Rissminimierung beim Schweißen von Al-Legierungen mittlerer und höherer Festigkeit

Forschungsstelle: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Institut für Füge- und Strahltechnik (IFST)
Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. E.h. Horst Herold

Projektbearbeiter: Dr.-Ing. Pshennikov

Laufzeit: 01.02.05 - 31.01.07
(Zuwendungsbescheid kam am 01.05.2005.)

Forschungsziel

Praktische Erfahrungen beim Schmelzschweißen von:

- **EN AW-AlSi1MgMn (EN AW-6082)**
- **EN AW-AlMg0,4Si1,2 (EN AW-6016)**
- **AB-Al Mg5Si2Mn (Magsimal 59)**

- **EN AW-Al AlZn4,5Mg1 (EN AW-7020)**
- **B226 (4,6% Cu, 0,5% Mg, Ag)**
- **PA 765 (10%Zn, 3,3%Mg, 0,7%Cu)**

zeigen: „Die Risshäufigkeit ist nicht immer beherrschbar !“

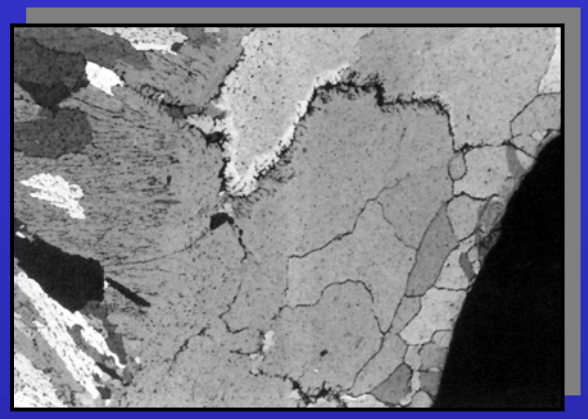


Abb.: Korngrenzenöffnungen bei einer AlMgSi-Schweißung

Klärung der legierungsspezifischen und wärmeeintragsbedingten Rissursachen

Minderung von Heißrissen beim Schweißen von mittel- und hochfesten Al-Legierungen

Methodischer Ansatz

Werkstoff

Untersuchungsaspekte zur Schweißeignung

Werkstoffmetallurgie
- Grund- und Zusatzwerkstoff
- Werkstoffzustand
- Wärmebehandlungs-zustand

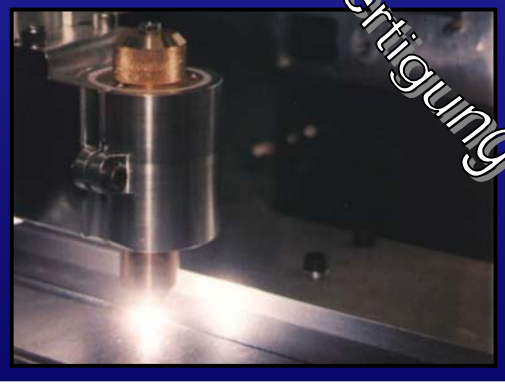
Untersuchungsaspekte der Schweißsicherheit

Bauteil
- Heißrissprüfverfahren
- FEM-Simulation

Untersuchungsaspekte der Schweißmöglichkeit

Energieeintrag
- WIG
- MIG
- Laser

Fertigung

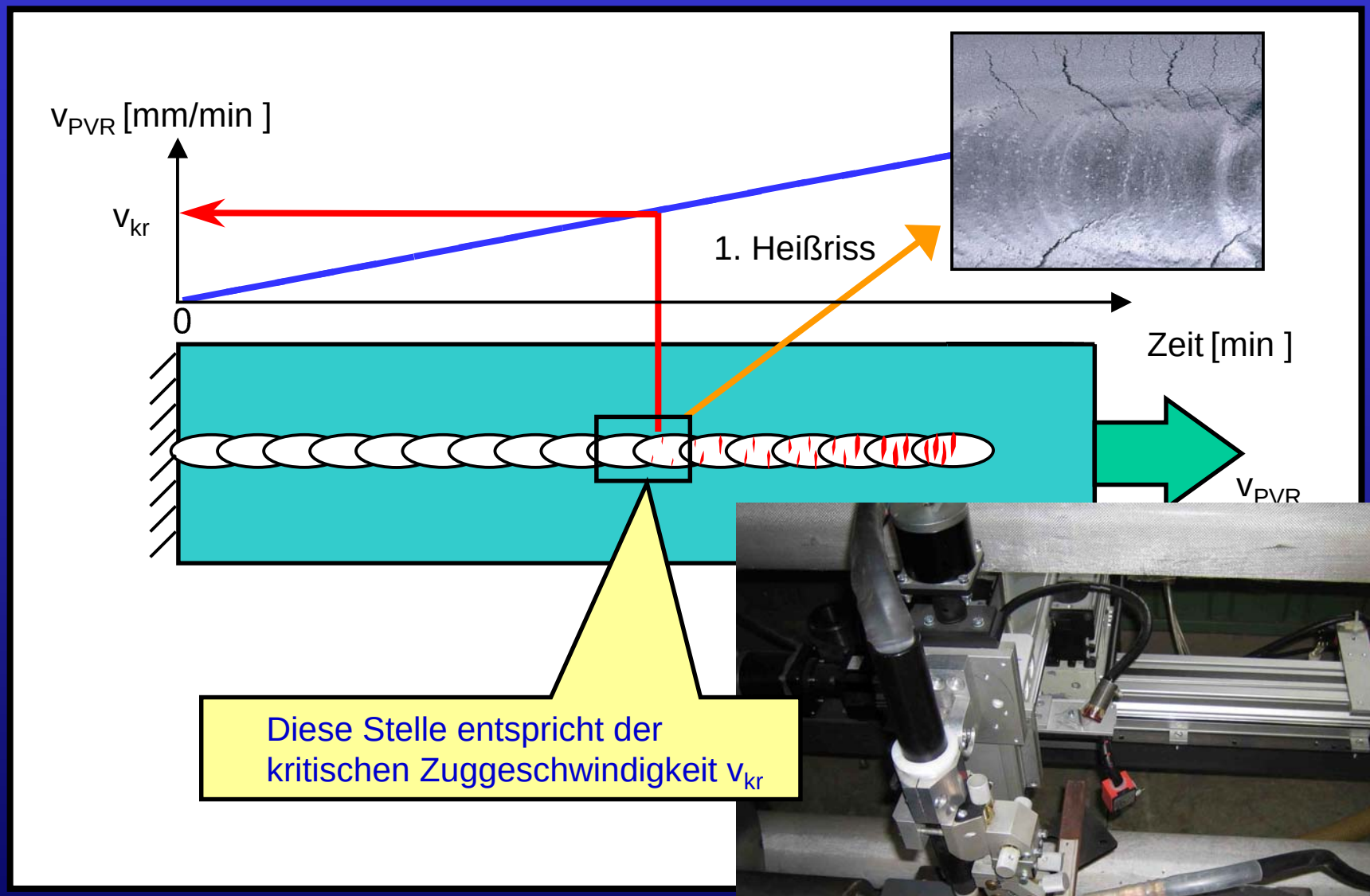


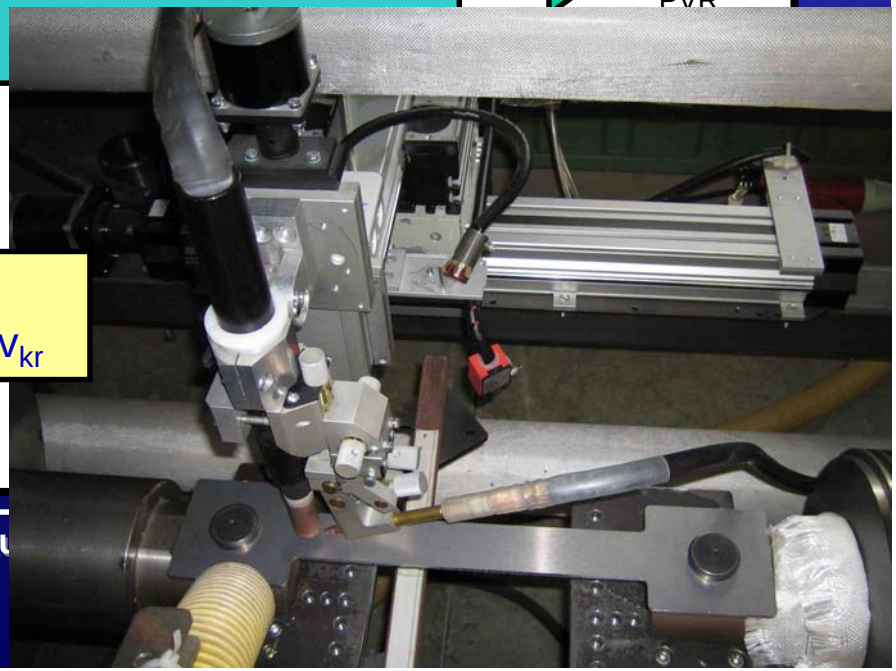
Bauteil

Arbeits- und Zeitplan

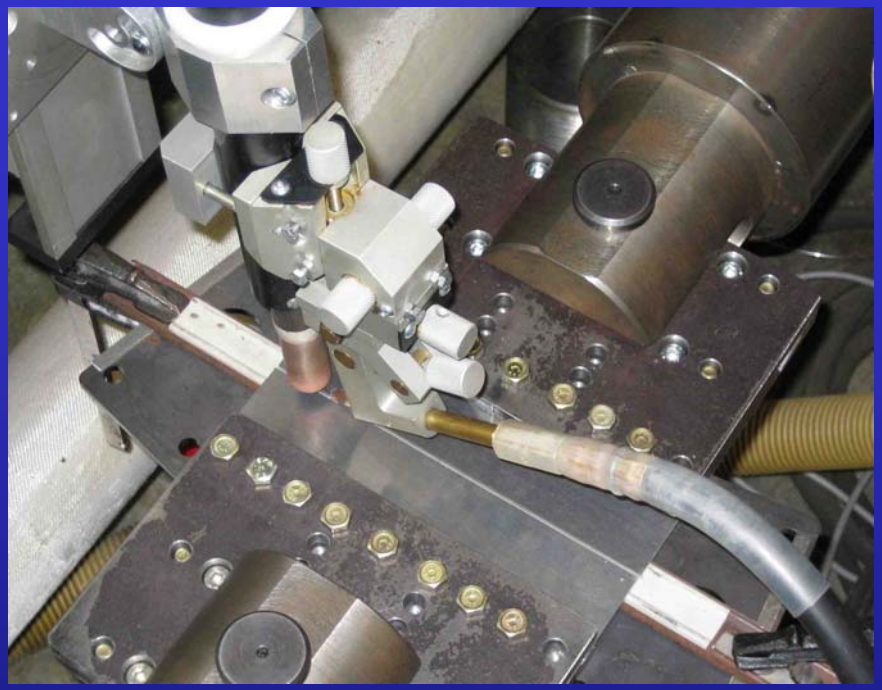
Hauptarbeitsschritte	2005				2006				07
1. PVR-Versuche an den Grundwerkstoffen und Grund-/Zusatzwerkstoff-Kombinationen	X	X	X	X					
2. Versuche an den Schweißverbindungen		X	X	X	X				
3. PVR-Versuche mit verschiedenen Versuchs-chargen des Schweißzusatzes AlMg2,7Mn - Einfluss der Modifikatoren Cr, V und Zr			X	X	X				
4. Charakterisierung der in den Knet-Guss- und Knet-Knet-Verbindungen auftretenden Risse			X	X	X	X			
5. Klärung der Rissbildungsursachen durch differenzierte Versuchs- und FEM-Simulationen				X	X	X	X		
7. Ableitung und Erprobung von Maßnahmen zur Rissvermeidung bzw. zur Rissminimierung beim Schweißen			X	X	X	X	X	X	X
8. Zwischen- und Abschlußberichte, Publikationen					X			X	X

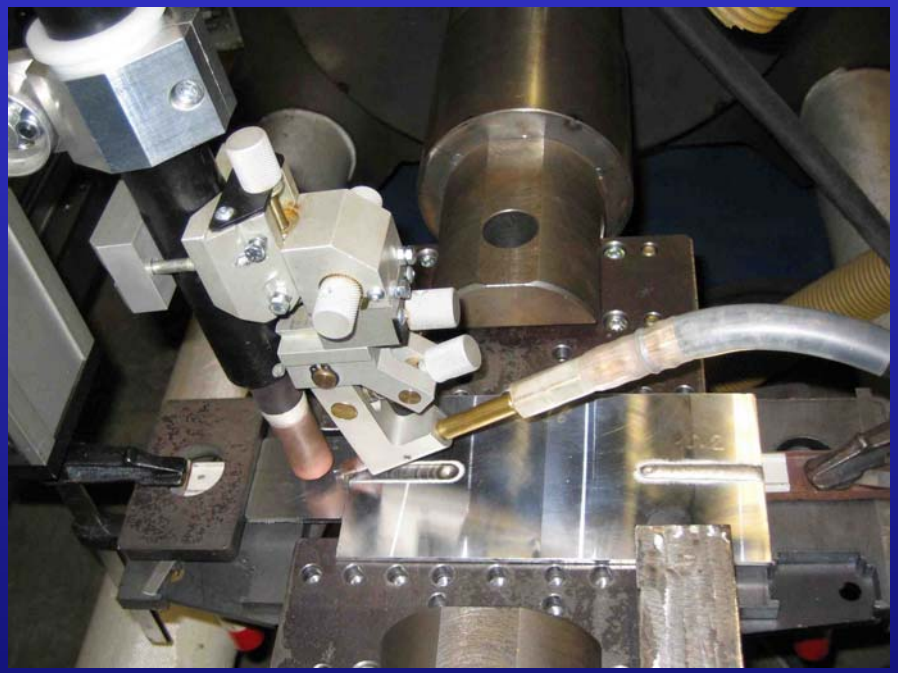
Vorhandene Prüftechnik: PVR-Versuch am Heißrissprüfstand





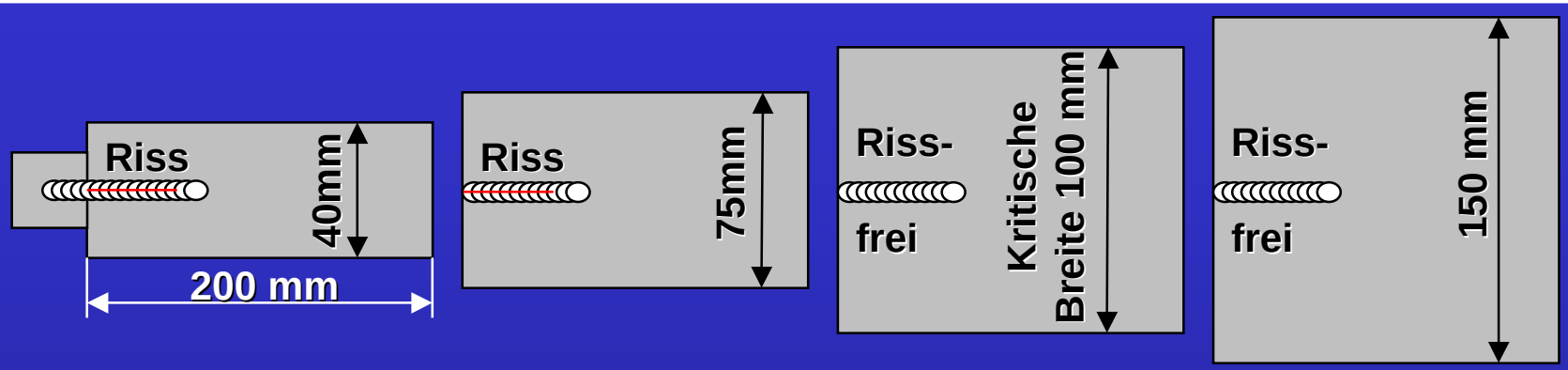
Andere Anwendungen des Heißrissprüfstandes





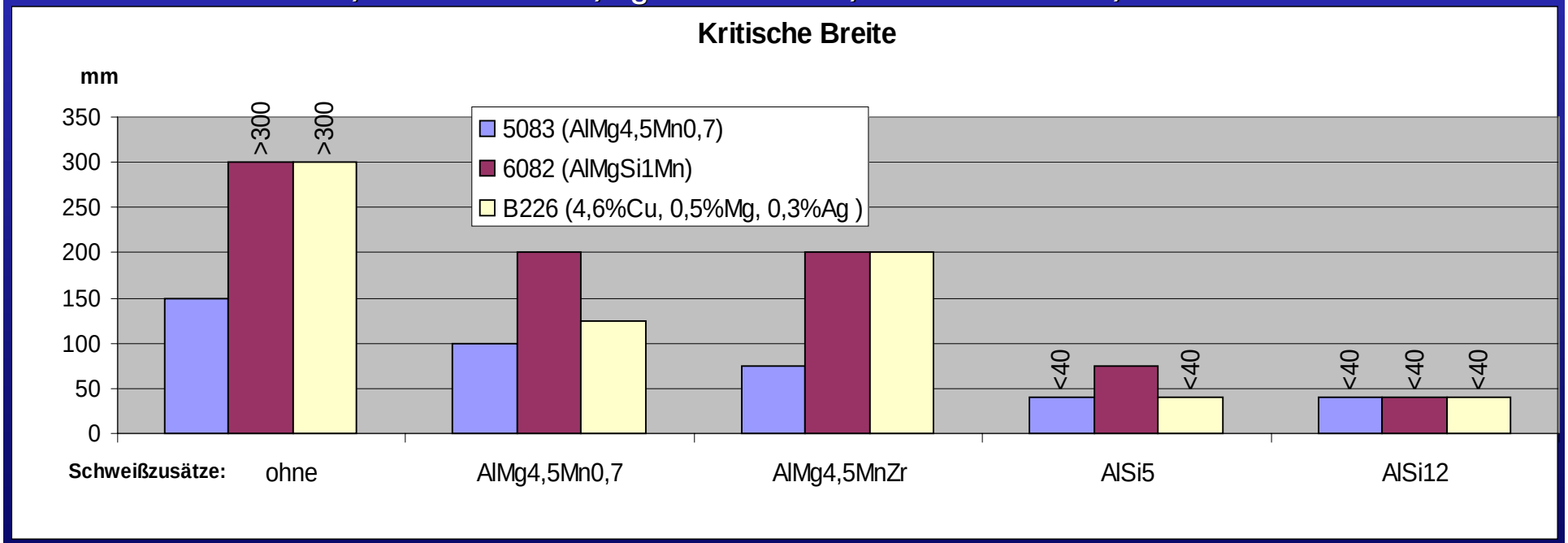
- **Schweißen von beidseitig oder einseitig eingespannten Proben**
- **Schweißen unter program-mierter Beanspruchung quer zur Schweißrichtung auf einer Badsicherung**

Ermittlung der kritischen Blechbreite von geschweißten Al-Legierungen

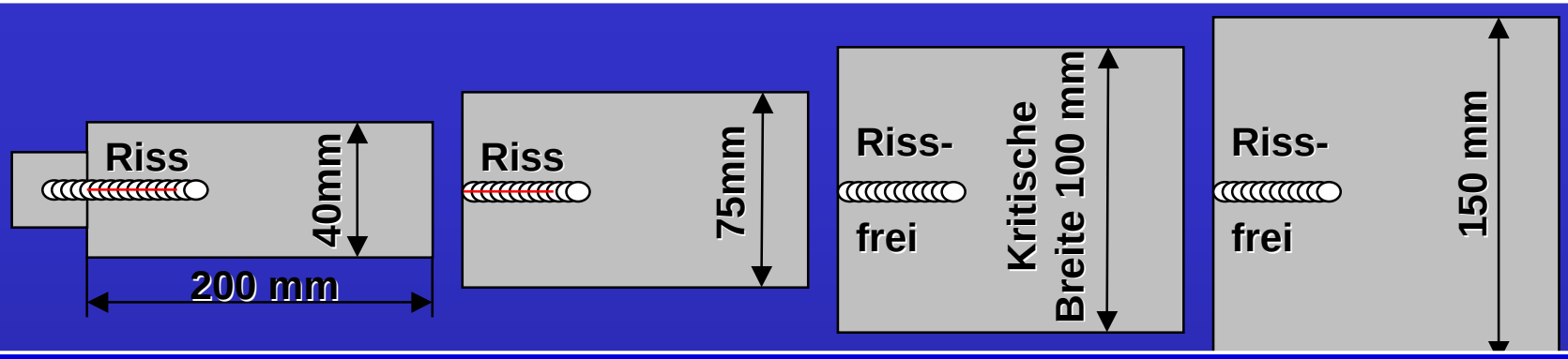


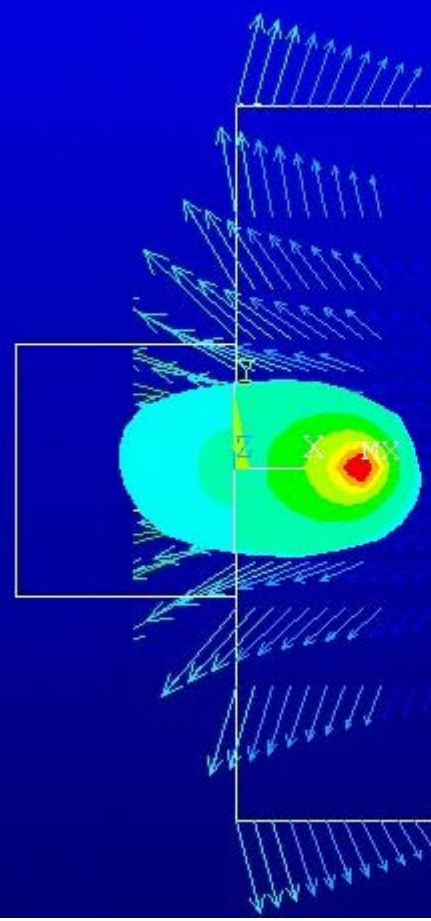
WIG-Schweißen mit Schweißzusatz mit vollem Durchschweißen des Bleches

I =115-125 A, U = ca. 12 V~ , v_S= 20 cm/min; Blechdicke 3-3,2 mm



Ermittlung der kritischen Blechbreite von geschweißten Al-Legierungen



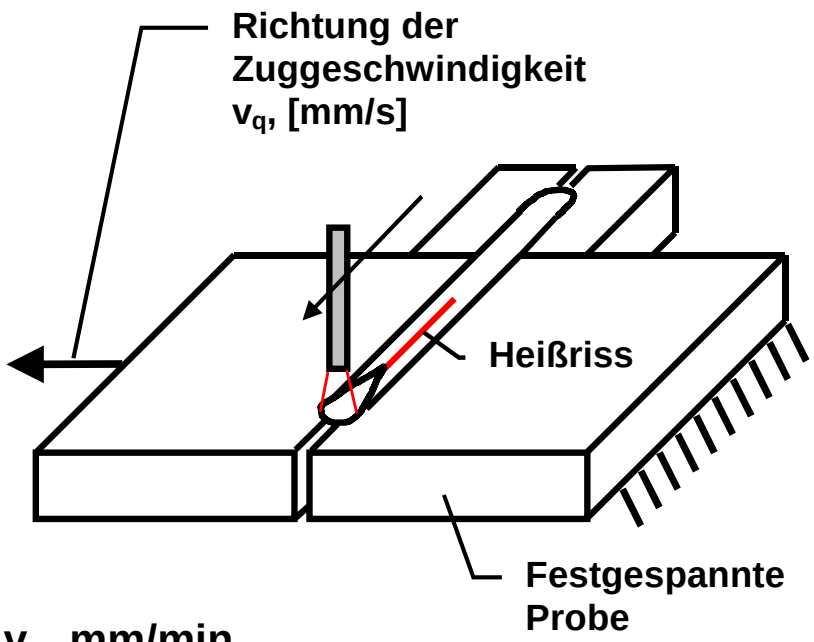


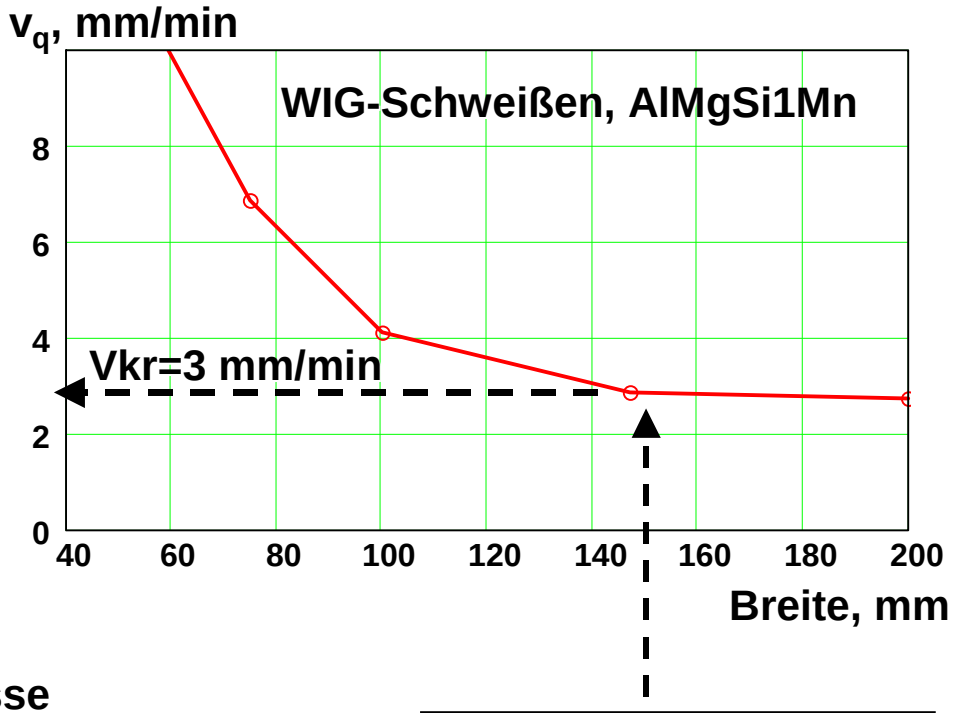
FEM-Modelle zur Berechnung von Temperaturen, Spannungen, Verschiebungen, Verformungen und <u>Heißrisskriterien</u>

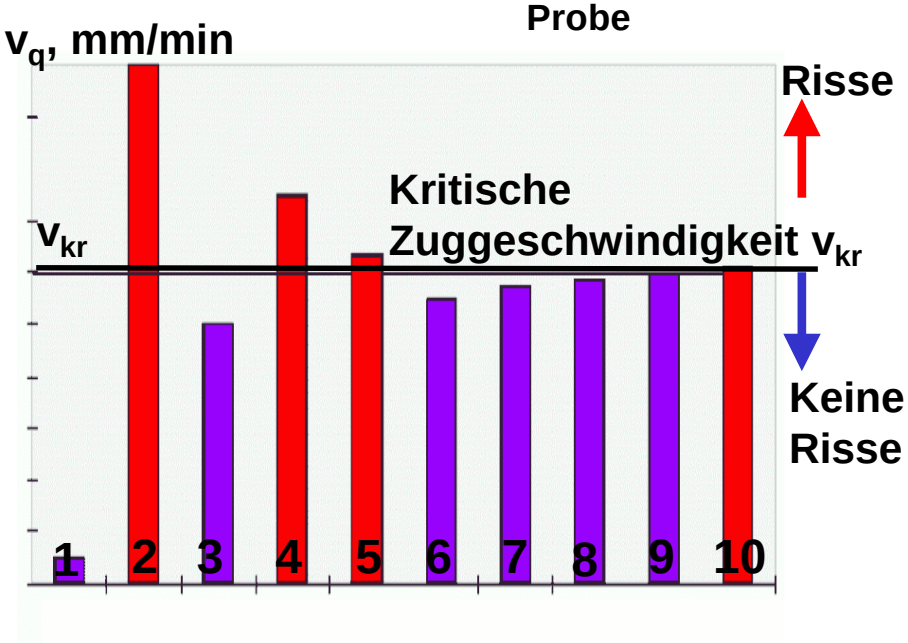
Ziele der FEM-Simulation:

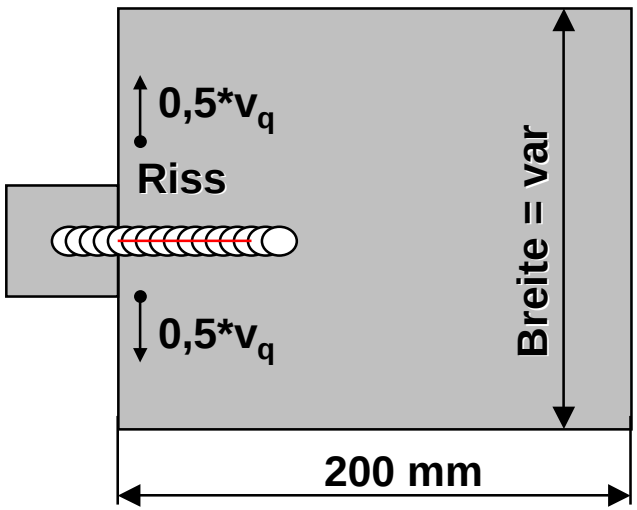
- **Abschätzung des Heißrissrisikos für Schweißungen an Bauteilen**
- **Optimierung der Bauteilgestaltung**
- **Festlegung verbesserter Schweißfolgen am Bauteil**

Zusammenhang zwischen kritischer Breite und kritischer Geschwindigkeit v_{kr}

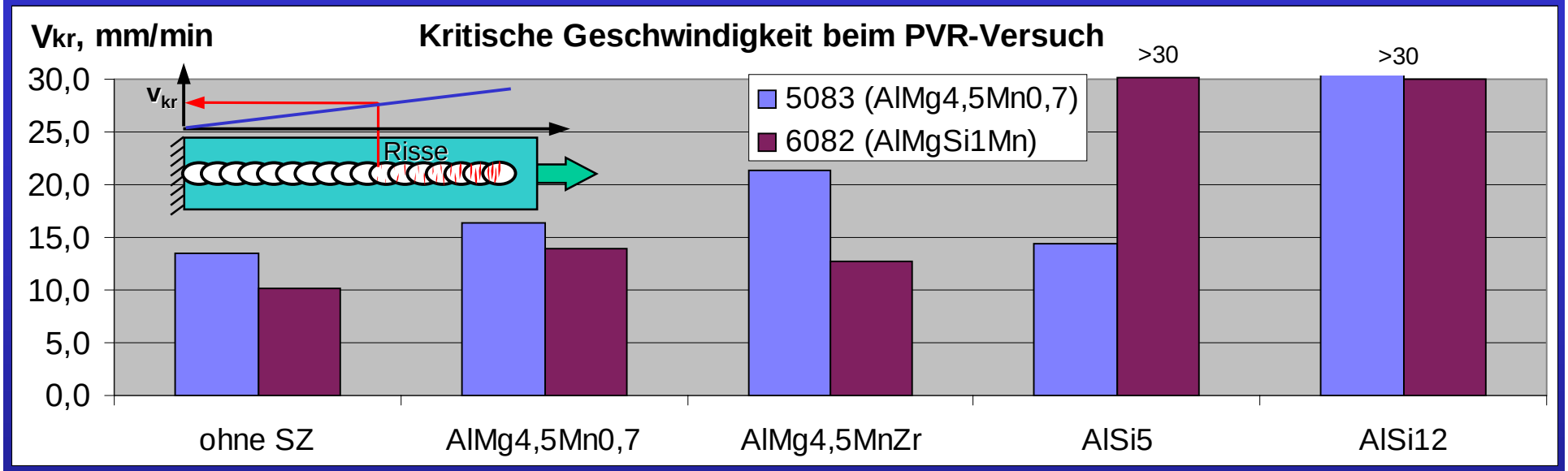


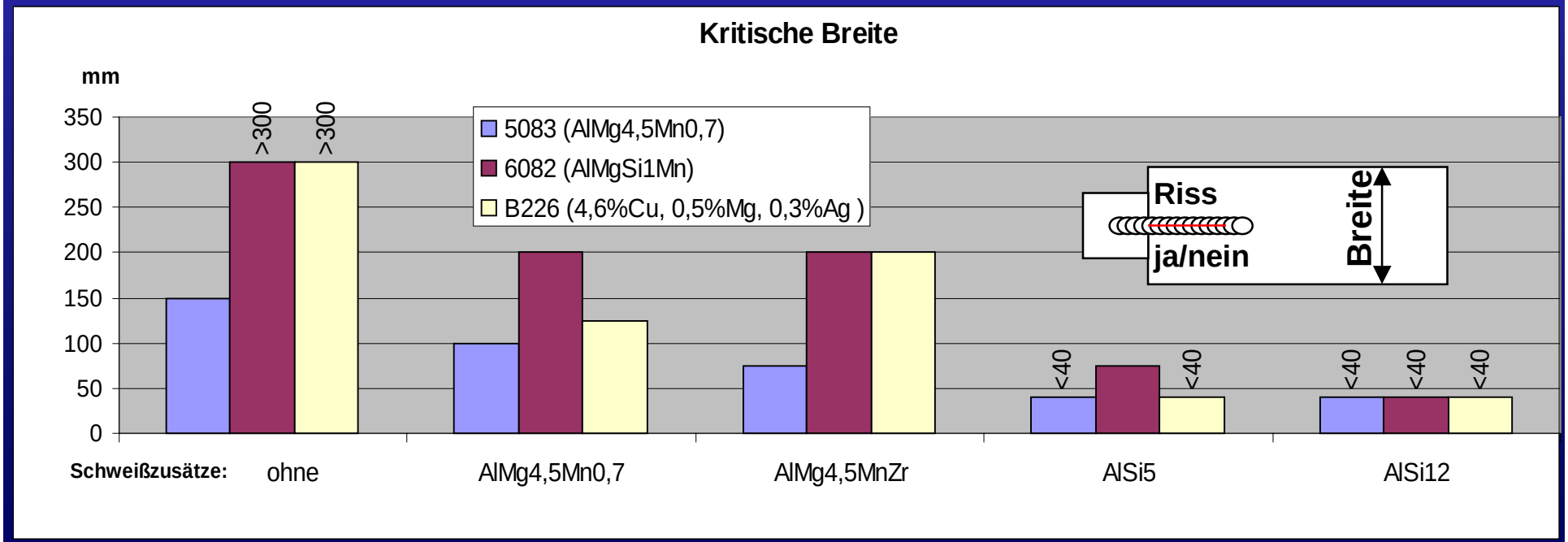






Vergleich der Schweißzusätze im Kombination mit den Grundwerkstoffen (5083, 6082, B226)





Zusammenfassung

1. Das Forschungsvorhaben läuft planmäßig.

2. Der PVR-Versuch ist zum Vergleich der Rissanfälligkeit von Al-Legierungen und deren Schweißzusätzen gut geeignet.

3. Die FEM-Simulation des Heißrissprüfverfahrens und der Versuchsschweißungen lässt die Ursachen für die Heißrissbildung visualisieren und erlaubt eine Abschätzung der Risssicherheit beim Schweißen.

Weitere Arbeitsschritte

1. **PVR-Versuche an den Grund-/Zusatzwerkstoffen** (mit weiteren Werkstoffen)
2. MIS-1-Versuche an den Kombinationen: GW1+GW2+SZ
3. PVR-Versuche mit Modifikationen des Schweißzusatzes AlMg2,7Mn
4. **Charakterisierung der in den Knet-Guss- und Knet-Knet-Verbindungen auftretenden Risse** (Metallographie)
5. **Systematische Klärung der Rissbildungsursachen durch differenzierte Versuchs- und FEM-Simulationsdurchführungen** (Weiterentwicklung der FEM-Modelle)
6. Ableitung und Erprobung von Maßnahmen zur Rissvermeidung bzw. zur Rissminimierung beim Schweißen (z. B. Optimierung der Geometrie von Träger beim Anfang und Ende aus der Sicht der Risssicherheit beim Laserschweißen unter der Berücksichtigung der Dauerfestigkeit)

Einfluss der Schweißverfahren und Schweißparameter auf die Rissanfälligkeit

Mit Erhöhung der Abkühlgeschwindigkeit im TIS erhöht sich die Rissbeständigkeit:

Abkühlgeschwindigkeit im TIS

Rissbeständigkeit

WIG-Schweißen manuell (geringste Rissbeständigkeit)

WIG-Schweißen mechanisiert (etwas rissbeständiger als beim manuellen WIG-Schweißen)

MIG-Schweißen mechanisiert (sehr deutliche Verbesserung)

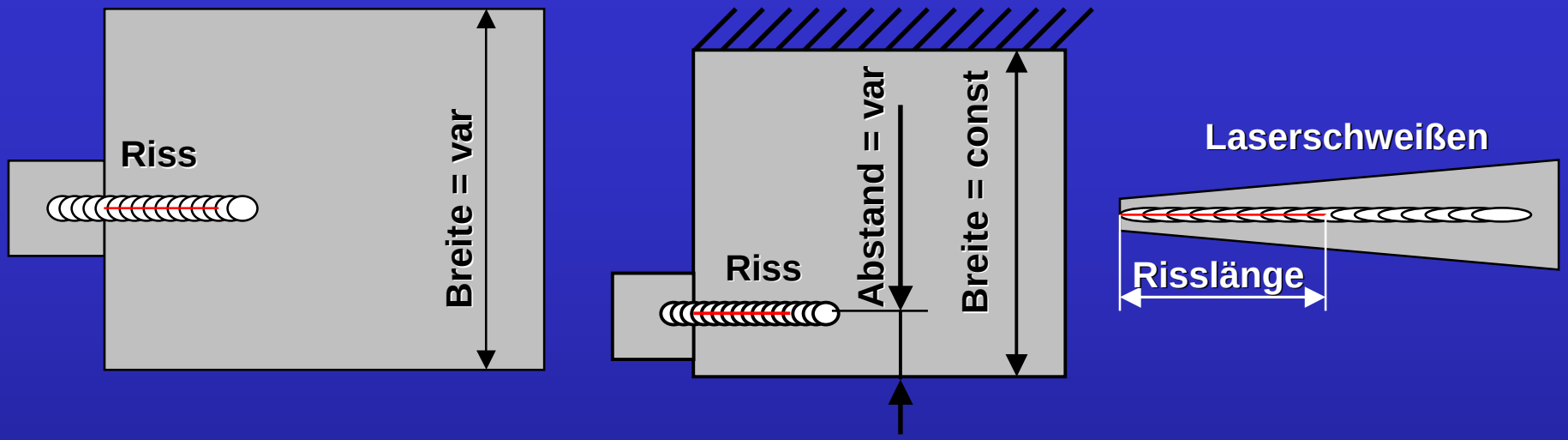
Der Vergleich bezieht sich auf die Herstellung der Stumpfnaht in einer Lage!

Probleme beim Vergleich von unterschiedlichen Al-Legierungen mittels PVR-Versuch

1. Vergleich der Heißrissanfälligkeit der Al-Legierungen ist nicht möglich, wenn die Blechdicken geringe Abweichungen aufweisen. (Z.B. sind 3,0 und 3,2 mm nicht vergleichbar.)

2. Vergleich ist nicht möglich, wenn Al-Legierungen zu große Unterschiede in der Wärmeleitfähigkeit besitzen, da dies bei konstanten Schweißparametern zu Unterschieden in den Querschnitten der Auftragraupe führt.
   (Z.B. ist die rissanfällige Legierung 6013 im PVR-Versuch besser, als die sehr risssichere Legierung AlMg4,5Mn.)

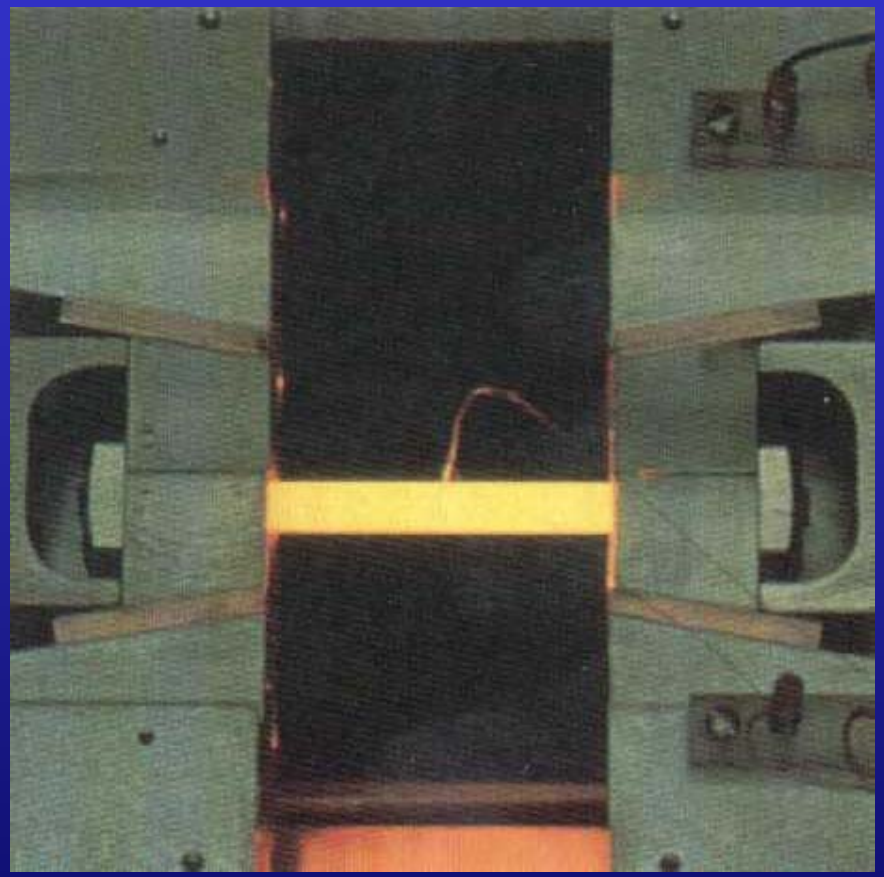
FEM-Modell der Proben mit Rissinitiierung



FEM-Modelle zur Berechnung von:

- **Temperaturen,**
- **Spannungen,**
- **Verschiebungen,**
- **Verformungen,**
- **Heißrisskriterien.**

Anwendungen der Gleeble-System im Forschungsvorhaben



- Warmzugversuch (Spannungs-Dehnungs-Kurven für FEM-Simulation)
- Wärmeausdehnungskoeffizient
- Wärmeleitfähigkeit bei der bekannten spezifischen Wärme
- Temperaturintervall der Sprödigkeit TIS bzw. BTR (möglich)

Vor- und Nachteile des PVR-Versuches und des MIS-1-Versuches

	PVR-Versuch		MIS-1-Versuch	
Probenzahl	1 bis 3	+	bis 10	-
Heißrisstypen	alle	+	nur für Mittenrisse in der Schweißnaht	-
Vergleich der Grundwerkstoffe (GW)	sehr gut	+	sehr gut	+
Vergleich der Kombinationen: Grundwerkstoff (GW) + Schweißzusatz (SZ)	erschwert, wenn SZ besser als GW*	+/-	sehr gut	+
Vergleich der Kombinationen: GW1+GW2+SZ	erschwert	-	sehr gut	+

*** Erfahrung aus PVR-Versuchen an der Al-Cu-Legierung bei Einsatz verschiedener SZ**

Projektbegleitenden Ausschuss (PBA) – nicht aktuell !

Herr Palm, EADS Deutschland GmbH, München

Herr Schwankhart, INOCON Technologie GmbH, Attnag-Puchheim

Herr Dr. Grov, Druckguß GMBH, Gerstungen

Herr Ziche , Bombardier Transportation GmbH, Henningsdorf
(ehemals: Daimler Chrysler Adtranz Carbodies GmbH)

Herr Dr. Rippl, KUKA Schweissanlagen GmbH, Augsburg,

Herr Baumgart, Drahtwerk Elisenthal

Herr Lamberty, Aljo

entfällt Herr Hofmann, Voest-Alpine Mechantronics GmbH, Linz

entfällt Herr Schröder, BMW AG Dingolfing