

## **Perspektiven der Gruppenstrahlertechnik bei der Prüfung von Radsatzwellen mit Längsbohrung**

T. Oelschlägel, H. Hintze, DB Systemtechnik, Kirchmöser  
T. Heckel, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin  
J. Becker, intelligenteNDT Systems & Services, Erlangen

### ***Ausgangssituation***

Die Verbreitung von Radsatzwellen mit Längsbohrung in den Radsätzen von Schienenfahrzeugen hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Sie finden heutzutage in nahezu allen Fahrzeugen vom ICE-Hochgeschwindigkeitszug über Lokomotiven bis hin zum S-Bahn-Triebzug Verwendung. Der Prüfumfang bei der Deutschen Bahn AG beträgt gegenwärtig ca. 25.000 Radsatzwellen pro Jahr. Die Tendenz ist wegen dem zunehmenden Einsatz von Neubaufahrzeugen noch immer steigend.

Seit mehr als 3 Jahren haben sich Prüfanlagen zur mechanisierten Prüfung von Radsatzwellen mit Längsbohrung, welche mit einer konventionellen Ultraschalltechnik Quer- und Längsfehler sowie Volumenfehler detektieren, in den Werken der Deutschen Bahn bewährt. Inzwischen befinden sich 11 dieser Anlagen der verschiedensten Anbieter im täglichen Prüfbetrieb. Mit diesen werden bereits 75% des jährlichen Prüfumfanges bewältigt.

Auf Grund der zunehmenden Bauartenvielfalt und immer komplexerer Wellengeometrien wurde nach Entwicklungspotentialen zur stetigen Erweiterung der Prüfanlagen gesucht. Einen Ansatzpunkt dafür stellte die Gruppenstrahlertechnik dar.

### ***Gruppenstrahlertechnik bei der Wellenprüfung***

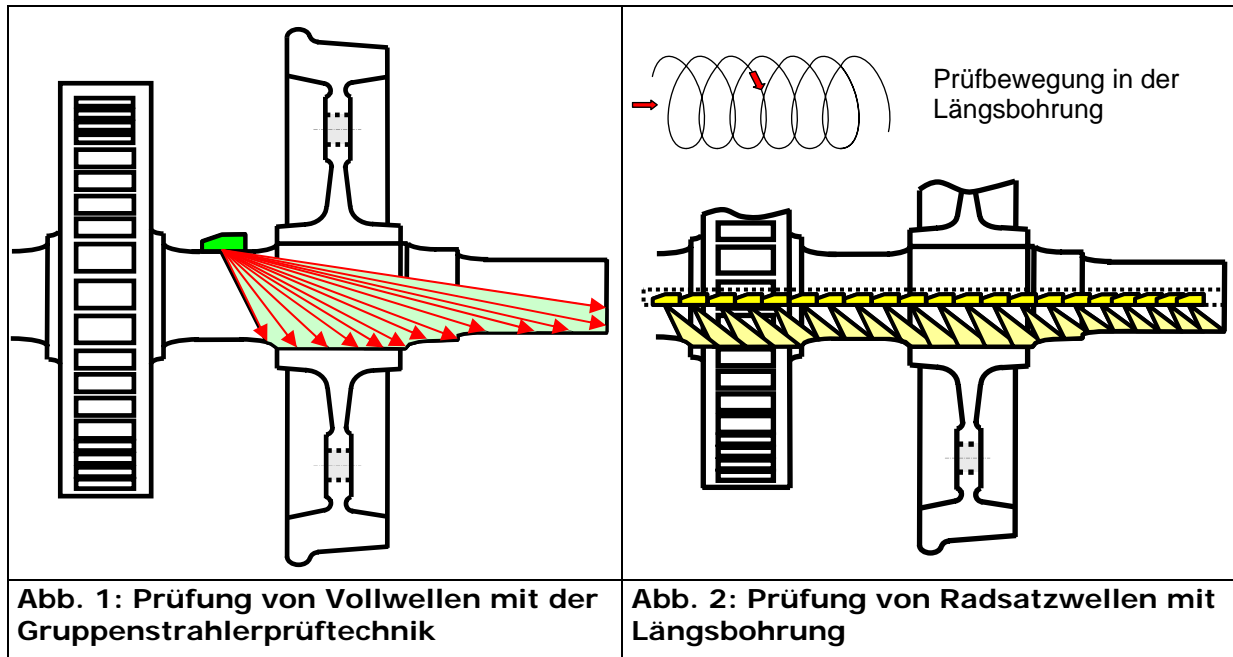
Das Prinzip der Gruppenstrahlertechnik ist hinlänglich bekannt und soll daher hier nur kurz angerissen werden. Durch ein zeitlich versetzten Ansteuern von  $n$  Schwingerelementen auf einem winkeloptimiertem Keil lassen sich folgende wesentliche Vorteile gegenüber der konventionellen Technik erzielen:

- Elektronisch gesteuertes Schwenken des Schallbündels
- Elektronisch gesteuertes Fokussieren des Schallbündels
- Elektronisch gesteuertes Verschieben des Schallbündels

Bei der Prüfung von Vollwellen hat sich die Gruppenstrahlertechnik bereits im täglichen Einsatz in mechanisierten Prüfständen bewährt. Bei diesem Anwendungsgebiet besteht für die Ankopplung der Prüfköpfe nur eine beschränkte Zugänglichkeit an den freiliegenden, zylindrischen Bereichen der Radsatzwelle. Zur Abdeckung des Prüfbereiches ist der Einsatz einer Vielzahl von konventionellen Prüfköpfen erforderlich. Gegenüber dieser mechanisch aufwendigen Lösung bietet das elektronische Schwenken des Schallbündels mit Hilfe der Gruppenstrahlertechnik deutliche Vorteile und hat sich daher in der Praxis durchgesetzt (Abb. 1).

Bei der Prüfung von Radsatzwellen mit Längsbohrung besteht dagegen über die Bohrung eine optimale Zugänglichkeit in allen Bereichen der Radsatzwelle. Der Prüfkopfträger führt eine schraubenförmige Scanbewegung (Helix) durch die

Längsbohrung der Radsatzwelle durch. Dabei wird die gesamte Wellenoberfläche mit einem Einschallwinkel abgedeckt (Abb. 2).



Das elektronische Schwenken des Schallbündels lässt sich also nicht als Vorteil zur Abdeckung des Prüfbereiches nutzen. Vielmehr können in Abhängigkeit von äußerer Wellenkontur, Bohrungsdurchmesser, Fehlerlage, Fehlertiefe und Fehlerorientierung unterschiedliche Einschallwinkel für den Fehlernachweis optimal sein. Insbesondere bei komplizierten Wellengeometrien und einer Vielzahl von zu prüfenden Wellenbauarten ergibt sich in der Anpassung des Einschallwinkels an die geometrischen Verhältnisse ein entscheidendes Potenzial für den Einsatz der Gruppenstrahlertechnik.

### ***Praxiserfahrungen mit der Prüfanlage HPS 05 im Werk Kassel der DB AG***

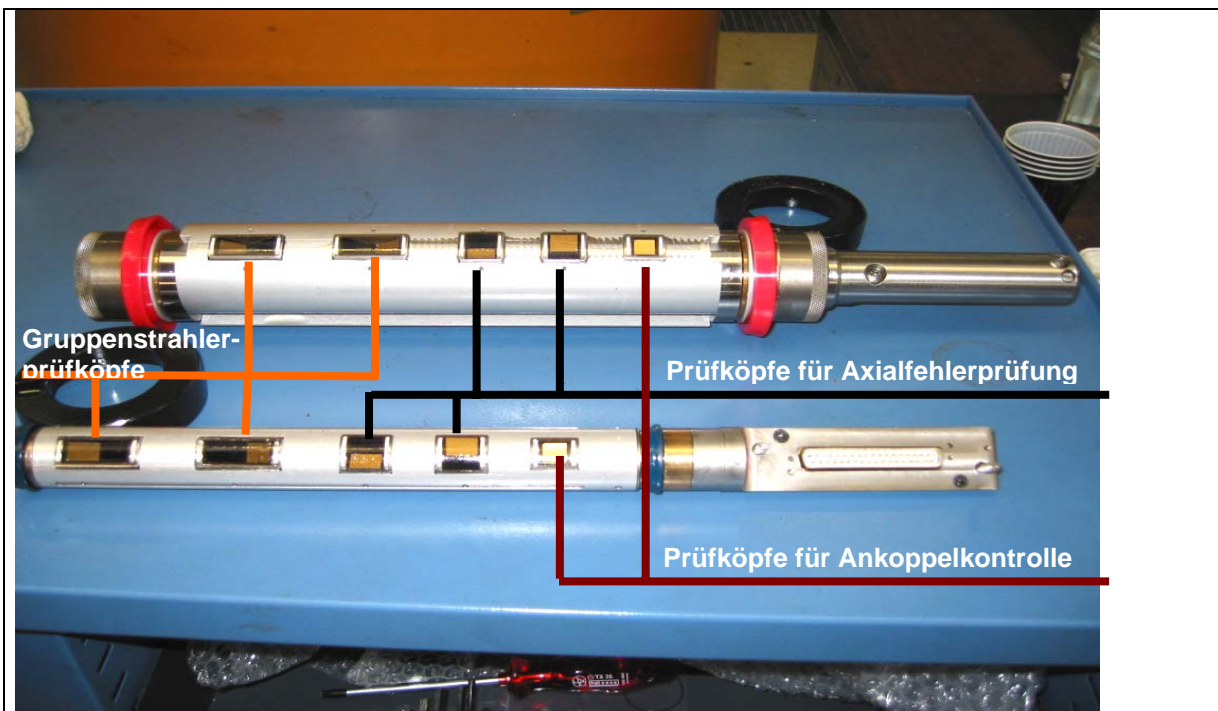
Für das Werk Kassel der DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH war eine Prüfeinrichtung für Radsatzwellen mit Längsbohrung zu beschaffen. In diesem Werk sind 44 verschiedene Wellenbauarten zu prüfen. Die Platzverhältnisse und der Produktionsfluss gestatten die Ausführung einer stationären, automatisierten Prüfeinrichtung mit einer starren Stahllanze zur Führung der wechselbaren Prüfkopfträger. Der Radsatz wird fluchtend zur Anlage zentriert. Aufgrund dieser vorhandenen Rahmenbedingungen fiel die Entscheidung zugunsten einer Prüfanlage mit der innovativen Gruppenstrahlertechnik, welche durch die Firma intelligenteNDT Systems & Services GmbH & Co. KG in Erlangen gefertigt wurde (Abb. 3).

Für die Prüfung von Radsatzwellen mit unterschiedlichen Bohrungsdurchmessern werden zwei Prüfkopfträger für Innendurchmesser von 30mm bzw. 53mm bis 70mm eingesetzt. Jeder Prüfkopfträger verfügt über jeweils 5 Prüfköpfe. Zwei davon sind Gruppenstrahlerprüfköpfe für die Detektion von Querfehlern in unterschiedlichen Einschallrichtungen (Abb. 4).



**Abb. 3: Prüfeinrichtung für Radsatzwellen mit Längsbohrung im Werk Kassel**

Die verwendeten Gruppenstrahlerprüfköpfe verfügen über jeweils 12 Elemente und eine Frequenz von 3 MHz. Derzeit wird mit fest eingestellten Einschallwinkeln von 45°, 50° und 60° über die gesamte Wellenlänge geprüft. Im Analyseprogramm lassen sich noch zusätzlich die Einschallwinkel 55° und 70° zuschalten.



**Abb. 4: Prüfkopfträger**

Die prüftechnische Leistungsfähigkeit der Anlage ist täglich an einer Vergleichswelle mit Referenzfehlern nachzuweisen. Die Ergebnisdarstellung in Form von C-Bildern zeigt geometriebedingte Unterschiede im Fehlernachweis einzelner Vergleichsreflektoren bei unterschiedlichen Einschallwinkeln. Beispielhaft seien die Reflektoren 16 und 22 genannt, welche mit einem Einschallwinkel von  $45^\circ$  deutlich besser nachweisbar sind, als mit einem Einschallwinkel von  $60^\circ$ . Beim Reflektor 22 ist ein Fehlernachweis mit einem Einschallwinkel von  $60^\circ$  bereits nicht mehr möglich. Der Reflektor 25 hingegen lässt sich mit einem Einschallwinkel von  $60^\circ$  besser nachweisen, als mit einem Einschallwinkel von  $45^\circ$  (Abb. 5).

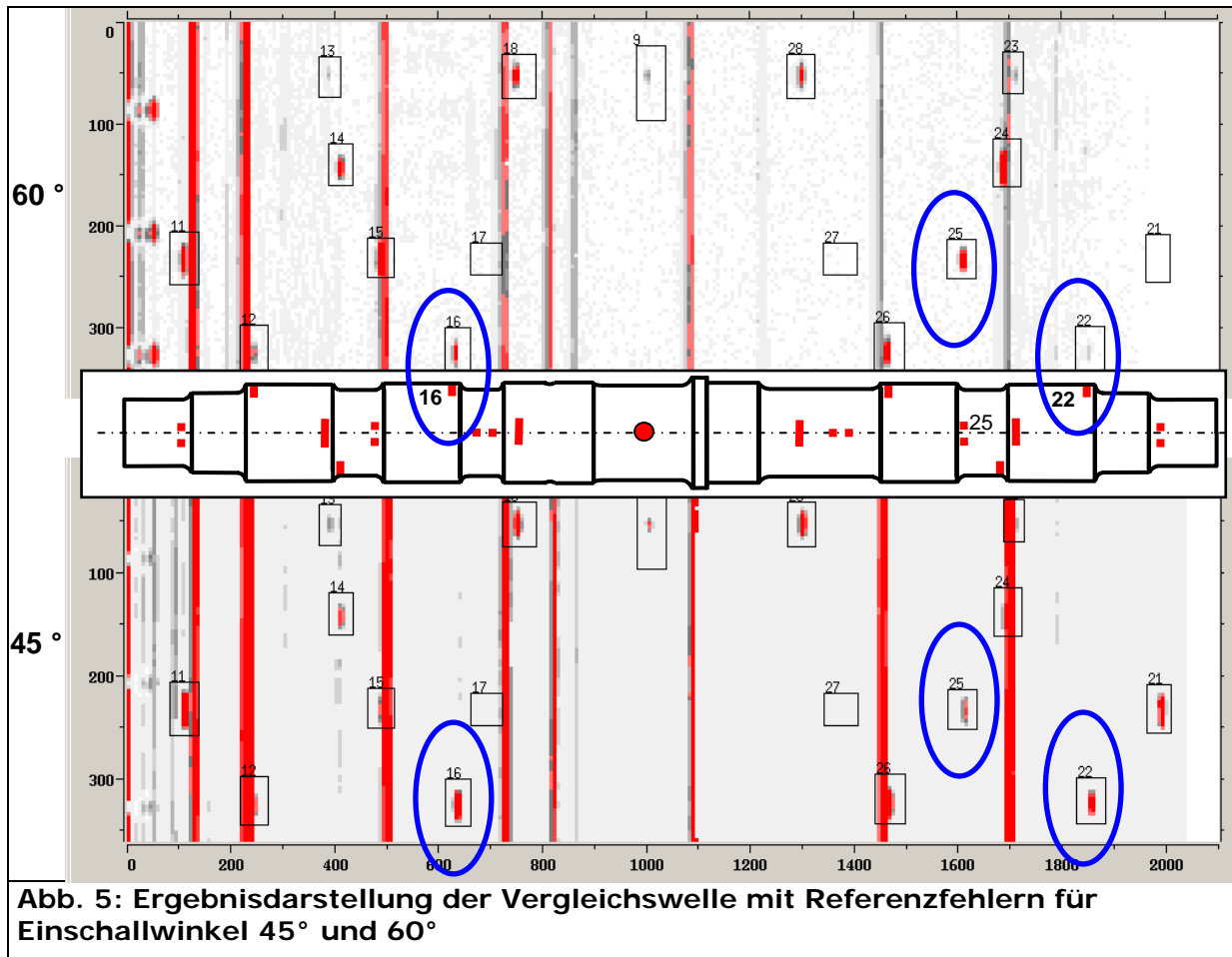


Abb. 5: Ergebnisdarstellung der Vergleichswelle mit Referenzfehlern für Einschallwinkel  $45^\circ$  und  $60^\circ$

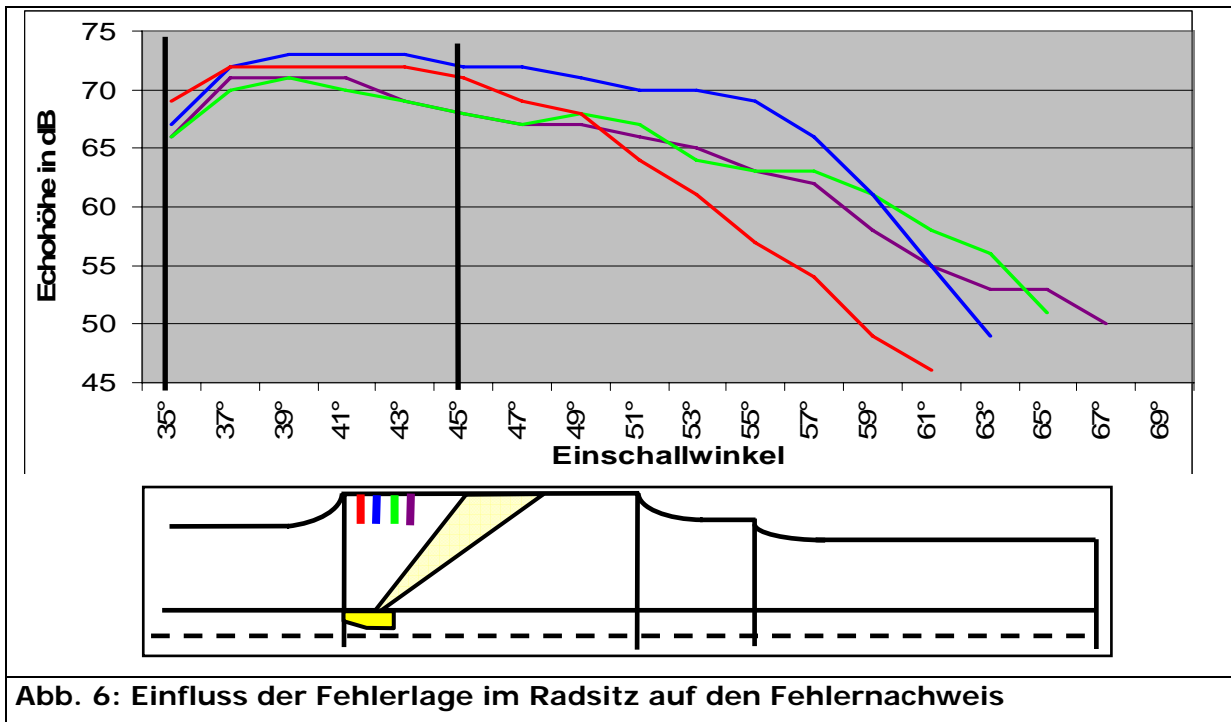
### ***Begleitende Untersuchungen bei der DB Systemtechnik***

Für begleitende Untersuchungen zum Einsatz der Gruppenstrahlertechnik bei der Prüfung von Radsatzwellen mit Längsbohrung wurde durch die BAM Berlin ein teilmechanisiertes Handprüfsystem entwickelt und ein Prototyp gefertigt.

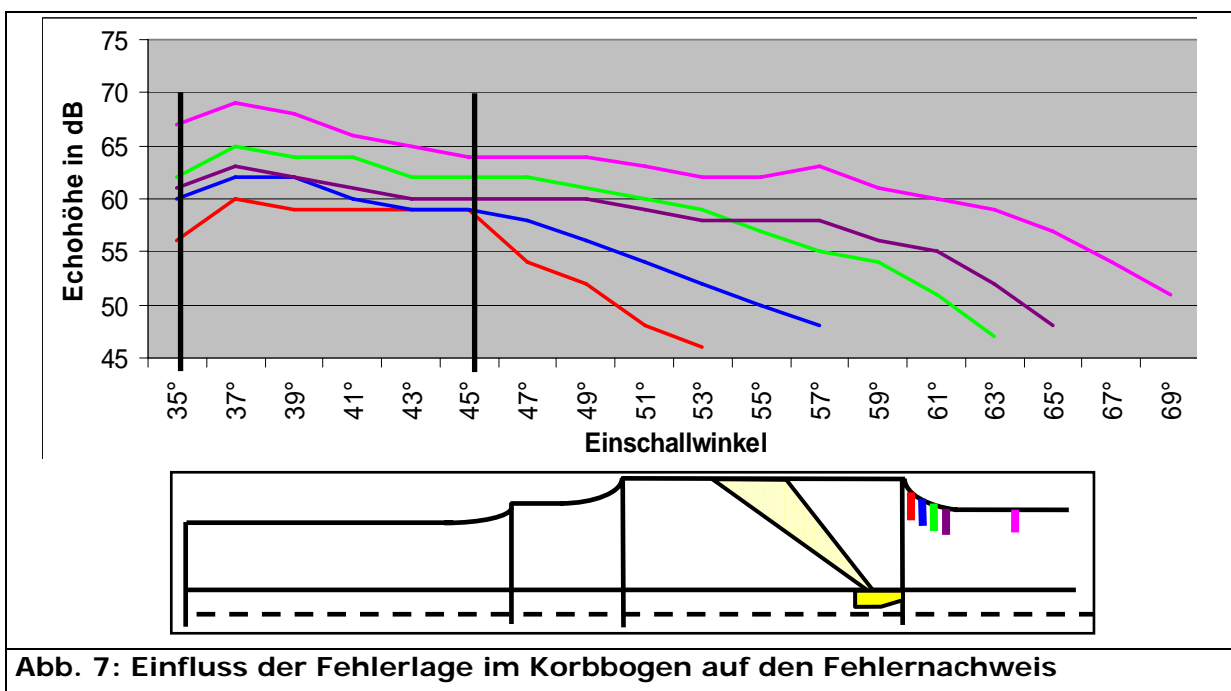
Durch DB Systemtechnik wurde eine Radsatzwelle mit mehreren Vergleichsreflektoren unterschiedlicher Tiefe an verschiedenen geometrischen Positionen versehen. An dieser Welle wurden Untersuchungen zum Einfluss des Einschallwinkels und der Fehlerlage auf den Fehlernachweis durchgeführt.

Im inneren Radsitz wurden 4 Vergleichsreflektoren mit einer Tiefe von 1mm und einem Abstand von jeweils 5mm eingebracht. Die Untersuchungen zum Einfluss der Fehlerlage auf den Fehlernachweis zeigten bei Einschallrichtung nach außen

und Einschallwinkeln von 35° bis 45° annähernd gleiche Amplitudenhöhen. Bei größeren Einschallwinkeln zeigt sich zunehmend der abschattende Geometrieinfluss der Radsitzkante (Abb. 6).



Im Korbbogen des inneren Radsitzes wurden 4 Vergleichsreflektoren mit einer Tiefe von 1mm und einem Abstand von jeweils 5mm eingebracht. Ein weiterer Vergleichsreflektor befindet sich im zylindrischen Bereich des Wellenschaftes. Hier haben die Untersuchungen abhängig von der Fehlerlage unterschiedliche Amplitudenhöhen ergeben. Für alle Vergleichsreflektoren stellten sich Einschallwinkel zwischen 35° und 45° als optimal heraus. Bei größeren Einschallwinkeln ergibt sich je nach Fehlerlage ein relativ steiler Abfall der Fehlernachweisbarkeit (Abb. 7)



Betrachtet man beispielsweise einen Vergleichsreflektor von 1mm Tiefe in einem Abstand von 5mm zur inneren Radsitzkante, so ergibt sich bei einer Veränderung des Einschallwinkels von 45° auf 51° bereits eine Verringerung der Anzeighöhe um 9dB (Abb. 8). In beiden Fällen wurde die Anzeighöhe durch Verschieben des Prüfkopfes in axiale Richtung optimiert.

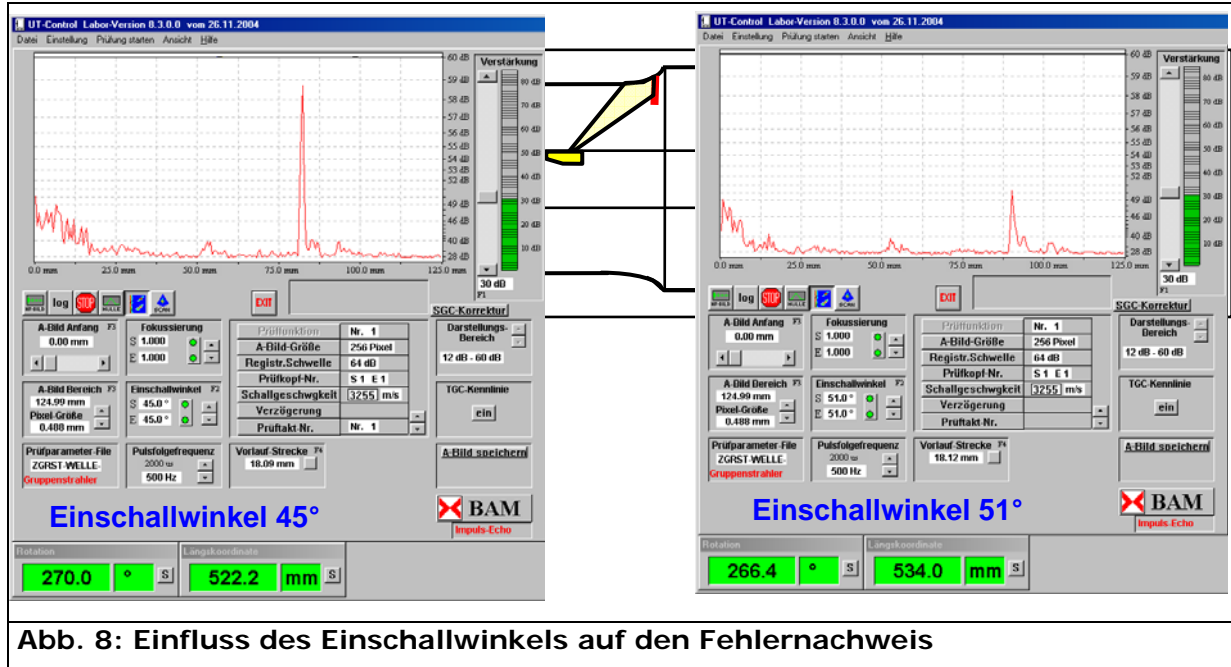


Abb. 8: Einfluss des Einschallwinkels auf den Fehlernachweis

## Ergebnisse der Untersuchungen und Perspektiven

Aus den ersten Betriebsergebnissen mit der innovativen Prüftechnik im Werk Kassel und den Ergebnissen der begleitenden Untersuchungen bei der DB Systemtechnik können die folgenden Perspektiven für den Einsatz der Gruppenstrahlertechnik bei der zerstörungsfreien Prüfung von Radsatzwellen mit Längsbohrung abgeleitet werden:

1. Die Gruppenstrahlertechnik bietet Vorteile:
  - Für Untersuchungen zum optimalen festen Einschallwinkel für bestimmte Prüfaufgaben
  - Für Nachuntersuchungen von Anzeigen
  - Für stationäre Prüfanlagen, bei denen auf Grund der Vielzahl von Wellenbauarten abweichende Einschallwinkel optimal sein können
  - Die Möglichkeit, gleichzeitig mit mehreren Einschallwinkeln zu prüfen ohne die Bauteillänge des Prüfkopfträgers zu vergrößern.
2. Die bei der Deutschen Bahn AG verwendeten Einschallwinkel von 35° bzw. 45° mit einem zweiten Einschallwinkel als Ergänzung wurden als optimal bestätigt.
3. Für normale Prüfstände mit einer überschaubaren Anzahl von zu prüfenden Wellenbauarten sind optimierte, feste Einschallwinkel ausreichend.