

Die „Esonix[®] Ultrasonic Impact Treatment“ Technologie – eine Methode zur Erhöhung der Lebensdauer von Schweißkonstruktionen

Peter Gerster Applied Ultrasonics Europe

Kapellenstraße 173 D-89584 Ehingen/Do.

Telefon: +49(0)7391/757621 Telefax: +49(0)7391/757617

E-Mail: pgerster@appliedultrasonics.com

Nach dem heutigen Stand der Technik ist die Schwing- bzw. Ermüdungsfestigkeit von Stählen bei geschweißten Konstruktionen unabhängig von der Streckgrenze. Dies ist als einer der Hauptgründe für den noch immer verzögerten Einsatz von höherfesten Stählen in Konstruktionen unter wechselnder Beanspruchung anzusehen. Durch den Einsatz von Schweißnahtnachbehandlungsverfahren besteht die Möglichkeit die Ermüdungsfestigkeit insbesondere von höherfesten Stählen zu erhöhen. Im Stahlbau bestehen jedoch bis heute keine normativen Regelungen, um die positiven Effekte einer Schweißnahtnachbehandlung zu berücksichtigen.

In diesem Vortrag wird das bisher in Europa noch wenig bekannte Nachbehandlungsverfahren „Ultrasonic Impact Treatment“ (UIT), sowie die Anwendungsmöglichkeiten im Brückenbau vorgestellt. Außerdem werden die Ergebnisse eines Forschungsprojekts erläutert, in dem die Effektivität des UIT-Verfahrens zur Verbesserung der Ermüdungsfestigkeit von Schweißkonstruktionen aus höherfesten Baustählen anderen bekannten Nachbehandlungsverfahren wie dem WIG-Aufschmelzen gegenübergestellt wird.

1 Einleitung

Eine Verbesserung der Schwingfestigkeit von Schweißverbindungen gewinnt in vielen Bereichen des Stahlbaus an zunehmender Bedeutung, insbesondere bei Anwendung von höher- und hochfesten Stählen.

Ein in Europa bisher noch wenig bekanntes Verfahren zur Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit von Schweißverbindungen ist die Esonix UIT-Behandlung, eine Ultraschall-Schlagbehandlung, bei der die Nahtübergänge unter sehr hoher Frequenz gehämmert werden. Hierbei werden neben einer Verfestigung der Oberfläche Druckeigenstressungen im oberflächennahen Bereich induziert, sowie die Kerbwirkung der Nahtübergänge verbessert. Das Esonix UIT-Verfahren zeichnet sich dabei insbesondere durch eine einfache Bedienbarkeit und eine hohe Reproduzierbarkeit aus.

Im Rahmen eines AiF-Forschungsprojekts mit dem Titel „**Effizienter Stahlbau aus höherfesten Stählen unter Ermüdungsbeanspruchung**“ wurde am Institut für Konstruktion und Entwurf der Universität Stuttgart und an der Materialforschungs- und Prüfanstalt (MFPA) der Bauhaus-Universität Weimar die Anwendung und die Effektivität des Nachbehandlungsverfahrens Esonix UIT (Ultrasonic Impact Treatment) mit dem bereits bekannten Verfahren des WIG-Aufschmelzens an einem typischen Konstruktionsdetail des Stahlbaus, der Quersteife eines Biegeträgers, gegenübergestellt. Es werden hierbei Ermüdungsversuche an Klein- und Großprüfkörpern sowie Trägern aus der Stahlsorte S355, S460 und S690 durchgeführt. Zur Vergleichbarkeit werden zusätzlich Prüfkörper, die im Schweißzustand belassen sind bzw. nach dem Schweißen mit einer nachträglichen Reinigungsstrahlung behandelt wurden, untersucht.

2 Ermüdungsbeanspruchung / Schwingfestigkeit

Mit zunehmender Festigkeit steigt auch die Schwingfestigkeit eines metallischen Werkstoffes – diese Aussage gilt in dieser Form nur für ideale (das heißt polierte) Proben aus dem Grundwerkstoff. Jegliche Imperfektionen, wie zum Beispiel Geometrieänderungen durch Kerben oder Bohrungen, Oberflächendefekte oder aber die im Stahlbau nicht zu vermeidenden Schweißungen reduzieren das Betriebsfestigkeitsverhalten von hochfesten Stählen auf ein Maß, das im Extremfall auf der Höhe der Dauerschwingfestigkeit von normalfesten Stählen liegen kann.

So sieht Eurocode 3-1.9 Ermüdung bis heute noch vor, dass der Betriebsfestigkeitsnachweis unabhängig von der eingesetzten Stahlgüte ist, und dies unabhängig von der Anzahl der Zyklen, der Art des Belastungskollektives und dem Spannungsverhältnis.

Deshalb gibt es schon seit langem Bestrebungen, die Schwingfestigkeit von Schweißverbindungen durch geeignete Nachbehandlungsverfahren der Schweißnähte zu verbessern. **Bild 1** zeigt einen groben Überblick der verschiedenen Nachbehandlungsverfahren, wobei grundsätzlich die Einteilung in zwei Hauptgruppen möglich ist:

- Verbesserung der Nahtgeometrie
- Eigenspannungsabbau durch Veränderung des Spannungsprofils

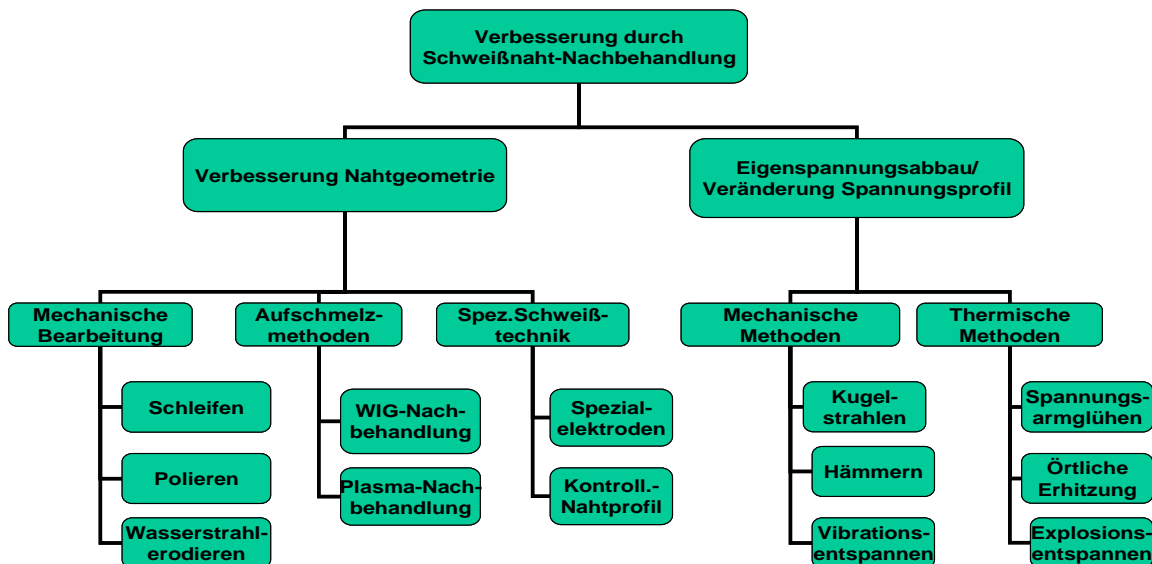


Bild 1: Gegenüberstellung der verschiedenen Nachbehandlungsverfahren

Die Anwendung der Verfahren der Schweißnahtnachbehandlung beschränkt sich im Allgemeinen auf eine Verbesserung der Ermüdungsfestigkeit am Schweißnahtübergang. Eine mögliche Verlagerung des Anrisses in die Schweißnahtwurzel muss daher berücksichtigt werden.

Beim **Überschleifen** der Schweißnahtübergänge erfolgt eine Verringerung der Kerbschärfe, sowie das Entfernen von Schweißnahtfehlern an der Oberfläche. Bei der **WIG-Nachbehandlung** findet durch nochmaliges Aufschmelzen der Schweißnaht ein Ausrunden des Schweißnahtüberganges statt. Es besitzt den Vorteil, dass es von vielen Stahlbaufirmen standardmäßig eingesetzt werden kann. Nachteilig ist, dass ausschließlich in Wannennlage das nochmalige Aufschmelzen erfolgen kann. Speziell höherfeste Stähle profitieren beim WIG-Aufschmelzen aufgrund der höheren Kerbempfindlichkeit und der höheren Ermüdungsfestigkeit des Grundmaterials von der Verringerung der Kerbschärfe.

Zum anderen werden durch Nachbehandlungsmethoden wie Hämmern oder Nadeln Druckeigen-spannungen in den Nahtübergang eingebracht. Dabei wird der Nahtübergang plastisch verformt, sodass sich Druckeigen-spannungen in der Oberfläche ausbilden. Auch Schweißnahtfehler werden dabei im geringen Umfang beseitigt. Für Anwendungen im Stahlbau besitzt dieses Verfahren jedoch den Nachteil, dass es auf Grund der niedrigen Frequenz, mit der das Hämmern durchgeführt wird, nur unter starken Geräusch- und Vibrationsbelastung durchzuführen ist. Auch wird keine gute Reproduzierbarkeit erreicht.

Tabelle 1 zeigt, dass die Verbesserung der Schwingfestigkeit dieses Verfahrens auf mehreren Effekten beruht und somit die erreichte Lebensdauererhöhung mit keinem der bisherigen Verfahren allein erreicht wird. Wie die Ergebnisse noch zeigen, kann bei diesem Verfahren sogar die Schwingfestigkeit des Grundwerkstoffes erreicht werden.

Tab. 1: Wirkungsweise der verschiedenen Nachbehandlungsverfahren

TECHNOLOGIE	SCHLEIFEN	KUGEL-STRAHLEN	HÄMMERN & NADELN	SPANNUNGS-ARMGLÜHEN	WIG NACHBEHANDLUNG	<i>Esonix</i> [®] ULTRASONIC IMPACT TREATMENT
ERHÖHUNG DER BETRIEBSFESTIGKEIT	●	●	●	●	●	●
ERHÖHUNG DER KOROSSIONS-BESTÄNDIGKEIT		●				●
VERMINDERUNG DES SCHWEISSVERZUGES			●	●		●
VERMINDERUNG DER EIGENSPANNUNGEN				●		●

Forschungsergebnisse in Ermüdung von Schweißkonstruktionen haben gezeigt, dass UIT die effizienteste und wirtschaftlichste Behandlung darstellt, zur Verbesserung der spezifischen Eigenschaften im Vergleich mit anderen Techniken wie Schleifen, Kugelstrahlen, Wärmebehandlung, WIG-Behandlung, usw.

Das UIT Verfahren kann erfolgreich in vielen verschiedenen Industriebereichen angewendet werden, wie Aerotechnik , KFZ-Industrie, Energie- und Kraftwerkstechnik, Schiffbau, Eisenbahn- und Transportwesen, Stahlbau, Brückenbau, Schwerindustrie, usw.

3 Das *Esonix*[®] Ultrasonic Impact Treatment (UIT) - Verfahren

3.1 Geschichte von UIT

Das *Esonix*[®] Ultrasonic Impact Treatment (UIT) - Verfahren basiert auf der Arbeit des Wissenschaftlers und Ingenieurs Dr. Efim Statnikov, Vize-Präsident von Applied Ultrasonics und Leiter der Forschungs- und Entwicklungsabteilung. Dr. Statnikov entwickelte diesen Prozess, der seine Anwendung in dem Sowjetischen Atom-Marine Programm in 1972 fand. Die Ergebnisse der Anwendung von UIT ermöglichten den Konstrukteuren neue Schiffskörper für Unterseeboote zu entwickeln, die den extremen Bedingungen unter Wasser standhielten und es den U-Booten ermöglichten, tiefer zu tauchen. Anschließend wurde diese Technologie in der Aerotechnik, KFZ-Industrie, Schienentransporttechnik, Komponenten und Konstruktionen angewendet, die einer zyklischen Belastung ausgesetzt sind, wie z.B. Brücken, Baumaschinen und Ausrüstungen, usw. Heute wird UIT hauptsächlich eingesetzt für die Verbesserung der Eigenschaften von Metall-Komponenten und Schweißkonstruktionen und auch bei Reparaturen im Behälter- und Anlagenbau, vor allem wenn ein nachträgliches Spannungsarmglühen nicht mehr durchgeführt werden kann.

3.2 Das Prinzip von UIT

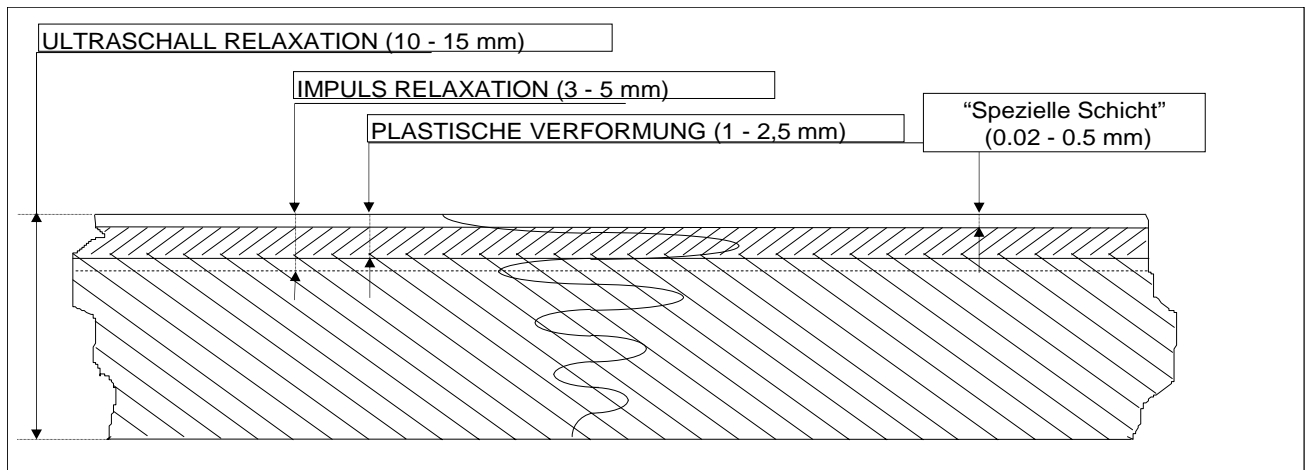
UIT basiert auf einer Umwandlung von harmonischen Schwingungen durch einen Ultraschallwandler in mechanische Impulse und hochfrequente Ultraschallenergie und deren Übertragung durch gehärtete Bolzen auf eine zu behandelte Oberfläche. Während diesem Vorgang wird das Spannungsprofil geändert und bei Schweißnähten die Geometrie des Nahtüberganges wesentlich verbessert.



Bild 2: UIT Ausrüstung

Bild 3: Behandlung einer Schweißnaht

Die Standardausrüstung (siehe Bild 2) besteht aus dem Ultraschall Generator mit einer Leistung von 1-3 kW und einer Ausgangsfrequenz von 27-55 kHz sowie dem Handgerät mit Adapter für verschiedene industrielle Anwendungen. Ein kleines Kühlaggregat wird für die Kühlung des Handgerätes benötigt. Die kompakte transportable Anlage ermöglicht auch eine problemlose UIT-Behandlung auf Baustellen. Ebenso kann die Anlage auch sehr leicht im Produktionsprozess integriert werden, zum Beispiel Einsatz durch einen Roboter bei großen Stückzahlen.



Zone	Charakteristik
“Spezielle Schicht”	Erhöhung des Widerstandes gegen Verschleiß, Korrosion und der Oberflächengüte
Plastische Verformung	Erhöhung der Lebensdauer, Kompensation des Schweißverzuges, Erniedrigung der Korrosionsermüdung, Druckeigenspannungen
Impuls Relaxation	Erniedrigung der Eigenspannungen um bis zu 70 % des Ausgangswertes
Ultraschall Relaxation	Erniedrigung der Eigenspannungen um bis zu 50 % des Ausgangswertes

Bild 4: Wirkungsweise der UIT- Behandlung dargestellt am Querschnitt einer Metallprobe

Das UIT-Verfahren wird angewendet um folgendes zu erreichen:

- Erhöhung der Lebensdauer
- Reduzierung und Kontrolle des Schweißverzuges
- Verbesserung des Korrosionswiderstandes
- Erhöhung der Oberflächenhärte
- Ersatz des Spannungsarmglühens

durch:

- Plastische Verformung der Oberfläche
- Veränderung des Spannungsprofils
 - Einbringen von Druckspannungen bis zu einer Tiefe von 5 mm - abhängig von den Materialeigenschaften
- Reduzierung von Zugeigenspannungen
- Erhöhung der mechanisch technologischen Eigenschaften
- Verbesserung der Eigenschaften der Oberfläche und unter der Oberfläche

Diese Technologie ist Eigentum und patentiert von Applied Ultrasonics, USA.

4. Ergebnisse aus dem AIF-Forschungsprojekt P 620

Ziel dieses Projektes war es festzustellen, ob das Ermüdungsverhalten der höherfesten Stähle den restriktiven Berechnungsmethoden entspricht und ob durch geeignete Nahtnachbehandlungen die Wirtschaftlichkeit von Stahlbauten noch wesentlich verbessert werden kann. Unter Federführung des Instituts für Konstruktion und Entwurf der Universität Stuttgart zusammen mit der MFPA der Bauhaus-Universität Weimar sowie verschiedener Stahlhersteller und Stahlbauunternehmen wurden die Stähle S355, S460 und S690 untersucht. Neben den verschiedenen Kleinproben wurden auch 12 komplette 4 m lange Träger aus S690 geschweißt um eine gesicherte Aussage machen zu können. Bei den Trägern wurden Quersteifen eingeschweißt, die Hälfte der Träger wurden nur im geschweißten Zustand geprüft und bei der anderen Hälfte der Träger wurden die Schweißnähte an den Quersteifen noch zusätzlich UIT behandelt und dann geprüft. Die Prüfung erfolgt im Resonanzprüfverfahren bei einem Spannungsverhältnis von $R = -1$ bei einer Prüffrequenz von 43 Hz.



Bild 5: Probe mit Dehnungsmessstreifen

Bild 6: Bruch im Grundwerkstoff S690 UIT

Bild 5 zeigt die Probe vom Typ 2 eingespannt in der Prüfmaschine mit angebrachten Dehnungsmessstreifen. In der Bild 6 ist deutlich der Bruchausgang mindestens 20 mm neben der Schweißnaht zu sehen. Bei allen Proben aus S690 UIT behandelt war der Bruchausgang nicht mehr in der Schweißnaht, sondern im Grundmaterial. Bei den Proben aus dem Material S355 und S460 begann der Bruch auch bei den UIT behandelten Proben vom Schweißnahtübergang, allerdings bei bis zu 10-facher Lebensdauer. Bild 7 zeigt die Wöhlerlinie eines S355 bei einem Spannungsverhältnis $R = 0,1$.

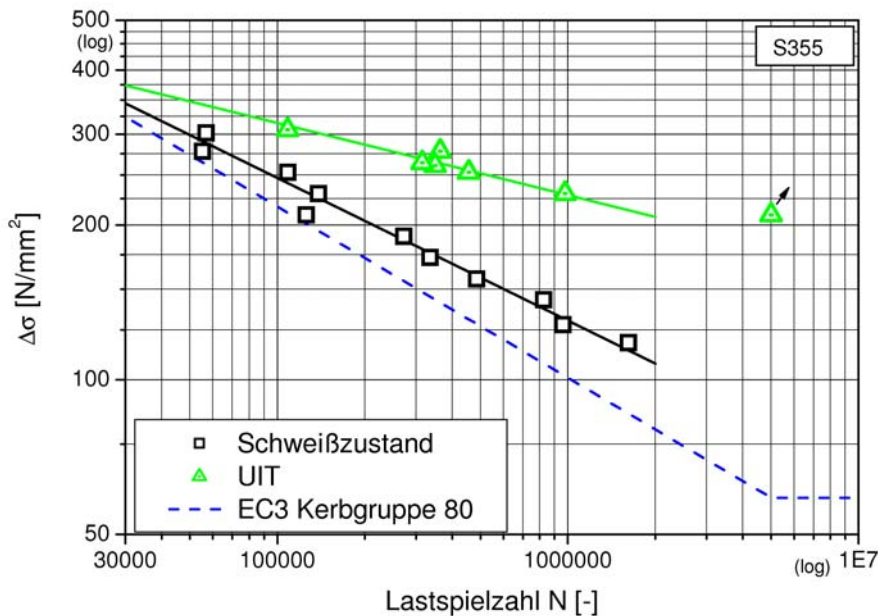


Bild 7: Wöhlerdiagramm des Stahles S355 Spannungsverhältnis $R = 0,1$

Aus dem Diagramm ist ersichtlich, dass die Spannung bei einer Lastspielzahl von 2×10^6 durch UIT um 116% erhöht werden kann, bzw. gleicher Spannung die Lebensdauer bis zum 10-fachen ansteigt. Bild 8 zeigt die Wöhlerlinie des Stahles S460. Auch hier erhöht sich die Spannung bei 2×10^6 um 116%, während vergleichsweise mit WIG nachbehandelten Proben sich um 74% erhöhten.

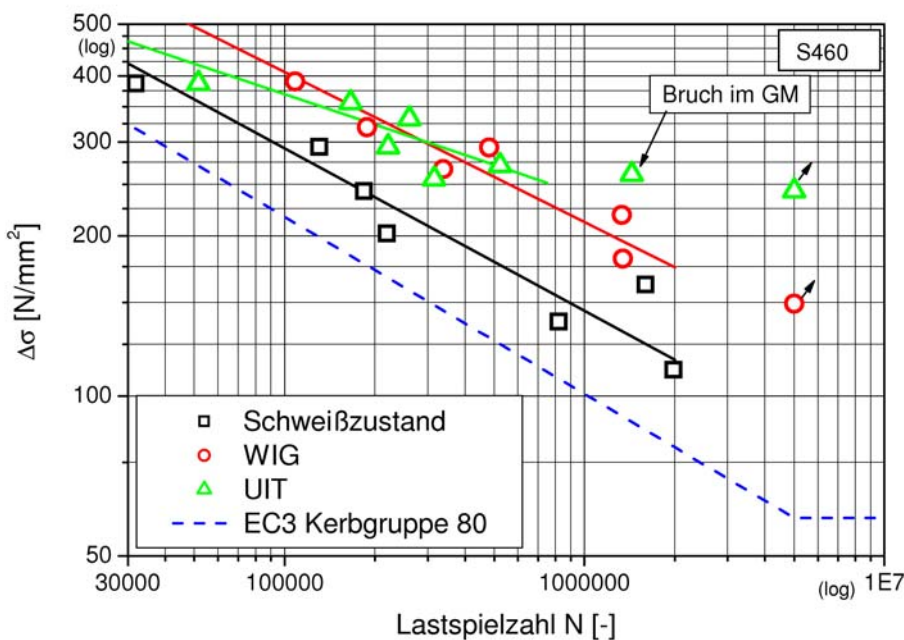


Bild 8: Wöhlerdiagramm des Stahles S460 Spannungsverhältnis $R = 0,1$

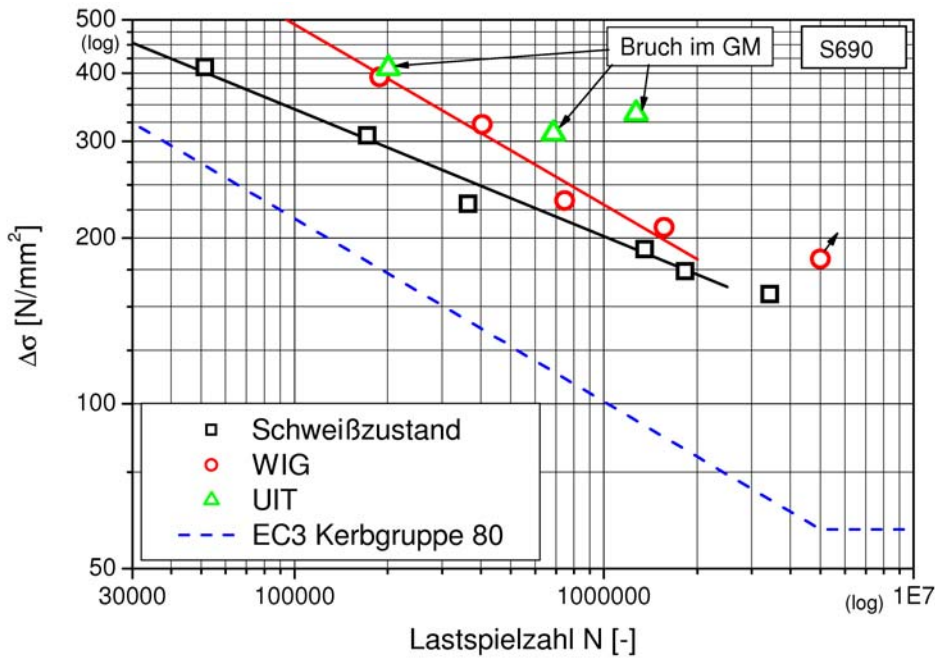


Bild 9:

Wöhlerdiagramm des Stahles S690 Spannungsverhältnis $R = 0,1$

Bild 9 veranschaulicht deutlich, dass die UIT behandelten Proben alle im Bereich des unbeeinflussten Grundwerkstoffes gerissen sind und nicht mehr im Nahtübergangsbereich und zwar sowohl bei dem Spannungsverhältnis $R = 0,1$ und $R = -1$.

Bild 10 zeigt ein Wöhlerdiagramm des Werkstoffes S355 mit einem Spannungsverhältnis $R = -1$ aus einer anderen Versuchsreihe an einem anderen Institut ebenfalls an einer Quersteife. Auffallend ist an allen Ergebnissen, dass die Streubreite der Wöhlerlinien nach der UIT-Behandlung deutlich geringer ist.

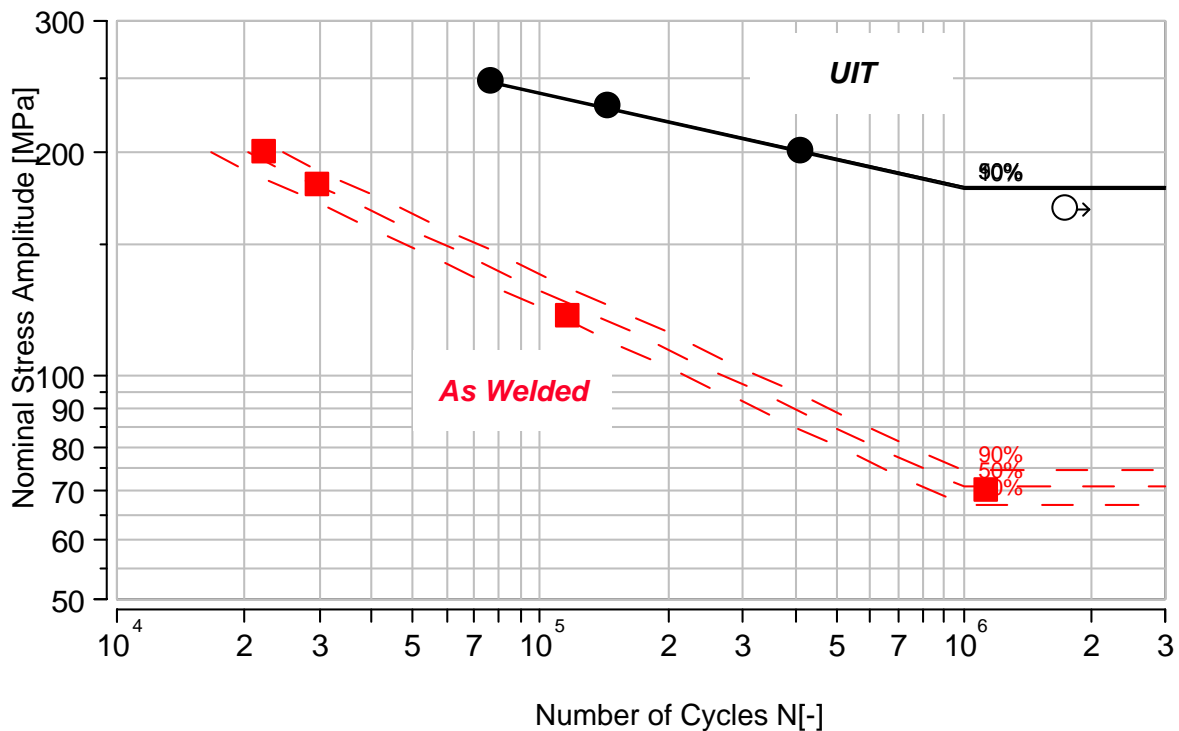


Bild 10: Wöhlerdiagramm Werkstoff S355 mit dem Spannungsverhältnis $R = -1$

Der wesentliche Effekt durch die UIT-Behandlung ist neben der Verbesserung der Geometrie des Nahtüberganges das Einbringen von Druckeigenspannungen. Um hier eine Aussage machen zu können, wurden diese Eigenspannungen vor und nach der UIT-Behandlung gemessen. Hierbei ist eine sichere Messung die Bohrlochmethode. Die Bild 11 zeigt diese Methode, während in Bild 12 das Ergebnis dargestellt ist.

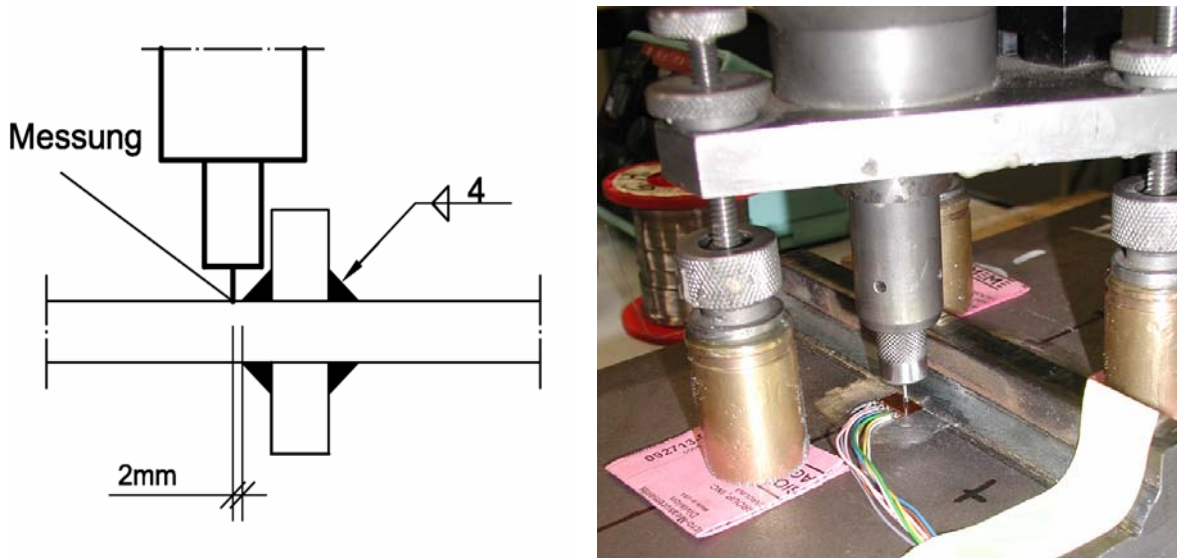


Bild 11: Skizze und Foto der Eigenspannungsmessung nach der Bohrlochmethode

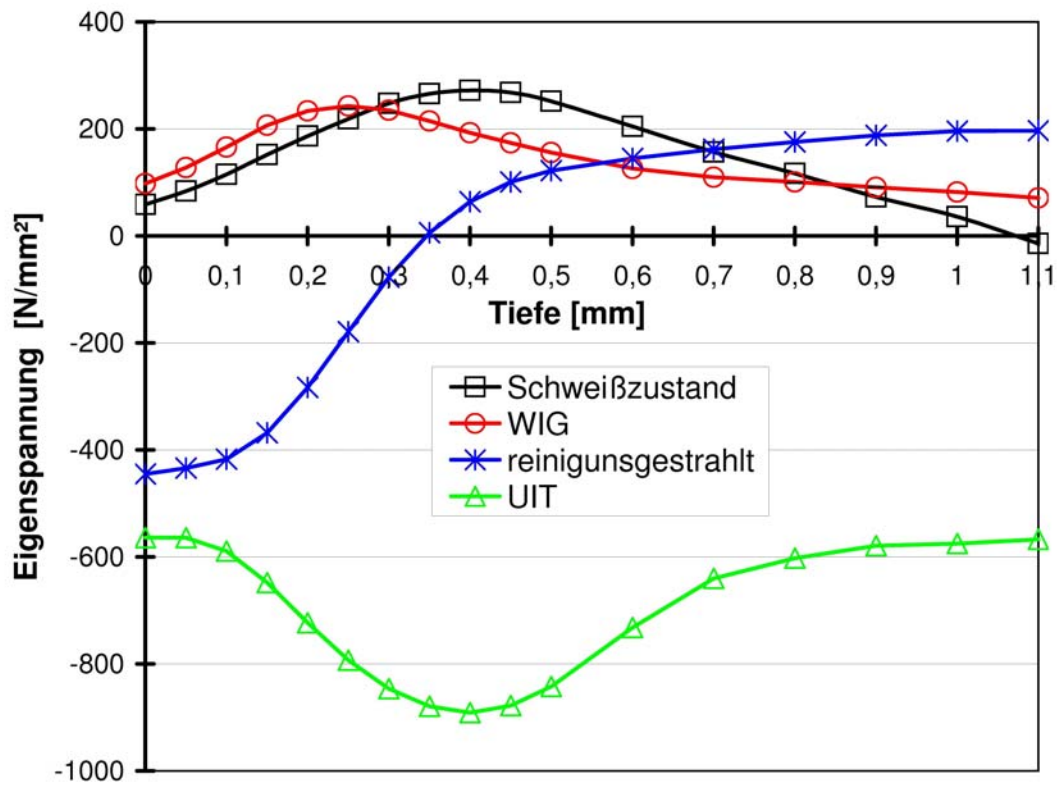


Bild 12: Schweißzeigenspannungen senkrecht zur Schweißnaht, Stahlsorte S690QL1

5. Lebensdauererweiterung durch nachträgliche Ertüchtigung mit UIT

Es liegt natürlich auch nahe, eine Nachbehandlung auch während der Nutzungsdauer einer Konstruktion durchzuführen, um so die Restlebensdauer zu steigern. Hierzu wurden Ermüdungsversuche an vorgeschädigten Prüfkörpern durchgeführt.

Diese Versuchskörper wurden im Schweißzustand belassen und dann mit einer Vorschädigung von 80 – 90 % der rechnerischen Ermüdungsfestigkeit beaufschlagt. Nach einer darauf folgenden UIT-Behandlung wurde der Ermüdungsversuch weitergeführt. Die im Rahmen einer Diplomarbeit an der Uni Stuttgart ermittelten Versuchsergebnisse in Bild 13 zeigen, dass die Anwendung des UIT-Verfahrens auch zur Ertüchtigung bestehender Konstruktionen sehr viel versprechend ist. Durch die nachträgliche UIT-Behandlung lassen sich Restlebensdauern, die mindestens das 15-fache der Restlebensdauer ohne Nachbehandlung betragen, erzielen. Bei weiteren Versuchen an der Universität in Braunschweig wurde sogar festgestellt, dass die mittleren Lastspielzahlen praktisch die gleiche Höhe der Proben erreichen, die von vorneherein im nachbehandelten Zustand geprüft worden waren.

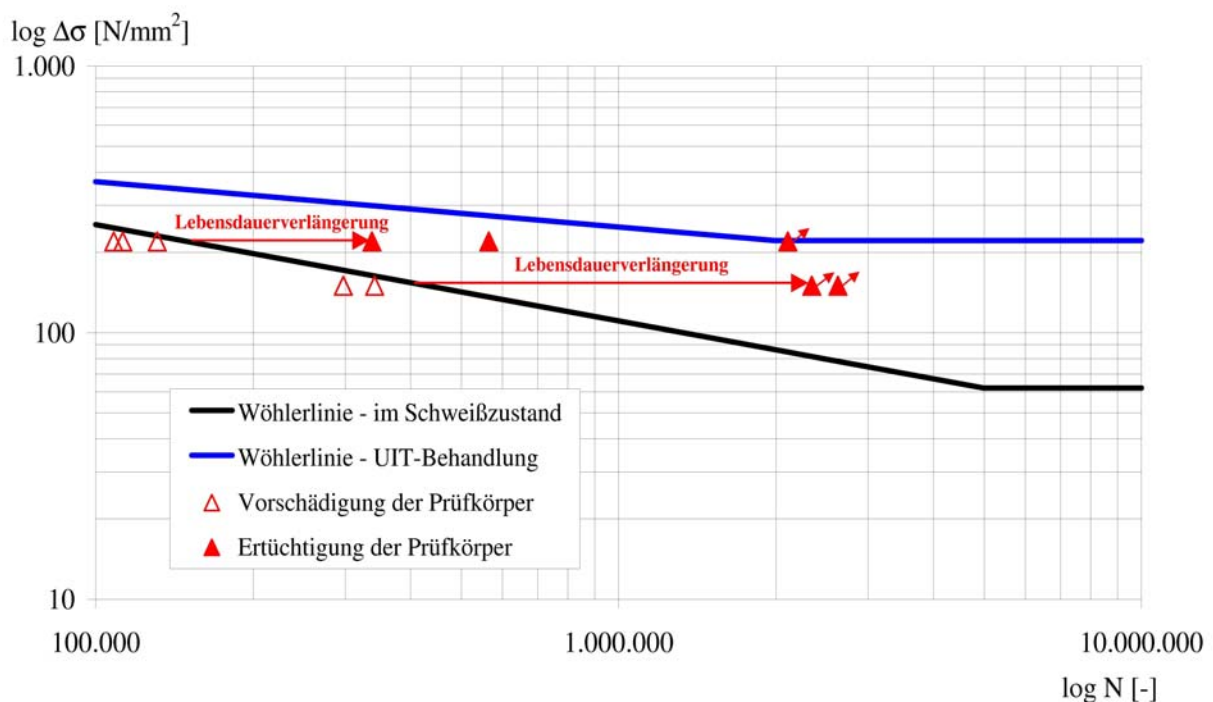


Bild 13: Lebensdauererweiterung durch nachträgliche Ertüchtigung mit UIT
Beispiel Quersteife S460 R = 0,1

Aufgrund dieser hervorragenden Ergebnisse, die auch bereits in anderen Instituten festgestellt wurden, läuft nun ein von der EUREKA gefördertes Forschungsvorhaben unter der Federführung des Institutes für Bauteilerhaltung und Tragwerk (IBT) an der Universität Braunschweig. Der Titel dieses Vorhabens lautet:

„REFRESH – Lebensdauererhöhung bestehender und neuer geschweißter Stahlkonstruktionen“

Ziel dieses europäischen Projektes ist die **Entwicklung eines ganzheitlichen Konzeptes** durch die Einbeziehung von Ausrüstern und Anwendern sowie anerkannte Prüfstellen. Auf der Basis solcher fundierter Untersuchungen soll eine Akzeptanz der zu entwickelnden Methoden und Verfahren durch die entsprechenden Normungs- und Zertifizierungsgremien erzielt werden, um diese dann in die Regelwerke (Eurocode, etc.) aufnehmen zu können. Damit können dann dynamisch belastete Stahlkonstruktionen wie z.B. Brücken, Kran- und Windenergieanlagen wirtschaftlicher hergestellt werden. Durch die Verlängerung der Lebensdauer bestehender Bauwerke wird eine maßgebliche volkswirtschaftliche Entlastung erreicht. In Nord- und Südamerika wurden und werden deshalb sehr viele Brückenbauwerke UIT behandelt.

6. UIT-Behandlung im Brückenbau

Wie bereits in Punkt 5 erwähnt, ist diese Technologie vorteilhaft speziell im Bau und in der Instandhaltung von Brückenkonstruktionen aus Stahl. An einigen Beispielen soll die Anwendung von UIT dargestellt werden. Die Bilder 14 und 15 zeigen die Behandlung an verschiedenen Brückendetails mit dem Handgerät.



Bild 14: UIT-Behandlung an Brückendetail



Bild 15: UIT-Behandlung



Bild 16: Quersteife UIT behandelt

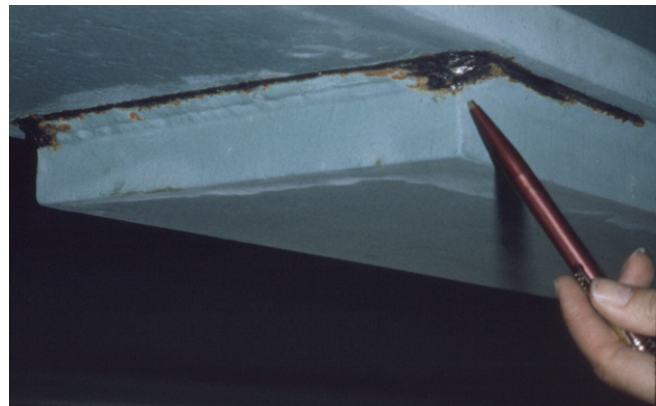


Bild 17: Auslauf Deckblech UIT behandelt

Umfangreiche Untersuchungen von John Fisher an der Lehigh University befassen sich mit dem Thema „*The use of UIT eliminates fatigue as a design criteria of new bridges*“ (TRB2001). Hierbei wurde festgestellt, dass verschiedene Schweißnahtdetails wie z.B. in Bild 16 und 17 dargestellt, durch die UIT-Behandlung je nach Spannungsverhältnis mindestens 1-2 Kerbklassen günstiger eingestuft werden können.

Auch in Deutschland hat man festgestellt, dass man durch diese Nachbehandlung von Schweißnähten z.B. von einer Kerbkategorie 80 in eine Kerbkategorie 120 kommen kann. Dies bedeutet, dass man wesentlich dünner dimensionieren kann. Verwendet man dann noch höherfestere Feinkornstähle, so wird der Vorteil noch günstiger. In Europa wird im Brückenbau immer mehr der S460N/ML und teilweise auch schon der Werkstoff S690QL mit der Zustimmung im Einzelfall eingesetzt. Bei dem erst vor einem Jahr in Betrieb genommenen Viaduc de Millau in Südfrankreich (höchste Brücke der Welt) wurden ca. 18.000 t des schweißtechnisch interessanten Stahles S460M der Dillinger Hütte verwendet. Die Untersuchungsergebnisse der Universität in Stuttgart und Weimar (P620) zeigen eine deutlich höhere Schwingfestigkeit der höherfesten Stähle als ursprünglich angenommen und in den Regelwerken festgelegt sind. Deshalb werden diese Stähle in Zukunft durch die UIT-Behandlung verstärkt eingesetzt.

Der Einsatz von UIT findet gezielt an den kritischen und bekannten Übergängen, wie sie beispielsweise in den Skizzen der Bilder 18 und 19 dargestellt sind. Die behandelten Übergänge sind blau gezeichnet. Bei dynamisch belasteten Neukonstruktionen sollte immer die Lösung in Bild 19 angestrebt werden. Wie Bild 20 zeigt, werden Deck- und Verstärkungsbleche werden nur am Auslauf UIT behandelt.

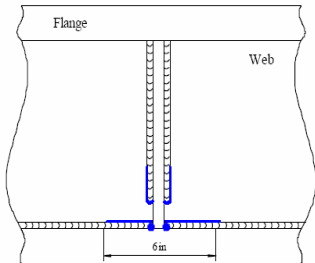


Bild 18: Quersteife an Flansch mit Freistich

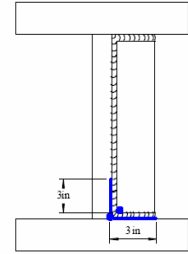
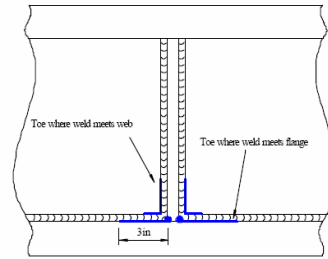
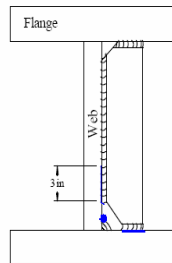


Bild 19: Quersteife an Flansch durchgeschweißt

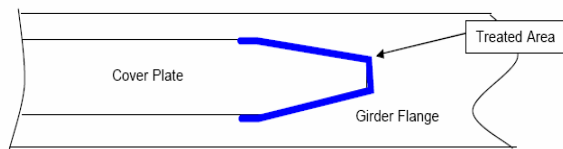


Bild 20: UIT an Auslauf von Verstärkungsblechen

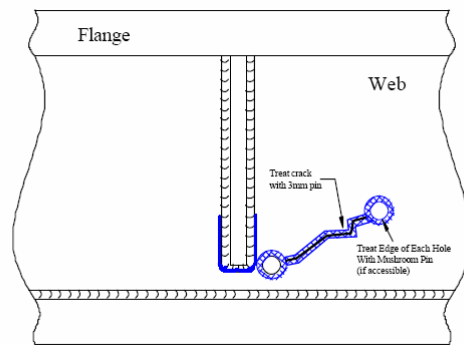
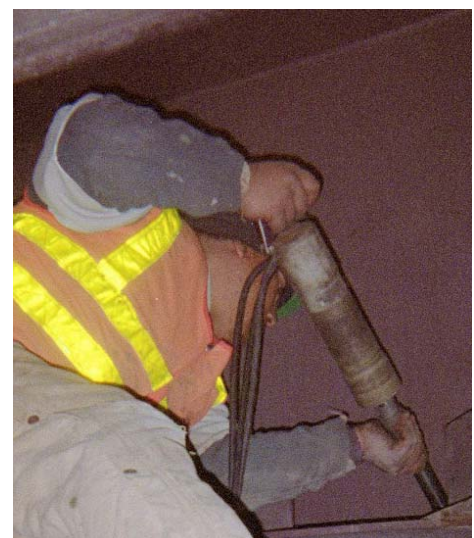


Bild 21: Beispiel Reparatur von Rissen

Die einfache und sichere Handhabung auch auf Baustellen eignet sich das UIT Verfahren auch hervorragend bei der Reparatur von Rissen in Bauteilen und Sanierung von Brücken. Das Beispiel in Bild 21 zeigt eine mögliche Reparatur eines gerissenen Stegbleches, in dem der Riss mit 3 mm Bolzen und auch die Bohrungen beidseitig mit einem konischen Adapter UIT behandelt werden.



Bilder 22-24: zeigen die Reparatur eines Risses im Stegblech

7. Andere Anwendungsgebiete

Durch die plastische Verformung der Oberfläche und somit Einbringung von Druckeigenstressungen werden die Zugeigenstressungen im Bauteil praktisch eliminiert. So laufen zurzeit Versuche durch die UIT-Behandlung auf eine Spannungsarmglühung zu verzichten zu können. Die wurde bereits mit Erfolg an bestimmten Bauteilen und Werkstoffen auch durch Abnahmegesellschaften akzeptiert. Ein weiteres Betätigungsfeld ist die Dimensionierung von Windkraftanlagen. Auch hier laufen Projekte mit den Herstellern, Abnahmegesellschaften und Universitäten.



Bild 25: Windkraftanlagen Offshore



Bild 26: Probenbehandlung mit UIT

Auch bei sehr großen Wanddicken wie z.B. im Bild 26 dargestellt (40mm auf 90 mm) wurde in Schwingversuchen ein 6-7 fache Lebensdauererhöhung festgestellt.

Durch den problemlosen Einsatz auf Baustellen eignet sich das UIT Verfahren auch bei Reparaturen, zum Beispiel Bronzepropeller, Weichen und Kreuzungsstücke an Eisenbahnschienen, da in diesem Fall auch auf eine Spannungsarmglühung verzichtet werden kann. Bei Kavitationsschäden an Schiffsschrauben können diese heute unter Wasser ausgeschliffen, geschweißt und auch unter Wasser UIT behandelt werden, d.h. das Schiff muss nicht mehr ins Trockendock eingebracht werden und kann somit nach kurzer Reparaturzeit den Hafen wieder verlassen.

8. Zusammenfassung

Wie die Ausführungen zeigen, ist mit der „Ultrasonic Impact Technology“ ein neues Verfahren entwickelt worden, das weltweit patentiert wurde. Die Einführung im Nord- und Südamerikanischen Raum ist bereits weiter fortgeschritten. Zurzeit laufen viele Projekte an verschiedenen Universitäten und Firmen speziell auch in Deutschland, die erreichten Ergebnisse, nicht nur auf dem Gebiet der Verbesserung der Schwingfestigkeit, übertreffen alle Erwartungen. Verglichen mit anderen Schweißnaht-Nachbehandlungsverfahren ist UIT wesentlich besser bei deutlich geringerem gerätetechnischen Aufwand und einfacher Handhabung. Das Verfahren lässt sich sehr gut in den Produktionsprozess integrieren und bei entsprechenden Stückzahlen auch mit dem Roboter durchführen. Hervorragende Ergebnisse wurden auch an Aluminiumlegierungen und –schweißverbindungen erzielt. Im Prinzip ist das Verfahren für alle metallischen Werkstoffe geeignet. Täglich kommen neue Anwendungen hinzu. Es wurden auch an der Universität Stuttgart UIT -Behandlungen an bereits vorgeschädigten Proben durchgeführt. Mit diesen Untersuchungen sollte festgestellt werden, ob durch eine nachträgliche UIT-Behandlung ebenfalls solch deutliche Lebensdauererhöhungen erreicht werden. Das wäre dann für eine vorbeugende Behandlung, bzw. Sanierung von zum Beispiel Brückenbauwerken und weitere dynamisch belastete Konstruktionen interessant. Diese Untersuchungen werden zurzeit mit dem europäischen Forschungsvorhaben „Refresh“ unter der Federführung von dem Institut für Bauteilerhaltung und Tragwerk der Universität Braunschweig durchgeführt. Durch solche Lebensdauer verlängernde Maßnahmen bestehender Bauteile entsteht ein erheblicher volkswirtschaftlicher Nutzen.

9. Literatur

- [1] Deutsches Institut für Bautechnik: Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-30.1-1 Juni 1999
- [2] Deutscher Ausschuss für Stahlbau, DAST-Richtlinie 011, Hochfeste schweißgeeignete Feinkornbaustähle mit Mindeststreckgrenzenwerten von 460 und 690 N/mm² Februar 1988
- [3] Muck, A.: Ertüchtigung von ermüdungsbeanspruchten Schweißverbindungen durch Anwendung von UIT: Diplomarbeit, Universität Stuttgart, Institut für Konstruktion und Entwicklung
- [4] Dürr, A.: Ermüdungsverhalten von höherfesten Baustählen S460TM und S690QL im Stahlbau, Dissertation in Vorbereitung, Universität Stuttgart, Institut für Konstruktion und Entwurf
- [5] Kuhlmann, U., Bergmann, J., Dürr, A., Thumser, R., Günther, H.-P., Gerth, U.: Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit von geschweißten höherfesten Baustählen durch Anwendung von Nachbehandlungsverfahren Stahlbau 74 (2005) Heft 5 S. 358-365
- [6] Statnikov, E.S.; Muktepavel, V.O.; Kuzmenko, A.Z.; Blomquist, A.; Comparison of ultrasonic impact treatment (UIT) and other fatigue life improvement methods, IIW Document XIII 1817-00