

# Aluminothermisches Schweißen: Tradition und Innovation im lückenlosen Gleis

## Aluminothermic welding: tradition and innovation in continuously welded track

Dipl.-Ing. (FH) Johannes Braun, Leipzig und Halle (Saale), Dr.-Ing. Jörg Keichel, Halle (Saale), Dr.-Ing. Andreas Peters, Leipzig (Deutschland)

### Zusammenfassung

Die Thermit®-Schweißung leistet nicht nur einen wichtigen Beitrag zur Sicherheit im Eisenbahnverkehr, die feste Schienenverbindung ist auch eine Grundvoraussetzung für das komfortable Reisen mit der Bahn. Ohne das vor 120 Jahren patentierte Thermit®-Verfahren ist weder Bahnverkehr mit Hoch- und Höchstgeschwindigkeitszügen noch mit extremen Lasten denkbar. Immer neue und gesteigerte Anforderungen an das lückenlose Gleis bedingen eine beständige Weiterentwicklung des Thermit®-Verfahrens. Heute lassen sich Schienen unterschiedlicher Profile und Stahlgüten lückenlos aluminothermisch verschweißen. Weitere Entwicklungsschritte werden unter Beachtung wichtiger Prozessvorgaben und im Hinblick auf die zunehmende Digitalisierung der Baustelle umgesetzt. Die technischen Möglichkeiten des 21. Jahrhunderts, rund um die Durchführung der aluminothermischen Schweißung und der Instandhaltung des Gleises, sind noch lange nicht ausgeschöpft.

### Abstract

Thermit® welds play an important role in rail transport safety – and the welded rail connection is essential to the comfort of train passengers. What's more, high-speed, ultra-high-speed and heavy haul trains would be inconceivable without the Thermit® process, patented 120 years ago. Since then, new and stricter requirements governing continuously welded track have meant the constant development of the Thermit® process. Nowadays, Aluminothermic Welding is available for a wide range of rail profiles and steel grades. We are constantly implementing new developments in line with key process requirements and the increasing digitalisation of the construction site. 21st century engineering potential for Aluminothermic Welding and track maintenance is far from exhausted.

## 1 Einführung

### 1.1 Historie

Tak tak – Tak tak – Tak tak ... diese charakteristischen Geräusche einer Zugfahrt beim Rollen der Räder des Zuges über die mit Stahllaschen mechanisch verbundenen, aber lückenhaften Gleisstöße prägten lange Zeit das Bild von Eisenbahnen. Auch heute denken noch viele Menschen beim Eisenbahnfahren an dieses prägnante Geräusch. In der modernen Eisenbahninfrastruktur sind die Gleislücken allerdings nahezu verschwunden, dank Thermit® bzw. dessen Anwendung im Gleis durch den aluminothermischen Schweißprozess (*Bilder 1 und 2*).

Am 13. März 1895 begründete Professor Hans Goldschmidt in Essen die Erfolgs-

geschichte von Thermit® und damit das aluminothermische Gießschmelzschweißen mit dem „Kaiserlichen Patent Nummer 96317“. Bereits im Jahr 1899 wurden in Essen die ersten Straßenbahnschienen lückenlos mit Thermit® verschweißt (*Bild 3*). Auch in Australien, China, Südafrika, Nord- und Südamerika folgten bereits Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts durch Goldschmidt Gründungen von Fertigungs- und Vertriebsstätten für Thermit®-Verbrauchsstoffe mit einem für deutsche Mittelständler damals einzigartig internationalen Netzwerk. Innerhalb weniger Jahre wurde das aluminothermische Verbindungsschweißverfahren für Eisenbahnschienen weltweit Standard in der Eisenbahn-Infrastruktur. Zur Herstellung kohlenfreier Metalle entwickelt, revolutionierte Thermit® das Eisenbahnwesen.

Seit 1928 ist der Thermit®-Prozess als Regelschweißverfahren bei der Deutschen Reichsbahn (DR), später Deutsche Bahn (DB) im Einsatz. Die Thermit®-Verfahren sind mittlerweile weltweit zugelassen und seit Jahrzehnten in der Anwendung.

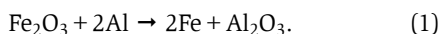
### 1.2 Chemie und Wirkung der aluminothermischen Reaktion

Thermit® ist ein Gemisch aus Aluminium-Granulat und Eisenoxid, das nach einer Initialzündung stark exotherm reagiert. Durch die große Reaktionswärme gelingt es, flüssiges Eisen von ca. 2300 °C ohne externe Energiequellen zu erzeugen und damit Schienenenden zu verschweißen. Unter Nutzung dieses Verfahrens kann die sichere Verbindung der Schie-



**Bild 1: Schienen mit Laschen verbunden**

nen in Schwerlast-, Stadtbahn-, Hoch- und Höchstgeschwindigkeitsnetzen bei gleichzeitiger Erhöhung von Fahrkomfort und Gleislebensdauer hergestellt werden. Chemisch betrachtet wird im Zuge dieser aluminothermischen Reaktion unter Freisetzung einer großen Wärmemenge Eisenoxid zu Eisen reduziert, zugleich oxidiert Aluminium zu Aluminiumoxid. Somit entsteht ein sauberes, flüssiges Metall, welches sich von der ebenfalls flüssigen Schlacke trennt:



Für die Schienenverbindung wäre dieses Thermit®-Eisen jedoch zu weich. Die metallurgische Herausforderung liegt u. a. darin, dass die ausgeführte aluminothermische Schweißnaht alle Anforderungen, welche an die zu verbindende Schiene gestellt werden, erfüllt. Daher werden den Thermit®-Portionen u. a. stahlbildende Legierungszusätze als Härtebildner hinzugefügt. In der geeigneten Zusammensetzung der Thermit®-Portionen liegt u. a. das Know-how.

### 1.3 Das Prinzip des Thermit®-Gießschmelzverfahrens

Die zum Einsatz kommenden Thermit®-Schweißverfahren lassen sich grob in Verfahren mit steigendem oder fallendem Guss unterscheiden und werden allesamt auch als Gießschmelzschweißverfahren bezeichnet. Grundsätzlich wird das Ziel verfolgt, einen Thermit®-Stahl zu erzeugen, der der Legierung des zu verschweißenden Schienenstahls ent-

spricht und trotz der unterschiedlichen und durch den Guss bedingten Mikrostruktur ähnliche Verschleißeigenschaften wie die Schiene erreicht. Eine sichere Schweißverbindung und robuste Ausführung der Schweißung wird einerseits durch einen Überschuss an Wärmeenergie und andererseits durch eine fehlerfreie Erstarrung des flüssigen Stahls zwischen den zu verschweißenden Schie-

nenenden erreicht. Hierbei muss die während der Erkaltung des Stahls vom heißen schmelzflüssigen Zustand zur Umgebungstemperatur auftretende Schrumpfung durch stahlnachführende Speiser und eine gelenkte Erstarrung sichergestellt werden.

Der Wärmeüberschuss wird durch die Kombination aus einer Vorwärmung und dem sehr heißen – in der Gießereisprache: mit einer hohen Gießspanne versehenen – Thermit®-Stahl erreicht. So werden die Schienen über den gesamten Querschnitt ein Stück aufgeschmolzen, um anschließend in den um die Schienenlücke angesetzten Formen zu erstarren (Bild 4). Der Wärmeüberschuss und die daraus resultierende langsame Abkühlung der Schweißung ermöglichen, mit den genannten Schweißverfahren unter Baustellenbedingungen Schienenstähle mit Kohlenstoffgehalten oder einem Kohlenstoffäquivalent zu verschweißen, die aus der üblichen schweißtechnischen Sicht nicht oder nur unter Einhaltung genauer Temperaturverläufe schweißbar wären.



**Bild 2: Lückenlos verschweißtes Gleis**

## 2 Vorteile der Thermit®-Schweißung

Der flexible Einsatz des Verfahrens und die schnelle Realisierbarkeit einer Thermit®-Schweißung im Gleisnetz sind die Vorteile gegenüber anderen Verfahren, wie z. B. dem Abbrennstumpfschweißen.



**Bild 3: Thermit®-Schweißung vor 1914**



! Bild 4: Mit Schweißgut gefüllte Form

Ein Schweißtrupp mit den notwendigen Materialien kann kurzfristig zur Ausführung einer Schienenschweißung vor Ort sein. Im Fall des Schweißverfahrens SkV-Elite mit extrem kurzer Vorwärmzeit kommt ein erfahrener Schweißtrupp mit einer Gleisbelegung von weniger als 30 Minuten aus. Damit können z. B. die planmäßigen Nachtfahrsperrpausen oder natürliche Betriebspausen unter Ausnutzung der regulären Zugfolgezeiten zur Herstellung von Schweißungen im Gleis

### 3 Anforderungen an das lückenlose Gleis

#### 3.1 Schienengüten und neue Schweißverfahren

Die Thermit®-Technologie erfüllt die steigenden Anforderungen der Eisenbahn-Infrastrukturbetreiber. Diese Anforderungen an die heutigen Schienennetze zielen in zwei Hauptrichtungen: Zum einen soll die Gleisinfrastruktur bestmöglich ge-

ohne zusätzliche, den Betrieb störende Gleissperrungen genutzt werden.

Die Vorteile des aluminothermischen Schweißens liegen nicht nur in der hohen Flexibilität der Disposition von Schweißtrupps und in der schnellen Realisierung von aluminothermischen Schweißungen. Auch sind die Investitions- und Instandhaltungskosten für das benötigte Equipment im Vergleich zu anderen Schweißverfahren, wie z. B. dem mobilen Abbrennstumpfschweißen, deutlich niedriger.

Zudem sind die Instandhaltungskosten, sowohl für das Gleis als auch für die Radsätze des rollenden Materials, durch das lückenlose Gleis drastisch reduziert worden.

Das heißt, der Durchsatz soll maximiert bzw. die Beförderungszeiten sollen verkürzt werden. Dies geschieht durch Erhöhung der Geschwindigkeiten, Radsatzlasten und Zugfrequenzen. Zum anderen sollen die Betriebs- und Instandhaltungskosten minimiert werden. Dafür werden u. a. neue Schienengüten mit geringerem Instandhaltungsbedarf für unterschiedliche Beanspruchungen entwickelt. Dies führt direkt, wie für die Schienen, zu neuen und steigenden Ansprüchen an die Schweißverbindungen. Neue Schienenstahlorten erfordern die Weiterentwicklung der Thermit®-Schweißverfahren mit den entsprechenden physikalischen Eigenschaften der Schienenwerkstoffe, wie zum Beispiel Härte, Abriebbeständigkeit und Ermüdungsfestigkeit. Darüber hinaus muss die Ausführung der Schweißung unter den verschiedensten klimatischen Baustellenbedingungen bei geringer Investition in die Ausrüstung, hoher Flexibilität und Mobilität auf den Baustellen gewährleistet sein. Das Thermit®-Verfahren, geprägt durch seine robuste und schnelle Ausführung, liefert hier die ideale Lösung im Vergleich zu Schweißverfahren wie das Lichtbogenschweißverfahren oder das Abbrennstumpfschweißverfahren. Ob neue Schienenprofile oder -güten, wie z. B. bainitische Stähle oder Schienenstahl mit immer höheren Härtegraden – die Spezifikationen der Betreiber müssen auch durch die Schienenverbindung, hier das Thermit®, erfüllt werden.

Die Infrastrukturbetreiber validieren kontinuierlich die Erfüllung ihrer Anforderungen an das Gleis und an die Thermit®-Schweißungen. Die Erfüllung des hohen Standards wird durch die Qualitätsstatistiken, wie z. B. die der JR Group, bestätigt. So lag die durchschnittliche (über mehrere Jahre ermittelte) Fehlerate für aluminothermische Schweißungen im Netz der der JR East Group bei nur 0,014 % [1].

Die „... Lebensdauer der Schienen im HGV-Schottergleis beträgt 30 bis 35 Jahre (ca. 700 Mio. t)“, daher ist „... die Lebensdauer von Thermit®-Schweißungen kompatibel mit jener der Schiene“ [2].

Somit ist neben den technischen und qualitativen Anforderungen – die Gewährleistung der Sicherheit – ein weiteres wichtiges Kriterium für den Einsatz von Thermit® für die Eisenbahn-Infrastrukturbetreiber erfüllt: die Wirtschaftlichkeit. Die



! Bild 5: Fuge im Schienenkopf zur Herstellung einer Thermit®-Head Repair-Schweißung

bekannten Schweißverfahren SkV, SkV-Elite, SkV-Elite L25 (Schnellschweißverfahren mit kurzer Vorwärmung) sowie SoW-5 (Schnellschweißverfahren ohne Wulst mit 5 Minuten Vorwärmdauer) sind bei allen bedeutenden Bahnen der Welt homologiert und im täglichen Einsatz.

### 3.2 Aluminothermisches Reparaturschweißen: Thermit®-Head Repair

Mit steigender Auslastung der Netze und der dafür geforderten hohen Verfügbarkeit der Gleise müssen auch die Instandhaltungsmaßnahmen bei den Bahnen angepasst werden. So wird bereits bei einigen Bahnen das aluminothermische Reparaturschweißen für Fahrflächenbeschädigungen eingesetzt – das Thermit®-Head Repair-Schweißverfahren (THR). Im Gegensatz zum üblichen Thermit®-Schweißprozess, bei dem zwei Schienenenden komplett miteinander verschweißt werden, werden bei dem THR-

Verfahren lediglich die defekten Bereiche in der Fahrfläche herausgetrennt und anschließend aluminothermisch repariert (Bild 5). Mit diesem Verfahren können Schienen in sehr kurzer Zeit sicher repariert und länger genutzt werden.

### 4 Hochautomatisierte Produktion in Halle (Saale)

Die berechtigten Anforderungen der Betreiber an eine Schienenschweißung, wie hohe Zuverlässigkeit, die zu gewährleistende Sicherheit der Gleise bei immer höheren Belastungen und die steigende Komplexität durch neue Schienenwerkstoffe erfordern höchste Sorgfalt und Fachkenntnis bei der Produktion der Thermit®-Schweißstoffe. Mit einer weltweit einzigartigen Produktionsanlage und Qualitätssicherungssystemen werden für die genannten Herausforderungen z. B. in der zentralen Europaproduktion der Goldschmidt Thermit Group in Halle (Saale) der Elektro-Thermit GmbH

& Co. KG entsprechende Schweißkits, zu denen Gießformen, Tiegel und Thermit®-Portionen gehören, hergestellt.

Das Fertigungswissen der Experten vor Ort, die mit den speziellen Anforderungen der verschiedenen Bahnbetreiber aus aller Welt vertraut sind, und ein hoher Automatisierungsgrad in der Fertigung in Kombination mit einer übergeordneten Prozesssteuerung sind die Garanten für die hohe Zuverlässigkeit und die gleichbleibend hohe Qualität der Thermit®-Schweißungen (Bild 6).

### 5 Weiterentwicklungen in der Gleisinstandhaltung

#### 5.1 Meilensteine der Entwicklung

Seit der ersten Anwendung der Thermit®-Reaktion im Gleis hat es ständig Weiterentwicklungen dieser Anwendung gegeben, die der Verbesserung der Sicherheit, der Zuverlässigkeit, der Wirtschaftlich-



## Setzen Sie auf uns. DB International



### Engineering & Consulting

Wir entwickeln weltweit intelligente Verkehrssysteme für dynamische Wirtschaftsregionen. Von der Idee bis zur Realisierung, für Projekte jeder Größenordnung – made by Deutsche Bahn.

Entdecken Sie unsere App  
für iOS und Android

Für Menschen. Für Märkte. Für morgen. [www.db-international.de](http://www.db-international.de)



■ Bild 6: Hochautomatisierter Prozess in der Fertigung



■ Bild 7: Verfahrenssicherheit mit Thermit®-Zündvorrichtung

keit und dem Kundennutzen dienen. Zu den wichtigsten Meilensteinen zählen die Entwicklung der SkV-Schnellschweißverfahren in den 1970er Jahren, mit denen eine deutliche Prozessverkürzung erreicht wurde, die Einführung des Euro-Tiegels in den 1990er Jahren; die Verwendung von Einmal- statt Langzeittiegeln verbesserte die Ergonomie des Verfahrens wesentlich und die Entwicklung der elektrischen Thermit®-Zündvorrichtung SMARTWELD SPARK im Jahr 2013 stellte im Vergleich zu den gebräuchlichen Zündstäbchen eine höhere Zuverlässigkeit und eine Verbesserung der Verfahrenssicherheit sicher (Bild 7).

Die Forderung nach höherer Verfügbarkeit der Gleisnetze bei gleichzeitig reduziertem Instandhaltungsaufwand macht eine stetige Forschung und Entwicklung unabdingbar. Mit der Eröffnung des Technology Innovation Centers der Goldschmidt Thermit Group im Jahr 2014 in Leipzig, einem Entwicklungszentrum zur eigenständigen Durchführung und Unterstützung von breit angelegten Entwicklungsprojekten, wird der Ausrichtung auf weiter verbesserte Produkte und Dienstleistungen für die Eisenbahn-Infrastruktur Rechnung getragen. Neben der Weiterentwicklung des Thermit®-Verfahrens sind Schwerpunkte die Neu- und Weiterentwicklung von Maschinen zur Bearbeitung von Schienen sowie entsprechender Messgeräte (z. B. zur Erfassung der Schienengeometrie), die für alle Tätigkeiten im Rahmen der Instandhaltung von Gleisen, aber auch zur Ausführung von aluminothermischen Schweißungen, unterstützend erforderlich sind.

## 5.2 Digitalisierung der Baustelle

Ein wesentlicher Treiber der Entwicklung ist die Forderung nach der „Digitalisierung der Baustelle“. Diese betrifft bereits die Vorbereitung einer Instandhaltungsmaßnahme. Der jeweilige Gleiszustand wird hinsichtlich geometrischer Merkmale (z. B. Maßanforderungen gemäß EN 13674-1:2011 wie Schienenhöhe, -breite, -symmetrie) erfasst und bewertet. Hierbei unterstützen digital arbeitende Schienen-Messlineale, wie z. B. die Geräte der Railstraight-Familie, mit denen schnell und zuverlässig Schienen-Längsprofile erfasst werden können [3]. Die Railstraight-Geräte erfassen zunächst nur ein Längsprofil. Der Nutzer entschei-



**Bild 8: Digitale Messlineale und Auswertung per App**

det, zu welchem Zweck diese Daten benötigt werden. Das kann die Kontrolle einer Schweißung sein, das kann aber auch die Beurteilung einer „Einfahrung“ sein,

z. B. im Bereich der Wärmeeinflusszone einer Schweißung. Die ermittelten Daten werden mittels einer speziell entwickelten App über eine Bluetooth-Schnittstelle

auf einem Tablet oder Smartphone erfasst und elektronisch (bei Bedarf auch online) zur weiteren Auswertung oder Bearbeitung zur Verfügung gestellt (Bild 8). Dem Anwender werden mittels eines Soll-Ist-Vergleichs Hinweise für das Erreichen eines optimalen Schweißergebnisses geliefert. Die erneute Längsprofilmessung im Anschluss an die Instandhaltungsarbeiten bestätigt die ordnungsgemäße Durchführung und ermöglicht eine benutzerunabhängige Dokumentation der durchgeführten Arbeiten (Bild 9).

Diese Digitalisierungsstrategie wird konsequent weiterentwickelt: In der Entwicklung befinden sich derzeit Geräte, mit denen schnell und zuverlässig Querprofile sowie typische Fehlertypen wie Head-Checks erfasst und dokumentiert werden können. Die Zusammenfassung und Bewertung dieser Daten ermöglicht eine noch flexiblere und zielgerichtetere Festlegung erforderlicher Instandhaltungsmaßnahmen. Notwendige Arbeiten (wie z. B. Schleifen oder Reparaturschweißen) können unmittelbar durchgeführt werden. Noch nicht dringend durchzuführende



Maßnahmen können im Instandhaltungsmagementsystem des Kunden bzw. des Betreibers erfasst und für einen späteren Zeitpunkt vorgesehen werden. Durch die Archivierung der Messdaten sowie der jeweils durchgeführten Arbeiten lassen sich durch Zeitvergleich zuverlässig Prognosen für eine optimale Instandhaltungsstrategie ableiten. Der Vorteil für den Kunden: Notwendige Instandhaltungsaktivitäten lassen sich besser planen und bewerten, was zur Minimierung von Aufwänden und Gleissperungen und damit zu einer Reduzierung von (Instandhaltungs-)Kosten führt.

Die Digitalisierung der Baustelle betrifft nicht nur das immer wichtiger werdende Instandhaltungsgeschäft, sondern ist auch bei der Durchführung von aluminothermischen Schweißungen ein wichtiger Entwicklungsschritt. Dabei stehen zwei Aspekte im Vordergrund:

- Sicherstellung der Einhaltung wichtiger Prozessvorgaben für die Durchführung der aluminothermischen Schweißung und
- unverfälschbare Dokumentation einer durchgeführten Schweißung.

Hierbei kommt es nicht zwingend auf die vollständige Erfassung aller Prozessparameter an, was mit einem hohen technischen Aufwand verbunden wäre, vielmehr geht es um die Unterstützung des Schweißpersonals, indem beim Erreichen eines bestimmten Prozesspunkts (z. B. Ende der Vorwärmung) ein akustisches Signal ertönt, welches per Tastendruck quittiert und als Abschluss dieses Prozessschritts elektronisch dokumentiert wird. Diese Digitalisierung lässt sich schrittweise von der Prozess- und Dokumentationsunterstützung bis zur vollautomatischen Durchführung der Schweißung ausbauen. Das heißt, qualitätsbeeinflussen-

de Parameter, wie der Zeitpunkt der Tiegelöffnung, die Aufheiz- und Abkühlzeiten oder die für die notwendige Vorwärmung der Schienenenden beim Thermit®-Schweißprozess einzustellenden Gasdrücke werden aktiv gesteuert. In der Goldschmidt Thermit Group wird derzeit an

allen Stufen dieser Digitalisierung gearbeitet. Mit dem Serienstart der hausinternen Entwicklung des SMARTWELD MONITOR und des SMARTWELD RECORDS im Jahr 2016 wird ein weiterer wesentlicher Schritt zur Erreichung dieses Ziels getan.



■ Bild 9: Messergebnisse per App ermitteln

## 6 Epilog

Ohne Thermit®, der Erfindung von Prof. Hans Goldschmidt vor 120 Jahren, ist moderner Bahnkomfort genauso undenkbar wie der Schienengüterverkehr mit extremen Lasten. Das aluminothermische Gießschweißverfahren findet als zuverlässiges und sicheres Schweißverfahren weltweit seine Anwendung, so z. B.

- im Eisenbahn-Schwerlastgüterverkehr, z. B. in Südafrika, in den über 800 km langen Strecken Broodsniersplaas-Richards Bay oder Sishen-Saldanha,
- in Australien, wo Zugverbände mit einer Gesamtlänge von bis zu 7 km im Einsatz sind und Radsatzlasten von bis zu 40 t gefahren werden,
- auf Hoch- und Höchstgeschwindigkeitsrelationen, z. B. in Frankreich auf

der TGV POS, der Strecke, auf der der Geschwindigkeits-Weltrekord des TGV mit 574,8 km/h erzielt wurde, sowie – im durch hohe Taktraten geprägten urbanen Stadtbahn-Verkehr, wie z. B. im Marmaray-Tunnel in Istanbul, in welchem mit Thermit®-Schweißportionen nicht nur die Schienen, sondern letztendlich die Kontinente Asien und Europa miteinander verbunden wurden.

Eine gut funktionierende Bahn-Infrastruktur wird aufgrund des Thermit® und seiner guten Anwendungseigenschaften noch eine lange Zukunft haben und maßgebend für das Schienenverbundschweißen bleiben. Mit den stetig wachsenden Anforderungen an das lückenlose Gleis geht eine fortwährende Weiterentwicklung des Thermit®-Schweißens einher. Der zunehmenden Digitalisierung,

hinsichtlich der aluminothermischen Schweißung und der Instandhaltung des Gleises, kommt in diesem Kontext eine besondere Bedeutung zu. – A 243 –

(Indexstichworte: Eisenbahn-Oberbau, Infrastruktur, Instandhaltung)

(Bildnachweis: 1 bis 9, Elektro-Thermit GmbH & Co. KG, Halle (Saale))

### Literatur

- [1] *Miura, K.*: Committee of new edition of track materials. New Edition Track Materials. The 1st issue. Tokio, 2011.
- [2] *Antoni, M.*: Schottergleis und kommerzielle Geschwindigkeit über 300 km/h? ZEV-rail 135 (2011) Tagungsband SFT Graz 2011, S. 170–179.
- [3] *Wegner, A.; Damm, S.*: Digitale Abnahme von Schienenlängsprofilen. ZEVrail 139 (2015) 6-7, S. 252–259.



*Dipl.-Ing. (FH) Johannes Braun (52).* Bis 1989 Studium der Elektrotechnik/Energietechnik an der Fachhochschule Kaiserslautern. 1989–1997 Inbetriebsetzungs- und Projektleiter (Anlagenbau-Eisenhüttenwerke/Walzstraßen) bei der

Siemens AG Industrial Solutions und Siemens Pte Ltd. Singapore; 1997–2006 Projektmanagement und Baustellenleitung Infrastrukturprojekte/Gesamtanlagen bei Siemens AG Transportation Systems-Turnkey Solutions und Transrapid International GmbH, Berlin; 2006–2011 Geschäftsbereichsleiter Leit-/Sicherheitstechnik und Infrastruktur, Alstom Transport Deutschland GmbH, Berlin und Salzgitter, in Personalunion Geschäftsleiter bei Alstom Austria GmbH, Wien; seit 2011 Spartenleiter Vollbahnen, Goldschmidt Thermit GmbH, Leipzig, 2014–2015 in Personalunion CEO bei Elektro-Thermit GmbH & Co. KG, Halle (Saale).  
Anschrift: Goldschmidt Thermit GmbH, Hugo-Licht-Str. 3, 04109 Leipzig, Deutschland.  
E-Mail: johannes.braun@goldschmidt-thermit.com



*Dr.-Ing. Jörg Keichel (48).* Bis 1995 Studium der Metallurgie und Werkstofftechnik mit Vertiefungsrichtung Metallkunde an der RWTH Aachen, 2001 Promotion im Bereich Metallurgie und Werkstofftechnik an der RWTH Aachen. 2000–2001

Technology Manager, Product Application – Steel Sheet, OCAS N.V., ARBED GROUP, Zelzate, Belgien; 2001–2004 Leiter F&E, Elektro-Thermit GmbH & Co. KG, Essen; 2004–2005 Leiter Technischer Service, Elektro-Thermit GmbH & Co. KG, Halle (Saale); seit 2005 Geschäftsführer, Elektro-Thermit GmbH & Co. KG, Halle (Saale).  
Anschrift: Elektro-Thermit GmbH & Co. KG, Chemiestr. 24, 06132 Halle (Saale), Deutschland.  
E-Mail: joerg.keichel@elektro-thermit.de



*Dr.-Ing. Andreas Peters (50).* Bis 1992 Studium der Metallurgie und Werkstofftechnik mit Vertiefungsrichtung Werkstoffwissenschaften an der RWTH Aachen. 1994 Promotion im Bereich Metallurgie und Werkstofftechnik, RWTH Aachen. 1999–2003

Leiter Werkstofftechnik im Qualitätswesen, Robert Zapp Service GmbH, Ratingen; 2004–2007 Leiter Qualitätswesen, Benteler Stahl/Rohr GmbH, Dinslaken; 2008–2010 Senior Projekt Manager und Leiter Basistechnologie Werkstofftechnik/Entwicklungsabteilung, Benteler Stahl/Rohr GmbH, Paderborn; 2010–2013 Leiter Zentrale Entwicklung, Benteler Tube Management GmbH; seit 2014 Leiter Technology Innovation Center (TIC), Goldschmidt Thermit GmbH, Leipzig.  
Anschrift: Goldschmidt Thermit GmbH, Am Schenkberg 20, 04349 Leipzig, Deutschland.  
E-Mail: andreas.peters@goldschmidt-thermit.com