Schweißen
AiF-Mitgliedsvereinigung (MV)

4.03.3-2
Aktenzeichen der MV

AiF-Vorhabens-Nr.:	
AiF-Antrags-Nr.:	/
Blatt-Nr./BA-Nr.:	/

(wird von der AiF eingesetzt)

Kurzbeschreibung zum Forschungsantrag

1 Forschungsthema

Beurteilung und Beeinflussung von Magnetfeldexpositionen beim Widerstandsschweißen

2 Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung

Vor dem Hintergrund der im gewerblichen wie auch im privaten Bereich stetig wachsenden Anzahl elektrischer und elektronischer Geräte sowie der zunehmenden Dichte der Energieversorgungs- und der teilweise drahtlosen Kommunikationsnetze finden Fragen der Emission und der Einwirkung elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder immer mehr Beachtung. Prinzipiell muss dabei unterschieden werden zwischen der technischen Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV), d. h. der Verträglichkeit zwischen Geräten, und der elektromagnetischen Umweltverträglichkeit (EMVU), d. h. der möglichen Beeinflussung biologischer Systeme, insbesondere des Menschen, durch elektrische Einrichtungen.
Im Zusammenhang mit hohen beruflichen Feldexpositionen wird vor allem auch das Widerstandsschweißen genannt, da Widerstandsschweißarbeitsplätze aufgrund der großen Schweißströme, der speziellen Schweißkreisgeometrie und der Nähe der Bediener zu den Schweißkreisen zu den Arbeitsplätzen mit den höchsten auftretenden Magnetflussdichtewerten gehören. Der Arbeits- und Gesundheitsschutz für die Bediener muss durch die Einhaltung der geltenden Vorschriften und Normen gewährleistet werden. Diesbezüglich ist in Deutschland vor allem die am 1.6.2001 in Kraft getretene Berufsgenossenschaftliche Vorschrift BGV B11 „Elektromagnetische Felder“ relevant, die Vorgaben für kontinuierliche wie auch für gepulste Felder enthält. Insbesondere bei Schweißzangen, aber auch bei stationären Maschinen gibt es Fälle, in denen diese Vorschrift bedingt durch die Anordnung und die Parameter des Schweißbetriebs nicht immer eingehalten wird. Eine konsequente Anwendung der Vorschrift würde in derartigen Fällen zu betrieblichen Einschränkungen führen.
Seitens der Europäischen Union wurde am 29.04.2004 die Richtlinie über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (elektromagnetische Felder) erlassen, die sich inhaltlich teilweise an die international anerkannten ICNIRP Guidelines anlehnt und bis zum 30.04.2008 in den Mitgliedsstaaten in nationales Recht umzusetzen ist. Zusätzlich zu diesem nun vorliegenden generellen Regelwerk werden im europäischen Rahmen zurzeit entsprechende Normen u. a. speziell für den Bereich der Elektroschweißtechnik erarbeitet (prEN 50xx1 Produktfamiliennorm für Lichtbogenschweißen, Widerstandsschweißen und ähnliche Verfahren, prEN 50xx3 Grundnorm für Widerstandsschweißen) in denen die zulässigen Feldexpositionen der Beschäftigten und die Vorgehensweise zu ihrer Bestimmung neu festgelegt werden sollen. Bei dieser europäischen Normungstätigkeit sind Vorgaben in Betracht gezogen worden, aus denen sich im Vergleich zur BGV B11 deutlich härtere Anforderungen ergeben dürften. Da stets allgemeine Grenzwertfestlegungen als Ausgangspunkt dienten, ist den bestehenden Besonderheiten beim Widerstandsschweißen bisher nicht oder nur teilweise Rechnung getragen worden. Es besteht somit dringender Klärungsbedarf hinsichtlich der Berücksichtigung der Spezifik der beim Widerstandsschweißen auftretenden Exposition der Bediener, aber auch Forschungsbedarf zu den Möglichkeiten einer Reduzierung der Magnetfeldexposition an Widerstandsschweißeinrichtungen, um in jedem Fall die Einhaltung der relevanten Vorschriften gewährleisten zu können und auf diese Weise auch zukünftig den uneingeschränkten Einsatz des Widerstandsschweißens zu ermöglichen.

Das Widerstandsschweißen ist eines der am häufigsten eingesetzten Fügeverfahren in der Blech verarbeitenden Industrie und im Handwerk. Neben automatisierten Anlagen gibt es weiterhin eine Vielzahl von manuell bedienten Schweißeinrichtungen wie Punktschweißzangen und Ständermaschinen. Die Schweißströme liegen im Bereich von einigen kA bis hin zu Werten größer 100 kA. Stromführende Leiter (und damit auch die Leiterschleife des Schweißstromkreises) sind von Magnetfeldern umgeben. Im Ergebnis einer Reihe von Untersuchungen, die in den letzten Jahren von Forschungseinrichtungen, der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik, der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin sowie auch von Herstellern durchgeführt wurden, liegen vielfältige Ergebnisse zu den an Widerstandsschweißeinrichtungen auftretenden Magnetflussdichtewerten und diesbezüglichen Einflussfaktoren vor. So sind im Bedienbereich Magnetflussdichtewerte bis zu einigen 10 mT (im Nahbereich auch größer 100 mT) zu erwarten. Im Zusammenhang mit den durch den Schweißstromverlauf vorgegebenen zeitlichen Magnetflussdichteänderungen führen auf der Basis der BGV B11 ermittelte zulässige Werte bei bestimmten Betriebsbedingungen zu Mindestabständen in der Größenordnung von mehreren 10 cm. Derartige Mindestabstände sind, bedingt durch die Handhabung oder den Bedienablauf, häufig nicht einzuhalten, sodass es, wie erwähnt, vor allem bei handgeführten Punktschweißzangen z. B. im Prototypenbau sowie im Fall relativ großer Schweißströme auch an Ständermaschinen zu Überschreitungen der zulässigen Exposition der Bediener kommen kann.
Die technologischen Betriebsparameter von Widerstandsschweißeinrichtungen wie auch ihre konstruktive Ausführung sind durch die zu erfüllenden Schweißaufgaben vorgegeben. So kann in vielen Fällen keine Verringerung von Schweißstrom, Schweißzeit oder Schweißkreisfenstergröße zur Absenkung der Magnetfeldexposition vorgenommen werden. Von Industrievertretern wurde daher mehrfach das Interesse daran geäußert, anderweitige Wege zur Minderung der EMVU-relevanten Emissionen von Widerstandsschweißeinrichtungen zu finden.
Neben verbreiteten Anwendungen zur Vermeidung hochfrequenter elektromagnetischer Störbeeinflussungen wird in der Literatur auch bereits für niederfrequente Magnetfelder bei anderen Anwendungen der Einsatz von Abschirmungen beschrieben. Die umfassende Abschirmung niederfrequenter Magnetfelder ist wesentlich aufwendiger als die Schirmung elektrischer Felder und erfordert für die Reduzierung der Exposition in einem ausgedehnten Bereich in der Regel einen geschlossenen Schirm. Durchgeführte Voruntersuchungen betrafen die Möglichkeit, mit Schirmen begrenzter Ausdehnung als passive Magnetfeldminderungsmaßnahme eine merkliche Reduzierung der Magnetflussdichtewerte im Aufenthaltsbereich des Bedieners einer Widerstandsschweißeinrichtung zu erzielen, wobei die Problematik der Zugänglichkeit und Beobachtbarkeit des Arbeitsbereichs bereits mit in Betracht gezogen wurde (Bild 1).

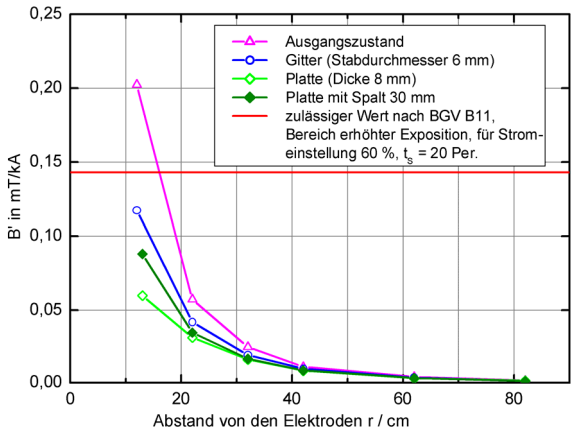

Bild 1:

Messtechnische Untersuchungen zur Reduzierung der Magnetflussdichte vor einer Wechselstrom-Widerstandsschweißmaschine (S_N=100 kVA) durch verschiedene Abschirmungen

(Außenabmessungen B x H ca. 30 x 20 cm, Abstand zu den Elektroden 6 cm)

Magnetflussdichte in auf den Schweißstrom bezogener Form (mT/kA) angegeben

Prinzipiell kann auch durch die gezielte Erzeugung von Gegenmagnetfeldern als aktive Maßnahme (sogenanntes Active Shielding) eine Reduzierung vorhandener Magnetfelder erreicht werden. Diesbezügliche Arbeiten liegen für den Bereich geringer Flussdichten vor, wobei z. B. bei Bildschirmen Störungen der Strahlablenkung durch von stromführenden Leitungen in der Umgebung ausgehende Felder vermieden werden sollen, oder beschreiben die Minderung der von Kabeln bzw. von einer Trafostation verursachten Magnetfeldexposition.

Die Anwendung und Untersuchung angepasster Gegenmagnetfelder zur Minderung der Magnetfeldexposition der Bediener von Widerstandsschweißeinrichtungen ist bisher nicht bekannt. In Form von Feldsimulationen auf der Grundlage der Finite-Elemente-Methode (FEM) wurden diesbezüglich grundlagenorientierte Voruntersuchungen durchgeführt. Dabei wurde zum Modell des Schweißkreises einer 100 kVA-Wechselstrom-Widerstandsschweißmaschine eine innerhalb des Schweißfensters liegende, ebenfalls vom Schweißstrom durchflossene Leiterschleife hinzugefügt, die ein dem Feld der Maschine entgegengesetztes Feld erzeugt (Bild 2).

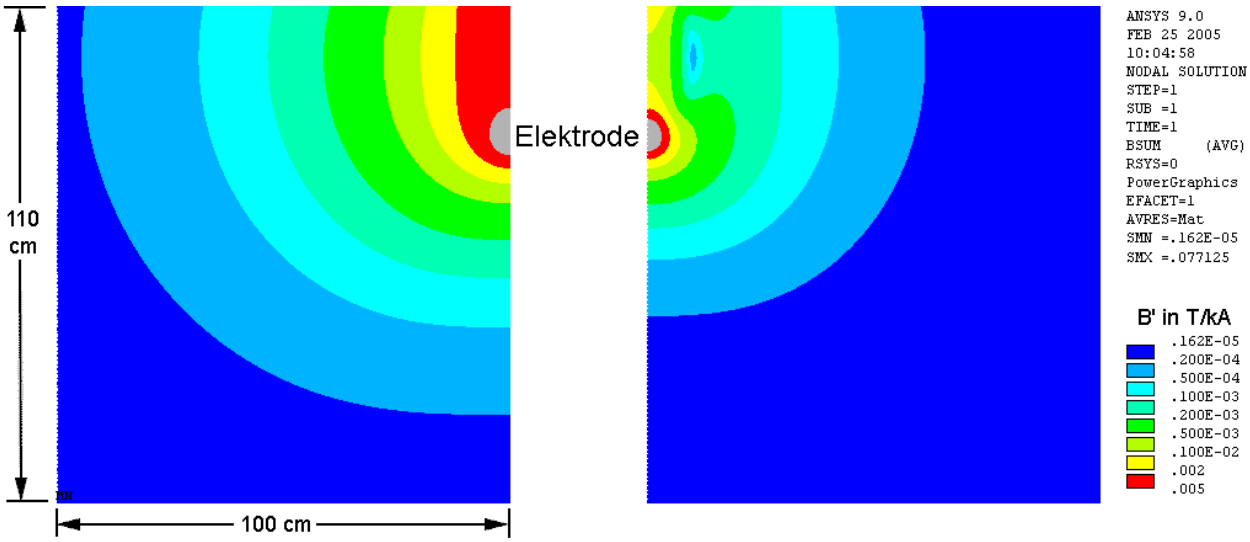

Bild 2: FEM-Simulation der Magnetflussdichteverteilung an einer Widerstandsschweißmaschine (Schweißfenster 370 x 240 mm); Simulationsergebnisse in einer horizontalen, das Schweißfenster mittig schneidenden Ebene; links Ausgangszustand, rechts mit Gegenmagnetfelderzeugung; Magnetflussdichte in auf den Schweißstrom bezogener Form angegeben

Die prinzipielle Möglichkeit, durch äußere Magnetfelder die Magnetflussdichtewerte lokal zu beeinflussen, wurde in zusätzlich durchgeführten praktischen Voruntersuchungen bestätigt. Wie aus Bild 1 und Bild 2 ersichtlich, ist von beiden betrachteten Magnetfeldminderungsmaßnahmen eine deutliche Verkleinerung des Bereichs höherer Flussdichten zu erwarten. Damit stellen sowohl magnetische Abschirmungen wie auch die Erzeugung von Gegenmagnetfeldern vielversprechende Ansätze zur Reduzierung der Magnetfeldexposition der Bediener von Widerstandsschweißeinrichtungen dar und sollten deshalb näher untersucht werden.

3 Forschungsziel / Ergebnisse / Lösungsweg

3.1 Forschungsziel

Ausgehend von generell strenger werdenden Regelungen zu zulässigen Feldexpositionen an Arbeitsplätzen und der Relevanz dieser Sachlage für das Hochstromfügeverfahren Widerstandsschweißen verfolgt das beantragte Forschungsvorhaben eine zweigeteilte Strategie: Einerseits soll geklärt werden, ob die besonderen Bedingungen beim Widerstandsschweißen den Ansatz weniger restriktiver Grenzwerte rechtfertigen; andererseits sollen Voraussetzungen für den Einsatz zugeschnittener technischer Maßnahmen zur Reduzierung der Magnetfeldexposition der Bediener von Widerstandsschweißeinrichtungen erarbeitet werden. Die als passive bzw. aktive Zusatzmaßnahmen zur Verminderung der im Arbeitsbereich auftretenden Magnetflussdichtewerte erforderlichen Abschirm- bzw. Gegenmagnetfelderzeugungseinrichtungen sollen hierbei an die, je nach Leistungsteiltyp unterschiedlichen Erfordernisse angepasst sowie mit vertretbarem Aufwand realisierbar sein und so mit den Widerstandsschweißeinrichtungen kombiniert werden, dass eine Beeinflussung der technologischen Schweißparameter und des betriebsmäßigen Ablaufs vermieden wird.

3.1.1 Angestrebte Forschungsergebnisse

Entsprechend dem speziellen Wunsch des Fachausschusses 4, Widerstandsschweißen, der Forschungsvereinigung des DVS sollen im Rahmen des Forschungsvorhabens als Ausgangspunkt für die weiteren Arbeiten der derzeitige Kenntnisstand zu den Auswirkungen magnetischer Feldexpositionen auf den Menschen sowie die daraus in vorliegenden Regelwerken abgeleiteten Grenzwertfestlegungen analysiert und den speziellen Feldexpositionsbedingungen beim Widerstandsschweißen (vor allem durch einen ausgeprägten Kurzzeitcharakter der Exposition gekennzeichnet) gegenüber gestellt werden. Daraus sollen Aussagen dazu abgeleitet werden, ob für den Fall von Widerstandsschweißarbeitsplätzen im Vergleich zu den allgemein gültigen Festlegungen die Einführung von Abschwächungsfaktoren für die Grenzwerte gerechtfertigt werden kann.
Ausgehend von einer umfassenden Analyse der Möglichkeiten der Reduzierung der Exposition der Bediener von Widerstandsschweißeinrichtungen durch magnetische Felder soll die Erarbeitung zweckmäßiger Ausführungen von magnetischen Abschirmungen und Gegenmagnetfelderzeugern sowie die Aufbereitung der diesbezüglichen Ergebnisse für eine praktische Umsetzung erfolgen. Zu den angestrebten Forschungsergebnissen zählen hierbei die Minimierung des Realisierungsaufwands für wirksame Magnetfeldminderungsmaßnahmen und des energetischen Aufwands zur Speisung von Gegenmagnetfelderzeugern.
Damit soll das Forschungsvorhaben einen wesentlichen Beitrag zur nachhaltigen Sicherstellung und Anerkennung der elektromagnetischen Umweltverträglichkeit von Widerstandsschweißeinrichtungen leisten.

3.1.2 Innovativer Beitrag der angestrebten Forschungsergebnisse

Obgleich Veröffentlichungen in der Fachliteratur sich bisher in überwiegendem Maße mit Minderungsmaßnahmen für hochfrequente elektromagnetische Felder beschäftigen, liegen den Antragstellern einige Publikationen mit theoretischen Abhandlungen und teilweise auch Ausführungsbeschreibungen zu Abschirmungen bzw. Anordnungen zur Gegenmagnetfelderzeugung bei niederfrequenten Magnetfeldern vor, wobei jedoch eine Ausrichtung auf die speziellen Gegebenheiten bei Widerstandsschweißeinrichtungen bzw. Anwendungen in diesem Bereich bisher nicht bekannt geworden sind. Im Rahmen des Forschungsvorhabens soll erstmals durch derartige Maßnahmen eine Verminderung der im Arbeitsbereich der Bediener auftretenden Magnetflussdichtewerte erzielt werden. Dazu werden interessante Ansätze, wie die Kombination von hochpermeablen und hoch elektrisch leitfähigen Materialien in mehrschichtigen Schirmen in Realisierungen für Widerstandsschweißeinrichtungen umgesetzt wobei bestehende Probleme, wie der Einfluss der Nichtlinearität der Magnetisierungskennlinie der Schirmmaterialien auf die Abschirmwirkung Berücksichtigung finden. Mit der Einbeziehung der alternativen Varianten Abschirmung und Kompensation durch Gegenfelderzeugung soll die Realisierung von Magnetfeldminderungsmaßnahmen für eine große Palette verschiedener Widerstandsschweißeinrichtungen und Anwendungsfälle ermöglicht werden. Die Forschungsergebnisse dienen der Weiterentwicklung eines Produktes/Verfahrens, indem durch die Vermeidung von unzulässig hohen Magnetfeldexpositionen der uneingeschränkte Einsatz des Widerstandsschweißens weiterhin ermöglicht wird. Darüber hinaus sollen die Forschungsergebnisse einen Beitrag zur Normungsarbeit leisten.

3.2 Lösungsweg zur Erreichung des Forschungsziels

Da das Forschungsthema stark fachübergreifend orientiert ist, ist es zweckmäßig, das Forschungsprojekt an zwei Forschungsstellen thematisch abgestimmt zu bearbeiten. Am Institut für Elektrische Energiesysteme (IESY) der Universität Magdeburg liegen umfangreiche Erfahrungen auf den Gebieten EMV und EMVU von Widerstandsschweißeinrichtungen, insbesondere zur Analyse und Simulation magnetischer Felder vor. Es ist eine moderne messtechnische Ausstattung vorhanden. Die SLV Duisburg verfügt über die technologische Kompetenz und die Einrichtungen zur Durchführung praxisnaher, schweißtechnischer Untersuchungen sowie zur Betrachtung energetischer Aspekte. Diese Form der Zusammenarbeit hat sich schon bei vorangegangenen gemeinsam bearbeiteten Forschungsvorhaben bewährt.

Die vor der Antragstellung durchgeführte Literatur- und Patentrecherche soll zur Berücksichtigung aktuell hinzukommender Veröffentlichungen über die gesamte Laufzeit des Vorhabens weitergeführt werden. Mit der vorgesehenen umfassenden Erhebung des Kenntnisstandes zu den Folgen der Einwirkung von Magnetfeldern auf den menschlichen Organismus wie auch zu den physikalisch/ biomedizinischen Grundlagen der Grenzwertfestlegungen und der in Kontakten mit Elektromedizinern vorzunehmenden Abklärung der Möglichkeiten zur Berücksichtigung der Besonderheiten der Feldexposition beim Widerstandsschweißen in Form weniger restriktiver Grenzwerte wird dem diesbezüglichen speziellen Wunsch des Fachausschusses 4, Widerstandsschweißen, der Forschungsvereinigung des DVS Rechnung getragen.
Die Maßnahmen zur Reduzierung der Magnetfeldexposition sollen zunächst an einem Musterschweißkreis grundsätzlich untersucht werden. Davon ausgehend sind sie in geeigneter Weise auf mobile Punktschweißzangen sowie stationäre Widerstandspunkt- und Buckelschweißmaschinen zu übertragen. Es ist jeweils eine zielgerichtete Absenkung der Magnetflussdichtewerte in den relevanten Bereichen anzustreben. Die praktisch durchzuführenden Untersuchungen sollen durch vorhergehende und ergänzende numerische Feldsimulationen mit Hilfe des FEM-Simulationsprogramms ANSYS unterstützt werden.
Zur Reduzierung der Magnetfeldexposition durch passive Maßnahmen (Schirmung) sind die folgenden Untersuchungen vorgesehen:

Ermittlung wirksamer und aufwandsminimal ausgeführter Realisierungen magnetischer Abschirmungen unter Einbeziehung von massiven Platten (unter Einbeziehung mehrschichtiger Realisierungen), geschlitzten Platten und Gittern

dazu Ermittlung der jeweils zweckmäßigsten Anordnung (Berücksichtigung der konkreten Magnetfeldausbildungen und Feldlinienverläufe an verschiedenen Widerstandsschweißeinrichtungen), der Querschnitte und magnetischen Materialien der Abschirmung

Für Fälle, in denen magnetische Abschirmungen nicht eingesetzt werden können oder in ihrer Wirkung nicht ausreichen, soll als weiterführende Maßnahme die aktive Reduzierung der Magnetfeldexposition durch die Erzeugung von Gegenmagnetfeldern untersucht werden. Dazu sind die folgenden Arbeitsschritte vorgesehen:

Untersuchung und Optimierung von Spulenanordnungen mit und ohne ferromagnetischen Kern (Ausführung, Positionierung) für ausgewählte Anordnungen zur Reduzierung der Magnetflussdichtewerte in bestimmten räumlichen Bereichen nahe des Schweißkreises

Untersuchung zweckmäßiger Möglichkeiten der Erzeugung der Speiseströme für die Gegenfelderzeugung (Nutzung intern vorhandener Ströme bzw. Erzeugung schweißstromproportionaler Ströme angepasst an die verschiedenen Leistungsteilausführungen; dabei erscheint es im Fall von Gleichstrom-Widerstandsschweißeinrichtungen bedingt durch die Art der Grenzwertfestlegung erfolgversprechend, die Kompensation auf die durch Welligkeitskomponenten im Schweißstrom verursachten Magnetfeldanteile zu beschränken)

Für die beiden betrachteten Varianten zur Reduzierung der Magnetfeldexposition ist die Praktikabilität im Schweißbetriebsablauf zu überprüfen. Es soll verifiziert werden, dass keine negative Beeinflussung der Schweißergebnisse erfolgt (Überwachung des Schweißstroms, werkstofftechnische Untersuchung von Probeschweißungen, Anpassung an die vorgegebene konstruktive Gestaltung der Schweißeinrichtungen, Betrachtung der energetischen Verhältnisse).
Die Bearbeitung soll entsprechend der Kompetenz und den Voraussetzungen an beiden Forschungsstellen erfolgen. Dabei werden

- am IESY, Universität Magdeburg hauptsächlich die Feldverhältnisse mit Hilfe der numerischen Simulation umfassend untersucht, Musterausführungen der Magnetfeldminderungseinrichtungen entworfen und Messungen an Experimentalaufbauten durchgeführt
- an der SLV Duisburg hauptsächlich praxisnahe Ausführungen der Magnetfeldminderungseinrichtungen realisiert und gemeinsam hinsichtlich ihrer Wirksamkeit untersucht sowie die Schweißversuche und werkstofftechnischen Analysen durchgeführt und die energetischen Aspekte betrachtet.

Zur Durchführung der geplanten Arbeiten sind bei den Forschungsstellen je 1 wissenschaftlicher Mitarbeiter erforderlich. Der wissenschaftliche Mitarbeiter der Forschungsstelle 1, IESY (22 MM) koordiniert neben den am IESY durchzuführenden Arbeiten das Vorhaben mit der Forschungsstelle 2, SLV Duisburg, bei der der wissenschaftliche Mitarbeiter (13 MM) für die Konzipierung und Auswertung der Untersuchungen erforderlich ist. Da der Anteil von Mess- und Auswertearbeiten sehr hoch ist, werden bei beiden Forschungsstellen studentische Hilfskräfte geplant. Für die praktische Realisierung der Magnetfeldminderungseinrichtungen ist bei der Forschungsstelle 2 weiterhin ein Techniker erforderlich.

4 Wirtschaftliche Bedeutung des Forschungsthemas für kleine und mittlere Unternehmen (kmU)

4.1 Voraussichtliche Nutzung der angestrebten Forschungsergebnisse

Die Nutzung der angestrebten Forschungsergebnisse betrifft die Fachgebiete „Verfahrenstechnik“ und „Elektrotechnik“ sowie die Wirtschaftszweige „Metallerzeugung und –bearbeitung, Herstellung von Metallerzeugnissen“, „Maschinenbau“ und „Elektrotechnik“. Die elektromagnetische Umweltverträglichkeit ist eine der Bedingungen für den Einsatz von Widerstandsschweißeinrichtungen an Arbeitsplätzen. Mit der BGV B11 liegt derzeit dazu eine bindende Vorschrift vor. Durch die angestrebten Klärungen zu den Grenzwertfestlegungen und mit den zu erarbeitenden Lösungen für Einrichtungen zur Reduzierung der Magnetfeldexposition der Bediener sollen unzulässige Expositionen sicher vermieden werden. Den Herstellern von Widerstandsschweißeinrichtungen wird durch die Forschungsergebnisse die Verbesserung der EMVU-Charakteristik ihrer Erzeugnisse und den Anwenderbetrieben die Einhaltung der Vorschriften des Gesundheits- und Arbeitsschutzes an den betroffenen Arbeitsplätzen ermöglicht. Die Forschungsergebnisse stehen allen Interessenten diskriminierungsfrei zur breiten Nutzung zur Verfügung.

4.2 Möglicher Beitrag zur Steigerung der Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit der kmU

Neben den Leistungsparametern sind auch bei Widerstandsschweißeinrichtungen bereits heute die elektromagnetischen Verträglichkeitsaspekte zu einem wichtigen Produktattribut geworden. Wie die laufende Normungstätigkeit zeigt, wird diesen Dingen in Zukunft noch mehr Bedeutung beigemessen werden. Durch die Bereitstellung anwendungsgerecht aufbereiteter, auf umfassenden Magnetfeldanalysen beruhender Ergebnisse zu zweckmäßigen Magnetfeldminderungsmaßnahmen sollen die betroffenen Firmen von den dazu erforderlichen umfangreichen messtechnischen Untersuchungen und komplexen Feldsimulationen entlastet werden, was besonders für kleine und mittlere Unternehmen, von denen aufwändige Forschungsarbeiten nicht durchgeführt werden können, von großer Bedeutung ist. Die Hersteller von Widerstandsschweißeinrichtungen werden in die Lage versetzt, auf sich in den Einsatzländern ihrer Erzeugnisse verändernde Normenvorgaben adäquat zu reagieren, was ihnen den ungehinderten Marktzugang sichert. Die Anwender von Widerstandsschweißeinrichtungen werden in die Lage versetzt, unzulässige Expositionen ihrer Beschäftigten vermeiden zu können ohne produktivitätsmindernde Anpassungen der Schweißparameter in Kauf nehmen zu müssen.

5 Beabsichtigte Umsetzung der angestrebten Forschungsergebnisse

Die in diesem Projekt erzielten Ergebnisse sollen in Publikationen des DVS veröffentlicht und auf Fachtagungen präsentiert werden. Zusammenkünfte in den Gremien des DVS, z.B. im FA 4 sollen genutzt werden, um im direkten Kontakt zu den Herstellern und Anwendern von Widerstandsschweißeinrichtungen die Ergebnisse bekannt zu machen. Die Forschungsergebnisse werden in das Weiterbildungsprogramm der SLV Duisburg und in die akademische Lehre am IESY der Universität Magdeburg einfließen. Beide Forschungsstellen arbeiten in Normungsgremien mit, wodurch ermöglicht wird, dass die Forschungsergebnisse auch auf die Normung Einfluss haben. Vorgespräche mit Vertretern der Industrie, darunter Herstellern von Schweißgeräten, ließen ein großes Interesse an dem Forschungsvorhaben erkennen. Die Unternehmen sind bereit, die Forschungsergebnisse in ihren Produkte umzusetzen. Bei den für den Projektbegleitenden Ausschuss vorgeschlagenen Vertretern der Normungsgremien besteht ebenfalls großes Interesse.

6 Durchführende Forschungsstellen

Forschungsstelle 1: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Institut für Elektrische Energiesysteme
Lehrstuhl für Leistungselektronik
Universitätsplatz 2
39106 Magdeburg
Leiter: Prof. Dr.-Ing. A. Lindemann
Projektleiter: Dr.-Ing. R. Döbbelin

Forschungsstelle 2: Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt SLV Duisburg
Niederlassung der GSI mbH
Bismarckstr. 85
47057 Duisburg
Leiter: Dr.-Ing. S. Keitel
Projektleiter: Dr.-Ing. R. Winkler

Ort, Datum	Unterschrift des Leiters und Stempelabdruck der Forschungsstelle(n)