

1 Zerstörungsfreie Schweißnahtprüfung

Häufig wird in den Fachbeiträgen auf die Besonderheit der schweißtechnischen Fügeverfahren verwiesen. Jedem Praktiker ist klar, das „gute Gelingen“ der Arbeit lässt sich verlässlich anhand des fertigen Produkts, anhand des fertig geschweißten Bauteils nicht mehr unmittelbar nachweisen. Deshalb wird der Begriff des Schweißens als spezieller Prozess verwendet.

Nach der Ausführung der Schweißnaht kommt die Stunde der Wahrheit in Form vorzunehmender ebenso spezieller Prüfungen. Die Ergebnisse dieser Prüfungen sind verantwortungsbewusst zu bewerten. Führt doch die Bewertung zur Entscheidung, ob eine hergestellte Fügeverbindung verbleiben kann, somit von „guter Qualität“ ist, oder ob es zu einer Reparatur der Verbindungsstelle oder gar zu einem Austausch des gesamten Bauteils kommen muss. Andererseits ist es zweifellos so, dass diese Entscheidung, rechtzeitig getroffen, immer noch bedeutend besser ist, als ein Bauteilversagen mit eventuellen signifikanten Personen- oder Sachschäden zu riskieren.

Korrekte Prüfverfahren anwenden

Angewandte Prüfverfahren müssen abgestimmt sein auf:

- die zu verbindenden Materialien
- die angewandten Fügeverfahren
- die zu erwartenden Unregelmäßigkeiten
- die Beschaffenheitsanforderungen des Produkts

In diesem Zusammenhang kommt den Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung (ZfP) regelmäßig eine besondere Bedeutung zu. Die verschiedenen, fachlich weitreichend erprobten und für viele Anwendungen standardisierten Prüfmethoden können einen sehr großen Bereich der o.g. Problemkreise abdecken.

Von großem Vorteil ist natürlich, dass bei der Anwendung der Verfahren der ZfP die Eigenschaften der Verbindung (der Schweißnaht) und natürlich auch des gesamten Bauteils im Wesentlichen nicht verändert werden. Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung angewendet zu haben, bedeutet im Regelfall, dass das

Bauteil uneingeschränkt weiterverwendet werden kann, „Fehlerfreiheit“ natürlich vorausgesetzt.

Weitreichende Bedeutung der ZfP

Die Prüfung von Schweißnähten oder mit verwandten Fügeverfahren hergestellter Verbindungen stellt jedoch nur einen kleinen Teil der Anwendungen der ZfP dar. In vielen Bereichen der Industrie oder Technik allgemein werden Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung angewendet. Einige Beispiele sind:

- Grundmaterial-Prüfungen
- Bauteildickenmessungen
- Untersuchungen von Kunstwerken
- Füllstandsmessungen
- Bauwerksprüfungen (z.B. Betondeckungen)
- Korrosionsprüfungen
- Wärmebrückendetektionen
- Baugrunderkundungen
- Materialstrukturprüfungen

Dabei werden Prüfverfahren angewendet, die auch im Bereich der Schweißnahtprüfung eingesetzt werden. Aber auch andere technische Möglichkeiten werden genutzt, die bisweilen vielleicht etwas exotisch erscheinen mögen, z.B. elektrochemische Potenzialmessungen, Computertomografie, seismische Verfahren, Thermografie oder besondere akustische Resonanzverfahren.

Dies zeigt den weiten Anwendungsbereich der zerstörungsfreien Prüfung. „In fast allen Industriezweigen ist die ZfP zum unverzichtbaren Instrument für Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung geworden“, resümiert die Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V. (DGZfP) auf ihrer Internetseite.

3 Verfahren der zerstörungsfreien Schweißnahtprüfung

Allgemeines zur Anwendung der Verfahren

Im Abschnitt zum „Einsatz der ZfP-Verfahren“ wird die Bedeutung der Überprüfung der Qualität und damit der Haltbarkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit einer gefertigten Schweißnaht anhand der Darstellung der Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V. (DGZfP) herausgestellt. Die Prüfung von Schweißnähten mit Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung (ZfP) ist jedoch nur ein kleiner Anwendungsbereich dieser Prüfverfahren. Aus Sicht der Qualitätssicherung der Schweißarbeiten ist die Anwendung von ZfP-Verfahren jedoch unabdingbar.

Da es sich bei den Fügeverfahren des Schweißens und der Anwendung vergleichbarer Technologien um sogenannte spezielle Prozesse handelt, wie bereits im Abschnitt „Haftung für einen speziellen Prozess“ dargelegt, muss eine Überprüfung der Verbindungen mit ebensolchen speziellen und angepassten Verfahren erfolgen. Art und Umfang der Prüfungen ergeben sich aus den spezifischen Beanspruchungen und Erwartungen an das betreffende Bauteil auf der Grundlage normativer Anforderungen und/oder vertraglicher Vereinbarungen. Die entscheidenden Einflussgrößen wurden ebenfalls im Abschnitt „Einsatz der ZfP-Verfahren“ vorgestellt.

Die Anwendung von Verfahren der zerstörungsfreien (Schweißnaht-)Prüfung erlaubt in jedem Fall eine unbeschränkte Weiterverwendung des geprüften Bauteils. Im Regelfall haben die angewandten Verfahren keinen (negativen) Einfluss auf den weiteren Gebrauch oder die Funktion des Bauteils. Damit wird der Umfang der Prüfung nicht auf Arbeitsproben oder eine andere stichprobenartige Untersuchung beschränkt, wie das bei den Verfahren der zerstörenden Prüfung (zP) der Fall ist. Wenn erforderlich, angebracht und gewünscht, kann ohne Weiteres eine 100-%-Prüfung der Schweißverbindungen erfolgen.

Qualitätsanforderungen haben ihren Ursprung im Regelfall in vertraglichen Vereinbarungen oder anderen Definitionen zur Beschaffenheit eines Produkts (z.B. auch in einer für den Verwendungszweck üblichen Beschaffenheit). Solche Beschaffenheitsanforderungen können Bezug nehmen auf Normen und vergleichbare Spezifikationen, die Systeme der Qualitätssicherung und weitergehend sogar ein Qualitätsmanagement zum Inhalt haben.

Grundsätze der Anwendung von Normen

In Produkt- und Anwendungsnormen werden nun die detaillierten Anforderungen an die Erzeugnisse und darunter auch an geschweißte oder mit anderen Fügeverfahren hergestellte Bauteile bzw. die auszuführenden Verbindungen gestellt. Im Regelfall werden dort auch Art und Umfang der auf die behandelten Produkte anzuwendenden zerstörungsfreien Prüfungen definiert, z.B.:

- DIN EN 13445-5 Unbefeuerte Druckbehälter – Teil 5: Inspektion und Prüfung – Abschnitt 6.6: Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen
- DIN EN 1090-2 Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken – Abschnitt 12.4.2: Inspektion nach dem Schweißen

Solche Produktnormen können nun wiederum Bezug nehmen auf die o.g. Spezifikationen und Anforderungen zur Ausführung und Qualitätssicherung.

Spezielle, sogenannte Gütenormen können nun wiederum herangezogen werden, um eine grundsätzliche Festlegung zur Zulässigkeit von eventuellen Unregelmäßigkeiten treffen zu können, die in Schweißverbindungen oder Verbindungen, die mit ähnlichen Fügeverfahren hergestellt wurden, auftreten können. Damit wird also zunächst eine herzustellende „Schweißnahtgüte“ definiert.

Die Überprüfung der Bauteile und der ausgeführten (Schweiß-)Verbindungen kann dann mit den unterschiedlichsten Verfahren, so auch der zerstörungsfreien Schweißnahtprüfung, erfolgen. Diese Prüfverfahren sind mittlerweile durch die internationale Normung weitgehend beschrieben. Dies ist Inhalt des hier vorliegenden Kapitels.

Schließlich sind die möglicherweise festgestellten Unregelmäßigkeiten einer Bewertung zu unterziehen. Ergebnis dieser Bewertung ist es regelmäßig, eine Aussage zu erhalten, ob eine Unregelmäßigkeit „tolerierbar“ ist oder es zu einer Reparatur der Schweißnaht bzw. des zu verbindenden Bauteils oder zu einem Austausch kommen muss. Hierfür gibt es zum Teil Fachnormen, die sich jeweils auf ein bestimmtes Prüfverfahren beziehen. In den folgenden Unterkapiteln wird jeweils dort auf existierende Fachnormen hingewiesen.

Weiterhin können zur Bewertung die bereits oben beschriebenen speziellen Normen zur „Schweißnahtgüte“ herangezogen werden. Im Kapitel „Bewertung von Unregelmäßigkeiten, Fehlergrenzen“ finden Sie eine Zusammenstellung von Normen zur Bewertung von Unregelmäßigkeiten. In den o.g. Produkt- und Anwendungsnormen werden darüber hinaus teilweise direkte Angaben zu Fehlergrenzen im Zusammenhang mit Schweißverbindungen gemacht.

Die Zusammenhänge sollen mit der folgenden Abbildung verdeutlicht werden.

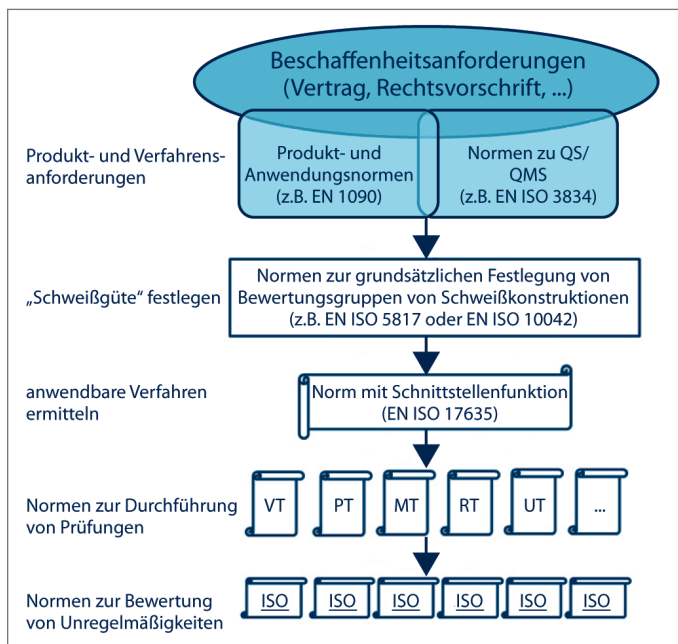


Abb. 22: Zusammenhänge von Normen im Sinne der ZFP

Das Bindeglied zwischen dem Bereich der Standards zu „Produkten/Anwendungen/Ausführungsgütern“ und denen zur unmittelbaren Prüfung von Schweißnähten und der Bewertung der Ergebnisse bildet für den Bereich der Schweißverbindungen bei metallischen Werkstoffen die Norm:

DIN EN ISO 17635:2017-04	Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Allgemeine Regeln für metallische Werkstoffe
--------------------------	--

Gliederung und wichtige Inhalte der Norm:

Nationales Vorwort u.a. mit Verweis auf Vorgängernormen und Änderungen zu diesen früheren Ausgaben	
Nationaler Anhang (Literaturhinweise)	
Vorwort	
1	Anwendungsbereich i.W.: Anleitung für die Auswahl von zerstörungsfreien Prüfverfahren für Schweißverbindungen; Einbindung in den Normenkontext, wie oben dargelegt
2	Normative Verweisungen
3	Begriffe speziell auf die Inhalte der Norm bezogene Begriffe: <ul style="list-style-type: none">■ Prüfklasse■ Prüfstelle■ Anzeige■ innere Inhomogenitäten■ Bewertungsgruppe■ Prüflos
4	Abkürzungen Bezug auf die eingeführten Abkürzungen der Prüfverfahren (VT, PT, UT etc.)

5	<p>Einschränkungen</p> <p>z.B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ keine Bezugnahme auf sonstige Bauteilprüfungen außerhalb von ZfP an Schweißnähten ■ immer Rückgriff auf eine Produkt- oder Anwendungsnorm ■ nur für Schmelzschweißen an Stahl, Aluminium, Kupfer, Nickel oder Titan
6	<p>Personalqualifizierung</p> <p>Bezugnahme auf relevante europäische oder internationale Normen</p>
7	<p>Prüfstelle</p> <p>Unabhängigkeit von der Herstellung (Fertigung) ist wichtig</p>
8	<p>Dokumentation</p> <p>beispielhafte Inhalte für Dokumente, die vor Prüfbeginn sowie nach durchgeführter Prüfung zu erstellen sind</p>
9	<p>Auswahl des Prüfverfahrens</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Darlegung der relevanten Einflussgrößen auf die Wahl ■ Zuordnung geeigneter Prüfverfahren bezogen auf verschiedene Schweißnahtarten, Werkstoffe und Nennicken der Materialien
10	<p>Durchführung der Prüfung</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Zuordnung der anzuwendenden Prüfnorm(en) anhand des Anhangs A ■ notwendige Festlegungen zu Prüfbedingungen und zum geeigneten Zeitpunkt der Prüfungen ■ Hinweise zur Bewertung der Prüfergebnisse
<p>Anhang A: Anzuwendende Regeln und Normen</p> <p>mit Hinweisen der Zuordnung zwischen Bewertungsgruppen (z.B. nach DIN EN ISO 5817) auf der einen und Prüftechniken und -klassen sowie Zulässigkeitsgrenzen nach den Prüfnormen auf der anderen Seite</p>	
<p>Anhang B: Graphische Darstellung des Normenkontexts</p>	
<p>Literaturhinweise</p>	

Weiterhin können, bezogen auf die Grundlagen der ZfP, auch für andere Fügeverfahren und andere Werkstoffe die folgenden Normen und Spezifikationen herangezogen werden. Zusätzliche Grundlagen werden in vergleichbaren Dokumenten behandelt. Schließlich sind in der nachfolgenden Liste auch Spezifika-

tionen aufgeführt, die sich mit weiteren Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung auseinandersetzen, die indirekt auch mit der Ausführungsqualität von Schweißnähten zusammenhängen (z.B. Dichtheitsprüfungen).

DIN-Fachbericht CEN/TR 14748:2005-01	Zerstörungsfreie Prüfung – Vorgehensweise zur Qualifizierung von zerstörungsfreien Prüfungen
DIN EN 1330 (Normenreihe)	Zerstörungsfreie Prüfung – Terminologie
DIN EN 1593:1999-11	Zerstörungsfreie Prüfung – Dichtheitsprüfung – Blasenprüfverfahren
DIN EN 1779:1999-10 mit Berichtigung 1:2005-02	Zerstörungsfreie Prüfung – Dichtheitsprüfung – Kriterien zur Auswahl von Prüfmethode und -verfahren
DIN EN 13184:2001-07	Zerstörungsfreie Prüfung – Dichtheitsprüfung – Druckänderungsverfahren
DIN EN ISO 20485:2018-05	Zerstörungsfreie Prüfung – Dichtheitsprüfung – Prüfgasverfahren
DVS 0709:1995-03	Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit von Schweißverbindungen an Stahl bei Anwendung zerstörungsfreier Prüfverfahren
DVS 2203-1:2003-01	Prüfen von Schweißverbindungen an Tafeln und Rohren aus thermoplastischen Kunststoffen – Prüfverfahren – Anforderungen
DVS 2206-2:2016-08	Zerstörungsfreie Prüfungen von Behältern, Apparaten und Rohrleitungen aus thermoplastischen Kunststoffen
DVS 2225-2:2019-02	Schweißen von Dichtungsbahnen aus polymeren Werkstoffen – Baustellenprüfungen
DVS 2226-1:2000-09	Prüfen von Fügeverbindungen an Dichtungsbahnen aus polymeren Werkstoffen – Prüfverfahren, Anforderungen
DVS 2230-1:2003-07	Schweißen von Kunststoffserienteilen – Qualitätssicherung, Prüfung
DVS 2713:2003-05	Schweißen von Titanwerkstoffen – Werkstoffe, Prozesse, Fertigung, Prüfung und Bewertung von Schweißverbindungen

DVS 2916-5:2017-09	Prüfen von Widerstandspressschweißverbindungen – Zerstörungsfreie Prüfung von Punktschweißverbindungen
DVS 3210:2007-07	Prüfverfahren zur Qualitätssicherung von Elektro- nen- und Laserstrahlschweißnähten
DVS 3217:2010-03	Empfehlungen zum Prüfen von strahlgeschweißten Stichnähten an T-Stößen
DGZfP ZfP 01 (2006-03)	Richtlinie Zerstörungsfreie Prüfung entsprechend ASME Boiler and Pressure Vessel Code
ASNT: NDT Handbook	NDT Handbook, 3 rd Edition, Volume 10: NDT Overview zzgl. weiterer Teile des Handbuchs mit Angaben zu einzelnen Prüfverfahren

In weiteren speziellen Anwendungsnormen können darüber hinaus Hinweise zum korrekten Einsatz von Prüfverfahren, insbesondere zu Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung von Schweißverbindungen, enthalten sein.

Tätigkeiten zur Maß- und Geometrieprüfung von Schweißnähten und geschweißten Bauteilen werden in den hier aufgeführten Normen und Spezifikationen nicht separat behandelt. Grundlage für die erfolgreiche Umsetzung dieser Prüfaufgaben ist neben einer guten Grundlagenspezifikation (Ausführungspläne, Prüfpläne) und dem Vorhandensein geeigneter und validierter Messmittel eine überlegte Prüfplanung auf Basis der notwendigen geometrisch-maßlichen Bauteileigenschaften.

Mit der integrierten Anwendung der zutreffenden Spezifikationen aus dem hier dargelegten Normenkontext gelingt es, ein der Funktion und Beanspruchung des Bauteils und der anstehenden Prüfaufgabe entsprechendes Verfahren der ZfP zu wählen. Ergebnisse werden nicht nur schlechthin „auswertbar“, sondern führen zu verlässlichen Aussagen über die erreichte Schweißnahtqualität.

Allgemeines zur Personalqualifikation

Die Wahl des korrekten Verfahrens der Prüfung von Schweißnähten und dessen fachgerechte Anwendung sind Grundvoraussetzungen für eine „brauchbare“ Bewertung von Schweißarbeiten. Von großer Wichtigkeit ist darüber hinaus die Auswahl geeigneten Personals mit einer fundierten Ausbildung und einer zeit-nahen beruflichen Praxis für die Ausführung der vorgesehenen Prüfungen der Schweißverbindungen.

Neben eventuellen Anforderungen in Verträgen kann der Einsatz von qualifiziertem Prüfpersonal in den einschlägigen Rechtsvorschriften für Produkte gefordert werden oder in den im Zusammenhang mit der Verkehrsfähigkeit (Konformität) dieser Produkte anzuwendenden Normen und Spezifikationen.

Beispiel 1: aus Richtlinie 2014/68/EU (Druckgeräterichtlinie – NEU) Anhang I, Pkt. 3.1.3:

„Bei Druckgeräten sind die zerstörungsfreien Prüfungen an den dauerhaften Verbindungen von qualifiziertem Personal mit angemessener Befähigung auszuführen. Bei Druckgeräten der Kategorien III und IV ist die Qualifikation dieses Personals von einer unabhängigen Prüfstelle, die von einem Mitgliedstaat gemäß Artikel 20 anerkannt wurde, zu billigen.“

Beispiel 2: aus DIN EN 1090-2:2011-10 (Technische Regel für die Ausführung von Stahltragwerken), Pkt. 12.4.1:

„ZfP muss, mit der Ausnahme von Sichtprüfungen, durch Personal ausgeführt werden, das nach EN ISO 9712 qualifiziert ist.“

Unabhängig von den verarbeiteten Werkstoffen, den angewandten Fügeverfahren und der betrachteten Branche bzw. den betrachteten Produkten stellt die im Folgenden genannte internationale Norm eine universelle Grundlage in Bezug auf das ZfP-Personal dar:

DIN EN ISO 9712:2012-12	Zerstörungsfreie Prüfung – Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung
Achtung: Für diese Norm liegt ein neuer Entwurf vor: DIN EN ISO 9712:2021-02	

Gliederung und wichtige Inhalte der Norm:

Nationales Vorwort	
u.a. mit Verweis auf Vorgängernormen und Änderungen zu diesen früheren Ausgaben	
Nationaler Anhang (Literaturhinweise)	
Vorwort	
Einleitung	
1	<p>Anwendungsbereich</p> <p>i.W.: Befähigungen folgender Verfahren können mit der Norm abgedeckt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Schallemissionsprüfung ■ Wirbelstromprüfung ■ Infrarotthermografieprüfung ■ Dichtheitsprüfung ■ Magnetpulverprüfung ■ Eindringprüfung ■ Durchstrahlungsprüfung ■ Dehnungsmessstreifenprüfung ■ Ultraschallprüfung ■ Sichtprüfung (ausgenommen u.a. direkte Sichtprüfungen ohne Hilfsmittel)
2	Normative Verweisungen
3	<p>Begriffe</p> <p>umfangreiche Sammlung spezieller auf die Inhalte der Norm bezogener Begriffe</p>
4	<p>Verfahren und Abkürzungen</p> <p>Bezug auf die eingeführten Abkürzungen der Prüfverfahren (VT, PT, UT etc.)</p>
5	<p>Verantwortlichkeiten</p> <p>Definition der Aufgaben von:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Zertifizierungsstellen ■ autorisierten Qualifizierungsstellen ■ Prüfungszentren ■ Arbeitgebern – allgemein ■ Prüfungskandidaten und Zertifikatsinhabern

6	<p>Qualifizierungsstufen</p> <p>Definition der Kenntnisstände für die Stufen 1, 2 und 3</p>
7	<p>Zulassungsvoraussetzung</p> <p>ausführliche Darlegungen der persönlichen Voraussetzungen der Prüfungskandidaten bezogen auf folgende Gebiete:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Schulungsinhalte und -umfänge ■ industrielle ZfP-Erfahrung ■ Anforderungen an die Sehfähigkeit <p>teilweise unterschieden nach den o.g. Stufen</p>
8	<p>Qualifizierungsprüfung</p> <p>umfassende Aufstellung zu:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Prüfungsinhalten ■ Bewertung der Prüfungen ■ Durchführung der Prüfungen, Prüfungswiederholungen, Prüfungsbefreiungen
9	<p>Zertifizierung</p> <p>Arten und Inhalte sowie Gültigkeit der Zertifikate</p>
10	<p>Erneuerung</p> <p>Voraussetzungen, Fristen</p>
11	<p>Rezertifizierung</p> <p>Voraussetzungen, besondere Verfahren</p>
12	<p>Dokumente</p> <p>bezogen auf die Zertifizierungsstelle bzw. die autorisierte Qualifizierungsstelle</p>
13	<p>Übergangszeitraum</p>
14	<p>Übergang zwischen EN 473:2008, ISO 9712:2005 und dieser internationalen Norm</p>
<p>Anhang A: Sektoren</p> <p>bezogen auf Produkte und Industriezweige</p>	
<p>Anhang B: Mindestanzahl und Art der Prüfungsstücke für die praktische Prüfung in den Stufen 1 und 2</p>	
<p>Anhang C: Strukturiertes Kreditssystem für die Stufe-3-Rezertifizierung</p>	

Anhang D: Wichtung praktischer Prüfungen
Anhang E: ZfP-Ingenieurstätigkeiten
Anhang ZA: Beziehung zwischen dieser europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 97/23/EG
Literaturhinweise

Weiterhin können zur Qualifikation, Prüfung und Zertifizierung des ZfP-Personals, auch bei Anwendung anderer Verfahren oder Verarbeitung anderer Materialien, die folgenden Normen und Spezifikationen herangezogen werden.

DVS 2213:2010-12	Fachmann für Kunststoffschweißen
DGZfP A 01 (2019-01)	Richtlinie über die Ausbildung von Prüfwerkern der Zerstörungsfreien Prüfung
DGZfP A 05 (2015-05)	Richtlinie für Ausbildungsstätten – Mindestanforderungen an Ausstattung und Organisation
ASNT: SNT-TC – 1A	Personnel Qualification and Certification in Non-destructive Testing

Sichtprüfung (VT)

Grundlagen

Die Sichtprüfung von gefertigten Bauteilen, so auch von Schweißbaugruppen und dort speziell der Schweißverbindung selbst bzw. der Verbindungen, die mit einem verwandten Fügeverfahren hergestellt wurden, ist die einfachste und zugleich wichtigste Möglichkeit, die „Arbeitsqualität“ beurteilen zu können. Mit der Sichtprüfung werden überprüft:

- die Vollständigkeit der Schweißnaht
- deren Aussehen, insbesondere in Bezug auf die in der DIN EN ISO 6520-1 genannten Unregelmäßigkeiten
- die maßlich-geometrische Ausführung der Schweißnaht sowie des gesamten Schweißbauteils