

Roboterbasierende Schweißpunktprüfung - nahezu koppelmittelfreie, bildgebende Phased Array basierende Prüfung mit PHAsis, integriert und automatisiert durch ABB Robotics

Carsten KÖHLER¹, Göran VOGT¹, Sabine BERG²,

¹ VOGT Ultrasonics GmbH, Burgwedel

² ABB AG Division Robotics, Friedberg

Kontakt E-Mail: marketing@vogt-ultrasonics.de

Kurzfassung. Stetige Innovationen und das Überdenken bestehender Systeme und Prozesse sind für die Erfüllung der Unternehmensziele von Automobilkonzernen unerlässlich - auch für den Bereich der Qualitätssicherung. Im Rahmen der Qualitätssicherung von Punktschweißverbindungen sind die grundlegenden Aufgaben von Prüfprozessen die Unterstützung bei der Festlegung von Schweißparametern, die Überwachung von Schweißergebnissen, die Optimierung des Prüfprozesses und damit die Reduzierung von Kosten und Produktionszeit.

Starre und manuelle Prozesse, wie sie noch in vielen Bereichen der Qualitätssicherung eingesetzt werden, basieren auf Laborbedingungen. Sie bauen auf allgemeinen Annahmen auf und sind ein generisches Verfahren ohne die Möglichkeit von Lernprozessen. Treffen diese, im Labor entwickelten Prozesse, auf die Produktionsrealität, stoßen sie an ihre Grenzen und verschenken wertvolles Effizienzpotenzial. Konventionelle Prüfverfahren für Schweißpunkte werden beispielsweise stichprobenartig durchgeführt, vergleichen den Ist- mit dem Soll-Zustand und liefern bei einer Abweichung lediglich die Information über einen vorhandenen Prozessfehler. Diese reine Information ist jedoch für eine intelligente Produktion nicht mehr tragfähig und erfordert eine Funktionserweiterung im Sinne von Industrie 4.0.

Ziel im Sinne von Industrie 4.0 ist in diesem Zusammenhang das Erkennen der Ursachen dieser Abweichungen, die Informationsbereitstellung in Echtzeit und die intelligente Reaktion des Systems. Künstliche Intelligenz stellt ein lernendes System zur Verfügung, das auf Basis einer kontinuierlichen Analyse von Produktionsparametern nicht nur vorausschauend Abweichungen von flexiblen Umgebungsbedingungen erkennen kann, sondern in einem weiteren Schritt auch selbständig Maßnahmen ergreift. Ein Beispiel ist die Erkennung von Schweißspritzern oder scharfkantigen Bereichen von Schweißpunkten und des daraufhin automatisch eingeleitete Schleifvorgang vor der Prüfung.

Dieser Vortrag befasst sich mit der Entwicklung eines robotergesteuerten Moduls zur nahezu koppelmittelfreien Prüfung von Schweißpunkten in der Produktion mit innovativ eingesetzter Phased Array Technologie gemäß den Anforderungen von Industrie 4.0.

Einführung

Aktuelle Fahrzeugrahmen bestehen aus Tausenden von Schweißpunkten, welche manuell geprüft werden. Dieser Umstand birgt ein großes Potenzial in Bezug auf Produktionsgeschwindigkeit, Kosteneinsparungen und die Reproduzierbarkeit.

Die Kosten für die Durchführung zerstörender Prüfungen im Rahmen der Qualitätssicherung von Schweißpunkten sind hoch. Die Schweißpunkte müssen für die Prüfung zerstört werden, was bedeutet, dass die entsprechende Karosserie nicht mehr weiterverarbeitet werden kann. Zudem ist die zeitliche Lücke zwischen Produktion und Prüfung groß, was zu hohen Reaktionszeiten auf Qualitätsabweichungen und damit zu weiteren Kosten führt. Neben der zerstörenden Prüfung von Schweißpunkten werden die zerstörungsfreie Sichtprüfung sowie die Prüfung mit Ultraschall eingesetzt. Die konventionelle Ultraschallprüfung wird mit einem Handgerät durchgeführt und erfordert sehr gut ausgebildetes Personal mit langjähriger Erfahrung. Die konventionellen Prüftechniken liefern bereits wertvolle Informationen über die Schweißqualität, müssen aber intelligenter werden, um den steigenden Produktionsanforderungen gerecht zu werden und die Wettbewerbsfähigkeit zu sichern.

Um den Prozess der Qualitätssicherung zu optimieren, wird eine Prüflösung benötigt, die a) nahe am Zeitpunkt des Schweißens liegt, um kurze Reaktionszeiten zu sichern, b) schnell und mit hoher Reproduzierbarkeit arbeitet und c) keine Einschränkung der Prüfmenge aufgrund des erforderlichen, geschulten Prüfpersonals besitzt.

Um diesen Anforderungen einer modernen Produktion gerecht zu werden, hat ABB Robotics eine integrierte Roboterlösung (siehe Abbildung 1) für die Qualitätsprüfung von Punktschweißungen auf Basis von Ultraschall und dem Phased Array Prüfgerät PHAasisBLU von VOGT Ultrasonics entwickelt.

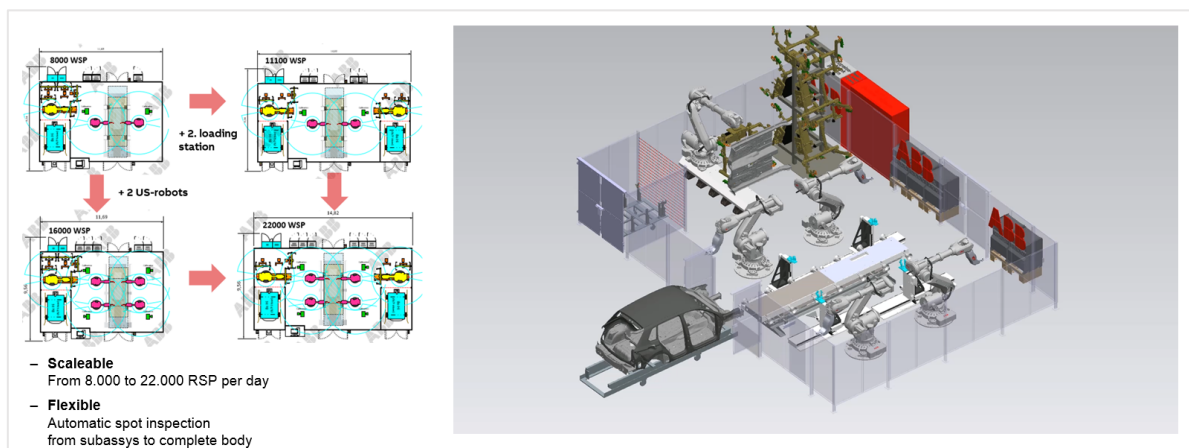


Abb 1. Automatisierte Lösung zur Schweißpunktprüfung, skalierbar für bis zu 28.000 Punkte pro Tag

1. Funktionsübersicht

Das Funktionspaket Si für die Ultraschallprüfung von Schweißpunkten ist eine gebrauchsfertige, integrierte Lösung mit allen wesentlichen Funktionen für eine schnelle und zuverlässige Qualitätsprüfung von Schweißpunkten. Es ist ein kompaktes All-in-One-Tool, das Schweißpunkte automatisch erkennt, ggf. störende Schweißspritzer entfernt und mit der bildgebenden Ultraschallprüftechnologie von PHAasis prüft.

Das Prüfergebnis wird in einer webbasierten Anwendung namens UltraReporter angezeigt. Durch die automatische Speicherung aller Daten in Echtzeit ist es möglich, die Ergebnisse

effizient zu analysieren, umgehend eine Information über unregelmäßige Schweißpunkte zu erhalten sowie Statistiken und Qualitätstrends aufzuzeigen.



Abb. 2. Robotergestützte Schweißpunktprüfung mit PHAsis

Die Module des Funktionspakets Si arbeiten wie folgt zusammen: Die Bewegungen des Manipulators werden durch die Bewegungssteuerung des Roboters überwacht. Diese beiden Komponenten bilden den Roboter (siehe Abbildung 2).

Das Ultraschallprüfgerät PHAsisBLU (siehe Bild 3) ist mit seinem 20 MHz Phased Array Prüfkopf am Flansch der 6. Achse des Manipulators installiert und wird von der Ultraschall Steuereinheit gesteuert. Das Tool erkennt und bewertet Schweißpunkte mit einer Kombination aus einer Kamera, PHAsisBLU und dem Phased Array Ultraschallprüfkopf (siehe Abbildung 2 und 3).



Abb. 3. PHAsisBLU and 20 MHz Phased Array Probe

Bevor eine Prüfung eingeleitet wird, kann das System selbstständig Schweißspritzer oder scharfe Kanten die die Qualität der Prüfung beeinträchtigen können, erkennen und mit einem integrierten Schleifgerät entfernen.

Das System verfügt über Pneumatik Zylinder zur Steuerung der linearen Bewegung und des Drucks des Prüfkopfes, der für eine präzise Messung erforderlich ist. Kopplungsmittel wie Wasser und Luft werden über das Medien Reservoir und durch das Schlauchpaket zum Prüfkopf transportiert. Dank der flexiblen Vorlaufstrecke des PHAsis Ultraschallprüfkopfes arbeitet die Prüfung nahezu kupplungsfrei, sodass eine manuelle Trocknung oder Reinigung nach der Prüfung entfällt.

Das eingesetzte Softwarepaket hilft bei der reibungslosen Einrichtung, Bedienung und Einstellung des Systems.

2. Prüftechnologie

Die Kombination aus Kamera, Robotertechnik und bildgebender Phased Array Technologie ermöglicht es dem System, automatisch und situationsabhängig zu reagieren und die Schweißpunkte zuverlässig zu prüfen.

2.1 Erkennung der Schweißpunktposition

Die KI-basierte Kamera und der Ultraschallprüfkopf arbeiten zusammen, um den Schweißpunkt zu erkennen (siehe Abbildung 4, links). Die Position und der Winkel des Werkzeugs passen sich automatisch an, um eine ideale Ankopplung zu erzielen.

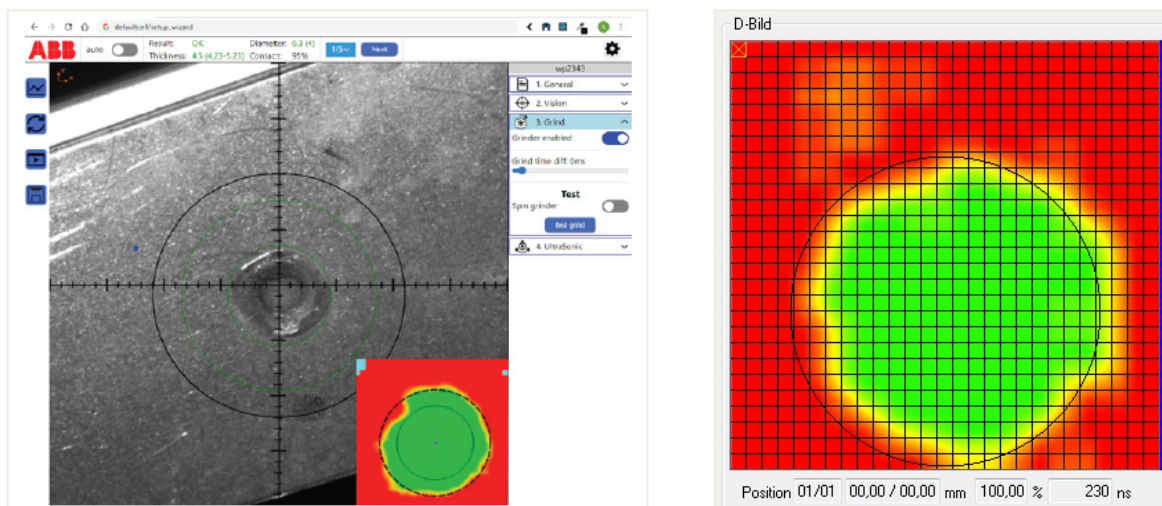


Abb. 4. Software zur Analyse und Visualisierung der geprüften Schweißpunkte (links)
D-Bild - Ergebnis der Schweißpunktprüfung mit PHAasis (rechts)

2.2 Automatische Entfernung von Schweißspritzern

Mithilfe von maschinellem Lernen werden potenzielle Schweißspritzer rund um den Punkt erkannt. Bevor eine Prüfung eingeleitet wird, erkennt und entfernt das Gerät Spritzer oder scharfe Kanten, die die Qualität der Prüfung beeinträchtigen könnten

2.3 Ultraschall-Schweißpunktprüfung und bildgebende Darstellung als D-Scan

Das Ultraschallprüfgerät arbeitet mit einem Phased Array Prüfkopf und einer Auswertematrix, die eine bildliche Darstellung (D-Scan) der Schweißpunktqualität erzeugt (siehe Abbildung 4, rechts). Das Bild basiert auf 729 Einzelmessungen, was zu einer hohen Auflösung des Schweißpunktdurchmessers von ca. 0,35 mm führt.

2.4 Erfassung und Visualisierung des Ergebnisses

Das Ergebnis der Prüfung wird in dem webbasierten Tool angezeigt, welches eine einfache und effiziente Analyse von Statistiken und die Ermittlung von Trends.

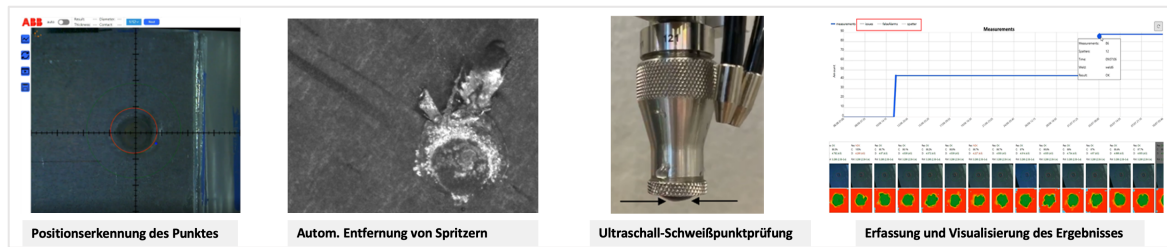


Abb. 5. Kontrolle der Punktschweißqualität

3. Wesentliche Merkmale und technische Daten

Zusammengefasst hat die vorgestellte Prüflösung die folgenden Leistungsmerkmale:

- Programmierassistent für einen schnellen Start
- Webbasierte Datenvisualisierung und -speicherung
- Ermöglicht die Analyse von historischen Daten und Trends wie Schweißpunktposition und -qualität
- Automatische Benachrichtigung über auffällige (außerhalb der Spezifikation liegende) Schweißpunkte
- Typische Taktzeit von 3-6 Sekunden für die Prüfung [1]
- Die automatisierte Prüfung erhöht die Kapazität um das 10-fache [2]
- Nachgewiesene Korrelation mit aktuellen Prüfmethode
- Simulationsmodelle verfügbar

Tabelle 1. Grunddaten des entwickelten Prüfsystems

Technische Grunddaten (typisch)	
Taktzeit	3-6 Sekunden
Repositionierungsmöglichkeit für verschobene Schweißpunkte	> 5 mm
Austausch des Schleifers (20 Sekunden zum Wechseln)	> 5.000 Schleifvorgänge
Wasser-Nachfüllung (10-Liter-Fass)	200.000 Schweißpunkte
Kontrolle der Auswölbung (Druck) der Membrane (TCP-Prüfung bei Benachrichtigung)	≈ 6.000 Prüfungen
Nachfüllen von Wasser in die Membrane	aller / 2-4 Kontrollen der Auswölbung / Druck der Membran
Membrantausch	≈ 12.000 Prüfungen
Automatische TCP-Überprüfung (so oft wie möglich)	pro / < 3 Stunden
Programmierzeit pro Punkt (ABB-Software-Assistent)	1-5 Minuten

4. Fazit

Der offensichtliche Vorteil der automatisierten Ultraschallprüfung von Schweißpunkten ist die Optimierung der Produktionszeit und der Produktionskosten durch die Reduzierung der manuellen Prüfung. Durch die Automatisierung können deutlich mehr Schweißpunkte in kürzerer Zeit und gleichzeitig zuverlässiger als bei der manuellen Prüfung geprüft werden.

Das entwickelte Prüfsystem schafft die Grundlage für einen intelligenten und autonom agierenden Prüfprozess. Es analysiert die Prüfbedingungen jedes Schweißpunktes per Kamera und reagiert autonom, um eine zuverlässige Prüfung zu gewährleisten.

Der Roboter arbeitet direkt nach dem Schweißprozess (siehe Abbildung 6), sodass Qualitätsabweichungen automatisch und schnell erkannt werden können und der Schweißprozess, wenn nötig, unmittelbar angepasst werden kann.

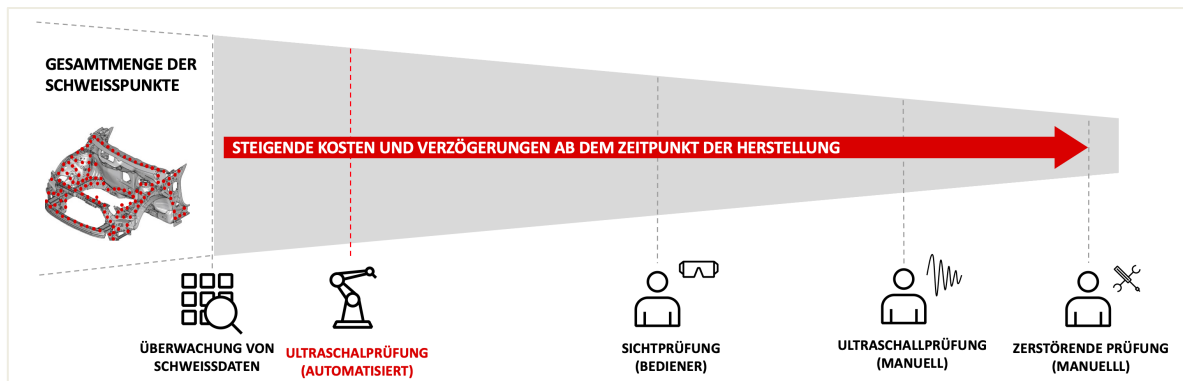


Abb. 6. Verringerung des manuellen Prüfaufwands

Anhand der kontinuierlich aufgezeichneten Datenströme und deren Echtzeitauswertung lassen sich die Ursachen für Qualitätsabweichungen erkennen. Der nächste Schritt im Sinne von Industrie 4.0 ist es, diese Informationen über eine Schnittstelle automatisch an die Steuerung des Schweißprozesses zu übermitteln und damit zum Beispiel automatisch einen Schweißkappenwechsel oder die Anpassung der Schweißparameter zu veranlassen.

Referenzen

- [1] Abhängig von der Qualität des Schweißpunktes und gemäß Labortests
- [2] Geschätzte Werte basierend auf einem Bediener über ein Jahr