

FESTSCHRIFT

80 Jahre Schweißtechnik
in Chemnitz

Ausbildung und Forschung

Die Entwicklung der Schweißverfahren war bereits am Anfang des 20. Jahrhunderts mit zielgerichteter schweißtechnischer Lehre und Forschung verbunden. In diese Zeit fällt auch der Beginn der schweißtechnischen Ausbildung an der Chemnitzer Staatlichen Gewerbeakademie. 1922 wird an dieser Einrichtung eines der ersten schweißtechnischen Laboratorien Deutschlands gegründet. Damit war der Grundstein für das heutige Institut für Fertigungstechnik/Schweißtechnik an der Technischen Universität Chemnitz unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus-Jürgen Matthes gelegt. Neben der Ausbildung von Ingenieur-

ren, Fachlehrern und Wissenschaftlern wird auch seit 1922 intensiv die Forschung auf dem Gebiet der Schweißtechnik betrieben. Zahlreiche Patente, Fachbücher, wissenschaftliche Aufsätze und Vorträge, die auch bis in diese Zeit zurückreichen, belegen, dass die Entwicklung der Schweißtechnik auch durch diese Einrichtung geprägt wurde. Das Institut für Fertigungstechnik/Schweißtechnik der TU Chemnitz ist heute ein anerkanntes Lehr- und Forschungsinstitut in Deutschland. Integriert in den Deutschen Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e.V. sowie dessen Forschungsvereinigung leis-

tet das Institut unverändert einen Beitrag zur stetigen Weiterentwicklung der modernen Schweißtechnik. Stellvertretend soll die Entwicklung des Hybridverfahrens Plasma-MIG-Schweißen genannt werden, an dem die Chemnitzer Einrichtung maßgeblich noch heute beteiligt ist. In dem Sinne, dass die 80-jährige schweißtechnische Tradition der TU Chemnitz fortgeführt wird, wünsche ich allen Mitarbeitern des Institutes für Fertigungstechnik/Schweißtechnik für die zukünftige Lehr- und Forschungsarbeit weiterhin viel Erfolg.



Prof. Dr.-Ing. D. von Hofe
Direktor und Hauptgeschäftsführer
DVS – Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e.V.

von Hofe

80 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz

Ausbildung und Forschung

Einleitung

Betrachtet man aus heutiger Sicht die 80-jährige Entwicklung der Schweißtechnik in Chemnitz, so muss man mit Respekt feststellen, dass trotz der in diesem Zeitraum erfolgten verschiedenen gesellschaftlichen Umwälzungen und den damit verbundenen Problemen kontinuierlich und im Prinzip ununterbrochen Ausbildung und Forschung auf schweißtechnischem Gebiet sehr aktiv betrieben wurden. Das ist letztlich dem Engagement der jeweiligen Leiter und Mitarbeiter dieser Einrichtung zu verdanken. Den Grundstein legte Professor Paul Schimpke, der 1909 die Stellung eines Lehrers an der Königlichen Gewerbeakademie Chemnitz antrat, 1920 zum Professor für Maschinentechnik, Technologie und Wasserwerksbau berufen wurde und von 1926 bis 1945 der Direktor der nun in Staatliche Gewerbeakademie umbenannten Einrichtung war. Schimpke

gründete 1922 in Chemnitz eines der ersten schweißtechnischen Laboratorien in Deutschland, und sein Wirken prägte die Ausbildung und Forschung auf diesem Gebiet an dieser Einrichtung und auch deutschlandweit. Das zeigt sich z. B. darin, dass Schimpke, neben zahlreichen schweißtechnischen Aktivitäten außerhalb der Akademie, auch stellvertretender Vorsitzender des Deutschen Gesamtverbandes für Schweißtechnik und Acetylen war. Seine Forschungstätigkeit ist auch an der Vielzahl von Veröffentlichungen, Lehrbüchern und Patenten zu ermesen. Unter den erschwerten personellen und ausrüstungsseitigen Bedingungen in der Nachkriegszeit wurde 1947 an der Chemnitzer Einrichtung der Lehrbetrieb, einschließlich einer schweißtechnischen Ausbildung, wieder aufgenommen. In den 50er Jahren wurde dann auch die Forschung intensiviert. In den For-

schungsschwerpunkten waren neben den Schweißtechnologien auch Löt-, Kleb- und mechanische Verbindungstechnologien integriert. Neben technologischen und konstruktiven Forschungsschwerpunkten wurde auch schon die Montagetechnik einbezogen. In dieser Zeit ist insbesondere das Engagement der Professoren Nebel, H. Neumann und Hagedorn zu erwähnen.

Mit der Gründung der Abteilung Schweißtechnik am Institut für Technologie des Maschinenbaues an der Hochschule für Maschinenbau in Karl-Marx-Stadt (heute Chemnitz) wurden Ausbildungs- und Forschungsstrukturen geprägt, die bis in die heutige Zeit des Institutes reichen. Prof. Alexis Neumann leitete diese schweißtechnische Einrichtung mehr als 30 Jahre bis zu seinem Ruhestand 1986. Sein Wirken und das Wirken seiner Mitarbeiter auf dem Gebiet

80 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz

Ausbildung und Forschung

der Schweißtechnik prägten in dieser Zeit nicht nur die schweißtechnische Ausbildung und Entwicklung an dieser Einrichtung, sondern auch die Entwicklung der Schweißtechnik in der damaligen DDR entscheidend mit. Zahlreiche Patente und weltweite Veröffentlichungen sowie Fachbücher, die in dieser Zeit zu Standardwerken in der Schweißtechnik zählten und kontinuierlich in Neuauflagen aktualisiert wurden, spiegeln die Forschungsergebnisse und Ausbildungsarbeiten an dieser Einrichtung wider. Ab 1986 leitete Prof. Klaus Wittke den Wissenschaftsbereich Fügetechnik und Montage an der Technischen Universität. Unter seiner Leitung wurden insbesondere die Gebiete Löttechnik und Kombinierte Fügeverbindungen wissenschaftlich profiliert. 1992 erfolgte meine Berufung auf die Professur Schweißtechnik, heute einge-

bunden in das Institut für Fertigungstechnik/Schweißtechnik der Fakultät für Maschinenbau und Verfahrenstechnik der Technischen Universität Chemnitz. Obwohl viele Grundlagen sowohl der Ausbildung als auch der Forschung auf dem Gebiet der Schweißtechnik auch heute noch Bestand haben, hat sich die Schweißtechnik in diesen 80 Jahren doch grundlegend verändert. Heute ist beispielsweise eine sehr große Vielfalt von Schweißtechnologien technisch beherrschbar, und neben der Schweißtechnik haben sich auch zahlreiche und zum Teil neue nichtthermische Füge-technologien etabliert. Fast alle heute industriell angewandten Schweißtechnologien erfordern die moderne Steuerungs- und Regeltechnik. Auf dem Forschungssektor ist die numerische Simulation nicht mehr wegzudenken, mit der es unter anderem möglich ist,

aufwändige Schweißversuche durch realitätsnahe Simulationen mit zum Teil praxisrelevanten Ergebnissen zu ersetzen. Der Rückblick zeigt, dass das Schweißen seit seinen Anfängen ein fügetechnisches Fertigungsverfahren ist, welches durchgehend die Metall verarbeitende Industrie prägte, heute noch prägt und auch in Zukunft prägen wird. Ich bedanke mich bei allen Mitarbeitern dieser Einrichtung, die eine solche Entwicklung ermöglicht haben, und hoffe auch zukünftig, dass diese Einrichtung in Chemnitz einen Beitrag für die schweißtechnische Ausbildung und Forschung leisten wird.



Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus-Jürgen Matthes
Direktor des Institutes für Fertigungstechnik/Schweißtechnik
Prorektor für Forschung
Technische Universität Chemnitz

Klaus-Jürgen Matthes

80 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz

Ausbildung und Forschung

Der Beginn

Am Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde es durch die Entwicklung elektrischer und autogener Schweißverfahren notwendig, die theoretischen, werkstofflichen und konstruktiven Besonderheiten der Anwendung dieser neuen Schweißverfahren zu untersuchen, fachkundige Ingenieure, Meister und Arbeiter auszubilden und die Möglichkeiten des Schweißens in Fachkreisen populär zu machen. 1898 hatte sich der Kalziumkarbid- und Azetylenverein mit dem Deutschen Verein für Azetylen und Karbid zum Deutschen Azetylenverein (DAV)

geschlossen. Aus diesem gingen im Jahre 1908 der Ausschuss für autogene Schweißung und 1909 der Verband für autogene Metallbearbeitung (VAM)

hervor, der als Vorgängerorganisation des Deutschen Verbandes für Schweißen und verwandte Verfahren gilt und die schweißtechnische Forschung und Ausbildung maßgeblich mitbestimmte.

In Chemnitz konstituierte sich im Frühjahr 1922 die vierte Ortsgruppe des VAM in Deutschland unter dem Vorsitz von Prof. Schimpke, der seit 1909 auch Lehrer an der Königlichen und später Staatlichen Gewerbeakademie war. Mit dieser Akademie, die sich aus der 1836 begründeten Gewerbeschule heraus entwickelt hatte, existierte in Chemnitz eine renommierte technische Bildungsanstalt mit besten Voraussetzungen für die Lehre und Forschung in der Schweißtechnik.

Auf Beschluss des industriellen Beirates der Staatlichen Gewerbeakademie vom



Schweißlaboratorium in der Akademie (um 1925)

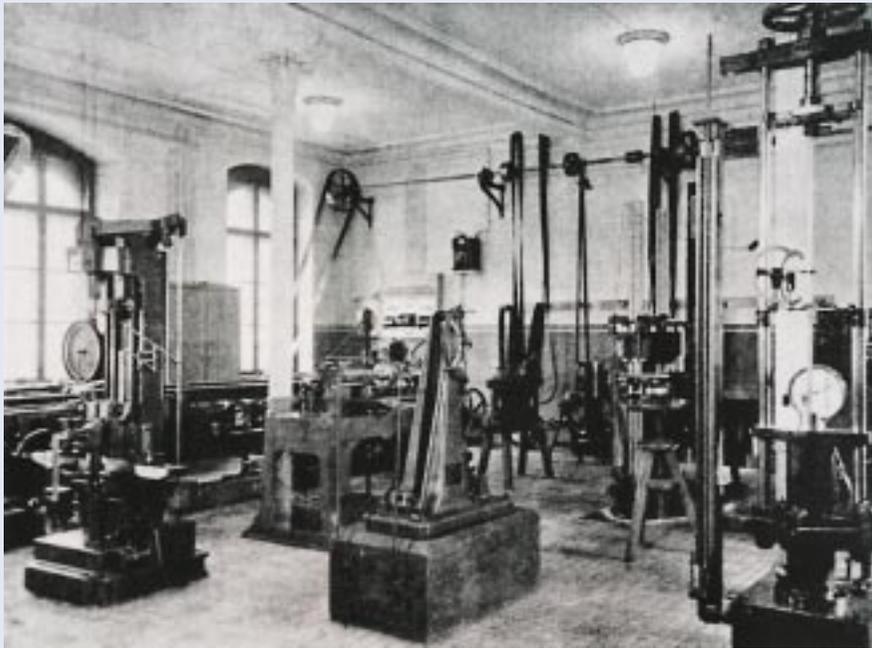
26. 10. 1922 wurden Lehrkurse für autogenes Schweißen organisiert, durchgeführt von der Ortsgruppe Chemnitz des VAM und geleitet wiederum von Prof. Schimpke. Gleichzeitig wurde in der Akademie ein Schweißlabor für autogenes Gasschweißen eingerichtet. Die Geräte sowie Rohmaterialien stellte die Ortsgruppe Chemnitz des VAM kostenlos zur Verfügung. Dieses Schweißlaboratorium an der Gewerbeakademie ist eine der ersten schweißtechnischen Forschungs- und Ausbildungseinrichtungen im damaligen Deutschen Reich.



Außenansicht der Staatlichen Akademie für Technik Chemnitz (um 1925)

80 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz

Ausbildung und Forschung



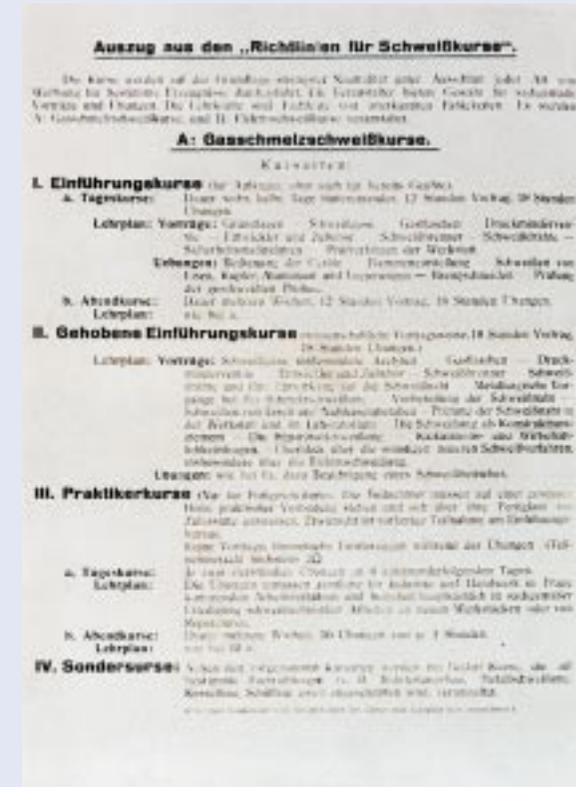
Materialprüfanstalt (um 1928)

In den Akademieabteilungen A „Maschineningenieure“ und D „Elektroingenieure“ wurden im Rahmen des Pflichtfaches „Mechanische Technologie“ die Stoffgebiete des Lötens, des Schweißens und des autogenen Schneidens in der Ausbildung der Studenten behandelt.

An der Schweißausbildung beteiligt waren neben Prof. Schimpke, Lehrer für Maschinentechnik, Technologie und

Wasserwerksbau, die Professoren Brauer (Starkstromtechnik), Bürgel (Technologie), Opitz (Mathematik und Vermessungslehre), Schröder (Maschinentechnik) und Schüppel (Technologie). Die schweißtechnische Ausbildung erfolgte am Technologischen Institut der Akademie, an dem bis 1945 u. a. die Herren Baurat Dr. Schropp, Prof. Loos und Pönisch angestellt waren.

Seit November 1923 fanden an der Akademie vierteljährlich Kurse für das Autogen- und Elektroschweißen statt. Zunächst waren es einheitliche Kurse für Ingenieure, Meister und Schweißer. Später erfolgte eine Trennung in einen theoretischen und einen praktisch orientierten Teil. Im Mittelpunkt der theoretischen Ausbildung standen neben der Berechnung von Schweißverbindungen die Merkmale und Besonderheiten der autogenen und elektrischen Schweißverfahren, Grundbegriffe und Gesetze der Elektrotechnik, das Widerstands- und Lichtbogenschweißen sowie die Schweißeinrichtungen selbst. Es wurden Grund-, Einführungs-, gehobene Einführungs-, Praktiker- und Sonderkurse angeboten. Während der Weltwirtschaftskrise ermöglichte die Umschulung zu Schweißern z. B. auch neue berufliche Perspektiven für beschäftigungslos gewordene Arbeiter.



Kursangebote zum Gasschmelzschweißen (um 1928)

80 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz

Ausbildung und Forschung

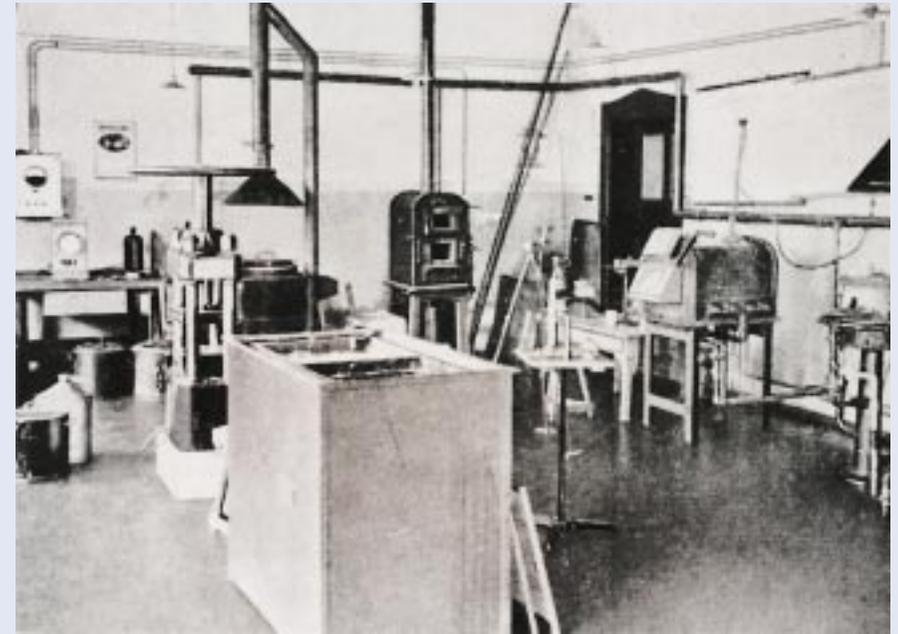
Der Beginn



Schweißpass von 1929

Außerhalb der Akademie fanden sogenannte Auswärtskurse statt, durchgeführt von der Ortsgruppe Chemnitz des Vereins für autogene Metallbearbeitung. Bis 1936 wurden insgesamt 63 Lehrgänge für Autogenschweißer mit rund 2300 Teilnehmern und 24 Lehrgänge für Elektroschweißer mit rund 700 Teilnehmern abgehalten. Spezielle Kurse dienten der Lehrerweiterbildung. So nahmen im April 1927 20 Lehrer sächsischer Gewerbeschulen am „Lehrgang zur Einführung in die Schweißtechnik“ teil. Die praktische Ausbildung konzentrierte sich zunächst auf das Schweißen von Stahlblechen. Später wurde das Ausbildungsangebot erweitert auf das Schweißen von Gusseisen und Temperguss und auf das Autogenschweißen von Aluminium, Kupfer und Messing. Auch das autogene Schneiden wurde in die Ausbildung einbezogen.

Ergänzend zu den Schweißkursen entwickelte die Staatliche Gewerbeakademie seit 1928 auch ein „Technisches Vor-



Härterei-Labor (um 1925)

lesungswesen“, das neben Studenten der Akademie auch Ingenieuren und Arbeitern zur Weiterbildung offen stand. Neben der Ausbildung von Schweißfachleuten wurde bis 1945 schwerpunktmäßig schweißtechnische Forschung auf folgenden Gebieten betrieben:

- Mechanisch-technologische Kennwerte von Schweißverbindungen
- Korrosion an Schweißverbindungen

- Wärmebehandlung von Werkstoffen
- Berechnung und Konstruktion von Schweißverbindungen
- Einsatz von Hochdruckazetylen und gelöstem Azetylen beim autogenen Schweißen
- Optimierung der Apparatechnik (z. B. Widerstandsschweißmaschinen, Autogen-Schneidmaschinen)
- Schweißen von Monelmetall

80 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz

Ausbildung und Forschung

Neben der Ausbildung und Forschung galt der Propagierung der Schweißtechnik in der Öffentlichkeit ein primäres Interesse. Das zeigt z. B. die Teilnahme der Professoren Bock und Schimpke als Referenten der vielbeachteten „Betriebs-technischen Ausstellung“ der Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure sowie des VDI im Jahre 1924 in Chemnitz.

Chemnitz Schweißfachleute trugen in einem nicht unwesentlichen Maße zur Schaffung einer fundierten schweißtech-

nischen Ausbildung, die 1927 zur Anerkennung des Schweißerhandwerks als Facharbeiterberuf im Deutschen Reich führte, sowie zur Verbreitung schweißtechnischen Fachwissens in Lehre und gewerblicher Praxis bei.

Die Werkstoffsubstitution rückte insbesondere während des Nationalsozialismus in den Brennpunkt der angewandten Forschung. An der Staatlichen Akademie für Technik wurde seit 1937 am Schweißen von Zink und Zinklegierungen mit der Zielstellung des Ersatzes von

Messing, Aluminium und Zinnbasisloten gearbeitet.

Das Interesse richtete sich auch auf die Verbesserung des Wirkungsgrades von Schweißanlagen. Hervorzuheben sind die Forschungsarbeiten einer Arbeitsgruppe unter Leitung von Professor Brauer zur Thematik „Theoretische und experimentelle Untersuchungen zwecks Verbesserung des Wirkungsgrades von Wechselstromtransformatoren für die elektrische Lichtbogenschweißung“.

Betriebs-technische Ausstellung
 * * **Ausstellung** * *
 vom 27. März bis 9. April 1924
 Gewerbeschule
 (Stadtag Schillerstraße).

Im Rahmen der Ausstellung werden folgende

Vorträge
 gehalten:

Montag, d. 31. März	Dr. Ing. Fehon, Dresden: Wirtschaftliche Ausgestaltung der Vorkalotten im Maschinenbau
Dienstag, d. 1. April	Prof. Dr. Ing. Bock, Chemnitz: Die Bedeutung der Wechselschaltung für Erzeugung von Lichtstrom und wirtschaftliche Vorrichtung
Mittwoch, d. 2. April	Übersing, Hartmann, Berlin: Metallische elektrische Transportfahrzeuge in Fahrleitstrichen (mit Filmen)
Donnerstag, d. 3. April	Prof. Dr. Schimpke, Chemnitz: Heutiger Stand der Schweißverfahren
Freitag, d. 4. April	Obering, Brandt, Berlin: Photo, Film und Instrumente
Samstag, d. 5. April	Prof. Dr. Kerpel, Charlottenburg: Leistungsbestimmung als Betriebskenngröße
Montag, d. 7. April	Obering, Tramm, Berlin: Menschenkenntnis und Menschenbehandlung
Dienstag, d. 8. April	Obering, Pottak (A. Z. G.), Berlin: Elektrischer Antrieb von Werkzeugmaschinen

Änderungen vorbehalten.

Städtische Vorträge in der Gewerbeschule (Stadtag) Schillerstraße, im elektrischen Hörsaal 100
 Beginn der Vorträge: abends 7,45 Uhr.

Eintrittspreise: Anstehende: Einbahn M. —,50, Rückbahn M. 2,—; Vorträge: Einzelticket M. —,25, alle Vorträge M. 2,—.

Kartenverkauf in der Gewerbeschule (Stadtag) Schillerstraße, Eingang Schillerstraße und im Zimmergeschäft von Richard Hey, Johannisplatz.

Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure
 (Vortragsgruppe Chemnitz) und
 Chemnitz Bezirksverein deutscher Ingenieure.

Vortragsanzeige im Rahmen der Betriebstechnischen Ausstellung 1924



Gesamtansicht der Staatlichen Akademie für Technik im Jahre 1936

80 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz

Ausbildung und Forschung

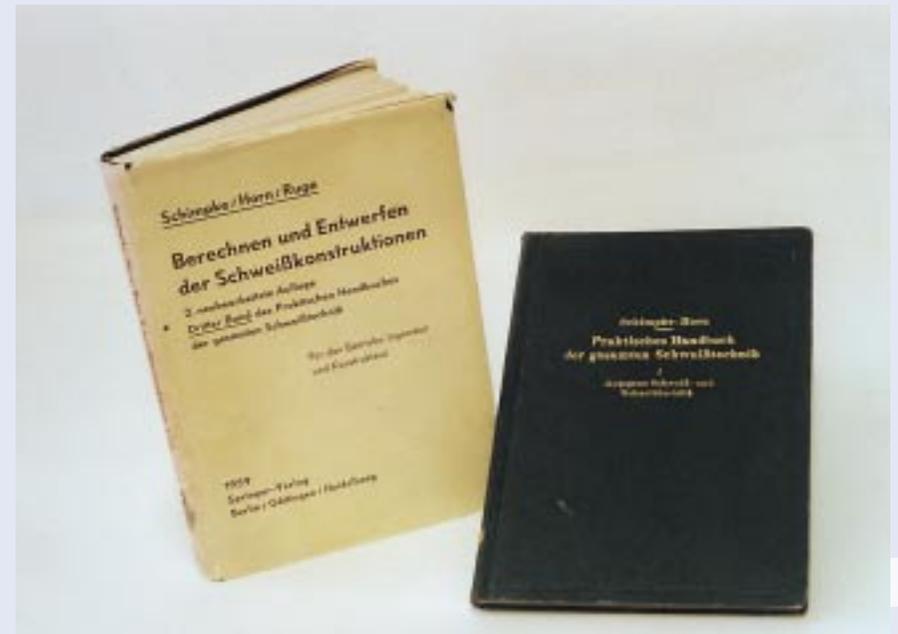
Der Beginn



Porträt Schimpkes (Ende der 20er Jahre)

Besonderen Verdienst in der schweißtechnischen Forschung und Ausbildung und am exzellenten Ruf der höheren technischen Ausbildung in Chemnitz im Zeitraum bis 1945 hatte Prof. Schimpke, was sich auch in einer Vielzahl seiner Lehrbücher ausdrückt, die in Neuauflagen immer wieder aktualisiert wurden, so unter anderem „Technologie der Maschinenbaustoffe“ und „Praktisches Handbuch der gesamten Schweißtechnik“ (3 Bände). Schimpke war seit 1922 stellvertretender Direktor der Chemnitzer Akademie und danach von 1926 bis 1945 deren Direktor. Neben dieser Funktion war Schimpke auch Vorsitzender der Ortsgruppe des VAM, von 1928 bis 1931 Vorsitzender des Verbandes für autogene Metallbearbeitung, stellvertretender Vorsitzender des Deutschen Gesamtverbandes für Schweißtechnik und Acetylen und Mitglied des Technischen Rates im sächsischen Wirtschaftsministerium. Mit dem Ausbruch des 2. Weltkrieges wurden die Bedingungen für die schweiß-

technische Forschung und Ausbildung zunehmend komplizierter. Trotzdem wurde noch am 22. 11. 1944 ein Abendkurs für autogenes und elektrisches Schweißen angekündigt. Infolge eines Luftminentreffers am 14. 2. 1945 fielen unter anderem die Heizungsanlage und die Wasserversorgung an der Akademie aus, so dass der Lehrbetrieb am 24. 2. 1945 eingestellt werden musste.



Bücherauswahl Prof. Dr. P. Schimpke

102225
80 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz
Ausbildung und Forschung

Das Ende des Krieges markierte einen tiefgreifenden Einschnitt auch für die schweißtechnische Ausbildung und Forschung in Chemnitz. Personelle und materielle Verluste sowie der allgemeine Mangel bestimmten den Alltag. Bereits am 1. 12. 1945 erteilte die Sowjetische Militäradministration die Erlaubnis zur Wiedereröffnung der Staatlichen Akademie für Technik. Nach der Wiedereröffnung am 3. 12. 1945 musste der Lehrbetrieb jedoch bereits am 6. 12. 1945 wegen noch nicht abgeschlossener Entnazifizierung abgebrochen werden.

Am 9. 4. 1947 erfolgte mit der Gründung der Technischen Lehranstalten Chemnitz ein Neuanfang. Die schweißtechnische Ausbildung und Forschung wurde mit der Wiedereinrichtung eines Schweißlaboratoriums für autogenes und Elektroschweißen fortgeführt.

In diese Nachkriegszeit fällt auch 1953 die Umbenennung der Stadt Chemnitz in

Karl-Marx-Stadt. Der Status der Bildungseinrichtung erhöhte sich 1953 mit der Gründung der Hochschule für Maschinenbau. Im folgenden Jahr entstanden an den Instituten für Technologie des Maschinenbaus unter Leitung von Prof. Nebel sowie des Instituts für Maschinenelemente unter Leitung von Prof. Hagedorn auch Einrichtungen zur Schweiß- und Fügetechnik. Seit 1956 wurden an der Hochschule Vorlesungen zur Schweißtechnik für zukünftige Konstrukteure und Technologen gehalten. Im Jahre 1959 zog das Institut für Technologie des Maschinenbaues in das neuerbaute Gebäude an der Reichenhainer Straße um, wodurch sich die Bedingungen für Forschung und Lehre deutlich verbesserten. Forschungsschwerpunkte waren:

- Verfahrenstechnik und Technologie der Schweiß-, Kleb- und Lötfertigung sowie der mechanischen Verbindungs- und Montagetechnik,

- Fertigungsablauf und Kennziffern in der Schweißtechnik und
- Festigkeit und Gestaltung von Schweißkonstruktionen bei Anwendung von Hochleistungsschweißverfahren



Universitätsgebäude an der Reichenhainer Straße (um 1960)

80 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz

Ausbildung und Forschung



Prof. Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. e. h. Alexis Neumann

Die Bedeutung der Schweißtechnik für die Ausbildung von Diplomingenieuren der Metall verarbeitenden Industrie wurde an der damaligen Hochschule für Maschinenbau erkannt. Im Jahre 1962 wurde auf Initiative des Rektors Prof. Nebel die Abteilung Schweißtechnik am Institut für Technologie des Maschinenbaues gegründet. Die Leitung dieser Abteilung übernahm Prof. A. Neumann, der gleichzeitig auf den Lehrstuhl Schweißtechnik berufen wurde. Damit wurde an einem Hochschulinstitut die Voraussetzung für eine enge Verbindung zwischen spanender Fertigung, Umformtechnik, Schweißtechnik und anderen Gebieten der Fertigungstechnik geschaf-

fen. In den folgenden Jahren wurde eine moderne Ausbildungs- und Forschungsstätte mit einem neu eingerichteten Versuchsfeld aufgebaut.

1963 wurde die Hochschule für Maschinenbau wesentlich erweitert und in Technische Hochschule umbenannt. Im Jahr 1986 erhielt sie den Status einer Technischen Universität. Es wurden neue Struktureinheiten gebildet und dabei in der Sektion Fertigungsprozess und Fertigungsmittel auch die Schweißtechnik als Lehrbereich Fügetechnik neu profiliert. Die schweißtechnische Lehre und Forschung wurde unter Leitung von Prof. Neumann in bewährter Weise fortgesetzt und erweitert. Neben dem Schweißen,

thermischen Trennen, Löten und dem Fügen von Kunststoffen wurden auch mechanische Fügeverfahren in Lehre und Forschung aufgenommen.

Da die Teilprozesse Teilefertigung und Montage innerhalb eines Fertigungsprozesses mit den dazugehörigen Verfahren in sich geschlossene Wissenschaftsgebiete bilden und man eine engere Verknüpfung erreichen wollte, wurde 1973 der Wissenschaftsbereich Fügetechnik und Montage gegründet. Neben der Fügetechnik mit dem Schwerpunkt Schweißtechnik wurde die Montage mit den Teilgebieten Montageprozess, Fertigungsmittel der Montage und montagegerechte Gestaltung neu aufgebaut.

106280
80 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz
Ausbildung und Forschung



Broschüren für die Schweißausbildung

Die akademische Ausbildung der Studenten erfolgte im Direktstudium, zunächst von 1962 bis 1968 in der Fachrichtung Technologie des Maschinenbaues, Studienrichtung Schweißtechnik. Grundlage des Studienplanes war die breite Basis der Technologenausbildung mit den darin enthaltenen technologischen und konstruktiven Fächern. Außerdem nahm die Ausbildung in den mathematischen und naturwissenschaftlichen Fächern einen breiten Raum ein. Da besonders in der

Schweißtechnik Technologie und Konstruktion untrennbar miteinander verbunden sind, wurde das im Studienplan auch berücksichtigt. Maßgeblich geprägt wurden die technologischen Fächer der Schweißtechnik von Dozent E. Richter und die Fächer der Berechnung und Gestaltung von geschweißten Konstruktionen von Dozent W. Kliemand. Während der gesamten Studienzeit hatte die praktische Ausbildung eine große Bedeutung. Neben anderen Berufsprak-

tika wurden Versuchsfeldübungen und ein 6-wöchiges Praktikum für Hochleistungsschweißverfahren durchgeführt. Im 9. Semester absolvierte jeder Student ein 6-monatiges Ingenieur-Praktikum in einem Betrieb oder in einer Forschungseinrichtung. Wegen seiner Ausbildung in der Studienrichtung Schweißtechnik erhielt jeder Absolvent neben seinem Zeugnis als Diplomingenieur auch die Anerkennung als Schweißingenieur nach den gültigen Vorschriften.

Von 1968 bis 1973 erfolgte die Ausbildung der Direktstudenten in der Fachrichtung Technologie der Metall verarbeitenden Industrie, Vertiefungsrichtung Fügetechnik. Nach dem Grundlagenstudium des Maschineningenieurwesens beinhaltete das Fachstudium Lehrveranstaltungen zur Fügetechnik (Schweißtechnik, Löttechnik, Kunststoff- und mechanische Fügetechnik), zur Gestaltung gefügter Konstruktionen, zur zerstörungsfreien Prüfung, zum Fügeprozess und zur Montage.

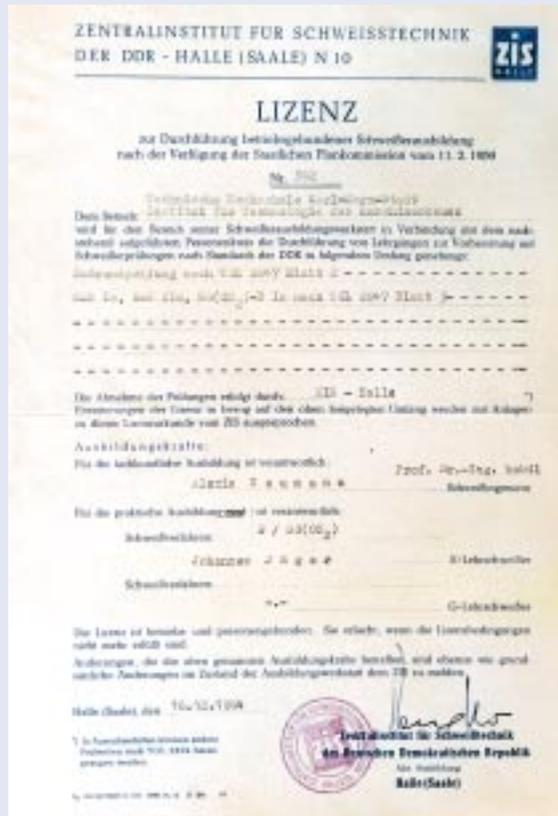


Prof. Neumann mit Lehrschweißer Jäger

80 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz

Ausbildung und Forschung

Lehre und Ausbildung



Lizenzurkunde des ZIS Halle für die schweißtechnische Ausbildung (1964)

Als Resultat der anerkannten Leistungen der Hochschullehrer und Mitarbeiter des Wissenschaftsbereiches in Forschung und Lehre wurden ab 1973 die Direktstudenten in einer eigenen Fachrichtung ausgebildet. Die Absolventen der Fachrichtung Montage und Fügetechnik waren in der Lage, Bauteile und Baugruppen sowie komplette Anlagen und Konstruktionen fügerecht zu gestalten und zu bemessen sowie Ausrüstungen der Montage- und Fügetechnik zu entwerfen und einzusetzen.

Neben der Ausbildung im Direktstudium wurden eine Reihe von schweißtechnischen Weiterbildungsveranstaltungen

durchgeführt. Im postgradualen Studium Schweißtechnik erfolgte über drei Semester die Qualifizierung von Ingenieuren und Diplomingenieuren zu Schweißingenieuren.

Im Rahmen des Weiterbildungszentrums Werkzeugmaschinen an der Sektion Fertigungsprozess und Fertigungsmittel wurden Ingenieure aus der Industrie in Seminaren in Fügetechnik bzw. Montage weitergebildet. In Zusammenarbeit

mit der Ingenieurorganisation der DDR (Kammer der Technik) wurden über 3000 Schweißkonstrukteure, Schweißtechnologien und Lehrschweißer qualifiziert.

Außerdem fanden regelmäßig Lehrgänge für Schweißer statt. Die erforderliche Ausbildungslizenz für das Elektro-Schweißen und das MAG-Schweißen wurde vom damaligen Zentralinstitut für Schweißtechnik Halle (ZIS) bereits 1964 erteilt.



Student Werner Renatus beim E-Handschweißen



Integration der Schweißtechnik in die Versuchshalle E (Reichenhainer Straße)

80 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz

Ausbildung und Forschung

Die Forschung der sechziger Jahre konzentrierte sich auf die Entwicklung und Verbesserung ausgewählter Hochleistungs- und Sonderschweißverfahren bis zu deren Einführung in die Industrie. Besonders hervorzuheben sind das UP-Schweißen mit extrem breiten Bändern und das Reibschweißen. Der Erwerb einer Reibschweißmaschine aus der damaligen Sowjetunion ermöglichte umfangreiche Untersuchungen, die maßgeblich zum Einsatz dieses Schweißverfahrens in der Metall verarbeitenden

Industrie beitrugen. Das ZIS Halle bestätigte die Einrichtung auch als Konsultationszentrum für das Reibschweißen, und der Bereich war Mitglied einer ständigen Kommission der osteuropäischen Staaten für das Reibschweißen.

Ein weiterer Forschungsschwerpunkt war das Feinschweißen von metallischen Werkstoffen mittels Elektronenstrahl-, Mikroplasma-, Ultraschall-, Perkussions- und Feinpunktschweißen. Mit einer selbst entwickelten Elektronenstrahl-Anlage und einer Mikroplasma-Anlage aus der

Schweiz wurden bahnbrechende Forschungsergebnisse im Blechdickenbereich kleiner 3 mm erzielt.

Im Ergebnis der Forschungsarbeiten auf den Gebieten der Berechnung,

Gestaltung und Zuverlässigkeit von Schweiß- und Lötverbindungen entstanden neue Berechnungsvorschriften für die Bestimmung der Dauer- und Betriebsfestigkeit sowie zum Sprödbruchsnachweis solcher Verbindungen. Erarbeitete Berechnungs- und Gestaltungsrichtlinien wurden in zahlreichen Industriebetrieben eingeführt.

Ein weiteres wichtiges Forschungsgebiet war die Entwicklung von Leichtbaukonstruktionen, gefügten Metall- und Kunststoff-Metall-Verbundkonstruktionen.



Deutschlands größtes Pendelschlagwerk zur Untersuchung des Sprödbruchverhaltens von Schweißverbindungen



Studentische Ausbildung an der Reibschweißmaschine (v. l. Dr. Furchheim, Frau Schreiter, Dr. Schober)

80 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz

Ausbildung und Forschung

Forschung in den 70er Jahren



Röntgenbild ultraschallgeschweißter Knochen (Radiusfraktur)
in der 6. postoperativen Woche

In den siebziger Jahren konnte das Forschungspotenzial auf dem Gebiet der Schweißtechnik durch eine enge Zusammenarbeit zwischen Hochschullehrern und Studenten deutlich gesteigert werden. Hervorzuheben ist das Forschungsprojekt „Rationalisierung der konstruktiven und technologischen Fertigungsvorbereitung für geschweißte Erzeugnisse“ mit dem Ziel, dem Schweißkonstrukteur, dem Schweißtechnologen und dem Praktiker Unterlagen zur Rationalisierung seiner Arbeit bereitzustellen. Es erfolgte eine algorithmische Umsetzung solcher Unterlagen bis hin zur Überführung in Rechnerprogramme. Der Verkauf von Lizenzen für spezielle Programme, z. B. zur Berechnung von Schweißparametern, bis nach Japan, zeigte auch das große internationale Interesse an den Arbeiten dieser Einrichtung. Bereits 1971 konnten auf einem IBM-Rechner techno-

logische und wirtschaftliche Parameter zu den Verfahren „Lichtbogenschmelzschweißen“ und „Thermisches Trennen“ innerhalb weniger Sekunden berechnet werden.

Auch für die Herstellung von form- und kraftschlüssigen Verbindungen wurden in enger Zusammenarbeit mit dem Werkzeugmaschinenbau der Region verschiedene Verfahrenskennblätter erarbeitet.

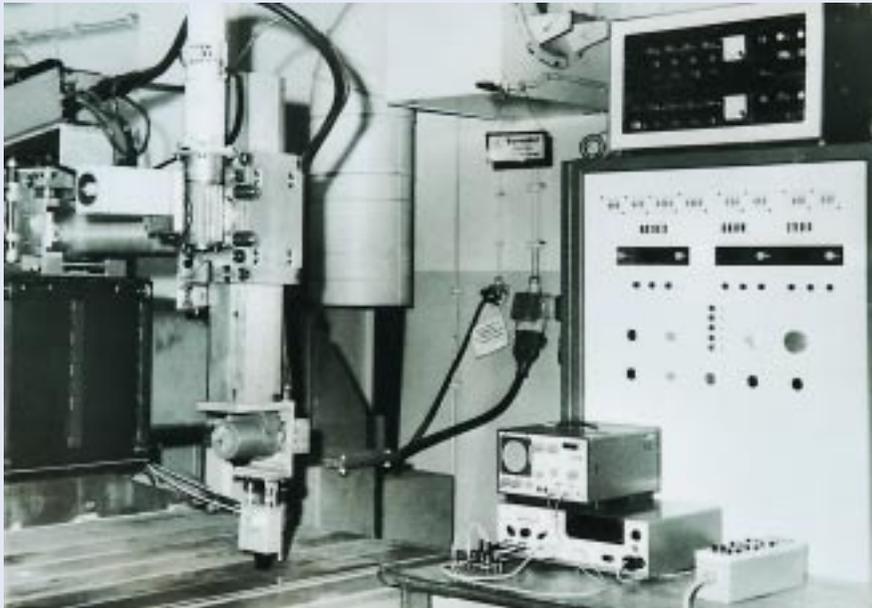
Ein Forschungsschwerpunkt war auch die Optimierung der Material- und Energiebilanz bei thermischen Fügeverfahren. Hierfür wurden insbesondere auf dem Gebiet der Löttechnik verschiedene Arbeiten durchgeführt.

Von der Presse besonders aufmerksam verfolgt wurden gemeinsame Untersuchungen mit Medizinern des Klinikums der Stadt zum Ultraschallschweißen und -trennen biologischer Gewebe in der Chirurgie.



Mikroplasma-Schweißen

80 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz
Ausbildung und Forschung



Schweißroboter mit integriertem Reflexionssensor

Prägend für die Forschung der achtziger Jahre waren die Prozessautomatisierung beim Schweißen unter Einbeziehung der Robotertechnik, die externe CAD-basierte Optimierung der Arbeitstechnik beim Schmelzschweißen, der Einsatz neuer Wirkprinzipie zur Qualitätsverbesserung kombinierter gefügter Verbindungen und konstruktive Untersuchungen zur geschweißten Werkzeugmaschine. Für die Prozessautomatisierung beim

MAG- und Reibschweißen wurden auf der Basis zahlreicher Versuche Steuerungs- und Regelungsprogramme entwickelt, die auch eine Beeinflussung der Schweißparameter in Abhängigkeit von der entstehenden Nahtqualität ermöglichen. Zur Beobachtung des Schweißprozesses im Echtzeitbetrieb musste Messtechnik geschaffen werden, die in die Entwicklung und den Bau völlig neuartiger Sensoren mündete, wie Reflexions-

sensoren zur Messung der Fugenbreite und Ultraschallsensoren zur Erfassung der Schweißnahtwurzel. Diese wurden auch sehr erfolgreich beim UP-Schweißen im Schiffbau eingesetzt. Die Entwicklungen auf dem Gebiet der Industrierobotertechnik ermöglichte den Einsatz von Schweißrobotern. Auf Basis der Forschungsarbeiten dieser Einrichtung auf dem Gebiet der Schweißtechnik konnten verschiedene industrielle Anwendungen realisiert werden.

Die Forschungsergebnisse zur Prozessautomatisierung beim Schweißen wurden international anerkannt und u. a. auch auf Kongressen des International Institute of Welding (IIW) vorgestellt. Auf konstruktivem Gebiet wurden verschiedene geschweißte Maschinenständer für Werkzeugmaschinen konstruiert und untersucht, wobei neben Stahl auch geschweißte Baugruppen aus Aluminium zum Einsatz kamen. Besonderes Augenmerk galt dem Dämpfungsverhalten.



Schweißingenieur Beyer bei der Programmierung eines Schweißroboters

Das Institut

In der Zeit der Wiedervereinigung der beiden deutschen Staaten, zu der auch die Rückbenennung der Stadt in Chemnitz erfolgte, waren die Schweißtechnik, die Fügetechnik und die Montagetechnik Bestandteile des Wissenschaftsbereiches Fügetechnik und Montage, integriert in den Fachbereich Maschinenbau II der Technischen Universität Chemnitz. Mit Inkrafttreten verschiedener Gesetze für die Sächsischen Hochschulen wurden

dann Anfang der 90er Jahre die Strukturen der Hochschulen im Freistaat Sachsen neu festgelegt. Die 1992 mit Professor Klaus-Jürgen Matthes neu berufene Professur Schweißtechnik war Bestandteil des Institutes für Fügetechnik/Schweißtechnik i. G. (IFS) in der Fakultät für Maschinenbau und Verfahrenstechnik. 1999 gründeten Prof. Dürr (Professur Fertigungslehre) und Prof. Matthes (Professur Schweißtechnik) das Institut für Fertigungstechnik/Schweißtechnik (IFS). In der Lehre war das IFS mit seinen Hauptfächern Fertigungsprozessgestaltung und Schweißtechnik in der Fachrichtung „Produktionstechnik und Werkzeugmaschinen“ eingebunden. Im Hauptfach Schweißtechnik waren z. B. die Fächer Schweißkonstruktion, Schweißfertigung, Metallschweißtechnik, Werkstoffe und Schweißen, Angewandte Lasertechnik und Beschichtungstechnik

enthalten. Das IFS war auch in fakultätsübergreifenden Studiengängen, z. B. in Wirtschaftsingenieurwissenschaften, Angewandte Informatik und Masterstudiengängen involviert. Die Professur Schweißtechnik hat sich unmittelbar nach der Wiedervereinigung in die Forschungslandschaft Deutschlands integriert. Zahlreiche Forschungsverträge wurden mit verschiedenen Institutionen sowie Landes- und Bundesministerien realisiert. Traditionell wurde auch die intensive Zusammenarbeit mit der Industrie fortgeführt. Es erfolgte eine Erweiterung auf Unternehmen der Altbundesländer und vereinzelt auch des Auslandes, während sich die Zusammenarbeit mit regionalen Unternehmen wegen der wirtschaftlichen Verhältnisse, der marktwirtschaftlichen Umstrukturierung und der Neuorientierung schwierig gestaltete.



Mitarbeiter der Professur Schweißtechnik (2001)

80 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz

Ausbildung und Forschung



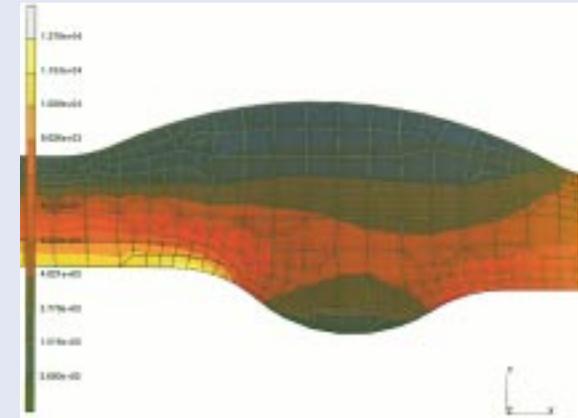
Schweißtechnisches Handbuch für Konstrukteure von Prof. A. Neumann

Die Lehre und Forschung in der Schweißkonstruktion ist ein Schwerpunkt, der das Wirken dieser Einrichtung durchgehend prägte. Repräsentativ dafür ist das von Prof. Neumann herausgegebene 4-bändige „Schweißtechnische Handbuch für Konstrukteure“, das auch umfangreiches schweißtechnisches Wissen der Chemnitzer Einrichtung enthält. Dieses Handbuch wurde in den 90er Jahren unter den Gesichtspunkten der nun gülti-

gen Regelwerke, Vorschriften und Richtlinien neu aufgelegt und fand eine unverändert breite Anerkennung der Fachwelt und Anwendung in der Praxis. Forschungsaktivitäten erfolgten insbesondere bezüglich der Steifigkeit, Dämpfung und Schwingfestigkeit von Schweißkon-

struktionen. So wurden beispielsweise Untersuchungen zum Einfluss von Schweißimperfectionen auf das Schwingfestigkeitsverhalten schmelzgeschweißter Aluminium-Dünnblechverbindungen durchgeführt. Verschiedene Industrieprojekte befassten sich auch unmittelbar mit der konstruktiven Gestaltung und Bemessung von unterschiedlich beanspruchten Schweißkonstruktionen, wobei z. B. die Crash-

beanspruchung zunehmend an Bedeutung gewann. Eng verbunden mit der Schweißkonstruktion wurden auch nach 1990 am IFS die 1967 begonnenen Arbeiten zum Reibschweißen fortgeführt. Neben verschiedenen Forschungsaktivitäten wurde der erworbene Kenntnisstand zu diesem Gebiet in dem Buch „Reibschweißen von Metallen – Konstruktion, Technologie und Qualitätssicherung“ der Fachbuchreihe Schweißtechnik (Band 107) veröffentlicht und in die EN- und ISO-Normungsarbeit Reibschweißen (DIN EN ISO 15620, 2000 erschienen) eingebracht.



Einfluss von Schweißimperfectionen auf die Spannungsverteilung und somit Schwingfestigkeit von Aluminiumdünnblechverbindungen



Reibgeschweißte Al-Cu-Verbindung nach dem Biegeversuch

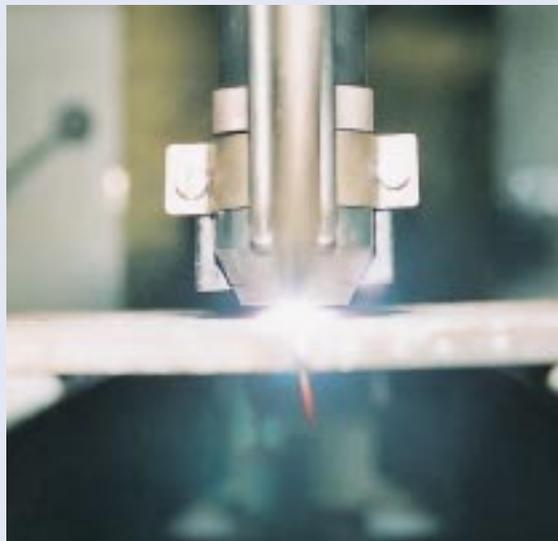
80 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz

Ausbildung und Forschung

Fachgebiet Lichtbogentechnik/Automatisierung



PC-Maske für das „Schweißen per Mausklick“



Plasmaschweißen von Duplexstahl

Am IFS standen auf dem Gebiet der Lichtbogentechnik insbesondere die Mechanisierung und Automatisierung von

Schweißprozessen und Untersuchungen zur Schweißseignung unterschiedlicher Konstruktionswerkstoffe im Mittelpunkt. So wurden beispielsweise Untersuchungen zum mechanisierten WIG-Schweißen mit und ohne Zusatzwerkstoff sowie zum Plasmaschweißen von verschiedenen Werkstoffen, z. B. CrNi-Stählen (Duplexstählen) und Nickelbasis-Legierungen, durchgeführt.

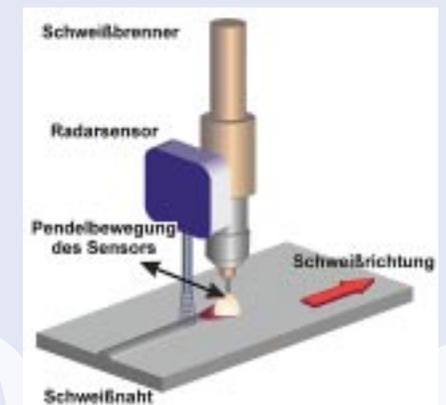
Forschungsergebnisse wurden unter anderem zum WIG-Auftragschweißen (Heißdrahttechnik) und Plasmaschwei-

ßen (Mehrlagentechnik) unmittelbar industriell umgesetzt.

Sinkende Preise für Robotersysteme ermöglichten, dass solche Systeme für das Schweißen auch in klein- und mittelständischen Unternehmen zunehmend eingesetzt werden. Die dafür erforderliche Sensorik für das Schweißen wurde am IFS weiterentwickelt, z. B. auf dem Gebiet der Thermosensorik für die Schweißleistungsregelung beim Aluminiumschweißen. Erstmals setzte das IFS auch die Radarsensorik als Messsystem, unabhängig von der Lichtbogenemission, für das Schweißen ein.

Auf dem Gebiet der Steuerungs- und Regelungstechnik wurden anwendungsspezifische Lösungen entwickelt, von komplex strukturierten Roboterprogram-

men bis hin zu ganzheitlichen Prozessablaufsteuerungen. Mittels PC-basierter Systeme wurde ein „Schweißen per Mausklick“ möglich. Mit Hilfe dieser Methode wurden zum Beispiel eine Ablaufsteuerung für Hybrid-Prozesse und eine patentierte mobile Schweißanlage für das großflächige Auftragschweißen im Kraftwerksbau realisiert.



Radarsensor

80 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz

Ausbildung und Forschung

In den 90er Jahren wurde Aluminium verstärkt als Konstruktionswerkstoff eingesetzt. Konventionelle Schutzgas-schweißverfahren entsprachen weder den Qualitäts- noch den Wirtschaftlichkeitsanforderungen. Am IFS wurden in dieser Zeit verstärkt Untersuchungen durchgeführt, Hochleistungs- oder Hybrid-schweißverfahren für das Aluminium-schweißen industriell umzusetzen.

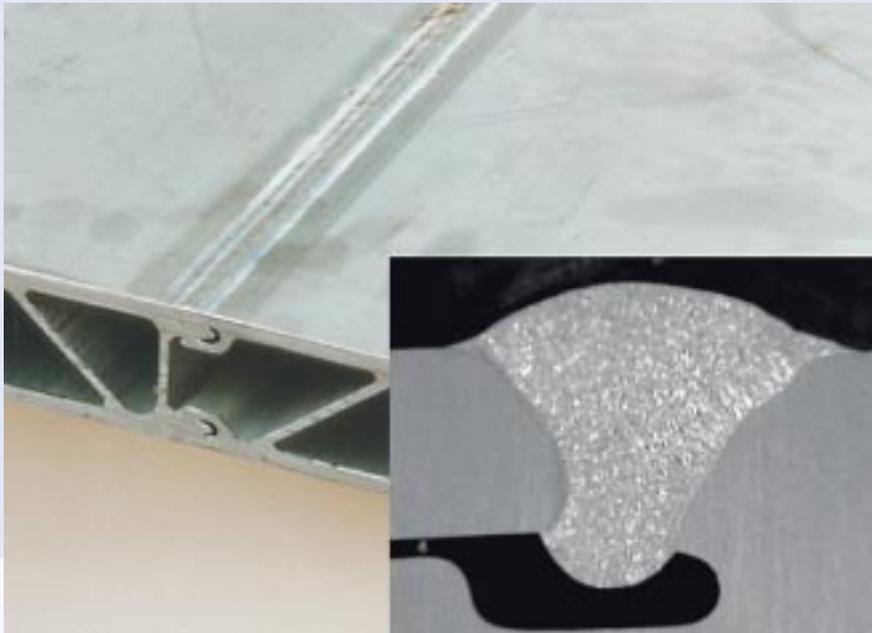
Neben Untersuchungen zum Laser- und Plasmaschweißen von Aluminium erfolgte am IFS insbesondere die Entwicklung eines Hybridschweißverfahrens, das Plasma-MIG-Schweißen. Zwar wurde schon in den 70er Jahren eine solche Verfahrensvariante erprobt, aber noch nicht ausgereifte Gerätetechnik verhinderte eine industrielle Umsetzung. Dementsprechend waren die Schwer-

punkte der Entwicklungsarbeiten am IFS die Entwicklung eines neuen Plasma-MIG-Schweißbrenners, die Definition von Anforderungen an die Stromquellentechnik und die Entwicklung einer Prozess-ablaufsteuerung. Im Ergebnis dieser Arbeiten konnten ein Prototyp einer Plasma-MIG-Schweißanlage realisiert und zahlreiche systematische Untersuchungen zu deren Anwendungspotenzial durchgeführt werden.

Wegen der hohen realisierbaren Schweißgeschwindigkeiten bei hoher Nahtqualität und geringem erforderlichen Nahtvorbereitungsaufwand erwies sich diese Technologie gerade im Bereich des Aluminiumschweißens gegenüber konventionellen Schweißverfahren als überlegen. Die Entwicklungen am IFS erfolgten in enger Zusammenarbeit mit der Industrie. Das IFS ist auch in einer neu gegründeten Arbeitsgruppe „Plasma-MIG-Schweißen“ im Rahmen der Technischen Ausschüsse des DVS integriert.



Plasma-MIG-Lichtbogen



Plasma-MIG-Schweißnaht



Plasma-MIG-Schweißbrenner

Fachgebiet Strahltechnologien

Die Lasertechnik hat sich in den vorangegangenen Jahrzehnten zu einem unverzichtbaren und universellen Werkzeug der modernen Produktion entwickelt und ist auch auf dem Gebiet der Fügetechnik nicht mehr wegzudenken.

Mit dem Ziel einer kurzfristigen Überführung von Erkenntnissen aus Forschung

und Entwicklung auf dem Gebiet der Lasertechnologien in die Industrie hat das IFS eine Basis für einen fachgebietsübergreifenden Dialog zur Weiterentwicklung lasertechnischer Kompetenzen entwickelt.

Die Schwerpunkte der Forschung auf den Gebieten der Strahlbearbeitung lagen am IFS besonders in den Bereichen der Untersuchungen zur Schweißeignung, den Verfahrensvergleichen mit konventionellen Fügeverfahren und der Verifizierung von Hybridverfahren.

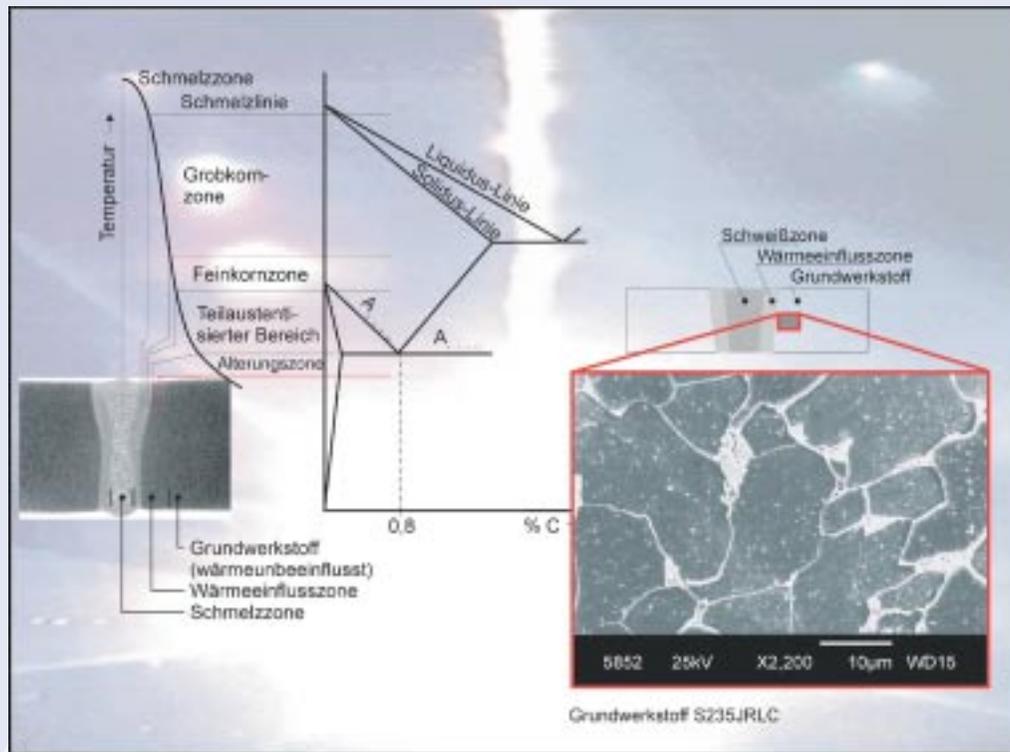
So konnten beispielsweise neue Erkenntnisse zu Erstarrungs- und Phasenbildungsmorphologien beim Laserschweißen von Hochleistungswerkstoffen gewonnen werden. In diesem Zusammenhang wurden z. B. die Möglichkeiten der Werkstoffbeeinflussung durch den Einsatz neuartiger Zusatzwerkstoffe untersucht.

Auch durch die kontinuierliche Arbeit des IFS als Partner im Netzwerk der Laser-Erprobungs- und Beratungszentren sowie



Anwendung des Laserschneidens für den künstlerischen Bereich

seiner Mitgliedschaft in der Wissenschaftlichen Gesellschaft Lasertechnik e.V. (WLT) konnten sehr unterschiedliche Laserapplikationen in der Industrie realisiert werden. Insbesondere Firmen der klein- und mittelständischen Metall verarbeitenden Industrie der Wirtschaftsregion Sachsen wurden kompetent beraten und unterstützt.



Alterungsneigung laserstrahlgeschweißter Verbindungen

80 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz

Ausbildung und Forschung

Fachgebiet Formgebendes Auftragschweißen/Numerische Simulation

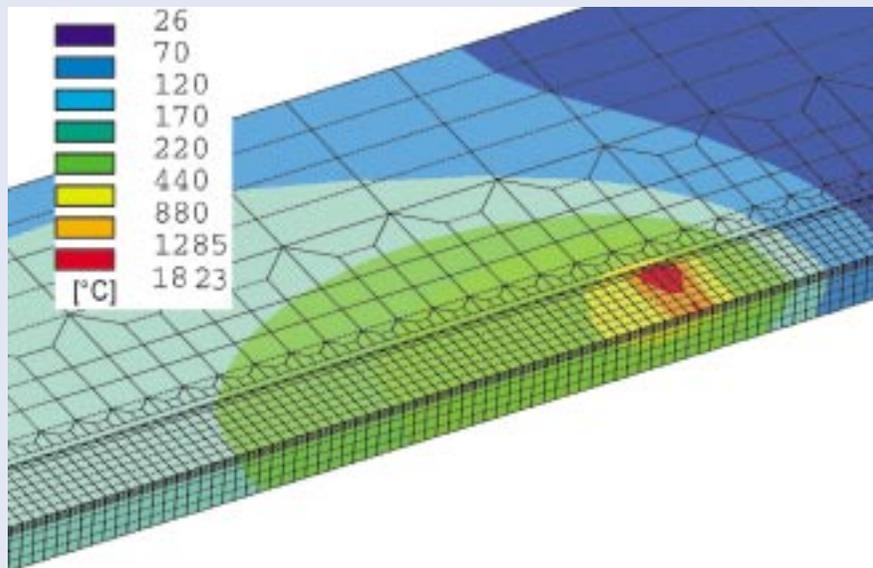
Der Bedarf an Bauteilen mit verschiedenartigsten Eigenschaftsprofilen wächst ständig. Da die Möglichkeit der Herstellung massiver Bauteile aus unterschiedlichen Materialien mit konventionellen Fertigungsmethoden nur begrenzt möglich bzw. sinnvoll ist, bietet das formgebende Plasma-Pulver-Auftragschweißen für die Herstellung solcher

Bauteile eine sinnvolle Alternative. Am IFS wurden in den 90er Jahren verstärkt Forschungsarbeiten zum endkonturnahen formgebenden Plasma-Pulver-Auftragschweißen durchgeführt, wobei auch die Eigenschaften durch den Einsatz unterschiedlicher Auftragwerkstoffe, z. B. Kupfer und Nickel-, Kobalt- und Eisenbasislegierungen,

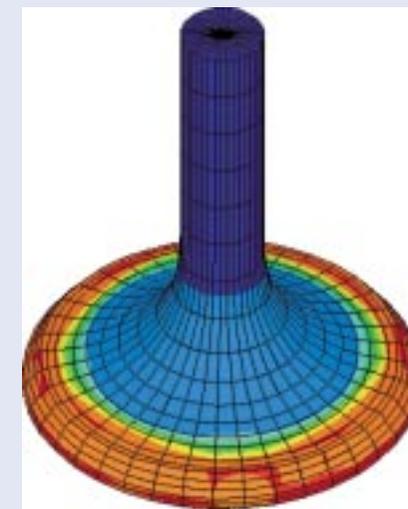
an einem Bauteil variiert wurden. Ein weiterer Forschungsschwerpunkt war die Problematik des Verzuges und der verbleibenden Eigenspannungen der Bauteile, bedingt durch die erstarrten großvolumigen Schmelzbäder. Es wurden verschiedene Methoden untersucht, um die Technologien bezüglich der Minimierung des Verzuges und der Eigenspannungen zu optimieren. Durch die numerische Simulation mittels der Finiten-Elemente-Methode (FEM) konnte der notwendige Versuchsaufwand durch die am IFS entwickelten Berechnungsmodelle verringert werden. Mit ihrer Hilfe ist eine Voraussage der Art und Größe des zu erwartenden Verzuges und der Eigenspannungen der Bauteile möglich. Forschungsergebnisse wurden teilweise unmittelbar in die Industrie sowohl für die Neufertigung als auch für die Regenerierung von Bauteilen umgesetzt.



Formgebend auftraggeschweißter Stempel für das Bohrungsdrücken



Berechnete Temperaturverteilung bei der FE-Simulation eines Schweißprozesses

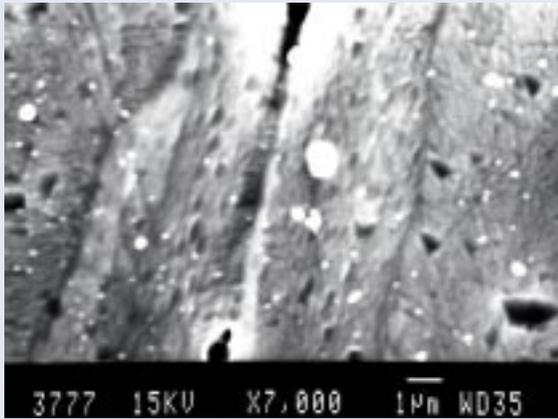


Numerische Simulation der durch das Schweißen entstehenden Eigenspannungen im Werkstück

80 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz

Ausbildung und Forschung

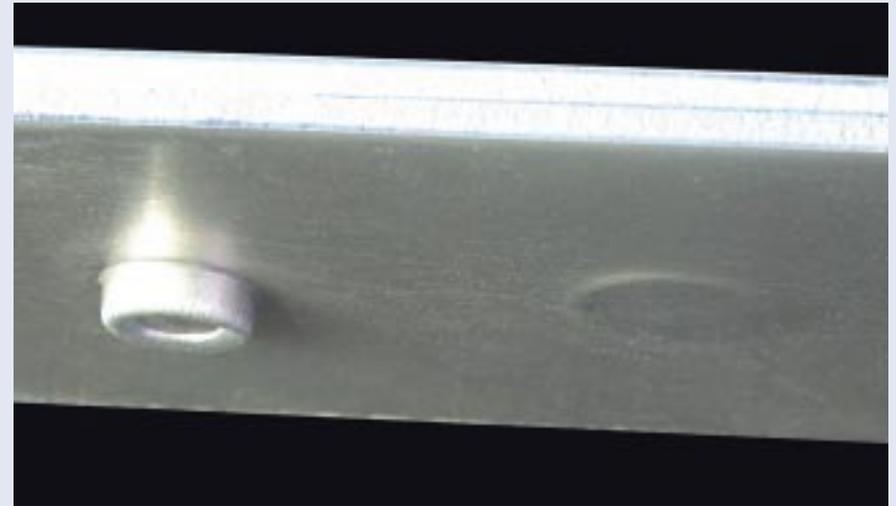
Fachgebiet Mechanische Fügetechnik



Fügezone einer hochfesten Clinch-Kaltpressschweiß-Verbindung

Der Trend zur Entwicklung neuer Produktkonzepte, zur Verarbeitung neuer Werkstoffe und zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit der Fertigung spiegelt sich auch in der Dünoblech verarbeitenden Industrie wider, die z. B. auch solche Forderungen an die Fügetechnik stellt, die mit konventionellen Fügeverfahren, darunter auch Schweißverfahren, nicht mehr erfüllt werden können. Das führte in den 90er Jahren dazu, dass alternative neue Fügetechniken, z. B. Clinchen und Stanznieten, mit einer Reihe von Vorteilen gegenüber konventionellen Fügetechniken zunehmend Anwendung fanden.

Am IFS wurden verschiedene Forschungsarbeiten durchgeführt, die für solche relativ neuen Technologien den Kenntnisstand erweiterten und die Eigenschaften der Verbindungen optimierten. So wurden beispielsweise die Eigenschaften und die Mechanismen einer Eigenschaftsänderung von thermisch beanspruchten Clinch- und Nietverbindungen



Vergleich einer konventionellen Clinchverbindung (links) mit einer einstufig mechanisch gefügten Flachpunkt-Verbindung (rechts)



Werkzeugentwicklung für die Verfahrensentwicklung zum Fügen mittels Flachpunkt

untersucht. Weiterhin konnten die mechanischen Eigenschaften von Clinchverbindungen z. B. durch die Kombination mit Stoffschlussverbindungen (Löt- und Kaltpressschweißverbindungen) verbessert werden. Am Ende der 90er Jahre wurde auch eine völlig neue Verbindung entwickelt, die mechanisch einstufig hergestellt wird und einseitig völlig eben ist, die sogenannte IFS-Flachpunkt-Verbindung. Das IFS konnte einige Entwicklungen

auch zum Patent anmelden und bringt den erworbenen Wissensstand durch eine aktive Mitarbeit in Gremien des Deutschen Verbandes für Schweißen und verwandte Verfahren e.V. (DVS) und der Europäischen Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e.V. (EFB) ein.

80 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz

Ausbildung und Forschung



Gelöteter Ventilkorb für Großdieselmotoren

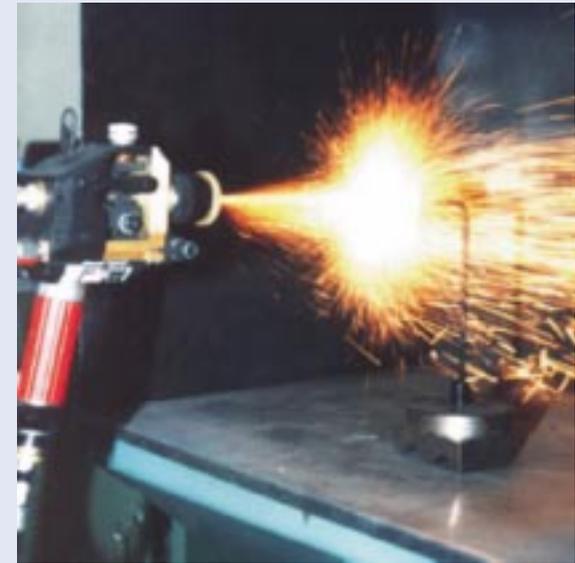
Auf Grund seiner Vorteile bietet das Löten als stoffschlüssiges Fügeverfahren unverändert ein großes industrielles Anwendungspotenzial. Die Forschungsaktivitäten am IFS auf dem Gebiet der Löttechnik wurden traditionell auch in den 90er Jahren fortgesetzt. Neben grundlagenorientierten Untersuchungen (z. B. Untersuchungen zum Löten von Sinter-

werkstoffen, Keramiken und anderen porösen Werkstoffen) beinhalteten zahlreiche Projekte mit einer Reihe von Unternehmen eine direkte anwendungsorientierte Forschung mit verschiedenen Zielen, wie der Werkstoffsubstitution und der Technologieoptimierung, unter anderem auch durch Kopplung des Lötens mit anderen Fertigungsschritten, z. B. dem Wärmebehandeln. Die Forschungsergebnisse werden noch heute

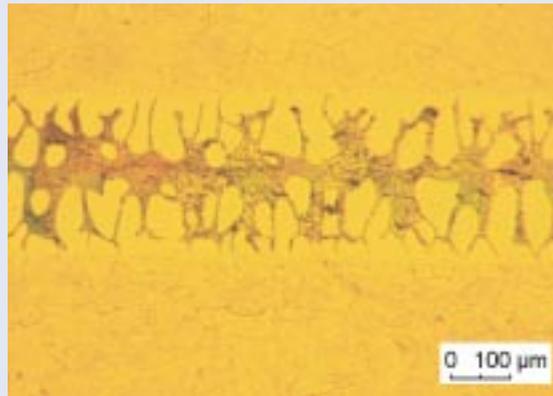
für die Fertigung einer breiten Produktpalette im Maschinen- und Anlagenbau genutzt.

Durch die Neustrukturierung der Universität in den 90er Jahren wurde das Fachgebiet „Thermisches Spritzen“ in das IFS inte-

griert. Mit den Verfahren Lichtbogenspritzen, Hochgeschwindigkeits-, Draht- und Pulver-Flammspritzen wurden verschiedene Forschungsprojekte realisiert, unter anderem erfolgten Untersuchungen zum Einfluss der Schichtdicke auf die Festigkeit thermisch beschichteter vergüteter Stähle und zum Schichtverhalten thermisch gespritzter Aluminiumbauteile.



Hochgeschwindigkeitsflammspritzen



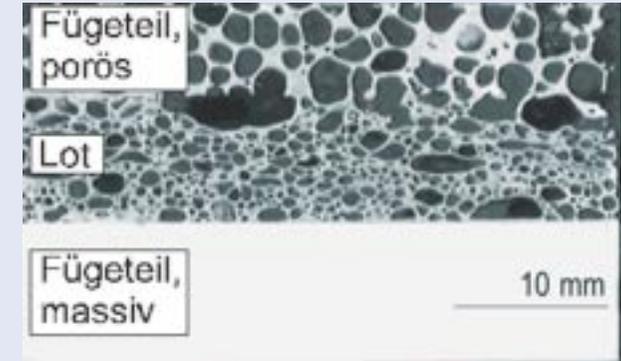
Aluminiumlötverbindung (Schutzgasinduktionslötung)

Neue Impulse für den Stoffleichtbau ergeben sich durch die Nutzung metallischer Schäume. Diese dreidimensional strukturierten, hochporösen metallischen Werkstoffe besitzen ein einzigartiges Eigenschaftsprofil. Hervorzuheben sind die reduzierte Dichte bei vergleichsweise hoher Steifigkeit sowie ein ausgezeichnetes Vermögen, mechanische Energie zu absorbieren und Schwingungen zu dämpfen.

Einen für die praktische Anwendung dieser Werkstoffe unverzichtbaren Aspekt stellt auch das Fügen dar. Im Mittelpunkt

der Untersuchungen am IFS standen hierbei das Löten mit konventionellen und expandierenden Loten sowie Untersuchungen zur Beschreibung der Zellstrukturen.

Ein Forschungsschwerpunkt war das Löten von Aluminiumschäumen mit artähnlichen Loten. Es wurden flächige Verbindungen hergestellt, die teilweise die Festigkeit des Grundwerkstoffes übertreffen und ein

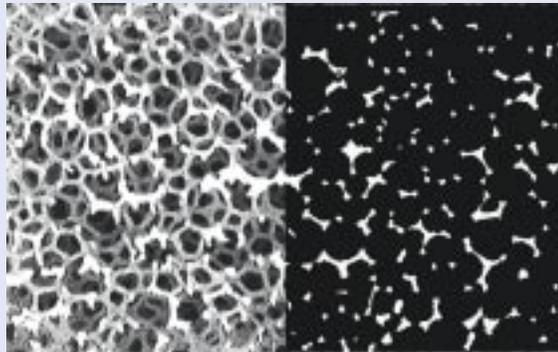


Aluminiumlötverbindung von Metallschaum und Massivteil

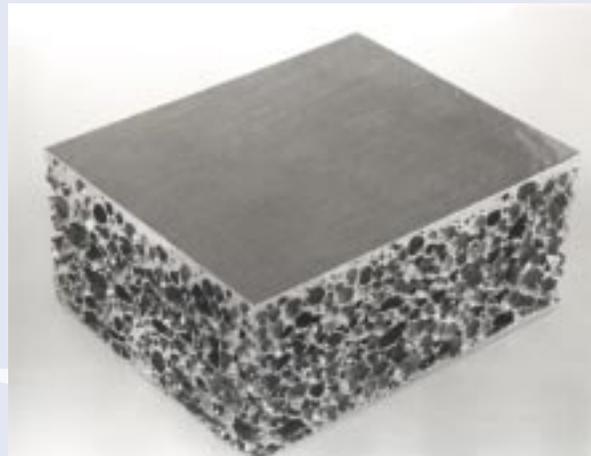
problemloses Recycling ermöglichen. Beim Fügen von massiven mit geschäumten Werkstoffen bestand am IFS ein Forschungsschwerpunkt in der Verminderung des

Eigenschaftssprunges an der Grenze vom massiven zum zell-

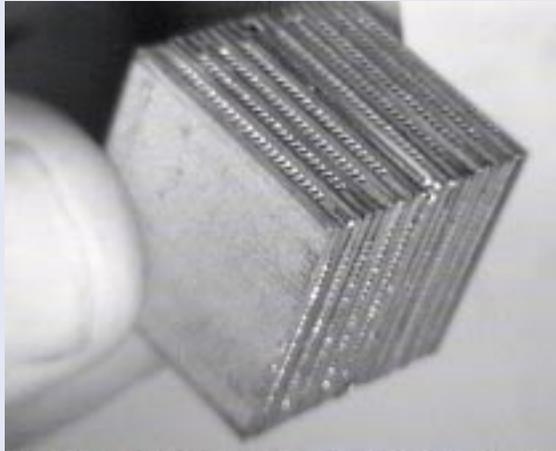
laren Werkstoff. Das konnte durch die Anwendung von porösen treibmittelhaltigen Aluminium-Silizium-Loten erreicht werden. Für die Ermittlung und Beschreibung wichtiger Strukturmerkmale der Metallschäume als poröse Werkstoffe wurde am IFS ein optisches Analyseverfahren entwickelt, welches die Zellstruktur im Querschnitt beschreibt und letztlich eine Aussage zu den Eigenschaften im gesamten Volumen ermöglicht.



Graustufenanalysebild für die Dichtebestimmung von Metallschäumen



Geschlossenporiger Aluminiumschaum



Laser- und diffusionsgeschweißter Mikroreaktorblock

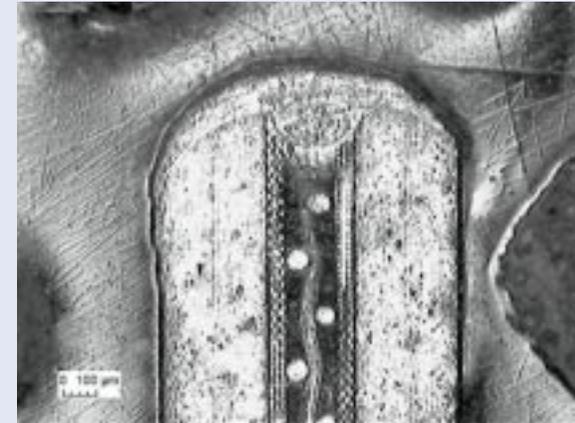
Miniaturisierung, erhöhte Integration und Präzision prägen zunehmend den Bereich der Forschung und Entwicklung der Fertigungstechnik, so auch in der Fügetechnik.

Beim Mikrofügen beeinflussen Oberflächenrauheit, Kornstruktur, Werkstoffinhomogenitäten, Eigenspannungen und Bauteiltoleranzen in besonderem Maße die Charakteristik der Fügeverbindung, so dass eine Prüfung, Klassifizierung und Bewertung der Verbindungs-

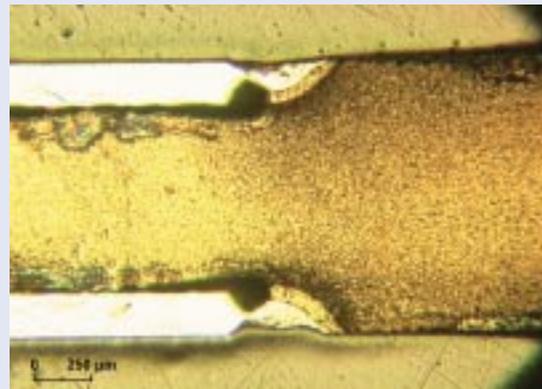
eigenschaften unter Einbeziehung dieser besonderen Randbedingungen vorgenommen werden muss. Seit der Gründung einer eigenständigen Abteilung des IFS in Jahre 1998 erfolgte bei den Untersuchungen auf dem Gebiet der Mikrofügetechnik eine Fokussierung auf konstruk-

tive und technologische Fragen. Es wurden die Einsatzspezifiken und -grenzen der Fügeprozesse z. B. im Hinblick auf Prozesssicherheit, Integrationsfähigkeit in eine Prozesskette und Prüfbarkeit der Verbindungen ermittelt und letztlich Untersuchungen durchgeführt, diese Prozesse zu optimieren. In verschiedenen grundlagen- und praxisorientierten

Forschungsprojekten wurden z. B. Untersuchungen zum Mikroschweißen von Metallfolien im Parallelstoß durchgeführt. Weiterhin wurden die fügetechnologischen Grundlagen für die Herstellung von Mikrokühlern und laserunterstützte Verarbeitungsmethoden zur Herstellung neuartiger, mikrostrukturierter Edelstahlfiltersysteme entwickelt. Im Ergebnis dieser Forschungstätigkeit wurde am IFS ein Prototyp eines Mikroreaktors in direkter Zusammenarbeit mit der Industrie realisiert.



Verschweißtes Filtersystem mit perforierter Metallfolie, Stützgewebe und Filtervlies



Laserschweißnaht an einem Mikrorohr

Die Struktur des Institutes für Fertigungstechnik/Schweißtechnik (IFS) der Fakultät Maschinenbau und Verfahrenstechnik der Technischen Universität Chemnitz hat sich seit den 90er Jahren weitestgehend erhalten. In der Professur Schweißtechnik sind heute ca. 40 Mitarbeiter beschäftigt.

Seit den 90er Jahren ist das IFS in verschiedenen Studiengängen und Studienrichtungen des Grund- und Hauptstudi-

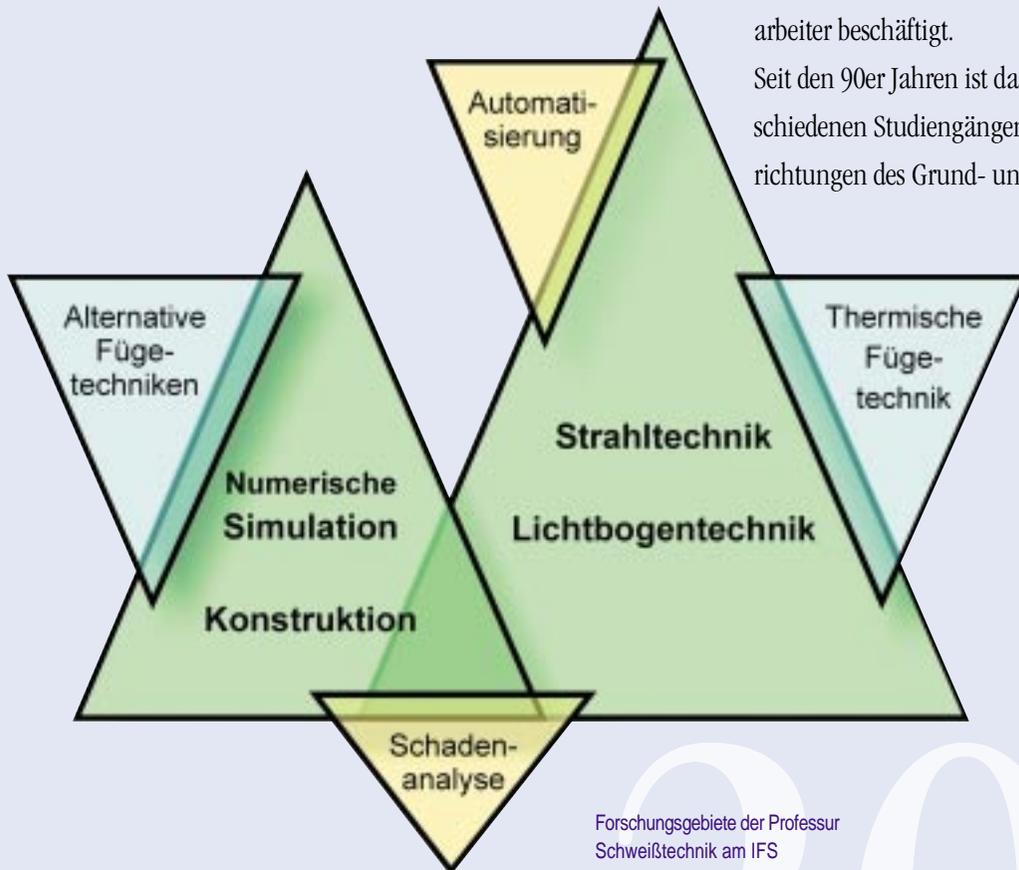
ums integriert. Das IFS ist direkt dem Studiengang Maschinenbau/Produktionstechnik der Fakultät für Maschinenbau und Verfahrenstechnik der Studienrichtung „Fertigungs- und Montagetechnik“ zugeordnet. Im Kernfach Schweißkonstruktion und Montagetechnik erhalten die Studenten eine fertigungstechnische und konstruktive Ausbildung. Lehrveranstaltungen werden unter anderem zu folgenden Fächern angeboten:

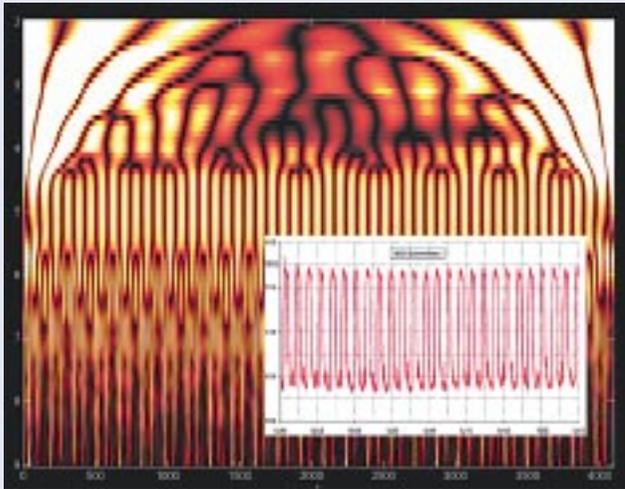
- Schweißkonstruktion und Montagetechnik
- Gestaltung und Berechnung von geschweißten Verbindungen
- Simulation und Modellierung von Schweißprozessen
- Werkstoffe und Schweißen
- Strahltechnische Fertigungsverfahren
- Laserschweißen und Laserschneiden
- Laser/Plasma/Vakuumtechnik
- Verbindungs- und Montagetechniken
- Montage/Robotik
- Stahlbau

Unverändert aktiv ist die Professur Schweißtechnik auch auf dem Gebiet der Forschung und belegt innerhalb der Fakultät einen vorderen Platz bei den für die Universität eingeworbenen Drittmitteln. Das ist unter anderem auch darauf zurückzuführen, dass das IFS heute fest in die deutsche Forschungslandschaft integriert ist. Zukünftig sollen die Forschungsaktivitäten aber auch verstärkt auf eine Zusammenarbeit innerhalb der Europäischen Union ausgerichtet werden.

Ein großes Forschungspotenzial der Professur Schweißtechnik bildet auch die direkte und enge Zusammenarbeit mit einer Reihe von Industrieunternehmen, wobei die regionalen Partner deutlich zunehmen.

Entsprechend dem heutigen Forschungsprofil der Professur Schweißtechnik werden nachfolgend einige Beispiele beschrieben, die zeigen, dass die Schweißtechnik an der TU Chemnitz traditionell vorhandenes Know-how bewahrt und durch neue Arbeiten erweitert.





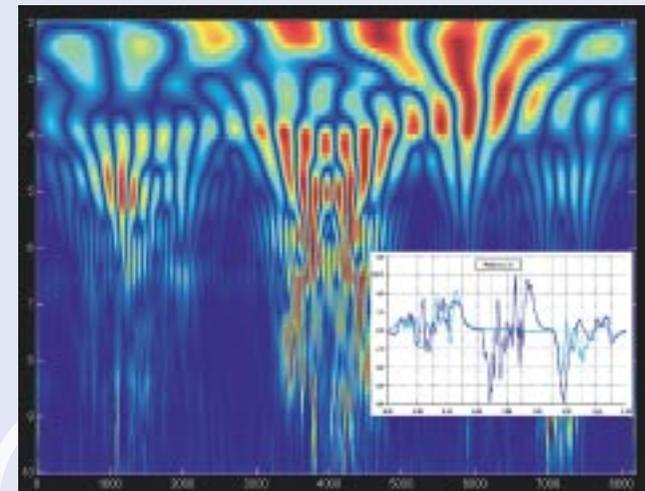
Wavelet-Auswertung des Impulsstroms beim Schweißen

Aktuelle Untersuchungen am IFS auf dem Gebiet der Schutzgasschweißtechnik beschäftigen sich mit Problemstellungen rund um das Fügen von Leichtmetall- und Sonderwerkstoffen. Beispielsweise werden heute am IFS Untersuchungen zum Pulsen des Schutzgasstromes durchgeführt, das die Porenbildung vermindern und die Nahtoberfläche verbessern soll. Beim Schweißen von hochlegierten Werkstoffen soll z. B. erstmals der Einsatz der MSG-Tandemtechnik in Verbindung mit einer Fülldrahtelektrode erprobt

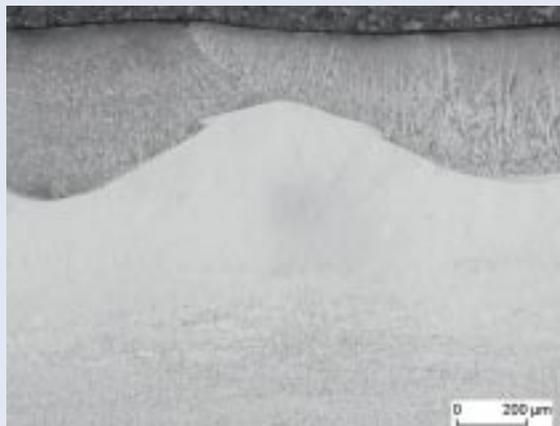
Sonderwerkstoffen untersucht werden. Durch den zunehmenden Automatisierungsgrad der schweißtechnischen Fertigung gewinnt die Analyse des laufenden Schweißprozesses an Bedeutung. Ein Schwerpunkt zukünftiger Arbeiten am IFS wird deshalb die Implementierung von Mess- und Sensorsystemen in den Schweißprozess sein. Bereits bewährte Messmittel, z. B. High-Speed-Kameras und Transientenrecorder, werden zunehmend mit modernen mathematischen Auswertemethoden ergänzt. Am IFS

werden. Nachdem die Plasma-MIG-Technologie erfolgreich für das Schweißen von Aluminiumwerkstoffen eingesetzt wurde, soll zukünftig der vorteilhafte Einsatz dieser Technologie auch für das Schweißen von Stahl- und

werden dabei erstmals sogenannte Wavelets zur Signalauswertung von schweißtechnischen Prozessen eingesetzt, die beispielsweise eine berührungslose Bestimmung der Drahtvorschubgeschwindigkeit ermöglichen. Ein weiterer Forschungskomplex wird die Charakterisierung von Lichtbogenzuständen sein. Neben theoretischen und durch numerische Simulationen unterstützten Betrachtungen wird ein Schwerpunkt die experimentelle Lichtbogenanalytik sein.



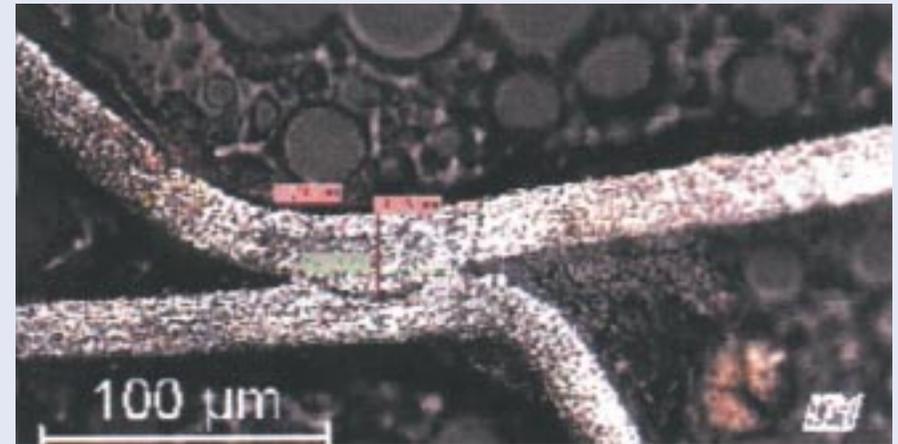
Wavelet-Auswertung eines Radarsensorsignals beim Schweißen



Dispergierte (TiB₂) Titanoberfläche (TiAl6V4)

Am IFS haben Strahlverfahren eine unverändert breite Anwendung. Der Laser wird beispielsweise für Fügeaufgaben in sehr unterschiedlichen Größenbereichen bis hin zum Mikrofügen genutzt.

Neben dem Fügen ist ein Forschungsgebiet des IFS auch die Herstellung von Oberflächenfunktionsschichten mittels Strahlverfahren. So erfordert beispielsweise der steigende Einsatz von Titanlegierungen in verschiedenen Bereichen verschleißbeständigere Oberflächen dieser Legierungen. Am IFS werden Untersuchungen zum Umschmelzen und Legie-



„Kleinste Schweißnaht“ (Nahtdicke: 18 µm)

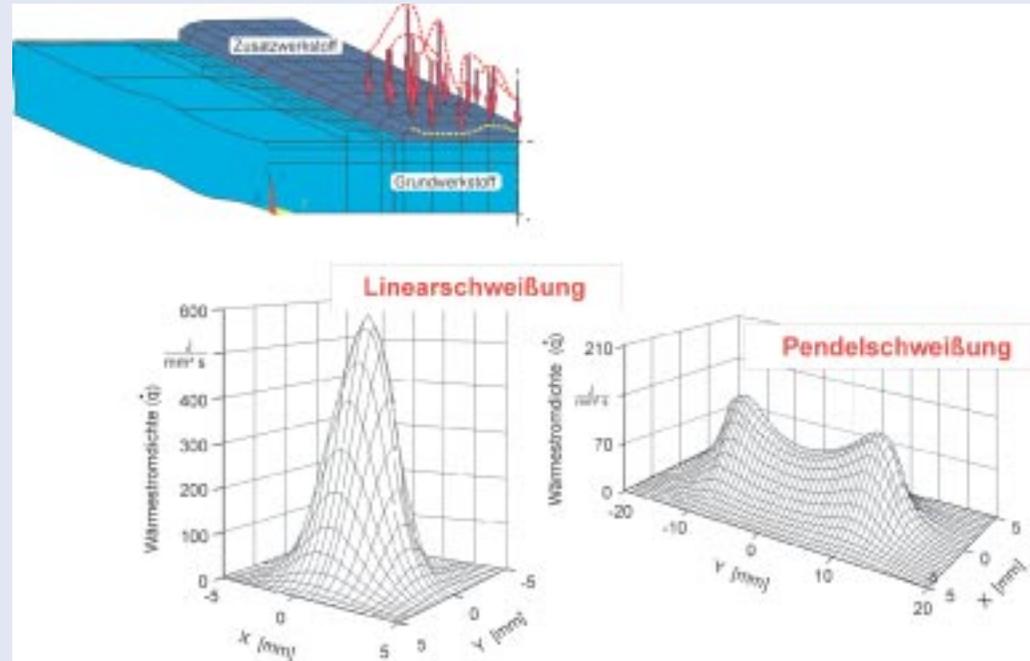
ren solcher Oberflächen mittels Laser durchgeführt. Mittels boridverstärkter Schichten soll es möglich sein, hochverschleißfeste, zähe und korrosionsbeständige Titanoberflächen herzustellen.

Neben dem Erzeugen arteigener Boride (TiB, TiB₂) sollen auch artfremde Boride (z. B. ZrB₂, CrB₂, WB) in die Schmelze eingebracht werden.

Auf dem Gebiet der Mikrofügetechnik sind die Forschungsaufgaben unverändert auf die applikationsspezifische Anlagen- und Technologieentwicklung fokussiert. Für das Fügen haben neben

konventionellen Schmelzschweiß- und Schmelzlötprozessen auch Diffusionsprozesse eine zunehmende Bedeutung. Auch auf dem Gebiet der Mikrofügetechnik ist die numerische Simulation bei der Lösung verschiedener Teilaufgaben nicht mehr wegzudenken.

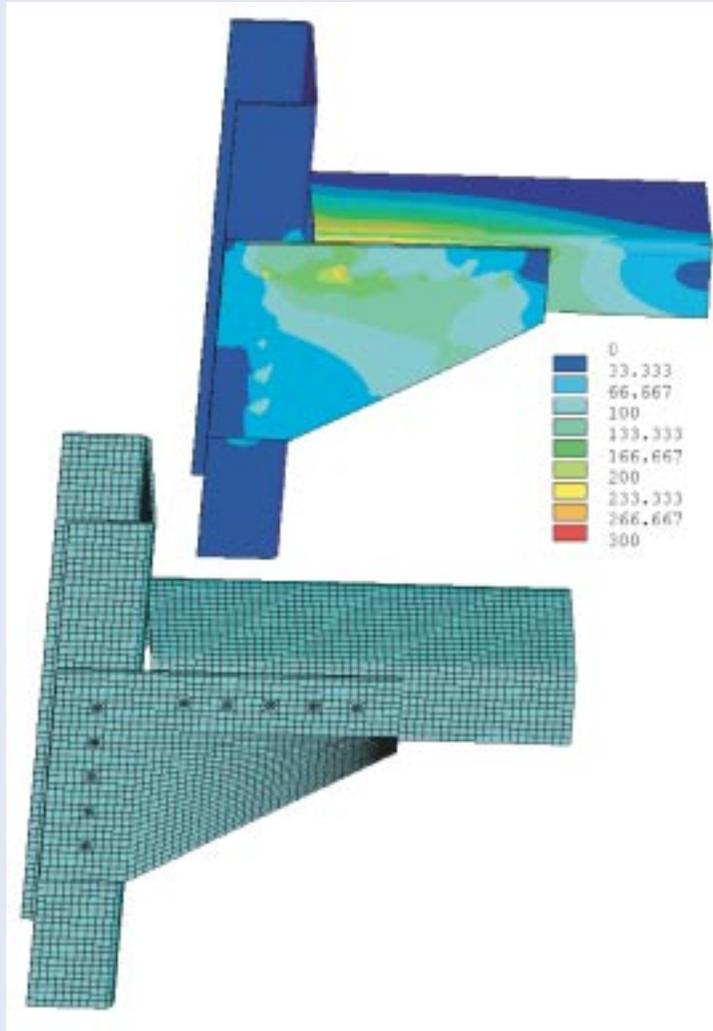
Ein neues Forschungsgebiet eröffnet sich für die Mikrofügetechnik auch durch die verstärkten Aktivitäten auf dem Gebiet der Adaptronik, wofür am IFS erste Untersuchungen durchgeführt werden.



Modellierung der Wärmequelle für Linear- und Pendelschweißungen beim Auftragschweißen

Die numerische Simulation ist heute in zahlreichen Entwicklungs- und Forschungsbereichen ein fester Bestandteil für die Lösung anstehender Aufgaben. Am IFS besteht ein Forschungsschwerpunkt darin, das Verformungs- und Eigenspannungsverhalten beim Verbindungs- und Auftragschweißen numerisch zu berechnen. Insbesondere für großvolumige Auftragschweißungen können die Verformungen und Eigenspannungen allein durch praktische Untersuchungen nur unzureichend optimiert werden. Mit dieser Thematik ist das IFS auch in dem DFG-Sonderforschungsbereich 283 „Prozessketten der Massivumformung unter den Aspekten der Produktivität und Umweltverträglichkeit“ eingebunden. Es sollen Untersuchungen zur kontrollierten Beeinflussung der Schmelzbadgeometrie durch Änderung der Schweißparameter bei formgebend

geschweißten Konturen durchgeführt werden, wobei eine FEM-Simulation der Strömungsverhältnisse im Schmelzbadbereich erfolgt. Schwerpunkte bei diesen Arbeiten sind die Modellierung der Wärmequelle und die Kopplung der instationären thermischen Prozesse mit der elastisch-plastischen Verformungs- und Spannungsanalyse unter Einschluss der Phasenkinetik der Metalle. Die Ergebnisse sollen in verschiedenen industriellen Bereichen umgesetzt werden. Beispiele sind die Herstellung von Querwalz- und Bohrungsdruckwerkzeugen für die Massivumformung durch Auftragschweißen, die Optimierung des HF-Schweißprozesses für die Herstellung von Rohren für IHU-Prozesse und das Auftragschweißen für die Fertigung verzugs- und eigenspannungsarmer langer technischer Messer.



FEM-Modell und Spannungsverteilung in einem punktförmig gefügten Bauteil

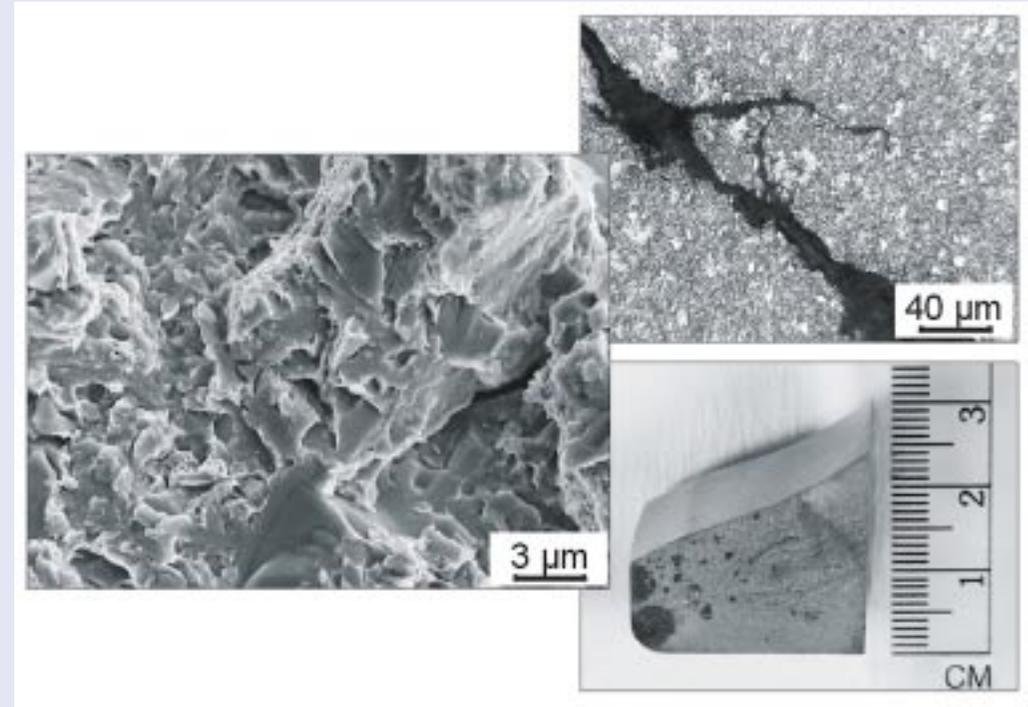
Die Konstruktion ist ein Lehr- und Forschungsgebiet, das die Schweiß- und Füge-technik am IFS seit Beginn prägte. Diese Tradition wird fortgesetzt, denn es besteht unverändert ein großer Forschungsbedarf auf diesem Gebiet, insbesondere bei der ganzheitlichen Betrachtung von gefügten Konstruktionen. Am IFS werden z. B. Untersuchungen durchgeführt, um konstruktive Details neu zu gestalten und diese mit z. T. neuen

Technologien zu fügen, die Eigenschaften dieser Konstruktionen zu bestimmen und die Ergebnisse und Erkenntnisse in Berechnungsmodellen zu integrieren. Ein großes Anwendungspotenzial besteht auf dem Gebiet von punktförmig gefügten Konstruktionen. Am IFS werden Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur weiteren Optimierung neuartiger Füge-technologien und deren Verbindungen durchgeführt. Für Konstruktionen, die mit solchen Verbindungen gefügt sind, werden über die experimentelle Bestimmung der Spannungsverteilung analytische und numerische Berechnungsmodelle entwickelt. Auf dem Gebiet des Struktur- und Stoffleichtbaus werden am IFS Untersuchun-

gen fortgeführt, das Potenzial von Metallschäumen industriell zu nutzen. Die Ermittlung der Eigenschaften von Zellstrukturen in Abhängigkeit von der Matrixlegierung ist dabei ein zentrales Thema. Aber auch für konventionelle Schweißverfahren und deren Verbindungen besteht unverändert ein industrieller Forschungsbedarf. Der Inhalt eines Projektes befasst sich mit der Prozesskettenoptimierung durch die Verfahrenskombination Reibschweißen und Umformen. Angedacht ist dabei auch die Fortsetzung begonnener Arbeiten zur Berechnung von Reibschweißverbindungen bei statischer und schwingender Belastung.

Trotz der ständigen Weiterentwicklung auf den Gebieten der Werkstoffe, Konstruktionen und Technologien sowie der Qualitätssicherung sind Schäden an Produkten während ihrer Fertigung oder Nutzung leider keine Ausnahme. Ziel der systematischen Schadenanalyse am IFS ist die Ermittlung der Schadenursachen und die Erarbeitung von Maßnahmen zur Schadenbehebung und zukünftiger Schadenvermeidung. Schwachstellen an Produkten bilden unverändert auch Fügeverbindungen. Am IFS werden mit verschiedenen Prüfmethoden die mechanischen, thermischen und chemischen Ursachen und die sich daraus ergebenden physikalischen Wirkungen analysiert und mit bekannten Schadenfällen verglichen. Insbesondere werden Untersuchungen von thermisch (z. B. durch Schweißen, Löten, Wärmebehandeln) beanspruchten

metallischen Bauteilen durchgeführt und deren Schäden analysiert. Dabei werden neben metallografischer und fraktografischer Analyse modernste Untersuchungsverfahren, z. B. Rasterelektronenmikroskopie und spektroskopische Verfahren, angewandt. Ziel der Untersuchungen am IFS sind u. a. die Gefügeanalyse (z. B. Phasenausbildung und -verteilung) und die Ermittlung der chemischen Zusammensetzung in den Grenzbereichen der Fügenaht. Auf konstruktivem Gebiet werden neben der konventionellen Ermittlung der mechanisch-technologischen Kennwerte für statische, schwingende und dynamische Festigkeit sowie Zähigkeit und Härte zunehmend auch numerische Verfahren (FEM) eingesetzt, um die oft komplexe Spannungsverteilung im Bauteil und letztlich die Bruchursachen zu ermitteln. Im Ergebnis dieser Untersuchungen wer-



Makro- und Mikrofraktografie für die Schadenanalyse

den am IFS in Zusammenarbeit mit den industriellen Anwendern bauteilbezogene Maßnahmen erarbeitet, die sowohl die Entwicklung und Fertigung, aber auch den Einsatz eines Produktes begleiten. Solche Maßnahmen sind z. B. die Optimierung der Fertigungstechnologien und der Bauteilkonstruktion sowie die Qualitätssicherung während der Fertigung und bezüglich der Bauteileigenschaften.



Firmensitz

Direkt nach der Wiedervereinigung Deutschlands arbeitete das Institut für Fügetechnik/Schweißtechnik i.G. der TU Chemnitz eng mit dem Institut für Schweißtechnische Fertigungsverfahren der RWTH Aachen zusammen. Ein Forschungsprojekt, welches durch das Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie des Landes Nordrhein-Westfalen gefördert wurde, befasste sich unter anderem mit dem Einsatz der Robotertechnik in klein- und mittelständischen Unternehmen. Zur besseren Umsetzung solcher Forschungsergebnisse gründeten die Leiter

beider Lehrstühle, Prof. Dilthey und Prof. Matthes, sowie einige Mitarbeiter 1991 das Zentrum für Beratung bei Robotereinsatz und Automatisierung in der Schweißtechnik e.V. (ZEBRAS) Aachen–Chemnitz. 1993 erfolgte eine Umstrukturierung dieses Zentrums zu einem Zentrum für Entwicklung, Beratung und Ausbildung in der Schweißtechnik e.V. (ZEBRAS e.V.) in die noch heute bestehende Form mit alleinigem Sitz in Chemnitz.

Ein wichtiger Aufgabenbereich dieses Zentrums besteht in der Aus- und Weiter-



Schulungsraum

bildung von schweißtechnischem Fachpersonal für und aus Industrie und Handwerk. Eine Grundlage der Ausbildungsstätte ZEBRAS bildet

auch die 1992 vom Deutschen Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e.V. (DVS) erfolgte Zulassung zur Schweißtechnischen Kursstätte.

Die enge Zusammenarbeit von ZEBRAS mit dem DVS zeigt sich auch darin, dass die Geschäftsstelle des DVS-Bezirksverbandes Chemnitz bei ZEBRAS ist. Der Leiter von ZEBRAS, Prof. Matthes, ist auch der Vorsitzende des DVS-Bezirksverbandes Chemnitz.

Für die schweißtechnische Ausbildung stehen heute bei ZEBRAS qualifiziertes Fachpersonal, modernste schweißtechnische Ausrüstungen, eine großflächige Ausbildungshalle und moderne Schulungsräume zur Verfügung.



Maschinenhalle

80 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz

Ausbildung und Forschung



Schweißfertigung eines Hydraulikprüfstandes

Weitere wichtige Aufgabengebiete von ZEBRAS neben der Aus- und Weiterbildung auf dem Gebiet der Fügetechnik (insbesondere Schweißtechnik), Trenntechnik und Automatisierung, sind die schweißtechnische Beratung von Unternehmen, die Durchführung von Entwicklungsarbeiten und die Prototypenfertigung.

Auf dem Gebiet der fügetechnischen Beratung werden neben der großen Palette von Schweißtechnologien auch Löt- und Klebtechnologien und auch

neueste Fügetechnologien, wie die mechanische Fügetechnik (z. B. Clinchen, Stanznieten), einbezogen. Auf konstruktivem Gebiet wird die Gestaltung der Produkte entsprechend den Forderungen an Beanspruchungen, Eigenschaften und Wirtschaftlichkeit der Fertigung optimiert. Die Bemessung und Festigkeitsnachweise von Konstruktionen erfolgen nach neuesten Erkenntnissen, Regelwerken und Richtlinien unter der Einbeziehung moderner Berechnungsmethoden, z. B.

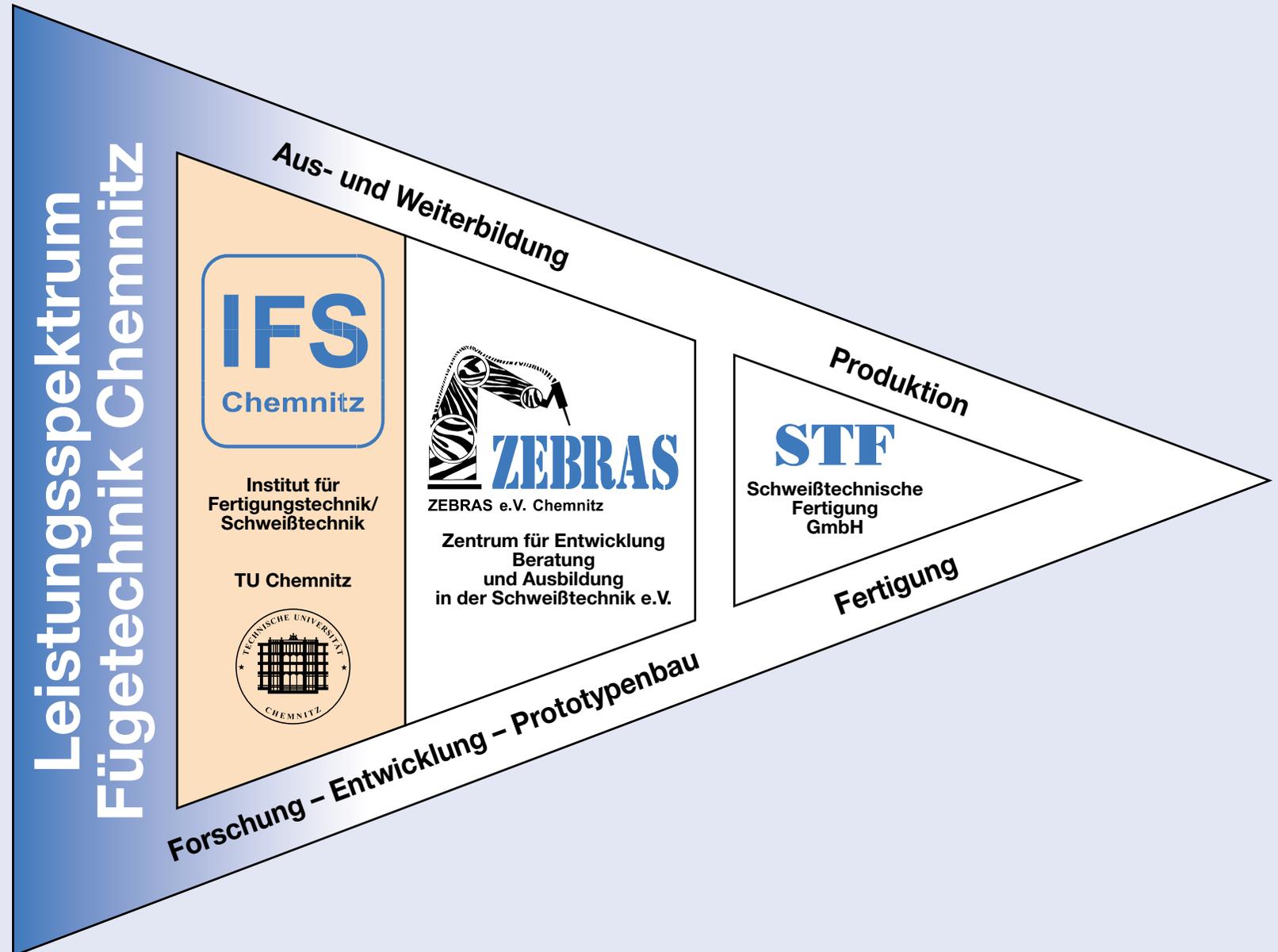
der Finiten-Elemente-Methode (FEM). Der Kenntnistransfer von neuestem Wissen und die Durchführung verschiedener Entwicklungen auf dem Gebiet der Fügetechnik erfolgen auf der Grundlage einer Kooperationsvereinbarung in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Fertigungstechnik/Schweißtechnik (IFS) der TU Chemnitz. Bei ZEBRAS arbeitet beispielsweise eine eigenständige Entwicklungsabteilung „Mikrofügetechnik“, die auch in das Mikrofabrikationszentrum Sachsen integriert ist.

ZEBRAS arbeitet heute deutschlandweit und bietet neben der Beratung das gesamte Leistungsspektrum für eine fügetechnische Fertigung an, über die Entwicklung, die Prototypenfertigung bis hin zur Fertigungsbetreuung. Selbst Fertigungsaufträge in der Größenordnung von kleineren bis mittleren Stückzahlen können durch die enge Kooperation mit der Schweißtechnischen Fertigung GmbH (STF) realisiert werden.



Laserschneiden

80 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz
Ausbildung und Forschung



80 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz
Ausbildung und Forschung

Technische Universität Chemnitz

Institut für Fertigungstechnik/Schweißtechnik (IFS)

Reichenhainer Straße 70

D-09126 Chemnitz

Institutsleitung:

Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus-Jürgen Matthes

Telefon: +49 (0) 371-531-2440

Fax: +49 (0) 371-531-2441

E-Mail: schweisstech@mbv.tu-chemnitz.de

Internet: <http://ifs.tu-chemnitz.de>

ZEBRAS e.V.

Otto-Schmerbach-Straße 30

D-09117 Chemnitz

Leiter:

Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus-Jürgen Matthes

Telefon: +49 (0) 371-84282-0

Fax: +49 (0) 371-84282-20

E-Mail: zebras.chemnitz@t-online.de

Internet: <http://www.zebras-chemnitz.de>



80 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz

Ausbildung und Forschung

Herausgeber

Technische Universität Chemnitz
Institut für Fertigungstechnik/Schweißtechnik (IFS)
Professur Schweißtechnik

Redaktion

Dr. F. Riedel
Dr. U. Semmler
Mitarbeiter des IFS

Bildquellen

Archiv der TU Chemnitz
IFS der TU Chemnitz
ZEBRAS e.V.
Bildmaterial aus Dissertationen
des IFS und Vorgängerstrukturen

Layout, Satz und Druck

Schwarz Druck, Werbung und Verlag GmbH
Äußere Crimmitschauer Straße 80
D-08393 Meerane
Telefon: +49 (0) 37 64-79 15-0
Fax: +49 (0) 37 64-79 15 38
E-Mail: info@schwarz-druck-meerane.de

80 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz
Ausbildung und Forschung

