

ECHOGRAPH Ultraschall-Prüfelektronik**Beispiele zur automatisierten Komponentenprüfung mit Ultraschall**

Dr. (USA) Wolfram A. Karl Deutsch, Dr. rer.nat. Manfred Tietze

Dr.-Ing. Volker Schuster, Dipl.-Ing. Marcus Lok, Dipl.-Phys. Klaus Maxam

KARL DEUTSCH Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG, Wuppertal

Tel.: (+49-202) 7192-0, Fax: (+49-202) 714-932, info@karldeutsch.de, www.karldeutsch.de

Zusammenfassung

Eine neue mehrkanalige Ultraschall-Prüfelektronik, Typ ECHOGRAPH, wird in diesem Bericht in mehreren Ausbauprodukten vorgestellt. Die Ultraschallprüfung wird in der Regel zur Auffindung von innen liegenden Fehlstellen verwendet. Die Schnelligkeit des Verfahrens und die Tatsache, dass die Prüfergebnisse in elektronischer Form vorliegen, erlauben eine gute Automatisierbarkeit des Prüfverfahrens. Als Prüfanwendungen werden die Prüfung von geschmiedeten Getriebewellen, die Prüfung von keramischen Bolzen, die Reinheitsgradprüfung an Stahlproben im Tauchtank und die halbautomatische Prüfung von Grobblechen behandelt. Der niedrige Preis der neuen Prüfelektronik ermöglicht einen vielfältigen Einsatz in vielen Industriebereichen.

Einführung

In der Industrie gibt es viele Anwendungen für die automatisierte Ultraschallprüfung in der Produktion. Die Ultraschallprüfung dient der Auffindung von Fehlstellen im zu prüfenden Material ab einer Größe von ca 0.5 mm (bezogen auf metallische Werkstoffe, stark abhängig von der Prüfaufgabe). Besonders bei der Prüfung von Massenteilen aus der Automobilindustrie sind automatisierte Prüfkonzepte bzgl. Taktzeit und Durchsatz unumgänglich. In diesem Beitrag werden eine neu entwickelte mehrkanalige Prüfelektronik und einige Prüfaufgaben aus der Automobil- und Stahlindustrie vorgestellt.

Überblick zur ECHOGRAPH-Prüfelektronik

Auf Basis des im Jahre 2005 vorgestellten Handprüfgerätes ECHOGRAPH 1090 für die mobile Ultraschall-Prüfung wurde eine mehrkanalige Elektronik für kleinere Prüfanlagen entwickelt. Die einfache Bedienung und der schnelle kontrastreiche Bildschirm bleiben als wichtige Geräteeigenschaften erhalten. Während das Handprüfgerät batteriebetrieben arbeitet, wird die Anlagenelektronik vom Stromnetz versorgt und ist auf eine höhere Impulsfolgefrequenz hin optimiert. Pro Prüfkanal sind je nach Schalllaufzeit im Bauteil bis zu 3000 Hz möglich (d.h. 3000 Prüfzyklen pro Sekunde).

Die Darstellung der Ultraschallsignale erfolgt üblicherweise über das so genannte A-Bild. Je nach Konfiguration der Elektronik verfügt jeder Prüfkanal über ein eigenes A-Bild (Typ ECHOGRAPH 1092) oder über ein umschaltbares A-Bild (Typ ECHOGRAPH 1093), welches dann nur während der Kalibrierung der Anlage für die Bediener relevant ist. Ein übergeordneter PC dient als Bediener-Schnittstelle, als Parameterspeicher aller Kanäle und zur Archivierung bzw. Verarbeitung der Prüfergebnisse. Pro Prüfkanal stehen bis zu 2 Schaltausgänge zur Verfügung, z.B. um eine Sortierweiche anzusteuern. Die Ausgabe von Messwerten (Ultraschall-Amplitude, - Laufzeit und Wanddicke) ist je nach Prüfaufgabe vorgesehen. Alternative Darstellungen der Prüfbefunde (z.B. als C-Bild) oder das Auftragen der Amplituden über dem Weg oder der Zeit sind ebenso problemlos umsetzbar.

Die Software zur Bedienung der Gesamtanlage wurde in enger Anlehnung an die Bedienung der Handprüfgeräte konzipiert. Der Schwerpunkt lag somit auch hier bei einer einfachen Bedienung über Klartext-Menüs. Der PC dient hierbei nur als Schnittstelle zur Bedienung und Datenspeicherung. Die Ultraschallmessung läuft jeweils autark auf den einzelnen Ultraschallkarten. Dies bewirkt einen störungsfreien Betrieb auch unter rauen Industrieumgebungen und vermeidet Echtzeitprobleme, wie sie unter einem Windows-Betriebssystem auftreten können.

Wenn es die Prüfaufgabe erlaubt oder der Kostendruck dies erfordert, können mehrere Prüfköpfe über einen Multiplexer am gleichen Prüfkanal betrieben werden. Pro Takt des Multiplexers können Verstärkungs- und Laufzeitunterschiede ausgeglichen werden. Auch die Prüfergebnisse sind bezüglich der angeschlossenen Prüfköpfe einzeln rückverfolgbar.

(Echograph1093 KomponentenTest WD Okt07.doc)



Bild Prüfelektronik Beispiel für eine ECHOGRAPH 1093-Prüfelektronik mit vier Prüfkanälen, realisiert in Form von zwei Doppel-Ultraschallkarten. Ein PC-Modul dient der Steuerung der Gesamtanlage. Ein A-Bild-Modul stellt die Ultraschallsignale dar.

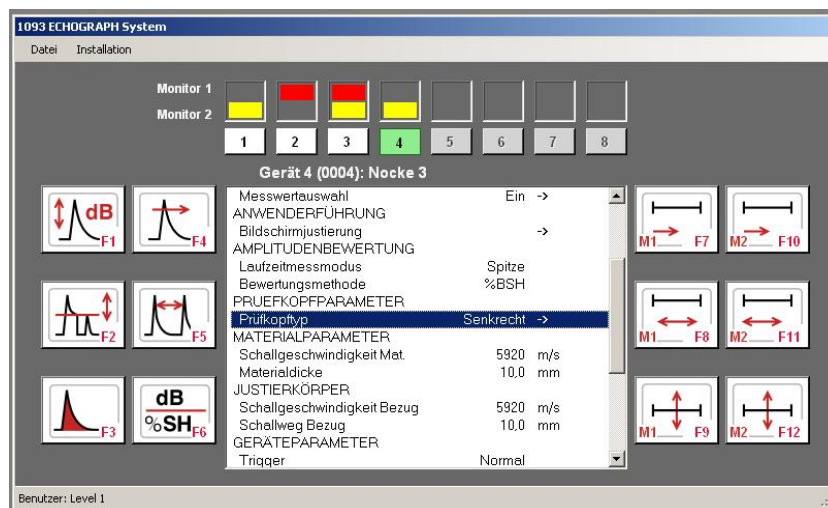


Bild Bedienoberfläche. Oberfläche der PC-Software zur Steuerung der Gesamtanlage. Die wichtigsten Gerätefunktionen des aktiven Kanals (hier Kanal 4, grün markiert) sind über die Funktionstasten (F1-F12) oder über die Maus einstellbar. Die Auswertung der beiden Monitore für alle Prüfkanäle ist über eine Lampenmatrix visualisiert. Dabei zeigt die rote Lampe ein Ereignis in Monitor 1 und die gelbe Lampe ein Ereignis in Monitor 2.

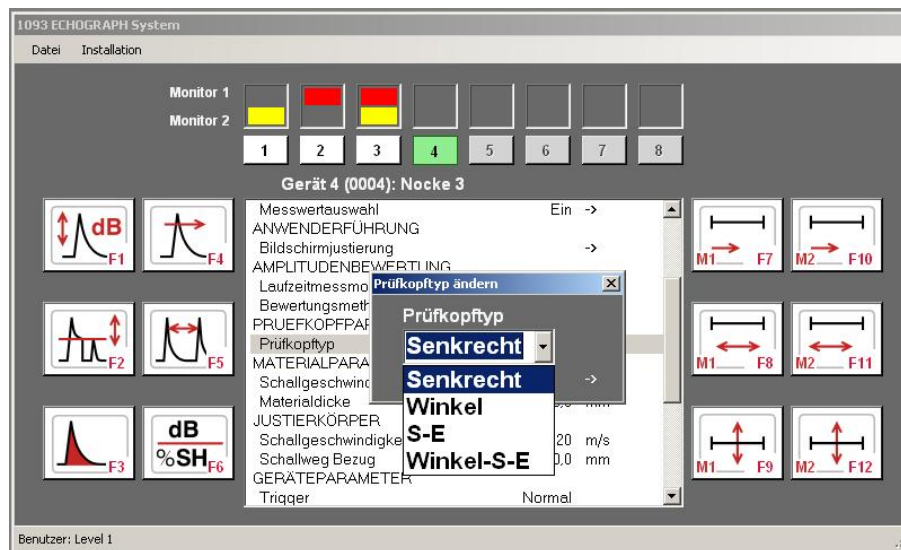


Bild Parametermenü. Die restlichen Prüfparameter werden über ein Klartextmenü angewählt und im jeweiligen Untermenü eingestellt. Die eingesetzte Fenstertechnik erleichtert die Bedienung der Anlage.

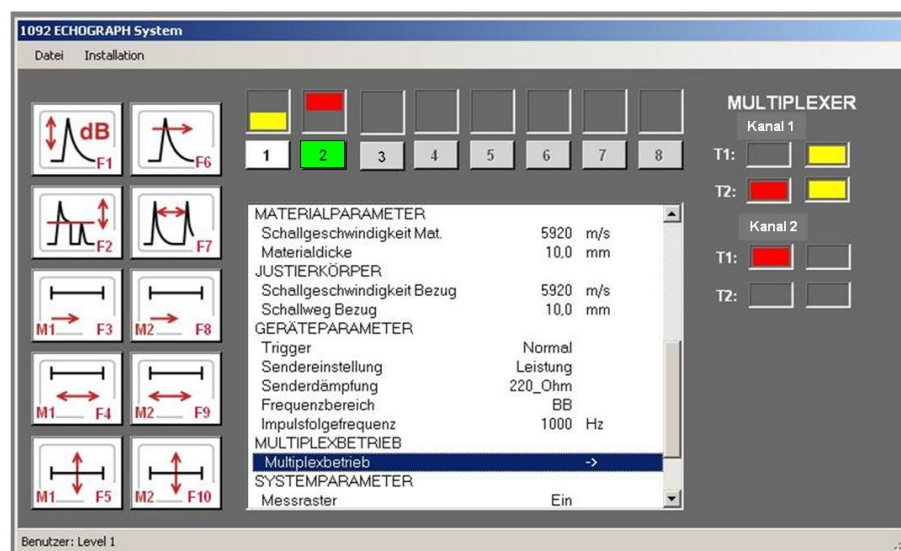


Bild Multiplexer Softwareoberfläche für zwei Prüfkanäle und zwei Multiplexer. Eine weitere Lampenmatrix auf der rechten Bildschirmseite zeigt die Ereignisse pro Takt und Prüfkanal. Somit ist auch im Multiplexbetrieb erkennbar, welcher der beiden Prüfköpfe ein Ereignis aufweist. In diesem Beispiel ist im Prüfkanal 2 im ersten Takt (T1 = erster Prüfkopf) ein Ereignis in Monitor 1 (rote Lampe) aufgetreten.

Ultraschall-Prüfung an Getriebewellen

Beim Herstellungsprozess von Getriebewellen können Innenfehler, so genannte Chevrons, entstehen. Die Prüfung dieser Bauteile erfolgt üblicherweise mit Ultraschall im Tauchtechnikverfahren. Dabei werden die Wellen im Tauchtank (in der Regel motorisch) gedreht und mit mehreren Prüfköpfen geprüft. Meist erfolgt eine stirnseitige axiale Einschallung sowie eine Einschallung in diverse Radien. Je nach Geometrie der Welle kann eine Senkrecht- oder eine Winkelseinschallung bei der Prüfung der Radien zur Anwendung kommen. In einer namhaften süddeutschen Schmiede sind diverse Prüfstände mit unterschiedlichen Automatisierungsgraden im Einsatz.



Bild Prüfstand Wellenprüfung. Älterer Prüfstand mit manueller Beschickung und analoger Prüfelektronik.

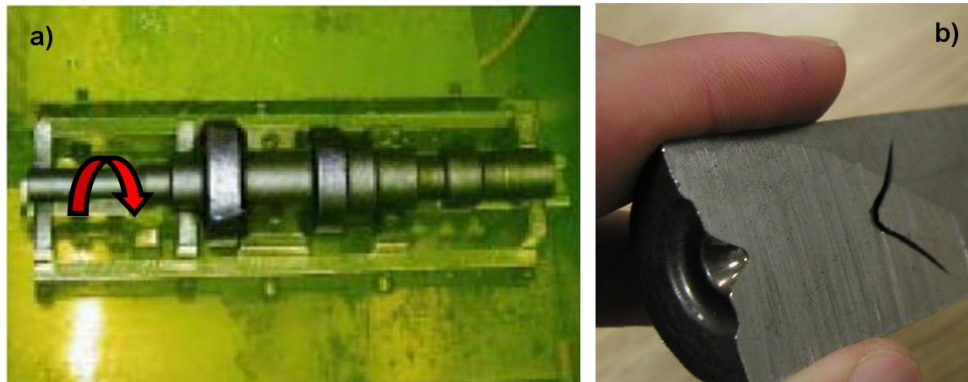


Bild Getriebewellen-Prüfung Ultraschallprüfung an Getriebewellen, **a)** Tauchtank mit eingelegter Welle, **b)** aufgesägte Welle mit großem Innenfehler (Chevron).

Beim aktuellen Projekt werden bis zu acht Prüfköpfe eingesetzt. Jeder Prüfkopf wird an einem separaten Prüfkanal betrieben. Zur flexiblen Konfiguration aller Prüfköpfe wurde auf den Einsatz eines Multiplexers verzichtet. Die neue digitale Prüfelektronik ermöglicht eine schnellere Umrüstung bzgl. der Wellengeometrie durch die Speicherung der Prüfparameter pro Wellentyp.

Die Wellen stehen zunächst als Schüttgut zur Verfügung. Über einen Rüttler werden die Wellen vereinzelt und dann automatisiert gleichsinnig gedreht. Ein Roboter legt die Welle in den Tauchtank. Die erste Drehung der Welle sorgt für stabile Ankoppelbedingungen. Während der zweiten Drehung wird die eigentliche Prüfung durchgeführt. Die Entladung der Anlage erfolgt über einen Hubbalken. Leider waren zum Zeitpunkt der Texterstellung noch keine kundenseitigen Photos von der Prüfsituation freigegeben.

Ultraschall-Prüfung an keramischen Bolzen

Als weiteres Beispiel einer Komponentenprüfung sei die Inspektion von keramischen Bolzen genannt. Die Prüfmechanik wurde von der Firma I3Tech GmbH in Pfedelbach (www.i3tech.de) konstruiert und als einkanaleige Prüfanlage aufgebaut.

Die Länge der Bolzen beträgt ca. 30 mm. Der Durchmesser beträgt ca. 2 mm. Die Bolzen dienen als Achse einer Vorrichtung zur Messung der Durchflussgeschwindigkeit von Flüssigkeiten. Die Prüfaufgabe bestand darin, produktionsbedingte Brüche der Bolzen zu erkennen.

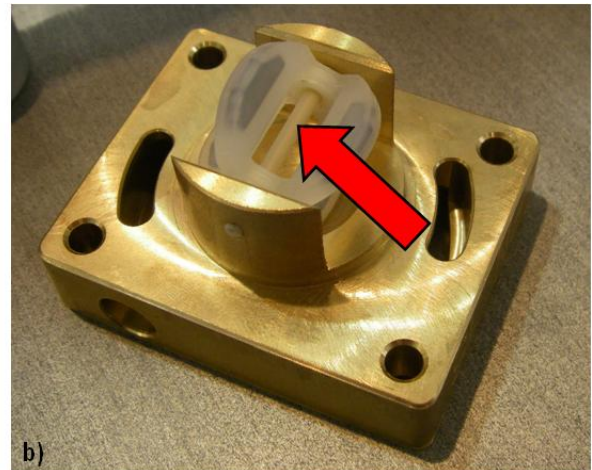


Bild Bolzenprüfung. a) Prüfaufbau mit Elektronikschrank, integriertem Ultraschallgerät und Einspannvorrichtung, b) Ein kleines Flügelrad wird dem Flüssigkeitsstrom ausgesetzt. Die Drehgeschwindigkeit gibt Auskunft über die Geschwindigkeit der Flüssigkeit. Die Achse des Flügelrades ist aus keramischem Material und im Bild mit einem Pfeil markiert.

Die Bolzen werden über einen Klemmmechanismus eingespannt. Die Prüfung erfolgt in Durchschallung, d.h. ein Sensor (Prüfkopf) erzeugt den Ultraschall und ein zweiter Prüfkopf empfängt das Signal. Im Falle eines gebrochenen Bolzens, ist das Empfangssignal deutlich geschwächt. Da die keramischen Bolzen hygroskopisch sind, war eine Wasserankopplung des Ultraschalls nicht gewünscht. Der Schallübergang wird alleine über den Anpressdruck der Einspannvorrichtung realisiert – ansonsten eine seltene Art der Ankopplung in der Ultraschallprüfung.

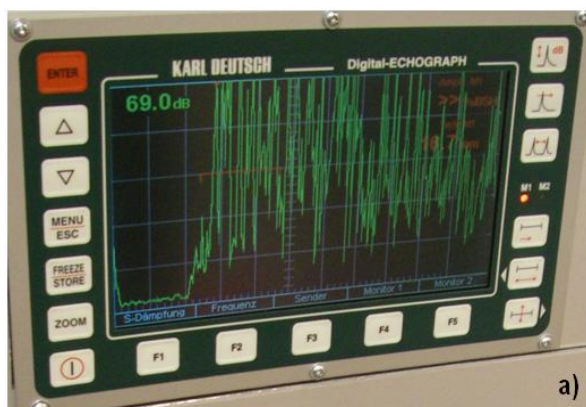


Bild Signale zur Bolzenprüfung. a) Durchschallungssignal mit großer Amplitude bei fehlerfreiem Bolzen, b) Durchschallungssignal mit kleiner Amplitude bei fehlerhaftem Bolzen.

Reinheitsgrad-Prüfung an Stahlproben nach SEP 1927

Der makroskopische Reinheitsgrad von Stahlproben wird derzeit oft mit der Blaubruchprobe bestimmt. Hierbei wird eine Stahlscheibe in der so genannten „Blauwärme“ gebrochen. Dabei entsteht in der Bruchfläche eine Oxidschicht mit einer typischen und intensiven Färbung. Vor diesem kontrastreichen Hintergrund sind nicht-metallische Einschlüsse relativ gut erkennbar. Der Nachteil dieser einfachen Prüfung ist, dass nur Fehlstellen, die sehr dicht bei der Bruchlinie liegen, aufbrechen und sichtbar werden und dies auch nur, wenn eine geeignete Festigkeit vorliegt.

Ein neuer Ansatz für eine chargenbezogene Überprüfung dieser Materialeigenschaft bedient sich der Ultraschallprüfung. Dabei wird statt des flächenhaften Bruchbildes das ganze Volumen einer Probe berücksichtigt. Seit vielen Jahren werden Tauchtankprüfungen von diversen Stahlerzeugern durchgeführt. Nach umfangreichen Ringversuchen wurde klar, dass eine Vergleichbarkeit der Prüfergebnisse nicht gegeben war. Dies lag einerseits an unterschiedlichen Prüfgeräten, andererseits aber auch an dem unterschiedlichen Vorgehen der Betreiber.

Ein Arbeitskreis des VDEH (Verein Deutscher Eisenhüttenleute) wurde ins Leben gerufen, um diesem Umstand Sorge zu tragen. In diesem Kreise hat sich die Firma KARL DEUTSCH ebenfalls engagiert. Die neue Prüfvorschrift SEP 1927 soll nun die Vergleichbarkeit der Prüfergebnisse gewährleisten, indem das Prüfverfahren und auch einige Komponenten der Prüfsysteme vereinheitlicht werden. Zudem wurde ein Kalibrierkörper mit definierten künstlichen Fehlstellen entworfen, der zur regelmäßigen Überprüfung der Systeme heran gezogen werden kann.

Um die neue Entwicklung nach dem Stand der Technik zu begleiten, wurde im anwendungstechnischen Labor von KARL DEUTSCH in eine neue Tauchttechnikanlage investiert. Auch die Auswertung der Daten nach SEP1927 wurde im Rahmen einer Softwareentwicklung umgesetzt. Neben der Prüfung gemäß SEP 1927 wurde der Tauchtank auch für andere Prüfaufgaben und übertrifft somit die Anforderungen des SEP1927. Typische Anfragen betreffen die Auswahl und Ausrichtung von Prüfköpfen für spezifische Prüfaufgaben wie den vorgenannten Wellenprüfungen, komplexen Geometrien wie Kolbenprüfungen und die Erstellung von C-Bildern an kundenspezifischen Proben.

Die Verfahrensbereiche im Tauchtank sind ausgelegt für ruhende Proben bis 1100 mm Länge und 400 mm Breite. Rohr oder Stabmaterial bis 800 mm Länge und Durchmessern von 10 – 250 mm kann auf einem Rollenbock rotierend geprüft werden. Ein Drehteller mit integrierter Zentrierung erlaubt die Prüfung von Scheiben oder Rohrabschnitten bis zu einem Durchmesser von 330 mm. Die mechanische Auflösung beträgt 100 µm wobei für eine Reinheitsgradprüfung „nur“ 250µm vorgeschrieben sind. Mit drei zusätzlichen Rotier-, Kipp- und Schwenkantrieben kann der Prüfkopf in seiner Schnellwechselhalterung optimal auf die Prüfstücke ausgerichtet werden.

Als Prüfelektronik dient ein ECHOGRAPH 1093. Über eine Schnittstelle werden die Ultraschallsignale an einen übergeordneten PC übertragen und ausgewertet. Im PC ist auch die Parametrisierung der Prüfelektronik realisiert. Alle Parameter und Prüfergebnisse sind per Netzwerk auch auf weiteren Arbeitsplatzrechnern verfügbar und können so unabhängig vom Tauchtank neu bewertet werden.



Bild Tauchtank zur Reinheitsgradprüfung. Wassertank mit Prüfkopfhalterung, die in 3 Achsen bezüglich zum Werkstück verfahren werden kann.

Ultraschall-Prüfung an Grobblechen

Das zweite Beispiel zur Ultraschallprüfung zeigt eine weitere Variante der neuen Prüfelektronik. Bei der Dillinger Hütte bestand Bedarf an einer mobilen, batteriebetriebenen Prüfelektronik zur halbautomatischen Prüfung von Grobblechen mit diversen Blechrollern. Diese mobilen Prüfgeräte dienen der Überprüfung der Befunde aus einer stationären Grobblech-Prüfanlage.

Die Ansteuerung des mobilen Gerätes über ein PC-gestütztes Gerät wurde nicht als walzwerksgerecht angesehen. Es entstand das kompakte Gerät ECHOGRAPH 1094, welches einen 8-kanaligen Multiplexer enthält. Wie bereits erwähnt, können im Multiplexbetrieb prüfkopfabhängige Laufzeit- und Verstärkungsunterschiede ausgeglichen werden.

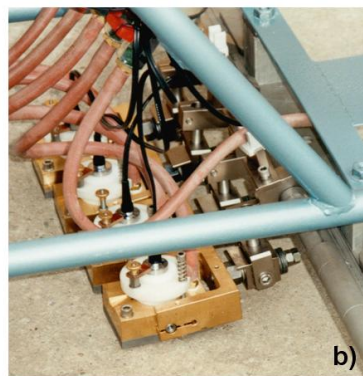


Bild Grobblechprüfung a) ECHOGRAPH 1094 mit eingebautem 8-kanaligen Multiplexer, **b)** Prüfkopfhalterungen eines Blechrollers, Bauart KARL DEUTSCH.

Literatur

- [1] V. Deutsch, M. Platte, M. Vogt: Ultraschallprüfung – Grundlagen und industrielle Anwendungen, Springer-Verlag, 1997
- [2] V. Deutsch, M. Platte, M. Vogt, W.A.K. Deutsch, V. Schuster: Die Ultraschallprüfung, Band 1 aus der Reihe *ZfP kompakt und verständlich*, Castell-Verlag Wuppertal, 77 Seiten, 2002
- [3] SEP 1927 Ultraschall-Tauchtechnik-Prüfung zur Bestimmung des makroskopischen Reinheitsgrades von gewalzten oder geschmiedeten Stäben aus Stahl, VDEh, Entwurf Stand September 2007.



Bild Literatur. Die populäre **Rote Reihe** über die zerstörungsfreie Prüfung ist nun komplett in deutscher und englischer Sprache verfügbar. In 13 Bänden werden alle wichtigen ZfP-Verfahren - kompakt und verständlich - erläutert. Acht der 13 Bücher stammen aus der Feder von Prof. Dr.-Ing. Volker Deutsch unter Mithilfe von Fachleuten aus dem Hause KARL DEUTSCH. Die restlichen Bände wurden von namhaften Co-Autoren geschrieben.