

Weitere Informationen erhalten Sie bei

Johanna Quintus, Corporate Communications Professional der Atlas Copco IAS GmbH  
Tel. +49-7252-5560-4623, johanna.quintus@atlascopco.com

Thomas Preuß, Pressebüro Turmpresse, Jägerstraße 5, D-53639 Königswinter,  
Tel. +49-2244-871247, atlascopco@turmpresse.de

IAS1927a

### Fügetechnik im Karosseriebau

## Der Weg zur perfekten Falzklebeverbindung

***Das Falzkleben gehört zu den anspruchsvollsten Fügeprozessen im Karosseriebau, da der Falzbereich besonders anfällig für Korrosion ist. Dieser Beitrag beschreibt, welche Faktoren den Prozess maßgeblich beeinflussen, welche Technik sich für die Applikation des Klebstoffs eignet und wie die Qualität des Endprodukts überprüft und sichergestellt werden kann.***

**Bretten, Oktober 2019.** Falzklebeverbindungen werden in der Automobilindustrie bei Anbauteilen wie Türen, Front- oder Kofferraumklappen sowie Kotflügeln eingesetzt [Bild 1]. Diese Fügetechnik stellt die mechanische und chemische („hybride“) Verbindung der Konstruktionen sicher und erfüllt zudem eine optische Funktion, indem sie die Schnittkanten der Metallbleche verbirgt. Die Herausforderungen für die Automobilhersteller liegen in den komplexen Geometrien der Bauteile, der optimalen Füllung im Falzbereich, dem Vermeiden von Luftkanälen, die zu Korrosion führen können, sowie im Erzielen einer sauberen, randscharfen Applikation.

Beim Falzkleben werden ein Außen- und ein Innenblech parallel zueinander positioniert und so zusammengefügt, dass das äußere Bauteil das innere umfasst [Bild 2]. Vor dem Umschlagen („Bördeln“) des Außenblechs wird auf dessen Rand ein hochfester Strukturklebstoff aufgetragen, der im Anschluss an das mechanische Umformen den Falz füllt. Der Klebstoff im Falzinneren hält Innen- und Außenteil in Position, erhöht die Crash-Sicherheit und schützt vor Korrosion. Wie stabil eine verklebte Falzverbindung langfristig ist, hängt maßgeblich von der Verteilung des Klebstoffs im Falz ab. Bild 3 stellt die wichtigsten Kriterien dar.

### Atlas Copco IAS GmbH

Atlas Copco IAS GmbH  
Gewerbestraße 52  
75015 Bretten

Tel.: +49 (0) 7252/5560-0  
Fax: +49 (0) 7252/5560-5100  
www.atlascopco.de

Amtsgericht Mannheim,  
HRB 729840  
Ust.-IdNr: DE 183785948

Geschäftsführer:  
Erik Felle  
Dieter Eltschkner  
Olaf Leonhardt

Die Herausforderungen für die Automobilhersteller liegen in den komplexen Geometrien der Bauteile, der optimalen Füllung im Falzbereich, dem Vermeiden von Luftkanälen, die zu Korrosion führen können, sowie im Erzielen einer sauberen, randscharfen Applikation.

### **Herstellen der Falzklebeverbindung**

Beim Falzen wird eine Kraft auf das Bauteil ausgeübt, die es verformt und die gleichzeitig den Klebstoff innerhalb des Falzbereichs verteilt. Die Auswahl der Falzmethode hängt unter anderem von Größe und Kontur der Bauteile ab. Als Verfahren kommen Table-top-, Rollfalzen [Bild 4, 5] sowie Pressfalzen infrage.

Für den Bördelfalz im Karosseriebau werden üblicherweise Epoxidharze, kautschukbasierte sowie Zwei-Komponenten-(2-K-)Klebstoffe verwendet. Insbesondere Epoxidharze bieten eine hohe Strukturfestigkeit und haften auch auf ölbenetzten Oberflächen, ohne dass diese vorher gereinigt werden müssen. Das ist deshalb ein Vorteil, weil viele Bauteile in der Produktion zum Schutz vor Korrosion beölt werden. Darüber hinaus enthalten viele Falzklebstoffe Füllteile, etwa kleine Glaskugeln, die für einen definierten Abstand der Bleche sorgen und die mechanische Verbindung verbessern, indem sie sich in die Bleche hineinarbeiten.

### **Klebstoff wird manuell oder automatisch appliziert**

Der Klebstoff kann manuell oder vollautomatisch per Roboter aufgetragen werden. Beim manuellen Klebstoffauftrag ist die Materialversorgung im Prinzip direkt mit einem Handapplikator verbunden. Die Qualität des Auftrags von Hand hängt sehr von der Erfahrung des Werkers ab. Manuelle Applikationen finden sich typischerweise in Prototyp-Phasen oder in Kleinserien. Gründe für die Wahl derartiger Lösungen sind die gute Zugänglichkeit, die hohe Flexibilität und die geringen Investitionskosten.

Höhere Qualität und Wiederholgenauigkeit sowie kürzere Taktzeiten werden mit automatischen Systemen erreicht. Ein automatisiertes Rohbau-Klebesystem besteht in der Regel aus einer Materialversorgung, einer Systemsteuerung, einem Dosierer und einem Applikator. Bei automatisierten Systemen kann der Anwender Prozessparameter wie das Klebstoffvolumen oder die Geschwindigkeit des Materialauftrags präzise einstellen.

Bei allen Verfahren wird eine saubere Applikation und damit eine optimale Verteilung des Klebstoffs innerhalb des Falzes angestrebt, ohne dass überschüssiges Material beim Falzvorgang austritt.

### **Swirl-Applikation besonders geeignet**

Für die Anwendung eignen sich verschiedene Auftragsarten. Neben herkömmlichen Kleberaupen in unterschiedlichen Durchmessern bietet sich für den Bördelfalz die sogenannte Swirl-Applikation an [Bild 6]. Bei dieser wird der Klebstoff in Kreiselbewegungen aufgetragen, was eine besonders gleichmäßige Füllung und Verteilung innerhalb des Falzes beim Zusammenfügen der beiden Bleche ermöglicht. Durch den optimierten Füllgrad steigt die Qualität: Blechüberlagerungen werden besser abgedichtet, es wird ein besserer Korrosionsschutz erzielt und weniger Klebstoff benötigt.

Das Swirl-Verfahren erhöht zudem die Flexibilität im automatisierten Klebstoffauftrag. Während der Abstand zwischen Applikator und Bauteil bei der Raupenapplikation in der Regel dem Raupendurchmesser entsprechen muss, erlaubt das Swirl-Verfahren größere Abstände, die bis zu 50 Millimeter betragen können. Eine Änderung des Abstands wirkt sich nicht auf das Applikationsbild aus. Das vereinfacht die Roboterprogrammierung, erlaubt höhere Geschwindigkeiten und erleichtert die Zugänglichkeit gerade bei komplexen Geometrien.

### **Gleichmäßige Verteilung des Klebstoffs**

Gleichzeitig bieten Swirl-Applikationen eine für Falzanwendungen optimierte Materialverteilung: Die gleiche Materialmenge wird auf einer größeren Fläche gleichmäßig verteilt. Trotzdem ist die Applikation präzise und randscharf. Das wirkt sich positiv auf das Verpressen im Falzprozess aus. Bei modernen Swirl-Applikatoren lässt sich zudem die Breite der Applikation präzise einstellen. An Stellen, wo weniger Material benötigt wird, kann das aufgetragene Volumen zielgenau reduziert werden, wobei die Auftragsqualität konstant hoch bleibt [Bild 7]. So lässt sich die Klebenacht perfekt an die geometrische Form des Flanschs anpassen; Materialaustritt und Nacharbeit werden vermieden. Gleichzeitig sinkt der Klebstoffverbrauch.

Je nach erforderlicher Durchflussmenge, Viskosität des Klebstoffs oder Raupengeometrie sind verschiedene Applikatoren verfügbar. Ein Applikator, der unterschiedliche Raupenarten erzeugen kann, ist zum Beispiel der E-Swirl 2 AdX

BIW von Atlas Copco [Bild 8]. Er hat einen verstellbaren Exzenter, der die Umstellung von Raupen- auf Swirl-Applikation ermöglicht. Das Gerät bietet Anwendern drei verschiedene Möglichkeiten zum Klebstoffauftrag: die herkömmliche Raupenapplikation, die Swirl-Applikation mit kontantem Durchmesser sowie die Swirl-Applikation mit Einschnürungen.

Eine weitere wichtige Funktion des E-Swirl 2 AdX ist seine Beheizbarkeit. Dadurch lassen sich auch hochviskose Klebstoffe wie Epoxidharze oder Kautschuk optimal verarbeiten.

### Typische Fehler und ihre Ursachen

Die Qualität der Falzklebeverbindung hat Auswirkungen auf die nachfolgenden Prozesse, etwa das KTL-Bad (KTL = Kathodische Tauchlackierung) oder die Lackierung der Karosserie. Entspricht der Klebstoffauftrag im Bördelfalz nicht den Qualitätsanforderungen, so kann beispielsweise Material aus dem Falz austreten. Dann muss das Bauteil nachgearbeitet werden, damit das KTL-Bad nicht kontaminiert wird. Sollten fehlerhafte Teile die Lackierstraße erreichen, kann das ausgetretene Material zu Problemen bei der Feinnahtabdichtung führen.

Gängige Mängel sind aus dem Spalt austretender Klebstoff, mäandernde Muster im (ausgehärteten) Material sowie PVC-Blasen bei der Nahtabdichtung.

**Klebstoff** kann dann **austreten**, wenn bei der Montage entweder zu viel Material appliziert wurde, wenn die Position der Raupe – etwa durch fehlerhafte Roboterprogrammierung – nicht korrekt war oder wenn fehlerhaft gefalzt (zum Beispiel zu fest gepresst) wurde.

**Mäanderndes Material** weist zusätzliche Schleifen und/oder ein gewundenes Muster im ausgehärteten Klebstoff auf. Dies kann mehrere Ursachen haben:

- Rückfedern/Scherbewegungen der Bleche nach dem Falzen
- Zu wenig Klebstoff aufgetragen
- Zu hohe Presskraft beim Falzen und dadurch Verschiebung des Klebstoffs
- Einen zu hohen Beölungsgrad der Bleche (zulässig sind maximal 5 g/m<sup>2</sup> bei Stahl und 0,5 g/m<sup>2</sup> bei Aluminium), der die optimale Klebstoffverteilung und -haftung beeinträchtigt.

Auch zu große **Toleranzen** der Dicke oder Geometrie der **Bleche** können die Qualität der Falzverbindung mindern.

Werden die Hohlräume nicht richtig mit Klebstoff gefüllt, kann es zu **Lufteinschlüssen** und in der Folge zu kleinen Taschen bei der anschließenden Feinnahtabdichtung mit PVC kommen. Diese Luft expandiert während des Härteprozesses, was zu sogenannten **PVC-Blasen** führt. Dadurch leiden die Optik sowie die Wirksamkeit der Abdichtung gegen Korrosion.

Auch im noch unverarbeiteten Klebstoff können **Luftblasen** vorhanden sein, die dann beim Auftrag zu Nahtunterbrechungen führen. Werden derartige Mängel erst am fertigen Teil festgestellt, ist eine kostspielige Nachbesserung erforderlich. Wird der Fehler nicht erkannt und das defekte Bauteil gar an die Karosserie montiert, kann dies nach einigen Jahren zu Korrosion führen.

#### **Automatische In-Line-Qualitätssicherung mit visueller Inspektion**

Die Qualität des Klebstoffauftrags lässt sich unter anderem mit visuellen Inspektionssystemen überwachen, und zwar durchgängig sowie direkt während der Applikation. Moderne Systeme kontrollieren in der Regel Breite, Position und Kontinuität der Klebnaht. Intelligente Lösungen, die Atlas Copco mit seinen Applikations- und Dosiersystemen der Produktlinie SCA anbietet, verfügen zudem über eine Funktion zur In-Line-Raupenreparatur. Damit wird eine Nahtunterbrechung noch im selben Takt automatisch korrigiert.

Systematische Fehler des Prozesses lassen sich durch stichprobenartige Zerstörung entlarven. Um etwa herauszufinden, ob die Falzverklebung die Anforderungen an Strukturfestigkeit und Korrosionssicherheit erfüllt, wird der Falz an einigen fertigen Bauteilen wieder aufgetrennt. Dabei erkennt der Prüfer unzureichende Füllgrade, Luftpneinschlüsse oder eine schlechte Verteilung des Klebstoffs. Der Nachteil ist, dass der Fehler erst nach dem KTL-Bad entdeckt wird und das Bauteil anschließend nicht mehr verwendet werden kann.

Eine jüngere Entwicklung ist die Ultraschallprüfung, mit der die Klebeverbindung über die gesamte Naht zerstörungsfrei kontrolliert wird. Fehlerstellen im Material reflektieren die Ultraschallpulse, was auf einem Monitor angezeigt werden kann. Damit lassen sich Schwachstellen im Applikationsvorgang gezielt rückverfolgen.

In den weltweiten Innovationszentren von Atlas Copco können Bördelfalz- und andere Fügeprozesse in enger Zusammenarbeit mit den Automobilherstellern und Materiallieferanten simuliert werden. So lässt sich jederzeit eine Lösung finden, die den individuellen Parametern und Prozessanforderungen gerecht wird.

*Autor: Udo Mößner ist Technischer Vertriebsberater bei der Atlas Copco IAS GmbH in Bretten. Tel. +49 7252 5560 4161, E-Mail: [udo.moessner@atlascopco.com](mailto:udo.moessner@atlascopco.com)*

((Mögliche Infobox))

Noch mehr hilfreiches Wissen zum Thema Falzkleben finden Sie in einem Taschenbuch von Atlas Copco, das kostenlos erhältlich ist. Hier geht es zum Download.

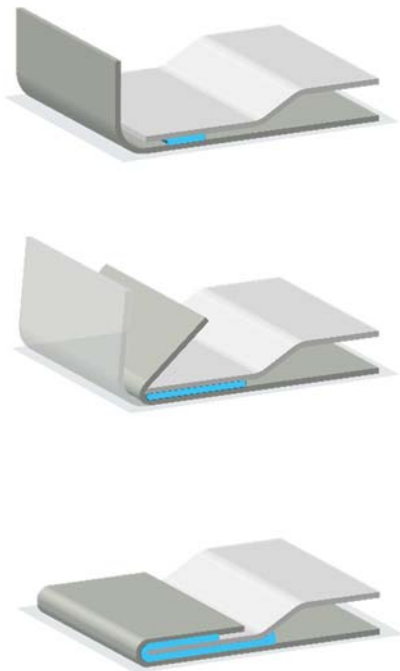
((Link dazu wäre dieser:)) <https://www.atlascopco.com/content/dam/atlas-copco/industrial-technique/general/documents/pocketguides/Pocket-Guide-Hem-Flange-DE.pdf>

((Oder: „Mailen Sie an Johanna Quintus: [johanna.quintus@atlascopco.com](mailto:johanna.quintus@atlascopco.com)“ statt Download-Link.))

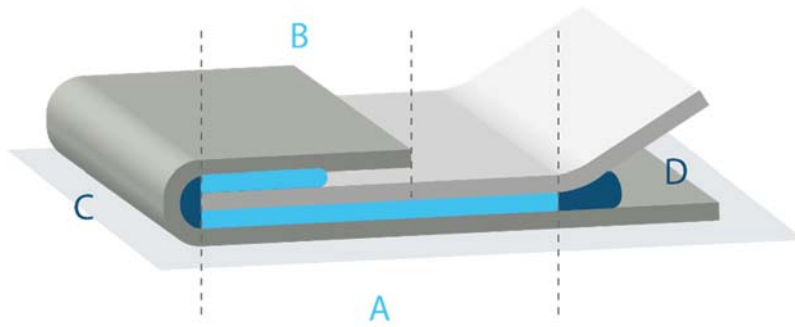
*Bilder und Bildunterschriften:*



*[Bild 1] Motor- und Heckklappen sind typische Anbauteile, die im Fertigungsprozess gefalzt und verklebt werden. (Bild: Atlas Copco)*



*[Bild 2] Schachtelung (oben): Die Innenplatte wird mit der Außenplatte, auf die bereits Klebstoff aufgetragen wurde, verschachtelt. Eine planparallele Verschachtelung sichert ein optimales Ergebnis. Falzen (Mitte): Mechanisches Formen mithilfe verschiedener Verfahren, die dem Falz seine endgültige Form geben. Schlussfalz (unten): Der Klebstoff ist vollständig verpresst. Ein optimal gefüllter Falz ohne Lufteinschlüsse verhindert Korrosion. (Bild: Atlas Copco)*



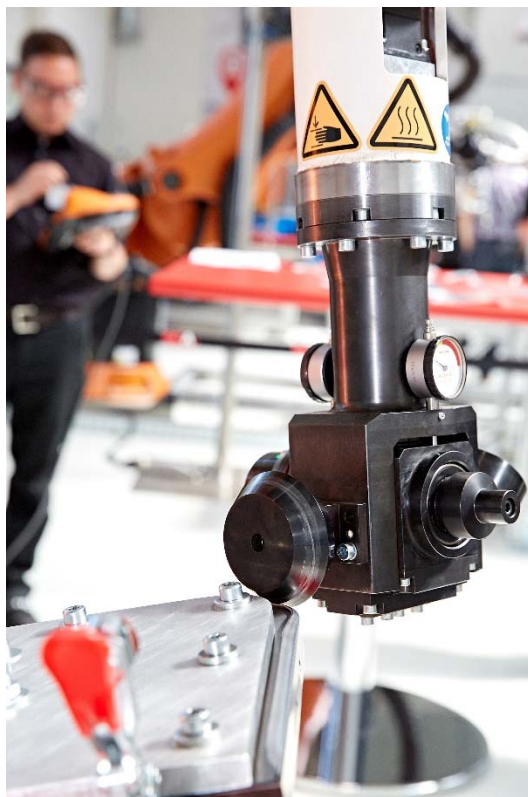
[Bild 3] Wie stabil eine Falzverklebung langfristig ist, hängt maßgeblich von der Verteilung des Klebstoffs im Falz ab. Dafür gibt es vier relevante Kriterien.

**A:** 100-prozentige Verklebung zwischen Innen- und Außenblech

**B:** Definierte x-prozentige Verklebung zwischen Innen- und Außenblech

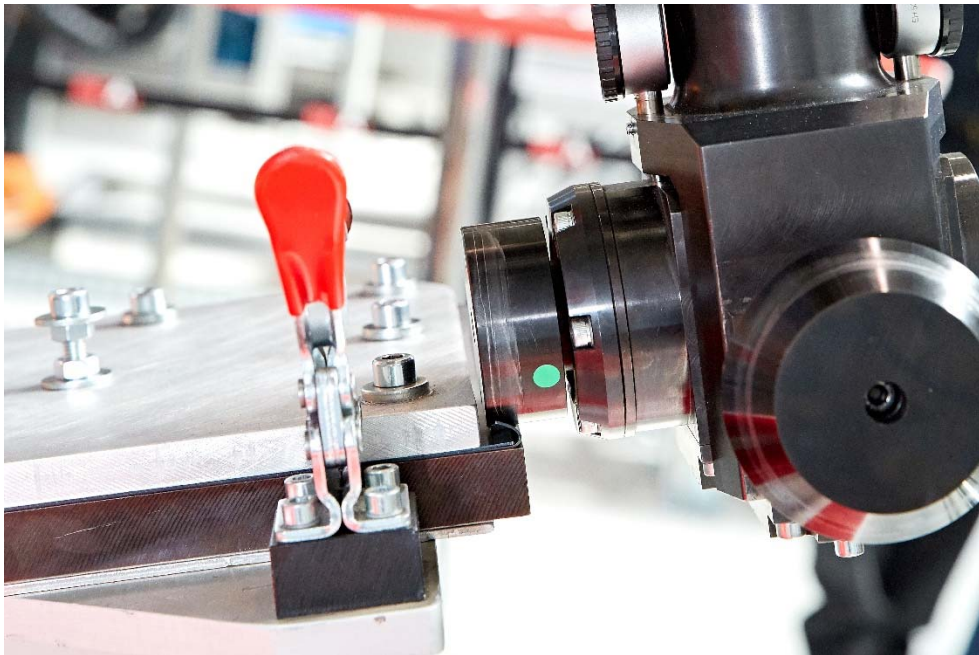
**C:** Vollständige Füllung der äußeren Wurzel mit Klebstoff

**D:** Ausreichende Klebstoffverteilung an der inneren Wurzel (Bild: Atlas Copco)

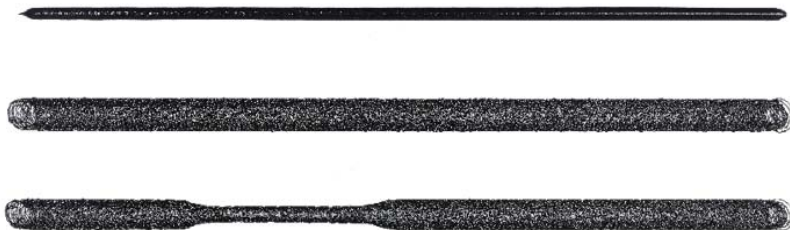


[Bild 4] Rollfalzen, erster Schritt mittels Vorfalzrolle. Das Verfahren erzielt speziell bei komplexeren Bauteilgeometrien eine hohe Oberflächenqualität. (Bild: Atlas Copco)





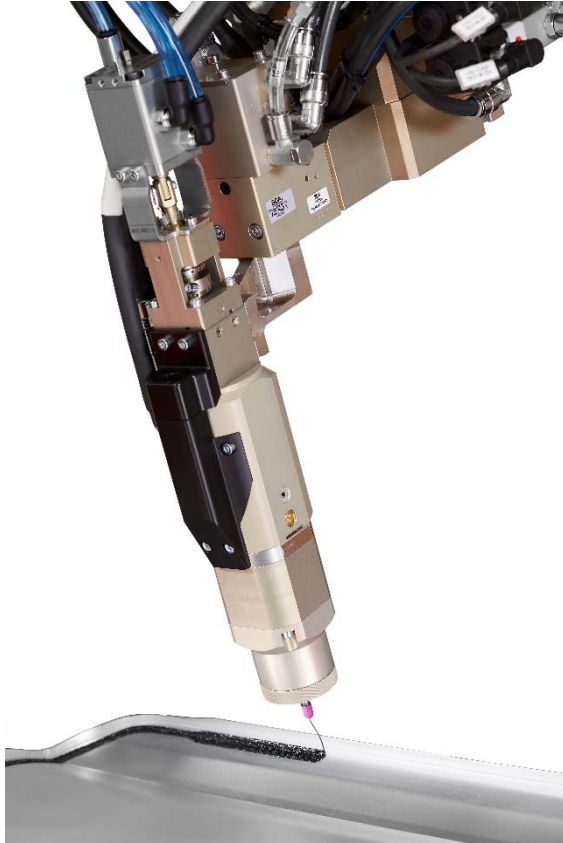
*[Bild 5] Das Rollfalzen ist flexibel und präzise, erfordert aber vergleichsweise hohen Programmieraufwand. Im Bild der zweite Schritt mit der Fertigfalzrolle. (Bild: Atlas Copco)*



*[Bild 6] Applikationsarten: Klassische Raupenapplikation (oben), Swirl-Applikation (Mitte) und Swirl-Applikation mit Einschnürung (unten). (Bild: Atlas Copco)*



*[Bild 7] Applikation mit Einschnürung, im Swirlverfahren auf das Außenblech eines zu falzenden Bauteils aufgebracht. An Stellen, wo weniger Material benötigt wird, insbesondere in Kurven, lässt sich das Klebstoffvolumen bei gleichbleibend hoher Auftragsqualität zielgerecht anpassen. (Bild: Atlas Copco)*



*[Bild 8] Raupen- und Swirl-Applikator in einem: Moderne Fahrzeugkonstruktionen erfordern zunehmend flexible Applikationslösungen. Der Applikator E-Swirl 2 AdX BIW der Produktlinie SCA von Atlas Copco meistert sowohl klassische Raupenapplikationen als auch Swirl-Applikationen mit gleicher Präzision. Durch eine flexibel einstellbare Applikationsbreite und einen akkuraten Materialauftrag eignet sich der Applikator besonders für Falzklebeverbindungen. (Bild: Atlas Copco)*

### Über Atlas Copco

Innovation durch großartige Ideen: Atlas Copco entwickelt seit 1873 industrielle und zukunftsfähige Lösungen mit großem Mehrwert für seine Kunden. Der Konzern hat seinen Hauptsitz in Stockholm, Schweden, sowie Kunden in mehr als 180 Ländern. 2018 erzielte Atlas Copco mit rund 37000 Mitarbeitern einen Umsatz von 9 Milliarden Euro (95 Milliarden Schwedische Kronen). [www.atlascopco.com](http://www.atlascopco.com)

**In Deutschland** ist Atlas Copco seit 1952 präsent. Unter dem Dach zweier Holdings mit Sitz in Essen agieren derzeit rund 20 Produktions- und Vertriebsgesellschaften. Der Konzern beschäftigte in Deutschland Ende 2018 über 3290 Mitarbeiter und hat derzeit rund 120 Auszubildende. [www.atlascopco.de](http://www.atlascopco.de)

**Industrielle Montagelösungen** (Industrial Assembly Solutions, IAS) ist eine Division in Atlas Copcos Konzernbereich Industrietechnik. Die Division bietet unterschiedliche Fügeverfahren aus einer Hand. Atlas Copco ist damit bezüglich innovativer Fügeverfahren ein strategischer Partner für die Automobilindustrie sowie die allgemeine Industrie weltweit. Die Lösungen im Bereich Kleben und Dosieren, Stanznieten und Fließlochschrauben sowie Qualitätssicherung werden unter den Produktmarken SCA, Henrob, K-Flow und Quiss vertrieben. Die Division hat ihren Hauptsitz in Schweden sowie Fertigungsstandorte in den USA, Großbritannien, Deutschland und China.