

Auswirkung der Anziehverfahren  
Drehmoment- und Drehwinkel-Verfahren  
auf das Tragverhalten von HV-Schrauben

**T 2475**

T 2475

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,  
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

**Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69  
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00  
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

# TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG INSTITUT FÜR STAHLBAU

Abteilung Stahlbau: Prof. Dr.-Ing. J. Scheer

Bericht Nr. 6312/A

---

Auswirkungen der Anziehverfahren  
Drehmoment - und Drehwinkel -  
Verfahren auf das Tragverhalten  
von HV - Schrauben

## Auftraggeber

Institut für Bautechnik  
Reichpietschufer 74 - 76  
1000 Berlin 30

Dieser Bericht besteht aus 5 Seiten und 0 Anlagen

Forschungsvorhaben: Auswirkungen der Anziehverfahren Drehmoment- und Drehwinkel - Verfahren auf das Tragverhalten von HV-Schrauben

Geschäftszeichen: IV 1-5-626/90  
Auftraggeber: Institut für Bautechnik,  
Berlin

### Abschlußbericht

#### 1 Problemstellung

In DIN 18800 Teil 7 sind Regeln für das Vorspannen von hochfesten Schrauben nach 3 verschiedenen Verfahren (Drehmomenten, Drehwinkel- und Drehimpulsverfahren) enthalten. Über die mit diesen Anziehverfahren (außer Drehmomentverfahren) tatsächlich erreichten Vorspannkräfte werden keine Aussagen gemacht.

Es ist jedoch bekannt [1 und eigene Untersuchungen im Institut], daß mit dem Drehwinkelverfahren höhere Vorspannkräfte als mit dem Drehmomentenverfahren erreicht werden, d.h., daß nach dem Vorspannen von hochfesten Schrauben abhängig vom angewendeten Vorspannverfahren unterschiedliche Zustände vorliegen. Die Auswirkungen dieser unterschiedlichen Vorspannzustände auf das Tragverhalten von voll vorgespannten Schraubenverbindungen unter zusätzlicher axialer Beanspruchung, wie sie z.B. bei Kopfplattenverbindungen auftritt, insbesondere im sogenannten LCF-Bereich, wurden nach unserem Wissen, im für den Stahlbau typischen Größenbereich, bisher noch nicht ausführlich untersucht.

#### 2 Literaturlauswertung

Die Literaturlauswertung kann dem Zwischenbericht Nr.6312/2 vom November 1991 entnommen werden.

### 3 Versuche

#### 3.1 Allgemeines

Durch Versuche an Prüfkörpern, die einen Ausschnitt aus stahlbauüblichen Konstruktionen darstellen, z.B. Flanschverbindungen, T-Stöße, sollen einerseits die tatsächlichen Beanspruchungszustände von hochfesten Schrauben nach dem Vorspannen ermittelt werden, andererseits soll geklärt werden, welche Auswirkungen das Vorspannverfahren auf das Tragverhalten der Verbindung unter anschließender wiederholter axialer Belastung hat.

#### 3.2 Versuchskörper, Kennzeichnung und Versuchsparameter

Die Beschreibung der Versuchskörper, die Kennzeichnung und die Versuchsparameter können dem Zwischenbericht Nr.6312/2 entnommen werden.

#### 3.3 Meßprogramm

Das Meßprogramm gliedert sich in zwei Teile. Teil 1 des Meßprogramms - Vorspannen der Verbindung - umfaßt das Eintragen der in DIN 18800 Teil 7 angegebenen Vorspannkräfte bzw. das Aufbringen der Drehwinkel. Teil 2 - planmäßig axiale Belastung - umfaßt die Untersuchungen zum Tragverhalten der vorgespannten Verbindungen.

Es wird deutlich, daß Teil 1 Voraussetzung für die Durchführung von Teil 2 des Meßprogramms, dem Schwerpunkt des Forschungsvorhabens, ist.

### 4 Versuchsergebnisse

Das Vorspannen der feuerverzinkten Schrauben M 24 x 200 10.9 und M 24 x 75 10.9 nach dem Drehmomentverfahren ergab bei den Versuchen Unterschreitungen des in DIN 18800 Teil 7 angegebenen Sollwertes bis zu 20%.

An dieser Stelle erschien uns die Klärung der Ursachen für diese signifikante Sollwertunterschreitung erforderlich.

Als erster Schritt zur Klärung der Ursachen erfolgte eine mehrfache Wiederholung der Versuche, bei denen jedoch die Unterschreitungen des Sollwertes in der angegebenen Größenordnung bestätigt wurden.

Daraufhin wurden alle elektrisch gemessenen Größen mit mechanisch gemessenen überprüft. Das betraf das Drehmoment und die Dehnungen am Schraubenschaft.

Das Drehmoment wurde über einen mit Dehnungsmeßstreifen (DMS) beklebten geeichten Ringschlüssel gemessen. Nach der Überprüfung der Eichung des Drehmomentenschlüssels wurde das aufgebrachte Drehmoment mit einem sich selbst ausklinkenden, mechanischen Drehmomentenschlüssel kontrolliert. Trotz intensiver Suche von unabhängig voneinander arbeitenden Mitarbeitern konnte kein Fehler festgestellt werden.

Die Ermittlung der Vorspannkraft in der Schraube erfolgte über die am Schraubenschaft gemessenen Dehnungen unter Berücksichtigung der in den Eichversuchen festgestellten Abhängigkeiten zwischen beiden Größen. Die Vorspannkraft in der Schraube wurde zur Überprüfung mit Hilfe eines Tensimeters der Fa. Stahlwille gemessen. Es konnte kein Unterschied zwischen der im Tensimeter gemessenen und der über die Dehnungen ermittelten Schraubkraft festgestellt werden.

In Zusammenarbeit mit dem Schraubenhersteller Peiner Umformtechnik GmbH, der uns das Versuchsmaterial kostenlos zur Verfügung gestellt hatte, erfolgten weitere Untersuchungen zur Ermittlung der Ursachen für die festgestellten Sollwertunterschreitungen. Nach ersten Auskünften des Herstellers bestand die Möglichkeit, daß aufgrund der Umstellung des früher verwendeten Gleitlackes auf lösungsmittelfreien Gleitlack einige Chargen nicht die erforderlichen Vorspannwerte erreichten. Derartige Mängel sind vorübergehend aufgetreten, aber inzwischen beseitigt worden. Das uns zur Verfügung gestellte Material könnte davon betroffen sein. Zur Überprüfung dieser Möglichkeit wurden von uns Schrauben aus neueren Chargen bestellt und im Institut vorgespannt. Auch bei diesen wurden die Sollwertunterschreitungen im oben erwähnten Größenbereich bestätigt.

Zur Absicherung unserer Meßergebnisse wurden aus dem uns zur Verfügung gestellten Versuchsmaterial feuerverzinkte Schrauben ausgewählt und am 31.03.92 auf dem Schraubenprüfstand der Peiner Umformtechnik GmbH nach dem Drehmomentverfahren vorgespannt. Diese Untersuchung umfaßte 9 Schrauben M24 10.9 und 3 Schrauben M16 10.9. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 1 und 2 zusammengestellt.

Tabelle 1 - Schrauben M24

Schraube Nr.	Drehmoment $M_V$ [kNm]	Vorspannkraft $F_V$ [kN]
1	814	175,3
2	810	174,3
3	810	202,3
4	816	196,8
5	810	194,8
6	812	198,5
7	814	214,3
8	812	182,1

9	810	201,3
---	-----	-------

Tabelle 2 - Schrauben M16

Schraube Nr.	Drehmoment $M_V$ [kNm]	Vorspannkraft $F_V$ [kN]
1	246	110,9
2	257	110,8
3	252	111,0

Die Vorspannkraften der Tabelle 1 zeigen eine breite Streuung. Der Mittelwert der Vorspannkraften liegt bei 193,3 kN.

Die Vorspannkraften der Tabelle 2 dagegen streuen praktisch überhaupt nicht. Der Mittelwert der Vorspannkraften liegt bei 110,9 kN und damit ca.11% über dem Normwert von 100 kN.

Die beim Vorspannen ermittelten Reibungswerte im Gewinde lagen bei den Schrauben M24 deutlich zu hoch und zeigten, ebenso wie die Vorspannkraften, eine breite Streuung.

## 5 Weitere Vorgehensweise

Für die intensive Suche nach den Ursachen der Sollwertunterschreitungen sind unplanmäßig große Anteile der zur Verfügung gestellten Mittel verbraucht worden, so daß sich das Forschungsvorhaben in dem im Forschungsantrag gestellten Rahmen nicht mehr weiterführen ließ.

Da in unseren Untersuchungen eine unter Umständen sicherheitsrelevante Abweichung von in DIN 18800 Teil 7 genormten Werten festgestellt wurde, vereinbarten wir mit dem Auftraggeber auf Versuche, die die Auswirkungen der Anziehverfahren Drehmomentverfahren und Drehwinkelverfahren auf das Tragverhalten von in Schraubenlängsrichtung belasteten HV-Verbindungen klären sollten, im Rahmen dieses Vorhabens zu verzichten und mit den uns noch zur Verfügung stehenden Mitteln Vorspannversuche an hochfesten feuerverzinkten Schrauben (M24 und M16) zur Klärung der Sollwertunterschreitungen durchzuführen.

In einem diesbezüglich von Prof. Scheer mit Prof. Valtinat am 12. Mai geführten Telefongespräch wurde uns mitgeteilt, daß das Institut in Hamburg ebenfalls die Vorspannkraften an hochfesten feuerverzinkten Schrauben mit denen in DIN 18800 Teil 7 angegebenen Vorspannmomenten nicht erreichen konnte.

Die Ergebnisse der in Abänderung diese <sup>5</sup> Forschungsvorhabens durchgeführten Untersuchungen an feuerverzinkten Schrauben M24 und M16 der Festigkeitsklasse 10.9, die klären sollen, ob die aufgetretenen Abweichungen im statistischen Sinne zufällig waren

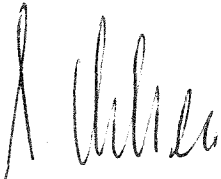
oder ob eine systematische Unterschreitung der Normvorspannkraft  $F_v$  vorliegt, werden im Bericht Nr.6312/B mitgeteilt.

## 6 Zusammenfassung

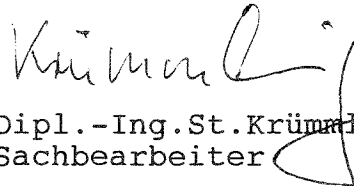
Bei Versuchen an feuerverzinkten Schrauben M24 10.9 wurde festgestellt, daß beim Vorspannen nach dem Drehmomentverfahren mit den in DIN 18800 Teil 7 angegebenen Vorspannmomenten  $M_v$  die angegebenen Vorspannkraft  $F_v$  nicht erreicht wurden.

Nach Rücksprache mit dem Institut für Bautechnik, Berlin, wurde die Zielrichtung des Forschungsvorhabens geändert. Durch Vorspannen von verzinkten Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9 soll geklärt werden, ob die aufgetretenen Abweichungen im statistischen Sinne zufällig waren oder ob eine systematische Unterschreitung der Normvorspannkraft  $F_v$  vorliegt.

Braunschweig, d.09.09.1992



Prof.Dr.-Ing.J.Scheer



Dipl.-Ing.St.Krümmel  
Sachbearbeiter



# TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG INSTITUT FÜR STAHLBAU

Abteilung Stahlbau: Prof. Dr.-Ing. J. Scheer

Bericht Nr. 6312/B

Auswirkungen der Anziehverfahren  
Drehmoment - und Drehwinkel -  
Verfahren auf das Tragverhalten  
von HV - Schrauben

## Auftraggeber

Institut für Bautechnik  
Reichpietschufer 74 - 76  
1000 Berlin 30

Dieser Bericht besteht aus 10 Seiten und 116 Anlagen

**Inhaltsverzeichnis**

	Seite	
1	Problemstellung	1
2	Prüfkörper	1
2.1	Prüfkörperauswahl	1
2.2	Schraubengarnituren	2
2.3	Kennzeichnung der Prüfkörper	2
3	Versuche	3
3.1	Versuchsumfang	3
3.2	Versuchseinrichtung	3
4	Versuchsergebnisse	6
4.1	Darstellung	6
4.2	Auswertung der Versuchsergebnisse	7
4.2.1	Allgemeines	7
4.2.2	Schrauben M24	9
4.2.3	Schrauben M16	9
4.2.4	Zusammenfassung	9

**Anlagenverzeichnis****Anlage**

Zusammenstellung der Versuchsergebnisse	1 - 6
Drehmoment-Vorspannkraft-Diagramme	
Drehwinkel-Drehmoment-Diagramme	
Drehwinkel-Vorspannkraft-Diagramme	7 - 116

## 1 Problemstellung

Bei Versuchen an feuerverzinkten Schrauben M24 10.9 wurde festgestellt, daß beim Vorspannen nach dem Drehmoment-Verfahren mit den in DIN 18800 Teil 7 angegebenen Vorspannmomenten  $M_v$  die angegebenen Vorspannkraft  $F_v$  nicht erreicht wurden (s.Bericht Nr.6312/A).

Nach Rücksprache mit dem Institut für Bautechnik Berlin, das uns Handlungsbedarf bestätigte, wurde die Zielrichtung des Forschungsvorhabens Nr.6312 geändert. Durch Versuche an verzinkten Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9 soll geklärt werden, ob die aufgetretenden Abweichungen im statistischen Sinne zufällig waren oder ob eine systematische Unterschreitung der Normvorspannkraft  $F_v$  vorliegt.

## 2 Prüfkörper

### 2.1 Prüfkörperauswahl

Als Grundgesamtheit werden die von deutschen Herstellern produzierten hochfesten verzinkten Schrauben, die bezüglich des Merkmales "Vorhandene Vorspannkraft  $F_v$  bei aufgebrachtem Anziehmoment  $M_v$  nach DIN 18800 Teil7" untersucht werden, definiert.

Im Rahmen dieses Vorhabens mußten die Untersuchungen auf Schrauben M24 und M16 beschränkt werden. Mit der oben angegebenen Definition sind damit 2 Grundgesamtheiten zu unterscheiden.

Die Grundgesamtheit 1 umfaßt alle feuerverzinkten Schrauben M24 der Festigkeitsklasse 10.9, die bezüglich des Merkmales "Vorhandene Vorspannkraft  $F_v$  bei aufgebrachtem Anziehmoment  $M_v = 800 \text{ Nm}$ " untersucht werden.

Die Grundgesamtheit 2 umfaßt alle feuerverzinkten Schrauben M16 der Festigkeitsklasse 10.9, die bezüglich des Merkmales "Vorhandene Vorspannkraft  $F_v$  bei aufgebrachtem Anziehmoment  $M_v = 250 \text{ Nm}$ " untersucht werden.

Feuerverzinkte Schrauben werden in Deutschland von mehreren Herstellern geliefert. Die untersuchten Schrauben stammen von den Firmen

Peiner Umformtechnik GmbH  
Fuchs Schraubenwerk GmbH  
August Friedberg GmbH

Es wurde deshalb jede Grundgesamtheit in 3 Teilmengen unterteilt. Aus jeder Teilmenge wurden 2 (konkrete) Stichproben entnommen.

Bei der Auswahl der 2 Stichproben aus den Teilmengen waren verschiedene Varianten denkbar. Möglich wäre z.B. die Entnahme von Schrauben gleicher Länge aus unterschiedlichen Chargen gewesen. Um einen eventuell vorhandenen Einfluß der Schraubenlänge auf die erreichten Vorspannkkräfte zu erfassen, wurden Schrauben unterschiedlicher Länge ( $l = 200$  mm und  $l = 140$  mm) entnommen. Die Wahl dieser speziellen Längen ist in der Versuchseinrichtung begründet (siehe dazu Pkt. 3.2).

Der Umfang jeder Stichprobe betrug  $n = 10$  Elemente (Realisierungen der Stichprobe).

## 2.2 Schraubengarnituren

Zur Durchführung der Versuche wurden uns von den obengenannten Herstellerfirmen zufällig ausgewählte Schraubengarnituren kostenlos zur Verfügung gestellt.

### Garnitur 1

- Sechskantschrauben M24 x 200 und M24 x 140 ,  
Festigkeitsklasse 10.9 DIN 6914, feuerverzinkt
- Sechskantmuttern M24, Festigkeitsklasse 10, DIN 6915,  
feuerverzinkt
- Scheiben für HV-Verbindungen, DIN 6916, feuerverzinkt

### Garnitur 2

- Sechskantschrauben M16 x 200 und M16 x 140  
Festigkeitsklasse 10.9, DIN 6914, feuerverzinkt
- Sechskantmuttern M16, Festigkeitsklasse 10, DIN 6915, feuerverzinkt
- Scheiben für HV-Verbindungen, DIN 6916, feuerverzinkt

Die Muttern waren von den Schraubenherstellern geschmiert. Die Schraubengarnituren wurden wie angeliefert verwendet. Die Schrauben einer Größe entstammen jeweils einer Charge.

Über die Art der Schmierung erhielten wir auf Anfrage von keiner der drei Herstellerfirmen detaillierte Aussagen, da es sich hierbei um firmeninternes Wissen handelt.

## 2.3 Kennzeichnung der Prüfkörper

Die Versuchskörper wurden innerhalb einer Versuchsserie fortlaufend nummeriert, wobei hinsichtlich der Schraubenhersteller, der Schraubendurchmesser und der Schraubenlänge unterschieden wird (Tab.1).

Kennzeichnung der Schrauben				
Hersteller	$\phi$ [mm]	Länge l [mm]		Nummer
Peine = A	M24 = 1	140 = k	200 = l	1-10
	M16 = 2	140 = k	200 = l	1-10
Fuchs = B	M24 = 1	140 = k	200 = l	1-10
	M16 = 2	140 = k		1-10
Friedberg = C	M24 = 1	140 = k	200 = l	1-10
	M16 = 2	140 = k	200 = l	1-10

Tab. 1 - Prüfkörperkennzeichnung

z.B. AlK03: - Hersteller : Peine  
 Durchmesser: M24  
 Länge : 140 mm  
 Nummer : 03

### 3 Versuche

#### 3.1 Versuchsumfang

Die Versuchsanzahl ergibt sich aus 10 Elementen x 2 Stichproben x 3 Hersteller = 60 Versuche je Grundgesamtheit bzw. Schraubendurchmesser, d.h. insgesamt 120 Versuche.

Auslösend für dieses Vorhaben waren die beim Drehmoment-Verfahren festgestellten Abweichungen. Innerhalb eines Versuches bestand zusätzlich die Möglichkeit, die mit dem Drehwinkelverfahren erreichten Vorspannkkräfte zu ermitteln, so daß die Versuche erst kurz vor dem Abwürgen der Schraube beendet wurden.

#### 3.2 Versuchseinrichtung

Die vollständige Versuchseinrichtung zum Vorspannen der Schrauben zeigen die Bilder 1 und 2.

Bei den Versuchen wurden kontinuierlich die Größen

- Vorspannkraft  $F_v$  in der Schraube,
- aufgebracht Anziehmoment (bzw. Drehmoment)  $M_v$  und
- Drehwinkel  $\phi$

gemessen.

Die Vorspannkraft in der Schraube wird mittels eines geeichten Kraftmeßringes (Bild 3), das Drehmoment mit einem geeichten Ringschlüssel, der mit Dehnungsmeßstreifen (DMS) versehen ist, elektrisch gemessen.

Die großen Schraubenlängen  $l=140$  mm und  $l=200$  mm ergeben sich aus der Versuchseinrichtung: Dicke des Kraftmeßringes und der Kalotte.

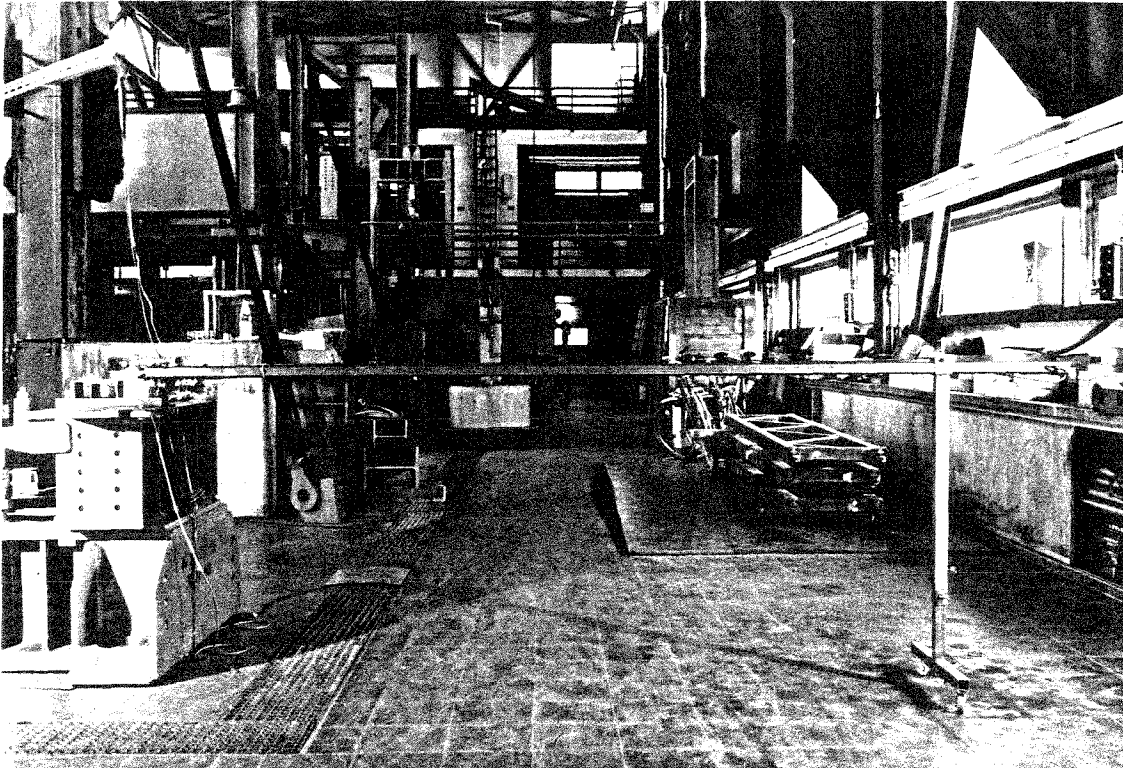


Bild 1 Versuchseinrichtung

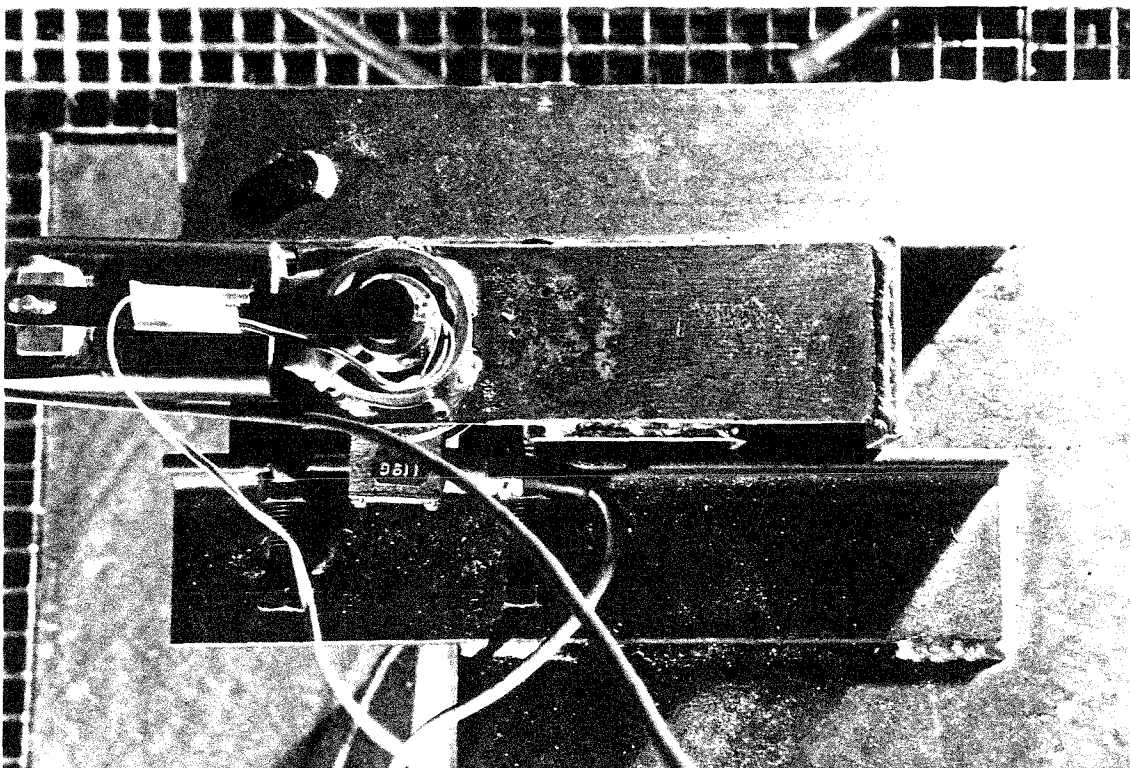


Bild 2 Versuchseinrichtung - Draufsicht

Beim Vorspannen werden der Drehwinkel der Mutter gegenüber der feststehenden Schraube mit einem Drehpotentiometeraufnehmer erfaßt. Dieser wird auf das gewindeseitige Schraubende aufgesetzt. Durch eine stabartige Verbindung des Drehpotentiometers mit dem Ringschlüssel wird das Drehpotentiometer während des Anziehens der Schraube mitgedreht und dadurch der Drehwinkel gemessen (Bild 2).

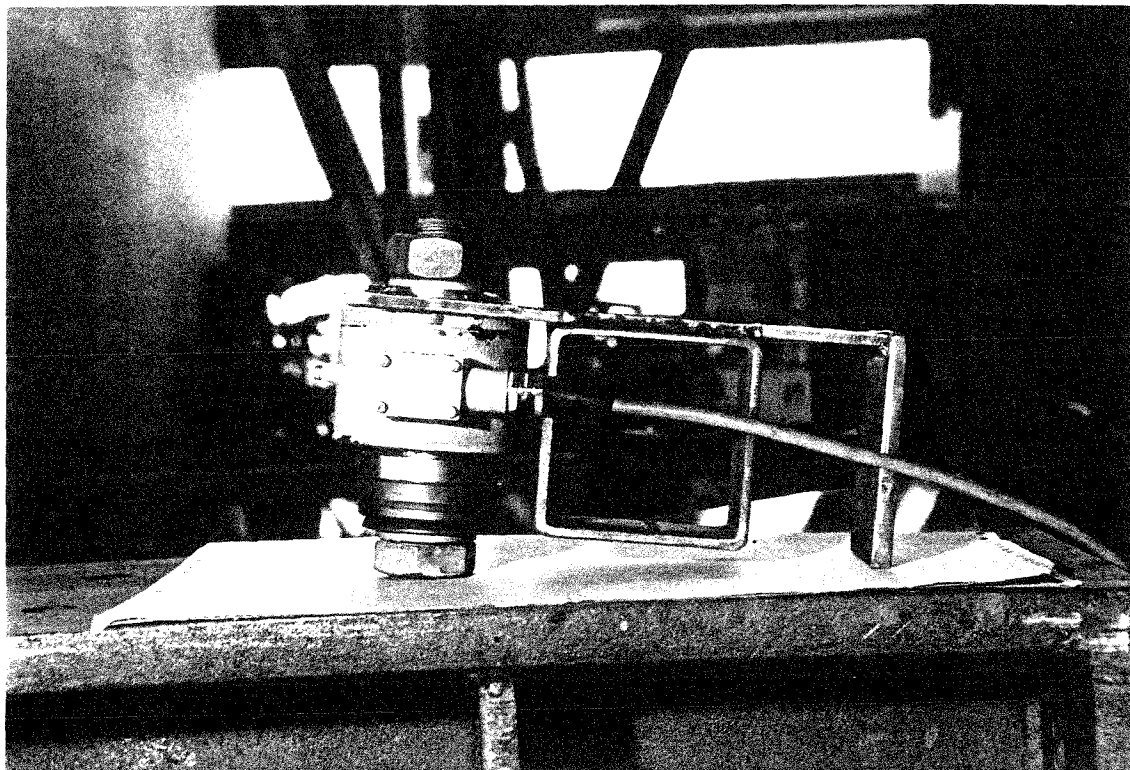


Bild 3 Kraftmeßring und Kalotte

Alle drei Meßwertaufnehmer sind an die Vielstellenmeßanlage UPM 60 angeschlossen, die während des Anziehvorganges die Meßwerte kontinuierlich aufnimmt und im Rechner zur Weiterverarbeitung abspeichert.

Zur Versuchsdurchführung wurde die zu prüfende Schraube durch die Kalotte und den Kraftmeßring geführt (Bild 3), danach die Mutter handfest angezogen, der Ringschlüssel auf die Mutter aufgesetzt und das Drehpotentiometer auf das gewindeseitige Ende der Schraube aufgesetzt. Die Garnitur wird, wie in Bild 2 gezeigt, eingesetzt.

Danach erfolgt der eigentliche Versuch, die Schraube wird mit dem Ringschlüssel angezogen. Der Versuch wird abgebrochen, sobald ein stärkeres Abfallen des Anziehmomentes auf dem Grafikbildschirm erkennbar ist, ein Zeichen für das Abwürgen der Schraube.

Bei ersten Vorversuchen wurde festgestellt, daß ein über diesen Bereich hinausgehendes Anziehen der Schraube mit dem Ringschlüssel zum "Festfressen" des Gewindes führt, und sich die Schraube nicht mehr durch Zurückdrehen der Mutter aus der Versuchseinrichtung (Kalotte und Kraftmeßring) entfernen läßt. Die Lösung war nur durch Zerstörung der Verbindung, Auftrennen der Mutter, möglich.

#### 4 Versuchsergebnisse

##### 4.1 Darstellung

Es wurden insgesamt 110 Schrauben geprüft. Die Ergebnisse der Versuche sind in den Tabellen der Anlagen 1 bis 6 aufgeführt. Nachstehend werden die einzelnen Spalten erläutert.

- 1.Spalte: Schraubenkennzeichnung
- 2.Spalte: Erreichte Vorspannkraft  $F_v$  bei einem aufzubringenden Anziehmoment  $M_v$  von
  - 800 Nm (M24)
  - 250 Nm (M16).
- 3.Spalte: Erreichtes Anziehmoment  $M_v$  bei einer erforderlichen Vorspannkraft  $F_v$  von
  - 220 kN (M24)
  - 100 kN (M16).
- 4.Spalte: Erreichter Drehwinkel  $\phi$  bei einem Voranziehmoment  $M_v$ 
  - 100 Nm (M24)
  - 50 Nm (M16)
- 5.Spalte: Erreichte Vorspannkraft  $F_v$  bei einem Drehwinkel  $\phi$  nach Spalte 4 zuzüglich eines Drehwinkels  $\phi=270$  grad
- 6.Spalte: Erreichter Drehwinkel  $\phi$  bei einer erforderlichen Vorspannkraft  $F_v$  von
  - 220 kN (M24)
  - 100 kN (M16)

Die grafische Darstellung der Versuche erfolgte jeweils in den 3 Diagrammen:

- Vorspannkraft  $F_v$  [kN] über Drehmoment  $M_v$  [Nm]
- Drehmoment  $M_v$  [Nm] über Drehwinkel  $\phi$  [grad]
- Vorspannkraft  $F_v$  [kN] über Drehwinkel  $\phi$  [grad]

Die Diagramme sind in den Anlagen 7 bis 116 zusammengestellt.



## 4.2 Auswertung der Versuchsergebnisse

### 4.2.1 Allgemeines

Zur Auswertung der Vorspannversuche, wurden die folgenden Stichprobenparameter errechnet:

Arithmetisches Mittel bzw.Mittelwert  
Standardabweichung,  
Spannweite und Variationskoeffizient.

- Mittelwert : 
$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

- Standardabweichung : 
$$s = \frac{\sum (x - \bar{x})}{\sqrt{n-1}}$$

- Spannweite : 
$$R = x_{\max} - x_{\min}$$

- Variations-  
koeffizient 
$$V = \frac{s}{\bar{x}}$$

Die nach den obigen Formeln errechneten Werte sind in den Tabellen 2 und 3 für Schrauben M24 sowie in den Tabellen 4 und 5 für Schrauben M16 zusammengestellt.

Bezeichnung der Schraube	Vorspannkraft $F_V$				
	$\bar{x}$ [kN]	$\bar{x}/F_{V\text{Norm}}$ [%]	s [kN]	R [kN]	V [%]
A1K01-10	189.10	85.95	11.66	37.36	2.055
A1L01-10	182.80	83.31	15.70	47.26	2.863
B1K01-10	194.25	88.30	18.45	63.46	3.166
B1L01-10	199.38	90.63	18.94	54.15	3.166
C1K01-10	191.30	86.95	6.82	21.43	1.188
C1L01-10	187.01	85.00	5.42	13.52	0.966

Tab. 2 - Vorspannkraft  $F_V$  Schrauben M24

Bezeichnung der Schraube	Anziehmoment $M_V$				
	$\bar{x}$ [kN]	$\bar{x}/M_{VNorm}$ [%]	s [kN]	R [kN]	V [%]
A1K01-10	912.26	48.55	48.55	144.97	1.774
A1L01-10	948.55	83.56	83.56	236.98	2.937
B1K01-10	895.76	80.00	80.00	272.88	2.977
B1L01-10	891.50	131.64	131.64	442.07	4.922
C1K01-10	887.85	28.20	28.20	82.83	1.059
C1L01-10	912.07	18.90	18.90	55.32	0.691

Tab. 3 - Anziehmoment  $M_V$  Schrauben M24

Bezeichnung der Schraube	Vorspannkraft $F_V$				
	$\bar{x}$ [kN]	$\bar{x}/F_{VNorm}$ [%]	s [kN]	R [kN]	V [%]
A2K01-10	104.99	104.99	8.35	29.66	2.651
A2L01-10	103.72	103.72	8.66	22.57	2.784
B2K01-10	113.97	113.97	9.63	27.82	2.816
B2L01-10	-----	-----	-----	-----	-----
C2K01-10	108.10	108.10	3.24	9.96	1.000
C2L01-10	117.29	117.29	4.24	10.40	1.204

Tab. 4 - Vorspannkraft  $F_V$  Schrauben M16

Bezeichnung der Schraube	Anziehmoment $M_V$				
	$\bar{x}$ [kN]	$\bar{x}/M_{VNorm}$ [%]	s [kN]	R [kN]	V [%]
A2K01-10	240.98	13.98	13.98	50.53	1.933
A2L01-10	242.99	20.63	20.63	56.47	2.794
B2K01-10	222.48	17.25	17.25	51.67	2.584
B2L01-10	-----	-----	-----	-----	-----
C2K01-10	233.89	6.58	6.58	19.27	0.937
C2L01-10	216.34	6.14	6.14	18.57	0.946

Tab.5 - Anziehmoment  $M_V$  Schrauben M16

- Hinweis: Schrauben M16 der Länge  $l=200$  mm der Firma Fuchs Schraubenwerk GmbH waren zum Zeitpunkt der Versuchsdurchführung nicht lieferbar. Im Anbetracht der ausreichenden Prüfkörpermenge ist auf diese Schrauben verzichtet worden.

#### 4.2.2 Schrauben M24

Die Versuche zeigen, daß bei verzinkten hochfesten Schrauben M24 die nach DIN 18800 Teil7 erforderliche Vorspannkraft von 220 kN bei dem vorgegebenen Anziehdrehmoment von 800 Nm im Mittel nicht erreicht wird. Die Länge der untersuchten Schrauben ( $l=140$  mm und  $l=200$  mm) hat darauf keinen Einfluß.

Aus Tabelle 2 ergibt sich der geringste Mittelwert mit rd.83% der erforderlichen Vorspannkraft (Schrauben M24,  $l=200$  mm, der Peiner Umformtechnik GmbH), der höchsten Wert mit rd.91% der erforderlichen Vorspannkraft (Schrauben M24,  $l=200$  mm, der Fuchs Schraubenwerk GmbH).

Die Spannweite R der Stichprobenwerte läßt eine große Streuung erkennen. Als Ausreißer wird ein Stichprobenwert definiert, der außerhalb des  $x \pm 4s$  - Bereiches liegt. Danach konnte keiner der erzielten Vorspannkraftwerte als Ausreißer bezeichnet werden, so daß alle Werte bei der Berechnung der Stichprobenparameter berücksichtigt werden mußten.

Die nach dem Drehwinkelverfahren erzielten Vorspannkraftwerte liegen weit über den erforderlichen Werten, so daß ein Abdrehen der Schrauben nicht auszuschließen ist. Die Länge der Schrauben hat hierauf ebenfalls keinen Einfluß.

#### 4.2.3 Schrauben M16

Im Gegensatz dazu zeigen die Versuche mit Schrauben M16, daß die nach DIN 18800 Teil7 erforderliche Vorspannkraft von 100 kN bei dem vorgegebenen Anziehdrehmoment von 250 Nm im Mittel erreicht bzw. geringfügig überschritten wird. Diese geringfügige Überschreitung ist für die Sicherheit von ausgeführten Konstruktionen ohne Bedeutung.

Die nach dem Drehwinkelverfahren erzielten Vorspannkraftwerte liegen weit über den erforderlichen Werten, so daß ein Abdrehen der Schrauben nicht auszuschließen ist. Die Länge der Schrauben hat hierauf ebenfalls keinen Einfluß.

#### 4.2.4 Zusammenfassung

Im Rahmen des Berichtes 6312/B wurden an Schrauben M24 und M16 Versuche nach dem Drehmoment-Verfahren zur Überprüfung der Vorspannkraft  $F_v$  durchgeführt.

Die untersuchten Stichproben wurden von 3 verschiedenen Herstellern bezogen, wobei 2 Durchmesser sowie 2 Längen ausgewählt wurden.

Mit der Versuchseinrichtung konnten die Vorspannkraft  $F_V$ , das Anziehungsmoment (bzw. Drehmoment)  $M_V$  und der Drehwinkel  $\phi$  gemessen werden.

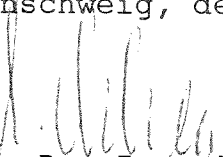
Die Auswertung der Versuchsergebnisse ergab, daß bei Schrauben M24 die Unterschreitung der Vorspannkraft  $F_V$  aus Bericht 6312/A bestätigt werden konnte.

Bei Schrauben M16 ergab sich eine geringfügige Überschreitung der Vorspannkraft  $F_V$ .

Eine generelle Unterschreitung der Vorspannkraft liegt somit nicht vor. Die Übereinstimmung der im Versuch erzielten Vorspannkraft mit den nach DIN 18800 Teil 7 hängt offensichtlich vom Schraubendurchmesser ab.

In diesem Bericht 6312/B sind nur die Schraubendurchmesser M24 und M16 untersucht worden. Um über andere Durchmesser genaue Aussagen treffen zu können, sind weitere Versuche mit verschiedenen Durchmessern erforderlich.

Braunschweig, den 02.09.1992



Prof. Dr.-Ing. J. Scheer



Dipl.-Ing. H. Reim  
Sachbearbeiterin

Schraubenkennzeichnung: A1K01 - A1K10 (M24 x 140)  
 Hersteller: PEINER Umformtechnik GmbH

Kenn- zeich- nung	$F_v$ [kN] bei 800 Nm	$M_v$ [Nm] bei 220 kN	$\phi$ [grd] bei 100 Nm	$F_v$ [kN] bei 270 grd	$\phi$ [grd] bei 220 kN
A1K01	183.77	933.37	118.20	333.11	116.22
A1K02	211.52	825.36	97.77	356.29	123.71
A1K03	184.48	928.20	83.37	350.68	107.45
A1K04	196.24	872.58	107.33	372.16	104.30
A1K05	194.40	889.15	106.58	353.34	118.95
A1K06	194.30	894.01	89.08	364.79	113.03
A1K07	197.18	876.66	94.27	369.36	135.78
A1K08	175.72	970.33	88.70	324.55	98.16
A1K09	174.16	967.47	100.25	343.50	136.96
A1K10	179.26	965.45	116.34	330.73	131.64

Schraubenkennzeichnung: A1L01 - A1L10 (M24 x 200)  
 Hersteller: PEINER Umformtechnik GmbH

Kenn- zeich- nung	$F_v$ [kN] bei 800 Nm	$M_v$ [Nm] bei 220 kN	$\phi$ [grd] bei 100 Nm	$F_v$ [kN] bei 270 grd	$\phi$ [grd] bei 220 kN
A1L01	165.16	1060.37	61.90	292.56	133.46
A1L02	175.22	983.87	113.85	320.82	145.92
A1L03	195.46	872.94	86.23	337.27	122.47
A1L04	197.75	865.60	247.62	341.08	124.69
A1L05	179.60	941.40	179.16	329.98	154.34
A1L06	172.61	1000.27	184.83	307.80	151.56
A1L07	157.33	1083.82	205.58	293.35	148.56
A1L08	182.37	953.31	183.30	318.91	142.80
A1L09	197.91	877.10	108.06	341.22	124.93
A1L10	204.59	846.84	176.01	342.27	147.70

Schraubenkennzeichnung: B1K01 - B1K10 (M24 x 140)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH

Kenn- zeich- nung	F <sub>v</sub> [kN] bei 800 Nm	M <sub>v</sub> [Nm] bei 220 kN	φ [grd] bei 100 Nm	F <sub>v</sub> [kN] bei 270 grd	φ [grd] bei 220 kN
B1K01	200.84	864.68	59.71	---	87.36
B1K02	197.42	879.05	73.57	---	117.95
B1K03	154.22	1079.49	73.59	---	108.39
B1K04	173.91	975.31	109.71	349.58	130.95
B1K05	204.15	854.01	84.92	---	87.04
B1K06	189.94	915.25	93.18	346.46	109.34
B1K07	190.77	902.49	74.88	---	115.47
B1K08	207.00	841.86	139.32	350.42	104.30
B1K09	217.67	806.61	114.43	344.84	124.58
B1K10	206.63	838.83	105.36	350.57	122.43

Schraubenkennzeichnung: B1L01 - B1L10 (M24 x 200)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH

Kenn- zeich- nung	F <sub>v</sub> [kN] bei 800 Nm	M <sub>v</sub> [Nm] bei 220 kN	φ [grd] bei 100 Nm	F <sub>v</sub> [kN] bei 270 grd	φ [grd] bei 220 kN
B1L01	183.79	907.32	73.96	340.16	127.18
B1L02	166.49	1239.72	99.75	312.75	131.03
B1L03	220.64	797.66	75.44	363.75	116.13
B1L04	216.47	806.47	62.30	357.02	111.85
B1L05	204.19	849.75	112.19	298.06	136.30
B1L06	218.95	802.38	82.50	338.06	110.70
B1L07	204.67	845.86	110.83	342.30	147.08
B1L08	194.33	887.60	77.76	318.12	108.50
B1L09	209.37	831.58	88.25	347.96	122.92
B1L10	174.89	946.66	71.34	317.39	142.82

Schraubenkennzeichnung: C1K01 - C1K10 (M24 x 140)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH

Kennzeichnung	$F_v$ [kN] bei 800 Nm	$M_v$ [Nm] bei 220 kN	$\phi$ [grad] bei 100 Nm	$F_v$ [kN] bei 270 grad	$\phi$ [grad] bei 220 kN
C1K01	193.63	863.15	81.77	339.72	112.79
C1K02	179.12	919.23	97.79	332.58	85.56
C1K03	195.73	872.83	91.54	332.84	88.70
C1K04	200.56	836.77	101.08	333.09	85.08
C1K05	197.22	867.78	80.62	333.81	87.23
C1K06	188.85	917.21	97.90	330.69	86.76
C1K07	187.89	900.13	97.88	333.57	88.82
C1K08	186.09	919.59	80.63	331.46	128.69
C1K09	185.66	902.81	82.13	333.41	92.20
C1K10	198.21	878.97	53.31	340.48	87.75

Schraubenkennzeichnung: C1L01 - C1L10 (M24 x 200)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH

Kennzeichnung	$F_v$ [kN] bei 800 Nm	$M_v$ [Nm] bei 220 kN	$\phi$ [grad] bei 100 Nm	$F_v$ [kN] bei 270 grad	$\phi$ [grad] bei 220 kN
C1L01	194.00	897.36	67.12	349.25	153.66
C1L02	184.03	927.62	60.75	341.14	108.86
C1L03	191.04	895.08	61.25	355.06	108.28
C1L04	194.05	884.65	54.90	360.68	106.07
C1L05	183.03	920.89	59.30	356.46	106.61
C1L06	181.35	931.10	60.01	349.46	109.11
C1L07	191.03	895.56	66.15	346.20	110.36
C1L08	189.38	903.84	92.99	351.48	116.80
C1L09	180.53	939.97	83.56	352.36	108.29
C1L10	181.62	924.61	119.08	348.39	115.34

Schraubenkennzeichnung: A2K01 - A2K10 (M16 x 140)  
 Hersteller: PEINER Umformtechnik GmbH

Kennzeichnung	$F_v$ [kN] bei 250 Nm	$M_v$ [Nm] bei 100 kN	$\phi$ [grd] bei 50 Nm	$F_v$ [kN] bei 270 grd	$\phi$ [grd] bei 100 kN
A2K01	101.39	246.97	54.25	157.37	97.91
A2K02	100.32	249.33	92.59	145.78	104.64
A2K03	101.73	245.93	113.82	139.79	101.66
A2K04	102.08	243.90	95.77	149.33	105.92
A2K05	113.56	228.91	78.10	153.72	113.14
A2K06	100.93	247.79	92.06	142.56	104.77
A2K07	108.36	229.46	99.32	151.16	107.23
A2K08	123.74	212.71	77.77	155.68	100.50
A2K09	94.08	263.25	78.57	139.50	101.27
A2K10	103.74	241.54	85.86	141.94	104.74

Schraubenkennzeichnung: A2L01 - A2L10 (M16 x 200)  
 Hersteller: PEINER Umformtechnik GmbH

Kennzeichnung	$F_v$ [kN] bei 250 Nm	$M_v$ [Nm] bei 100 kN	$\phi$ [grd] bei 50 Nm	$F_v$ [kN] bei 270 grd	$\phi$ [grd] bei 100 kN
A2L01	110.43	224.10	95.35	153.30	128.14
A2L02	112.55	225.68	80.36	162.09	129.69
A2L03	111.46	228.16	81.15	159.12	132.43
A2L04	95.17	260.61	83.95	149.50	128.45
A2L05	91.39	269.30	76.63	150.36	143.98
A2L06	101.56	246.37	81.78	160.91	126.16
A2L07	89.98	280.57	98.88	-----	117.64
A2L08	107.75	232.49	103.44	157.25	138.34
A2L09	105.95	235.09	87.75	158.12	122.45
A2L10	110.98	226.95	86.51	155.83	124.30



Schraubenkennzeichnung: B2K01 - B2K10 (M16 x 140)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH

Kenn- zeich- nung	$F_v$ [kN] bei 250 Nm	$M_v$ [Nm] bei 100 kN	$\phi$ [grd] bei 50 Nm	$F_v$ [kN] bei 270 grd	$\phi$ [grd] bei 100 kN
B2K01	124.25	206.41	69.13	156.37	111.60
B2K02	109.52	233.22	116.61	154.27	104.70
B2K03	126.41	196.63	96.19	153.45	102.69
B2K04	111.83	223.71	80.90	159.80	106.48
B2K05	100.68	248.30	68.19	122.71	112.50
B2K06	115.43	217.73	110.13	151.44	101.54
B2K07	128.50	201.23	90.97	141.99	110.28
B2K08	111.56	226.38	72.24	147.46	107.22
B2K09	108.87	227.39	73.75	153.39	101.42
B2K10	102.67	243.78	110.89	140.82	111.76

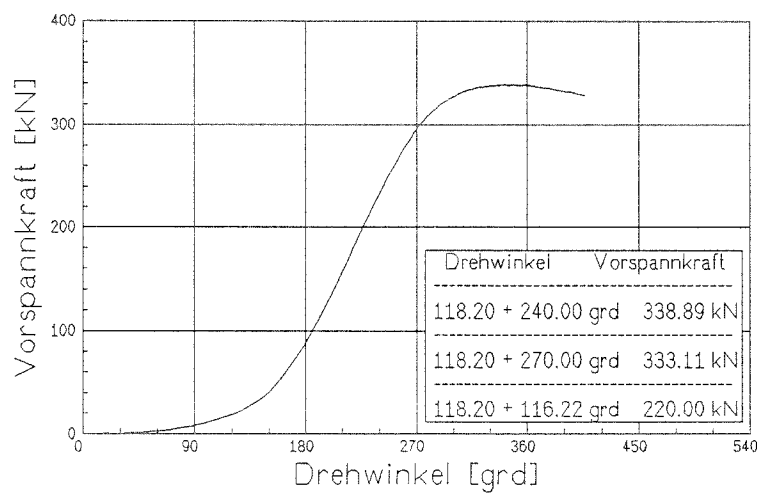
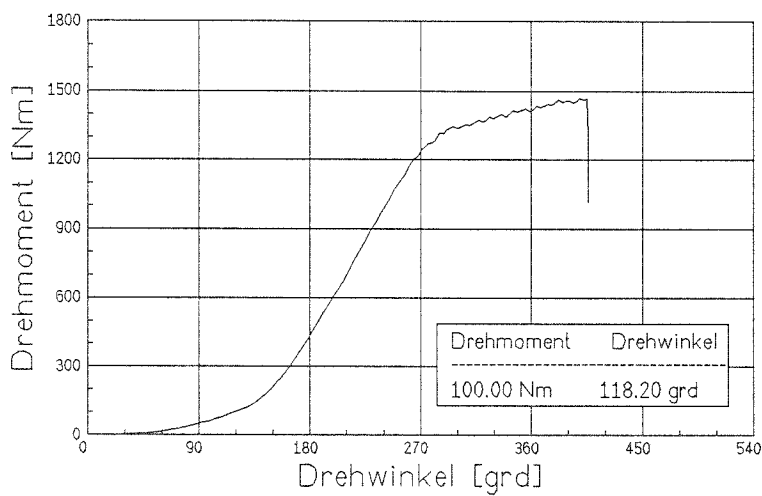
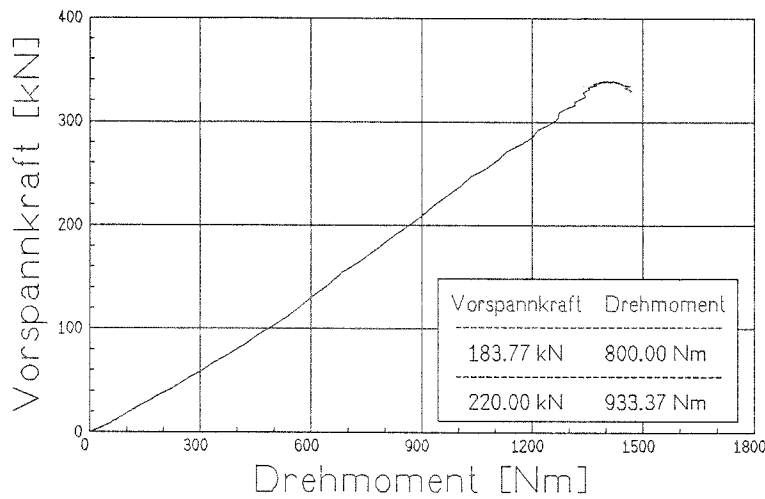
Schraubenkennzeichnung: C2K01 - C2K10 (M16 x 140)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH

Kenn- zeich- nung	$F_v$ [kN] bei 250 Nm	$M_v$ [Nm] bei 100 kN	$\phi$ [grd] bei 50 Nm	$F_v$ [kN] bei 270 grd	$\phi$ [grd] bei 100 kN
C2K01	105.30	241.09	157.56	---	119.41
C2K02	109.16	233.25	87.79	121.12	119.47
C2K03	107.51	233.13	91.82	137.07	139.91
C2K04	104.14	242.07	95.29	---	116.13
C2K05	108.68	232.57	38.05	---	110.79
C2K06	112.47	223.97	97.47	136.51	109.14
C2K07	108.19	231.32	116.36	---	66.90
C2K08	108.23	233.04	82.09	119.81	109.27
C2K09	113.66	225.26	76.05	119.86	109.93
C2K10	103.70	243.24	69.33	117.29	112.27

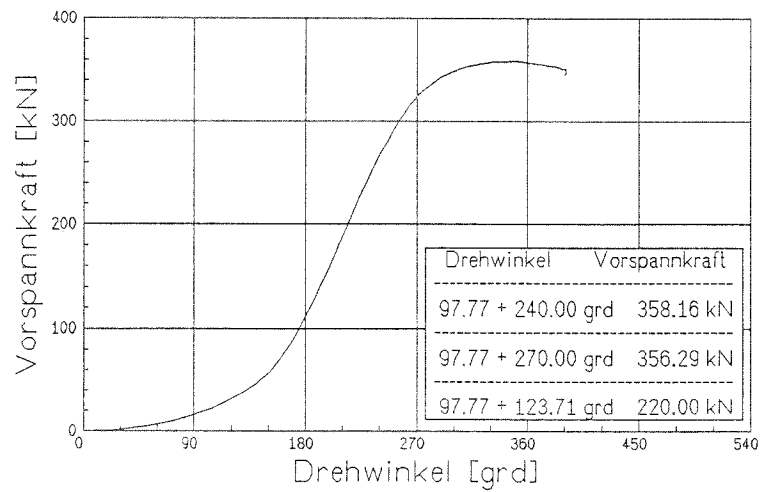
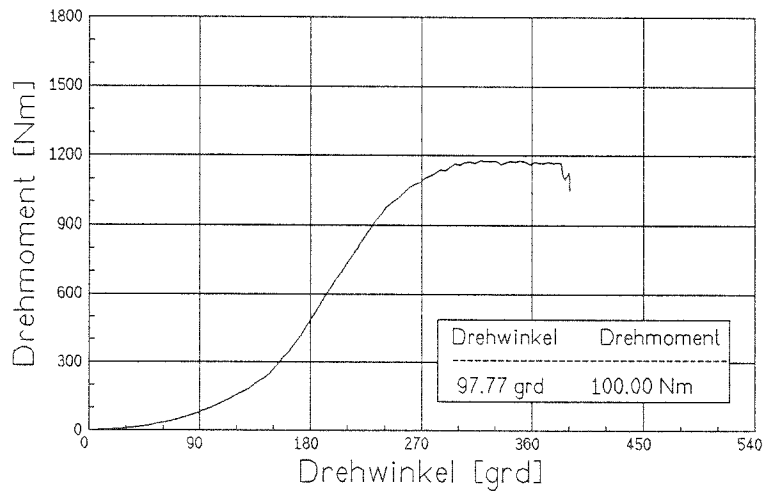
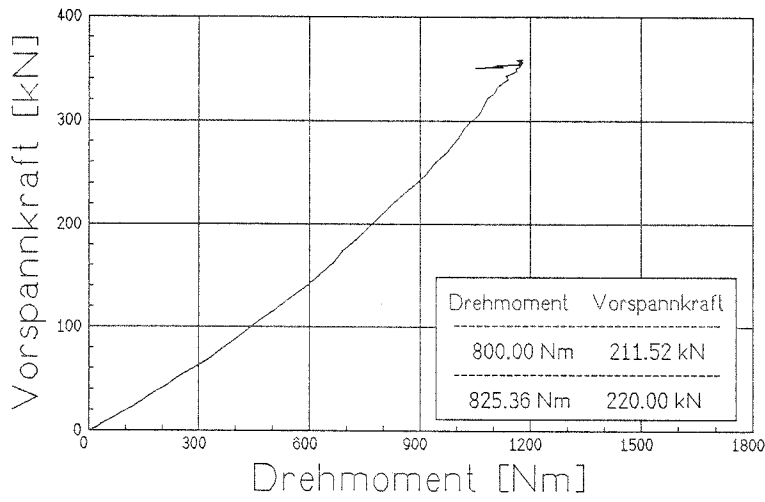
Schraubenkennzeichnung: C2L01 - C2L10 (M16 x 200)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH

Kenn- zeich- nung	$F_v$ [kN] bei 250 Nm	$M_v$ [Nm] bei 100 kN	$\phi$ [grd] bei 50 Nm	$F_v$ [kN] bei 270 grd	$\phi$ [grd] bei 100 kN
C2L01	121.85	208.68	115.86	149.53	129.10
C2L02	121.15	208.48	85.33	150.85	124.62
C2L03	122.34	210.37	109.00	151.97	132.61
C2L04	112.20	215.86	120.63	157.44	142.56
C2L05	113.57	227.05	82.53	155.87	126.63
C2L06	120.50	215.01	122.27	151.29	120.65
C2L07	111.94	223.91	121.96	143.16	148.64
C2L08	114.03	217.83	125.94	153.91	126.53
C2L09	119.98	217.28	85.09	149.27	131.88
C2L10	115.33	218.88	103.74	151.08	121.34

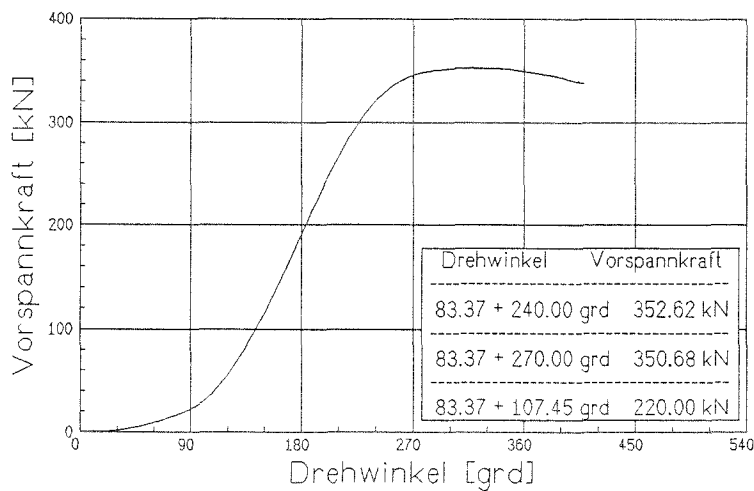
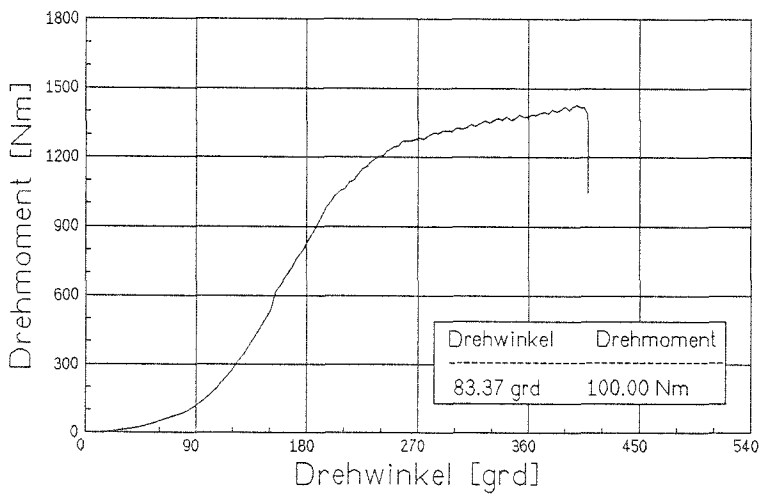
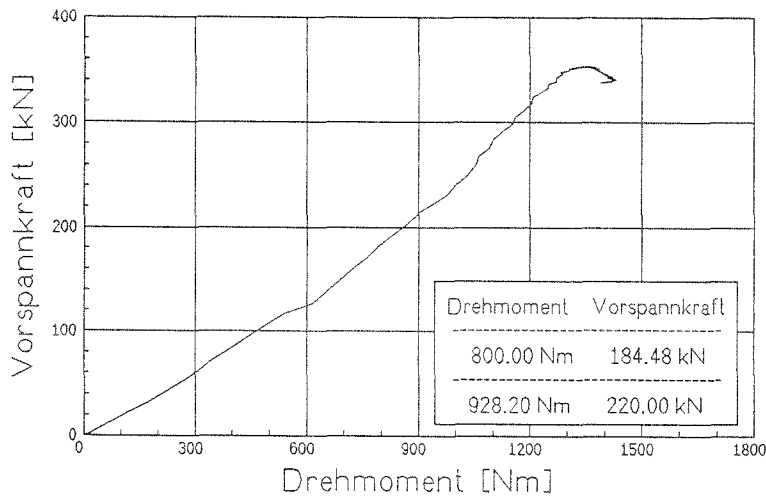
Schraubenkennzeichnung: A1K01 (M24 x 140)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



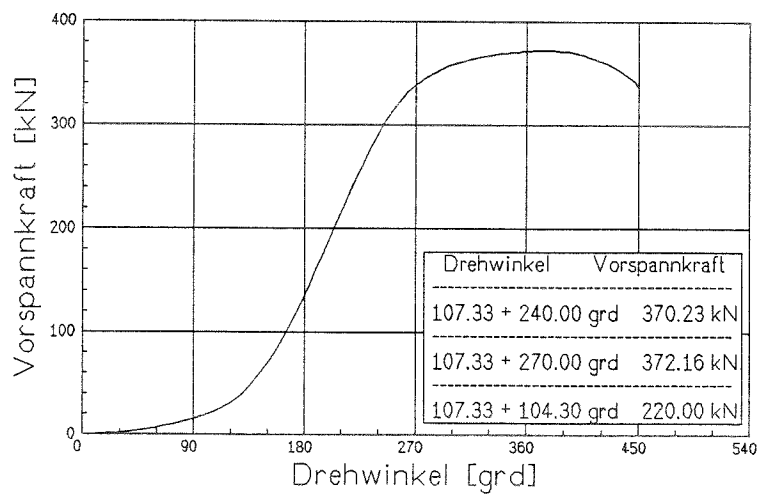
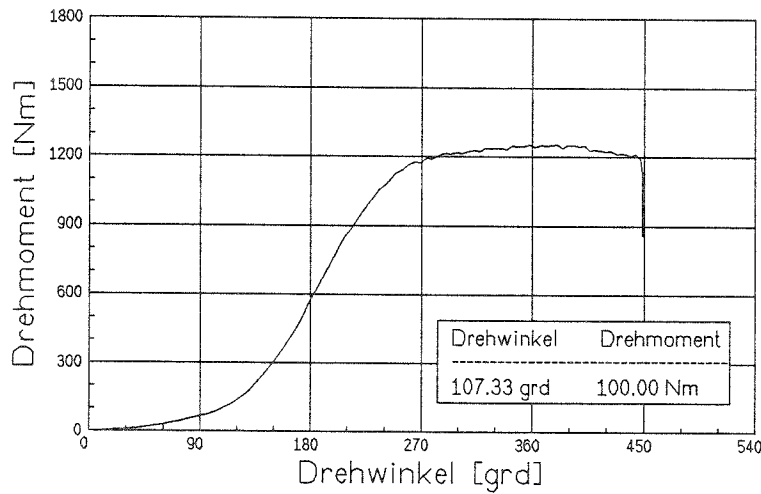
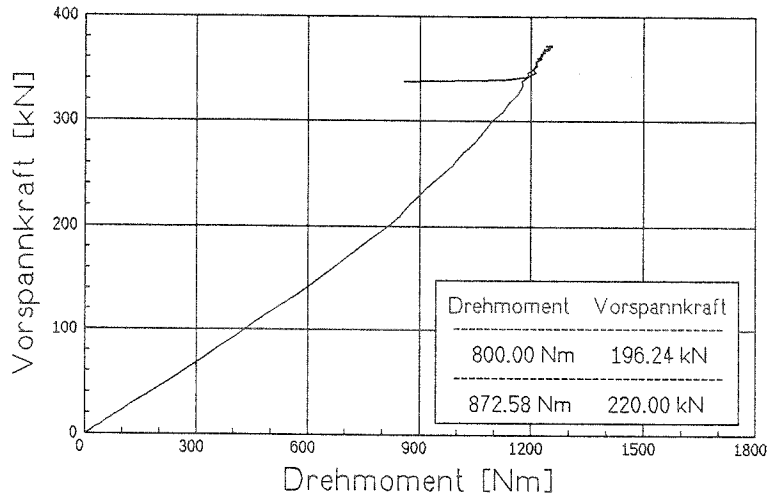
Schraubenkennzeichnung: A1K02 (M24 x 140)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



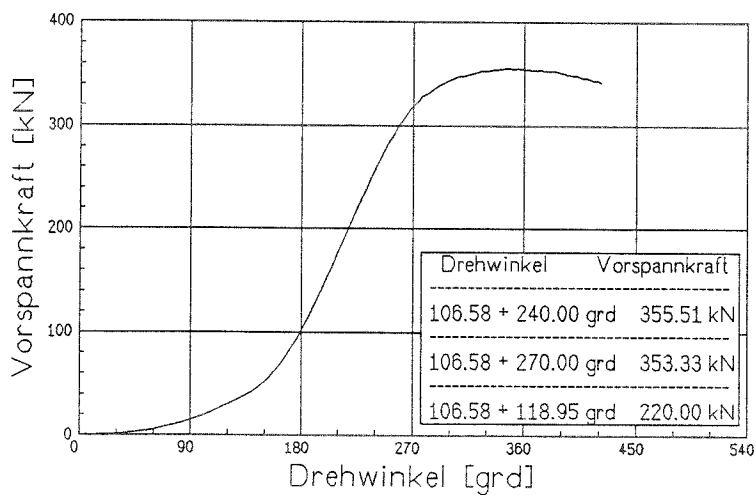
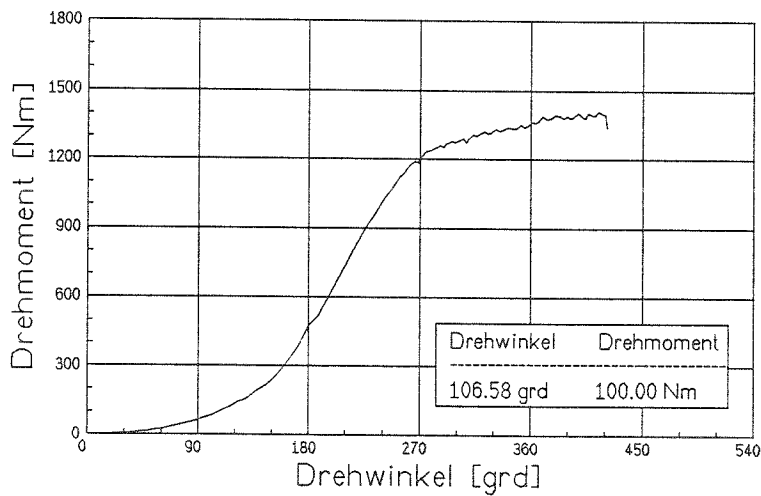
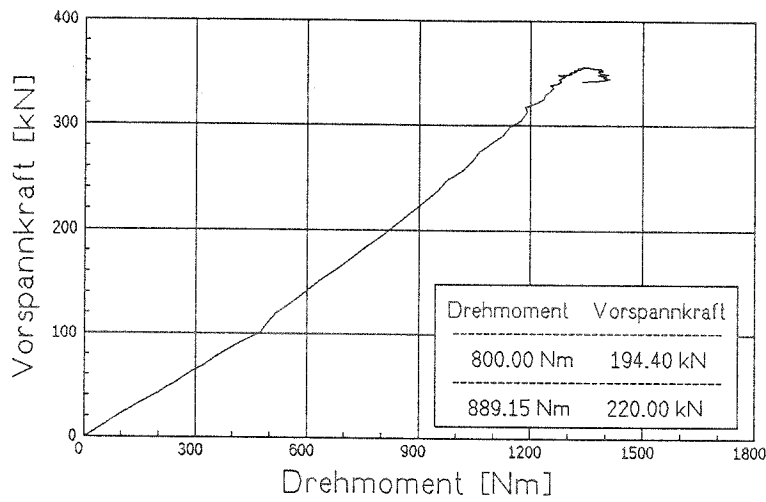
Schraubenkennzeichnung: A1K03 (M24 x 140)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



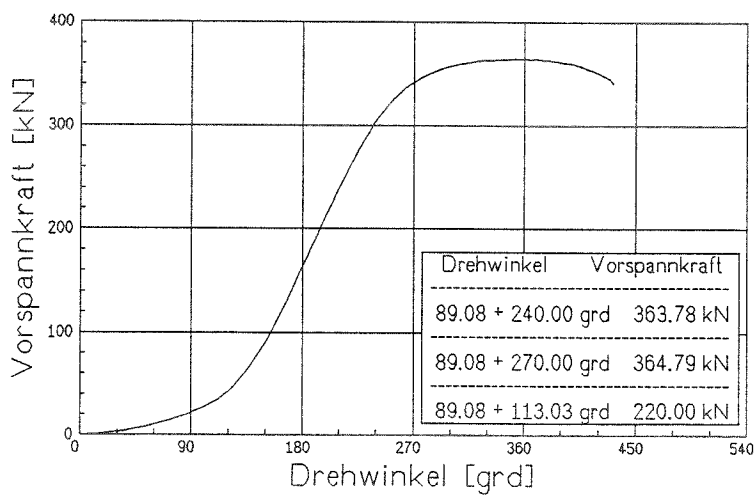
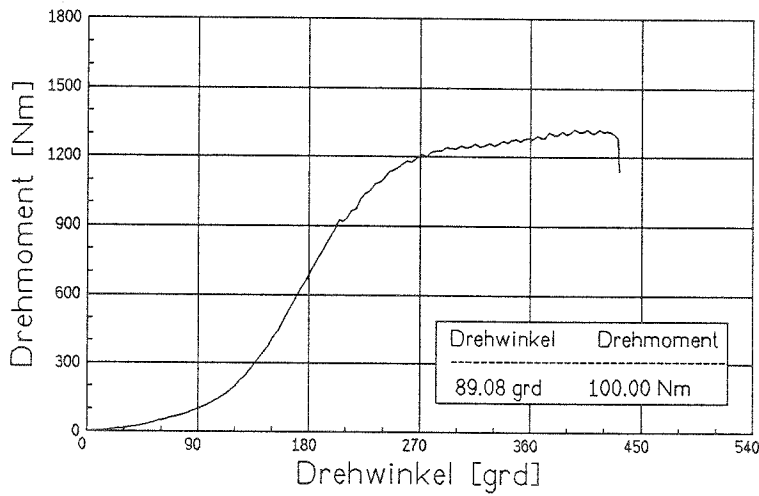
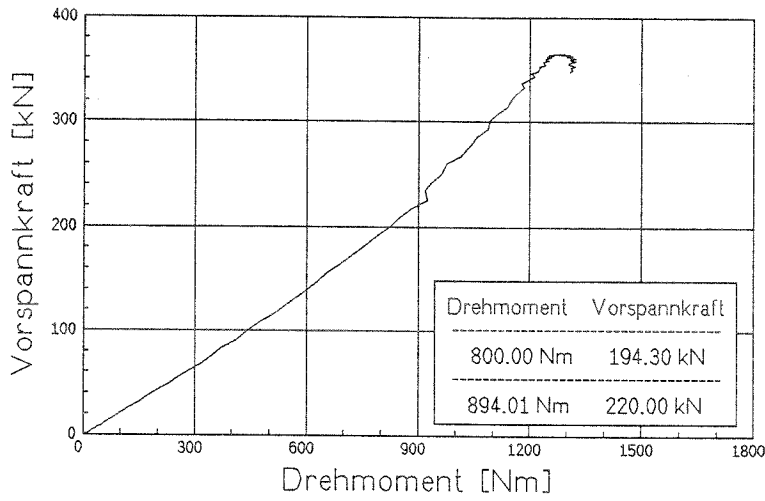
Schraubenkennzeichnung: A1K04 (M24 x 140)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



Schraubenkennzeichnung: A1K05 (M24 x 140)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH

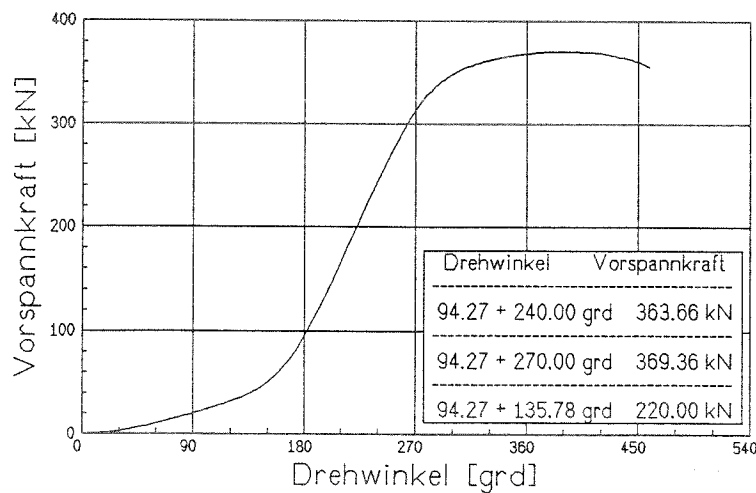
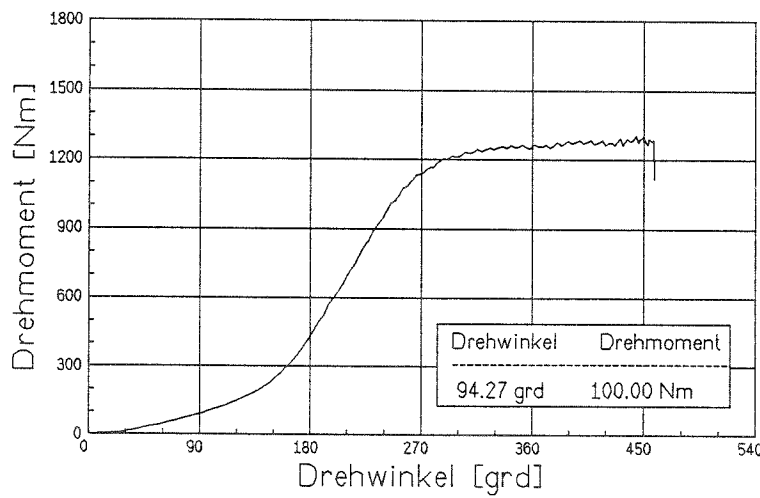
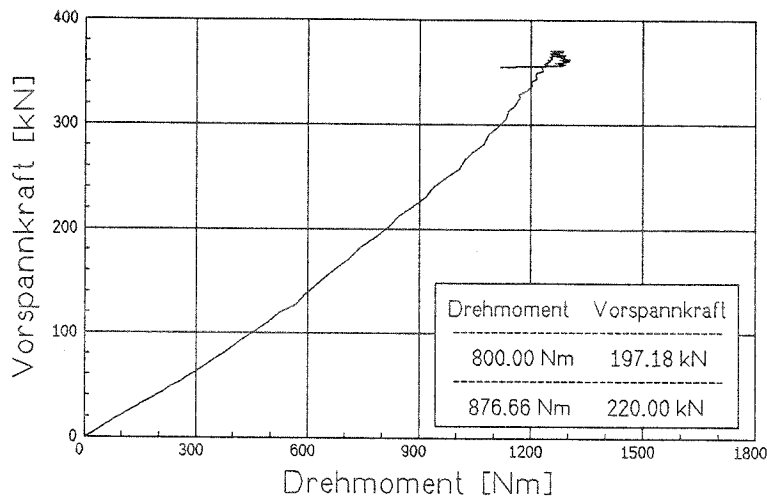


Schraubenkennzeichnung: A1K06 (M24 x 140)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH

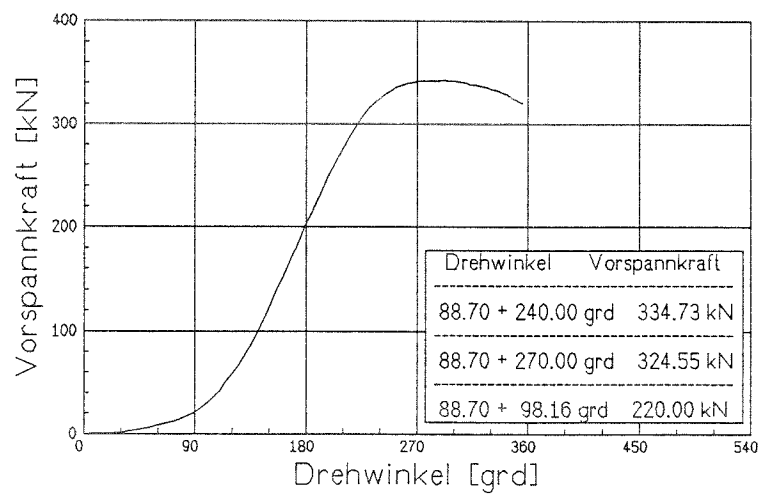
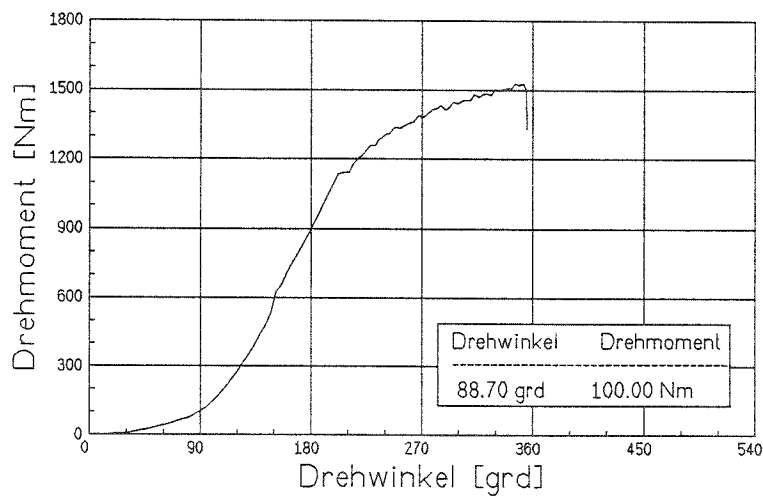
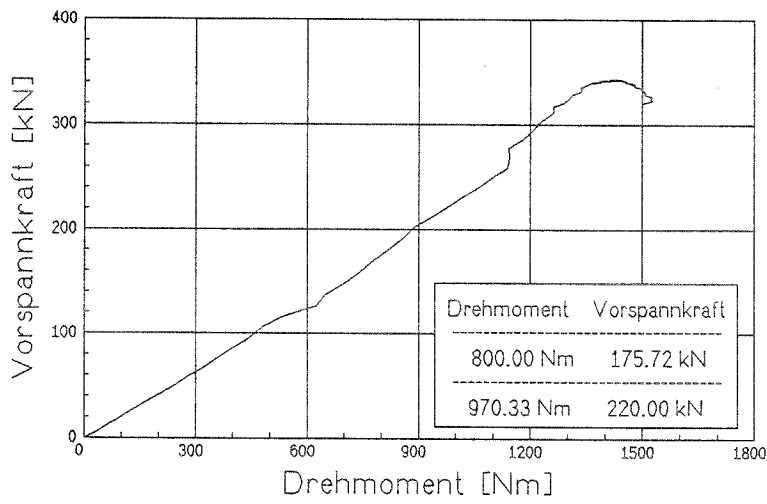




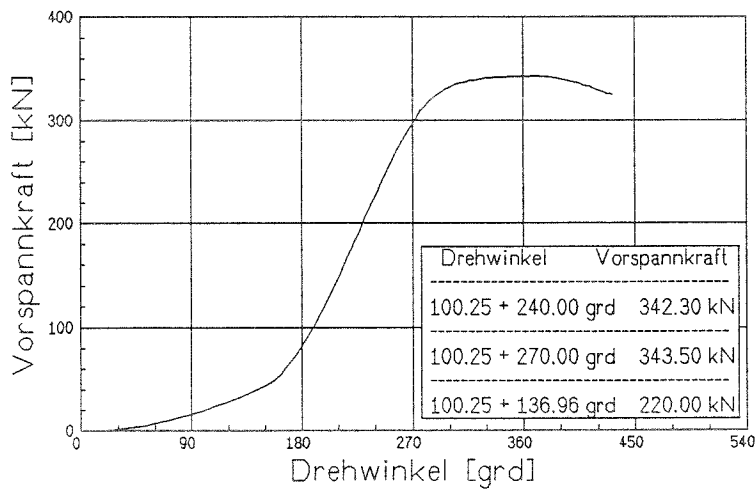
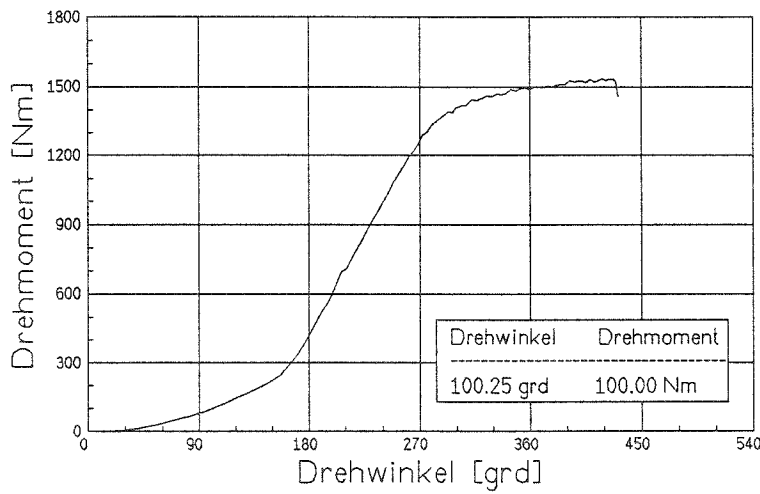
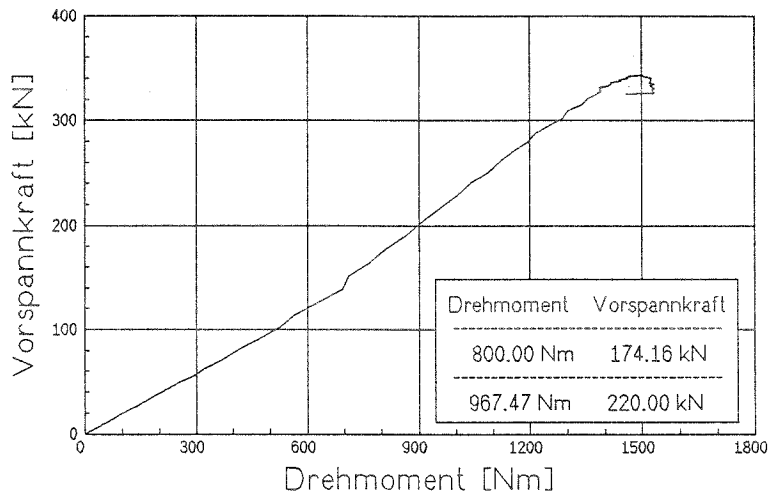
Schraubenkennzeichnung: A1K07 (M24 x 140)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



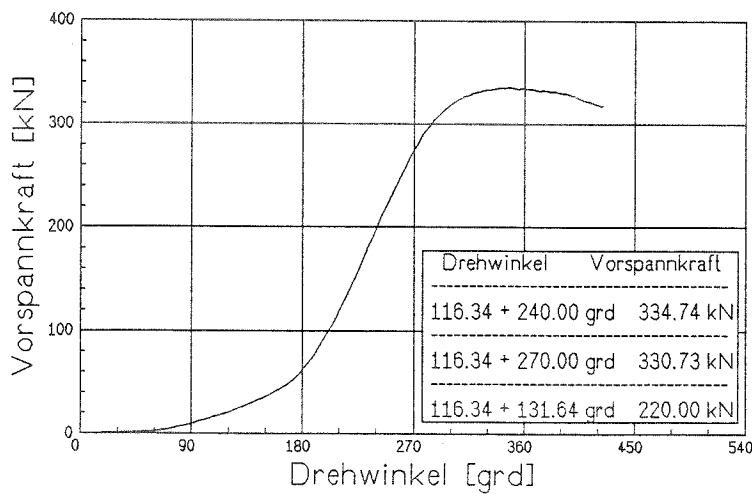
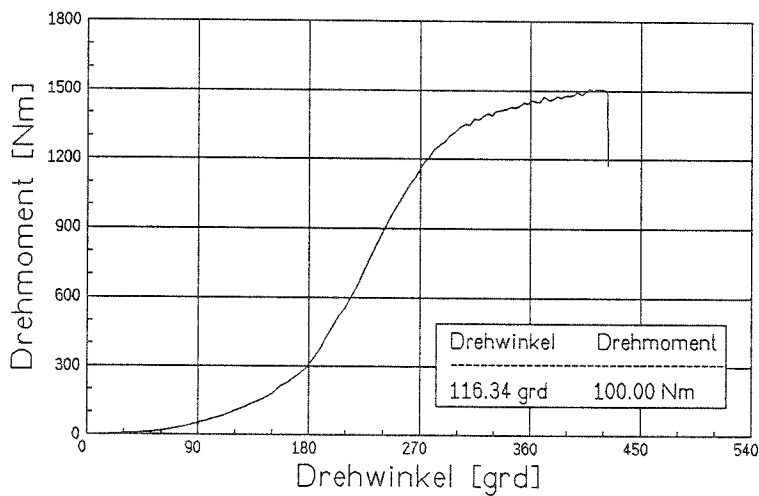
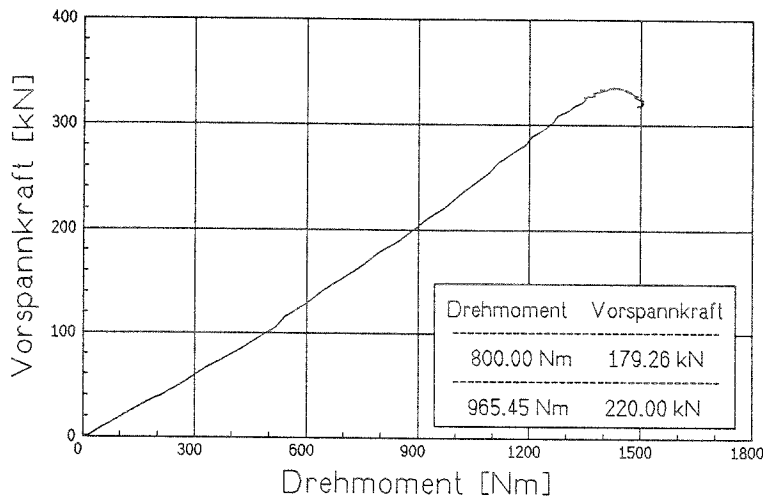
Schraubenkennzeichnung: A1K08 (M24 x 140)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



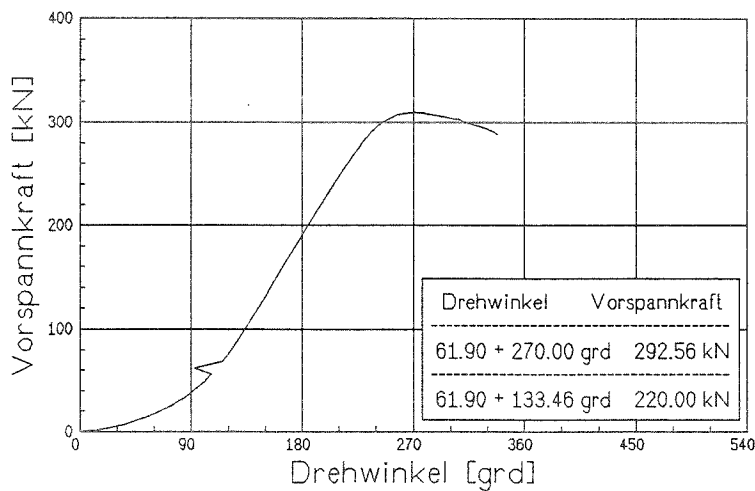
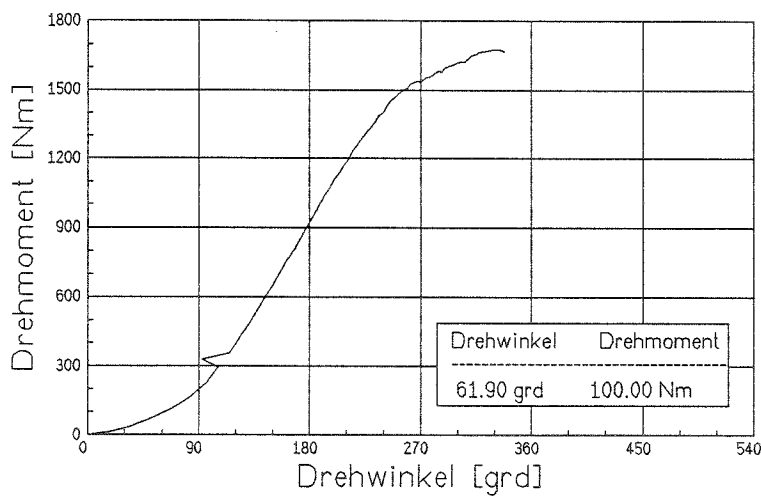
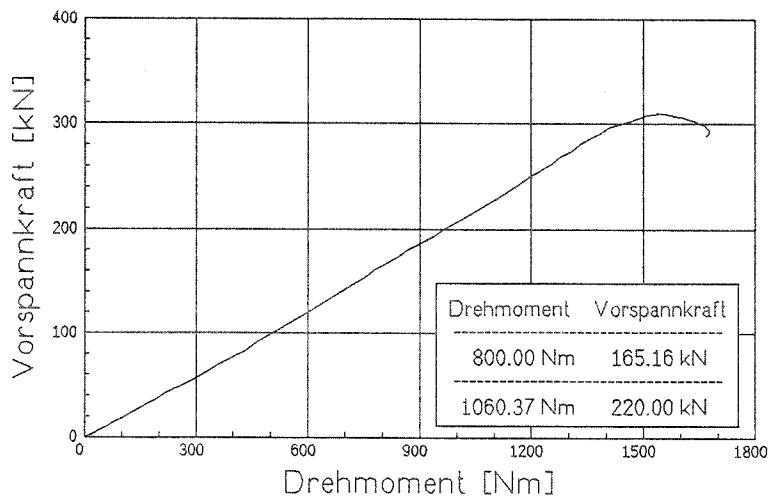
Schraubenkennzeichnung: A1K09 (M24 x 140)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



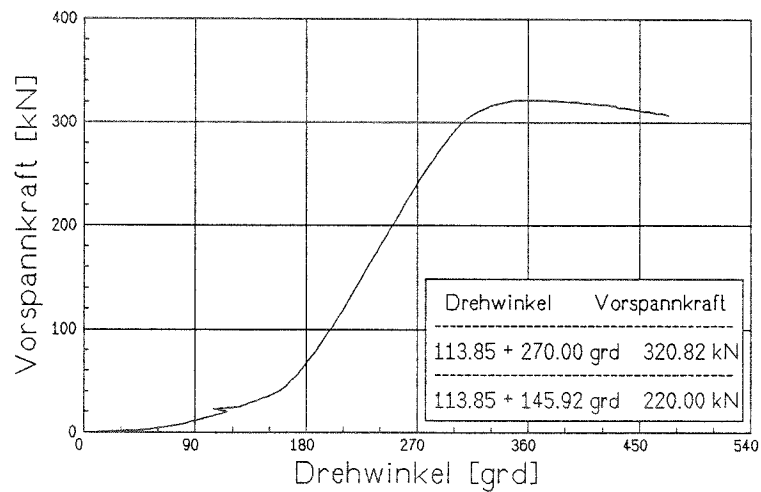
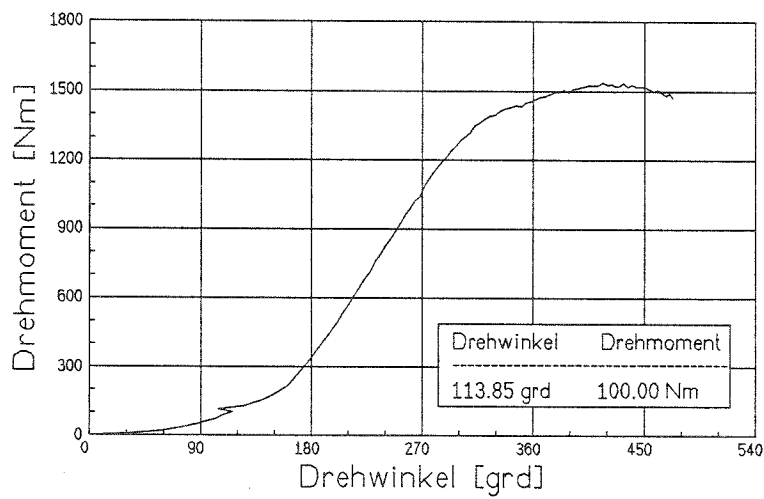
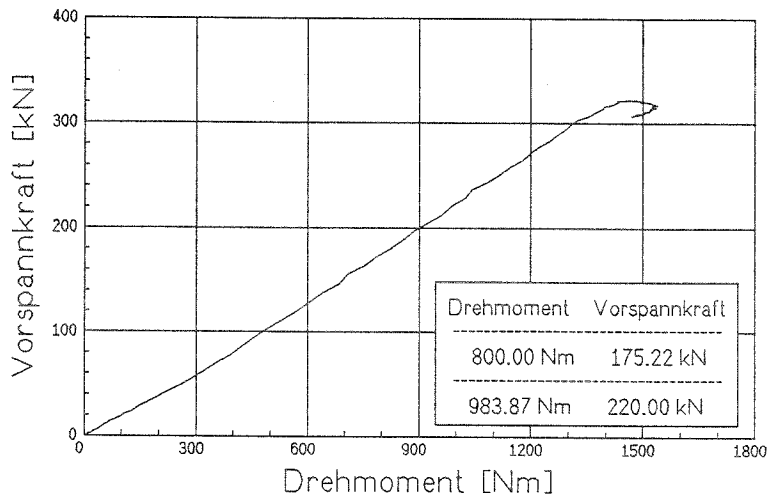
Schraubenkennzeichnung: A1K10 (M24 x 140)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



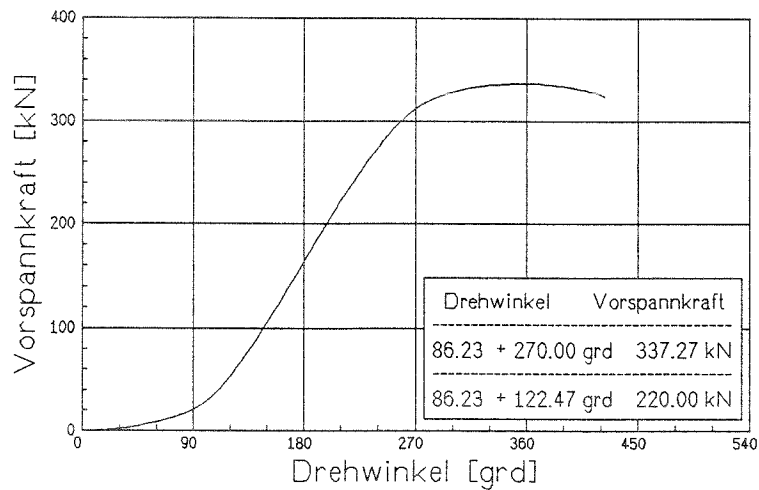
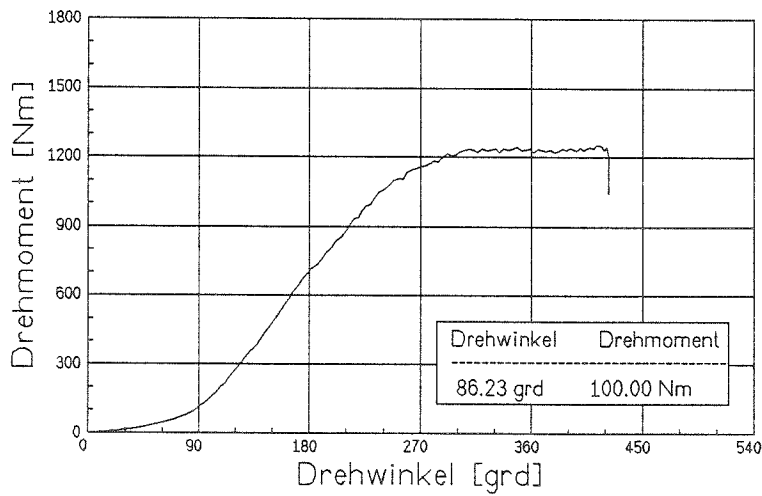
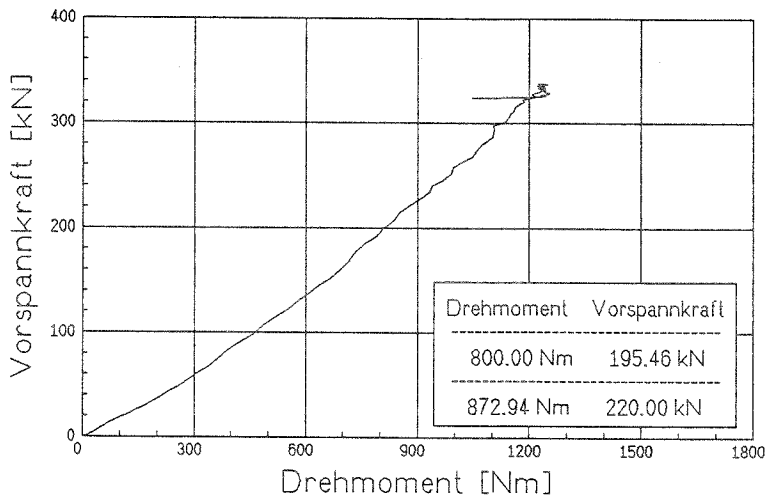
Schraubenkennzeichnung: A1L01 (M24 x 200)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



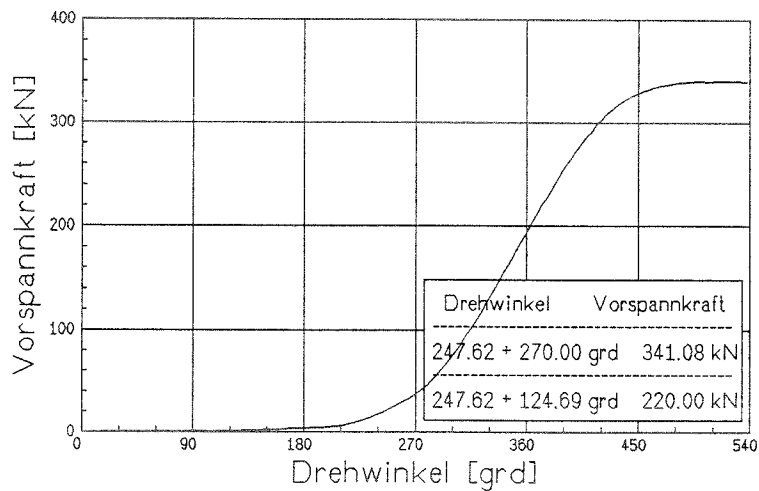
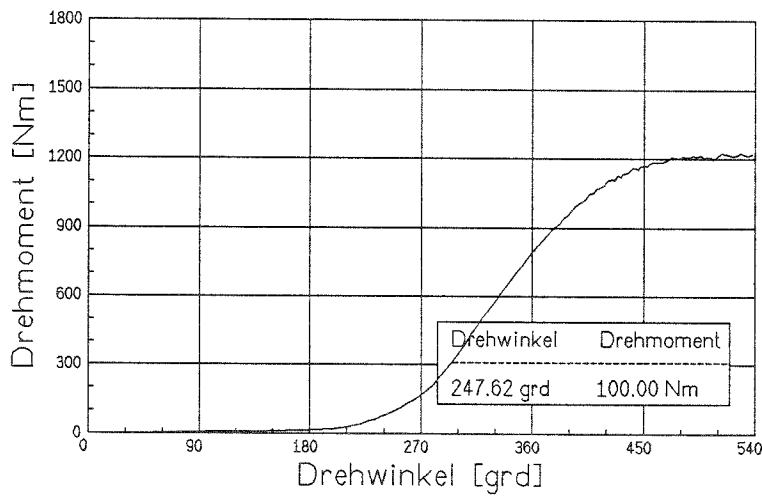
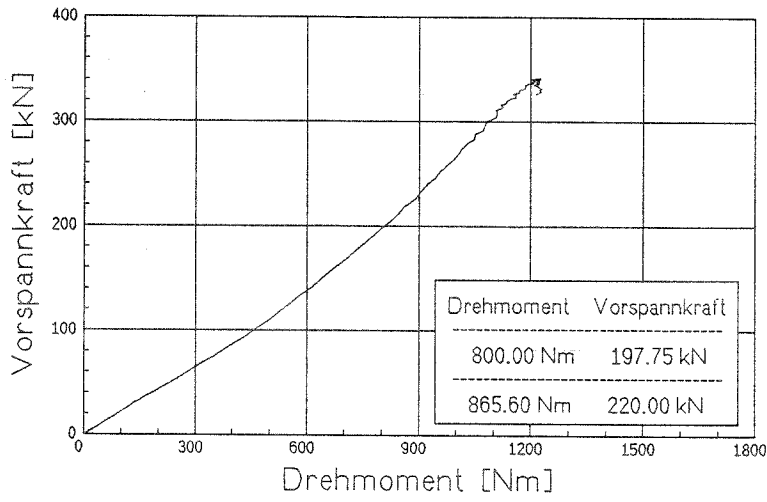
Schraubenkennzeichnung: A1L02 (M24 x 200)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



Schraubenkennzeichnung: A1L03 (M24 x 200)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH

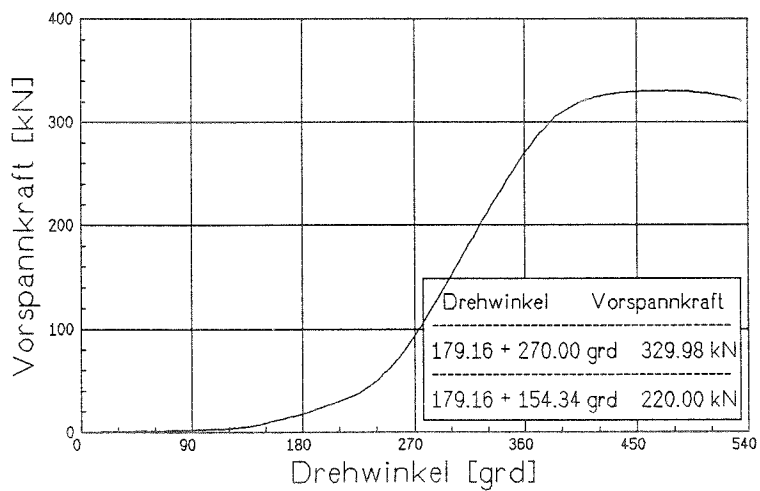
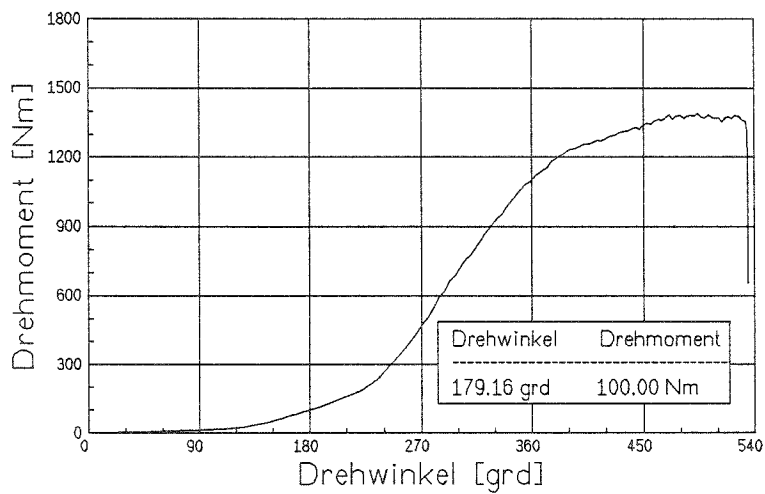
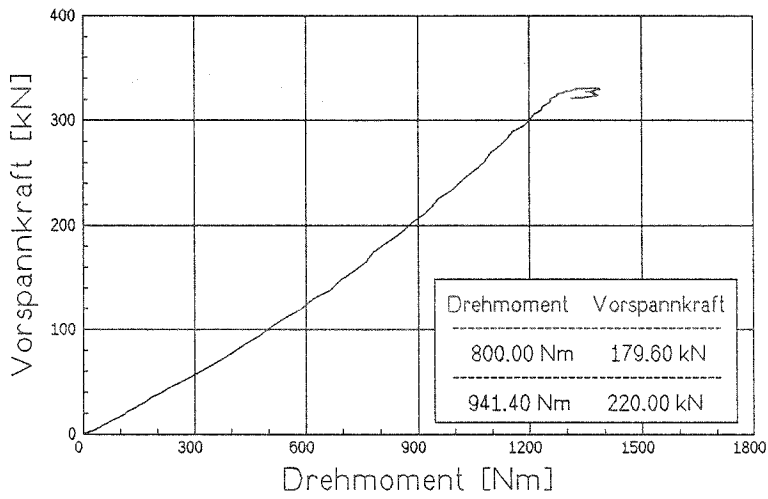


Schraubenkennzeichnung: A1L04 (M24 x 200)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH

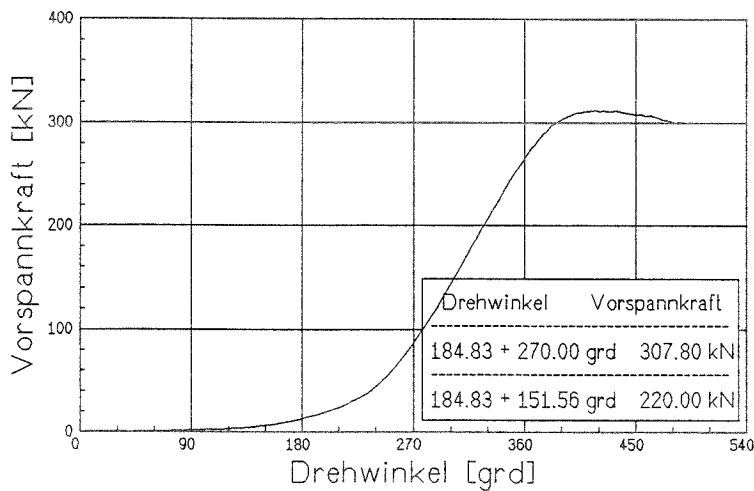
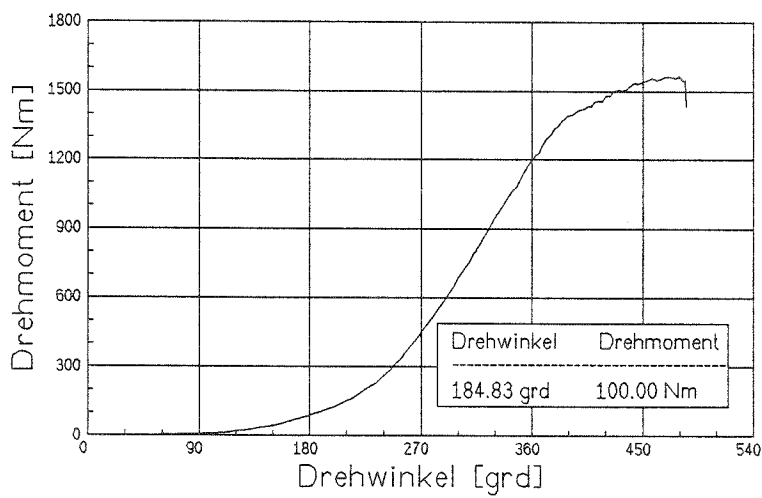
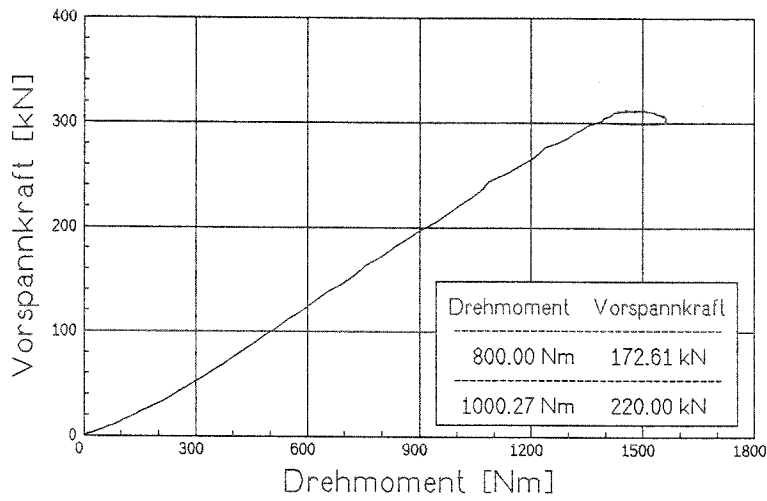




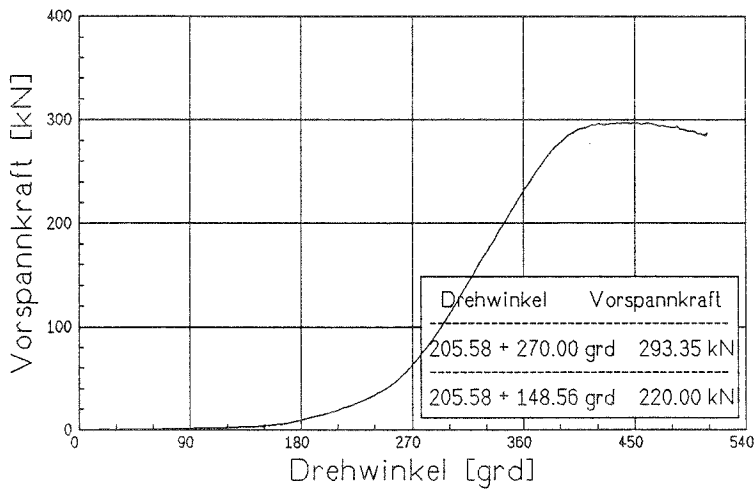
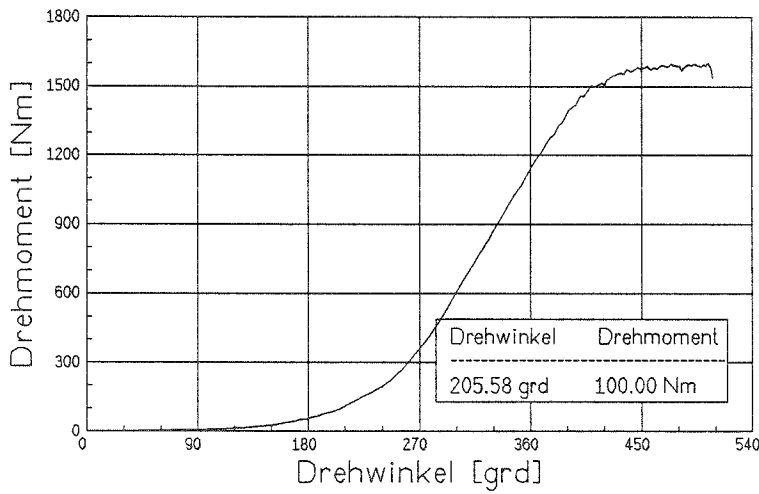
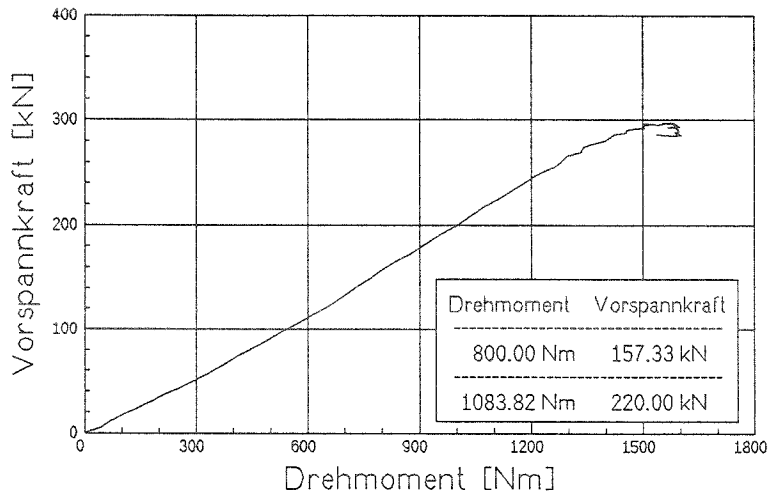
Schraubenkennzeichnung: A1L05 (M24 x 200)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



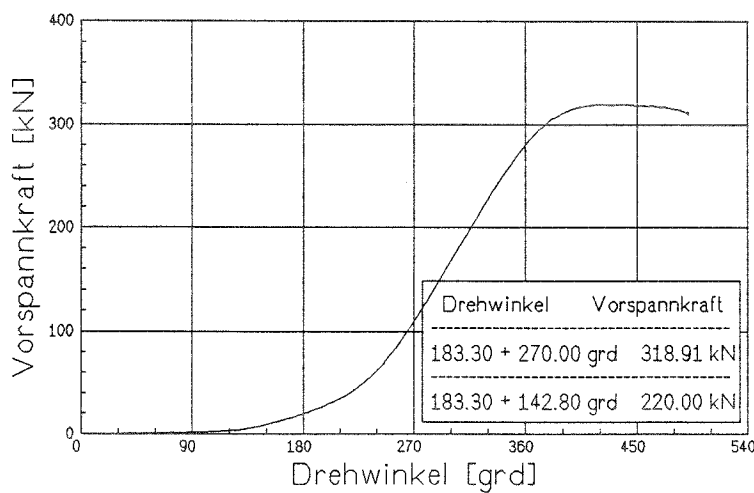
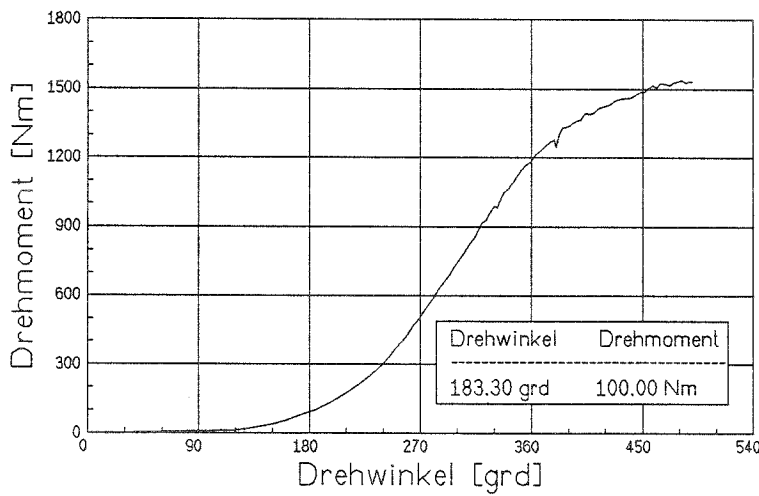
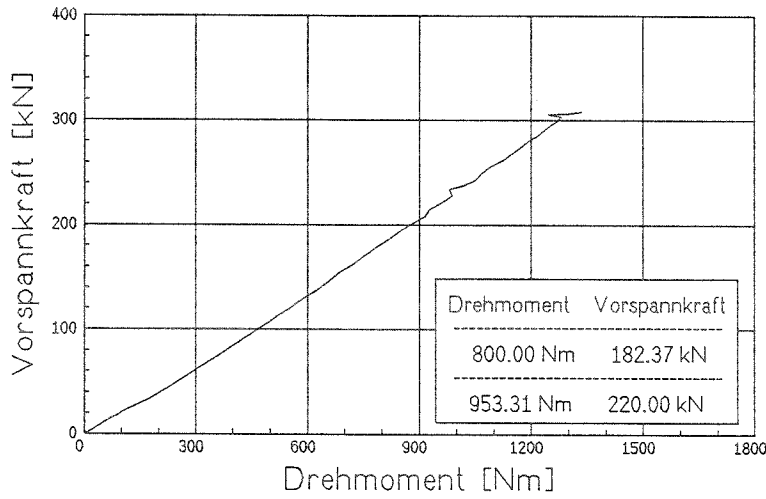
Schraubenkennzeichnung: A1L06 (M24 x 200)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



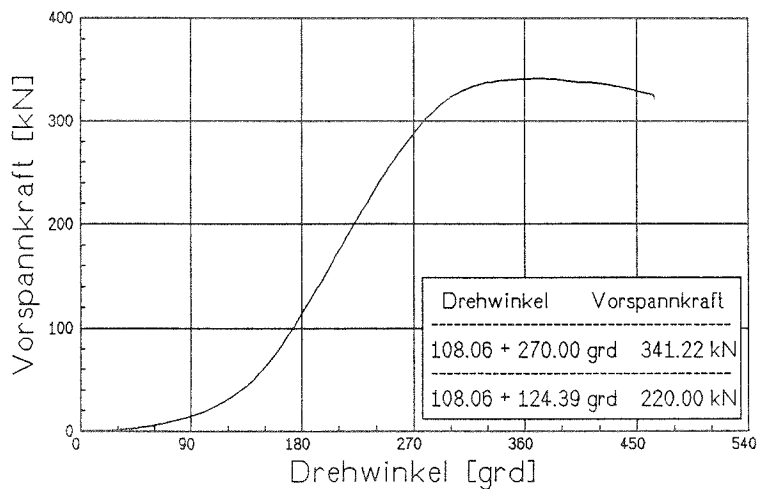
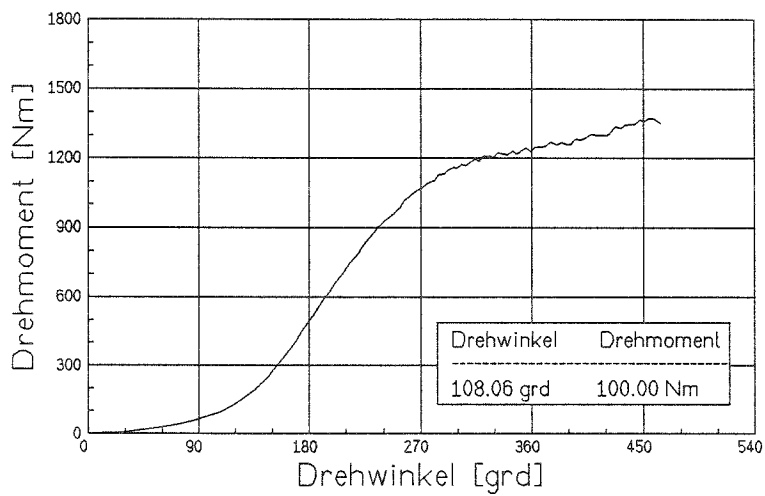
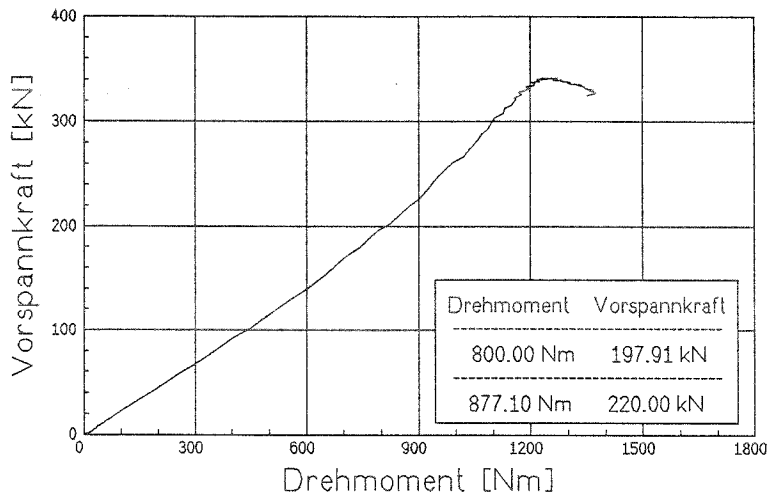
Schraubenkennzeichnung: A1L07 (M24 x 200)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



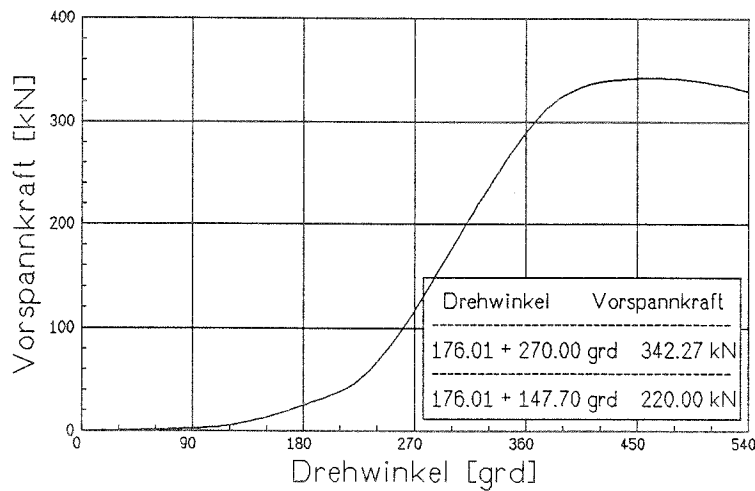
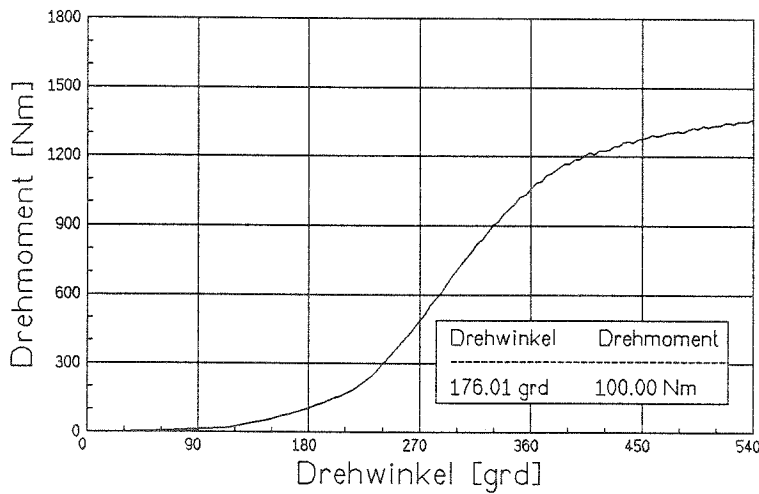
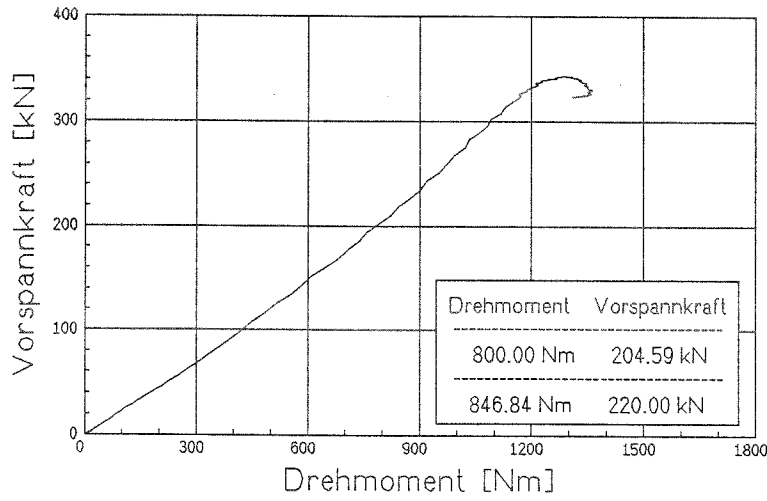
Schraubenkennzeichnung: A1L08 (M24 x 200)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



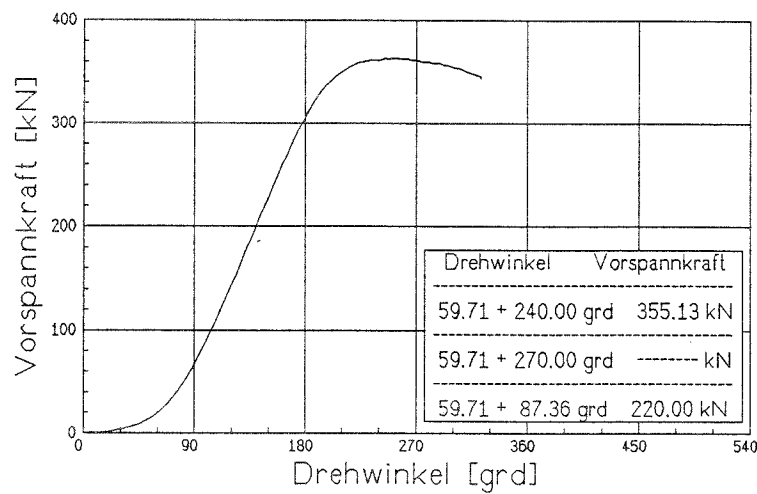
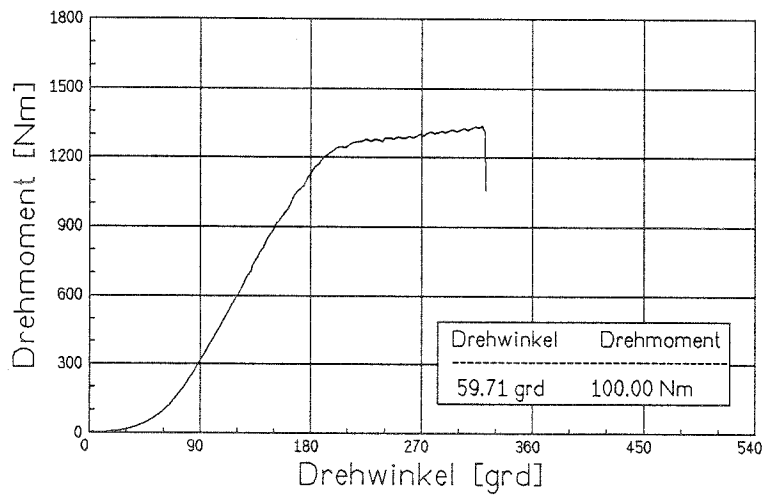
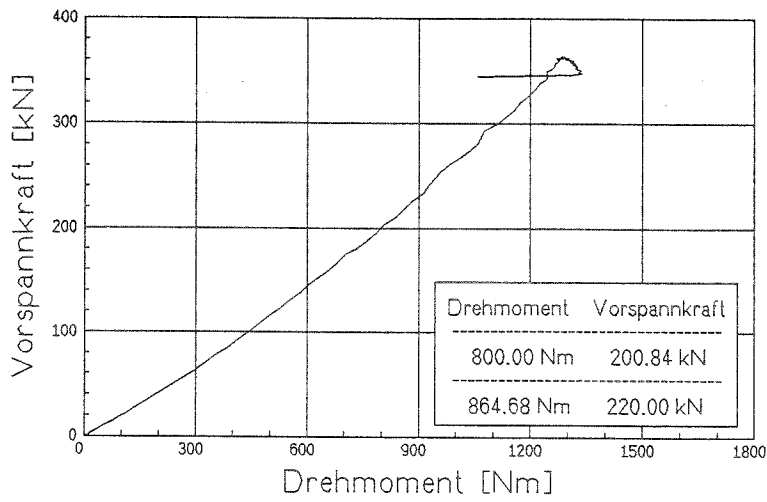
Schraubenkennzeichnung: A1L09 (M24 x 200)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



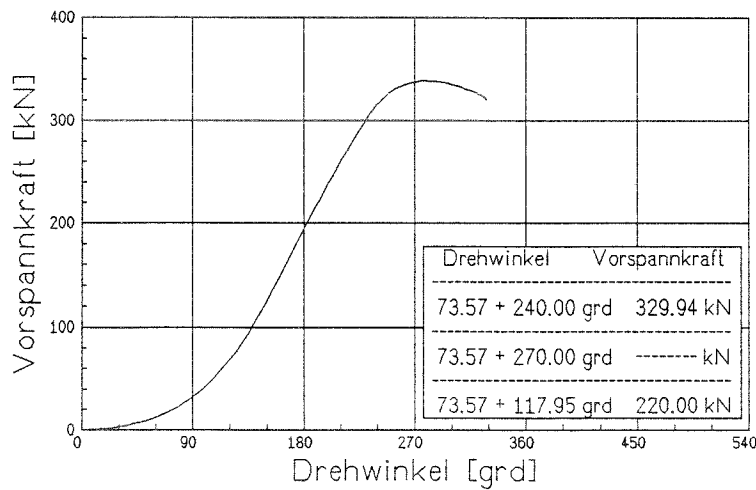
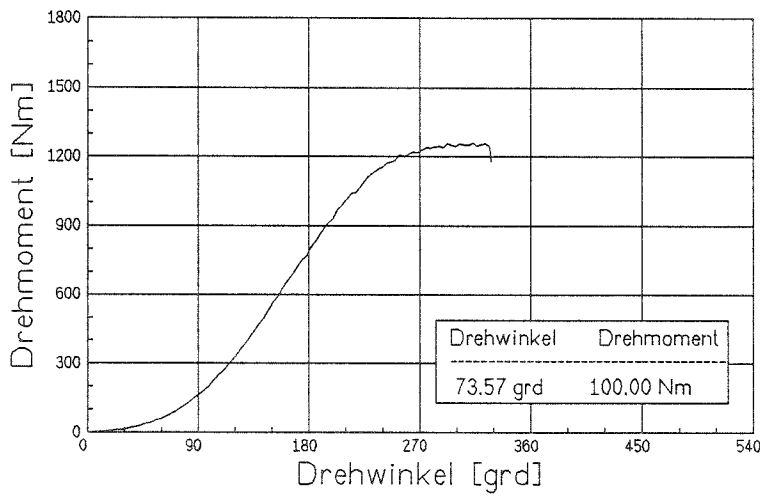
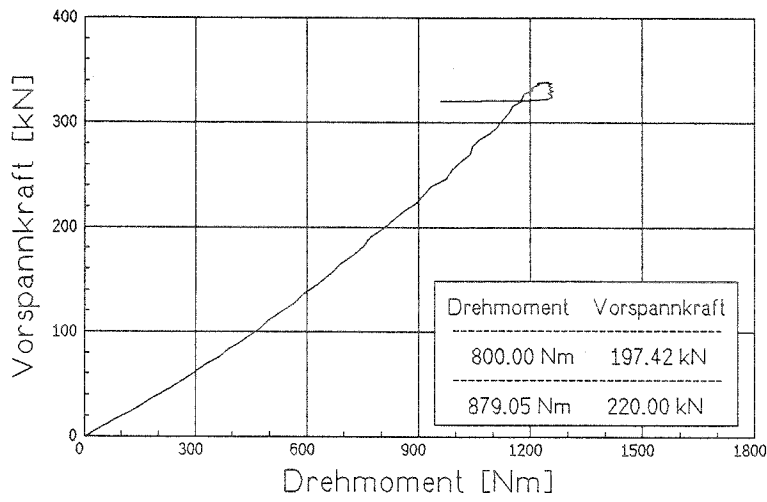
Schraubenkennzeichnung: A1L10 (M24 x 200)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



Schraubenkennzeichnung: B1K01 (M24 x 140)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH

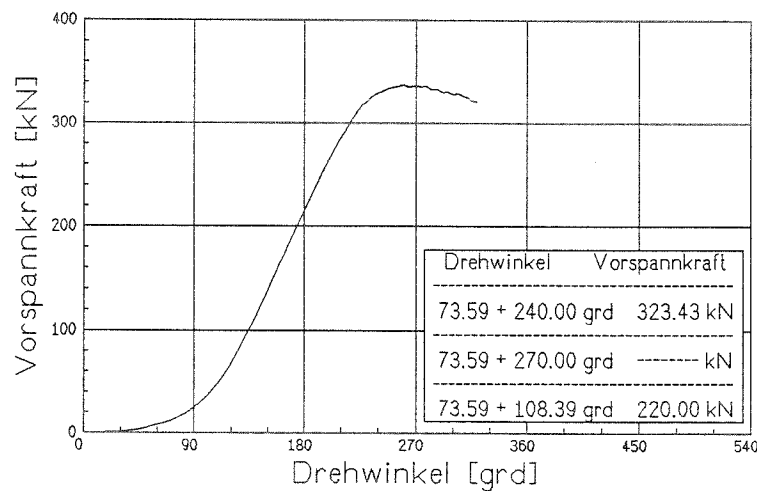
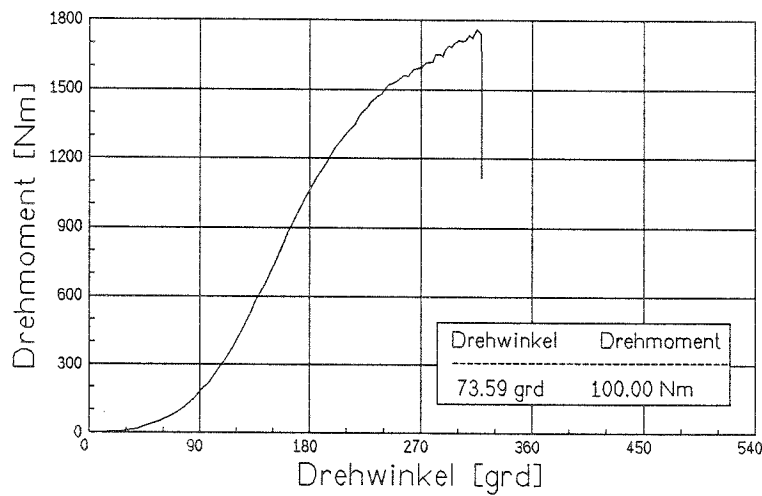
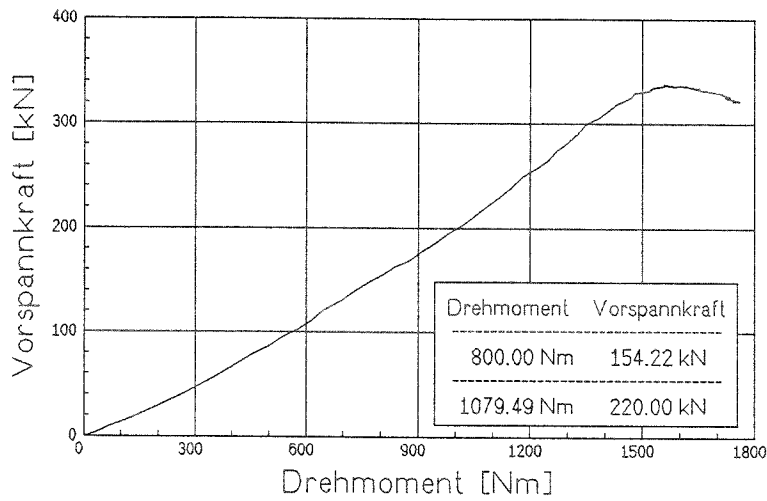


Schraubenkennzeichnung: B1K02 (M24 x 140)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH

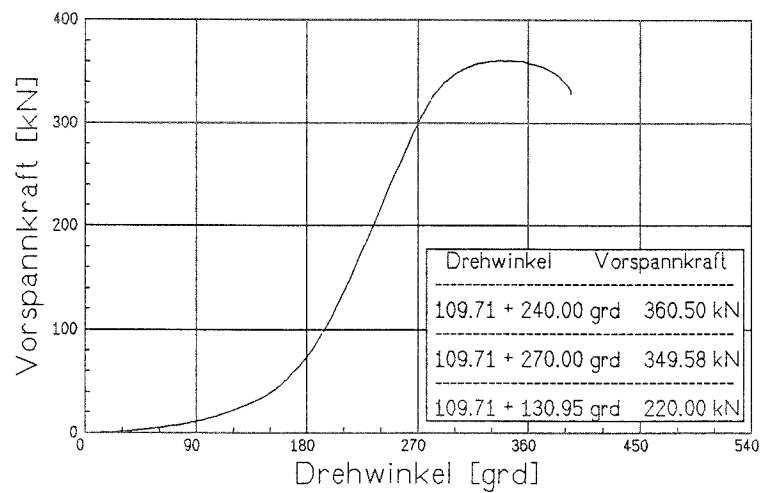
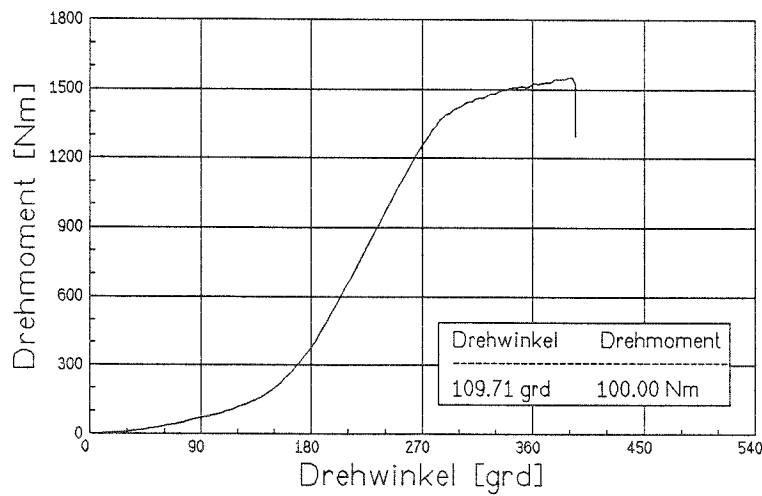
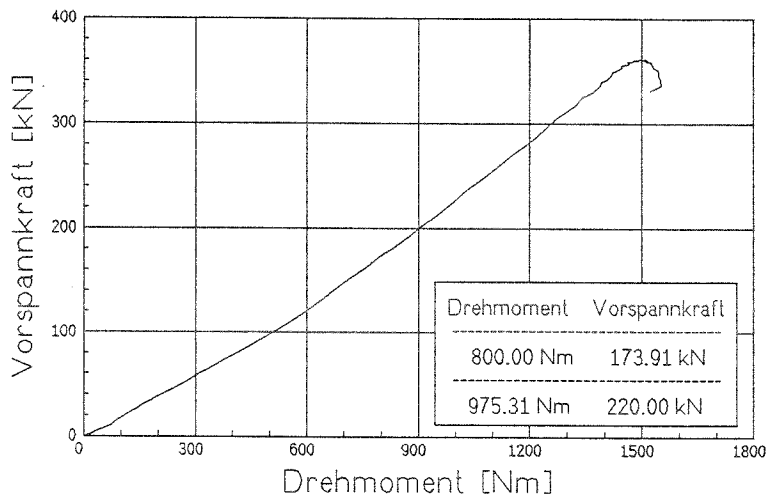




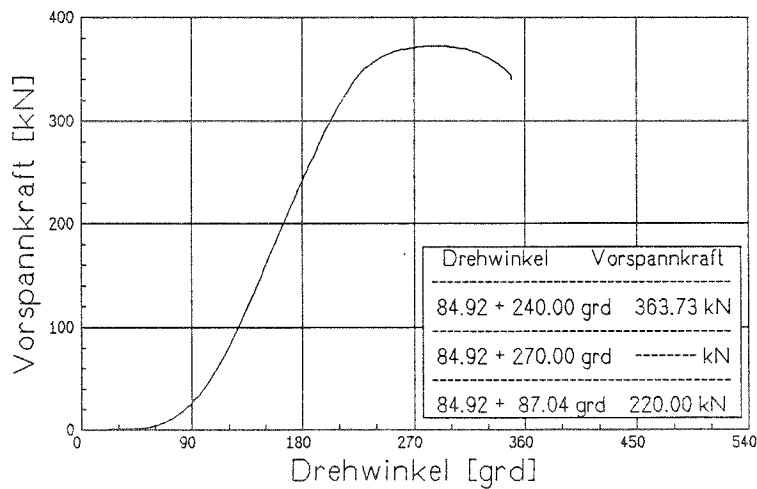
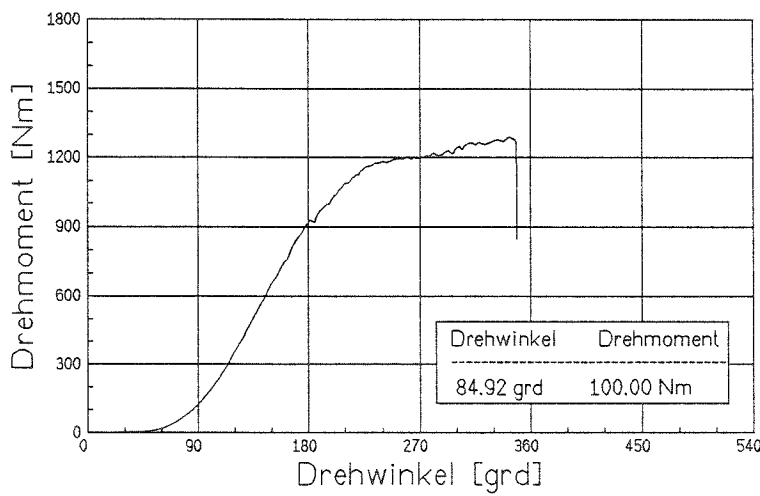
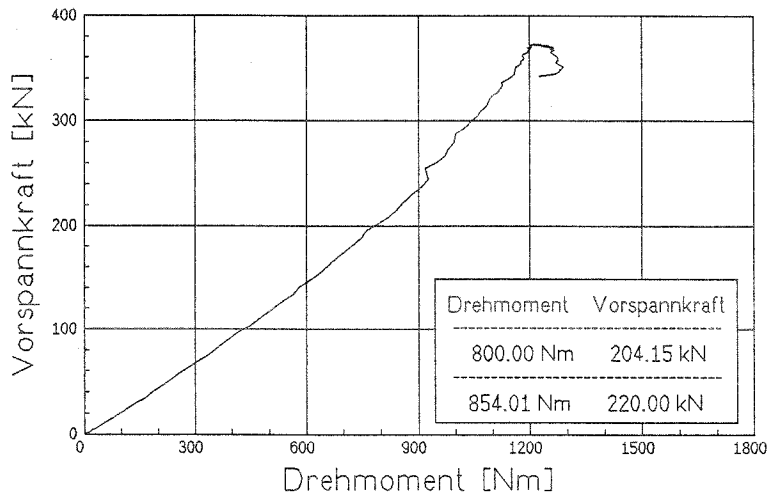
Schraubenkennzeichnung: B1K03 (M24 x 140)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH



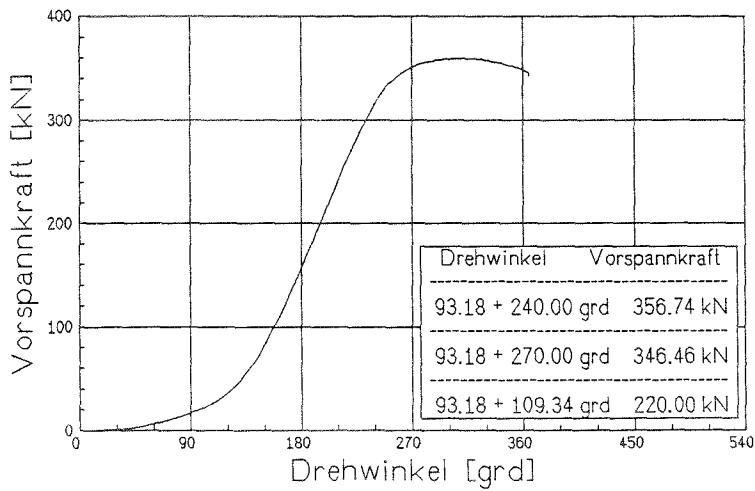
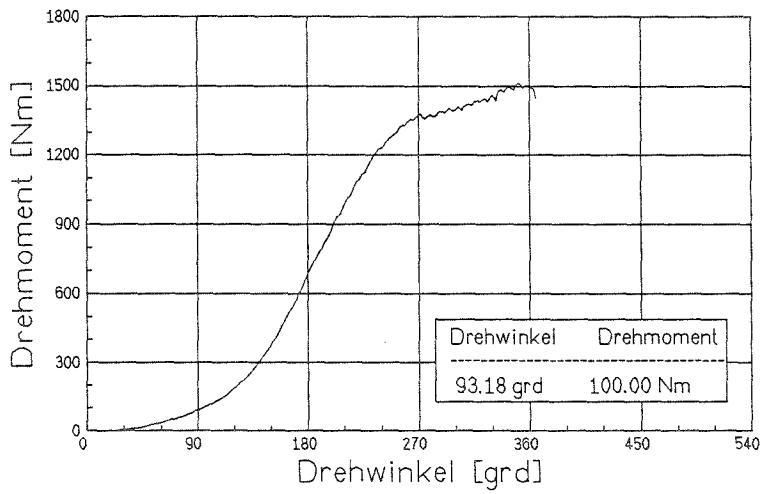
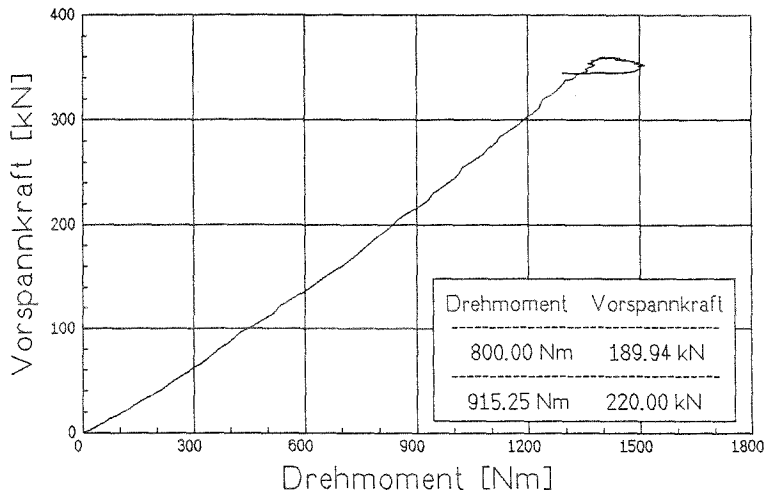
Schraubenkennzeichnung: B1K04 (M24 x 140)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH



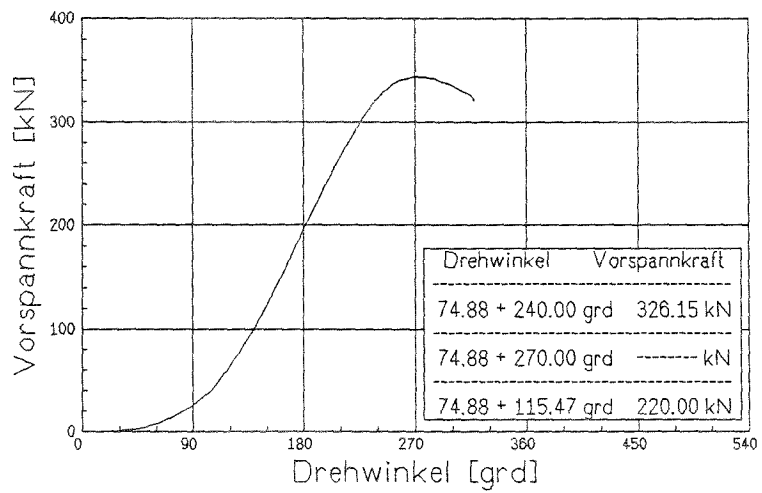
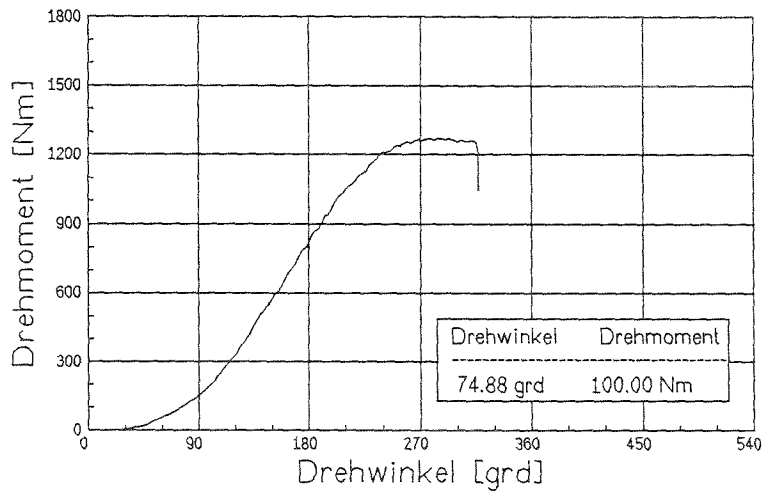
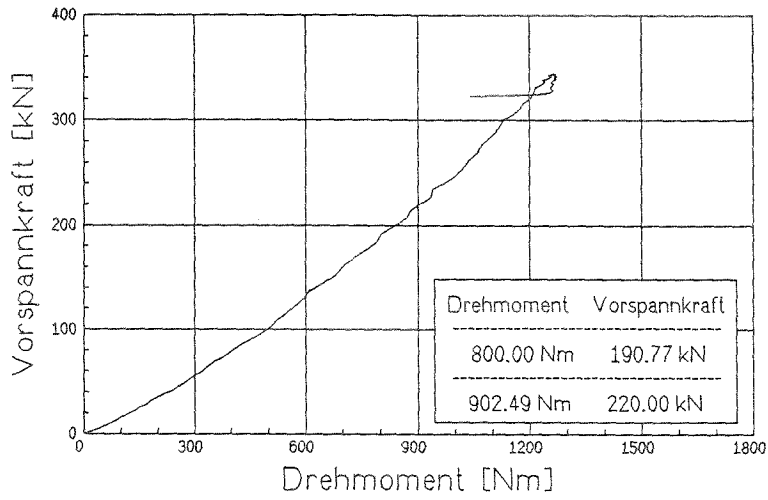
Schraubenkennzeichnung: B1K05 (M24 x 140)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH



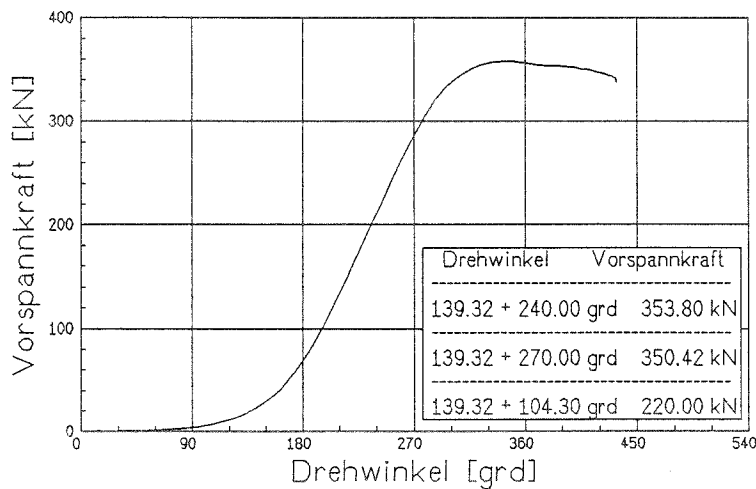
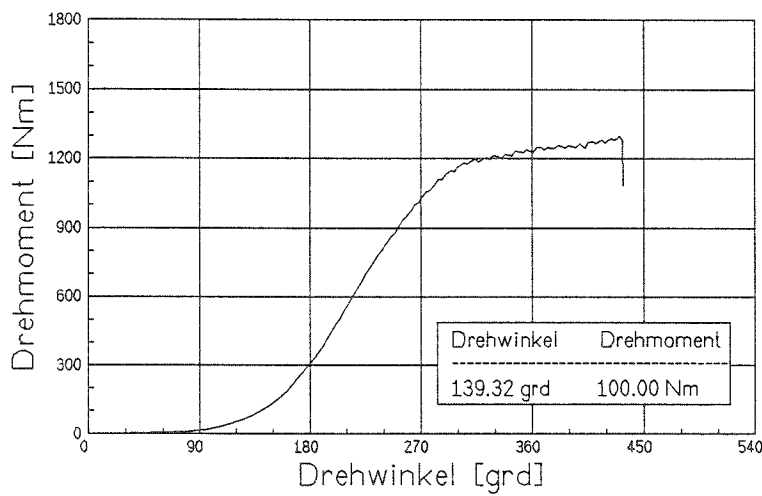
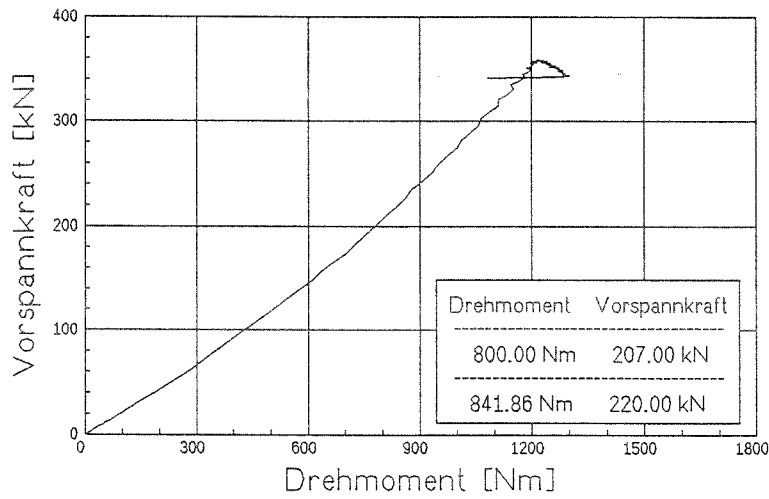
Schraubenkennzeichnung: B1K06 (M24 x 140)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH



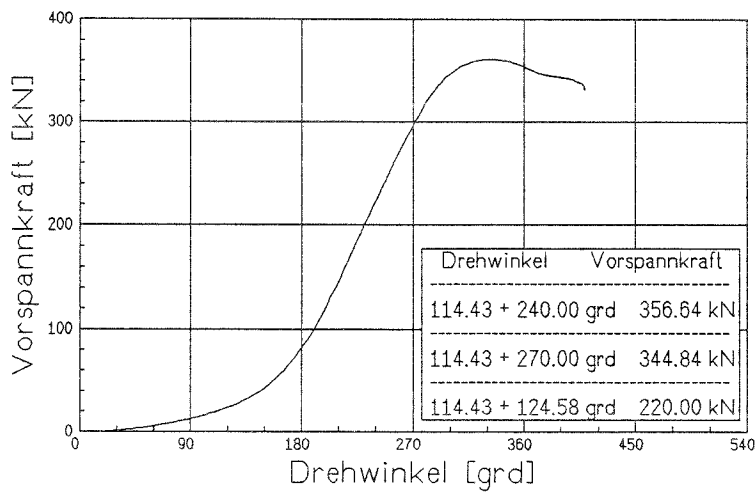
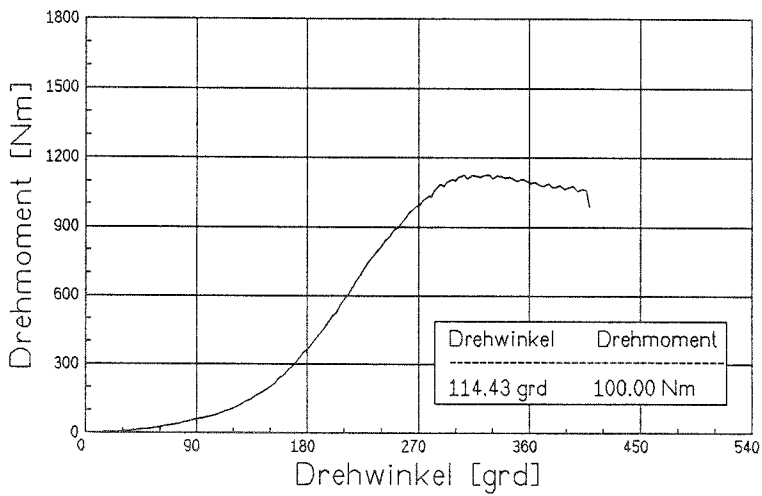
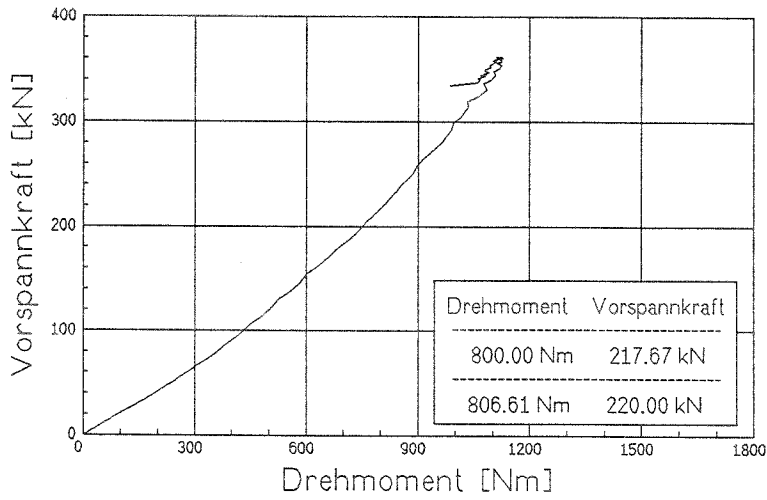
Schraubenkennzeichnung: B1K07 (M24 x 140)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH



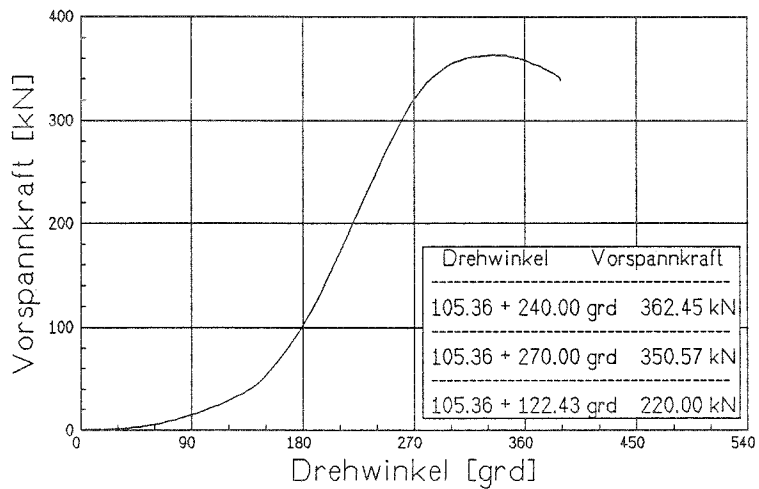
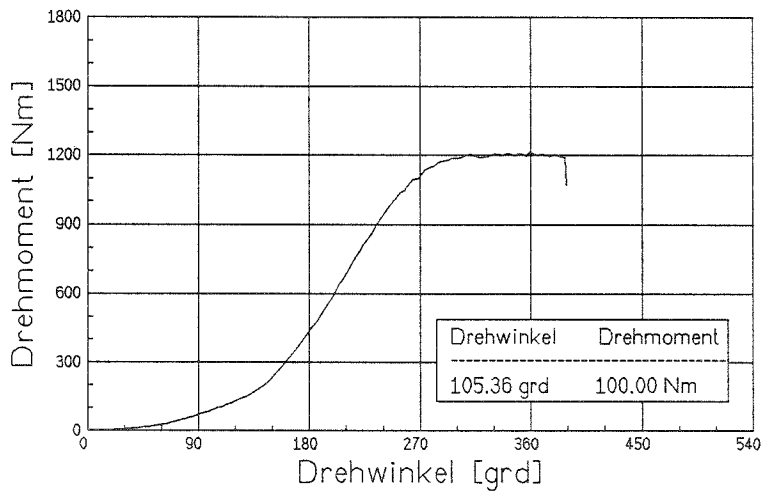
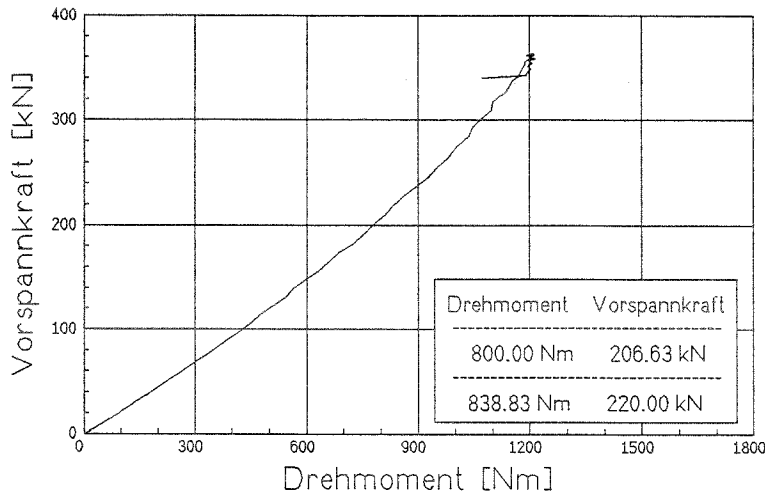
Schraubenkennzeichnung: B1K08 (M24 x 140)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH



Schraubenkennzeichnung: B1K09 (M24 x 140)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH

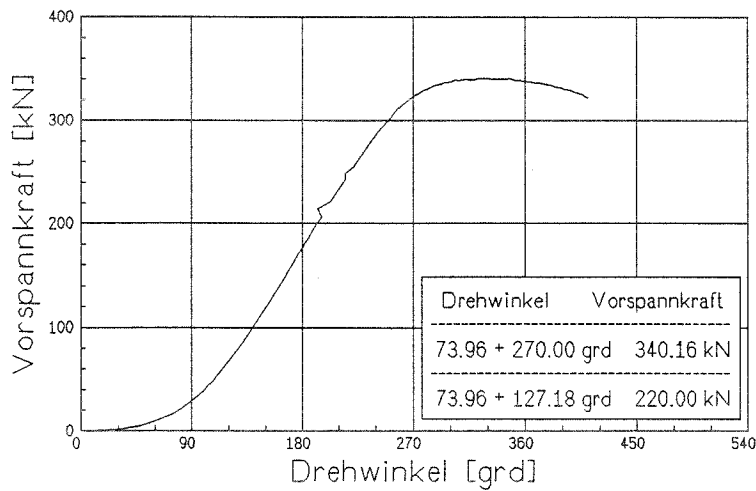
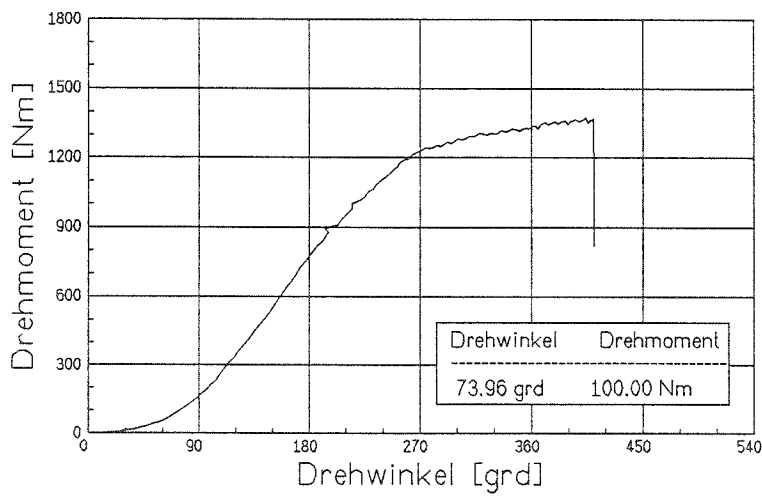
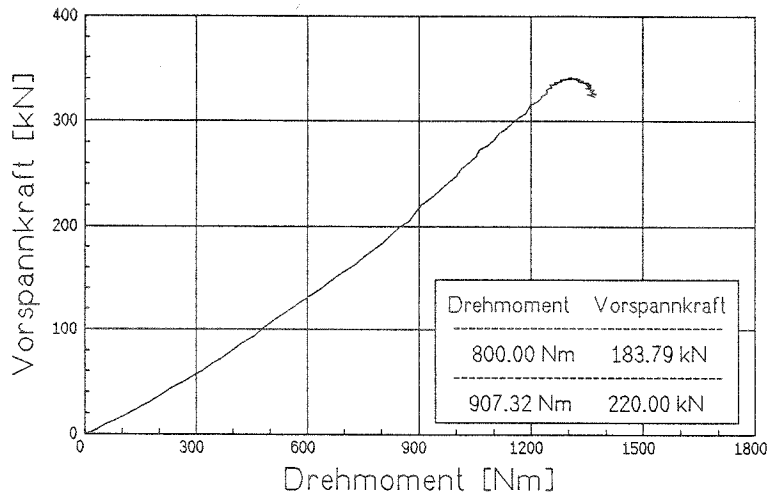


Schraubenkennzeichnung: B1K10 (M24 x 140)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH

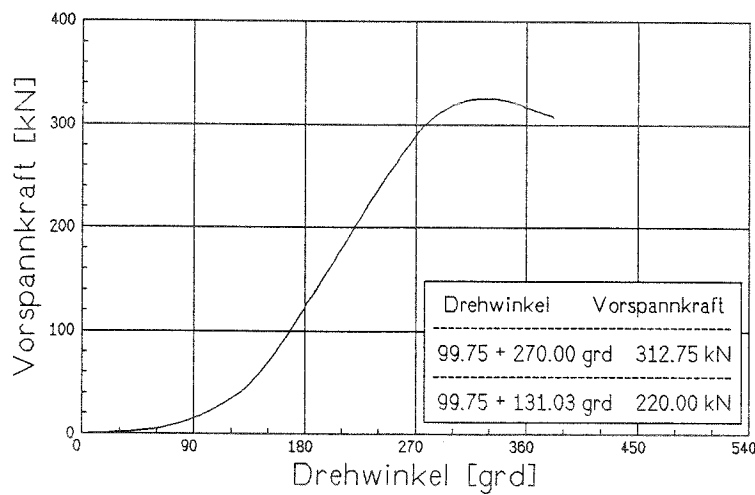
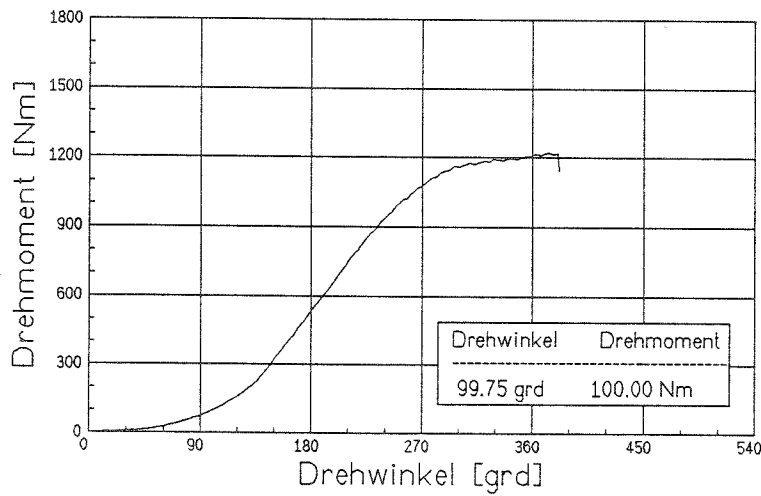
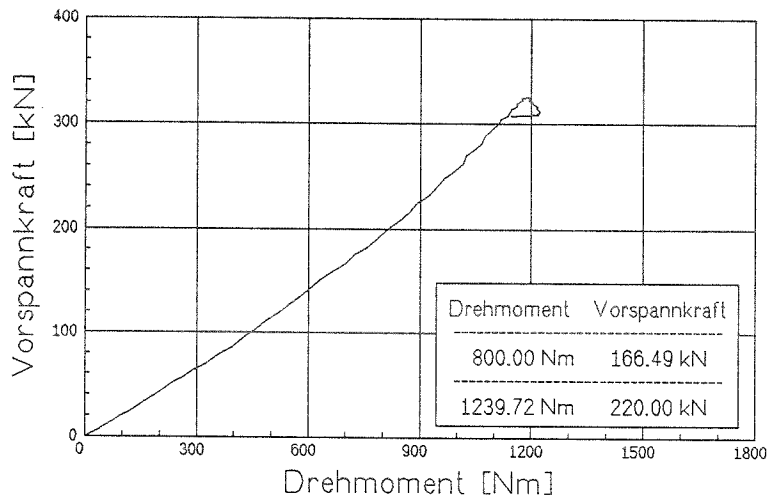




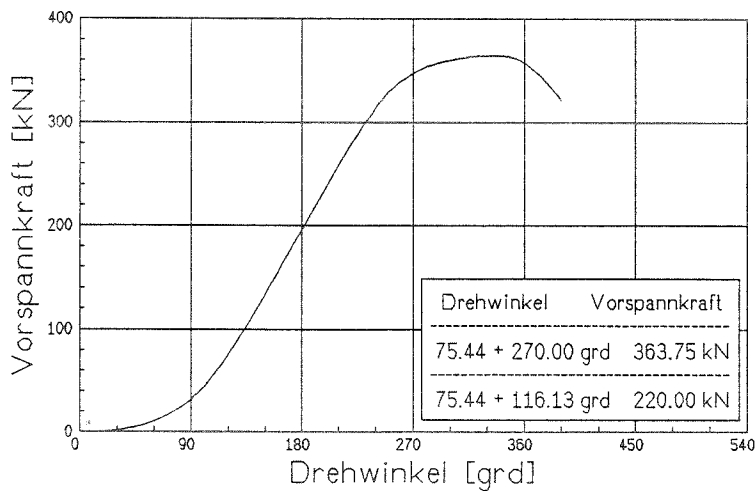
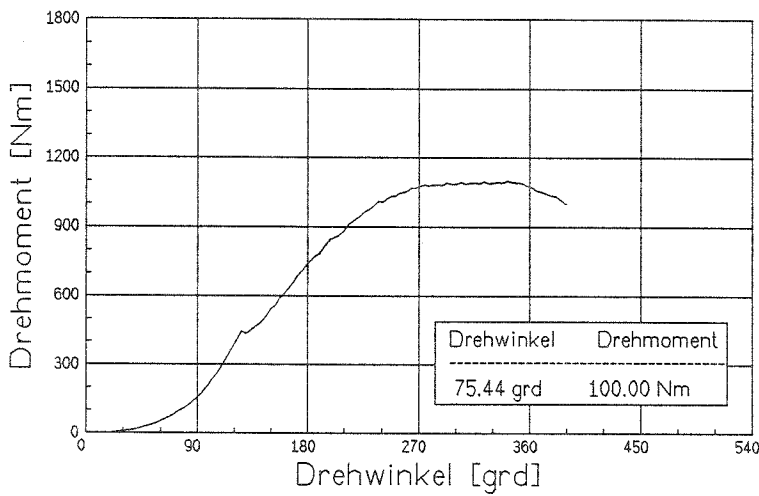
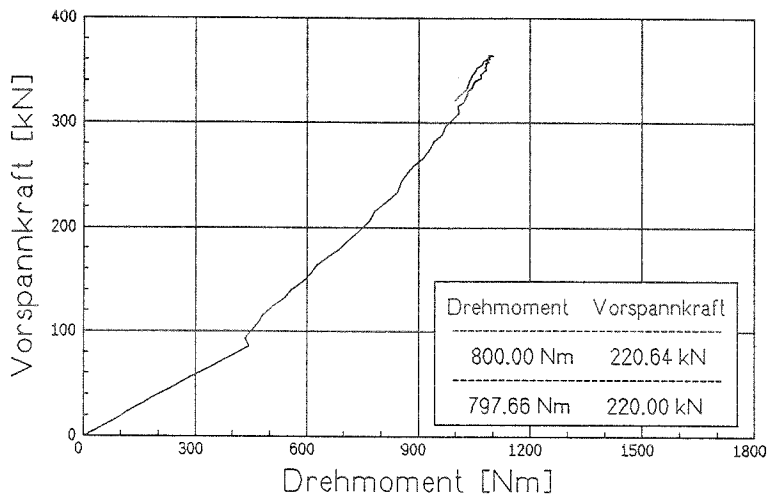
Schraubenkennzeichnung: B1L01 (M24 x 200)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH



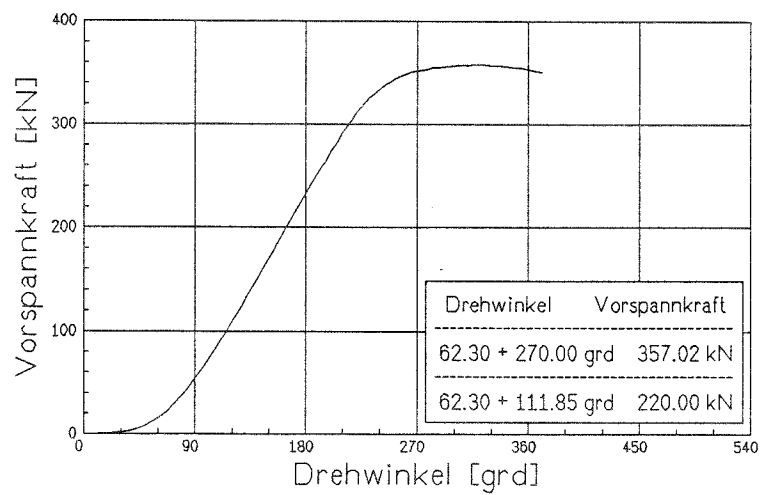
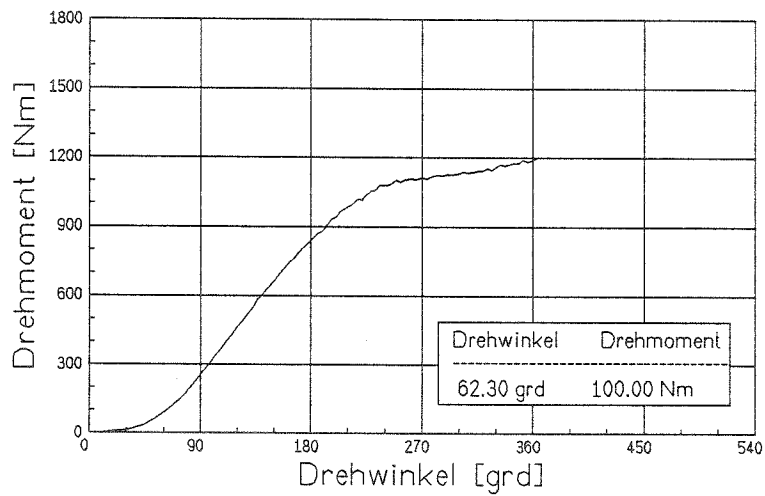
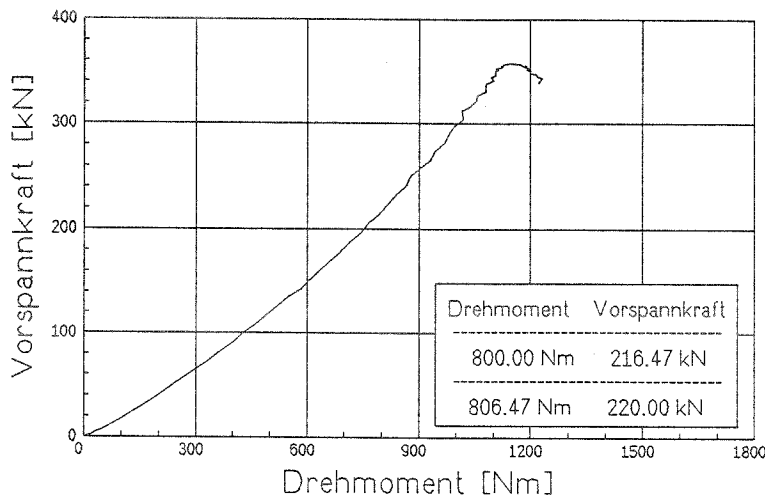
Schraubenkennzeichnung: B1L02 (M24 x 200)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH



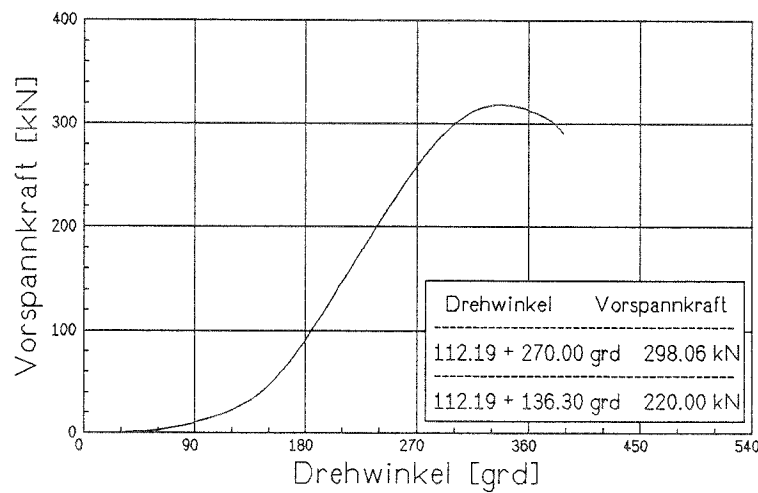
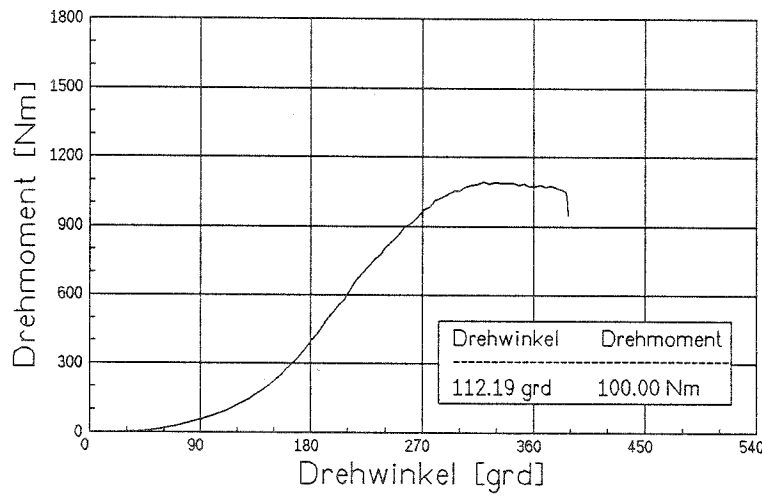
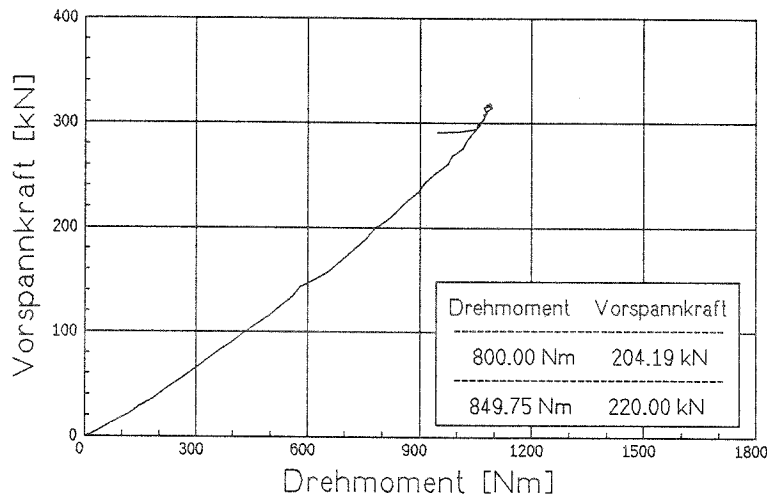
Schraubenkennzeichnung: B1L03 (M24 x 200)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH



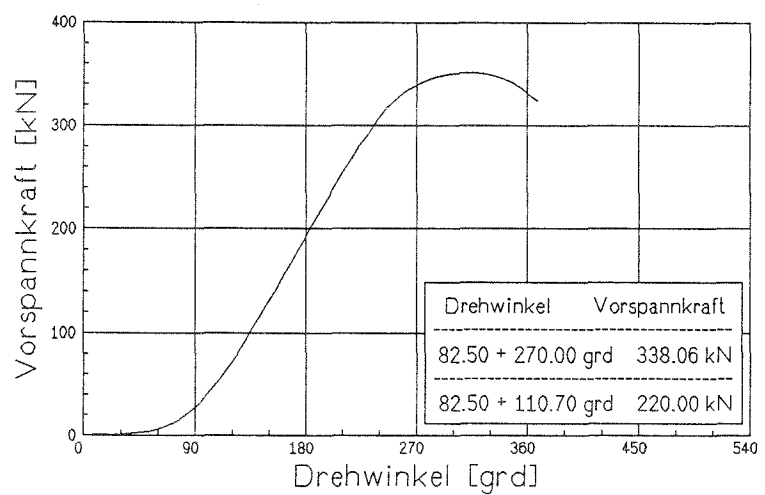
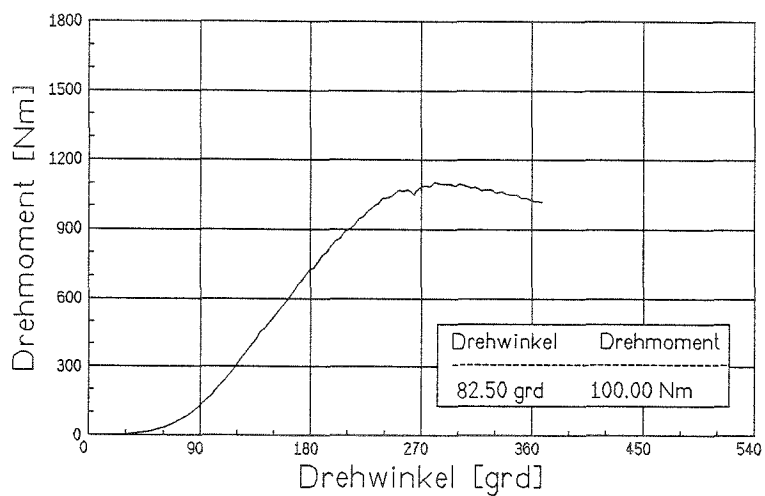
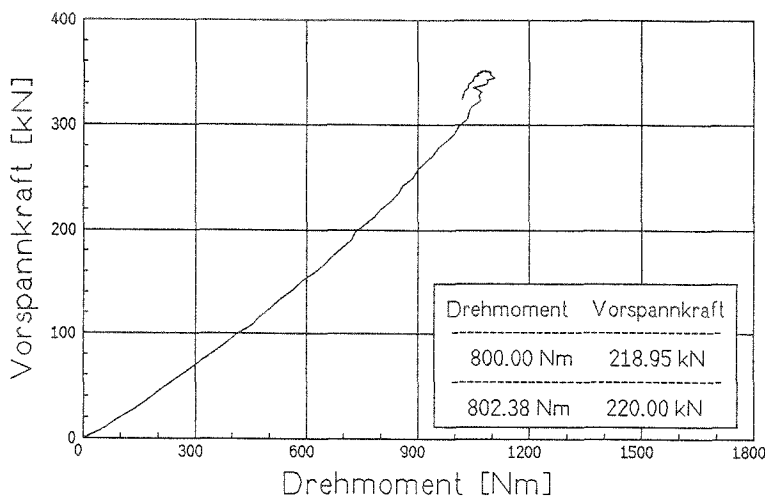
Schraubenkennzeichnung: B1L04 (M24 x 200)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH



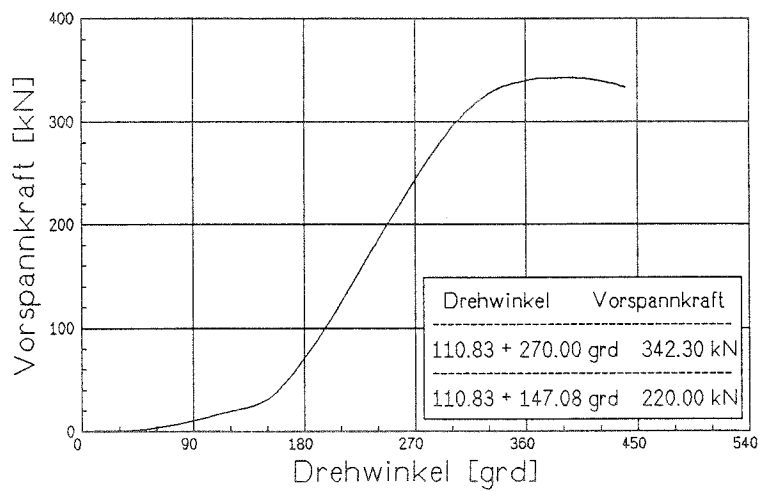
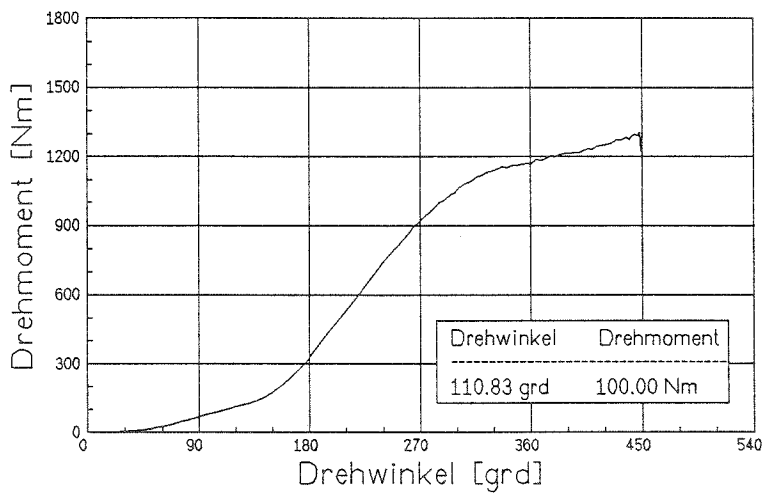
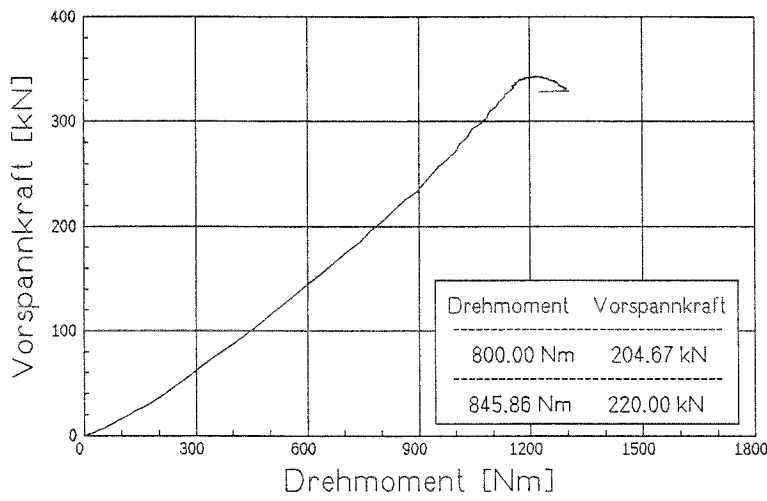
Schraubenkennzeichnung: B1L05 (M24 x 200)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH



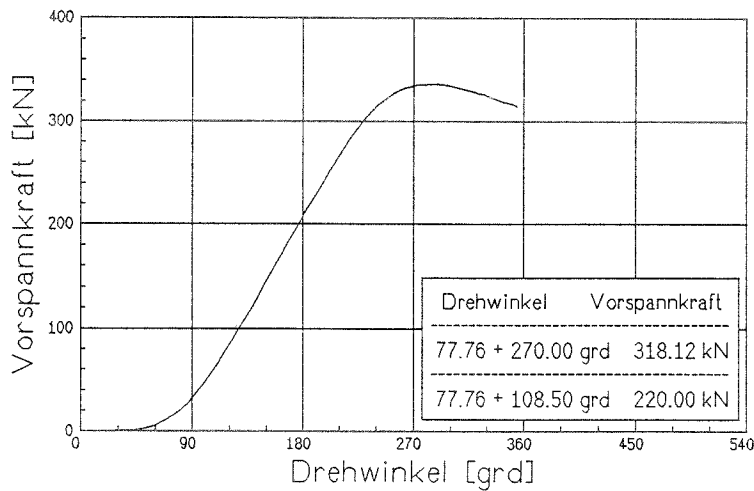
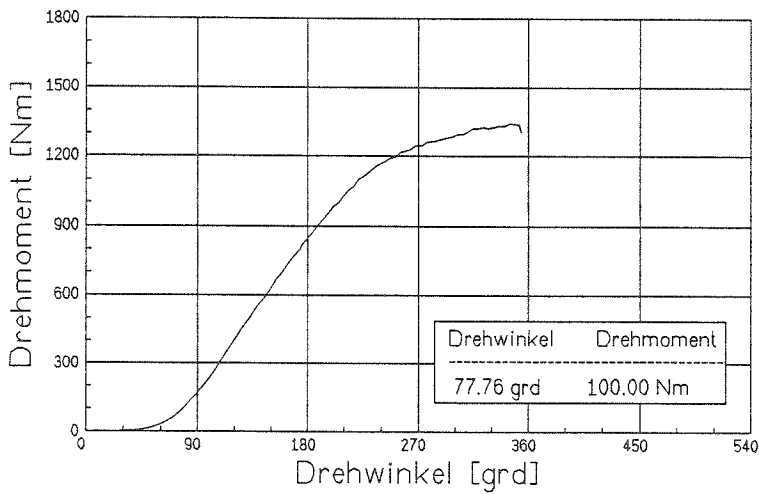
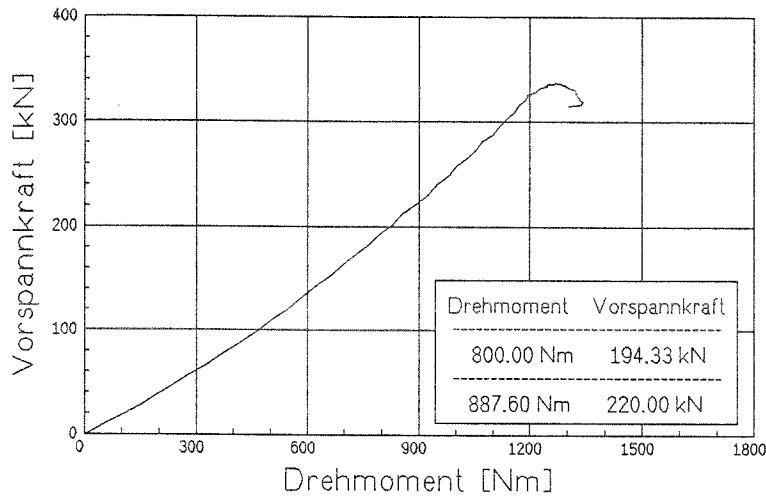
Schraubenkennzeichnung: B1L06 (M24 x 200)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH



Schraubenkennzeichnung: B1L07 (M24 x 200)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH

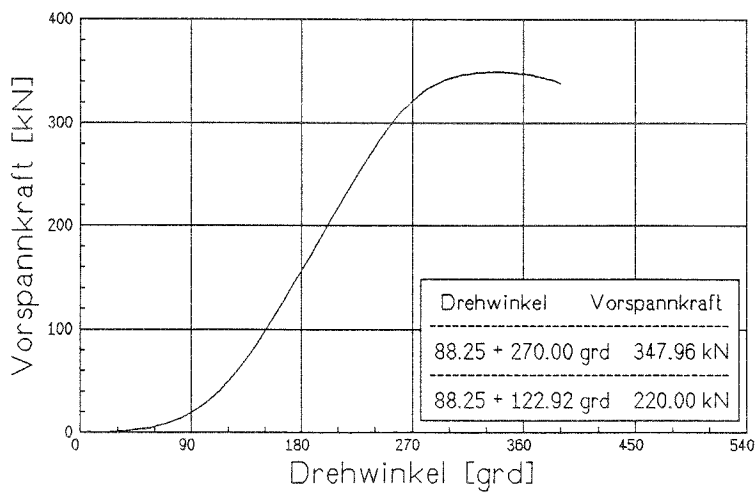
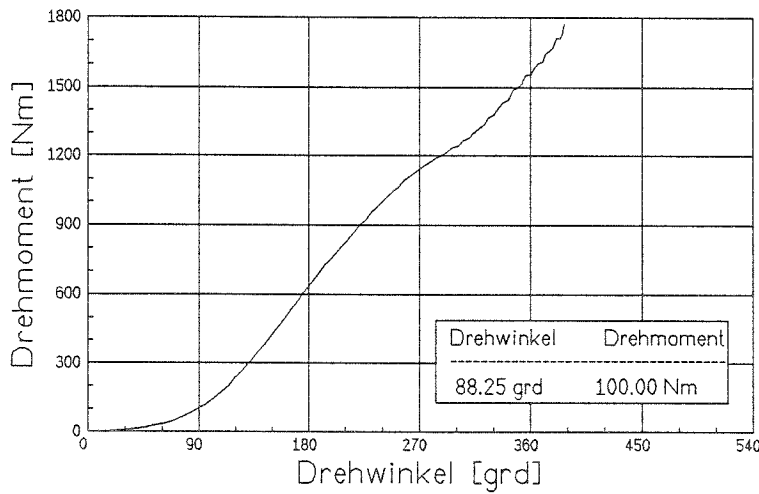
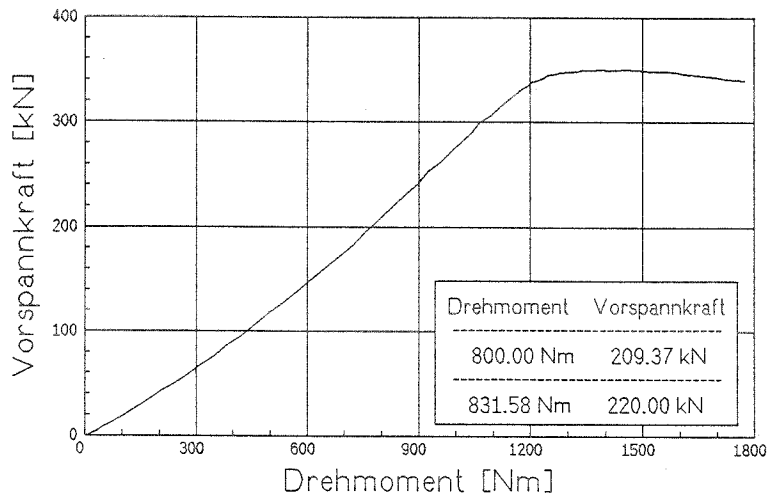


Schraubenkennzeichnung: B1L08 (M24 x 200)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH

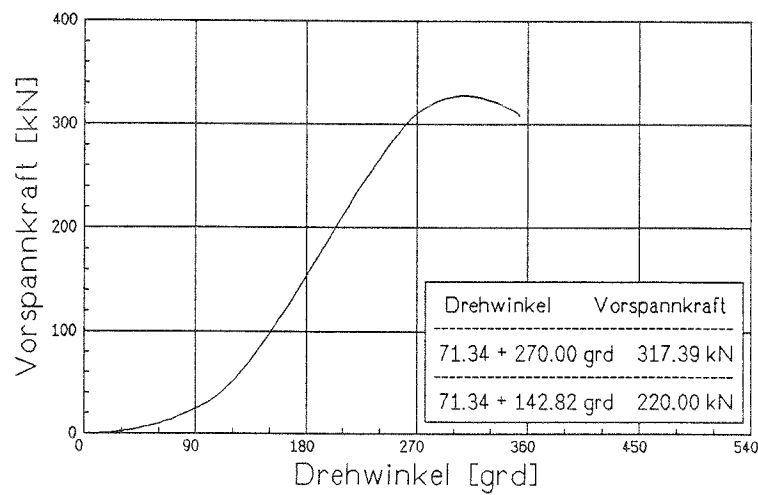
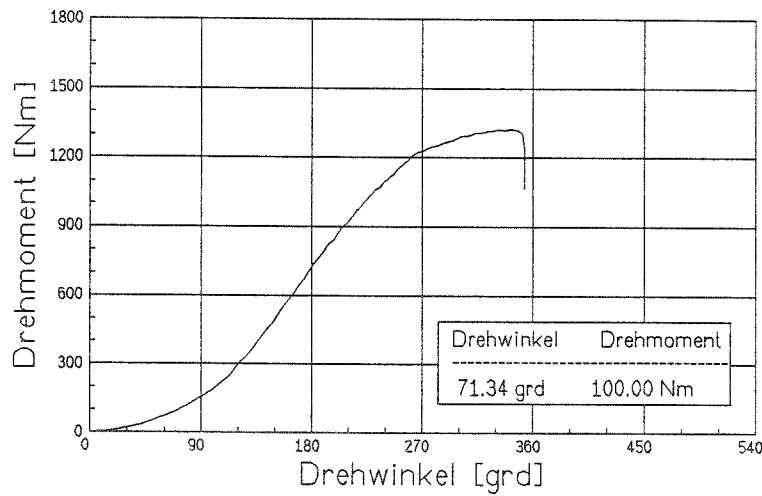
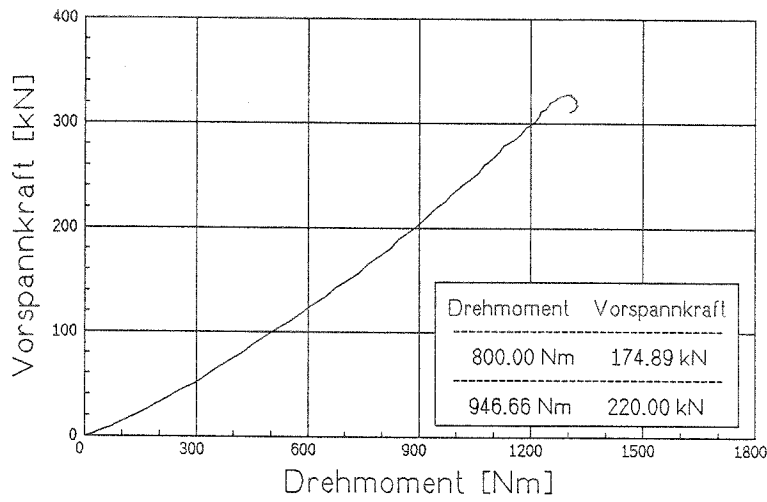




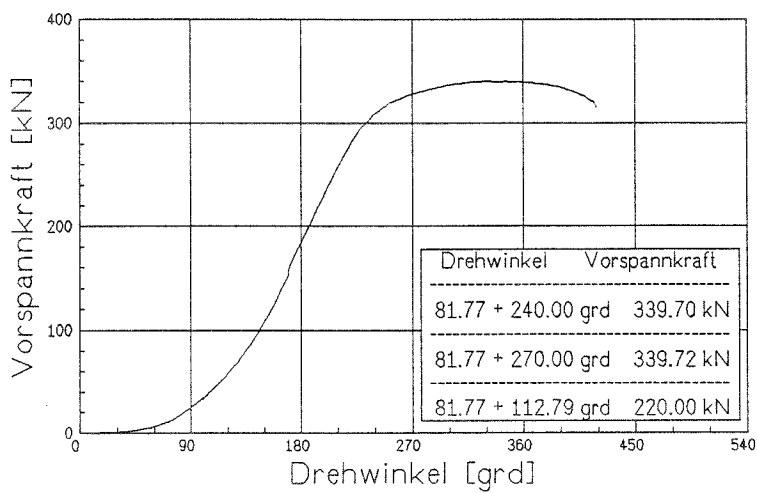
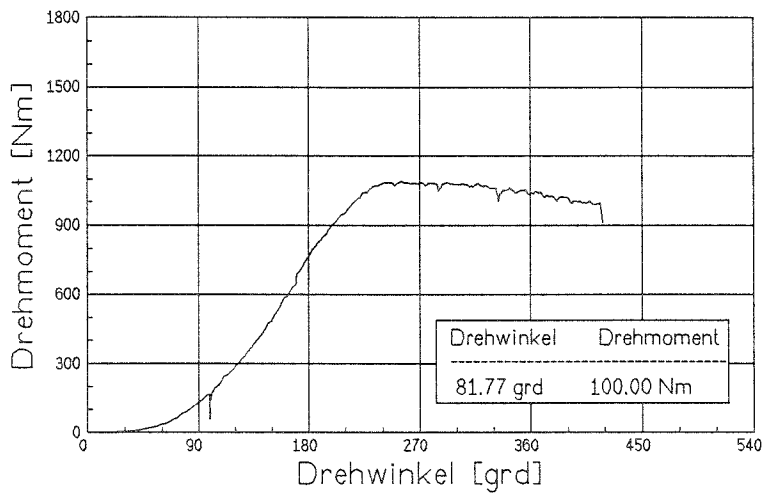
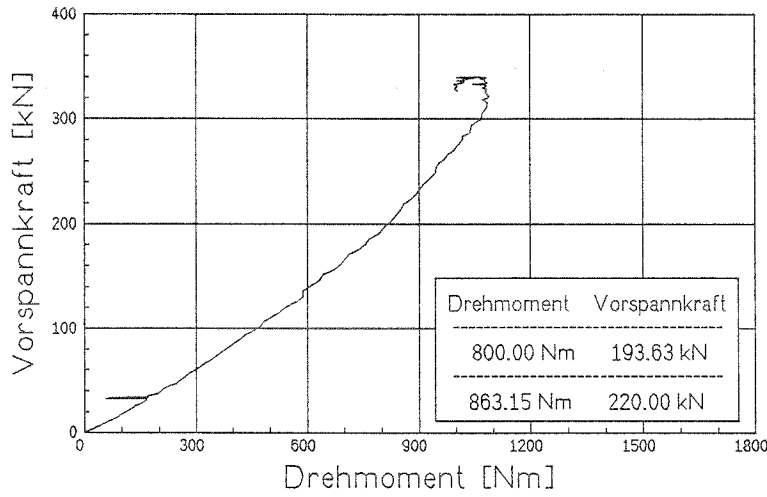
Schraubenkennzeichnung: B1L09 (M24 x 200)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH



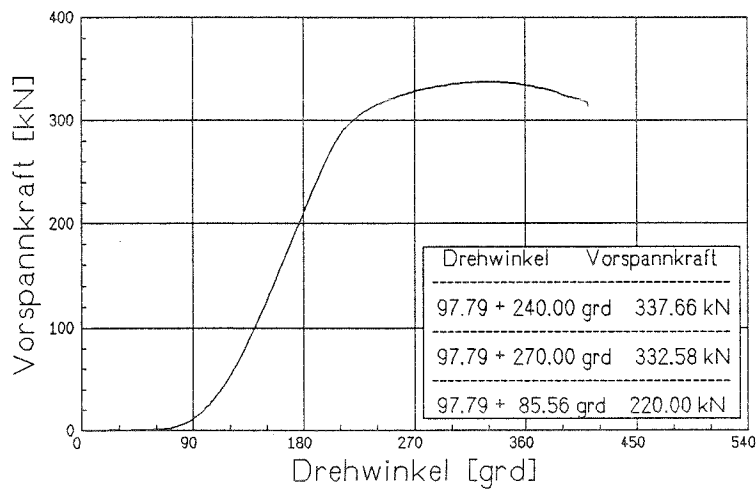
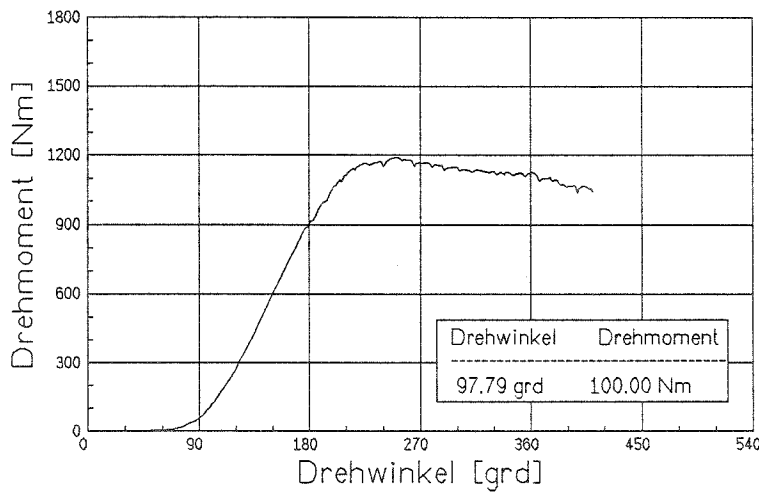
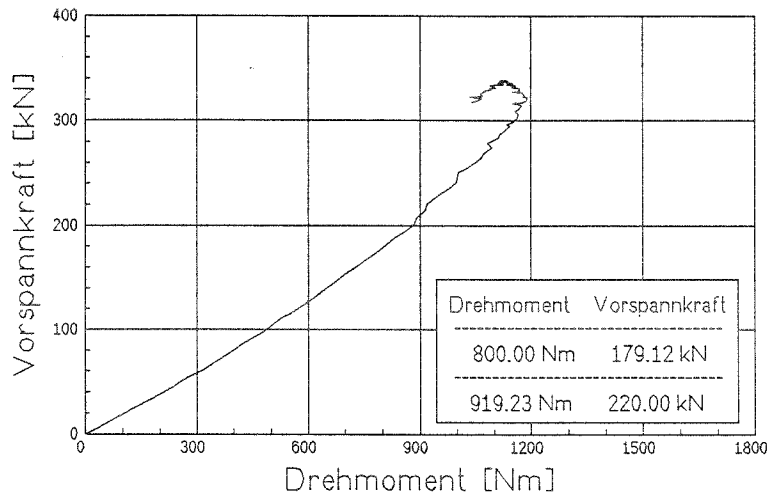
Schraubenkennzeichnung: B1L10 (M24 x 200)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH



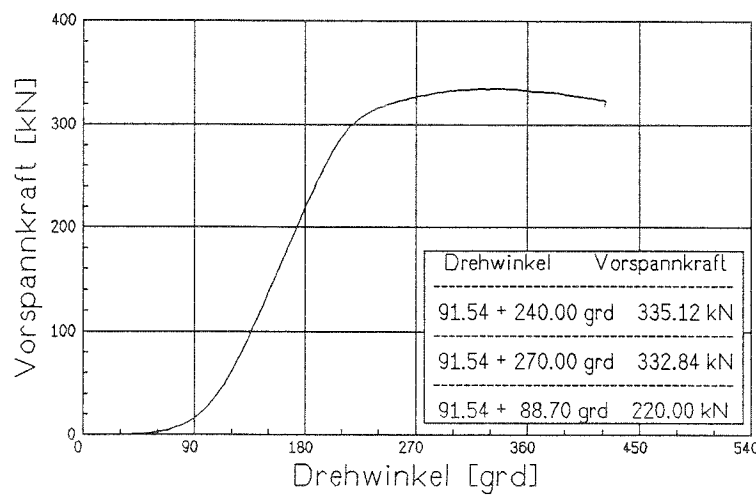
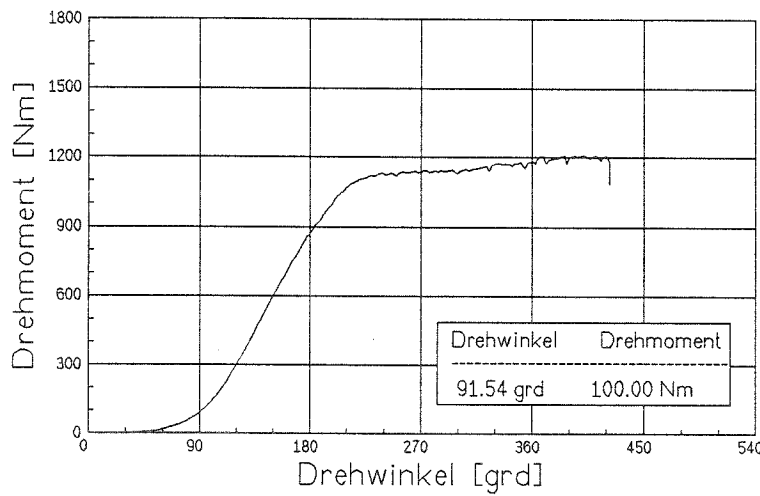
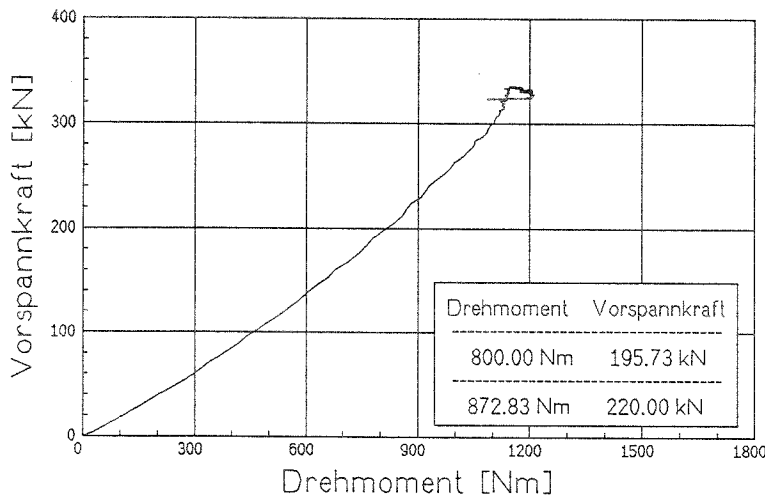
Schraubenkennzeichnung: C1K01 (M24 x 140)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



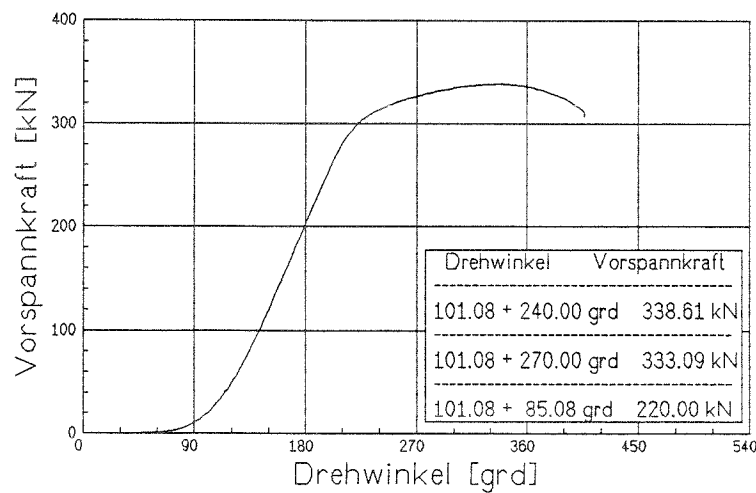
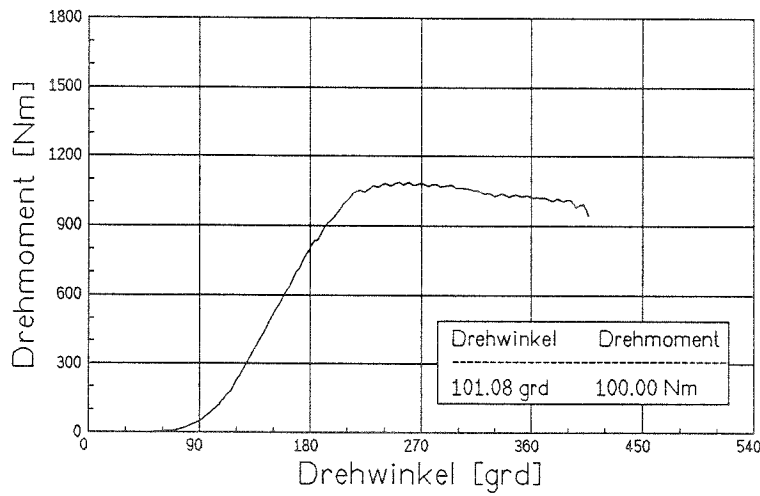
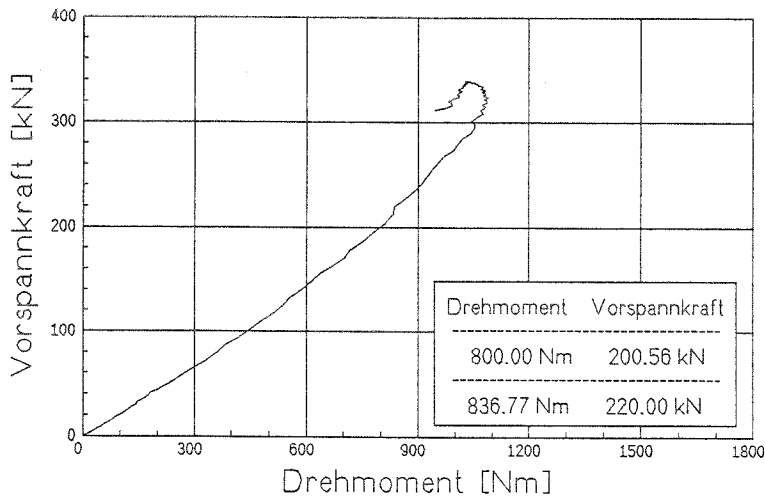
Schraubenkennzeichnung: C1K02 (M24 x 140)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



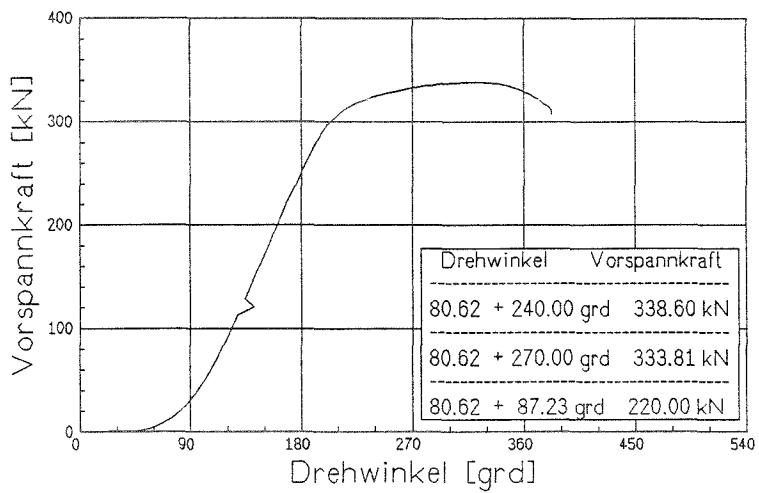
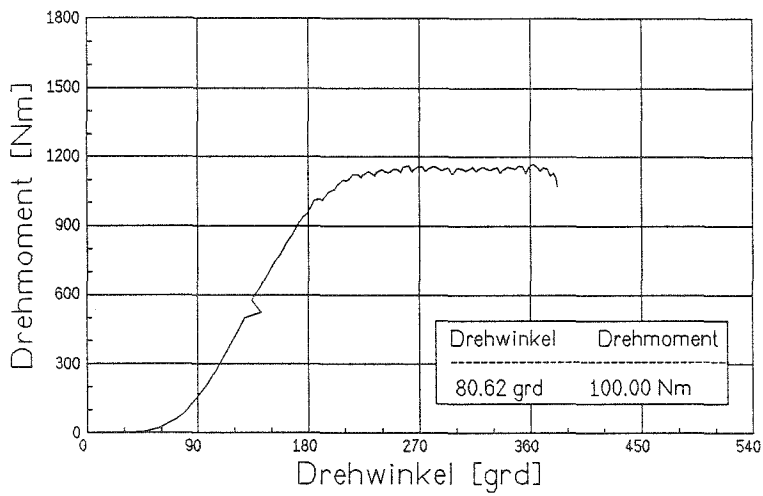
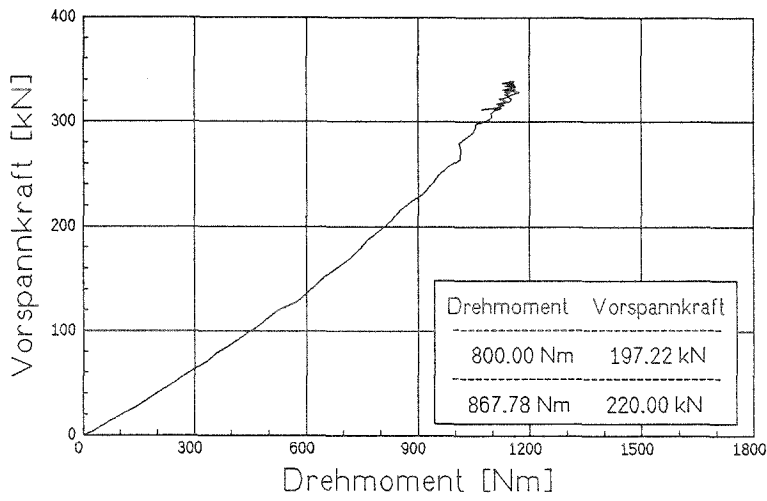
Schraubenkennzeichnung: C1K03 (M24 x 140)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



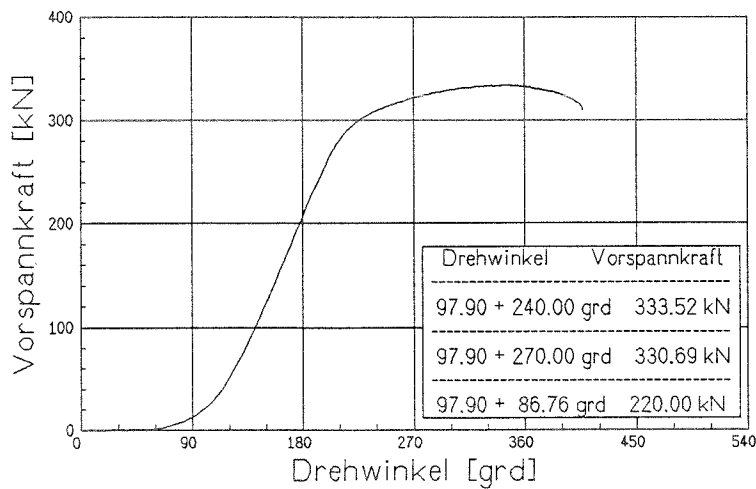
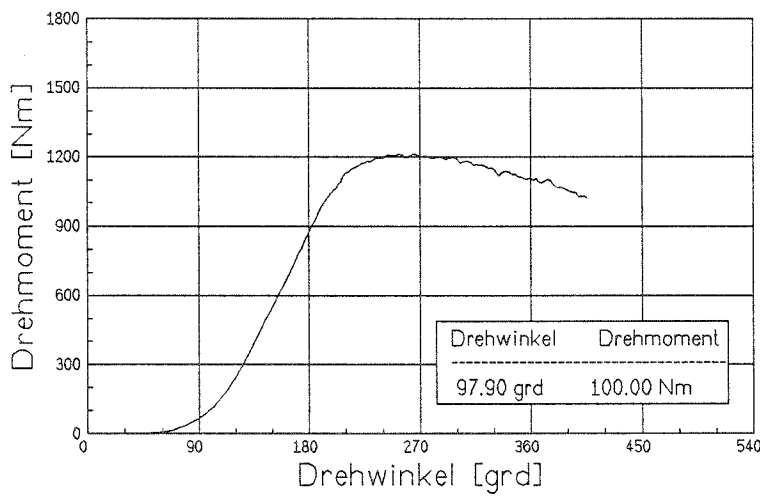
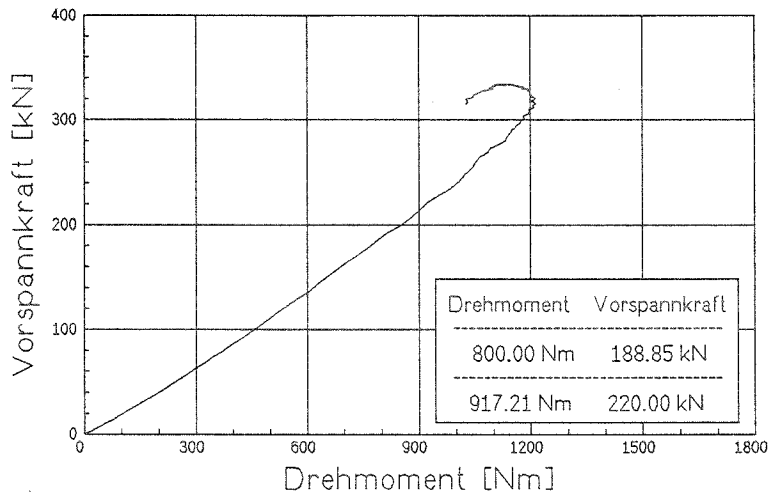
Schraubenkennzeichnung: C1K04 (M24 x 140)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



Schraubenkennzeichnung: C1K05 (M24 x 140)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH

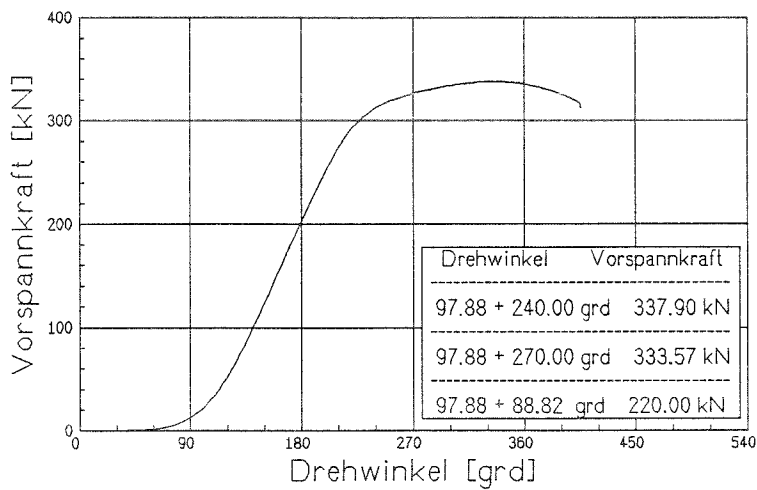
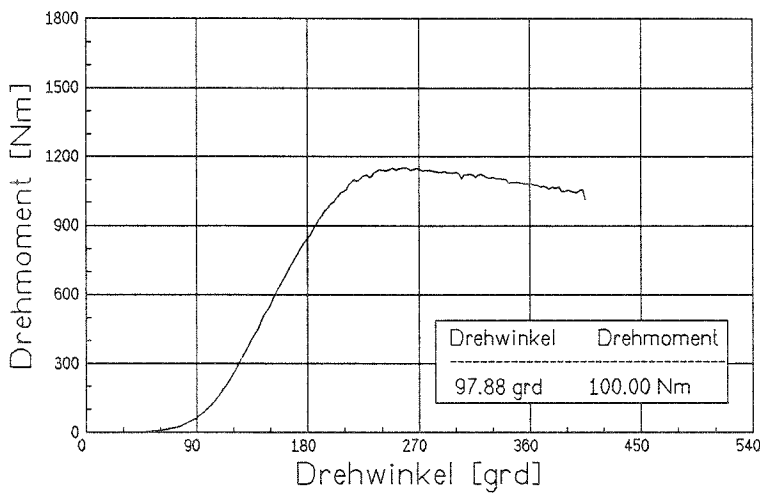
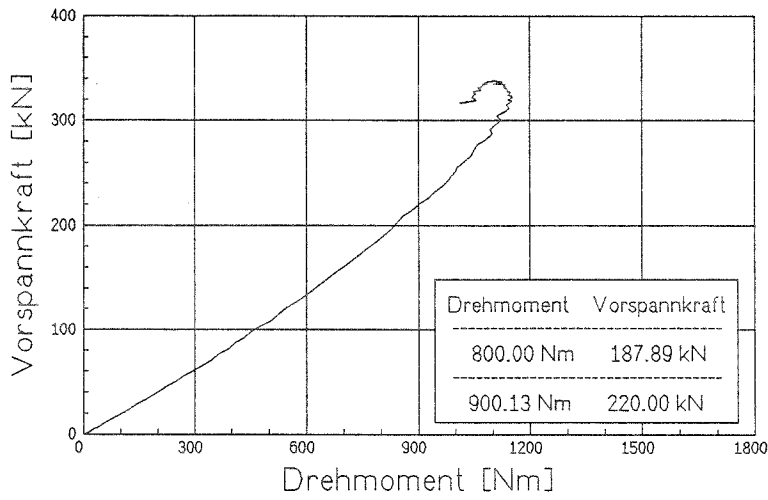


Schraubenkennzeichnung: C1K06 (M24 x 140)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH

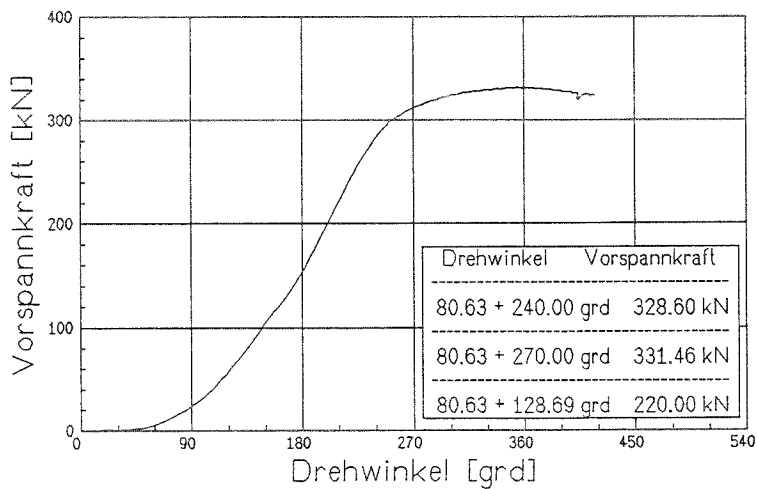
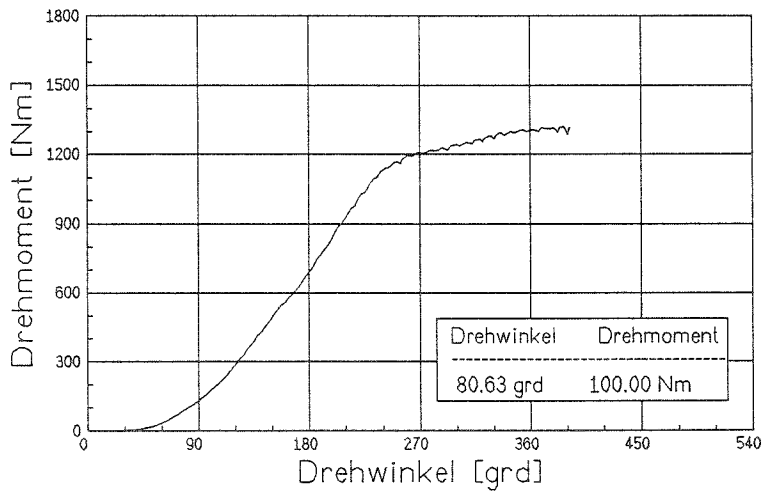
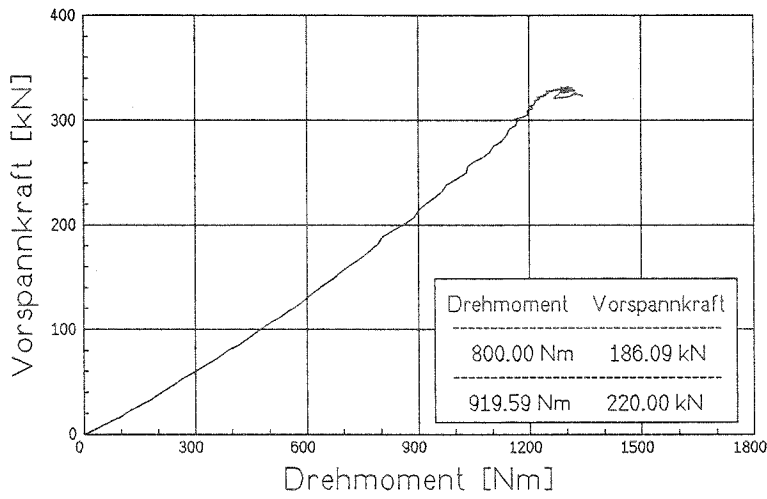




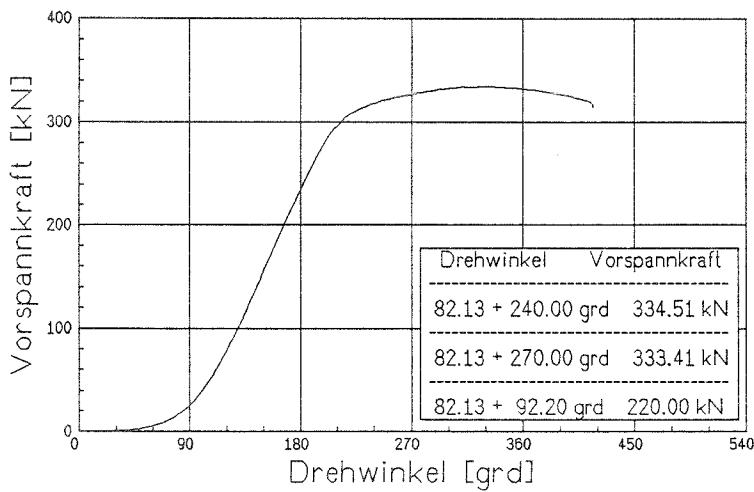
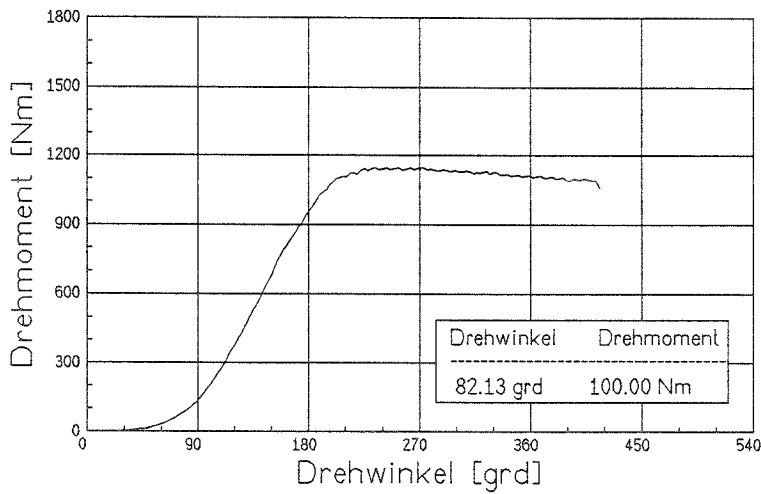
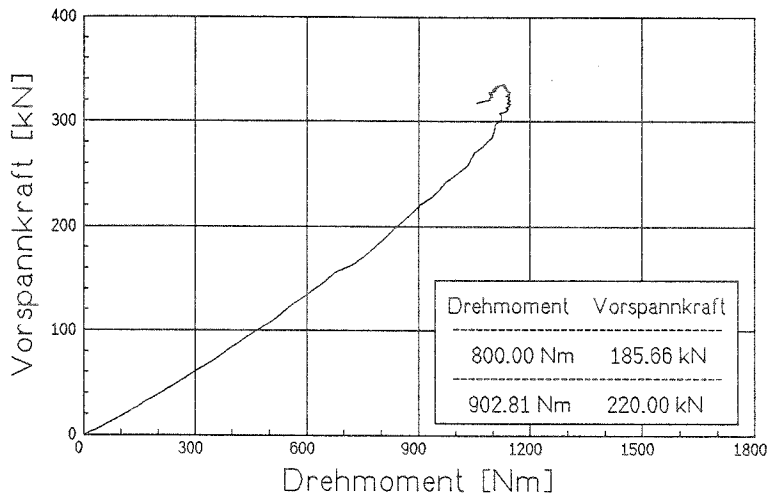
Schraubenkennzeichnung: C1K07 (M24 x 140)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



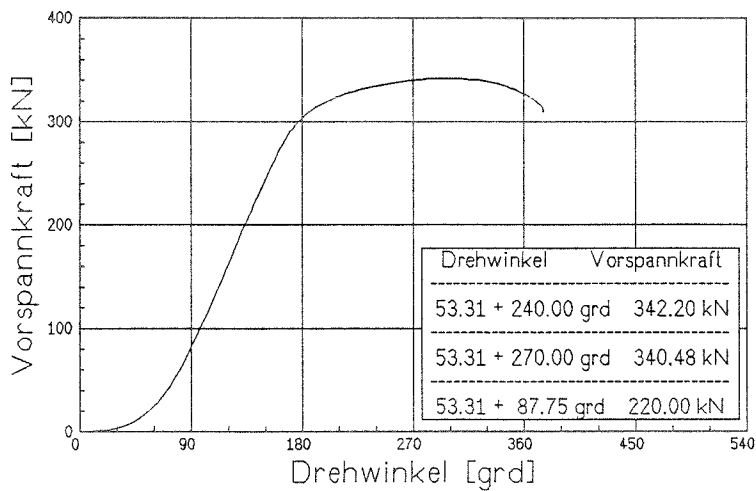
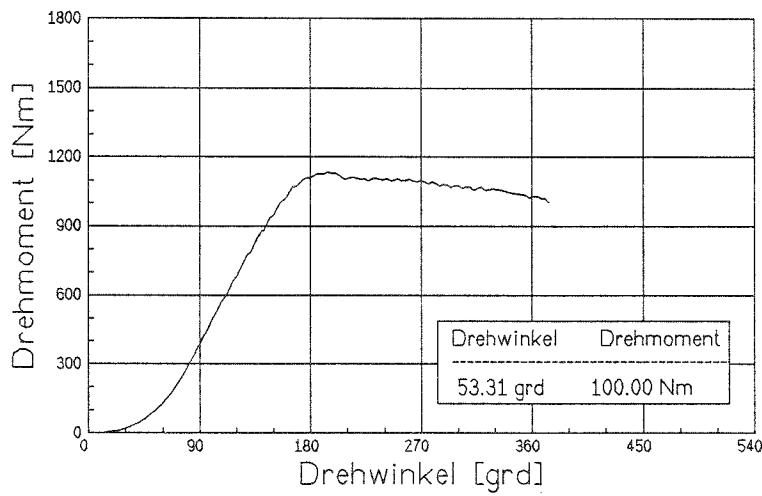
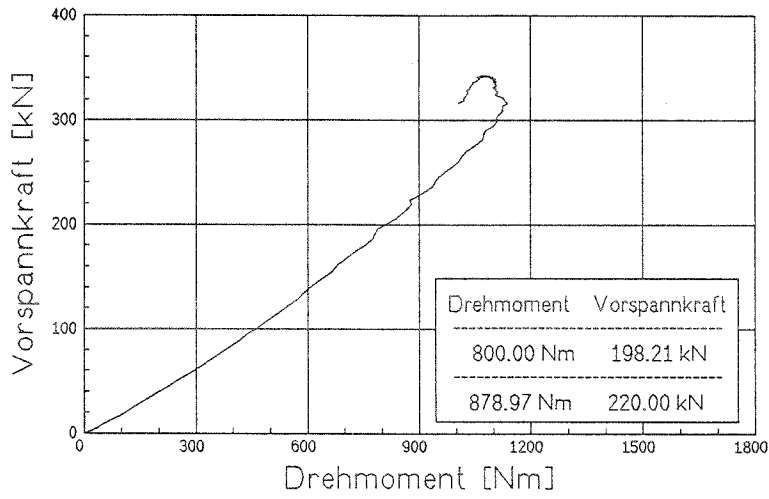
Schraubenkennzeichnung: C1K08 (M24 x 140)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



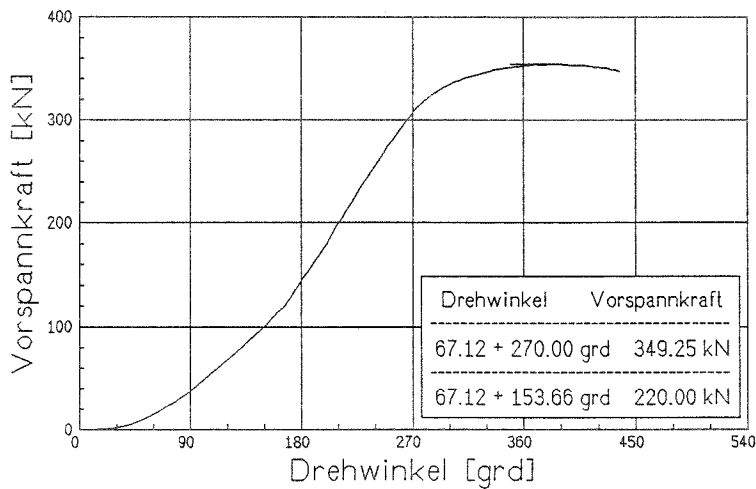
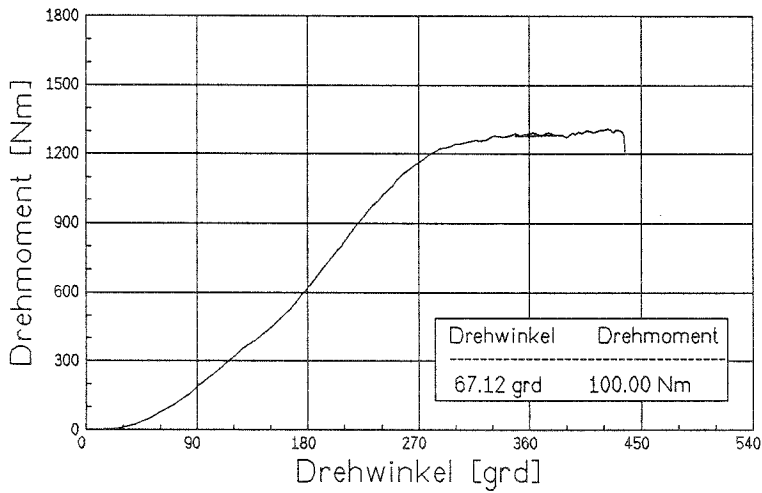
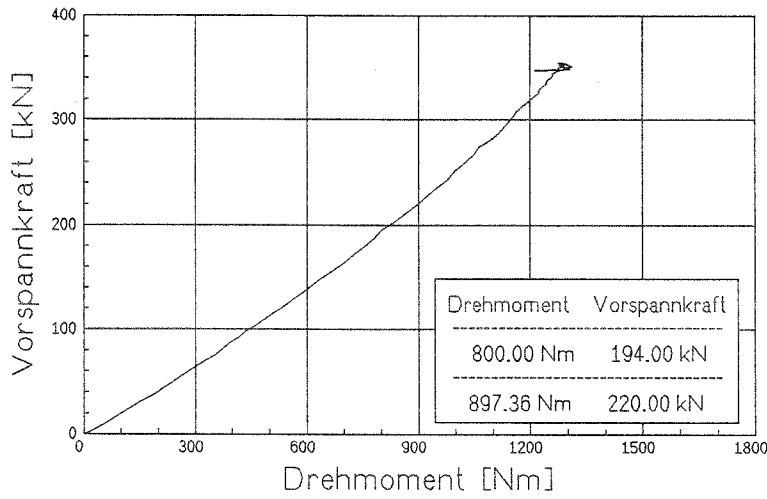
Schraubenkennzeichnung: C1K09 (M24 x 140)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



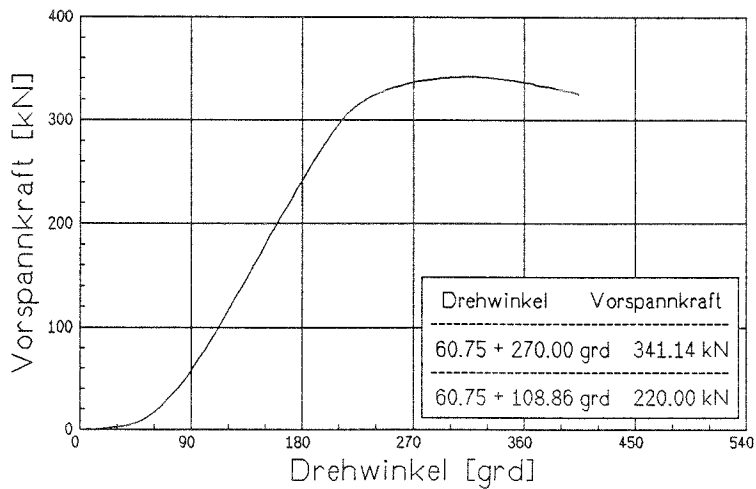
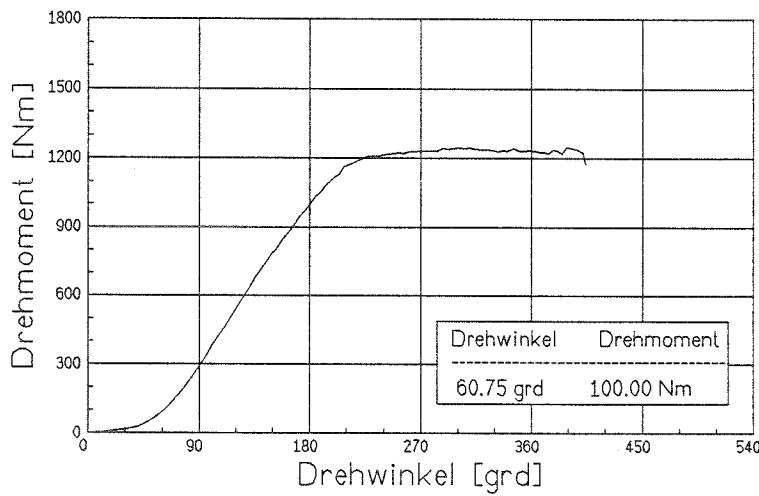
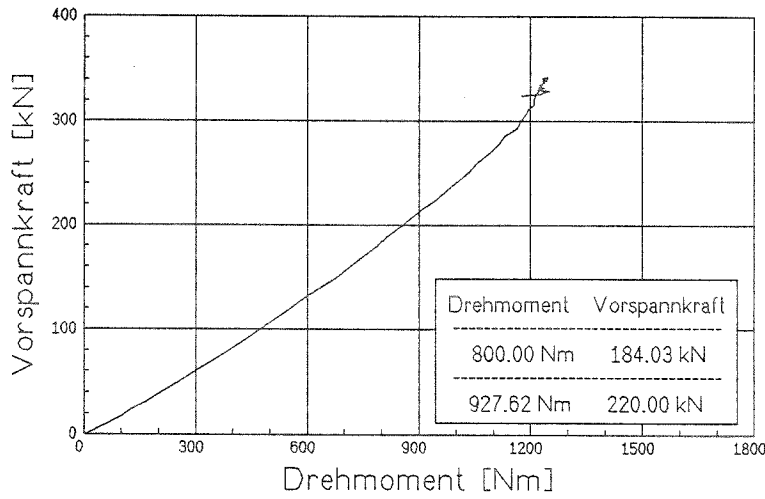
Schraubenkennzeichnung: C1K10 (M24 x 140)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



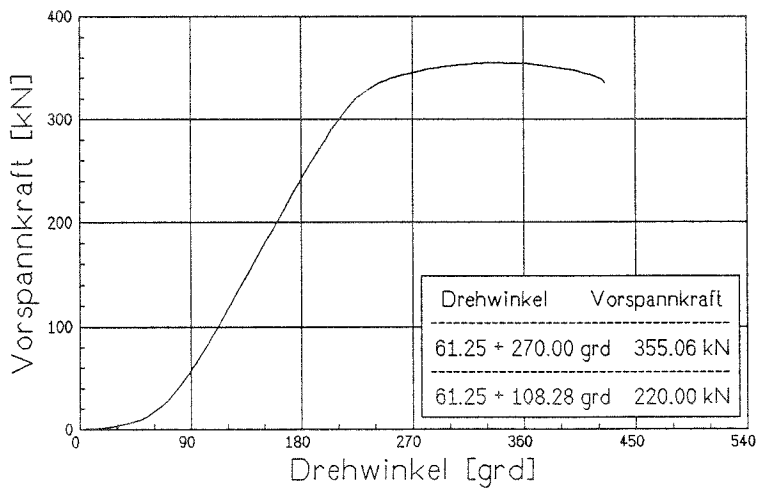
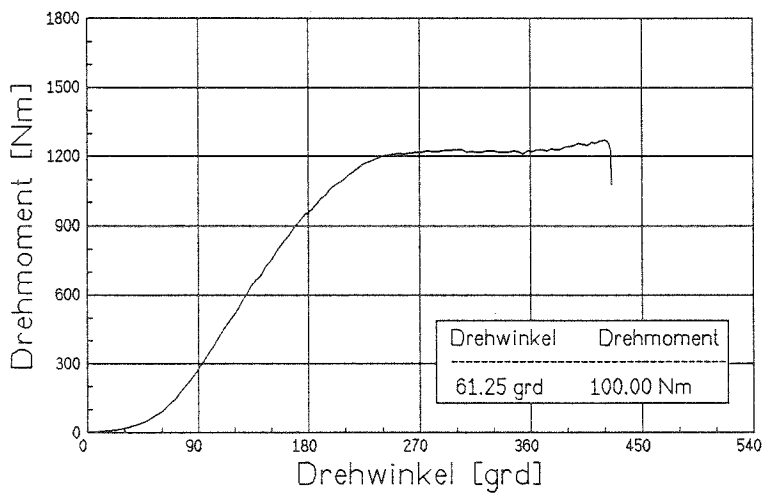
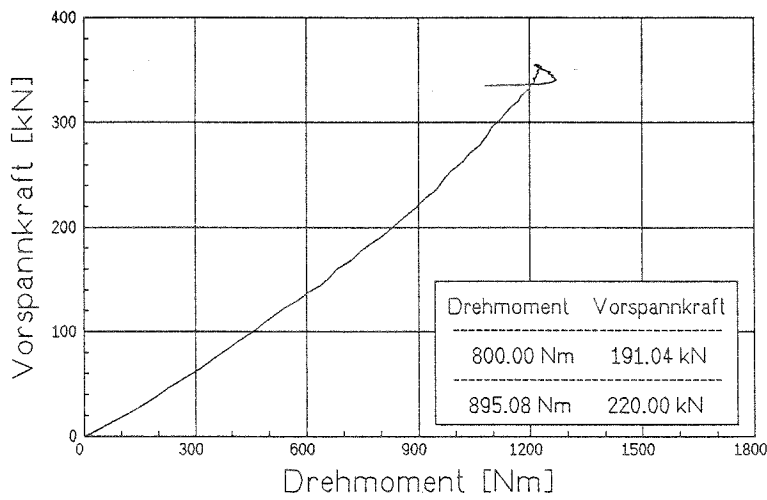
Schraubenkennzeichnung: C1L01 (M24 x 200)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



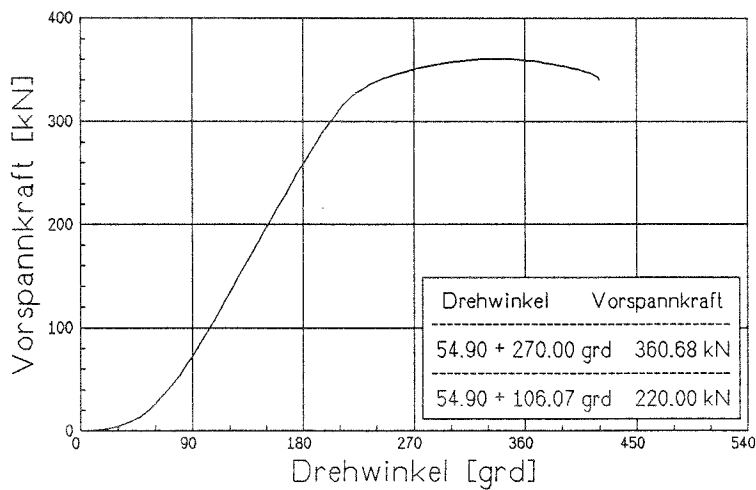
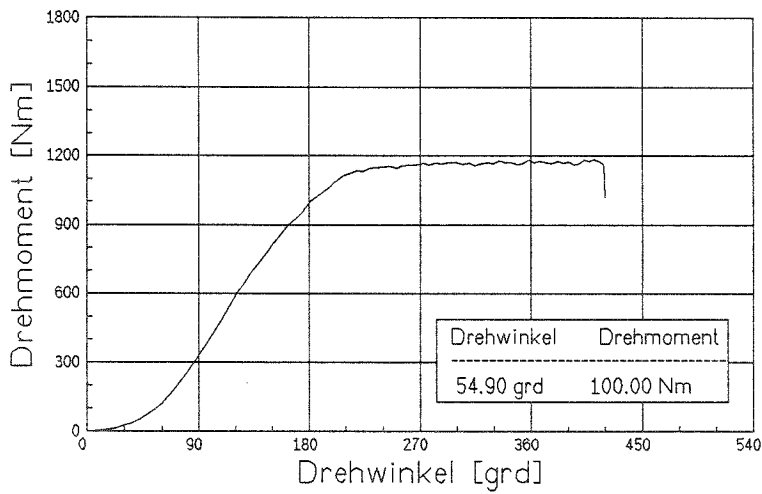
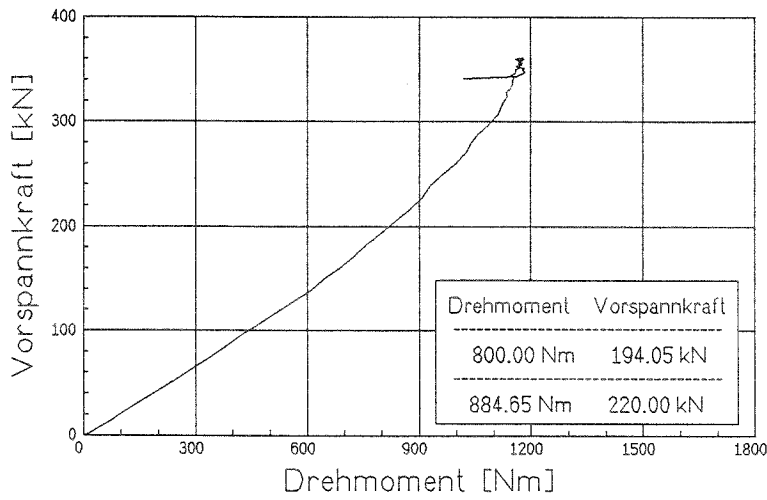
Schraubenkennzeichnung: C1L02 (M24 x 200)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



Schraubenkennzeichnung: C1L03 (M24 x 200)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH

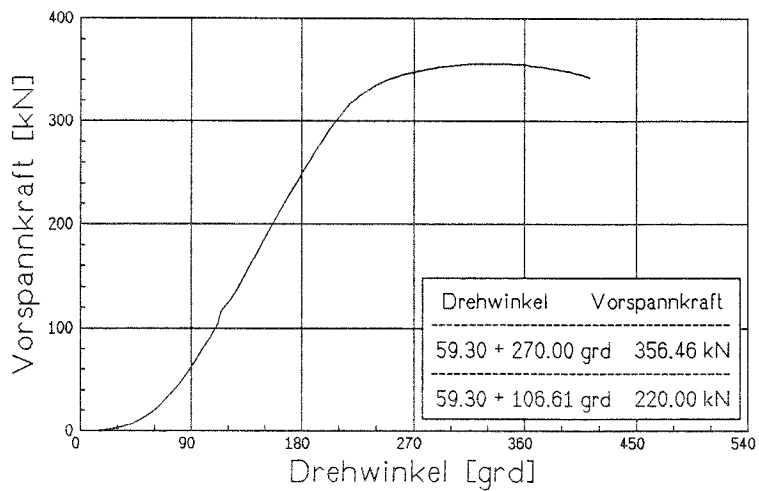
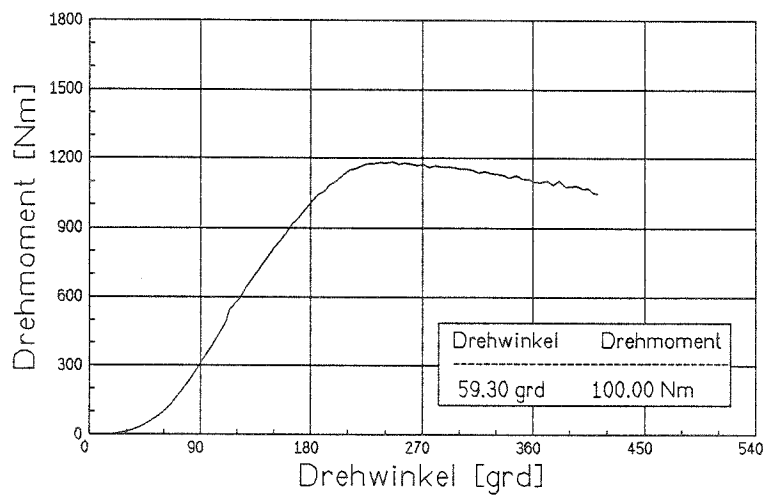
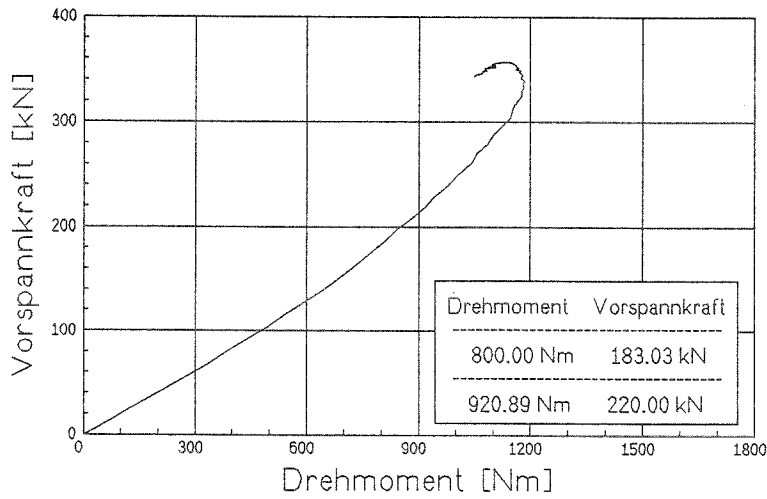


Schraubenkennzeichnung: C1L04 (M24 x 200)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH

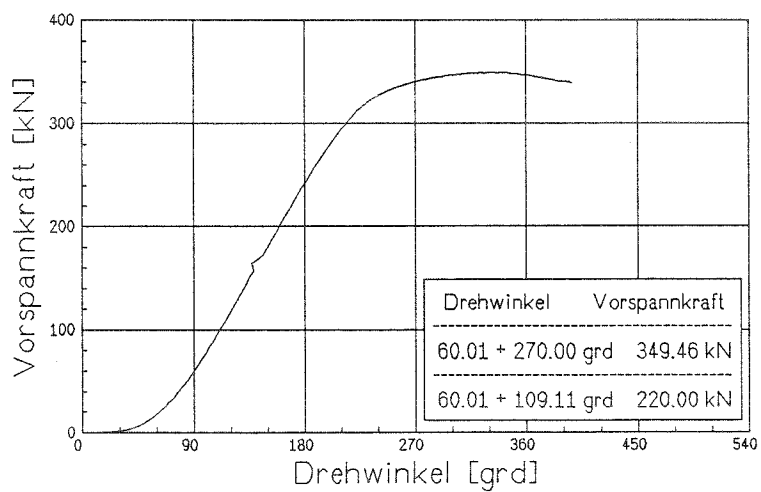
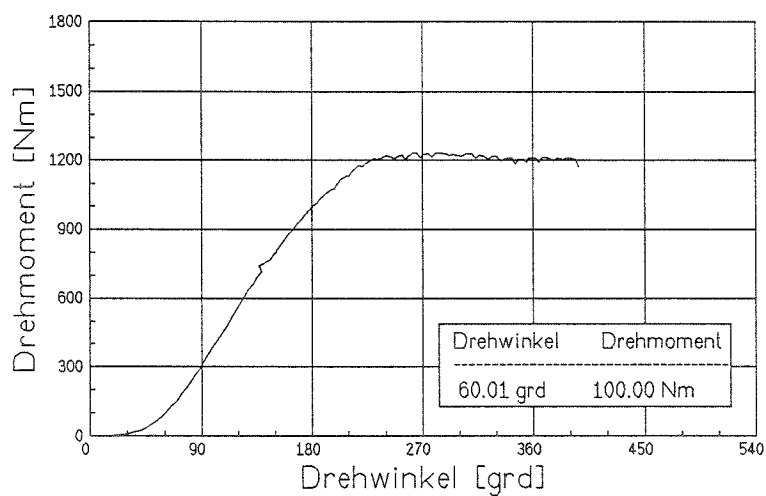
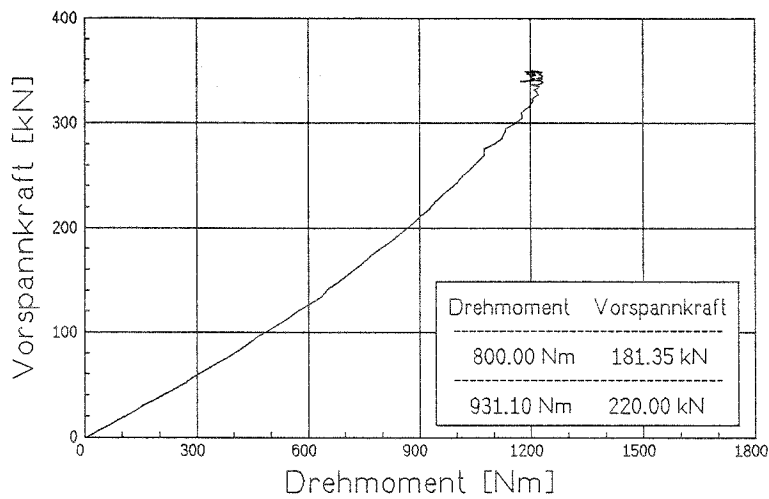




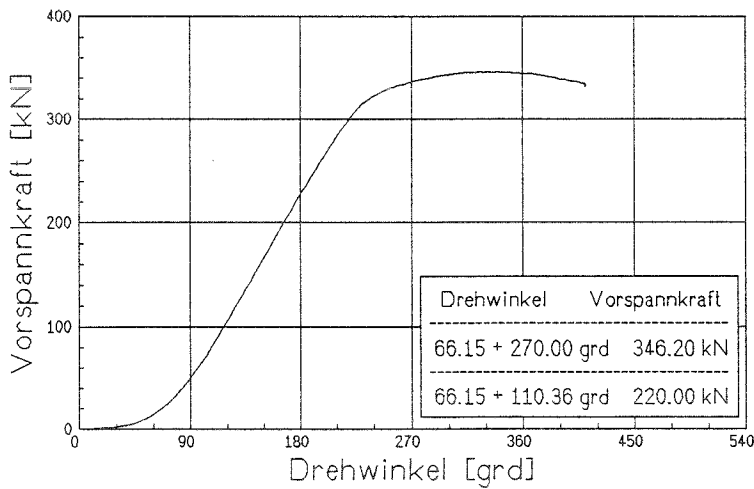
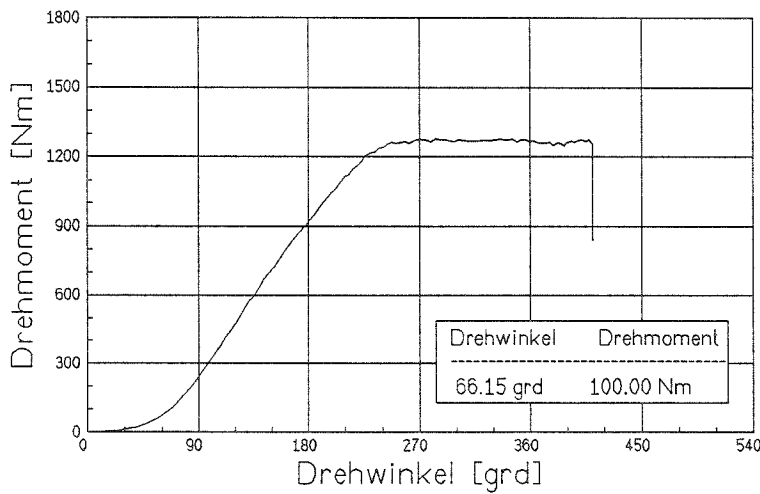
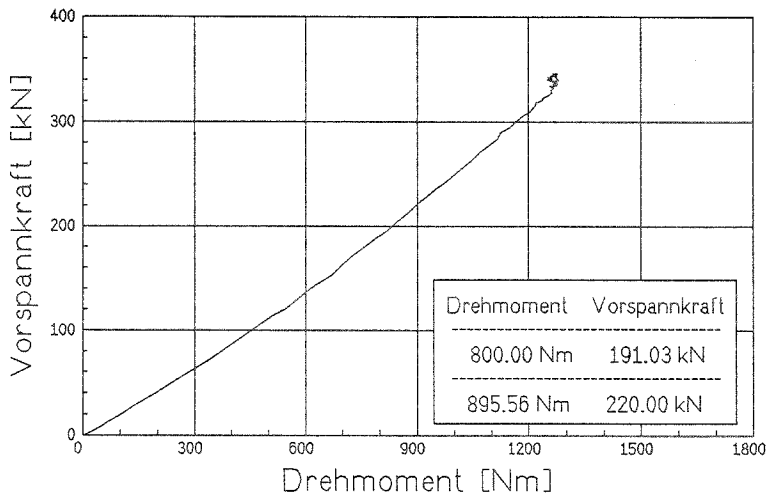
Schraubenkennzeichnung: C1L05 (M24 x 200)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



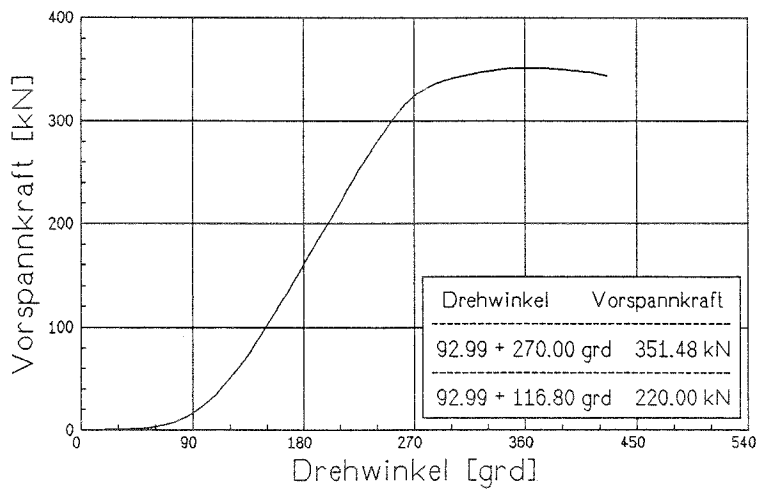
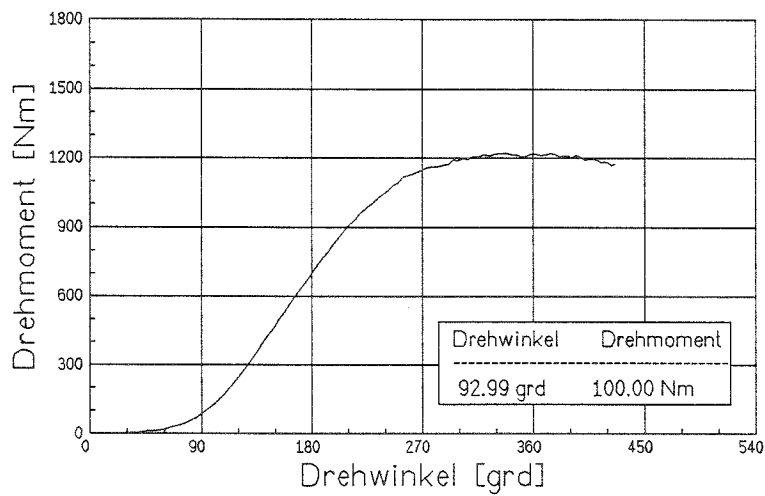
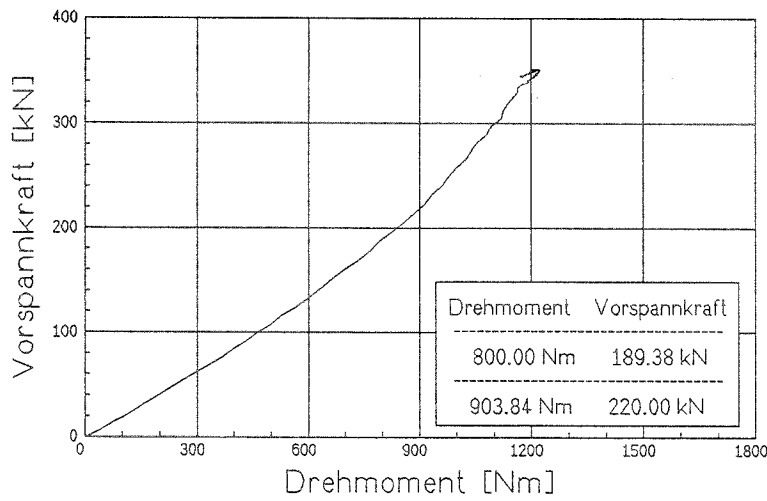
Schraubenkennzeichnung: C1L06 (M24 x 200)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



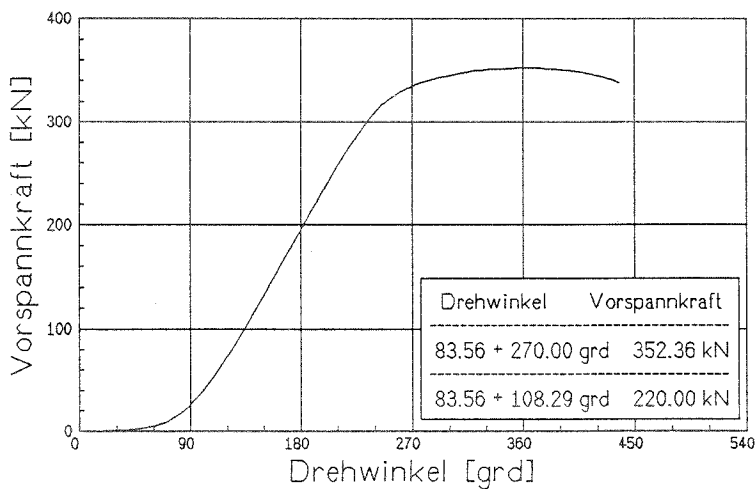
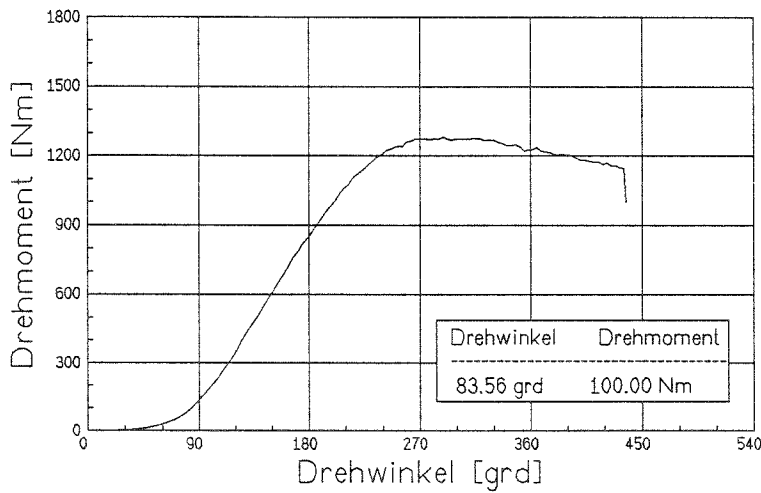
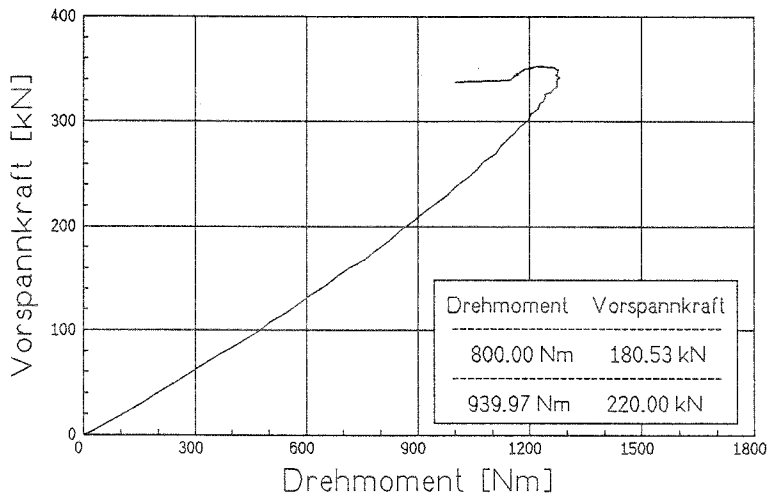
Schraubenkennzeichnung: C1L07 (M24 x 200)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



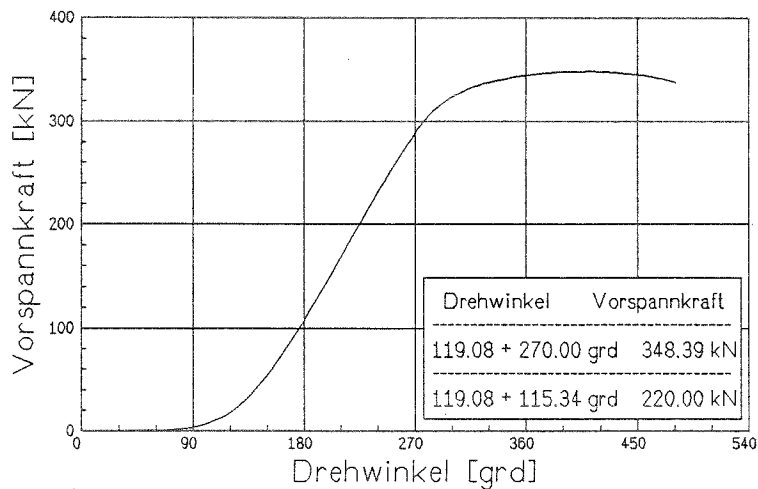
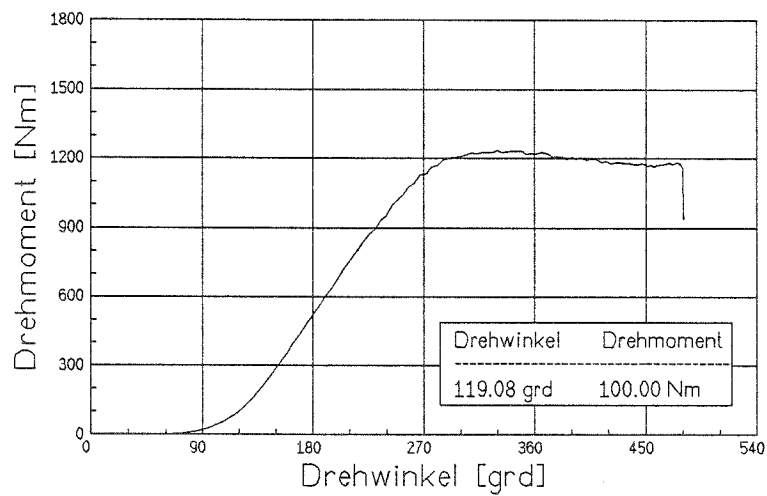
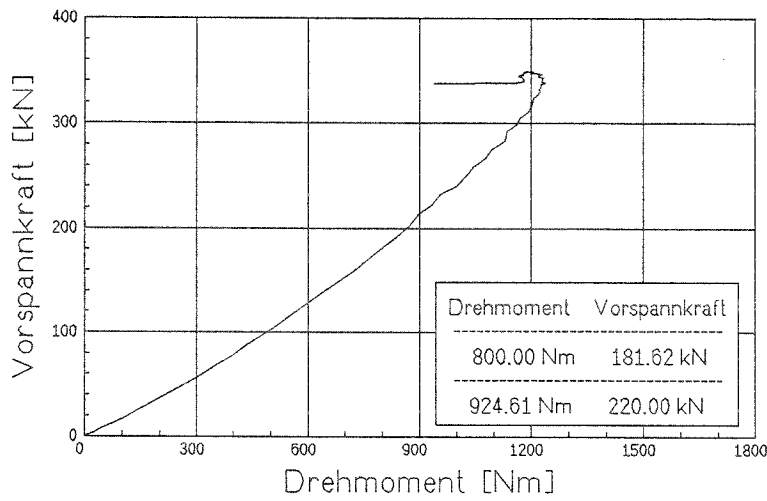
Schraubenkennzeichnung: C1L08 (M24 x 200)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



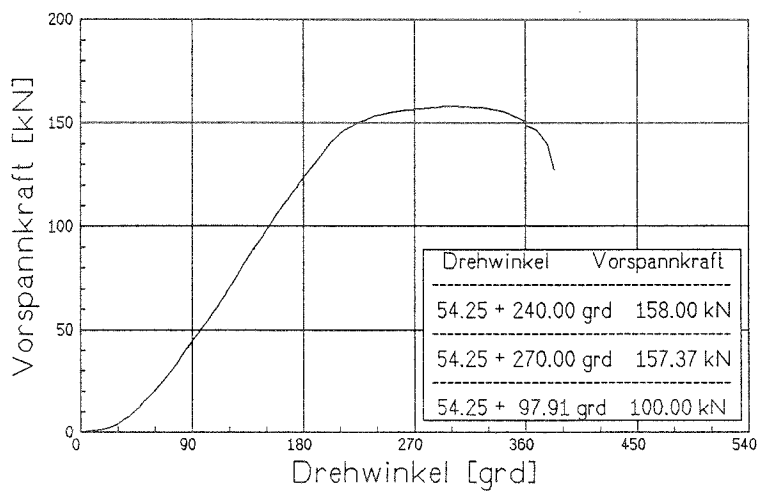
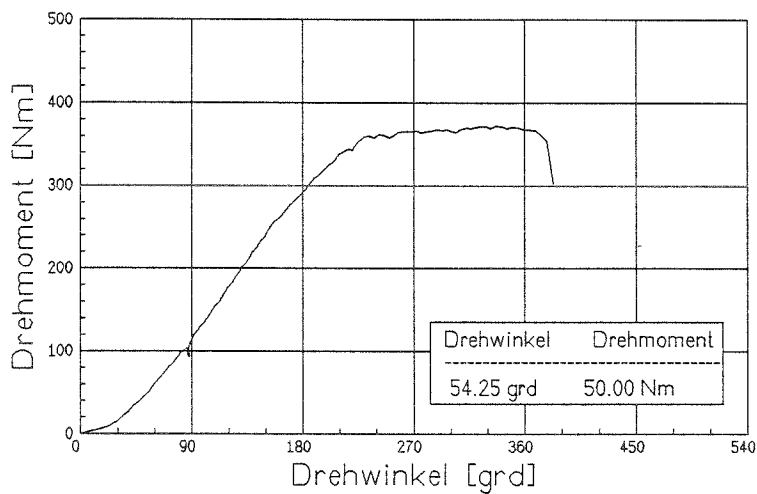
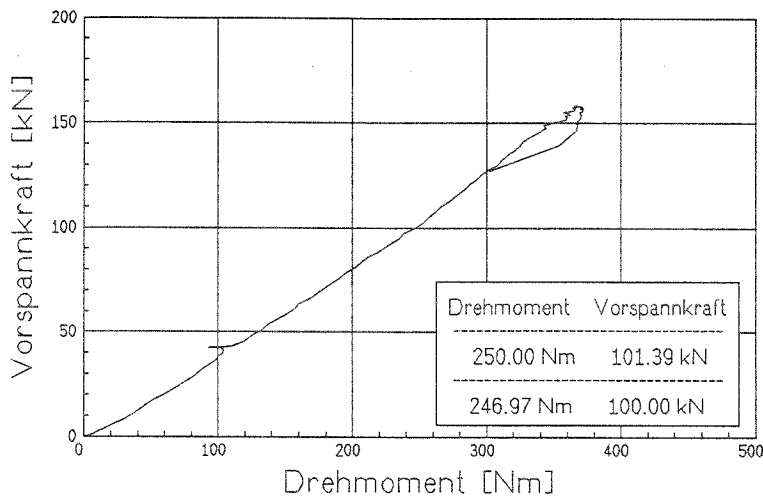
Schraubenkennzeichnung: C1L09 (M24 x 200)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



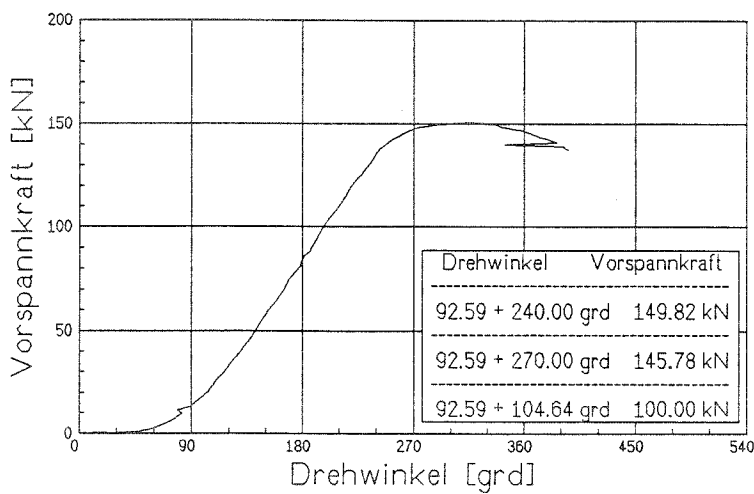
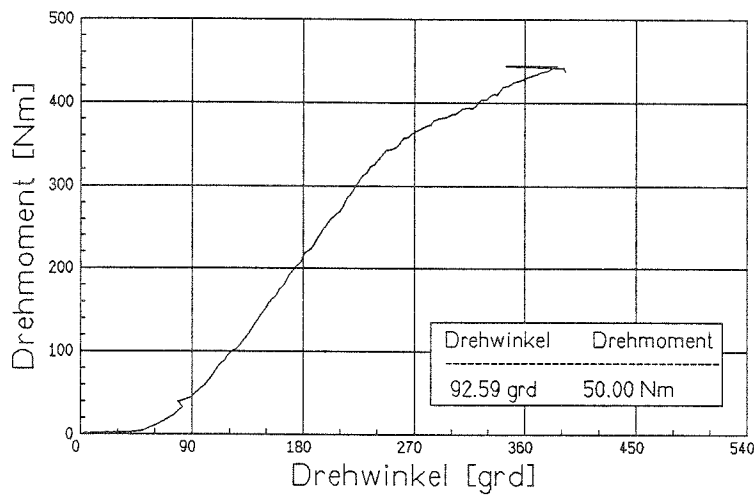
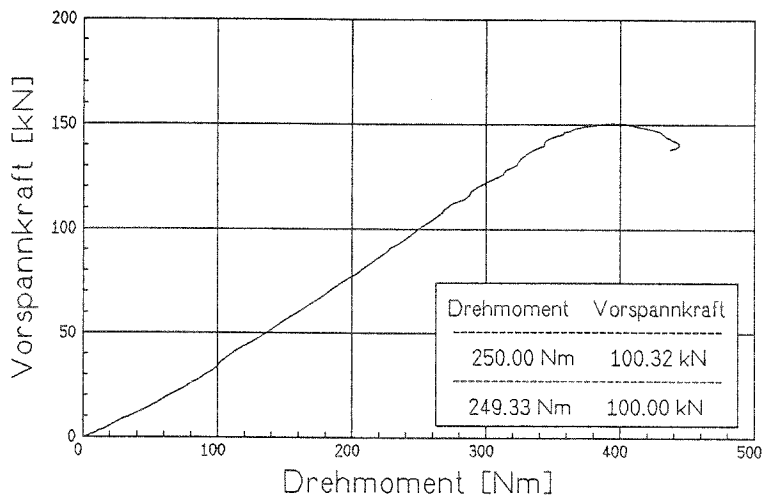
Schraubenkennzeichnung: C1L10 (M24 x 200)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



Schraubenkennzeichnung: A2K01 (M16 x 140)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH

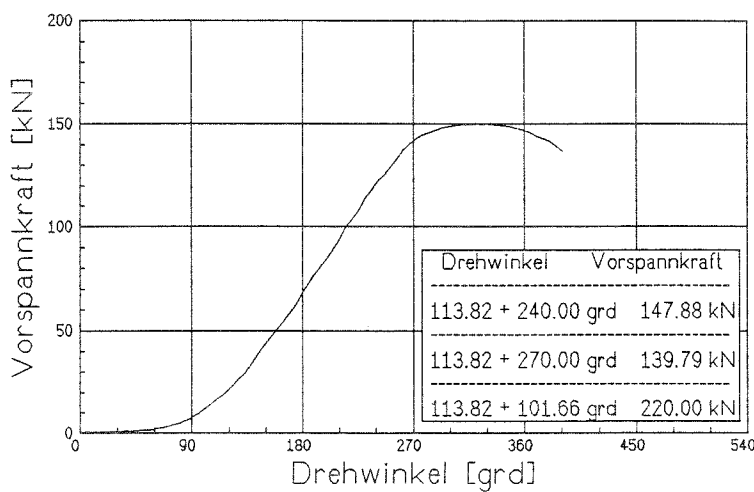
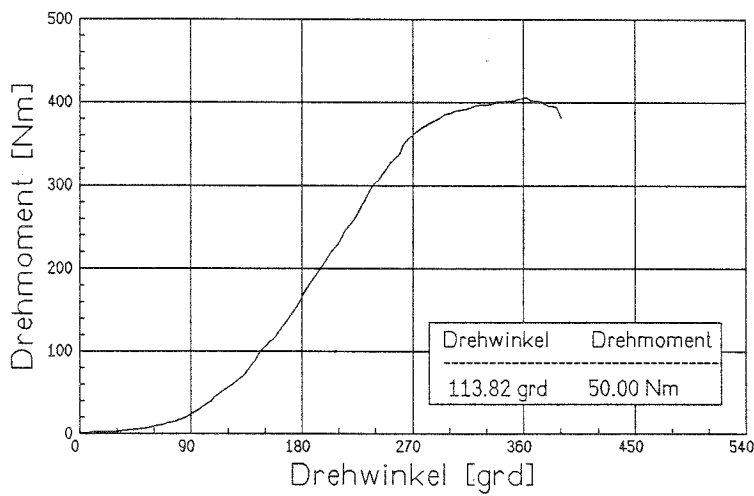
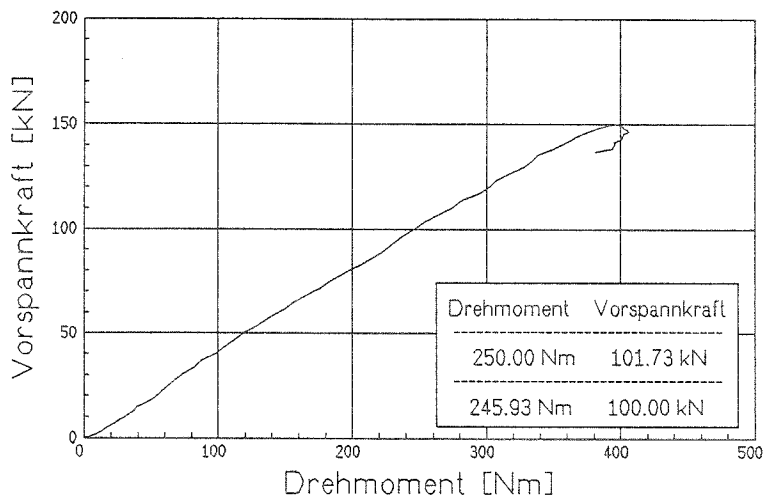


Schraubenkennzeichnung: A2K02 (M16 x 140)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH

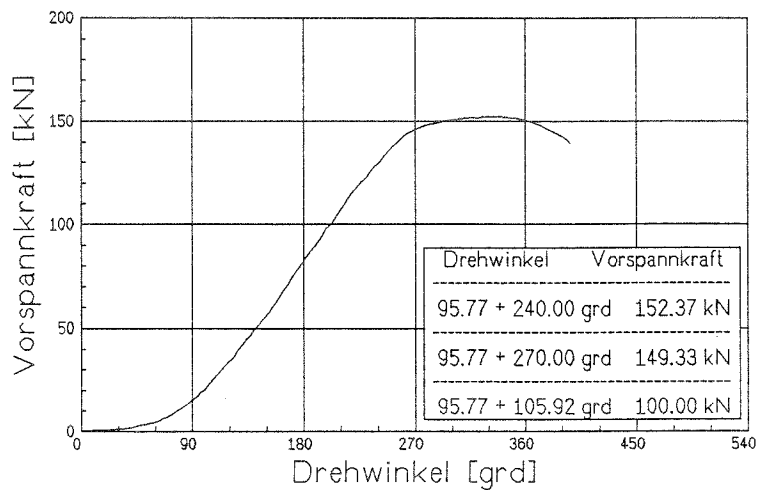
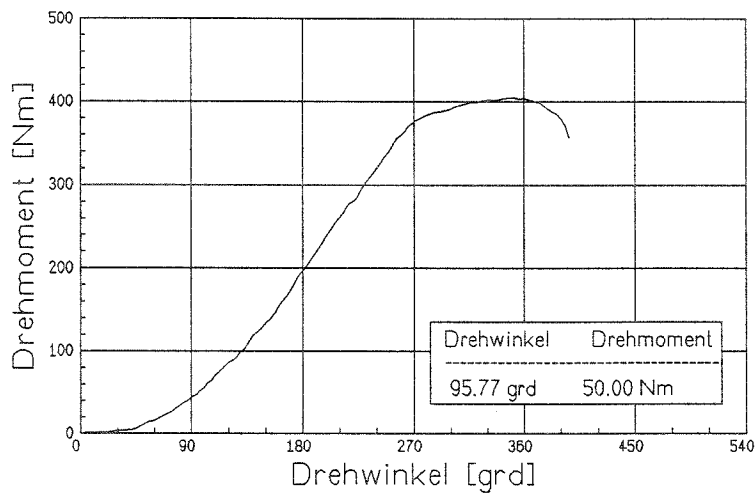
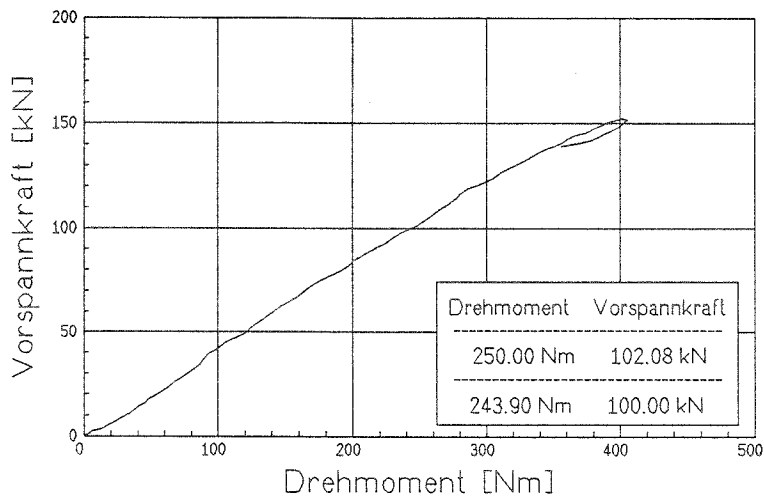




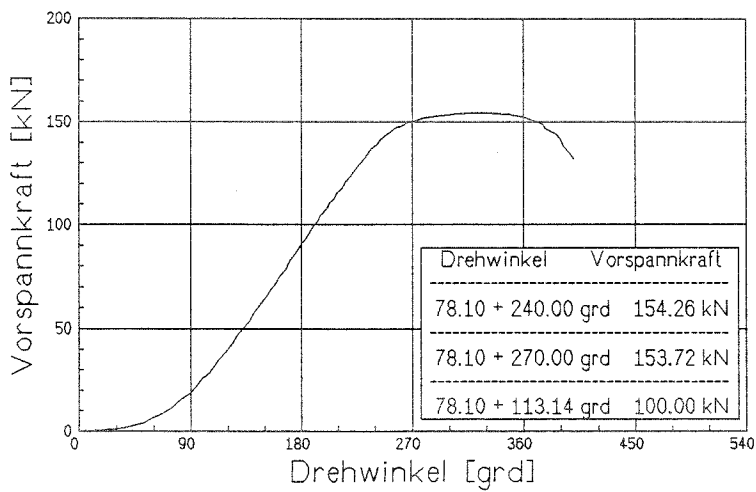
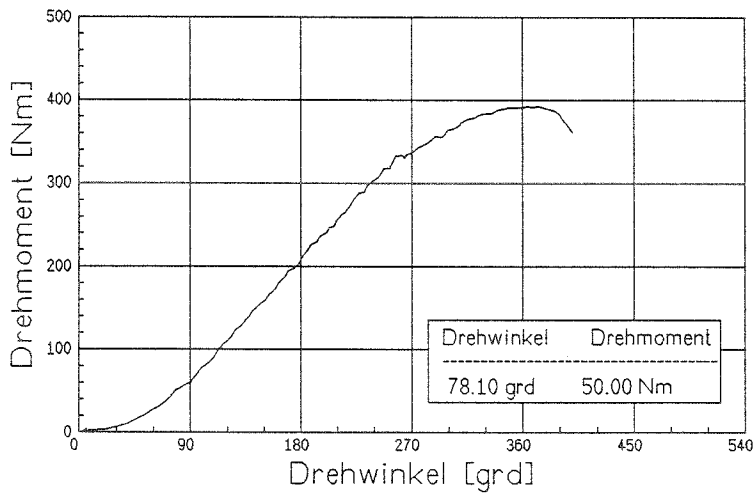
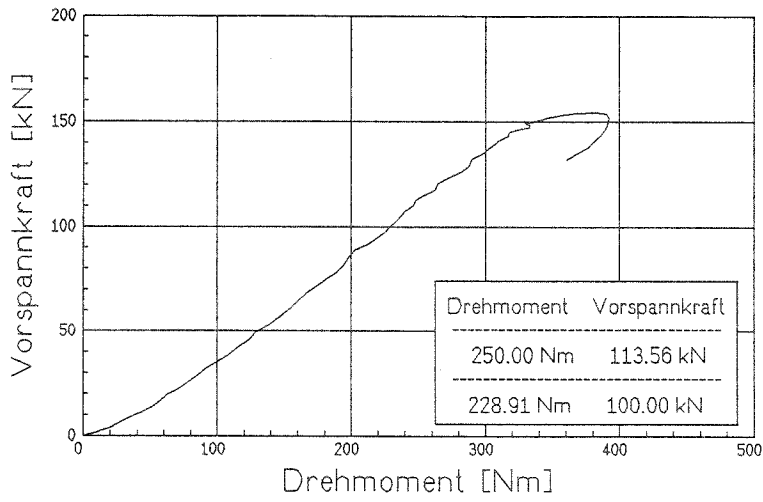
Schraubenkennzeichnung: A2K03 (M16 x 140)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



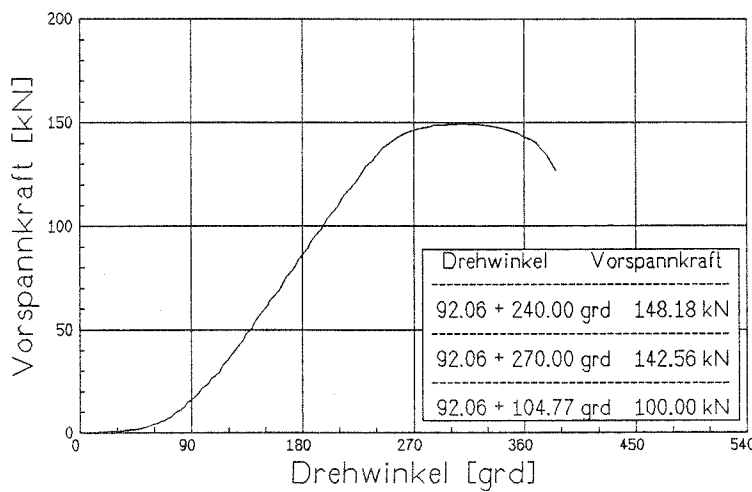
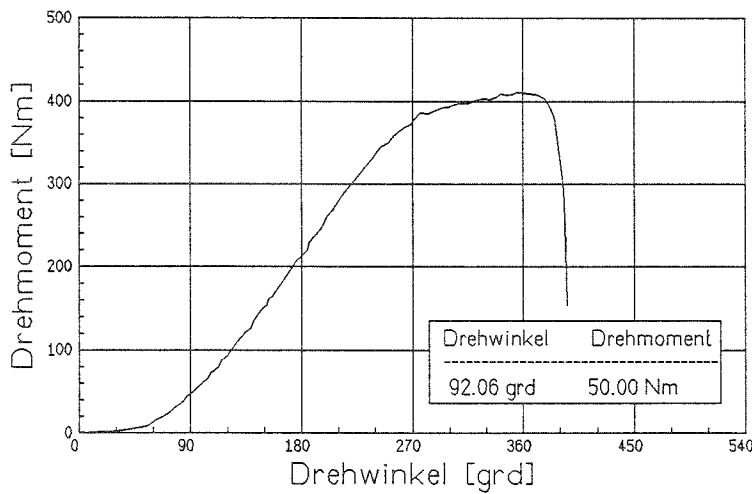
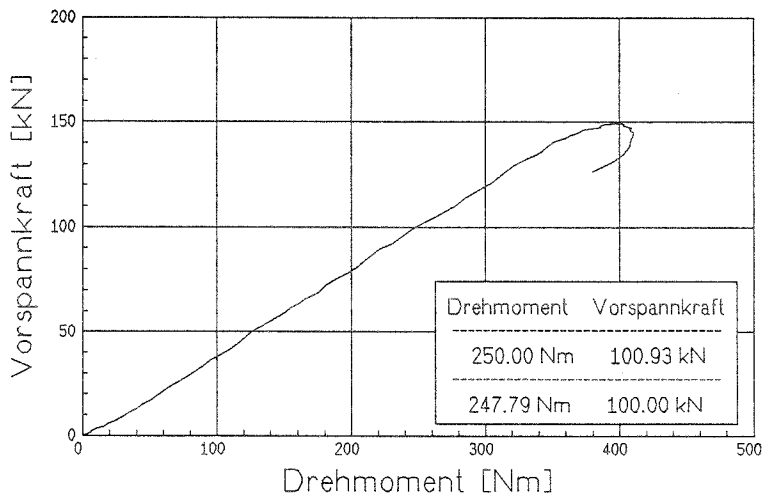
Schraubenkennzeichnung: A2K04 (M16 x 140)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



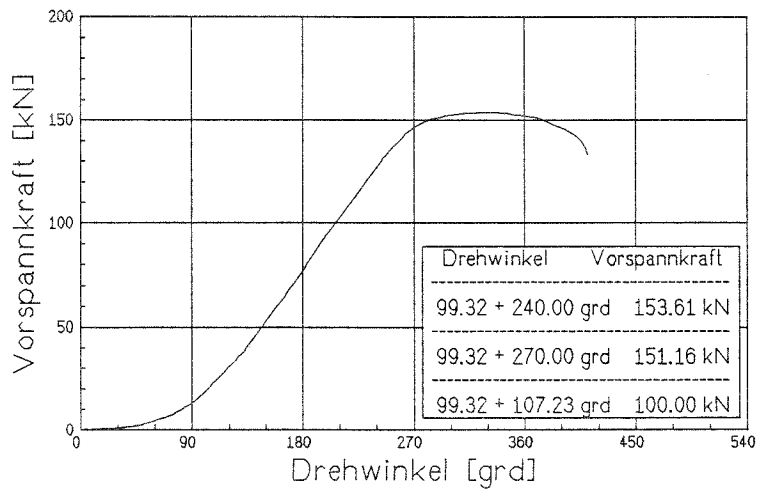
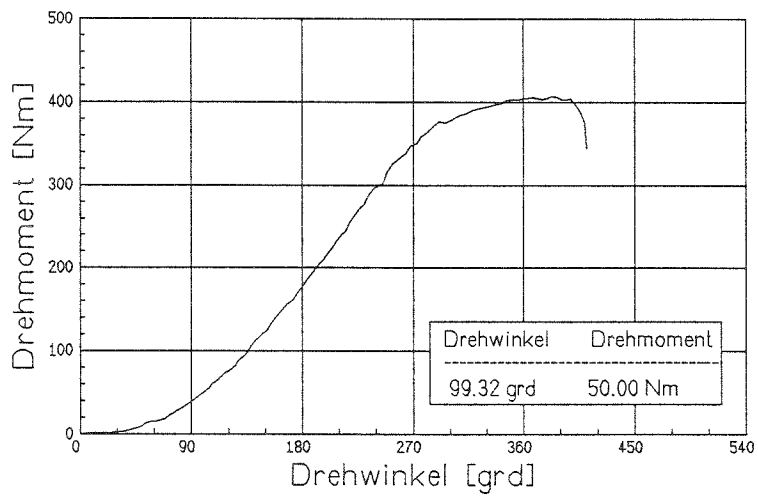
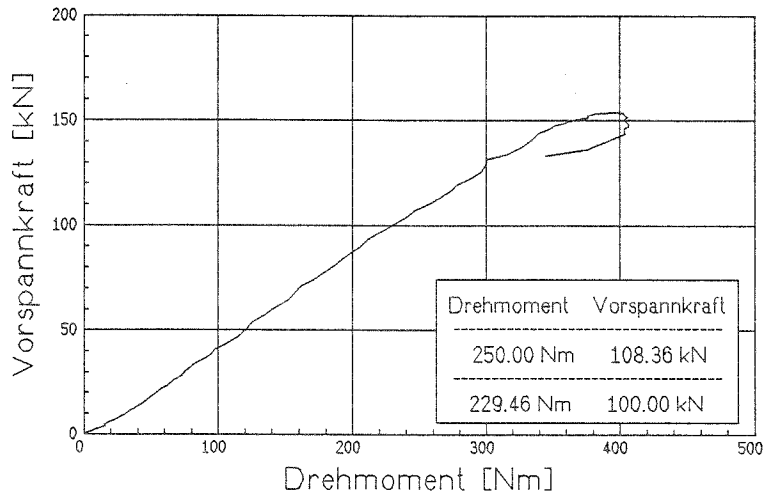
Schraubenkennzeichnung: A2K05 (M16 x 140)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



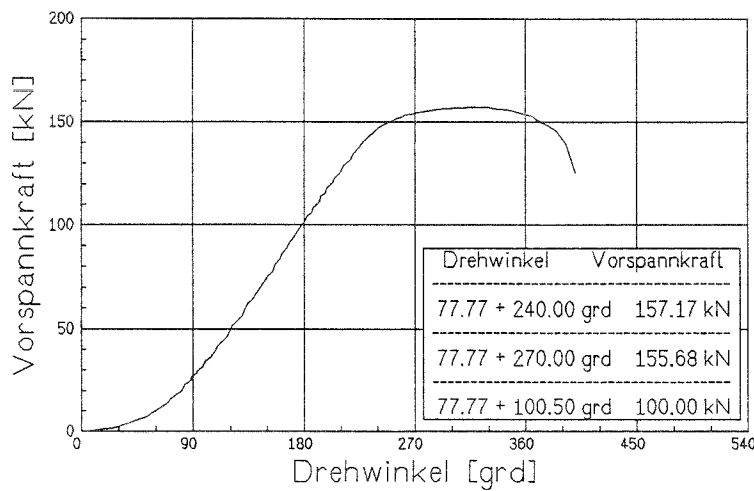
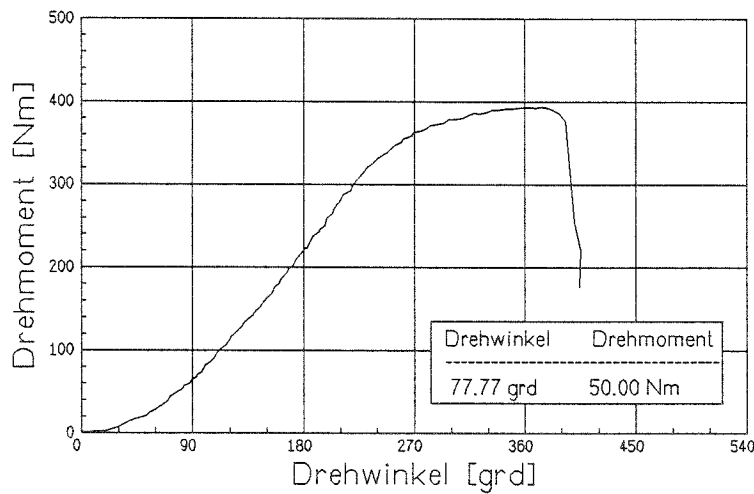
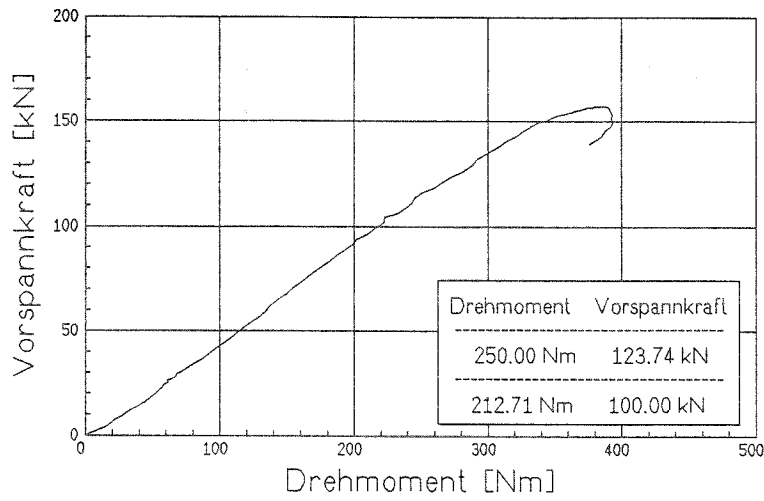
Schraubenkennzeichnung: A2K06 (M16 x 140)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



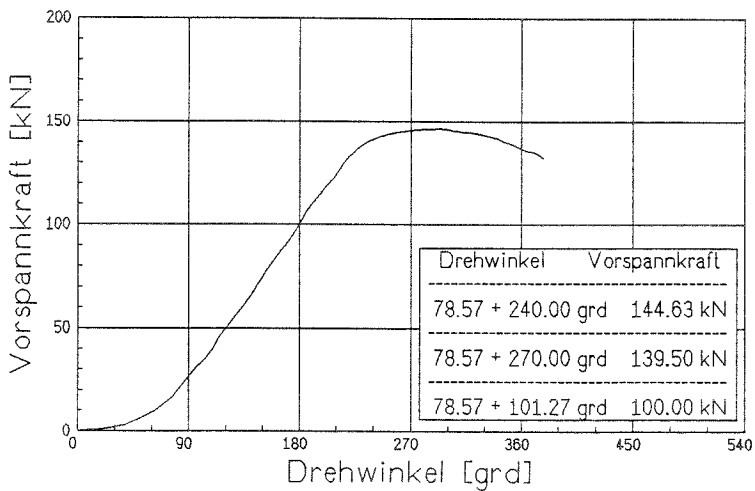
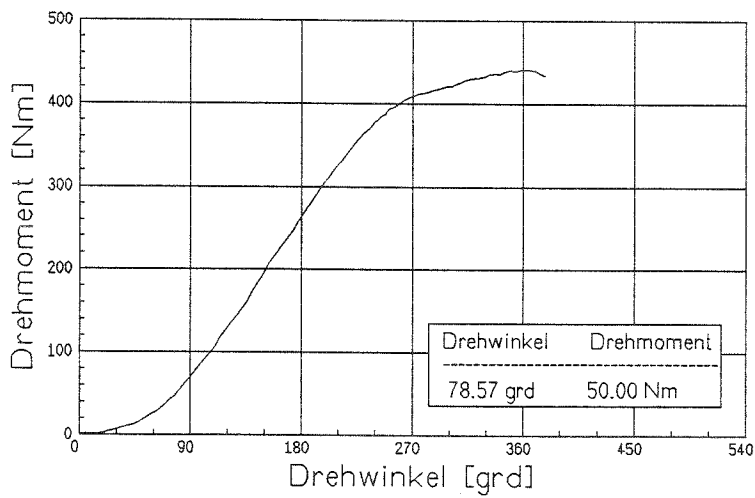
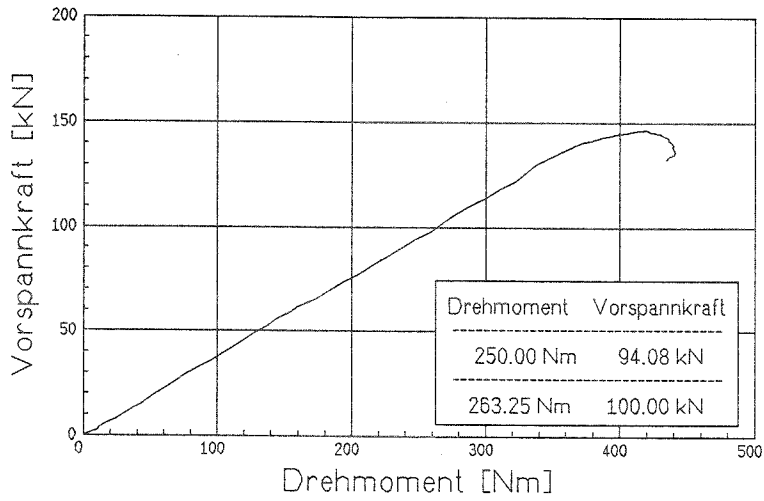
Schraubenkennzeichnung: A2K07 (M16 x 140)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



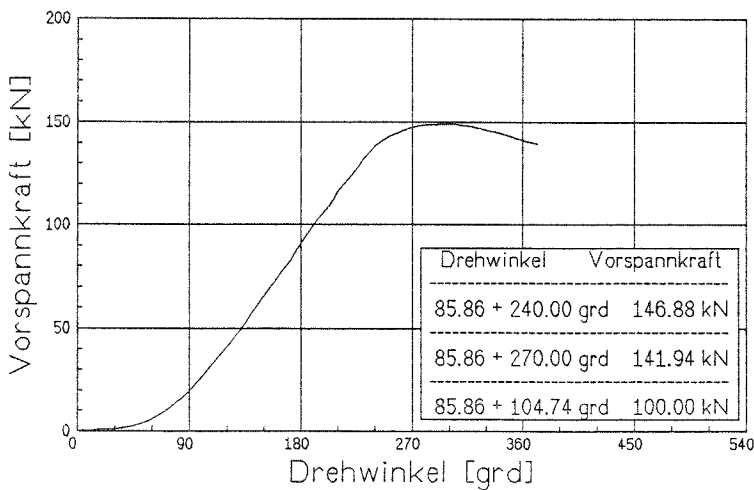
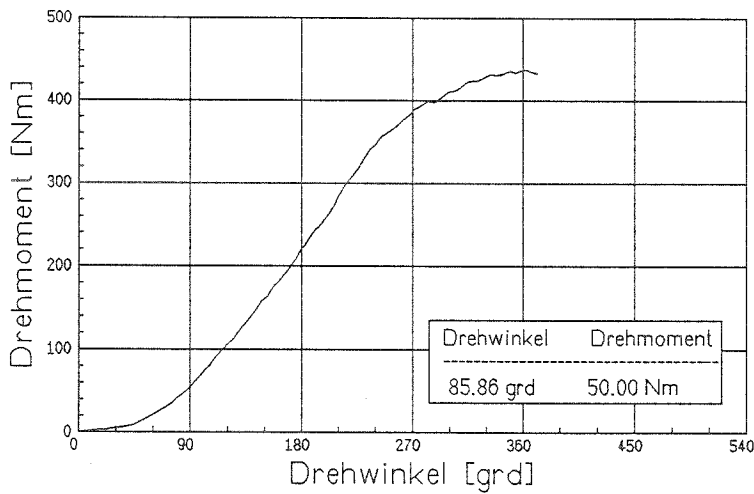
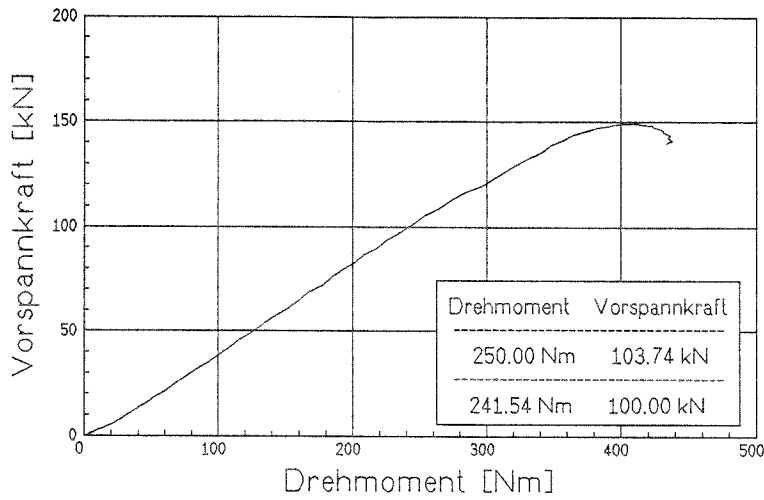
Schraubenkennzeichnung: A2K08 (M16 x 140)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



Schraubenkennzeichnung: A2K09 (M16 x 140)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH

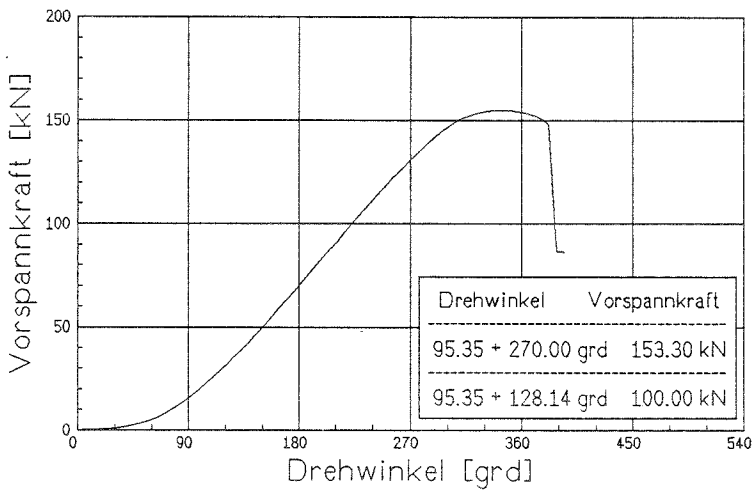
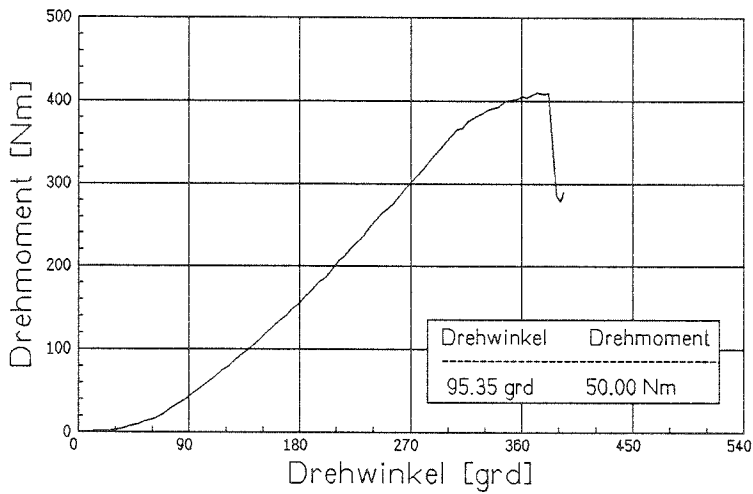
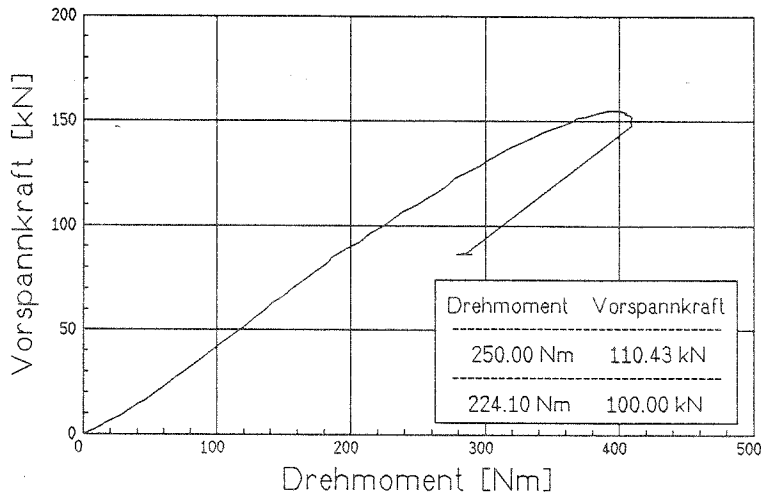


Schraubenkennzeichnung: A2K10 (M16 x 140)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH

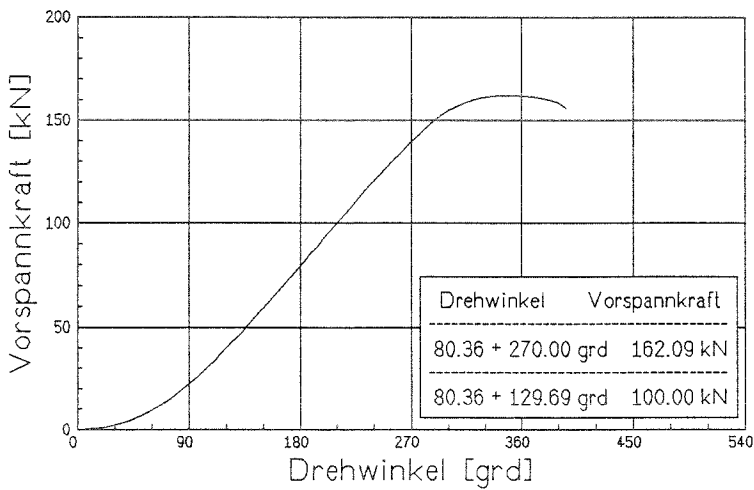
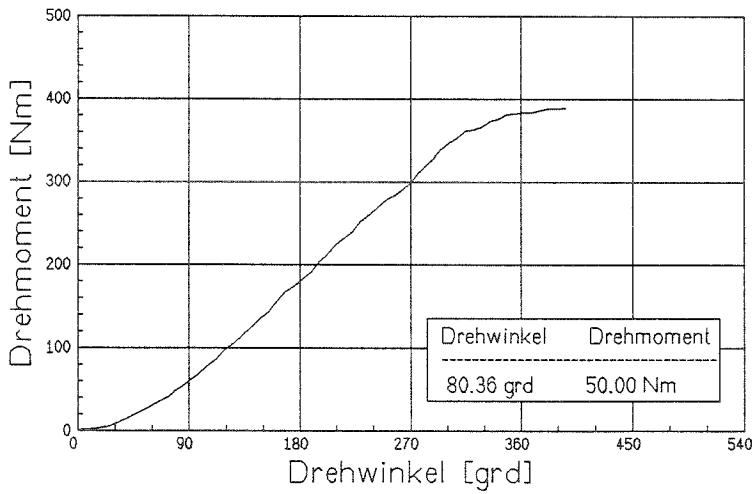
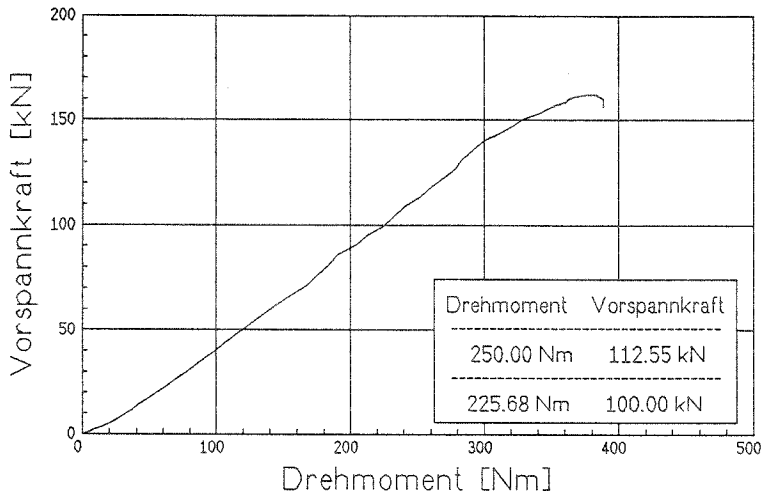




Schraubenkennzeichnung: A2L01 (M16 x 200)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH

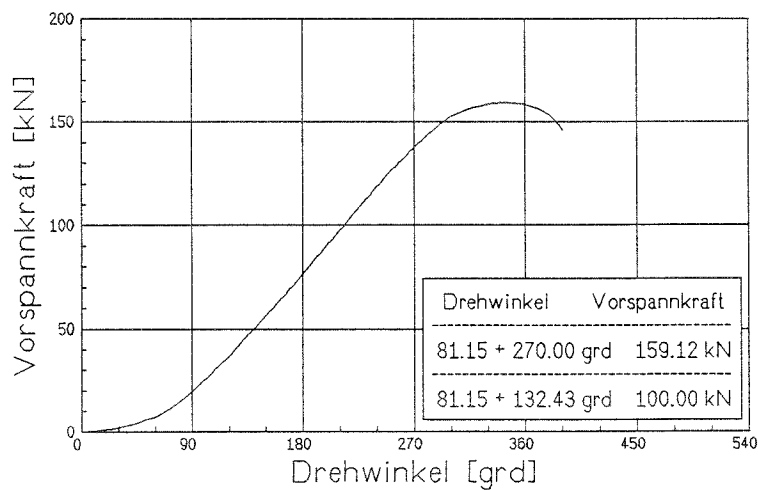
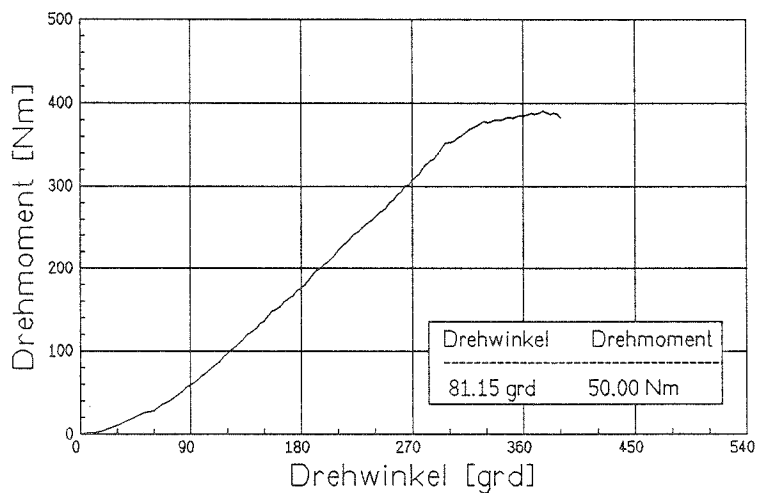
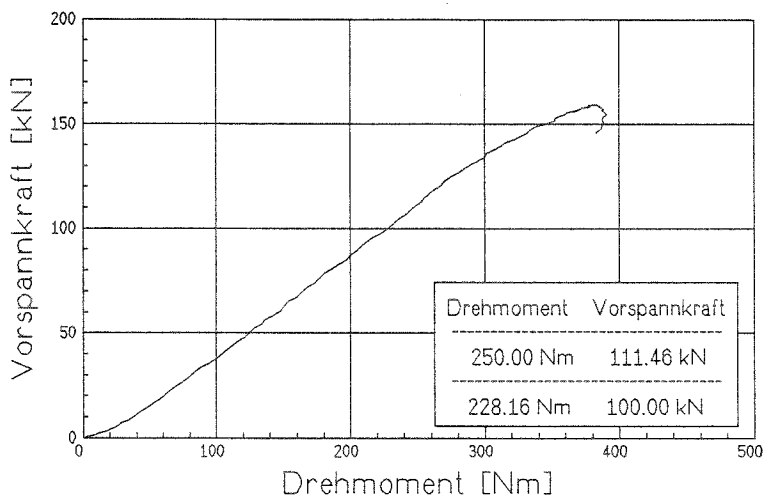


Schraubenkennzeichnung: A2L02 (M16 x 200)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH

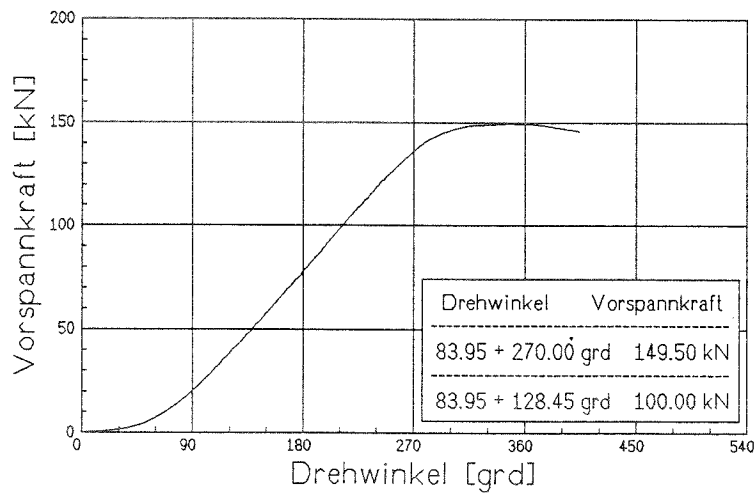
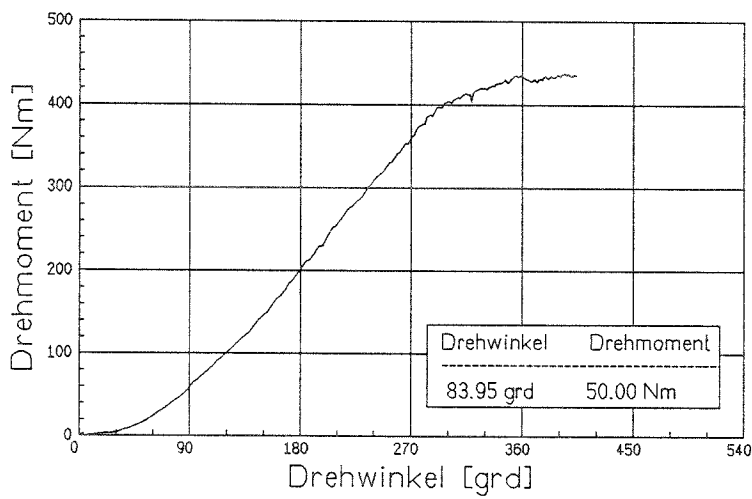
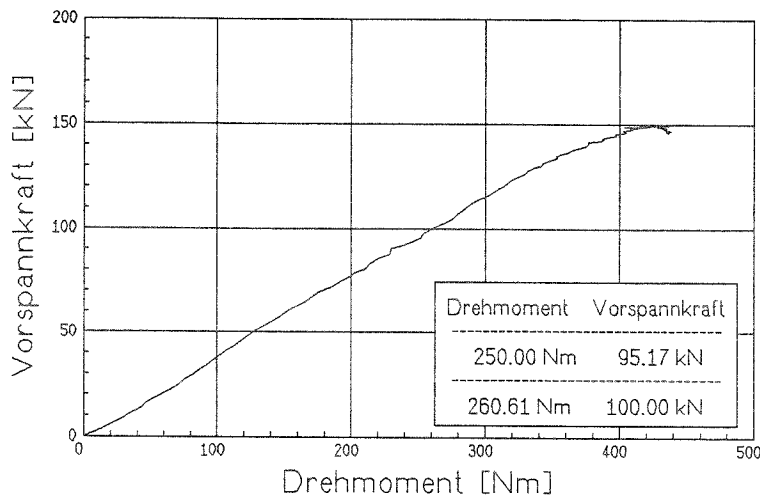


Schraubenkennzeichnung: A2L03 (M16 x 200)

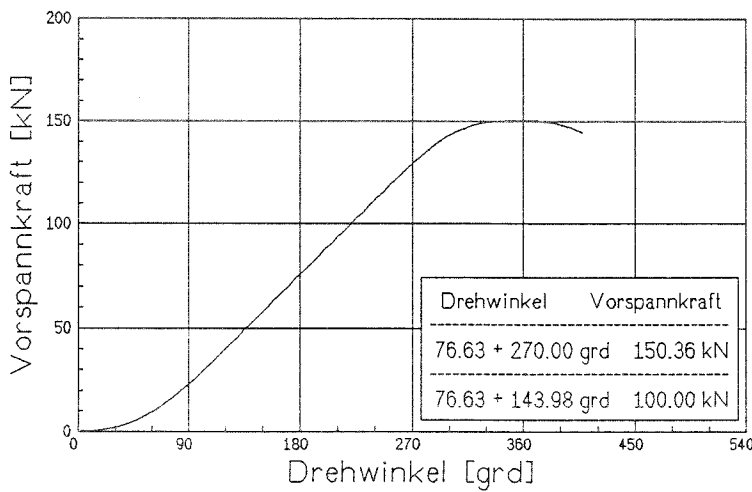
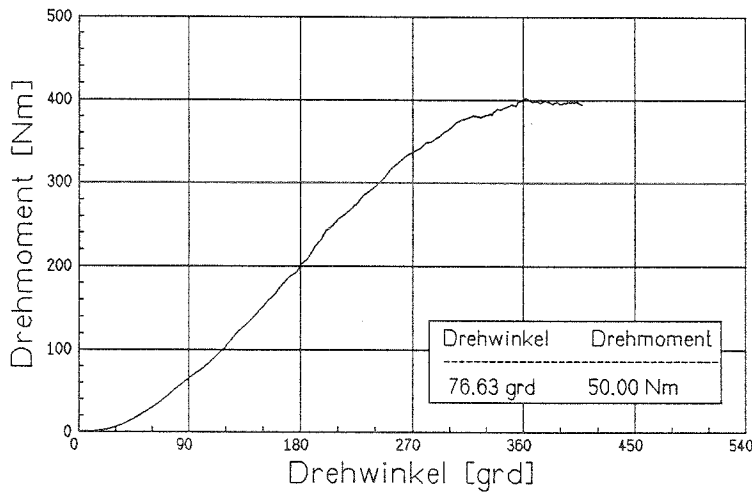
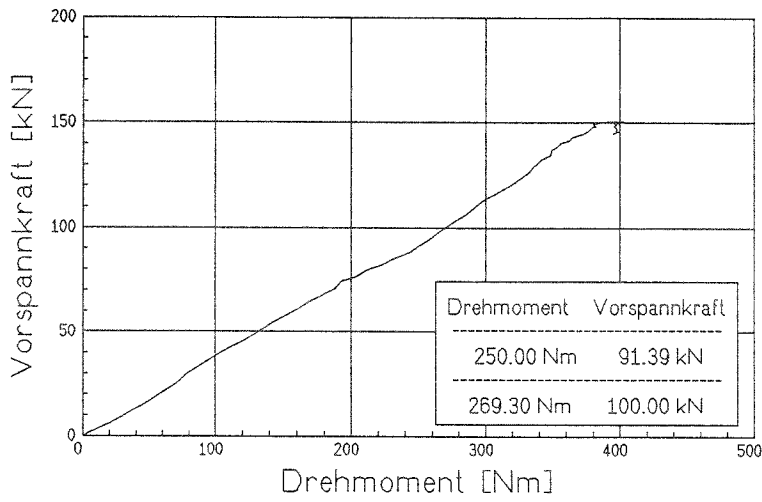
Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



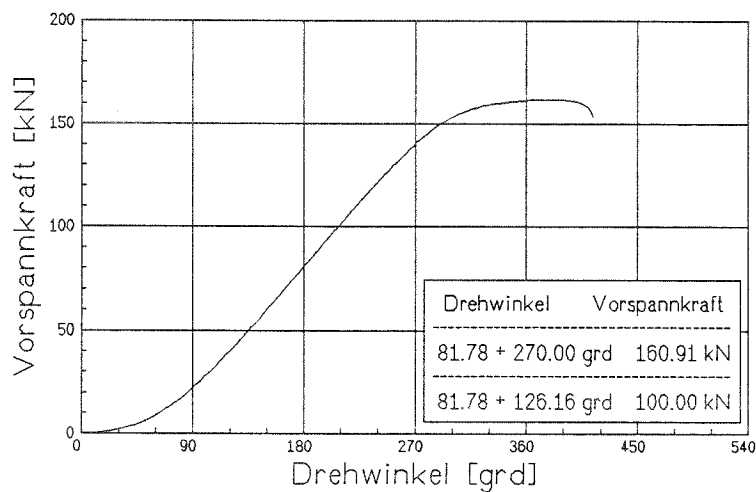
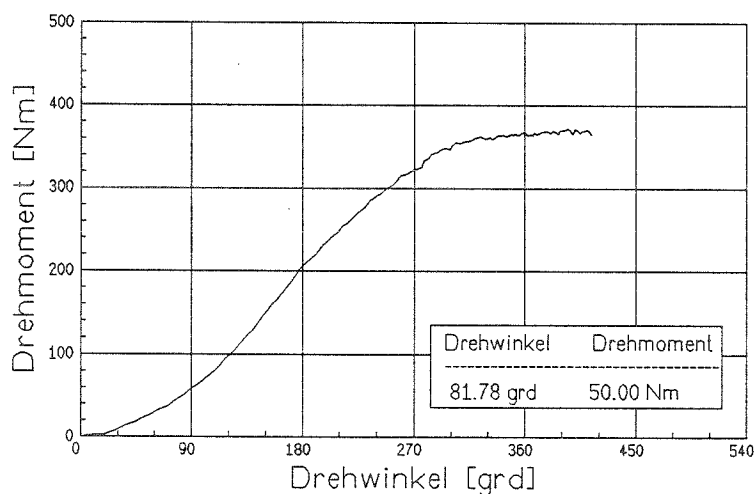
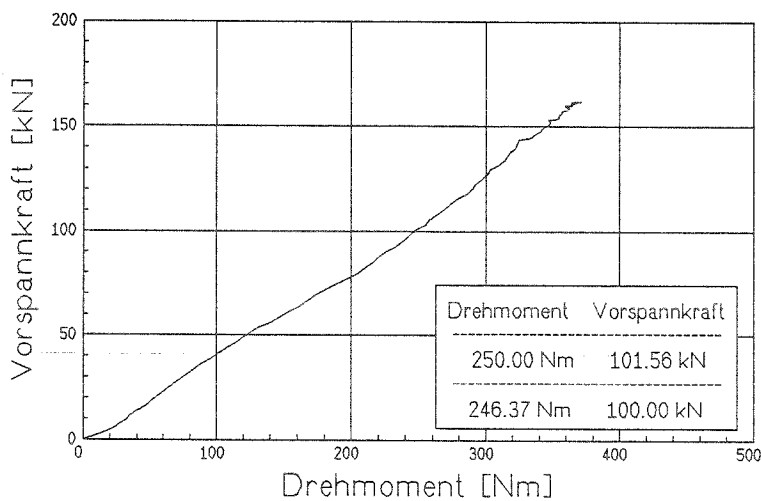
Schraubenkennzeichnung: A2L04 (M16 x 200)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



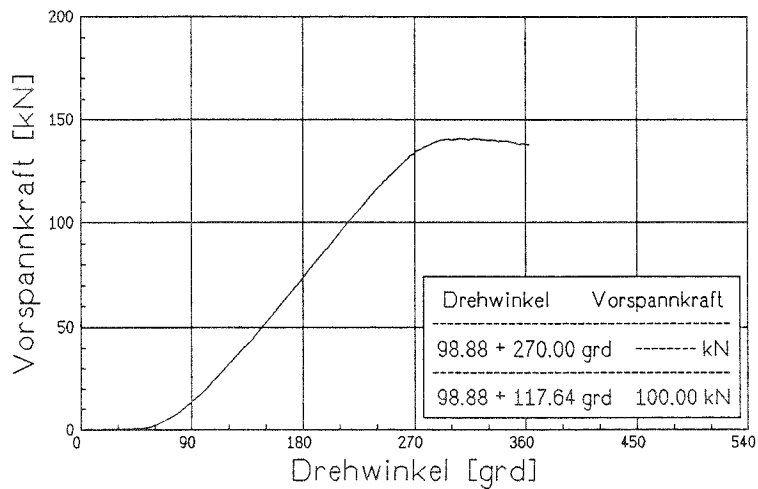
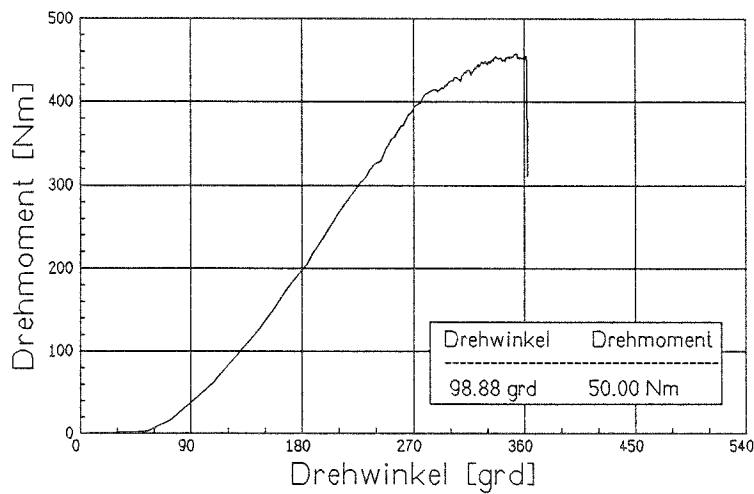
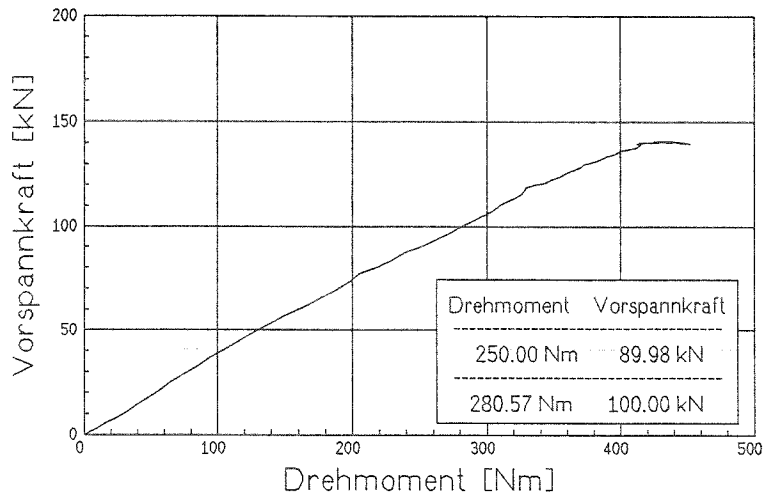
Schraubenkennzeichnung: A2L05 (M16 x 200)  
Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



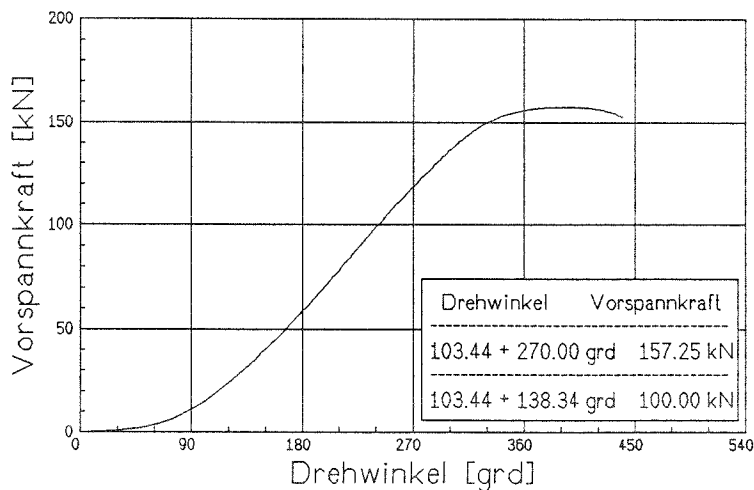
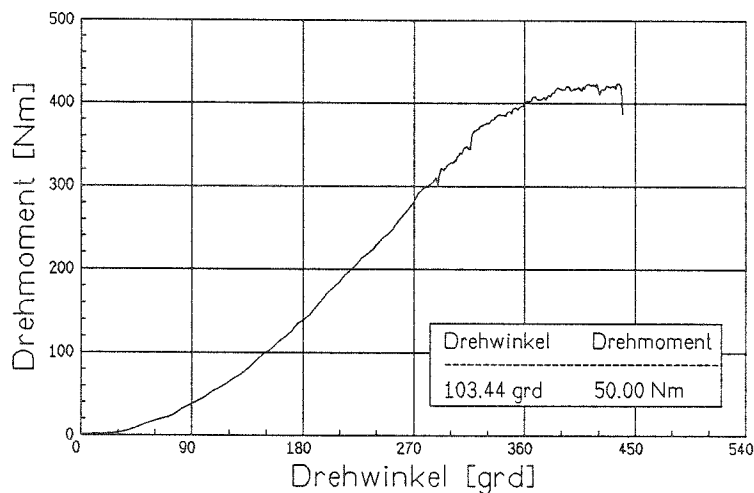
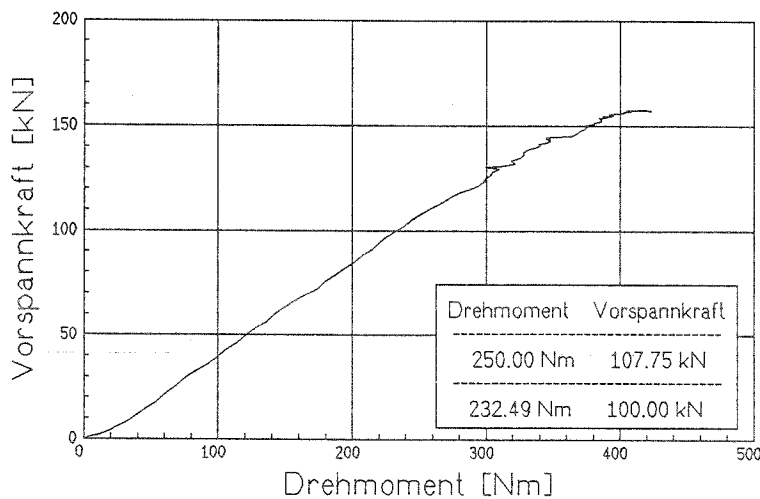
Schraubenkennzeichnung: A2L06 (M16 x 200)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



Schraubenkennzeichnung: A2L07 (M16 x 200)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH

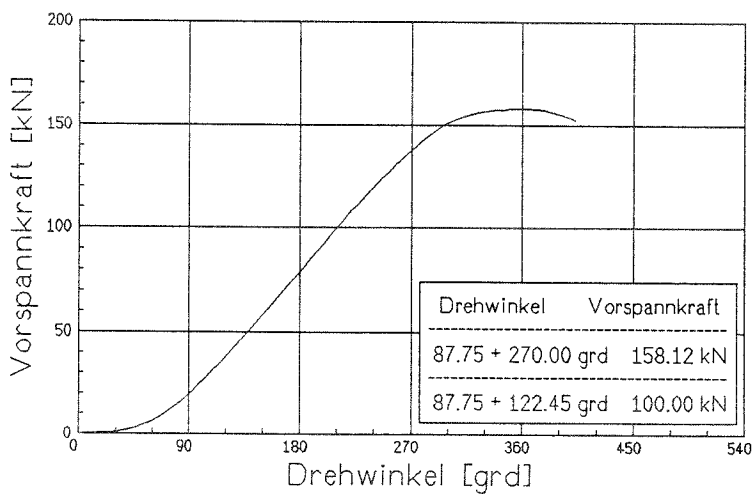
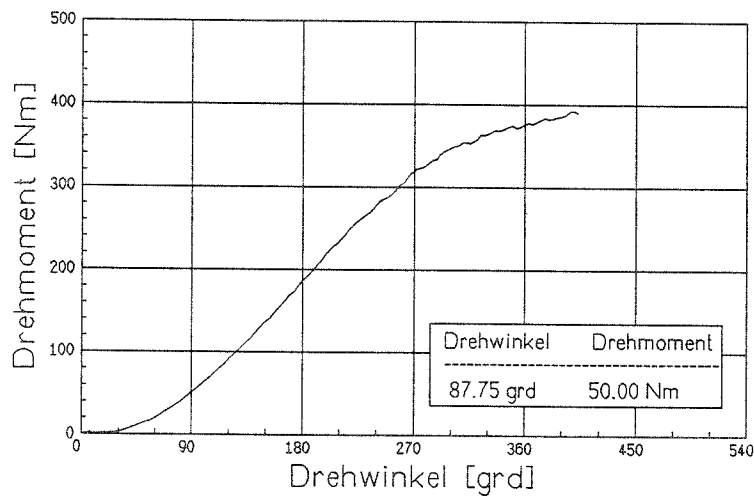
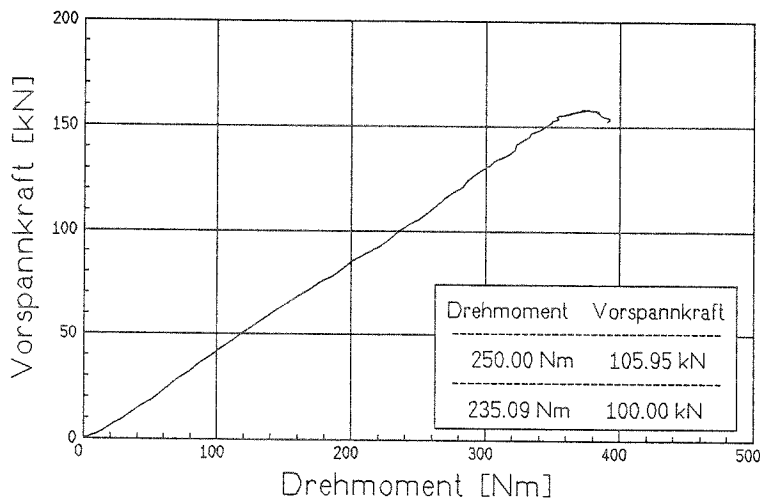


Schraubenkennzeichnung: A2L08 (M16 x 200)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH

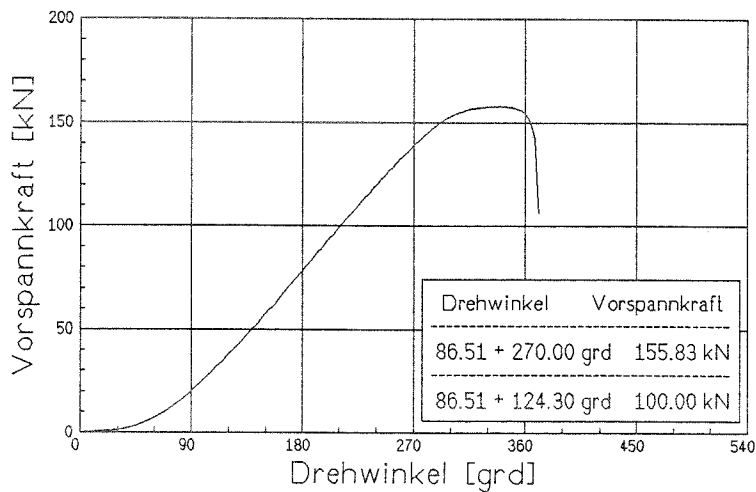
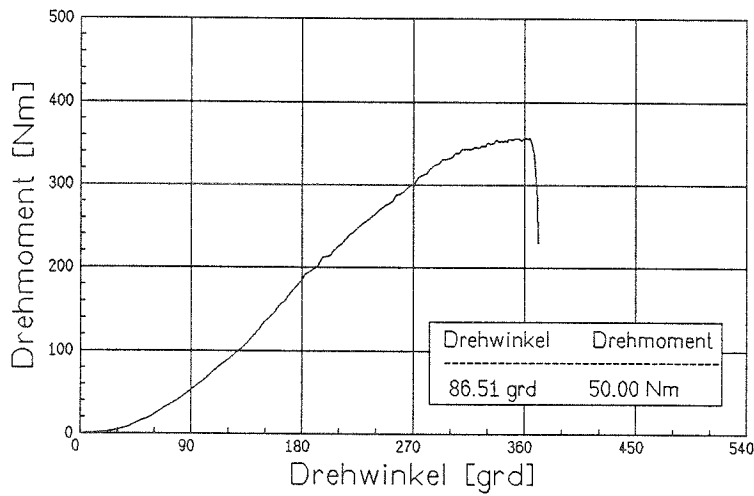
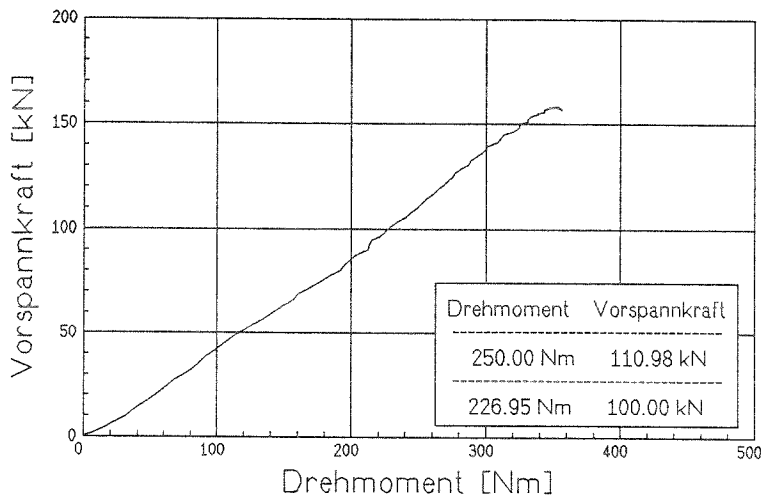




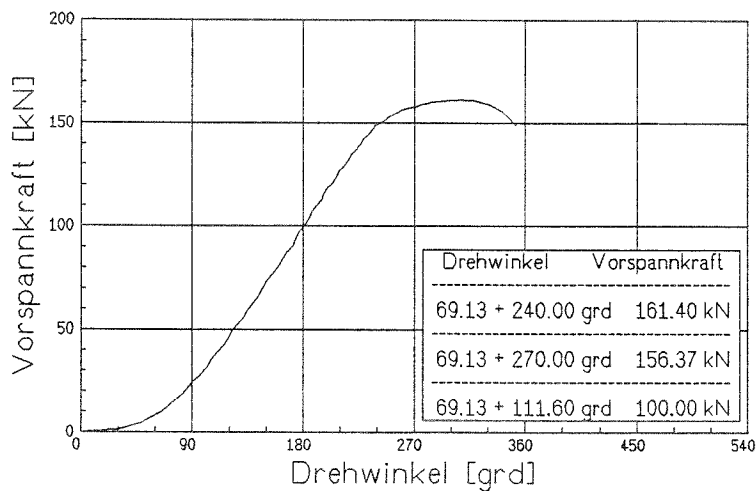
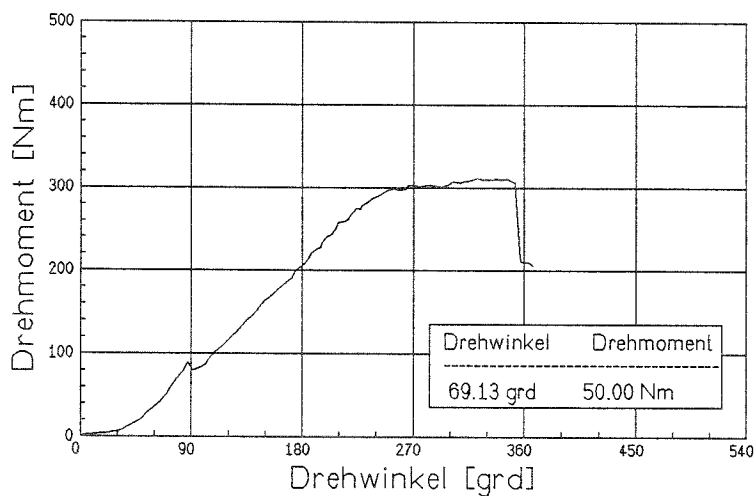
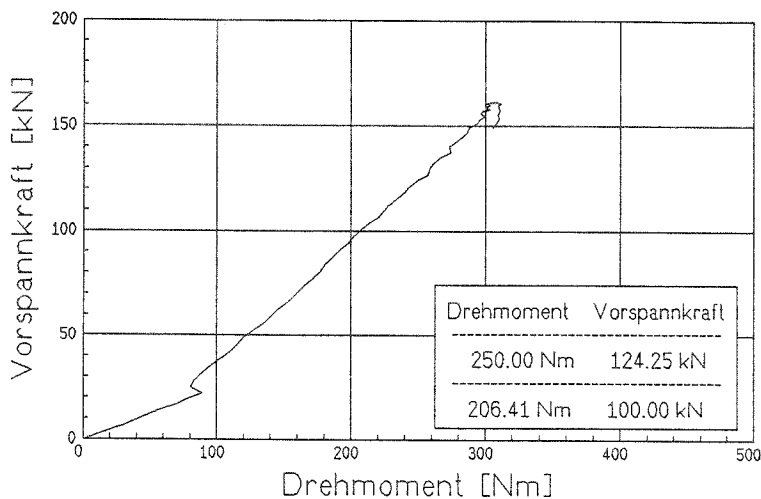
Schraubenkennzeichnung: A2L09 (M16 x 200)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



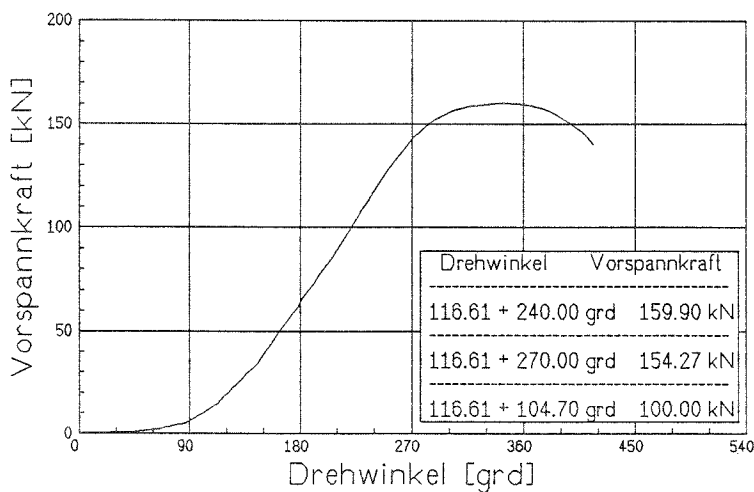
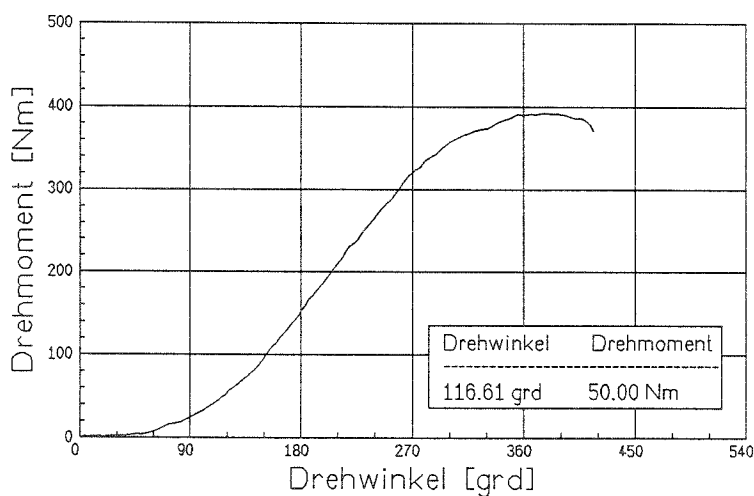
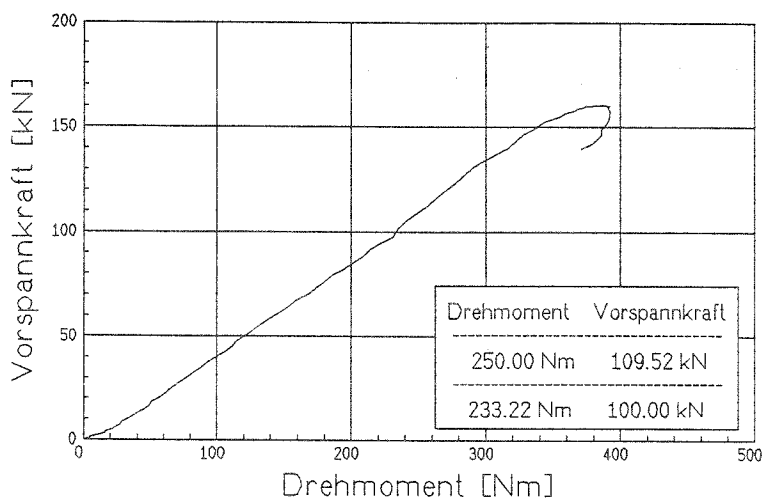
Schraubenkennzeichnung: A2L10 (M16 x 200)  
 Hersteller: Peiner Umformtechnik GmbH



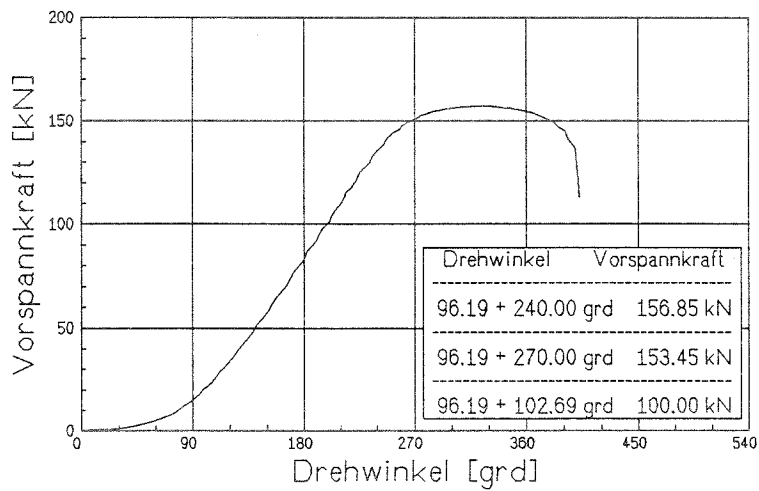
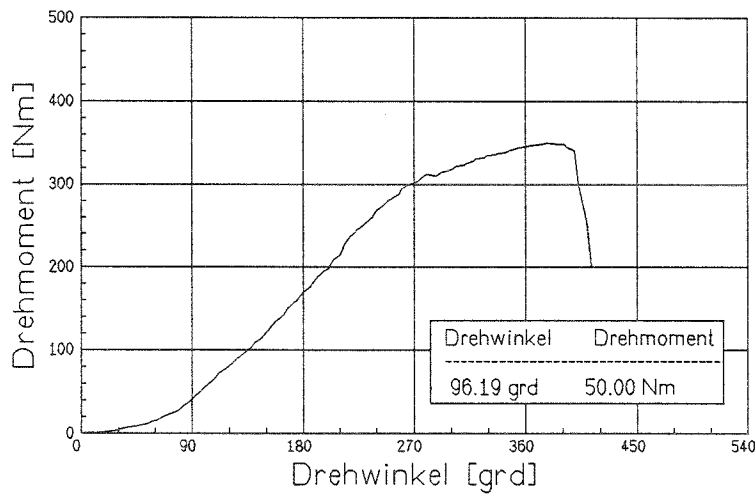
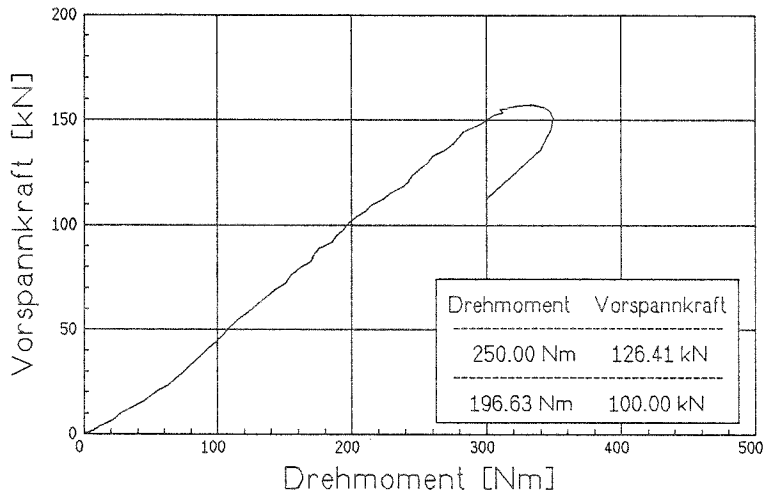
Schraubenkennzeichnung: B2K01 (M24 x 140)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH



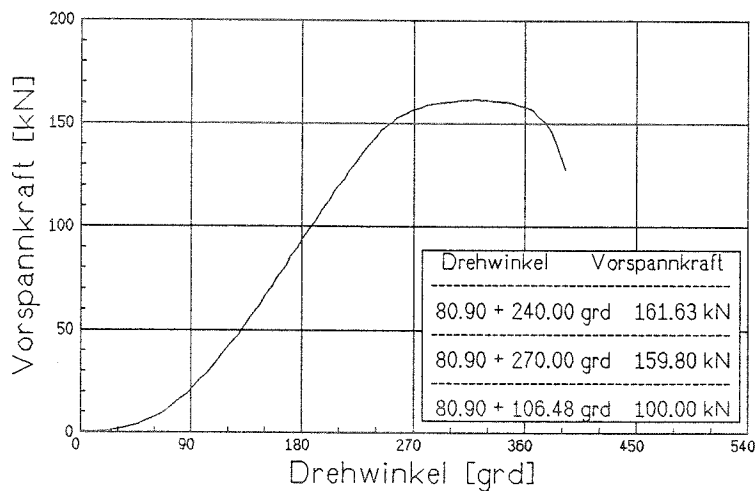
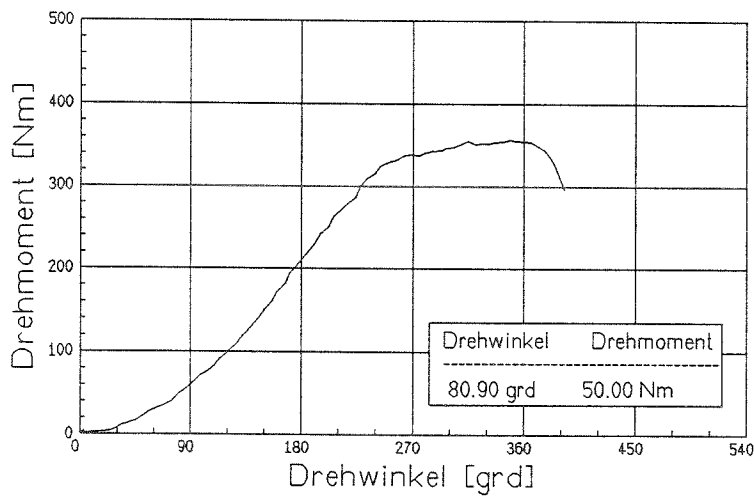
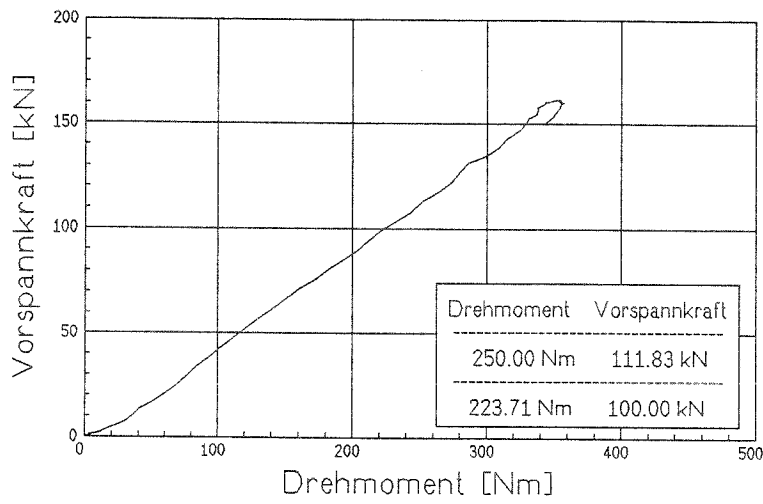
Schraubenkennzeichnung: B2K02 (M16 x 140)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH



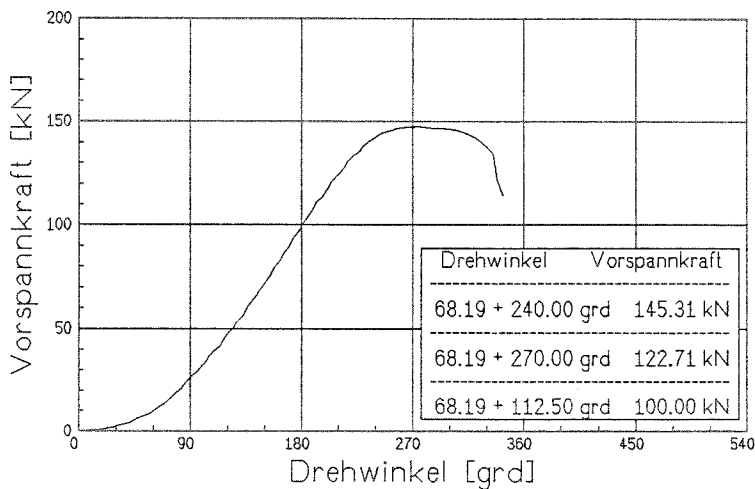
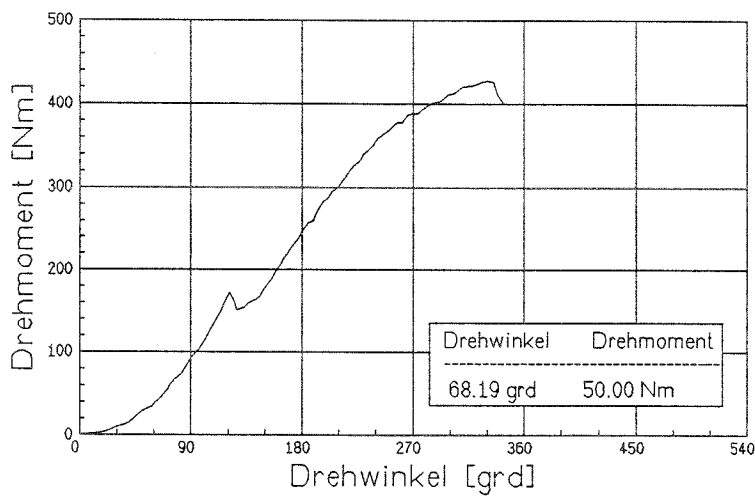
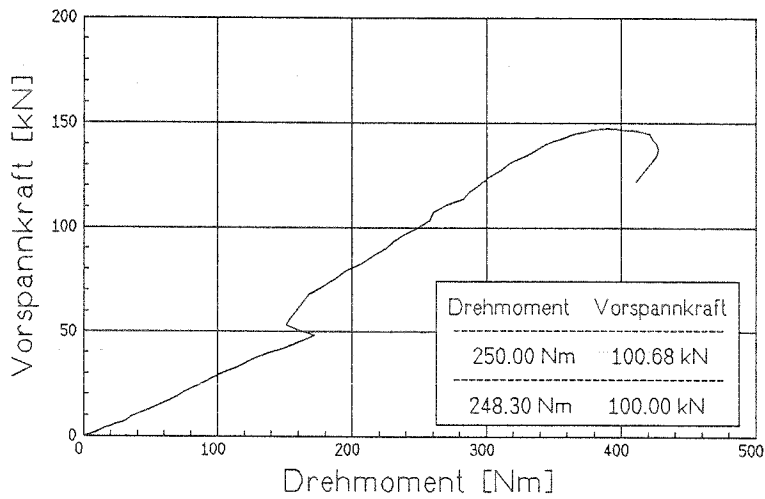
Schraubenkennzeichnung: B2K03 (M16 x 140)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH



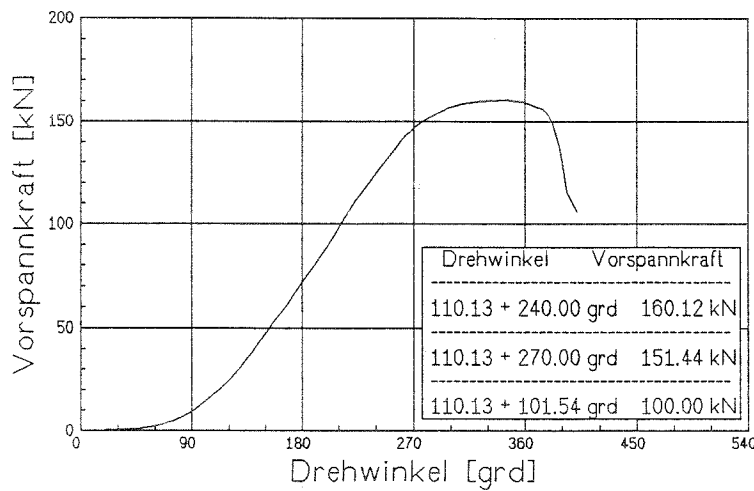
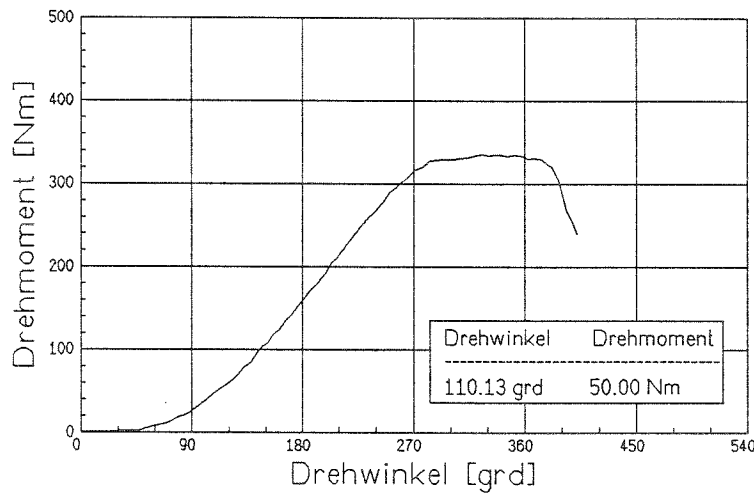
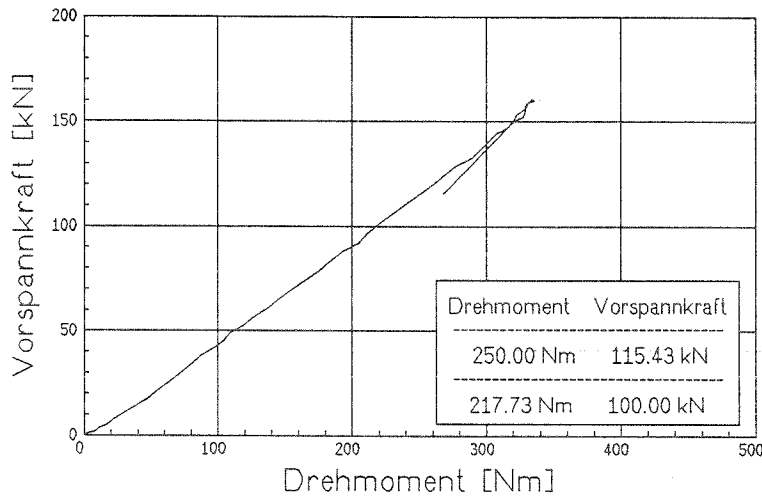
Schraubenkennzeichnung: B2K04 (M16 x 140)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH



Schraubenkennzeichnung: B2K05 (M16 x 140)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH

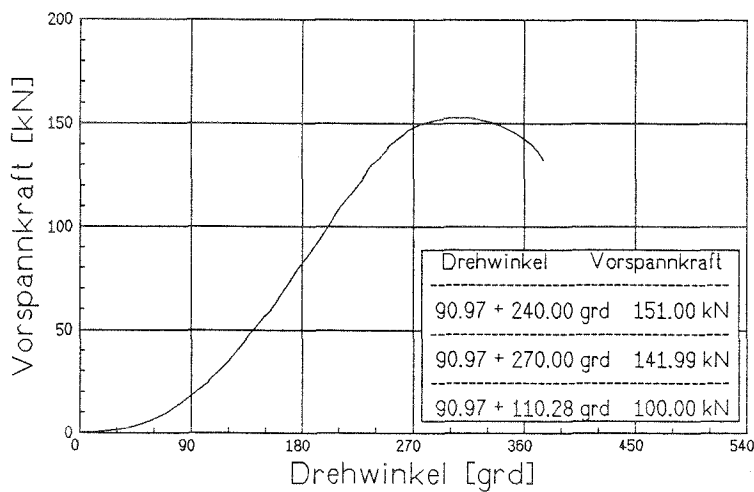
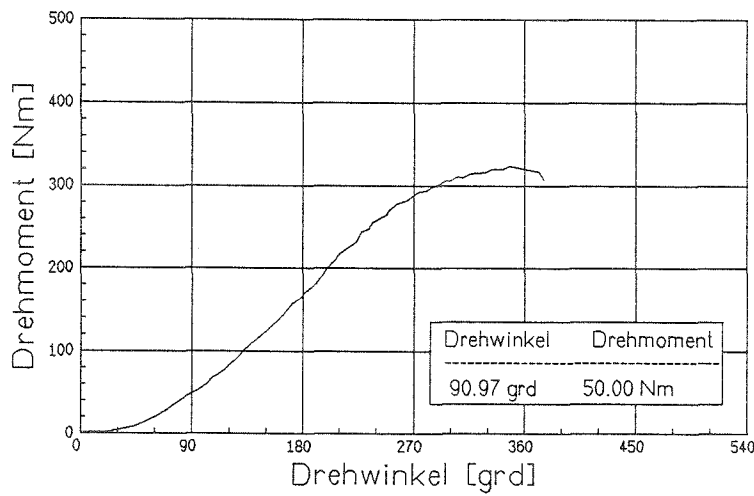
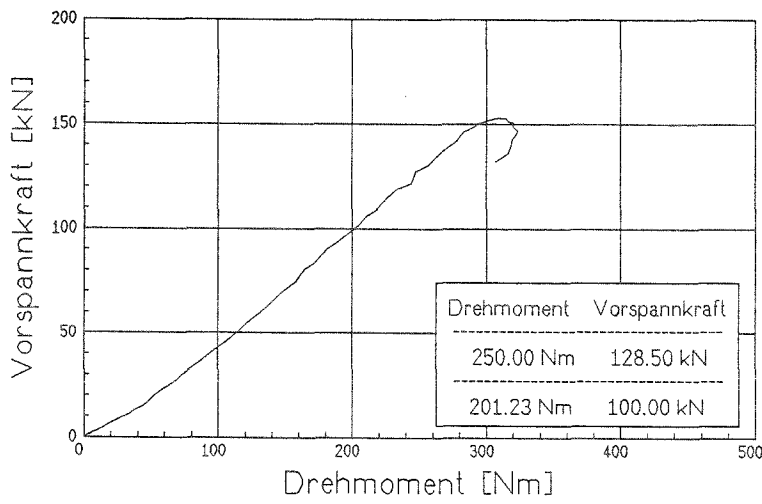


Schraubenkennzeichnung: B2K06 (M16 x 140)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH

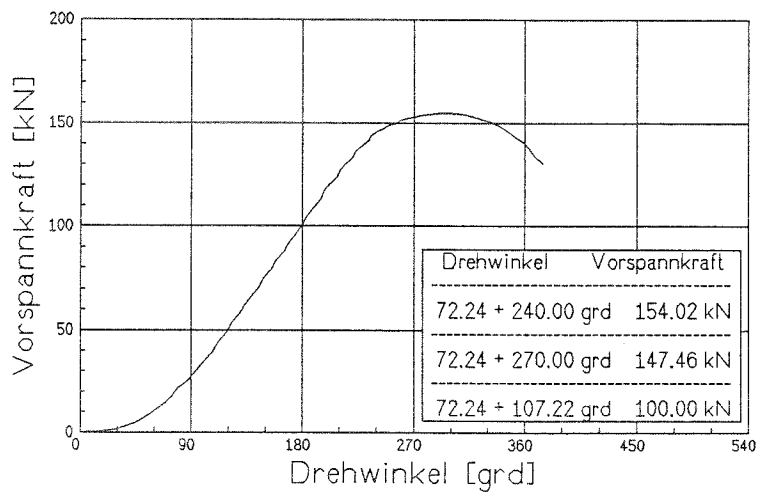
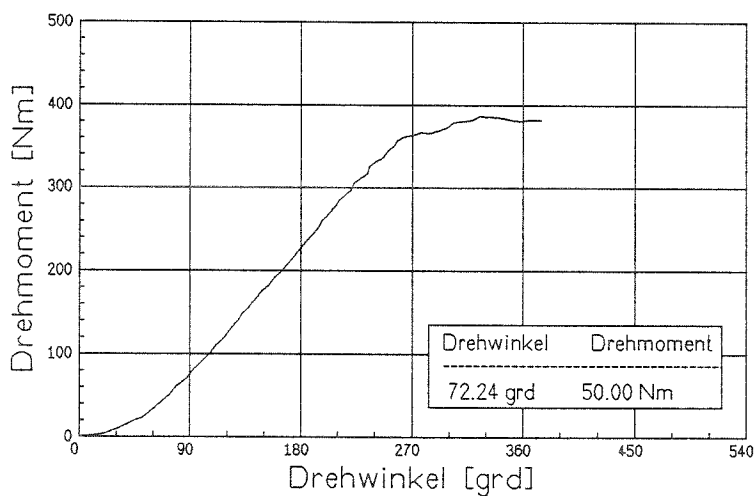
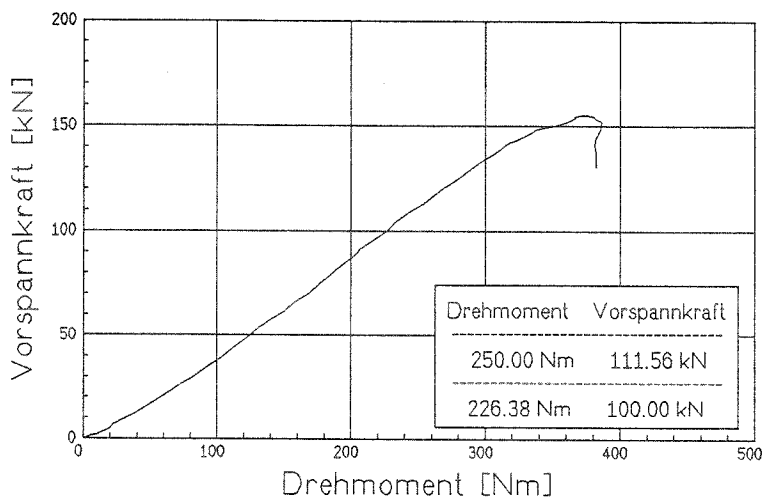




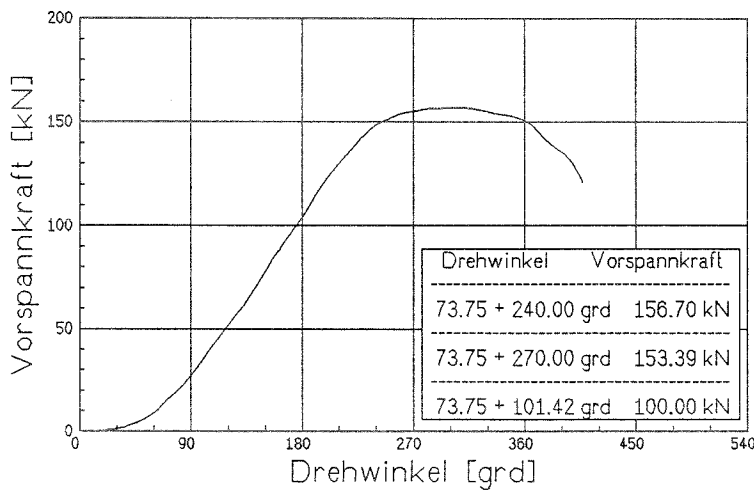
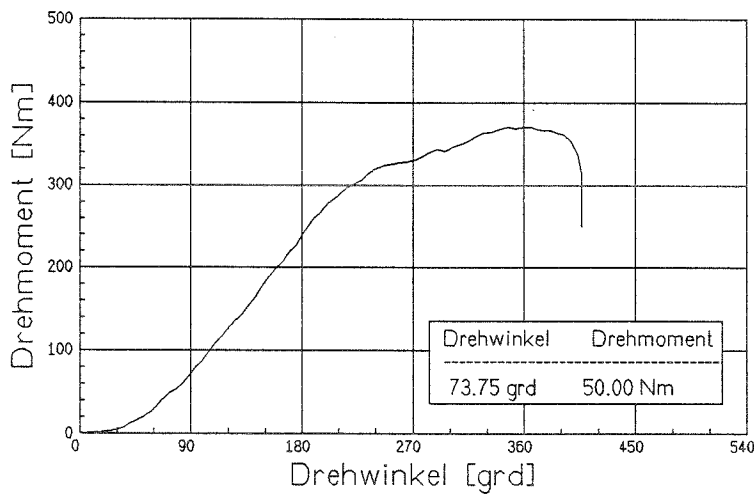
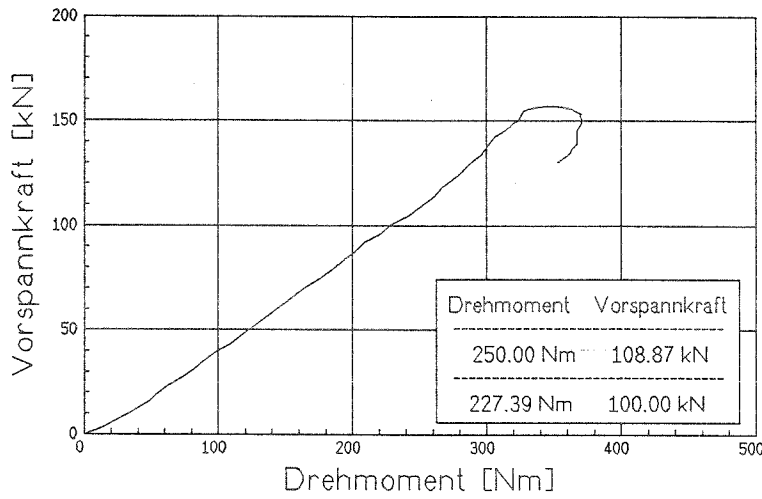
Schraubenkennzeichnung: B2K07 (M16 x 140)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH



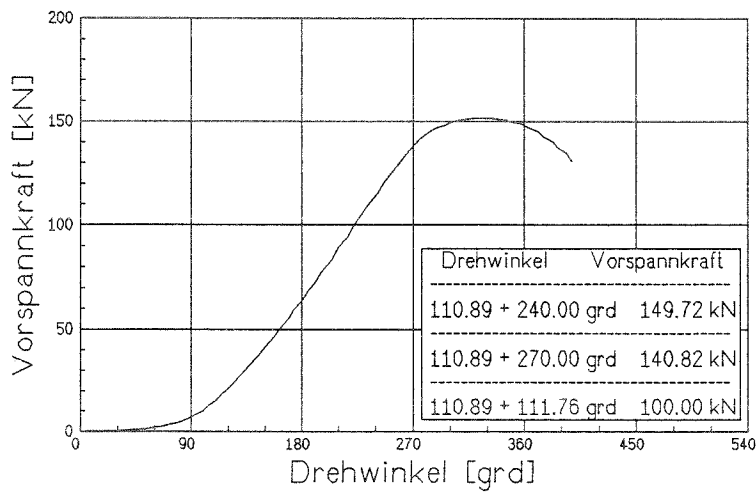
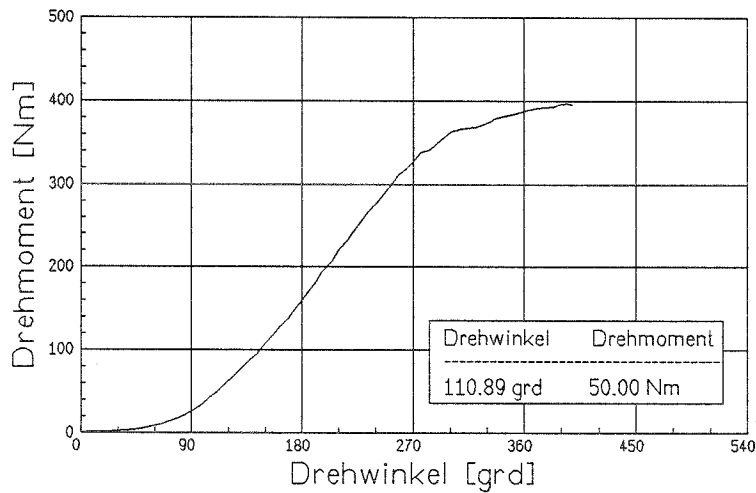
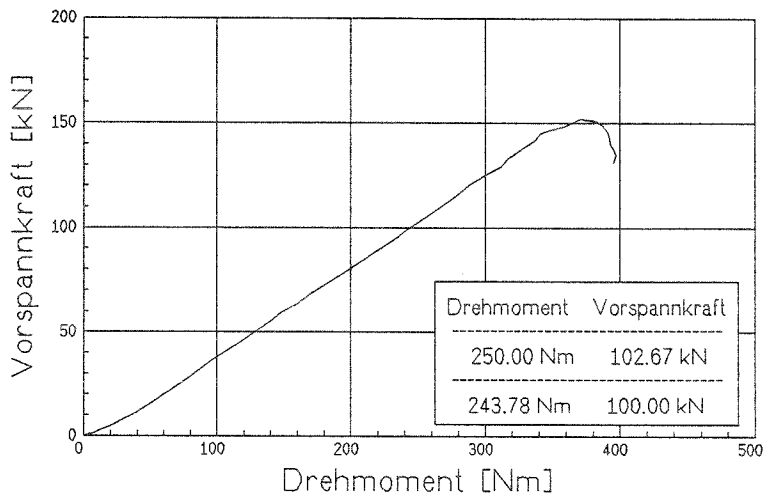
Schraubenkennzeichnung: B2K08 (M16 x 140)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH



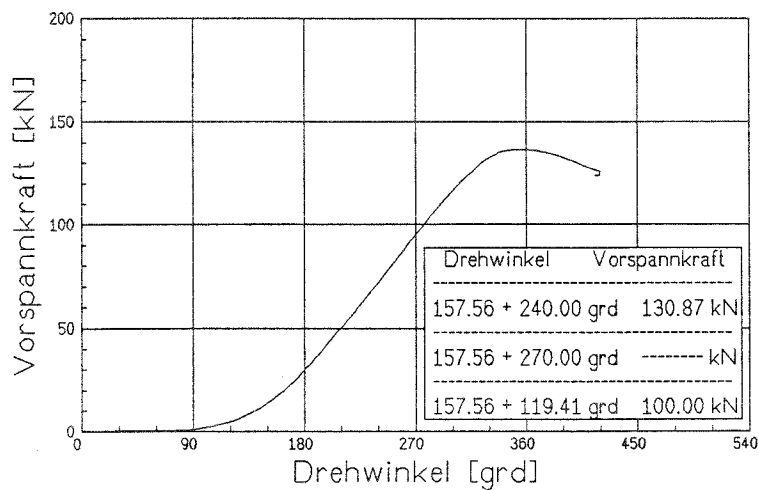
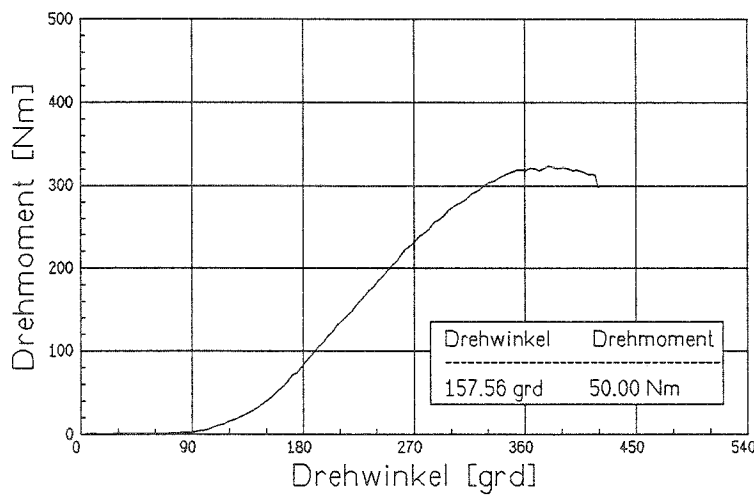
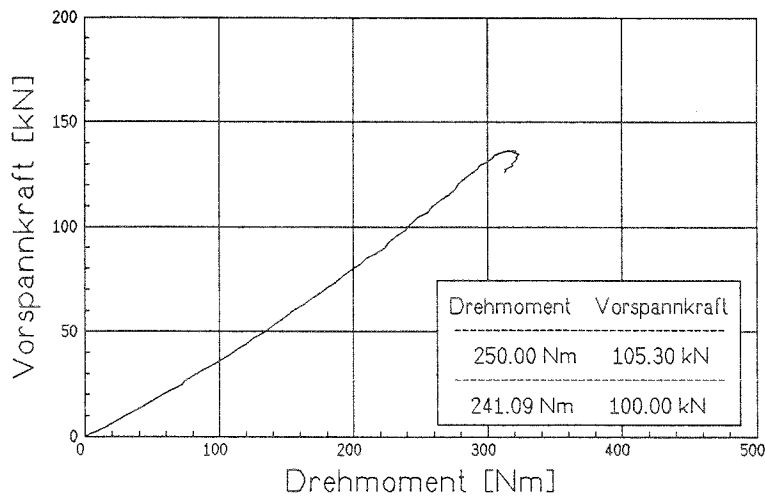
Schraubenkennzeichnung: B2K09 (M16 x 140)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH



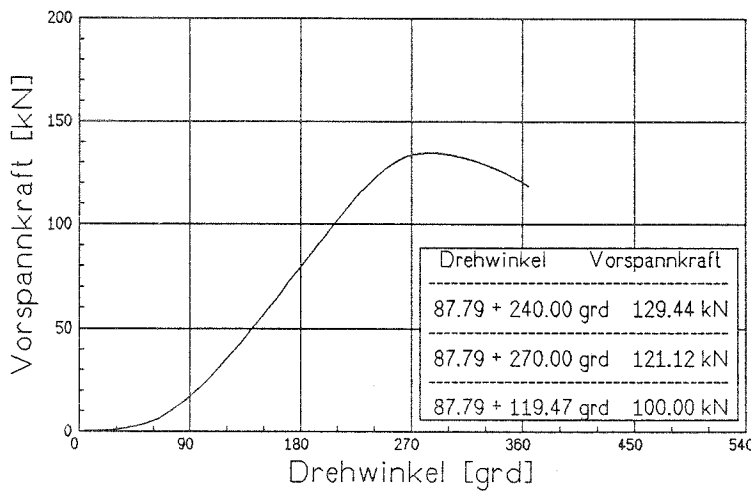
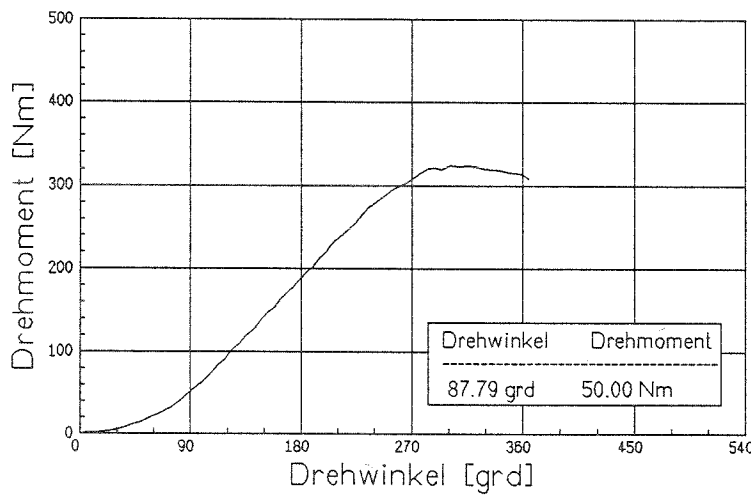
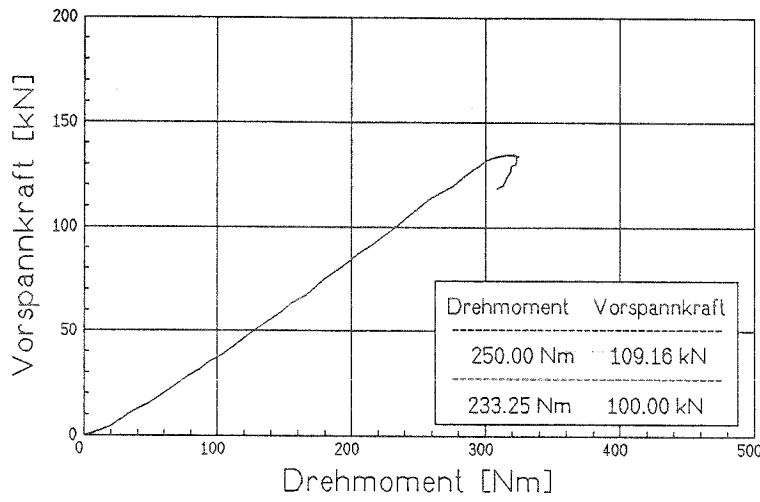
Schraubenkennzeichnung: B2K10 (M16 x 140)  
 Hersteller: Fuchs Schraubenwerk GmbH



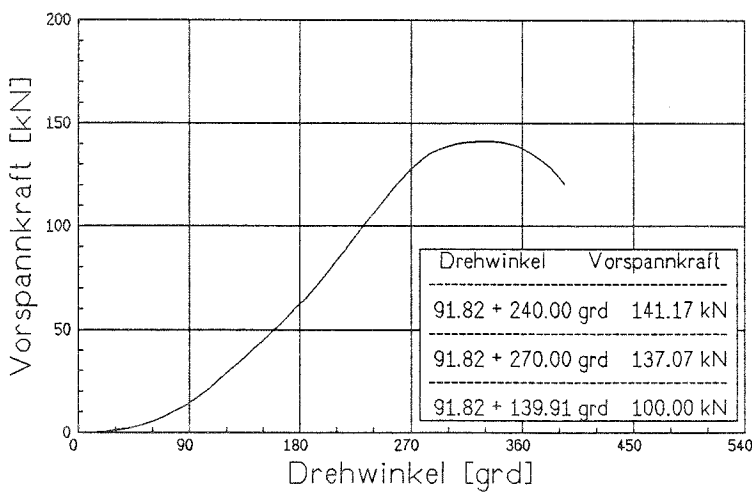
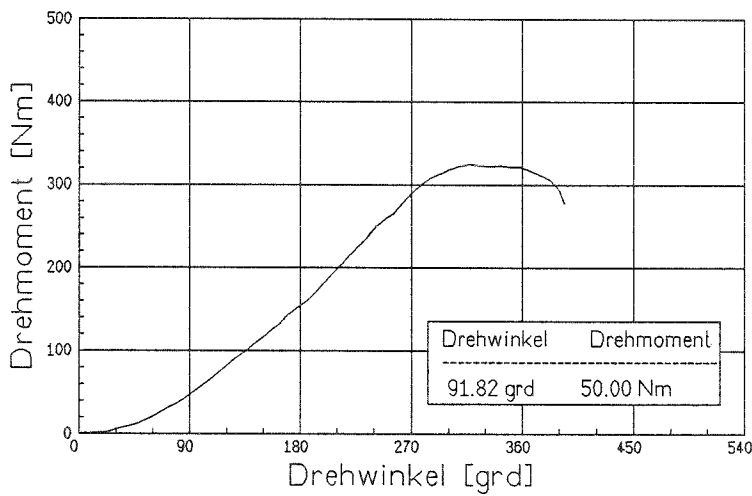
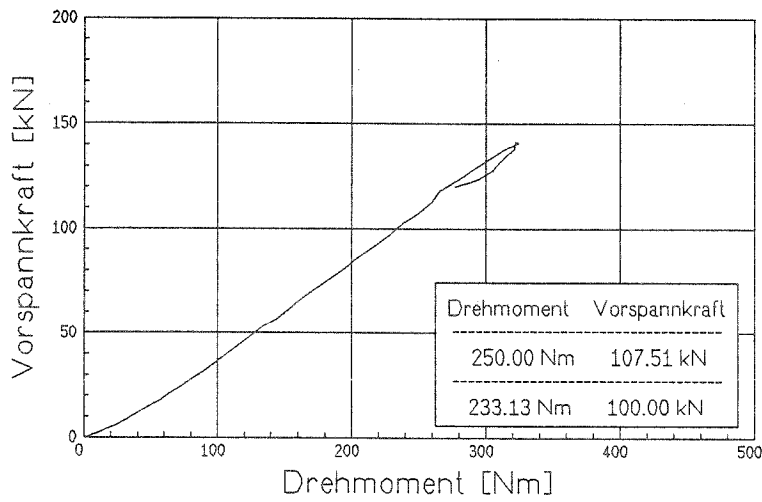
Schraubenkennzeichnung: C2K01 (M16 x 140)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



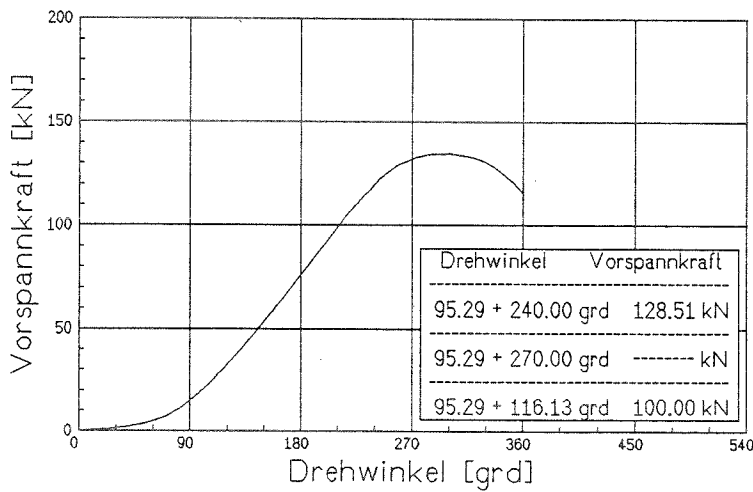
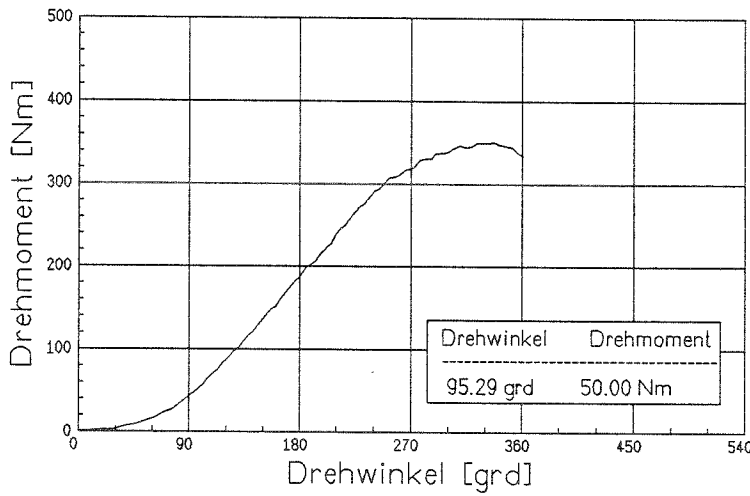
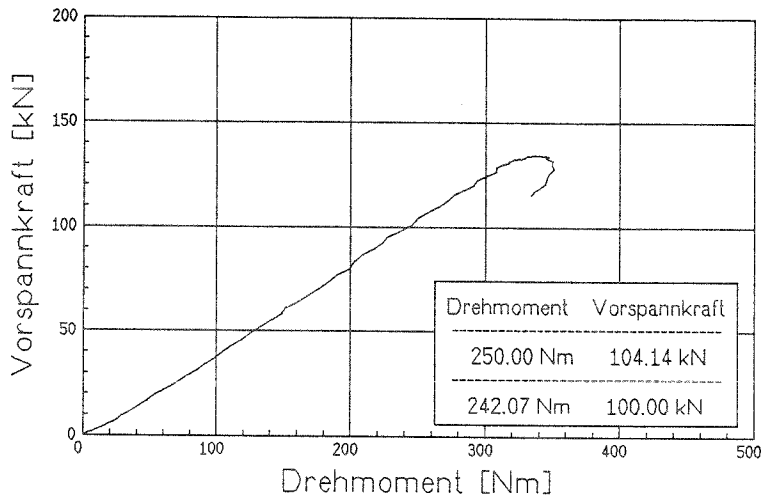
Schraubenkennzeichnung: C2K02 (M16 x 140)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



Schraubenkennzeichnung: C2K03 (M16 x 140)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH

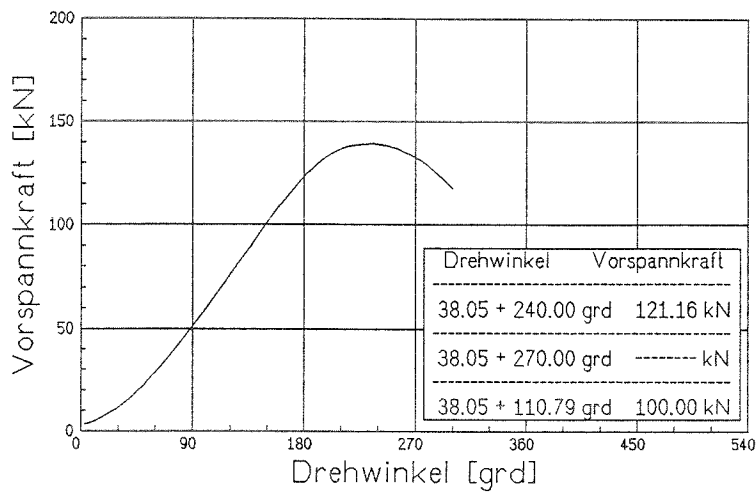
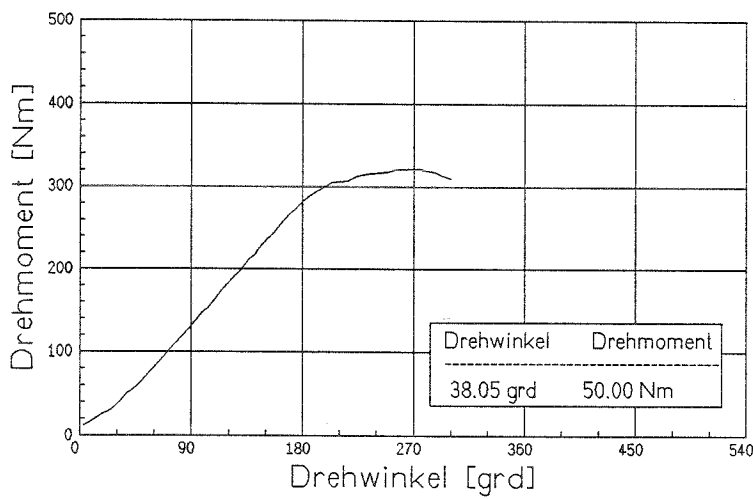
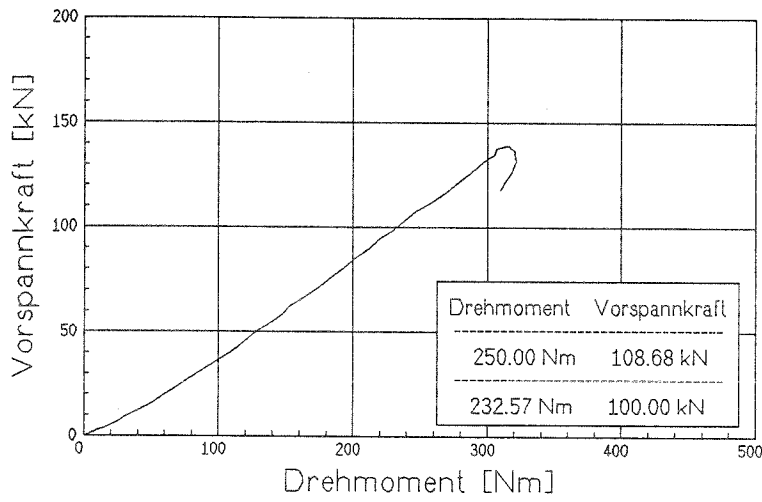


Schraubenkennzeichnung: C2K04 (M16 x 140)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH

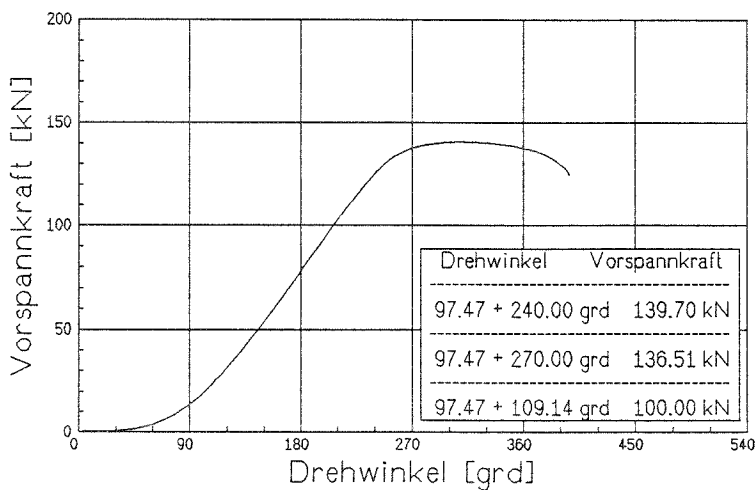
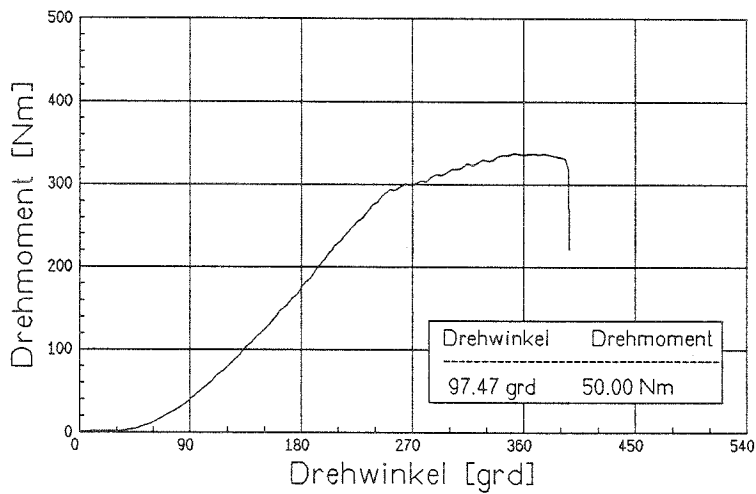
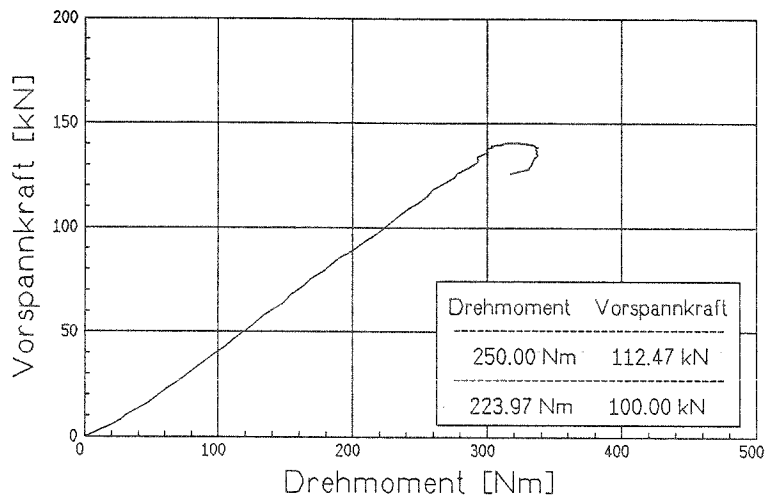




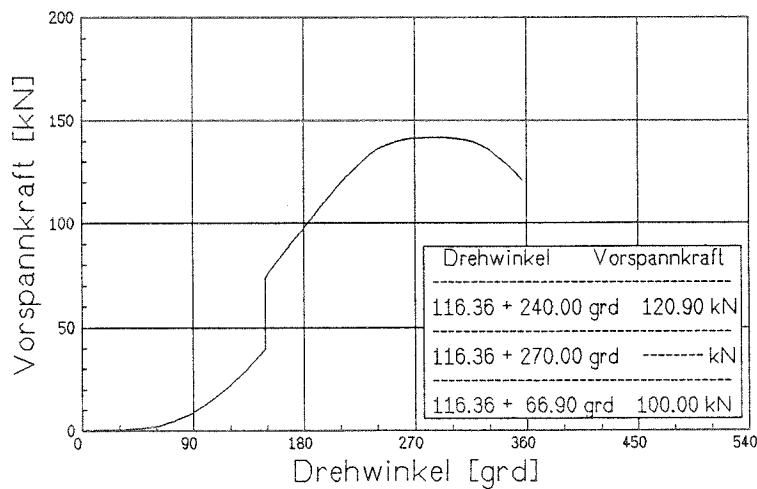
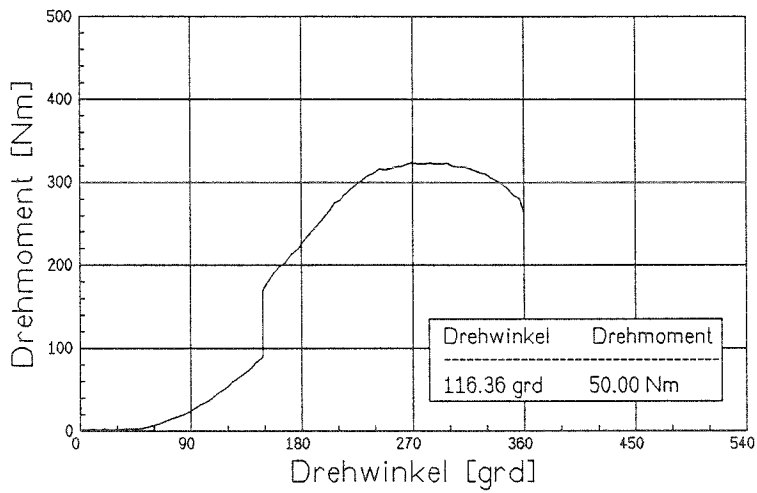
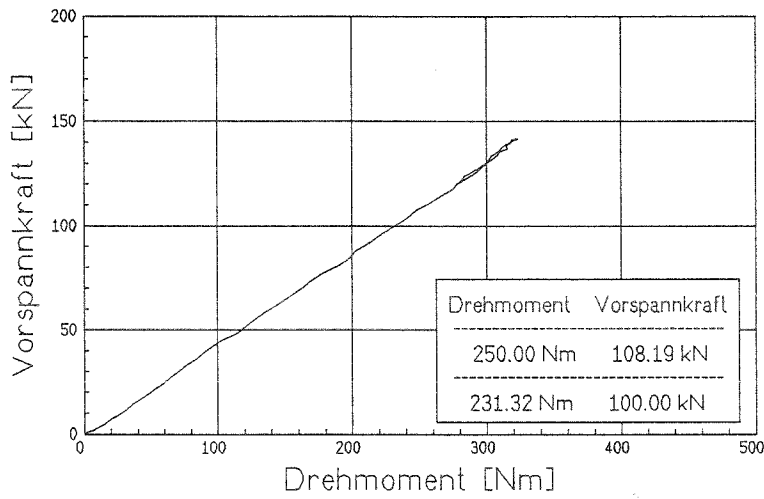
Schraubenkennzeichnung: C2K05 (M16 x 140)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



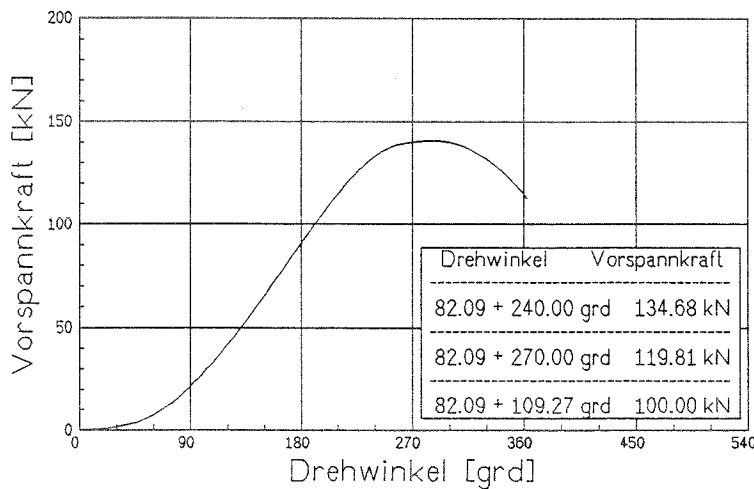
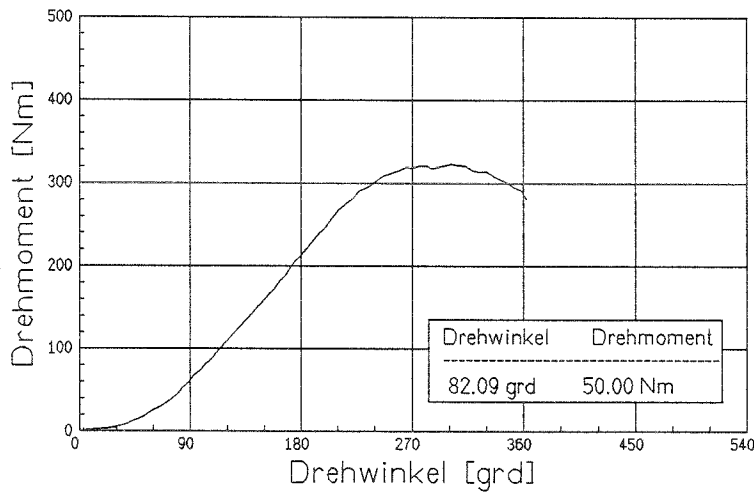
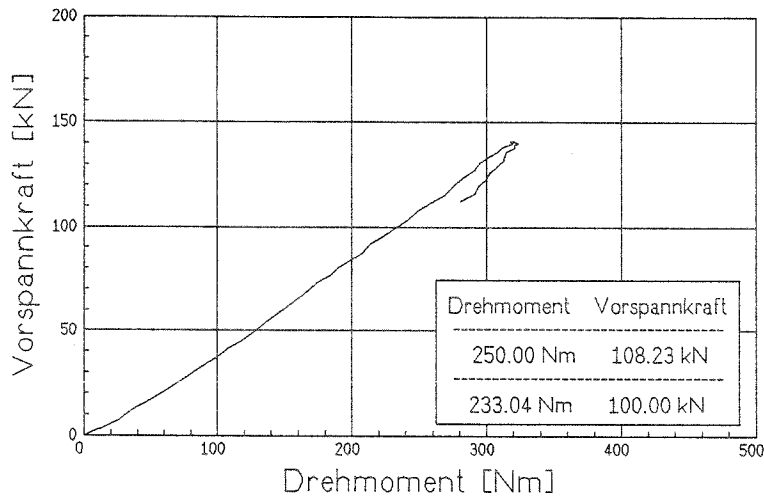
Schraubenkennzeichnung: C2K06 (M16 x 140)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



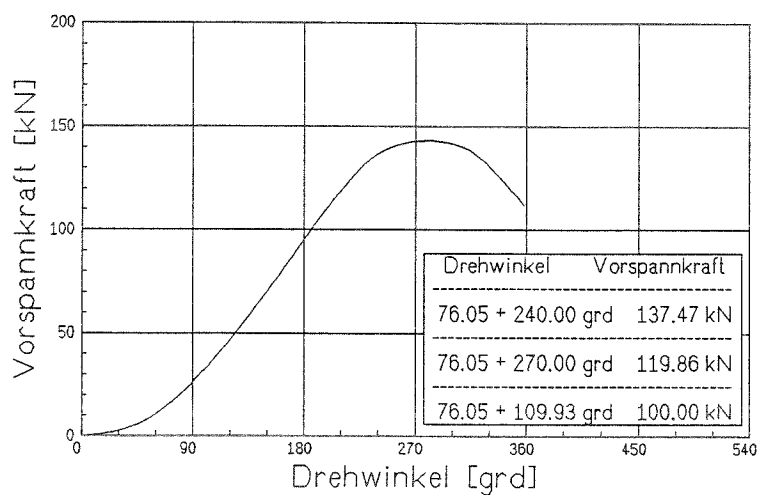
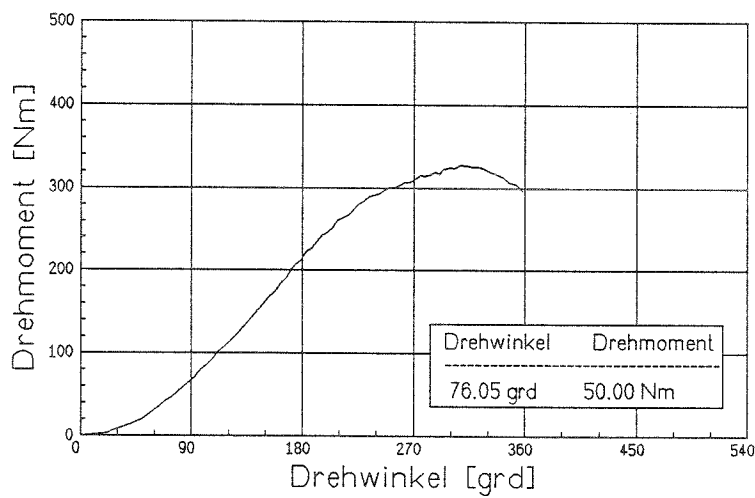
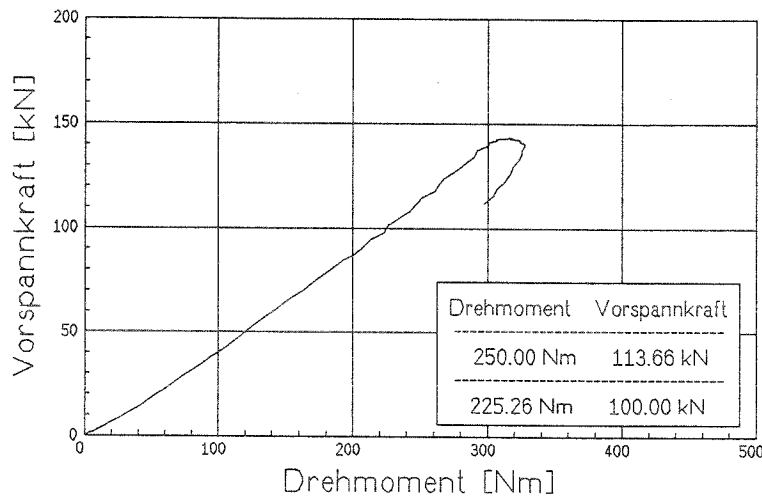
Schraubenkennzeichnung: C2K07 (M16 x 140)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



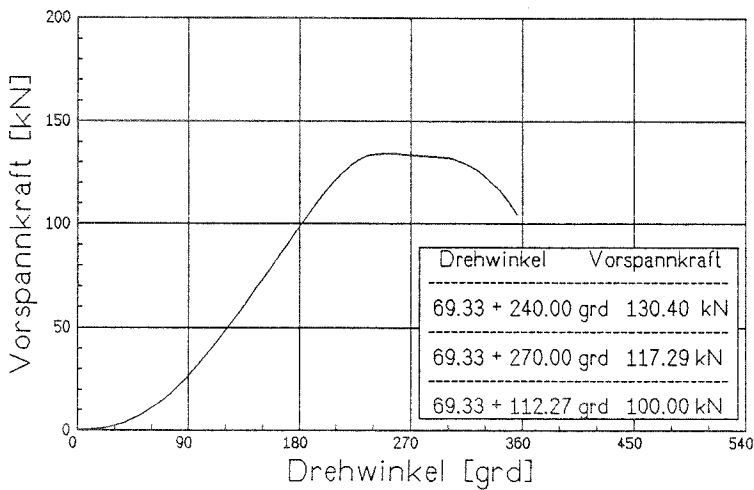
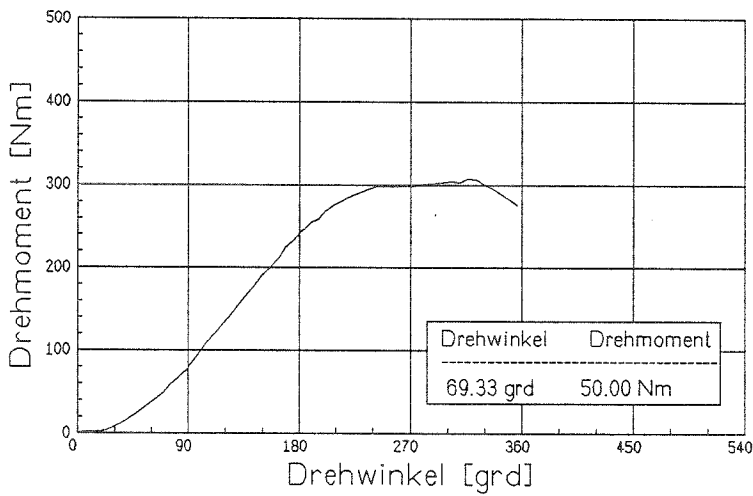
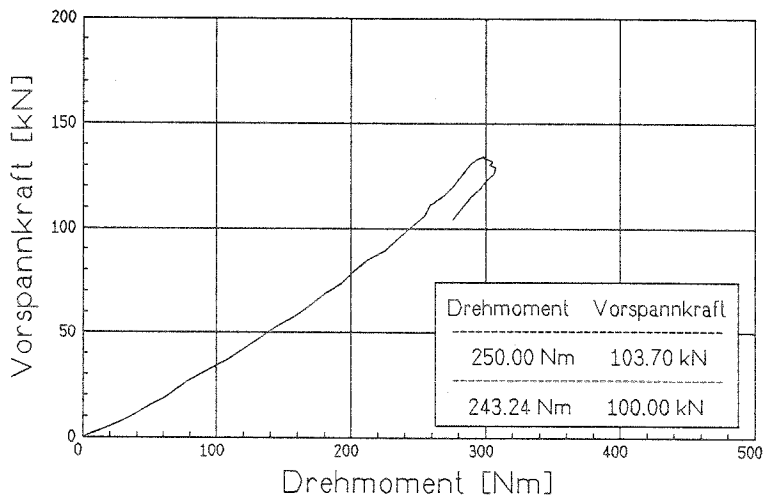
Schraubenkennzeichnung: C2K08 (M16 x 140)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



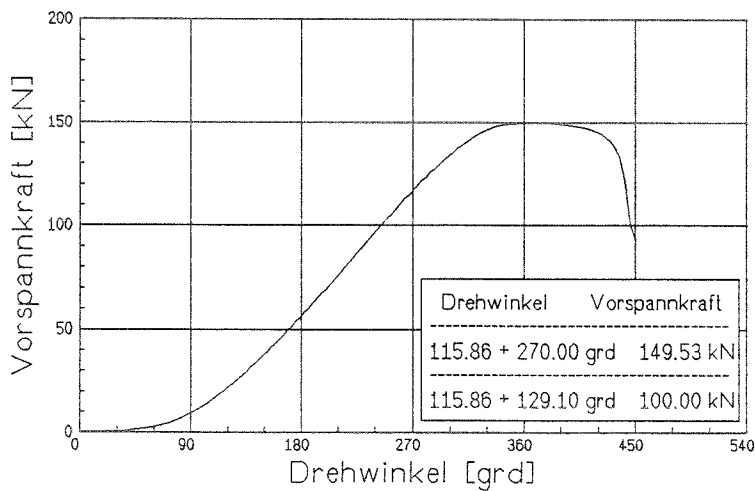
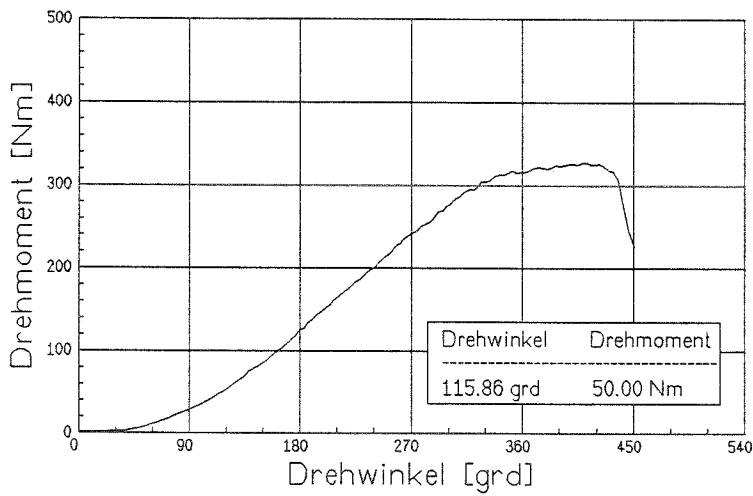
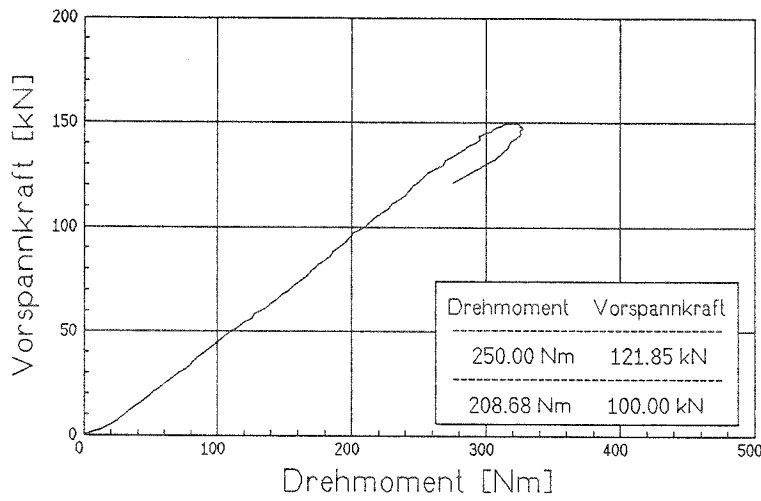
Schraubenkennzeichnung: C2K09 (M16 x 140)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



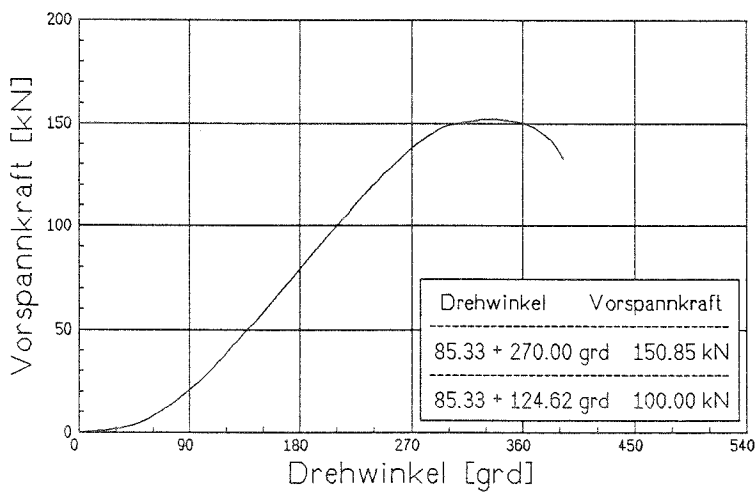
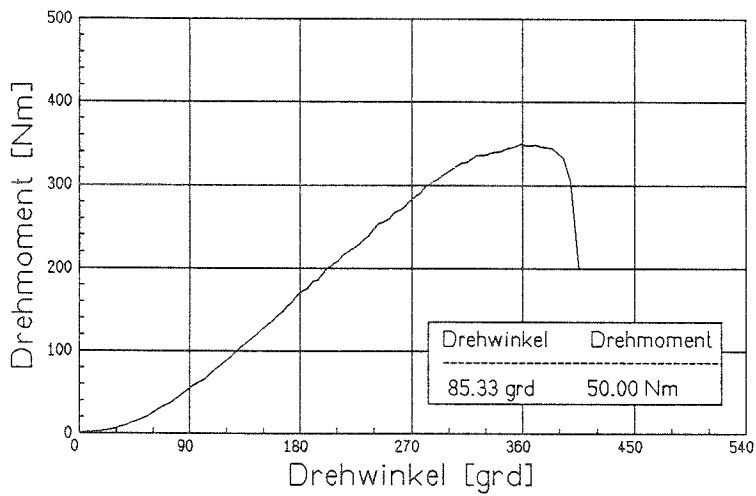
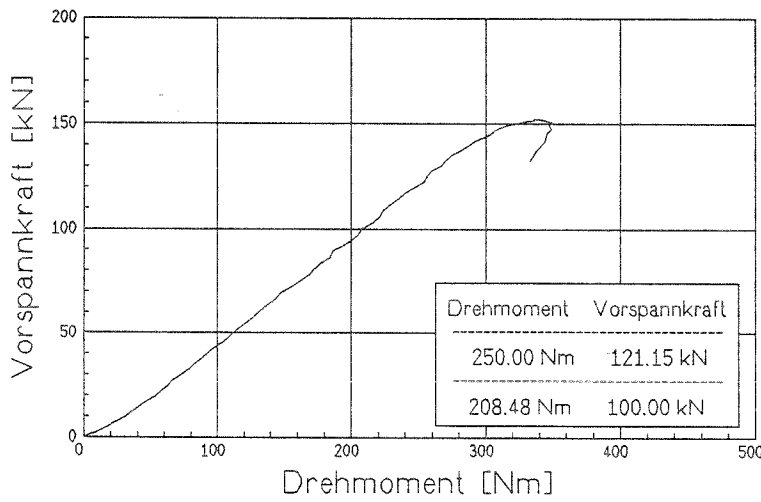
Schraubenkennzeichnung: C2K10 (M16 x 140)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



Schraubenkennzeichnung: C2L01 (M16 x 200)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH

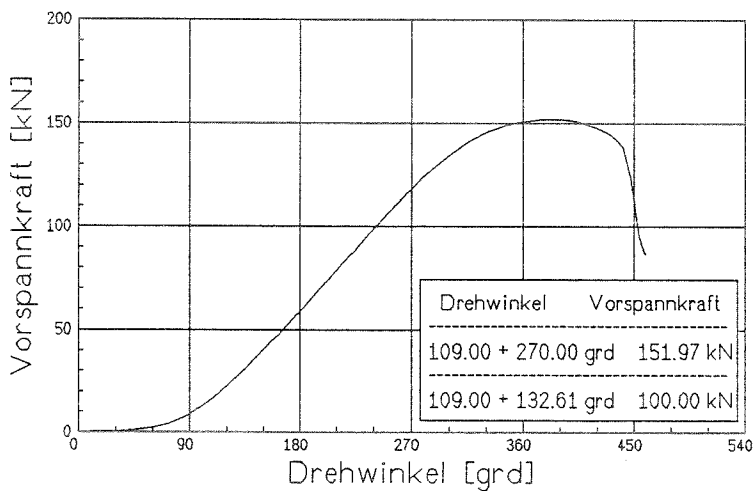
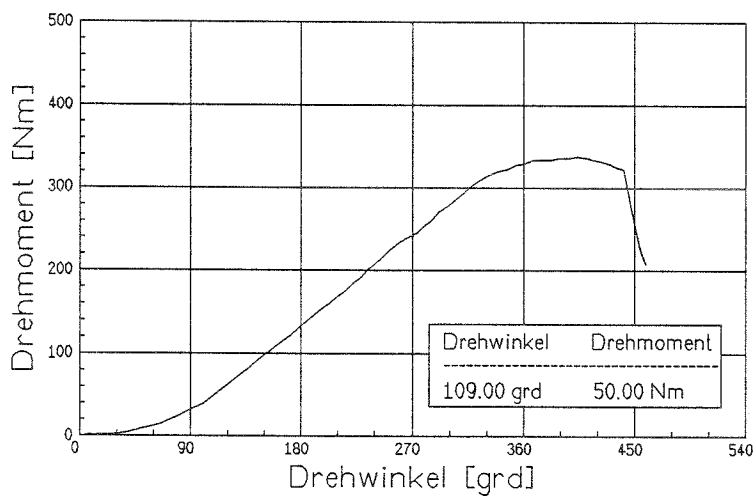
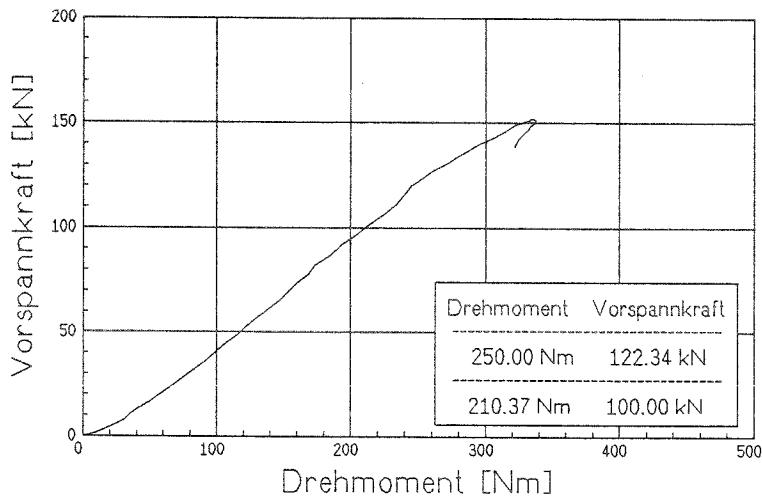


Schraubenkennzeichnung: C2L02 (M16 x 200)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH

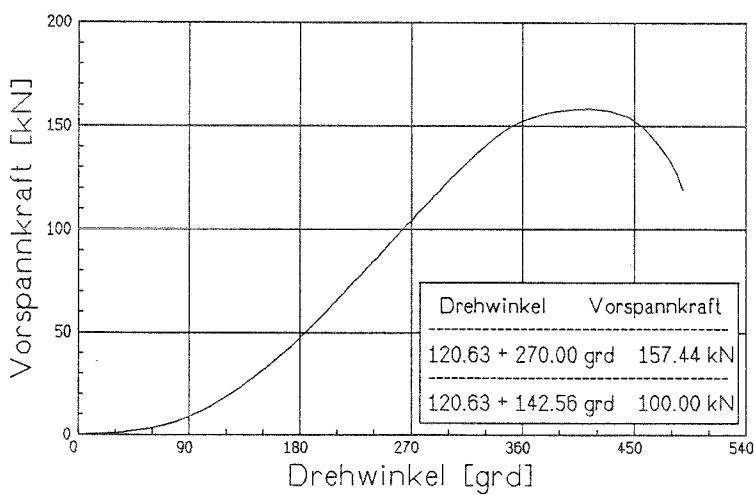
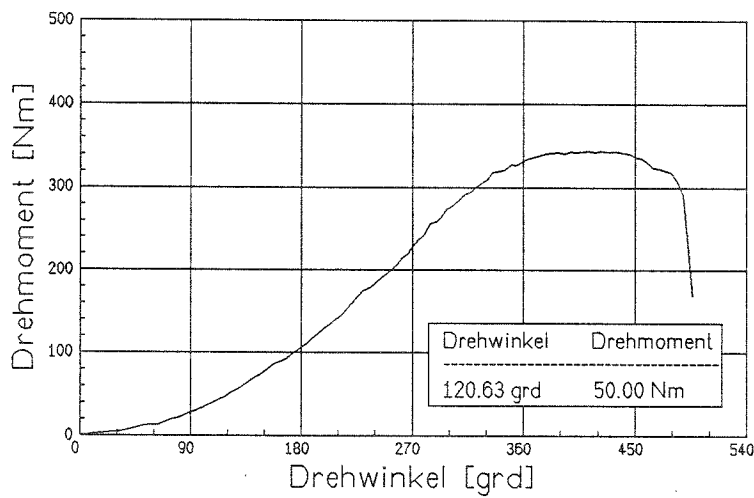
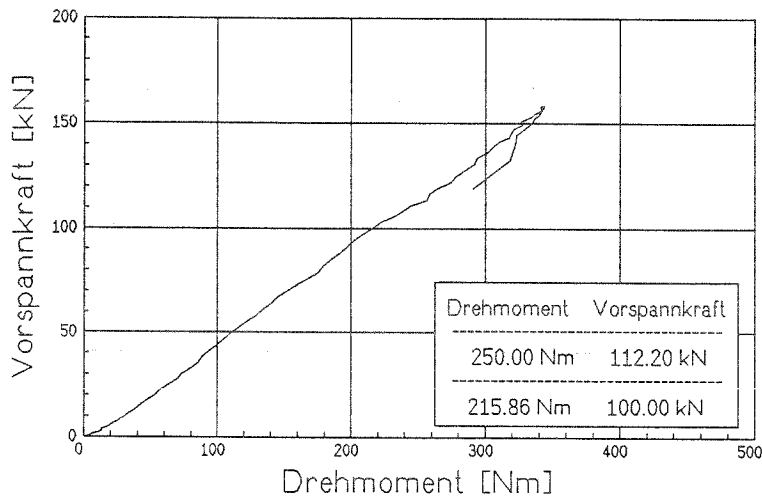




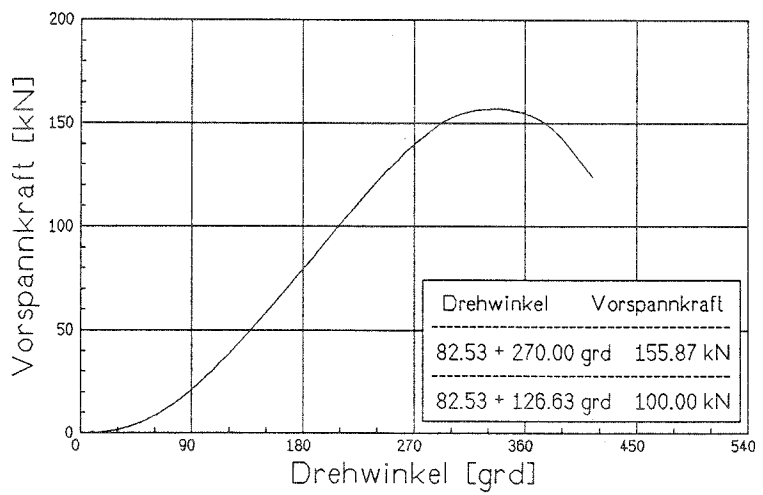
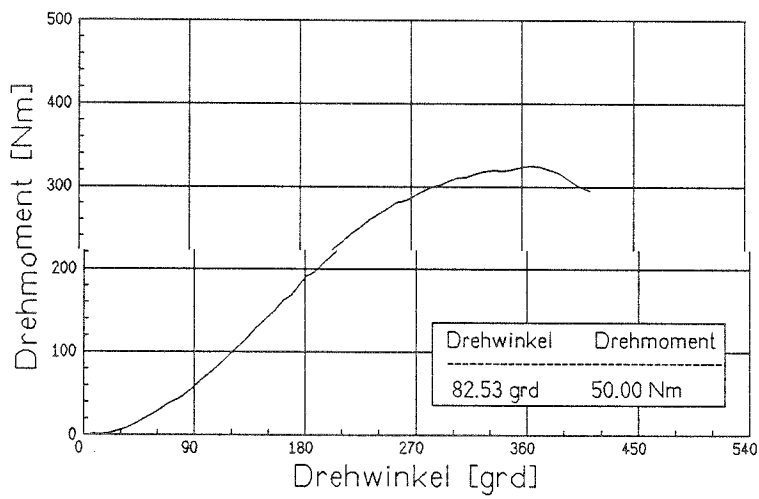
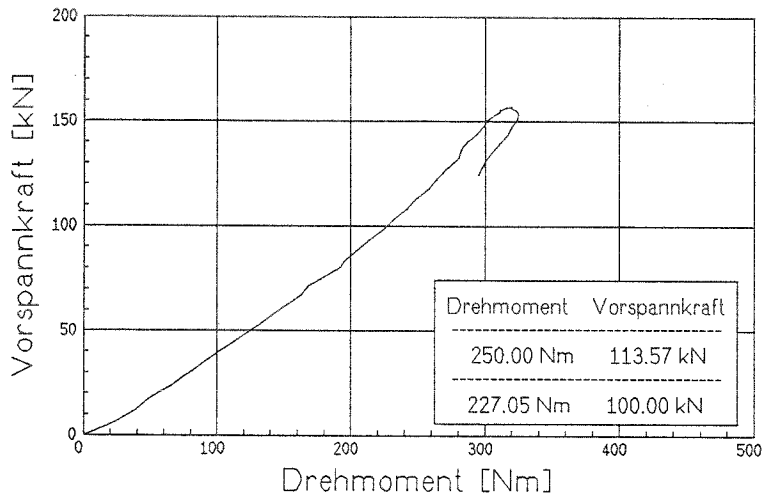
Schraubenkennzeichnung: C2L03 (M16 x 200)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



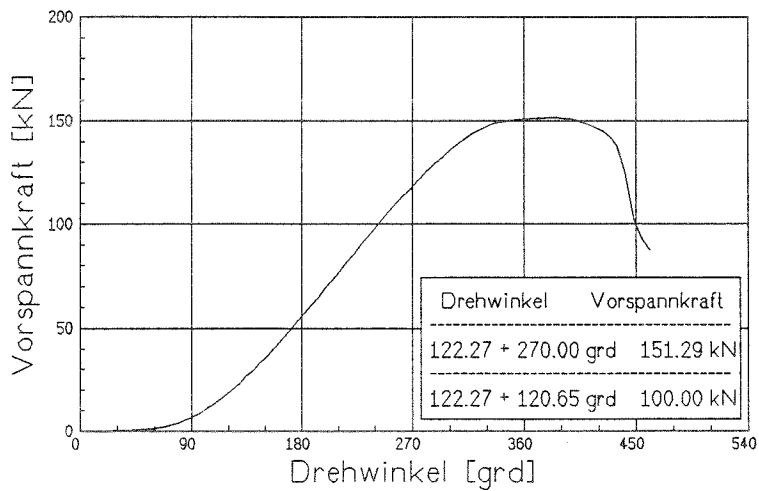
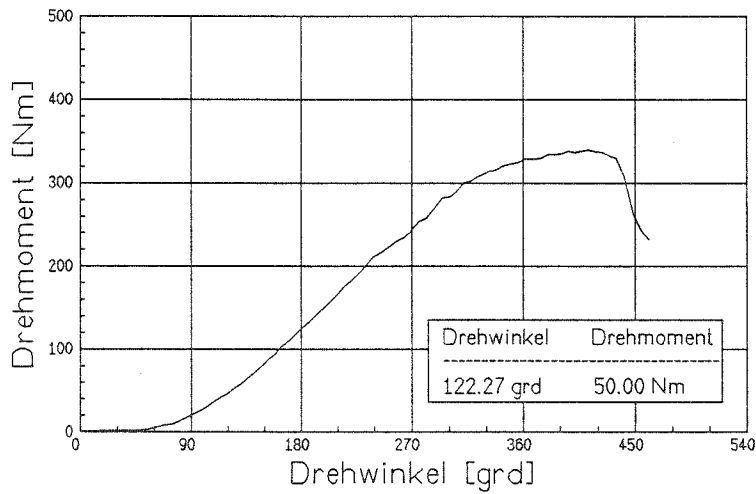
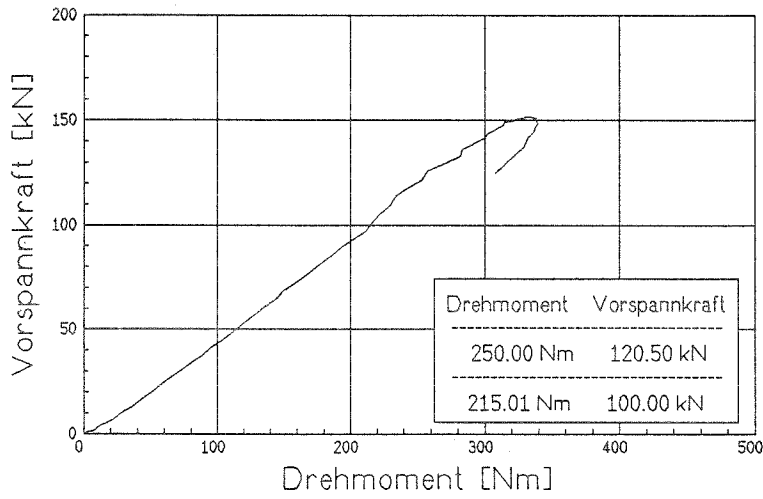
Schraubenkennzeichnung: C2L04 (M16 x 200)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



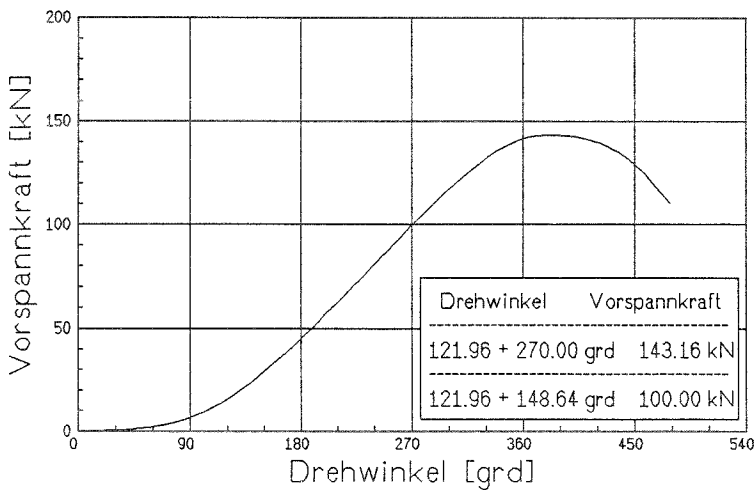
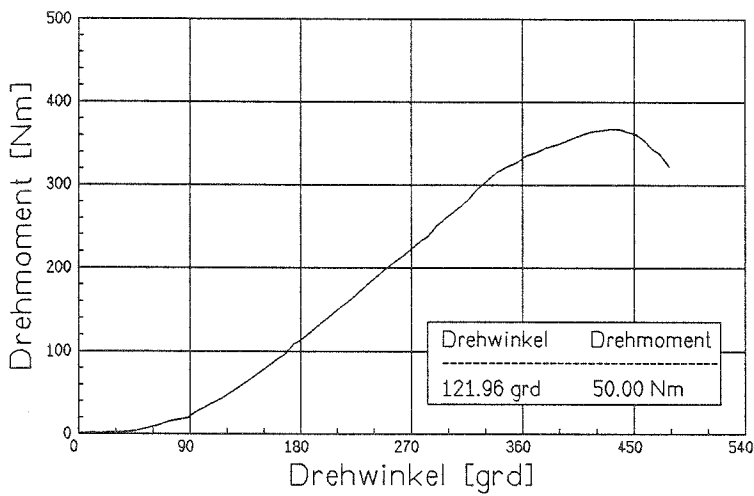
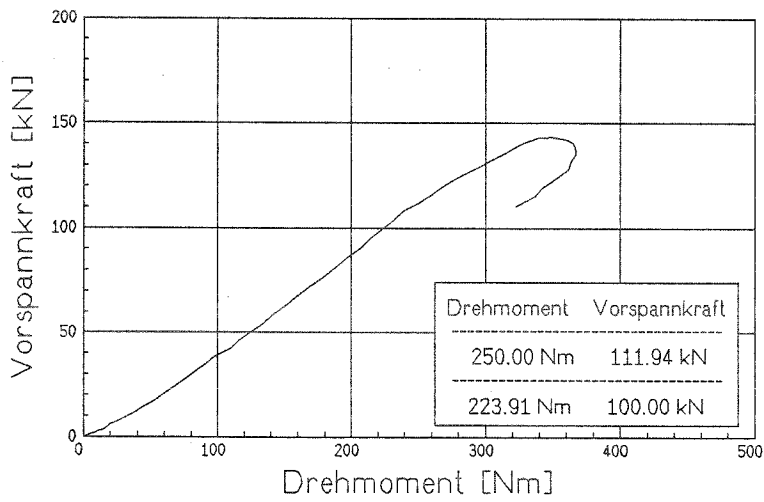
Schraubenkennzeichnung: C2L05 (M16 x 200)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



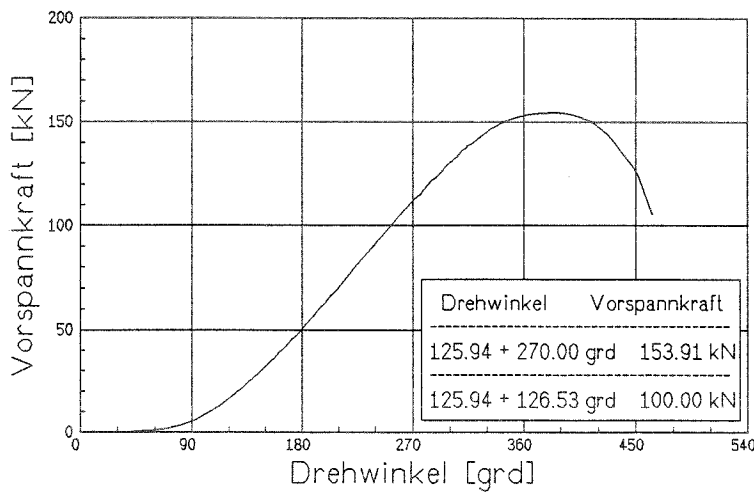
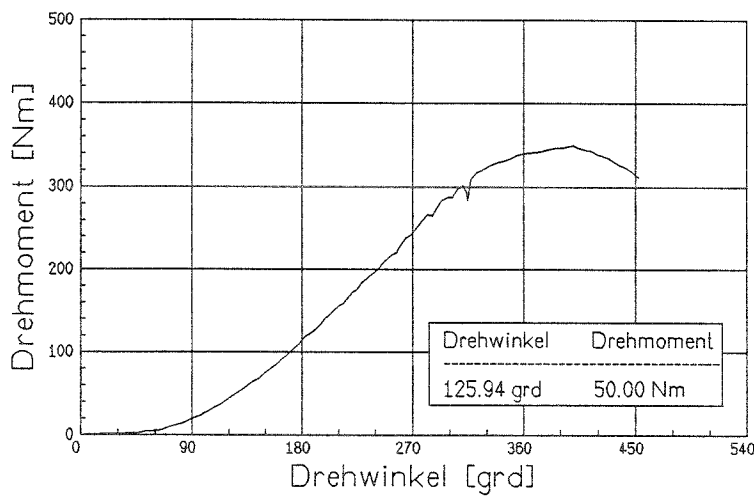
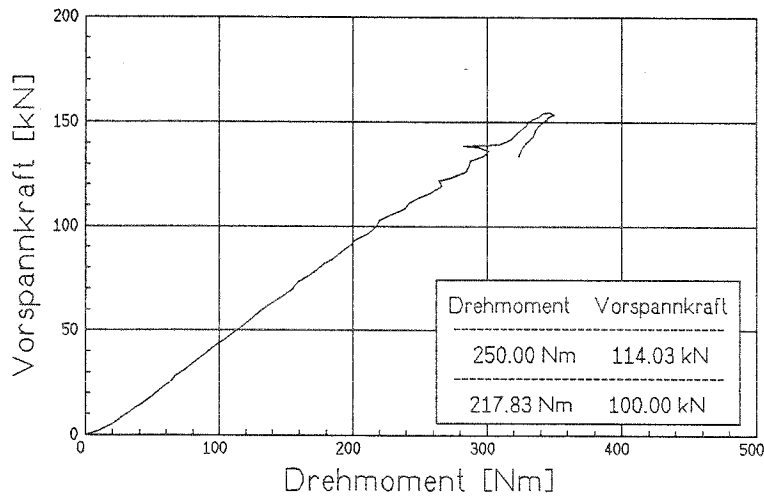
Schraubenkennzeichnung: C2L06 (M16 x 200)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



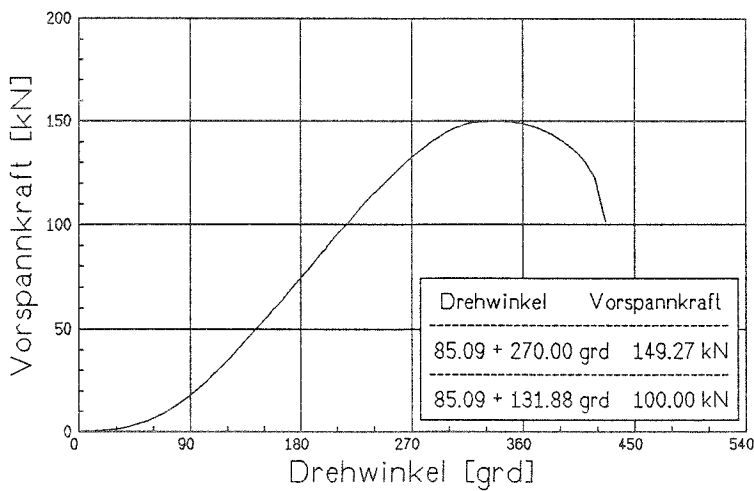
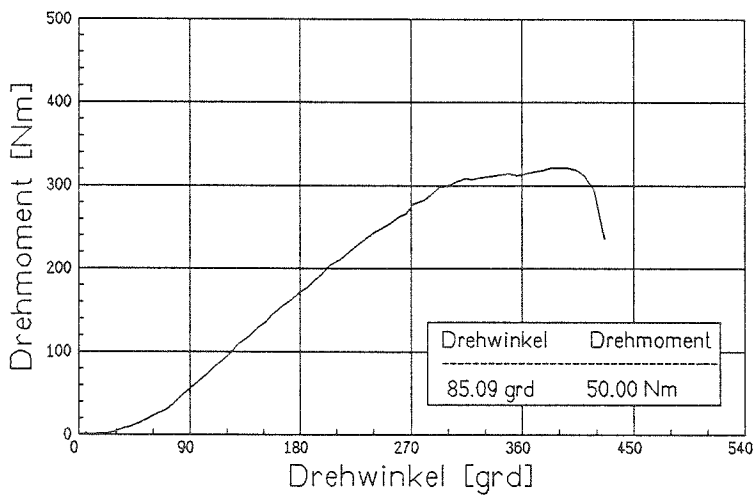
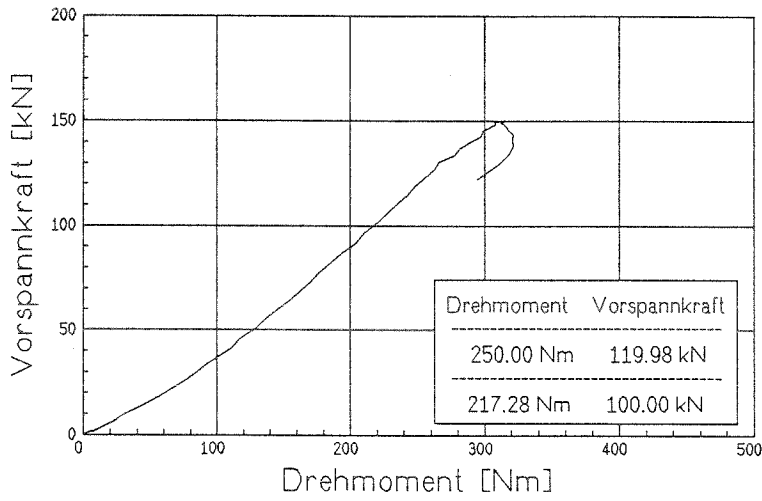
Schraubenkennzeichnung: C2L07 (M16 x 200)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



Schraubenkennzeichnung: C2L08 (M16 x 200)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH

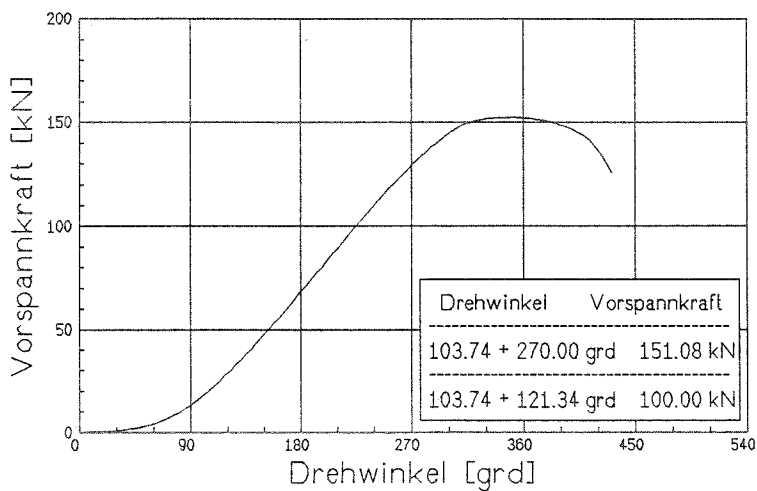
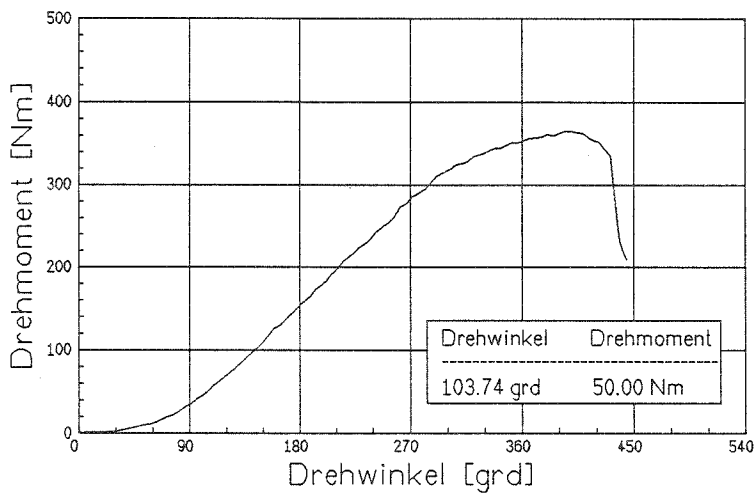
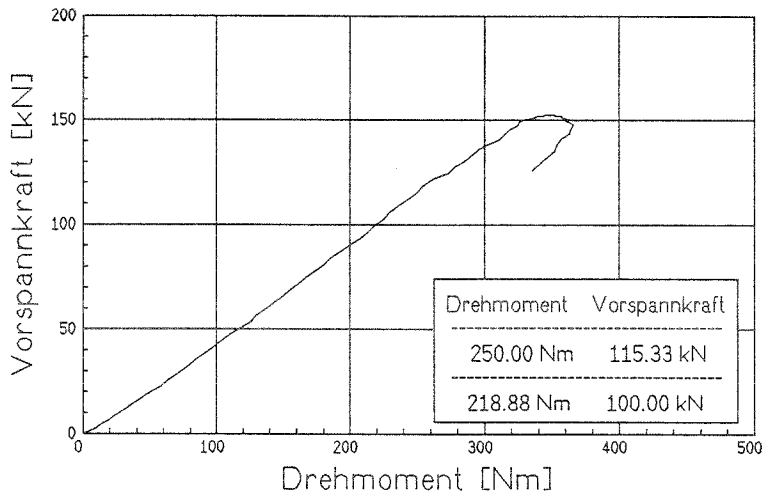


Schraubenkennzeichnung: C2L09 (M16 x 200)  
 Hersteller: August Friedberg GmbH



Schraubenkennzeichnung: C2L10 (M16 x 200)

Hersteller: August Friedberg GmbH





Projet de recherche: Effet du procédé de serrage, procédé du moment de couple et angulaire sur le comportement porteur des vis HV.

### Résumé

Dans le cadre du rapport No. 6312/B, des tests ont été opérés sur des vis M 24 et M 16 galvanisées à chaud, de la classe de résistance 10.9, afin de procéder au contrôle de la force de précontrainte  $F_V$  nécessaire selon les normes DIN 18800, partie 7.

Les échantillons testés ont été prélevés chez 3 constructeurs différents (Peiner Umformtechnik GmbH, Fuchs Schraubenwerk GmbH et August Friedberg GmbH); ces échantillons comportaient 2 diamètres (M 24 et M 16) et 2 longueurs ( $l = 140$  mm et  $l = 200$  mm).

Les installations de recherche ont permis de mesurer la force de précontrainte  $F_V$  à l'aide d'un anneau de mesure des forces, le moment de serrage (ou bien moment de couple  $M_V$ ) à l'aide d'une clé dynamométrique et le moment angulaire  $\phi$  à l'aide d'un potentiomètre rotatif.

Au cours d'un test, la force de précontrainte obtenue a pu être définie par le procédé du moment angulaire, de telle manière que le test fut arrêté juste avant l'étranglement de la vis.

L'analyse des résultats des tests effectués selon le procédé du moment de couple fait ressortir que sur les vis M 24, l'écart en moins indiqué dans le rapport No. 6312/A concernant la force de contrainte  $F_V$ , reste confirmé. Sur les vis M 16 on remarque un léger écart en plus de la force de contrainte  $F_V$ . La longueur de la vis M 24 et M 16 n'ayant eu aucune influence.

Un écart en moins général des forces de précontrainte n'est donc pas donné. La concordance des forces de précontrainte obtenues au cours des tests et celles données par les normes DIN 18800, partie 7 dépend certainement du diamètre des vis.

Les forces de précontrainte obtenues à partir du procédé du moment angulaire sont indépendantes de la longueur des vis, bien que sur les M 24 et M 16 elles se situent bien en dessus des valeurs nécessaires, de telle manière que les vis ont pu être testées presque jusqu'à étranglement.

Dans le rapport No. 6312/B, seuls les diamètres des vis M 24 et M 16 ont été examinés. Afin de pouvoir donner d'autres informations précises sur d'autres diamètres, il est nécessaire d'opérer des tests des diamètres différents.

Research project: Effects of the torque and angle of rotation tightening methods on the bearing behaviour of hot-galvanized screws

### Abstract

In report No. 6312/B, experiments were carried out on M24 and M16 hot-galvanized screws of rigidity class 10.9 in order to check the necessary initial stressing force  $F_v$  in accordance with DIN 18 800, part 7.

The samples examined were taken from three different manufacturers (Peiner Umformtechnik GmbH, Fuchs Schraubenwerk GmbH and August Friedberg GmbH) with two diameters (M24 and M16) and 2 lengths ( $l=140$  mm and  $l=200$  mm) being selected.

With the experimental set-up, it was possible to measure the initial stressing force  $F_v$  by means of a gauge ring, the moment of tightening (or torque)  $M_v$  with a box end wrench and the angle of rotation  $\phi$  with a torsion potentiometer.

Within one experiment, the initial stressing forces achieved with the angle of rotation method were also established, which meant that the experiments were only ended shortly before the screw was pulled apart.

The evaluation of the results of the experiments with the torque method showed that the falling short of the initial stressing force  $F_v$  for M24 screws from report no. 6312/A could be confirmed. For M16 screws, the initial stressing force  $F_v$  was slightly exceeded. The length of the M24 and M16 screws had no influence on this.

Thus, there is no general falling short of the initial stressing forces. Correspondence of the initial stressing forces achieved in the experiment with those in DIN 18 800, part 7, obviously depends upon the diameter of the screws.

The initial stressing forces achieved with the angle of rotation method are a long way above the required values for both M24 and M16 screws, regardless of their lengths, which means that the screws are almost pulled apart.

In this report, no. 6312/B, only M24 and M16 screw diameters were examined. In order to be able to make precise statements about other diameters, further experiments with other diameters are necessary.

Report No. 6312/A

Research project: Effects of the torque and angle of rotation tightening methods on the bearing behaviour of hot-galvanized screws

### Abstract

DIN 18 800, part 7, contains rules for the pre-stressing of highly tensile screws in accordance with 3 different methods (torque, angle of rotation and angular momentum). No statements are made concerning the initial stressing forces actually achieved with these tightening methods (except the torque method).

Differing conditions exist after the pre-stressing of highly tensile screws, depending upon the pre-stressing method used. The effects of these differing pre-stressing conditions on the bearing behaviour of completely pre-stressed screw connections under additional axial load, such as occurs, for example, in cover plate connections, especially in the so-called LCF area, are to be examined in constructions customary in structural steel work (e.g. flange connections, T joints).

The measurement programme is split into two parts. Part 1 of the programme - pre-stressing of the connection - includes the application of the initial stressing forces stated in DIN 18 800, part 7, and the angle of rotation. Part 2 - axial load according to plan - includes the examinations on the bearing behaviour of the pre-stressed connections.

The pre-stressing of M 24 x 200 10.9 and M 24 x 75 10.9 hot-galvanized screws with the torque method produced results falling short of the nominal figure stated in DIN 18 800, part 7, by up to 20%.

Firstly, there was a multiple repeat of the experiments. Then, all the electrically measured figures were checked with mechanical measurement. Despite an intensive search by people working independently of one another, it was not possible to establish any errors.

As the deviation from the values standardized in DIN 18 800, part 7, found in our examinations could under certain circumstances be relevant to safety, we agreed with the client to do without experiments which were to clarify the effects of the torque and angle of rotation tightening methods on the bearing behaviour of hot-galvanized connections with load in the longitudinal direction of the screws and to carry out pre-stressing experiments on highly tensile, hot-galvanized screws (M24 and M16) in order to clarify the falling short of the nominal values.