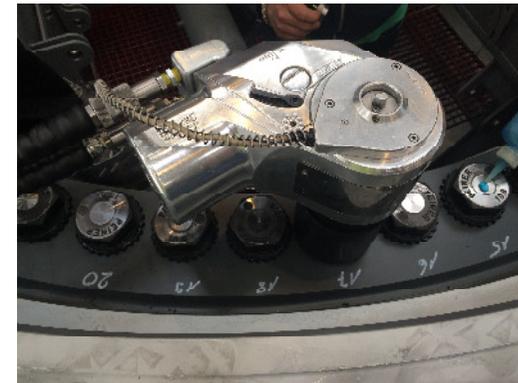


Herzlich willkommen in der Hochschule Offenburg

„Sicherheit und Qualität in der Verschraubungstechnik“



Seit 1968 ist **HYTORC** ein **international** bekannter **Markenname** auf dem Gebiet der hydraulischen und pneumatischen **Verschraubungstechnik** ab 60 Nm bis 190.000 Nm. HYTORC entwickelt und produziert innovative Verschraubungslösungen für garantiert sichere und prozess-konforme Schraubverbindungen. HYTORC ist weltweit vertreten.

Die **Barbarino & Kilp GmbH** gegründet im Jahr 1730 in München mit Sitz in **Krailling** / Nähe München ist seit 1985 für die **Drehmoment gesteuerten** Schraubverfahren von HYTORC in Deutschland, Österreich, Schweiz und Türkei tätig. Die **devotec GmbH** gegründet im Jahr 2000 in München mit Sitz in **Krailling** ist für HYTORC im Bereich der **Vorspannkrafttechnik** tätig. **Beide** Firmen sind zertifiziert nach **ISO-9001:2008** und **KTA-1401**.

- Hydraulische, pneumatische, elektrische und 36 Volt akkubetriebene Drehmomentschrauber
- Intelligente Systemsteuerungen im Sinne von Industrie 4.0 u.a. zur Erfüllung der VDI-2862-2 und mehr !
- Verschrauben ohne Reaktionsarm und Gegenhalteschlüssel durch Einsatz eines von fünf möglichen Verbindungselemente

HYTORC – Barbarino & Kilp GmbH und devotec GmbH



- **Vor-Ort-Service:** Zur nachhaltigen Verbesserung der Arbeitssicherheit, Ergonomie und Qualität Unterstützung vor Ort durch Revisions-/ Abstellbegleitung und vor Ort-Inspektionen, Überprüfung und Rekalibrierung von Verschraubungswerkzeugen.
- **Schulungen:** Als zertifizierter Lerndienstleister nach ISO-29990 bieten wir maßgeschneiderte Schulungen, Lehrgänge und Trainings sowie unterschiedliche Schulungsmodule an, wie beispielsweise nach EN 1591-4:2013, in unserem Schulungszentrum in Augsburg oder vor Ort beim Kunden



**36 Volt Akkuschauber ab 80 Nm bis 4.060 Nm (einstellbar)
zum Verschrauben nach Drehmoment und Drehmoment-Drehwinkel**

HYTORC®
BARBARINO & KILP GMBH



Pneumatische Drehmomentschrauber ab 70 Nm bis 11.100 Nm
Elektrische Drehmomentschrauber ab 220 Nm bis 4.000 Nm
(Drehmomente über Vollfarbdisplay einstellbar)

HYTORC®
BARBARINO & KILP GMBH

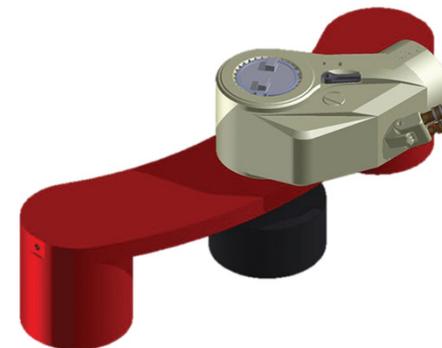
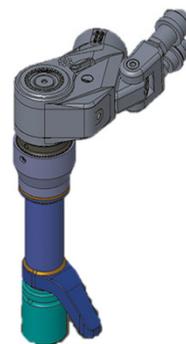
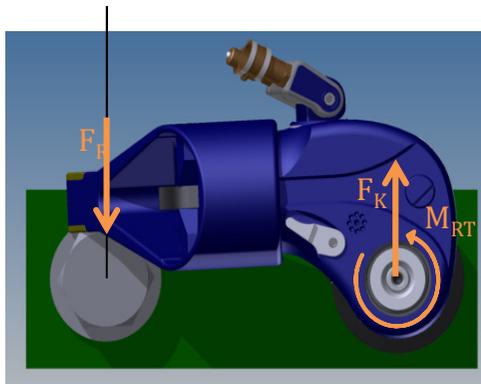
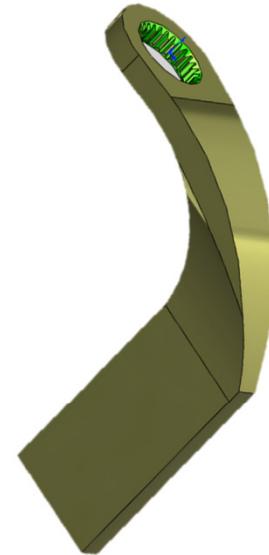


**Hydraulische Vierkant- und Wechselkassetten-
Drehmomentschrauber ab 60 Nm bis 190.000 Nm
(Drehmoment stufenlos einstellbar)**

HYTORC®
BARBARINO & KILP GMBH



**Egal ob bei elektrischen, pneumatischen, Akku betriebenen oder hydraulischen Drehmomentschraubern – man braucht zum Abstützen stets einen Reaktionsarm / oder Sonderreaktionsarm !
Und oft auch Gegenhalteschlüssel !**



Verschrauben ohne Reaktions- / Abstützarm und Gegenhalteschlüssel bei wiederholgenauer Montage- Vorspannkraft mit Standard Drehmomentschraubern ab 60 bis 190.000 Nm in Kombination mit einem von fünf möglichen Verbindungselementen auch im EX-Bereich und Unterwasser-Bereich

HYTORC®
BARBARINO & KILP GMBH



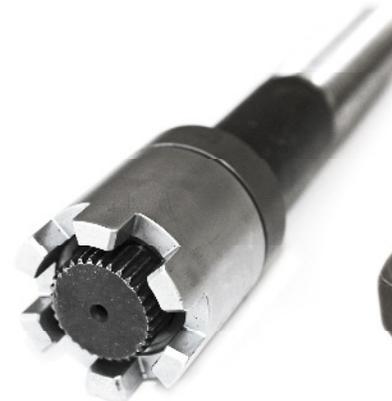
Verdrehsichere Unterlegscheibe zWasher



Verdrehsichere Sechskant-U-Scheibe DISC für Überkopf



Verdrehsichere Dehnmutter CLAMP zum torsionsfreien Verspannen bis + 350° C



Verdrehsicher Smart-Stud zum torsionsfreien Verspannen auch über 350° C



Verdrehsicher Schraubgarnitur justBolt ideal auch als Inbus-Ersatz

Verschrauben ohne Reaktions- / Abstützarm und Gegenhalteschlüssel bei wiederholgenauer Montage-Vorspannkraft

Schraubverbindungen werden somit querkraftfrei und dadurch reibungsoptimiert und in Folge wiederholgenau angezogen. Es kommt zu keinerlei Verreibungen, Verformungen oder Verbiegungen.

Das bedeutet:

Höherer Gesundheitsschutz und hohe Arbeitssicherheit durch Schutz vor allem der Hände und Finger der Monteure

Die Werkzeuge können selbst bei Überkopf-Anwendungen an den Verbindungselementen angehängt und per Fernbedienung verschraubt werden.

Vereinfachtes Verschrauben unter schwierigen, beengten Bedingungen

Erheblich niedrigere Leckageraten bei Flanschen (bis zu 0,1 kg / Jahr und Meter Dichtungslänge)

Geringere Wartungskosten und –intervalle durch Schonung der Auflageflächen, der Schraubverbindungen und der Werkzeuge

HYTORC[®]
BARBARINO & KILP GMBH



Arbeitsicher – Reaktionsarmfrei - Reibwertoptimiert

Verschrauben mit verdrehsicherer Unterlegscheibe mit Außenabstützprofil:

HYTORC®
BARBARINO & KILP GMBH

zWasher !



- EINFACH
- ARBEITSSICHER
- REAKTIONSFREI
- VERDREHSICHER
- BIEGEMOMENTFREI
- REIBWERTKONSTANT
- GEHÄRTET
- WIEDERVERWENDBAR
- KOSTENNEUTRAL

Welche Normen bzw. Richtlinien empfehlen den Einsatz von Unterlegscheiben:

VDI-2200-2007-07: Dichte Flanschverbindungen – Auswahl, Auslegung, Gestaltung und Montage von verschraubten Flanschverbindungen **Absatz 6.1 Seite 57 oben links letzter Absatz**

Zur Verbesserung der Montagequalität hinsichtlich Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Vorspannung sollten die Bauteile mit geeigneten Mitteln geschmiert und kontrollierende Anziehverfahren eingesetzt werden (Vermeiden von „Fressen“, Einschränken der Vorspannkraftstreuung u. a.).

Grundsätzlich sind Unterlegscheiben zu verwenden.

Welche Normen bzw. Richtlinien empfehlen den Einsatz von Unterlegscheiben:

Zitat VCI Leitfaden: „Die **Reihenfolge**, mit der die **Schrauben und Muttern angezogen werden**, hat einen wesentlichen Einfluss auf die Kraftverteilung, die auf die Dichtung wirkt...

...Die Schrauben sind von Hand vorzumontieren dabei sind

- **gehärtete Unterlegscheiben** nach DIN EN ISO 7089, mindestens Härteklasse 200 HV unter die Mutter zu legen

...Die **erforderlichen Anzugsmomente** für Flansche... und Schrauben aus 25CrMo4 / A2-70... sind ab **M24 mit Drehmomentschlüssel** oder anderen **drehmomentgesteuerten Verfahren zu verschrauben**

Quelle: Verband der Chemischen Industrie VCI: Leitfaden zur Montage von Flanschverbindungen in verfahrenstechnischen Anlagen

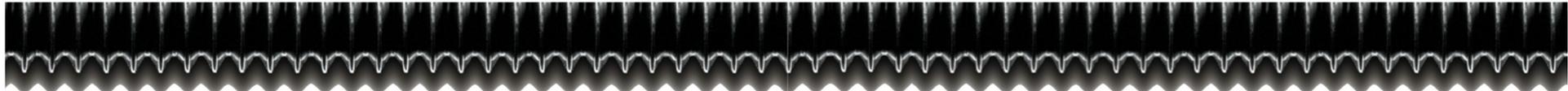
Welche Normen bzw. Richtlinien empfehlen den Einsatz von Unterlegscheiben:

Zitat VCI Leitfaden: „In der Gefährdungsbeurteilung nach BetrSichV sind die zu erfüllenden Anforderungen an die Flanschverbindung aus Anlagensicherheit und Arbeits- und Gesundheitsschutz festzulegen.

Dabei sind Auslegung, Montage und Dokumentation der Montage festzuschreiben.

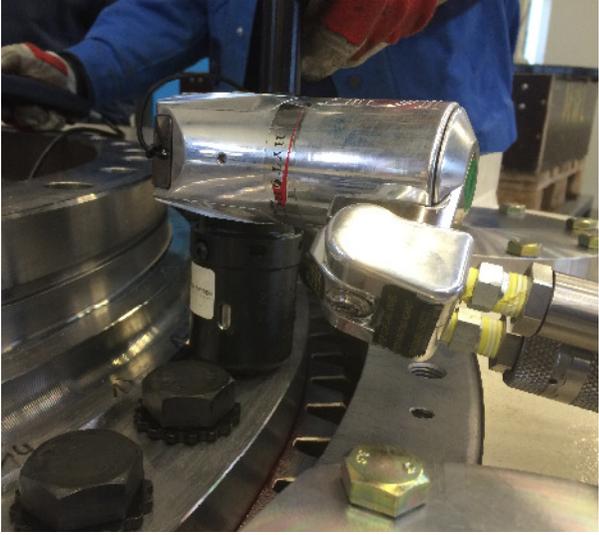
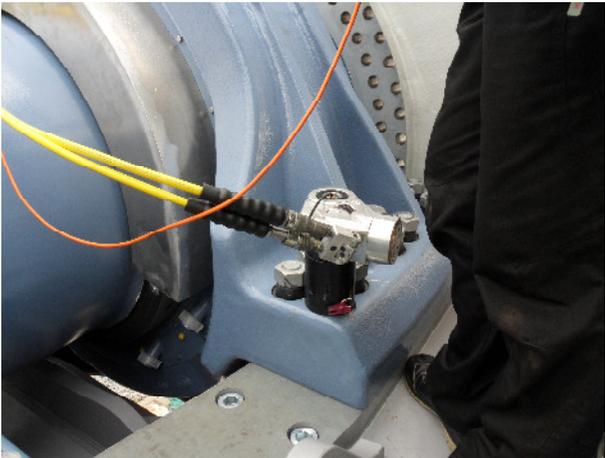
Weiterhin sind die Anforderungen an den Umweltschutz (z.B. BImSchG, TA-Luft) zu erfüllen.....Die Montage der Flanschverbindungen darf **nur von qualifizierten Personal** durchgeführt werden. Die Qualifizierung von Personal....kann zum Beispiel in Anlehnung an DIN CEN/TS 1591-4 erfolgen. **DIN EN 1591-4:2013** “

Quelle: Verband der Chemischen Industrie VCI: Leitfaden zur Montage von Flanschverbindungen in verfahrenstechnischen Anlagen



Verschrauben ohne Reaktions- / Abstützarm und Gegenhalteschlüssel bei wiederholgenauer Montage-Vorspannkraft

HYTORC®
BARBARINO & KILP GMBH



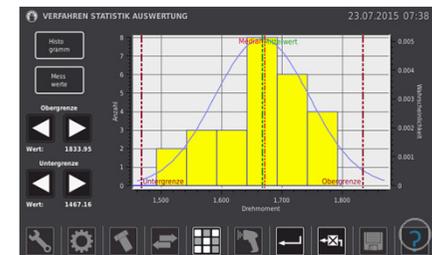
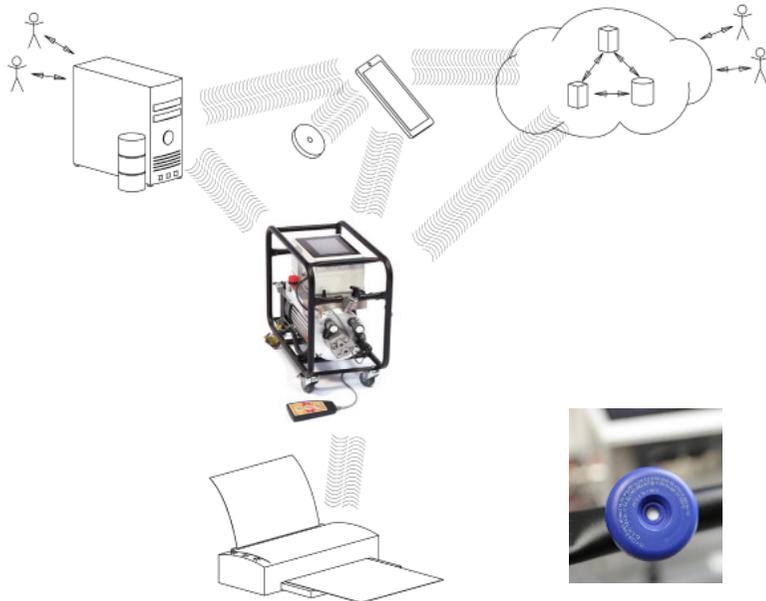
Allerdings:

Werden „bereits heute und mit vorgezeichneter Gewissheit auch in Zukunft die **hohen Ansprüche an die Schraubtechnik hinsichtlich der Prozessfähigkeit** und der rechtlichen Absicherung **noch steigen**. Dem Entwickler wird bereits in der Planungsphase die Verantwortung für die richtige Auswahl der für seine Anforderungen geeigneten Verbindungstechnik übertragen.

Diese Auswahl hat unmittelbare Auswirkungen auf die zu verwendende Technik, die Prozessabsicherung, die Qualitätsüberwachung sowie auf die finale Produkthaftung und dies alles unter dem Druck der Wirtschaftlichkeit“

(Zitat vom VDI – Oktober 2015: Allgemeine Informationen zur VDI-Fachtagung Schraubmontage 2016)

Die aktuelle Diskussion um Industrie 4.0 hat für die Verschraubungstechnik und auch für die hydraulische Verschraubungstechnik eine besondere Bedeutung. Die Anforderungen und Erwartungen der Anwender steigen deutlich. Weg von den einfachen Hydraulikwerkzeugen, **hin zu mobilen intelligenten hydraulischen Verschraubungssystemen, welche mit dem Datenbanksystem des Anwenders vernetzt sind.**



Richtlinienanforderungen

**WICHTIGE RICHTLINIEN DIE FÜR DIE SCHRAUBMONTAGE
Für handgeführte Verschraubungssysteme und zur Prozessanalyse
gelten folgende Richtlinien:**

- Mindestanforderungen zum Einsatz von Schraubsystemen gemäß VDI/VDE 2862 Blatt 2 [1]
- Mindestanforderungen zur Maschinenfähigkeit (MFU) gemäß VDI/VDE 2645 Blatt 2 [2]
- Prozessfähigkeitsuntersuchungen (PFU) gemäß VDI/VDE 2645 Blatt 3 [3]
- Sensoren und Messsysteme für die Drehwinkelmessung (Kali.) gemäß VDI/VDE 2648 Blatt 1 / Blatt 2 [7]

**Auszug: Kein Anspruch auf Vollständigkeit,
Inhaltlicher Richtigkeit und Aktualität!**



**Seit 01.02.2015 gilt die Richtlinie VDI/VDE 2862-Blatt 2:
Mindestanforderungen zum Einsatz von Schraubsystemen
und –werkzeugen: Anwendungen im Anlagen- und
Maschinenbau sowie für Flanschverbindungen an
drucktragenden Bauteilen**

Der Anwender muss lt. Richtlinie VDI/VDE 2862 Blatt 1 und Blatt 2 seine Schraubverbindungen nach **drei Risikoklassen** bewerten.

Kategorie A: Hohe Risikobewertung, Gefahr für Leib und Leben oder Umwelt

Kategorie B: Mittlere Risikobewertung, Funktionsstörung / Anlagenstillstand

Kategorie C: Niedrige Risikobewertung, Unkritisch

Bei Risikoklasse A gilt folgende Mindestanforderung an das Schraubsystem:

- Direkt gemessene Steuergröße (Drehmoment, Drehwinkel, Längung,...)
- Direkt gemessene Kontrollgröße (Drehmoment, Drehwinkel, Längung,...)
- Steuergröße und Kontrollgröße dürfen nicht gleich sein
- Bereitstellung der Ergebnisse zur Weiterverarbeitung und die Schraubsystemselbsttestfähigkeit
- Redundanter Aufbau zum Erfassen der Steuer- und/oder Kontrollgröße
→ Alternativ kann bei diesem Punkt eine Plausibilitätskontrolle angewendet werden

Bei Risikoklasse B gilt folgende Mindestanforderung an das Schraubsystem:

- Direkt oder indirekt gemessene Steuergröße (Druck, Drehmoment, Drehwinkel,...)
- Direkt oder Indirekt gemessene Kontrollgröße (Druck, Drehmoment, Drehwinkel,...)
- Steuergröße und Kontrollgröße sind erforderlich
- Bereitstellung der Ergebnisse zur Weiterverarbeitung

Bei Risikoklasse C gilt folgende Mindestanforderung an das Schraubsystem:

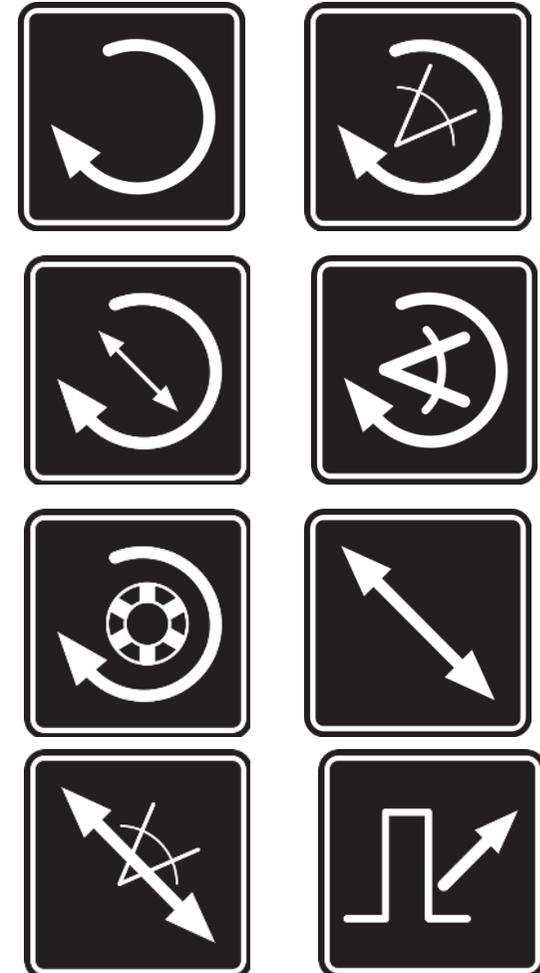
- Direkt oder indirekt gemessene Steuergröße (Druck, Drehmoment, Drehwinkel,...)

Um allen Anforderungen nach **VDI/VDE 2862-Blatt 2** sowie **im Sinne von Industrie 4.0** bzw. intelligente Fabrik gerecht zu werden besteht ein mobiles, praxistaugliches hydraulisches Verschraubungssystem aus einer Prozess- und Dokumentationspumpe in Kombination mit hydraulischen Drehmoment-schraubern mit Drehwinkelsensoren zur Erfassung, Analyse und Kontrolle sämtlicher Schraubvorgänge.

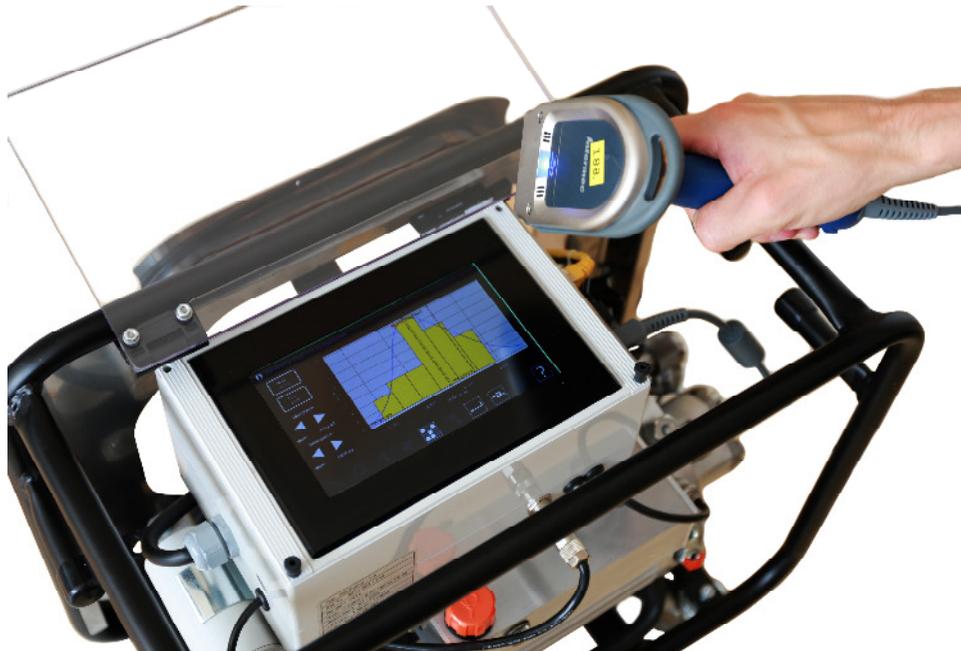


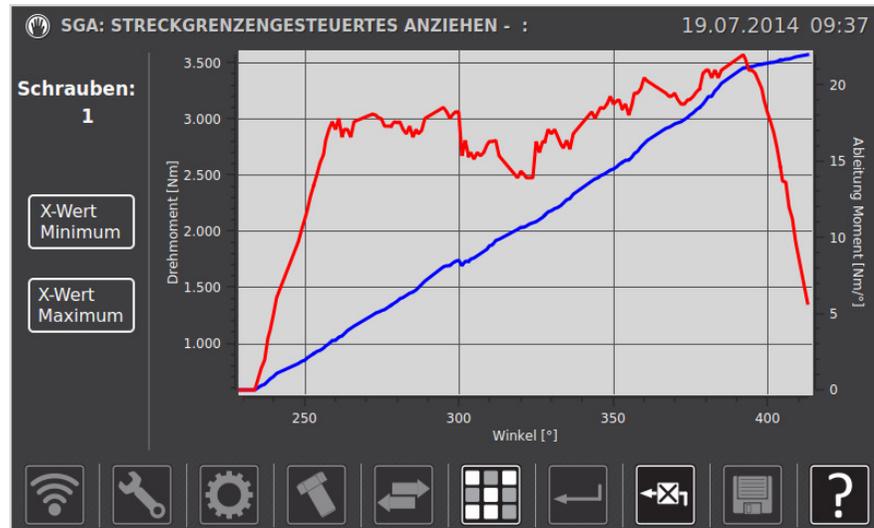
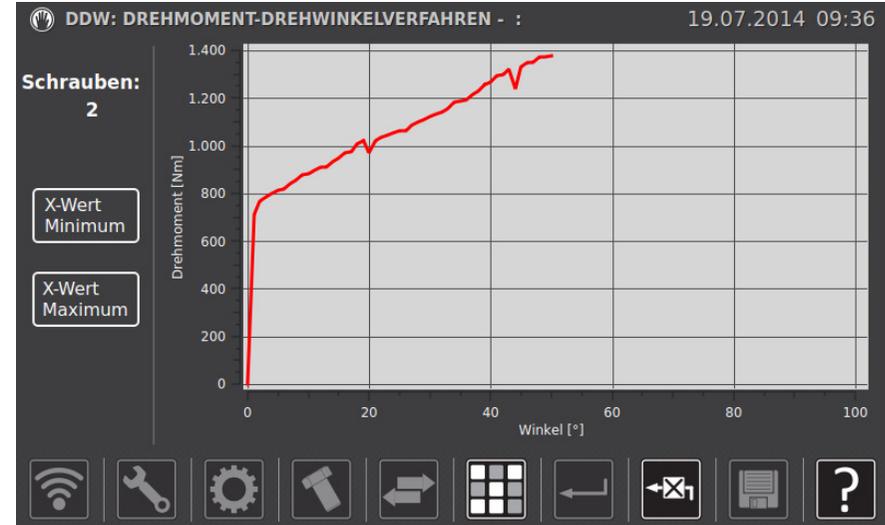
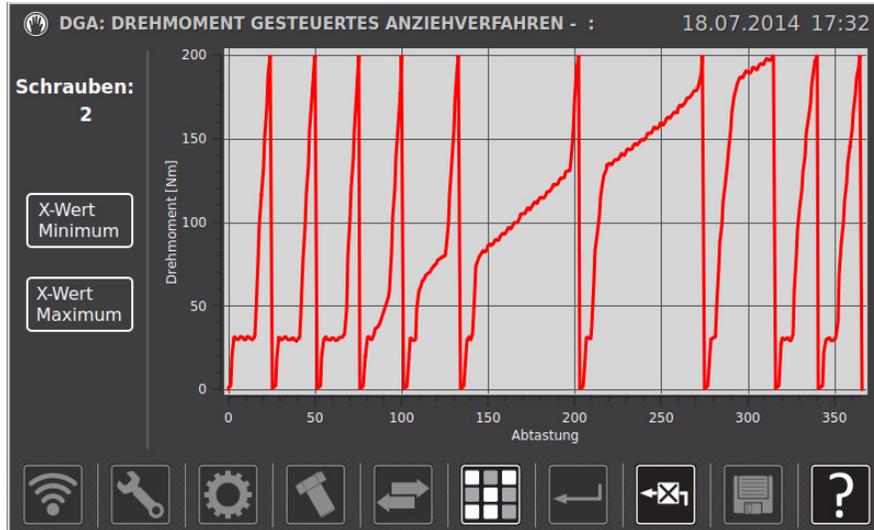
Mögliche Anzieh- und Analyseverfahren

- (1) drehmomentgesteuertes Anziehen (*indirekt!)
 - (2) drehmomentgest. drehwinkelüberw. Anziehen
 - (3) drehmomentgest. streckgrenzüberw. Anziehen
 - (4) Drehmoment-Drehwinkelgesteuertes Anziehen
 - (5) vorspannkraftgesteuertes Anziehen (*indirekt!)
 - (6) streckgrenzgesteuertes Anziehen
 - (7) streckgrenzgesteuertes dreh. überw. Anziehen
 - (8) externe Prozesssteuerung mit Drucksteuerung mit Standard Industrieschnittstelle 0..10V / 0..20mA
- Sequenzer (Verkettung von Schraubprogrammen)
 - Drehmoment-Analysetool
- * Standardausführung - Erweiterbarkeit ist gegeben



**Intuitive Bedienung über ein TOUCH-Display an der Pumpe
wie sie auch von Smart-Phones bekannt ist sowie prozess-
sicheres Verschrauben mit automatisierter Dokumentation
als Text und Graphik (Optional mit Scanner)**





Sichere Montageprozesse durch:

- optimale **Überwachung**,
- **Systemtransparenz**,
- **Systemanalyse**,
- **Schraubenverwaltung**
- und **Visualisierung von Prozessdaten**

aufgrund manipulationssicherer Dokumentation insbesondere
für **Schraubverbindungen der Risikokategorie A und B**

und als „Schmankerl“ prozesssicheres, als Text und Graphik dokumentiertes Verschrauben mit integrierter Schraub-Prozessbeurteilung ohne Reaktions- / Abstützarm mit Standard hydr. Drehmomentschraubern ab 60 bis 190.000 Nm



- arbeitssicher
- anlagenschonend
- reibwertkonstant
- verdrehsicher



Höhere Arbeitssicherheit, weniger Bauteilbelastung und höhere Präzision durch Störgrößenverringeringung beim Anzugsprozess

-Axiales Anziehen ohne Querkraft und Reaktionsarm

Die Unterlegscheibe zWasher als ideale Kombination zu einer intelligenten Schraubsystemsteuerung

- Hohe Prozesssicherheit da kein händisches Gegenhalten notwendig ist
- Hohe Arbeitssicherheit, da kein Reaktionsarm notwendig ist
- Höhere Präzision in der Zielgröße und weniger Bauteilbelastung, da querkräftfrei verschraubt werden kann.



Beispiel: Verschrauben von Türmen in der Windkraft



Turmverschraubungen

Größe **M36 = SW 60mm** (HV)

Anziehmoment **MA = 2.800 Nm**

Regelvorspannkraft **FV = 510 kN**

(wird erreicht bei einer Reibzahl von ges. $\mu = 0,113$ und
Schraubenauslastung: 70%)

Der Schrauben-Hersteller stellt sicher, dass für eine M36 mit 2.800 Nm eine Vorspannung von 510 kN erreicht wird, und die Garnitur durch dieses Moment nicht zerstört wird. Die Oberflächen sind feuerverzinkt und geschmiert. Anzugsmethode: Drehmomentverfahren gem. DIN 18800-7 (unten: hydraulischer Drehmomentschrauber mit Standard-Pumpe)



Beispiel: Verschrauben von Türmen in der Windkraft

Das **am weitesten verbreitete Verfahren** zur Vorspannung von Schraubverbindungen (SV) im Stahlbau ist das gegenseitige Verdrehen von Mutter und Schraube durch Aufbringen eines **definierten Anzugmomentes** auf die Mutter. (**Drehmomentverfahren**). Bei diesem Vorgang findet Reibung in den Gleitflächen auf der Mutternaufgabe oder unter Schraubenkopf und in den gepaarten Gewindegängen statt. **Die Reibung in Schraubverbindungen** beim Anziehen **wird beschrieben** durch die Reibungszahl nach der **DIN 946**, welche **seit dem Jahr 2005 durch die DIN EN ISO 16047 ersetzt worden ist** (Ausnahme Luftfahrt) Für HV-Garnituren wie beispielsweise M36 ist ein Anziehmoment von 2.800 Nm mit einer gewissen zulässigen Ungenauigkeit vorgesehen. Eine Reibzahl von $\mu = 0,15$ führt dann dazu, dass die erforderliche Vorspannung nicht erreicht wird.

Eine Reibzahl von $\mu = 0,07$ führt zu der **Gefahr einer plastischen Verformung** der Verbindung, die bei Anwendung des **Drehmomentverfahrens** **NICHT DURCH DAS VERFAHREN BEGRENZT WIRD** und zur Zerstörung der Verbindung führen kann.

Beispiel: Verschrauben von Türmen in der Windkraft



In der **DIN 18 000-7** ist für **hochfeste Schrauben** z.B. Festigkeitsklasse 10.9 nach DIN 6914ff. in feuerverzinkter Ausführung ein **Zusammenhang** zwischen der **erforderlichen Regel-Vorspannkraft** und dem aufzubringenden **Anzugsmoment** hergestellt.

In der Montage kann somit **mit genormten und tabellierten Anziehungsmomenten einheitlich jeweils für einen Schraubendurchmesser** gearbeitet werden.

Voraussetzung hierfür ist eine definierte Schmierung der Verbindung mit enger **Eingrenzung der Reibungszahlstreuung**.

Für eine HV-Verschraubung M36 wird die Vorspannkraft von 510 kN mit einem Anzugsmoment von 2.800 Nm, dann erreicht, wenn eine maximale Reibungszahl von $\mu = 0,113$ nicht überschritten wird, bzw. die minimale Reibungszahl von $\mu = 0,083$ nicht unterschritten wird. Die einzustellende Reibungszahl μ muss also zwischen $\mu_{\min} = 0,083$ und $\mu_{\max} = 0,113$ liegen.

Beispiel: Verschrauben von Türmen in der Windkraft

Exkurs:

Nach VDA 235.104 legt die **Automobilindustrie zulässige Reibbeiwerte fest von:**

μ_{tot} = (Reibwert gesamt) = **0,09 bis 0,14**
 μ_{b} = (Reibwert unter Kopf) = **0,08 bis 0,16**
 μ_{th} = (Reibwert im Gewinde) = **0,08 bis 0,16**

Die Schrauben-Hersteller geben diese Empfehlungen, die dann als technisches Spezifikationsmerkmal wirken. Es gibt aber auch eine Tabelle in der Norm: EN 1993-1-8 NA (Nationaler Anhang) für SV ab M12 bis M36

DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12

Tabelle NA.A.2 — Vorspannkraft und Anziehmomente für Drehimpuls-, modifiziertes Drehmoment-, und modifiziertes kombiniertes Vorspannverfahren für Garnituren der Festigkeitsklasse 10.9 nach DIN EN 14399-4, DIN EN 14399-6 und DIN EN 14399-8 — k-Klasse K1 nach DIN EN 14399-1

1	2	3	4	5	
Maße	Regel-Vorspannkraft $F_{p,C}^*$ kN	Drehimpulsverfahren	Modifiziertes Drehmomentverfahren	Modifiziertes kombiniertes Verfahren	
		Einzustellende Vorspannkraft $F_{V,DI}$ zum Erreichen der Regel-Vorspannkraft $F_{p,C}^*$ kN	Aufzubringendes Anziehmoment M_A zum Erreichen der Regelvorspannkraft $F_{p,C}^*$ Nm	Voranziehmoment $M_{A,MKV}$ Nm	
		Oberflächenzustand: feuerverzinkt und geschmiert ^a oder wie hergestellt und geschmiert ^a			
1	M12	50	60	100	75
2	M16	100	110	250	190
3	M20	160	175	450	340
4	M22	190	210	650	490
5	M24	220	240	800	600
6	M27	290	320	1 250	940
7	M30	350	390	1 650	1 240
8	M36	510	560	2 800	2 100

^a Muttern mit Molybdänsulfid oder gleichwertigem Schmierstoff behandelt.

Für SV ab M39 bis M72 gibt es Angaben in der 2013 DAST-Richtlinie 021 Schraubverbindungen aus feuerverzinkten Garnituren M39 bis M72 entsprechend DIN EN 14399-4, DIN EN 14399-6 (DAST = Deutscher Ausschuß für Stahlbau)

Tabelle 6: Querschnittsflächen, Regelvorspannkkräfte und Anziehmomente

Gewinde	Querschnittsflächen		Regel- vorspannkraft $F_{p,C}$ in kN	aufzubringendes Anziehmoment M_A in Nm für die Oberflächenausführung feuerverzinkt und geschmiert
	A_{sp} in mm ²	A_{sch} in mm ²		
(M39)	976	1195	610	3500
M42	1121	1385	710	4500
(M45)	1306	1590	820	5500
M48	1473	1810	930	6500
M56	2030	2463	1280	10000
M64	2676	3217	1680	15000
M72	3463	4071	2180	22000

A_{sp} = Nennspannungsquerschnitt des Gewindes

A_{sch} = Nennspannungsquerschnitt des Schaftes der Schraube

() Nicht bevorzugte Abmessungen

Gelebtes Szenario im Frühjahr 2016 auf einem Windpark in Europa

- 1) HV Turmschrauben M36 (SW 60mm) wurden bei der Errichtung des Windparks ordnungsgemäß mit 2.800 Nm angezogen
- 2) Üblicherweise werden diese SV nicht mehr wieder gelöst. Nach 300 Betriebsstunden werden ca. 10% dieser SV auf das Drehmoment überprüft. Damit soll geprüft werden, ob sich SV wieder gelöst haben.
- 3) Durch einen „dummen Zufall“ mussten während der Errichtung des Windparks ein paar SV ausserplanmässig wieder gelöst werden. Diese waren wenige Stunden vorher mit 2.800 Nm korrekt angezogen worden.
- 4) Beim ausserplanmässigen Lösen von einigen SV stellte sich heraus, dass ein paar SV, welche wenige Stunden zuvor mit **2.800 Nm** korrekt angezogen worden sind, **weit in die Streckgrenze** gezogen worden sind. Bei 2.800 Nm dürfen diese SV jedoch nur maximal bei 80% ausgelastet werden. Gewindeverformungen waren sichtbar.

Ursachen warum Schraubverbindung dort versagt haben könnten:

I) Falsch berechnetes Drehmoment ?

War in diesem Fall auszuschliessen, da nach Empfehlung des Schraubenherstellers sowie nach EN 1993-1-8 NA der Anzugswert 2.800 Nm bei M36-HV richtig bestimmt worden ist.

II) Falsche Bedienung des Hydraulikschrauber-Systems

wie falsch eingestellter Druck, falsch angeschlossener Schraubertyp
Auch dies war in diesem Fall auszuschliessen

III) Geringe Festigkeit der Mutter oder Schraube (Schraubenqualität)

Die Festigkeit der SV war in diesem Fall ohne Beanstandung

IV) Zu großes Gewindenspiel

Das Gewindenspiel der SV war in diesem Fall ohne Beanstandung

V) Leichte Schrägstellung der Auflagefläche der Mutter

Die Muttern waren korrekt gefertigt worden

Ursachen warum Schraubverbindung dort versagt haben könnten:

VI) **Abstützprobleme beim Verschrauben**

Es konnte dort mit dem Reaktionsarm abgestützt werden. Der Schraubfall war konstruktionsbedingt nicht beengt

Die Reibszahl war zu gering

(also geringer als ges. $\mu = 0,12$ bei SV-Auslastung: 70%)

Das war hier auch der Grund !

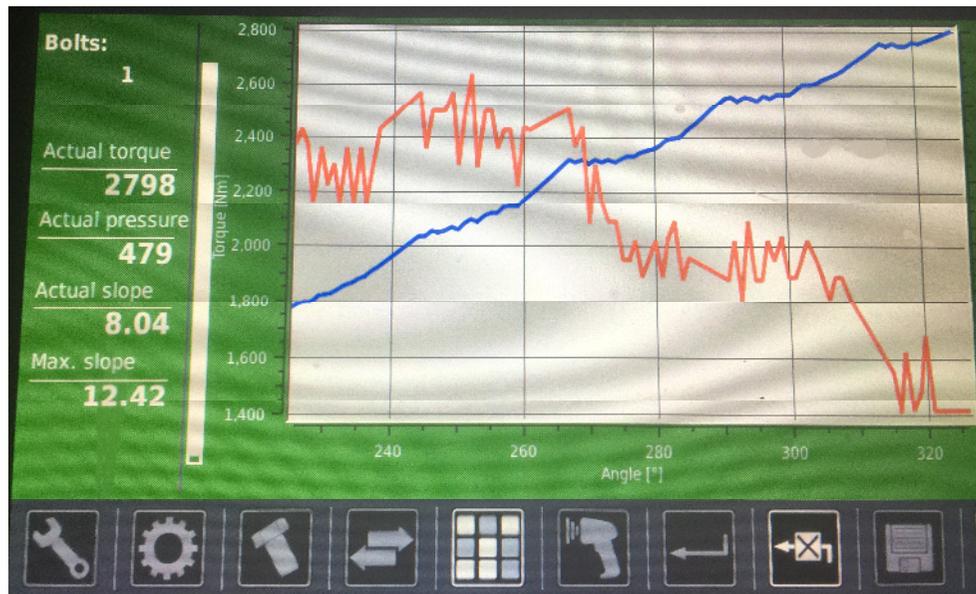
Ursachen können sein:

- * Es wurden die Schraubverbindungen auf der Baustelle fälschlicherweise noch einmal zusätzlich geschmiert.
Folge: Reibwert geht nach unten
- * Da hier die Oberflächen der feuerverzinkten Schraubverbindungen bereits vom Schraubenhersteller geschmiert worden sind, könnte der Fehler beim Schraubenhersteller liegen
- * Abhängig vom jeweiligen Schmierstoff, können sich Reibwerte ändern, wenn die SV beispielsweise wegen Regen nass werden. Denn manche Schmierstoffe neigen dazu Wasser aufzunehmen.

Untersuchung neuer Schraubverbindungen aus gleicher Charge M36 = SW 60mm HV
 Schraubverfahren: Drehmoment gesteuert-Streckgrenzen überwacht mit:
 01 Stück ECO2Touch / 230 Volt-Prozess- und Dokumentationspumpe
 01 Stück AVANTI-3 hydraulischer HYTORC-Drehmomentschrauber 1 Zoll Vierkant (max. Leistung bei 700 bar = 4.090 Nm)
 01 Stück Reaktions-Arm (kurze Ausführung)
 01 Stück Drehwinkel-Sensor passend zum HYTORC-Hydraulikschrauber Avanti-3
 01 Stück Zwillingsschlauch NW 6mm; Länge 5m mit Sensorkabel

Jeweils neue Schraubgarnitur	Anzugsmoment	gemessene Vorspannkraft
1	2.800 Nm	574,30 kN
2	2.800 Nm	646,80 kN
3	2.800 Nm	740,10 kN = sehr kritisch da kurz vor Streckgrenze
4	2.800 Nm	618,70 kN
5	2.800 Nm	535,90 kN
6	2.800 Nm	614,30 kN
7	2.800 Nm	680,50 kN
8	2.800 Nm	619,20 kN
9	2.800 Nm	637,00 kN
10	2.800 Nm	544,60 kN

Hier: Neue Schraubgarnitur Nummer 3:
HV Schraubverbindung M36 = SW 60mm
Anzugsmoment: 2.800 Nm
Gemessene Vorspannkraft: 740,10 kN
(sehr kritisch, da kurz vor der Streckgrenze)



Analyse und Montageverfahren:

Drehmoment gesteuert, Streckgrenzen überwacht (DGS)

- + Das gewünschte Drehmoment ist das Abschaltkriterium für eine einwandfreie Verschraubung.
- + Während des Anziehvorgangs wird zeitgleich der Verlauf der Streckgrenze überwacht und dokumentiert.
- + Sollte die SV wegen einer der vorhin genannten Fehlerursachen doch in die Streckgrenze kommen, erkennt dies das Verschraubungssystem, schaltet ab und warnt den Anwender.
- + Der Anwender weiß also von vornherein (also schon beim Anziehen der SV) was er tut / was passiert, bevor es zu spät ist !!! **Bedenken Sie**: Überelastisch und somit falsch angezogene SV erkennt man üblicherweise erst, wenn sie (ausserplanmässig) gelöst werden oder abreißen.

**Kurz-Video: Analyse und Montageverfahren:
Drehmoment gesteuert, Streckgrenzen überwacht (DGS)**



**hydraulisches, drehmomentgesteuertes Anziehen
streckgrenzüberwacht mit Dokumentation**

Fazit zur ECO2Touch:

- 1) Das Analyse und Montageverfahren: Drehmoment gesteuert, Streckgrenzen überwacht (DGS) ist nur eines von insgesamt neun unterschiedlichen Montageverfahren, welche mobil und baustellentauglich in Kombination mit HYTORC hydraulischen Drehmomentschraubern mit der **Prozess- und Dokumentationspumpe ECO2Touch** möglich sind.
- 2) Alle Mindestanforderungen nach **VDI / VDE 2862 Blatt 2** und mehr werden auch **im Sinne von Industrie 4.0** erfüllt.
- 3) Die Prozess- und Dokumentationspumpe ECO2Touch kommt heute **nicht nur in der Produktion** sowie auf der **Baustelle / im Feld (beispielsweise bei der Errichtung, Abstimmung, Service und Wartung)** zum Einsatz, sondern auch in der **Qualitätssicherung** oder in **Forschungs- und Entwicklungs-Abteilungen** sowie **Instituten** wie **Hochschulen** oder **Fraunhofer Instituten** zum Einsatz.

Reibzahl unabhängige Schraubverfahren sind:

Überelastische Vorspannverfahren wie:



a) Streckgrenzgesteuertes Anziehen (SGA):

Hier nutzt man den Umstand, dass beim Anziehen von SV durch gegenseitiges Verdrehen von Mutter und Schraubenbolzen **nicht nur eine AXIALSPANNUNG**, sondern **auch eine TORSIONSSPANNUNG** infolge der **Gewindereibung beansprucht** wird.

Das Fließen des Schraubbolzens beginnt dann dort, wo die Vergleichsspannung aus Zug- und Torsion die **Werkstoff-Fließgrenze** erreicht.

Innerhalb kurzer Zeit nach erfolgter Vorspannung **federt der Torsionsanteil der im Schraubenbolzen größtenteils zurück**. **Dadurch sinkt bei verbleibender Vorspannkraft die Vergleichsspannung**, und die überelastisch vorgespannte Verbindung **gewinnt wieder eine elastische Verbindungsreserve**.

„**Die Torsion ist beim SGA unser Freund**“ = Zitat Ulrich Oehms

Reibzahl unabhängige Schraubverfahren sind:

Überelastische Vorspannverfahren wie:



b) Drehmoment-Drehwinkel-Verfahren

In der DIN 18000-7 besteht dieses aus der Angabe einer Kombination eines recht niedrigen Voranziehmomentes und eines Weiterdrehwinkels, der vom Durchmesser und Klemmlänge der Verbindung abhängt.

Experimentelle Untersuchungen zeigten, dass das niedrige Voranziehmoment die zu verspannenden Bauteile zum ausreichenden Anliegen bringen. Und von da ab die **Relation Anziehdrehwinkel und Vorspannkraft bis an die plastische Grenze praktisch linear** verläuft.

Die plastische Verformung wird im freien belasteten Gewinde des Schraubbolzens eintreten. Die vorgespannte stahlbautypische HV-Verschraubung (DIN 6914ff) ist so ausgelegt, dass bei Überlastung der Verbindung bei der Montage das Gewinde abstreifen würde.

Reibzahl unabhängige Schraubverfahren sind:

Überelastische Vorspannverfahren wie:



c) **Kombinierte Verfahren**

In der Weiterentwicklung der DIN 18000-7 wurde auch das sogenannte „Kombinierte Verfahren“ mit aufgenommen.

Der Montageablauf ist **analog zum Drehmoment-Drehwinkelverfahren.**

Das VORANZIEHMOMENT ist allerdings deutlich höher !

Dadurch soll auch unter ungünstigsten Bedingungen nach Aufbringen des Anziehungsmomentes eine **vollflächige Anlage der zu fügenden Bauteile erreicht werden.**

Ab dann sind die **Steifigkeitsverhältnisse** in der Verbindung **deutlich definierter**, und es beginnt **die Zählung eines Weiterdrehwinkels.**

Dieser ist kleiner als beim Drehmoment-Drehwinkelverfahren, **erzeugt** aber wegen des besser definierten Startpunktes der Drehwinkelzählung **eine Vorspannung deutlich über der Regel-Vorspannkraft.**

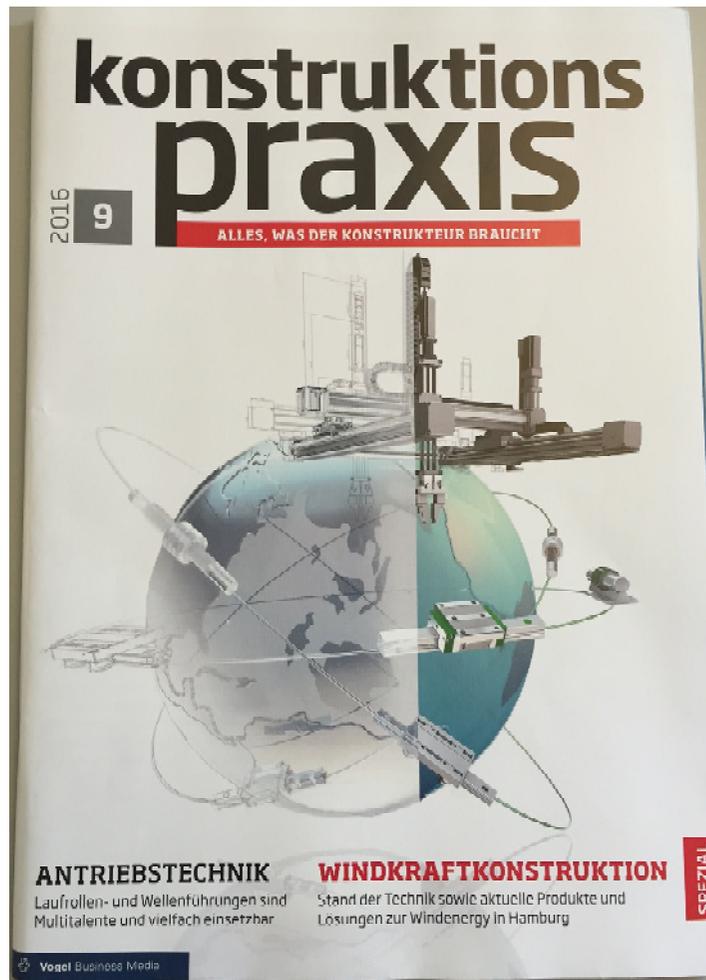
Literatur und Quellenverzeichnis:



- [1] VDI/VDE 2862 Blatt 2 Mindestanforderungen zum Einsatz von Schraubsystemen und –werkzeugen / Anwendungen im Anlagen- und Maschinenbau sowie für Flanschverbindungen an drucktragenden Bauteilen, Düsseldorf, Beuth-Verlag 2014-09

- [2] VDI/VDE 2645-Blatt 2 Fähigkeitsuntersuchung von Maschinen der Schraubtechnik, Maschinenfähigkeitsuntersuchung - MFU, Düsseldorf, Beuth-Verlag 2014
- [3] VDI/VDE 2645-Blatt 3 Vorentwurf
- [4] VDI 2230-Blatt 1 Systematische Berechnung hochbeanspruchter Schraubenverbindungen, Düsseldorf, Beuth-Verlag 2003
- [5] Isele, D. et al, Verhalten von Lackschichten in Schraubenverb., Schraubmontage 2014, VDI-Berichte Nr. 2219, 2014, S. 17-18
- [6] Holger Junkers, nicht veröffentlichte Schulungsunterlagen zum Smarttorc System, München, 2014, JUKO Technik
- [7] VDI/VDE 2648 Blatt 2 Sensoren und Messsysteme für Drehwinkelmessung / Anweisung für die rückführbare Kalibrierung / Direkt messende Drehwinkelsysteme, Düsseldorf, Beuth-Verlag Oktober 2000
- [8] Stahlbaukalender 2002 Dr. Uwe Hasselmann / Günther Valtinat

Die Zusammenfassung des Vortrages finden Sie unter anderem in der 09/2016-Print-Ausgabe „konstruktions-praxis“ Rückseite „offener Brief“



Anzeige

HYTORC®
BARBARINO & KILP GMBH
info@hytorc.de
www.hytorc.de

Offener Brief

Kosten senken im Handumdrehen durch fehlerfreies Verschrauben

Liebe Freunde aus der Windkraft,

Jede einzelne fehlerhaft verschraubte Schraubverbindung bremst das Potential eines Versagens der Verbindung und somit von hohen Folgekosten. Oftmals liest der Fehler aber gar nicht beim Schraubmonteur selbst, sondern an Ursachen, die in der Produktion oder im Feld nicht bemerkt oder beeinflusst werden können.

Fehlerursachen können eine zu geringe Festigkeit der Mutter oder der Schraube sein (Schraubenqualität) sowie ein zu großes Gewindespiel oder eine zu geringe Reibungszahl an der Mutter-Gewinde-Grenzfläche. Problematisch ist auch ein falsch berechnetes Drehmoment aufgrund unrichtiger Annahme von Parametern wie dem Reibbeiwert. Aber auch beeinträchtigte Anwendungen – insbesondere das Abstützen außerhalb der Schraubverbindung – erschweren das Verschrauben sowie Reibfehler wie eine falsche Parametrierung.

Maßnahmen zum fehlerfreien Verschrauben ab M16:

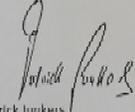
1 – Verschrauben ohne Abstützen und ohne Gegenhalteschlüssel:
Durch Einsatz von Verbindungselementen wie Unterlegscheiben mit Außenabstützprofil ist kostengünstiges, arbeitssicheres, reibwertoptimiertes und einfaches Verschrauben ohne Reaktionsarm und Gegenhalteschlüssel machbar. Dieses Verfahren schont Ihre Anlagen und Verschraubungswerkzeuge.

2 – Das Drehmoment steuern und zeitgleich den Streckgrenzpunkt ($p_{0.2}$) betrachten:
Beim mobilen, hydraulischen Montage- und Analyseverfahren „Drehmoment gesteuert, Streckgrenzen überwacht (DG5)“ ist das gewünschte Drehmoment das Abschließkriterium für eine einwandfreie Verschraubung. Allerdings wird während des Anziehvorgangs zeitgleich der Verlauf der Streckgrenze überwacht und dokumentiert. Sollte die Schraubverbindung wegen einer der oben genannten Fehlerursachen doch in die Streckgrenze kommen, erkennt dies das Verschraubungssystem, schaltet ab und warnt den Anwender. **Der Anwender weiß also von vornherein, was er tut, bevor es zu spät ist.** Dieses Verfahren kann gut bei bereits bestehenden Anlagen verwendet werden. Alle Mindestanforderungen nach VDI/VDE 2262-2 und mehr werden auch im Sinne von Industrie 4.0 erfüllt.

3 – Gewichtsersparnis und minimierter Wartungsaufwand der Schraubverbindung:
Das mobile hydraulische Montage- und Analyseverfahren „Streckgrenzen gesteuert (SGA)“ löst Normschrauben von vornherein maximal aus. Das Verfahren erreicht nicht nur ein deutlich höheres Vorspannkraftniveau und die volle Kontrolle über Schraubenqualität. Darüber hinaus dürfen dank SGA die Schrauben mit einem Anzugsfaktor $\alpha_A = 1,0$ dimensioniert werden. Dadurch können Schraubverbindungen kleiner gewählt sowie deren Anzahl und Durchmesser reduziert werden. Komponenten lassen sich somit insgesamt kleiner, schlanker und leichter konstruieren und kostengünstiger herstellen. Im Zusammenspiel mit einer fachgerechten Auslegung der Verbindungselemente ist der Weg zur wartungsfreien Schraubverbindung möglich.

Wir freuen uns auf Ihren Besuch auf der WindEnergy Hamburg vom 27. bis 30.09.2016 in Halle B7, Stand 232!

Für heute verbleibe ich in aller Verbundenheit

Ihr

Patrick Junkers
Geschäftsführer Barbarino & Kilp GmbH | Bereich HYTORC

Deepwater Horizon

ab
24.11.2016

in den
deutschen
Kinos

(siehe Trailer)



HYTORC[®]
BARBARINO & KILP GMBH



Die **Deepwater Horizon** war eine Bohrplattform für die Erdölexploration im Golf von Mexiko. Die Firma Transocean stellte sie 2001 in Dienst und betrieb sie im Auftrag des Leasingnehmers BP, um damit Ölbohrungen in rund 1.500 Meter tiefen Gewässern durchzuführen.

Am 20. April 2010 kam es infolge verschiedener schwerer Versäumnisse zu einem Blowout, bei dem die Plattform in Brand geriet und infolgedessen zwei Tage später unterging. Elf Arbeiter kamen ums Leben.

Das ausströmende Öl führte zur Ölpest im Golf von Mexiko, der schwersten Umweltkatastrophe dieser Art in der Geschichte. Seit dem 16. Juli 2010 ist der Ölausfluss mit einem temporären Verschluss gestoppt.

Am 19. September 2010 erklärte Thad Allen, Sonderbeauftragter der US-Regierung, die Quelle offiziell für „tot“.

Im November 2012 akzeptierte BP die vom US-Justizministerium infolge der Ölpest auferlegte Strafe von 4,5 Mrd. US-Dollar, die höchste jemals verhängte Strafe für ein Umweltdelikt.

Zusätzlich hat BP für die Bewältigung der Folgekosten der Ölpest 38,1 Mrd. Dollar Rücklagen gebildet (Stand November 2012), 14 Mrd. Dollar wurden bereits ausgezahlt. (Quelle: Wikipedia)

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

www.hytorc.de www.devotec.de www.vt-forum.de

HYTORC-Barbarino & Kilp GmbH sowie devotec GmbH

Justus-von-Liebig-Ring 17

D-82152 Krailling / Nähe München

Tel: +49 – (0)89 – 23 09 99-0

Fax: +49 – (0)89 – 23 09 99-14

eMail: info@hytorc.de



**ZERTIFIKAT
BEST OF 2015**

Die Huber Verlag für Neue Medien GmbH prämiiert mit dem INDUSTRIEPREIS Unternehmen mit hohem wirtschaftlichem, gesellschaftlichem, technologischem und ökologischem Nutzen. Die Experten-Jury zeichnet mit dem Prädikat BEST OF 2015 aus:

FIRMA
HYTORC - Barbarino & Kilp GmbH

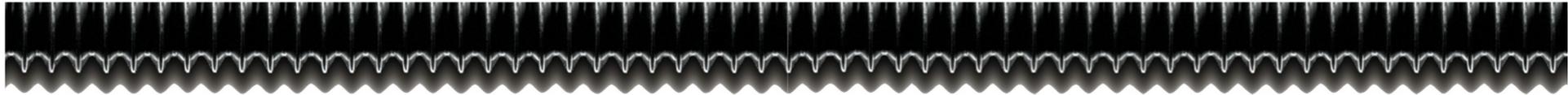
PRODUKT
**Intelligentes mobiles Verschrauben ohne
Reaktionsarm im Sinne von Industrie 4.0**

Das ausgezeichnete Unternehmen hat die Jury besonders überzeugt und gehört damit zur Spitzengruppe der eingereichten Bewerbungen. Eine hochkarätige Expertenjury aus insgesamt 30 Professoren und Fachjournalisten bilden den erlesenen Kreis der Preisrichter – diese Größe und Konstellation sorgt für eine objektive Bewertung und macht den Preis in der Industriebanche so einzigartig.

Katzenhau, im April 2015

B. Heider
Beate Heider
Geschäftsführung

R. Kölmel
Rainer Kölmel
Geschäftsführung



HYTORC[®]
BARBARINO & KILP GMBH