd)
Bewertewinkel oben	Dauer des überwachten Bereiches für Überschreitung des oberen Bewertungsmoments	0 ... 9 999	WiBeob (grd)
Bewertewinkel unten	Dauer des überwachten Bereiches für Unterschreitungen des unteren Bewertungsmoments	0 ... 9 999	WiBeun (grd)
Bew. Moment, oben	Oberer Momentgrenzwert im Bewertungswinkel oben der in der Rückbetrachtung nicht überschritten sein darf	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MBob
Bew. Moment, unten	Unterer Momentgrenzwert im Bewertungswinkel unten, der in der Rückbetrachtung nicht unterschritten sein darf	0 ... 1,2 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MBun
Blockwinkel	Winkel, beginnend mit dem Ende Anfahrpulsunterdrückung, in dem das Moment niedriger als das Abschaltmoment liegen muss	0 ... 9 999	WiBl (grd)
Dämpfungsfaktor	Anzahl der zur Dämpfung durch Mittelwertbildung verwendeter Drehmoment-Messwerte	1, 2, 4, 8, 16, 32	DF
Drehzahl	Drehzahlvorwahl; im Bereich der in den Werkzeugkonstanten vorgegebenen Maximaldrehzahl, mit Gültigkeit zu Beginn des Diagramms bis zum Schwellenmoment	± Maximaldrehzahl	n (1/min)
Enddrehzahl	Drehzahl bei Erreichen des Abschaltmoments. Muss kleiner als Drehzahl sein. Bei Enddrehzahl = 0 oder Enddrehzahl ≥ Drehzahl wird die Abregelung deaktiviert.	± Maximaldrehzahl	n2
Maximaler Winkel	Oberer Grenzwert des erreichten Winkels und Sicherheitsabschaltwert	0 ... 9 999	WiMax (grd)
Maximales Moment	Oberer Grenzwert des erreichten Drehmoments	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MdMax
Maximalzeit ab MS	Zeit, die ab Schwellenmoment maximal (MS) vergangen sein darf. Wenn diese Zeit überschritten wird, erfolgt die Abschaltung mit Fehlermeldung TMS>		tMax (ms)
Mindestzeit ab MS	Zeit, die im Abschaltpunkt ab Schwellenmoment (MS) minimal vergangen sein muss. Wenn die Zeit kleiner ist, erfolgt eine Fehlermeldung TMS<.		tMin (ms)
Minimaler Winkel	Unterer Grenzwert des erreichten Winkels	0 ... 9 999	WiMin (grd)
Minimales Moment	Unterer Grenzwert des erreichten Drehmoments	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MdMin

<sup>1</sup> Nachfolgende Plausibilitätsprüfung in Bezug auf die Werkzeug-Kapazität (softwareabhängig)

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Nussabrutschen MdMin	Minimalmoment, bei dessen Unterschreitung die Winkelzählung für das Nussabrutschen gestartet wird. Bei erneuter Überschreitung wird die Winkelzählung für das Nussabrutschen wieder zurückgesetzt.		MdMinN S (Nm)
Nussabrutschen WiMin	Winkel, bei dessen Überschreitung ein Nussabrutschen erkannt wird		WiMin (grad)
Schwellenmoment	Beginn der Winkelzählung; gültig außerhalb des Ausblendwinkels vorn und des Blockwinkels	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MS
Maximale Verschraubungszeit	Sicherheitsabschaltung	Die maximale Verschraubungszeit ist für alle Werkzeuge einer Werkzeuggruppe in dieser Stufe wirksam	
Sicherheitsmoment	Nach Ablauf der Anfahrpulsunterdrückung und während des Schraubvorgangs gültiges Überwachungsmoment, bei dessen Überschreitung der Antrieb sofort gestoppt wird	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MdSi
Triggermoment	Beginn der Speicherung der Drehmomentwerte für die Grafikdarstellung, die Rückbetrachtung und den Ausblendwinkel vorn	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MT

### Gültigkeit der einzelnen Parameter

Parameter	Beginn	Ende	Auswertungsreihenfolge	Unterdrückt in
Schwellenmoment	nach Anfahrpulsunterdrückung	Erreichen des Abschaltpunkts	1	Blockwinkel, Ausblendwinkel vorn
Sicherheitsmomentabschaltung			2	–
Abschaltmoment			3	Blockwinkel, Ausblendwinkel vorn
Triggermoment			4	–

Die Reihenfolge der Auswertung bedingt, bei Gleichheit der Werte, eine höhere Priorität der Auswertung z. B. des Schwellenmoments vor dem Triggermoment. Das Schwellenmoment, und damit die Winkelzählung, wird bei gleichen Zahlenwerten von Triggermoment und Schwellenmoment aktiv, auch wenn ein Ausblendwinkel vorn definiert ist.

Parameter	Beginn	Ende	Deaktivierung
Ausblendwinkel vorn	Blockwinkel	nach Ausblendwinkel vorn Grad	Ausblendwinkel vorn = 0
Blockwinkel	nach Anfahrpulsunterdrückung	nach Blockwinkel Grad	Blockwinkel = 0
Drehzahl	Mit Werkzeugstart	a) Abschaltpunkt wenn Enddrehzahl = 0 b) Schwellenmoment wenn Enddrehzahl > 0	–
Enddrehzahl	Ab Schwellenmoment	Abschaltpunkt	Enddrehzahl = 0 oder Enddrehzahl ≥ Drehzahl

Parameter die rückwärtig, d. h. ausgehend vom Abschaltwinkel, betrachtet werden.

Parameter	Beginn	Ende	Deaktivierung
Ausblendwinkel oben	Abschaltwinkel	Abschaltwinkel minus Ausblendwinkel oben	---
Ausblendwinkel unten	Abschaltwinkel	Abschaltwinkel minus Ausblendwinkel unten	---
Bewertewinkel oben	Abschaltwinkel minus Ausblendwinkel oben	Abschaltwinkel minus Ausblendwinkel oben minus Bewertungewinkel oben	Bewertewinkel oben = 0
Bewertewinkel unten	Abschaltwinkel minus Ausblendwinkel unten	Abschaltwinkel minus Ausblendwinkel unten minus Bewertungewinkel unten	Bewertewinkel unten = 0
Bew. Moment, oben	gültig im oberen Bewertungewinkel		Bewertewinkel oben = 0
Bew. Moment, unten	gültig im unteren Bewertungewinkel		Bewertewinkel unten = 0

### 3.7 Diagramm 50: WI gesteuert, MD überwacht

Abschaltwinkelgesteuertes Schraubverfahren mit Drehwinkel- und Drehmomentkontrolle. Diesem Schraubverfahren geht ein schneller Vorantrieb voraus.

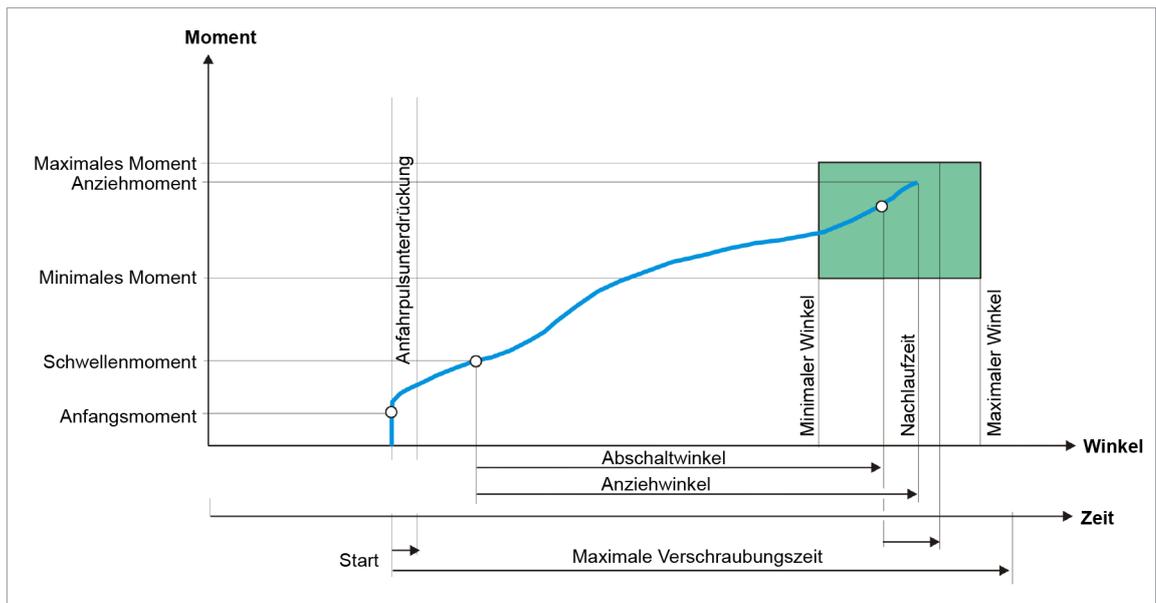


Abb. 3-10: Diagramm 50

Über den eingebauten Messwertempfänger wird das während des Schraubvorgangs auftretende Drehmoment sowie der Drehwinkel erfasst und in der Schraubersteuerung verarbeitet. Bei Erreichen vom *Abschaltwinkel* wird das Werkzeug gestoppt. Anschließend wird während der Nachlaufzeit der Nachlaufwinkel und das Spitzenmoment erfasst und die Anzieherte der Schraube, zusammen mit der Bewertung der Verschraubung, der Schraubersteuerung zugeführt. Wird das maximale Drehmoment überschritten, bevor die Winkelabschaltung erreicht ist, wird der Anzug gestoppt und als NIO bewertet.

Bei Erreichen des parametrierbaren Triggermoments eines Werkzeugs wird der Drehmomentverlauf aufgezeichnet und kann über die Grafikfunktion dargestellt werden.

In der Schraubersteuerung werden folgende Parameter eingegeben:

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Abschaltwinkel	Abschaltwinkel der Stufe	0 ... 9 999	WP (grad)
Dämpfungsfaktor	Dämpfungsfaktor, Anzahl der zur Dämpfung durch Mittelwertbildung verwendete Messwerte	1, 2, 4, 8, 16, 32	DF
Drehzahl	Drehzahlvorwahl; im Bereich der in den Werkzeugkonstanten vorgegebenen Maximaldrehzahl	± Maximaldrehzahl	n (1/min)
Maximaler Winkel	Oberer Grenzwert des erreichten Winkels	0 ... 9 999	WiMax (grad)
Maximales Moment	Oberer Grenzwert des erreichten Drehmomentes- und Sicherheitsabschaltwert	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MdMax
Minimaler Winkel	Unterer Grenzwert des erreichten Winkels	0 ... 9 999	WiMin (grad)
Minimales Moment	Unterer Grenzwert des erreichten Drehmomentes	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MdMin
Schwellenmoment	Beginn der Winkelzählung	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MS
Maximale Verschraubungszeit	Sicherheitsabschaltung	Die maximale Verschraubungszeit ist für alle Werkzeuge einer Werkzeuggruppe in dieser Stufe wirksam	
Triggermoment	Beginn der Messwertaufzeichnung für die grafische Darstellung	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MT
Moment halten	Nach Erreichen des Abschaltwertes wird das Moment weiter hingehalten (Drehzahl 0 1/min)		
Spitzenmoment Auswertung	Sonderfunktion	Das Spitzenmoment muss zwischen MdMax und MdMin liegen	

### Spitzenmoment-Auswertung (Sonderfunktion)

Ist die Spitzenmoment-Auswertung aktiviert, wird die Verschraubung beendet, sobald der Abschaltwinkel erreicht ist. Es wird überprüft, ob das Spitzenmoment zwischen den Grenzwerte *Minimales Moment* (MdMin) und *Maximales Moment* (MdMax) liegt. Wenn das Spitzenmoment das Maximale Moment überschreitet, wird die Verschraubung sofort mit einem NIO-Fehler abgebrochen.



#### Hinweis

**Bei der Spitzenmoment-Auswertung wird nur das Spitzenmoment, nicht das Abschaltmoment bewertet.**

Schrauben können sich lösen.

► Diese Funktion nur für Testverschraubungen verwenden.

Wird die Spitzenmoment-Auswertung aktiviert, ändert sich die grafische Darstellung der Schraubkurve.

<sup>1</sup> Nachfolgende Plausibilitätsprüfung in Bezug auf die Werkzeug-Kapazität (softwareabhängig)

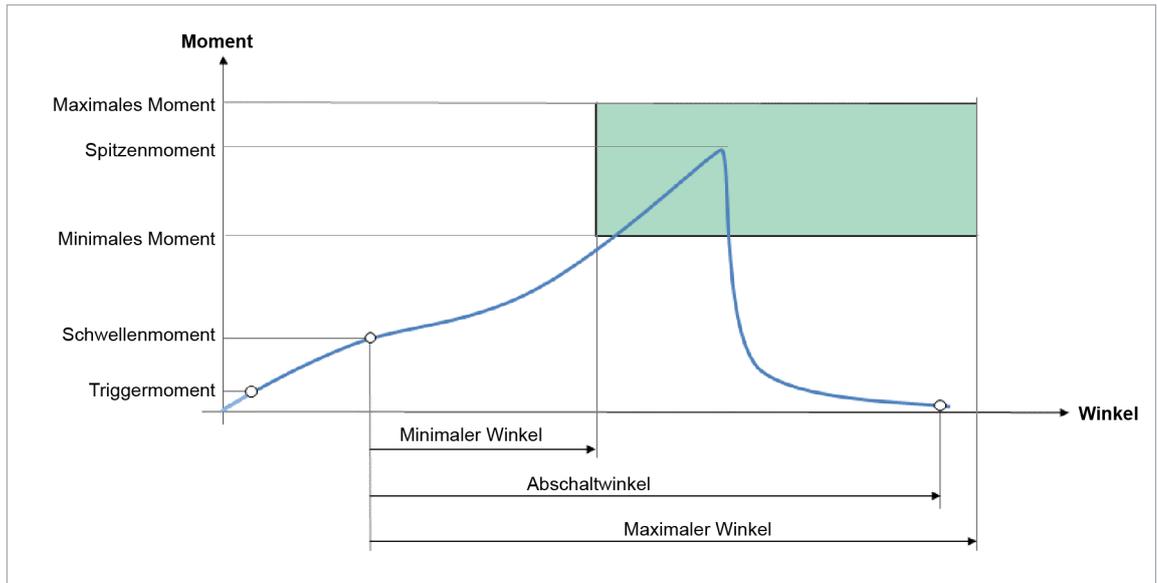


Abb. 3-11: Sonderfunktion Diagramm 50 mit Spitzenmoment-Auswertung

### 3.8 Diagramm 51: WI gesteuert, erweiterte Überwachung

Abschaltwinkelgesteuertes Schraubverfahren mit Drehwinkel- und Drehmomentkontrolle. Ermöglicht durch Rückbetrachtung eine Bewertung des Schraubvorgangs über zwei Überwachungsbereiche, siehe Kapitel 3.6 Diagramm 31: MD gesteuert, erweiterte Überwachung, Seite 15.

#### Diagramm als Endanzug

Dieses Schraubverfahren kann auch als einstufiges Endanzugsverfahren verwendet werden.

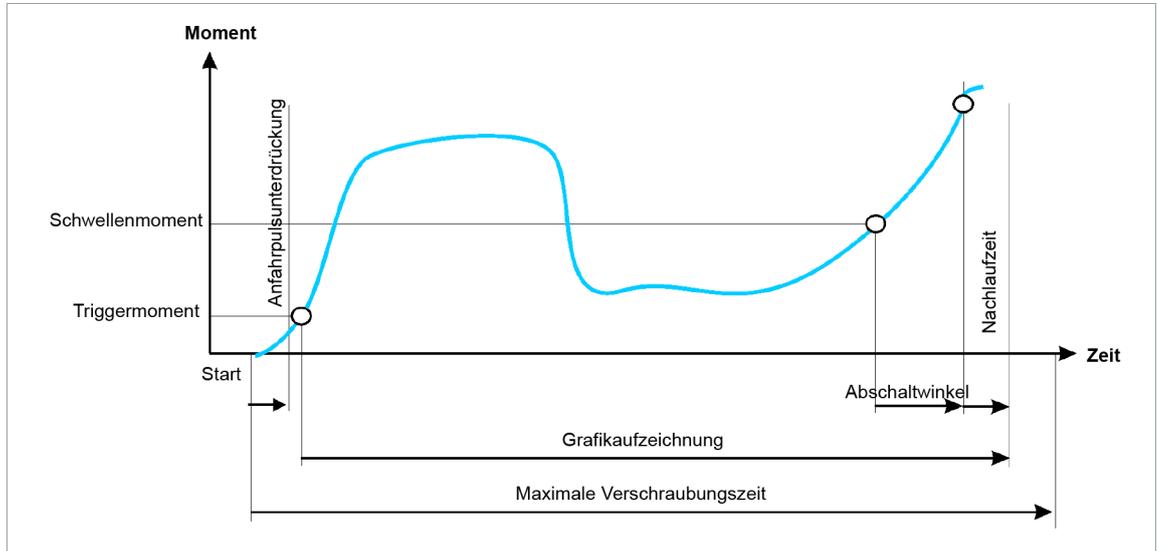


Abb. 3-12: Darstellung Zeit / Grafikaufzeichnung

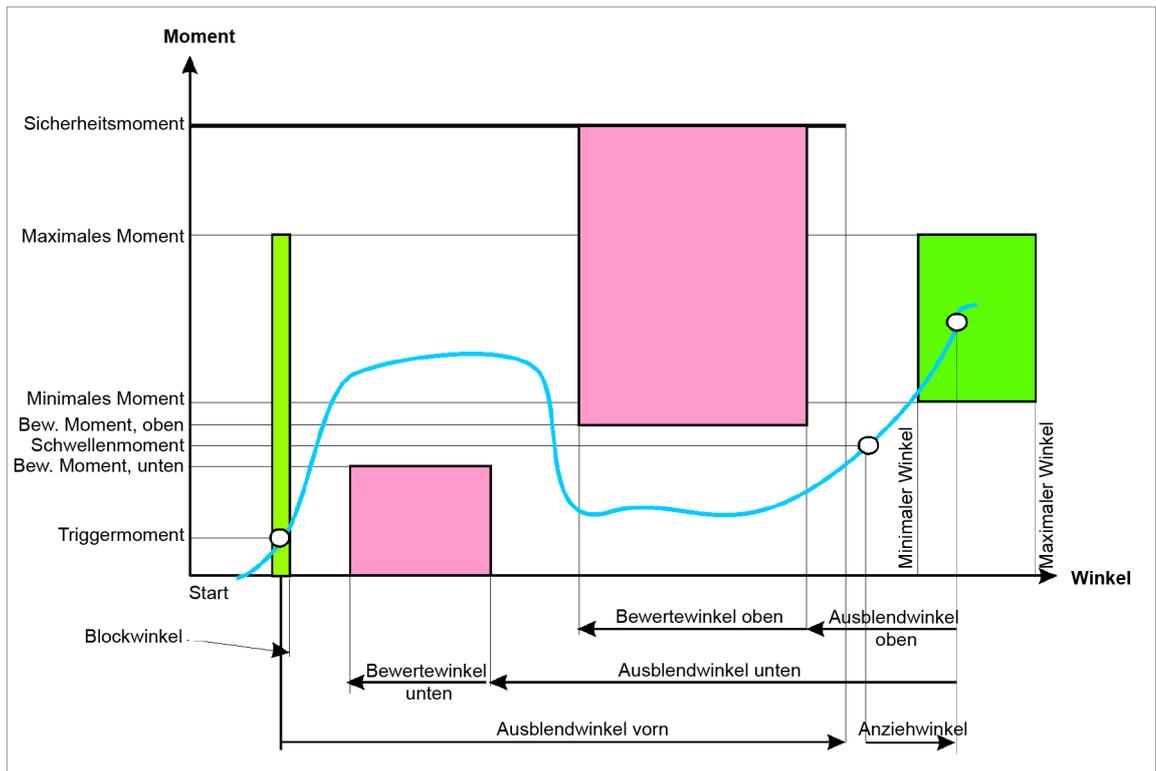


Abb. 3-13: Darstellung Winkel / Moment

Dieses Schraubdiagramm bietet fünf unterschiedliche Modi zur Auswahl an.

Modus	Beschreibung
Default	Allgemeine Grundeinstellung; alle Parameter sind aktiv; ohne besondere Anwendung
Einschrauben metrisch	Allgemeine Anwendung für metrisches Gewinde; das untere Bewertungs-fenster ist inaktiv
Einschrauben selbstfurchend	Allgemeine Anwendung für selbstfurchendes Gewinde; der Ausblendwin-kel vorne wird unterdrückt
Einschrauben selbstschnei-dend	Allgemeine Anwendung für selbstschneidende Gewinde mit Drehmo-ment-Sicherheitsabschaltung des selbstschneidenden Bereichs; in die-sem Bereich kann das Drehmoment höher sein als das Endabschalt-Mo-ment
Endanzug	Entspricht im Wesentlichen der Sequenz 30

Die nachfolgende Beschreibung bezieht sich auf die Default-Einstellung.

Nach Beendigung des Schraubvorgangs kann eine Rückbetrachtung des Drehmomentverlaufs vorgenommen werden. Diese Rückbetrachtung beginnt mit dem Abschalt-punkt (die Nachlaufzeit wird nicht betrach-tet) und wird durch die Angabe zweier getrennter Winkelbereiche realisiert.

Diese Winkelbereiche können durch Parametrierung des Bereich-Endes (*Ausblendwinkel oben/Ausblend-winkel unten*) und der Bereichslänge (*Bewertewinkel oben/Bewertewinkel unten*) unabhängig voneinander festgelegt werden. Die Reihenfolge der beiden Bewertewinkel ist beliebig und sie können sich ganz oder teilweise überlappen.

Der Drehmomentverlauf wird dabei im *Bewertewinkel oben* auf Überschreitung des oberen Bewertemo-ments, und im *Bewertewinkel unten* auf Unterschreitung des unteren Bewertemoments überprüft. Treten *Überschreitungen* bzw. *Unterschreitungen* auf, wird der Schraubablauf mit NIO bewertet.

Innerhalb vom *Bewertewinkel oben* wird der höchste, innerhalb vom *Bewertewinkel unten* der niedrigste Drehmomentwert erfasst und der statistischen Auswertung zugeführt. Die Bewertemomente können durch Setzen der zugehörigen Bewertewinkel auf Null deaktiviert werden.

Im Bereich des Blockwinkels, welcher direkt im Anschluss an die Anfahrpulsunterdrückung beginnt, darf das Moment das Abschaltmoment nicht übersteigen, da sonst der Antrieb gestoppt wird und eine NIO-Bewertung erfolgt. Dies dient der Erkennung von Verschraubungen, die auf eine angezogene Schraube durchgeführt werden. Diese Erkennung kann durch Setzen des Blockwinkels auf Null deaktiviert werden.

Ab Erreichen vom *Triggermoment* wird der Drehmomentverlauf für die Grafikdarstellung aufgezeichnet (1 Drehmomentwert pro Winkelgrad). Diese Werte sind auch die Basis für die Rückbetrachtung.



Das Triggermoment so parametrieren, dass der für die Rückbetrachtung relevante Drehmomentverlauf auf jeden Fall aufgezeichnet wird.

Sind nicht genügend Drehmomentwerte für eine Rückbetrachtung vorhanden, erfolgt eine Fehlermeldung mit NIO-Bewertung. Der Drehmomentverlauf kann über die Grafikfunktion ausgegeben und analysiert werden.

Es kann ein *Ausblendwinkel vorn* parametrieren, der mit Erreichen vom *Triggermoment* beginnt. Während des *Ausblendwinkel vorn* wird die Schwellen- und Abschaltmomenterkennung deaktiviert und erst mit Ende vom *Ausblendwinkel vorn* wieder aktiviert.

Im *Ausblendwinkel vorn* darf das Drehmoment größer als das *Abschaltmoment* sein, aber das *Sicherheitsmoment* darf nicht überschritten werden. Bei Überschreitung des Sicherheitsmoments, dass im Diagramm ab Ende *Ausblendwinkel vorn* bis zum Abschaltpunkt gilt, wird das Werkzeug gestoppt. Es erfolgt eine Fehlermeldung mit NIO-Bewertung. Der *Ausblendwinkel vorn* kann durch Setzen auf Null deaktiviert werden. Überschneiden sich der *Blockwinkel* und der *Ausblendwinkel vorn*, so ist bis zum Ablauf des Blockwinkels das Abschaltmoment als Abbruchkriterium gültig.

Die Winkelzählung startet mit Erreichen vom *Schwellenmoment*, sofern die Erkennung des Schwellenmoments nicht durch den *Blockwinkel* oder *Ausblendwinkel vorn* deaktiviert ist.



Ist das *Schwellenmoment*  $\leq$  *Triggermoment*, beginnt die Winkelzählung bereits mit Erreichen des Schwellenmoments und wird auch im *Ausblendwinkel vorn* fortgesetzt. Die Winkelerfassung und evtl. die Redundanzüberwachung erfolgt ab Start des Antriebs.

Nach dem Abschalten über den Abschaltwinkel wird das aufgetretene Moment bzw. der zugehörige Winkel mit dem Wert aus *Minimales Moment/Maximales Moment* und *Minimaler Winkel/Maximaler Winkel* verglichen und entsprechend IO/NIO bewertet. Außerdem wird die Rückbetrachtung durchgeführt.

Für die Drehzahl kann ein zweiter Drehzahlparameter *Enddrehzahl* gewählt werden. Wenn dieser parametrieren (ungleich 0) ist, wird die Drehzahl beginnend ab dem *Schwellenmoment* von der Standarddrehzahl bis zum Abschaltmoment auf die *Enddrehzahl* abgeregelt. Die *Enddrehzahl* muss niedriger als die Standarddrehzahl sein.

Anti-Necking (AN) warnt den Bediener, wenn die Elastizitätsgrenze während des Schraubvorgangs erkannt wurde. Ziel dieser Einschnürungserkennung ist es, das Werkzeug abzuschalten, wenn sich das Befestigungselement über das *AN-Schwellenmoment* hinaus erstreckt und eine dauerhafte Verformung (Einschnürung) auftritt. Wird das Befestigungselement über die elastische Grenze hinaus gedehnt, nimmt das Drehmoment um den Prozentsatz *AN-Spitzenwert* ab. Wenn die Verschraubung mit dem reduzierten Drehmoment für eine definierte Grad-Anzahl *AN-min. Winkel* andauert, schaltet sich das Werkzeug ab.

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Abschaltwinkel	Winkel, an dem der Antrieb gestoppt wird und die Nachlaufzeit beginnt	0 ... 9 999	WP (grad)
Ausblendwinkel oben	Endpunkt des Bewertewinkels oben, bezogen auf den Abschaltwinkel (rückwärts)	0 ... 9 999	WiAuob (grad)
Bewertewinkel unten	Endpunkt des Bewertewinkels unten, bezogen auf den Abschaltwinkel (rückwärts)	0 ... 9 999	WiAuun (grad)
Ausblendwinkel vorn	Winkelbereich mit Beginn beim Triggermoment, in dem das maximale Moment und Schwellenmoment nicht gültig sind	0 ... 9 999	WiAus (grad)
Bewertewinkel oben	Dauer des überwachten Bereiches für Überschreitung des oberen Bewertewinkels	0 ... 9 999	WiBeob (grad)

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Bewertewinkel unten	Dauer des überwachten Bereiches für Unterschreitungen des unteren Bewertungsmoments	0 ... 9 999	WiBeun (grd)
Bew. Moment, oben	Oberer Momentgrenzwert im Bewertungswinkel oben der in der Rückbetrachtung nicht überschritten sein darf	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MBob
Bew. Moment, unten	Unterer Momentgrenzwert im Bewertungswinkel unten, der in der Rückbetrachtung nicht unterschritten sein darf	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MBun
Blockwinkel	Winkel, beginnend mit dem Ende Anfahrpulsunterdrückung, in dem das Moment niedriger als das maximale Moment liegen muss	0 ... 9 999	WiBl (grd)
Dämpfungsfaktor	Anzahl der zur Dämpfung durch Mittelwertbildung verwendeter Drehmoment-Messwerte	1, 2, 4, 8, 16, 32	DF
Drehzahl	Drehzahlvorwahl; im Bereich der in den Werkzeugkonstanten vorgegebenen Maximaldrehzahl, mit Gültigkeit zu Beginn des Diagramms bis zum Schwellenmoment	± Maximaldrehzahl	n (1/min)
Enddrehzahl <sup>2</sup>	Drehzahl bei Erreichen des maximalen Moments. Muss kleiner als Drehzahl sein. Bei Enddrehzahl = 0 oder Enddrehzahl ≥ Drehzahl wird die Abregelung deaktiviert.	± Maximaldrehzahl	n2
Maximaler Winkel	Oberer Grenzwert des erreichten Winkels	0 ... 9 999	WiMax (grd)
Maximales Moment	Oberer Grenzwert des erreichten Drehmoments	0 ... 1,2 × MD-Kalibrierung	MdMax
Maximalzeit ab MS	Zeit, die ab Schwellenmoment (MS) maximal vergangen sein darf. Wird diese Zeit überschritten, erfolgt Abschaltung mit Fehlermeldung TMS>.		tMax (ms)
Mindestzeit ab MS	Zeit, die im Abschaltzeitpunkt ab Schwellenmoment (MS) minimal vergangen sein muss. Ist die Zeit kleiner, erfolgt eine Fehlermeldung TMS<.		tMin (ms)
Minimaler Winkel	Unterer Grenzwert des erreichten Winkels	0 ... 9 999	WiMin (grd)
Minimales Moment	Unterer Grenzwert des erreichten Drehmoments	0 ... MD-Kalibrierung	MdMin
Nussabrutschen MdMin	Minimalmoment, bei dessen Unterschreitung die Winkelzählung für das Nussabrutschen gestartet wird. Bei erneuter Überschreitung wird die Winkelzählung für das Nussabrutschen wieder zurückgesetzt.		MdMinN S (Nm)
Nussabrutschen WiMin	Winkel, bei dessen Überschreitung ein Nussabrutschen erkannt wird.		WiMinN S (grd)
Schwellenmoment	Beginn der Winkelzählung; gültig außerhalb des Ausblendwinkels vorn und des Blockwinkels	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MS

<sup>1</sup> Nachfolgende Plausibilitätsprüfung in Bezug auf die Werkzeug-Kapazität (softwareabhängig)

<sup>2</sup> Das maximale Moment wird normalerweise nicht erreicht; der Drehmomentabschaltwert ist kleiner als das maximale Moment, so dass auch nicht vollständig auf die Enddrehzahl abgeregelt wird.

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Sicherheitsmoment	Nach Ablauf der Anfahrpulsunterdrückung und während des Schraubvorgangs gültiges Überwachungsmoment, bei dessen Überschreitung der Antrieb sofort gestoppt wird.	0 ... 1,2 × MD-Kalibrierung	MdSi
Maximale Verschraubungszeit	Sicherheitsabschaltung	Die maximale Verschraubungszeit ist für alle Werkzeuge einer Werkzeuggruppe in dieser Stufe wirksam	
Triggermoment	Beginn der Speicherung der Drehmomentwerte für die Grafikdarstellung, die Rückbetrachtung und für den Ausblendwinkel vorn.	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MT
AN-Schwellenmoment	Schwellenmoment, bei dem die Einschnürungserkennung beginnt.	Schwellenmoment ... Maximales Moment	MsAN (Nm)
AN-Spitzenwert	Prozentsatz, um den das Drehmoment mindestens abfällt (bezogen auf das bisherige Drehmoment-Maximum).	1 ... 99	pSpiM-dAN (%)
AN-min. Winkel	Grad-Anzahl, nach der das Werkzeug ausgeschaltet wird, wenn AN-Spitzenwert unterschritten wird.	1 ... 999	WiMinAN (grad)

### Gültigkeit der einzelnen Parameter

Parameter	Beginn	Ende	Auswertungsreihenfolge	Unterdrückt in
Schwellenmoment	nach Anfahrpulsunterdrückung	Erreichen des Abschaltpunkts	1	Blockwinkel, Ausblendwinkel vorn
Sicherheitsmomentabschaltung			2	–
Abschaltmoment			3	Blockwinkel, Ausblendwinkel vorn
Triggermoment			4	–

Die Reihenfolge der Auswertung bedingt bei Gleichheit der Werte eine höhere Priorität der Auswertung z. B. des Schwellenmoments vor dem Triggermoment, d. h. das Schwellenmoment und damit die Winkelzählung wird bei gleichem Zahlenwerten von Triggermoment und Schwellenmoment aktiv, auch wenn ein Ausblendwinkel vorn definiert ist.

Parameter	Beginn	Ende	Deaktivierung
Ausblendwinkel vorn	Triggermoment	nach Ausblendwinkel vorn Grad	Ausblendwinkel vorn = 0
Blockwinkel	nach Anfahrpulsunterdrückung	nach Blockwinkel Grad	Blockwinkel = 0
Drehzahl	Mit Werkzeugstart	a) Abschaltpunkt wenn Enddrehzahl = 0 b) Schwellenmoment wenn Enddrehzahl > 0	---
Enddrehzahl	Ab Schwellenmoment	Abschaltpunkt	Enddrehzahl = 0 oder Enddrehzahl ≥ Drehzahl

**Parameter die rückwärtig, d. h. ausgehend vom Abschaltwinkel, betrachtet werden**

Parameter	Beginn	Ende	Deaktivierung
Bewertewinkel oben	Abschaltwinkel minus Ausblendwinkel oben	Abschaltwinkel minus Ausblendwinkel oben minus Bewertungewinkel oben	Bewertewinkel oben = 0
Ausblendwinkel oben	Abschaltwinkel	Abschaltwinkel minus Ausblendwinkel oben	---
Bew. Moment, oben	gültig im oberen Bewertungewinkel		Bewertewinkel oben = 0
Bewertewinkel unten	Abschaltwinkel minus Ausblendwinkel unten	Abschaltwinkel minus Ausblendwinkel unten minus Bewertungewinkel unten	Bewertewinkel unten = 0
Ausblendwinkel unten	Abschaltwinkel	Abschaltwinkel minus Ausblendwinkel unten	---
Bew. Moment, unten	gültig im unteren Bewertungewinkel		Bewertewinkel unten = 0

**3.9 Diagramm 63: GD gesteuert, Streckgrenze**

Streckgrenzgesteuertes Schraubverfahren mit prozentualer Vorgabe des Abschaltgradienten vom Maximalgradient. Drehmoment-, Drehwinkel- und Gradientenkontrolle. Diesem Schraubverfahren geht ein schneller Vorantrieb voraus.

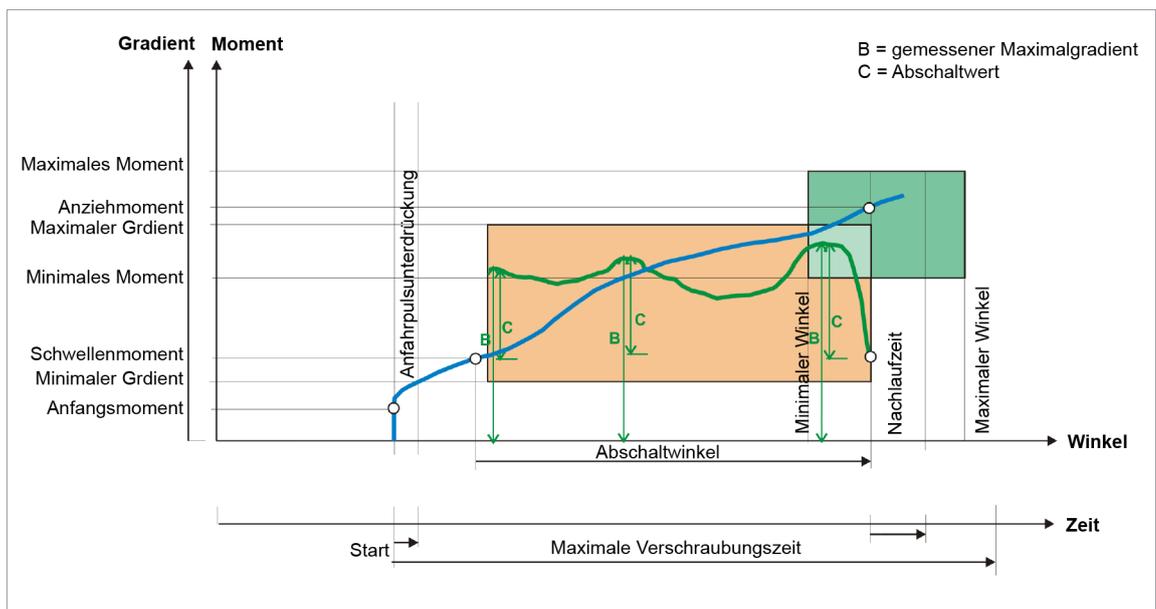


Abb. 3-14: Diagramm 63

Über den eingebauten Messwertnehmer wird das, während des Schraubvorgangs auftretende Drehmoment sowie der Drehwinkel erfasst und in der Schraubersteuerung verarbeitet. Bei Erreichen vom Abschaltgradient wird das Werkzeug gestoppt.

$\text{Abschaltgradient} = (100\% - \% \text{ Abschaltwert}) \times \text{Maximaler Gradient}$ . Der Maximaler Gradient wird während der Laufzeit ermittelt.

Anschließend wird während der Nachlaufzeit der Nachlaufwinkel und das Spitzenmoment erfasst und die Anziehwerte der Schraube, zusammen mit der Bewertung der Verschraubung, der Schraubersteuerung zugeführt.

Bei Erreichen vom *Triggermoment* wird der Drehmomentverlauf aufgezeichnet und kann über die Grafikfunktion dargestellt werden.

Wird das maximale Drehmoment oder der maximale Winkel überschritten, bevor der prozentuale Abschaltgradient erreicht ist, wird der Schraubvorgang gestoppt und die Verschraubung als NOK bewertet.

In der Schraubersteuerung werden folgende Parameter eingegeben:

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
% Abschaltwert (Abschaltgradient)	Prozentualer Betrag des gemessenen Maximalen Gradienten. Der Maximaler Gradient wird während der Laufzeit ermittelt. Abschaltgradient = $(100\% - \% \text{ Abschaltwert}) \times \text{Maximaler Gradient}$	0 ... 100	pAb (%)
Abtastwinkel	Abstand in Winkelimpulsen der zur Gradientenberechnung verwendeten gedämpften Messwerte	1 ... 30	AF (grad)
Dämpfungsfaktor	Anzahl der zur Dämpfung durch Mittelwertbildung verwendete Messwerte	1, 2, 4, 8, 16, 32	DF
Drehzahl	Drehzahlvorwahl; im Bereich der in den Werkzeugkonstanten vorgegebenen Maximaldrehzahl	$\pm$ Maximaldrehzahl	n (1/min)
Maximaler Gradient	Oberer Grenzwert und Sicherheitsabschaltwert des Gradienten	-99,99 ... 99,99	GdMax
Maximaler Winkel	Oberer Grenzwert des erreichten Winkels und Sicherheitsabschaltwert	0 ... 9 999	WiMax (grad)
Maximales Moment	Oberer Grenzwert des erreichten Drehmomentes und Sicherheitsabschaltwert	0 ... $1,2 \times \text{MD-Kapazität}$	MdMax
Minimaler Gradient	Unterer Grenzwert und Sicherheitsabschaltwert des Gradienten	-99,99 ... 99,99	GdMin
Minimaler Winkel	Unterer Grenzwert des erreichten Winkels	<i>Abtastwinkel</i> ... 9 999	WiMin (grad)
Minimales Moment	Unterer Grenzwert des erreichten Drehmomentes	0 ... $1 \times \text{MD-Kalibrierwert}^1$	MdMin
Schwellenmoment	Beginn der Winkelzählung und der Gradientenberechnung	0 ... $1,2 \times \text{MD-Kapazität}$	MS
Maximale Verschraubungszeit	Sicherheitsabschaltung	Ist für alle Werkzeuge einer Werkzeuggruppe in dieser Stufe wirksam	
Triggermoment	Beginn der Messwertaufzeichnung für die grafische Darstellung	0 ... $1,2 \times \text{MD-Kapazität}$	MT

<sup>1</sup> Nachfolgende Plausibilitätsprüfung in Bezug auf die Werkzeug-Kapazität (softwareabhängig)

### 3.10 Diagramm 73: MD gesteuert, WI/GD überwacht

Abschaltmomentgesteuertes Schraubverfahren mit Drehmoment-, Drehwinkel und Gradientenkontrolle. Diesem Schraubverfahren geht ein schneller Voranflug voraus.

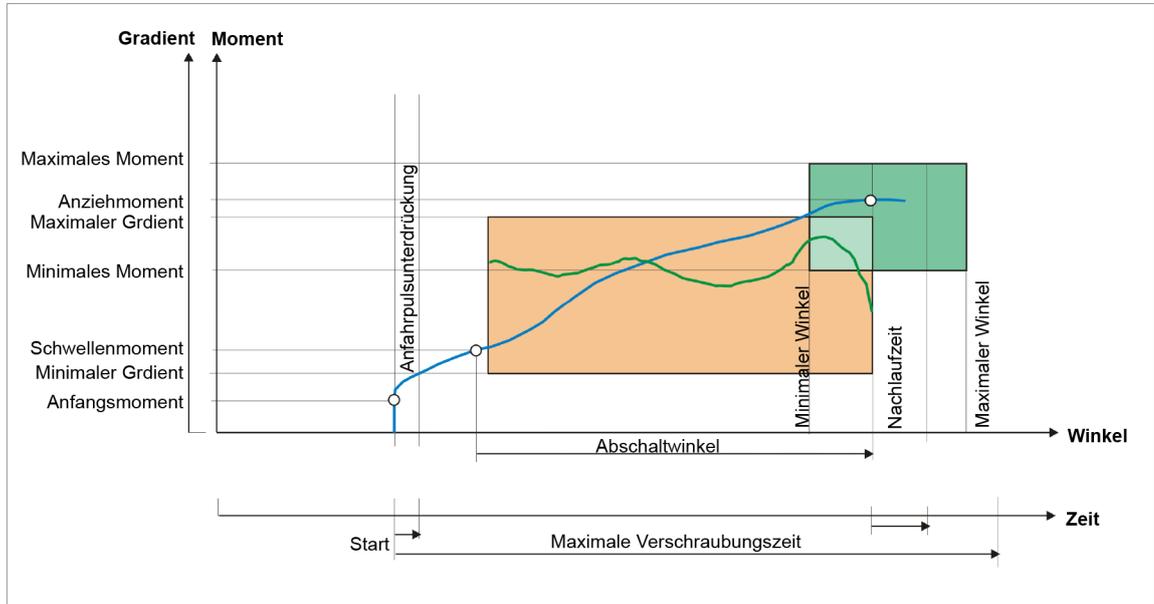


Abb. 3-15: Diagramm 73

Über den eingebauten Messwertaufnehmer wird das, während des Schraubvorgangs auftretenden Drehmomente sowie der Drehwinkel erfasst und in der Schraubersteuerung verarbeitet.

Bei Erreichen vom *Abschaltmoment* wird das Werkzeug gestoppt. Anschließend wird während der Nachlaufzeit der Nachlaufwinkel und das Spitzenmoment erfasst und die Anziehwerte der Schraube, zusammen mit der Bewertung der Verschraubung, der Schraubersteuerung zugeführt.

Bei Erreichen vom *Triggermoment* eines Werkzeugs, wird der Drehmomentverlauf aufgezeichnet und kann über die Grafikfunktion dargestellt werden.

In der Schraubersteuerung werden folgende Parameter eingegeben:

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Abschaltmoment	Abschaltmoment der Stufe	0 ... 1 × MD-Kapazität	MP
Abtastwinkel	Abstand in Winkelimpulsen der zur Gradientenberechnung verwendeten gedämpften Messwerte	1 ... 30	AF (grd)
Dämpfungsfaktor	Anzahl der zur Dämpfung durch Mittelwertbildung verwendete Messwerte	1, 2, 4, 8, 16, 32	DF
Drehzahl	Drehzahlvorwahl; im Bereich der in den Werkzeugkonstanten vorgegebenen Maximaldrehzahl	± Maximaldrehzahl	n (1/min)
Maximaler Gradient	Oberer Grenzwert des aufgetretenen Gradienten	0 ... 99,99	GdMax
Maximaler Winkel	Oberer Grenzwert des erreichten Winkels und Sicherheitsabschaltwert	0 ... 9 999	WiMax (grd)
Maximales Moment	Oberer Grenzwert des erreichten Drehmomentes	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MdMax
Minimaler Gradient	Unterer Grenzwert des aufgetretenen Gradienten	-99,99 ... 99,99	GdMin
Minimaler Winkel	Unterer Grenzwert des erreichten Winkels	Abtastwinkel ... 9 999	WiMin (grd)

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Minimales Moment	Unterer Grenzwert des erreichten Drehmomentes	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MdMin
Schwellenmoment	Beginn der Winkelzählung und der Gradientenberechnung	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MS
Maximale Verschraubungszeit	Sicherheitsabschaltung	Ist für alle Werkzeuge einer Werkzeuggruppe in dieser Stufe wirksam	
Triggermoment	Beginn der Messwertaufzeichnung für die grafische Darstellung	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MT

### 3.11 Diagramm 75: WI gesteuert, MD/GD überwacht

Abschaltwinkelgesteuertes Schraubverfahren mit Drehmoment-, Drehwinkel- und Gradientenkontrolle. Diesem Schraubverfahren geht ein schneller Voranflug voraus.

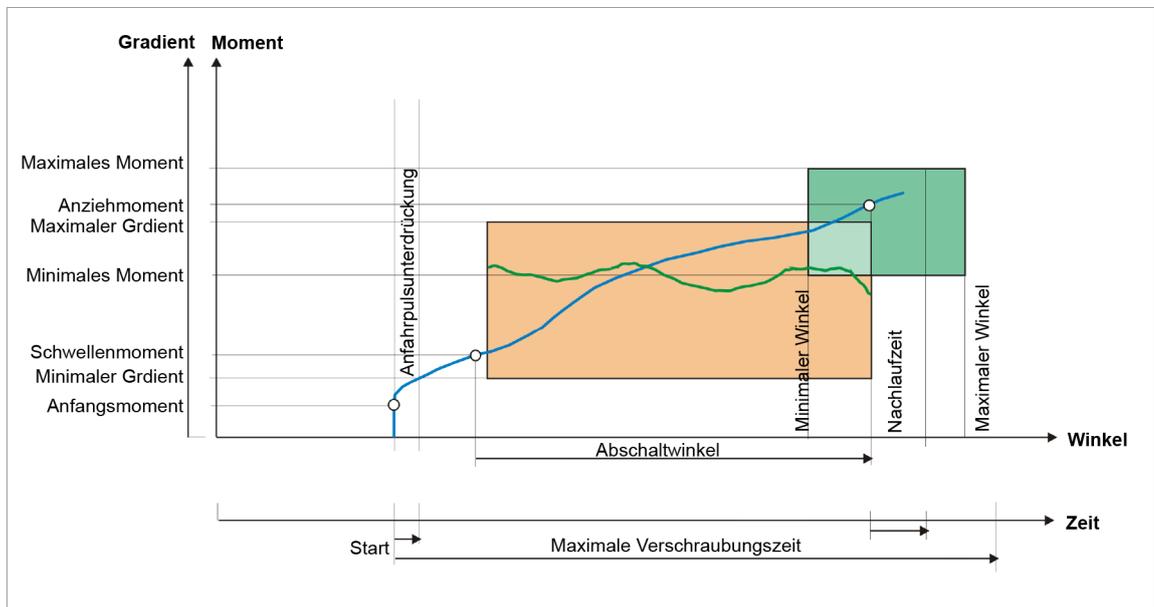


Abb. 3-16: Diagramm 75

Über den in dem Werkzeug eingebauten Messwertaufnehmer wird das während des Schraubvorgangs auftretende Drehmoment sowie der Drehwinkel erfasst und in der Schraubersteuerung verarbeitet.

Bei Erreichen vom *Abschaltwinkel* wird das Werkzeug gestoppt. Anschließend wird während der Nachlaufzeit der Nachlaufwinkel und das Spitzenmoment erfasst und die Anziehwerte der Schraube, zusammen mit der Bewertung der Verschraubung, der Schraubersteuerung zugeführt.

Bei Erreichen vom *Triggermoment* eines Werkzeugs wird der Drehmomentverlauf aufgezeichnet und kann über die Grafikfunktion dargestellt werden.

In der Schraubersteuerung werden folgende Parameter eingegeben:

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Abschaltwinkel	Abschaltwinkel der Stufe	0 ... 9 999	WP (grad)
Abtastwinkel	Abstand in Winkelimpulsen der zur Gradientenberechnung verwendeten gedämpften Messwerte	1 ... 30	AF (grad)
Dämpfungsfaktor	Anzahl der zur Dämpfung durch Mittelwertbildung verwendete Messwerte	1, 2, 4, 8, 16, 32	DF

<sup>1</sup> Nachfolgende Plausibilitätsprüfung in Bezug auf die Werkzeug-Kapazität (softwareabhängig)

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Drehzahl	Drehzahlvorwahl; im Bereich der in den Werkzeugkonstanten vorgegebenen Maximaldrehzahl	$\pm$ Maximaldrehzahl	n (1/min)
Maximaler Gradient	Oberer Grenzwert des aufgetretenen Gradienten	0 ... 99,99	GdMax
Maximaler Winkel	Oberer Grenzwert des erreichten Winkels	0 ... 9999	WiMax (grad)
Maximales Moment	Oberer Grenzwert des erreichten Drehmomentes- und Sicherheitsabschaltwert	0 ... $1,2 \times$ MD-Kapazität	MdMax
Minimaler Gradient	Unterer Grenzwert des aufgetretenen Gradienten	-99,99 ... 99,99	GdMin
Minimaler Winkel	Unterer Grenzwert des erreichten Winkels	Abtastwinkel ... 9999	WiMin (grad)
Minimales Moment	Unterer Grenzwert des erreichten Drehmomentes	0 ... $1 \times$ MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MdMin
Schwellenmoment	Beginn der Winkelzählung und der Gradientenberechnung	0 ... $1,2 \times$ MD-Kapazität	MS
Maximale Verschraubungszeit	Sicherheitsabschaltung	Die maximale Verschraubungszeit ist für alle Werkzeuge einer Werkzeuggruppe in dieser Stufe wirksam	
Triggermoment	Beginn der Messwertaufzeichnung für die grafische Darstellung	0 ... $1,2 \times$ MD-Kapazität	MT

### 3.12 Diagramm 78: MD/WI gesteuert, GD überwacht

Abschaltmoment- und Abschaltwinkelgesteuertes Schraubverfahren mit Drehmoment-, Drehwinkel- und Gradientenkontrolle. Diesem Schraubverfahren geht ein schneller Voranzug voraus.

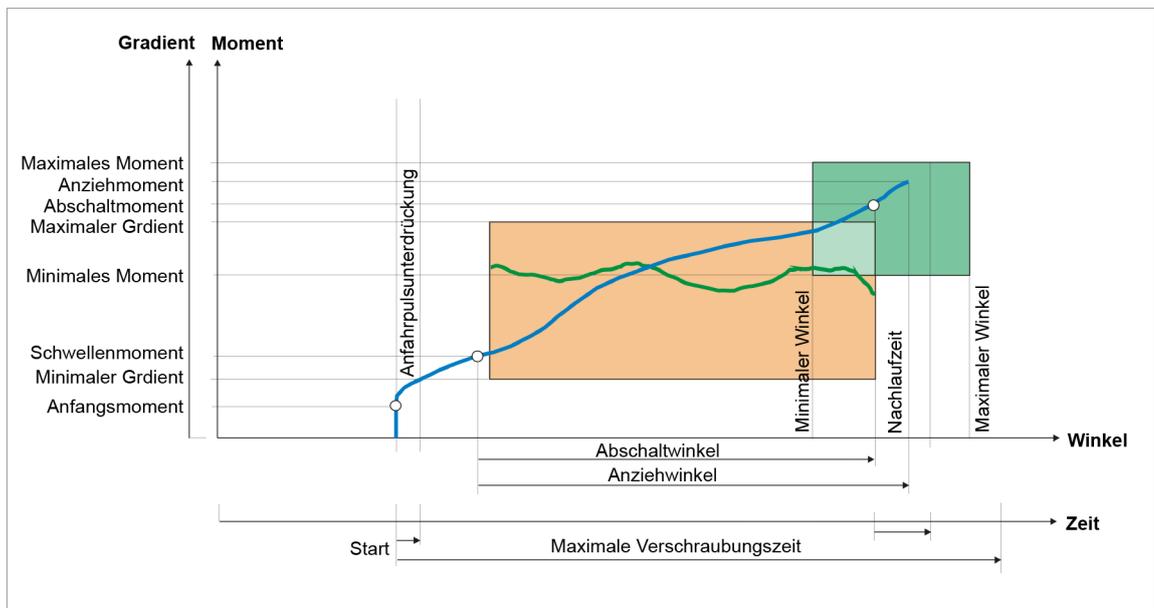


Abb. 3-17: Diagramm 78

Über den eingebauten Messwertempfänger wird das, während des Schraubvorgangs auftretenden Drehmomente sowie der Drehwinkel, erfasst und in der Schraubersteuerung verarbeitet.

<sup>1</sup> Nachfolgende Plausibilitätsprüfung in Bezug auf die Werkzeug-Kapazität (softwareabhängig)

Bei Erreichen vom *Abschaltmoment* oder *Abschaltwinkel* wird das Werkzeug gestoppt. Anschließend wird während der Nachlaufzeit der Nachlaufwinkel und das Spitzenmoment erfasst und die Anziehwerte der Schraube, zusammen mit der Bewertung der Verschraubung, der Schraubersteuerung zugeführt.

Bei Erreichen vom *Triggermoment* eines Werkzeugs wird der Drehmomentverlauf aufgezeichnet und kann über die Grafikfunktion dargestellt werden.

In der Schraubersteuerung werden folgende Parameter eingegeben:

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Abschaltmoment	Abschaltmoment der Stufe	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MP
Abschaltwinkel	Abschaltwinkel der Stufe	0 ... 9 999	WP (grad)
Abtastwinkel	Abstand in Winkelimpulsen der zur Gradientenberechnung verwendeten gedämpften Messwerte	1 ... 30	AF
Dämpfungsfaktor	Anzahl der zur Dämpfung durch Mittelwertbildung verwendete Messwerte	1, 2, 4, 8, 16, 32	DF
Drehzahl	Drehzahlvorwahl; im Bereich der in den Werkzeugkonstanten vorgegebenen Maximaldrehzahl	± Maximaldrehzahl	n (1/min)
Maximaler Gradient	Oberer Grenzwert des aufgetretenen Gradienten	0 ... 99,99	GdMax
Maximaler Winkel	Oberer Grenzwert des erreichten Winkels	0 ... 9999	WiMax (grad)
Maximales Moment	Oberer Grenzwert des erreichten Drehmomentes	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MdMax
Minimaler Gradient	Unterer Grenzwert des aufgetretenen Gradienten	-99,99 ... 99,99	GdMin
Minimaler Winkel	Unterer Grenzwert des erreichten Winkels	<i>Abtastwinkel</i> ... 9 999	WiMin (grad)
Minimales Moment	Unterer Grenzwert des erreichten Drehmomentes	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MdMin
Schwellenmoment	Beginn der Winkelzählung und der Gradientenberechnung	0... 1,2 × MD-Kapazität	MS
Maximale Verschraubungszeit	Sicherheitsabschaltung	Ist für alle Werkzeuge einer Werkzeuggruppe in dieser Stufe wirksam	
Triggermoment	Beginn der Messwertaufzeichnung für die grafische Darstellung	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MT

<sup>1</sup> Nachfolgende Plausibilitätsprüfung in Bezug auf die Werkzeug-Kapazität (softwareabhängig)

### 3.13 Diagramm 80: Drehmoment/Winkel gesteuert

Abschaltmoment- und abschaltwinkelgesteuertes Schraubverfahren mit Drehwinkel- und Drehmomentkontrolle. Diesem Schraubverfahren geht ein schneller Voranzug voraus.

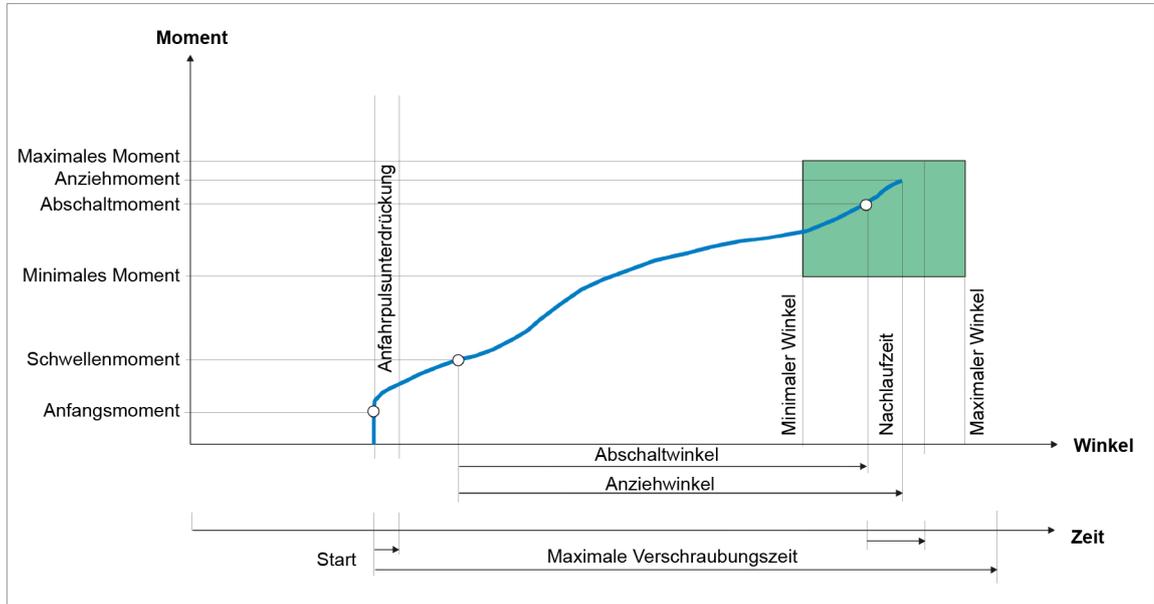


Abb. 3-18: Diagramm 80

Über den eingebauten Messwertempfänger wird das, während des Schraubvorgangs auftretende Drehmoment sowie der Drehwinkel erfasst und in der Schraubersteuerung verarbeitet. Bei Erreichen vom *Abschaltmoment* oder *Abschaltwinkel* wird das Werkzeug gestoppt. Anschließend wird während der Nachlaufzeit der Nachlaufwinkel und das Spitzenmoment erfasst und die Anziehungswerte der Schraube, zusammen mit der Bewertung der Verschraubung, der Schraubersteuerung zugeführt.

Bei Erreichen des parametrierbaren Triggermoments eines Werkzeugs wird der Drehmomentverlauf aufgezeichnet und kann über die Grafikfunktion dargestellt werden.

In der Schraubersteuerung werden folgende Parameter eingegeben:

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Abschaltmoment	Abschaltmoment der Stufe	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MP
Abschaltwinkel	Abschaltwinkel der Stufe	0 ... 9 999	WP (grad)
Dämpfungsfaktor	Dämpfungsfaktor, Anzahl der zur Dämpfung durch Mittelwertbildung verwendete Messwerte	1, 2, 4, 8, 16, 32	DF
Drehzahl	Drehzahlvorwahl; im Bereich der in den Werkzeugkonstanten vorgegebenen Maximaldrehzahl	± Maximaldrehzahl	n (1/min)
Maximaler Winkel	Oberer Grenzwert des erreichten Winkels	0 ... 9 999	WiMax (grad)
Maximales Moment	Oberer Grenzwert des erreichten Drehmomentes	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MdMax
Minimaler Winkel	Unterer Grenzwert des erreichten Winkels	0 ... 9 999	WiMin (grad)
Minimales Moment	Minimales Moment, unterer Grenzwert des erreichten Drehmomentes	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MdMin
Schwellenmoment	Beginn der Winkelzählung	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MS

<sup>1</sup> Nachfolgende Plausibilitätsprüfung in Bezug auf die Werkzeug-Kapazität (softwareabhängig)

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Maximale Verschraubungszeit	Sicherheitsabschaltung	Die maximale Verschraubungszeit ist für alle Werkzeuge einer Werkzeuggruppe in dieser Stufe wirksam	
Triggermoment	Beginn der Messwertaufzeichnung für die grafische Darstellung	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MT
Abschaltung durch MD und WI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktiviert: Werkzeugschaltet ab, sobald Abschaltmoment und Abschaltwinkel erreicht sind. Wird das maximale Moment/der Maximale Winkel überschritten, schaltet das Werkzeug sofort ab.</li> <li>• Deaktiviert: Werkzeug schaltet ab, sobald Abschaltmoment oder Abschaltwinkel erreicht ist</li> </ul>		

## 4 Löse-Schraubverfahren

### 4.1 Diagramm 41: Lösen, WI gesteuert

Abschaltwinkelgesteuertes Schraubverfahren mit Lösewinkelkontrolle.

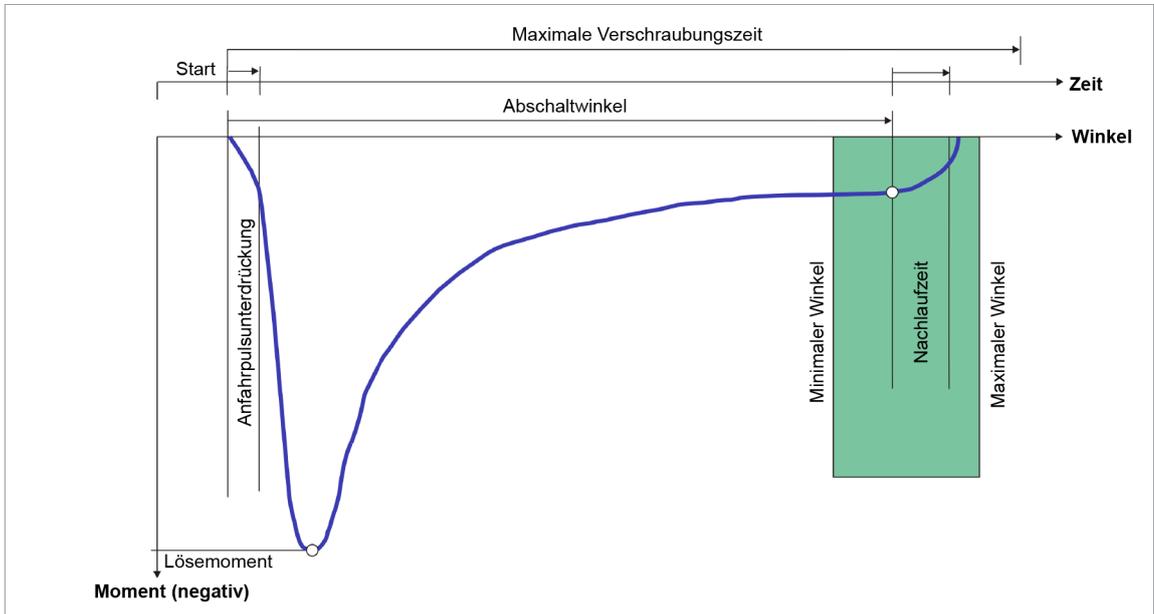


Abb. 4-1: Drehmomentverlauf über Winkel

Über den eingebauten Messwertaufnehmer wird der, während des Schraubvorgangs auftretende Drehwinkel erfasst und in der Schraubersteuerung verarbeitet. Ab dem Start wird der Winkel gezählt.

Bei Erreichen vom *Abschaltwinkel* wird das Werkzeug gestoppt. Anschließend wird während der Nachlaufzeit der Nachlaufwinkel erfasst und der Lösewinkel der Schraube, zusammen mit der Bewertung des LöSENS, der Schraubersteuerung zugeführt.

Als Lösemoment wird das Drehmoment bezeichnet, das auf eine Schraubverbindung in vorgesehene Richtung einwirken muss, um die Summe der Press- u. Reibkräfte zu überwinden und damit die Schraubverbindung zu lösen.

In der Schraubersteuerung werden folgende Parameter eingegeben:

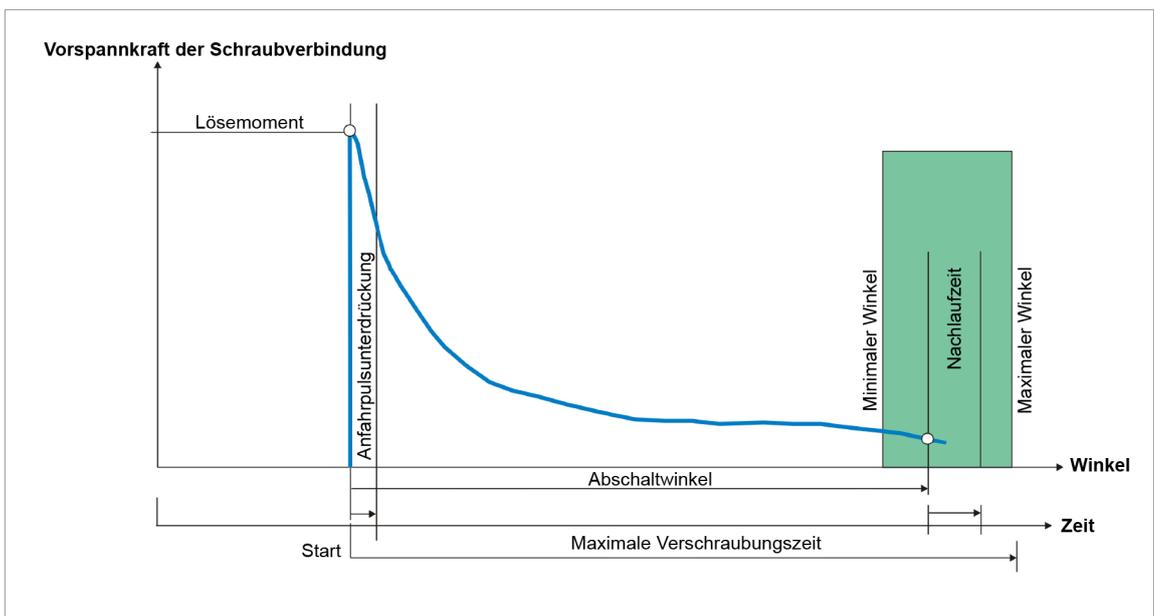


Abb. 4-2: Vorspannkraft über Winkel

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Abschaltwinkel	Lösewinkel	0 ... 9 999	WP (grad)
Dämpfungsfaktor	Anzahl der zur Dämpfung durch Mittelwertbildung verwendete Messwerte	1, 2, 4, 8, 16, 32	DF
Drehzahl	Drehzahlvorwahl; im Bereich der in den Werkzeugkonstanten vorgegebenen Maximaldrehzahl	± Maximaldrehzahl	n (1/min)
Maximaler Winkel	Oberer Grenzwert des erreichten Winkels	0 ... 9 999	WiMax (grad)
Minimaler Winkel	Unterer Grenzwert des erreichten Winkels	0 ... 9 999	WiMin (grad)
Maximale Verschraubungszeit	Sicherheitsabschaltung	Ist für alle Werkzeuge einer Werkzeuggruppe in dieser Stufe wirksam	

## 4.2 Diagramm 46: Lösen, WI/MD gesteuert

Schraubverfahren zum Entspannlösen mit freiprogrammierbaren Parameterwerten.

Abschaltwinkel- und Abschaltmomentgesteuertes Entspannverfahren mit Drehwinkel- und Drehmomentkontrolle.

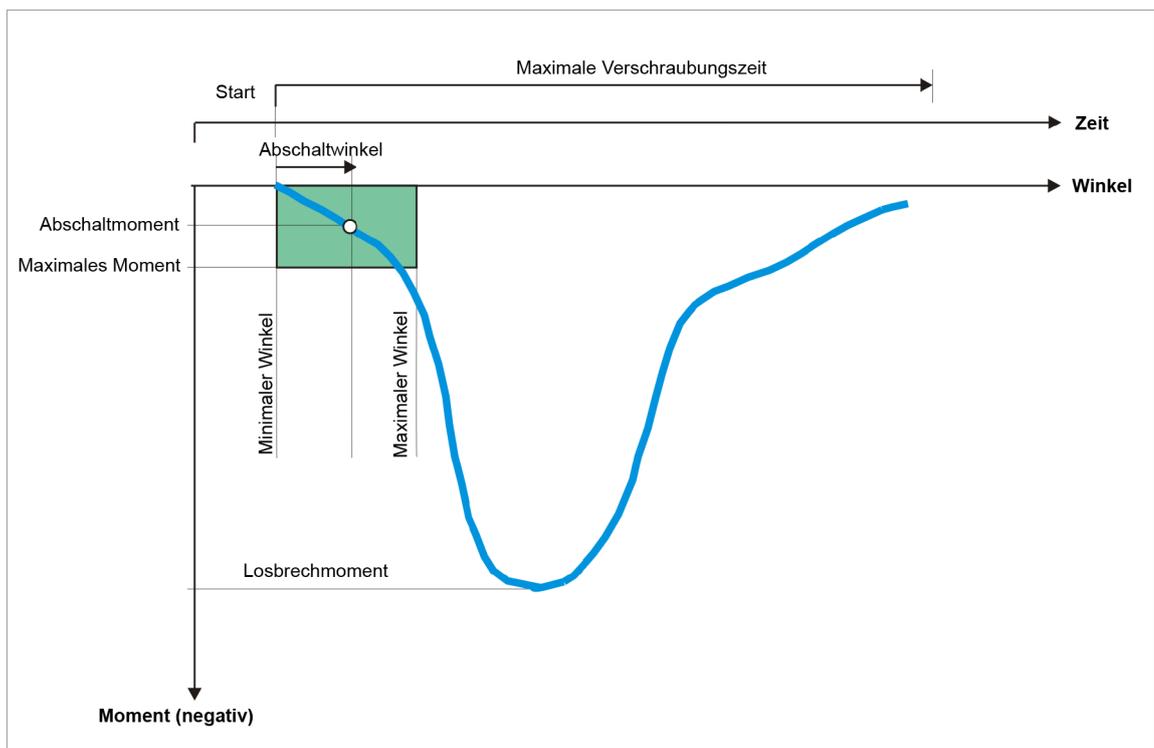


Abb. 4-3: Diagramm 46

Oft entstehen beim Verschrauben durch hohe einwirkende Kräfte Verklebungen zwischen dem Schraubenkopf und dem antreibenden Schrauber (Stecknuss). Das Werkzeug kann dadurch nur schwer vom Werkstück getrennt werden und in der Folge entstehen Störungen im Automatikablauf. Um dies zu entschärfen kann mit diesem Diagramm durch gezieltes Linksdrehen der Aufbau der Antriebseinheit entspannt werden. Dies wird sich bis auf den Übergang zum Schraubenkopf auswirken und dadurch das Verkleben aufheben oder reduzieren.

In der Schraubersteuerung kann dafür im automatischen Schraubablauf als letzte Aktion ein Entspannen durchgeführt werden. Dies soll das problemlose Trennen vom Werkstück ermöglichen. Dazu wird die Verschraubungseinheit zurückgedreht. Die ein/ausschaltbare Entspannstufe besitzt dazu feste Parameter, die nicht angepasst werden können.

Für die individuelle Anpassung ist das Diagramm 46 zu verwenden. Wichtig ist dabei, dass der Kraftschluss der verspannten Teile aufgehoben wird, aber auf keinen Fall in umgekehrter Richtung wieder mit Kraft beaufschlagt wird. Dies würde wiederum zu einem Verspannen führen. Außerdem kann dabei die Schraubverbindung wieder gelöst werden. Der Winkelbereich, der zum Entspannen durchlaufen wird, ist abhängig vom mechanischen Aufbau der Verschraubungseinheit. Je steifer die Anziehmechanik und je formschlüssiger die Formteile (Stecknuss, Vierkant...) sind, desto geringer ist der Entspannwinkel.

Das Losbrechmoment ist die Kraft, die auf eine Schraubverbindung in vorgesehener Richtung einwirken muss, um die Summe der Preß- u. Reibkräfte zu überwinden um die Schraubverbindung zu lösen.

In der Schraubersteuerung werden folgende Parameter eingegeben:

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Abschaltmoment	Verhindert das Lösen der Schraubverbindung	0 ... 1,2 x MD-Kapazität	MP
Abschaltwinkel	Entspannwinkel (Lösewinkel)	0 ... 9 999	WP (grad)
Dämpfungsfaktor	Anzahl der zur Dämpfung durch Mittelwertbildung verwendeten Messwerte	1, 2, 4, 8, 16, 32	DF
Drehzahl	Drehzahlvorwahl; im Bereich der in den Werkzeugkonstanten vorgegebenen Maximaldrehzahl	± Maximaldrehzahl	n (1/min)
Maximaler Winkel	Oberer Grenzwert des erreichten Winkels und Sicherheitsabschaltwert	0 ... 9 999	WiMax (grad)
Maximales Moment	Oberer Grenzwert des erreichten Drehmomentes und Sicherheitsabschaltwert	0 ... 1,2 x MD-Kapazität	MdMax
Minimaler Winkel	Unterer Grenzwert des erreichten Winkels	0 ... 9 999	WiMin (grad)
Maximale Verschraubungszeit	Sicherheitsabschaltung	Ist für alle Werkzeuge einer Werkzeuggruppe in dieser Stufe wirksam	

### 4.3 Diagramm 47: Lösen, bis Restmoment

#### Abschaltmomentgesteuertes Löseverfahren mit Lösewinkel- und Restmomentkontrolle

Das Diagramm 47 ist softwareabhängig und steht nur für LiveWire-Werkzeuge mit der Software-Versionen S169251-160.4 oder S169252-162.2 und neuer zur Verfügung. Es wird verwendet, um beim Anlösen einer Verschraubung sicherzustellen, dass ein definiertes Restmoment (Abschaltmoment) erreicht wird.

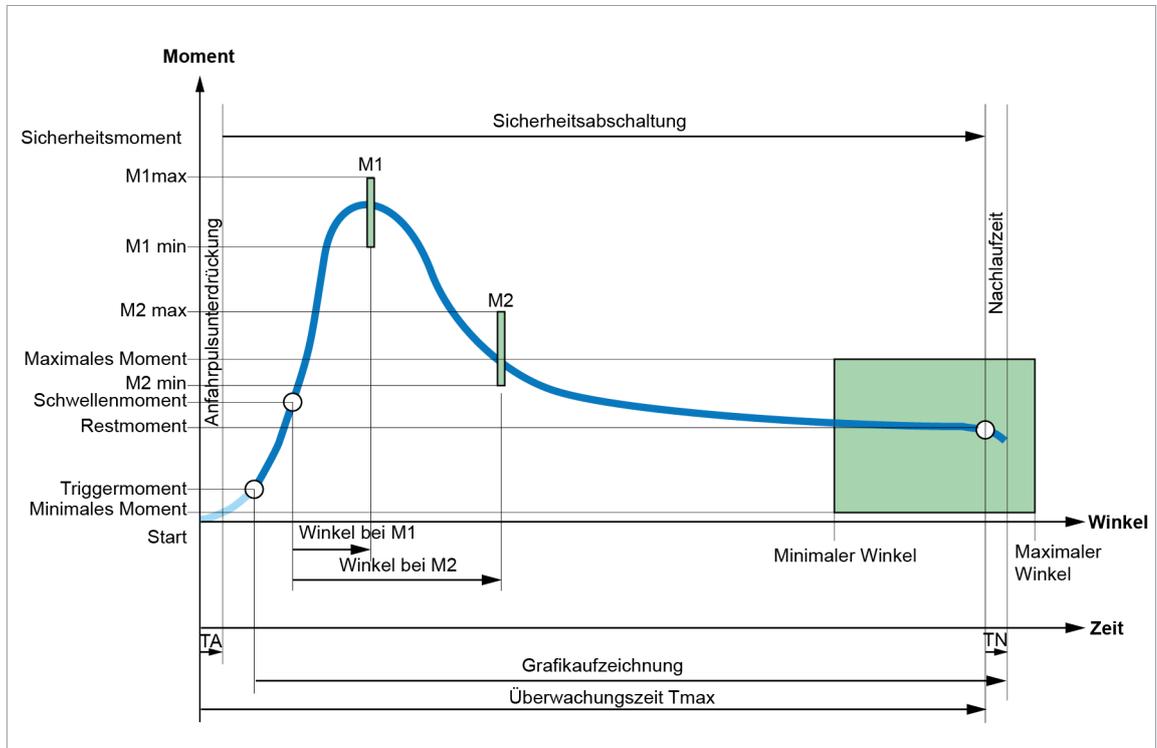


Abb. 4-4: Diagramm 47

Bei aktivierter Stromredundanz oder Stromführung werden die ersten 90° mit verminderter Drehzahl von 10 1/min gefahren.

Die Sicherheitsabschaltung beginnt nach der *Anfahrpulsunterdrückung*.

Bei Erreichen vom *Triggermoment* wird der Drehmomentverlauf aufgezeichnet und kann über die Grafikfunktion dargestellt werden.

Ab dem Erreichen des Schwellenmoments wird der maximale Winkel, der *Winkel bei M1* und der *Winkel bei M2* gezählt sowie die Lösemoment-Abschaltung aktiviert.

Das Werkzeug schaltet ab, sobald das Restmoment erreicht ist. Um eine vorzeitige Abschaltung des Lösevorgangs zu verhindern, muss das Schwellenmoment größer sein als das Restmoment. Denn das Werkzeug würde sofort abschalten, wenn das Schwellenmoment kleiner als das Restmoment wäre.

Nach dem Erreichen des Restmoments wird während der Nachlaufzeit der Nachlaufwinkel und das Nachlaufmoment erfasst. Die Schraubersteuerung bewertet anschließend den Lösevorgang und gibt ein Ergebnis aus.

#### Nachlaufzeit

Wenn eine *Nachlaufzeit TN (ms)* parametrierbar ist, wird nach dem Erreichen des Restmoments der Nachlaufwinkel und das Nachlaufmoment erfasst. Innerhalb eines Winkelgrads wird nur der höchste Drehmoment-Wert aufgezeichnet. Da in der Nachlaufzeit nur die ansteigenden Drehmomente berücksichtigt werden, kann das endgültige Drehmoment-Ergebnis und der niedrigste Punkt der Grafik über dem Restmoment liegen.

Beispiel: Schraubvorgang mit parametrierter Nachlaufzeit. Das Restmoment beträgt 1,00 Nm.

	Messwert: Restmoment noch nicht erreicht	Messwert: Restmoment erreicht, Nachlaufzeit beginnt	Messwert: Nachlaufzeit beendet
Winkel	31,2°	31,4°	32,7°
Drehmoment	1,02 Nm	0,99 Nm	1,01 Nm
Ergebnis		Das vorläufige Ergebnis im Restmoment ist 0,99 Nm	Das Endergebnis ist 1,01 Nm.
		Der Winkel 31° hat das Ergebnis 1,02 Nm (höchster Wert im Winkelgrad).	Der Winkel 32° hat das Ergebnis 1,02 Nm.

- Das Endergebnis ist 1,01 Nm, da während der Nachlaufzeit das Drehmoment angestiegen ist. Der letzte Grafikpunkt wird auf das Endergebnis gesetzt.

### Drehmoment-Tore

Es können zwei Drehmoment-Tore (M1 und M2) definiert werden, die eine zusätzliche Überwachung des Lösevorgangs darstellen.

Die Tore stehen für einen Winkel, an welchem jeweils ein minimales und ein maximales Drehmoment ( $M1_{min}$ ,  $M1_{max}$  bzw.  $M2_{min}$ ,  $M2_{max}$ ) nicht unter- oder überschritten werden darf. Die Tore M1 und M2 werden durch Winkel bei M1 und Winkel bei M2, ab dem Schwellenmoment, festgelegt.

Falls an diesen Toren das Drehmoment nicht innerhalb der zugehörigen Grenzen liegt, wird das Werkzeug gestoppt. Das Werkzeugergebnis wird mit NIO bewertet und eine Fehlermeldung angezeigt. Abhängig von dem angezeigten Fehler, muss der entsprechende Parameter angepasst werden:

Fehlermeldung	Bedeutung	Maßnahme
M1<	Moment M1 ist zu klein.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Kleineren Wert bei <i>Minimales Moment M1</i> eingeben.</li> <li>▶ <i>Winkel bei M1</i> ändern.</li> </ul>
M1>	Moment M1 ist zu groß.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Größeren Wert bei <i>Maximales Moment M1</i> eingeben.</li> <li>▶ <i>Winkel bei M1</i> ändern.</li> </ul>
M2<	Moment M2 ist zu klein.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Kleineren Wert bei <i>Minimales Moment M2</i> eingeben.</li> <li>▶ <i>Winkel bei M2</i> ändern.</li> </ul>
M2>	Moment M2 ist zu groß.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Größeren Wert bei <i>Maximales Moment M2</i> eingeben.</li> <li>▶ <i>Winkel bei M2</i> ändern.</li> </ul>

Die zeitliche Reihenfolge der beiden Tore ist beliebig, d. h. M1 kann vor oder nach M2 oder auch auf M2 liegen. Die Drehmoment-Kontrolle in den Toren kann einzeln deaktiviert werden, indem der Parameter *Winkel bei M1* bzw. *Winkel bei M2* auf Null gesetzt wird. Wenn für  $M1_{min}$  bzw.  $M2_{min}$  Null parametrisiert wird, wird das minimale Drehmoment in diesem Tor nicht geprüft. In diesem Fall tritt der Fehler M1</M2< (Drehmoment zu klein) nicht auf, selbst wenn das Drehmoment z. B. -0,2 Nm ist.

### Parameter

Für das Schraubverfahren müssen folgende Parameter parametrisiert werden:

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Restmoment (Abschaltmoment)	Drehmoment als Zielgröße, bei dessen Erreichen das Werkzeug gestoppt wird und die Nachlaufzeit beginnt.	0 ... MD-Kalibrierwert	MP
Minimales Moment	Unterer Grenzwert des erreichten Drehmoments im Abschaltmoment. Wird das Drehmoment nicht erreicht, wird die Stufe mit NIO bewertet (MD<).	0 ... Restmoment	MdMin

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Maximales Moment	Oberer Grenzwert des erreichten Drehmoments im Abschaltpunkt. Wird das Drehmoment überschritten, wird die Stufe mit NIO bewertet (MD>).	0 ... $1,2 \times MD$ -Kapazität	MdMax
Minimaler Winkel	Unterer Grenzwert des erreichten Winkels im Abschaltpunkt. Wird der Winkel nicht erreicht, wird die Stufe mit NIO bewertet (WI<).	0 ... 9 999	WiMin (grd)
Maximaler Winkel	Oberer Grenzwert des erreichten Winkels im Abschaltpunkt und Sicherheitsabschaltwert, wenn das Abschaltmoment noch nicht erreicht ist. Wird der Winkel überschritten, wird die Stufe mit NIO bewertet (WI>).	0 ... 9 999	WiMax (grd)
Triggermoment	Beginn der Speicherung der Drehmomentwerte für die Grafikdarstellung	0 ... Schwellenmoment	MT
Schwellenmoment	Beginn der Winkelzählung	Restmoment ... Sicherheitsmoment	MS
Drehzahl	Drehzahl am Werkzeug, die im Bereich der in den Werkzeugkonstanten vorgegebenen Maximaldrehzahl liegt.	0 ... maximale Werkzeugdrehzahl	n (1/min)
Dämpfungsfaktor	Dient der Berechnung des Drehmomentmittels, um Störspitzen zu vermeiden. Über diese Anzahl von Drehmomentwerten wird unmittelbar nach der Erfassung ein Mittelwert gebildet, was einer Filterung und Dämpfung entspricht. Sobald ein neuer Messwert erfasst wird, wird der älteste Wert gelöscht und der Mittelwert neu berechnet. Die weitere Bewertung (Abschalten, Auswertung, Grafik) erfolgt mit diesen Mittelwerten. Ein Dämpfungsfaktor von 1 entspricht keiner Mittelwertbildung.	1, 2, 4, 8, 16, 32	DF
Sicherheitsmoment	Nach Ablauf der Anfahrpulsunterdrückung und während des Schraubvorgangs gültiges Überwachungsmoment, bei dessen Überschreitung das Werkzeug sofort gestoppt wird.	0 ... $1,2 \times MD$ -Kalibrierung	MdSi
Winkel bei M1	Winkel, bei dem geprüft wird, ob das Drehmoment zwischen M1max. und M1min. liegt. Ist das Drehmoment außerhalb dieses Bereichs, wird das Werkzeug gestoppt und eine Fehlermeldung angezeigt (M1>, M1<).	0 ... 9 999	WiM1 (grd)
Winkel bei M2	Winkel, bei dem geprüft wird, ob das Drehmoment zwischen M2max. und M2min. liegt. Ist das Drehmoment außerhalb dieses Bereichs, wird das Werkzeug gestoppt und eine Fehlermeldung angezeigt (M2>, M2<).	0 ... 9 999	WiM2 (grd)
Minimales Moment M1	Unterer Grenzwert des erreichten Drehmoments, das bei Winkel bei M1 auftreten darf. Wird das Drehmoment unterschritten, wird die Stufe mit NIO bewertet (M1<).	0 ... $1,2 \times MD$ -Kalibrierung	M1min

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Maximales Moment M1	Oberer Grenzwert des erreichten Drehmoments, das bei Winkel bei M1 auftreten darf. Wird das Drehmoment überschritten, wird die Stufe mit NIO bewertet (M1>).	Restmoment ... Sicherheitsmoment	M1max
Minimales Moment M2	Unterer Grenzwert des erreichten Drehmoments, das bei Winkel bei M2 auftreten darf. Wird das Drehmoment unterschritten, wird die Stufe mit NIO bewertet (M2<).	0 ... MD-Kalibrierung	M2min
Maximales Moment M2	Oberer Grenzwert des erreichten Drehmoments, das bei Winkel bei M2 auftreten darf. Wird das Drehmoment überschritten, wird die Stufe mit NIO bewertet (M2>).	Restmoment ... Sicherheitsmoment	M2max
Überwachungszeit	Maximale Verschraubungszeit, die vom Start bis zum Erreichen des Restmoments gemessen wird.	0 ... 9 999	Tmax (ms)

#### 4.4 Diagramm 48: Lösen, erweiterte Überwachung

Abschaltwinkelgesteuertes Löseverfahren mit Lösewinkel- und Restmomentkontrolle. Es können zwei Tore definiert werden, an welchen jeweils ein minimaler und ein maximaler Drehmomentwert nicht unter- oder überschritten werden darf.

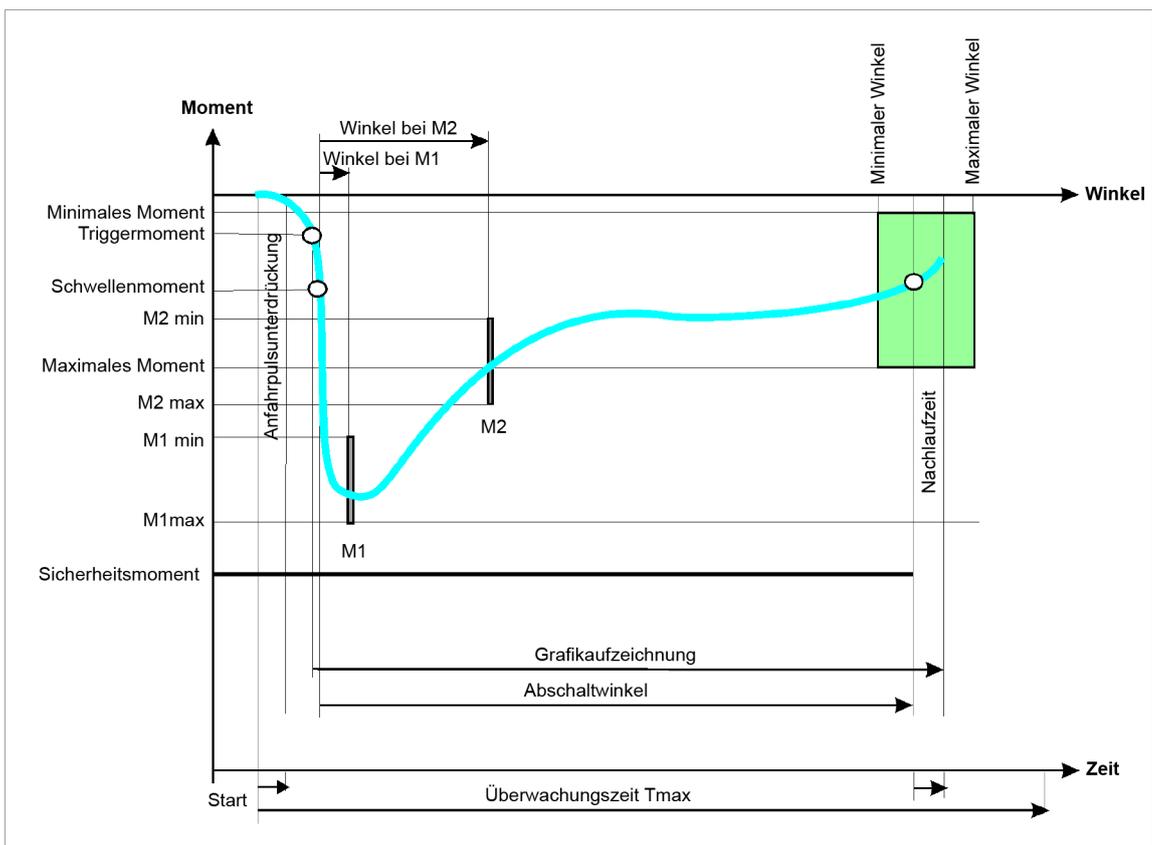


Abb. 4-5: Diagramm 48

Über den eingebauten Messwertempfänger wird der, während des Schraubvorgangs auftretende Drehwinkel erfasst und in der Schraubersteuerung verarbeitet. Ab Erreichen vom *Schwellenmoment* wird der Winkel gezählt.

Bei Erreichen vom *Abtastwinkel* wird das Werkzeug gestoppt. Anschließend wird während der Nachlaufzeit der Nachlaufwinkel erfasst und der Lösewinkel der Schraube, zusammen mit der Bewertung des LöSENS, der Schraubersteuerung zugeführt.

An zwei Toren M1 und M2 erfolgt jeweils einmalig eine Überprüfung, ob die zu diesen Toren gehörenden Momentgrenzwerte M1min, M1max bzw. M2min, M2max unterschritten oder überschritten werden. Die Tore M1 und M2 werden durch die Winkel bei M1 und Winkel bei M2 ab dem Schwellenmoment festgelegt.

Falls an diesen Toren das Moment nicht innerhalb der zugehörigen Min/Max-Grenzen liegt, wird das Werkzeug gestoppt und das Werkzeugergebnis NIO bewertet.

Die zeitliche Reihenfolge der beiden Tore ist beliebig, d. h. M1 kann vor oder nach M2 oder auch auf M2 liegen. Die Drehmomentkontrolle in den Toren M1 und M2 kann durch Setzen der Winkel bei M1, bzw. M2 auf Null einzeln deaktiviert werden.

Das Moment bei M1 und M2, sowie das im Schraubverlauf aufgetretene Maximalmoment wird erfasst und als Ergebnis der statistischen Auswertung zugeführt.

Bei Erreichen vom *Triggermoment* wird der Drehmomentverlauf aufgezeichnet und kann über die Grafikfunktion dargestellt werden.

Bei aktivierter Stromredundanz oder Stromführung werden die ersten 90° mit verminderter Drehzahl von 10 1/min gefahren.

In der Schraubersteuerung werden folgende Parameter eingegeben:

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Dämpfungsfaktor	Anzahl der zur Dämpfung durch Mittelwertbildung verwendeter Messwerte	1, 2, 4, 8, 16, 32	tMess (ms)
Drehzahl	Drehzahlvorwahl; im Bereich der in den Werkzeugkonstanten vorgegebenen Maximaldrehzahl	0 ... 90° ±10 1/min	n (1/min)
Abschaltwinkel	Winkel, an dem der Antrieb gestoppt wird und die Nachlaufzeit beginnt;	0 ... 9 999	WP (grad)
Maximaler Winkel	Oberer Grenzwert des erreichten Winkels im Abschaltwinkel und Sicherheitsabschaltwert	0 ... 9 999	WiMax (grad)
Maximales Moment	Oberer Grenzwert des erreichten Drehmoments im Abschaltwinkel	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MdMax
Maximales Moment M1	Maximales Moment, das bei M1 auftreten darf	0 ... 1,2 × MD-Kalibrierung	M1max
Maximales Moment M2	Maximales Moment, das bei M2 auftreten darf	0 ... 1,2 × MD-Kalibrierung	M2max
Minimaler Winkel	Unterer Grenzwert des erreichten Winkels im Abschaltwinkel	0 ... 9 999	WiMin (grad)
Minimales Moment	Unterer Grenzwert des erreichten Drehmoments im Abschaltwinkel	0 ... MD-Kalibrierung	MdMin
Minimales Moment M1	Minimales Moment, das bei M1 auftreten darf	0 ... 1,2 × MD-Kalibrierung	M1min
Minimales Moment M2	Minimales Moment, das bei M2 auftreten muss	0 ... MD-Kalibrierung	M2min
Schwellenmoment	Beginn der Winkelzählung	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MS
Überwachungszeit	Maximale Verschraubungszeit, die vom Start bis zum Erreichen des Restmoments gemessen wird.	0 ... 9 999 ms	Tmax (ms)
Sicherheitsmoment	Nach Ablauf der Anfahrpulsunterdrückung und während des Schraubvorgangs gültiges Überwachungsmoment, bei dessen Überschreitung das Werkzeug sofort gestoppt wird	0 ... 1,2 × MD-Kalibrierung	MdSi

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Triggermoment	Beginn der Speicherung der Drehmomentwerte für die Grafikdarstellung	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MT
Winkel bei M1	Winkel, bei dem das Moment auf Lage zwischen M1max und M1min geprüft wird; bei Lage außerhalb des Bereichs M1min bis M1max wird das Werkzeug gestoppt	0 ... 9 999	WiM1 (grad)
Winkel bei M2	Winkel, bei dem das Moment auf Lage zwischen M2max und M2min geprüft wird; bei Lage außerhalb des Bereichs M2min bis M2max wird das Werkzeug gestoppt	0 ... 9 999	WiM2 (grad)

## 5 Spezielle Schraubverfahren

### 5.1 Diagramm 15: DDM, Reibmomentmessung

Die Reibmomentmessung wird wie ein normaler Verschraubungszyklus eingeleitet und von der Schraubersteuerung komplett durchgeführt. Die Reibmomentmessung teilt sich in vier Phasen auf, die nacheinander aufgerufen und durchlaufen werden. In den einzelnen Phasen werden folgende Funktionen ausgeführt.

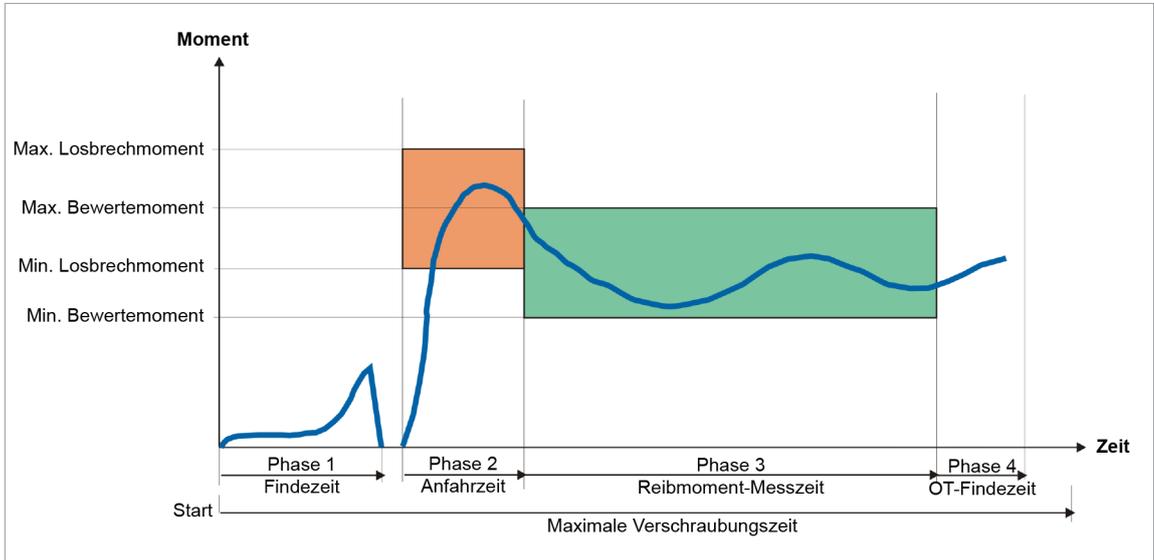


Abb. 5-1: Diagramm 15

#### Phase 1: Finden

Das Werkzeug wird gestartet und dreht bis ein externes E/A-Signal (Initiator FindINI) meldet, dass die Mitnahmeeinrichtung (i. d. R. eine Stecknuss) eingerastet ist. Über den eingebauten Messwertaufnehmer wird das, während des Schraubvorgangs auftretende Drehmoment sowie der Drehwinkel erfasst und in der Schraubersteuerung verarbeitet. Abhängig von den parametrisierten Eingangssignalen kann das Werkzeug auch gestoppt werden, wenn eine Störkontur erkannt wird (Schlitten aus Störbereich). Wenn die Initiatoren nicht in der E/A-Zuordnung definiert sind, bevor der Werkzeugstart aktiviert ist, wird eine Fehlermeldung angezeigt und das Werkzeug startet nicht.

Aus Sicherheitsgründen wird in allen Phasen beim Überschreiten vom maximalen Losbrechmoment das Werkzeug gestoppt und mit NIO-Bewertung abgebrochen.

#### Phase 2: Anfahrzeit

Bevor das Werkzeug gestartet wird, muss das Signal Schlitten aus Störbereich (SIS) gesetzt sein. In dieser Phase wird das Losbrechmoment kontrolliert. Es muss innerhalb der Grenzwerte *Min. Losbrechmoment* und *Max. Losbrechmoment* liegen. Trifft dies zu, geht der Ablauf kontinuierlich in die Phase 3 über, ansonsten erfolgt ein sofortiger Stopp des Werkzeugs. Wurde das *Min. Losbrechmoment* nicht überschritten, geht der Ablauf in die Phase 3 über und es erfolgt eine Bewertung (MDS<) am Ende des Ablaufes.

#### Phase 3: Reibmoment-Messzeit

Während der Reibmoment-Messzeit wird das Drehmoment auf Über- und Unterschreitungen von *Min. Bewertungmoment* und *Max. Bewertungmoment* überprüft und das maximale und minimale auftretende Reibmoment registriert. Nach Ablauf der Messzeit wird die Reibmomentmessung beendet und kontinuierlich in die Phase 4 übergegangen.

#### Phase 4: Definierte Endposition anfahren (OT finden)

Während der Phase 4 wird das Werkzeug noch solange weitergedreht, bis ein Initiator die OT-Position erreicht signalisiert (OTINI, oberer Totpunkt).

In der Schraubersteuerung werden folgende Parameter eingegeben:

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Anfahrzeit	Zeit zur Überwindung des Losbrechens und zur Kontrolle des Lösemomentes, bestimmt die Dauer der Phase 2	0 ... 60 000	tAn (ms)
Dämpfungsfaktor	Dämpfungsfaktor, Anzahl der zur Dämpfung durch Mittelwertbildung verwendete Messwerte	1, 2, 4, 8, 16, 32	DF
Drehzahl	Drehzahlvorwahl; im Bereich der in den Werkzeugkonstanten vorgegebenen Maximaldrehzahl abhängig vom nächsten Parameter	± Maximaldrehzahl	n (1/min)
Max. Bewertungmoment	Oberes Bewertungmoment während der Messzeit (Phase 3)	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MBmax
Max. Losbrechmoment	Sicherheitsabschaltmoment während der Anfahrzeit (Phase 2)	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MdLmax
Messzeit	Zeit in der das Reibmoment geprüft wird, bestimmt die Dauer der Phase 3	0 ... 60 000	tMess (ms)
Min. Bewertungmoment	Unteres Bewertungmoment während der Messzeit (Phase 3)	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MBmin
Min. Losbrechmoment	Unterer Grenzwert des Losbrechmomentes zur Auswertung in der Anfahrzeit (Phase 2)	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MdLmin
Maximale Verschraubungszeit	Sicherheitsabschaltung	Ist für alle Werkzeuge einer Werkzeuggruppe in dieser Stufe wirksam	
Triggermoment	Beginn der Messwertaufzeichnung für die grafische Darstellung	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MT



Für die korrekte Durchführung dieses Schraubverfahrens müssen die Eingangssignale FINDINI, OTINI und SIS in der Schraubersteuerung parametrierbar sein. Die Signale FINDINI und OTINI müssen als direkte Signale dem Schraubmodul zugewiesen sein.

## 5.2 Diagramm 16: Positionieren

Ereignisabhängiges Drehen. Dieses Diagramm dient dazu, ab einer bestimmten Position (FindINI) das Werkzeug nach einem bekannten Winkelabschaltwert zu stoppen, um z. B. eine exakte OT-Stellung eines Bearbeitungswerkstückes zu erhalten. In dieser Stufe wird die Grafikfunktion nicht unterstützt.

Nach Erreichen der Initiator-Position beginnt die Winkelzählung. Ist der parametrierbare Abschaltwinkel erreicht, stoppt das Werkzeug. Die erreichten Winkelabschaltwerte gehen in die IO/NIO-Auswertung ein. Eine Bewertung des erreichten Drehmomentwertes ist nicht vorgesehen.

Aus Sicherheitsgründen wird in allen Phasen beim Überschreiten vom maximalen Losbrechmoment das Werkzeug gestoppt und mit NIO-Bewertung abgebrochen.

In der Schraubersteuerung werden folgende Parameter eingegeben:

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Abschaltwinkel	Abschaltwinkel der Stufe	0 ... 9 999	WP (grad)
Dämpfungsfaktor	Dämpfungsfaktor, Anzahl der zur Dämpfung durch Mittelwertbildung verwendeter Messwerte	1, 2, 4, 8, 16, 32	DF

<sup>1</sup> Nachfolgende Plausibilitätsprüfung in Bezug auf die Werkzeug-Kapazität (softwareabhängig)

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Drehzahl	Drehzahlvorwahl; im Bereich der in den Werkzeugkonstanten vorgegebenen Maximaldrehzahl	± Maximaldrehzahl	n (1/min)
Maximaler Winkel	Maximaler Winkel, oberer Grenzwert des erreichten Winkels und Abschaltwert	0 ... 9 999	WiMax (grad)
Maximales Moment	Maximales Moment, oberer Grenzwert des erreichten Drehmomentes und Sicherheitsabschaltwert	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MdMax
Minimaler Winkel	Minimaler Winkel, unterer Grenzwert des erreichten Winkels	0 ... 9 999	WiMin
Maximale Verschraubungszeit	Sicherheitsabschaltung	Ist für alle Werkzeuge einer Werkzeuggruppe in dieser Stufe wirksam	



Für die korrekte Durchführung dieses Schraubverfahrens muss das Eingangssignal FindINI in der Schraubersteuerung parametrierbar sein.

- Eingangssignal als direktes Signal zur Messkarte in der Parametrierung der E/A-Ebene hinzufügen oder zuweisen.

### 5.3 Diagramm 21: Gegenhalten

Dieses Diagramm dient zum Gegenhalten (Kontern) von Verschraubungen. Das Konterwerkzeug bringt das Gegenmoment zum korrespondierenden Werkzeug auf. In diesem Diagramm wird die Grafikfunktion nicht unterstützt.

Das Gegenhalten wird wie ein normaler Verschraubungszyklus eingeleitet und von der Schraubersteuerung komplett durchgeführt. Beim Starten dieses Diagramms wird das Konterwerkzeug mit der Drehzahl „0“ aktiviert.

Wird während des Gegenhaltens das max. Drehmoment erreicht, schaltet das Werkzeug mit NIO-Auswertung ab. Die erreichten Drehmomentabschaltwerte gehen in die IO/NIO-Auswertung ein. Eine Bewertung des erreichten Drehmomentwertes ist nicht vorgesehen.

Hat das korrespondierende Werkzeug die Verschraubung beendet, wird auch der Gegenhaltvorgang des Konterwerkzeugs beendet.

In der Schraubersteuerung werden folgende Parameter eingegeben:

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Dämpfungsfaktor	Dämpfungsfaktor, Anzahl der zur Dämpfung durch Mittelwertbildung verwendete Messwerte	1, 2, 4, 8, 16, 32	DF
Korresp. Werkzeug	Werkzeug, gegen das gehalten (gekontert) werden muss	1 ... 32	Werkzeug
Maximales Moment	Oberer Grenzwert des erreichten Drehmoments	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MdMax
Minimales Moment	Unterer Grenzwert des erreichten Drehmoments	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MdMin
Maximale Verschraubungszeit	Sicherheitsabschaltung	Diese ist für alle Werkzeuge einer Werkzeuggruppe in dieser Stufe wirksam	

## 5.4 Diagramm 32: MD gesteuert, kompensiert

Abschaltmomentgesteuertes Schraubverfahren mit Drehmoment- und Drehwinkelkontrolle unter Berücksichtigung der Einfurchkräfte, Einpresskräfte, Reibmomente und Einpressmomente.



Einfurchkräfte, Einpresskräfte, Reibmomente und Einpressmomente sind Verluste, die nicht in die gewünschte Vorspannkraft der Verschraubung eingehen.

Während des Einschraubens wird das Einpressmoment ermittelt und zu dem parametrisierten Ziel-Drehmoment hinzu addiert. Damit gehen die meist durch Toleranzen verursachten Einpressmomentunterschiede nicht in die Ziel-Drehmomentsteuerung mit ein.

Dieses Schraubverfahren kann für Verschraubungen verwendet werden, die beim Einschrauben zusätzliche passgenaue Bauteile z. B. Lager mit einziehen. Diese Einpresskräfte können sehr unterschiedlich sein und somit die Streuung der Verschraubung beeinflussen. Dieser Streuung begegnet man durch individuelle Ermittlung dieser Kräfte während der Verschraubung.

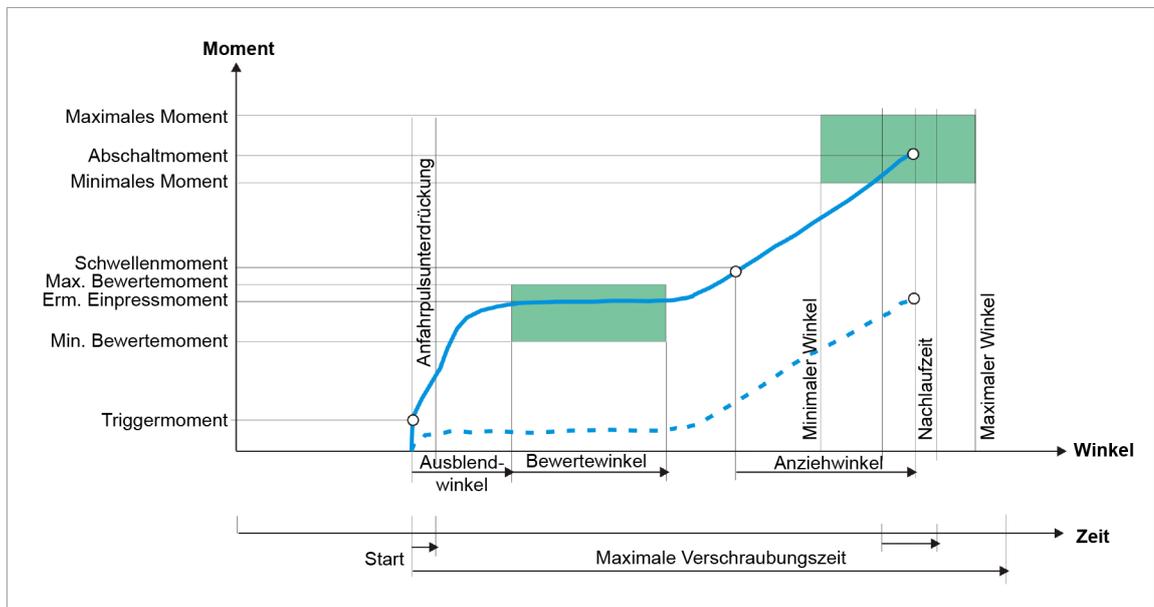


Abb. 5-2: Diagramm 32

Bei diesem Schraubdiagramm wird über einen definierten Bereich ein Momentdurchschnittswert ermittelt. Dieser kompensiert die bei der Verschraubung herrschende Einfurchkräfte, Einpresskräfte, Reibmomente und Furchmomente.

Über den eingebauten Messwertempfänger wird das, während des Schraubvorgangs auftretenden Drehmoment sowie der Drehwinkel erfasst und in der Schraubersteuerung verarbeitet. Bei Erreichen des Suchkriteriums *Triggermoment* beginnt der Ausblendwinkel. Das parametrisierte maximale Moment darf nicht überschritten werden. Tritt dies ein, wird der Schraubablauf sofort gestoppt und mit NIO bewertet.

Im Anschluss an den *Ausblendwinkel* erstreckt sich der parametrierbare *Bewertewinkel*. Das parametrisierte *Max. Bewertungsmoment* darf nicht überschritten, das parametrisierte *Min. Bewertungsmoment* darf nicht unterschritten werden. Tritt dies ein, wird der Schraubablauf sofort gestoppt und mit NIO bewertet.

Mit Beendigung des Bewertungswinkels erfolgt eine arithmetische Mittelwertberechnung der erzielten Drehmomentwerte über den Bereich des Bewertungswinkels. Das daraus resultierende Drehmoment wird für den weiteren Ablauf der Verschraubung auf den parametrisierten Abschaltwert und den Drehmomentgrenzwerten aufaddiert. Die Erkennung des Schwellenmomentes ist bis zur Beendigung des Bewertungswinkels deaktiviert.

Im Bereich des Bewertungswinkels wird zusätzlich noch ein *Zul. Streumoment* ausgewertet. Die Differenz zwischen maximal und minimal aufgetretenem Drehmoment darf das *Zul. Streumoment* nicht überschreiten. Tritt dies ein, wird der Schraubablauf sofort gestoppt und NIO bewertet. Treten sonst keine weiteren Fehler auf, wird anschließend bis zum neuen ermittelten Abschaltmoment (parametrisiertes Abschaltmoment + Einpressmoment) geschraubt.

Mit Überschreiten des neu ermittelten Schwellenmomentes werden die Winkel gezählt. Zu der nachfolgenden Bewertung der Schraubverbindung werden ebenfalls die neu ermittelten Drehmomentgrenzwerte herangezogen. Da sich der Abschaltwert bei jeder neuen Verschraubung ändert, kann eine Drehmomentstatistik mit diesem Schraubverfahren nicht durchgeführt werden. Die erreichten Ergebnisse der Verschraubung werden von der Messkarte an die Hauptsoftware übermittelt.

Zusätzlich kann eine zweite Drehzahl parametrierbar werden, die ab einem ebenfalls parametrierbaren *Umschaltwinkel* wirksam wird. Bei Überschreiten vom *Umschaltwinkel* wird eine Drehzahlumschaltung durchgeführt.

Bei Erreichen vom *Abschaltmoment* wird der Schraubablauf gestoppt.

Anschließend wird während der Nachlaufzeit der Nachlaufwinkel und das Spitzenmoment erfasst und als Anziehwerte der Schraube, zusammen mit der Bewertung der Verschraubung, der Schraubersteuerung zugeführt.

Bei Erreichen vom *Triggermoment* wird der Drehmomentverlauf aufgezeichnet und kann über die Grafikfunktion dargestellt werden.

Als Sicherheitsabschaltung wird der maximale Winkel mitverwendet. Als zusätzliche Sicherheitsabschaltung wird eine maximale Verschraubungszeit parametrierbar. Diese wird gemeinsam für alle Werkzeuge einer Produktgruppe (Schraubablauf) in dieser Stufe wirksam.

In der Schraubersteuerung werden folgende Parameter eingegeben:

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Abschaltmoment	Abschaltmoment der Stufe	0 ... 1,2 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MP
Ausblendwinkel	Winkelbereich mit Beginn des Triggermoments, in dem das Schwellenmoment nicht gültig ist	0 ... 9 999	WiAus (grd)
Bewertewinkel	Dauer des überwachten Bereiches zur Ermittlung des Einpressmoments	0 ... 9 999	WiBew (grd)
Dämpfungsfaktor	Anzahl der zur Dämpfung durch Mittelwertbildung verwendete Messwerte	1, 2, 4, 8, 16, 32	DF
Drehzahl	Drehzahlvorwahl; im Bereich der in den Werkzeugkonstanten vorgegebenen Maximaldrehzahl	± Maximaldrehzahl	n (1/min)
Enddrehzahl	Drehzahlvorwahl; im Bereich der in den Werkzeugkonstanten vorgegebenen Maximaldrehzahl	± Maximaldrehzahl	n2 (1/min)
Max. Bewertungemoment	Oberer Momentgrenzwert im Bewertungswinkel, der nicht überschritten werden darf	0 ... 1,2 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MBmax
Maximaler Winkel	Oberer Grenzwert des erreichten Winkels und Sicherheitsabschaltwert	0 ... 9 999	WiMax (grd)
Maximales Moment	Oberer Grenzwert des erreichten Drehmoments	0 ... 1,2 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MdMax
Min. Bewertungemoment	Unterer Momentgrenzwert im Bewertungswinkel, der nicht unterschritten werden darf	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MBmin
Minimaler Winkel	Unterer Grenzwert des erreichten Winkels	0 ... 9 999	WiMin (grd)
Minimales Moment	Unterer Grenzwert des erreichten Drehmoments	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MdMin
Schwellenmoment	Beginn der Winkelzählung	0 ... 1,2 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MS

<sup>1</sup> Nachfolgende Plausibilitätsprüfung in Bezug auf die Werkzeug-Kapazität (softwareabhängig)

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Maximale Verschraubungszeit	Sicherheitsabschaltung	Diese ist für alle Werkzeuge einer Werkzeuggruppe in dieser Stufe wirksam	
Triggermoment	Beginn der Messwertaufzeichnung für die grafische Darstellung	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MT
Umschaltwinkel	Vorgabewinkel für die Drehzahlumschaltung, ab wann die Enddrehzahl wirksam wird	0 ... 9 999	WiUm
Zul. Streumoment	Zulässige maximale Abweichung des maximalen und minimalen Drehmomentes im Bewertewinkel	0 ... 1,2 × MD-Kalibrietwert <sup>1</sup>	MdStr

### 5.5 Diagramm 33: Kontrolliertes Halten

Abschaltmomentgesteuertes Schraubverfahren mit Halten des Drehmomentes und automatischem Nachknicken. Diesem Schraubverfahren geht ein schneller Vorantrieb oder ein Endantrieb voraus.

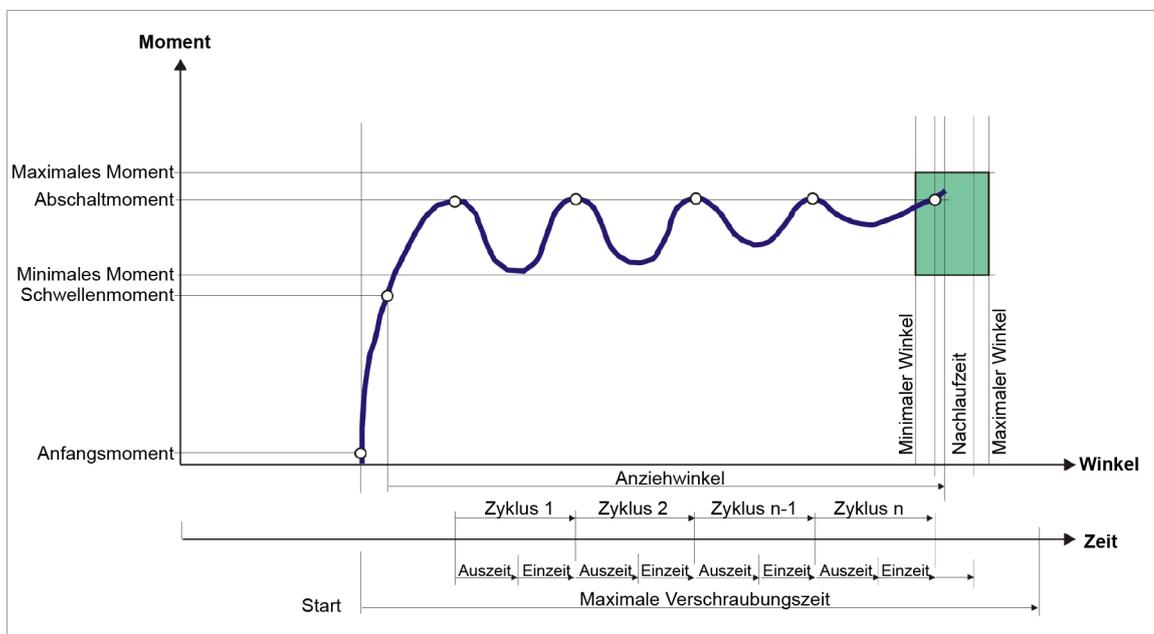


Abb. 5-3: Diagramm 33

Über den eingebauten Messwertnehmer wird das, während des Schraubvorgangs auftretenden Drehmoment sowie der Drehwinkel erfasst und in der Schraubersteuerung verarbeitet.

Ab Erreichen vom *Schwellenmoment* werden die Winkel gezählt. Das Werkzeug wird im Wechsel zwischen Drehbewegung und Halten des erreichten Drehmomentes betrieben.

Bei Erreichen vom *Abschaltmoment* wird das Werkzeug gestoppt und das erreichte Abschaltmoment gehalten, d. h. ein mechanisches Entspannen des Werkzeugs verhindert.

Während der ablaufenden *PTR Auszeit* können die mechanisch bedingten Setzerscheinungen stattfinden.

Nach Ablauf der *PTR Auszeit* oder bei Unterschreitung des parametrisierten minimalen Momentes startet das Werkzeug erneut mit der parametrisierten Drehzahl.

Nach Ablauf der *PTR Einzeit* oder bei Überschreiten vom Abschaltmoment wird das Werkzeug erneut gestoppt und das erreichte Abschaltmoment gehalten. Ein Zyklus besteht aus *PTR Einzeit* und *PTR Auszeit*. Es finden so viele Zyklen statt wie an Wiederholungen parametrisiert sind. Allerdings ist die maximale Zeit hierfür auf 3 000 Millisekunden beschränkt ist.

Anschließend wird während der Nachlaufzeit der Nachlaufwinkel und das Spitzenmoment erfasst. Während der parametrisierten Nachlaufzeit findet ein automatisches, langsames und kontrolliertes Entspannen des Werkzeugs bis Unterschreitung des Schwellenmomentes statt.

Die Anziehungswerte der Schraube, zusammen mit der Bewertung der Verschraubung, werden der Schraubersteuerung zugeführt.

Bei Erreichen vom *Triggermoment* wird der Drehmomentverlauf aufgezeichnet und kann über die Grafikfunktion dargestellt werden.

In der Schraubersteuerung werden folgende Parameter eingegeben:

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Abschaltmoment	Abschaltmoment der Stufe	0 ... 1,2 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MP
Anzahl Wiederholungen	Anzahl der Wiederholungen von <i>PTR Einzeit</i> und <i>PTR Auszeit</i>	1 ... 250	Anz. Wdh.
PTR Auszeit	Werkzeug bleibt für die Dauer dieser Zeit im Haltemodus, solange das minimale Moment nicht unterschritten wird.	0 ... 999	PTR Aus (ms)
Dämpfungsfaktor	Anzahl der zur Dämpfung durch Mittelwertbildung verwendete Messwerte	1, 2, 4, 8, 16, 32	DF
Drehzahl	Drehzahlvorwahl; im Bereich der in den Werkzeugkonstanten vorgegebenen Maximaldrehzahl	± Maximaldrehzahl	n (1/min)
PTR Einzeit	Werkzeug bleibt für die Dauer dieser Zeit eingeschaltet, solange das Abschaltmoment noch nicht erreicht ist.	0 ... 999	PTR Ein (ms)
Maximaler Winkel	Oberer Grenzwert des erreichten Winkels und Sicherheitsabschaltwert	0 ... 9 999	WiMax (grd)
Maximales Moment	Oberer Grenzwert des erreichten Drehmoments	0 ... 1,2 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MdMax
Minimaler Winkel	Unterer Grenzwert des erreichten Winkels	0 ... 9 999	WiMin (grd)
Minimaler Gradient	Unterer Grenzwert des erreichten Drehmoments	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MdMin
Schwellenmoment	Beginn der Winkelzählung	0 ... 1,2 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MS
Maximale Verschraubungszeit	Sicherheitsabschaltung	Die Maximale Verschraubungszeit ist für alle Werkzeuge einer Werkzeuggruppe in dieser Stufe wirksam 0 ... 3 000 ms	
Triggermoment	Beginn der Messwertaufzeichnung für die grafische Darstellung	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MT

<sup>1</sup> Nachfolgende Plausibilitätsprüfung in Bezug auf die Werkzeug-Kapazität (softwareabhängig)

### 5.6 Diagramm 35: Vorspannkraft

Abschaltwinkel- und Abschaltmomentgesteuertes Schraubverfahren mit Drehmoment- und Drehwinkelkontrolle, einschließlich Fügepunkterkennung beim Einschrauben und nachfolgender Drehmomentbewertung.

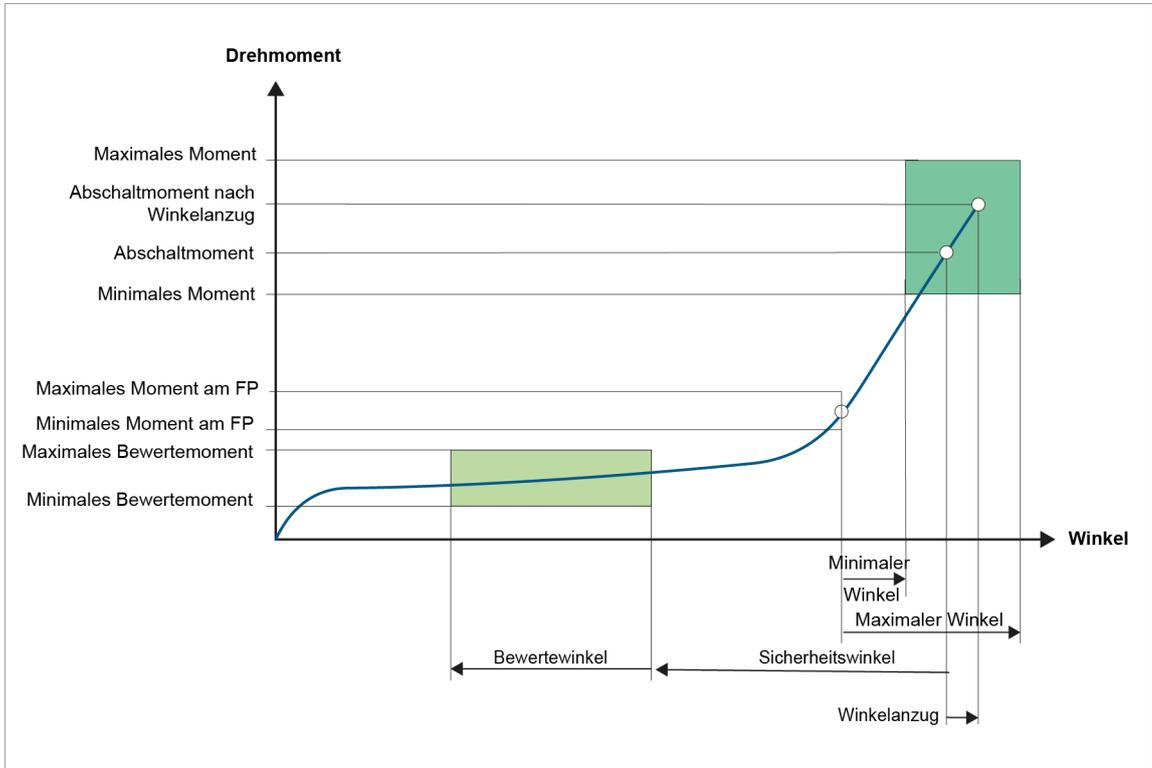


Abb. 5-4: Diagramm 35

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Abschaltmoment	Moment, an dem der Antrieb gestoppt wird und die Nachlaufzeit beginnt; gültig außerhalb des Ausblendwinkels vorn	0 ... 1 × MD-Kapazität	MP
Minimales Moment	Unterer Grenzwert des erreichten Drehmoments	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MdMin
Maximales Moment	Oberer Grenzwert des erreichten Drehmoments	0 ... 1,2 × MD-Kapazität	MdMax
Dämpfungsfaktor	Anzahl der zur Dämpfung durch Mittelwertbildung verwendeter Drehmoment-Messwerte	1, 2, 4, 8, 16, 32	DF
Min. Drehmoment am Fügepunkt	Unterer Grenzwert des erreichten Drehmoments am Fügepunkt und im nachfolgenden Winkelanzug.	0,1 ... Maximales Moment am FP	FpMu
Max. Drehmoment am Fügepunkt	Oberer Grenzwert des erreichten Drehmoments am Fügepunkt und im nachfolgenden Winkelanzug.	Minimales Moment am FP ... Maximales Moment	FpMo
AF für GD am Abschaltpunkt	Abtastwinkel für Gradient im Abschaltpunkt. Abstand in Winkelgraden der zur Gradientenberechnung im Abschaltpunkt verwendeten gedämpften Messwerte.	1 ... 30	AF_AP (grad)
AF für Fügepunkterkennung	Abtastwinkel für den Gradienten am Fügepunkt. Abstand in Winkelgraden der zur Gradientenberechnung am Fügepunkt verwendeten gedämpften Messwerte.	1 ... 30	AF_FPE (grad)

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
GD-Abfl. für Fügepunkterkennung	Gradientenabflachung für Fügepunkterkennung. Prozentualer Wert für die Steigung der Kennlinie, die am Fügepunkt abgeflacht werden soll, um diesen Punkt zu finden.	0 ... 100	Abfl_GD
Minimaler Winkel	Unterer Grenzwert des erreichten Winkels	0 ... 9 999	WiMin (grd)
Maximaler Winkel	Oberer Grenzwert des erreichten Winkels und Sicherheitsabschaltwert	0 ... 9 999	WiMax (grd)
Drehzahl	Im Bereich der in den Werkzeugkonstanten vorgegebenen Maximaldrehzahl	± Maximaldrehzahl	n (1/min)
Bewertewinkel	Dauer des überwachten Bereiches zur Ermittlung des Einpressmoments	0 ... 9 999	WiBew (grd)
Sicherheitswinkel	Bereich zwischen Bewertewinkel und Ende der Aufzeichnung, der nicht ausgewertet wird.	0 ... 9 999	WiSi (grd)
Min. Bewertungemoment	Unterer Momentgrenzwert im Bewertewinkel, der nicht unterschritten werden darf	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MBmin
Max. Bewertungemoment	Oberer Momentgrenzwert im Bewertewinkel, der nicht überschritten werden darf	0 ... 1,2 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MBmax

Der Messwertaufnehmer erfasst während des Schraubvorgangs das auftretende Drehmoment und den Drehwinkel. Bei Erreichen vom Abschaltmoment wird das Werkzeug gestoppt. Anschließend wird während der Nachlaufzeit der Nachlaufwinkel und das Spitzenmoment erfasst. Rückwirkend wird der Fügepunkt berechnet. Das minimale und maximale Moment am Fügepunkt gibt die Grenzen an, in denen das Drehmoment am Fügepunkt liegen muss. In der Phase zur Ermittlung des Fügepunktes findet keine Datenübertragung an die Hauptsoftware statt. Die Messkarte errechnet sich die nötigen Daten für den nachfolgenden Winkelanzug selbständig. Bei Erkennung eines Fehlers wird jedoch mit einer entsprechenden Fehlermeldung gestoppt. Nach der Berechnung wird mit dem Winkelanzug bis zum Eindrehwinkel weiter geschraubt. Dabei steigt das Drehmoment weiter. Erst dann findet die Ergebnis-Übertragung an die Hauptsoftware statt.

Der Drehmomentverlauf wird ab dem Beginn der Verschraubung aufgezeichnet und kann über die Grafikfunktion dargestellt werden.

Das maximale Drehmoment und der Anziehungswinkel müssen innerhalb der spezifizierten Grenzen liegen, damit die Verschraubung als IO bewertet werden kann. Wird der maximale Anziehungswinkel überschritten, bevor das Abschaltmoment erreicht ist, wird der Ablauf gestoppt und als NIO bewertet.

Der Drehmomentverlauf muss innerhalb der Grenzen des Bewertungemoments und Bewertewinkels liegen. Treten Überschreitungen bzw. Unterschreitungen auf, wird der Schraubablauf mit NIO bewertet. Die Bewertungemomente können durch Setzen der zugehörigen Bewertewinkel auf Null deaktiviert werden. Nach dem Ende des Bewertewinkels beginnt der Sicherheitswinkel. Wird der Sicherheitswinkel überschritten erfolgt eine Fehlermeldung mit NIO-Bewertung.

**Fügapunkterkennung**  
**AF für GD am Abschaltpunkt (AF\_AP)**

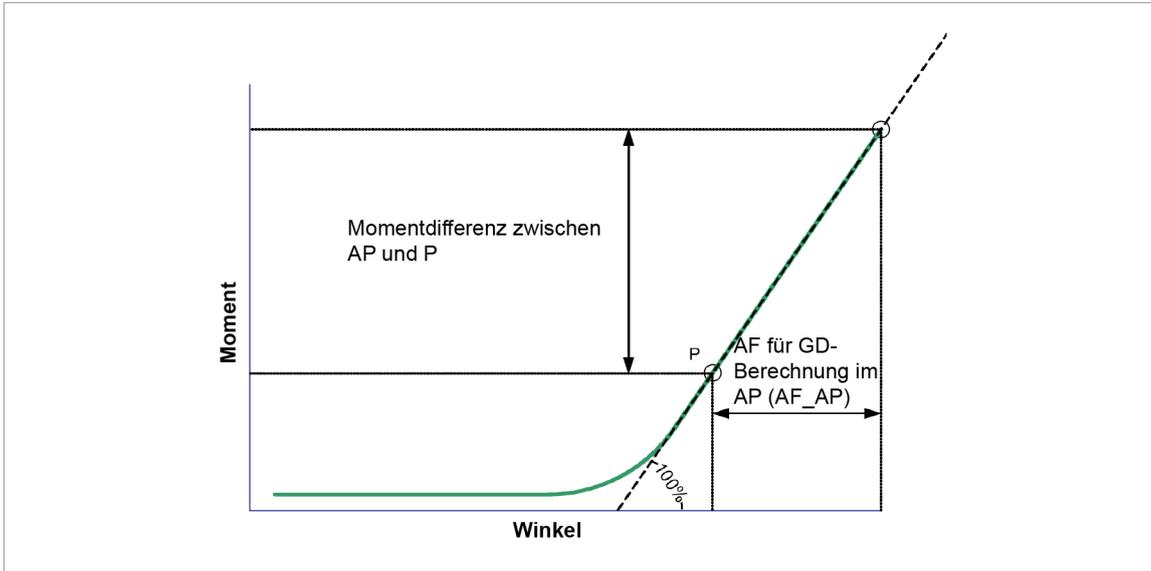


Abb. 5-5: AF für GD am Abschaltpunkt

Der Parameter *AF für GD am Abschaltpunkt* dient dazu, die Steigung des Gradienten im Abschaltpunkt zu berechnen. Hierzu wird der Winkel parametrisiert, über den das Steigungsdreieck berechnet werden soll. Der Punkt P ist der Punkt, der um diese Winkelanzahl vor dem Abschaltpunkt (AP) liegt.

Diese Steigung dient als Vergleichssteigung für die Fügapunktsuche und stellt den 100 %-Wert für die Steigung dar. Sie wird folgendermaßen berechnet:

$$\text{Steigung} = \frac{\text{Drehmoment AP} - \text{Drehmoment P}}{\text{AF\_AP (grad)}}$$

Der Wert des Parameters sollte so gewählt werden, dass P noch auf der Geraden, nicht aber im Bereich der Krümmung der Schraubkurve liegt. Ein Wert von 20° – 40° sollte in der Praxis ausreichen, kann bei sehr harten Schraubfällen aber auch bei z. B. 6° liegen.

**GD-Abfl. für Fügapunkterkennung (Abfl\_GD)**

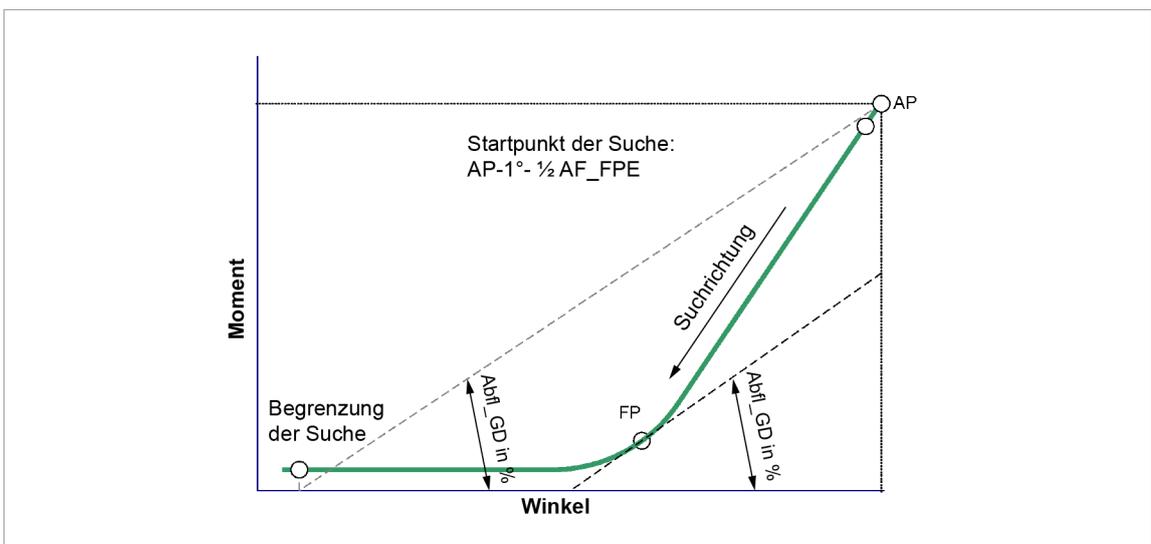


Abb. 5-6: GD-Abfl. für Fügapunkterkennung

Um den Fügapunkt (FP) zu erkennen wird angenommen, dass dieser auf der Krümmung der Kurve zwischen Einschrauben und Anziehen liegt. Die Steigung an diesem Punkt liegt theoretisch zwischen 0 % (Eindrehphase) und 100 % (Anziehen).

Gesucht wird nach dem ersten Punkt, an dem die Steigung unter den Wert fällt, der durch den Parameter *Abfl\_GD* bestimmt ist. Dieser wird in % angegeben (bezogen auf die Steigung am Abschaltpunkt). Die Suche beginnt ab dem Punkt der um  $1^\circ$  und die Hälfte von *AF\_FPE (grad)* vom Abschaltpunkt entfernt liegt.

Beispiel: Ein Wert von 50 % entspricht damit der halben Steigung am Abschaltpunkt. Der Fügepunkt ist der Punkt, an dem die Steigung kleiner als 50 % ist.

In der Praxis sind Werte zwischen 40 % und 80 % sinnvoll.

Wird ein Fügepunkt gefunden, wird die Suche beendet.

Wenn kein Fügepunkt gefunden wird, endet die Suche an dem Winkelwert, der dem Schnittpunkt einer Gerade durch den Abschaltpunkt mit der Winkelachse entspricht (siehe *Begrenzung der Suche* in der Abbildung). Die Gerade hat hierbei die Steigung der Abflachung.

### AF für Fügepunkterkennung (AF\_FPE)

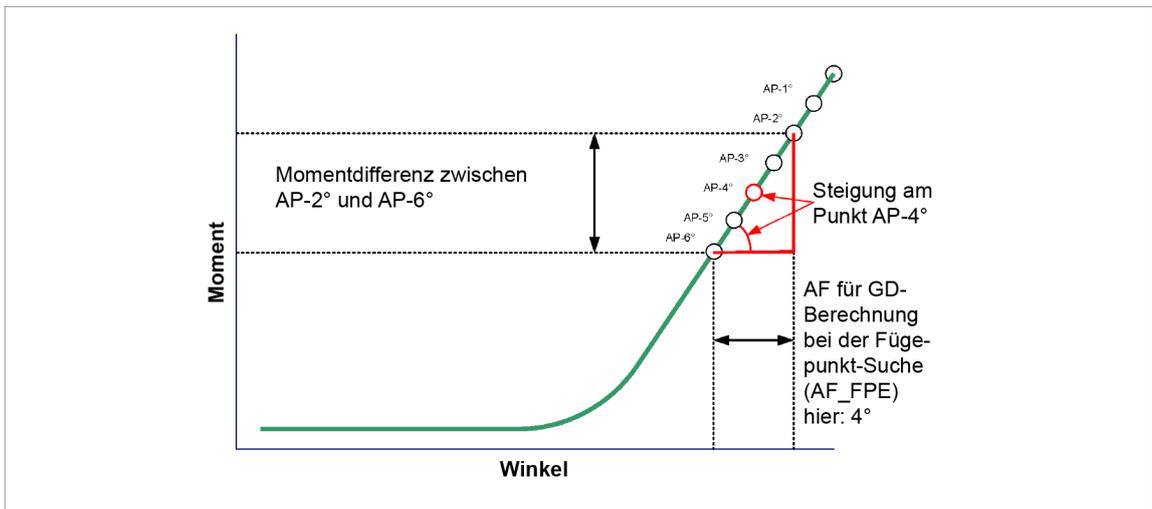


Abb. 5-7: AF für Fügepunkterkennung

Bei der Suche des Fügepunkts wird für jeden Punkt zwischen dem Abschaltpunkt und dem Endpunkt der Suche die Steigung bestimmt. Hierzu wird der Parameter *AF\_FPE (grad)* genutzt. Um die Steigung an einem Punkt der Kurve zu bestimmen, wird die Momentendifferenz zwischen zwei Hilfspunkten bestimmt. Diese Hilfspunkte liegen im Abstand des Winkelwerts von *AF\_FPE (grad)*. Der Punkt, für den die Steigung berechnet werden soll, liegt in der Mitte zwischen diesen Hilfspunkten und wird folgendermaßen berechnet:

$$\text{Steigung} = \frac{\text{Drehmoment Hilfspunkt A} - \text{Drehmoment Hilfspunkt B}}{\text{AF\_FPE (grad)}}$$

Der Wert sollte so klein wie möglich sein, aber dennoch so groß, dass die Welligkeit der Kurve ausgemittelt wird. Bei rauen Kurven ist damit ein Wert von z. B. 20 sinnvoll, bei glatten Kurven kann ein Wert um 4 ausreichen.

## 5.7 Diagramm 56: DDM, WI gesteuert

Reibmomentmessung mit Winkelüberwachung. Die Reibmomentmessung wird wie ein normaler Verschraubungszyklus eingeleitet und von der Schraubersteuerung komplett durchgeführt.

Die Reibmomentmessung teilt sich in vier Phasen auf, die nacheinander aufgerufen und durchlaufen werden. In den einzelnen Phasen werden folgende Funktionen ausgeführt.

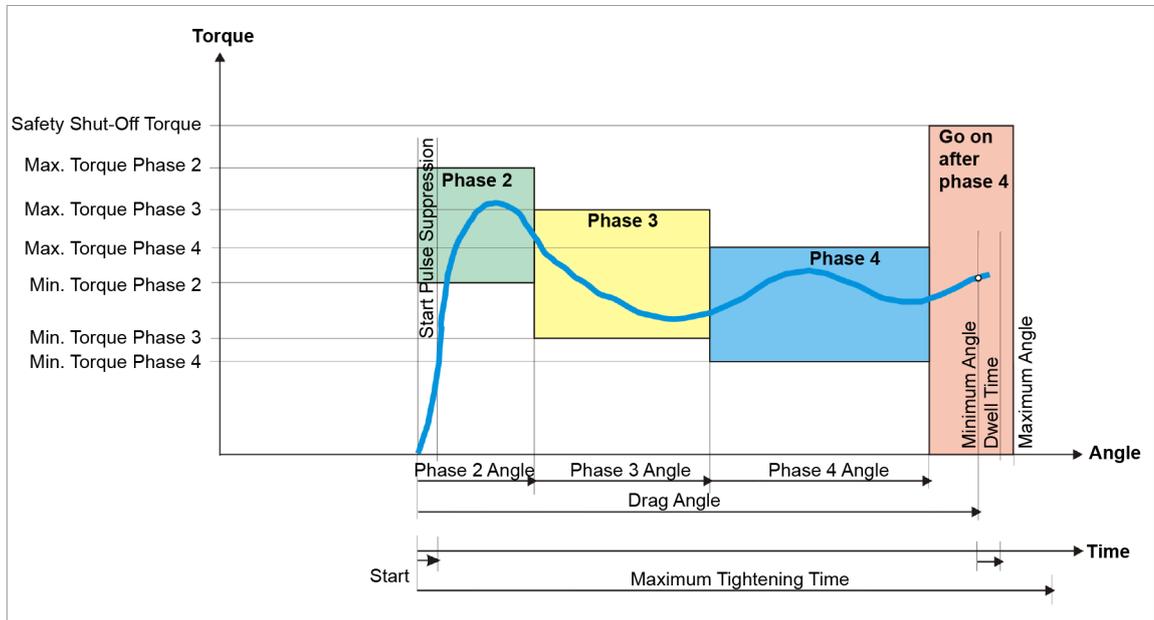


Abb. 5-8: Diagramm 56

### Phase 1: Finden

Diese Phase wird nicht in der Reibmomentmessung durchgeführt. Ein Finden wird vorzugsweise mit dem Diagramm 16 (Positionieren) nachgebildet. In diesem Diagramm wird auf den Initiator (FindINI) reagiert, welcher meldet, dass die Mitnahmeeinrichtung (i. d. R. eine Stecknuss) eingerastet ist.

### Phase 2: Losbrechmomentmessung

Bevor das Werkzeug gestartet wird, muss das Signal Schlitten aus Störbereich (SIS) gesetzt sein. In dieser Phase wird das Losbrechmoment kontrolliert. Es muss innerhalb der Grenzwerte *Min. Moment Phase 2* und *Max. Moment Phase 2* liegen. Trifft dies zu, geht der Ablauf kontinuierlich in die Phase 3 über, ansonsten erfolgt ein sofortiger Stopp des Werkzeugs.

Über den eingebauten Messwertempfänger wird das, während des Schraubvorgangs auftretende Drehmoment sowie der Drehwinkel erfasst und in der Schraubersteuerung verarbeitet.

### Phase 3: Reibmomentmessung

Während der Reibmomentmessung wird das Drehmoment auf Über- und Unterschreitungen von *Min. Moment Phase 3* und *Max. Moment Phase 3* überprüft und das minimale und maximale auftretende Reibmoment registriert. Nach Ablauf des Phase 3-Winkels wird kontinuierlich in die Phase 4 übergegangen.

### Phase 4: Reibmomentmessung

Während der Reibmomentmessung wird das Drehmoment auf Über- und Unterschreitungen von *Min. Moment Phase 4* und *Max. Moment Phase 4* überprüft und das minimale und maximale auftretende Reibmoment registriert. In dieser Phase wird das komplette Durchdrehverhalten gemessen. Nach Ablauf des Winkels Phase 4 wird die Reibmomentmessung beendet und kontinuierlich in die Phase 5 übergegangen.

### Weiter nach Phase 4: Definierte Endposition anfahren (OT finden)

Während der Phase 5 wird das Werkzeug noch so lange weiter gedreht, bis ein Initiator die OT-Position erreicht signalisiert (OTINI) oder der *Gesamtwinkel* erreicht ist.

Als Sicherheitsabschaltung wird ein maximales Moment mitverwendet, welches sich die Messkarte selbst errechnet. Aus allen parametrisierten Maximalmomenten von Phase 2 bis Phase 4 wird das höchste

Drehmoment verwendet, welches um 25 % erhöht wird. Dieses Sicherheitsabschaltmoment ist über allen Phasen gültig.

Wird während der Verschraubung der parametrierte Umschaltwinkel erreicht, schaltet das Werkzeug auf eine zweite parametrierte *Enddrehzahl* um.

Der Gesamtverschraubungswinkel wird von der Phase 2 (Losbrechmomentmessung) bis zum Abschaltereignis registriert. Eine parametrierbare Nachlaufzeit erfasst die während der Nachlaufzeit auftretenden Nachlaufwinkel und das Drehmoment. Die gesamte Bewertung des Messzyklusses wird der Schraubersteuerung zugeführt.

Während der gesamten winkelkontrollierten Reibmomentmessung wird der Drehmomentverlauf ab Startbeginn aufgezeichnet und kann über die Grafikfunktion als Hüllkurve dargestellt werden. Als Option kann ein prozentualer Wert parametrierbar werden, welcher ein Überschreiten vom *Max. Bewertungemoment* zulässt, ohne den Schraubvorgang mit NIO abzubrechen. Wird dem Parameterwert Überschreitungen ein Wert größer 0,00 % zugewiesen, so schaltet das Werkzeug nach Überschreiten der maximalen Bewertungemomente in Phase 3 und Phase 4 nicht ab. Am Ende der Verschraubung wird eine rückwirkende Betrachtung der Drehmomentwerte durchgeführt. Wurde mindestens einmal das maximale Bewertungemoment überschritten, dann wird der Fehler ZRF (Zahnradfehler) gesetzt. Im weiteren Verlauf wird der prozentuale Anteil der Überschreitungen, die über das maximale Bewertungemoment liegen, berechnet. In Abhängigkeit der verschraubten Gesamtwinkel prüft die Messkarte, ob der prozentuale Anteil überschritten wurde. Ist dies der Fall, wird statt dem Fehler ZRF der Fehler LFF (Lagerfresser-Fehler) gesetzt.



Für die korrekte Durchführung dieses Schraubverfahrens muss das Eingangssignal FindINI, OTINI und SIS in der Schraubersteuerung parametrierbar sein.

- Eingangssignal als direktes Signal zur Messkarte in der Parametrierung der E/A-Ebene hinzufügen oder zuweisen.

In der Schraubersteuerung werden folgende Parameter eingegeben:

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Dämpfungsfaktor	Anzahl der zur Dämpfung durch Mittelwertbildung verwendete Messwerte	1, 2, 4, 8, 16, 32	DF
Drehzahl	Drehzahlvorwahl; im Bereich der in den Werkzeugkonstanten vorgegebenen Maximaldrehzahl	± Maximaldrehzahl	n (1/min)
Enddrehzahl	Drehzahlvorwahl; im Bereich der in den Werkzeugkonstanten vorgegebenen Maximaldrehzahl	± Maximaldrehzahl	n2 (1/min)
Gesamtwinkel	Abschaltwinkel der Stufe	0 ... 9 999	WiGes (grd)
Max. Moment Phase 2	Oberer Grenzwert des Losbrechmomentes zur Auswertung in der Losbrechmomentmessung	0 ... 1,2 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MdMaxP 2
Max. Moment Phase 4	Oberes Bewertungemoment während der Reibmomentmessung in der Phase 4	0 ... 1,2 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MdMaxP 4
Max. Gesamtwinkel	Maximaler Winkel, oberer Grenzwert des erreichten Gesamtwinkels	0 ... 9 999	WiMax (grd)
Max. Moment Phase 3	Oberes Bewertungemoment während der Reibmomentmessung in der Phase 3	0 ... 1,2 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MdMaxP 3
Min. Moment Phase 2	Unterer Grenzwert des Losbrechmomentes zur Auswertung in der Losbrechmomentmessung	0 ... 1,2 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MdMinP 2
Min. Moment Phase 3	Unteres Bewertungemoment während der Reibmomentmessung in der Phase 3	0 ... 1,2 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MdMinP 3
Min. Moment Phase 4	Unteres Bewertungemoment während der Reibmomentmessung in der Phase 4	0 ... 1,2 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MdMinP 4

<sup>1</sup> Nachfolgende Plausibilitätsprüfung in Bezug auf die Werkzeug-Kapazität (softwareabhängig)

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Min. Gesamtwinkel	Minimaler Winkel, unterer Grenzwert des erreichten Gesamtwinkels	0 ... 9 999	WiMin (grd)
P3 Bewertung (Softwareabhängig)	Bewertungsoption der Phase 3, für das einmalige Eintauchen unterhalb des Max. Bewertungsmoments für diese Phase.		
Phase2 Winkel	Bereich in Phase 2, der für die Losbrechmomentmessung ausgewertet wird	0 ... 9 999	WiP2 (grd)
Phase3 Winkel	Bereich in Phase 3, der für die Reibmomentmessung ausgewertet wird	0 ... 9 999	WiP3 (grd)
Phase4 Winkel	Bereich in Phase 4, der für die Reibmomentmessung ausgewertet wird	0 ... 9 999	WiP4 (grd)
Maximale Verschraubungszeit	Sicherheitsabschaltung	Diese ist für alle Werkzeuge einer Werkzeuggruppe in dieser Stufe wirksam	
Überschreitungen	Anteil der tolerierten Messwerte, die über dem oberen Grenzwert liegen dürfen in Phase 3 und 4	0 ... 100,00	pUe (%)
Umschaltwinkel	Vorgabewinkel für die Drehzahlumschaltung, ab wann die Enddrehzahl wirksam wird	0 ... 9 999	WiUm (grd)

### Sonderoption Phase 3 Bewertung

Als weitere Sonderoption kann die Bewertung der Phase 3 einer speziellen Überprüfung unterzogen werden.

Ist diese Option aktiviert, dann reicht es aus, wenn innerhalb der Phase 3 das aktuell gemessene Drehmoment einmal unterhalb des parametrisierten Maximalmomentes liegt. Am Ende dieser Phase wird eine Kontrolle auf diese Sonderoption durchgeführt. Trifft diese Bedingung zu, dann wird kontinuierlich mit der nächsten Phase (Phase 4) weiter geschraubt. Wurde das maximale Moment jedoch in der Phase 3 nicht mindestens einmal unterschritten, wird mit einer NIO-Fehlermeldung (MD>) der Ablauf gestoppt.

## 5.8 Diagramm 94: Lenkungsmitteneinstellung

Verfahren mit dem das Lenkrad eines PKWs korrekt mittig ausgerichtet montiert werden kann.

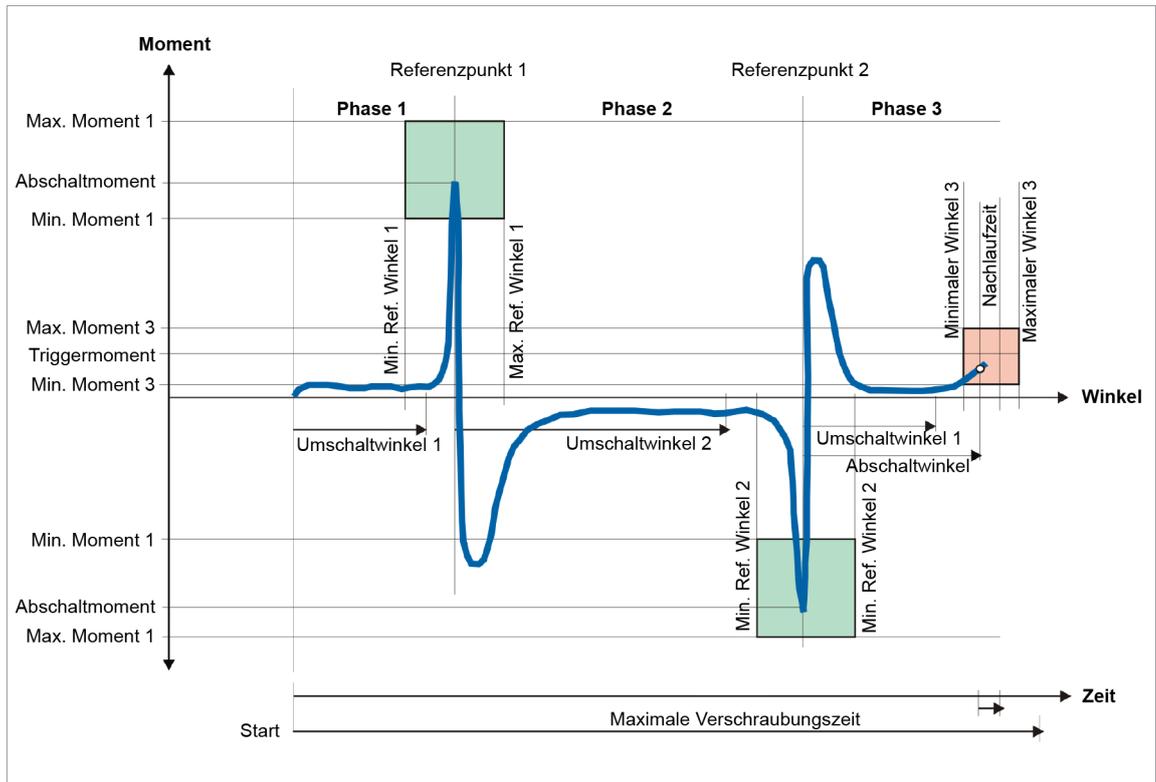


Abb. 5-9: Diagramm 94

Über den eingebauten Messwertempfänger wird das, während des Schraubvorgangs auftretende Drehmoment sowie der Drehwinkel erfasst und in der Schraubersteuerung verarbeitet. Ab dem Start des Werkzeugs werden die Winkel gezählt.

Bei Erreichen vom *Abschaltpunkt* wird das Werkzeug in den sogenannten Haltemodus versetzt. Im Haltepunkt versucht das Werkzeug, den Abschaltwinkel - auch Referenzpunkt 1 genannt - selbstständig zu halten und nachzuregulieren (Phase 1). Anschließend wird die vorgewählte Drehrichtung invertiert und das Werkzeug erneut gestartet.

Bei Erreichen vom *Abschaltpunkt* - auch Referenzpunkt 2 genannt - wird das Werkzeug erneut in den sogenannten Haltemodus versetzt (Phase 2). Selbstständig wird das Suchkriterium Abschaltwinkel aus den beiden Referenzpunkten, zusammen mit dem Ausgleichswinkel, ermittelt.

Die Drehrichtung wird erneut invertiert und das Werkzeug gestartet (Phase 3). Bei Erreichen vom *Abschaltwinkel* wird das Werkzeug gestoppt.

Während der Nachlaufzeit wird der Nachlaufwinkel und das Spitzenmoment erfasst und die Ergebnisse der Verschraubung, zusammen mit der Bewertung, der Schraubersteuerung zugeführt.

Bei Überschreiten vom Umschaltwinkel wird, je Phase, eine Drehzahlumschaltung durchgeführt.

Bei Erreichen vom *Triggermoment* wird der Drehmomentverlauf aufgezeichnet und kann über die Grafikfunktion dargestellt werden.

Werden während den einzelnen Phasen Fehler erkannt, wird das Werkzeug sofort gestoppt und der Schraubablauf mit NIO bewertet.



Für dieses Verfahren ist kein Schwellenmoment und keine Anfahrpulsunterdrückungszeit zu programmieren. Beide Werte werden automatisch durch die Hauptsoftware gesetzt.

In der Schraubersteuerung werden folgende Parameter eingegeben:

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Abschaltmoment	Abschaltmoment der Phasen 1 und 2	0 ... 1,2 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MP
Ausgleichswinkel	Offset zum errechneten Abschaltwert	0 ... 9 999	
Dämpfungsfaktor	Anzahl der zur Dämpfung durch Mittelwertbildung verwendete Messwerte	1, 2, 4, 8, 16, 32	DF
Drehrichtung	Drehrichtungsvorgabe, in welche Drehrichtung begonnen wird	1 ... 2	1=re/ 2=li
Drehzahl	Drehzahlvorwahl; im Bereich der in den Werkzeugkonstanten vorgegebenen Maximaldrehzahl	± Maximaldrehzahl	n (1/min)
Enddrehzahl	Drehzahlvorwahl; im Bereich der in den Werkzeugkonstanten vorgegebenen Maximaldrehzahl	± Maximaldrehzahl	n2 (1/min)
Max. Moment 1	Oberer Grenzwert des erreichten Drehmoments in Phase 1 und 2	0 ... 1,2 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MdMax
Max. Moment 3	Oberer Grenzwert des erreichten Drehmoments in Phase 3	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MdMaxP3
Max. Referenzwinkel 1	Oberer Grenzwert des erreichten Winkels in Phase 1	0 ... 9 999	RWiMax1
Max. Referenzwinkel 2	Oberer Grenzwert des erreichten Winkels in Phase 2	0 ... 9 999	RWiMax2
Max. Winkel 3	Oberer Grenzwert des erreichten Winkels in der Phase 3	0 ... 9 999	WiMax3
Min. Moment 1	Unterer Grenzwert des erreichten Drehmoments in Phase 1 und 2	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MdMin
Min. Moment 3	Unterer Grenzwert des erreichten Drehmoments in Phase 3	0 ... 1 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MdMinP3
Min. Referenzwinkel 1	Unterer Grenzwert des erreichten Winkels in Phase 1	0 ... 9 999	RWiMin1 (grd)
Min. Referenzwinkel 2	Unterer Grenzwert des erreichten Winkels in Phase 2	0 ... 9 999	RWiMin2 (grd)
Min. Winkel 3	Unterer Grenzwert des erreichten Winkels in der Phase 3	0 ... 9 999	WiMin3 (grd)
Maximale Verschraubungszeit	Sicherheitsabschaltung. Zusätzlich wird für alle Phasen das maximale Moment 1 mitverwendet	Diese ist für alle Werkzeuge einer Werkzeuggruppe in dieser Stufe wirksam	
Triggermoment	Beginn der Messwertaufzeichnung für die grafische Darstellung	0 ... 1,2 × MD-Kalibrierwert <sup>1</sup>	MT (Nm)
Umschaltwinkel 1	Vorgabewinkel für die Drehzahlumschaltung, ab wann die Enddrehzahl in Phase 1 und 3 wirksam wird	0 ... 9 999	WiUm1 (grd)
Umschaltwinkel 2	Vorgabewinkel für die Drehzahlumschaltung, ab wann die Enddrehzahl in Phase 2 wirksam wird	0 ... 9 999	WiUm2 (grd)

Die Abbildung *Diagramm 94* zeigt die messtechnisch richtige Darstellung, wobei das gemessene Drehmoment negativ dargestellt ist. Die nachfolgende Abbildung zeigt die für den Anwender interessantere Darstellung: die Vorspannkraft der Lenkungsmitteneinstellung ist äquivalent zum Anzugsdrehmoment (positiv) dargestellt.

<sup>1</sup> Nachfolgende Plausibilitätsprüfung in Bezug auf die Werkzeug-Kapazität (softwareabhängig)

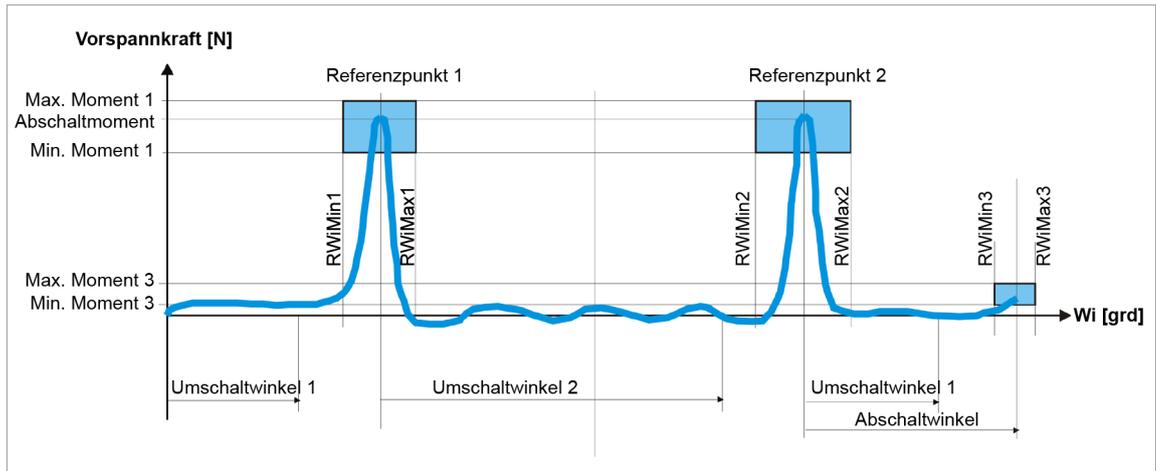


Abb. 5-10: Darstellung Winkel / Grafikaufzeichnung

## 5.9 Diagramm 97: Wi/Zeit gesteuert, Kupplung überwacht

Winkel oder Zeit gesteuertes Schraubverfahren mit Kupplungsüberwachung. Dieses Schraubverfahren gilt nur für Werkzeuge der Serie CellClutch.

Die Einstellmöglichkeiten unterscheiden sich zwischen den Vorzugsstufen, Anziehstufe und Stufe nach Auslösen der Kupplung.

### Vorzugsstufe 1 bis 5

Die Stufen 1 bis 5 dienen zum Voranzug der Schraube. Sie können beliebig aktiviert werden. Löst die Kupplung bereits in einer der Voranzugstufen aus, wird die Verschraubung abgebrochen und mit NIO bewertet.

In der Schraubersteuerung werden folgende Parameter eingegeben:

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Drehzahl	Drehzahl einstellen.	$\pm$ (Minstdrehzahl <sup>1</sup> bis Maximaldrehzahl)	n (1/min)
Zeit	Ist das Kontrollkästchen aktiviert, wird bei der Verschraubung die Zeit überwacht.  Ist das Kontrollkästchen deaktiviert, wird bei der Verschraubung der Winkel überwacht.		
Abschaltwinkel	Oberer Grenzwert des erreichten Winkels.  Ist der eingestellte Wert erreicht, ist die Stufe beendet und die nächste Stufe wird begonnen.	Winkel: 0° – 65 535°	Wi (grad)
Abschaltzeit	Einen Wert für die Zeit einstellen.  Ist der eingestellte Wert erreicht, ist die Stufe beendet und die nächste Stufe wird begonnen.  Der Winkel wird nicht überwacht. Als Ergebnis wird der Winkel "0" an die Steuerung gesendet.	Dauer: 0 ms – 32 000 ms	Zeit (ms)

<sup>1</sup> Die Minstdrehzahl ist 10 % der Maximaldrehzahl. Bei Werkzeugen mit einem maximalen Drehmoment von 2 Nm und 4 Nm wird die Minstdrehzahl automatisch auf 177 1/min erhöht.

### Anziehstufe

Die Anziehstufe dient zur Überwachung der Kupplung. Die Abschaltung in der Anziehstufe erfolgt durch das Auslösen der Kupplung. Wird der parametrierte Winkel oder die Zeit erreicht, bevor die Kupplung auslöst, wird die Verschraubung abgebrochen und mit NIO bewertet.

In der Schraubersteuerung werden folgende Parameter eingegeben:

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Drehzahl	Drehzahl einstellen.	± (Mindestdrehzahl <sup>1</sup> bis Maximaldrehzahl)	n (1/min)
Zeit	Ist das Kontrollkästchen aktiviert, wird bei der Verschraubung die Zeit überwacht.  Ist das Kontrollkästchen deaktiviert, wird bei der Verschraubung der Winkel überwacht.		
Maximaler Winkel	Oberer Grenzwert des erreichten Winkels. Wird die Kupplung nicht innerhalb dieses Wertes ausgelöst, wird die Verschraubung abgebrochen.	Winkel: 0° – 65 535°	WiMax (grd)
Max. Verschraubungszeit Tmax (ms)	Einen Wert für die Zeit einstellen. Wird die Kupplung nicht innerhalb dieses Wertes ausgelöst, wird die Verschraubung abgebrochen und mit NIO bewertet.	Dauer: 0 ms – 32 000 ms	Zeit (ms)



Bei dem zeitgesteuerten Schraubverfahren wird der Winkel in der Anziehstufe ebenfalls überwacht. Überschreitet der Winkel 65 535°, wird die Verschraubung abgebrochen und mit NIO bewertet. In diesem Fall, muss die Parametrierung auf zwei Stufen (Voranzugs- und Anziehstufe) aufgeteilt werden.

### Stufe nach Auslösen der Kupplung

Für den Fall, dass sich das Werkzeug verkantet hat, kann mit der Option *Stufe nach Auslösen der Kupplung* das Werkzeug von der Schraube entfernt werden. Die Stufe wird beendet, wenn der parametrierte Winkel oder die Zeit erreicht ist. Wird der Startschalter losgelassen oder die Kupplung ausgelöst, bevor der parametrierte Winkel oder die Zeit erreicht ist, wird die Verschraubung abgebrochen und mit NIO bewertet.

In der Schraubersteuerung werden folgende Parameter eingegeben:

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Drehzahl	Drehzahl einstellen.	± (Mindestdrehzahl <sup>2</sup> bis Maximaldrehzahl)	n (1/min)
Zeit	Ist das Kontrollkästchen aktiviert, wird bei der Verschraubung die Zeit überwacht.  Ist das Kontrollkästchen deaktiviert, wird bei der Verschraubung der Winkel überwacht.		

<sup>1</sup> Die Mindestdrehzahl ist 10 % der Maximaldrehzahl. Bei Werkzeugen mit einem maximalen Drehmoment von 2 Nm und 4 Nm wird die Mindestdrehzahl automatisch auf 177 1/min erhöht.

<sup>2</sup> Die Mindestdrehzahl ist 10 % der Maximaldrehzahl. Bei Werkzeugen mit einem maximalen Drehmoment von 2 Nm und 4 Nm wird die Mindestdrehzahl automatisch auf 177 1/min erhöht.

Parameter	Erläuterung	Wertebereich	Abk.
Abschaltwinkel	Oberer Grenzwert des erreichten Winkels. Die Stufe ist beendet, wenn der eingestellte Wert erreicht ist oder der Startschalter losgelassen wird.	Winkel: 0° – 65 535°	Wi (grad)
Abschaltzeit	Einen Wert für die Zeit einstellen. Die Stufe ist beendet, wenn der eingestellte Wert erreicht ist oder der Startschalter losgelassen wird. Der Winkel wird nicht überwacht. Als Ergebnis wird der Winkel "0" an die Steuerung gesendet.	Dauer: 0 ms – 32 000 ms	Zeit (ms)

# 6 Optionen

Die nachfolgend angegebenen Pfade beziehen sich auf die Standard-Software S168813, kundenspezifische Softwares können abweichen.

## 6.1 Redundanz

In der Technik wird Redundanz allgemein als das Vorhandensein funktional gleicher oder vergleichbarer Ressourcen eines technischen Systems bezeichnet, die zu einem störungsfreien Betrieb im Normalfall nicht benötigt werden. Diese zusätzlichen Ressourcen erhöhen die Ausfall-, Funktions- bzw. Betriebssicherheit.

Man unterscheidet folgende Redundanzarten:

- Keine: Es wird nur ein Messkreis (Messwertaufnehmer) verwendet. Dieser liefert die nötige Information zur Ermittlung dynamischer Drehmomentwerte.
- Aufnehmer 2: Es wird ein weiterer Messkreis (Messwertaufnehmer) verwendet. Dieser liefert zusätzliche Informationen von Drehmoment und Drehwinkel. Der zweite Messkreis ist unmittelbar nachdem ersten Messkreis montiert.
- Resolverwinkel: Aus der Resolverinformation werden zusätzliche Winkelsignale generiert, um die Winkelinformationen des ersten Winkelgebers zu verifizieren.
- Strom/Resolver: Aus dem Motorstrom wird eine äquivalente Drehmoment-Information erzeugt. Zusätzlich liefert der Resolver weitere Drehwinkel-Informationen. Beide Informationsquellen werden mit den Informationen des ersten Messkreises verglichen. Bei zu großer Abweichung führt dies zu einer Fehlermeldung und ggf. zu einem Stopp des Schraubablaufs.
- Aufgrund der Dynamik von Antrieb und Regelverhalten ist die Information von Drehmomentwert und Stromwert nicht immer zeitnah, sodass i. d. R. der Strom dem Drehmoment nacheilt. Dies führt zu einer ungewollten Abweichung und damit zu einem unbeabsichtigten IRED-Fehler.

Folgende Diagramme unterstützen Redundanz:

Diagramm	10	11	13	15	16	20	21	30	31	32	33	35	41	46	48	50	51	56	63	73	75	78	80	94	97	
<b>Aufnehmerredundanz</b>																										
während der Verschraubung		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
im Abschaltpunkt	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<b>Strom-/Resolverredundanz</b>																										
während der Verschraubung		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
im Abschaltpunkt			X	X		X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<b>Resolverredundanz</b>																										
während der Verschraubung			X		X			X	X	X				X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	
im Abschaltpunkt			X		X			X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Winkelredundanz</b>																										
während der Verschraubung			X		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
im Abschaltpunkt			X		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

► Art der Redundanz auswählen: *Navigator > Werkzeug-Setup > Wkz Einstell. > Erweitert.*

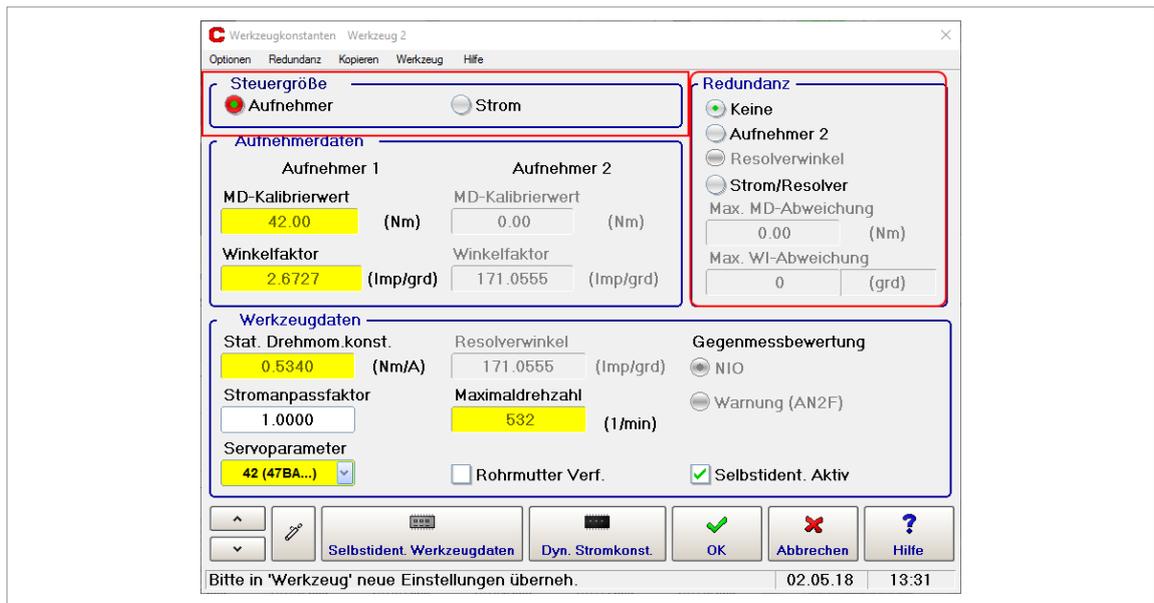


Abb. 6-1: Auswahl der Redundanz

Bei Anwahl einer Redundanz müssen ggf. noch weitere Parameter eingegeben werden.

### 6.1.1 Aufnehmerredundanz

Bei der Aufnehmerredundanz dient ein zweiter Messwertaufnehmer mit Drehmoment- und Winkelsignalen zur Erzeugung der Redundanzgrößen.

Bei der Eingabe der maximalen Drehmomentabweichung in Werkzeugkonstanten wird keine Beschränkung auf einen Minimalwert überprüft. Es wird eine Grafik mit beiden Drehmomentgeberwerten dargestellt.

Man unterscheidet eine Redundanzbewertung während der Verschraubung und einer Redundanzbewertung im Abschaltpunkt.

#### Redundanzbewertung während der Verschraubung

Während der Verschraubung wird bei aktivierter Aufnehmerredundanz eine kontinuierliche Drehmoment- und Winkelredundanz durchgeführt. Der Wert für die Redundanzbewertung beträgt bis zum Stopp des Werkzeugs  $\pm 8\%$  des Aufnehmerkalibrierwertes. Wird eine größere zulässige max. Drehmomentabweichung parametrisiert, so wird dieser Wert verwendet.

Bei jeder Redundanzbewertung werden die aktuellen Drehmoment-Istwerten auf Abweichung überprüft. Bei zu großer Abweichung wird der Schraubablauf gestoppt und mit MDRE-Fehler bewertet. Nach Stopp des Werkzeugs (Nachlaufzeit) erfolgt weiterhin eine Redundanzbewertung bis nach Ablauf der Nachlaufzeit. Der erwähnte Redundanzwert gilt für alle Diagramme, außer Diagramm 10, 15, 41, 46 und 94.

#### Redundanzbewertung nach der Verschraubung im Abschaltpunkt

Wird der Abschaltpunkt erreicht oder das Werkzeug aus anderen Gründen gestoppt, so erfolgt eine Bewertung der Abweichung mit dem in Werkzeugkonstanten parametrisierten zulässigen Abweichungswert. Die Drehmomentwerte werden in der Nachlaufzeit in Spitzenwertspeichern zur Redundanzbewertung erfasst.

In den Diagrammen 16, 41, 46 und 94 wird das Drehmoment nicht ausgewertet. Die Drehmomentredundanzbewertung ist hierbei auch nicht wirksam. Eine Überschreitung der parametrisierten Drehmomentabweichung wird mit MDRE-Fehler bewertet.

### 6.1.2 Strom/Resolverredundanz

Bei der Strom-/Resolverredundanz wird der Stromwert des Motors in einen Drehmomentwert umgerechnet, um zur Redundanzbewertung verwendet werden zu können. Aufgrund der Stromwelligkeit, die aus dem Regelverhalten des Servoteiles und anderen Komponenten rührt, ist eine größere Toleranzbreite während der Verschraubung notwendig.



Wenn im vorstehenden Dokument die Bezeichnung Stromwert verwendet wird, ist damit der äquivalente Drehmomentwert zu verstehen.

Man unterscheidet eine Redundanzbewertung während der Verschraubung und einer Redundanzbewertung im Abschaltpunkt.

### Redundanzbewertung während der Verschraubung

Während der Verschraubung wird bei aktivierter Strom-/Resolverredundanz eine kontinuierliche Stromredundanzbewertung durchgeführt (siehe unten). Der Wert für die Stromredundanzbewertung beträgt bis zum Stopp des Werkzeugs entweder  $\pm 20\%$  des Aufnehmerkalibrierwertes oder dem parametrisierten Abweichungswert (falls dieser größer als  $20\%$  des Aufnehmerkalibrierwertes ist).

Bei jeder Redundanzbewertung werden die aktuellen Drehmoment-Istwerte auf Abweichung überprüft. Nach Stopp des Werkzeugs (Softstopp, Nachlaufzeit) erfolgt keine Aufzeichnung und Redundanzbewertung des Stromwertes mehr, da sich Drehmoment und Strom unterschiedlich verhalten.

Dies gilt für alle Diagramme, außer Diagramm 10, 15, 41, 46, 56 und 94.

Bei zu großer Abweichung wird der Schraubablauf gestoppt und mit IRED-Fehler bewertet. Eine gleitende Mittelwertbildung des Aufnehmers (siehe Kapitel Dämpfungsfaktor, Seite 82) findet ebenso für den Stromwert statt.

In folgenden Fällen wird die kontinuierlichen Stromredundanzbewertung für eine gewisse Zeit ausgesetzt:

- Zu Beginn der Stufe für 25 ms (LiveWire: 70 ms)
- Bei Geschwindigkeitsänderungen für jeden Änderungsschritt für 15 ms (LiveWire: 70 ms)
- Beim Auftreten einer Stick-Slip-Flanke für 70 ms
- Beim Auftreten einer steigenden Flanke (harter Schraubfall; Randbedingungen entsprechend der fallenden beim Stick-Slip) für 70 ms
- Bei Auftreten eines Nussabrutschers für 200 ms
- Bei Lösediagrammen wird ab Auftreten eines Stick-Slips die Stromredundanz für den Rest des Diagramms deaktiviert

Die Zeiten differieren zwischen kabellosen EC Werkzeugen und kabelgebundenen Handwerkzeugen/Einbauschraubern, da hier der Motor eine andere Charakteristik besitzt.

### Redundanzbewertung nach der Verschraubung im Abschaltpunkt

Wird der Abschaltpunkt erreicht oder das Werkzeug aus anderen Gründen gestoppt (Ausnahmen siehe unten), so erfolgt eine Bewertung der Abweichung mit dem unter Werkzeugkonstanten parametrisierten zulässigen Abweichungswert. Im Fehlerfall wird der Schraubablauf mit IRED-Fehler bewertet.

Der Eingabewert für die maximale Drehmomentabweichung in Werkzeugkonstanten muss mindestens  $10\%$  des Aufnehmerkalibrierwertes betragen. Im Abschaltpunkt wird die Redundanzbewertung mit mindestens  $10\%$  des Abschaltwertes durchgeführt oder mit dem parametrisierten Wert der maximalen Drehmomentabweichung, je nachdem welcher Wert größer ist.



In folgenden Fällen wird keine Bewertung im Abschaltpunkt durchgeführt. Es werden keine Daten der Redundanz im Monitor Werkzeug angezeigt:

- das Drehmoment im Abschaltpunkt ist kleiner als  $1/3$  des Aufnehmerkalibrierwertes (LiveWire: Werkzeugkapazität)
- die Abschaltung erfolgte, weil das Start-Signal durch eine übergeordnete Steuerung (SPS, Controller) weggenommen wurde (SA-Fehler);
- die Abschaltung erfolgte, weil eine Not-Aus-Situation eingetreten ist (NOTAUS-Fehler);
- die Abschaltung erfolgte, weil eine andere Abbruch-Bedingung erkannt wurde (ABBR-Fehler);
- die Abschaltung erfolgte, weil die maximale Zeitüberwachung abgelaufen ist (TMAX-Fehler);
- es wurde das Diagramm 10, 15, 41, 46, 56 oder 94 verschraubt; das Abschaltmoment ist kleiner als  $40\%$  der Werkzeugkapazität (bei intelligentem Messwertaufnehmer).

Treten während der Nachlaufzeit weitere Winkel des ersten Drehmomentaufnehmers auf, wird der Stromwert für die Grafik nachgeführt.

Die Stromergebniswerte der Stufe werden tabellarisch im Monitor Werkzeug dargestellt. Auch werden die Stromwerte grafisch als Kurve wie die Drehmomentwerte des Aufnehmers dargestellt, *siehe Kapitel 6.1.5 Redundanzkurve, Seite 67.*

Bei Diagramm 48 wird in den ersten 90 Grad der Verschraubung eine Drehzahlreduktion durchgeführt. Die Drehzahl des Schraubers wird fix auf 10 min<sup>-1</sup> reduziert, um ein ungewolltes Ansprechen der Stromreduktion beim Losreißen der Verschraubung zu minimieren. Nach diesen 90 Grad wird mit der parametrisierten Drehzahl weiter gelöst.

### Statische/Dynamische Stromredundanz

Standardmäßig erfolgt die Stromredundanzbewertung Statisch, d. h. zur Berechnung des äquivalenten Drehmomentwertes wird das Produkt aus statischer Drehmomentkonstante und Stromanpassfaktor herangezogen, *siehe Kapitel 6.3.1 Dynamische Stromkalibrierung aktivieren, Seite 71.*

- **Statische Drehmomentkonstante**  
Sie stellt einen errechneten theoretischen Wert aus Motor-, Getriebe- und Abtriebsdaten dar und ist in der Einheit „Nm/A“ definiert. Diese Konstante ist entweder als Tabellenwert oder bei Selbstidentifikation im Werkzeug verfügbar. Der Wert dient als Ausgangspunkt für die weiteren Berechnungen der Strom/Drehmoment-Umrechnung. Bei niedrigen Genauigkeitsanforderungen kann die statische Drehmomentkonstante direkt für die Stromredundanz verwendet werden (z. B. bei Nur-Löse-Operationen).
- **Stromanpassfaktor**  
Der Motor der Werkzeuge kann unterschiedliche Werte annehmen, deshalb wurde dieser weitere Faktor hinzugefügt. Er soll unterschiedliche Motoreigenschaften, die in der Herstellung des Motors auftreten, ausgleichen. Der Stromanpassfaktor ist nur im Bereich von 0,8000 bis 1,3000 gültig. Für eine höhere Genauigkeit, die auch die Besonderheiten des Schraubfalls berücksichtigt, kann eine „Dynamische Stromkalibrierung“ durchgeführt werden, *siehe Kapitel 6.3 Dynamische Stromkalibrierung, Seite 70.*

### Stromredundanzbewertung bei Stick-Slip

Stromredundanzbewertung bei Stick-Slip *siehe Kapitel 6.7 Zeitkonstanten, Seite 77.*

### Stromredundanz bei Nussrutschen

Ein Nussrutschen tritt dann auf, wenn die Stecknuss während der Verschraubung ungewollt vom Schraubenkopf abrutscht (meist am Verschraubungsende). In diesem Fall fällt das Drehmoment gegen Null und steigt dann plötzlich wieder sprunghaft an, sobald der Schraubenkopf wieder einrastet. Auch hier kann der Stromwert dem Drehmomentwert nicht so schnell folgen, was dann zu einem IRED-Fehler führt. Ein Abrutschen der Stecknuss aus der Verschraubung führt für 200 ms zu einer Unterdrückung der Stromredundanz.

## 6.1.3 Resolverredundanz

Der Motor des verwendeten Werkzeugs liefert Resolver signale, die zur Redundanzbewertung herangezogen werden können. Die Resolverpulse des Motors werden dabei kontinuierlich in Winkelwerte umgerechnet.

Die Resolverredundanz greift ab dem Überschreiten des Schwellenmomentes. Bei Diagrammen ohne Schwellenmoment kann ein auftretendes Spiel, welches eine Differenz zwischen den Messwerten beider Messwertaufnehmer hervorgerufen haben könnte, direkt in die Ergebnisse am Abschaltpunkt eingehen. Ist die parametrisierte max. Winkelabweichung größer als der Fixwert (siehe unten), wird der größere von beiden verwendet.

Man unterscheidet eine Redundanzbewertung während der Verschraubung und einer Redundanzbewertung im Abschaltpunkt.

### Redundanzbewertung während der Verschraubung

Während der Verschraubung wird bei aktivierter Resolverredundanz eine kontinuierliche Winkelredundanz durchgeführt. Der Wert für die Redundanzbewertung beträgt bis zum Stopp des Werkzeugs  $\pm 15$  Grad. Wurde ein größerer Wert parametrisiert, so ist dieser gültig. Bei jeder Redundanzbewertung werden die aktuellen Drehwinkel-Istwerte auf Abweichung überprüft. Bei zu großer Abweichung wird der Schraubablauf gestoppt und mit WIRE-Fehler bewertet. Nach Stopp des Werkzeugs (Nachlaufzeit) erfolgt weiterhin eine Redundanzbewertung bis nach Ablauf der Nachlaufzeit. Der erwähnte Redundanzwert gilt für alle Diagramme, außer Diagramm 10, 11, 15, 20, 21, 33 und 56.

## Redundanzbewertung nach der Verschraubung im Abschaltpunkt

Wird der Abschaltpunkt erreicht oder das Werkzeug aus anderen Gründen gestoppt, so erfolgt eine Bewertung der Abweichung mit dem in Werkzeugkonstanten parametrisierten, zulässigen Abweichungswert. Bei Überschreiten dieses Wertes wird der Schraubablauf mit WIRE-Fehler bewertet. Bei den Diagrammen 10, 11, 15, 20 und 21 erfolgt ebenfalls keine Redundanzbewertung im Abschaltpunkt.

### 6.1.4 Winkelredundanz

Eine Winkelredundanz wird mit einem Drehmoment- und einem Winkelmesswertaufnehmer durchgeführt.

Die Winkelredundanz greift ab dem Überschreiten des Schwellenmomentes. Bei Diagrammen ohne Schwellenmoment kann ein auftretendes Spiel, welches eine Differenz zwischen den Messwerten beider Messwertaufnehmer hervorgerufen haben könnte, direkt in die Ergebnisse am Abschaltpunkt eingehen. Ist die parametrisierte max. Winkelabweichung größer als der Fixwert (siehe unten), wird der größere von beiden verwendet.

Die Winkelredundanz ist nicht einzeln anwählbar und kann nur zusammen mit einer Drehmomentredundanz verwendet werden.

Man unterscheidet eine Redundanzbewertung während der Verschraubung und einer Redundanzbewertung im Abschaltpunkt.

## Redundanzbewertung während der Verschraubung

Der Wert für die Winkelredundanzbewertung beträgt bis zum Stopp des Werkzeugs  $\pm 10$  Grad. Wurde ein größerer Wert parametrisiert, so ist dieser gültig. Bei jeder Redundanzbewertung wird mit den aktuellen Drehwinkel-Istwerten der Vergleich auf Abweichung durchgeführt. Bei zu großer Abweichung wird der Schraubablauf gestoppt und mit WIRE-Fehler bewertet. Nach Stopp des Werkzeugs (Nachlaufzeit) erfolgt weiterhin eine Redundanzbewertung bis nach Ablauf der Nachlaufzeit. Der erwähnte Redundanzwert von 10 Grad gilt für alle Diagramme, außer Diagramm 10, 11, 15, 20 und 21.

## Redundanzbewertung nach der Verschraubung im Abschaltpunkt

Wird der Abschaltpunkt erreicht oder das Werkzeug aus anderen Gründen gestoppt, so erfolgt eine Bewertung der Abweichung mit dem in Werkzeugkonstanten parametrisiertem zulässigen Abweichungswert. Bei Überschreiten dieses Wertes wird der Schraubablauf mit WIRE-Fehler bewertet. Bei den Diagrammen 10, 11, 15, 20 und 21 erfolgt ebenfalls keine Redundanzbewertung im Abschaltpunkt.

## Aufnehmerredundanz bei Stromführung

Wird von Führungsgröße Aufnehmer auf Führungsgröße Strom umgestellt, stehen nur noch zwei Redundanzarten zur Auswahl bereit:

- a) ohne Redundanz
- b) mit Aufnehmerredundanz.

Wird keine Redundanz ausgewählt, wird lediglich der äquivalente Stromwert in einen Drehmomentwert umgerechnet. Als Zeichen dafür, dass ein umgerechneter Drehmomentwert dargestellt wird, steht ein „\*\*“ hinter dem Drehmomentwert in der Messwerttabelle.

Bei Stromführung mit angewählter Aufnehmerredundanz wird davon ausgegangen, dass ein Handwerkzeug verwendet wird, welches bei Gegenmessung mit einem Gegen-Messwertaufnehmer ausgestattet ist.

### 6.1.5 Redundanzkurve

Im Nachfolgenden wird von Redundanzwerten gesprochen. Diese können sein:

- Redundante Werte des Stromes bei aktivierter Strom-/Resolverredundanz
- Redundante Werte des zweiten Drehmomentaufnehmers bei aktivierter Drehmomentredundanz.
- ▶ Redundanz auswählen: *Navigator > Werkzeug-Setup > Wkz Einstell. > Erweitert... > Redundanz.*

Bei aktivierter Strom- oder Drehmomentredundanz ist es möglich, die Grafik der Redundanzwerte zu analysieren. Dazu werden die Stromwerte in Drehmomentwerte umgerechnet und auf dem Bildschirm der Schraubersteuerung der Grafikanzeige dargestellt. Die Grafikdaten des zweiten Drehmomentaufnehmers werden bei aktivierter Redundanzart Aufnehmer 2 ebenfalls visualisiert.

Die Redundanzwerte werden in hellblauer bzw. türkiser Farbe im Grafikfenster angezeigt. Defaultmäßig ist die Darstellung der Redundanzkurve deaktiviert, d. h. sie wird bei Aufruf der Grafikdarstellung zunächst nicht angezeigt.

- Redundanzkurve darstellen: *Navigator > Prozessanzeige > Schraubkurve*. Option ist abhängig von der verwendeten Hauptsoftware der Schraubersteuerung.

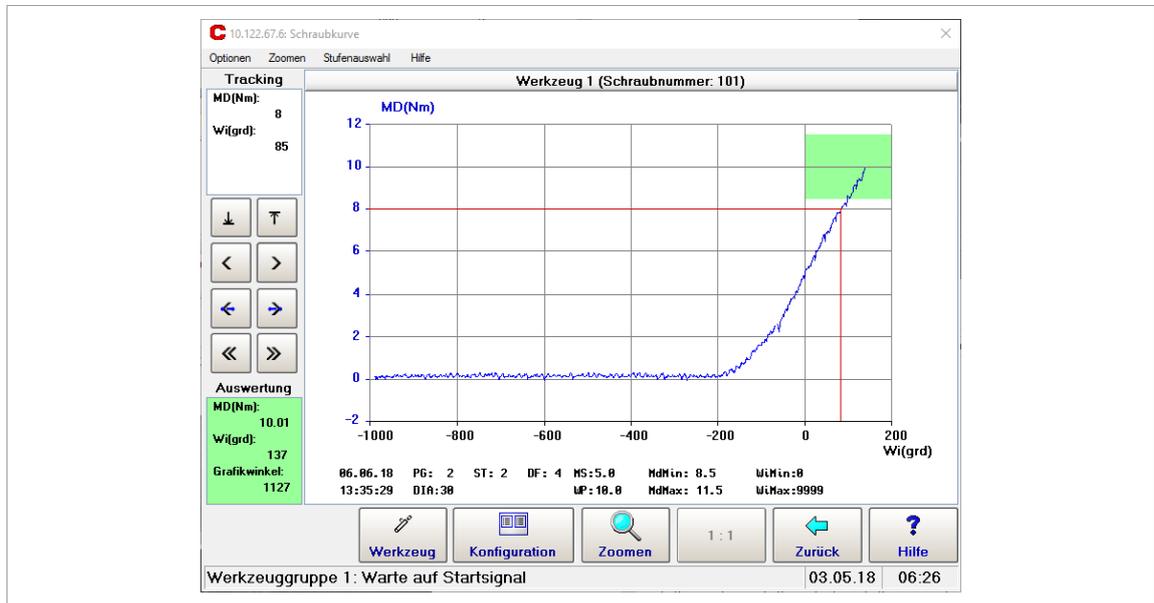


Abb. 6-2: Schraubkurve

Alle anderen Funktionen wie z. B. zoomen, Stufenauswahl usw. werden genauso ausgeführt, als ob nur die Drehmomentkurve dargestellt wird.



Die Redundanzwerte werden nur dann ins Archiv gespeichert, wenn dies explizit parametrisiert wurde. Dazu unter *Navigator > Erweitert > Controller > Allgemein > Grafikaufzeichnung* einer der Modi ...mit Redundanzkurve bzw. Alle Kurven auswählen.

Das Abspeichern der Redundanzwerte in das Archiv ist abhängig von der verwendeten Hauptsoftware der Schraubersteuerung.



Der Grafikspeicher umfasst insgesamt 24575 Grafikwerte. Genauso viele Werte sind für die Redundanzkurve freigehalten. Das Abspeichern der Grafikwerte geschieht zeitgleich, so dass zu jedem passenden Drehmomentwert des ersten Aufnehmers ein zeitgleicher Redundanzwert der Redundanzquelle abgespeichert wird.

## 6.2 Statische Stromkalibrierung

Die Schraubersteuerung überwacht den Strom, der zum Erreichen des Drehmoments benötigt wird. Wenn der aktuelle Wert und die Drehmomentmessung des Aufnehmers 1 nicht innerhalb der Grenzen liegen, wird ein TQRE- oder IRED-Fehler angezeigt. Der Fehler kann auftreten, obwohl die aktuelle Redundanz nicht aktiviert ist. Ein Grund dafür kann sein, dass die Drehmomentkonstante für das Werkzeug nicht korrekt ist.

In diesem Kapitel wird die Vorgehensweise beschrieben, wie die Drehmomentkonstante eingestellt wird. Dazu wird die Strommessung in einen Drehmomentwert umgewandelt.

### Schritt 1: Stromüberwachung aktivieren

1. *Navigator > Werkzeug-Setup > Wkz Einstell. > Erweitert...* wählen.
  - Es öffnet sich das Dialogfenster *Werkzeugkonstanten*.
2. Im Bereich *Redundanz* die Option *Strom/Resolver* wählen.
  - Das Eingabefeld *Max. MD-Abweichung* wird aktiviert.
3. Für die Abweichung des maximalen Drehmoments (*Max. MD-Abweichung*) einen Wert größer als 20 % des Drehmoment-Kalibrierungswerts eingeben.  
Beispiel: Drehmoment-Kalibrierungswert = 168,00 Nm, dann sollte die Abweichung des maximalen Drehmoments (*Max. MD-Abweichung*) größer als 33,6 Nm sein.
4. Einstellungen übernehmen und Fenster schließen.

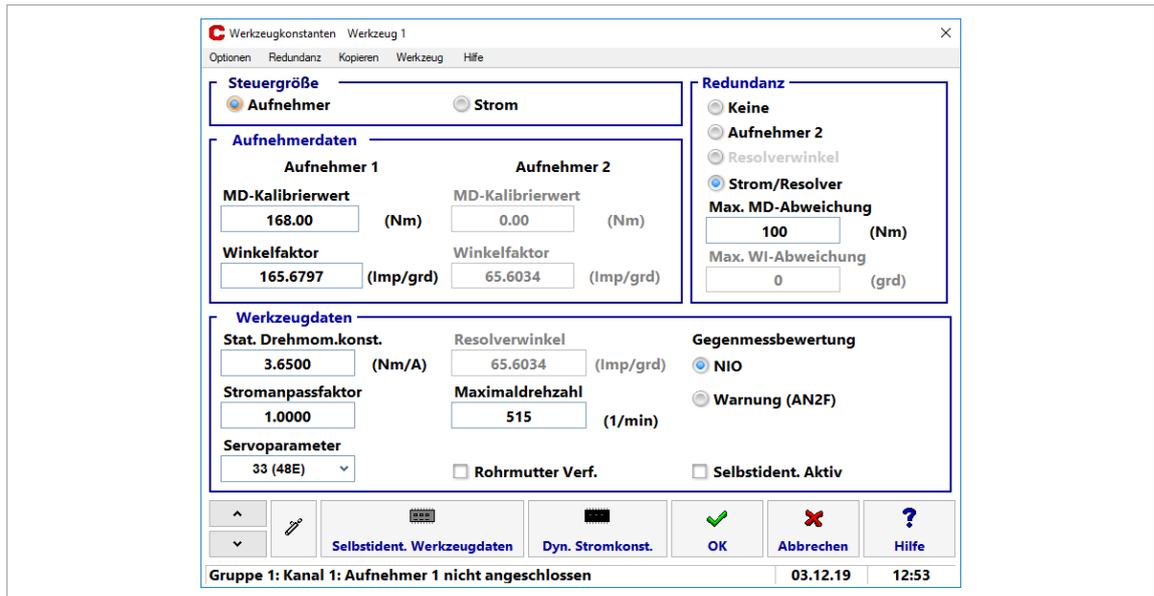


Abb. 6-3: Werkzeugkonstanten

### Schritt 2: Verschraubungen durchführen und die aktuelle Messung notieren

1. Eine Verschraubung durchführen, bei der das Drehmoment über 35 % des MD-Kalibrierwerts liegt. Beispiel: MD-Kalibrierungswert = 168,00 Nm, dann sollte die Verschraubung über 58,8 Nm liegen.
2. *Navigator > Messwertearchiv > Details* wählen.  
➤ Es öffnet sich das Fenster *Monitor Werkzeug*.
3. In der zweiten Zeile eines Stufenergebnisses wird das aus dem Strom berechnete Drehmoment angezeigt. Zur Identifizierung wird nach dem Wert ein Stern hinzugefügt.
4. Die beiden Drehmomentwerte der letzten Stufe notieren.  
Beispiel: Enddrehmoment = 68,26 Nm, das berechnete Drehmoment (stromabhängig) = 76,94\* Nm.



Abb. 6-4: Monitor Werkzeug

### Schritt 3: Drehmomentkonstante berechnen und einstellen

Die Drehmomentkonstante ist definiert als Nm/Ampere.

1. *Navigator > Werkzeug-Setup > Wkz Einstell. > Erweitert... > Selbstident. Werkzeugdaten* wählen.  
➤ Es öffnet sich das Dialogfenster *Aufnehmerdaten*.
2. Mit den Werten der vorherigen Abbildung die neue Drehmomentkonstante nach dieser Formel berechnen:

$$\text{Neue Drehmomentkonstante} = \frac{\text{Enddrehmoment}}{\text{berechnetes Drehmoment (stromabhängig)}} \times \text{alte Drehmomentkonstante}$$

Beispiel:

$$\text{Neue Drehmomentkonstante} = \frac{68,26 \text{ Nm}}{76,94 \text{ Nm}} \times 3,65 \text{ Nm} = 3,24 \text{ Nm}$$

3. Im Dialogfenster *Aufnehmerdaten* mit den Pfeilen auf der rechten Seite die Zeile *Drehmomentkonst. (Nm/A)* auszuwählen.
4. Auf die Schaltfläche <Ändern> drücken und die berechnete neue Drehmomentkonstante eingeben.
5. Die Eingabe übernehmen und alle angezeigten Meldungen bestätigen.
  - Die neue Drehmomentkonstante wird in den Werkzeugspeicher geschrieben.

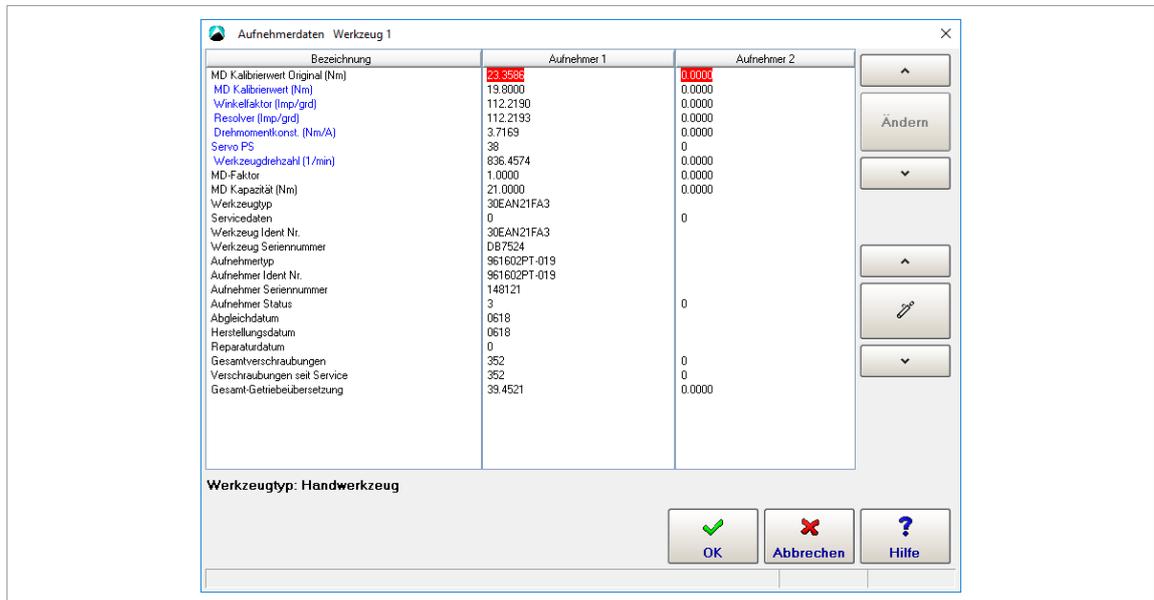


Abb. 6-5: Aufnehmerdaten

#### Schritt 4: Stromüberwachung deaktivieren

Wenn für die Anwendung keine Stromüberwachung erforderlich ist, diese Option deaktivieren durch:

1. *Navigator > Werkzeug-Setup > Wkz Einstell. > Erweitert...* wählen.
  - Es öffnet sich das Dialogfenster *Werkzeugkonstanten*.
2. Im Bereich *Redundanz* die Option *Keine* wählen.

### 6.3 Dynamische Stromkalibrierung

Der Servostrom eines Werkzeuges wird generell über einen Umrechnungsfaktor in einen Drehmomentwert transformiert. Somit arbeitet der Bediener ausschließlich mit Nm-Messgrößen im Momentbereich. Dieser Zusammenhang ist nicht linear. Durch eine Stromkalibrierung soll diese Nichtlinearität gezielt kompensiert werden. Hierzu wird pro Werkzeug und Produktgruppe (PG) ein Kalibrierlauf gestartet. Dieser ermittelt für jede Stufe der PG eine Dynamische Stromkonstante.

#### Kalibrierlauf

Aus einer festgelegten Anzahl IO-Verschraubungen werden die Mittelwerte berechnet und als Dynamische Stromkonstanten abgespeichert. Diese dynamischen Stromkonstanten besitzen solange Gültigkeit, bis sich die Randbedingungen des Schraubfalls oder Einstellungen ändern. Während des Kalibrierlaufs ist die **Statische Stromredundanz** aktiv.

### 6.3.1 Dynamische Stromkalibrierung aktivieren

1. Über *Navigator > Erweitert > Controller > Erweitert > Dynamische Stromkalibrierung* aktivieren. Dies wird für alle Werkzeuge und alle Produktgruppen in Gang gesetzt.
2. Im angrenzenden Eingabefeld die Anzahl der Durchläufe im Bereich von 5 bis 99 angeben. Mit dieser Zahl wird festgelegt, aus wie vielen Verschraubungen die dynamischen Stromfaktoren berechnet werden. Bei Verlassen und Bestätigung dieses Menüs wird die dynamische Kalibrierung automatisch gestartet.

#### Bedingungen pro Werkzeug

Eine dynamische Stromkalibrierung kann durchgeführt werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Dynamische Stromkalibrierung ist aktiviert, *siehe Kapitel 6.3.1 Dynamische Stromkalibrierung aktivieren, Seite 71*
- Redundanz Aufnehmer – Strom/Resolver ist aktiviert, *siehe Kapitel 6.1 Redundanz, Seite 63*

#### Bedingungen pro Produktgruppe (PG)

- Das Drehmoment im Abschaltpunkt ist größer als 35 % des Aufnehmerkalibrierwertes (der Werkzeugkapazität bei LiveWire-Werkzeugen).
- Ausschließlich aus den IO-Ergebnissen erfolgt die Berechnung der dynamischen Stromkalibrierung. Ergebnisse, die mit NIO bewertet werden, werden bei der Berechnung verworfen. Erst nach einem komplett erfolgreich durchgeführten Kalibrierlauf werden die berechneten dynamischen Kalibrierdaten verwendet.
- Für die dynamische Stromkalibrierung sind - mit Ausnahme von Diagramm 48 - nur Anzugsdiagramme vorgesehen. Bei allen Schraubverfahren werden die im Abschaltpunkt gemessenen Drehmoment- und Stromwerte verwendet. Dies ist bei Löseverfahren prinzipbedingt nicht möglich, da diese winkelgesteuert funktionieren und im Abschaltpunkt die Drehmoment- bzw. Stromwerte gegen Null gehen. Aus diesem Grund wird bei Diagramm 48 das maximal aufgetretene Drehmoment zur Berechnung des dynamischen Wertes ermittelt.

### 6.3.2 Dynamische Stromfaktoren/Kalibrierlauf anzeigen

Die aktuellen dynamischen Stromfaktoren werden in einem separaten Menü dargestellt:

1. *Navigator > Diagnose > Werkzeug > Stromkalibrierung* wählen.
2. Mit <PG> die Produktgruppe und mit    die Werkzeuggruppe auswählen.
3. Die gewünschten Werte kontrollieren und analysieren.

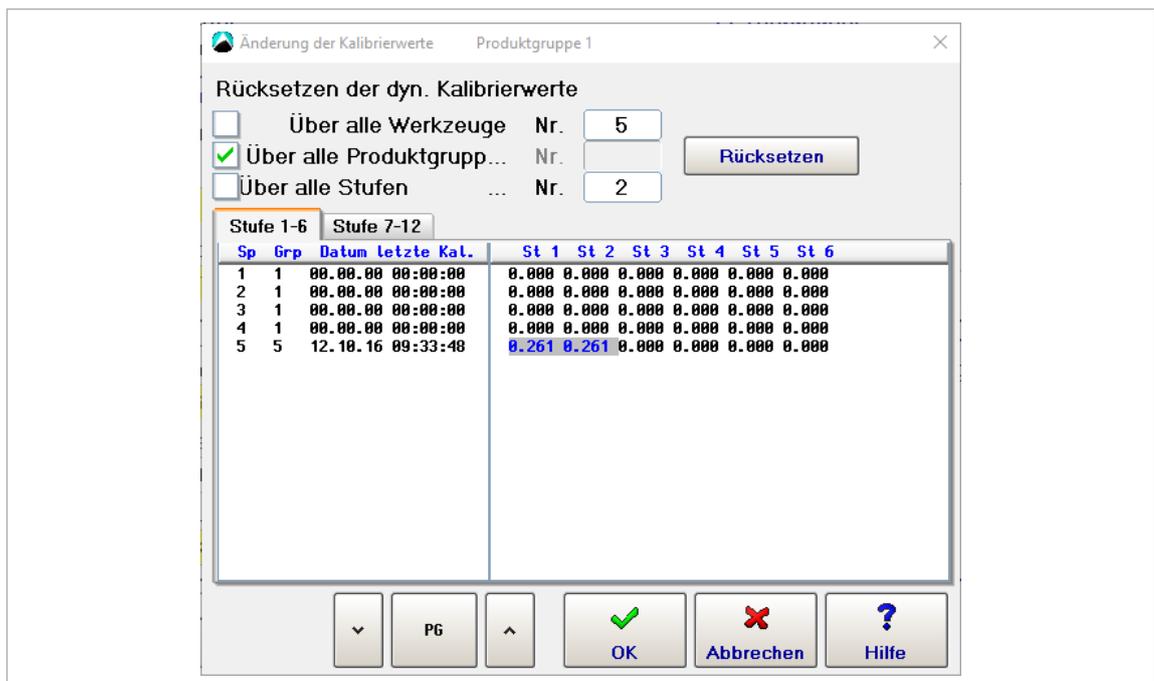


Abb. 6-6: Stromkalibrierung

Der Bildschirm ist in zwei Bereiche gegliedert:

## Linke Spalte: Dynamische Kalibrierwerte

Element	Beschreibung
1.536 1.535	Abgeschlossene Kalibrierung (Schrift blau, grau hinterlegt)
1.542 1.532	Laufende Kalibrierung (Schrift schwarz, gelb hinterlegt)
St	Stufennummer (sofern vorhanden)
Sp	alle angeschlossenen Werkzeuge
Grp	zugehörige Werkzeuggruppe
Datum / letzte Kal.	Datum und Uhrzeit der letzten dynamischen Kalibrierung

Die aufgelisteten Kalibrierwerte bleiben nach einem Neustart unverändert stehen.

## Rechte Spalte: Kalibrier-Informationen

Unter *Kalibrier-Information* wird während des Kalibrierlaufs eine Ablaufanalyse dargestellt. Nach Beendigung eines Kalibrierlaufes werden die zulässigen und errechneten Abweichungen ausgegeben. Das ermittelte Drehmoment wird in drei Bereiche eingeteilt: Liegt es im oberen Drittel des Kalibrierwertes wird mit 20 %, im mittleren mit 25 % und im unteren Drittel mit maximal 30 % zulässiger Abweichung gerechnet.

Die aufgelisteten Werte bleiben bei Auswahl einer anderen Werkzeuggruppe oder Produktgruppe unverändert stehen. Nach einem Neustart bzw. neuen Kalibrierlauf werden sie gelöscht.

## Erneute Ermittlung der Stromfaktoren

Ändert sich eine der nachfolgend genannten Größen, beginnt ein neuer Kalibrierlauf. Als Zeichen dafür wird die komplette Zeile gelb hinterlegt. Es werden nur geänderte Stufen neu kalibriert.

- Im Menü *Navigator* > *Standard* > *Stufe* > *Stufen* > *Schraubverfahren*
  - Drehzahl im Diagramm.
  - Abschaltmoment im Diagramm.
  - Dämpfungsfaktor im Diagramm.
  - Diagrammwechsel
- Im Menü *Navigator* > *Werkzeug-Setup* > *Wkz Einstell.* > *Erweitert...* > *Selbstident. Aktiv* (Aufnehmerdaten)
  - Werkzeugwechsel bei intelligenten Aufnehmern.
- Im Menü *Navigator* > *Werkzeug-Setup* > *Wkz Einstell.* > *Erweitert...* (Werkzeugkonstanten)
  - Maximaldrehzahl
  - MD-Kalibrierwert
  - Stromanpassfaktor
  - Stat. Drehmom.konst.

### 6.3.3 Stromredundanzwerte anzeigen

► *Navigator > Messwertearchiv > Details* wählen.

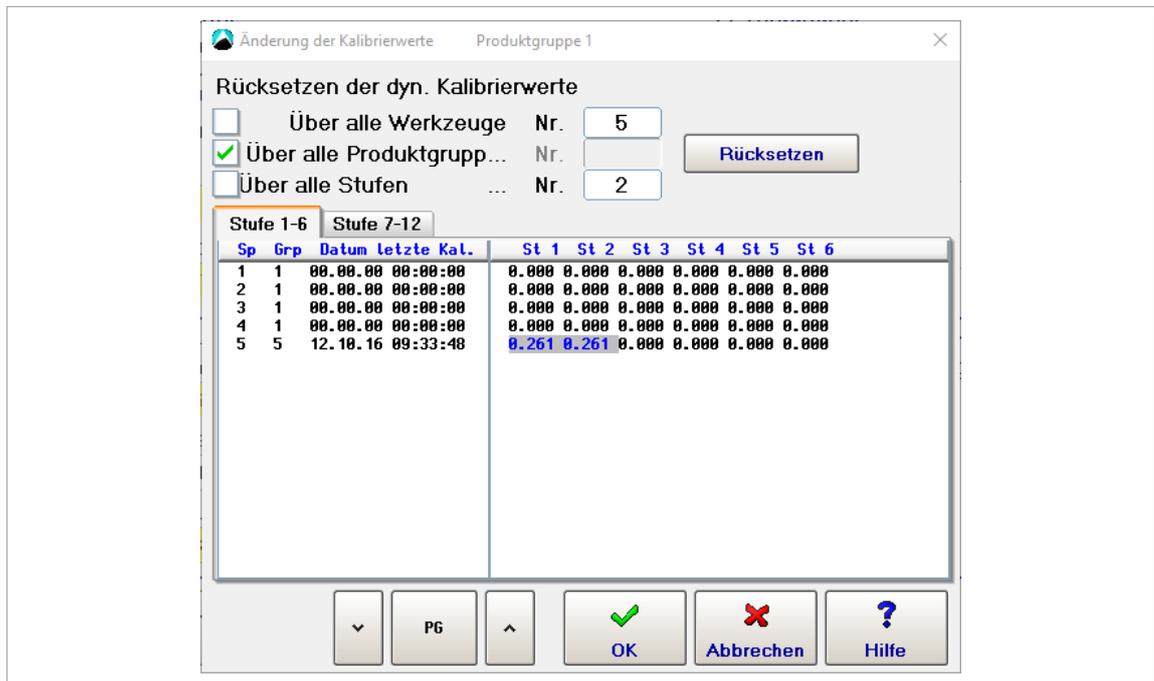


Abb. 6-7: Messwertearchiv

Ist ein Kalibrierlauf angestoßen worden, wird die Ausgabe des redundanten Wertes für den Strom unterdrückt. D. h. im Monitor Werkzeug erfolgt keine Anzeige des äquivalenten Drehmomentwertes. Erst nach erfolgter Berechnung der Dynamischen Stromkonstanten werden die Daten der Redundanz wieder in einer zusätzlichen Zeile angezeigt.



Werden keine Daten der Redundanz angezeigt, die Redundanzbewertung nach der Verschraubung im Abschaltpunkt beachten, *siehe Kapitel 6.1.1 Aufnehmerredundanz, Seite 64.*

Schaltfläche	Beschreibung
	Zeigt entsprechende Grafik der Redundanzwerte an, <i>siehe Kapitel 6.1.5 Redundanzkurve, Seite 67.</i>

### 6.3.4 Dynamische Stromkalibrierung rücksetzen

Ein neuer Kalibrierlauf kann auch durch ein Rücksetzen erzwungen werden. Alle dynamischen Werte von Werkzeugen, Produktgruppen oder Stufen werden zurückgesetzt. Als Zeichen dafür werden die betreffenden Stufen gelb hervorgehoben.

1. *Navigator > Werkzeug-Setup > Wkz Einstell. > Erweitert > Dyn. Stromkonst.* wählen.
2. <Rücksetzen> drücken.

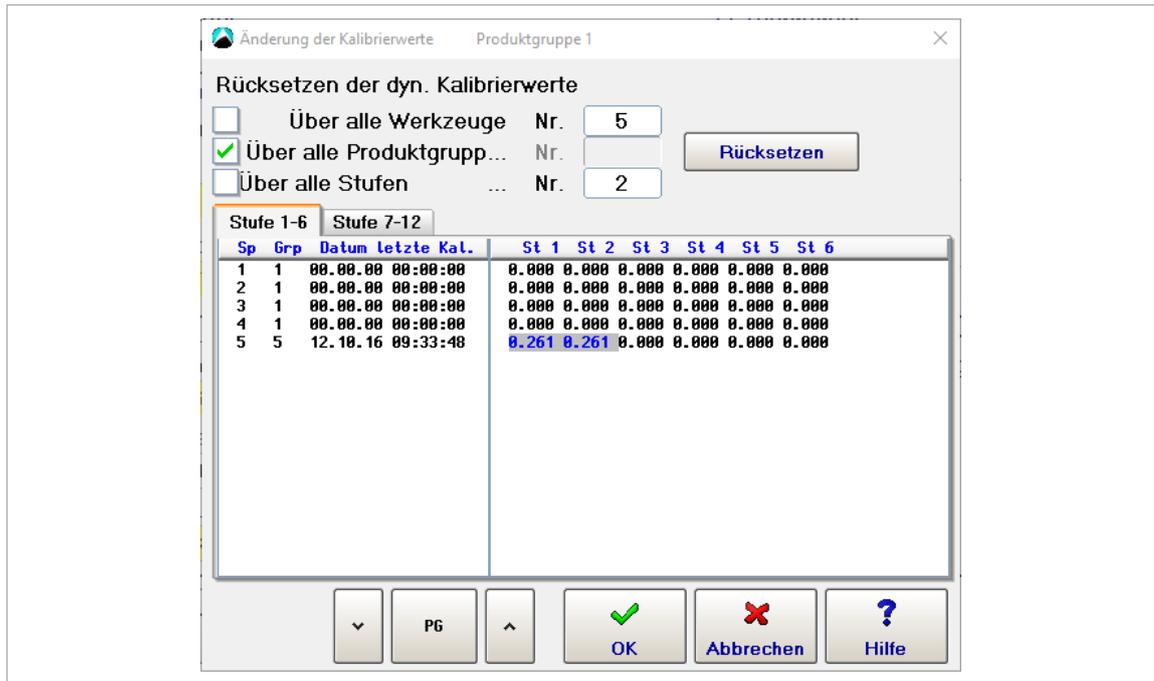


Abb. 6-8: Änderung der Kalibrierwerte

## 6.4 PCR – automatische Sicherheit bei Handschraubern

Das PCR-Verfahren (Permanent Current Redundancy = Permanente Stromredundanz) wurde eingeführt, um die Sicherheit der Bediener/Werker im Umgang mit Handwerkzeugen zu erhöhen.

Bei Ausfall eines Messertafnehmers während einer Verschraubung kann ein unerwartetes Verhalten des Werkzeugs eine Verletzungsgefahr des Bediener nach sich ziehen, das mit PCR abgesichert werden kann. Intern wird also ohne weitere Parametereingabe, eine latente Stromredundanz aktiviert. Alle benötigten Parameterwerte für diese Redundanz werden selbständig zusammengestellt und/oder errechnet.

Die Redundanzbewertung findet während der Verschraubung statt und ist nur bei Handwerkzeugen aktiv. Für die kontinuierliche Redundanzprüfung während der Verschraubung wird eine Redundanzbewertung  $\pm 35\%$  des Aufnehmerkalibrierwertes herangezogen. Bei Über-/Unterschreitung dieses Wertes schaltet das Handwerkzeug sofort ab und es erfolgt eine NIO-Bewertung mit IRED (Strom-Redundanzfehler).

Im Abschaltpunkt wird keine Redundanzbewertung durchgeführt, da bereits während des Schraubvorganges die Bewertung stattfand. Eine Anzeige der redundanten Daten in der Messwerttabelle, Monitor Werkzeug oder Messwertarchiv erfolgt nicht.

Wird eine andere Redundanzart (Aufnehmer 2, Resolverwinkel oder Strom/Resolver) verwendet, wird automatisch die PCR deaktiviert, um damit Konflikte mit den parametrisierten Redundanzwerten zu vermeiden.

## 6.5 Lösen ohne Produktgruppen-Vorwahl (TM\_LL)

Lösen der Schraubverbindung ohne Produktgruppen-Vorwahl mit Drehmomentüberwachung.



Bei diesem Verfahren werden keine Schraubergebnisse und/oder Ergebnisbewertungen (IO/NIO) durchgeführt.

Dieses Verfahren wird hauptsächlich bei Handwerkzeugen eingesetzt. Der Werker kann hiermit, als selbständige Nacharbeit, eine Verschraubung mit dem Linkslaufschalter des Werkzeugs wieder lösen. Um das Lösen zu ermöglichen, muss zuerst der E/A-Ebenen-Eingang konfiguriert werden, siehe Programmierhandbuch.

Dann entsprechende Parameterwerte eingeben: Dann entsprechende Parameterwerte eingeben:

1. *Navigator > Standard > Werkzeuggruppen > Einstellungen Drehzahl Linkslauf* wählen.

Abb. 6-9: Einstellungen Drehzahl Linkslauf

2. Alle Werte in Prozent ihrer Maximalwerte eingeben.



*Drehzahl beim Lösen (%)* und *Anfangsdrehzahl* müssen identische Vorzeichen haben. Ansonsten ist ein korrekter Ablauf des Lösevorganges nicht garantiert und es kann zu unvorhersehbaren Folgen führen.

3. Löse- und Anfangsdrehzahl im Bereich von -100 % bis +100 % eingeben.
4. Die Drehrichtung eventuell durch ein vorangestelltes Minuszeichen (-) verändern. Wird kein Minuszeichen eingegeben, ist die Drehrichtung „links“, was einem Lösen entspricht. Ansonsten ist die Drehrichtung „rechts“.
5. Das maximale Drehmoment nur als Ganzzahl (ohne Kommastelle) eingeben. Der Bereich erstreckt sich von 0 bis 100 % vom Kalibrierwert des Messwerteaufnehmers.
6. Parameter bestätigen und damit übernehmen.

Das Lösen ohne Produktgruppenvorwahl ist ein zyklischer Ablauf, der von der Schraubersteuerung ständig ausgeführt wird. Jeder Zyklus hat eine Dauer von 500 ms. Solange der Startschalter gedrückt wird, gibt die Hauptsoftware der Messkarte zyklisch das Kommando für den Motorstart. Die Messkarte ihrerseits startet den Motor mit den vorgegebenen Parameterwerten (Drehzahl, Drehrichtung, Drehmomentüberwachung). Die Anfahrtdrehzahl ist für 500 ms aktiv. Danach wird in die parametrisierte Lösedrehzahl umgeschaltet. Sobald die Messkarte feststellt, dass das parametrisierte maximale Drehmoment überschritten wurde, bricht sie den Vorgang sicherheitshalber ab.

Um eine Kommunikationsunterbrechung auf der ArcNet-Leitung feststellen zu können, wird intern ein Watchdog-Timer gestartet und mit jedem Zyklus neu getriggert. Unterbleibt diese zyklische Triggerung, ist keine Kommunikation mehr möglich und die Messkarte stoppt nach spätestens 1 000 ms den Motor. Sobald eine Kommunikation wieder möglich ist, wird der Motor erneut gestartet.

## 6.6 Systeminformation

### 6.6.1 Wartungsinformationen

Werkzeug-Wartungsinformationen helfen dabei, das Werkzeug (Handwerkzeuge, EC-Spindeln und kabellose Werkzeuge) in einem regelmäßigen Umlauf für Wartung und Service zu halten. Mit diesem Wartungs-/Service-Angebot werden die gängigen Verschleißteile gewartet oder ausgetauscht. Die Software der globalen Steuerung ermöglicht die Programmierung von Wartungsintervallen und gibt rechtzeitig visuelle oder E-Mail-Meldungen über TorqueNet aus.

1. *Navigator > Werkzeug-Setup > Wkz Einstell. > System Bus* wählen.
2. Den entsprechenden Knoten markieren und <Systeminformation> öffnen.
  - Alle wichtigen Werte des Wartungszählers erscheinen unter *6 Counter*.

Alle Informationen sind nur in Englisch verfügbar.

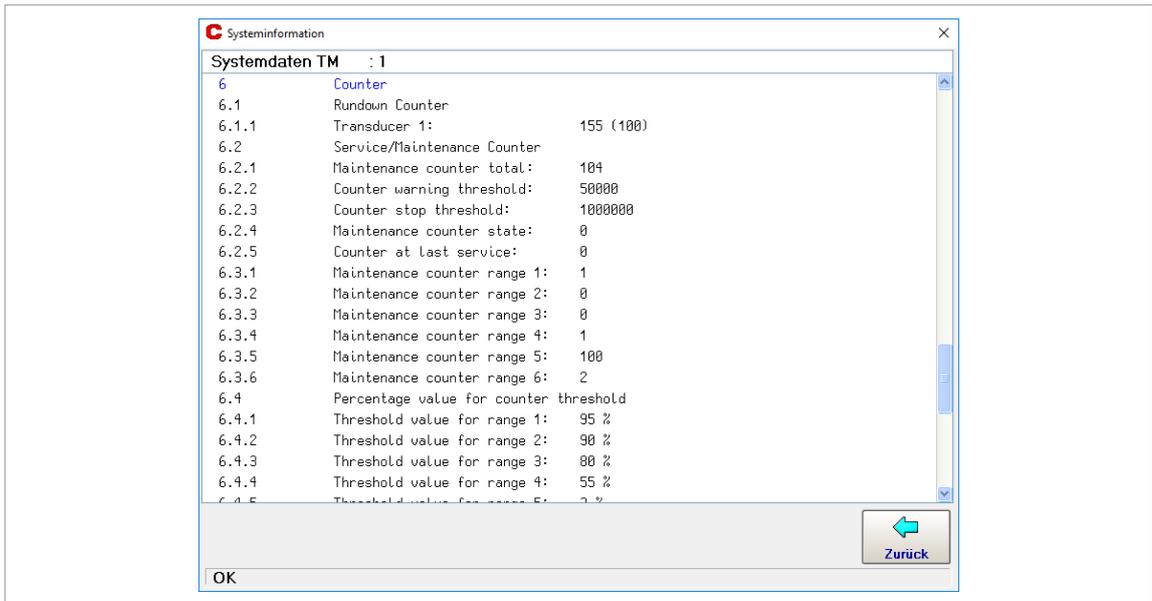


Abb. 6-10: Systeminformation

Die vorherige Abbildung zeigt nur ein Teil der Informationen an.

### Dynamischer Wartungszähler

1. *Navigator* > *Werkzeug-Setup* > *Wkz Einstell.* > *System Bus* wählen.
2. Den entsprechenden Knoten markieren und <Systeminformation> öffnen.

Der Wartungszähler hat eine dynamische Komponente, um unterschiedliche Belastungen des Werkzeugs zu berücksichtigen. Je nachdem, wie stark die Last des Werkzeugs abfällt, wird der Wartungszähler mit einem höheren oder niedrigeren Wert weiter gezählt.

#### 6.6.2 MFU-Daten (software-, werkzeugabhängig)

Im Rahmen einer Maschinenfähigkeitsuntersuchung (MFU) wird untersucht, wie sich die Maschine bei der Durchführung der vorgeschriebenen Qualitätsbewertungen verhält. Die Fähigkeitsindizes sind hier Cm (für die Steuerbarkeit der Maschine) und Cmk (für die Maschinenfähigkeit).

1. *Navigator* > *Werkzeug-Setup* > *Wkz Einstell.* > *System Bus* wählen.
2. Den entsprechenden Knoten markieren und <Systeminformation> öffnen.
  - Alle Informationen zur letzten MFU werden unter *7 MCS data* angezeigt.

Alle Informationen sind nur in Englisch verfügbar.

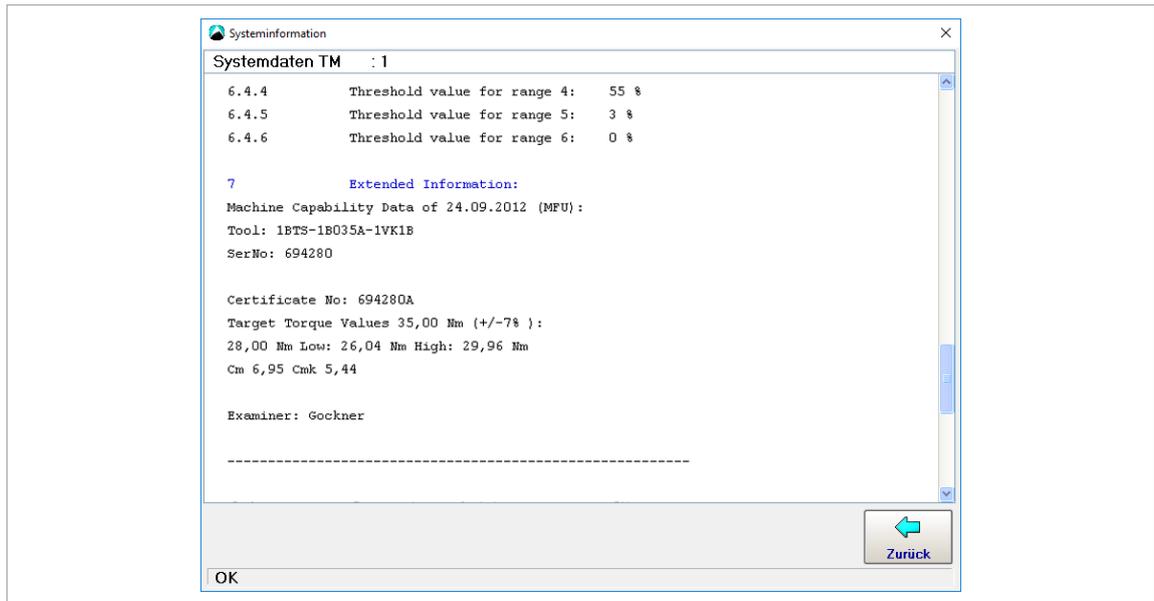


Abb. 6-11: Systeminformation

Die angezeigten MFU-Daten stellen nur einen Ausschnitt der Daten dar, die bei der Auslieferung, bei Reparaturen und Wartungen mit jedem Werkzeug schriftlich geliefert werden. Die MFU-Daten werden nur auf den Aufnehmer geschrieben, wenn eine Wartung, MFU usw. durchgeführt wird.

## 6.7 Zeitkonstanten

Diese Parameter für die Zeitkonstanten gelten für alle Werkzeuge dieser Produktgruppe (Schraubablauf). Folgende Zeitkonstanten sind einzugeben:

Parameter	Beschreibung
Verzögerungszeit TV (ms)	(Nur bei Einstellung ohne Gruppenanzug im synchronen Ablauf) Die Messkarte gibt um die Verzögerungszeit später den Start an die Leistungselektronik weiter.
Anfahrpulsunterdrückung TA (ms)	Während der Anfahrpulsunterdrückungszeit wird die Aufnahme der Drehmomentwerte unterdrückt, damit während des Anfahrens das Massenträgheitsmoment des Antriebes nicht als Anziehdrehmoment der Schraubverbindung fehlinterpretiert wird.
Überwachungszeit Tmax (ms)	Ist die maximal zulässige Verschraubungszeit der entsprechenden Stufe. Die maximale Verschraubungszeit ist für alle Werkzeuge einer Werkzeuggruppe in einer Stufe wirksam. Nach Ablauf dieser Zeit wird die Stufe auf jeden Fall mit Stufen-NIO abgebrochen.
Nachlaufzeit TN (ms)	Zwischen Abschaltung des Werkzeugs und der Bildung des Ergebnisses wird die Nachlaufzeit abgewartet. In dieser Zeit wird das maximale Moment ermittelt und als Ergebniswert verwendet. Dies dokumentiert die kinetische Energie des Werkzeugs nach der Abschaltung.
Farbsignierzeit TF (ms)	Dauer der Aktivierung des Ausgangssignals von der Schraubersteuerung zu einem optionalen Farbmarkierungssystem. Farbmarkierungssysteme können in Verbindung mit der Schraubersteuerung nach einer IO-Verschraubung verwendet werden, um eine erfolgreiche Verschraubung mit einer Farbmarkierung physisch zu markieren.  Die Eingabe von 0-7ms wird als keine Farbkennzeichnung gewertet. Tatsächlich benutzt wird nur die Farbspritzzeit aus dem zuletzt benutzten Parametersatz der Produktgruppe (Schraubablauf).

## 7 Softwareabhängige Optionen

### 7.1 Stick-Slip

Stick-Slip ist ein ungewollter Effekt, bei dem während des Schraubens durch Unter-Kopf-Reibungen ein Rutschen und Stocken auftritt. Es ist dadurch gekennzeichnet, dass ein hörbares Knarren auftritt und das Drehmoment sehr stark schwankt. Dadurch kann ein IRED-Fehler ausgelöst werden.

Eine Stick-Slip-Flanke wird dann erkannt, wenn während des Schraubens das aktuelle Drehmoment mehr als 4 % des Kalibrierwertes unter dem Spitzenwert der letzten 16 Drehmomentmessungen liegt. Die Erkennung der Stick-Slip-Flanken wird unabhängig des Schwellenmomentes aktiviert. Um ungewollte Winkelgeber-Fehler auszuschließen, wird ab 12,5 % des Drehmoment-Kalibrierwertes der Winkelprozessor auf einen anderen Modus geschaltet, unabhängig des Stick-Slip-Effektes.

Bei erkanntem Stick-Slip werden folgende Maßnahmen der Software ausgeführt:

- Die Stromredundanz wird für ca. 70 ms bei Anzugsdiagrammen ausgeblendet.
- Bei Löse- und Diagrammen wird die Stromredundanz für den Rest der Schraubstufe deaktiviert.
- Der Winkelprozessor wird ab Schwellenmoment in einen vorzeichenbehafteten Modus versetzt.
- Die Schraubersteuerung sammelt die Stick-Slip-Warnungen und erzeugt unter anderem eine Systemwarnung. Die Erzeugung der Systemwarnung ist abhängig von der Software der Schraubersteuerung.

Liegt das aktuelle Drehmoment über 30 % des Aufnehmerkalibrierwertes und wurde die Fehlermeldung bei Anzahl Stick-Slip-Flanken größer „0“ parametrisiert, wird bei Diagramm 31, Diagramm 51 und erkanntem Stick-Slip die Drehzahl auf 4 % der maximalen Drehzahl reduziert. Dies dient dazu, den Stick-Slip zu beenden und damit die Verschraubung doch noch durchzuführen. Die Stick-Slip-Flankenerkennung ist bei LiveWire am Anfang einer Stufe für 70 ms deaktiviert. Dies ist die mechanische Reaktion des Werkzeugs auf Geschwindigkeitswechsel.

### 7.2 Gradientenbewertung im Abschaltwinkel

Diese Option ist abhängig von der verwendeten Hauptsoftware der Schraubersteuerung. Möglich mit Diagramm 75.

Mit dieser Option kann die Bewertung des Gradienten während des Schraubablaufs beeinflusst werden. Ohne Aktivierung dieses Optionspunktes werden alle aktuellen Gradientenwerte, die während des Schraubablaufs ab dem Schwellenmoment berechnet werden, auf Über- und Unterschreitung der Gradientenwerte überprüft. Mit Aktivierung dieses Optionspunktes werden alle Gradientenwerte ignoriert und nicht bewertet.

Eine Auswertung findet erst am Ende bei Erreichung des Suchkriteriums Abschaltwinkel statt. Somit wird der Gradientenwert beim Abschalten bewertet.

Die erreichten Abschaltwerte werden der Schraubersteuerung zugeführt.

### 7.3 Drehmoment halten

Diese Option ist abhängig von der verwendeten Hauptsoftware der Schraubersteuerung. Möglich mit Diagramm 20, 30 oder 50.

Hiermit kann der Schraubablauf nach Beendigung des normalen Ablaufes beeinflusst werden.

Alle Schraubverfahren für diese Option verlaufen zunächst in gewohnter Weise. Bei Erreichen des Suchkriteriums *Abschaltmoment* bzw. *Abschaltwinkel* wird der normale Schraubablauf beendet, und der Haltemodus (Drehzahl 0 1/min) beginnt.

Die erreichten Abschaltwerte werden ausgewertet und an andere Systemeinheiten übertragen. Der Haltemodus wird so lange beibehalten, bis entweder die Schraubersteuerung den Vorgang beendet, die parametrisierte maximale Verschraubungszeit  $T_{max}$  sekundengenau abgelaufen ist, oder als Sicherheitsabschaltung das parametrisierte maximale Drehmoment überschritten wird.

- ▶ Option aktivieren in: *Navigator > Standard > Stufe > Stufe n > Schraubverfahren > Diagnose* wählen, *Moment halten* aktivieren.

## 7.4 Erkennung Schraubenbruch

Diese Option ist abhängig von der verwendeten Hauptsoftware der Schraubersteuerung. Möglich mit Diagramm 73 und 75.

► Option aktivieren in: *Navigator > Standard > Stufe > Stufe n > Schraubverfahren*

Durch bestimmte Kräfteeinwirkung oder Materialermüdung kann es zu einem Bruch von Schraubenkopf oder Steckschlüsseinsatz kommen. Hiermit wird ein Bruch frühzeitig erkannt und somit der Werker/Bediener geschützt.

Bei einem Bruch wird angenommen, dass sich der Steckschlüsseinsatz/Schraubenkopf des Werkzeugs zwar kontinuierlich dreht, dass das Drehmoment jedoch, innerhalb weniger Winkelgrade, stark abnimmt. Dies wiederum bewirkt, dass der Gradient über Drehmoment und Drehwinkel steil abfällt. Falls dies der Fall ist, unterschreitet der aktuelle Gradientenwert den parametrisierten unteren Gradientenwert. Dies führt zu einem Abschalten der Werkzeugs.

Um alle anderen Werkzeuge in dieser Werkzeuggruppe ebenfalls zu stoppen, sendet die Messkarte, die den Bruch erkannt hat, eine Statusmeldung an die Schraubersteuerung. Diese sendet dann schnellstmöglich ein Stopp-Kommando.

Als Sicherheitsabschaltung werden das maximale Drehmoment und der maximale Winkel mit verwendet.

## 7.5 Fügepunkterkennung

Die Fügepunkterkennung dient dazu, mit hoher Drehzahl bis zur Kopfauflage oder dem Fügepunkt zu fahren, um anschließend mit reduzierter Drehzahl den Abschaltwert zu erreichen.

Die Winkelzählung beginnt am Fügepunkt. Ab diesem Moment steigt das Drehmoment schnell an.

Die Fügepunkterkennung kann in den Schraubdiagrammen 30, 31, 50 und 51 aktiviert werden. Diese Funktion ist nur mit STMD-H Messkarten ab der Version S168025-633 möglich.

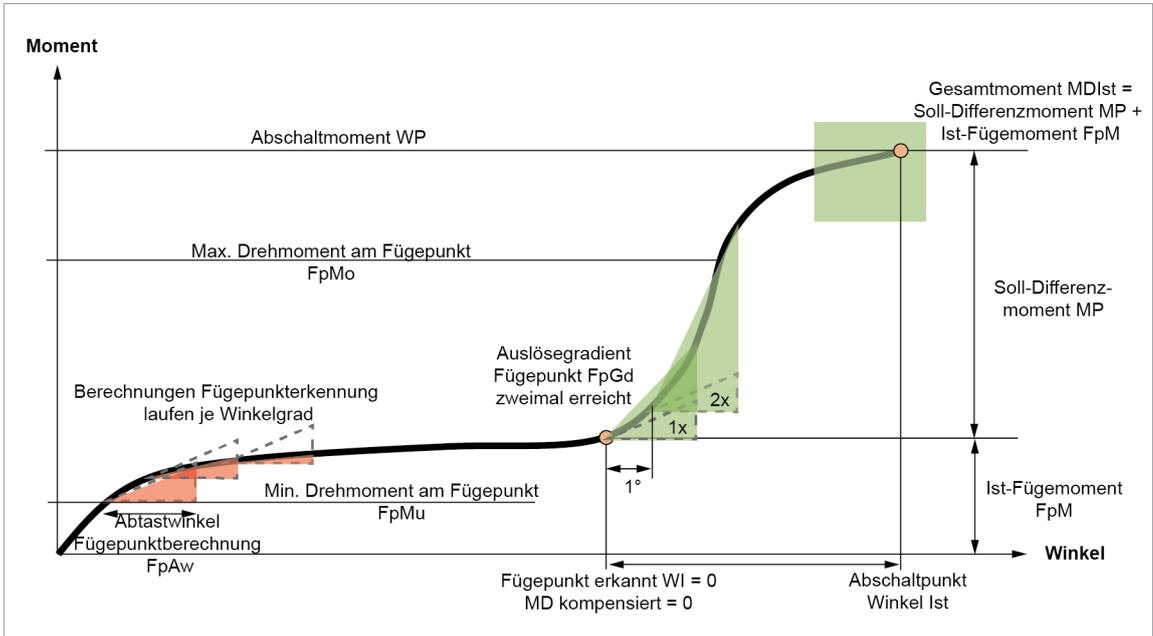


Abb. 7-1: Fügepunkterkennung

Parameter	Beschreibung	Wertebereich	Einheit	Abk.
Fügepunkterkennung	Ist das Kontrollkästchen aktiviert, startet die Winkelzählung.	Aktiv, nicht aktiv		
	Ist das Kontrollkästchen deaktiviert, startet die Winkelzählung und die Drehzahlregelung (DIA 31/DIA 51) am Schwellenmoment			

Parameter	Beschreibung	Wertebereich	Einheit	Abk.
Fügestückkompensation	Die Fügestückkompensation erhöht das reguläre Abschaltmoment um das gemessene Drehmoment am Fügestück.  Abschaltmoment = Ist-Fügestückmoment + Soll-Differenzmoment	Aktiv, nicht aktiv	Bit	
Min. Drehmoment am Fügestück	Start der Fügestückerkennung	> MT ... < FpMo	Nm	FpMu
Max. Drehmoment am Fügestück	Maximal erlaubtes oberes Drehmoment des Fügestücks. Wurde kein Fügestück erkannt, bevor dieses Drehmoment überschritten wird, wird die Fügestückerkennung mit dem Fehler <i>FPEF</i> abgebrochen.	DIA 30/DIA 31: > FpMo ... < MP  DIA 50/DIA 51: > FpMo ... < MDmax	Nm	FpMo
Winkel Fügestückerkennung	Anzahl der Winkelgrade über die ein Gradient berechnet wird.	DIA 30/DIA 31: 3 ... < WiMax, max. 31  DIA 50/DIA 51: 3 ... < WP, max. 31	Grad	FpAw
Auslösegradient Fügestück	Eine Voraussetzung für die Fügestückerkennung ist, dass dieser Gradient in zwei aufeinanderfolgenden Steigungsdreiecken überschritten wird.	> 0,001	Nm/Grad	FpGd

Die Fügestückerkennung startet, sobald der Parameter *Min. Drehmoment am Fügestück* überschritten ist. Sinkt das Drehmoment anschließend wieder unter diesen Wert, wird die Fügestückerkennung dennoch fortgeführt. Die Fügestückerkennung endet, sobald der Parameter *Max. Drehmoment am Fügestück* überschritten oder der Fügestück erkannt ist.

Es werden so viele Winkelgrade gespeichert, wie bei dem Parameter *Winkel Fügestückerkennung* angegeben sind. Über dieses Winkel Fenster wird dann ein Gradient berechnet und mit dem Wert *Auslösegradient Fügestück* verglichen. Liegt der berechnete Gradient über dem Wert *Auslösegradient Fügestück*, ist die erste Bedingung zur Erkennung des Fügestücks gegeben. Um den Fügestück verlässlicher und störfreier zu erkennen, muss die Erkennung in zwei aufeinanderfolgenden Steigungsdreiecken ausgelöst werden. Ist dies der Fall, wird der Fügestück rückwirkend auf den Anfang des ersten Steigungsdreiecks festgelegt. Ab diesem Punkt startet die Winkelzählung für das IO-Fenster.

Da der Fügestück als Anfang des ersten Steigungsdreiecks definiert ist, und erst am Ende des zweiten Steigungsdreiecks erkannt wird, erfolgt eine mögliche Winkelabschaltung oder Drehzahländerung frühestens am Ende des zweiten Steigungsdreiecks.

Der Gradient wird für jeden Winkelwert berechnet. Dieses Vorgehen wird so lange wiederholt, bis der Fügestück erkannt wird oder der potenzielle Fügestück den Parameter *Max. Drehmoment am Fügestück* überschreitet. Als potenzieller Fügestück wird dabei der erste Winkelwert des Steigungsdreiecks bezeichnet.

## Fügestückkompensation

In DIA 30/DIA 31 kann eine Fügestückkompensation aktiviert werden. Bei der Fügestückkompensation wird das Drehmoment im Fügestück bestimmt. Anschließend wird es auf das parametrisierte Abschaltmoment (Soll-Differenzmoment) addiert. Somit erhöht sich das zu erreichende Abschaltmoment um das Drehmoment im Fügestück. Alle anderen Schraubparameter sind von der Kompensation nicht beeinflusst und bleiben unverändert.

### Beispiel:

Fügestück = 1

Parametrisiertes Abschaltmoment = 10

➤ Kompensiertes (tatsächliches) Abschaltmoment = 11

Im Messwertearchiv wird das Drehmoment im Abschaltmoment und im Fügestück (FP) angezeigt. Das kompensierte Abschaltmoment wird nicht dargestellt. Dazu müssen nachträglich die Drehmomente im Abschaltmoment und im Fügestück addiert werden.

Bei DIA 31/DIA 51 beginnt die Drehzahlregelung ab der Erkennung des Fügepunkts (rechte Seite des zweiten Steigungsdreiecks). Ist das Kontrollkästchen *Fügepunkterkennung* aktiv, wird die Rampe nicht an das erhöhte Abschaltmoment angepasst. Ist das kompensierte Abschaltmoment über dem IO-Fenster, wird die Verschraubung sofort bei Erkennung des Fügepunkts mit der Fehlermeldung *TSP>* (Fügemoment zu groß) abgebrochen.

### Fehlermeldungen

Überschreitet der potenzielle Fügepunkt den Parameter *Max. Drehmoment am Fügepunkt*, ohne dass ein Fügepunkt erkannt wird, bricht der Schraubvorgang mit dem Fehler *FPEF* (Fügepunkterkennungsfehler) ab und das Fehlerbit *FPEF* wird gesetzt.

Wenn die Verschraubung mit einem allgemeinen Fehler abgebrochen wird (z. B. *MD>* oder *TMAX*) und der Fügepunkt noch nicht gefunden wurde, wird nur das *FPEF*-Fehlerbit gesetzt.

## 7.6 Drehzahlumschaltung

Diese Option ist abhängig von der verwendeten Hauptsoftware der Steuerung. Möglich mit Diagramm 31 oder 51.

Mit der Option *Drehzahl-Umschaltmoment* wird die Drehzahl *n* auf die Enddrehzahl *n2* abgeregelt.

Ist die Option aktiviert, startet die Drehzahlregelung ab dem angegebenen *Drehzahl-Umschaltmoment*. Ist die Option *Drehzahl-Umschaltmoment* nicht aktiviert, erfolgt die Drehzahlregelung ab dem Schwellenmoment.

Wertebereich:

- Diagramm 31: Drehzahl-Umschaltmoment  $\leq$  Abschaltmoment
- Diagramm 51: Drehzahl-Umschaltmoment  $\leq$  Maximales Moment

Die Drehzahlregelung wird am Beginn der Stufe berechnet (Drehzahlrampe). Ist die parametrisierte Drehzahl *n* bei Erreichen des Schwellenmoments/Drehzahl-Umschaltmoments noch nicht erreicht, steigt die Drehzahl weiter an, bis sie die von der Drehzahlrampe vorgegebene Geschwindigkeit erreicht hat. Anschließend wird die Drehzahl auf die parametrisierte Enddrehzahl abgeregelt.

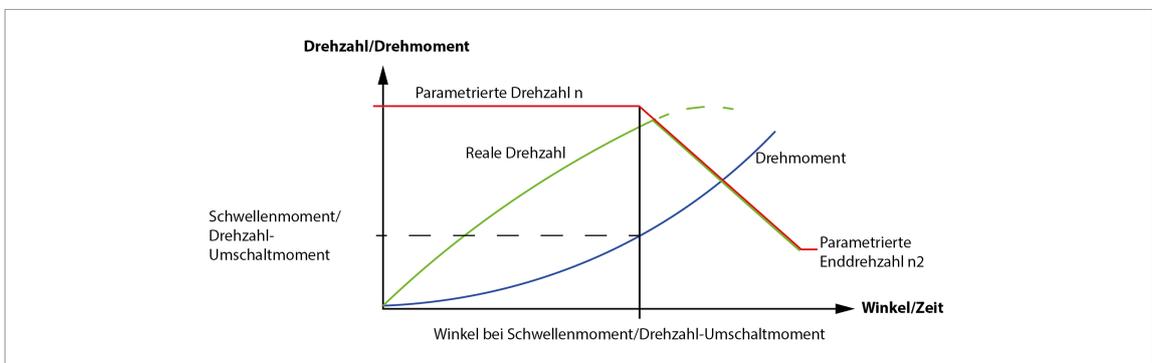


Abb. 7-2: Drehzahlregelung, wenn die Drehzahl *n* bei Erreichen des Schwellenmoments/Drehzahl-Umschaltmoments noch nicht erreicht ist

## Spezial-Parameter

### Dämpfungsfaktor

Der Dämpfungsfaktor dient der besseren Reproduzierbarkeit der Schraubergebnisse.

Aufgrund der Mittelwertbildung bei der Beurteilung der Drehmomentwerte werden Störspitzen, die zu Fehlauswertungen und/oder Fehlabschaltungen und damit zu Verschraubungsfehlern führen, wirkungsvoll unterdrückt.

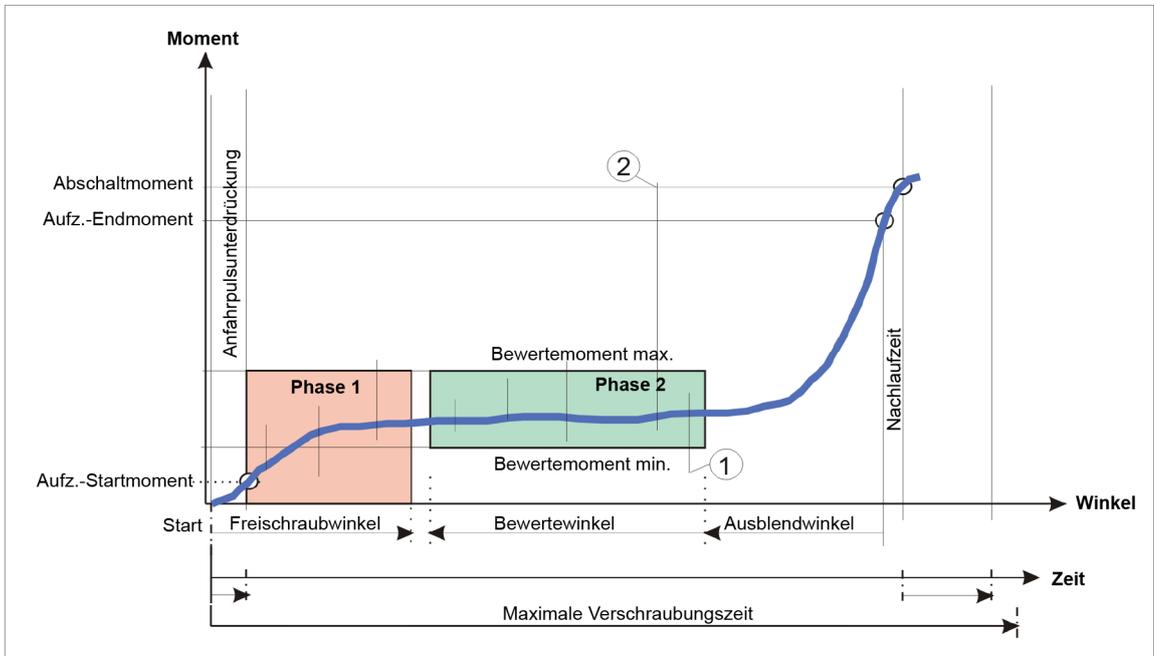


Abb. 8-1: Grafikdarstellung Dämpfungsfaktor

Zum Beispiel:

- zu 1: Fehler bei der Auswertung durch negativen Störimpuls (Auswertefehler)
- zu 2: Fehlabschaltung durch positiven Störimpuls (Fehlabschaltung)

Der Dämpfungsfaktor gibt die Anzahl der zur Mittelwertbildung herangezogenen Messwerte des A/D-Wandlers an. Die Dämpfung nimmt mit dem Dämpfungsfaktor zu.

Die Werte werden im Abstand von 300  $\mu$ s (250  $\mu$ s bei LiveWire-Werkzeugen) gemessen.

Standardeinstellung des Dämpfungsfaktors ist 4. Um Fehlabschaltungen bei störungsfreien Verschraubungen zu vermeiden, sollte die Standardeinstellung verwendet werden. Die Mittelwertbildung beeinflusst die Abschaltgeschwindigkeit vor allem bei harten Schraubfällen. Somit sollte die Dämpfung so niedrig wie möglich eingestellt werden.

### Abtastwinkel

Der Abtastwinkel bestimmt die Sehnenlänge bei der Berechnung des Gradienten bei Diagramm 6x und 7x, beginnend beim Schwellenmoment. Die Einheit ist Grad.



# POWER TOOLS SALES & SERVICE CENTERS

Please note that all locations may not service all products.

Contact the nearest Cleco® Sales & Service Center for the appropriate facility to handle your service requirements.



Sales Center



Service Center

## NORTH AMERICA | SOUTH AMERICA

### DETROIT, MICHIGAN

Apex Tool Group  
2630 Superior Court  
Auburn Hills, MI 48236  
Phone: +1 (248) 393-5644  
Fax: +1 (248) 391-6295

### LEXINGTON,

**SOUTH CAROLINA**  
Apex Tool Group  
670 Industrial Drive  
Lexington, SC 29072  
Phone: +1 (800) 845-5629  
Phone: +1 (919) 387-0099  
Fax: +1 (803) 358-7681

### MEXICO

Apex Tool Group  
Vialidad El Pueblito #103  
Parque Industrial Querétaro  
Querétaro, QRO 76220  
Mexico  
Phone: +52 (442) 211 3800  
Fax: +52 (800) 685 5560

## EUROPE | MIDDLE EAST | AFRICA

### FRANCE

Apex Tool Group SAS  
25 Avenue Maurice Chevalier - ZI  
77330 Ozoir-La-Ferrière  
France  
Phone: +33 1 64 43 22 00  
Fax: +33 1 64 43 17 17

### GERMANY

Apex Tool Group GmbH  
Industriestraße 1  
73463 Westhausen  
Germany  
Phone: +49 (0) 73 63 81 0  
Fax: +49 (0) 73 63 81 222

### HUNGARY

Apex Tool Group  
Hungária Kft.  
Platánfa u. 2  
9027 GyőrHungary  
Phone: +36 96 66 1383  
Fax: +36 96 66 1135

## ASIA PACIFIC

### AUSTRALIA

Apex Tool Group  
519 Nurigong Street, Albury  
NSW 2640  
Australia  
Phone: +61 2 6058 0300

### CHINA

Apex Power Tool Trading  
(Shanghai) Co., Ltd.  
2nd Floor, Area C  
177 Bi Bo Road  
Pu Dong New Area, Shanghai  
China 201203 P.R.C.  
Phone: +86 21 60880320  
Fax: +86 21 60880298

### INDIA

Apex Power Tool Trading  
Private Limited  
Gala No. 1, Plot No. 5  
S. No. 234, 235 & 245  
Indialand Global  
Industrial Park  
Taluka-Mulsi, Phase I  
Hinjawadi, Pune 411057  
Maharashtra, India  
Phone: +91 020 66761111

### JAPAN

Apex Tool Group Japan  
Korin-Kaikan 5F,  
3-6-23 Shibakoen, Minato-Ku,  
Tokyo 105-0011, JAPAN  
Phone: +81-3-6450-1840  
Fax: +81-3-6450-1841

### KOREA

Apex Tool Group Korea  
#1503, Hibrand Living Bldg.,  
215 Yangjae-dong,  
Seocho-gu, Seoul 137-924,  
Korea  
Phone: +82-2-2155-0250  
Fax: +82-2-2155-0252

**Cleco**<sup>®</sup>  
Production Tools