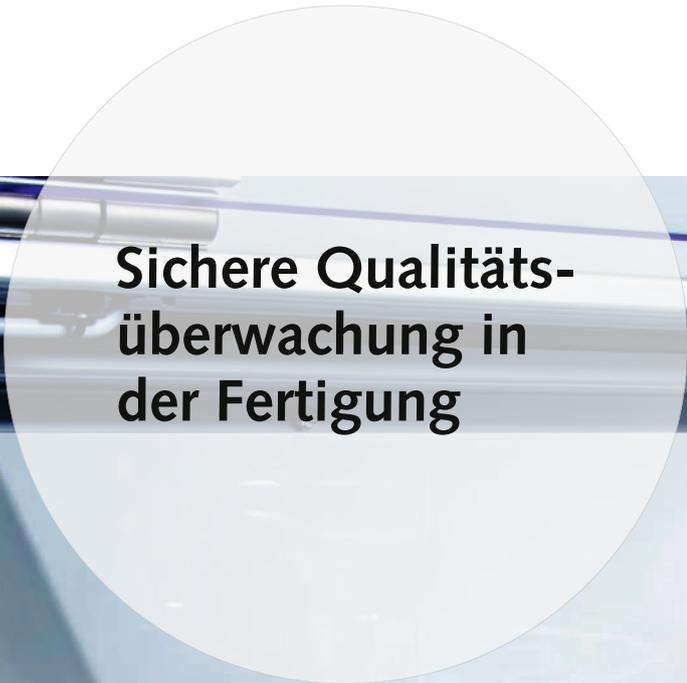
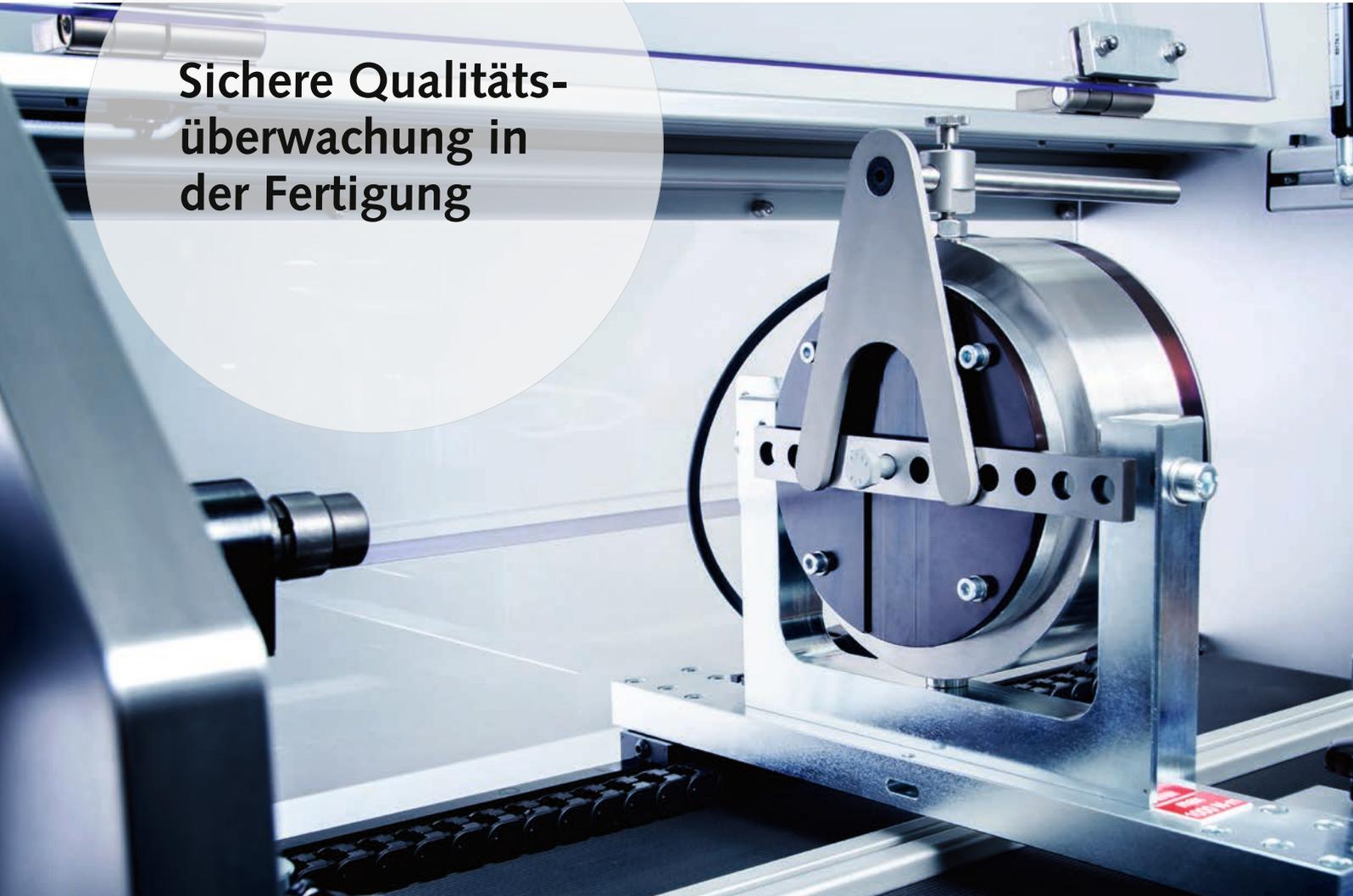


**KISTLER**

measure. analyze. innovate.



**Sichere Qualitäts-  
überwachung in  
der Fertigung**



## **Schraubverbindungen**

Qualitätsüberwachung an lösbaren Verbindungselementen



### Absolute Aufmerksamkeit für die Welt von morgen

Kistler entwickelt messtechnische Lösungen, bestehend aus Sensoren, Elektronik, Systemen und Services. Im physikalischen Grenzbereich von Emissionsreduktion, Qualitätskontrolle, Mobilität und Fahrzeugsicherheit erbringen wir Spitzenleistungen für eine zukunftsfähige Welt und schaffen ideale Voraussetzungen für Industrie 4.0. So ermöglichen wir Innovation und Wachstum – für und mit unseren Kunden.



Kistler steht für Fortschritte in der Motorenüberwachung, Fahrzeugsicherheit und Fahrdynamik und liefert wertvolle Daten für die Entwicklung der effizienten Fahrzeuge von morgen.



Kistler Messtechnik sorgt für Höchstleistungen in Sportdiagnostik, Verkehrsdatenerfassung, Zerspankraftanalyse und anderen Anwendungen, wo unter Extrembedingungen absolute Messsicherheit gefragt ist.



Kistler Systeme unterstützen sämtliche Schritte einer vernetzten, digitalisierten Produktion und sorgen für maximale Prozesseffizienz und Wirtschaftlichkeit in den Smart Factories der nächsten Generation.

# Inhalt

## **Einleitung**

|   |    |
|---|----|
| Unternehmenserfolg im Fokus   | 4  |
| Verbindungselemente systematisch prüfen                               | 6  |
| Sichere Verbindung als Qualitätsgarant                                | 8  |
| Theoretisches Rechenbeispiel:<br>Einflüsse auf eine Schraubverbindung | 10 |

## **Systemaufbau**

|  |    |
|--|----|
| Mess- und Steuertechnik, Antriebe und<br>mechanische Komponenten | 12 |
|--|----|

## **ANALYSE Systeme**

|   |    |
|---|----|
| Leichter Prüflingszugang in horizontalen ANALYSE Systemen                                 | 14 |
| Vertikale Systeme für kleine Gewindeabmessungen und<br>Prüfungen in vertikaler Einbaulage | 16 |
| Handhabungssysteme für perfektes Messen unter<br>anspruchsvollen Bedingungen              | 18 |
| Vibrationsprüfstände simulieren realitätsnahe Belastungen                                 | 20 |
| Portable Systeme für flexiblen Einsatz  | 21 |
| Systeme für besondere Anforderungen   | 22 |

## **Software**

|   |    |
|---|----|
| Steuerung und Auswertung mit der Software testXpert | 24 |
|---|----|

## **Service**

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| Prüfungen direkt beim Spezialisten    | 26 |
| Weltweit im Einsatz für unsere Kunden | 27 |



## Unternehmenserfolg im Fokus

Leistungsfähige ANALYSE Systeme für Verbindungselemente wie Schraubverbindungen werden eingesetzt, um deren Funktionseigenschaften wie die Reibungszahlen zu überwachen. Ein weiteres wichtiges Einsatzgebiet ist die Analyse des Einschraubverhaltens. Damit dienen sie der Optimierung des gesamten Verschraubungsprozesses und bilden eine wichtige Basiskomponente für einen nachhaltigen Return on Investment (ROI).

Die Messtechnikexperten von Kistler arbeiten permanent an der Optimierung der Verschraubungsprozesse. Immer im Fokus: Ihr wirtschaftlicher Erfolg. Unsere Prüfsysteme helfen Ihnen dabei, die Prozesssicherheit in Ihrem Betrieb konsequent zu erhöhen, den Überwachungseinsatz zu verbessern und Ihre Prüf- und Korrekturaufwände auf ein Minimum zu reduzieren. So können Sie Ihre Produktivität und Qualität nachhaltig erhöhen.

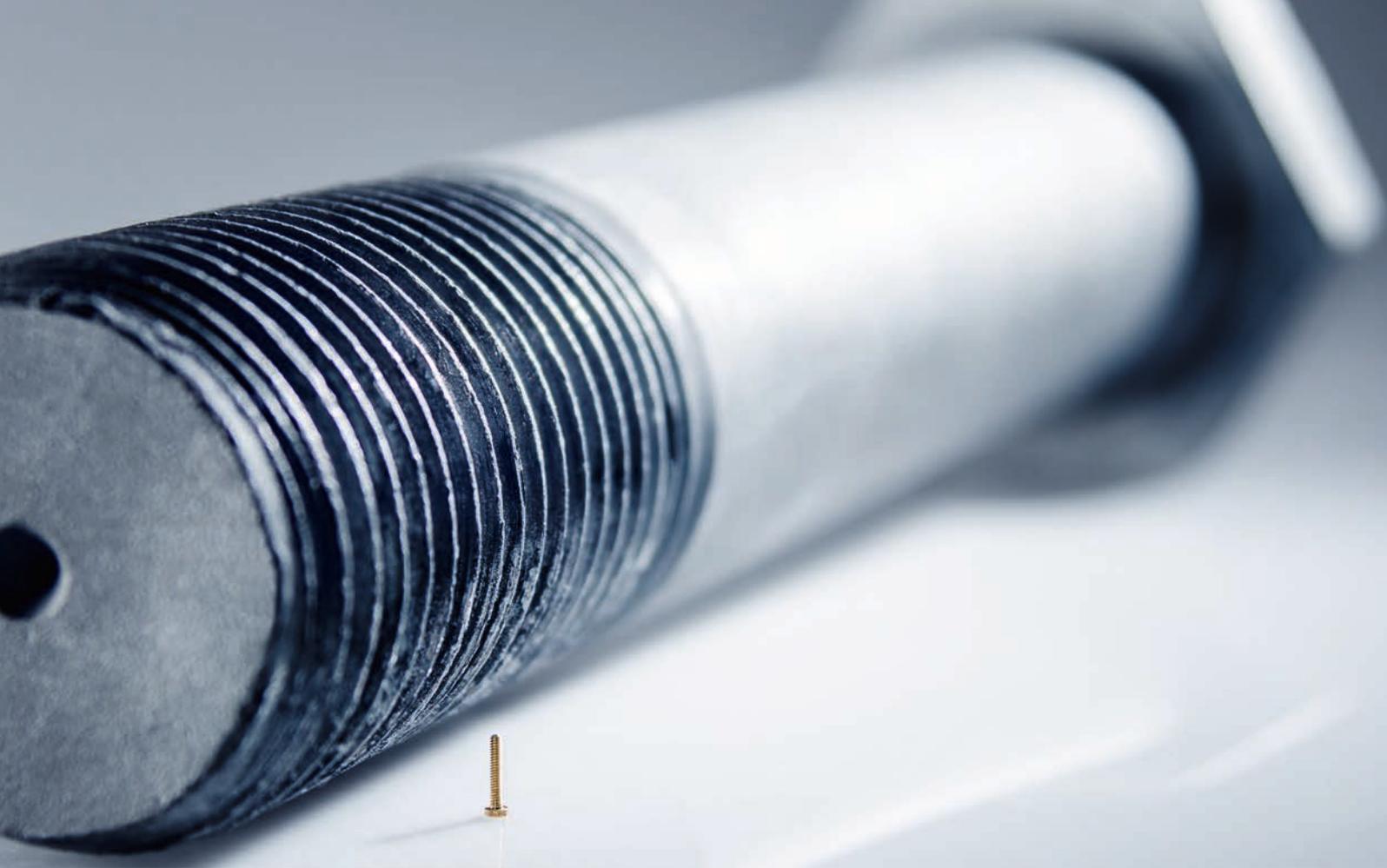
### Vorteile von ANALYSE Systemen

- Senkung der Qualitätskosten
- Optimierung der Verbindungselemente
- Erhöhung der Prozesseffizienz beim Verschrauben
- Dokumentation
- Absicherung gegen Produkthaftungsfälle
- Reproduzierbare Prüfverfahren
- Rückführbare Ergebnisse
- Normenkonformität



**Laborsysteme von Kistler sind weltweit im Einsatz bei namhaften Kunden in vielen Bereichen, zum Beispiel:**

- Automobilindustrie
- Luft- und Raumfahrt
- Nutzfahrzeughersteller
- Zulieferindustrie
- Beschichtungssystemhersteller
- Oberflächenbeschichter
- Schrauben- und Mutternhersteller
- Forschungs- und Lehranstalten
- Prüfdienstleister
- Stahlbau



## Verbindungselemente systematisch prüfen

### **Entscheidender Qualitätsfaktor ist die Reibungszahl**

Um im Fertigungsprozess die gewünschte Verschraubungsqualität zu erreichen, müssen die Reibungszahlen der Oberflächen der Verschraubungspartner zueinander geprüft, überwacht und dokumentiert werden.

### **Komplette Qualitätssicherung auf ganzer Linie**

ANALYSE Systeme von Kistler sind komplette Prüfsysteme, mit denen sich die Funktionseigenschaften einzelner Verschraubungspartner oder kompletter Baugruppen ermitteln lassen. Die Systeme decken den gesamten Anforderungsbereich unterschiedlicher Funktionsprüfungen ab: von der Messung und Steuerung des Verschraubungsprozesses bis hin zur umfassenden Dokumentation der Prozessparameter und Ergebnisse. Mit der lückenlosen Prüfung und Dokumentation wird nicht nur der Qualitätsnachweis der Schraubverbindung erbracht, auch Toleranzgrenzen können damit gezielt überwacht und Prozessabweichungen frühzeitig erkannt werden.



### Normkonformität als Qualitätsmerkmal

Die Anforderungen an Funktionsprüfungen von Verbindungselementen sind in unterschiedlichen internationalen und kundenspezifischen Normen geregelt, die sich stetig ändern. Die Prüfsysteme von Kistler sind hochflexibel und passen sich den neuesten Anforderungen immer wieder an, um dem jeweiligen aktuellen Stand der Technik zu entsprechen. Ihre Softwarestruktur ist für regelmäßige Updates konzipiert. Der modulare Aufbau der ANALYSE Systeme erlaubt dem Anwender, geänderte Hardwareanforderungen sofort umzusetzen.



### Kistler ANALYSE System im Video

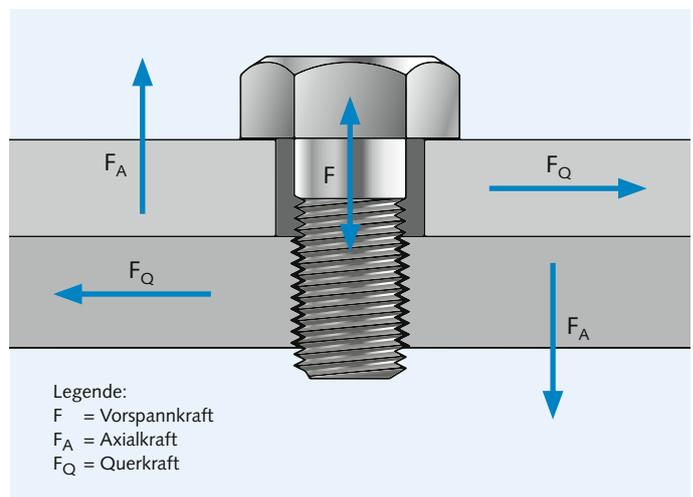
Das kurze Produktvideo erläutert die Möglichkeiten und Komponenten des Systems. Der sichere Weg zu 100 Prozent Qualität in Ihrer Qualitätssicherung:  
[www.kistler.com/fastening-technology](http://www.kistler.com/fastening-technology)

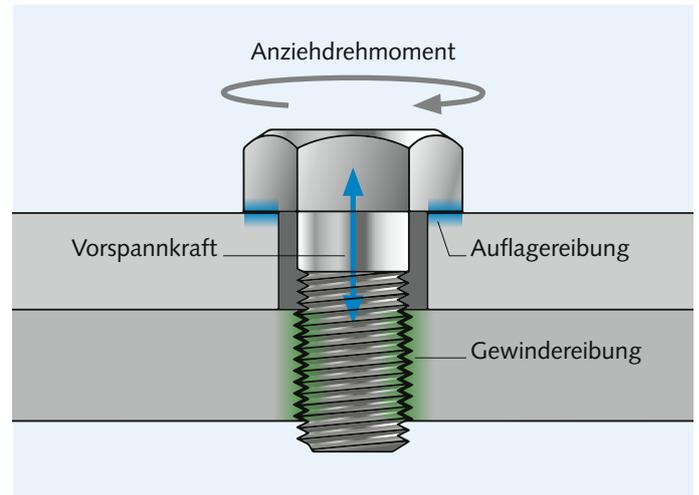
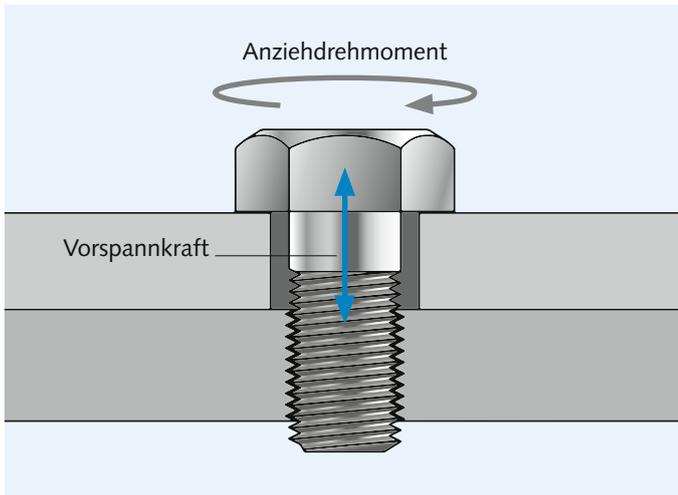


## Sichere Verbindung als Qualitätsgarant

Die Schraubverbindung ist in der Montagetechnik nach wie vor eine der wichtigsten Verbindungsarten. Sie verbindet mehrere Komponenten oder Bauteile sicher miteinander, bis die Verbindung zielgerichtet gelöst wird. Damit ist die Schraubverbindung unter allen Verbindungsmethoden die einzige, die ohne Zerstörung lösbar und im Regelfall wiederverwendbar ist.

Die dauerhafte Verbindung mehrerer Bauteile muss sich durch die aufgebrachte Klemm- oder Vorspannkraft zwischen den Komponenten – auch unter Aufbringung externer Belastungen – wie ein Gesamtbauteil verhalten. Ein Abheben der Trennfuge durch den Verlust des Reibschlusses darf nicht erfolgen, da sich die Verbindung sonst löst. Auch die Maximalvorspannkraft darf nicht überschritten werden, da es sonst zu einer Überlastung und zum Versagen der Verbindung kommen kann. Zusätzlich ist durch geeignete Methoden ein Prozessfähigkeitsnachweis möglich, zum Beispiel durch Weiterdrehen.





### Montage einer Schraubverbindung

Das Ziel bei der Montage einer Schraubverbindung ist eine möglichst exakte und reproduzierbare Vorspannkraft in der Schraubverbindung. Da die Vorspannkraft während der Montage nur mit sehr hohem Aufwand unmittelbar gemessen werden kann, wird nach dem heutigen Stand der Technik das Anziehdrehmoment als Hilfsgröße eingesetzt, erfasst und zur Prozessabsicherung statistisch ausgewertet. Aus den Streuungen des erreichten Anziehdrehmomentes ergeben sich zwangsläufig Streuungen der resultierenden Vorspannkraft.

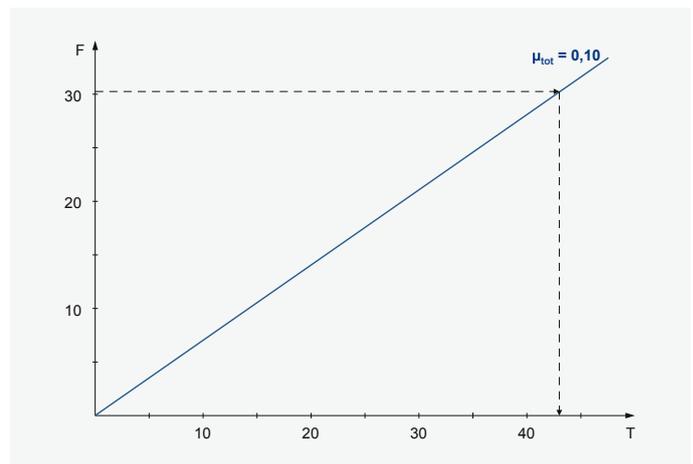
### Einfluss des Verbindungselementes und der Komponenten

Die Beziehung zwischen Anziehdrehmoment und Vorspannkraft hängt wesentlich von der Geometrie des Verbindungselementes und den Reibigenschaften der Oberflächen der Verschraubungspartner ab, den sogenannten Reibungszahlen. Ein großer Teil der beim Verschrauben aufgebrauchten Energie wird in Reibung im Gewinde und an der Auflage zwischen den Verbindungspartnern umgewandelt. Je nach Oberflächeneigenschaft des Verbindungselementes und der Komponenten ändern sich die Reibigenschaften mit direktem Einfluss auf die resultierende Vorspannkraft.

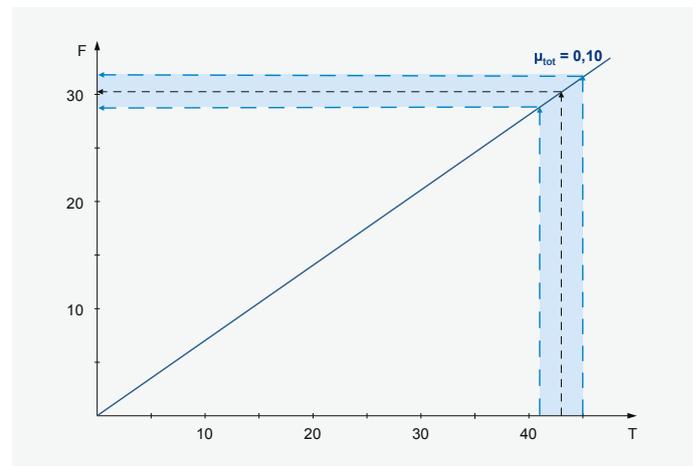


## Theoretisches Rechenbeispiel: Einflüsse auf eine Schraubverbindung

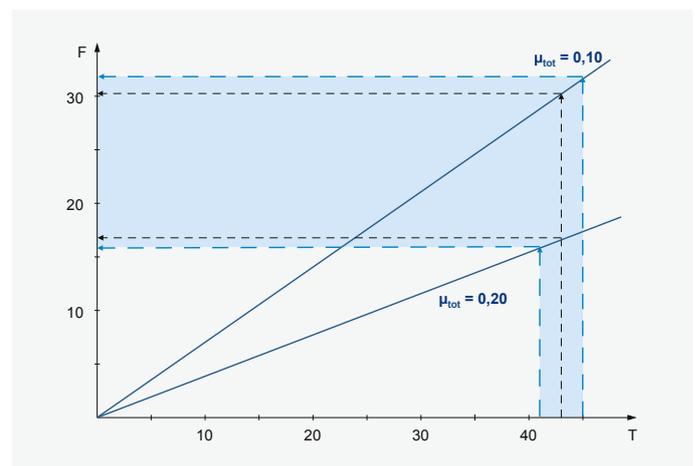
Im Rechenbeispiel wird zur Vereinfachung eine Schraubverbindung mit konstanter Gesamt-, Gewinde- und Auflage-reibungszahl auf circa 30 kN vorgespannt, um damit etwa 90 % der Prüfkraft der Schraube auszunutzen. Setzt man für die Berechnung des benötigten Anziehdrehmoments nun eine Reibungszahl von  $\mu = 0,10$  an, würde für das Verschrauben auf die gewünschte Vorspannkraft ein Anziehdrehmoment von circa 44 Nm benötigt werden.



**Zusätzlicher Einfluss von Drehmomenttoleranzen** beim Verschrauben der Schraubverbindung von circa  $\pm 5\%$  (Beispiel eines elektronisch gesteuerten Schraubsystems) würde durch die Drehmomenttoleranzen eine Vorspannkraft im Bereich von circa 29 kN bis circa 32 kN ergeben. Das entspricht einer Streuung von etwa 3 kN.



**Die Streuung der Reibungszahlen** der Verbindungselemente und Komponenten kommt nun noch hinzu, um die Realität abzubilden. Bei einem angenommenen Reibungszahlfenster von  $\mu = 0,10$  bis  $\mu = 0,20$  würde durch die Toleranzen eine Vorspannkraft im Bereich von circa 16 kN bis circa 32 kN resultieren, was einer Streuung von etwa 16 kN entspricht. Mit dieser Streuung ist bei der hohen Reibungszahl von  $\mu = 0,20$  nur noch circa 53 % der ursprünglich gewünschten Vorspannkraft vorhanden und die festgelegte Mindestvorspannkraft in der Schraubverbindung kann gegebenenfalls nicht mehr sichergestellt werden.



# Mess- und Steuertechnik, Antriebe und mechanische Komponenten

## Prüflingsadaption

Je nach Prüfanforderung können verschiedene Verbindungselemente auf dem eingesetzten ANALYSE System geprüft und adaptiert werden.

Für normkonforme und vergleichbare Prüfungen müssen darüber hinaus die benötigten Referenzteile oder die anwendungsspezifischen Teile mit ihren festgelegten Eigenschaften verwendet und ebenfalls adaptiert werden. Neben einer Verdreh-sicherung muss sichergestellt sein, dass die mechanischen Adaptionen keinen Einfluss durch Verformung auf die Messergebnisse ausüben.

Die eingesetzten mechanischen Adaptionen werden durch computerunterstützte Auslegung genau auf den jeweiligen kundenspezifischen Anwendungsfall hin ausgelegt.

## Sensoren

Exakte und reproduzierbare Messwerte erfordern zuverlässige und präzise messende Sensoren für den jeweiligen Einsatzfall.

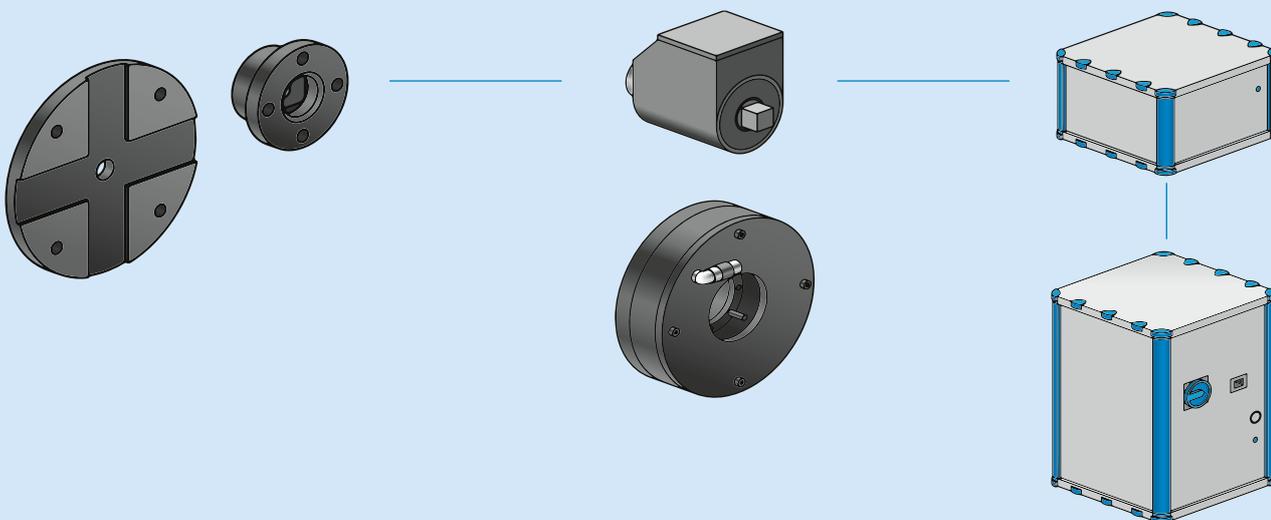
In unserer Entwicklungsabteilung, einer eigenen Sensorfertigung und einem akkreditierten DAkkS-Kalibrierlabor entwickeln, produzieren und kalibrieren wir hochsensible Sensoren in sichergestellter, rückführbarer Qualität. Unser Leistungsspektrum umfasst Drehmoment-, Drehmoment-/Drehwinkel-, Vorspannkraft- sowie Vorspannkraft-/Gewindemomentsensoren unterschiedlicher Baugrößen und -arten.

Bei den Systemen von Kistler wird der Drehwinkel mit dem Drehmoment-/Drehwinkelsensor direkt am Prüfling anstatt über das Resolver-system der Antriebseinheit gemessen. Auf diese Weise verfälscht die Torsion der Antriebswelle den gemessenen Drehwinkel nicht.

## Mess- und Steuertechnik

Das Mess- und Steuergerät von Kistler ist ein hochintegriertes, präzises und modulares Mess- und Steuergerät zur Messung unterschiedlichster Messgrößen. Es erfasst alle Messwerte, verarbeitet diese weiter und übernimmt Steuerungsaufgaben. Die Mess- und Steuerungsaufgaben werden in Echtzeit erledigt und die Messverläufe in Quasi-Echtzeit grafisch über die Software testXpert dargestellt. Nach Prüfungsbeginn werden alle Mess- und Steueraufgaben vom Mess- und Steuergerät autark übernommen. Das PC-System mit der Mess- und Auswertesoftware dient der reinen visuellen Darstellung der Prüfung und wird für die Kalibrierung nicht benötigt.

Das Leistungs- und Regelgerät übernimmt die Ansteuerung der unterschiedlichen Antriebseinheiten in Kombination mit dem Mess- und Steuergerät.



### Antriebseinheiten

Die von Kistler verwendeten Servo-Getriebemotoren und -Antriebsspindeln werden durch das Leistungs- und Regelgerät gesteuert. Sie sind qualitativ hochwertig, wartungsfrei und besitzen einen hohen Wirkungsgrad sowie eine hohe Dynamik. Damit können sie komplexe Prüfanforderungen, die vom Kunden oder einer Norm vorgegeben sind, problemlos erfüllen.

Servo-Antriebsspindeln mit minimiertem Massenträgheitsmoment ermöglichen sehr schnelle Drehzahländerung mit minimalem Überlaufen des Zielwertes.

Eine direkte Anbindung spezifischer Produktionsspindeln an das System von Kistler ist durch eine Kooperation mit Herstellern von Servo-Schraubspindeln für den Einsatz in Produktionslinien möglich. Die Produktionsspindeln werden durch das Leistungs- und Regelgerät angesteuert und machen Prüfungen mit dem realen Einfluss der in der Produktion eingesetzten Schraubspindeln möglich.

### Mechanik

Die Grundmechanik des Prüfsystems zur Aufnahme der Sensoren und Prüflinge hat einen wesentlichen Einfluss auf die erzielten Ergebnisse.

Durch eine hohe Torsionssteifigkeit bei den Grundmechaniken wird ausgeschlossen, dass die erzielten Ergebnisse beeinflusst werden.

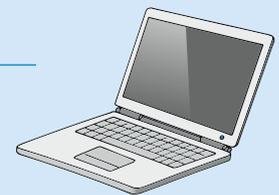
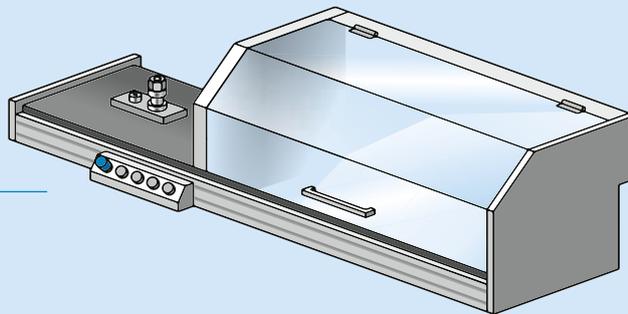
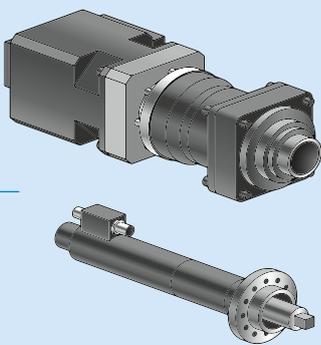
Die computergesteuerte Auslegung der Mechanik wird genauestens an die Kunden- und Normbedürfnisse angepasst. Dabei erfüllen die Systeme die Anforderungen an maximale Torsionssteifigkeit bei maximaler Funktion mit einem ansprechenden Design.

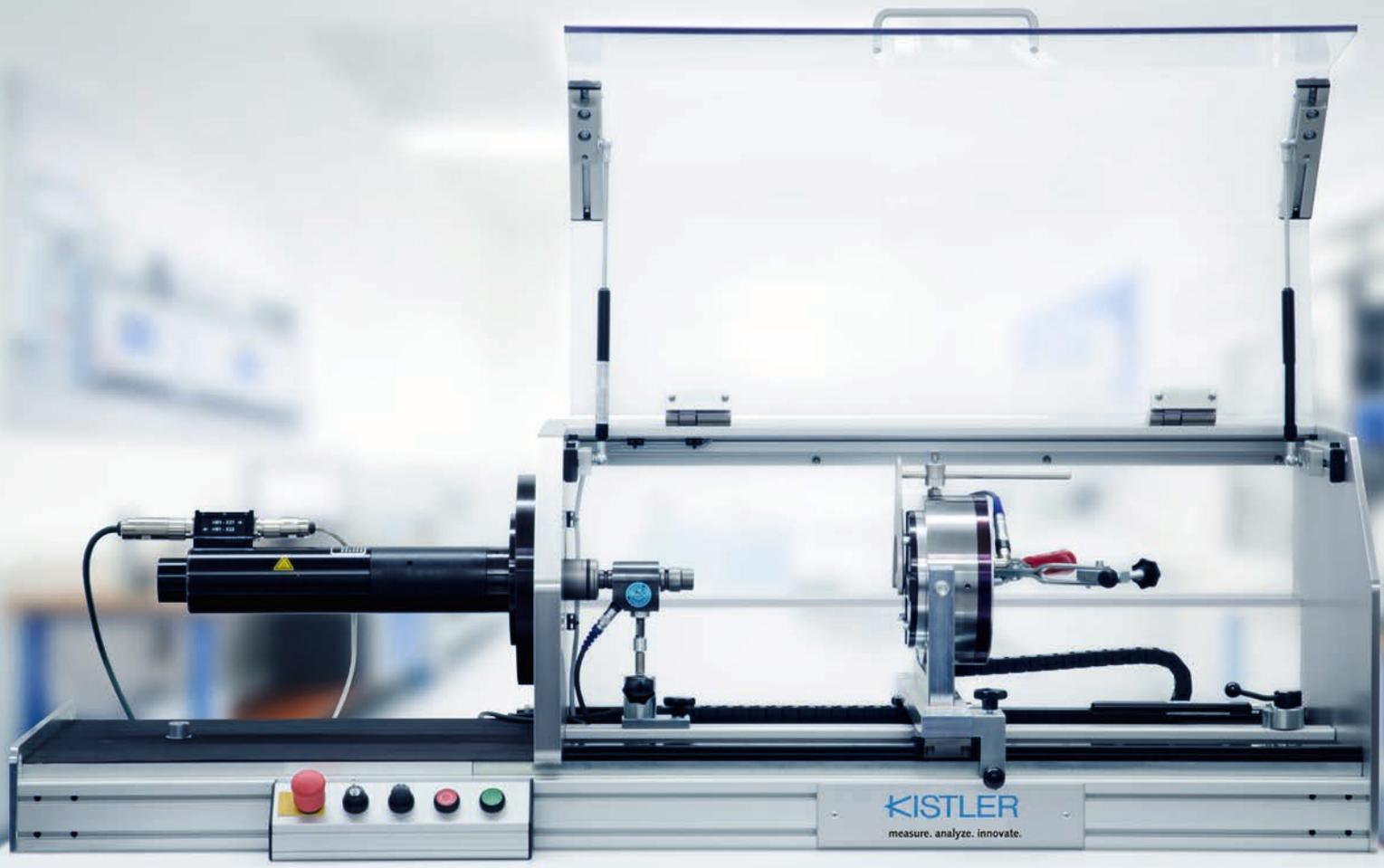
### Software

Die eingesetzte Bedien- und Auswertesoftware testXpert vereint in einer Softwareplattform alle für eine Prüfung nötigen Funktionen.

Sie bildet die gesamten Abläufe für die einzelnen Teilschritte ab: vom kundenspezifischen oder normenkonformen Anlegen des Prüfablaufs mit beliebig vielen Teilschritten bis hin zur Definition der Zielwerte und Drehzahlen für die Teilschritte und die Maschinensteuerung für die Prüfung selbst. Bis zur Auswertung der Ergebnisse mit entsprechenden Ergebnissen, Statistikparametern und komplexen grafischen Darstellungen ist alles in unserer Software vereint.

Auch der Datenexport und die Erstellung der Prüfprotokolle sind in der Software integriert, so dass die komplette Prüfung und Auswertung ohne aufwändiges Wechseln zwischen Softwareplattformen durchgeführt werden kann.





System bis 1 000 Nm.

## Leichter Prüflingszugang in horizontalen ANALYSE Systemen

### Anwendungsbereich

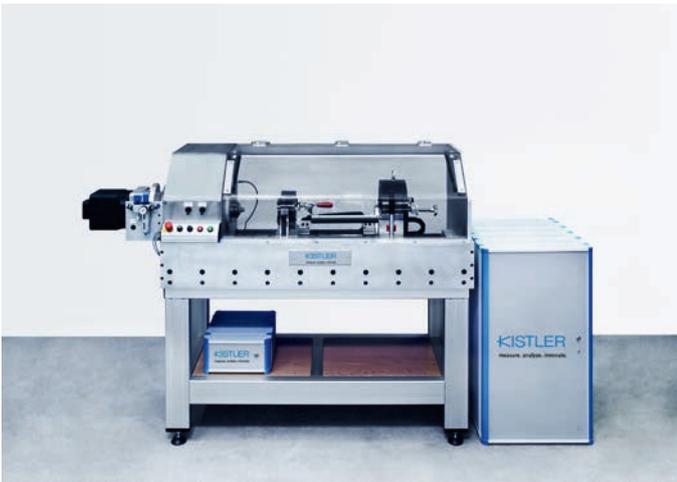
Das horizontale ANALYSE System von Kistler ermöglicht schnelle und präzise Prüfungen und Analysen von Verbindungselementen nach den Vorgaben internationaler oder kundenspezifischer Normen – vor allem in Hinblick auf die Ermittlung von Reibungszahlen.

### Systemaufbau

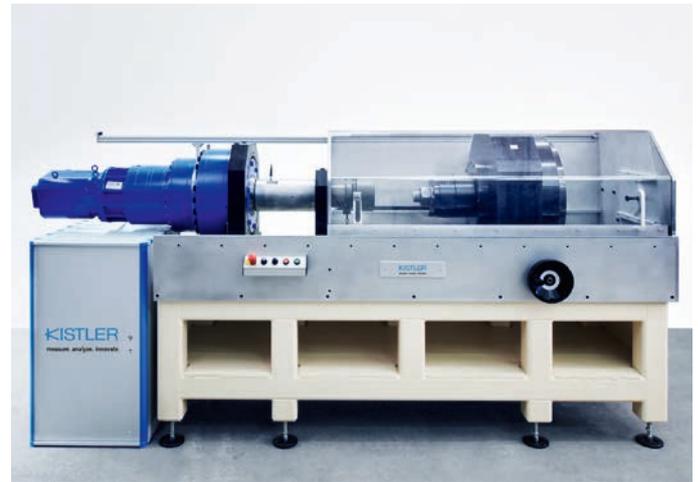
An die horizontale Grundmechanik sind eine oder zwei Antriebseinheiten montiert, die über einen Drehmoment-/Drehwinkelsensor das Anziehdrehmoment über ein entsprechendes Werkzeug in den Prüfling einbringen. Der Vorspannkraft-/Gewindemomentensensor ist auf einem verschieb- und fixierbaren Schlitten montiert und nimmt die Prüflingsadaptionen für die Prüflingsauflage und das Gegengewinde verdrehsicher in der für die Prüfung benötigten Gewindeabmessung auf. Durch die horizontale Anordnung der Prüf-



Sensor mit eingebautem Prüfling.



System bis 8 000 Nm.



System bis 40 000 Nm.

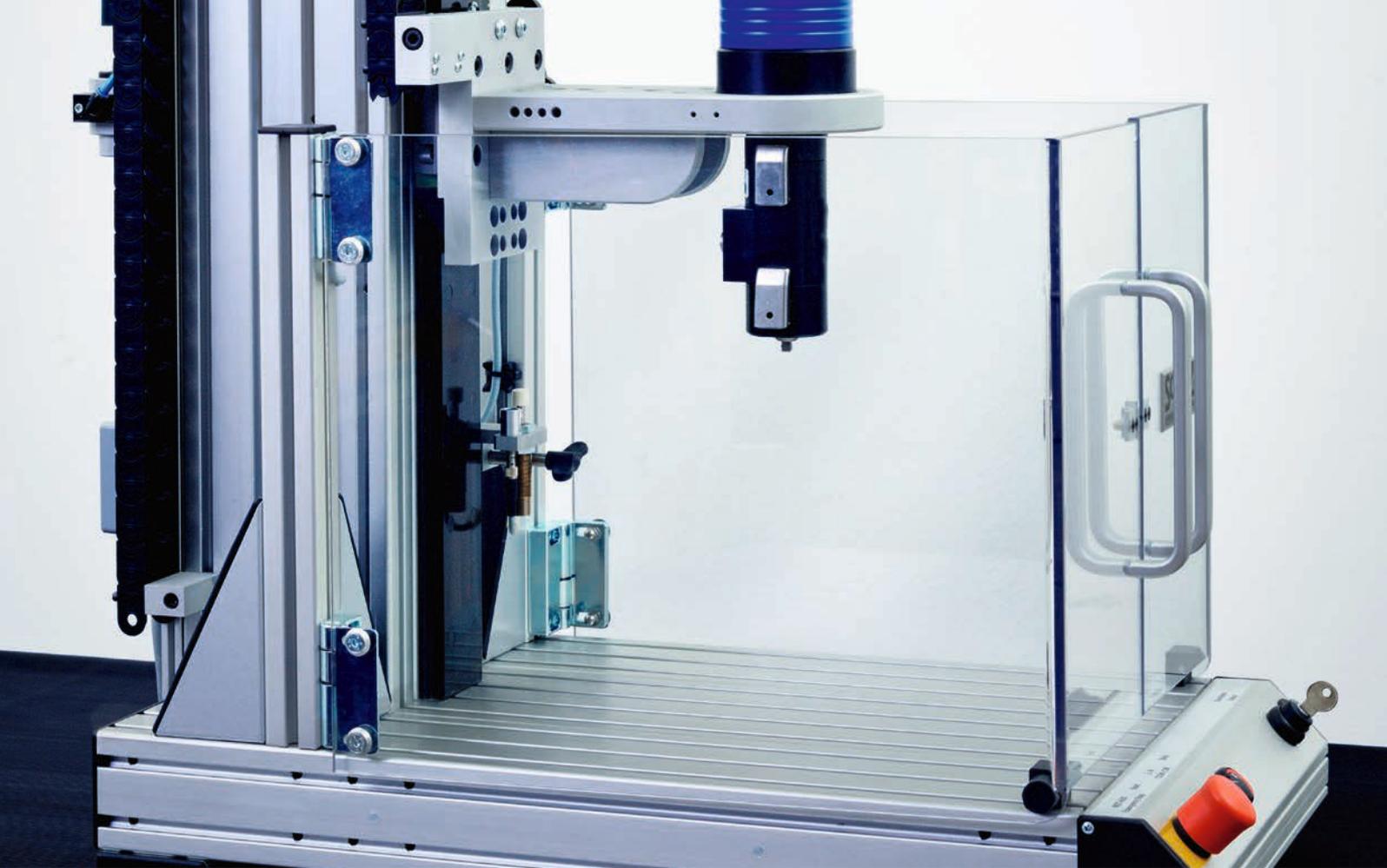
systemkomponenten wird ein leichter, barrierefreier Zugang zum Prüfling gewährleistet. Zur Prüfung von Muttern mit Klemmteil kann das System mit einem Gasdruckdämpfer versehen werden. Der Schlitten bewegt sich dann mit dem Sensor während der Prüfung mit und der Eingriff des Werkzeugs auf den Prüfling beim Auf- und Abdrehen ist jederzeit gewährleistet.

#### Eckdaten

- Standard-Drehmomentbereich bis 40 000 Nm
- Reibungszahlprüfungen im Standardbereich bis circa Gewindegröße M72
- Prüfung der Klemmwirkung von Muttern mit Klemmteil
- Horizontaler Aufbau und damit leichter, barrierefreier Zugang zum Prüfling

#### Optionen

- Zusätzliche Antriebseinheiten an einem System ermöglichen unterschiedliche Anforderungsprofile
- Erfassung der Andruckkraft
- Erfassung der Vorspannkraft über Ultraschall-Messsystem



System bis 200 Nm.

## Vertikale Systeme für kleine Gewindeabmessungen und Prüfungen in vertikaler Einbaulage

### Anwendungsbereich

ANALYSE Systeme mit vertikalem Aufbau werden häufig für die normenkonforme oder anwendungsspezifische Prüfung von kleinen Gewindeabmessungen oder Prüflingen eingesetzt, bei denen das Einschraubverhalten in bestimmte Materialien oder die Reibungszahl erfasst werden sollen.

### Systemaufbau

An der vertikalen Grundmechanik ist über eine leichtgängige Linearführung auf einem verschiebbaren Schlitten eine Antriebseinheit montiert, die über einen Click-Mechanismus den Drehmoment-/Drehwinkelsensor fixiert und gegen Verdrehen und Herunterfallen sichert. Der Sensor bringt das Anziehdrehmoment



System bis 50 Nm.



Einschraubprüfung.



Reibungszahlprüfung.

über ein entsprechendes Werkzeug in den Prüfling ein. Dabei wird der Schlitten mit der Antriebseinheit über einen Gewichtsausgleich im „Schwebezustand“ gehalten. Über einen Handhebel kann das System beim Verschrauben vertikal nachgeführt werden. Ein Nachführen des Schlittens und eine definierte Belastung des Prüflings in vertikaler Richtung lässt sich optional auch über Zusatzgewichte oder eine pneumatische Betätigung realisieren.

#### **Eckdaten**

- Standard-Drehmomentbereich bis 200 Nm
- Reibungszahlprüfungen im Standardbereich bis circa Gewindegöße M12
- Einschraubprüfungen von Holzschrauben, selbstformenden- und selbstschneidenden Schrauben
- Drehmomentprüfung von rotierenden Bauteilen

#### **Optionen**

- Erfassung des Einschraubweges
- Erfassung der Andruckkraft
- Zusatzgewichte für definierte Auflagekraft
- Pneumatische Betätigung



System bis 500 Nm.

# Handhabungssysteme für perfektes Messen unter anspruchsvollen Bedingungen

## Anwendungsbereich

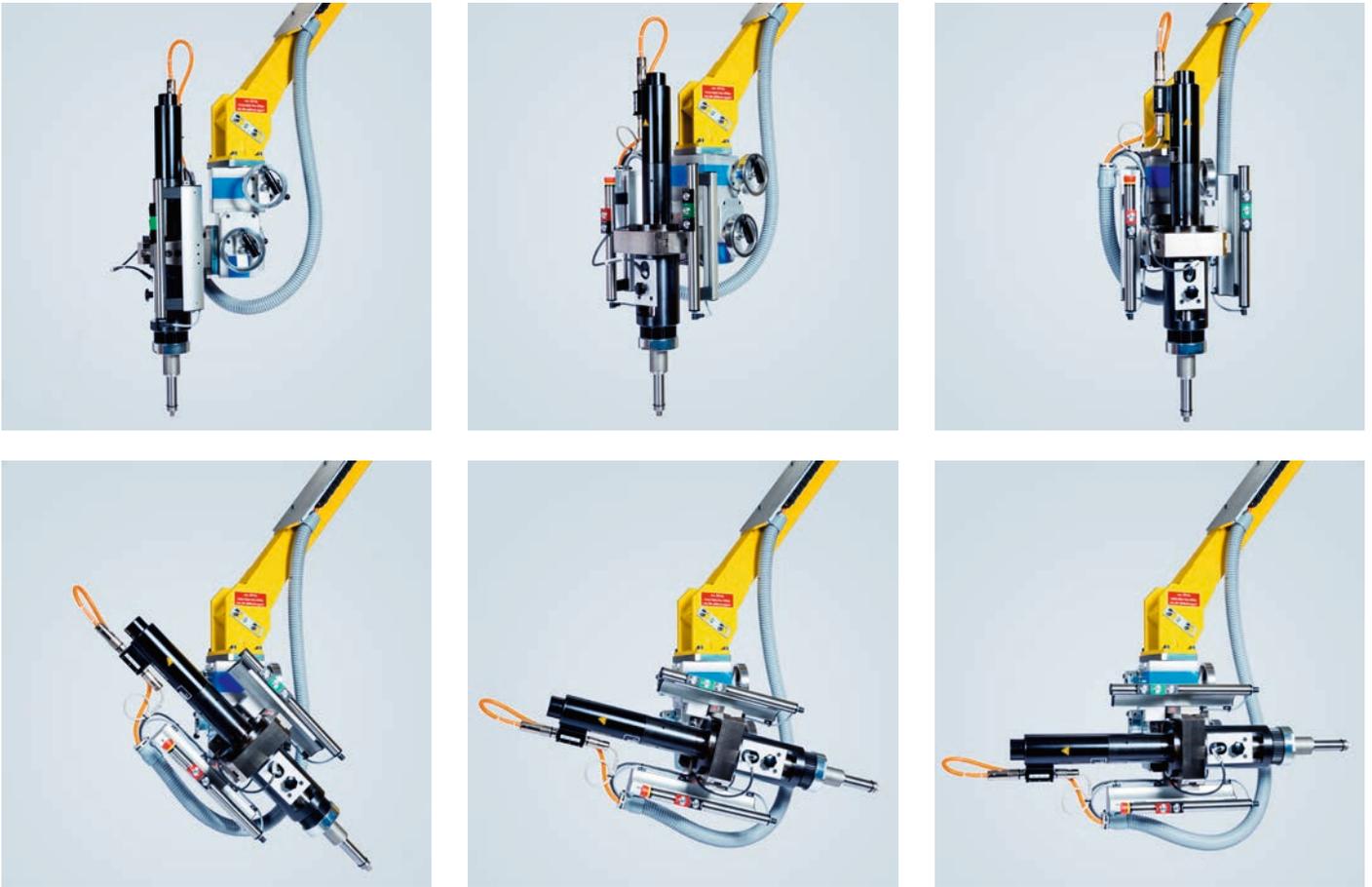
Die Handhabungssysteme von Kistler werden zur Prüfung von Schraubverbindungen eingesetzt, um den Prüfling direkt im realen Anwendungsfall zu analysieren.

## Systemaufbau

Gerade unter anspruchsvollen Einbaubedingungen an der Schraubstelle am zu prüfenden Bauteil, zum Beispiel im Fahrwerksbereich oder im Motorraum eines Fahrzeuges, dürfen die ermittelten Ergebnisse nicht verfälscht werden. Um dies sicherzustellen, ist ein System mit hoher Steifigkeit nötig, das gleichzeitig die gewünschte Flexibilität bietet. Dazu wird ein Handhabungssystem mit elekt-



Aufbau für Reibungszahlprüfung.



ropneumatisch fixierbaren Freiheitsgraden eingesetzt, an dem ein manuell verstell- und fixierbares Schwenkgetriebe mit einer Spindelwechsellvorrichtung montiert ist. Die Spindelwechsellvorrichtung erlaubt das Wechseln der Antriebseinheit je nach den Erfordernissen der Prüfung. An der Antriebseinheit wird über eine Sensorwechsellvorrichtung der Drehmoment-/Drehwinkelsensor adaptiert, der über ein entsprechendes Werkzeug das Anziehdrehmoment in den Prüfling einleitet.

#### **Eckdaten**

- Standard-Drehmomentbereich bis 1 000 Nm
- Prüfungen an Originalbauteilen
- Flexibler Aufbau und damit leichter, barrierefreier Zugang zum Prüfling
- Mehrere Antriebseinheiten an einem System durch Spindelwechsellvorrichtung möglich

#### **Optionen**

- Erfassung der Reibungszahl mit Zusatzadaption
- Anbindung an einen Vibrationsprüfstand



Stand-Alone-System mit Antriebseinheit.

## Vibrationsprüfstände simulieren realitätsnahe Belastungen

### Anwendungsbereich

Der Vibrationsprüfstand von Kistler simuliert den realitätsnahen Belastungsfall von Schraubverbindungen mit transversaler Wechsellast. Mit dem Prüfstand können Verbindungselemente mit von außen wirkenden transversalen Querbelastungen beaufschlagt werden.

### Systemaufbau

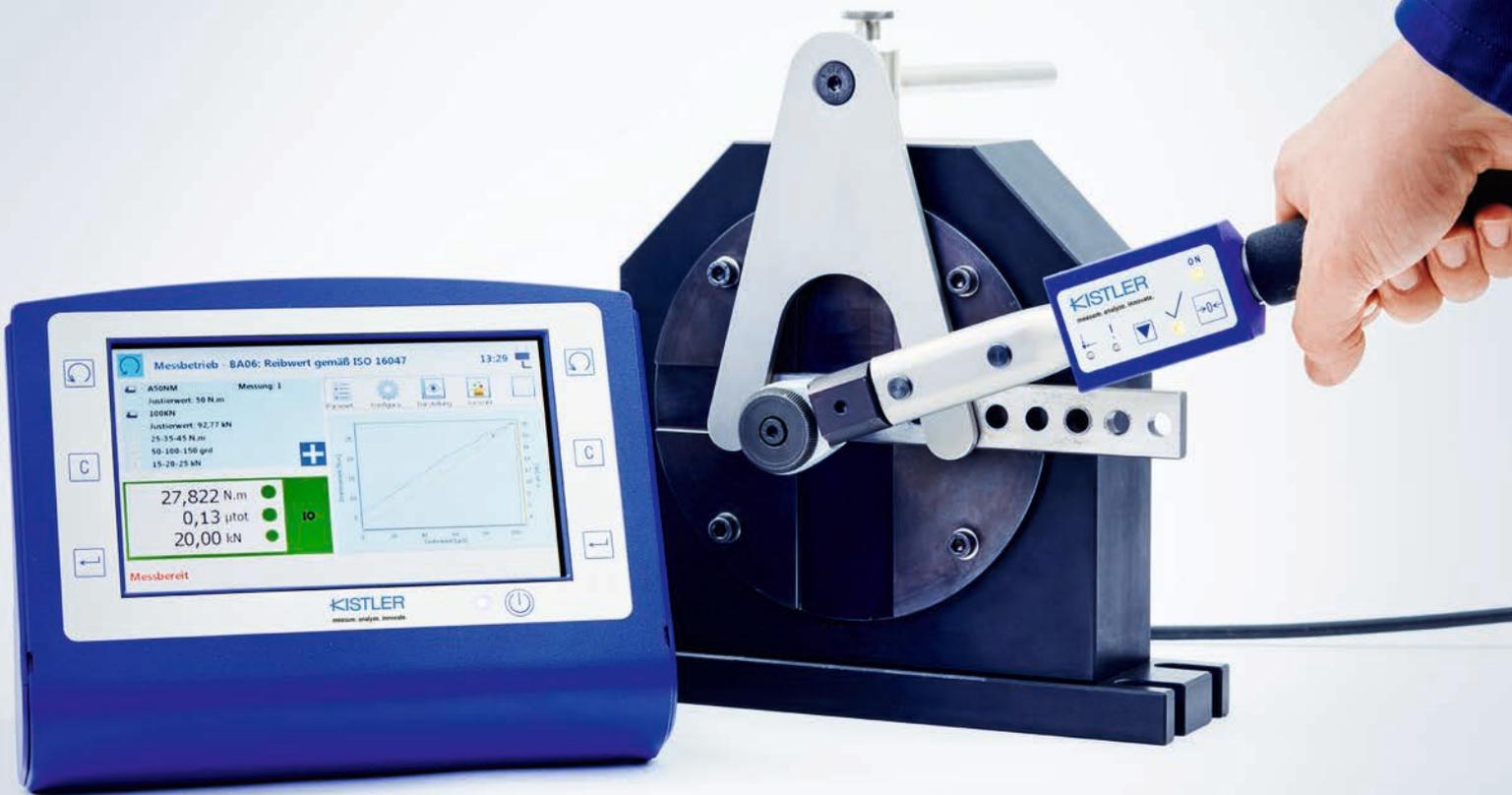
Die Prüfeinrichtung für den Vibrationstest besteht aus einer speziellen, wartungsarmen mechanischen Baugruppe mit Antriebseinheiten und einem während des Betriebs regelbarem Hub sowie einer während des Betriebs regelbaren Prüffrequenz. Weitere Bestandteile des Systems sind ein Sensor zur Messung der auf den Prüfling aufgebrachten transversalen Querkraft, ein berührungsloser Sensor für die Messung des transversalen Hubs des Schlittens und ein Wechselsensor zur Messung der Vorspannkraft – und des Gewindedrehmoments (optional). Die Prüflinge werden in speziellen, spielarmen Adaptionen aufgenommen, um die Beeinflussung der Prüfung durch Spiel zu minimieren. Spezielle Vibrationsdämpfer entkoppeln die Vibrationsbaugruppe vom Grundgestell und gewährleisten eine sehr geringe Umgebungsbelastung durch Vibrationen und Geräusche.

### Eckdaten

- Dynamische Prüfung des Sicherungsverhaltens von Schraubverbindungen unter transversaler Querbelastung
- Standard-Amplitude während des Betriebs im Bereich bis +/- 2 mm verstellbar
- Standard-Prüffrequenz während des Betriebs im Bereich bis 20 Hz einstellbar
- Im System hinterlegter Nullpunkt als Parkposition
- Nutzung von Kistler-Vorspannkraft- und Vorspannkraft-/Gewindemomentsensoren

### Optionen

- Erfassung des Verschraubens mit Drehmoment-/Drehwinkelsensor oder -schlüssel
- Ermittlung der Reibungszahlen
- Adaption von Antriebseinheiten für gesteuertes und reproduzierbares Verschrauben
- Anbindung an horizontale ANALYSE Systeme
- Anbindung an ein Handhabungssystem



Das Messsystem INSPECTpro wird im Rahmen der Qualitätssicherung im Wareneingang und zur schnellen Überprüfung von Verbindungselementen eingesetzt.

## Portable Systeme für flexiblen Einsatz

### Anwendungsbereich

Das Messsystem INSPECTpro von Kistler wird im Rahmen der Qualitätssicherung im Wareneingang und zur schnellen Überprüfung von Verbindungselementen hinsichtlich der Gesamtreibungszahl eines Verbindungselements eingesetzt.

### Systemaufbau und Prüfablauf

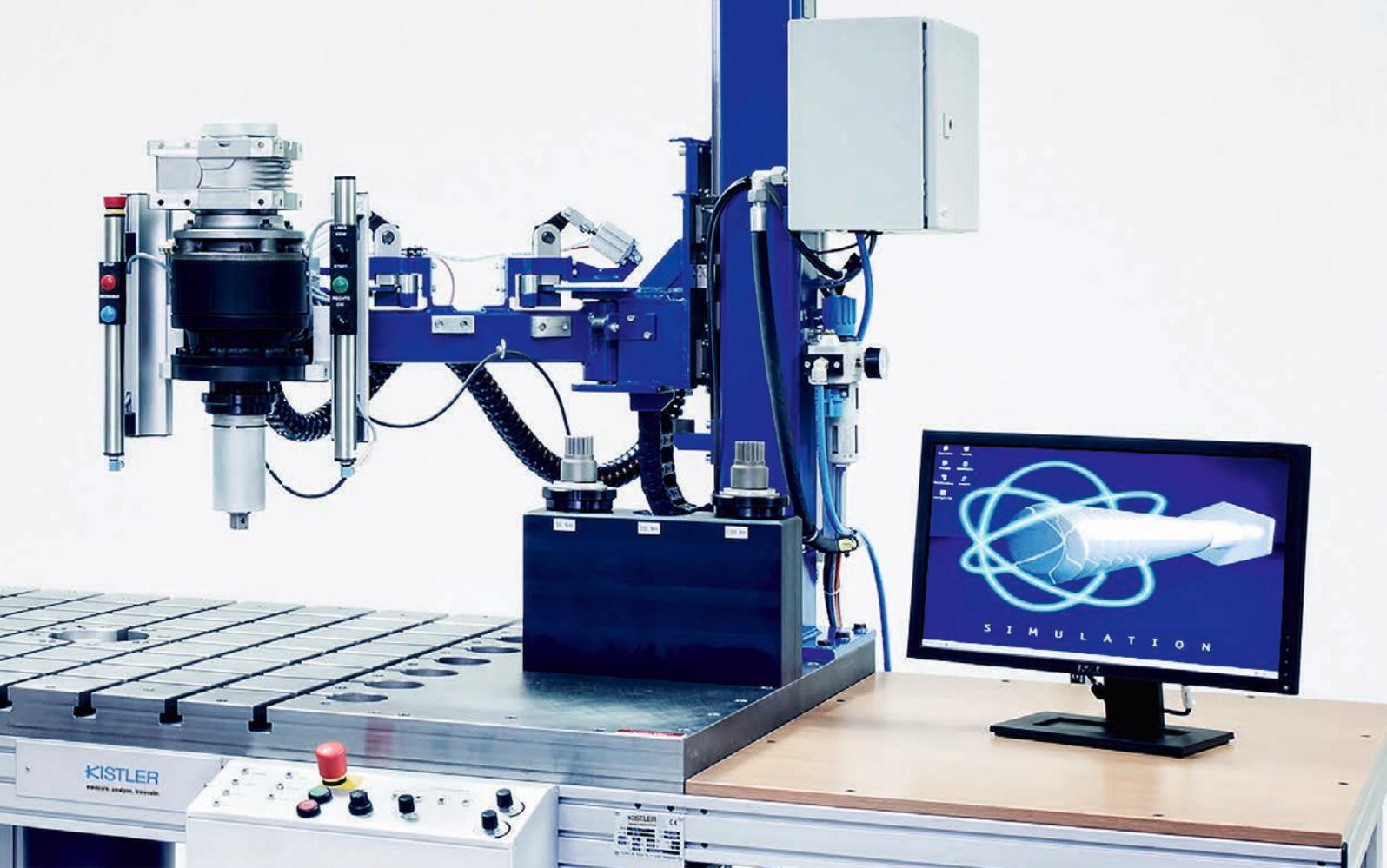
An das Messsystem INSPECTpro wird ein Drehmoment-/Drehwinkelsensor oder -schlüssel und ein Vorspannkraftsensor angeschlossen und der Prüfling über entsprechende Prüflingadaptionen adaptiert. Während des Prüflingsanzugs werden die Messgrößen in Echtzeit auf dem Bildschirm dargestellt. Im Anschluss wird die Gesamtreibungszahl automatisch ermittelt und auf dem Bildschirm ausgegeben.

### Eckdaten

- Ermittlung der Gesamtreibungszahl
- Portables System mit Akkubetrieb
- Datenexport für erweiterte Auswertungen und Dokumentation

### Optionen

- Anbindung an die Software testXpert für erweiterte Auswertungen und Dokumentation
- Softwaremodule zur individuellen Konfiguration des Systems für vielfältige weitere Messaufgaben



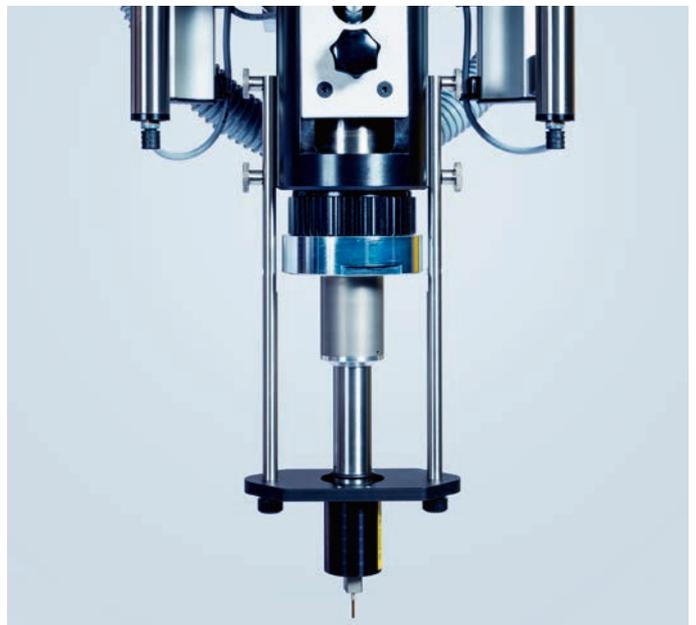
## Systeme für besondere Anforderungen

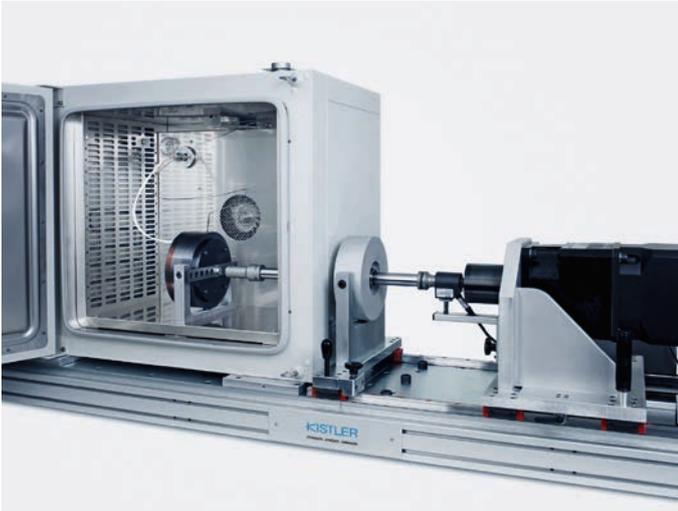
Zusätzlich zu den Standardsystemen bietet Kistler auch eine Vielzahl an Sonderlösungen, basierend auf speziellen Kunden- oder Normanforderungen mit individueller Projektierung der Systeme, an. Dies gilt für alle Komponenten wie Sensorik, Mechanik, Antriebseinheit, Mess- und Steuerungstechnik, Software sowie mechanische Adaptionen an.

### Beispiel Sonderlösung:

#### Erweiterung mit Ultraschall-Messsystem zur Vorspannkraftmessung

Das Ultraschall-Messsystem ermittelt die Vorspannkraft einer Schraubenverbindung durch den Vergleich der Laufzeiten einer Ultraschallwelle durch eine Schraube im unbelasteten und im belasteten Zustand. Die Laufzeitveränderung der Ultraschallwelle ist das Maß für die anliegende Vorspannkraft. Der Zusammenhang zwischen Laufzeit und anliegender Vorspannkraft kann mit einem ANALYSE System im mehrachsigen Spannungszustand im Laborversuch ermittelt werden, um diesen – selbst im über-elastischen Bereich – im autarken Messgerät zu hinterlegen. So kann die Vorspannkraft später an der realen Schraubverbindung gemessen werden.





**Beispiel Sonderlösung:**

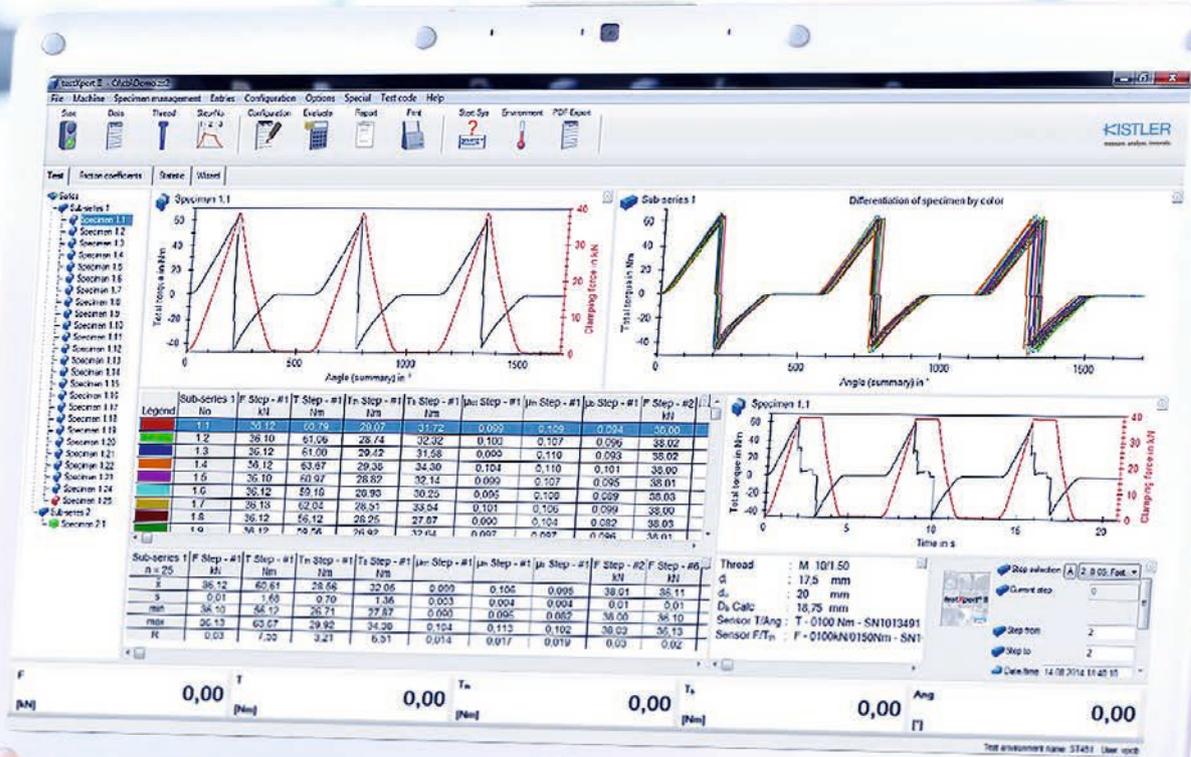
**Horizontales ANALYSE System mit Wärmekammer**

System mit Wärmekammer und Sondersensorik mit entsprechender Wärmebelastungsfähigkeit. Unter Temperaturbelastung von bis zu 150 °C erfolgen Reibungszahlprüfungen und die Prüfung des Losdrehverhaltens. Das System ist auch als „Anbaulösung“ (ähnlich dem Vibrationsprüfstand) zur Aufrüstung vorhandener horizontaler ANALYSE Systeme von Kistler erhältlich.

**Beispiel Sonderlösung:**

**Kleines Handlingsystem bis 200 Nm**

Flexibles System für Bauteil- und Reibwertprüfungen im Drehmomentbereich bis 200 Nm. Es erfasst die Einschraubkurven an Schraubverbindungen am Originalbauteil, mit zweiachsigem Schwenkkopf für beliebige Schraubpositionen. Optional ist eine pneumatische Klemmung des Handhabungssystems erhältlich.



Ergebnisdarstellung.

# Steuerung und Auswertung mit der Software testXpert

## All-In-One Softwarelösung

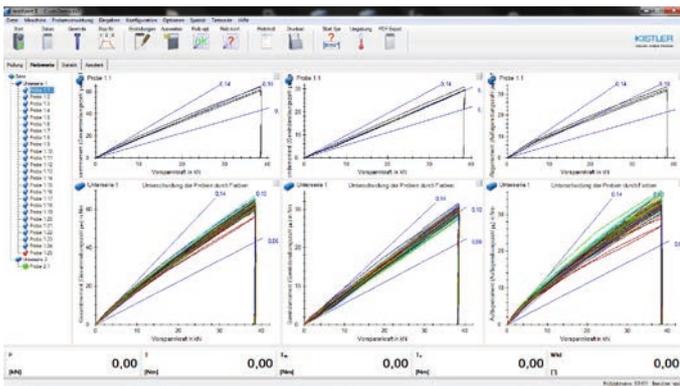
Die von Kistler verwendete, frei konfigurierbare Windows-Software testXpert übernimmt vor, während und nach der Versuchsdurchführung alle erforderlichen Aufgaben, die bei normkonformen und dokumentierten Versuchen notwendig sind.

## Prüfablaufdefinition

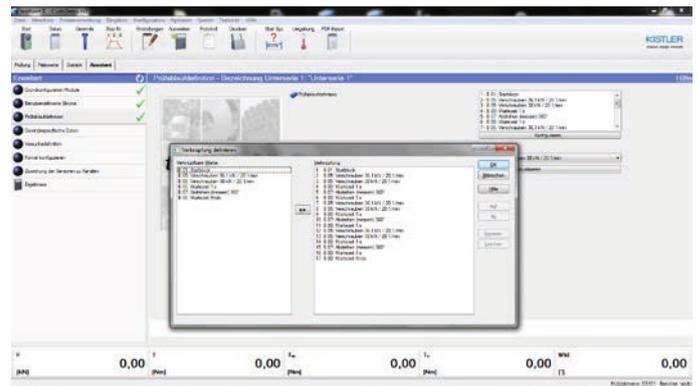
Die Blockstruktur der Prüfabläufe macht es dem Anwender möglich, erforderliche Prüfabläufe frei nach seinen Vorgaben und Anforderungen kundenspezifisch und/oder normkonform zu definieren. Jeder einzelne dieser Blöcke ist frei konfigurierbar in Bezug auf Startwert, Abschaltwert und Drehzahlvorgabe. Selbst Mehrfachauswahlen von Abschaltwerten, zum Beispiel um Sicherheitsfunktionen einzubinden, sind möglich. Hierdurch können bei Verwendung des integrierten Wiederholungszählers Mehrfachanzüge realisiert und die Prüfung bei Überschreiten eines Sicherheitswerts abgebrochen werden. Eine Bindung an vorgegebene Prüfprogrammstrukturen durch die Software gibt es nicht.

## Vorteile von testXpert

- Prüfungen gemäß allen bekannten Normen für Schraubverbindungen
- Blockstrukturierte Vorgabe von Prüfabläufen und Prüfverfahren
- Komfortable Datenorganisation und Dokumentation
- Umfangreiche grafische Analyse von Messverläufen
- Vielfältige Protokoll- und Layoutmöglichkeiten
- Optionale Videodokumentation



Auswertung Reibungszahlen.



Eingabeassistent.

## Dateneingabe

Über einen Eingabeassistenten werden alle für die Prüfung notwendigen Eckdaten, zum Beispiel Prüfablauf, Gewindedaten, Berechnungsformeln nach unterschiedlichen Normen für Reibungszahlen und Auflagedurchmesser, zu verwendende Sensoren, Beschreibungsparameter und Ergebnisse ausgewählt oder eingegeben. Die Sensor- und Gewindedaten sind hierfür in einem globalen Datenbanksystem hinterlegt und werden rückverfolgbar dokumentiert.

## Auswertung

Basierend auf dem Prüfablauf kann der Anwender für jeden Block mehrere Ergebnisse aus dem Messdatenspeicher in Tabellenform anzeigen und statistisch auswerten lassen. Für komplexe Auswertungen, wie in manchen Normen gefordert, stellt die Soft-

ware bereits vordefinierte Ergebnisse bereit. Weiterhin besteht die Möglichkeit, frei programmierbare Ergebnisse nach eigenen Wünschen anzulegen. Während und nach der Prüfung werden die Messkurven in frei konfigurierbaren Grafiken dargestellt. Für erweiterte Auswertungen kann zusätzlich während des Verschraubungsprozesses optional ein Video aufgezeichnet und abgespeichert werden, das später mit ausgewertet werden kann.

## Protokoll und Datenexport

Zur Protokollerstellung können alle Ergebnisse, Tabellen, Grafiken und benutzerdefinierte Parameter über einen Assistenten in eine beliebige Protokollform nach Kundenvorgabe eingebunden und neben einer Ausgabe als Protokoll, zum Beispiel über die integrierte Exportschnittstelle, automatisch in übergeordnete Softwareplattformen übergeben werden.

\*Windows ist ein registriertes Markenzeichen der Microsoft Corporation.

\*testXpert ist ein registriertes Markenzeichen der Zwick GmbH & Co. KG, Ulm, Deutschland.



## Prüfungen direkt beim Spezialisten

### Prüfungsanforderungen

Schraubverbindungen sind vielfältig, überall anzutreffen und benötigen viel Fachwissen hinsichtlich der Versuchsdurchführung und Auswertung der in den Versuchen gewonnenen Ergebnisse. Neben dem Fachwissen und einer ständigen Weiterbildung hinsichtlich der Normvorgaben sind auch die anwendungsspezifischen Prüfsysteme für eine normkonforme Prüfung notwendig.

### Kistler als unabhängiger Dienstleister

Durch die Möglichkeit, auch Prüfungen als unabhängiger Spezialist durchzuführen, stellen wir unseren Kunden neben unseren anwendungsspezifischen Prüfsystemen auch unser umfassendes Fachwissen im Rahmen von Dienstleistungen zur Verfügung. Wir bieten unseren Kunden für die Entwicklung, Verifikation und Problemfindung an Schraubverbindungen einen kompetenten Partner an. Zusätzlich zur reinen Dienstleistung findet durch die gemeinsam durchgeführten Projekte ein positiver Wissensaustausch und -aufbau auf Kundenseite statt.

### Leistungsspektrum im Bereich der Dienstleistungen an Schraubverbindungen

- Prüfungen im Drehmomentbereich von 0,02 Nm bis 8 000 Nm
- Prüfungen im Kraftbereich von 40 N bis 1 000 kN
- Prüfungen auf vertikalen Systemen
- Prüfungen auf horizontalen Systemen
- Vibrationsprüfung
- Prüfungen mit portablen Systemen vor Ort beim Kunden



- Sales Center
- ▲ Tech Center
- Production Center

## Weltweit im Einsatz für unsere Kunden

Mit einem weltweiten Vertriebs- und Servicenetzwerk ist Kistler überall in der Nähe der Kunden. Rund 2 000 Mitarbeitende an 61 Standorten widmen sich der Entwicklung neuer Messlösungen und bieten individuelle anwendungsspezifische Unterstützung vor Ort.

**KISTLER**  
measure. analyze. innovate.

Erhöhte Wirtschaftlichkeit durch werkzeug-innendruckbasierte Systeme

Wirtschaftlichere Produktion durch innendruckbasierte Fertigungsprozesse

**Prozessüberwachung und -regelung**  
Transparenz in der verarbeitenden Industrie

**Kunststoffverarbeitung**  
Optimiere Investitionen durch bessere Ergebnisse

**Composites**  
Hochleistung und Qualitätssicherung in der Fertigung von Faserverbundbauteilen

Weitere Informationen finden Sie unter:  
[www.kistler.com/de/anwendungen](http://www.kistler.com/de/anwendungen)

**Kistler Group**  
Eulachstrasse 22  
8408 Winterthur  
Switzerland  
Tel. +41 52 224 11 11

Die Produkte der Kistler Gruppe sind durch verschiedene gewerbliche Schutzrechte geschützt. Mehr dazu unter [www.kistler.com](http://www.kistler.com)  
Die Kistler Gruppe umfasst die Kistler Holding AG und alle ihre Tochtergesellschaften in Europa, Asien, Amerika und Australien.

Finden Sie Ihren Kontakt auf  
[www.kistler.com](http://www.kistler.com)

**KISTLER**  
measure. analyze. innovate.