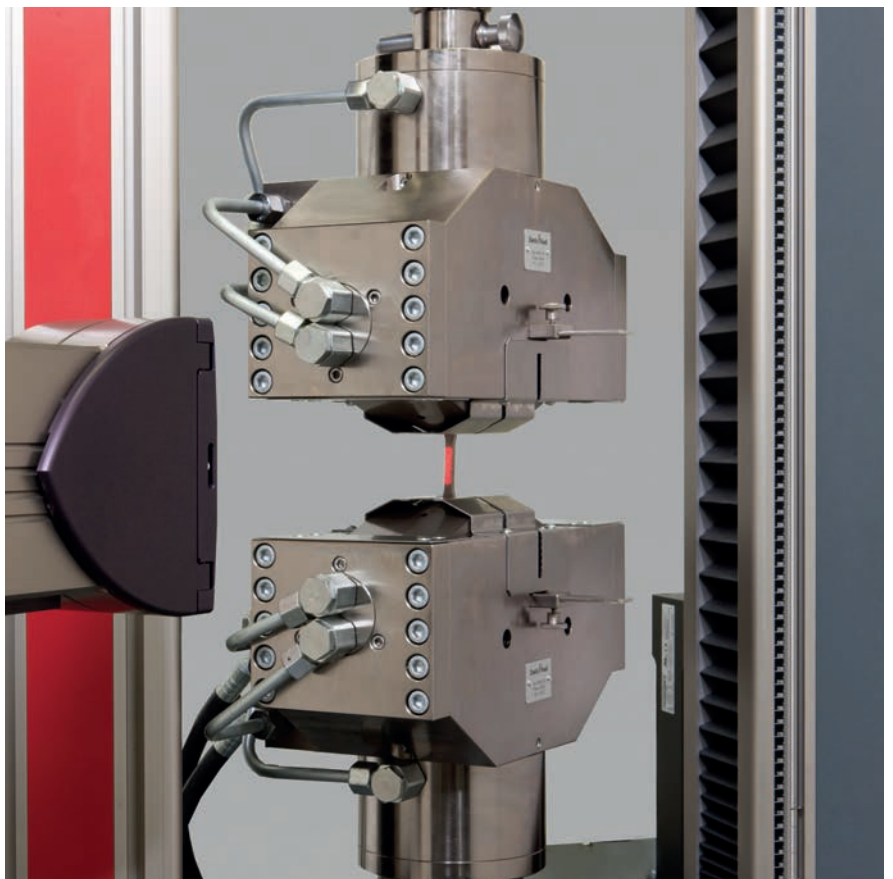


## Prüfmaschinen und Prüfsysteme für Metall





## 1 ZwickRoell Unternehmensgruppe

Inhalt	Seite
1.1 Mit Leidenschaft und Kompetenz	3
1.2 Ihr starker Partner für die Prüfung von Metall	4

## 2 Prüfungen von Metall

Inhalt	Seite
2.1 Übersicht Prüfung von Metallen	5
2.2 Grobblech	6
2.3 Band und Blech	10
2.4 Feinblech	12
2.5 Stangen und Stäbe	15
2.6 Profile und Betonstahl	17
2.7 Draht und Kabel	20
2.8 Rohre	22
2.9 Guss- und Schmiedeteile	24
2.10 Befestigungselemente	25

## 3 Produkte und Dienstleistungen für die Metallprüfung

Inhalt	Seite
3.1 Probenvorbereitung und Dimensionsmessung	27
3.2 Elektromechanische Prüfmaschinen	28
3.3 Härteprüfmaschinen und -geräte	31
3.4 Prüfungen unter Hochtemperatur	34
3.5 Zeitstandprüfmaschinen	35
3.6 Ermüdungs-Prüfmaschinen	36
3.7 Blechumform-Prüfmaschinen	37
3.8 Pendelschlagwerke	38
3.9 Hochgeschwindigkeits-Prüfmaschinen und Fallwerke	39
3.10 Roboter-Prüfsysteme	40
3.11 testXpert II – die Softwaregeneration für die Materialprüfung	42
3.12 Kraftaufnehmer	43
3.13 Probenhalter	44
3.14 Längenänderungsaufnehmer	45
3.15 Service von Anfang bis Ende	46
3.16 Modernisierung von Prüfsystemen	47

## 4 Normenübersicht

**Eine Übersicht mit allen relevanten Normen für die Metallprüfung finden Sie unter: [www.zwickroell.com](http://www.zwickroell.com)**

## 1.1 ZwickRoell – Mit Leidenschaft und Kompetenz

„Leidenschaftliche Kundenorientierung!“ lautet die Antwort, wenn Sie nach unserer Firmenphilosophie fragen. Dass das nicht nur Worthülsen sind, sehen Sie daran, dass über ein Drittel unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Service tätig ist.

Als familiengeführtes Unternehmen, das auf eine 160-jährige Tradition zurückblickt, legen wir großen Wert auf Ehrlichkeit und Fairness. So entstand über die Jahre hinweg eine vertrauensvolle und enge Zusammenarbeit zwischen unseren Kunden, Partnern, Lieferanten und Mitarbeitern, die wir alle sehr zu schätzen wissen.



Bild 1: Innovationszentrum am ZwickRoell Stammhaus in Ulm

### Die Grundlage für eine erfolgreiche Partnerschaft: Innovative Mitarbeiter, innovative Produkte!



#### Immer für Sie da

Allein über 850 Mitarbeiter arbeiten an unserem Stammsitz in Ulm. Viele von ihnen bereits seit Jahren oder gar Jahrzehnten. Ihr Wissen, Können und ihre Einsatzbereitschaft machen den Erfolg der ZwickRoell Gruppe weltweit aus.

Weltweit sind wir in mehr als 50 Ländern persönlich für unsere Kunden da.

#### Die passenden Lösungen

Sowohl für die statische Materialprüfung als auch für die verschiedenen Arten der Ermüdungsprüfung bieten wir die passenden Lösungen an. Wir bieten Produkte für die Härteprüfung ebenso wie Geräte für die Schlagprüfung und Blechumform-Prüfung.

Und sollte es doch einmal nicht passen, dann finden unsere Experten die passende Lösung. Dies reicht von der Kleinstanpassung bis hin zum komplett automatisierten Prüfsystem oder zum Prüfstand für spezielle Aufgaben.

## 1.2 ZwickRoell – Ihr starker Partner für die Metallprüfung

### Prüflösungen mit System

Seit mehr als 60 Jahren werden bei ZwickRoell Prüfmaschinen und Prüfgeräte für die Prüfung von Metallen entwickelt. Generationen von Forschern, Entwicklern und Spezialisten der Qualitätssicherung arbeiten erfolgreich mit Prüfmitteln von ZwickRoell. Sie vertrauen dabei auf korrekte Prüfergebnisse, fortschrittlichste Messmethoden und der hohen Verfügbarkeit, die bei ZwickRoell garantiert ist.

Erfahrung und Engagement für die Sache, sowie die enge Kooperation mit unseren Kunden haben bei ZwickRoell eine umfassende Palette an Prüfmitteln entstehen lassen. Mit unterschiedlichen Produktreihen stehen für jeden Anwendungsfall maßgeschneiderte Prüfsysteme zur Verfügung.

ZwickRoell bietet sehr einfache und kostengünstige Prüfmittel für gelegentliche Prüfungen, z.B. in der Wareneingangskontrolle. In der Produktions- oder Qualitätskontrolle sind robuste und verlässliche Prüfmittel gefragt, die sich genau auf eine Prüfaufgabe konfigurieren lassen. Sie erfüllen diese Aufgabe dann absolut normgerecht und mit großer Wiederholbarkeit Tag für Tag, Jahr für Jahr. In der Materialforschung ist eine große Anwendungsbreite gefragt, die durch Systematik und Modularität beim Anschluss verschiedener Probenaufnahmen und Sensoren erreicht wird.

Ein Nebeneffekt dieser Modularität: Unsere Prüfmaschinen können auch nach Jahren noch problemlos für neue Versuchsarten nachgerüstet werden.



Bild 1: Anwendungstechnisches Labor bei ZwickRoell in Ulm

### Fachleute & Normen

Mit rund 100 Mitarbeitern in den Entwicklungsabteilungen werden bei ZwickRoell Prüfmaschinen, -geräte und Softwarepakete auf dem aktuellen Stand der Normung entwickelt.

Spezialisten in unseren anwendungstechnischen Laboren testen neue Produkte und führen Prüfungen für unsere Kunden durch. So validieren sie die Eignung der Prüfmittel für die geforderten Prüfarten.

Durch die Mitarbeit in verschiedenen Normungsgremien, z.B. in dem Gebiet für Metalle und Metallhalbferdigprodukte ist ZwickRoell mit rund 10 Mitarbeitern auf nationaler und internationaler Ebene eng an der Normenentwicklung beteiligt.

### Produktqualität

Prüfmaschinen, die für die Charakterisierung von Werkstoffen eingesetzt werden, unterliegen engen Anforderungen in Bezug auf Qualität

der Antriebs- und Führungselemente, Axialität, Spielfreiheit und bei Druckversuchen auch der Steifigkeit. Prüfmaschinen von ZwickRoell zeichnen sich durch ihre hohe Produktqualität aus.

### Moderne Fertigung, erfahrene Mitarbeiter

ZwickRoell fertigt am Standort Ulm auf rund 7.000 m<sup>2</sup> Fläche nach aktuellsten Herstellverfahren. Ein moderner Maschinenpark und eine Montage mit kompetenten und sehr erfahrenen Mitarbeitern stehen für gleichbleibend hohe Qualität. Etliche unserer Mitarbeiter gehören dem Unternehmen seit vielen Jahren an und arbeiten zum Teil schon in der zweiten oder dritten Generation bei ZwickRoell.

### Kalibrierung – Worauf es besonders ankommt

Alle Prüfmittel werden bei ZwickRoell vor ihrer Auslieferung nach aktuellen ISO-Normen kalibriert. So wird sichergestellt, dass alle Sensoren korrekt messen.

## 2.1 Übersicht Prüfungen von Metallen

		<b>Versuchsart und Prüfungsart</b>	<b>Quasi-statische Versuche</b>	Zugversuche unter Raumtemperatur	Zugversuche unter Hochtemperatur	Zeitstandversuche	Biege- und Druckversuche	Torsionsversuche	Umformversuche	Härteprüfung	Sonderverfahren und -prüfungen (Scherversuche, Schweißnahtprüfungen)	Roboter-Prüfsysteme	<b>Ermüdungsversuche</b>	Schwingfestigkeitsversuche	Umlaufbiegeversuche	<b>Schlagversuche</b>	Hochgeschwindigkeitzugversuche	Kerbschlagbiegeversuche	Fallgewichtversuche	<b>Bruchmechanikversuche</b>	<b>Probenvorbereitung</b>
<b>Segmente der Metallindustrie</b>																					
<b>Flachprodukte</b>																					
	<b>Grobblech</b> (auch Brammen, „Billets“)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	<b>Band und Blech</b> (auch Warmband, Warmbreitband)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	<b>Feinblech</b> (auch Weißblech, beschichtetes Blech)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<b>Langprodukte</b>																					
	<b>Stangen und Stäbe</b>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	<b>Profile und Betonstahl</b>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	<b>Draht und Kabel</b>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<b>Halbfertigprodukte</b>																					
	<b>Rohre</b> (auch Fittings)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	<b>Guss- und Schmiedeteile</b> (auch Sintermetall-, Pulvermetallurgische Teile)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	<b>Befestigungselemente</b> (auch Schweiß- und Verbindungstechnik)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

## 2.2 Grobblech



Grobbleche sind Stahlbleche mit einer Breite von bis zu vier Metern und einer Dicke von mindestens fünf Millimetern bis ca. 250 mm. Sie finden hauptsächlich Verwendung am Bau, für schweres Gerät und Krane, im Schiffsbau, bei off-shore Bohrplattformen und für Rohre mit großen Durchmessern und Wandstärken.

### Härteprüfung

Die Härteprüfung an Grobblechen nach Brinell mit Prüfkräften bis zu 29.430 N können mit ZwickRoell Prüfmaschinen realisiert werden. Die universelle Härteprüfmaschine ZHU250CL deckt einen Prüfkraftbereich bis zu 2.500 N ab. Unter Einsatz der neuesten „closed loop“ Technik werden hohe Reproduzierbarkeit und genaueste Präzision garantiert. Mit einer schnellen, digitalen Industriekamera können die Brinell-Eindrücke auf ein PC-System mit hochentwickelter Auswerte- und Steuerungssoftware übertragen werden.

Für die mobile Härteprüfung sowie für alle weiteren relevanten Härteprüfverfahren (Vickers, Rockwell, etc.) hält ZwickRoell ebenfalls Geräte bereit.

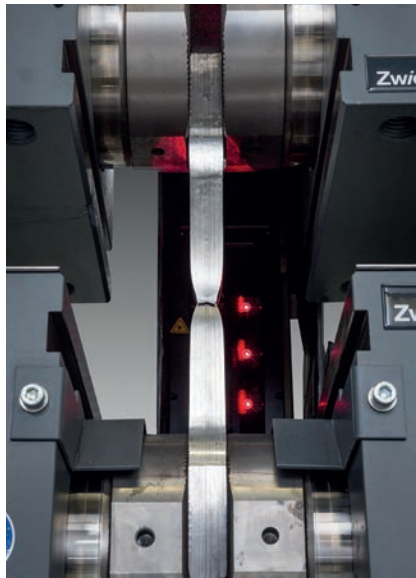


Bild 1: Grobblech Probe mit Längenänderungsaufnehmer laserXtens



Bild 2: Universelle Härteprüfmaschine ZHU 250CL

### Zugversuch

Zugproben werden den Grobblechen so entnommen, dass die Blechdicke als Probendicke möglichst erhalten bleibt. Die Proben haben einen entsprechend großen Querschnitt. Die parallele Länge wird durch Fräsen erreicht. Damit werden die Kennwerte des Zugversuches über ein großes Volumen bestimmt und die Einflüsse durch die Probenherstellung minimiert.

Für die Ermittlung der Kennwerte aus dem Zugversuch bietet ZwickRoell ein breites Spektrum von serienmäßigen Prüfsystemen bis 2.500 kN an, mit denen die Prüfungen unter großen Kräften sehr genau durchgeführt werden können. Die Hydraulischen Probenhalter aus dem Hause ZwickRoell sorgen nachhaltig für perfekte Klemmung und Führung der Proben während der Tests. Ein inkrementaler Für die Dehnungsmessung werden Längenänderungsaufnehmer vom Typ makroXtens oder laserXtens eingesetzt. Der makroXtens stellt die klassische über viele Jahre erprobte Lösung dar. Er zeichnet sich durch hohe Robustheit – er bleibt mit seinen Messfühlern bis über den Bruch an der Probe – und durch einfache Bedienung aus. Die Messfühler werden automatisch bei Versuchsbeginn angelegt und nach dem Versuch in sichere Ruhestellung gebracht. Der laserXtens stellt die innovative Lösung dar. Er erfüllt die relevante internationale Normung mit Bravour und kann ebenfalls für die Dehngeschwindigkeitsreglung „closed loop“ eingesetzt werden. Der laserXtens ist in hohem Maße wartungsarm. Eine Zunderschicht kann beide Systeme in ihrer hohen Messgenauigkeit nicht beeinträchtigen.

## Roboter-Prüfsystem für Zugprüfungen

Die sichere und präzise Handhabung von schweren Proben stellt hohe Anforderungen an die Bedienung. ZwickRoell unterstützt mit vollautomatischen Systemlösungen die Umsetzung dieser Anforderungen:

- Entlastung der Bediener, Minimierung der Bedienerinflüsse, Erhöhung der Betriebssicherheit.

- Das Automatisierungskonzept von ZwickRoell sieht vor, dass die zu prüfenden Proben manuell in Magazine sortiert werden. Ab diesem Zeitpunkt läuft alles automatisch bis hin zur Sortierung der Probenreste für eine gegebenenfalls notwendige Inspektion.
- In diesen Ablauf können je nach Anforderung weitere Messgeräte integriert werden, insbesondere das Querschnittsmessgerät von ZwickRoell mit vier unabhängigen, automatisch anlegenden Messtastern zur präzisen Querschnittsflächenbestimmung.

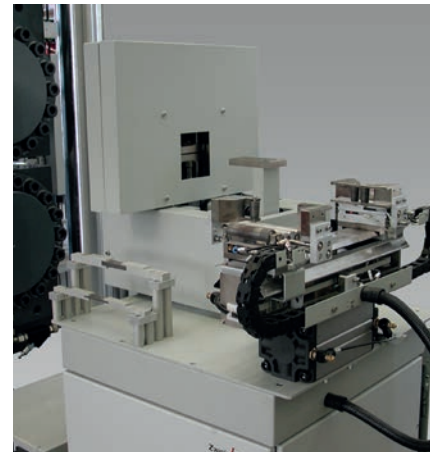


Bild 2: Automatisches Querschnittsmessgerät (QMG)



Bild 1: Automatisierte Zugprüfung an Grobblechproben mit Roboter-Prüfsystem roboTest P

## Risszähigkeitsprüfung $K_{Ic}$ Bestimmung

Die Risszähigkeitsprüfung  $K_{Ic}$  ist ein wichtiger Kennwert für metallische Werkstoffe in sicherheitsrelevanten Anwendungen wie Flugzeugbau, Kraftwerksbau aber auch Automobilbau.

Die Bestimmung der Bruchzähigkeit erfolgt mit einer Probe, in der ein künstlicher Riss eingebracht wurde. Diese Probe wird bis zum Bruch belastet. Aus der Kraft-Verformungskurve und der Risslänge lässt sich die Bruchzähigkeit  $K_{Ic}$  bestimmen.

Der zweitstufige Versuch kann sehr effizient auf einem ZwickRoell Vibrophore durchgeführt werden. Die Rissbildung in der Probe wird durch die mechanisch erstellte Kerbe und dann durch eine zyklische Belastung hervorgerufen. Das sogenannte Anschwingen zur Erzeugung eines definierten Risses erfolgt aufgrund der hohen Frequenz sehr schnell und wegen der hohen Empfindlichkeit der Resonanzfrequenz gegenüber Rissbildung sehr reproduzierbar.

Die am häufigsten verwendete Probengeometrie ist die in Bild 1 gezeigte. Die Probe wird als Kompaktprobe oder CT-Probe (engl. compact tension) bezeichnet. Die Last wird dabei über Stifte in den Bohrungen aufgebracht. Dadurch erhält man eine gemischte Zug- und Biegebelastung.

Neben den CT-Proben werden auch Biegeproben (sogenannte SENB-Proben, Bild 2) eingesetzt. Während der Belastungszustand bei der Biegeprobe einfacher ist als bei der CT-Probe, ist das benötigte Probenvolumen deutlich größer. In den Bildern ist dies gut veranschaulicht.

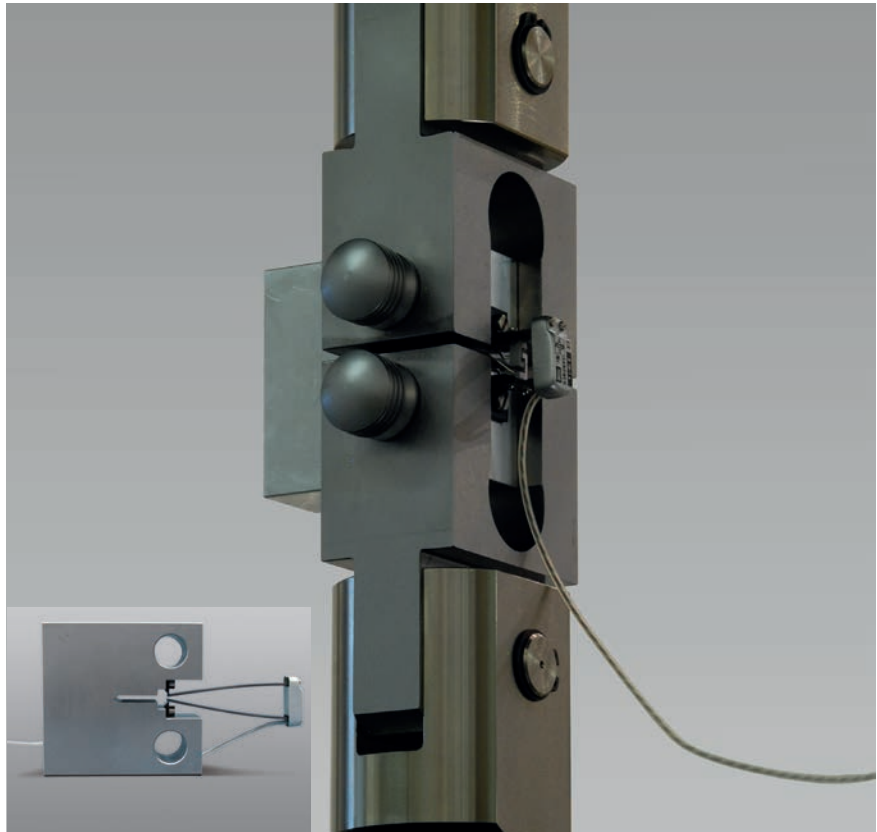


Bild 1: CT Probe in Hochfrequenzpulsator Vibrophore



Bild 2: SENB Probe in Hochfrequenzpulsator Vibrophore



## Kerbschlagbiegeversuch

Für Anwendungen im Pipelinebau und im Schiffsbau ist die Kerbschlagzähigkeit der Werkstoffe eine wichtige Kenngröße. Sie kann mit Pendelschlagwerken an Charpy Proben bestimmt werden. Die gekerbten Normproben werden von Hand, mit einfachen Zuführhilfen oder auch mit automatischen Systemen eingelegt und mit Energien von bis zu 750 J zerschlagen. Für die richtige Temperierung der Proben bietet ZwickRoell entsprechende Temperierbäder bis  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  oder Temperiervorrichtungen bis  $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$  an. Die Maschinenrichtlinie stellt hohe Sicherheitsanforderungen an den Betrieb eines Pendelschlagwerkes. Mit einem Schutzgehäuse und ausgefeilter Sicherheitstechnik erfüllt ZwickRoell alle normativen Anforderungen.

## Fallgewichtsversuch nach Pellini

Einflüsse einer Schweißung auf die Rissbildung von Stahlwerkstoffen werden mit ZwickRoell Pellini-Fallwerken untersucht. Temperierte Normproben werden mit Energien bis zu 1.650 J beaufschlagt. Die Rissbildung oder der Bruch in Abhängigkeit der eingestellten Probentemperatur wird optisch und manuell bewertet.

## Weitere Prüfungen für Grobbleche

- Zugversuch unter erhöhter Temperatur
- Zeitstandversuch
- Biege- und Druckversuch
- Scherversuche/Schweißnahtprüfung
- Schwingfestigkeitsversuch
- Umlaufbiegeprüfung
- Fallgewichtsversuche mit Großfallwerken

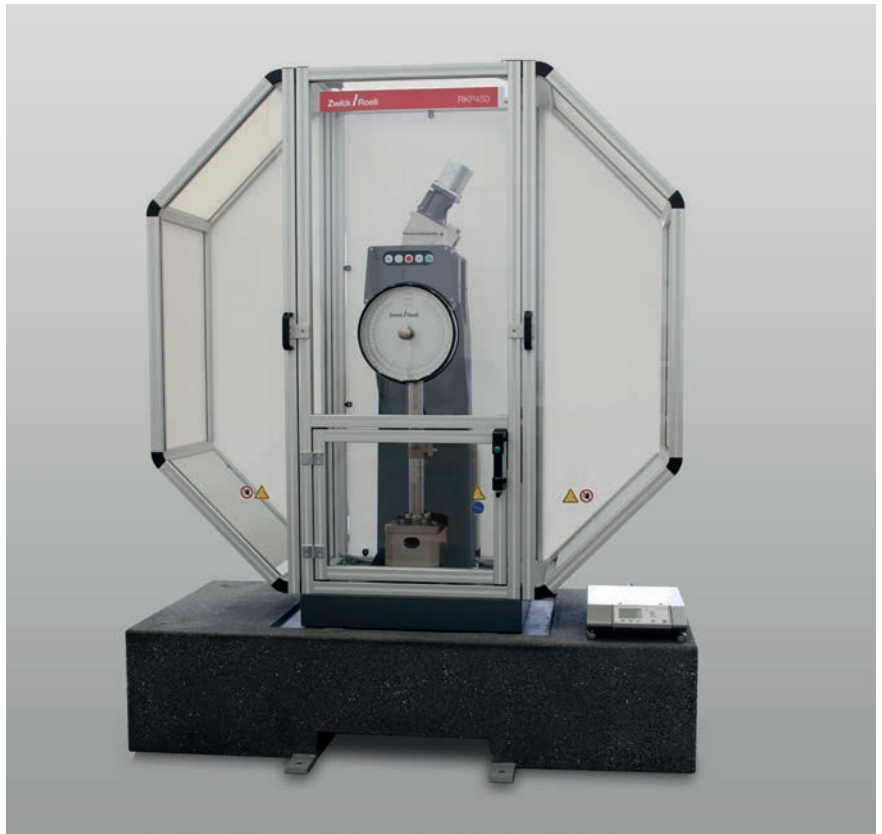
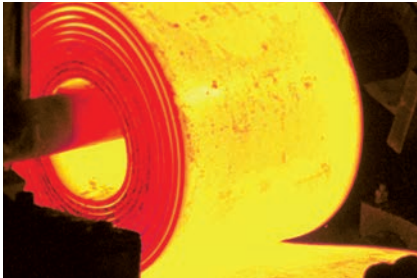


Bild 1: Pendelschlagwerk RKP 450 mit optionalem Betonsockel



Bild 2: Pellini-Fallwerk und Prüfkörper, sowie Proben nach dem Versuch

## 2.3 Band und Blech



Unter Bändern versteht man Stahl und Nichteisenmetallerzeugnisse, die zu Bündeln (Coils) aufgerollt sind; wie das Warmband, welches als Vormaterial für kaltgewalzte Bleche dient.

Warmband wird bis 15 mm Dicke und in Breiten von bis zu 2.200 mm hergestellt. Bandbleche sind aus Warmbreitband geschnittene Bleche mit bis zu 15 mm Dicke und bis zu 2.000 mm Breite.

### Zugversuch mit r- und n-Wert-Bestimmung

Zur Charakterisierung von Umformeingenschaften werden im Zugversuch häufig auch die r- und n-Werte bestimmt. Der n-Wert beschreibt

die Verfestigung – Anstieg der Spannung – während der plastischen Verformung bis zur Gleichmaßdehnung. Der r-Wert beschreibt die senkrechte Anisotropie. Der n-Wert wird aus den Zugspannungsdaten und Dehnungswerten ermittelt. Für den r-Wert wird die Breitenänderung der Zugprobe zusätzlich gemessen. Die Zugproben werden dem Band oder Blech so entnommen, dass sie in bestimmten Winkeln zur Walzrichtung liegen.

Der r-Wert ist u.a. von der Walzrichtung abhängig. Die Blechdicke bleibt als Probendicke erhalten. Die parallele Länge wird durch Fräsen oder Stanzen nebst Nachbearbeitung hergestellt.

Für die Ermittlung der Kennwerte aus dem Zugversuch bietet ZwickRoell ein breites Spektrum von serienmäßigen Prüfsystemen an, mit denen die Prüfungen unter großen Kräften sehr präzise durchgeführt werden können. Für Längen- und Breitenänderungsaufnehmer hat ZwickRoell ein umfangreiches Portfolio, aus dem je nach Kundenwunsch und Rahmenbedingung

die optimale Kombination gewählt werden kann: z.B. ein inkrementaler Längenänderungsaufnehmer vom Typ makroXtens in Kombination mit einem videoXtens Breitenaufnehmer. Diese Kombination zeichnet sich durch hohe Robustheit und einen hohen Automatisierungsgrad sowie einfaches Probenhandling aus. Beide Aufnehmer messen bis zum Bruch der Probe.

### Biaxialer Zugversuch

Eine Besonderheit ist der zwei Achsen Zugversuch. Mit ihm werden die Verformungseigenschaften des Werkstoffs bestimmt. Dieser Versuch wird überwiegend in der Forschung und Entwicklung eingesetzt, weil man mit ihm definierte Spannungswerte im Kreuzungspunkt der Probe einstellen und untersuchen kann. ZwickRoell baut diese Prüfmaschinen nach Kundenwunsch. Die Dehnungsmessung erfolgt in den meisten Fällen optisch. Hier bietet ZwickRoell verschiedene Lösungen an. Für die Messung einer hochauflösenden Dehnungsverteilung arbeitet ZwickRoell mit Partnern zusammen.

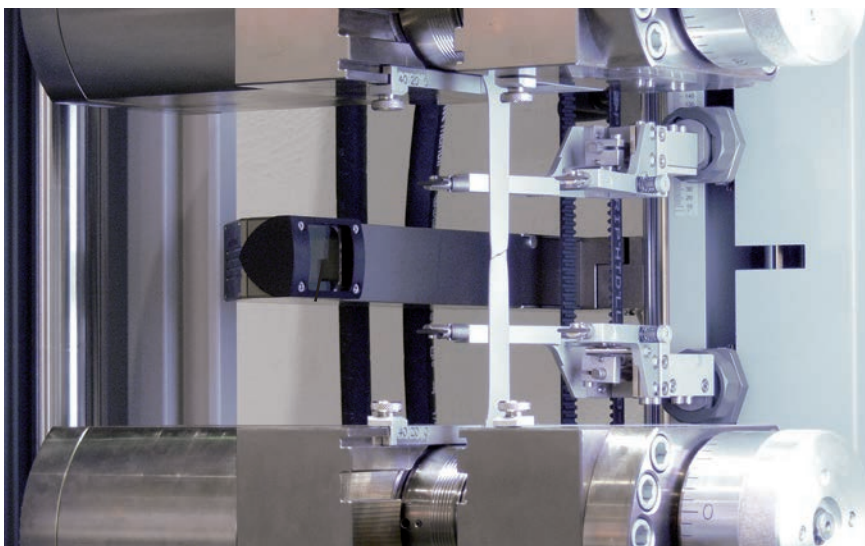


Bild 1: Breitenänderungsaufnehmer videoXtens und Längenänderungsaufnehmer makroXtens



Bild 2: Biaxialer Zugversuch

## 3-Punkt-Biegeversuch

Der 3-Punkt-Biegeversuch dient neben der Kennwertermittlung von Biegeeigenschaften auch der visuellen Beurteilung der Biegekante. Insbesondere das Verhalten von Schweißnähten wird im Biegeversuch visuell begutachtet. Mit verschiedenen Optionen für Biegeprüfeinrichtungen und Anpassung an vorhandene Probenhalter löst ZwickRoell diese Aufgabenstellung.

## Prüfung unter Hochtemperatur

In Anwendungen wie Motorenbau, Kraftwerksbau, Triebwerken und chemischen Anlagen ist das Werkstoffverhalten unter erhöhter Temperatur bis ca. 1.600 °C und mehr von entscheidender Bedeutung.

Hierfür werden vor allem Zugversuche aber auch Biegeversuche unter erhöhter Temperatur durchgeführt.

Die ZwickRoell Gruppe bietet für diese Prüfungen Komplettlösungen an. Diese bestehen aus Ofen mit Temperaturregelung, Probenhaltergestänge, Hochtemperaturdehnungsmessung und weiterem notwendigen Zubehör für die Integration in ZwickRoell Prüfmaschinen.

## Weitere Prüfungen an Band und Blech

- Umformversuch
- Scherversuch/Schweißnahtprüfung
- Zeitstandversuch
- Schwingfestigkeitsversuch
- Hochgeschwindigkeitszugversuch
- Kerbschlagbiegeversuch
- Automatisierung der Versuche

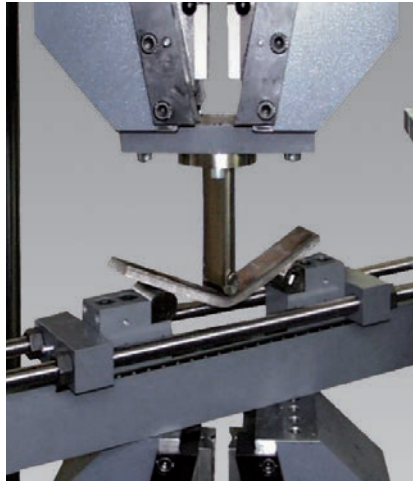


Bild 1: 3-Punkt-Biegeeinrichtung für Blechstreifen

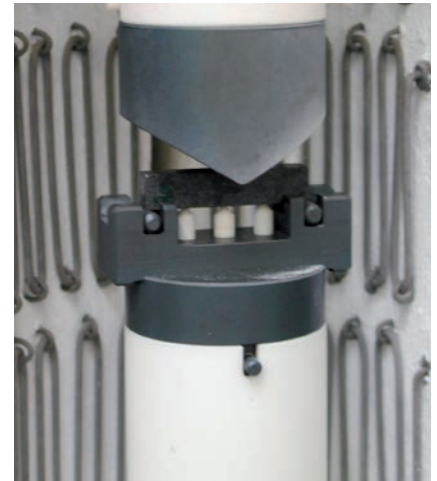


Bild 3: Warmbiegeversuch im Hochtemperaturofen

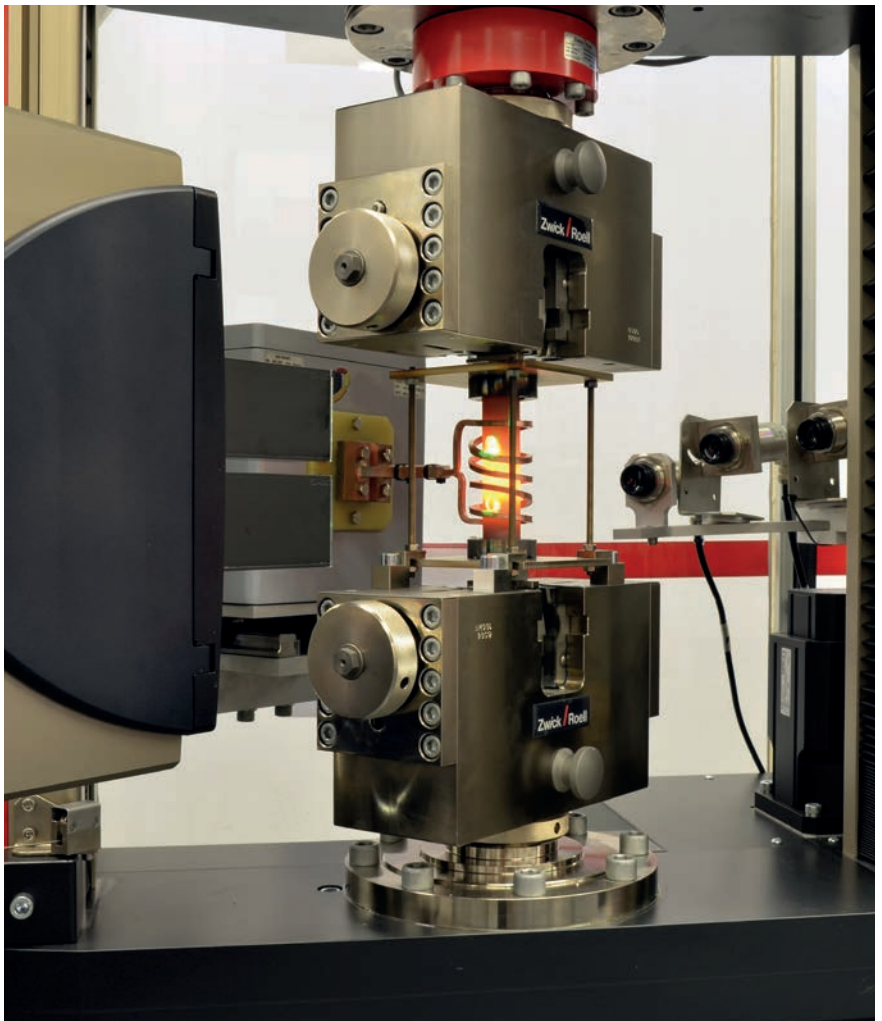


Bild 2: Warmzugversuch mit Induktionsheizung und Längenänderungsaufnehmer laserXtens mit Pyrometer zur Temperaturmessung

## 2.3 Feinblech



Feinbleche sind mit den Folien die letzte Stufe der Produktionskette von Flacherzeugnissen. Feinbleche haben eine Dicke zwischen 0,35 und 3,0 mm; Folien kleiner 60  $\mu\text{m}$ . Feinstbleche decken den Dickenübergang ab. Die Anwendungen dieser Flachprodukte sind vielfältig und weit verbreitet, entsprechend ist auch das Spektrum der Prüfungen umfangreich. In dieser Broschüre sollen nur einige wenige genannt werden.

### Zugversuch mit r- und n-Wert-Bestimmung

Insbesondere gute Umformbarkeit bei gleichzeitig hoher Festigkeit wird von Feinblechen häufig gefordert. Zur Charakterisierung von Umform-eigenschaften werden im Zugversuch die r- und n-Werte bestimmt. Der n-Wert beschreibt die Verfestigung – Anstieg der Spannung – während der plastischen Verformung bis zur Gleichmaßdehnung, der r-Wert die senkrechte Anisotropie. Der n-Wert wird aus den Zugspannungsdaten und Dehnungswerten ermittelt, für den r-Wert wird die Breitenänderung der Zugprobe zusätzlich gemessen.

Die Zugproben werden dem Feinblech so entnommen, dass sie in bestimmten Winkeln zur Walzrichtung liegen. Der r-Wert ist auch von der Walzrichtung abhängig. Die parallele Länge wird durch Fräsen oder Stanzen nebst Nachbearbeitung hergestellt, bei Folien werden Streifen geschnitten. Für die Probenherstellung bietet ZwickRoell den Blechdicken entsprechend unterschiedliche Geräte und Maschinen an; im Fall des Fräsens arbeitet ZwickRoell mit Partnern zusammen, um den Anforderungen nach normgerechten Probenkanten optimal nachzukommen.

Für die Ermittlung der Kennwerte aus dem Zugversuch bietet ZwickRoell ein breites Spektrum von serienmä-

ßigen Prüfsystemen an.

Für Längen- und Breitenänderungsaufnehmer hat ZwickRoell ein umfangreiches Portfolio, aus dem je nach Kundenwunsch und Rahmenbedingung die optimale Kombination gewählt werden kann: z.B. für formstabile Bleche ein Laserspeckle Längenänderungsaufnehmer vom Typ laserXtens in Kombination mit einem videoXtens Breitenänderungsaufnehmer. Diese Kombination ist in einem Gehäuse und System integriert und zeichnet sich durch hohe Robustheit, hohe Messgenauigkeit und einfaches Handling aus. Der Bediener kann die Proben leichter wechseln, weil keine berührenden Elemente mehr in Probennähe sind.



Bild 1: Zugversuch an Feinblechproben mit Längenänderungsaufnehmer laserXtens Array

## Umformversuche

Gute Umformeigenschaften sind für Feinbleche sehr gefragt. Typische Umformvorgänge, wie das Tiefziehen und das Streckziehen werden mit genormten Prüfverfahren nachgestellt. ZwickRoell prüft mit Blechumform-Prüfmaschinen des Typs BUP die gefragten Eigenschaften und stellt hierfür Prüfmaschinen mit Ziehkräften bis zu 1.000 kN zur Verfügung.

Ein wichtiger, aber aufwendiger Versuch ist die Bestimmung der Grenzformänderungskurve, aus der Konstrukteure Grenzdehnungen entnehmen können, die in formgebenden Prozessen nicht überschritten werden sollten. Für die notwendige optische Messtechnik zur Aufnahme der Dehnungen während des Ziehprozesses arbeitet ZwickRoell mit hochspezialisierten Partnern zusammen.



Bild 2: Blechumform-Prüfmaschine BUP 200 mit optischem Messsystem



Bild 1: Tiefungswerkzeug für Erichsen-Test



Bild 3: Versuchsergebnis nach Erichsen-Test

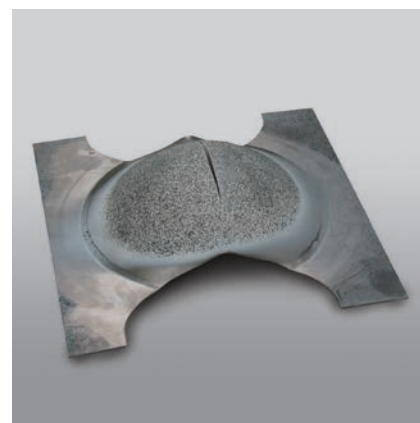


Bild 4: Probe aus FLC-Versuch (Nakajima)

## Schnellzerreiversuch

Für Anwendungen in der Automobilindustrie ist das Werkstoffverhalten bei hohen Dehnraten entscheidend. Bei einem Unfall werden hohe Geschwindigkeiten bei der Verformung des Materials erreicht, die für die Auslegung der Automobile zwingend berücksichtigt werden müssen. Die nötigen Kennwerte werden auf Schnellzerreimaschinen der Serie HTM bestimmt. Diese servohydraulischen Prüfmaschinen erreichen an den Proben 20 m/s bei Kräften von bis zu 160 kN.

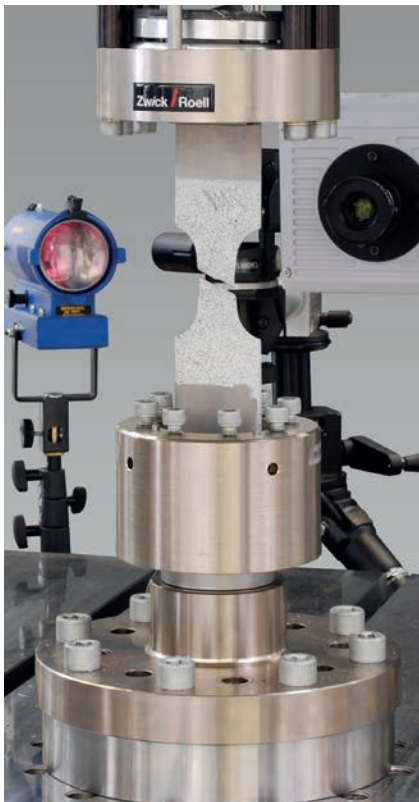


Bild 1: Metallprobe in Schnellzerrei-Prüfmaschine HTM

## Draw-Bead-Test an Stahlblechen

Die Prüfung hat das Ziel den Reibungskoeffizienten zwischen Stahlblech und Tiefziehwerkzeug zu bestimmen, um damit den idealen Schmierstoff für die Umformung zu ermitteln. Dies ermöglicht Falten und Risse zu vermeiden und so einen optimalen Umformprozess sicherzustellen. Die Draw-Bead-Einrichtung kann in eine Standard-Prüfmaschine eingebaut werden

Für die Prüfung wird ein Blechstreifen mit den typischen Abmessungen (300 mm x 30 mm x 2 mm) in den oberen Probenhalter axial eingespannt und das Draw-Bead-Werkzeug geschlossen. Anschließend wird der Blechstreifen

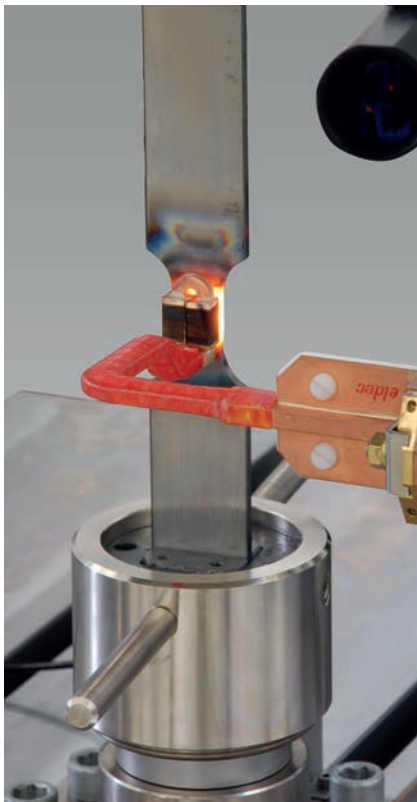


Bild 2: Schnellzerreiversuch unter Hochtemperatur

durch das Draw-Bead-Werkzeug gezogen. Dieser Vorgang kann automatisch wiederholt werden. Die Anzahl der Wiederholungen ist einstellbar. Zuverlässige und reproduzierbare Messwerte sind durch die digital geregelte Klemmkraft des Draw-Bead-Werkzeugs garantiert. Die Stempel des Werkzeugs können schnell ausgetauscht werden, um verschiedene Prfspezifikationen abzudecken.

## Weitere Prüfungen für Feinblech

- Biege- und Druckversuch
- Härteprüfung
- Scherversuch/Schweißnahtprüfung
- Automatisierung der Versuche

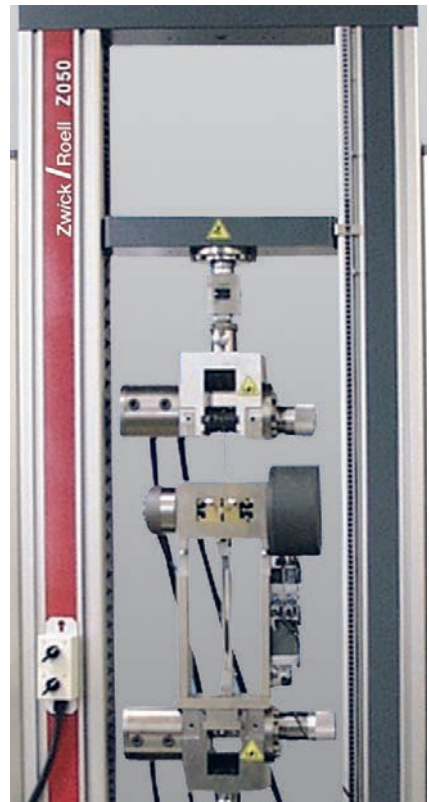


Bild 3: Material-Prüfmaschine Z050 mit Draw-Bead Werkzeug

## 2.5 Stangen und Stäbe



Stangen und Stäbe sind rund oder kantig geformte Langprodukte mit Querschnitten von bis zu 240 x 320 mm<sup>2</sup>, die im Walz- und Schmiedebereich vielfältige Anwendungen finden: als Ausgangsprodukt für Walzdrähte und Profile ebenso wie für Schmiedeteile in der Fahrzeugindustrie wie Pleuel, Kurbelwellen und Eisenbahnschienen oder auch Generator- und Turbinenwellen in der Energietechnik; als Endprodukte beim Brückenbau und Schiffsbau ebenso wie im Apparate- und Behälterbau.

Entsprechend ihrer Verwendung sind die Anforderungen an die mechanisch-technologischen Eigenschaften vielfältig: von hochfest für Strukturwerkstoffe bis duktil für nachfolgende Umformprozesse.

### Zugprüfung

Je nach Erzeugnisform oder in Erzeugnisnormen festgelegt, werden dem Produkt Proben entnommen und für die Zugprüfung hergestellt. Dabei können als Proben auch Abschnitte der Produkte direkt für die Prüfung verwendet werden, wenn der Querschnitt des Produkts dies zulässt. Die erforderlichen Kräfte erreichen dabei schnell Bereiche von über 2.500 kN. ZwickRoell hat kundenspezifische Systeme bis 5.000 kN bereits erfolgreich im Einsatz. An die Probenhalter und die Klemmung der Proben werden in solchen Fällen besondere Anforderungen gestellt.

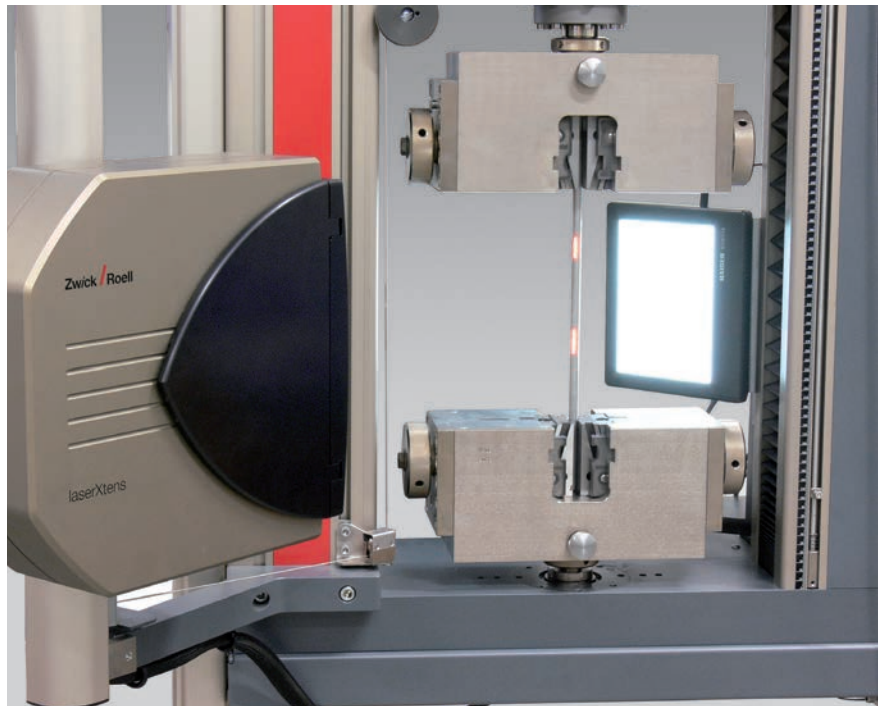


Bild 1: Längenänderungsaufnehmer laserXtens mit Option videoXtens für Breitenänderung

ZwickRoell entwickelt hierfür nicht nur Probenhalter, sondern auch Techniken, damit die Proben nicht aufgrund von Klemmwirkungen frühzeitig versagen.

### Härteprüfung

Die angewandten Verfahren reichen von der Mikro-Vickers-Prüfung zur Charakterisierung von Gefügen über Rockwellprüfungen bis hin zur Großlast-Brinellhärteprüfung HBW10/3000. Weil die Härteprüfung einfach und zuverlässig ist, wird sie häufig durchgeführt und zu anderen Kenngrößen in Korrelation gesetzt. Bei Langprodukten wird häufig die Härtebestimmung des Materials bestimmt, in dem nach einem Anlass- und Abschreckversuch die Härteverteilung längs eines Stabes ermittelt wird (Jominy-Test). ZwickRoell hat für alle geforderten Härteprüfverfahren entsprechende Härteprüfmaschinen im Produktportfolio insbesondere auch automatisierte Jominy-Tester.



Bild 2: Jominy-Test an Einzelprobe

## Ermüdungsprüfung

Die Einsatzbereiche der Produkte in der Verkehrs- und Energietechnik stellen besondere Anforderungen an die Sicherheit der Produkte und daraus gefertigter Bauelemente. In Ermüdungsversuchen werden Kennwerte zur Betriebsfestigkeit und Dauerfestigkeit ermittelt, die bei der Materialwahl und der konstruktiven Auslegung von Teilen eine nicht selten sicherheitsrelevante Bedeutung haben. Geprüft werden die Proben unter Wechsellastbedingungen, auch unter wechselnden Druck-Zug-Belastungen. ZwickRoell bietet hier standardmäßig Schwingfestigkeitprüfmaschinen mit elektromagnetischem Antrieb bis 1.000 kN an. Die größte servohydraulische Prüfmaschine im Einsatz reicht bis an Kräfte von 5.000 kN.

- Robuste, in der Praxis erprobte, servohydraulische Anlagen
- Robuste Anlagen mit elektromagnetischem Resonanzantrieb
- Probeneinspannungen für alle relevanten Versuche
- Regelung, Steuerung, Auswertung entwickelt und gebaut/programmiert bei ZwickRoell

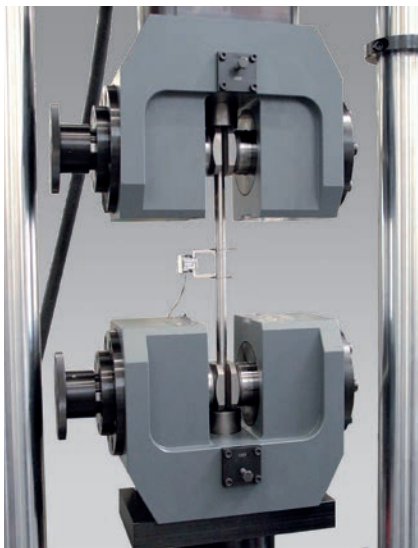


Bild 1: Ermüdungsversuch an Rundprobe

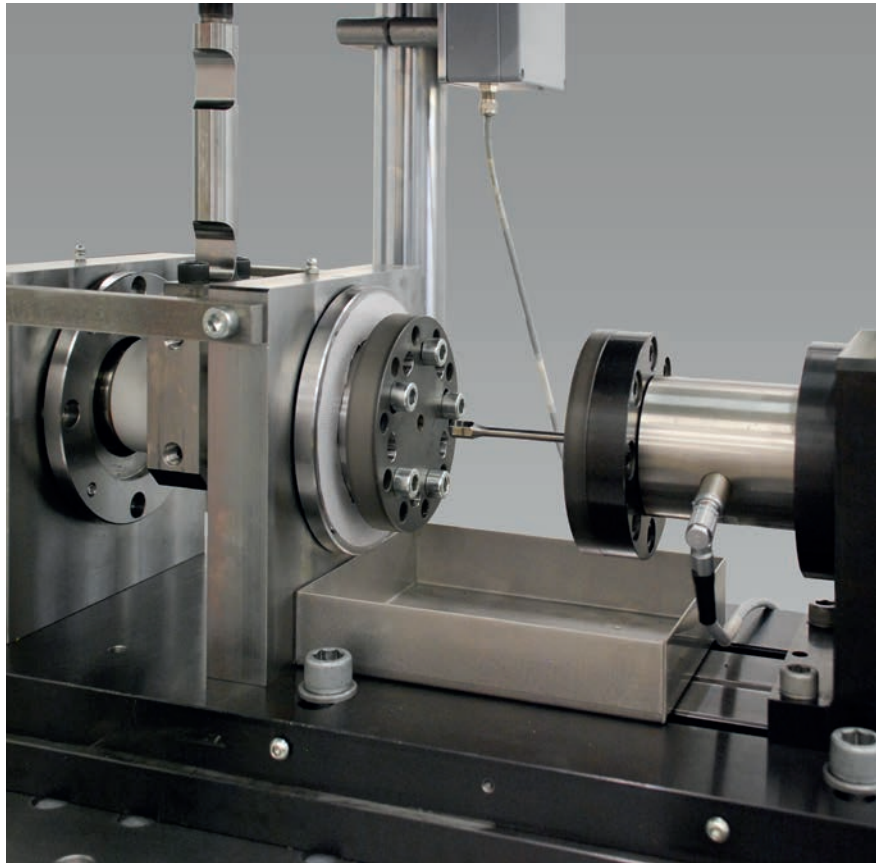


Bild 2: Torsionsprüfvorrichtung für Hochfrequenzpulsator Vibrophore

## Ermüdung unter Torsionsschwingung

Bei Produkten kann das Verhalten unter Torsion von Interesse. Für den statischen Fall bietet ZwickRoell Antriebe, die in Kombination mit Material-Prüfmaschinen Drehmomente in die Probe einbringen und entsprechende Kennwerte ermitteln können. Dabei ist es auch möglich mehrere Kraftachsen zu überlagern und das Material seiner Verwendung entsprechend zu prüfen.

In Fällen der Ermüdungsprüfung unter hoher Drehmomentwechsellast, können mit speziellen Vorrichtungen im Vibrophore Frequenzen bis über 60 Hz erreicht werden. Aufgrund der Nutzung von Resonanzbedingungen ist die Prüfung nicht nur schnell

sondern auch kostengünstig durch geringen Energieverbrauch.

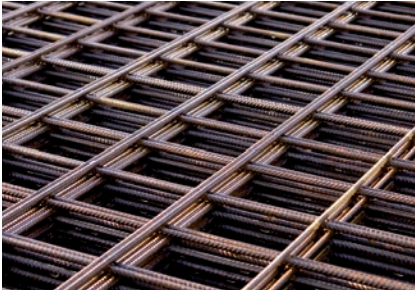
- Kundenspezifischer Vorrichtungsbau
- Schnelle Prüfung
- Hohe Energieeffizienz
- Sehr geringer Wartungsbedarf

## Weitere Prüfungen für Stangen und Stäbe

- Zugversuch unter erhöhter Temperatur
- Zeitstandversuch
- Biege- und Druckversuch
- Umlaufbiegeversuch
- Kerbschlagbiegeversuch
- Bruchmechanikversuch



## 2.6 Profile und Betonstahl



Profile aus verschiedenen Werkstoffen werden aus Vormaterial wie Knüppel oder Stangen gewalzt oder gezogen, in manchen Fällen aus Stabmaterial auch geschweißt. Sie werden in einer unübersehbaren Anzahl von Anwendungen eingesetzt, daher sind die mechanisch-technologischen Prüfungen sehr vielfältig und unterschiedlich. Zusammen mit dem Armierungsstahl oder Betonrippenstahl, der aus Hoch- und Tiefbau nicht wegzudenken ist, bilden sie eine Gruppe wichtiger Strukturwerkstoffe. Sie unterliegen – wie im Fall des Betonstahls – einer behördlichen Kontrolle.

### Zugversuch

Weil Beton zwar sehr druckbeständig aber weniger zugbelastbar ist, wird er mit in ihm eingebettetem Stahl verstärkt. Die Armierungsstähe werden hauptsächlich in einem Durchmesserbereich von ca. 5 mm bis ca. 60 mm hergestellt.

Die kleineren Durchmesser werden dann weiter zu Matten oder Gitterträgern verarbeitet bevor sie vor Ort mit Beton vergossen werden.

Eine besondere Herausforderung ist das Prüfen dieser gerippten Stähle, weil außer dem Ablängen keine weitere mechanische Probenvorbereitung stattfindet. Die notwendige Dehnungsmessung an der Probe zur präzisen Ermittlung der Streckgrenze wird überwiegend mit dem Längenänderungsaufnehmer makroXtens realisiert. Er nimmt die Dehnung bis zum Bruch sicher auf, ohne selbst in Mitleidenschaft gezogen zu werden. Die optischen Längenänderungsaufnehmer stehen heute in Präzision den mechanischen nicht mehr nach.

### Biegeversuch

Biegeversuche an Armierungsstahl dienen dazu, die Formbarkeit zu prüfen. Dabei darf die Probe nicht an Festigkeit verlieren und bei der visuellen Prüfung dürfen keine Risse festgestellt werden. Je nach Norm

werden verschiedene Stempelradien und Auflager definiert.

Der Biegewinkel beträgt in aller Regel 90° oder 180°. ZwickRoell realisiert diesen Versuch mit hydraulischen Prüfmaschinen und den Standards entsprechenden Biegevorrichtungen.

Falls gewünscht, können bei elektro-mechanischen Prüfmaschinen auch zwei Arbeitsräume eingerichtet und dann für Biege- und Zugversuche genutzt werden. Der Umbau eines Prüfaufbaus kann dann entfallen.

- Einschubsystem für einfaches Adaptieren der Biegevorrichtung
- Biegevorrichtungen entsprechend der Standards
- Nutzung von zwei Prüfräumen in einer Prüfmaschine
- Optionaler seitlicher Arbeitsraum



Bild 1: Zugversuch an Betonrippenstahl mit Längenänderungsaufnehmer makroXtens

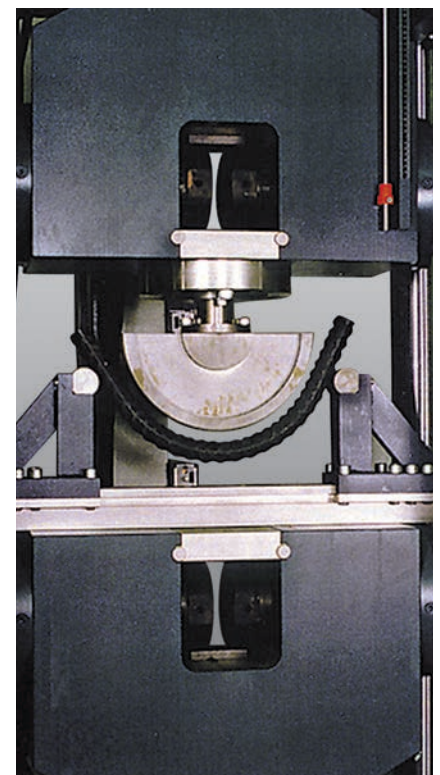


Bild 2: Biegevorrichtung für Betonrippenstahl, eingebaut in Probenhalter für Zugversuche

## Scherzugversuch

Bei Matten und Gitterträgern zur Armierung werden die Schweißpunkte auf Abscherung geprüft. Hierfür werden Proben aus geschweißten Matten und Gitterträgern getrennt und in spezielle formschlüssige Probenhalterungen eingelegt. Diese Probenhalter müssen für diese Art der Prüfung genau an die Durchmesser und die Stellung der Rippendrähte angepasst sein, um die Scherkräfte nicht zu beeinflussen. ZwickRoell verfügt in diesem Gebiet über jahrzehntelange Erfahrung und hat umfangreiches Zubehör entwickelt.

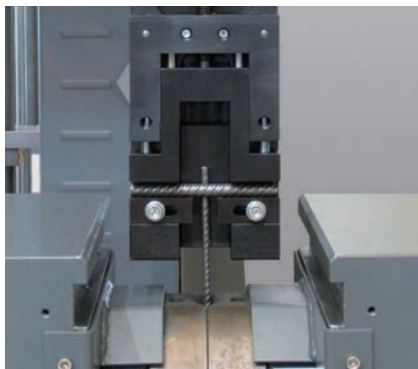


Bild 1: Schweißnahtprüfung an T-Verbindung

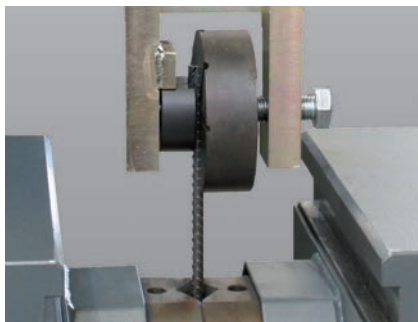


Bild 2: Abscherversuch an Gitterträger

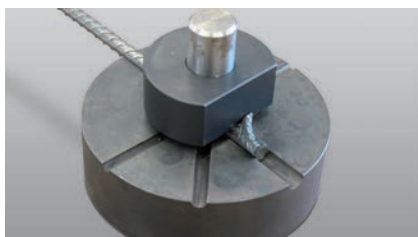


Bild 3: Detailaufnahme der Prüfvorrichtung

## Automatisierung Betonstahlprüfung

Armierungsstahl wird in großen Mengen hergestellt und muss dauerhaft zur Produktionsüberwachung geprüft werden. ZwickRoell hat Automatisierungssysteme zur Prüfung entwickelt, bei denen die Proben, von Stangenmaterial abgelängt, aus Matten und Gitterträgern herausgetrennt, manuell in Magazine gefüllt und dann aber vollautomatisch geprüft werden. Auch ein Verfahren zur künstlichen Alterung bei 100 °C kann in ein solches Prüfsystem integriert werden.

Dabei werden die Querschnitte normgerecht automatisch mit hoher Genauigkeit bestimmt und die Proben je nach Prüfergebnis optional auch für eine spätere visuelle Kontrolle sortiert.

- Kundenspezifische Gesamtlösungen
- Integration aller relevanten Prüfungen
- Hohe Verfügbarkeit
- Hilfreiche Optionen für die Weiterleitung von Störungsmeldungen

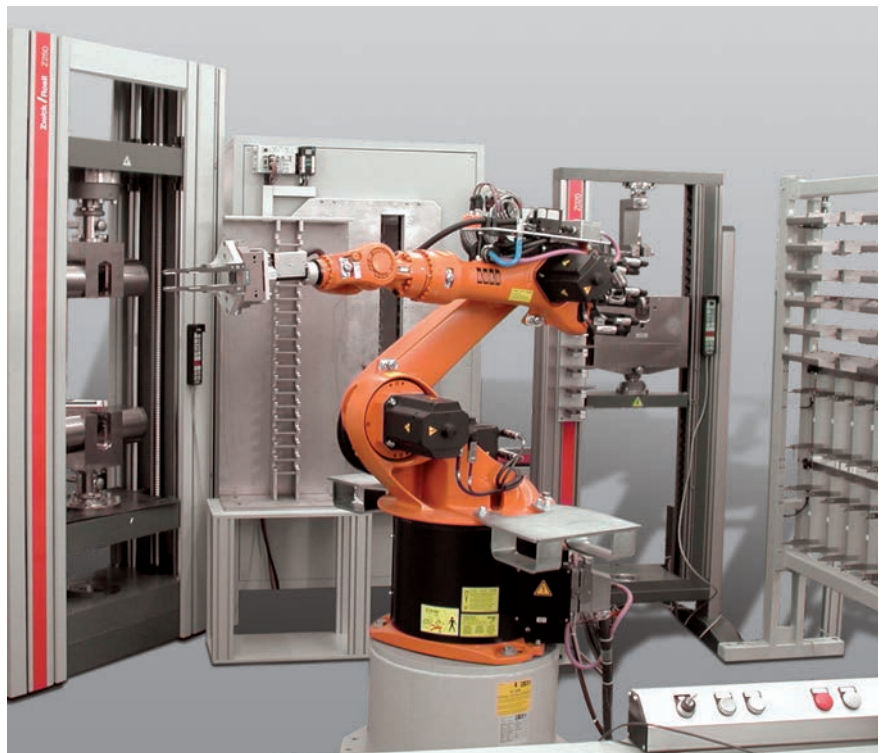


Bild 4: Roboter-Prüfsystem für Betonstahlprüfung roboTest R



Bild 5: Automatische Längenmessung

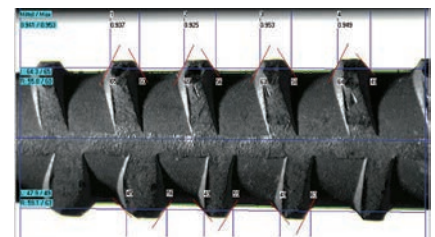


Bild 6: Automatische Rippenvermessung

## Zyklischer Versuch

Für die Erdbebensicherheit von Hochbauten müssen Armierungsstähle für bestimmte Länder spezifischen Tests unterworfen werden. Dabei werden nach Norm zyklische Zug-Druck-Versuche an abgelängten Rippenstahlstäben durchgeführt, die den elastischen Bereich der Probe deutlich verlassen. Einspannlänge, Hub und Frequenz werden durch die Normung in Abhängigkeit des Probendurchmessers festgelegt. Nach dem Versuch wird die verformte Probe visuell auf Risse untersucht.

Die Leistung oder die für diese Versuche benötigte kurzzeitige Energie ist erheblich. ZwickRoell hat für diesen Versuch eine servo-hydraulische Prüfmaschine mit Druckspeicher entwickelt, damit Kräfte von über 1.200 kN bei Hüben von mehr als 20 mm mit über 1 Hz aufgebracht werden.

- Erdbebenversuche nach Norm
- Hydraulische, parallel schließende Probenhalter für Druck- und Zugbelastung



Bild 1: Großlast-Prüfmaschine für Erdbebenversuche nach Norm

## Ermüdungsversuch

Armierungsstähle müssen nach Norm eine bestimmte Betriebsfestigkeit aufweisen, die nachgewiesen werden muss. Diese Schwingfestigkeitsversuche werden am schnellsten und wirtschaftlichsten mit Resonanzpulsatoren durchgeführt.

ZwickRoell bietet mit seinem Vibrophore eine optimale Lösung für diese Anwendung bis 1.000 kN. Die Proben können einen Durchmesser bis zu 36 mm haben, ab 14 mm müssen sie vergossen werden, hierfür gibt es eine Vergießvorrichtung.



Bild 2: Probenhalter und Probenverguss für Betonrippenstahl

## 2.7 Draht und Kabel



Draht ist eine sehr weit verbreitete Erzeugnisform von Metallen; alle Metalle können zu Draht geformt werden.

Drähte finden in allen produzierenden Industriebranchen ihre Verwendung: im Bauwesen, in der Elektrotechnik und Energietechnik, im Flugzeugbau und Automobilbau, in der Medizintechnik.

Zu Kabeln geflochten hat Draht tragende Eigenschaften, die bei Drahtseilbahnen, Liften, Kranen sowie Brückenbau, Verankerungen und Befestigungen Anwendung finden.

Wegen der unterschiedlichsten Anwendungen sind auch die mechanisch-technologischen Anforderungen sehr verschieden und die Prüfung von Kennwerten häufig im hohen Maße sicherheitsrelevant.

### Zugversuch an Draht

Zugversuche an Draht sind eine Herausforderung an die Probenhalter. Drähte können sehr dünn und gleichzeitig von sehr hoher Festigkeit sein. Sie können zur Prüfung nicht bearbeitet werden und werden daher als Abschnitte gespannt. Allein das Klemmen zwischen Spannbacken kann Ursache für Versagen an nicht gewollter Stelle sein. ZwickRoell hält hier Probenhalter mit verschiedenen Klemmtechniken für die sichere Prüfung bereit. Für die Dehnungsmessung kann bei dünnen Drähten der optische Längenänderungsaufnehmer videoXtens eingesetzt werden, bei dickeren Drähten optische oder berührende Langwegaufnehmer.

- Weites Spektrum von Spannwerkzeugen für Einzeldrähte
- Für jede Anwendung der richtige Längenänderungsaufnehmer

### Zugversuch an Spannlitze

Bei Spannlitzen sind mehrere Drähte ineinander gewunden, die sich unter Zugbelastung zu entwinden versuchen. Hier bietet ZwickRoell eine spezielle Klemmtechnik, die nicht zum vorzeitigen Versagen an ungewollter Stelle führt. Der Bruch dieser Spannlitzen geht meistens einher mit dem Ausschlagen einzelner Drähte. Berührende Längenänderungsaufnehmer werden hier sehr schnell beschädigt, daher setzt ZwickRoell hier auf optische Langwegaufnehmer mit einem Messweg bis 900 mm und einer hohen Auflösung von 1,5 µm über den gesamten Messweg

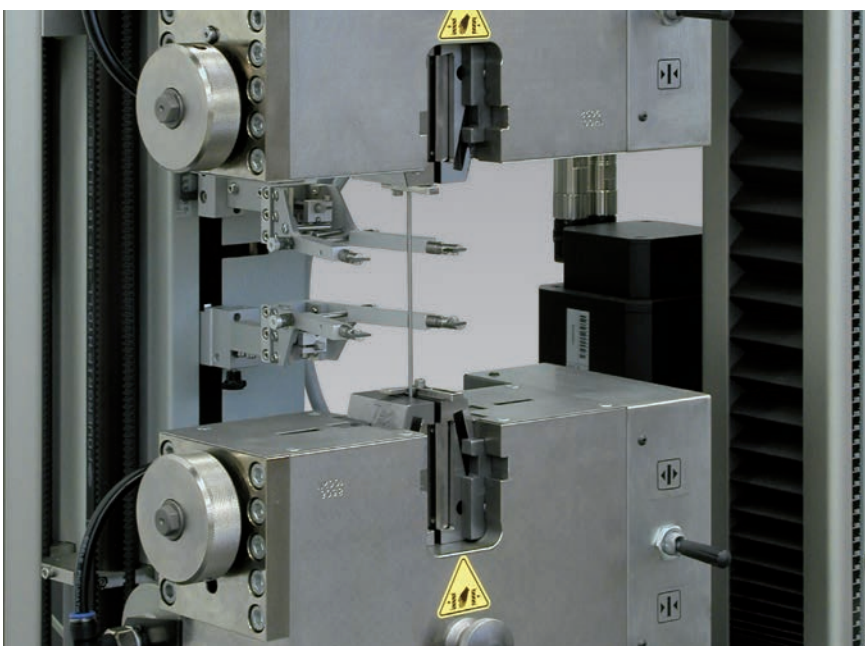


Bild 1: Zugversuch an Feindraht mit Längenänderungsaufnehmer makroXtens



Bild 2: Klemmvorrichtung für Spannlitzen

## Zugversuch an Drahtseilen

Für Zugversuche an Drahtseilen sind neben hohen Kräften auch hohe Dehnungen zu berücksichtigen. Das führt bei Versagen dazu, dass gerissene Einzeldrähte mit hoher Energie zurückschlagen. Sicherheitsvorkehrungen müssen getroffen werden, damit von der Prüfung keine Gefahren ausgehen.

## Umlaufbiegeversuch

Drähte werden in vielen Anwendungen unterschiedlichen Wechselbeanspruchungen ausgesetzt. Die Ermittlung der Betriebsfestigkeit kann in Umlaufbiegeversuchen einfach und schnell durchgeführt werden. Die mit hoher Drehzahl (bis 6.000 U/min) rotierende Probe wird zusätzlich mit einer Kraft senkrecht zur Drehachse belastet. Diese Biegung sorgt zusammen mit der Drehung für eine Zug-Druck-Wechselbeanspruchung der Proben. Die Probenvorbereitung, insbesondere eine makellose Oberfläche, sind hierbei von besonderer Wichtigkeit.



Bild 1: Horizontale servohydraulische Prüfmaschine für zyklische Drahtseilprüfung

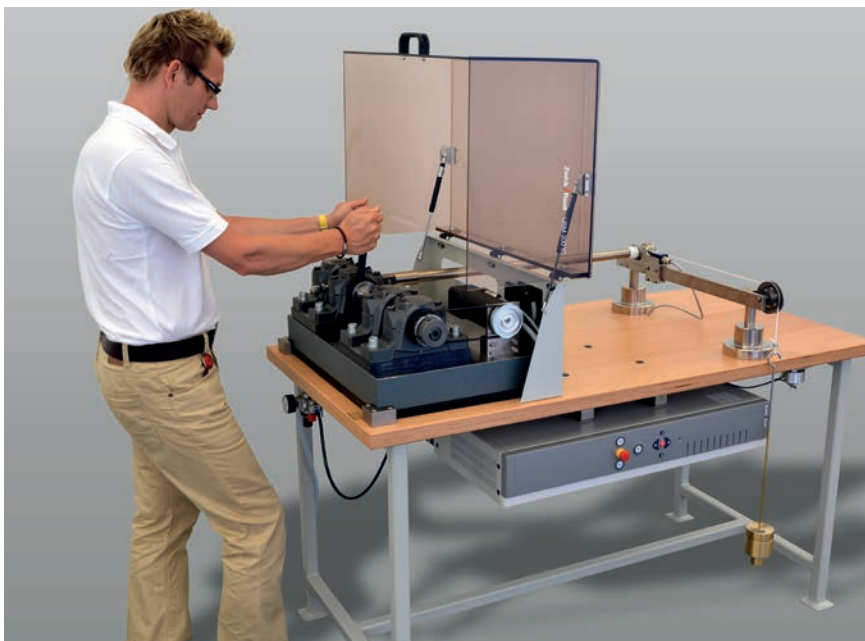
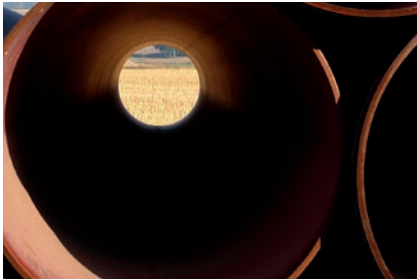


Bild 2: Umlaufbiege-Prüfmaschine UBM

## Weitere Prüfungen für Draht und Kabel

- Torsionsprüfung
- Härteprüfung
- Schwingfestigkeitsversuch

## 2.8 Rohre



Rohre transportieren Granulate, Flüssigkeiten und Gase; aggressive wie neutrale Materialien.

Rohre werden in sehr unterschiedlichen Umgebungen eingesetzt, in Kernkraftwerken, in und über der Erdoberfläche beim Transport von Erdöl und Erdgas, in Motoren zur Treibstoffzufuhr und zur Abgasableitung, in der chemischen Industrie.

Aus diesen Gründen werden Rohre aus unterschiedlichen Materialien und Legierungen hergestellt mit unterschiedlichen Produktionsprozessen. Die Anzahl der Erzeugnisformen scheint unbegrenzt.



Bild 1: Rohrwandprobe

## Zugversuch

Entsprechend den Erzeugnisformen sind die Möglichkeiten Zugproben aus oder von Rohren zu prüfen verschieden. Dünne Röhrrchen werden an den Enden auf ausreichender Länge gequetscht und dann gezogen. Bei größeren Durchmessern werden Kerne eingesetzt, um eine Vorschädigung durch Quetschung zu vermeiden. Bei großen Rohren entnimmt man aus der Rohrwand Material und fertigt hieraus Normproben. Unter Umständen haben Proben – in Längsrichtung genommen – die Krümmung des Rohrradius; für die sichere und vorschädigungsfreie Prüfung ist dieser Radius ggf. mit entsprechenden Gegenstücken auszugleichen. ZwickRoell stellt hier nicht nur Zugprüfmaschinen von 500 N bis 2.500 kN bereit, sondern auch die geeigneten Probenhalter.

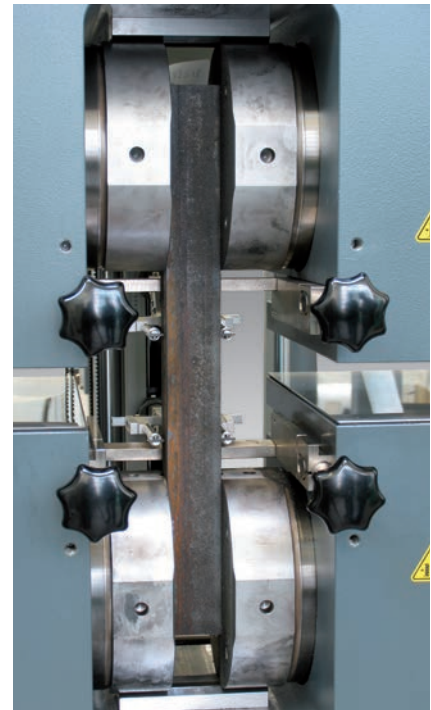


Bild 3: Zugversuch an Rohrwandprobe



Bild 2: Großlast-Prüfmaschine mit beidseitig schließenden hydraulischen Probenhaltern

## Druckversuch

Scheiteldruckversuche an Rohren werden durchgeführt, um die Stabilität aber auch die Formbarkeit der Rohre zu prüfen. Diese Eigenschaften können insbesondere bei Erdverlegung von besonderer Bedeutung sein, wenn Erdbeben die Sicherheit der Rohrleitungssysteme nicht gefährden dürfen. Je nach Durchmesser der Rohre können die Prüfräume der ZwickRoell Materialprüfmaschinen so eingerichtet werden, dass die Handhabung der Proben einfach und zeitsparend ist.

## Fallgewichtsversuch

Für große Öl- und Gasleitungen werden Proben aus der Rohrwand einem Fallgewichtstest nach der API 5L unterzogen. Proben mit Höhe der original Wandstärke und Breiten von einigen Zentimetern werden schlagartig durch ein herabfallendes Gewicht mit Finne belastet. Die Energie – Gewicht und Ausklinkhöhe – wird so eingestellt, dass die Probe bricht und so die Bruchfläche visuell beurteilt werden kann. ZwickRoell stellt für die Art der Prüfungen Fallwerke bis zu Energien von 120.000 J her.

## Weitere Prüfungen für Rohre:

- Zugversuch unter erhöhter Temperatur
- Härteprüfung
- Schweißnahtprüfung
- Schwingfestigkeitsversuch
- Kerbschlagbiegeversuch
- Zeitstandversuch



Bild 1: Scheitel-Druckversuch an Spezialrohr

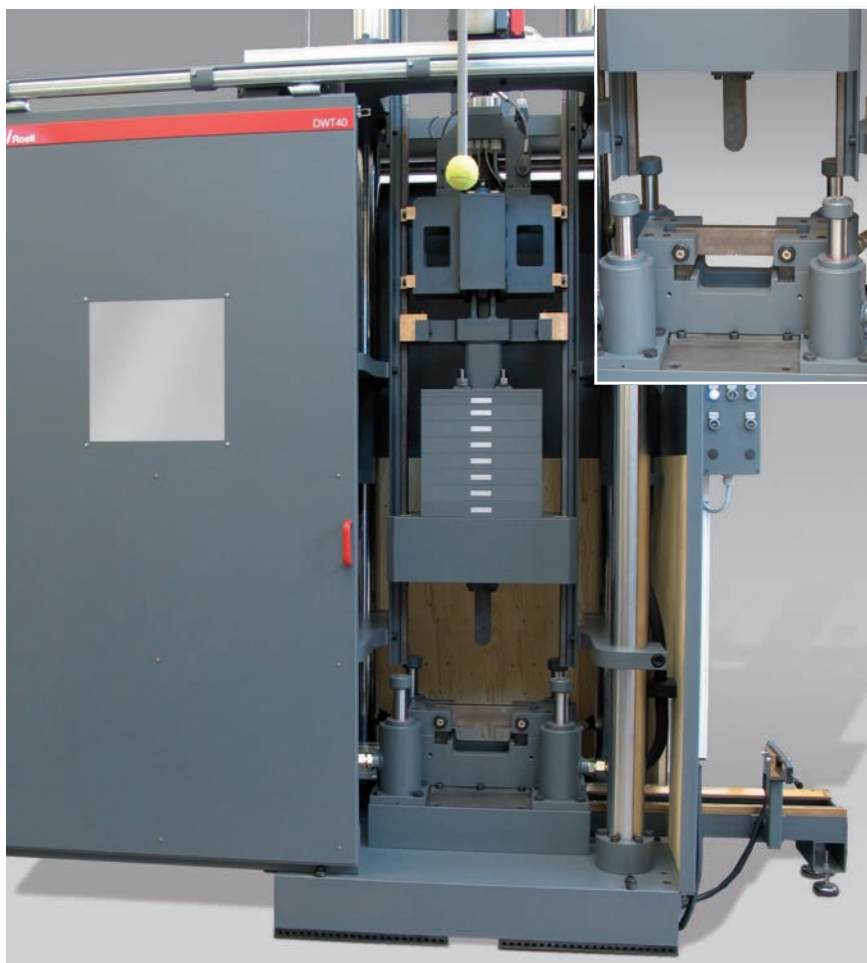


Bild 2: Probe in Großfallwerk DWT

## 2.9 Guss- und Schmiedeteile



Guss- und Schmiedeteile finden überwiegend in der Automobilindustrie und im Flugzeugbau aber auch im Kraftwerksbau Verwendung. Mit der Gießtechnik können formkomplexe Teile kostengünstig hergestellt werden. Dabei wird insbesondere im Motorenbau immer mehr der Leichtmetallguss zur Gewichtsreduktion eingesetzt. Für extreme Anforderungen an Festigkeit, Druck oder schlagartigen Belastungen werden geschmiedete Teile eingesetzt. Kurbelwellen und Pleuelstangen sind Beispiele im Motorenbau; Generator- und Turbinenwellen Beispiele im Kraftwerksbau.

### Ermüdungsversuch

In der Praxis kommt es gerade bei Guss- und Schmiedeteilen auf die sichere Abschätzung der Betriebsfestigkeit an. Dafür werden Proben aber insbesondere auch ganze Bauteile wie zum Beispiel geschmiedete Pleuel unter zyklischer Belastung intensiv geprüft. Die Betriebsbedingungen werden in Resonanzprüfmaschinen des Typs Vibrophore nachgestellt und Bauteile mit zyklischen Kräften von bis zu 1.000 kN mit Frequenzen von bis zu 285 Hz beansprucht. Neben diesen sehr effizienten und kostengünstigen Vibrophores hat ZwickRoell sein Produktportfolio bei den servohydraulischen Prüfmaschinen stark erweitert.

### Zugversuch

Guss- und Schmiedeteile werden so gefertigt, dass sie mit möglichst wenig weiterer Bearbeitung ihrem Zweck entsprechend eingesetzt werden können. Für die Zugprüfung bedeutet dies entweder die Entnahme von Proben an spezifizierten Stellen oder die Verwendung des Bauteiles als Ganzes, um die Zugfestigkeiten zu ermitteln. Für die Bauteile erfordert dies neben bauteilespezifischen Halterungen und Befestigungen auch hohe Prüfkräfte, während die Herstellung von Proben aufgrund von Bauteilgeometrien häufig zu kleinen Endabmessungen



Bild 1: Zugversuch an Rundprobe



Bild 2: Ermüdungsprüfung an Pleuel

bei den Proben führt. Für kleine Rundproben bietet ZwickRoell spezielle Probenhalter, die einfach in der Handhabung sind und auch den Einsatz von automatischen Längenänderungsaufnehmern noch zulassen; für die kompletten Teile ein umfangreiches Zubehör- und Optionpaket.

### Härteprüfung

Der Härtewert ist bei Guss- und Schmiedeteilen eine wichtige Kenngröße zur Überwachung des Herstellungsprozesses. An den Bauteilen wird häufig das Verfahren nach Brinell mit hohen Prüfkräften angewandt, um mit großen Eindrücken einen stabilen Mittelwert über die Gefügebestandteile zu gewinnen.

Die Härte von Gefügebestandteilen wird an Probenschliffen mit der Mikrohärtigkeit nach Vickers geprüft. ZwickRoell bietet hier neben komfortablen Brinellhärteprüfmaschinen mit automatischer Vermessung der Eindrücke bis zur Laststufe 250 kg auch ein umfangreiches Programm für Mikrovickersgeräte von manuell bis vollautomatisch.



Bild 3: Rockwellprüfung an wärmefließgepressten Motorventilen

### Weitere Prüfungen für Guss- und Schmiedeteile:

- Zugversuch unter erhöhter Temperatur
- Zeitstandversuch
- Torsionsversuch
- Umlaufbiegeversuch
- Kerbschlagbiegeversuch



## 2.10 Befestigungselemente



Befestigungselemente sind zunächst einmal Schrauben und Muttern in allen Variationen. Aber auch Haken und Ösen sowie Bolzen und Nieten verbinden Teile, die unter Beanspruchung nicht getrennt werden sollen. Die Verbindungstechnik allgemein, insbesondere die Schweißtechnik und deren Verbindungen sollen in dieser Gruppe mitbetrachtet werden.

## Zugversuch

Schrauben sind Bauteile, die auf ihre industrielle Anwendung hin sehr genau ausgesucht werden und präzise in die Konstruktion eingepasst werden. Dazu ist es auch für die Sicherheit der Schraubverbindung unumgänglich den elastischen Zugmodul und die Grenzen der elastischen Beanspruchung in Zugversuchen genau zu bestimmen. Denn hieraus werden die Grenzkraften für eine sichere Schraubverbindung festgelegt.

Mit unterschiedlichsten Halterungen und auch kundenspezifischen Lösungen unterstützt ZwickRoell bei diesen Aufgaben seine Kunden.



Bild 2: Zugversuch an Schrauben



Bild 1: Scherversuch an Nietverbindung

## Scherversuch

Neben der einachsigen Zugbeanspruchung treten bei Verbindungselementen in der Anwendung Scherkräfte auf, die eine Verbindung schnell trennen können.

Daher sind Scherversuche an verbundenen Teilen oder Proben unumgänglich. Dies trifft insbesondere für Nietverbindung zu. Hierbei kommt es auf die genau geführte Krafteinleitung an, damit neben der Scherkraft nicht andere Kräfte zum Tragen kommen, die die Ergebnisse verfälschen können.

ZwickRoell spezifiziert mit den Anwendern die richtige Fixierung der Probe oder des Bauteils und fertigt diese Probenhalterung für den Anwender. Diese Prüfvorrichtungen können einfach aber auch sehr komplex sein, sie erfüllen aber immer ihre genaue Aufgabe.

## Ermüdungsversuch an Schrauben

Verbindungselemente unterliegen neben statischer Beanspruchung in der Regel häufiger zyklischer Beanspruchungen. Dazu gehören auch Vibrationen. Ermüdungsversuche an Schrauben werden am schnellsten und effizientesten mit einem Vibrophoredurchgeführt. In Befestigungen, die auf Schrauben oder andere Verbindungselemente zugeschnitten sind, können zyklische Kräfte bis 1.000 kN in einem Frequenzbereich von bis zu ca. 285 Hz eingebracht werden. Durch den Magnetantrieb, der das System inklusiv der Probe in gesteuerte Resonanz bringt, wird bei diesem Versuch minimale Energie benötigt, also sehr kostengünstig getestet.



Bild 1: Ermüdungsprüfung an Schrauben



Bild 3: Schrauben nach Prüfung

## Ermüdungsversuch an H-Proben

In sogenannten H-Proben werden die einzelnen Verbindungen gemeinsam zyklisch auf Zug und Druck, und die Verbindungselemente auf Scherwirkung belastet.

Eine hierfür vorgesehene H-Probenaufnahme verteilt zunächst die Kräfte auf die gesamte Struktur. Die Aufbiegung und damit das Lösen der Struktur kann mit einem Dehnungsaufnehmer erfasst werden.

Mit den Dehnungswerten kann die Prüfmaschine – in diesem Fall wieder ein Resonanzpulsator – je nach Versuchsführung auch die Steuerung der Kräfte oder Dehnung vornehmen.

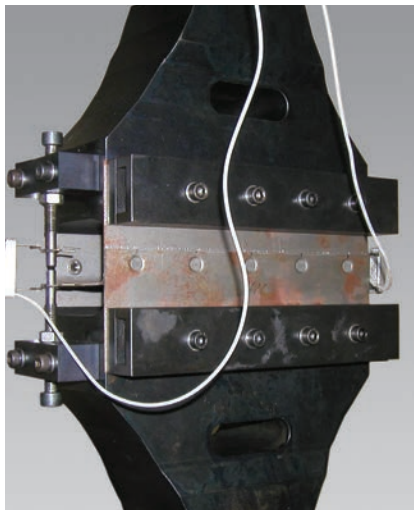


Bild 2: Ermüdungsprüfung an H-Proben



Bild 4: H-Proben vor Versuch

## Weitere Prüfungen an Befestigungselementen

- Zeitstandversuch
- Biege- und Druckversuch
- Torsionsversuch
- Härteprüfung
- Fallgewichtsversuch

## 3.1 Probenvorbereitung und Dimensionsmessung

Die Herstellung von Probekörpern aus Blechen und metallischen Folien erfolgt heute wirtschaftlich und präzise durch Probenstanzen. Dabei wird von den Normen festgelegt, dass keine Materialveränderung durch Kaltverfestigung in der Randzone des Probekörpers die Prüfergebnisse beeinflussen darf.

Durch zahlreiche Gefügeuntersuchungen an Stahlblechen konnte nachgewiesen werden, dass die Kaltverfestigungszone entlang der Schnittlinie in der Regel maximal 10 % der Probekörperdicke beträgt. Dies wird durch geringe Schnittgeschwindigkeit und die besondere Gestaltung der Stanzwerkzeuge erreicht und bietet erhebliche wirtschaftliche Vorteile bei der nachfolgenden Bearbeitung durch Schleifen.

### Probenstanze mit C-Form (M-Cut 65)

Der Werkzeugwechsel dauert mit Tischverbreiterung ca. 20 s., somit erzielt man bei Werkzeugwechseln deutliche Zeiteinsparungen. Die Probenstanze M-Cut 65 (für 650 kN Druckkraft) ist für Materialdicken von 0,04 mm bis 6 mm geeignet (abhängig von der Zugfestigkeit und der Probenform).



Bild 1: Probenstanze M-Cut 65

### Probenstanze mit O-Form RZ 100 und RZ 150

Die geschlossene Form (O-Form) erfordert vorgeschrittene Streifen von ca. 80 mm Breite. Diese Probenstanzen sind bereits mit einer Tischverbreiterung ausgeführt. Die Probenstanzen RZ 100 und RZ 150 entwickeln eine Druckkraft von 1.000 kN bzw. 1.500 kN.



Bild 2: Probenstanze RZ 150

### Probenschleifmaschine 7140

Mit der Probenschleifmaschine ZwickRoell 7140 kann die Kaltverfestigungszone der Probekörper durch Schleifen wirtschaftlich und schnell entfernt werden. Die Bearbeitung erfolgt in Zugrichtung, und hat daher keine Auswirkung auf das Prüfergebnis. Mit der Probenschleifmaschine können unterschiedliche Probenformen bearbeitet werden.



Bild 3: Probenschleifmaschine 7140

### Automatisches Querschnittsmessgerät

Mit vier hochpräzisen inkrementellen Messtastern werden Dicke und Breite von Flachproben gleichzeitig und automatisch gemessen. Die hohe Messpräzision wird durch eine geschlossene, sehr steife Konstruktion und durch differentielles Messen erreicht.

Die Messwerte der Sensoren werden von einer Elektronik erfasst. Die Zentrierung in Breitenrichtung und in Dickenrichtung sorgen für die korrekte Ausrichtung und sichere Lage der Probe während der Messung. Die Bedienung erfolgt über ein Farb-Touchpanel, an dem auch die gemessenen Werte angezeigt werden. Die Übertragung der Daten an Prüfmaschinen ist optional möglich.



Bild 4: Automatisches Querschnittsmessgerät



Bild 5: Querschnittsmessung an einer Flachprobe

## 3.2 Elektromechanische Prüfmaschinen

### zwickiLine - klein im Platzbedarf, aber groß in der Anwendung

Diese hochwertigen und einfach zu bedienenden einsäuligen Material-Prüfmaschinen wurden speziell für Prüfungen bis 5 kN Zug- und Druckkraft konzipiert.

Kurze Ausführungen werden für Biege- oder Funktionsprüfungen eingesetzt. Lange Lastrahmen sind ideal für Zugversuche, z.B. an Drähten und Bändern.

### ProLine – die Maschinenreihe für Standard-Prüfungen

Führen Sie Wareneingangskontrollen oder Qualitätssicherung nach gängigen Normen durch? Wollen Sie Kraft und Verformung oder Dehnung messen? Dann sind Sie bei der Pro-Line genau richtig. Die Lastrahmen, ausgestattet mit Führungssäulen und Antriebsspindeln, gibt es in Nennlasten von 5 kN bis 100 kN. Ein breites Sortiment Probenhalter, Prüfwerkzeuge, mechanische und optische Längenänderungsaufnehmer stehen zur Verfügung.

### AllroundLine – für besonderen Komfort und komplexere Prüfaufgaben

Die Tischmodelle der AllroundLine sind mit zwei Säulen aus patentierten Aluminium-Strangpressprofilen ausgeführt. Diese sind leicht, sehr biegesteif und dienen gleichzeitig als Spindelführung und Spindelschutz. Die Tischmodelle der AllroundLine können mit Standfüßen versehen werden, wodurch der Prüfraum in einer für den Benutzer oder für die Anwendung optimalen Höhe positioniert werden kann.



Die Standmodelle der AllroundLine sind mit zwei oder vier Führungssäulen ausgeführt. Der extrem steife Lastrahmenaufbau sorgt für optimale Verhältnisse in Bezug auf die exakte Ausrichtung der Prüfachsen. Die Lastrahmen können mit einem oder zwei Arbeitsräumen ausgestattet werden. Für Bauteilprüfungen kann die untere Traverse als Aufspannplatte ausgeführt sein. Für Torsionsprüfungen wird der Lastrahmen mit einem Torsionsantrieb und testControl II Steuerung sowie entsprechender Sensorik ausgestattet.

## testControl II – die Mess-, Steuer- und Regelelektronik

testControl II ist „Made by Zwick-Roell“ und optimal auf die Anforderungen der Prüfungen an Metallen ausgerichtet. Die Messwerte der Sensoren werden mit sehr hoher Geschwindigkeit abgetastet und mit bis zu 2.000 Hz Messwerfassungsrate in testXpert III weiterverarbeitet. Zusammen mit der Signalaufösung von 24 bit wird eine sehr hohe Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Messergebnisse

im gesamten Geschwindigkeitsbereich erreicht. Die innovative testControl II Elektronik setzt Maßstäbe bezüglich der Sicherheitstechnik, Leistungsfähigkeit, Qualität, Regelungs- und Antriebstechnik.



## Großlast- Prüfmaschinen

Die Gruppe der Großlast-Prüfmaschinen bei ZwickRoell beginnt bei einer Kapazität von 330 kN und reicht als Serienprodukt bis zu einer Kapazität von 2.500 kN. Sonderlösungen bis über 5.000 kN werden dann kundenspezifisch realisiert. Großlast-Prüfmaschinen sind Prüfmaschinen bei denen die Kräfte mit hydraulischen Zylindern realisiert werden. Mit Weiterentwicklung der Spindeltechnologie können heute Großlast-Prüf-

maschinen mit elektromechanischen Antrieben ausgestattet werden, deren Kapazitäten 2.000 kN erreichen. Die elektromechanischen Antriebe sind im täglichen Betrieb nicht nur angenehmer sondern auch präziser und sehr wartungsarm.

Neben den Standardserien H - für hydraulisch - und E - für elektromechanisch - gibt es eine Standardserie SP - für speziell-, mit der einfache Standardanwendungen im Metallbereich von 400 kN bis 2.000 kN reali-

siert werden können. Die aus der SP Serie abgeleitete Standardserie SP-T ist eine äußerst kompakte Großlast-Prüfmaschine für den Bereich 400 kN bis 1.200 kN.

Allen Großlast-Prüfmaschinen sind die hohe Steifigkeit sowie die sehr große Robustheit und Zuverlässigkeit gemeinsam.

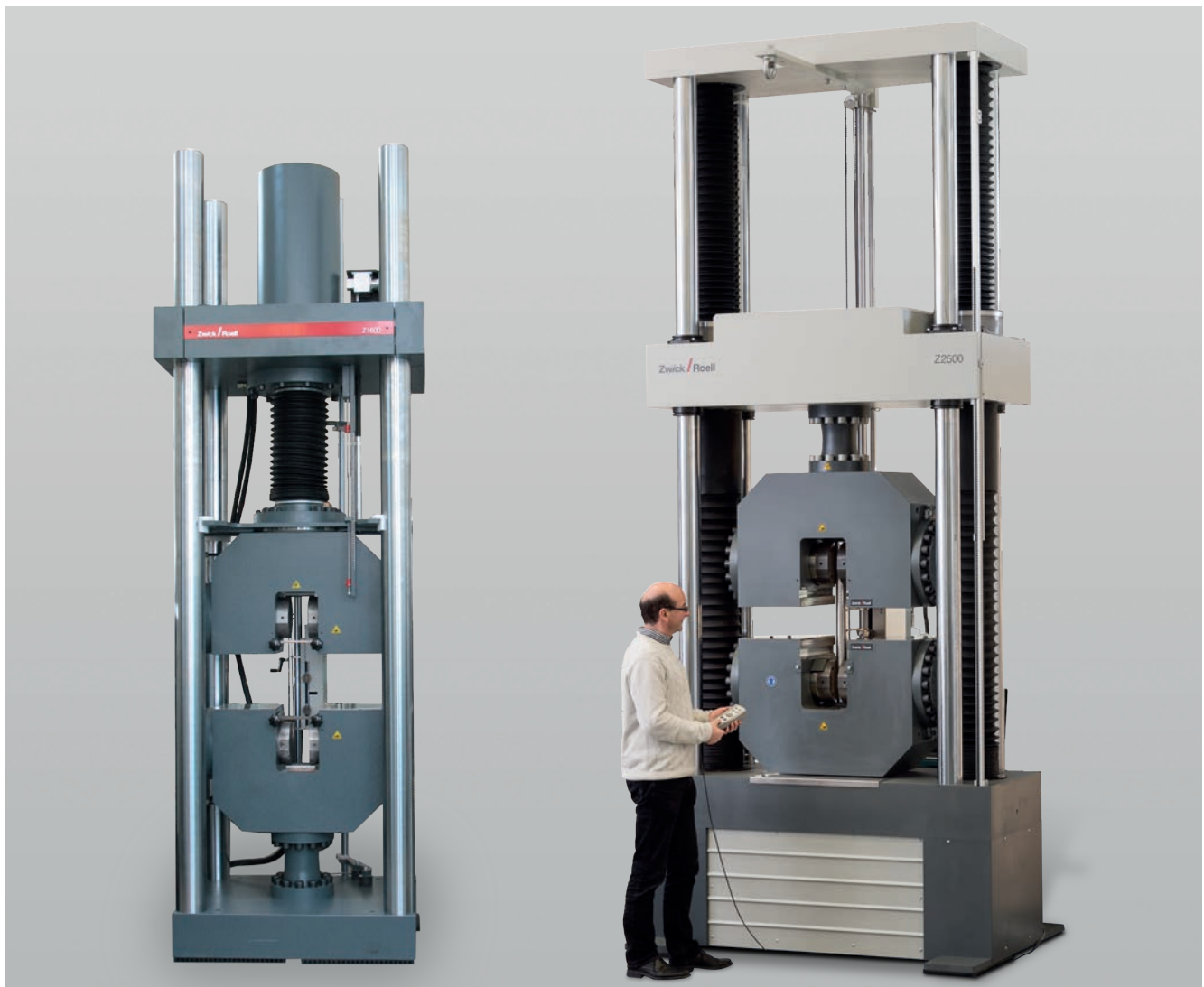


Bild 1: ZwickRoell bietet standardmäßig Großlast-Prüfmaschinen bis 2.500 kN

## 3.3 Härteprüfmaschinen und -geräte

ZwickRoell bietet ein umfassendes und innovatives Programm an Härteprüflösungen.

Langjährige Erfahrung, eine Vielzahl von weltweit gelieferten Ausrüstungen und ständige Kommunikation mit Anwendern ist Basis für unsere Härteprüfmaschinen und -geräte. Vielseitiger Einsatz und hohe „Intelligenz“ unserer Prüfsysteme erreichen wir mit moderner Mechanik, leistungsfähiger Elektronik und anwendungsorientierter Software.

Die ZwickRoell Gruppe hat nach EN ISO/IEC 17025 akkreditierte Kalibrierlaboratorien. Dies garantiert die rückführbare Zertifizierung von ZwickRoell Härteprüfern, Härtevergleichsplatten und Eindringkörpern.

## Universelle Härteprüfmaschine ZHU/zwickiLine

Die universelle Härteprüfmaschine ZHU/Z2.5 auf Basis der zwickiLine kann neben den klassischen Härteprüfverfahren Rockwell, Vickers, Knoop, Brinell und Kugeldruckhärte auch für das innovative Verfahren der instrumentierten Eindringprüfung zur Bestimmung der Härte nach Martens bis 2.500 N sowie zusätzlicher Werkstoffparameter an metallischen Werkstoffen eingesetzt werden (sogenannte Martenshärte, DIN EN ISO 14577).

Durch den Einbau des patentierten Härtemesskopfes mit integriertem, digitalen Tiefen- und Kraftmesssystem in eine modifizierte zwickiLine entsteht im Zusammenspiel mit der modernen Mess- und Regelelektronik testControl und der intelligenten Prüfsoftware testXpert ein ideal abgestimmtes, hochpräzises Messsystem.



Bild 2: Universelle Härteprüfmaschine ZHU/zwickiLine



Bild 1: ZwickRoell bietet ein umfassendes Programm an Härteprüfmaschinen für unterschiedliche Härteprüfverfahren

## Vickers Härteprüfmaschine ZHV30/zwickiLine

Die ZHV30/zwickiLine Vickers Härte-Prüfmaschine deckt Vickers Härteprüfungen gemäß ISO 6507 und ASTM E 384 und Brinell Härteprüfungen gemäß ISO 6506 im Prüfkraftbereich von 0,1 kgf bis 31,25 kgf ab.

Die ZHV30/zwickiLine ist die Kombination aus einer zwickiLine Härte-Prüfmaschine, einer Zubehöreinheit für die optischen Härteprüfverfahren und der Prüfsoftware testXpert. Das System ist als Top-Loader konzipiert, wodurch die Probe auf dem Auflagetisch fix aufliegt während sich die Härteprüfeinheit von oben auf die Probenoberfläche automatisch absenkt. Dies ermöglicht die höchste Flexibilität bei Proben unterschiedlicher Höhe.



Bild 1: Universelle Härteprüfmaschine ZHV30/zwickiLine

## Mikro-Vickers Härteprüfer ZHVµ

Der ZHVµ Mikro-Vickers Härteprüfer deckt Vickers und Knoop Härteprüfungen gemäß EN ISO 6507, EN ISO 4545 und ASTM E 384 im Prüfkraftbereich von 0,01 kgf bis 2 kgf ab. Der Härteprüfer ist mit einem 6-fach Revolver für bis zu 2 Eindringkörper und bis zu 4 Objektiven ausgestattet. Dies ermöglicht

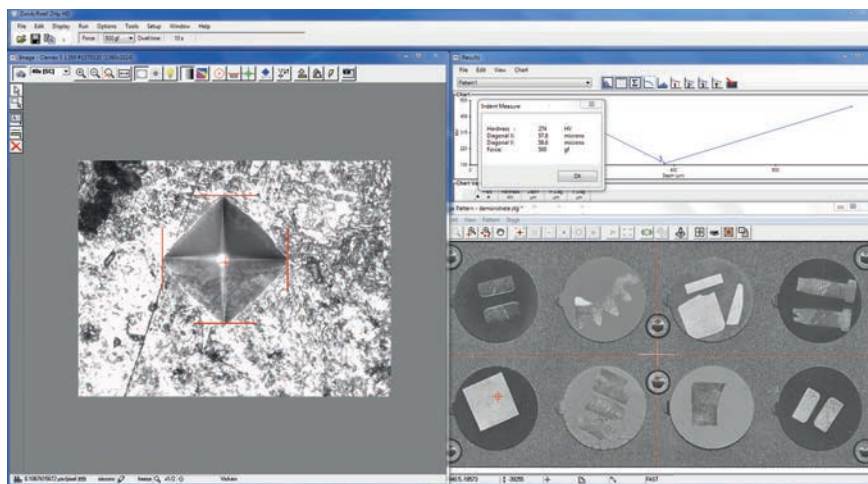


Bild 2: HD Software mit Vickers-Eindruck und Übersichtsbilder von eingebetteten Proben

den Wechsel und die Auswahl des Härteprüfverfahrens per Knopfdruck im Menü ohne Auswechseln des Eindringkörpers oder eines Objektivs. Für umfangreichere oder automatisierte Anwendungen sind PC gesteuerte Varianten auf Basis der High Definition Software (HD), als halb- oder vollautomatische Systeme verfügbar. Sie werden insbesondere für automatisierte Mehrfach-Härteverlaufsprüfungen eingesetzt.

## Rockwell Härteprüfer ZHR

Die verschiedenen Geräte dieser Produktfamilie sind ausgelegt für:

- klassische Rockwell-Verfahren (Kraftstufen: 60 - 150 kgf),
- Super-Rockwell-Verfahren (Kraftstufen 15 - 45 kgf) und die
- Kombination dieser Verfahren (Kraftstufen: 15 - 150 kgf)

Die Geräte zeichnen sich durch eine patentierte Eindringkörperhalterung für Härteprüfung an schwer zugänglichen Messstellen aus und gewährleisten eine einfache Bedienung durch:

- Automatikbetrieb
- Wahl des Belastungsgewichtes durch Drehknopf, bzw. über Touch-Screen
- Automatische Be- und Entlastung
- Automatische Auswertung inklusive Umwertung nach Norm



Bild 3: Rockwell Härteprüfer ZHR4150LK



## Universeller Härteprüfer ZHU250CL

Bei dem ZHU250CL Härteprüfer wird die neueste Technologie mit geschlossenem Regelkreis zum Aufbringen der Prüfkräfte eingesetzt. Das moderne System der Lastaufbringung (Closed Loop) zeichnet sich durch präzise aufgebraachte Prüfkräfte aus. Die Genauigkeit übertrifft die Anforderung aller relevanten ISO- und ASTM-Normen.

Mit dem einzigartigen 4-plus-4 Werkzeugrevolver für bis zu vier Objektive und vier Eindringkörper gleichzeitig kann durch die spezielle vertikale Anordnung auch an schwerer zugänglichen Stellen geprüft werden. Die Bedienung und Steuerung des Härteprüfers erfolgt über die High Definition Software.



Bild 1: Universeller Härteprüfer ZHU250CL

## Nanomechanischer Härteprüfer

Die mechanische Charakterisierung dünner Schichten oder kleiner Oberflächenbereiche mit der notwendigen Kraft- und Wegauflösung – das ist das Anwendungsfeld des Universellen Nanomechanischen Testers ZHN. Dies beinhaltet die Messung von Eindringhärte, Eindringmodul und Martenshärte gemäß EN ISO 14577 (instrumentierte Eindringprüfung).

Der Härteprüfer kann mit einem zweiten unabhängigen Messkopf in lateraler Richtung (Lateral Force Unit) ausgestattet werden. Beide Messköpfe können dann miteinander kombiniert werden. Dadurch erhöht sich die Zahl möglicher Messmethoden deutlich. So kann das Gerät beispielsweise ebenso als Mikro-Scratchtester, Mikro-Verschleißtester, Ermüdungstester oder als hochauflösendes Profilometer benutzt werden.

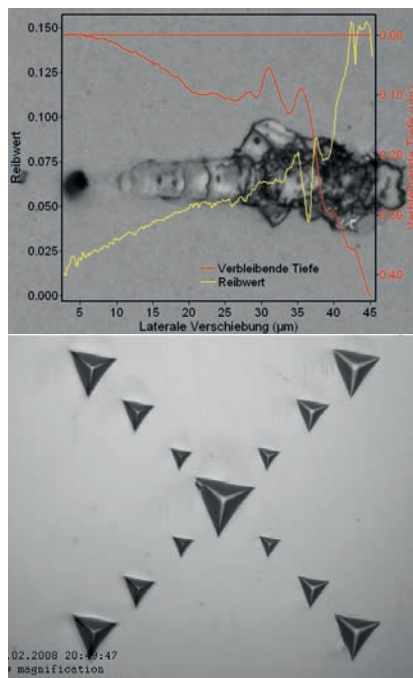


Bild 2: Scratchtest und Berkovich-Eindrücke

## Mobile Härteprüfer

Mobile Härteprüfverfahren werden für nicht transportfähige oder große Bauteile und Anlagen eingesetzt.

Der RH-150 Härteprüfer verbindet das typische Rockwell-, bzw. Superficial Rockwell-Prüfverfahren mit neuen, hochpräzisen Weg und Kraftsensortechniken. Mit diesem vielseitigen Prüfgerät kann jeder problemlos an beliebigen Orten direkte, präzise Härtewerte in den entsprechenden Rockwellskalen ermitteln. Eine Umwertung nach Norm kann ebenso erfolgen.

Mit dem mobilen HT1000/2000 können in einfacher Weise große und schwere Schmiede- und Gussteile, wie Stahlwerkswalzen, Turbinengehäuse, etc. geprüft werden.



Bild 3: HT1000/2000 Rückprall-Härteprüfer



Bild 4: RH-150 Härteprüfer

## 3.4 Prüfung unter Hochtemperatur

### Anwendung

In der Praxis ist es gängig, die Hochtemperaturanlage direkt in die Material-Prüfmaschine einzubauen. Mit so einem Aufbau können Zugversuche bei Raumtemperatur nach ISO 6892-1 sowie bei erhöhter Temperatur nach ISO 6892-2 durchgeführt werden. Während des Einsatzes bei Raumtemperatur werden einfach die Komponenten wie Hochtemperaturofen und Hochtemperaturrextensometer aus dem Prüfraum geschwenkt. Durch die Verwendung eines vertikal geteilten Klappofens kann das verwendete Zuggestänge über ein Schnellwechselsystem einfach eingesetzt und entnommen werden.

Das Hochtemperatursystem selbst besteht aus drei Hauptkomponenten:

- Dem Hochtemperaturofen, mit einer Schwenkeinrichtung sowie Hochtemperatur-Regler
- Dem Hochtemperaturrextensometer (standardisiert: kontaktierende Systeme, kundenspezifisch: nicht-kontaktierende Systeme), ebenfalls mit einer Einrichtung ausgestattet, die das einfache Ausschwenken aus dem Prüfraum zulässt. Im Ofen ist ein entsprechender Zugang (Schlitz) notwendig.
- Dem Laststrang, bestehend aus Anschlussstücken für das Schnellwechselsystem an der Prüfmaschine, dem Zuggestänge, über das die Zugkraft in den Ofen geführt wird und die Probenadapter an den Enden des Zuggestänges.

In der Praxis sind die gängigsten Proben Gewindeproben, wie z.B. nach DIN 50125 beschrieben. Aus dünnen Blechen werden Flachproben herausgearbeitet, die in form-schlüssigen Flachprobenadapter gehalten werden. Für den Temperaturbereich bis 1.200 °C sind für diese Proben standardisierte Probenadapter unterschiedlicher Materialien erhältlich. Für Druck- und Biegeprüfungen bis 1.600 °C sind ebenfalls Anlagen erhältlich.

Durch die im Ofen befindlichen Volumina, die in der Norm festgehaltenen Temperaturtoleranzen und Haltezeiten, sowie Aufheiz- und Abkühlzeiten, ist die Dauer von Prüfungen nahezu festgelegt. Um die Probendurchlaufzeit zu verkürzen, sind Anlagen mit mehreren Öfen im Lieferprogramm erhältlich.



Bild 1: Hochtemperatur-Ofen mit laserXtens



Bild 3: Induktionsheizung mit laserXtens



Bild 5: Karussell mit 3 Hochtemperatur-Öfen

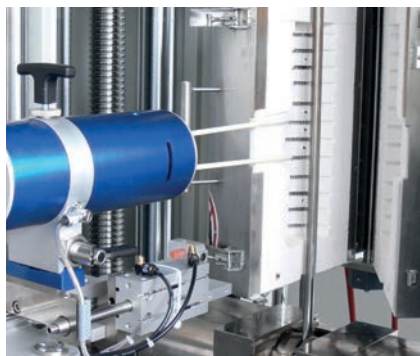


Bild 2: Hochtemperatur-Ofen mit HT-Längenänderungsaufnehmer

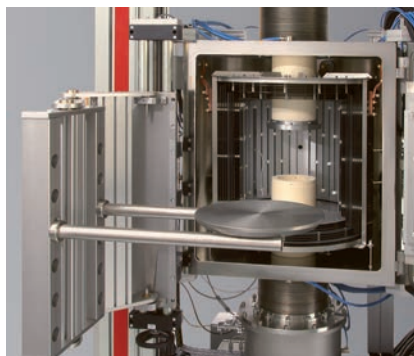


Bild 4: Hochtemperaturversuche im Vakuum-Ofen

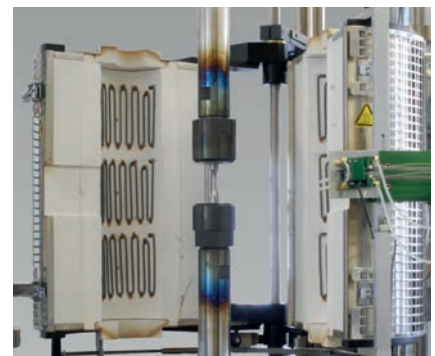


Bild 6: Servohydraulische Prüfmaschine mit Hochtemperatur-Ofen

## 3.5 Zeitstand-Prüfmaschinen

Für die Auslegung und den Betrieb von Hochtemperaturbauteilen sind langfristig abgesicherte Werkstoffkennwerte erforderlich. Hierbei stellt der Zeitstandversuch eines der wichtigsten Experimente zur Beschreibung des Hochtemperaturverhaltens von Werkstoffen dar (genormt u.a. nach ASTM E 139 und ISO 204).

Für die kurzzeitigen Zeitstandversuche bis 10.000 h Beanspruchungszeit werden häufig spindelgetriebene Zeitstand-Prüfmaschinen in Ein- oder Zweispindelbauweise eingesetzt. Diese Antriebsart erlaubt neben Zeitstandversuchen (konstante Last und Temperatur), auch Relaxationsversuche (konstante Dehnung oder Dehnungsraten (SSRT) und Temperatur) durchzuführen. Für Langzeitversuche > 10.000 h werden

hauptsächlich Hebelarmmaschinen eingesetzt (federbelastet oder Totgewichte). Die federbelastete Maschine eignet sich wie die elektromechanischen Maschinen für Kraft-, Spannungs- und Dehnungsregelung

### Elektromechanische Zeitstand-Prüfmaschine KAPPA SS / DS

Die Zeitstand-Prüfmaschinen Kappa SS / DS eignen sich für Zeitstandversuche und Advanced Creep Tests, die höchste Präzision in der Regelung erfordern.

### Elektromechanische Zeitstand-Prüfmaschine KAPPA SS - CF

Die Zeitstand-Prüfmaschine Kappa SS-CF ist mit einer Zentralspindel ausgestattet und eignet sich für Zeitstandversuche und dehnungsgeregelte Creep Fatigue (CF) Tests, die höchste Präzision in der Dehnungsregelung erfordern.

Der Antrieb der Prüfmaschine ist spielfrei ausgeführt, das ein wichtiges Kriterium für Tests unter wechselnder Zug-/Druckbelastung darstellt. Entweder mit kontaktierenden Extensometern oder dem nicht-kontaktierenden videoXtens HT/TZ Extensometer werden höchste Flexibilität und hervorragende Regelungscharakteristiken in einer innovativen Prüfmaschine kombiniert.



Bild 1: Elektromechanische Zeitstand-Prüfmaschine KAPPA DS (links), KAPPA SS - CF (rechts)

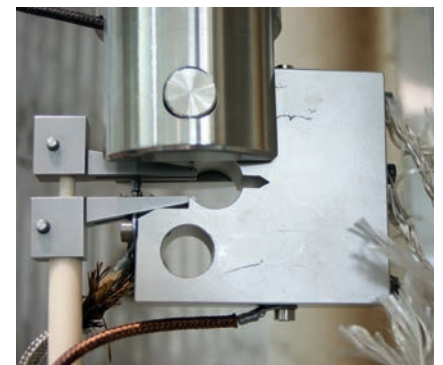


Bild 2: Rissaufweitungs- und Rissfortschrittsmessung nach ASTM E 1457



Bild 3: Überprüfung der Wasserstoffversprödung nach ASTM F 519



Bild 4: Probe für den Zeitstand-Zugversuch (Extensometer und Thermolemente).

## 3.6 Ermüdungs-Prüfmaschinen

Lastrahmen der HA- und HB-Serie bilden die klassische servo-hydraulische Prüfmaschine. Sie werden für die Ermittlung von Werkstoffkennwerten unter zyklischer Beanspruchung eingesetzt: Dauerfestigkeit (Wöhlerversuche), Kurzzeitfestigkeit (LCF), Bruchmechanik, etc..

Der HC-Rahmen ist als Tischmodell für Kräfte bis 25 kN konzipiert. Die integrierte T-Nutenplatte ist hartverchromt. So können auch Versuche unter korrosiven Medien, z.B. Kochsalzlösungen durchgeführt werden.

Die Lastrahmen sind als 2-Säulen-Lastrahmen für die Werkstoffprüfung unter schwingender Beanspruchung im geschlossenen Kraftfluss konzipiert. Der Rahmen steht auf schwingungsisolierenden Nivellierelementen. Die besonders hohe axiale und laterale Steifigkeit der Lastrahmen steigert die Leistungsfähigkeit der Prüfsysteme. Die Rahmen sind daher auch für kombiniert Zug-, Druck- und Torsions-Beanspruchungen geeignet. Die Rahmen werden höchst präzise ausgerichtet. Nach Einbau von Prüfzylinder und Kraftaufnehmer beträgt die Ausrichtgenauigkeit 0,1 mm pro Meter Abstand, bei einem Abstand kleiner 350 mm beträgt der Versatz

konstant 0,05 mm. Da alle Werkzeuge über Flansche mit Zentrierung montiert werden, ist ein nachträgliches Ausrichten des Laststranges nicht erforderlich.

Hochfrequenzpulsatoren stellen eine wirtschaftliche Alternative zu anderen Prüfmaschinen dar, wenn bei der Ermüdungsprüfung von Werkstoffen oder Bauteilen nur sinusförmige Lastfolgen mit konstanter oder variabler Amplitude und Mittellast aufgebracht werden. Die Hochfrequenzpulsatoren werden vor allem zur Bestimmung der Schwingfestigkeit im Zeit- und Dauerfestigkeitsbereich an Werkstoffen und Bauteilen eingesetzt.



Bild 1: Servohydraulische Prüfmaschinen der HA- und HB-Serie, Hochfrequenzpulsator der Vibrophore-Serie

## 3.7 Blechumform-Prüfmaschinen

### Anwendungsbereich

Prüfen der Umformbarkeit von Blechen nach gängigen Normen.

Prüfen der Einflüsse von Oberflächenbehandlungen und Schmiermitteln, bei typischen Umformarten wie Tiefungs- und Näpfchenziehversuche. Prüfen der Einwirkung von Werkzeug und Verfahrensparameter auf den Umformprozess.

Ermitteln der Grenzformänderungskurve (FLC) mit optischen Messsystemen von Partnern der ZwickRoell Gruppe.

### Besondere Merkmale

- Leichte und schnelle Austauschbarkeit der Prüfmittel (z.B. Ziehstößel, Blechhalter, etc.). Es existieren zahlreiche modulare Ausbaumöglichkeiten
- Geringe Kolben-Zylinder-Reibungen erlauben genaue Messaufzeichnungen und ausgezeichnete Reproduzierbarkeit.
- Hydraulischer Näpfchenauswerfer durch integrierten Kolben, mit Kolbenstange durch Ziehstößel wirkend (ab BUP 200)
- Schwenkbare Elektronik, somit kann der Ablesewinkel an den Bediener angepasst werden  
Sämtliche Bedienelemente sind ergonomisch angeordnet
- Ziehen von Näpfchen ohne Zipfelquetschung durch einstellbare automatische Blechhalterkraftentlastung während des Versuchs (ab BUP 200)
- Automatisches Einstellen der vorgewählten Blechhalterkraft nach dem Stanzvorgang
- Automatischer Kolbenrückzug und Abschaltung nach Versuchsende durch Risserkennung oder Erreichen des maximalen Tiefungswegs (s-limit)
- Änderung der Tiefungsgeschwindigkeit während des Versuchs möglich (ab BUP 400)
- Hydraulisches Öffnen und Schließen des Werkzeugkopfes
- Äußerst leiser und sauberer Betrieb



Bild 1: Blechumform-Prüfmaschinen von 100 kN bis 1.000 kN der BUP Serie. Optional mit optischen Messsystemen

## 3.8 Pendelschlagwerke

### Anwendung

Pendelschlagwerke werden eingesetzt zur Bestimmung der Schlagarbeit, Schlagzähigkeit und Kerbschlagzähigkeit von genormten Metallproben und Bauteilen. Der Geräteaufbau entspricht den maßgebenden Konstruktions-Normen für Pendelschlagwerke.

Normgerechte Prüfungen nach internationalen Anwendungsnormen nach Charpy und IZOD sowie Schlagzug-Versuche und auch Versuche nach Brugger können mit diesen Pendelschlagwerken sicher und zuverlässig durchgeführt werden.

Für verschiedene Materialien, Probenquerschnitte und Prüfnormen stehen Pendel mit Arbeitsvermögen

bis zu 750 Joule, normgerechte Probenaufleger sowie Einspannvorrichtungen zur Verfügung, die bequem und ohne zeitraubendes Justieren gewechselt werden können.

### Merkmale

- Steifer, verwindungsfreier Rahmen mit reibungsarmer Pendellagerung (die Energie geht in die Probe nicht ins Gerätegestell)
- CE-konforme Schutzvorrichtungen für die Sicherheit des Bedieners
- Gute Zugänglichkeit des Prüfraums
- Einfache Austauschbarkeit des Zubehörs
- Bedienerfreundliche Prüfsoftware testXpert optional

### Zubehör

Zur Temperierung von Proben stehen Temperiervorrichtungen für den Bereich von - 90 °C bis + 200 °C zur Verfügung. Alle Pendelschlagwerke können teil oder vollautomatisiert werden. Dies beinhaltet eine teil- oder vollautomatische Temperierung, Zuführung und Prüfung von Charpy-Proben bei sowohl negativen als auch positiven Prüftemperaturen nach EN ISO 148 und ASTM E 23.

Das Kühlen der Proben erfolgt mittels eines Kühlaggregates oder mit flüssigem Stickstoff bis zu Temperaturen von -180 °C.

Das Aufheizen der Proben erfolgt elektrisch. Der Wärmeübergang zwischen den Proben und dem Temperierkörper erfolgt konduktiv im Festkörperkontakt.



Bild 1: Pendelschlagwerke für Charpy- und Izod-Versuche, HIT 50P und RKP 450

## 3.9 Schlagdynamische Prüfmaschinen und Fallwerke

### Hochgeschwindigkeits-Prüfmaschinen HTM

Mit den servo-hydraulischen Hochgeschwindigkeits-Prüfmaschinen der Baureihe HTM von ZwickRoell können dehnratenabhängige Kennwerte über einen weiten Geschwindigkeitsbereich ermittelt werden. Es können Hochgeschwindigkeits-Durchstoß- und Schnellzerreißversuche sowie Schäl- und Scherverversuche durchgeführt werden. Die Prüfgeschwindigkeit kann in einem weiten Bereich kontinuierlich eingestellt werden: von quasistatisch bis 20 m/s.

### Groß-Fallwerke zur Prüfung von Pipeline Rohren

Gemäß der API (American Petroleum Institute) müssen Rohre für Pipe- Lines mit einem Fallwerksversuch geprüft werden. Speziell für diese Anwendung gibt es standardisierte Fallwerke, die je nach Anforderung unterschiedliche Fallener-

gien mit unterschiedlichen Fallgeschwindigkeiten aufbringen können. Mit Fallwerken von ZwickRoell

können Stahlproben nach allen gängigen Normen geprüft werden.



Bild 1: Hochgeschwindigkeits-Prüfmaschine



Bild 2: Groß-Fallwerk DWT 40 (Fallhöhe 5 m)

## 3.10 Roboter-Prüfsysteme

Automatische Probenzuführungs- oder Handhabungssysteme werden insbesondere dort eingesetzt, wo statistisch sichere Materialkennwerte gefordert sind und hohes Probenaufkommen rund um die Uhr geprüft werden muss. Hierfür werden die automatisierten Systeme aufgabenspezifisch ausgestattet

### Vorteile:

- Objektive, weil bedienerunabhängige Prüfergebnisse
- optimale Reproduzierbarkeit der Ergebnisse
- Erweiterte Prüfkapazität, weil in der Nachtschicht und am Wochenende ohne Bediener geprüft werden kann.



Bild 1: roboTest L für automatisierte Zugversuche an Blechen

### roboTest L

Das Roboter-Prüfsystem roboTest L ermöglicht die automatische Durchführung von Zug- oder Biegeprüfungen an Rund- und Flachproben bis ca. 1 kg. Die Anlage besteht aus einem verfahrbaren Grundsystem und anwendungsspezifischen Erweiterungseinheiten. Zum einfacheren Befüllen der Magazine werden diese vom Magazintisch genommen und direkt am Arbeitsplatz des Bedieners beladen.

### roboTest I

Das Roboter-Prüfsystem roboTest I dient zur automatisierten Temperierung, Zuführung und Prüfung von Charpy-Proben nach Norm im Temperaturbereich von  $-180\text{ °C}$  bis  $+300\text{ °C}$ . Das System gibt es als halb- oder vollautomatische Version. Es kann mit einem RKP oder PSW Pendelschlagwerk 450 J (halbautomatisch) oder 750 J (halb- oder vollautomatisch) eingesetzt werden.



Bild 2: roboTest I für automatisierte Charpy- und Izod-Versuche (inklusive Probenkühlung)





Bild 1: roboTest R für automatisierte Zugversuche an Blechen, Stangen und Betonstahl

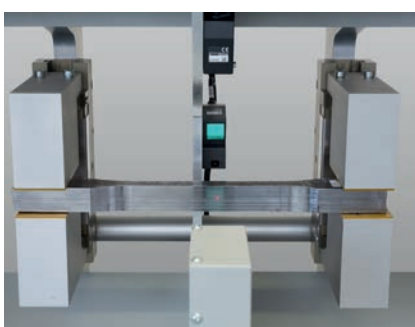


Bild 2: roboTest P für automatisierte Zugversuche schweren Proben mit integration zusätzlicher Sensorik und Messgeräte (z.B. Querschnittsmessgerät, unten rechts)

## roboTest R

Das Roboter-Prüfsystem roboTest R erlaubt die vollautomatische Durchführung von Zug- und Biegeversuchen. Die Anlage basiert auf einem flexiblen 6-Achs Industrieroboter mit einer hohen Positioniergenauigkeit. Der Vorteil des Roboter-Prüfsystems roboTest R ist sein konsequent modularer Aufbau. Die verschiedenen Messgeräte, wie beispielsweise Querschnitts-, Rauheits-, Schichtdicken-, Röntgenfluoreszenz- und Härteprüfgeräte, sind kreisförmig um den Roboter angeordnet. Um den Probendurchsatz zu erhöhen sind mehrere Proben gleichzeitig im Umlauf.

## roboTest P

Das Roboter-Prüfsystem roboTest P erlaubt die vollautomatische Durchführung von Zugversuchen an Metallen mit einem Probengewicht bis ca. 10 kg. Das System besteht aus einem 3-Achs Probenzuführsystem und einer drehbaren Greifereinheit.

Der Vorteil dieser Bauweise resultiert in einer großen Flexibilität bezüglich der einzelnen Mess-Stationen. So lassen sich verschiedene Komponenten unterbringen, wie Prüfmaschinen, Probenmagazine und Querschnittsmessgerät. Die Bestückung des Probenmagazines erfolgt jeweils außerhalb des Gefahrenbereiches.

## 3.11 testXpert® II – die neue Softwaregeneration für die Materialprüfung

ZwickRoell hat mit testXpert ein einheitliches Bedienkonzept für alle Applikationen eingeführt – egal um welches Prüfsystem sich handelt.

Der Vorteil? Den Umgang mit der Software zu lernen ist weniger zeit- aufwändig. testXpert II Anwender profitieren von mehr als 25.000 erfolgreichen Installationen weltweit.

testXpert II zeichnet sich vor allem durch eine denkbar einfache und intuitive Bedienung aus. Ausdrucksvolle Symbole und eine klare Menüstruktur ermöglichen eine schnelle Orientierung und reduzieren signifikant die Einarbeitungsphase.

### Fertige Standard-Prüfvorschriften

Für alle gängigen Normprüfungen stehen fertig vorprogrammierte und getestete Standard-Prüfvorschriften zur Verfügung. Das erleichtert den Einstieg und stellt sicher, dass Prüfablauf und Ergebnisauswertung normkonform angelegt sind.



Bild 1: Mit mehr als 25.000 Installationen weltweit ist testXpert die erfolgreichste Software für Materialprüfung am Markt.

### Flexible Master-Prüfvorschriften

Größeren Freiraum bei der Gestaltung des Prüfablaufs, der Bedienabläufe, der Ergebnisrechnung und der Protokollierung bieten Master-Prüfvorschriften. Hier kann jeder Parameter individuell eingestellt werden.

### Prüfung

Die einzelnen Daten werden – online zum Prüfungsvorgang – auf dem Bildschirm angezeigt. Die Prüfung kann live verfolgt werden. Auf Wunsch kann außerdem eine exakt synchronisierte Videoaufzeichnung ein-

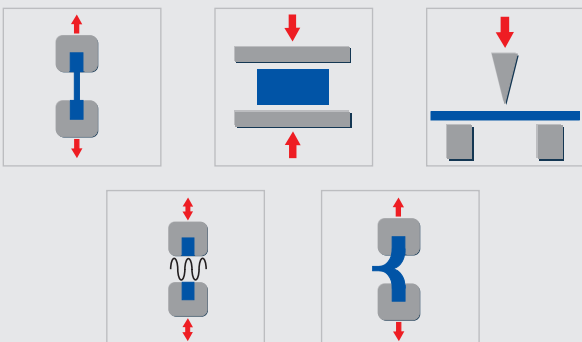
gebunden werden. Die Ergebnisse werden bereits während der Prüfung berechnet, so dass der Prüfablauf ereignisgesteuert durchgeführt werden kann, z.B. mit einer Änderung der Geschwindigkeit nach Ermittlung des Zug- oder Druckmoduls.

### Bewertung der Prüfergebnisse

In testXpert II können beliebig viele verschiedene Bildschirmlayouts nach individuellen Wünschen zusammengestellt werden, beispielsweise mit weiteren Grafiken, unterschiedlichen Darstellungen der Prüfkurven, Tabellen und zusätzlichen Statistiken.

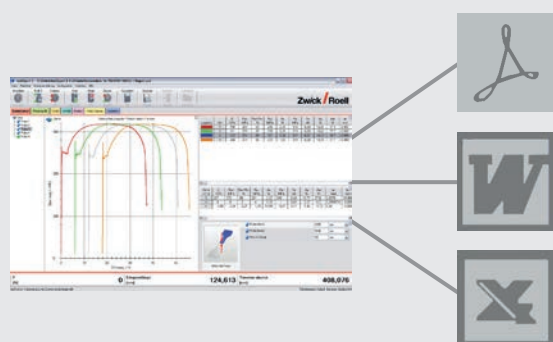
### Master-Prüfvorschriften

Zwick bietet Master-Prüfvorschriften für frei konfigurierbare Zug-, Druck-, Biege-, Weiterreiß-/Trenn-/Schäl- und zyklische Versuche sowie Master-Prüfvorschriften für Geräte.



### testXpert® II Export-Editor

Wenn es darum geht Prüfergebnisse weiter zu verarbeiten oder Daten zu exportieren, bieten einzigartige Import- / Exportschnittstellen eine perfekte Integration in Ihre IT-Struktur.



## 3.12 Kraftaufnehmer

Kraftaufnehmer müssen höchste Qualitätsanforderungen erfüllen. Die Grundlage dafür ist eine Kalibrierung nach ISO 7500-1 oder nach ASTM E 4. Diese Kalibrierung wird als Werkskalibrierung ausgeführt und kann nach Inbetriebnahme des Prüfmittels durch unseren Service als DAkkS, COFRAC oder NAMAS Kalibrierung wiederholt werden. So können Sie sich immer auf Ihre Prüfmaschine verlassen.

### Dabei können die exklusiv bei ZwickRoell erhältlichen Xforce Kraftaufnehmer noch viel mehr:

Parasitäre Einflüsse, wie z.B. Temperatur und Querkräfte beeinflussen die Messergebnisse deutlich geringer als bei vergleichbaren Aufnehmern. Zudem sind Xforce Kraftaufnehmer sehr stabil und unempfindlicher z.B. gegen Querkräfte bei Druck- und Biegeversuchen.

Die Temperaturkompensation macht die Messung weitgehend unabhängig von der aktuellen Umgebungstemperatur.



Bild 2: Jeder Kraftaufnehmer erhält eine ZwickRoell-Werkskalibrierung sobald er an einer Prüfmaschine zum Einsatz kommt.

Das alles passiert in einem sehr großen Messbereich innerhalb der Genauigkeitsklasse 0,5 oder 1. Kraftaufnehmer der Baureihe Xforce

HP/K erreichen typischerweise sogar eine Anzeigeabweichung von besser  $\pm 1\%$  bereits ab 0,1 % ihrer Nennlast.



Bild 1: Kraftaufnehmer im Einsatz



Bild 3: Kraftaufnehmer der Xforce Serie in verschiedenen Bauformen

## 3.13 Probenhalter

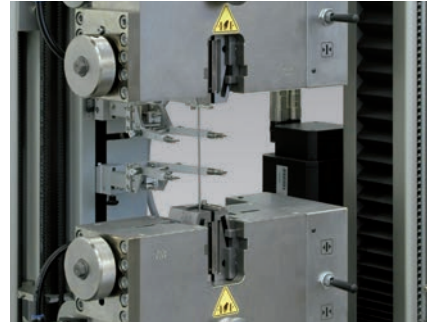
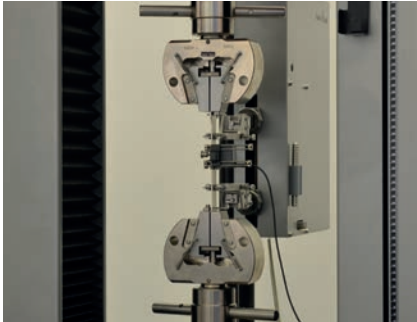


Bild 1: Keil-Probenhalter und Keil-/Keilschraub-Probenhalter

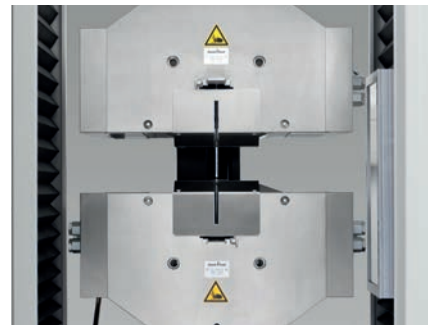
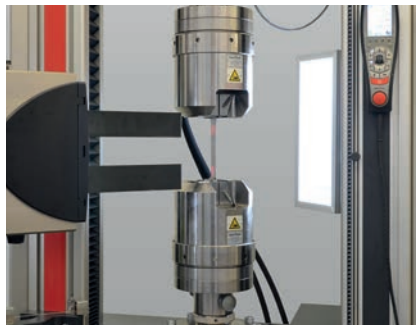
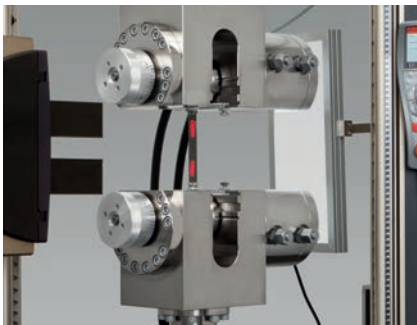


Bild 2: Hydraulik-Probenhalter, Hydraulik-Probenhalter (Körper über Keil), Kurzspannender Hydraulik-Probenhalter

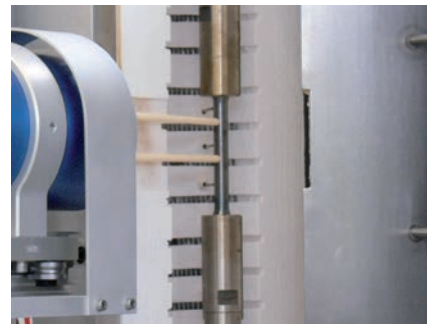
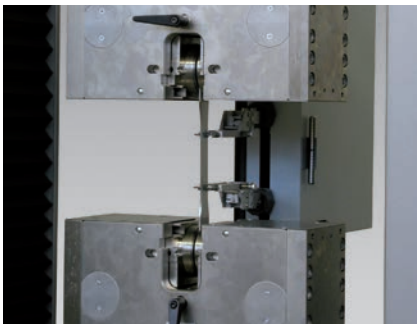


Bild 3: Pneumatik-Probenhalter, Probenhalter für Schrauben, Schulter- und Gewindekopfproben, Hochtemperatur-Probenhalter

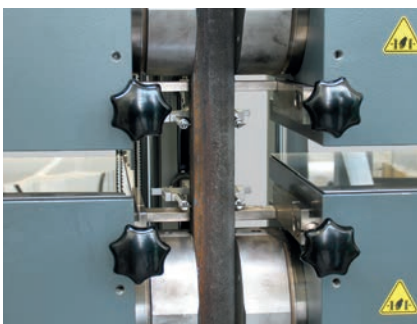


Bild 4: Hydraulische Großlast-Probenhalter für Prüfanwendungen bis 2.500 kN

## 3.14 Längenänderungs- aufnehmer

### makroXtens / multiXtens

Die automatischen mechanischen Längenänderungsaufnehmer makroXtens und multiXtens erfüllen die Anforderungen an eine sichere Bestimmung der Anfangssteigung im Spannung-Dehnung-Diagramm. In Kombination mit integrierten Feindehnungsaufnehmern kann auch der E-Modul aus dem Zugversuch ermittelt werden. Durch Wechseln der Fühlerarme sind verschiedene Prüfarten, sowie Messungen in Temperierkammern möglich. Kippschneiden verhindern die Übertragung größerer Kräfte und sorgen damit für einen sicheren Betrieb auch bei spröden Probenbrüchen.

### videoXtens / videoXtens Array

Der videoXtens arbeitet nach dem Digitalen-Bild-Korrelations-Verfahren (DIC). Längs- und Querdehnungen können so mit großer Genauigkeit gleichzeitig bestimmt werden. Mit der Array Variante (integrierte Mehrfachkamera Variante) wird der Messweg und die Probenüberdeckung deutlich erweitert, die hohe Messgenauigkeit aber beibehalten.

### laserXtens / laserXtens Array

Der laserXtens arbeitet ebenfalls nach dem DIC-Verfahren auf Basis des Laserspeckle-Prinzips. Damit wird eine Markierung der Probe überflüssig ohne an Präzision zu verlieren. Die Array Variante (wiederum eine integrierte Mehrfachkamera Variante) erweitert den Messweg auf bis zu 310 mm.

### Manueller clip-on Aufnehmer

Digitale und analoge clip-on Längenänderungsaufnehmer stehen in vielen Varianten zur Verfügung.

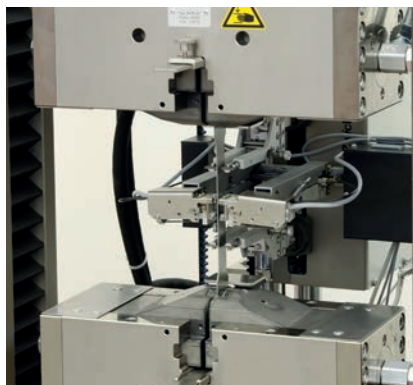


Bild 1: makroXtens und Variante mit optionaler Feindehnungsmessung (unten)

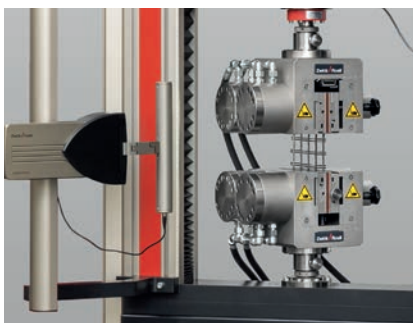


Bild 2: videoXtens



Bild 3: laserXtens Array



Bild 4: multiXtens mit optionaler Feindehnungs- und Breitenänderungsmessung



Bild 5: videoXtens Array



Bild 6: laserXtens Compact für kurze Proben

## 3.15 RetroLine Modernisierungspakete für Materialprüfmaschinen aller Hersteller

ZwickRoell hat mehrere tausend Material-Prüfmaschinen von über 40 verschiedenen Herstellern bezüglich Mess, Steuer- und Regelelektronik, Antriebstechnik und Prüfsoftware auf den aktuellen Stand der Technik gebracht. Dabei kommen als Modernisierungskomponenten die von Neumaschinen bewährte und standardisierte Mess- und Steuerelektronik, Antriebstechnik und Prüfsoftware zum Einsatz. ZwickRoell ist Ihr kompetenter und zuverlässiger Ansprechpartner bei der Modernisierung Ihrer Prüfmaschine.

Modernisierungen auf Basis von innovativen ZwickRoell Komponenten bedeutet:

- Servicesicherheit der gesamten Anlage für mindestens 10 Jahre
- Volle Kompatibilität zu einer vergleichbaren Neumaschine
- Weiterverwendung von nahezu allem bisherigen Zubehör
- Neues Zubehör aus dem umfangreichen ZwickRoell Portfolio kann installiert werden
- Zukunftsfähigkeit ermöglicht die Installation von späteren Weiterentwicklungen
- Einhaltung aller sicherheitsrelevanten gesetzlichen Vorgaben

Die Modernisierung erfolgt entweder beim Kunden vor Ort oder auf Wunsch bei ZwickRoell in Ulm. In diesem Fall kann eine vollständige Überholung, Lackierung und CE-Vergabe durchgeführt werden.



Bild 1: ZwickRoell modernisiert sowohl eigene Prüfmaschinen (links), als auch Prüfmaschinen vieler anderer Hersteller (rechts).

## 3.16 Service von Anfang bis Ende. Sicher betreut mit ZwickRoell!

Ihr Prüfsystem ist bei ZwickRoell in guten Händen. Für eine kompetente Beratung stehen technische Berater und erfahrene Anwendungstechniker zur Verfügung. Unsere Anwendungs-labore sind dazu mit vielen statischen und dynamischen Materialprüfsystemen ausgestattet.

Die ZwickRoell Servicetechniker garantieren eine erfolgreiche und reibungslose Inbetriebnahme – von der Vorabnahme und Installation über die Erstkalibrierung bis hin zur Einweisung in die Hard- und Software inklusive aller Sicherheitsunterweisungen. Die Servicetechniker führen auch die jährlich erforderliche Inspektion und Kalibrierung durch.

Die Mitarbeiter der Hotline unterstützen bei Fragen zu Fehlfunktionen von Hard- und Software. Das Support-Desk garantiert eine individuelle Beratung oder eine schnelle Unterstützung per Fernzugriff.



Bild 2: Die ZwickRoell Techniker garantieren einen erstklassigen Service in mehr als 50 Ländern

Instandsetzungen werden direkt vor Ort durchgeführt oder bei ZwickRoell inkl. einem 24-Stunden-Ersatzteilversand und individuellen Ersatzteilpaketen.

Schulungen der ZwickRoell Academy decken alle Themen rund um die Materialprüfung ab, ob in Ulm oder in der Nähe der Kunden.

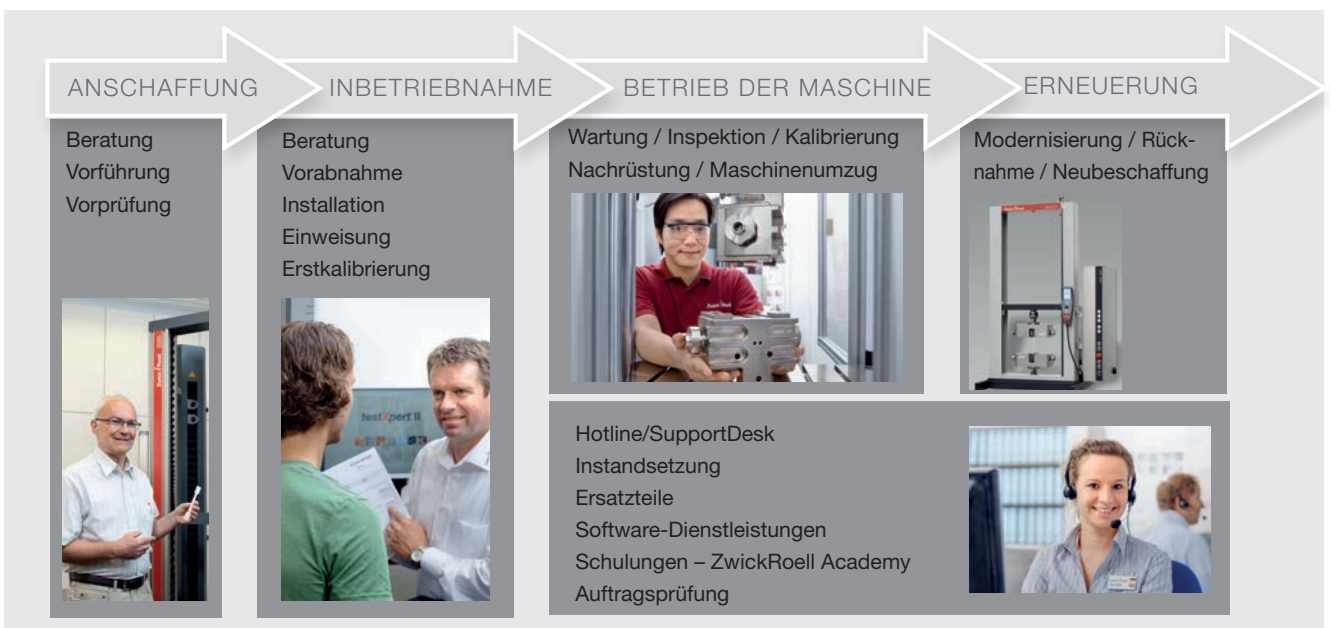


Bild 1: ZwickRoell unterstützt kontinuierlich während des gesamten Lebenszyklus von Materialprüfsystemen.

# Zwick / Roell

## ZwickRoell

August-Nagel-Str. 11

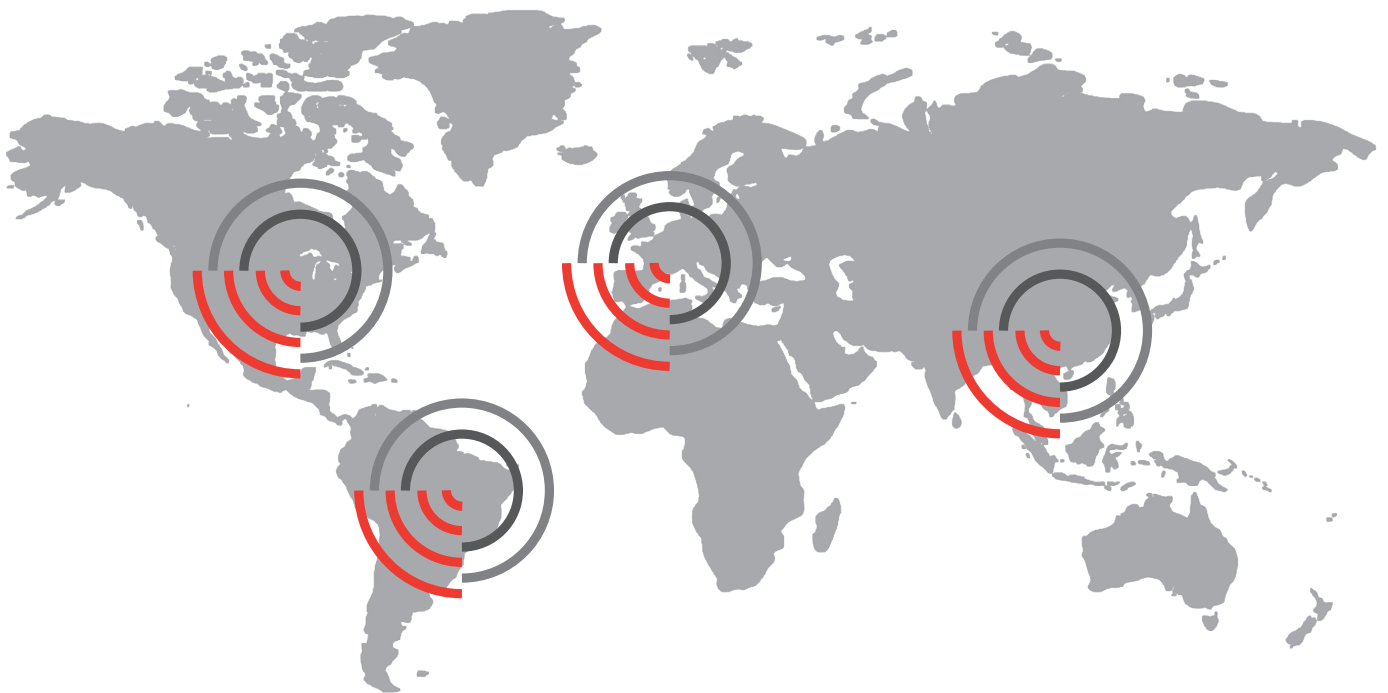
D-89079 Ulm

Phone+49 7305 10 - 0

Fax +49 7305 10 - 11200

info@zwickroell.com

www.zwickroell.com



**Find your local company – worldwide**  
[www.zwickroell.com](http://www.zwickroell.com)