

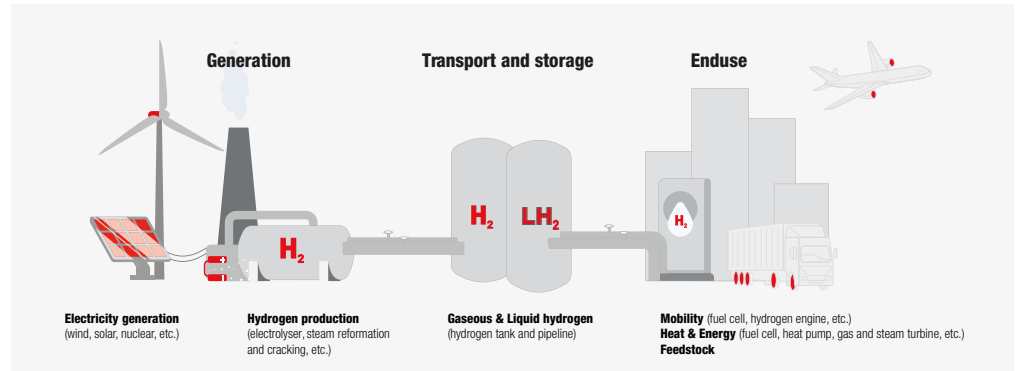


Prüfmaschinen und Prüfsysteme für:
Wasserstoff-Technologie

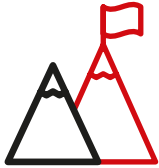
Zwick / Roell

Wasserstoff in der Material- und Werkstoffprüfung: ZwickRoell Lösungen für zertifizierte Sicherheit.

Als Experte im Bereich der Material- und Werkstoffprüfung bietet Ihnen ZwickRoell langjährige Erfahrung für präzise und sichere Prüflösungen bei Anwendungen mit Wasserstoff. Wir kennen die Richtlinien der Wasserstoffindustrie und unterstützen Sie, verlässliche Werkstoffkennwerte zu erhalten, etwa bei Prüfungen unter direktem oder in direktem Wasserstoffeinfluss, sehr hohen Drücken, sehr tiefen Temperaturen oder Prüfungen über lange Zeiträume.



Unser Portfolio umfasst ein breites Spektrum professioneller Prüflösungen entlang der gesamten Wasserstoff-Wertschöpfungskette: von der Erzeugung, dem Transport über die Speicherung bis hin zur nutzerspezifischen Anwendung. Wir bieten Ihnen passgenaue Lösungen, um Ihre Anforderungen perfekt zu erfüllen – für die Weiterentwicklung langlebiger Werkstoffe und Bauteile. Gehen Sie mit uns den nächsten Schritt in der mechanischen Materialprüfung – in eine nachhaltigere Zukunft mit Wasserstoff!



+50 Jahre

Erfahrung in der Material- und Werkstoffprüfung.



Wir realisieren kunden-spezifische Prüfmethoden für flüssigen oder gasförmigen Wasserstoff.



Wir setzen die entsprechenden Richtlinien im Umgang mit Wasserstoff normgerecht um.

Wir bieten sichere Prüflösungen entlang der gesamten Wasserstoff-Wertschöpfungskette.



>190

Weltweites Produkt- und Branchenexperten-Netzwerk.



Wir fördern den kontinuierlichen Austausch mit Wasserstoff-Experten, setzen auf die Zusammenarbeit mit Hochschulen, Forschungseinrichtungen und der Industrie - und engagieren uns in nationalen und internationalen renommierten Wasserstoff-Projekten.



-253 °C

Prüfungen im Tiefsttemperaturbereich (Kryotechnik).



Elektrolyseure und Brennstoffzellen: Die ZwickRoell Prüflösungen.

Elektrolyseure und Wasserstoff-Brennstoffzellen sind wichtige Technologien in der Energietechnik, denn sie sind umweltfreundliche und effiziente Möglichkeiten der Energiegewinnung. Während Wasserstoff-Brennstoffzellen elektrische in chemische Energie wandeln, erzeugen Elektrolyseure aus chemischer Energie in Form von Wasserstoff elektrische Energie. Bei der Entwicklung von Elektrolyseuren und Brennstoffzellen spielt die Materialprüfung eine wichtige Rolle: sie gewährleistet, dass die Materialien in diesen Systemen den spezifischen Anforderungen entsprechen, wie etwa hohen Temperaturen, chemischen Reaktionen und mechanischen Belastungen.

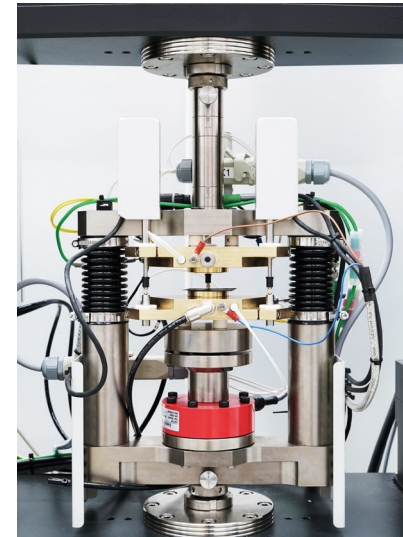
Elektrolyseure:

Elektrolyseure und Wasserstoffgeneratoren lassen sich für eine Vielzahl von Anwendungsszenarien skalieren: diese reichen von dezentralen industriellen oder kommerziell genutzten Anlagen bis hin zu großen zentralen Produktionsanlagen, die den Wasserstoff per LKW erhalten oder an Pipelines angeschlossen werden können.

Typische Elektrolyseur-Technologien:

- Alkaline Elektrolyseure
- PEM Elektrolyseure
- SOEC

Die Verbesserung der Eigenschaften von Werkstoffen und Bauteilen für die Anwendung in Elektrolyseuren basiert auf einer Reihe innovativer Methoden, Verfahren und Fertigungstechniken. Zuerst müssen die mechanischen und funktionellen Eigenschaften der neu entwickelten oder verbesserten Materialien, die die verschiedenen Zellkomponenten bilden, geprüft werden. Die Prüfung der Materialien oder Komponenten erfolgt dabei so realitätsnah wie möglich, um „echte“ Bedingungen zu simulieren.



Für jede Komponente in Elektrolyseuren müssen verlässliche mechanische Kennwerte ermittelt werden:

- Polymer-Elektrolyt-Membran (MEA)
- Bipolarplatten (BPP)
- Gasdiffusionslage (GDL)
- Dichtungen

Die ZwickRoell Prüfungen und Lösungen für Brennstoffzellen und Elektrolyseure

	Brennstoffzellen	Elektrolyseure
Zugprüfung	×	×
Biegeprüfung	×	×
Haftigkeitprüfung	×	×
Kompressibilität (TUC)	×	×
Elektrische Widerstandsmessung (RUC)	×	×
Permeabilitätsmessung (PUC)	×	×
Allroundline Z010 - zur Prüfung der Gasdiffusionsschicht aus TUC, RUC und PUC.	×	×
Prüfsoftware testXpert mit speziell entwickeltem Programm für TUC/RUC/PUC-Prüfungen.	×	×

Brennstoffzelle:

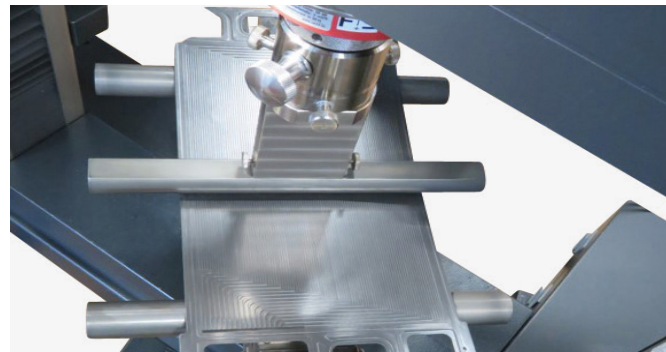
Wasserstoff-Brennstoffzellen werden für verschiedene Anwendungen entwickelt und kommen sowohl bei mobilen als auch stationären Energieanwendungen zum Einsatz.

Typische Brennstoffzellentechnologien:

- AFC
- PEMFC
- SOFC

Um Effizienz, Leistung und Lebensdauer von Brennstoffzellen zu gewährleisten, ist die Werkstoffcharakterisierung von Komponenten für Wasserstoff-Brennstoffzellen essentiell. Dabei muss die Prüfung der Materialien/ Komponenten so realitätsnah wie möglich sein, um „echte“ Bedingungen zu simulieren. Für jede Komponente in Brennstoffzellen müssen verlässliche mechanische Kennwerte ermittelt werden:

- Polymer-Elektrolyt-Membran (MEA)
- Bipolarplatten (BPP)
- Gasdiffusionslage (GDL)
- Dichtungen



Bipolarplatte im 3-Punkt-Biegeversuch



Speicherung und Transport von Wasserstoff.

Die effiziente Speicherung und der Transport sind entscheidend für die optimale Nutzung von Wasserstoffenergie. Die kontinuierliche Entwicklung von Wasserstofftechnologien steht auch die Materialprüfung vor neue Herausforderungen. Um Energie aus Wasserstoff sicher nutzen zu können, ist eine umfassende Materialprüfung unter tatsächlichen Einsatzbedingungen unerlässlich.

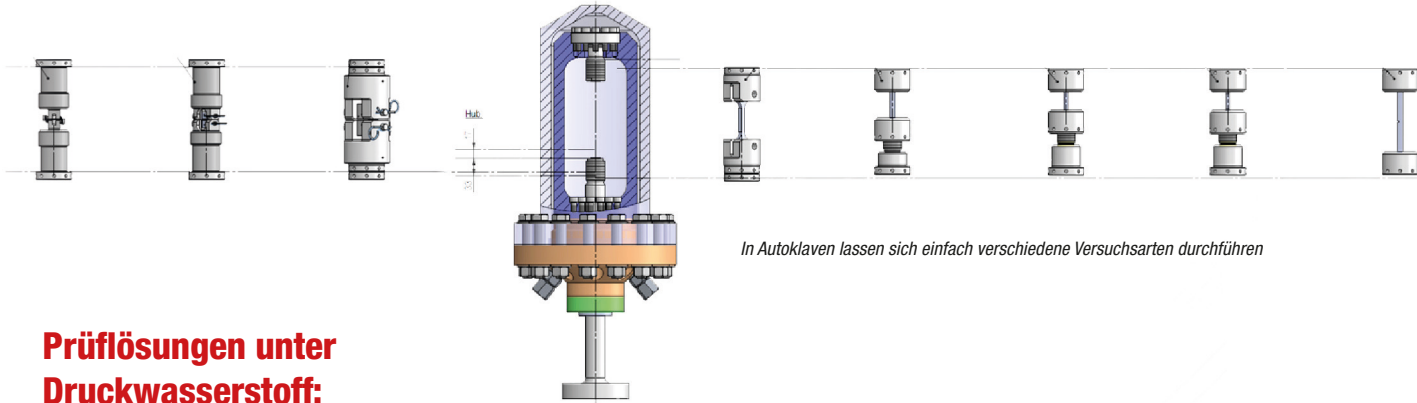
Gasförmiger Wasserstoff kann entweder durch Pipelines transportiert werden - oder vor dem Transport sowie bei der Lagerung in Wasserstoff-tanks oder -zylindern - komprimiert werden. Eine weitere Möglichkeit für den Transport großer Mengen von Wasserstoff besteht darin, ihn in flüssiger Form zu liefern, wofür eine Temperatur von 20K erforderlich ist.



Kooperation TÜV SÜD:

- *Langjährige Zusammenarbeit zwischen ZwickRoell und TÜV SÜD bei Wasserstoffthemen.*
- *Austausch zu Entwicklungen bei Wasserstoff-Prüfanforderungen und Prüfumfängen.*
- *Sicherheitstechnische Begleitung bei der Inbetriebnahme von Prüfmaschinen durch TÜV SÜD.*





In Autoklaven lassen sich einfach verschiedene Versuchsarten durchführen

Prüflösungen unter Druckwasserstoff: Autoklav.

Bei diesem Prüfaufbau wird die Materialprüfung in einem Druckbehälter durchgeführt, der mit Wasserstoff gefüllt ist. Dieser Behälter wird im Sprachgebrauch auch Autoklav genannt. Der Wasserstoff im Autoklav kann beispielsweise auf 400 bar komprimiert werden und dringt in die Oberfläche der Probe ein. Diese Probe wird unter dem Einfluss von Wasserstoffdruck auf ihre mechanischen Eigenschaften hin untersucht.

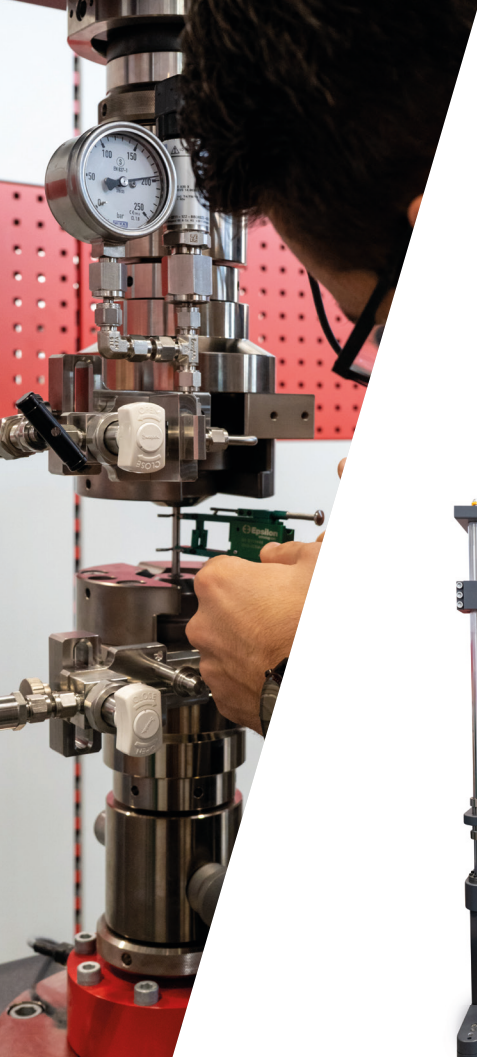
Es existieren bereits verschiedene Standards, die in verschiedenen Branchen angewendet werden. Für Wasserstoff führende Rohre und Pipelines ist vor allem der amerikanische Standard ASME B31.12 gebräuchlich, während für Hochdruckbehälter die Norm ASME BPVC angewendet wird.

Prüfung in Druckwasserstoffbehältern:

- Zugversuche: ISO 6892, ASTM E8
- Slow strain rate test (SSRT): ASTM G129, ASTM G142
- Bruchmechanik: ASTM E1820, ASTM E399, ISO 12135
- Risswachstumsprüfung: ASTM E647
- Low Cycle Fatigue: ASTM E606, ISO 12106
- Dauerschwingversuch (Wöhlerversuch): ASTM E466, DIN 50100

ZwickRoell setzt als Standard Autoklaven bis zu einem Druck von maximal 400 bar ein, in Sonderfällen auch bis zu 1000 bar.

Aufgrund des Umgangs mit einem Druckbehälter und komprimiertem Wasserstoff müssen bei der Verwendung einer solchen Anlage sicherheitstechnische Vorkehrungen getroffen werden, bei denen wir Ihnen gerne mit Unterstützung des TÜV-Süd zur Seite stehen.



Prüflösungen unter Druckwasserstoff: Hohlprobe.

Geringe Investitions- und Prüfkosten, weniger Sicherheitsmaßnahmen sowie einfach zu bedienen: Das sind die Vorteile der Methode zur Prüfung metallischer Hohlproben unter Wasserstoffdruck. Dieses Verfahren zur Werkstoffqualifizierung unter Druckwasserstoff eignet sich für Zugversuche, Zeitstandversuche sowie Prüfungen mit Wechsellast.



So funktioniert das Hohlprobenverfahren:

Der Wasserstoff wird in eine Hohlprobe verfüllt. Dabei sind Innendrucke bis 200 bar möglich. Die Dehnungsmessung und -regelung erfolgt mittels Dehnungsaufnehmer. Um die Sicherheit umfassend zu gewährleisten, bietet ZwickRoell ein dokumentiertes Sicherheitskonzept und unterstützt Sie auch bei der Installation.



Dehnungsmessung an Hohlprobe

Die Vorteile von Hohlproben:

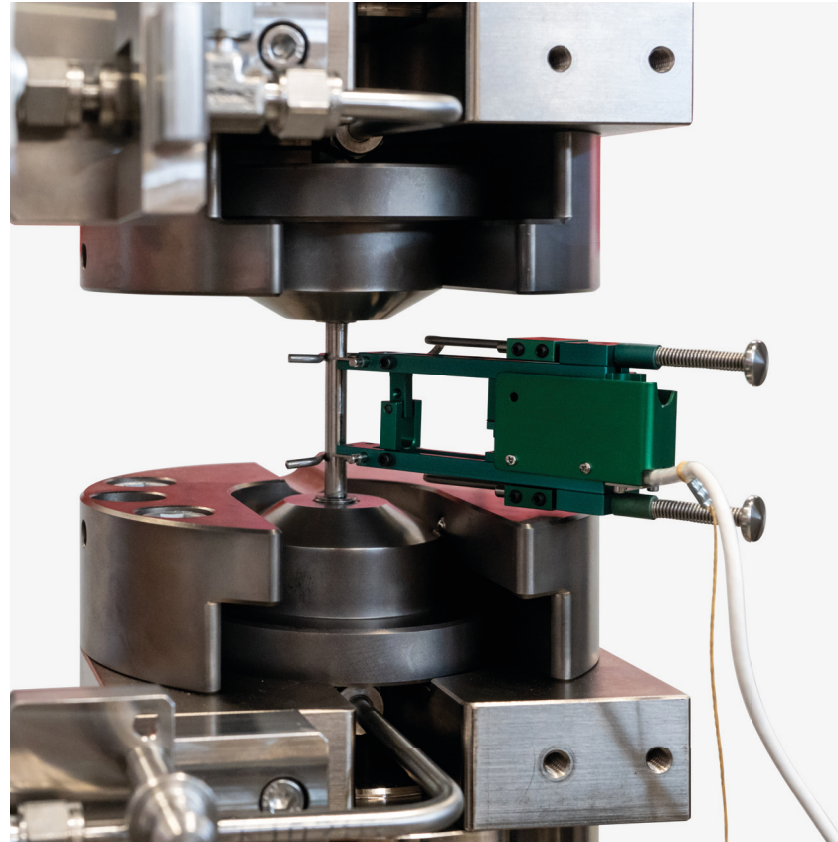
- Geringe Investitions- und Prüfkosten und eine einfache Bedienung.
- Die Proben sind mit unterschiedlichsten Gasen und Gemischen befüllbar – etwa Wasserstoff, Erdgas, Stickstoff sowie korrosiven Gasen.
- Weniger Maßnahmen in puncto Sicherheit, da sich das Verfahren in normaler Laborumgebung einsetzen lässt.
- ZwickRoell Prüfmaschinen sind nachrüstbar auf das Hohlprobenverfahren.



ZwickRoell Mitarbeit in Forschungsprojekt „TransHyDE“.

Bei der Entwicklung des Verfahrens fließen die Ergebnisse aus Initiativen und Projekten zum Thema Wasserstoff ein, in denen sich ZwickRoell engagiert:

- „TransHyDE“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) befasst sich damit die Grundlagen für die Normung zur Prüfung von Hohlproben zu schaffen.
- Wir engagieren uns im Projekt „TransHyDE – H2 Transport“, das verschiedene Technologien für den Wasserstofftransport entwickelt und bewertet.
- Wir arbeiten aktiv mit bei der Definition der internationalen Prüfnorm ISO/TC 164/SC 1/WG9, in dem „TransHyDE – H2 Transport“ zugehörigen Teilprojekt „H2 HollowTensile“ (H2HohlZug), das sich mit der Standardisierung der Hohlzugprobentechnik befasst.



Hohlprobe mit Clip-On Extensometer



Kryotechnik: Sicher und zuverlässig prüfen bei Tiefsttemperaturen.

ZwickRoell bietet vielfältige Prüflösungen für statische Biege-, Druck-, Zug-, oder Scherbelastungsprüfungen bei Temperaturen von 20 K (-253 °C) für zuverlässige Ergebnisse und höchste Sicherheit. Um Werkstoffe bei Tiefsttemperaturen zu prüfen und ihr Ermüdungs- und bruchmechanisches Verhalten zu ermitteln, haben unsere Prüfmaschinen eine Maximallast von 100 kN.

Option 1: Kühlung mit Temperierkammer.

Temperierkammern eignen sich für Prüfungen bei erhöhten Temperaturen sowie Tiefsttemperaturen bis ca. -170 °C. Dabei ist die Tieftemperatur abhängig vom gekühlten Volumen in der Kammer sowie des Volumens der Prüfgestänge, die in die Temperierkammer hineinragen.

Option 2: Kühlung mit Stickstoff Tauchkryostat.

Bei Stickstoff Tauchkryostaten kommt die Probe in ein Stickstoffbad. Tauchkryostate sind in ihrem Prüftemperaturbereich auf die Temperatur des flüssigen Stickstoffs reduziert. Die Proben werden über ein in sich geschlossenes Lastjoch samt Probenhalter von oben in den Tauchkryostat eingeführt.

Option 3: Kühlung mit Stickstoff und Helium in einem Durchflusskryostat.

Stickstoff-, Helium-Durchflusskryostate werden je nach Kühlmedium von Raumtemperatur bis Tiefsttemperaturen von ca. 20 K (-253 °C) betrieben. Sobald die tiefst mögliche Temperatur des Stickstoffs erreicht ist, wird bis zum Erreichen der Endtemperatur mit Helium aus einem Dewargefäß nachgekühlt.





Prüfmaschine für statische Versuche



Tauchkryostat mit Sichtfenster



Mit Flüssigstickstoff wird heruntergekühlt



Wasserstoffversprödung: Prüfverfahren zur Bestimmung der Versagensanfälligkeit metallischer Werkstoffe gemäß ASTM F1624 und ASTM F519.

ZwickRoell bietet zwei Prüfverfahren, um den Einfluss von Wasserstoff auf Metalle zu bestimmen. Diese werden in der ASTM F1624 sowie der ASTM F519 beschrieben.

Das Prüfverfahren gemäß ASTM F1624.

Die ASTM F1624 beschreibt ein beschleunigtes Prüfverfahren (Zug- oder Biegebeanspruchung), um die Anfälligkeit von Stählen für ein zeitverzögertes Versagen zu bestimmen, wie es durch Wasserstoff verursacht wird. Die Prüfung wird entweder an Luft – oder in einer kontrollierten Umgebung – durchgeführt, um zu messen ob Restwasserstoff im Stahl aufgrund der Verarbeitung vorliegt.

Das Prüfverfahren gemäß ASTM F519.

Die ASTM F519 beschreibt ein mechanisches Prüfverfahren (Zug- oder Biegebeanspruchung). Dabei definiert sie Akzeptanzkriterien für Beschichtungs- und Plattierungsprozesse, die in Stählen zur Wasserstoffversprödung führen können.



Die Probenarten gemäß ASTM F1624:

- CT-Proben nach ASTM E399
- Gekerbte Proben nach ASTM F519

Die Probenarten gemäß ASTM F519:

- Typ 1: Gekerbte Proben
- Typ 1a: Gekerbte, Rund, Zugbelastung
 - Typ 1a.1: Standard Größe
 - Typ 1a.2: Übergröße
- Typ 1b: Gekerbte, Rund, Zug
- Typ 1c: Gekerbte, Rund, Biege
- Typ 1d: Gekerbte, C-Ring, Biege
- Typ 1e: Gekerbte, quadratisch, Biege
- Typ 2: nicht gekerbte Proben
 - Typ 2a: O-Ring, Biege

Zeitstandprüfmaschine mit Versuchs-
aufbau gemäß ASTM F1624



Die Härteprüflösungen zur Wasserstoffversprödung.

Die Härteprüfung ist eine gängige Methode, um den Einfluss von Wasserstoff auf Materialien zu untersuchen.

Nanoindentation:

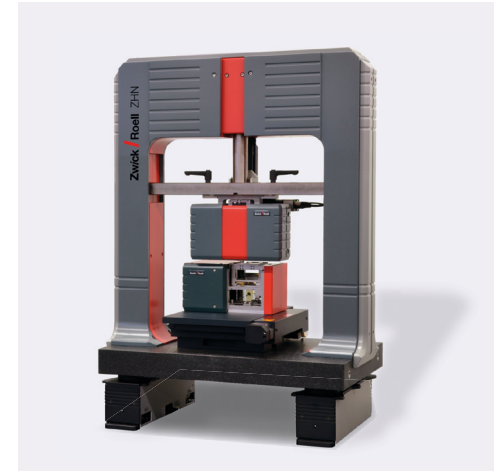
Für die mikrostrukturelle Charakterisierung wasserstoffvorbelasteter oder in-situ Prüfung von Werkstoffen und Bauteilen, bieten wir mit dem ZHN eine Lösung. Diese ist auch in einem Rasterelektronenmikroskop realisierbar und hilft beispielsweise Dichtungen oder Pipeline- und Zylinder-Materialien wie Komponenten zu prüfen.

Mikro-Härteprüfung:

Um den Einfluss von Schweißprozess-Parametern auf die Anfälligkeit in puncto Wasserstoffversprödung zu untersuchen (an Pipelines, Zylindern, Ventilen, Karosserien), bieten wir mit dem DuraScan eine Lösung. Beispielsweise ließ sich die Wasserstoffverteilung in Metallen an WOL-Proben quantitativ ermitteln.

Universelle Härteprüfung:

Zur Prüfung unterschiedlicher Maschinenelemente - etwa Verbindern, die ab Härtewerten größer als 320 (HV) potentiell wasserstoffversprödungsgefährdet sind. Die Erkenntnisse unterstützen beispielsweise bei der Entwicklung wirksamer Bezzusätze für die Galvanisierung hochwertiger Maschinenelemente.



ZHN Nanoindenter für die Prüfung an Metallen



Vickers Härteprüfer: der Revolver passt sich unterschiedlichen Prüfmethode an

Für jede Anforderung die passende Lösung.

Pendelschlagwerke und Fallwerke

Härteprüfmaschinen

Fließprüfgeräte

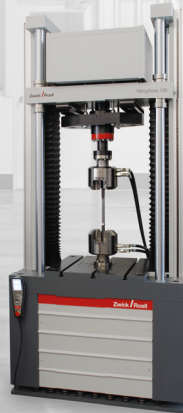
Statische Material-
Prüfmaschine



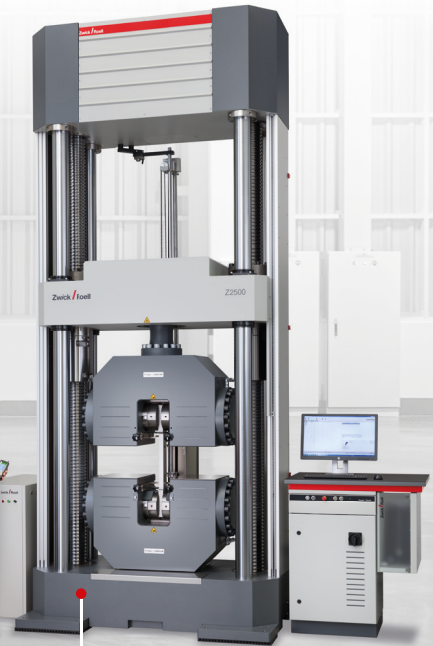
Zeitstandprüfmaschine



Dynamische- und Ermüdungsprüfmaschinen



Automatisierte Prüfsysteme



Großlast-Prüfmaschinen bis 5.000 kN

drei
und
vier
zig

Vertriebs- und
Servicepartner

347

Vertriebs- und
Servicemitarbeiter

28.000

Serviceeinsätze im Jahr

ZwickRoell GmbH Co. KG

August-Nagel-Str. 11 • D-89079 Ulm • T +49 7305 10 - 0 • F +49 7305 10 - 11200 • info@zwickroell.com • www.zwickroell.com

Zwick / Roell