

# Anti-Aging mit dem Hammer

**DIESER EFFEKT IST SEIT LANGEM BEKANNT:** Druckeigenspannungen, die durch Hämmern erzeugt werden, wirken sich positiv auf die Schwingfestigkeit von Materialien aus. Allerdings bewirkten die herkömmlichen Luftmeißel oder auch Nadelhammer einen ungleichmäßigen und oft auch oberflächlichen Effekt.

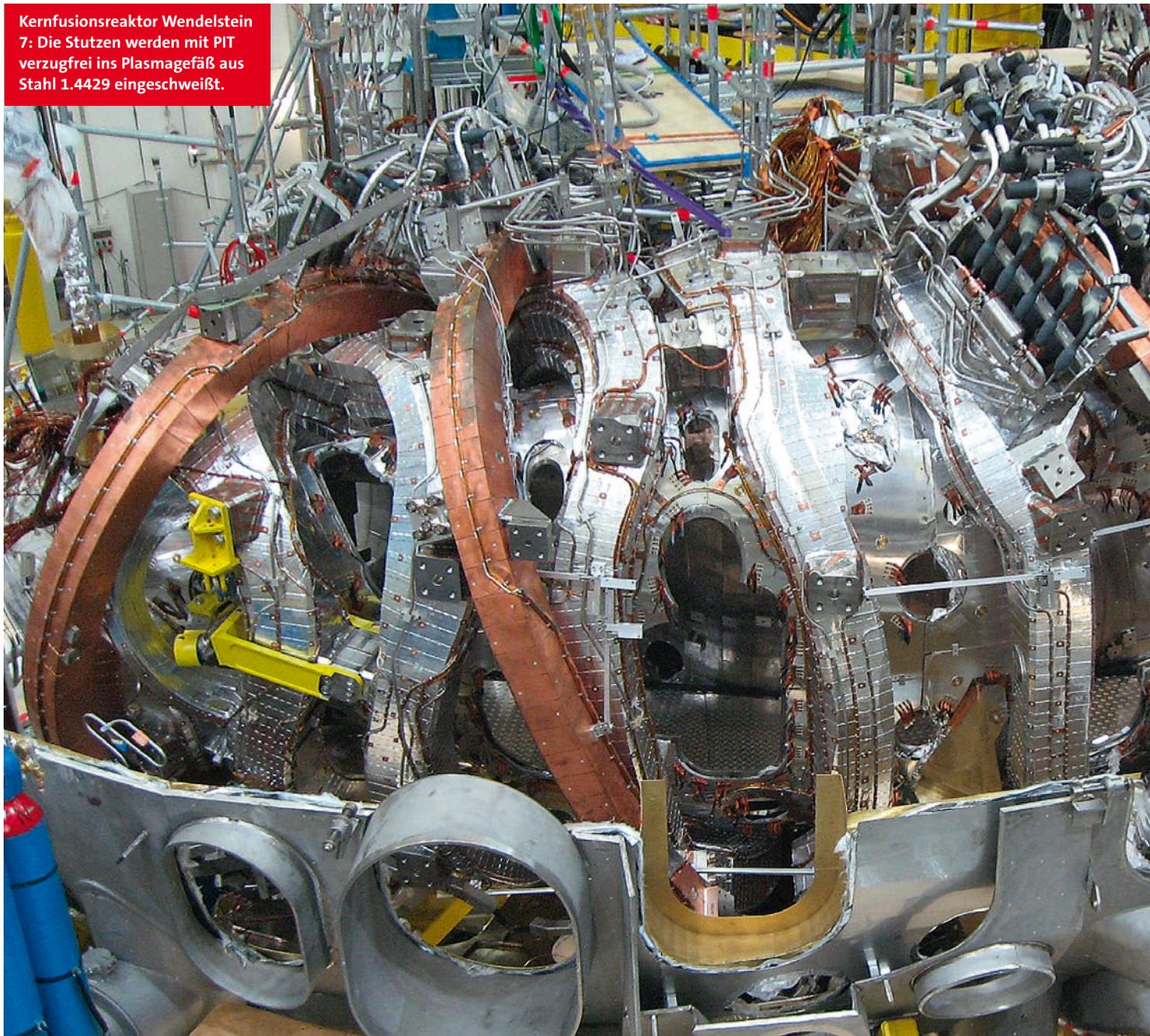
**A**us diesem Grunde wurde die Technologie lange Zeit wegen mangelnden Reproduzierbarkeit nicht als wirksam anerkannt. In den 1970er entwickelte dann Dr. Efim Statnikov für die russische Marine das Ultrasonic Impact Treatment, kurz UIT. Das war das erste höherfrequente Hämmerverfahren, das mittels regelbarer und gleichmäßiger Intensität des Hämmerns die Wirkung maximierte und somit reproduzierbar machte.

UIT kam dann ab 2004 über die USA nach Europa und erzielte hier in vielen Forschungs- und Industrieprojekten ebenso gute wie nachhaltige Ergebnisse. Es waren aber wohl die hohen Kosten für das Ultraschallsystem, das hohe Gewicht und sicher-

lich auch die Lizenzvorstellungen der Amerikaner, die eine schnellere Akzeptanz verhinderten. Die europäische Lizenzgesellschaft zog sich deshalb trotz der guten Aussichten aus dem aktiven Vertrieb zurück.

Das deutsche UIT-Team unterstützte daraufhin mit seinen Erfahrungen die Entwicklung des Pneumatic Impact Treatment, kurz PIT, welches mit moderner Drucklufttechnik betrieben wird. Diese Apparatur ist nicht nur deutlich kompakter und leichter, sondern auch wesentlich wirtschaftlicher als ihr Vorgänger. Aufgrund ihrer guten Reproduzierbarkeit sowie zunehmender Akzeptanz gewinnt die PIT-Technologie immer mehr zufriedene Anwender in den unterschiedlichsten Märk-

Kernfusionsreaktor Wendelstein 7: Die Stützen werden mit PIT verzugfrei ins Plasmagefäß aus Stahl 1.4429 eingeschweißt.



ten, etwa dem Schienenfahrzeugbau, dem Maschinenbau, den Herstellern und Betreibern von Industrieanlagen, der Forschung und Entwicklung, dem Automotive, dem Stahl- und Brückenbau oder dem Behälterbau.

Bereits in 2006 bewies die Universität Stuttgart mit dem AiF-geförderten Projekt P620, „effizienter Einsatz höherfester Stähle unter Ermüdungsbeanspruchung“, dass die Ermüdungsfestigkeit nicht unabhängig von der Streckgrenze ist. So gelang es, mit nachbehandelten Proben bei steigender Streckgrenze auch bessere Ergebnisse zu erzielen. Ab einem S690 traten die Risse nicht einmal mehr im Nahtbereich, sondern vermehrt im Grundmaterial auf.

Aufgrund der stets guten Ergebnisse aus Forschung und Industrie wird der Effekt als solcher inzwischen von der Fachwelt nicht mehr in Frage gestellt. Lediglich die Quantifizierung, die zur rechnerischen Berücksichtigung innerhalb des Konstruktionsprozesses notwendig ist, bedarf noch genauerer Prüfung bzw. individueller Bauteilversuche. Die Potentiale zur Materialeinsparung von bis zu 40% bedeuten dann natürlich auch ein geringeres Schweißnahtvolumen. Diese Aussichten motivieren die Forschung und die Industrie derzeit, weitere Untersuchungen

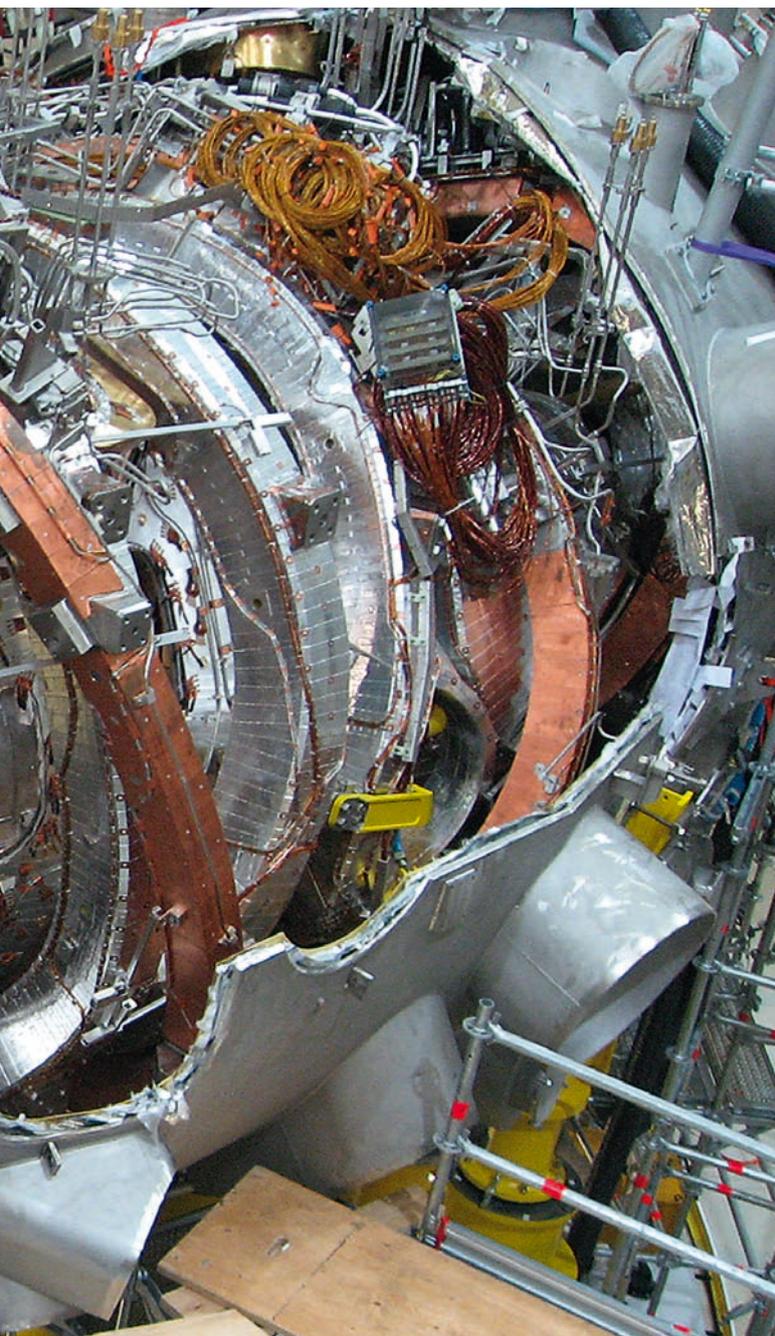
durchzuführen, um den weiten Weg in die Regelwerke zu ebnen. Moderne Unternehmen, die mit der Einführung der innovativen Technik nicht auf die Regelwerke warten wollen, führen eigene Versuche durch. Sie quantifizieren dabei den Einfluss auf ihr individuelles Produkt und streben an, eine Zustimmung im Einzelfall bzw. eine Typenstatik zu erlangen. Bei auch nur teilweiser Berücksichtigung der bisherigen Ergebnisse, wird deutlich, wie schnell sich so eine individuelle Untersuchung des eigenen Produktes rechnen kann. Die PIT-Technologie wird aber auch angewandt, um für zusätzlicher Sicherheit bei ermüdungstechnisch ausgereizten Konstruktionen zu sorgen.

Bis sie einmal ihren Weg in die Regelwerke gefunden hat, wird die PIT-Technologie bevorzugt innerhalb der Instandhaltung angewandt. Der Effekt lässt sich nämlich auch an bereits bestehenden Anlagen durch eine nachträgliche Behandlung erzielen. So halten etwa reparierte Bauteile, an denen sowohl die Reparaturnaht, als auch die noch nicht geschädigten Hot-Spots behandelt wurden, nicht selten länger als die neuen Bauteile selbst.

### PIT-Behandlung steigerte die Verfügbarkeit beträchtlich

Damit wird es erstmals möglich, gegen Ermüdungsschäden präventiv vorzugehen. So ließ beispielsweise ein Chemieunternehmen bei einem Ermüdungsschaden an einer von vier Kugelmøhlen nicht nur die Reparaturnaht der beschädigten Møhle, sondern auch gleich die gefährdeten Bereiche an allen 4 Møhlen behandeln. Das steigerte die Verfügbarkeit der Anlage beträchtlich. Eine für Produktion wie die Instandhaltung gleichermaßen interessante Anwendung ist das von der PITEC GmbH angebotene, so genannte Zwischenlagenhämmern. Hier wird durch das Einbringen der Druckeigenstressungen in jede Lage einer Schweißnaht der Aufbau von Zugeigenstressungen deutlich reduziert. Das verhindert Verzug und steigert die Belastbarkeit.

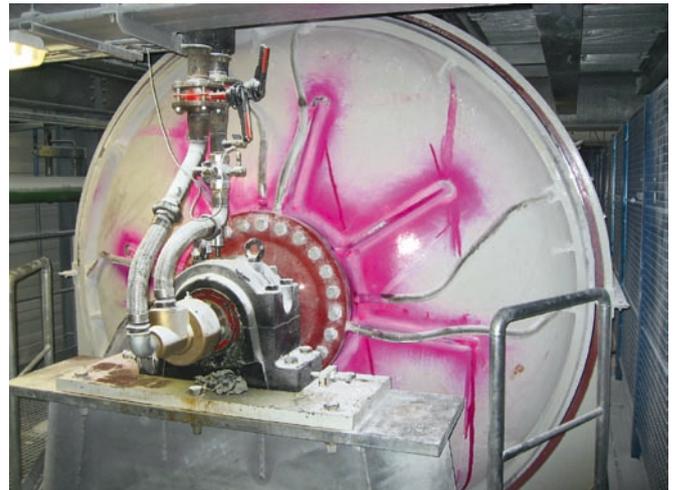
Ein großer deutscher Behälter-/Anlagenbauer untersuchte derzeit in einem einfachen Praxistest den Einfluss auf die Nahtschumpfung eines warmfesten Druckbehälterstahls P265GH. Das erste Ergebnis: „Bei den durchgeführten Versuchen wurde beim Hämmern im eingespannten Prüfstückzustand eine Verminderung des Querschrumpfmäßes von ca. 40 % gegenüber nicht Hämmern festgestellt.“ Die P+S Werften nutzten diesen Effekt kürzlich beim Einschweißen von großen Stahlgusscharnieren in ein Spezial-Baggerschiff. Damit gelang es, den Verzug während des Schweißens, ebenso wie beim ursprünglich ge-



**Das PIT System:**  
Es besteht aus dem Handgerät und einer Steuereinheit zur getrennten Regelung des Druckes und der Frequenz. So lässt sich die Intensität sehr fein einstellen.



Ein PIT-Anwendungsspezialist vor Ort: Behandlung einer Mühle in einem Unternehmen der chemischen Industrie.



Vorbeugende Instandhaltung: Die rissfreien drei Mühlen wurden präventiv mit PIT behandelt, um ihre Verfügbarkeit zu steigern.

planten Spannungsarmglühen, zu vermeiden. Da nach Abschluss der Arbeiten nahezu kein Verzug festgestellt wurde, wurde nicht nur auf das Spannungsarmglühen verzichtet, das Unternehmen erwarb auch gleich einige Apparaturen und ließ seine Mitarbeiter zu Anwendern schulen.

Die Schweißexperten des Max-Planck-Institutes in Greifswald – dort wird der Kernfusionsreaktor „Wendelstein 7“ gebaut – nutzen ebenfalls diese Technik. Damit gelingt es, beim Einschweißen der Stützen in das Plasmagefäß aus hoch legiertem Stahl 1.4429 den Verzug zu minimieren.

Häufig wird PIT jedoch auch eingesetzt, um lokal Druckeigenstressen in Behälter- oder Anlagenteile einzubringen. Das geschieht, um der Spannungsriß-Korrosion entgegenzuwirken. Im Bereich der Edelstähle könnte durch Kerbverbesserung mittels PIT die Gefahr des Schleifbrandes verringert werden. Die kompakte Bauform sowie der geringe Luftverbrauch des pneumatischen Systems erlauben den Einsatz direkt „vor Ort“. Das kann auf einer Brücke, an einer Windenergieanlage oder in einem Behälter sein.

Da nur bestimmte Bereiche, nämlich die „Hot-Spots“ einer Konstruktion, behandelt werden müssen, ist der Aufwand meist sehr überschaubar. Erstaunlich ist jedoch immer wieder, wie

viele Produktionsunternehmen nur selten oder gar keine Rissprüfung an ihren Anlagen durchführen, um Ermüdungsschäden rechtzeitig zu erkennen und durch entsprechende Maßnahmen einen völligen Ausfall der Anlage zu vermeiden. Nicht selten wird die PITEC mit ihren Partnern gerufen, wenn eine Anlage bereits kurz vor dem Komplettausfall steht. Dann ist der Aufwand nicht nur groß, aufgrund von Zeitdruck wird das ganze oftmals auch noch unnötig teuer.

Ermüdungsschäden durchlaufen nach ihrer Entstehung eine Phase des sogenannten stabilen Risswachstums. Werden diese rechtzeitig erkannt, so lassen sich korrektive und präventive Maßnahmen umsetzen, um den weiteren Verlauf zu stoppen. So gelang es auch dem genannten Chemieunternehmen, mit überschaubarem Aufwand einen größeren Schaden abzuwenden.

Ist die Phase des stabilen Risswachstums jedoch erst einmal überschritten, kommt es unweigerlich zum Restbruch. Eine Reparatur ist dann meist auch nicht mehr möglich.

*Frank Schäfers*

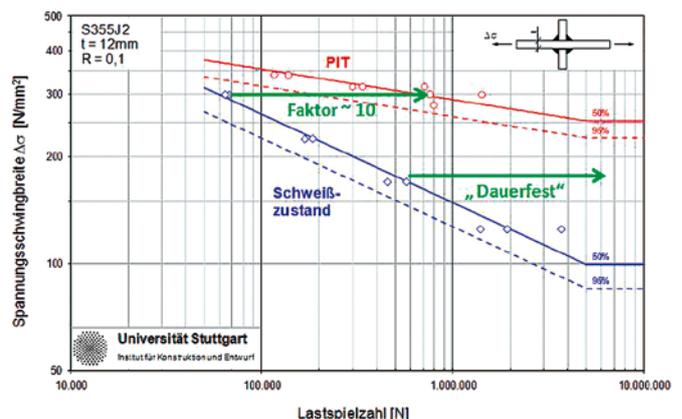
**Kontakt:** Pitec GmbH, Tel.: 02275 937766  
Email: f.schaefers@pitec-gmbh.com  
www.pitec-gmbh.com

## Die Technologie

### Pneumatic Impact Treatment

Beim höherfrequenten Hämmern nach der PIT-Technologie werden lokal sehr hohe Druckeigenstressen in die Oberfläche von Bauteilen eingebracht. Damit lässt sich auch bei höherfesten Stählen die Streckgrenze erreichen.

Durch Einsatz eines bolzenförmigen Werkzeugs lässt sich gleichzeitig die Kerbwirkung, etwa an Nahtübergängen von Schweißnähten oder an Zapfenübergängen von Wellen, geometrisch entschärfen. Das Ergebnis ist die deutliche Verbesserung der Ermüdungslebensdauer bzw. -festigkeit. Das zeigt auch der Verlauf der Wöhlerlinien: Die Linien der unbehandelten und die der behandelten Proben laufen zur statischen Belastung hin zusammen – und mit steigender dynamischer Belastung auseinander. Von daher ist der Effekt bei hohen Mittelspannungen und niedrigen dynamischen Belastungen geringer. Er wird jedoch mit zunehmender Schwingzahl immer größer.



Der Effekt der PIT-Technologie: Verbesserung der Ermüdungslebensdauer bzw. -festigkeit, hier für eine Kreuzprobe aus S355.