



**DEUTSCHER SCHRAUBENVERBAND E.V.**  
HERSTELLER MECHANISCHER VERBINDUNGSELEMENTE

## DSV - Information

### DSV-Ringversuch 2014

#### Zielstellungen:

- Erfassung der Praxistauglichkeit der Prüfung nach VDA 235-101
- Überprüfung des Übersprechverhaltens von Prüfständen
- Bestimmung der Fähigkeit von Prüfständen bei der Ermittlung von Reibungszahlen

Stand: Januar 2015

## Inhaltsverzeichnis

Nomenklatur und Abkürzungen.....	3
1 Einleitung.....	4
2 Aufgabenstellung.....	4
3 Versuchsteile.....	5
4 Versuchsdurchführung.....	6
5 Versuchsergebnisse.....	6
5.1. Wirksamer Durchmesser für das Reibungsmoment in der Schraubenkopfauflage $D_b$ .....	8
5.2. Praxistauglichkeit der Prüfung nach VDA 235-101.....	9
5.3. Übersprechverhalten von Prüfständen.....	10
5.4. Fähigkeit von Prüfständen für die Ermittlung von Reibungszahlen mechanischer Verbindungselemente.....	11
6 Zusammenfassung.....	15
Anhang:.....	16
Anhang 1 Beteiligte Firmen am DSV-Ringversuch 2014.....	16
Anhang 2 Gemessene wirksame Durchmesser $D_b$ für das Reibungsmoment in der Schraubenkopfauflage.....	17
Anhang 3 Angegebene Momente für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von $0,25^\circ$ .....	19
Anhang 4 Angegebene Momente für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von $1^\circ$ .....	24
Anhang 5 Differenz der angegebenen Gewindemomente der Schrauben mit einem Schirmungswinkel von $0,25^\circ$ und $1^\circ$ .....	29
Anhang 6 Berechnete Reibungszahlen mit einem wirksamen Durchmesser für das Reibungsmoment in der Schraubenkopfauflage von $D_b = 16,8$ mm für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von $0,25^\circ$ .....	34
Anhang 7 Berechnete Reibungszahlen mit einem wirksamen Durchmesser für das Reibungsmoment in der Schraubenkopfauflage von $D_b = 18,3$ mm für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von $1^\circ$ .....	37
Anhang 8 Einordnung der Prüfstände in die Qualitätsklassen für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von $0,25^\circ$ .....	40
Anhang 9 Einordnung der Prüfstände in die Qualitätsklassen für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von $1^\circ$ .....	48
Literaturverzeichnis.....	56

## Nomenklatur und Abkürzungen

### Symbole und Formelzeichen

$D_b$	wirksamer Durchmesser für das Reibungsmoment in der Schraubenkopf- oder Mutterauflage	mm
$D_{b,0,25^\circ}$	wirksamer Durchmesser für das Reibungsmoment in der Schraubenkopf- oder Mutterauflage für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von $0,25^\circ$	mm
$D_{b,1^\circ}$	wirksamer Durchmesser für das Reibungsmoment in der Schraubenkopf- oder Mutterauflage für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von $1^\circ$	mm
$F$	Vorspannkraft	N
$F_{Sd}$	Abschaltpunkt	N
$P$	Gewindesteigung	mm
$T$	Anziehdrehmoment	Nm
$T_b$	Kopfreibmoment, Reibungsmoment in der Kopf- oder Mutterauflage	Nm
$T_{th}$	Gewindemoment	Nm
$T_{th,0,25^\circ}$	Gewindemoment für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von $0,25^\circ$	Nm
$T_{th,1^\circ}$	Gewindemoment für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von $1^\circ$	Nm
$d_2$	Flankendurchmesser	mm
$d_h$	Bohrungsdurchmesser	mm
$d_w$	Außendurchmesser	mm
$l$	Klemmlänge	mm
$n$	Drehzahl	min <sup>-1</sup>
$t$	Wartezeit	s
$\bar{x}$	Mittelwert	
$\sigma$	Standardabweichung	
$\mu_b$	Reibungszahl in der Kopfauflage	-
$\mu_{th}$	Reibungszahl im Gewinde	-
$\mu_{tot}$	Gesamtreibungszahl	-
$\mu_{VDA\ max}$	maximale Reibungszahl nach VDA 235-101 [1]	-
$\mu_{VDA\ min}$	minimale Reibungszahl nach VDA 235-101 [1]	-
$\mu_{VDA\ Spanne}$	Reibungszahlspanne nach VDA 235-101 [1]	-

### Abkürzungen

$C_0$	Prüfstand ohne Beanstandung
$C_1$	Prüfstand, bei dem bei einzelnen Messgrößen Beeinträchtigungen des Kalibrierzustandes und / oder der Sensorfunktion wahrscheinlich sind
$C_2$	Prüfstand zeigt deutliche Hinweise auf Fehlfunktionen
alle	Betrachtung von allen Prüfständen unabhängig des Prüfstandstyps
n	Betrachtung der Prüfstände, die $F$ und $T$ messen können
th	Betrachtung der Prüfstände, die $F$ , $T$ und $T_{th}$ messen können
b	Betrachtung der Prüfstände, die $F$ , $T$ und $T_b$ messen können
thb	Betrachtung der Prüfstände, die $F$ , $T$ , $T_{th}$ und $T_b$ messen können

## 1 Einleitung

Die quantitative Kenntnis der Reibungszahlen ist eine wesentliche Voraussetzung zur Berechnung und prozesssicheren Montage von Schraubenverbindungen, um eine für den Anwendungsfall ausreichende Vorspannkraft sicherzustellen. Die Ermittlung der Reibungszahlen erfolgt mit Prüfständen, die die Größen Vorspannkraft  $F$ , Anziehdrehmoment  $T$ , Gewindemoment  $T_{th}$  und / oder Kopfreibmoment  $T_b$  erfassen können. Die Norm DIN EN ISO 16047 [2] macht nur Angaben zur Prüfung selbst, den Referenzteilen und den zu verwendenden Formeln zur Berechnung der Reibungszahlen. Quantitative Vorgaben für Reibungszahlen in praktischen Anwendungen einschließlich der Wiederholmontage sind z. B. im VDA-Prüfblatt VDA 235-101 [1] enthalten.

Für die Konstruktion und die Funktion der verwendeten Prüfstände stellt die Norm DIN EN ISO 16047 [2] nur prinzipielle Anforderungen. Somit sind heute vielfältige und unterschiedliche Prüfeinrichtungen in der Praxis im Einsatz, was sich für die Vergleichbarkeit der Ergebnisse als nicht einfach erweist. Die in der Vergangenheit im Arbeitskreis *Oberflächenschutzsysteme* des Deutschen Schraubenverbandes sowie im Rahmen der Arbeitsgruppe ISO/TC 2/SC 1/WG 8 durchgeführten Ringversuche belegen, dass eine befriedigende Lösung zur einwandfreien Bestimmung und zum Vergleich von Reibungszahlen bisher noch nicht gefunden wurde.

Mit dem Ringversuch 2014 wurde die Reihe der Ringversuche zur Bestimmung der Fähigkeit von Prüfständen zur Ermittlung von Reibungszahlen mechanischer Verbindungselemente fortgesetzt. Ziel des diesjährigen Ringversuches war es zusätzlich, das Überschreiverhalten der Messeinrichtungen zu überprüfen, die Praxistauglichkeit der Prüfung nach VDA 235-101 [1] zu erfassen sowie die unterschiedlichen Prüfstände miteinander zu vergleichen.

Die Organisatoren bedanken sich bei Fa. KAMAX Automotive GmbH und Fa. Dörken MKS-Systeme GmbH & Co. KG, die das Prüfgut für den Ringversuch zur Verfügung gestellt sowie das Versenden des Prüfguts übernommen haben.

## 2 Aufgabenstellung

Die Versuche wurden an zwei Typen von Schrauben der Abmessung M10 x 70 - 10.9 mit unterschiedlichem Schirmungswinkel der Kopfauflage und mit entsprechender Unterlegscheibe durchgeführt. Im Ergebnis war daher zu erwarten, dass bei sonst gleichen Randbedingungen und Prüfparametern die Gewindemomente  $T_{th}$  konstant bleiben und sich nur die Kopfreibmomente  $T_b$  verändern. Inwieweit dies von den verschiedenen Prüfständen erfasst werden konnte, sollte durch eine zentrale Auswertung untersucht werden.

Mit dem Ringversuch wurde eine hinreichend große Menge an Versuchsergebnissen geschaffen, um einzelne Prüfstände an einer Grundgesamtheit zu prüfen.

### 3 Versuchsteile

Folgende Prüf- und Referenzteile wurden eingesetzt (siehe **Bild 1**):

#### Versuchsschraube:

Bezeichnung:	Flanschaußenträger M10 x 70 - 10.9 mit den Schirmungswinkeln 0,25° oder 1°
Oberflächenzustand:	Zinklamellenbeschichtung (GEOMET 321 + PLUS VLh)
Schmierung:	keine zusätzliche Schmierung

#### Referenzmutter:

Bezeichnung:	Sechskantmutter M10 - 10 nach ISO 4032 [3], SW16
Oberflächenzustand:	blank, gereinigt nach DIN EN ISO 16047 [2]
Schmierung:	keine zusätzliche Schmierung

#### Referenzscheibe:

Bezeichnung:	Scheibe HL Außendurchmesser 30 mm
Härte und Oberfläche:	225 HV10 $R_a$ 0,5
Oberflächenzustand:	blank, gereinigt nach DIN EN ISO 16047 [2]
Schmierung:	keine zusätzliche Schmierung

Die laut DIN EN ISO 16047 [2] vorgeschriebene Reinigung der Referenzteile wurde bereits zentral nach folgendem Verfahren vorgenommen.

- 1. Stufe: 5 min Testbenzin 180 / 210
- 2. Stufe: 5 min Isopropanol im Ultraschallreiniger

Nach der Reinigung wurden die Muttern und die Scheiben luftdicht eingeschweißt.

Alle Teile waren ohne jegliche weitere Reinigung oder Schmierung einzusetzen. Der Anlieferungszustand (blank und gereinigt) entsprach dem Verwendungszustand. Den Teilnehmern wurde empfohlen, während der Prüfung Handschuhe zu tragen, auf Sauberkeit im Umfeld zu achten und das Prüfgut direkt aus den Tüten zu verwenden, ohne es vorher auf einer Unterlage auszubreiten.

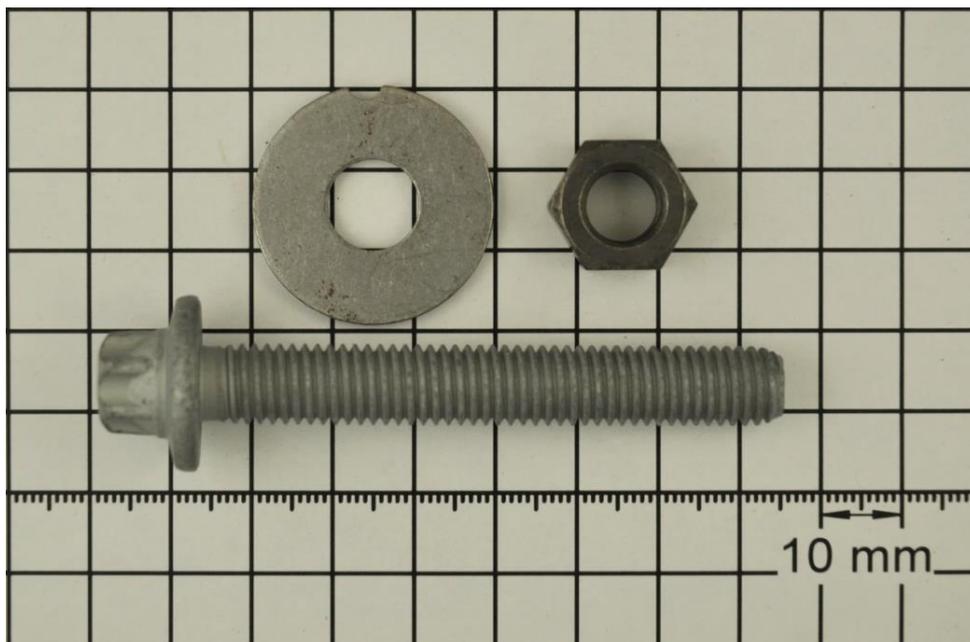


Bild 1: Prüfgut: Schraube, Mutter und Scheibe

## 4 Versuchsdurchführung

Je Anziehprüfstand war eine Versuchsreihe mit 25 Einzelversuchen pro Schirmungswinkel durchzuführen. Die Referenzmuttern und -scheiben waren während des Anziehvorgangs gegen Verdrehen zu sichern. Die Scheibe war hierzu mit einer Einkerbung versehen.

Die Versuchsdurchführung erfolgte nach den Vorgaben der DIN EN ISO 16047 [2]. Entsprechend der Festigkeit der Prüfschraube wurde die Vorspannkraft am Abschaltpunkt auf  $F_{sd} = 38 \text{ kN}$  und die Vorspannkraft zur Berechnung der Reibungszahlen auf  $F = 36,1 \text{ kN}$  festgelegt. Der Anzug sollte mit einer Anziehggeschwindigkeit von  $n = 20 \text{ min}^{-1}$  erfolgen. Die Klemmlänge sollte  $l = 50 \text{ mm}$  bis  $55 \text{ mm}$  betragen. Der Anzug war insgesamt dreimal durchzuführen, wobei nach jedem Anzug  $t = 1 \text{ s}$  zu warten war. Dann musste die Schraube mit der Drehzahl von  $n = 20 \text{ min}^{-1}$  um  $360^\circ$  zurückgedreht werden. Nach erneuter Pause von  $t = 1 \text{ s}$  erfolgte der nächste Anzug.

Der Ablauf sollte automatisiert erfolgen, d.h. als ein Gesamtprogramm ohne Neustart und mit Zwischenspeicherschritten realisiert sein und die Montage sowie die Demontage komplett dokumentieren.

Für alle Messungen wurde ein einheitliches automatisiertes Auswerteschema vorgegeben, dass die Umrechnung der einzugebenden Werte der Vorspannkraft  $F$  und der Drehmomente in die Reibungszahlen automatisch durchführte. Hierzu wurde jeweils ein wirksamer Durchmesser für das Reibungsmoment in der Schraubenkopfauflage  $D_b$  vorgegeben. Jedoch wurden die Teilnehmer auch aufgefordert, diesen selbst zu messen und in das Auswerteschema einzugeben. Für die Schrauben mit einem Schirmungswinkel von  $0,25^\circ$  betrug die Vorgabe des wirksamen Durchmessers für das Reibungsmoment in der Schraubenkopfauflage  $D_b = 17 \text{ mm}$  und für die Schrauben mit einem Schirmungswinkel von  $1^\circ$   $D_b = 19,5 \text{ mm}$ .

Der Reibungszahlberechnung lagen folgende Beziehungen zu Grunde:

$$\mu_{tot} = \frac{\frac{T}{F} - \frac{P}{2 \cdot \pi}}{0,577 \cdot d_2 + 0,5 \cdot D_b} \quad [2] \quad 4-1$$

$$\mu_{th} = \frac{\frac{T_{th}}{F} - \frac{P}{2 \cdot \pi}}{0,577 \cdot d_2} \quad [2] \quad 4-2$$

$$\mu_b = \frac{2 \cdot T_b}{D_b \cdot F} \quad [2] \quad 4-3$$

Für alle Messserien wurden die Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet. Zusätzlich wurden die jeweiligen minimalen und maximalen Werte der Serien ermittelt.

## 5 Versuchsergebnisse

Im Folgenden wird auf die anonymisierten Prüfstandsergebnisse der Firmen eingegangen, die am Ringversuch teilgenommen haben (siehe **Anhang 1**). Die graphische Darstellung der Ergebnisse sowie die Mittelwerte, die Minima, die Maxima und die Standardabweichungen sind in **Anhang 2** bis **Anhang 9** zu finden. Die Nummerierung der Prüfstände in **Anhang 2** bis **Anhang 9** ist willkürlich und korreliert nicht mit der alphabetischen Reihenfolge der Firmen in **Anhang 1**. Jede teilnehmende Firma erhält zusammen mit der Auswertung die Zuordnung zur / zu den entsprechenden Prüfstandsnummer(n).

Durch die Angabe der unterschiedlichen Messprinzipien in der Auswertedatei konnten die Prüfstände verschiedenen Kategorien zugeordnet werden (siehe **Tabelle 1**). Diese Kategorien wurden für die spätere Auswertung herangezogen.

Tabelle 1: Verteilung der teilnehmenden Prüfstände sowie der angegebenen Prüfstandshersteller in Abhängigkeit der gemessenen Größen

Kürzel	Vorspannkraft $F$	Gemessene Größen			angegebene Prüfstandshersteller	Anzahl
		Anziehdrehmoment $T$	Gewindemoment $T_{th}$	Kopfreibmoment $T_b$		
$n$	X	X			Stellar Technologies unbekannt	3
$th$	X	X	X		Eigenbau REC® Engineering GmbH RS Technology Schatz AG unbekannt	52
$b$	X	X		X	Automatica TesT GmbH Umbau	37
$thb$	X	X	X	X	Eigenbau Automatica unbekannt	5
Summe:						97

Während der Durchführung des Ringversuchs bei den Firmen als auch bei der Auswertung der mitgeteilten Ergebnisse sind einige Unstimmigkeiten aufgetreten (siehe **Tabelle 2**). Die Unstimmigkeiten betrafen in den meisten Fällen das Ausfüllen der Auswertedatei oder auch den Einsatz des verwendeten Prüfstands in einem für die Prüfung nicht zulässigen Kalibrierbereich. 18 von 30 aufgefallenen Unstimmigkeiten konnten behoben werden. Die 12 verbliebenen Unstimmigkeiten betreffen zum einen die Ergebnisse der Prüfstände, die in einem für diese Prüfung nicht zulässigen Kalibrierbereich verwendet wurden und zum anderen die Momentenwerte, die von der vorgegebenen Vorspannkraft von  $F = 36,1 \text{ kN}$  um mehr als 5 % abwichen. Die Ergebnisse der Prüfstände auf die, diese Unstimmigkeiten zutreffen, werden stets in den Diagrammen und Tabellen in **Anhang 3** bis **Anhang 9** dargestellt, jedoch werden die Ergebnisse bei vielen Mittelwertbildungen nicht berücksichtigt.

Tabelle 2: Aufgefallene Unstimmigkeiten während der Durchführung und Auswertung des Ringversuchs

Aufgefallene Unstimmigkeiten	Anzahl an Prüfständen		
	aufgetreten	behooben	Differenz
Falsche Eingabe der Geometriegrößen in die Software des Prüfstands	2	2	0
Verwechslung der Spalten der Momente in der Auswertedatei	3	3	0
Einsatz des Prüfstands außerhalb des angegebenen Kalibrierbereichs	10	-	10
In der Auswertedatei Angabe der Momente nicht bei einer Vorspannkraft von $F = 36,1 \text{ kN}$ (Abweichung $> 5 \%$ )	8	6	2
Spätere Korrektur der Angabe des wirksamen Durchmesser für das Reibungsmoment in der Schraubenkopfaufgabe $D_b$	4	4	0
Falsche Angabe der gemessenen oder berechneten Größen oder des Kalibrierbereichs	1	1	0
Tippfehler, so dass die Momentenbilanz falsch war $T - T_{th} - T_b \ll 0$	2	2	0
Summe:	30	18	12

## 5.1. Wirksamer Durchmesser für das Reibungsmoment in der Schraubenkopfauf- lage $D_b$

Die verwendeten Schrauben waren beide als Flanschaußenträger mit einem unterschiedlichen Schirmungswinkel von  $0,25^\circ$  oder  $1^\circ$  ausgebildet. Sie entsprachen DIN EN 1665 [4]. Diese Norm lässt einen Bereich des Schirmungswinkels von  $0,75^\circ \pm 0,5^\circ$  zu.

In **Tabelle 3** sind die Kontaktflächen unter dem Schraubenkopf und auf der Gegenlage für beide Varianten dargestellt. Bei den Schrauben mit dem Schirmungswinkel von  $1^\circ$  ergibt sich eine sehr schmale, außentragende Kontaktfläche. Im Vergleich dazu zeigt die Schraube mit einem Schirmungswinkel von  $0,25^\circ$  eine flächigere Auflage. Alleine über die optische Betrachtung der Kontaktflächen wird ersichtlich, dass der wirksame Durchmesser für das Reibungsmoment in der Schraubenkopfauf-  
lage  $D_b$  bei den Schrauben mit dem Schirmungswinkel von  $1^\circ$  größer sein muss als bei den Schrauben mit dem Schirmungswinkel von  $0,25^\circ$ .

Tabelle 3: Vergleich der Kontaktflächen zwischen Kopf und Gegenlage bei den verwendeten Schrauben mit unterschiedlichem Schirmungswinkel [5]

	Schirmungswinkel $0,25^\circ$	Schirmungswinkel $1^\circ$
Schraubenkopf		
Gegenlage		

Die Auswertung der gemessenen wirksamen Durchmesser für das Reibungsmoment in der Schraubenkopfauf-  
lage  $D_b$  zeigt große Streuungen (siehe **Anhang 2**). Im Mittel ergibt sich für den:

- Schirmungswinkel von  $0,25^\circ$ :  $\varnothing D_b = 16,8 \pm 1,3 \text{ mm}$  und den
- Schirmungswinkel von  $1^\circ$ :  $\varnothing D_b = 18,3 \pm 1,2 \text{ mm}$

Bei  $\sim 12\%$  aller 97 Rückmeldungen wurde für beide Schrauben der gleiche wirksame Durchmesser für das Reibungsmoment in der Schraubenkopfauf-  
lage angegeben ( $D_{b,0,25^\circ} = D_{b,1^\circ}$ ). Gründe können dafür sein, dass der wirksame Durchmesser für das Reibungsmoment in der Schraubenkopfauf-  
lage  $D_b$  über den Außendurchmesser der Schraube mit  $d_w \approx 20,1 \text{ mm}$  und den Bohrungsdurchmesser  $d_h = 11 \text{ mm}$  nach Formel 5-1 ( $D_b = 16 \text{ mm}$ ) oder nach Formel 5-2 ( $D_b = 15,6 \text{ mm}$ ) berechnet wurde oder der Außendurchmesser als wirksamer Durchmesser für das Reibungsmoment in der Schraubenkopfauf-  
lage angegeben wurde ( $D_b \approx d_w$ ).

$$\frac{D_b}{2} = \frac{d_w + d_h}{3} \cdot \left( 1 - \frac{1}{\frac{d_w}{d_h} + 2 + \frac{d_h}{d_w}} \right) \quad [6] \quad 5-1$$

Für schmale Kreisringflächen mit  $\frac{d_w}{d_h} \approx 1$  gilt:

$$D_b = \frac{d_w + d_h}{2} \quad [6] \quad 5-2$$

Bei Ausschluss dieser Rückmeldungen mit  $D_{b,0,25^\circ} = D_{b,1^\circ}$  aus der Mittelwertbildung ergeben sich nur geringfügige Änderungen der wirksamen Durchmesser für das Reibungsmoment in der Schraubenkopfauflage:

- Schirmungswinkel von  $0,25^\circ$ :  $\varnothing D_b = 16,8 \pm 1,2 \text{ mm}$  und
- Schirmungswinkel von  $1^\circ$ :  $\varnothing D_b = 18,5 \pm 0,9 \text{ mm}$

## 5.2. Praxistauglichkeit der Prüfung nach VDA 235-101

Mit den Versuchsschrauben sollten je drei Anzüge bis zu einer Vorspannkraft von  $F_{sd} = 38 \text{ kN}$  durchgeführt werden und es sollten die Momente bei einer Vorspannkraft von  $F = 36,1 \text{ kN}$  ausgewertet werden. **Tabelle 4** und **Tabelle 5** zeigen eine Übersicht über die Mittelwerte und Standardabweichungen der Momente sowohl für *alle* Prüfstände als auch getrennt nach Messprinzip: *n*, *th*, *b* und *thb* (siehe auch **Anhang 3** und **Anhang 4**). Bei der Mittelwertbildung wurden die Prüfstandsergebnisse nicht miteinbezogen, die bei einer abweichenden Vorspannkraft angegeben wurden und wenn der Prüfstand bei dieser Prüfung in einem nicht zulässigen Kalibrierbereich verwendet wurde.

Tabelle 4: Schirmungswinkel  $0,25^\circ$ : Vergleich der Mittelwerte  $\bar{x}$  und Standardabweichungen  $\sigma$  bei einer Vorspannkraft von  $F = 36,1 \text{ kN}$

Kürzel			1. Anzug			2. Anzug			3. Anzug		
			<i>T</i>	<i>T<sub>th</sub></i>	<i>T<sub>b</sub></i>	<i>T</i>	<i>T<sub>th</sub></i>	<i>T<sub>b</sub></i>	<i>T</i>	<i>T<sub>th</sub></i>	<i>T<sub>b</sub></i>
<i>alle</i>	$\bar{x}$	<i>Nm</i>	61,3	29,2	32,1	59,4	28,4	31,1	58,6	28,1	30,5
	$\sigma$	%	4,0	6,6	8,0	4,3	7,1	8,2	4,5	7,1	8,4
<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>Nm</i>	59,8	-	-	58,8	-	-	58,1	-	-
	$\sigma$	%	13,0	-	-	14,7	-	-	14,6	-	-
<i>th</i>	$\bar{x}$	<i>Nm</i>	61,4	29,5	32,0	59,6	28,6	31,0	58,8	28,3	30,4
	$\sigma$	%	3,1	6,1	8,1	3,5	6,7	8,4	3,9	6,7	8,8
<i>b</i>	$\bar{x}$	<i>Nm</i>	61,4	29,1	32,3	59,4	28,2	31,2	58,5	27,8	30,7
	$\sigma$	%	3,8	6,7	8,3	3,8	7,2	8,5	3,8	7,0	8,2
<i>thb</i>	$\bar{x}$	<i>Nm</i>	59,4	27,5	31,9	57,9	26,9	30,9	56,6	26,4	30,3
	$\sigma$	%	4,7	11,0	3,2	6,0	11,3	5,0	5,3	11,1	4,3

Tabelle 5: Schirmungswinkel 1°: Vergleich der Mittelwerte  $\bar{x}$  und Standardabweichungen  $\sigma$  bei einer Vorspannkraft von  $F = 36,1 \text{ kN}$

Kürzel			1. Anzug			2. Anzug			3. Anzug		
			$T$	$T_{th}$	$T_b$	$T$	$T_{th}$	$T_b$	$T$	$T_{th}$	$T_b$
<i>alle</i>	$\bar{x}$	Nm	64,3	29,3	35,0	62,5	28,4	34,0	61,8	28,1	33,7
	$\sigma$	%	3,2	7,1	6,6	3,8	7,5	6,8	4,0	7,5	6,8
<i>n</i>	$\bar{x}$	Nm	64,0	-	-	62,5	-	-	62,2	-	-
	$\sigma$	%	10,1	-	-	12,7	-	-	11,9	-	-
<i>th</i>	$\bar{x}$	Nm	64,2	29,4	34,8	62,6	28,6	33,9	62,0	28,4	33,5
	$\sigma$	%	2,4	6,6	7,4	3,1	7,0	7,6	3,6	7,2	7,7
<i>b</i>	$\bar{x}$	Nm	64,7	29,3	35,4	62,6	28,3	34,2	61,9	28,0	33,9
	$\sigma$	%	2,7	7,3	5,6	2,8	7,7	5,9	2,9	7,3	5,3
<i>thb</i>	$\bar{x}$	Nm	62,4	27,4	35,1	60,1	26,4	33,8	59,3	26,0	33,3
	$\sigma$	%	6,6	11,6	3,0	6,2	11,1	2,8	6,1	11,0	2,6

Allgemein ist erkennbar, dass mit steigender Anzahl an Anzügen das Anziehdrehmoment  $T$ , das Gewindemoment  $T_{th}$  und das Kopfreibmoment  $T_b$  bei beiden Schraubenvarianten abfallen. Dies kann auch unabhängig vom Messprinzip beobachtet werden. Des Weiteren ist erkennbar, dass die prozentuale Standardabweichung beim Anziehdrehmoment in den meisten Fällen viel geringer ist als die prozentuale Standardabweichung der Teilmomente. Die größte Standardabweichung beim Anziehdrehmoment  $T$  von 10 % bis 15 % ergibt sich bei den Prüfständen, die dem Messprinzip  $n$  angehören. Jedoch nahmen auch nur drei Prüfstände mit diesem Messprinzip am Ringversuch teil. Bei den Prüfständen mit dem Messprinzipien  $th$  und  $b$  sind die Standardabweichungen der Teilmomente ähnlich. Hier ergeben sich für die Teilmomente Standardabweichungen von 6 % bis 9 % und für die Anziehdrehmomente von 2 % bis 4 %. Verglichen mit den anderen Messprinzipien ergeben sich bei dem Messprinzip  $thb$  (fünf Prüfstände) die kleinsten Standardabweichungen bei dem Kopfreibmoment  $T_b$  und die größten beim Gewindemoment  $T_{th}$ .

### 5.3. Übersprechverhalten von Prüfständen

Zur Untersuchung des Übersprechverhaltens der beteiligten Prüfstände wurden die Mittelwertdifferenzen der Gewindemomente der beiden Schraubenvarianten beim Anziehen und bei einer Vorspannkraft ausgewertet (siehe **Tabelle 6** und **Anhang 5**). Bei der Mittelwertbildung wurden die Prüfstandsergebnisse nicht miteinbezogen, die in einem für diese Prüfung nicht zulässigen Kalibrierbereich ermittelt wurden.

Die Betrachtung der Mittelwertdifferenzen über *alle* Messprinzipien zeigt, dass die Mittelwerte bei 0 % liegen und die prozentualen Standardabweichungen bei ~ 3 %. Bei Prüfständen mit dem Messprinzip  $thb$  ergeben sich die größten prozentualen Mittelwertdifferenzen von -1 % bis -2 % und bei Prüfständen mit dem Messprinzip  $b$  die größten prozentualen Standardabweichungen von 4 % bis 5 %.

Daraus folgt, dass mit dem verwendeten Prüfgut, bei Betrachtung des Anziehvorgangs und der Mittelwertdifferenzen der Gewindemomente für *alle* Messprinzipien oder auch unterteilt in die einzelnen Messprinzipien ( $n$ ,  $th$ ,  $b$ ,  $thb$ ) kein Übersprechen der Prüfstände nachgewiesen werden kann.

Tabelle 6: Schirmungswinkel 0,25° und 1°: Vergleich der Gewindemomente  $\frac{(\phi T_{th,1^\circ} - \phi T_{th,0,25^\circ}) \cdot 100}{\phi T_{th,1^\circ}}$

Kürzel			$\frac{(\phi T_{th,1^\circ} - \phi T_{th,0,25^\circ}) \cdot 100}{\phi T_{th,1^\circ}}$		
			1. Anzug	2. Anzug	3. Anzug
alle	$\bar{x}$	%	0,0	-0,1	0,1
	$\sigma$	%	2,6	3,0	3,0
n	$\bar{x}$	%	-	-	-
	$\sigma$	%	-	-	-
th	$\bar{x}$	%	-0,1	0,0	0,2
	$\sigma$	%	1,4	1,8	1,9
b	$\bar{x}$	%	0,2	0,0	0,1
	$\sigma$	%	3,9	4,4	4,5
thb	$\bar{x}$	%	-0,5	-1,7	-1,1
	$\sigma$	%	0,9	2,0	1,2

#### 5.4. Fähigkeit von Prüfständen für die Ermittlung von Reibungszahlen mechanischer Verbindungselemente

Bei der Berechnung der Reibungszahlen wurden für die Schrauben mit dem Schirmungswinkel von 0,25° ein wirksamer Durchmesser für das Reibungsmoment in der Schraubenkopfauflage von  $D_{b,0,25^\circ} = 16,8 \text{ mm}$  und für Schrauben mit dem Schirmungswinkel von 1° von  $D_{b,1^\circ} = 18,3 \text{ mm}$  verwendet (siehe **Kapitel 5.1**). Zusätzlich wurden für die Berechnung die Mittelwerte der Vorspannkraft und der Momente herangezogen. In **Tabelle 7** und **Tabelle 8** sind die Ergebnisse der Reibungszahlen mit Mittelwert und Standardabweichung dargestellt (siehe auch **Anhang 6** und **Anhang 7**). Bei der Mittelwertbildung wurden die Prüfstandsergebnisse nicht miteinbezogen, die bei einer abweichenden Vorspannkraft angegeben wurden und wenn der Prüfstand bei dieser Prüfung in einem nicht zulässigen Kalibrierbereich verwendet wurde.

Tabelle 7: Schirmungswinkel 0,25°: Vergleich der Mittelwerte  $\bar{x}$  und Standardabweichungen  $\sigma$  bei einer Vorspannkraft von  $F = 36,1 \text{ kN}$  und einem wirksamen Durchmesser für das Reibungsmoment in der Schraubenkopfauflage von  $D_b = 16,8 \text{ mm}$

Kürzel			1. Anzug			2. Anzug			3. Anzug		
			$\mu_{tot}$	$\mu_{th}$	$\mu_b$	$\mu_{tot}$	$\mu_{th}$	$\mu_b$	$\mu_{tot}$	$\mu_{th}$	$\mu_b$
alle	$\bar{x}$	-	0,107	0,110	0,106	0,103	0,105	0,102	0,102	0,103	0,101
	$\sigma$	%	4,6	9,4	8,0	5,0	10,2	8,2	5,3	10,2	8,4
n	$\bar{x}$	-	0,104	-	-	0,101	-	-	0,100	-	-
	$\sigma$	%	15,2	-	-	16,8	-	-	16,7	-	-
th	$\bar{x}$	-	0,107	0,111	0,105	0,104	0,106	0,102	0,102	0,105	0,100
	$\sigma$	%	3,6	8,7	8,1	4,0	9,6	8,4	4,6	9,7	8,8
b	$\bar{x}$	-	0,107	0,109	0,107	0,103	0,104	0,103	0,101	0,102	0,101
	$\sigma$	%	4,4	9,4	8,3	4,5	10,3	8,5	4,5	10,0	8,3
thb	$\bar{x}$	-	0,103	0,101	0,105	0,100	0,097	0,102	0,098	0,094	0,100
	$\sigma$	%	5,5	16,0	3,2	7,0	16,7	5,0	6,3	16,5	4,3

Tabelle 8: Schirmungswinkel 1°: Vergleich der Mittelwerte  $\bar{x}$  und Standardabweichungen  $\sigma$  bei einer Vorspannkraft von  $F = 36,1 \text{ kN}$  und einem wirksamen Durchmesser für das Reibungsmoment in der Schraubenkopfauflage von  $D_b = 18,3 \text{ mm}$

Kürzel			1. Anzug			2. Anzug			3. Anzug		
			$\mu_{tot}$	$\mu_{th}$	$\mu_b$	$\mu_{tot}$	$\mu_{th}$	$\mu_b$	$\mu_{tot}$	$\mu_{th}$	$\mu_b$
alle	$\bar{x}$		0,107	0,110	0,106	0,104	0,105	0,103	0,103	0,104	0,102
	$\sigma$	%	3,7	10,0	6,7	4,3	10,8	6,8	4,6	10,8	6,8
n	$\bar{x}$		0,107			0,103			0,103		
	$\sigma$	%	11,8			14,5			13,5		
th	$\bar{x}$		0,107	0,111	0,105	0,104	0,106	0,103	0,103	0,105	0,102
	$\sigma$	%	2,8	9,3	7,4	3,6	10,1	7,6	4,2	10,3	7,7
b	$\bar{x}$		0,108	0,110	0,107	0,104	0,105	0,104	0,103	0,103	0,103
	$\sigma$	%	3,1	10,2	5,7	3,2	11,0	5,9	3,3	10,5	5,3
thb	$\bar{x}$		0,104	0,100	0,106	0,099	0,095	0,102	0,098	0,093	0,101
	$\sigma$	%	7,6	16,9	3,0	7,3	16,4	2,8	7,1	16,4	2,6

Bei der Betrachtung der Mittelwerte der Reibungszahlen wird ersichtlich, dass unabhängig vom Schirmungswinkel der Schraube, dem Messprinzip des Prüfstands und dem Anzug die Gesamtreibungszahl  $\mu_{tot}$ , die Reibungszahl im Gewinde  $\mu_{th}$  und auch die Reibungszahl in der Kopfauf-  
lage  $\mu_b$  zwischen 0,09 und 0,11 liegen. Damit befinden sich die Mittelwerte im Reibungszahl-  
fenster nach VDA 235-101 [1] (siehe **Tabelle 9**). Ähnlich wie die Streuungen der Momente (siehe **Kapitel 5.2**) sind die Streuungen der Gesamtreibungszahl  $\mu_{tot}$  in den meisten Fällen erheb-  
lich kleiner als die der Teilreibungszahlen.

Um die Fähigkeit der verschiedenen Prüfstände zu bestimmen, wurden sie mit Hilfe des VDA-  
Reibungszahlenfensters in verschiedene Qualitätsklassen (siehe **Tabelle 10** und **Bild 2**) eingeteilt.  
Hierzu wurden die Mittelwerte der Reibungszahlen verwendet.

Tabelle 9: Reibungszahlenfenster nach VDA 235-101 [1]

Reibungszahl	$\mu_{VDA \max}$	$\mu_{VDA \min}$	$\mu_{VDA \text{ Spanne}}$	$\frac{\mu_{VDA \text{ Spanne}}}{6}$	$\frac{\mu_{VDA \text{ Spanne}}}{3}$
Gesamtreibungszahl $\mu_{tot}$	0,14	0,09	0,050	0,008	0,017
Reibungszahl im Gewinde $\mu_{th}$	0,16	0,08	0,080	0,013	0,027
Reibungszahl in der Kopfauf- lage $\mu_b$	0,16	0,08	0,080	0,013	0,027

Tabelle 10: Qualitätsklassen der Prüfstände

Qualitätsklasse	Beschreibung
$C_0$	<p>Prüfstand ohne Beanstandung</p> <p>Mittelwert aller Prüfstände <math>- \frac{\text{Spannweite Reibzahlfenster nach VDA 235-101}}{6}</math>  <math>\leq</math> Prüfstandsmittelwert  <math>\leq</math> Mittelwert aller Prüfstände <math>+ \frac{\text{Spannweite Reibzahlfenster nach VDA 235-101}}{6}</math></p>
$C_1$	<p>Prüfstand, bei dem bei einzelnen Messgrößen Beeinträchtigungen des Kalibrierzustandes und / oder der Sensorfunktion wahrscheinlich sind</p> <p>Mittelwert aller Prüfstände <math>- \frac{\text{Spannweite Reibzahlfenster nach VDA 235-101}}{3}</math>  <math>\leq</math> Prüfstandsmittelwert  <math>&lt;</math> Mittelwert aller Prüfstände <math>- \frac{\text{Spannweite Reibzahlfenster nach VDA 235-101}}{6}</math></p> <p>Mittelwert aller Prüfstände <math>+ \frac{\text{Spannweite Reibzahlfenster nach VDA 235-101}}{6}</math>  <math>&lt;</math> Prüfstandsmittelwert  <math>\leq</math> Mittelwert aller Prüfstände <math>+ \frac{\text{Spannweite Reibzahlfenster nach VDA 235-101}}{3}</math></p>
$C_2$	<p>Prüfstand zeigt deutliche Hinweise auf Fehlfunktionen</p> <p>Prüfstandsmittelwert <math>&lt;</math>  Mittelwert aller Prüfstände <math>- \frac{\text{Spannweite Reibzahlfenster nach VDA 235-101}}{3}</math></p> <p>Prüfstandsmittelwert <math>&gt;</math>  Mittelwert aller Prüfstände <math>+ \frac{\text{Spannweite Reibzahlfenster nach VDA 235-101}}{3}</math></p>

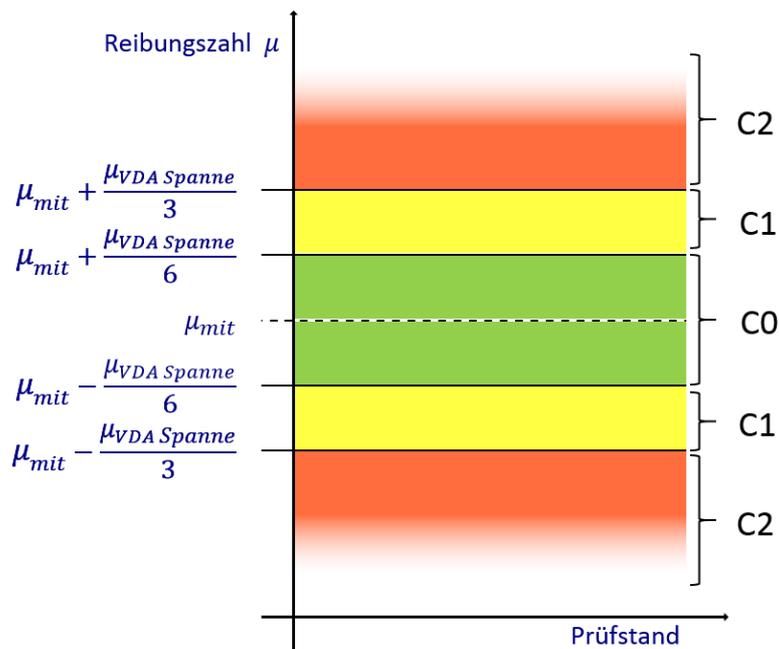


Bild 2: Schematische Darstellung der Qualitätsklassen von den Prüfständen

Die Einordnung der Prüfstände zeigt, dass 66 % der teilgenommenen Prüfstände ohne Beanstandung sind und somit zur Qualitätsklasse  $C_0$  gehören (siehe auch **Anhang 8** und **Anhang 9**). 25 % der Prüfstände können der Qualitätsklasse  $C_1$  zugeordnet werden und 9 % zeigen deutliche Hinweise auf Fehlfunktionen ( $C_2$ ). In vielen Fällen kam es durch eine größere Abweichung der Teilreibungszahlen zu keiner Einordnung der Prüfstände in die Qualitätsklasse  $C_0$ .

Verglichen mit den Ergebnissen des Ringversuchs von 2008 an dem 81 Prüfstände teilgenommen hatten, gibt es beim Ringversuch 2014 24 % mehr Prüfstände in der Qualitätsklasse  $C_0$  auch die Anzahl an Prüfständen in der Klasse  $C_2$  hat sich um 6 % verringert.

Es ist davon auszugehen, dass die meisten Teilnehmer, die 2008 am Ringversuch teilgenommen hatten, auch beim Ringversuch 2014 die gleichen Prüfstände verwendet haben. Die deutliche Verbesserung ergibt sich wahrscheinlich dadurch, dass:

- anderes Prüfgut verwendet wurde:
  - Bei dem Ringversuch 2014 wurde eine flache Scheibe der Härteklasse HL verwendet, die richtungsunabhängig im Prüfstand eingebaut werden konnte. Im Ringversuch 2008 wurde dagegen eine nicht flache (richtungsabhängige) Scheibe der Härteklasse HH verwendet, die trotz Kennzeichnung in mehreren Fällen nicht richtig eingebaut wurde.
  - Es wurde eine Beschichtung gewählt, die sehr reproduzierbare Ergebnisse für die zu prüfenden Schrauben bei Erstanzug als auch bei Mehrfachmontage lieferte.
- das Prüfgut nicht nur zentral gereinigt wurde, wie auch 2008, sondern zusätzlich noch luftdicht eingeschweißt wurde und Hinweise zu Handhabung und Sauberkeit in der Prüfumgebung gegeben wurden.

Die Frage, ob die Prüfstände heute häufiger kalibriert werden und die Mitarbeiter besser geschult sind, kann an Hand der vorliegenden Daten nicht beurteilt werden. Auch dies kann einen positiven Einfluss auf das Ergebnis haben.

Tabelle 11: Einordnung der Prüfstände in Qualitätsklassen

<sup>1)</sup> Auswertung der Momente bei einer abweichenden Vorspannkraft

<sup>2)</sup> Verwendung des Prüfstands/Sensors in einem für diese Prüfung nicht zulässigen Kalibrierbereich

Kürzel	Qualitätsklasse									Anzahl
	$C_0$			$C_1$			$C_2$			
	1)	2)		1)	2)		1)	2)		
<i>n</i>	1	-	-	1	-	-	1	-	-	3
<i>th</i>	34	-	1	12	-	2	3	-	-	52
<i>b</i>	21	-	3	5	-	4	3	1	-	37
<i>thb</i>	3	1	-	-	-	-	1	-	-	5
Summe:	59	1	4	18	-	6	8	1	-	97
	64 $\hat{=}$ 66,0 %			24 $\hat{=}$ 24,7 %			9 $\hat{=}$ 9,3 %			
Vergleich zu DSV- Ringversuch 2008 (81 Prüfstände) [7]:										
	34 $\hat{=}$ 42,0 %			35 $\hat{=}$ 43,2 %			12 $\hat{=}$ 14,8 %			

## 6 Zusammenfassung

Am Ringversuch 2014 nahmen insgesamt 97 Prüfstände teil. Da keine Entscheidungskriterien für die Beurteilung vorlagen und das Prüfgut aus einem Los stammte, wurden die Ergebnisse als normalverteilt angenommen:

- Praxistauglichkeit der Prüfung nach VDA 235-101 [1]
  - Mit steigender Anzahl an Anzügen fielen bei beiden Schraubenvarianten das Anziehdrehmoment und die Teilmomente bei einer Vorspannkraft von  $F = 36,1 \text{ kN}$  ab
  - Die Standardabweichungen der Anziehdrehmomente sind in den meisten Fällen wesentlich geringer als die der Teilmomente
- Übersprechverhalten der Messeinrichtungen
  - Ein Vergleich der Gewindemomente von beiden Schraubenvarianten (Schirmungswinkel  $0,25^\circ$  und  $1^\circ$ ) ausgewertet für den Anziehvorgang und bei einer festgelegten Vorspannkraft ergab kein Übersprechen
  - Die Mittelwertsdifferenzen der Gewindemomente liegen für alle Prüfstände bei  $\sim 0 \%$
  - Die größten Standardabweichungen ergaben sich bei Prüfständen mit dem Messprinzip  $b$
- Fähigkeit der Prüfstände
  - Die Prüfstände wurden in Bezug auf das Reibungszahlfenster der Empfehlung von VDA 235-101 [1] in drei Qualitätsklassen  $C_0$ ,  $C_1$  und  $C_2$  eingeordnet
  - 66 % der teilnehmenden Prüfstände konnten der Qualitätsklassen  $C_0$  zugeordnet werden
  - In vielen Fällen kam es durch eine größere Abweichung der Teilreibungszahlen zu keiner Einordnung der Prüfstände in die Qualitätsklasse  $C_0$
  - Im Vergleich zu den Ergebnissen des DSV-Ringversuchs von 2008 ist eine Verbesserung erkennbar, die jedoch auch auf das verwendete Prüfgut, die Versandart und die Hinweise zu Handhabung und Sauberkeit zurückgeführt werden müssen
- Wie beim Ringversuch 2008, zeigt sich auch 2014, dass
  - die durchgeführten Untersuchungen keine eindeutigen Unterschiede bei den Prüfständen mit dem Messprinzip  $th$  und  $b$  erkennen lassen
  - die Ermittlung des wirksamen Durchmessers für das Reibungsmoment in der Schraubenkopfauflage  $D_b$  einer erheblichen Streuung unterworfen ist. Hier besteht noch großes Verbesserungspotential, da dieser Durchmesser einen großen Einfluss auf die berechneten Reibungszahlen hat.

## Anhang:

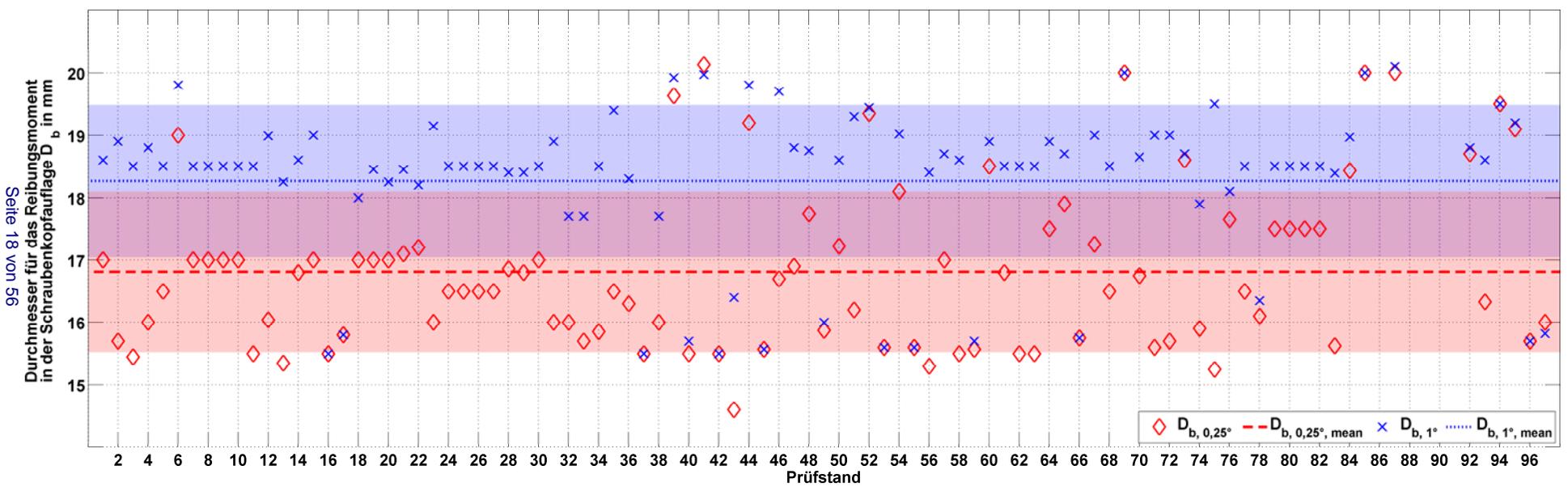
### Anhang 1 Beteiligte Firmen am DSV-Ringversuch 2014

Teilnehmer	Ort	Land	Anzahl der Prüfstände
ABC Umformtechnik GmbH & Co. KG	Gevelsberg	DE	2
Acument Global Technologies	Fenton	US	1
AGRATI La Bridoire Sarl	La Bridoire	FR	1
AGRATI France	Créteil Cedex	FR	2
A. AGRATI S.p.A.	Veduggio con Colzano	IT	2
Aoyama Seisakusho Co., Ltd.	Niwa-gun	JP	1
Atotech Deutschland GmbH	Berlin	DE	10
Audi AG	Ingolstadt	DE	1
Automatica	Lure	FR	1
Formteil- und Schraubenwerk Finsterwalde GmbH	Finsterwalde	DE	1
Benseler Oberflächentechnik GmbH	Markgröningen	DE	1
Böllhoff Verbindungstechnik GmbH	Bielefeld	DE	1
Bossard AG	Zug	CH	1
Bulten GmbH	Bergkamen	DE	1
Bulten Hallstahammar AB	Hallstahammar	SE	1
Cétim	Saint Etienne Cedex 9	FR	2
COVENTYA S.A.S.	Villeneuve La Garenne	FR	1
Daimler AG	Stuttgart	DE	1
Dörken MKS GmbH	Herdecke	DE	6
Dr.-Ing. h.c. F. Porsche AG	Weissach	DE	1
DYTSA Holding S.A.	Banyoles	ES	1
Enthone GmbH	Langenfeld	DE	1
ESKA Automotive GmbH	Chemnitz	DE	1
Fuchs Schraubenwerk GmbH	Siegen	DE	1
Adam Opel AG	Rüsselsheim	DE	1
Hillebrand GmbH & Co. KG	Wickede	DE	1
IfW der TU Darmstadt	Darmstadt	DE	1
Industrial Fasteners Institute	Independence	US	8
KAMAX Holding GmbH & Co. KG	Homburg/Ohm	DE	6
Karl Berrang GmbH	Mannheim	DE	1
Klever Beschichtungstechnik GmbH & Co. KG	Bergneustadt	DE	1
Leist Oberflächentechnik e.K.	Bad Hersfeld	DE	3
LISI Automotive Knipping	Kierspe	DE	1
LISI Automotive BETEO GmbH & Co. KG	Gummersbach	DE	1
MacDermid Limited	Birmingham	GB	1
Magni Europe GmbH & Co. KG	Schorndorf	DE	2
MAN Truck & Bus AG	Nürnberg	DE	1
Meira Corporation	Nagoya City	JP	1
Nedschroef Helmond B.V.	Helmond	NL	3
Nedschroef Plettenberg GmbH	Plettenberg	DE	1
NOF METAL COATINGS EUROPE S.A.	Creil	FR	4
NOF METAL COATINGS NORTH AMERICA INC.	Chardon	FR	1
Nord-Lock France S.A.R.L.	Saint-Priest	FR	1
omniTECHNIK Mikroverkapselungen GmbH	München	DE	1
REC Fastening GmbH	Breidenbach	DE	1
RIBE Verbindungstechnik GmbH & Co. KG	Schwabach	DE	4
Saga Tekkohsho Co., Ltd.	Fujisawa City	JP	1
SBE-Varvit S.p.A.	Monfalcone - Gorizia	IT	1
Schatz AG	Remscheid	DE	1
TesT GmbH	Erkrath	DE	1
Volkswagen AG	Hannover	DE	1
Volkswagen AG	Wolfsburg	DE	1
Westfälische Hochschule Zwickau	Zwickau	DE	1
Whitesell Germany GmbH & Co. KG	Neuwied	DE	1
Zeschky Beschichtungstechnik GmbH	Wetter	DE	1
ZF-Friedrichshafen AG	Friedrichshafen	DE	1
		Summe	97

## Anhang 2 Gemessene wirksame Durchmesser $D_b$ für das Reibungsmoment in der Schraubenkopfauflage

Prüfstand Nr.	$D_b$ in mm		Prüfstand Nr.	$D_b$ in mm	
	Schirmungswinkel 0,25°	Schirmungswinkel 1°		Schirmungswinkel 0,25°	Schirmungswinkel 1°
1	17,00	18,60	51	16,20	19,30
2	15,70	18,90	52	19,35	19,44
3	15,45	18,50	53	15,60	15,60
4	16,00	18,80	54	18,10	19,02
5	16,50	18,50	55	15,60	15,60
6	19,00	19,80	56	15,30	18,40
7	17,00	18,50	57	17,00	18,70
8	17,00	18,50	58	15,50	18,60
9	17,00	18,50	59	15,57	15,70
10	17,00	18,50	60	18,50	18,90
11	15,50	18,50	61	16,80	18,50
12	16,04	18,99	62	15,50	18,50
13	15,35	18,25	63	15,50	18,50
14	16,80	18,60	64	17,50	18,90
15	17,00	19,00	65	17,90	18,70
16	15,50	15,50	66	15,75	15,75
17	15,80	15,80	67	17,25	19,00
18	17,00	18,00	68	16,50	18,50
19	17,00	18,45	69	20,00	20,00
20	17,00	18,25	70	16,75	18,65
21	17,10	18,45	71	15,60	19,00
22	17,20	18,20	72	15,70	19,00
23	16,00	19,15	73	18,60	18,70
24	16,50	18,50	74	15,90	17,90
25	16,50	18,50	75	15,25	19,50
26	16,50	18,50	76	17,65	18,10
27	16,50	18,50	77	16,50	18,50
28	16,86	18,40	78	16,10	16,35
29	16,80	18,40	79	17,50	18,50
30	17,00	18,50	80	17,50	18,50
31	16,00	18,90	81	17,50	18,50
32	16,00	17,70	82	17,50	18,50
33	15,70	17,70	83	15,63	18,39
34	15,85	18,50	84	18,43	18,97
35	16,50	19,40	85	20,00	20,00
36	16,30	18,30	86	-	-
37	15,50	15,50	87	20,00	20,10
38	16,00	17,70	88	-	-
39	19,63	19,92	89	-	-
40	15,50	15,70	90	-	-
41	20,13	19,97	91	-	-
42	15,50	15,50	92	18,70	18,80
43	14,60	16,40	93	16,33	18,60
44	19,20	19,80	94	19,50	19,50
45	15,57	15,57	95	19,10	19,20
46	16,70	19,70	96	15,70	15,70
47	16,90	18,80	97	16,00	15,82
48	17,74	18,75			
49	15,87	16,00			
50	17,22	18,60			

	$D_b$ in mm	
	Schirmungswinkel 0,25°	Schirmungswinkel 1°
Mittelwert $\bar{x}$	16,8	18,3
Standardabweichung $\sigma$	1,3	1,2
Standardabweichung $\sigma_{rel}$ in %	7,7	6,6
Minimum $x_{min}$	14,6	15,5
Maximum $x_{max}$	20,1	20,1



### Anhang 3 Angegebene Momente für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von 0,25°

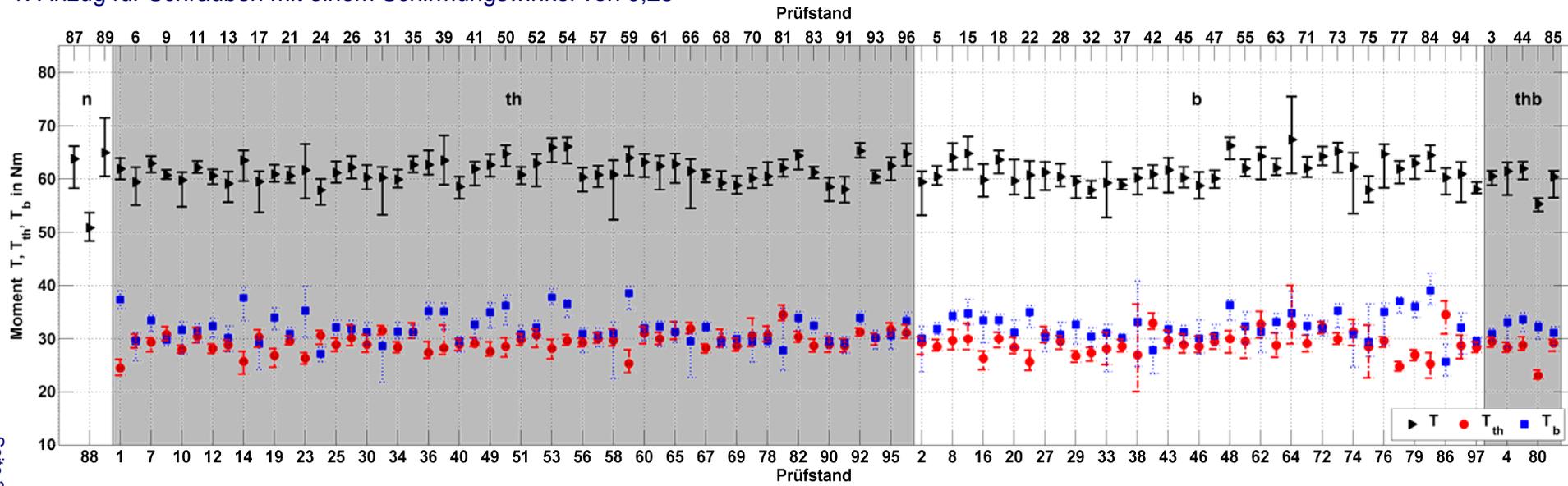
Prüfstand Nr.	Prüfstand Art	1.Anzug				2.Anzug				3.Anzug			
		Vorspannkraft F kN	Anziehdrehmoment T Nm	Gewindemoment T <sub>th</sub> Nm	Kopfreibmoment T <sub>b</sub> Nm	Vorspannkraft F kN	Anziehdrehmoment T Nm	Gewindemoment T <sub>th</sub> Nm	Kopfreibmoment T <sub>b</sub> Nm	Vorspannkraft F kN	Anziehdrehmoment T Nm	Gewindemoment T <sub>th</sub> Nm	Kopfreibmoment T <sub>b</sub> Nm
1	th	36,12	61,86	24,54	37,31	36,12	59,49	23,40	36,09	36,12	58,88	23,20	35,69
2	b	36,10	59,42	29,28	30,14	36,10	57,23	28,24	28,98	36,10	56,22	27,92	28,29
3	thb	36,10	60,49	29,49	30,99	36,10	58,92	28,92	30,00	36,10	58,21	28,75	29,46
4	thb	36,10	61,43	28,36	33,16	36,10	61,43	28,36	33,16	36,10	59,15	27,16	32,08
5	b	36,10	60,43	28,54	31,89	36,10	57,92	27,59	30,33	36,10	56,77	27,23	29,55
6	th	36,11	59,38	29,83	29,55	36,11	57,04	28,82	28,22	36,11	55,94	28,51	27,43
7	th	36,10	62,88	29,38	33,44	36,10	60,86	29,01	32,20	36,10	59,73	28,40	31,32
8	b	36,10	63,96	29,70	34,26	36,10	61,37	28,44	32,92	36,10	60,16	27,90	32,26
9	th	36,10	60,67	30,89	29,79	36,10	58,15	29,66	28,51	36,10	57,05	29,24	27,81
10	th	36,10	59,75	28,01	31,74	36,10	58,12	27,36	30,77	36,10	57,55	27,28	30,26
11	th	36,10	62,10	30,45	31,64	36,10	60,07	29,76	30,31	36,11	59,12	29,48	29,64
12	th	36,21	60,59	28,19	32,41	36,20	58,62	27,27	31,35	36,16	58,02	27,00	31,02
13	th	36,12	59,10	28,85	30,25	36,12	57,56	28,22	29,34	36,12	56,48	27,79	28,70
14	th	36,12	63,42	25,78	37,64	36,12	61,16	24,24	36,92	36,12	60,14	24,13	36,01
15	b	36,09	64,76	30,04	34,73	36,08	62,47	28,91	33,56	36,11	61,77	28,51	33,26
16	b	36,10	59,82	26,37	33,45	36,10	57,74	25,31	32,43	36,10	56,79	24,94	31,86
17	th	36,11	59,48	30,38	29,10	36,12	57,22	28,92	28,29	36,12	56,48	28,64	27,84
18	b	36,10	63,54	30,06	33,51	36,10	62,58	29,58	33,03	36,10	60,83	28,96	31,87
19	th	36,10	60,87	26,88	33,98	36,10	58,46	25,61	32,85	36,10	58,12	25,66	32,47
20	b	36,10	59,63	28,41	31,22	36,10	57,42	27,20	30,23	36,10	56,60	26,83	29,77
21	th	36,08	60,58	29,57	31,02	36,10	59,20	28,60	30,60	36,09	58,64	28,30	30,35
22	b	36,10	60,69	25,71	34,98	36,10	58,27	24,63	33,64	36,10	57,06	24,20	32,86
23	th	36,12	61,62	26,39	35,23	36,12	59,29	25,72	33,57	36,12	58,51	25,51	33,00
24	th	36,06	57,86	30,64	27,22	36,10	55,64	29,83	25,81	36,10	54,64	29,54	25,10
25	th	36,12	61,12	28,92	32,21	36,13	58,68	28,03	30,65	36,12	57,44	27,73	29,71
26	th	36,10	62,12	30,21	31,91	36,10	60,05	29,29	30,76	36,10	59,25	28,92	30,33
27	b	36,10	61,20	30,88	30,33	36,10	59,34	30,09	29,25	36,10	58,31	29,71	28,60
28	b	36,10	60,40	29,54	30,86	36,13	58,76	28,57	30,17	36,10	57,65	28,26	29,42
29	b	36,11	59,49	26,82	32,67	36,12	57,36	25,98	31,37	36,07	56,39	25,75	30,64
30	th	36,10	60,28	28,96	31,32	36,10	57,88	28,01	29,87	36,10	56,92	27,69	29,23
31	th	36,12	60,25	31,57	28,68	36,12	58,63	31,14	27,50	36,12	57,62	30,99	26,63
32	b	36,10	57,86	27,37	30,48	36,10	55,34	26,10	29,24	36,10	54,44	25,85	28,58
33	b	36,10	59,25	28,13	31,12	36,10	56,98	27,16	29,82	36,10	56,24	26,72	29,52
34	th	36,06	59,88	28,44	31,44	36,07	58,21	27,96	30,25	36,04	57,60	27,97	29,63
35	th	36,10	62,59	31,34	31,26	36,10	60,59	30,81	29,78	36,10	59,41	30,52	28,89
36	th	36,11	62,62	27,45	35,16	36,10	60,72	26,70	34,02	36,10	59,73	26,54	33,18
37	b	36,10	58,85	28,61	30,23	36,10	57,00	27,46	29,53	36,10	56,06	27,16	28,89
38	b	36,10	60,18	26,99	33,19	36,10	58,96	26,08	32,89	36,10	57,68	25,19	32,49
39	th	36,10	63,41	28,29	35,12	36,10	61,41	26,94	34,48	36,10	60,78	26,62	34,17
40	th	36,08	58,53	28,95	29,58	36,07	56,49	27,88	28,60	36,07	55,84	27,59	28,25

Prüfstand Nr.	Prüfstand Art	1.Anzug				2.Anzug				3.Anzug			
		Vorspann- kraft F kN	Anzieh- drehmoment T Nm	Gewinde- moment T <sub>th</sub> Nm	Kopfreib- moment T <sub>b</sub> Nm	Vorspann- kraft F kN	Anziehdreh- moment T Nm	Gewinde- moment T <sub>th</sub> Nm	Kopfreib- moment T <sub>b</sub> Nm	Vorspann- kraft F kN	Anzieh- drehmoment T Nm	Gewinde- moment T <sub>th</sub> Nm	Kopfreib- moment T <sub>b</sub> Nm
41	th	36,10	61,84	29,13	32,71	36,10	59,62	28,29	31,34	36,10	58,75	28,02	30,73
42	b	36,10	60,86	32,96	27,90	36,10	59,08	32,06	27,03	36,10	58,18	31,78	26,42
43	b	36,10	61,64	29,79	31,85	36,11	58,86	28,65	30,20	36,09	57,81	28,35	29,47
44	thb	38,00	61,88	28,83	33,62	38,00	59,83	27,40	32,66	38,00	58,98	27,16	32,15
45	b	36,10	60,21	28,92	31,33	36,10	59,75	28,89	30,87	36,10	59,04	28,42	30,60
46	b	36,10	58,73	28,59	30,15	36,10	55,86	27,61	28,25	36,10	55,36	27,48	27,84
47	b	36,10	60,06	29,46	30,63	36,10	57,95	28,49	29,48	36,10	57,02	28,15	28,88
48	b	36,10	66,26	30,03	36,23	36,10	64,60	29,23	35,37	36,10	64,01	28,90	35,11
49	th	36,10	62,59	27,64	34,96	36,10	60,43	26,24	34,20	36,10	59,61	26,07	33,54
50	th	36,13	64,68	28,57	36,12	36,13	62,60	27,93	34,67	36,13	61,62	27,60	34,02
51	th	36,12	60,76	29,86	30,90	36,11	58,55	28,87	29,68	36,12	57,47	28,46	29,01
52	th	36,11	62,87	30,71	32,17	36,11	60,86	29,60	31,26	36,11	60,21	29,34	30,87
53	th	36,12	65,93	28,21	37,73	36,12	63,51	26,63	36,88	36,12	62,71	26,20	36,52
54	th	36,12	66,09	29,64	36,45	36,12	64,06	28,78	35,28	36,12	63,18	28,52	34,66
55	b	36,10	61,95	29,54	32,40	36,10	59,88	28,70	31,18	36,10	58,96	28,39	30,57
56	th	36,12	60,31	29,31	31,00	36,12	57,95	28,34	29,61	36,12	56,88	28,06	28,82
57	th	36,12	60,74	30,00	30,74	36,12	58,55	29,15	29,40	36,12	57,66	29,05	28,61
58	th	36,11	60,79	29,73	31,06	36,12	58,48	28,68	29,80	36,12	57,62	28,43	29,19
59	th	36,12	63,92	25,40	38,52	36,12	61,79	24,47	37,33	36,12	61,12	24,33	36,79
60	th	36,10	63,12	31,07	32,04	36,10	61,13	30,10	31,03	36,10	60,31	29,75	30,56
61	th	36,10	62,38	30,04	32,34	36,10	59,88	29,00	30,88	36,10	58,95	28,76	30,20
62	b	36,11	64,18	32,78	31,41	36,11	61,96	31,67	30,28	36,09	61,32	31,60	29,72
63	b	36,12	62,03	28,81	33,20	36,10	59,87	27,82	32,04	36,10	58,84	27,41	31,43
64	b	38,51	67,38	32,60	34,78	38,51	70,58	33,08	37,50	38,51	73,52	33,58	39,93
65	th	36,10	62,74	31,33	31,41	36,10	66,73	32,43	34,30	36,10	68,71	32,71	36,00
66	th	36,10	61,47	31,94	29,53	36,11	59,09	30,84	28,25	36,11	58,27	30,59	27,68
67	th	36,12	60,60	28,34	32,25	36,12	58,52	27,65	30,86	36,11	57,53	27,34	30,18
68	th	36,12	59,25	29,93	29,32	36,12	57,61	28,87	28,74	36,12	57,23	28,61	28,61
69	th	36,11	58,78	28,69	30,08	36,12	58,19	28,41	29,78	36,08	57,87	28,34	29,53
70	th	36,10	60,14	30,63	29,50	36,10	57,80	28,83	28,97	36,10	56,60	28,65	27,96
71	b	36,16	61,95	29,13	32,46	36,17	60,27	28,25	31,60	36,16	59,52	27,94	31,07
72	b	36,10	64,18	32,27	31,92	36,10	61,33	31,08	30,24	36,10	60,20	30,70	29,50
73	b	36,10	65,19	29,97	35,22	36,10	63,03	29,04	33,99	36,10	62,18	28,66	33,52
74	b	36,09	62,22	31,39	30,83	36,11	60,46	30,72	29,74	36,10	59,42	30,31	29,11
75	b	35,60	57,91	28,52	29,39	36,10	55,98	27,66	28,32	36,12	55,17	27,50	27,68
76	b	36,10	64,64	29,62	35,02	36,10	61,71	28,40	33,31	36,10	60,57	28,03	32,54
77	b	36,12	61,83	24,84	36,99	36,13	59,63	23,94	35,70	36,14	58,58	23,66	34,91
78	th	36,10	60,47	30,80	29,67	36,10	58,34	30,10	28,24	36,10	57,35	29,86	27,49
79	b	36,10	62,93	26,98	35,94	36,10	60,85	26,21	34,64	36,10	59,74	25,74	33,99
80	thb	36,10	55,27	23,06	32,26	36,10	53,17	22,39	30,78	36,10	52,36	22,09	30,26
81	th	36,13	62,00	34,51	27,84	36,01	59,68	33,19	26,49	36,08	59,37	33,06	26,31
82	th	36,10	64,31	30,40	33,91	36,10	62,09	29,30	32,79	36,10	61,36	28,97	32,39
83	th	36,10	61,22	28,71	32,51	36,10	58,55	27,25	31,30	36,10	57,69	26,92	30,76

Prüfstand Nr.	Prüfstand Art	1.Anzug				2.Anzug				3.Anzug			
		Vorspann- kraft F kN	Anzieh- drehmoment T Nm	Gewinde- moment T <sub>th</sub> Nm	Kopfreib- moment T <sub>b</sub> Nm	Vorspann- kraft F kN	Anziehdreh- moment T Nm	Gewinde- moment T <sub>th</sub> Nm	Kopfreib- moment T <sub>b</sub> Nm	Vorspann- kraft F kN	Anzieh- drehmoment T Nm	Gewinde- moment T <sub>th</sub> Nm	Kopfreib- moment T <sub>b</sub> Nm
84	b	36,10	64,41	25,32	39,07	36,10	61,54	24,12	37,42	36,10	60,50	23,83	36,66
85	thb	36,10	60,37	29,20	31,17	36,10	57,89	28,07	29,82	36,10	56,76	27,52	29,23
86	b	36,32	60,24	34,52	25,72	36,31	58,32	33,84	24,48	36,54	57,96	32,60	25,36
87	n	36,10	63,72			36,10	63,97			36,10	63,06		
88	n	36,10	50,87			36,10	48,82			36,10	48,31		
89	n	36,14	64,94			36,69	63,53			36,60	62,82		
90	th	36,10	58,49	28,93	29,56	36,10	58,25	28,88	29,37	36,10	57,52	28,47	29,05
91	th	36,10	57,99	28,68	29,31	36,10	59,20	29,42	29,78	36,10	57,87	28,64	29,23
92	th	36,10	65,27	31,33	33,95	36,10	62,88	30,33	32,56	36,10	61,93	29,94	31,98
93	th	36,12	60,41	30,17	30,23	36,12	58,22	29,35	28,88	36,12	57,43	29,12	28,31
94	b	36,10	60,91	28,76	32,15	36,10	58,79	27,90	30,89	36,10	57,93	27,46	30,47
95	th	36,12	62,42	31,82	30,60	36,12	60,84	31,25	29,59	36,12	59,96	31,07	28,89
96	th	36,1	64,67	31,19	33,36	36,10	62,81	30,15	32,66	36,10	62,39	29,97	32,42
97	b	36,1	58,025	28,41	29,61								

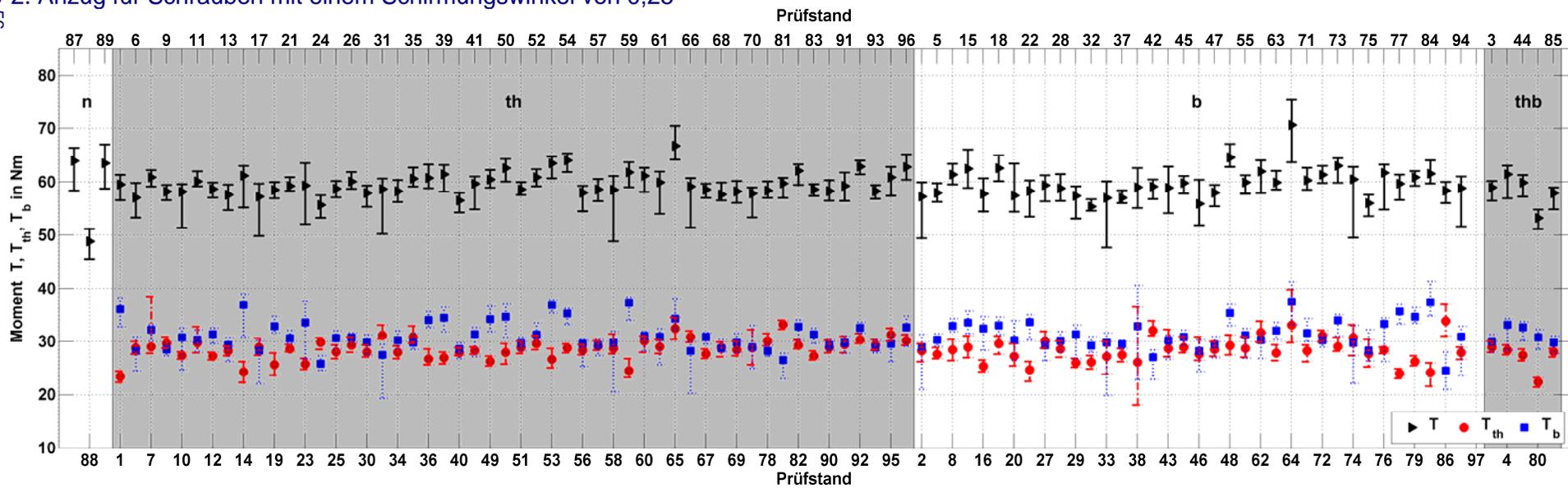
Mittelwert $\bar{x}$	36,1	61,3	29,2	32,1	36,1	59,4	28,4	31,1	36,1	58,6	28,1	30,5
Standardabweichung $\sigma$	0,1	2,4	1,9	2,6	0,1	2,5	2,0	2,6	0,1	2,6	2,0	2,6
Standardabweichung $\sigma_{rel}$ in %	0,3	3,9	6,5	8,1	0,3	4,2	7,0	8,4	0,3	4,4	7,1	8,5
Minimum $x_{min}$	35,6	50,9	23,1	25,7	36,0	48,8	22,4	24,5	36,0	48,3	22,1	25,1
Maximum $x_{max}$	36,3	66,3	34,5	39,1	36,7	66,7	33,8	37,4	36,6	68,7	33,1	36,8

1. Anzug für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von 0,25°

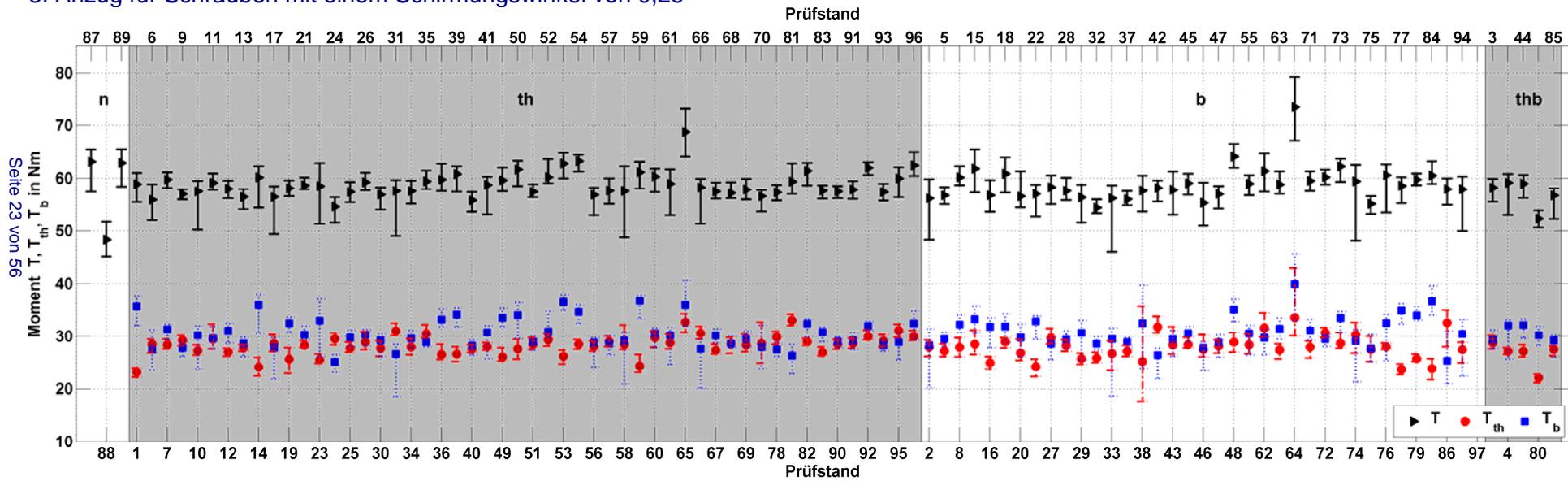


Seite 22 von 56

2. Anzug für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von 0,25°



### 3. Anzug für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von $0,25^\circ$



## Anhang 4 Angegebene Momente für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von 1°

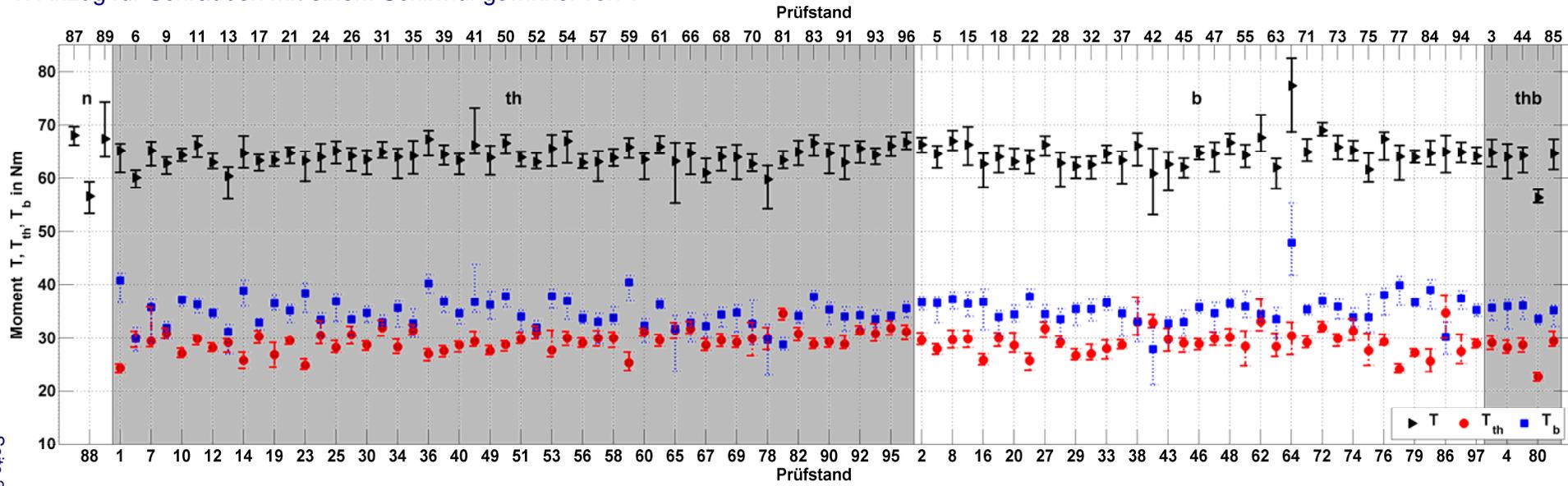
Prüfstand Nr.	Prüfstand Art	1.Anzug				2.Anzug				3.Anzug			
		Vorspannkraft F kN	Anziehdrehmoment T Nm	Gewindemoment T <sub>th</sub> Nm	Kopfreibmoment T <sub>b</sub> Nm	Vorspannkraft F kN	Anziehdrehmoment T Nm	Gewindemoment T <sub>th</sub> Nm	Kopfreibmoment T <sub>b</sub> Nm	Vorspannkraft F kN	Anziehdrehmoment T Nm	Gewindemoment T <sub>th</sub> Nm	Kopfreibmoment T <sub>b</sub> Nm
1	th	36,12	65,15	24,40	40,75	36,12	63,07	23,34	39,72	36,12	62,64	23,28	39,36
2	b	36,10	66,28	29,65	36,66	36,10	64,19	28,49	35,69	36,10	63,40	28,06	35,33
3	thb	36,10	64,77	29,15	35,62	36,10	62,77	28,29	34,48	36,10	61,96	28,07	33,89
4	thb	36,10	63,99	28,26	35,94	36,10	61,31	27,03	34,52	36,10	60,42	26,63	34,00
5	b	36,10	64,53	28,01	36,52	36,10	62,52	27,29	35,23	36,10	61,78	27,03	34,75
6	th	36,11	60,07	30,13	29,94	36,11	57,64	29,49	28,15	36,11	56,70	29,24	27,45
7	th	36,10	65,14	29,47	35,71	36,10	63,68	28,50	35,18	36,10	63,03	28,28	34,76
8	b	36,10	66,95	29,70	37,26	36,10	64,84	28,42	35,98	36,10	63,38	28,02	35,34
9	th	36,10	62,78	30,85	31,94	36,10	60,03	29,48	30,56	36,10	59,15	29,26	29,89
10	th	36,09	64,29	27,16	37,14	36,10	62,96	26,56	36,40	36,08	62,38	26,49	35,89
11	th	36,10	66,18	29,89	36,29	36,10	64,35	29,17	35,18	36,10	63,51	28,95	34,55
12	th	36,18	62,95	28,23	34,72	36,18	60,78	27,15	33,63	36,16	60,00	26,72	33,28
13	th	36,11	60,35	29,18	31,17	36,12	58,88	28,61	30,27	36,12	58,15	28,31	29,84
14	th	36,12	64,67	25,83	38,84	36,11	62,51	24,16	38,34	36,12	61,72	24,14	37,58
15	b	36,11	66,26	29,86	36,40	36,10	64,47	28,85	35,63	36,06	64,09	28,55	35,53
16	b	36,10	62,63	25,88	36,74	36,10	60,33	25,09	35,24	36,10	59,58	24,77	34,81
17	th	36,12	63,26	30,33	32,94	36,12	60,94	28,81	32,12	36,12	59,97	28,52	31,44
18	b	36,10	64,01	30,04	33,96	36,10	62,40	29,28	33,14	36,10	61,75	29,15	32,58
19	th	36,10	63,41	26,92	36,50	36,10	61,60	27,02	34,58	36,10	60,73	26,70	34,04
20	b	36,10	63,08	28,66	34,42	36,10	60,69	27,07	33,62	36,10	59,16	26,33	32,83
21	th	36,07	64,69	29,55	35,13	36,10	62,98	28,69	34,29	36,09	62,23	28,41	33,83
22	b	36,10	63,49	25,80	37,69	36,10	61,31	24,92	36,39	36,10	60,07	24,52	35,56
23	th	36,13	63,26	24,92	38,34	36,12	61,14	24,26	36,88	36,12	60,32	23,93	36,39
24	th	36,06	63,98	30,52	33,46	36,10	62,24	29,79	32,45	36,08	61,51	29,64	31,87
25	th	36,12	65,12	28,26	36,86	36,12	62,62	27,23	35,39	36,12	61,49	26,87	34,62
26	th	36,10	64,15	30,63	33,51	36,10	62,17	29,74	32,42	36,10	61,72	29,48	32,24
27	b	36,10	66,26	31,77	34,49	36,10	64,96	31,40	33,56	36,10	64,19	31,22	32,98
28	b	36,12	62,79	29,26	33,54	36,10	61,13	28,07	33,06	36,12	60,52	27,87	32,66
29	b	36,11	62,21	26,77	35,43	36,10	60,30	25,90	34,39	36,09	59,44	25,84	33,59
30	th	36,10	63,48	28,77	34,72	36,10	60,84	27,79	33,05	36,10	60,11	27,53	32,57
31	th	36,12	64,89	31,93	32,96	36,12	63,53	31,37	32,16	36,12	62,86	31,23	31,64
32	b	36,10	62,48	27,07	35,42	36,10	59,89	25,67	34,22	36,10	58,96	25,52	33,44
33	b	36,10	64,60	28,04	36,56	36,10	62,52	27,29	35,23	36,10	61,62	26,92	34,70
34	th	36,05	63,98	28,35	35,63	36,03	62,62	27,90	34,72	36,04	62,40	27,85	34,55
35	th	36,10	64,19	31,40	32,79	36,10	61,88	30,67	31,20	36,10	60,94	30,42	30,52
36	th	36,11	67,28	27,08	40,20	36,11	65,61	26,51	39,10	36,10	64,94	26,38	38,56
37	b	36,10	63,33	28,72	34,60	36,10	61,02	27,76	33,24	36,10	60,07	27,58	32,50
38	b	36,10	66,07	32,99	33,08	36,10	62,83	32,10	30,74	36,10	62,34	31,08	31,26
39	th	36,10	64,44	27,64	36,81	36,10	62,51	26,35	36,16	36,10	61,80	26,06	35,74
40	th	36,07	63,35	28,73	34,62	36,07	61,22	27,86	33,36	36,04	60,64	27,62	33,02

Prüfstand Nr.	Prüfstand Art	1.Anzug				2.Anzug				3.Anzug			
		Vorspann- kraft F kN	Anzieh- drehmoment T Nm	Gewinde- moment T <sub>th</sub> Nm	Kopfreib- moment T <sub>b</sub> Nm	Vorspann- kraft F kN	Anzieh- drehmoment T Nm	Gewinde- moment T <sub>th</sub> Nm	Kopfreib- moment T <sub>b</sub> Nm	Vorspann- kraft F kN	Anziehdreh- moment T Nm	Gewinde- moment T <sub>th</sub> Nm	Kopfreib- moment T <sub>b</sub> Nm
41	th	36,10	66,17	29,43	36,75	36,10	64,22	28,62	35,60	36,10	63,64	28,42	35,22
42	b	36,10	60,82	32,90	27,92	36,10	58,87	32,19	26,73	36,10	58,02	31,80	26,20
43	b	36,09	62,58	29,81	32,77	36,11	59,63	28,04	31,59	36,10	58,84	27,63	31,21
44	thb	38,00	64,24	28,74	36,06	38,00	62,02	27,28	34,93	38,00	61,10	27,13	34,32
45	b	36,10	62,04	29,06	33,00	36,10	60,90	28,90	32,02	36,10	60,06	28,35	31,68
46	b	36,10	64,71	28,92	35,79	36,10	62,47	27,70	34,77	36,10	62,36	27,79	34,44
47	b	36,10	64,58	29,94	34,64	36,11	63,10	29,04	34,06	36,09	63,10	28,77	34,32
48	b	36,10	66,66	30,20	36,46	36,10	65,15	29,40	35,65	36,10	64,20	28,97	35,23
49	th	36,10	63,85	27,62	36,24	36,10	61,79	26,47	35,33	36,10	61,36	26,33	35,03
50	th	36,12	66,57	28,80	37,77	36,13	64,70	28,06	36,64	36,12	63,88	27,90	35,99
51	th	36,12	63,89	29,86	34,03	36,12	61,80	28,73	33,07	36,12	61,24	28,39	32,85
52	th	36,11	63,03	31,01	32,03	36,11	61,41	29,86	31,55	36,12	61,74	29,48	32,27
53	th	36,12	65,53	27,74	37,79	36,12	63,77	26,57	37,20	36,12	62,88	26,21	36,67
54	th	36,12	66,95	30,03	36,92	36,12	65,05	29,10	35,95	36,12	64,14	28,88	35,26
55	b	36,10	64,31	28,47	35,85	36,10	62,48	27,80	34,68	36,10	61,67	27,55	34,11
56	th	36,11	62,91	29,12	33,78	36,11	60,69	28,36	32,33	36,12	59,63	28,04	31,59
57	th	36,12	63,06	30,01	33,05	36,11	61,57	29,18	32,40	36,12	61,11	29,04	32,07
58	th	36,12	63,82	30,01	33,81	36,12	61,60	29,05	32,56	36,12	60,81	28,78	32,03
59	th	36,12	65,80	25,40	40,40	36,12	63,81	24,62	39,19	36,12	63,06	24,58	38,48
60	th	36,10	63,47	31,14	32,33	36,10	61,70	30,23	31,48	36,10	61,21	29,88	31,33
61	th	36,10	65,90	29,64	36,26	36,10	63,90	28,89	35,01	36,10	63,37	28,71	34,65
62	b	36,10	67,61	33,09	34,50	36,10	65,56	32,14	33,42	36,10	65,01	31,90	33,11
63	b	36,08	61,98	28,44	33,53	36,10	59,77	27,52	32,25	36,09	58,63	27,15	31,50
64	b	38,51	77,27	30,45	47,90	38,51	77,20	29,69	47,51	38,51	79,44	30,11	49,33
65	th	36,10	63,17	31,43	31,74	36,10	69,55	32,65	36,90	36,10	71,21	33,15	38,06
66	th	36,10	64,69	31,75	32,94	36,10	62,89	30,68	32,20	36,10	62,60	30,49	32,11
67	th	36,11	60,98	28,72	32,26	36,11	58,79	27,66	31,13	36,12	57,88	27,41	30,46
68	th	36,12	64,01	29,62	34,38	36,12	62,02	28,68	33,34	36,12	61,41	28,52	32,89
69	th	36,10	63,94	29,25	34,73	36,10	63,32	29,09	34,23	36,09	63,28	29,21	33,99
70	th	36,11	62,65	29,95	32,69	36,14	60,56	27,58	32,96	36,10	59,83	27,20	32,65
71	b	36,11	64,89	29,25	35,32	36,16	63,10	28,41	34,20	36,17	62,68	28,08	34,03
72	b	36,10	68,97	31,99	36,97	36,10	66,20	30,89	35,31	36,10	65,29	30,50	34,79
73	b	36,10	65,80	29,92	35,88	36,10	64,01	29,14	34,87	36,10	63,23	28,83	34,40
74	b	36,11	65,24	31,33	33,90	36,11	63,36	30,63	32,73	36,06	62,65	30,17	32,48
75	b	36,09	61,59	27,66	33,92	36,09	59,96	26,86	33,10	36,10	59,36	26,42	32,96
76	b	36,10	67,34	29,33	38,01	36,10	64,66	28,23	36,44	36,10	63,83	27,90	35,93
77	b	36,11	64,02	24,17	39,85	36,13	61,82	23,37	38,45	36,11	60,82	23,16	37,66
78	th	36,10	59,76	30,05	29,71	36,10	57,50	28,89	28,60	36,10	56,65	28,62	28,04
79	b	36,10	63,93	27,26	36,66	36,10	62,14	26,57	35,57	36,10	61,09	26,08	35,01
80	thb	36,10	56,31	22,70	33,61	36,10	54,61	22,09	32,52	36,10	53,95	21,84	32,10
81	th	36,13	63,36	34,55	28,81	36,04	61,24	33,51	27,73	36,08	60,78	33,39	27,38
82	th	36,10	64,92	30,80	34,12	36,10	62,86	29,73	33,13	36,10	62,28	29,38	32,90
83	th	36,10	66,58	28,88	37,70	36,10	64,02	27,82	36,21	36,10	63,09	27,54	35,55

Prüfstand Nr.	Prüfstand Art	1.Anzug				2.Anzug				3.Anzug			
		Vorspannkraft F kN	Anziehdrehmoment T Nm	Gewindemoment T <sub>th</sub> Nm	Kopfreibmoment T <sub>b</sub> Nm	Vorspannkraft F kN	Anziehdrehmoment T Nm	Gewindemoment T <sub>th</sub> Nm	Kopfreibmoment T <sub>b</sub> Nm	Vorspannkraft F kN	Anziehdrehmoment T Nm	Gewindemoment T <sub>th</sub> Nm	Kopfreibmoment T <sub>b</sub> Nm
84	b	36,10	64,67	25,69	38,98	36,10	62,01	24,62	37,40	36,10	61,42	24,24	37,19
85	thb	36,10	64,62	29,45	35,17	36,10	61,90	28,14	33,76	36,10	60,71	27,60	33,11
86	b	36,57	64,92	34,68	30,24	36,20	62,24	33,60	28,64	36,29	61,92	32,08	29,84
87	n	36,10	68,04			36,10	68,80			36,10	67,71		
88	n	36,11	56,54			36,10	53,62			36,10	53,83		
89	n	36,00	67,38			36,71	65,20			36,80	65,15		
90	th	36,10	64,70	29,36	35,34	36,10	62,74	28,47	34,27	36,10	62,18	28,47	33,72
91	th	36,10	62,94	28,91	34,04	36,10	64,04	29,38	34,66	36,10	62,60	28,74	33,86
92	th	36,10	65,54	31,29	34,25	36,10	63,18	30,25	32,93	36,10	62,41	29,92	32,49
93	th	36,12	64,36	30,83	33,53	36,12	62,20	30,03	32,16	36,12	61,58	29,94	31,62
94	b	36,10	64,86	27,49	37,38	36,10	63,28	26,70	36,58	36,10	62,50	26,28	36,22
95	th	36,12	66,02	31,85	34,18	36,12	65,44	31,53	33,91	36,11	65,54	31,49	34,06
96	th	36,10	66,72	31,18	35,53	36,10	65,12	30,20	34,93	36,10	64,84	30,06	34,78
97	b	36,1	64,12	28,94	35,22								

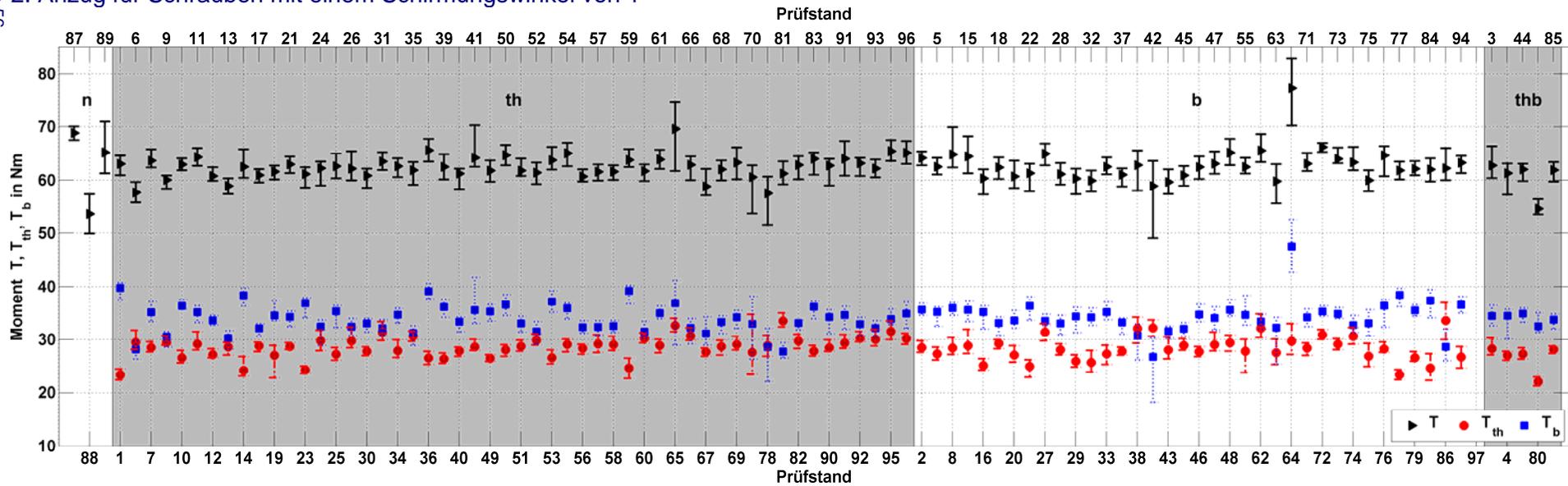
Mittelwert $\bar{x}$	36,1	64,3	29,3	35,0	36,1	62,5	28,4	34,0	36,1	61,8	28,1	33,7
Standardabweichung $\sigma$	0,1	2,1	2,1	2,3	0,1	2,3	2,1	2,3	0,1	2,4	2,1	2,3
Standardabweichung $\sigma_{rel}$ in %	0,3	3,3	7,2	6,6	0,3	3,7	7,4	6,8	0,3	3,9	7,5	6,8
Minimum $x_{min}$	36,0	56,3	22,7	28,8	36,0	53,6	22,1	27,7	36,0	53,8	21,8	27,4
Maximum $x_{max}$	36,6	69,0	34,7	40,7	36,7	69,5	33,6	39,7	36,8	71,2	33,4	39,4

1. Anzug für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von 1°

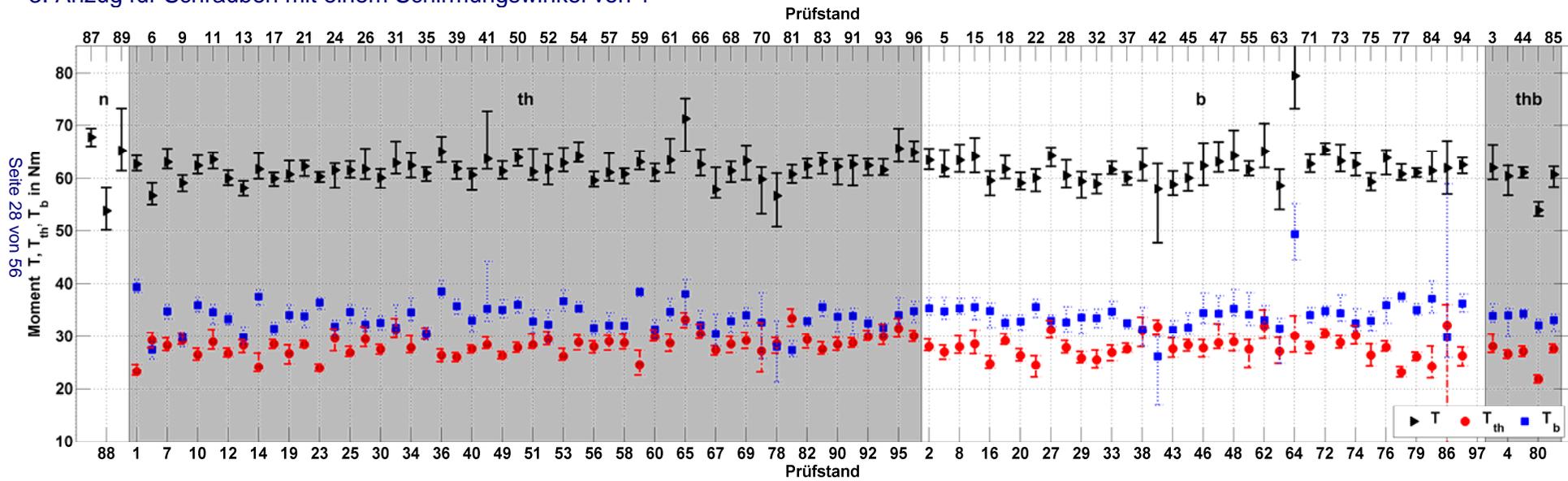


Seite 27 von 56

2. Anzug für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von 1°



### 3. Anzug für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von 1°



## Anhang 5 Differenz der angegebenen Gewindemomente der Schrauben mit einem Schirmungswinkel von 0,25° und 1°

Prüf-stand Nr.	Prüf-stand Art	Differenz der Gewindemomente		
		1. Anzug in %	2. Anzug in %	3. Anzug in %
1	th	-0,6	-0,2	0,4
2	b	1,2	0,9	0,5
3	thb	-1,2	-2,2	-2,4
4	thb	-0,4	-4,9	-2,0
5	b	-1,9	-1,1	-0,7
6	th	1,0	2,3	2,5
7	th	0,3	-1,8	-0,4
8	b	0,0	-0,1	0,4
9	th	-0,1	-0,6	0,1
10	th	-3,1	-3,0	-3,0
11	th	-1,9	-2,0	-1,8
12	th	0,1	-0,4	-1,1
13	th	1,1	1,4	1,9
14	th	0,2	-0,3	0,0
15	b	-0,6	-0,2	0,1
16	b	-1,9	-0,9	-0,7
17	th	-0,2	-0,4	-0,4
18	b	-0,1	-1,1	0,6
19	th	0,1	5,2	3,9
20	b	0,9	-0,5	-1,9
21	th	0,0	0,3	0,4
22	b	0,4	1,1	1,3
23	th	-5,9	-6,0	-6,6
24	th	-0,4	-0,1	0,3
25	th	-2,3	-2,9	-3,2
26	th	1,4	1,5	1,9
27	b	2,8	4,2	4,8
28	b	-1,0	-1,8	-1,4
29	b	-0,2	-0,3	0,4
30	th	-0,7	-0,8	-0,6
31	th	1,1	0,7	0,7
32	b	-1,1	-1,7	-1,3
33	b	-0,3	0,5	0,7
34	th	-0,3	-0,2	-0,4
35	th	0,2	-0,5	-0,3
36	th	-1,4	-0,7	-0,6
37	b	0,4	1,1	1,5
38	b	18,2	18,8	18,9
39	th	-2,4	-2,2	-2,1

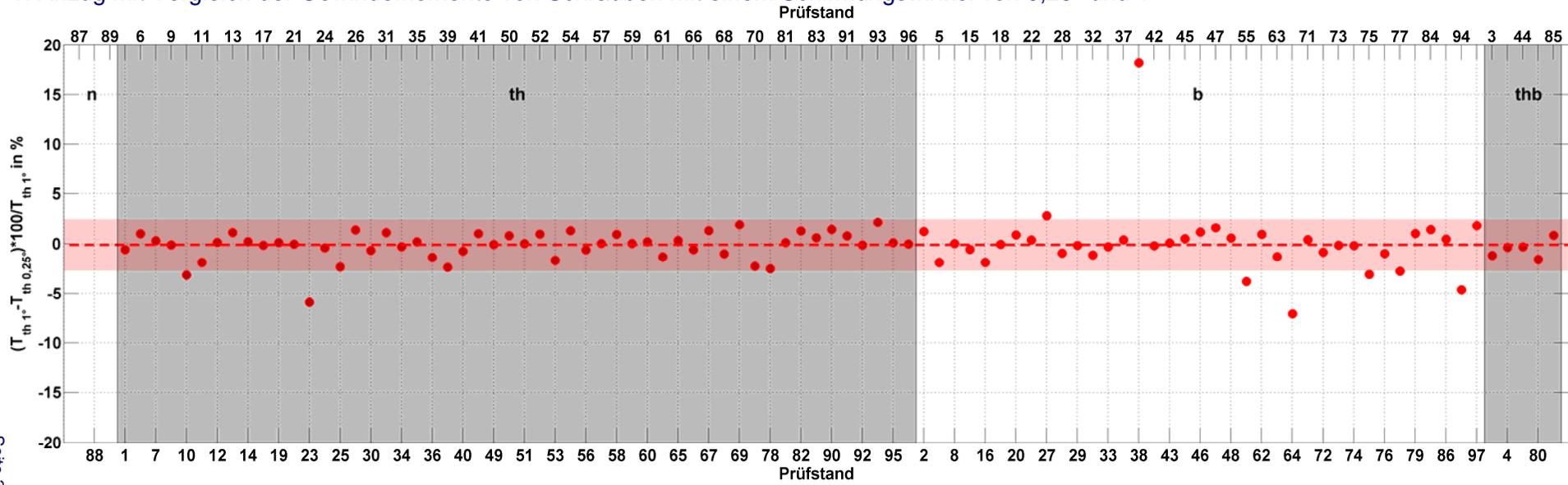
Differenz der Gewindemomente

$$\frac{(\emptyset T_{th,1^\circ} - \emptyset T_{th,0,25^\circ}) \cdot 100}{\emptyset T_{th,1^\circ}}$$

Prüf- stand Nr.	Prüf- stand Art	Differenz der Gewindemomente		
		1.Anzug in %	2.Anzug in %	3. Anzug in %
40	th	-0,8	-0,1	0,1
41	th	1,0	1,2	1,4
42	b	-0,2	0,4	0,1
43	b	0,1	-2,2	-2,6
44	thb	-0,3	-0,4	-0,1
45	b	0,5	0,0	-0,3
46	b	1,2	0,3	1,1
47	b	1,6	1,9	2,2
48	b	0,6	0,6	0,3
49	th	-0,1	0,9	1,0
50	th	0,8	0,5	1,1
51	th	0,0	-0,5	-0,2
52	th	1,0	0,9	0,5
53	th	-1,7	-0,2	0,0
54	th	1,3	1,1	1,2
55	b	-3,8	-3,2	-3,0
56	th	-0,6	0,1	-0,1
57	th	0,0	0,1	0,0
58	th	0,9	1,3	1,2
59	th	0,0	0,6	1,0
60	th	0,2	0,4	0,4
61	th	-1,3	-0,4	-0,1
62	b	0,9	1,4	1,0
63	b	-1,3	-1,1	-1,0
64	b	-7,1	-11,4	-11,5
65	th	0,3	0,7	1,3
66	th	-0,6	-0,5	-0,3
67	th	1,3	0,0	0,2
68	th	-1,0	-0,7	-0,3
69	th	1,9	2,3	3,0
70	th	-2,3	-4,5	-5,3
71	b	0,4	0,6	0,5
72	b	-0,9	-0,6	-0,7
73	b	-0,2	0,4	0,6
74	b	-0,2	-0,3	-0,5
75	b	-3,1	-3,0	-4,1
76	b	-1,0	-0,6	-0,5
77	b	-2,8	-2,4	-2,2
78	th	-2,5	-4,2	-4,4
79	b	1,0	1,4	1,3
80	thb	-1,6	-1,4	-1,1
81	th	0,1	0,9	1,0

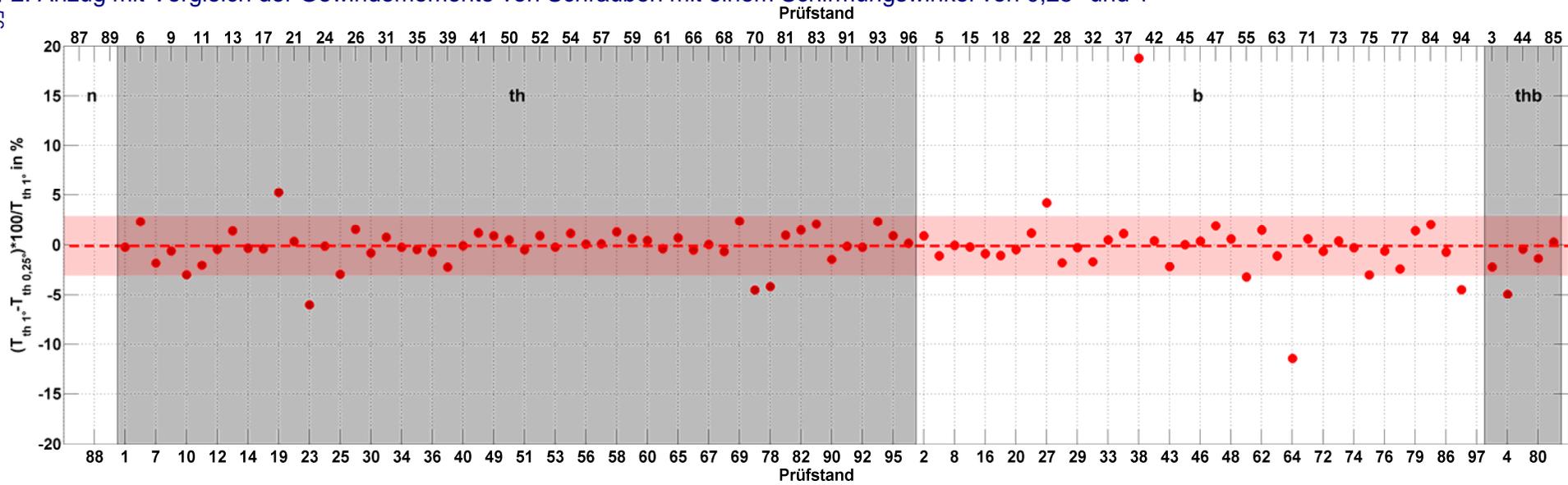
Prüf- stand Nr.	Prüf- stand Art	Differenz der Gewindemomente $\frac{(\varnothing T_{th,1^\circ} - \varnothing T_{th,0,25^\circ}) \cdot 100}{\varnothing T_{th,1^\circ}}$		
		1.Anzug in %	2.Anzug in %	3. Anzug in %
82	th	1,3	1,4	1,4
83	th	0,6	2,0	2,2
84	b	1,4	2,0	1,7
85	thb	0,8	0,3	0,3
86	b	0,5	-0,7	-1,6
87	n			
88	n			
89	n			
90	th	1,4	-1,5	0,0
91	th	0,8	-0,1	0,3
92	th	-0,1	-0,2	-0,1
93	th	2,2	2,3	2,8
94	b	-4,6	-4,5	-4,5
95	th	0,1	0,9	1,3
96	th	0,0	0,1	0,3
97	b	1,8		
	Mittelwert $\bar{x}$	0,0	-0,1	0,1
	Standardabweichung $\sigma$	2,6	3,0	3,0
	Minimum $x_{min}$	-7,1	-11,4	-11,5
	Maximum $x_{max}$	18,2	18,8	18,9

1. Anzug mit Vergleich der Gewindemomente von Schrauben mit einem Schirmungswinkel von 0,25° und 1°

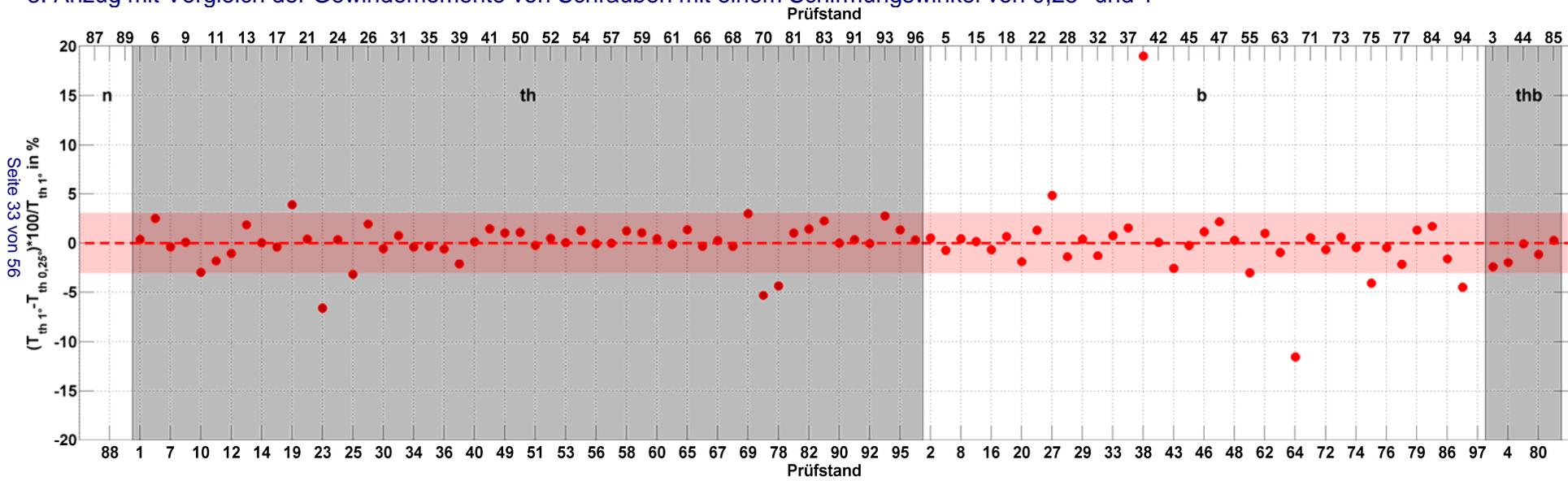


Seite 32 von 56

2. Anzug mit Vergleich der Gewindemomente von Schrauben mit einem Schirmungswinkel von 0,25° und 1°



3. Anzug mit Vergleich der Gewindemomente von Schrauben mit einem Schirmungswinkel von 0,25° und 1°



## Anhang 6 Berechnete Reibungszahlen mit einem wirksamen Durchmesser für das Reibungsmoment in der Schraubenkopfauflage von $D_b = 16,8 \text{ mm}$ für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von $0,25^\circ$

Prüfstand Nr.	Prüfstand Art	1.Anzug				2.Anzug				3.Anzug			
		Vorspannkraft	Gesamtreibung	Reibungszahl im Gewinde	Reibungszahl in der Kopfauflage	Vorspannkraft	Gesamtreibung	Reibungszahl im Gewinde	Reibungszahl in der Kopfauflage	Vorspannkraft	Gesamtreibung	Reibungszahl im Gewinde	Reibungszahl in der Kopfauflage
		F kN	$\mu_{tot}$ -	$\mu_{th}$ -	$\mu_b$ -	F kN	$\mu_{tot}$ -	$\mu_{th}$ -	$\mu_b$ -	F kN	$\mu_{tot}$ -	$\mu_{th}$ -	$\mu_b$ -
1	th	36,12	0,108	0,085	0,123	36,12	0,104	0,079	0,119	36,12	0,102	0,077	0,118
2	b	36,10	0,103	0,110	0,099	36,10	0,099	0,104	0,096	36,10	0,097	0,103	0,093
3	thb	36,10	0,106	0,111	0,102	36,10	0,102	0,108	0,099	36,10	0,101	0,107	0,097
4	thb	36,10	0,108	0,105	0,109	36,10	0,108	0,105	0,109	36,10	0,103	0,099	0,106
5	b	36,10	0,105	0,106	0,105	36,10	0,100	0,101	0,100	36,10	0,098	0,099	0,097
6	th	36,11	0,103	0,113	0,097	36,11	0,099	0,107	0,093	36,11	0,096	0,106	0,090
7	th	36,10	0,110	0,110	0,110	36,10	0,106	0,108	0,106	36,10	0,104	0,105	0,103
8	b	36,10	0,113	0,112	0,113	36,10	0,107	0,105	0,109	36,10	0,105	0,103	0,106
9	th	36,10	0,106	0,118	0,098	36,10	0,101	0,112	0,094	36,10	0,099	0,110	0,092
10	th	36,10	0,104	0,103	0,105	36,10	0,101	0,100	0,101	36,10	0,100	0,099	0,100
11	th	36,10	0,109	0,116	0,104	36,10	0,105	0,112	0,100	36,11	0,103	0,111	0,098
12	th	36,21	0,105	0,104	0,107	36,20	0,101	0,099	0,103	36,16	0,100	0,098	0,102
13	th	36,12	0,103	0,108	0,100	36,12	0,100	0,104	0,097	36,12	0,097	0,102	0,095
14	th	36,12	0,112	0,091	0,124	36,12	0,107	0,083	0,122	36,12	0,105	0,082	0,119
15	b	36,09	0,114	0,114	0,115	36,08	0,110	0,108	0,111	36,11	0,108	0,106	0,110
16	b	36,10	0,104	0,094	0,110	36,10	0,100	0,089	0,107	36,10	0,098	0,087	0,105
17	th	36,11	0,104	0,116	0,096	36,12	0,099	0,108	0,093	36,12	0,097	0,106	0,092
18	b	36,10	0,112	0,114	0,110	36,10	0,110	0,112	0,109	36,10	0,106	0,108	0,105
19	th	36,10	0,106	0,097	0,112	36,10	0,101	0,090	0,108	36,10	0,101	0,091	0,107
20	b	36,10	0,104	0,105	0,103	36,10	0,099	0,099	0,100	36,10	0,098	0,097	0,098
21	th	36,08	0,106	0,111	0,102	36,10	0,103	0,106	0,101	36,09	0,102	0,105	0,100
22	b	36,10	0,106	0,091	0,115	36,10	0,101	0,085	0,111	36,10	0,099	0,083	0,108
23	th	36,12	0,108	0,094	0,116	36,12	0,103	0,091	0,111	36,12	0,101	0,090	0,109
24	th	36,06	0,100	0,117	0,090	36,10	0,096	0,113	0,085	36,10	0,094	0,111	0,083
25	th	36,12	0,107	0,108	0,106	36,13	0,102	0,103	0,101	36,12	0,099	0,102	0,098
26	th	36,10	0,109	0,115	0,105	36,10	0,105	0,110	0,101	36,10	0,103	0,108	0,100
27	b	36,10	0,107	0,118	0,100	36,10	0,103	0,114	0,096	36,10	0,101	0,112	0,094
28	b	36,10	0,105	0,111	0,102	36,13	0,102	0,106	0,099	36,10	0,100	0,104	0,097
29	b	36,11	0,104	0,097	0,108	36,12	0,099	0,092	0,103	36,07	0,097	0,091	0,101
30	th	36,10	0,105	0,108	0,103	36,10	0,100	0,103	0,098	36,10	0,098	0,101	0,096
31	th	36,12	0,105	0,122	0,095	36,12	0,102	0,120	0,091	36,12	0,100	0,119	0,088
32	b	36,10	0,100	0,100	0,101	36,10	0,095	0,093	0,096	36,10	0,093	0,092	0,094
33	b	36,10	0,103	0,104	0,103	36,10	0,098	0,099	0,098	36,10	0,097	0,096	0,097
34	th	36,06	0,104	0,106	0,104	36,07	0,101	0,103	0,100	36,04	0,100	0,103	0,098
35	th	36,10	0,110	0,121	0,103	36,10	0,106	0,118	0,098	36,10	0,103	0,117	0,095
36	th	36,11	0,110	0,100	0,116	36,10	0,106	0,096	0,112	36,10	0,104	0,095	0,109
37	b	36,10	0,102	0,106	0,100	36,10	0,098	0,100	0,097	36,10	0,097	0,099	0,095

Prüf-stand Nr.	Prüf-stand Art	1.Anzug				2.Anzug				3.Anzug			
		Vorspann- kraft F kN	Gesamt- reibung $\mu_{tot}$ -	Reibungs- zahl im Gewinde $\mu_{th}$ -	Reibungs- zahl in der Kopfauflage $\mu_b$ -	Vorspann- kraft F kN	Gesamt- reibung $\mu_{tot}$ -	Reibungs- zahl im Gewinde $\mu_{th}$ -	Reibungs- zahl in der Kopfauflage $\mu_b$ -	Vorspann- kraft F kN	Gesamt- reibung $\mu_{tot}$ -	Reibungs- zahl im Gewinde $\mu_{th}$ -	Reibungs- zahl in der Kopfauflage $\mu_b$ -
38	b	36,10	0,105	0,098	0,109	36,10	0,102	0,093	0,108	36,10	0,100	0,088	0,107
39	th	36,10	0,112	0,105	0,116	36,10	0,107	0,097	0,114	36,10	0,106	0,096	0,113
40	th	36,08	0,102	0,108	0,098	36,07	0,098	0,103	0,094	36,07	0,096	0,101	0,093
41	th	36,10	0,108	0,109	0,108	36,10	0,104	0,105	0,103	36,10	0,102	0,103	0,101
42	b	36,10	0,106	0,129	0,092	36,10	0,103	0,125	0,089	36,10	0,101	0,123	0,087
43	b	36,10	0,108	0,113	0,105	36,11	0,102	0,107	0,100	36,09	0,100	0,105	0,097
44	thb	38,00	0,102	0,100	0,105	38,00	0,098	0,093	0,102	38,00	0,097	0,091	0,101
45	b	36,10	0,105	0,108	0,103	36,10	0,104	0,108	0,102	36,10	0,103	0,105	0,101
46	b	36,10	0,102	0,106	0,099	36,10	0,096	0,101	0,093	36,10	0,095	0,100	0,092
47	b	36,10	0,105	0,111	0,101	36,10	0,100	0,106	0,097	36,10	0,099	0,104	0,095
48	b	36,10	0,117	0,114	0,119	36,10	0,114	0,110	0,117	36,10	0,113	0,108	0,116
49	th	36,10	0,110	0,101	0,115	36,10	0,105	0,094	0,113	36,10	0,104	0,093	0,111
50	th	36,13	0,114	0,106	0,119	36,13	0,110	0,103	0,114	36,13	0,108	0,101	0,112
51	th	36,12	0,106	0,113	0,102	36,11	0,102	0,108	0,098	36,12	0,099	0,105	0,096
52	th	36,11	0,110	0,117	0,106	36,11	0,106	0,112	0,103	36,11	0,105	0,110	0,102
53	th	36,12	0,117	0,104	0,124	36,12	0,112	0,096	0,122	36,12	0,110	0,093	0,120
54	th	36,12	0,117	0,112	0,120	36,12	0,113	0,107	0,116	36,12	0,111	0,106	0,114
55	b	36,10	0,109	0,111	0,107	36,10	0,104	0,107	0,103	36,10	0,102	0,105	0,101
56	th	36,12	0,105	0,110	0,102	36,12	0,100	0,105	0,098	36,12	0,098	0,103	0,095
57	th	36,12	0,106	0,114	0,101	36,12	0,102	0,109	0,097	36,12	0,100	0,109	0,094
58	th	36,11	0,106	0,112	0,102	36,12	0,101	0,107	0,098	36,12	0,100	0,105	0,096
59	th	36,12	0,113	0,089	0,127	36,12	0,108	0,084	0,123	36,12	0,107	0,083	0,121
60	th	36,10	0,111	0,119	0,106	36,10	0,107	0,114	0,102	36,10	0,105	0,112	0,101
61	th	36,10	0,109	0,114	0,107	36,10	0,104	0,108	0,102	36,10	0,102	0,107	0,100
62	b	36,11	0,113	0,128	0,104	36,11	0,109	0,123	0,100	36,09	0,107	0,122	0,098
63	b	36,12	0,109	0,107	0,109	36,10	0,104	0,102	0,106	36,10	0,102	0,100	0,104
64	b	38,51	0,111	0,117	0,108	38,51	0,117	0,119	0,116	38,51	0,123	0,122	0,123
65	th	36,10	0,110	0,121	0,104	36,10	0,118	0,127	0,113	36,10	0,122	0,128	0,119
66	th	36,10	0,108	0,124	0,097	36,11	0,103	0,118	0,093	36,11	0,101	0,117	0,091
67	th	36,12	0,106	0,105	0,106	36,12	0,102	0,101	0,102	36,11	0,100	0,100	0,100
68	th	36,12	0,103	0,113	0,097	36,12	0,100	0,108	0,095	36,12	0,099	0,106	0,094
69	th	36,11	0,102	0,107	0,099	36,12	0,101	0,105	0,098	36,08	0,100	0,105	0,097
70	th	36,10	0,105	0,117	0,097	36,10	0,100	0,108	0,096	36,10	0,098	0,107	0,092
71	b	36,16	0,108	0,109	0,107	36,17	0,105	0,104	0,104	36,16	0,103	0,103	0,102
72	b	36,10	0,113	0,126	0,105	36,10	0,107	0,119	0,100	36,10	0,105	0,117	0,097
73	b	36,10	0,115	0,114	0,116	36,10	0,111	0,109	0,112	36,10	0,109	0,107	0,111
74	b	36,09	0,109	0,121	0,102	36,11	0,105	0,117	0,098	36,10	0,103	0,115	0,096
75	b	35,60	0,102	0,108	0,098	36,10	0,096	0,101	0,093	36,12	0,095	0,100	0,091
76	b	36,10	0,114	0,112	0,115	36,10	0,108	0,105	0,110	36,10	0,106	0,103	0,107
77	b	36,12	0,108	0,086	0,122	36,13	0,104	0,081	0,118	36,14	0,102	0,080	0,115
78	th	36,10	0,106	0,118	0,098	36,10	0,101	0,114	0,093	36,10	0,099	0,113	0,091
79	b	36,10	0,111	0,098	0,119	36,10	0,106	0,094	0,114	36,10	0,104	0,091	0,112



## Anhang 7 Berechnete Reibungszahlen mit einem wirksamen Durchmesser für das Reibungsmoment in der Schraubenkopfauflage von $D_b = 18,3 \text{ mm}$ für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von $1^\circ$

Prüfstand Nr.	Prüfstand Art	1.Anzug				2.Anzug				3.Anzug			
		Vorspannkraft F kN	Gesamtreibung $\mu_{tot}$	Reibungszahl im Gewinde $\mu_{th}$	Reibungszahl in der Kopfauflage $\mu_b$	Vorspannkraft F kN	Gesamtreibung $\mu_{tot}$	Reibungszahl im Gewinde $\mu_{th}$	Reibungszahl in der Kopfauflage $\mu_b$	Vorspannkraft F kN	Gesamtreibung $\mu_{tot}$	Reibungszahl im Gewinde $\mu_{th}$	Reibungszahl in der Kopfauflage $\mu_b$
1	th	36,12	0,109	0,084	0,123	36,12	0,105	0,078	0,120	36,12	0,104	0,078	0,119
2	b	36,10	0,111	0,112	0,111	36,10	0,107	0,106	0,108	36,10	0,106	0,103	0,107
3	thb	36,10	0,108	0,109	0,108	36,10	0,104	0,105	0,104	36,10	0,103	0,103	0,103
4	thb	36,10	0,107	0,104	0,109	36,10	0,102	0,098	0,104	36,10	0,100	0,096	0,103
5	b	36,10	0,108	0,103	0,111	36,10	0,104	0,099	0,107	36,10	0,103	0,098	0,105
6	th	36,11	0,099	0,114	0,091	36,11	0,095	0,111	0,085	36,11	0,093	0,110	0,083
7	th	36,10	0,109	0,111	0,108	36,10	0,106	0,106	0,106	36,10	0,105	0,105	0,105
8	b	36,10	0,113	0,112	0,113	36,10	0,108	0,105	0,109	36,10	0,106	0,103	0,107
9	th	36,10	0,104	0,118	0,097	36,10	0,099	0,111	0,093	36,10	0,097	0,110	0,090
10	th	36,09	0,107	0,099	0,112	36,10	0,105	0,095	0,110	36,08	0,104	0,095	0,109
11	th	36,10	0,111	0,113	0,110	36,10	0,108	0,109	0,106	36,10	0,106	0,108	0,105
12	th	36,18	0,105	0,104	0,105	36,18	0,100	0,098	0,102	36,16	0,099	0,096	0,101
13	th	36,11	0,100	0,109	0,094	36,12	0,097	0,106	0,092	36,12	0,095	0,105	0,090
14	th	36,12	0,108	0,092	0,118	36,11	0,104	0,083	0,116	36,12	0,102	0,082	0,114
15	b	36,11	0,111	0,113	0,110	36,10	0,108	0,108	0,108	36,06	0,107	0,106	0,108
16	b	36,10	0,104	0,092	0,111	36,10	0,100	0,088	0,107	36,10	0,098	0,086	0,105
17	th	36,12	0,105	0,115	0,100	36,12	0,101	0,107	0,097	36,12	0,099	0,106	0,095
18	b	36,10	0,107	0,114	0,103	36,10	0,104	0,110	0,100	36,10	0,103	0,109	0,099
19	th	36,10	0,106	0,097	0,110	36,10	0,102	0,098	0,105	36,10	0,101	0,096	0,103
20	b	36,10	0,105	0,107	0,104	36,10	0,100	0,098	0,102	36,10	0,098	0,094	0,099
21	th	36,07	0,108	0,111	0,106	36,10	0,105	0,107	0,104	36,09	0,103	0,105	0,102
22	b	36,10	0,106	0,091	0,114	36,10	0,102	0,087	0,110	36,10	0,099	0,085	0,108
23	th	36,13	0,105	0,087	0,116	36,12	0,101	0,083	0,112	36,12	0,100	0,081	0,110
24	th	36,06	0,107	0,117	0,101	36,10	0,103	0,113	0,098	36,08	0,102	0,112	0,097
25	th	36,12	0,109	0,104	0,112	36,12	0,104	0,099	0,107	36,12	0,102	0,097	0,105
26	th	36,10	0,107	0,117	0,101	36,10	0,103	0,112	0,098	36,10	0,102	0,111	0,098
27	b	36,10	0,111	0,123	0,104	36,10	0,109	0,121	0,102	36,10	0,107	0,120	0,100
28	b	36,12	0,104	0,110	0,101	36,10	0,101	0,103	0,100	36,12	0,100	0,102	0,099
29	b	36,11	0,103	0,097	0,107	36,10	0,100	0,092	0,104	36,09	0,098	0,092	0,102
30	th	36,10	0,106	0,107	0,105	36,10	0,101	0,102	0,100	36,10	0,099	0,101	0,099
31	th	36,12	0,108	0,124	0,100	36,12	0,106	0,121	0,097	36,12	0,105	0,120	0,096
32	b	36,10	0,104	0,098	0,107	36,10	0,099	0,091	0,104	36,10	0,097	0,090	0,101
33	b	36,10	0,108	0,103	0,111	36,10	0,104	0,099	0,107	36,10	0,102	0,097	0,105
34	th	36,05	0,107	0,105	0,108	36,03	0,104	0,103	0,105	36,04	0,104	0,103	0,105
35	th	36,10	0,107	0,121	0,099	36,10	0,103	0,117	0,094	36,10	0,101	0,116	0,092
36	th	36,11	0,113	0,098	0,122	36,11	0,110	0,095	0,118	36,10	0,109	0,094	0,117
37	b	36,10	0,106	0,107	0,105	36,10	0,101	0,102	0,101	36,10	0,099	0,101	0,098

Prüf-stand Nr.	Prüf-stand Art	1.Anzug				2.Anzug				3.Anzug			
		Vorspann- kraft F kN	Gesamt- reibung $\mu_{tot}$ -	Reibungs- zahl im Gewinde $\mu_{th}$ -	Reibungs- zahl in der Kopfauflage $\mu_b$ -	Vorspann- kraft F kN	Gesamt- reibung $\mu_{tot}$ -	Reibungs- zahl im Gewinde $\mu_{th}$ -	Reibungs- zahl in der Kopfauflage $\mu_b$ -	Vorspann- kraft F kN	Gesamt- reibung $\mu_{tot}$ -	Reibungs- zahl im Gewinde $\mu_{th}$ -	Reibungs- zahl in der Kopfauflage $\mu_b$ -
38	b	36,10	0,111	0,130	0,100	36,10	0,105	0,125	0,093	36,10	0,104	0,119	0,095
39	th	36,10	0,108	0,101	0,111	36,10	0,104	0,094	0,109	36,10	0,103	0,093	0,108
40	th	36,07	0,106	0,107	0,105	36,07	0,102	0,102	0,101	36,04	0,101	0,101	0,100
41	th	36,10	0,111	0,111	0,111	36,10	0,107	0,106	0,108	36,10	0,106	0,105	0,107
42	b	36,10	0,101	0,129	0,085	36,10	0,097	0,125	0,081	36,10	0,095	0,123	0,079
43	b	36,09	0,104	0,113	0,099	36,11	0,098	0,103	0,096	36,10	0,097	0,101	0,094
44	thb	38,00	0,101	0,099	0,104	38,00	0,097	0,092	0,100	38,00	0,095	0,091	0,099
45	b	36,10	0,103	0,109	0,100	36,10	0,101	0,108	0,097	36,10	0,099	0,105	0,096
46	b	36,10	0,108	0,108	0,108	36,10	0,104	0,101	0,105	36,10	0,104	0,102	0,104
47	b	36,10	0,108	0,113	0,105	36,11	0,105	0,109	0,103	36,09	0,105	0,107	0,104
48	b	36,10	0,112	0,115	0,110	36,10	0,109	0,111	0,108	36,10	0,107	0,108	0,107
49	th	36,10	0,107	0,101	0,110	36,10	0,103	0,095	0,107	36,10	0,102	0,094	0,106
50	th	36,12	0,112	0,107	0,114	36,13	0,108	0,103	0,111	36,12	0,107	0,102	0,109
51	th	36,12	0,107	0,113	0,103	36,12	0,103	0,107	0,100	36,12	0,101	0,105	0,099
52	th	36,11	0,105	0,119	0,097	36,11	0,102	0,113	0,095	36,12	0,102	0,111	0,098
53	th	36,12	0,110	0,102	0,114	36,12	0,106	0,095	0,113	36,12	0,105	0,093	0,111
54	th	36,12	0,112	0,114	0,112	36,12	0,109	0,109	0,109	36,12	0,107	0,108	0,107
55	b	36,10	0,107	0,106	0,109	36,10	0,104	0,102	0,105	36,10	0,102	0,101	0,103
56	th	36,11	0,105	0,109	0,102	36,11	0,100	0,105	0,098	36,12	0,098	0,103	0,096
57	th	36,12	0,105	0,114	0,100	36,11	0,102	0,109	0,098	36,12	0,101	0,109	0,097
58	th	36,12	0,106	0,114	0,102	36,12	0,102	0,109	0,099	36,12	0,101	0,107	0,097
59	th	36,12	0,110	0,089	0,122	36,12	0,106	0,085	0,119	36,12	0,105	0,085	0,116
60	th	36,10	0,106	0,120	0,098	36,10	0,102	0,115	0,095	36,10	0,101	0,113	0,095
61	th	36,10	0,111	0,112	0,110	36,10	0,107	0,108	0,106	36,10	0,106	0,107	0,105
62	b	36,10	0,114	0,130	0,104	36,10	0,110	0,125	0,101	36,10	0,109	0,124	0,100
63	b	36,08	0,103	0,105	0,102	36,10	0,099	0,101	0,098	36,09	0,097	0,099	0,095
64	b	38,51	0,123	0,106	0,136	38,51	0,123	0,102	0,135	38,51	0,127	0,104	0,140
65	th	36,10	0,105	0,121	0,096	36,10	0,118	0,128	0,112	36,10	0,121	0,131	0,115
66	th	36,10	0,108	0,123	0,100	36,10	0,105	0,117	0,097	36,10	0,104	0,116	0,097
67	th	36,11	0,101	0,107	0,098	36,11	0,097	0,101	0,094	36,12	0,095	0,100	0,092
68	th	36,12	0,107	0,112	0,104	36,12	0,103	0,107	0,101	36,12	0,102	0,106	0,100
69	th	36,10	0,107	0,110	0,105	36,10	0,106	0,109	0,104	36,09	0,105	0,110	0,103
70	th	36,11	0,104	0,113	0,099	36,14	0,100	0,101	0,100	36,10	0,099	0,099	0,099
71	b	36,11	0,109	0,110	0,107	36,16	0,105	0,105	0,103	36,17	0,104	0,103	0,103
72	b	36,10	0,116	0,124	0,112	36,10	0,111	0,118	0,107	36,10	0,109	0,116	0,105
73	b	36,10	0,110	0,113	0,109	36,10	0,107	0,109	0,106	36,10	0,105	0,107	0,104
74	b	36,11	0,109	0,121	0,103	36,11	0,106	0,117	0,099	36,06	0,104	0,115	0,098
75	b	36,09	0,102	0,101	0,103	36,09	0,099	0,097	0,100	36,10	0,098	0,095	0,100
76	b	36,10	0,113	0,110	0,115	36,10	0,108	0,104	0,110	36,10	0,107	0,103	0,109
77	b	36,11	0,107	0,083	0,121	36,13	0,103	0,078	0,116	36,11	0,101	0,077	0,114
78	th	36,10	0,099	0,114	0,090	36,10	0,094	0,108	0,087	36,10	0,093	0,106	0,085
79	b	36,10	0,107	0,099	0,111	36,10	0,103	0,095	0,108	36,10	0,101	0,093	0,106

Prüf-stand Nr.	Prüf-stand Art	1.Anzug				2.Anzug				3.Anzug			
		Vorspann- kraft F kN	Gesamt- reibung $\mu_{tot}$ -	Reibungs- zahl im Gewinde $\mu_{th}$ -	Reibungs- zahl in der Kopfauflage $\mu_b$ -	Vorspann- kraft F kN	Gesamt- reibung $\mu_{tot}$ -	Reibungs- zahl im Gewinde $\mu_{th}$ -	Reibungs- zahl in der Kopfauflage $\mu_b$ -	Vorspann- kraft F kN	Gesamt- reibung $\mu_{tot}$ -	Reibungs- zahl im Gewinde $\mu_{th}$ -	Reibungs- zahl in der Kopfauflage $\mu_b$ -
80	thb	36,10	0,092	0,075	0,102	36,10	0,089	0,072	0,098	36,10	0,087	0,070	0,097
81	th	36,13	0,106	0,138	0,087	36,04	0,102	0,133	0,084	36,08	0,101	0,132	0,083
82	th	36,10	0,109	0,118	0,103	36,10	0,105	0,112	0,100	36,10	0,104	0,110	0,100
83	th	36,10	0,112	0,108	0,114	36,10	0,107	0,102	0,110	36,10	0,105	0,101	0,108
84	b	36,10	0,108	0,091	0,118	36,10	0,103	0,085	0,113	36,10	0,102	0,083	0,113
85	thb	36,10	0,108	0,111	0,106	36,10	0,103	0,104	0,102	36,10	0,100	0,101	0,100
86	b	36,57	0,107	0,136	0,090	36,20	0,103	0,132	0,086	36,29	0,102	0,124	0,090
87	n	36,10	0,115			36,10	0,116			36,10	0,114		
88	n	36,11	0,092			36,10	0,087			36,10	0,087		
89	n	36,00	0,114			36,71	0,107			36,80	0,107		
90	th	36,10	0,108	0,110	0,107	36,10	0,104	0,106	0,104	36,10	0,103	0,106	0,102
91	th	36,10	0,105	0,108	0,103	36,10	0,107	0,110	0,105	36,10	0,104	0,107	0,103
92	th	36,10	0,110	0,121	0,104	36,10	0,105	0,115	0,100	36,10	0,104	0,113	0,098
93	th	36,12	0,107	0,118	0,101	36,12	0,103	0,114	0,097	36,12	0,102	0,113	0,096
94	b	36,10	0,109	0,100	0,113	36,10	0,105	0,096	0,111	36,10	0,104	0,094	0,110
95	th	36,12	0,111	0,123	0,103	36,12	0,110	0,122	0,103	36,11	0,110	0,122	0,103
96	th	36,10	0,112	0,120	0,108	36,10	0,109	0,115	0,106	36,10	0,108	0,114	0,105
97	b	36,10	0,107	0,108	0,107								
	Mittelwert $\bar{x}$	36,1	0,107	0,110	0,106	36,1	0,104	0,105	0,103	36,1	0,103	0,104	0,102
	Standardabweichung $\sigma$	0,1	0,004	0,011	0,007	0,1	0,005	0,011	0,007	0,1	0,005	0,011	0,007
	Standardabweichung $\sigma_{rel}$ in %	0,3	3,7	10,0	6,6	0,3	4,8	10,8	6,8	0,3	4,9	10,6	6,9
	Minimum $x_{min}$	36,0	0,092	0,075	0,087	36,0	0,087	0,072	0,084	36,0	0,087	0,070	0,083
	Maximum $x_{max}$	36,6	0,116	0,138	0,123	36,7	0,118	0,133	0,120	36,8	0,121	0,132	0,119

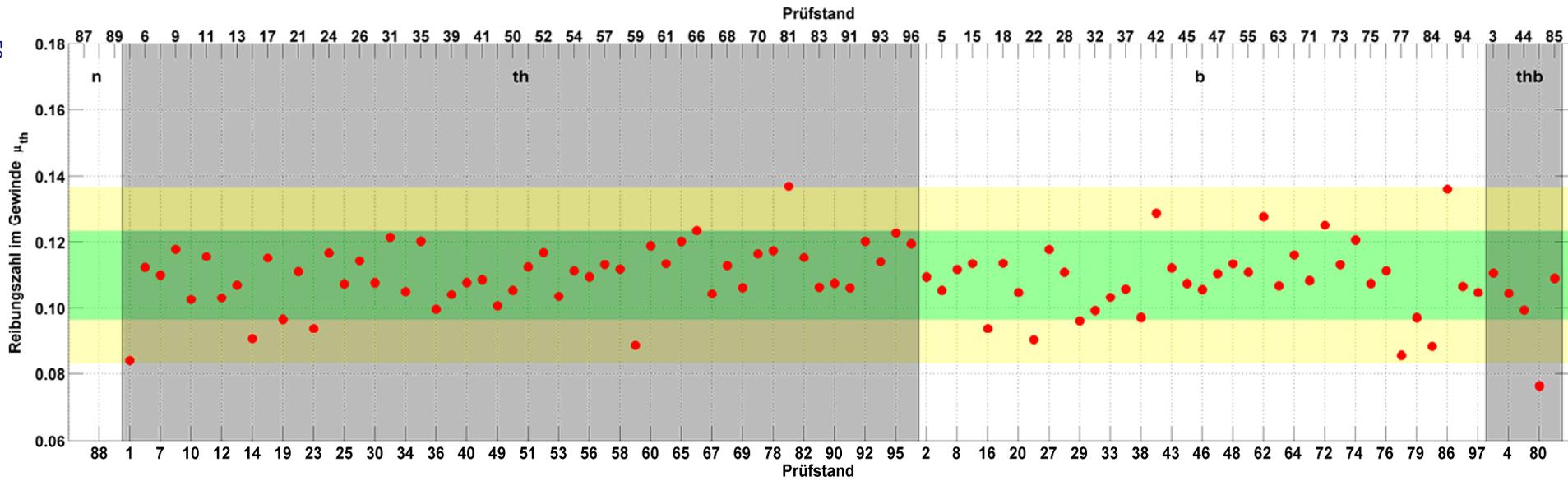
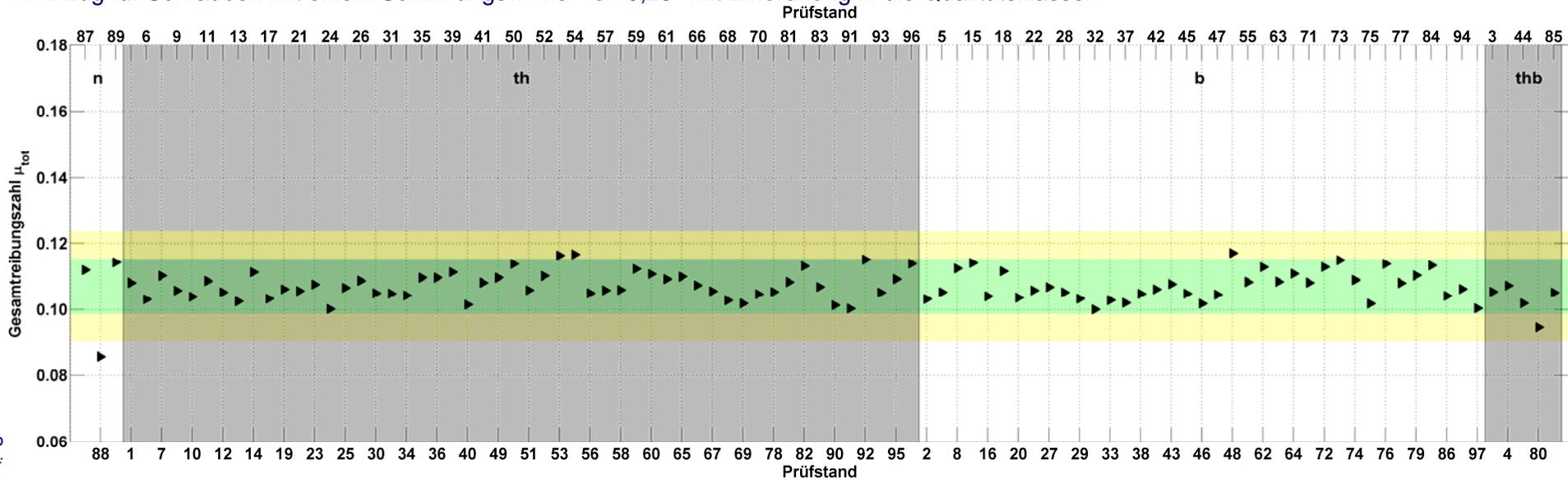
## Anhang 8 Einordnung der Prüfstände in die Qualitätsklassen für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von 0,25°

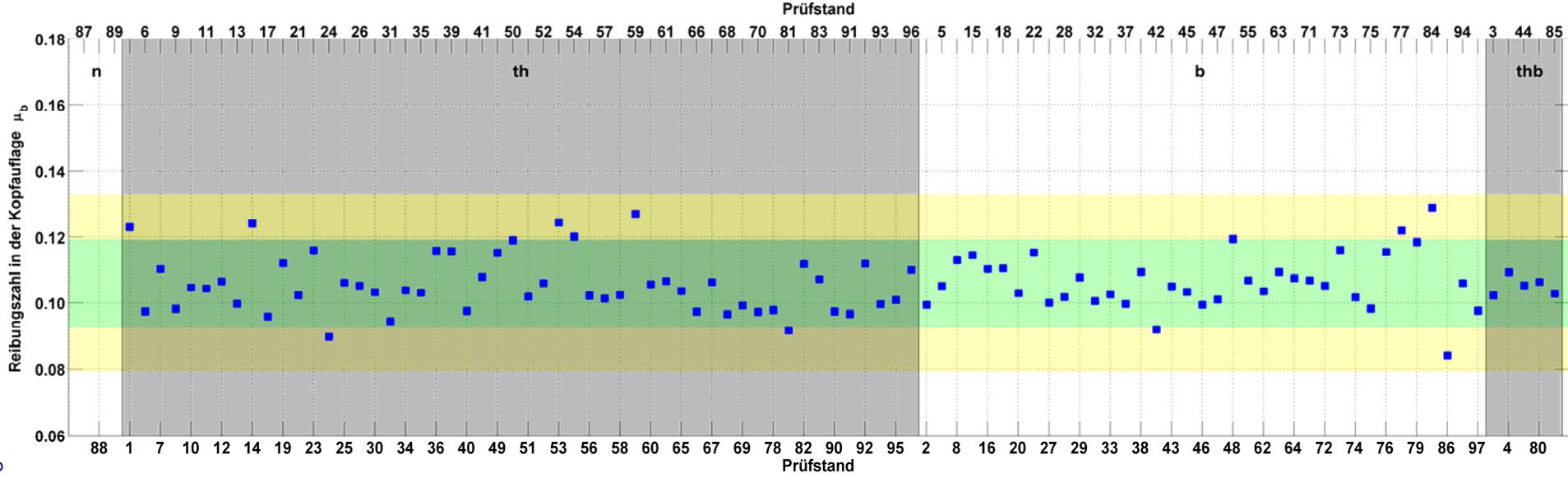
Prüfstand Nr.	Prüfstand Art	1.Anzug			2.Anzug			3.Anzug			Gesamtwertung
		Gesamtreibung $\mu_{tot}$	Reibungszahl im Gewinde $\mu_{th}$	Reibungszahl in der Kopfauflage $\mu_b$	Gesamtreibung $\mu_{tot}$	Reibungszahl im Gewinde $\mu_{th}$	Reibungszahl in der Kopfauflage $\mu_b$	Gesamtreibung $\mu_{tot}$	Reibungszahl im Gewinde $\mu_{th}$	Reibungszahl in der Kopfauflage $\mu_b$	
1	th	C0	C1	C1	C0	C1	C1	C0	C1	C1	C1
2	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
3	thb	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
4	thb	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
5	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
6	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
7	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
8	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
9	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
10	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
11	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
12	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
13	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
14	th	C0	C1	C1	C0	C1	C1	C0	C1	C1	C1
15	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
16	b	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C1
17	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
18	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
19	th	C0	C0	C0	C0	C1	C0	C0	C0	C0	C0
20	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
21	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
22	b	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C1
23	th	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C1
24	th	C0	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C0	C1	C1
25	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
26	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
27	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
28	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
29	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
30	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
31	th	C0	C0	C0	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C1
32	b	C0	C0	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C0	C1
33	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
34	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
35	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C1	C0	C1
36	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
37	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
38	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C1	C0	C1
39	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
40	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0

Prüf-stand Nr.	Prüf-stand Art	1.Anzug			2.Anzug			3.Anzug			Gesamt- wertung
		Gesamt- reibung $\mu_{tot}$	Reibungszahl im Gewinde $\mu_{th}$	Reibungszahl in der Kopf- auflage $\mu_b$	Gesamt- reibung $\mu_{tot}$	Reibungszahl im Gewinde $\mu_{th}$	Reibungszahl in der Kopf- auflage $\mu_b$	Gesamt- reibung $\mu_{tot}$	Reibungszahl im Gewinde $\mu_{th}$	Reibungszahl in der Kopf- auflage $\mu_b$	
41	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
42	b	C0	C1	C1	C0	C1	C1	C0	C1	C1	C1
43	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
44	thb	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
45	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
46	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
47	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
48	b	C1	C0	C0	C1	C0	C1	C1	C0	C1	C1
49	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
50	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
51	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
52	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
53	th	C1	C0	C1	C1	C0	C1	C1	C0	C1	C1
54	th	C1	C0	C1	C1	C0	C1	C1	C0	C1	C1
55	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
56	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
57	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
58	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
59	th	C0	C1	C1	C0	C1	C1	C0	C1	C1	C1
60	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
61	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
62	b	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C1
63	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
64	b	C0	C0	C0	C1	C1	C1	C2	C1	C1	C2
65	th	C0	C0	C0	C1	C1	C0	C2	C1	C1	C2
66	th	C0	C1	C0	C0	C0	C0	C0	C1	C0	C1
67	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
68	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
69	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
70	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
71	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
72	b	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C1
73	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
74	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
75	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
76	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
77	b	C0	C1	C1	C0	C1	C1	C0	C1	C1	C1
78	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
79	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
80	thb	C1	C2	C0	C1	C2	C0	C1	C2	C0	C2
81	th	C0	C2	C1	C0	C1	C1	C0	C1	C1	C2
82	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
83	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0

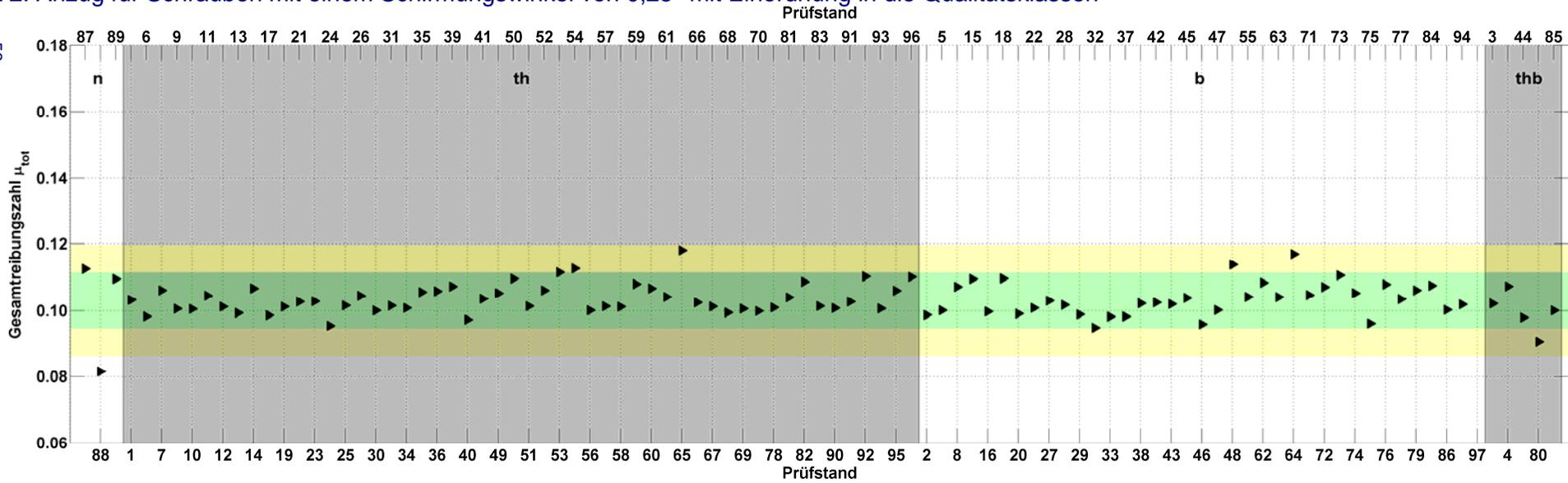
Prüf-stand Nr.	Prüf-stand Art	Gesamt-reibung $\mu_{tot}$	1.Anzug		Gesamt-reibung $\mu_{tot}$	2.Anzug		Gesamt-reibung $\mu_{tot}$	3.Anzug		Gesamt-wertung
			Reibungszahl im Gewinde $\mu_{th}$	Reibungszahl in der Kopf-auf-lage $\mu_b$		Reibungszahl im Gewinde $\mu_{th}$	Reibungszahl in der Kopf-auf-lage $\mu_b$		Reibungszahl im Gewinde $\mu_{th}$	Reibungszahl in der Kopf-auf-lage $\mu_b$	
84	b	C0	C1	C1	C0	C1	C1	C0	C1	C1	C1
85	thb	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
86	b	C0	C2	C1	C0	C2	C1	C0	C1	C1	C2
87	n	C0			C1			C1			C1
88	n	C2			C2			C2			C2
89	n	C0			C0			C0			C0
90	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
91	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
92	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
93	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
94	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
95	th	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C1
96	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
97	b	C0	C0	C0							C0

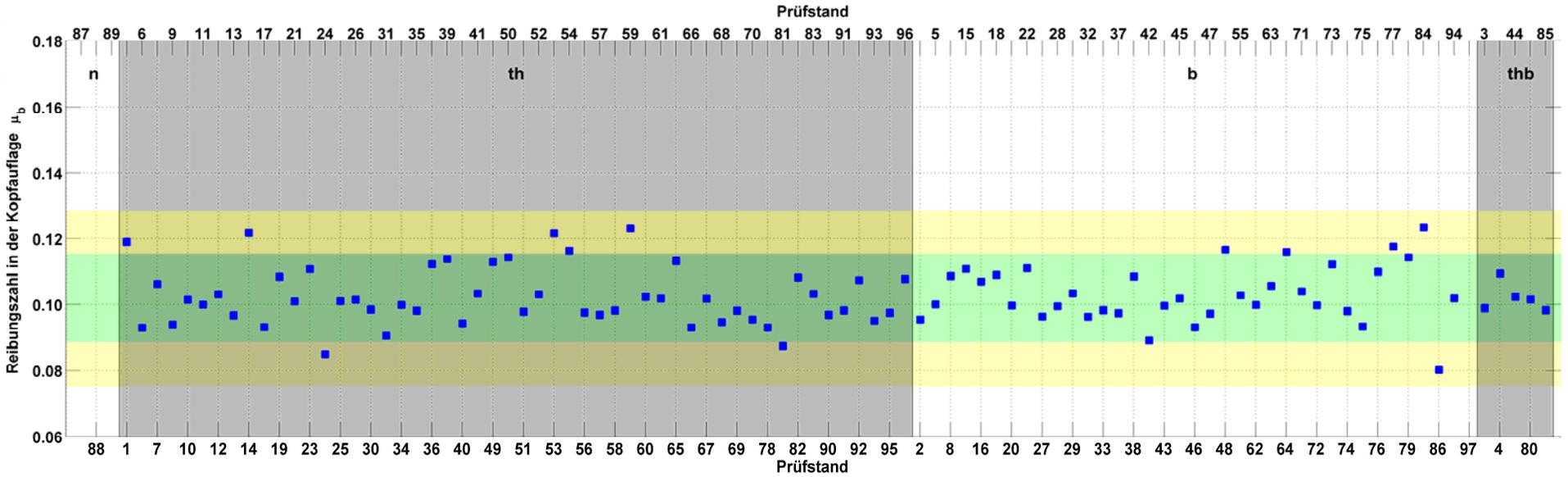
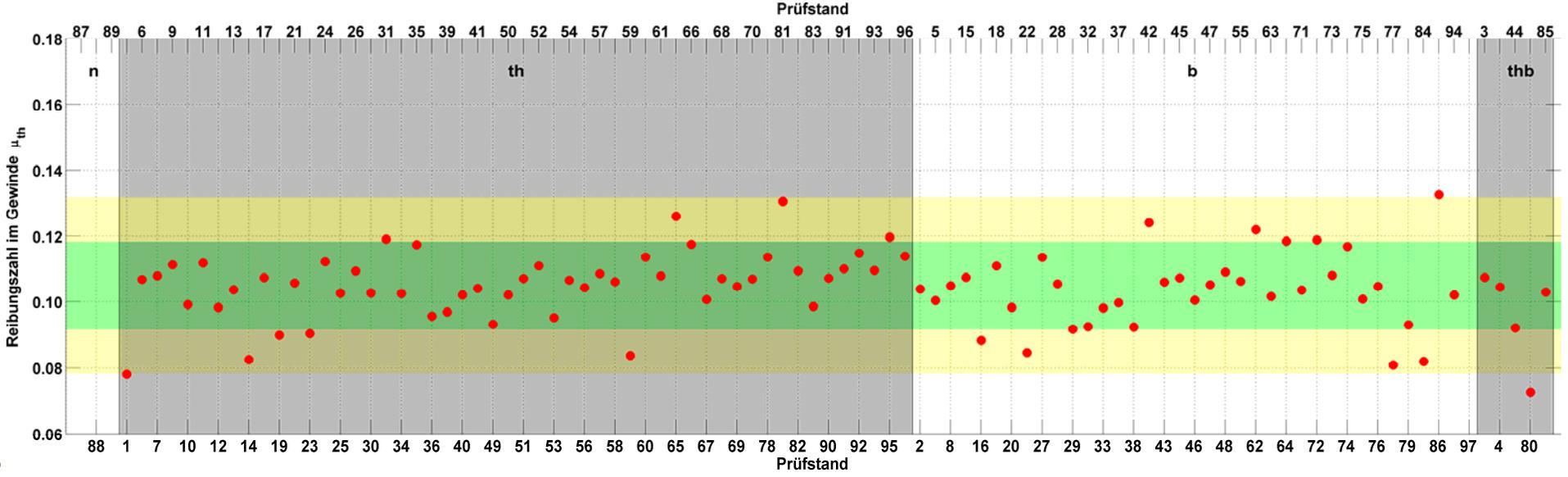
# 1. Anzug für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von 0,25° mit Einordnung in die Qualitätsklassen



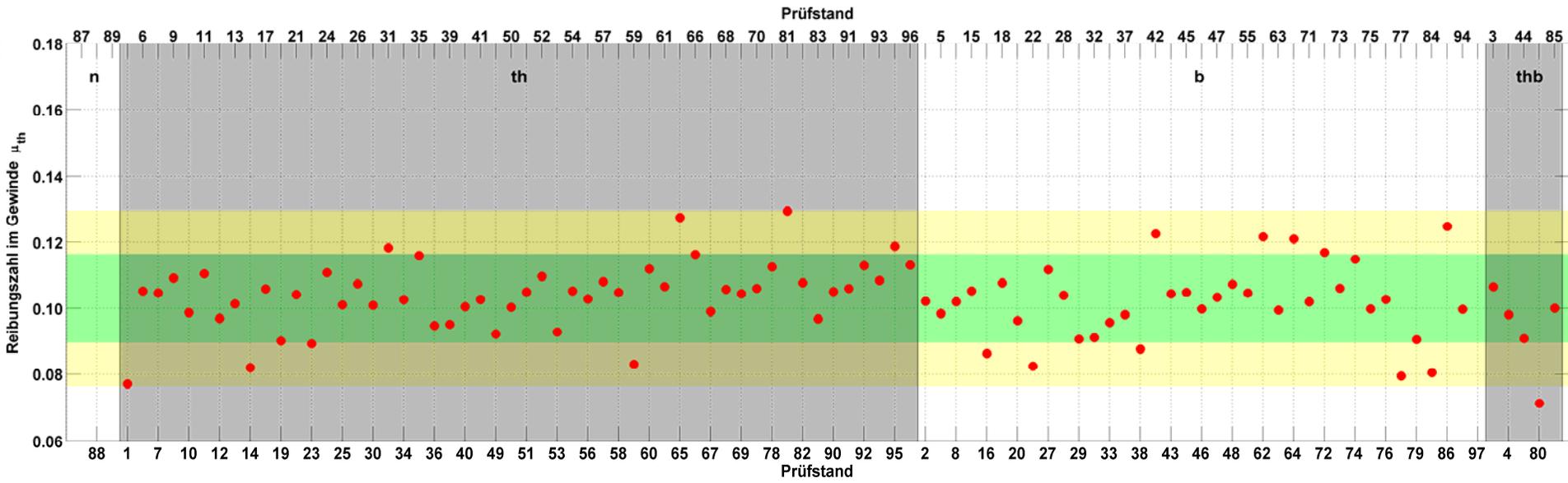
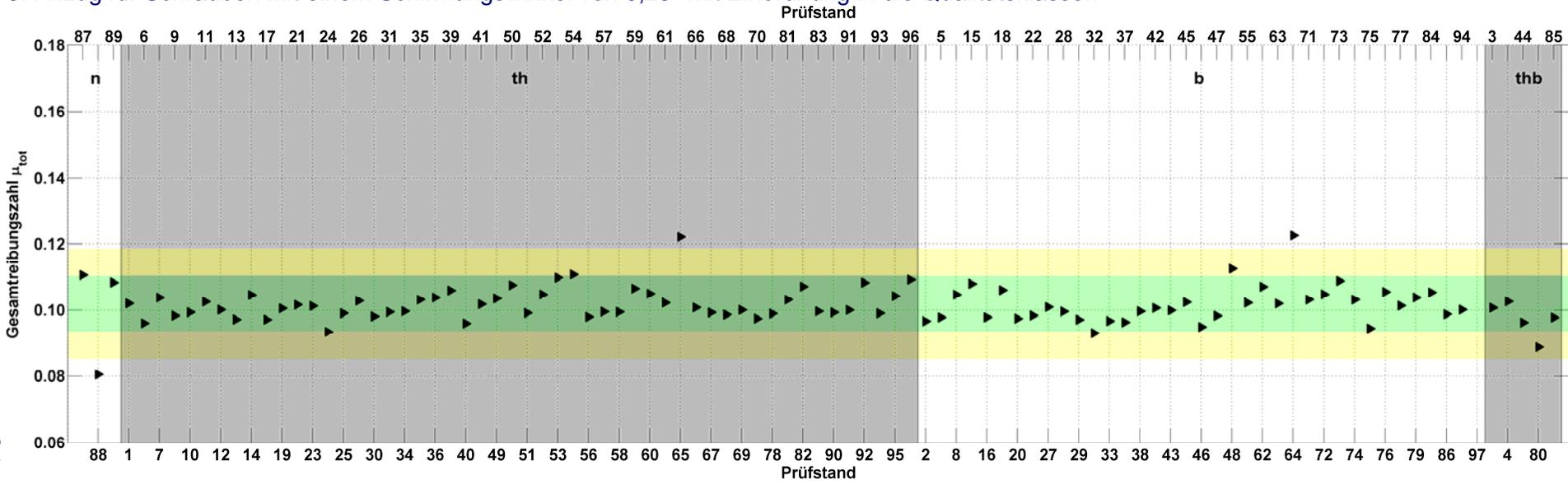


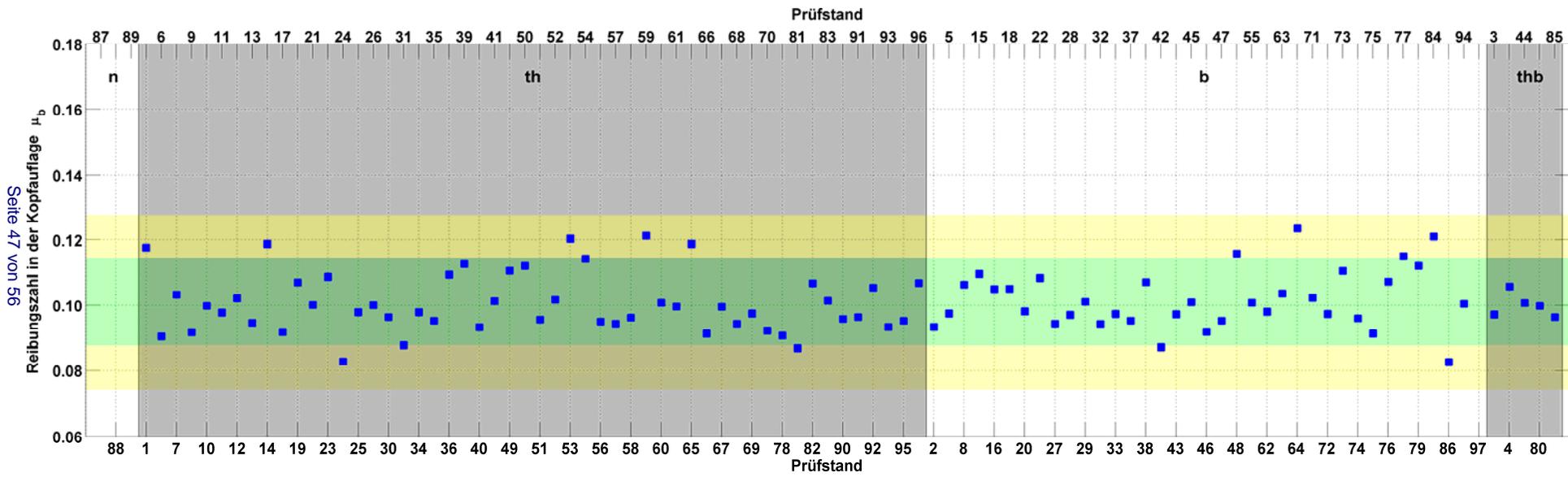
2. Anzug für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von  $0,25^\circ$  mit Einordnung in die Qualitätsklassen





### 3. Anzug für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von 0,25° mit Einordnung in die Qualitätsklassen





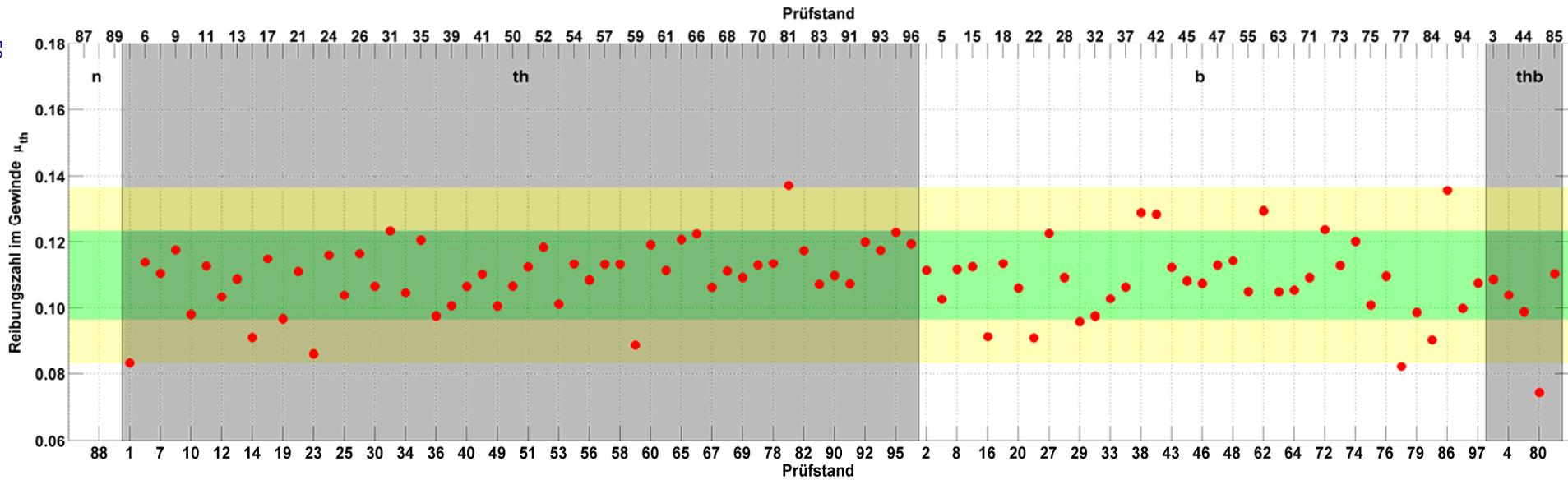
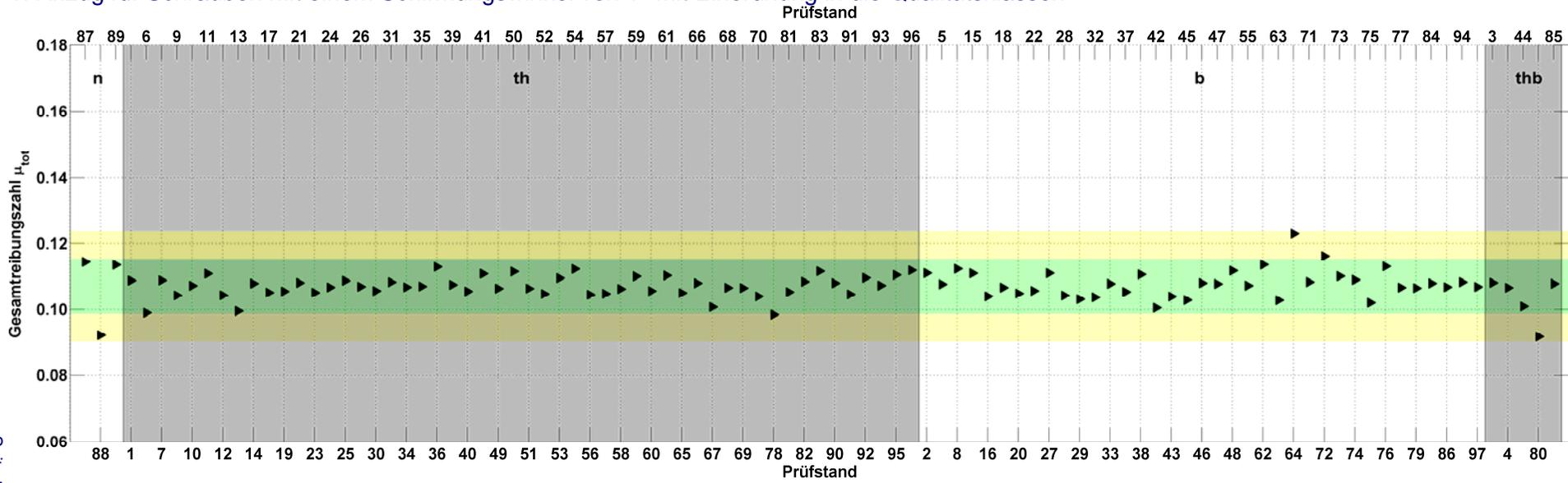
## Anhang 9 Einordnung der Prüfstände in die Qualitätsklassen für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von 1°

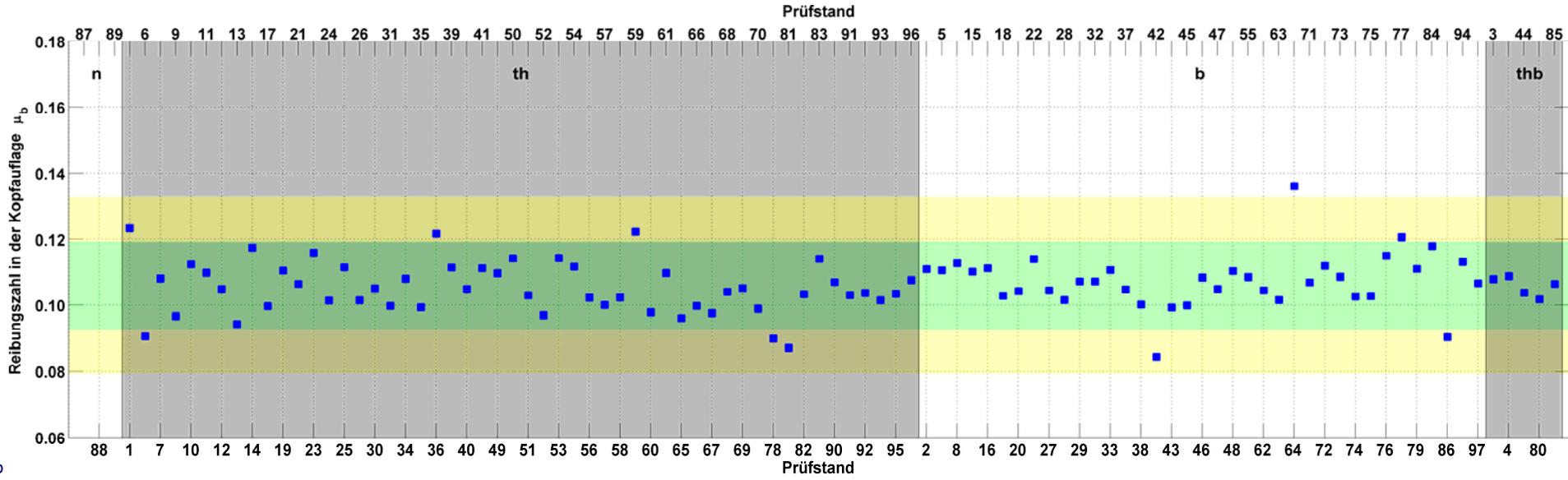
Prüfstand Nr.	Prüfstand Art	1.Anzug			2.Anzug			3.Anzug			Gesamtwertung
		Gesamtreibung $\mu_{tot}$	Reibungszahl im Gewinde $\mu_{th}$	Reibungszahl in der Kopfauflage $\mu_b$	Gesamtreibung $\mu_{tot}$	Reibungszahl im Gewinde $\mu_{th}$	Reibungszahl in der Kopfauflage $\mu_b$	Gesamtreibung $\mu_{tot}$	Reibungszahl im Gewinde $\mu_{th}$	Reibungszahl in der Kopfauflage $\mu_b$	
1	th	C0	C1	C1	C0	C2	C1	C0	C1	C1	C2
2	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
3	thb	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
4	thb	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
5	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
6	th	C1	C0	C1	C1	C0	C1	C1	C0	C1	C1
7	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
8	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
9	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
10	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
11	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
12	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
13	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
14	th	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C1
15	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
16	b	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C1
17	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
18	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
19	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
20	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
21	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
22	b	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C1
23	th	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C1
24	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
25	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
26	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
27	b	C0	C0	C0	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C1
28	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
29	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
30	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
31	th	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C1
32	b	C0	C0	C0	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C1
33	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
34	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
35	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
36	th	C0	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C0	C1	C1
37	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
38	b	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C1
39	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
40	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0

Prüf-stand Nr.	Prüf-stand Art	1.Anzug			2.Anzug			3.Anzug			Gesamt- wertung
		Gesamt- reibung $\mu_{tot}$	Reibungszahl im Gewinde $\mu_{th}$	Reibungszahl in der Kopf- auflage $\mu_b$	Gesamt- reibung $\mu_{tot}$	Reibungszahl im Gewinde $\mu_{th}$	Reibungszahl in der Kopf- auflage $\mu_b$	Gesamt- reibung $\mu_{tot}$	Reibungszahl im Gewinde $\mu_{th}$	Reibungszahl in der Kopf- auflage $\mu_b$	
41	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
42	b	C0	C1	C1	C0	C1	C1	C0	C1	C1	C1
43	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
44	thb	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
45	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
46	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
47	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
48	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
49	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
50	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
51	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
52	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
53	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
54	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
55	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
56	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
57	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
58	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
59	th	C0	C1	C1	C0	C1	C1	C0	C1	C1	C1
60	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
61	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
62	b	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C1
63	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
64	b	C1	C0	C2	C2	C0	C2	C2	C0	C2	C2
65	th	C0	C0	C0	C1	C1	C0	C2	C2	C0	C2
66	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
67	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
68	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
69	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
70	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
71	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
72	b	C1	C1	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C1
73	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
74	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
75	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
76	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
77	b	C0	C2	C1	C0	C2	C0	C0	C2	C0	C2
78	th	C1	C0	C1	C1	C0	C1	C1	C0	C1	C1
79	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
80	thb	C1	C2	C0	C1	C2	C0	C1	C2	C0	C2
81	th	C0	C2	C1	C0	C2	C1	C0	C2	C1	C2
82	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
83	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0

Prüf- stand Nr.	Prüf- stand Art	Gesamt- reibung $\mu_{tot}$	1.Anzug		Gesamt- reibung $\mu_{tot}$	2.Anzug		Gesamt- reibung $\mu_{tot}$	3.Anzug		Gesamt- wertung
			Reibungszahl im Gewinde $\mu_{th}$	Reibungszahl in der Kopf- auflage $\mu_b$		Reibungszahl im Gewinde $\mu_{th}$	Reibungszahl in der Kopf- auflage $\mu_b$		Reibungszahl im Gewinde $\mu_{th}$	Reibungszahl in der Kopf- auflage $\mu_b$	
84	b	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C1
85	thb	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
86	b	C0	C1	C1	C0	C2	C1	C0	C1	C0	C2
87	n	C0			C1			C1			C1
88	n	C1			C2			C1			C2
89	n	C0			C0			C0			C0
90	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
91	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
92	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
93	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
94	b	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
95	th	C0	C0	C0	C0	C1	C0	C0	C1	C0	C1
96	th	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0	C0
97	b	C0	C0	C0							C0

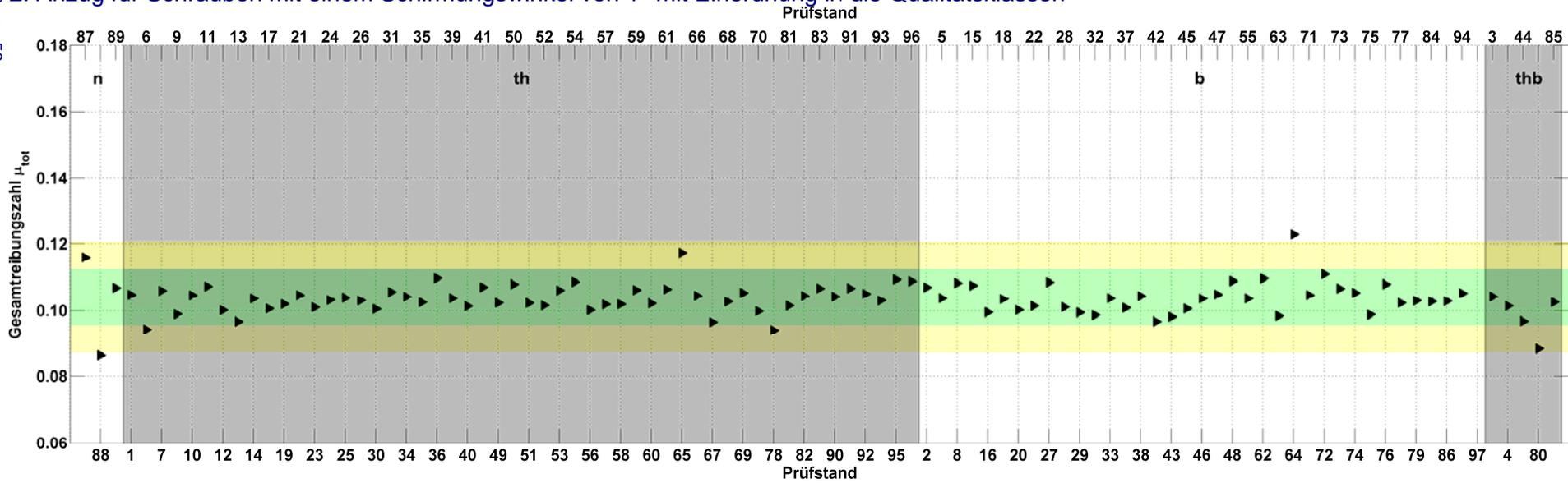
### 1. Anzug für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von 1° mit Einordnung in die Qualitätsklassen

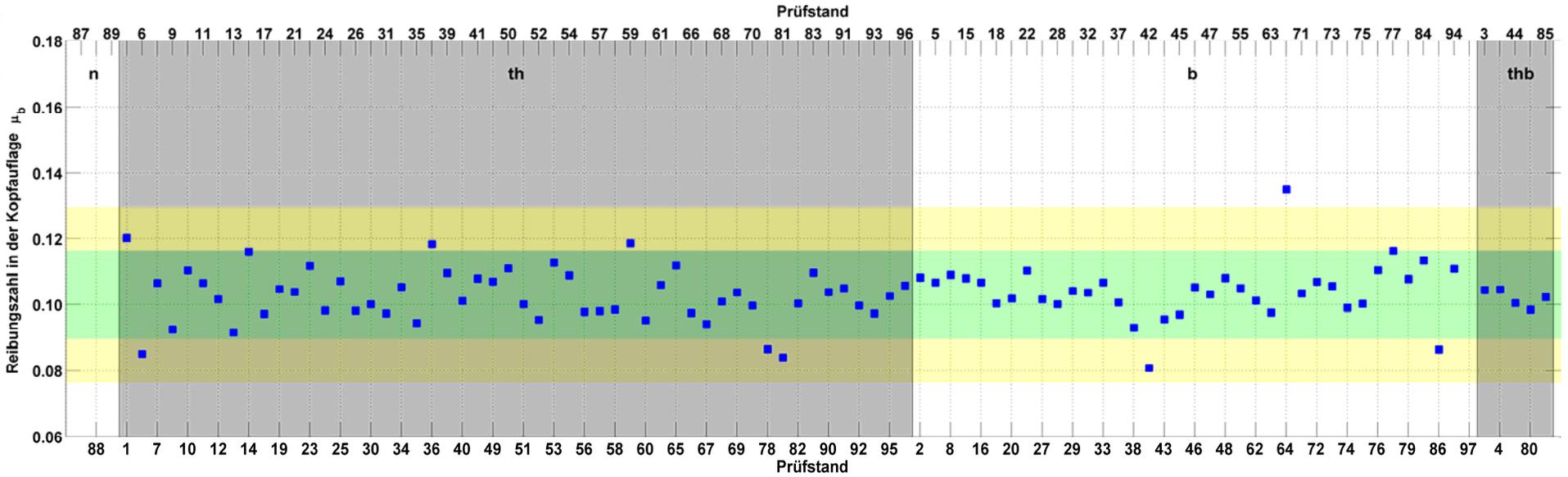
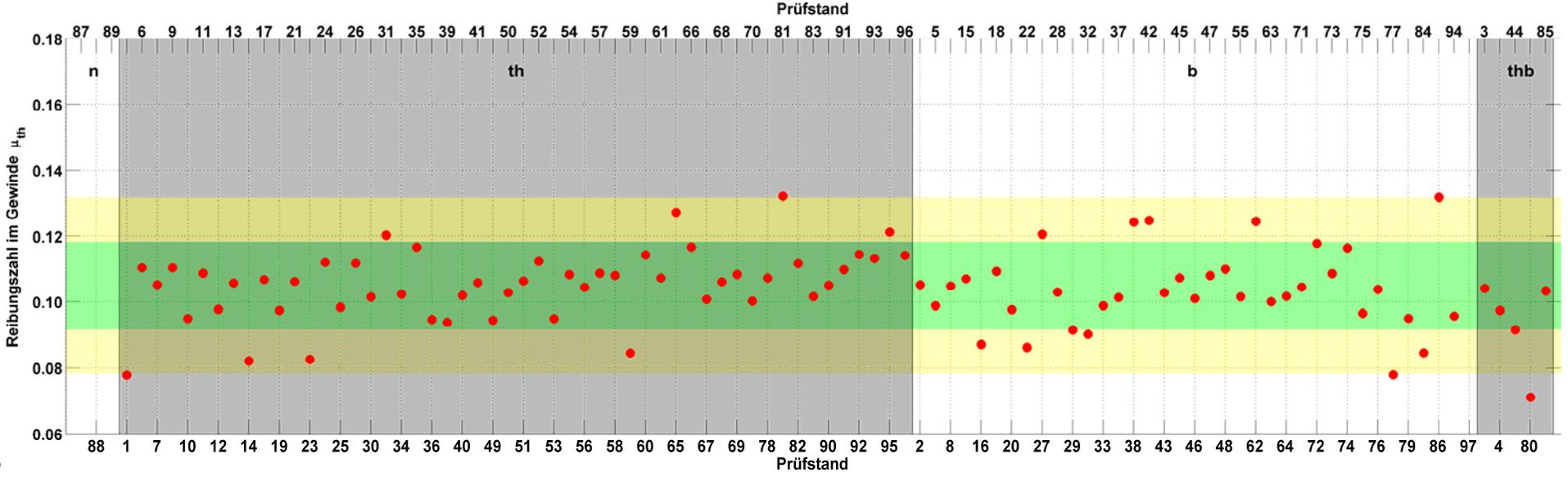




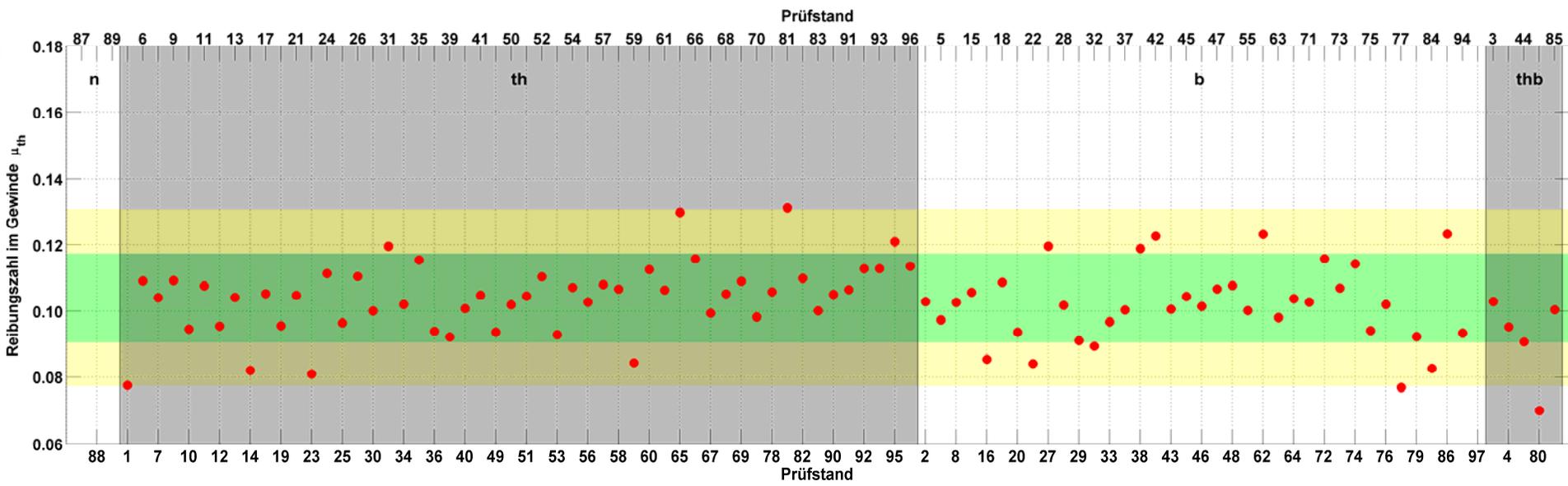
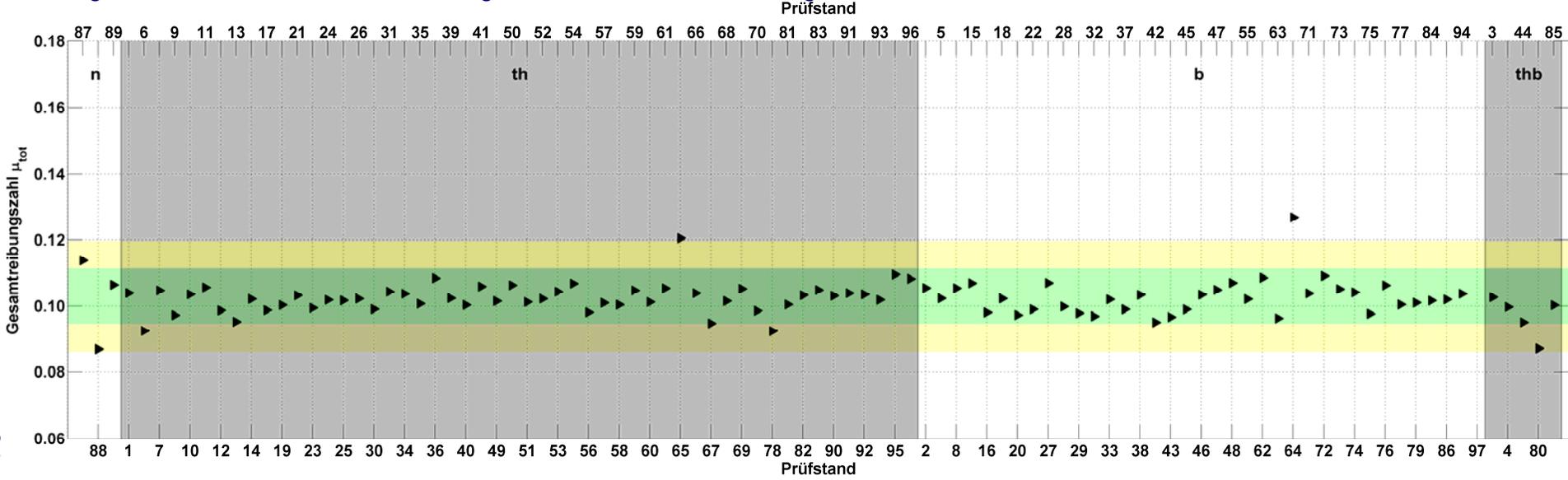
Seite 52 von 56

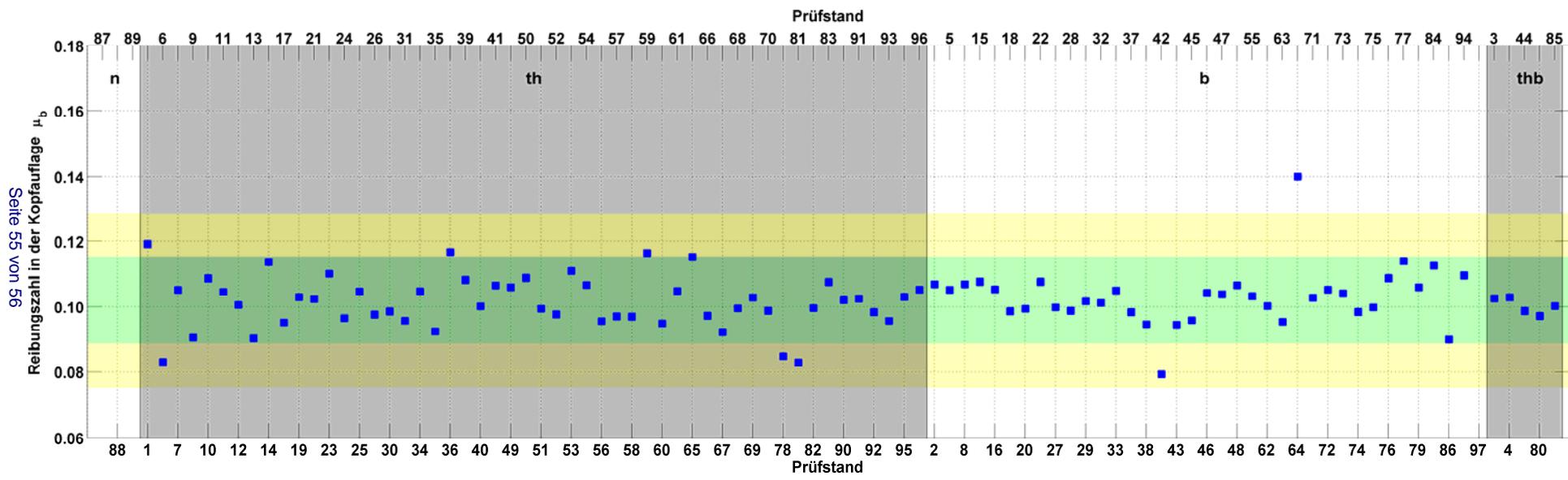
## 2. Anzug für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von 1° mit Einordnung in die Qualitätsklassen





### 3. Anzug für Schrauben mit einem Schirmungswinkel von 1° mit Einordnung in die Qualitätsklassen





## Literaturverzeichnis

---

- [1] Verband der Automobilindustrie e. V (November 2009): VDA 235-101 Reibungszahleinstellung von mechanischen Verbindungselementen mit metrischem Gewinde, Frankfurt
- [2] DIN Deutsches Institut für Normung e. V (Januar 2013): DIN EN ISO 16047 Verbindungselemente - Drehmoment/Vorspannkraft-Versuch, Beuth Verlag, Berlin
- [3] DIN Deutsches Institut für Normung e. V (April 2013): DIN EN ISO 4032 Sechskantmuttern Typ 1 – Produktklassen A und B, Beuth Verlag, Berlin
- [4] DIN Deutsches Institut für Normung e. V (November 1998): DIN EN 1665 Sechskantschrauben mit Flansch, schwere Reihe, Beuth Verlag, Berlin
- [5] Fa. Dörken MKS-Systeme GmbH & Co. KG
- [6] Kloos, Thomala (2007): Schraubenverbindungen - Grundlagen, Berechnung, Eigenschaften, Handhabung, 5. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg
- [7] Stolle, Naumann (2008): Ringversuch zur Bestimmung der Fähigkeit von Prüfständen zur Ermittlung von Reibungszahlen mechanischer Verbindungselemente, Deutscher Schraubenverband e.V., Hagen



**DEUTSCHER SCHRAUBENVERBAND E.V.**  
HERSTELLER MECHANISCHER VERBINDUNGSELEMENTE

Inhaltliche Fragen zu diesem Dokument richten Sie bitte an die  
Geschäftsstelle des Deutschen Schraubenverbandes e.V.

Erstellt von Fr. A. Eberhard im AK Oberflächenschutzsysteme