

UNANGENEHM – ABER NOTWENDIG: DAS SPANNEN VON DÜNNBLECH IM SCHIENENFAHRZEUGBAU

Einfach und reproduzierbar spannen

Thomas Vauderwange, Offenburg, Paolo Matarrese, Bellinzona/Schweiz

Haben Sie schon einmal etwas auf ein dünnes Blech geschweißt? In kürzester Zeit entstehen faszinierende Formen, wenn das Blech sich in alle Richtungen verwirft. Sind die Schweißungen ringsherum, ergibt sich ein Beulfeld, bei dem das Berg- und-Tal-Muster durchaus auch einen sogenannten „Frosch“ bilden kann, einen bistabilen Zustand. Auf dem Weg zum gebrauchstauglichen Produkt muss nun gerichtet – „gespannt“ – werden. Das hört sich kompliziert und knifflig an. In diesem Fall führt der Recherchebesuch ins Instandsetzungswerk der Schweizerischen Bundesbahn (SBB) in die malerische Kulisse von Bellinzona im Tessin.

Ein Schienenfahrzeug muss robust gebaut sein, um über lange Zeit erheblichen Beanspruchungen dynamischer Art standzuhalten. Deswegen findet man in deren Aufbau zumeist eine Tragstruktur, die bei Waggons beispielsweise aus Z-Profilen besteht. Darauf wird das Deckblech, beispielsweise aus Baustahl S355 oder Chromstahl 1.4003, in der Dicke 2 mm oder bei Lokomotiven auch 3 mm kraft- und formschlüssig dauerhaft verschweißt. Hierbei ist nicht davon auszugehen, dass bei den einzelnen Rechteckfeldern durchgehend

umlaufende Schweißnähte verwendet werden. Von abschnittswisen MAG-Nähten über reine Punktschweißverbindungen bis hin zu automatisierten Laserstrahlschweißungen ist in der Praxis eine große Bandbreite anzutreffen. In **Bild 1** sieht man am Beispiel eines Personenwaggons der SBB die Innenseite eines solchen Aufbaus mit Z-Profilen und aufgeschweißtem Deckblech.

Mit der Erkenntnis, dass bei jeder Schweißung ein gewisses Maß an Schrumpfung entsteht, wird nun deutlich, worin die

Herausforderung besteht. Unter der Annahme, dass der Blechzuschnitt an sich noch eben und mit sich im Gleichgewicht war, kommt man nun zu einer Situation, in der rund um das Rechteck quasi zu wenig „Material“ ist, das Blech verkürzt wurde.

Läge das in dieser Weise veränderte Blech frei, so würde sich zumindest in der Mitte eine große Beule bilden, und der Rand wäre sicher nicht mehr in einer Ebene. Im Fall der Schienenfahrzeug-Struktur ist das nun anders: Der Rand ist mit der deutlich stärkeren



▲ Bild 1. Z-Profil-Struktur in einem Personenwaggon



▲ Bild 2. Nach dem Schweißen wird aus dem ebenen Blech ein Beulfeld.



▲ Bild 3. Ein gespanntes Trommelfell ist zwangsläufig eben, wenn der Rahmen gerade ist.

Unterkonstruktion verschweißt und damit in eine Ebene gezwungen. Das Blechfeld sucht sich ein energetisches Minimum und versucht den sich aufbauenden Spannungen durch den Aufbau von Verzug zu begegnen. Das sieht durchaus so aus, wie in **Bild 2** gezeigt.

Das Bild zeigt übrigens gleich eine der nur wahrgenommenen Kompliziertheiten. Das darübergelegte Richtscheit suggeriert, dass die Verzugsmessung ein zentrales Thema wäre. Ist es nicht! Solange um das Blech herum eine deutlich stärkere Tragstruktur besteht (das ist beispielsweise im Fahrzeugbau oder Behälterbau bei ähnlichen Aufgabenstellungen meist nicht der Fall), muss man gleich einem Trommelfell einfach nur genügend Spannung ins Feld bringen – und danach ist es natürlich auch gerade, was sonst. Oder würden Sie bei einer Trommel (**Bild 3**) überrascht sein, wenn die gespannte Fläche eine perfekte Ebene bildet? Hoffentlich nicht.

Insofern mag es einem hemdsärmelig erscheinen, wenn der alterfahrene Richtmeister einfach mit der Faust auf das Blechfeld schlägt. Dröhnt und vibriert es mächtig, so ist nicht genügend Spannung drin. Dröhnt und vibriert nichts mehr, und der entstehende Ton wird immer höher, sind wir auf dem richtigen Weg. Wichtig: Diese „Messung“ darf man nur machen, wenn das Blech komplett abgekühlt ist. Nehmen Sie ein gespanntes Blechfeld und erwärmen es gleichmäßig und komplett, so wird eine riesige Beule entstehen. Warum? Weil das Blech sich thermisch ausdehnt und das in seiner Ebene recht schnell nicht mehr kann.

Daraus resultiert übrigens ein beliebter Anfängerfehler zu dieser Thematik: Schrumpfen und direkt den Effekt prüfen, während



◀ Bild 4. Bei der Ausbildung zur Flammrichtfachkraft nach Richtlinie DVS 1145 ist dieses Beulfeld eines der Ausbildungsstücke.

noch viel Wärme im Blech ist. Reicht nicht, also weiter schrumpfen. Reicht immer noch nicht. Das geht dann so lange, bis man aufgibt und aufhört. Wenn dann alles abkühlt, wäre es nicht ungewöhnlich, wenn das Blechfeld auf einmal mit Getöse reißt, beziehungsweise – im Fall schwächerer Tragrahmen – wenn es diese komplett verzieht.

Und noch ein anderer, schwerwiegender Fehler liegt nahe: Man manipuliert Schweißreihenfolge und/oder Schweißprozess so lange, bis der Verzug direkt nach dem Schweißen innerhalb der Toleranzen ist, und freut sich, den ungeliebten Spannprozess eingespart zu

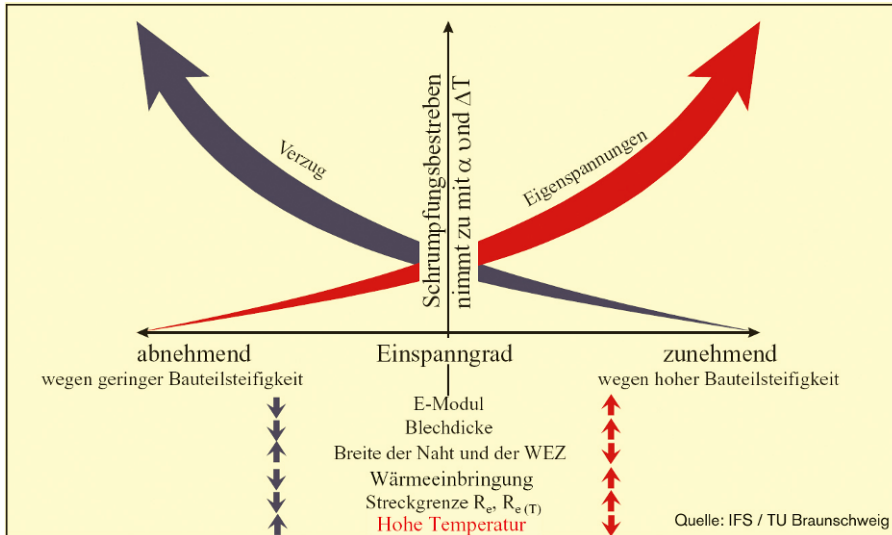
haben. Warum das extrem problematisch ist, wird schätzungsweise erst der Fahrgast feststellen, dem eine ungewohnt unangenehme Geräuschkulisse droht. „Tolle“ Effekte stehen auch bevor, wenn die Sonne auf das betreffende Blechfeld scheint. Da kann sich auch mit entsprechendem Geräusch ein „Frosch“ bilden, zusammen mit einer optisch leicht erkennbaren Beulung.

Ausbildung am „Beulfeld“

Es soll das Blechfeld also durch Schrumpfung in der Fläche gespannt werden – und danach ist es auf jeden Fall hinreichend eben.



▲ Bild 5. Setzen von einzelnen Schrumpfungspunkten mit Tiefeninduktion



▲ Bild 6. Dass Verzug und Eigenspannungen jederzeit reversibel ineinander umgewandelt werden können, ist bekannt.

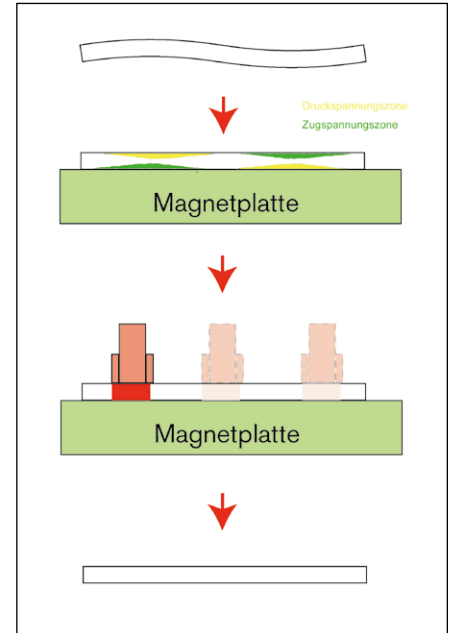
Werfen wir dazu zunächst einen Blick auf die zugrunde liegenden Mechanismen. Die Richtlinie DVS 1145 für die Ausbildung zur Flammricht-Fachkraft legt eine hervorragende Grundlage zum Thema des thermischen Richtens. Eines der standardisierten Probestücke ist das „Beulfeld“ (Bild 4), ein robuster Vierkant-Rahmen mit aufgeschweißtem Deckblech. Dass in dem Probestück eine ringsum durchgehende MAG-Schweißnaht den aufkommenden Verzug maximiert, ist für die Verständnigewinnung ideal.

Für gewöhnlich wird dem Flammrichter dann gezeigt, wie er einem aufgezeichneten Raster entlang kleine, kreisrunde Flecken

mit einem kleinen Acetylen-Sauerstoff-Brenner erwärmt. Sofern die erwärmte Zone ihm entgegenkommt, wird sie mit einem Hammer eingestaucht. Bewegt sich das Blech aber unter Wärme nach hinten weg, wird dieser Punkt ausgelassen. Dieser Vorgang wird im Blechfeld kreisförmig von außen nach innen vorgenommen und steht unter dem Vorbehalt, dass die eingebrachte Wärmemenge nicht zu groß werden darf. Im Zweifelsfall muss der Flammrichter tatsächlich mit dem nassen Lappen großflächig Wärme aus dem Blech nehmen oder es gar abkühlen lassen, bevor er weitermachen darf. Sobald alle Punkte, die ihm entgegenkommen, eingestaucht wurden, geht er auf die



▲ Bild 8. Waggon-Rohbau in der Korrosions-Instandsetzung: Am linken Fenster sind die Ersatzbleche eingeschweißt (roter Pfeil), am rechten erst geheftet.



▲ Bild 7. Schematische Darstellung des Richtvorgangs: Verzug in Eigenspannung verwandelt, Wärmewirkung überall gleich, deutlich mehr Schrumpfung in Druckeigenspannungszone – Ergebnis: das perfekt gespannte Blech.

Gegenseite und nimmt sich der verbleibenden Punkte auf dieselbe Weise an.

Um es klarzustellen: Selbstverständlich funktioniert dieses Verfahren zuverlässig. Jedoch ist der Hammer eine enorme Lärmquelle, und die Flamme ist eine Wärmequelle, die nur so reproduzierbar arbeitet, wie sie der Anwender handhabt. Der Staucheffekt entsteht damit gar nicht so sehr durch eine verhinderte Ausdehnung (Grundmechanismus des thermischen Richtens), sondern durch das mechanische Einstauchen.

Zusätzliche Hilfsmittel erforderlich

Das Stauchen von Einzelpunkten ist tatsächlich im Schienenfahrzeugbau eine genutzte Option, nämlich immer dann, wenn produktivitätssteigernde Dehnungsbehinderungsmaßnahmen wie die Magnet- oder die Vakuumpalte mangels Zugänglichkeit nicht einsetzbar sind. Beim Einstauchen von Einzelpunkten macht es dann für den Werker einen großen Unterschied, ob er den Hammer braucht oder nicht. Sofern die Erhitzung extrem schnell und lokal begrenzt ist (das hat nichts mit extrem hoher Temperatur zu tun), dann braucht man den Hammer gar nicht. Das setzt beim Flammrichten den Einsatz eines genau passenden Brenners voraus – und handwerkliches Geschick.



▲ Bild 9. Verzugssituation mit dem Richtscheit vermessen und mit Kreide die Beultiefen an verschiedenen Stellen anzeichnen

Alternativ kann man die Schrumpfungsflecken mit Tiefeninduktion (**Bild 5**) unter Nutzung eines Timers setzen, dann ist die Schrumpfungswirkung des einzelnen Punkts automatisch immer sehr hoch und reproduzierbar. Eine Erwärmung, die lokal und schnell genug ist, kann auch ganz ohne externe Maßnahmen ausschließlich durch die Eigendehnbehinderung des Werkstoffs eine erhebliche Stauchung erzielen – prinzipiell das, was man beim Richten mit Tiefeninduktion (siehe auch Grundlagenvortrag „Thermisches Richten – keine schwarze Magie“ in DVS-Berichte, Band 327, S. 6–13, DVS Media, Düsseldorf 2016) seit einer Dekade als den grundlegenden Mechanismus des „minimalinvasiven Richtens“ beobachten kann.

Klar muss hingegen sein, dass die Schrumpfwirkung eines frei gesetzten Punkts, ob mit Flamme oder Tiefeninduktion eingebracht, immer kleiner ist als die eines mit dem Hammer eingestauchten Punkts. Will man das Spannen der Blechfelder schneller, prozesssicherer und energieeffizienter gestalten, so ist als zusätzliches Hilfsmittel eine Magnet- oder eine Vakuumplatte erforderlich. Hierbei wird das wellige Blech gegen eine perfekt ebene Platte gezwungen, die wesentlich stärker ist als das Blech. Neben einer reinen Ausdehnungsbehinderung wird durch die zeitweilige, rein elastische Verwandlung des Verzugs in Eigenspannungen auch der Richteffekt deutlich verstärkt und den Notwendigkeiten quasi automatisch perfekt angepasst.

Wie das? – Die in **Bild 6** dargestellten Zusammenhänge haben an dem Thema Interessierte in ähnlicher Form sicher schon einmal gesehen. Die Abbildung besagt, dass irgendwelche Ungleichgewichte in einem Werkstück



▲ Bild 10. Der Dreifleckinduktor ist zur Arbeit in einer Loch-Gegenplatte geeignet und erzeugt drei kreisrunde Richtflecke.

sich entweder in Verzug äußern können – oder aber sich stattdessen in Eigenspannungen manifestieren, und zwar dann, wenn sich das Bauteil aufgrund seiner Eigenstabilität oder externer Einspannung gar nicht verziehen

INFO

SBB Industrierwerk Bellinzona

Das Instandsetzungswerk der SBB in Bellinzona, bei dem die Aufnahmen für diesen Bericht entstanden sind, ist eines der größten seiner Art in der Schweiz. Mit 500 Beschäftigten werden Arbeiten an Schienenfahrzeugen vorgenommen, die Instandhaltungsmaßnahmen aller Art und Schwere an Lokomotiven und Personenwaggons sowie deren Drehgestellen umfassen. Das Gelände liegt mitten in der Stadt Bellinzona; derzeit entsteht ein großer Neubau außerhalb, wohin der Betrieb in einigen Jahren verlagert wird.

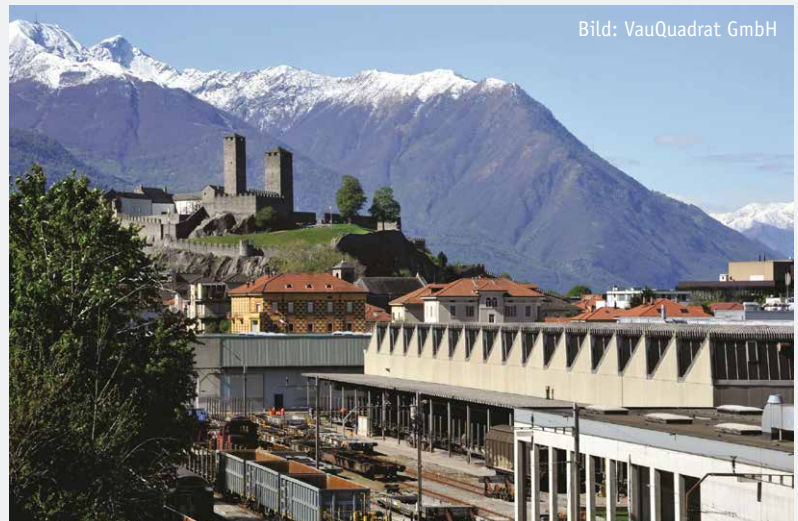
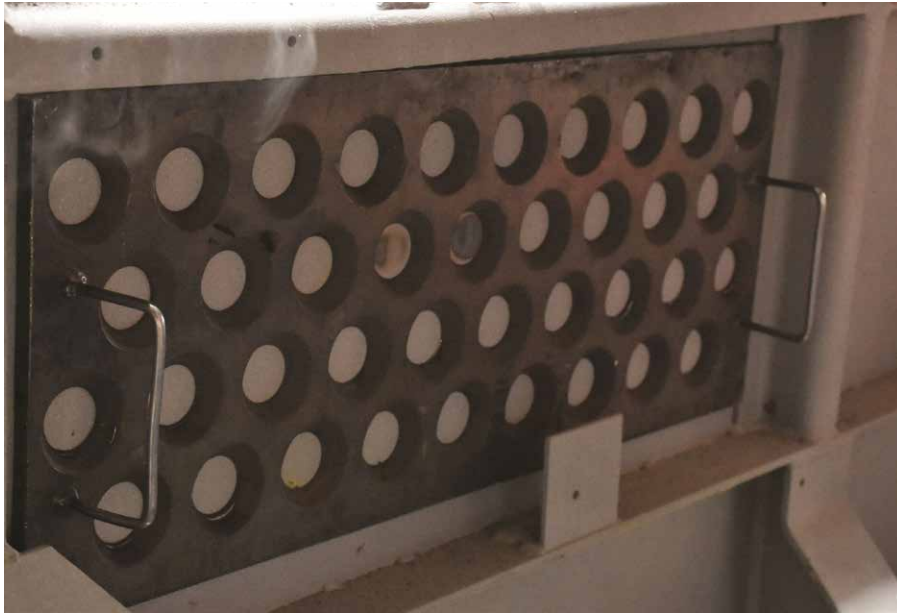


Bild: VauQuadrat GmbH



▲ Bild 11. Auf der Innenseite wird eine Lochplatte in das zu spannende Blechfeld eingesetzt,...

kann. In Wirklichkeit findet man für gewöhnlich eine Mischung von Verzug und Eigenspannungen vor.

Das Verzugsbild, was man ohne äußere Einflüsse vorfindet, entspricht jeweils einem Minimum an Eigenspannungen. Zwingt man dann den Verzug auf null, werden die Eigenspannungen im Blech deutlich größer. Wie immer bilden sich Zug- und Druckbereiche, die wiederum mit sich selbst im Gleichgewicht stehen.

Möglicherweise wenig strittig ist, dass eine nach unten gezogene Beule – linke Hälfte des Blechs in **Bild 7** – in der oberen Hälfte eher Druckspannungen aufbauen wird und in der

unteren Hälfte Zugspannungen. Wird die Dehle – rechte Hälfte des Blechs in **Bild 7** – nach oben gedrückt, sind die Verhältnisse genau umgekehrt.

Die gute Nachricht: Wo wieviel Zug- oder Druckeigenspannung ist, spielt hier tatsächlich keine Rolle. Denn nun werden über das gesamte Blechfeld verteilt jeweils identische Heizpunkte eingebracht, die sich so schnell erwärmen, dass sie sich im kälteren Umgebungsbereich nicht wie benötigt ausdehnen können. Diese verhinderte Ausdehnung wiederum führt zu Druckspannungen. Und deren Wirkung wird umso größer, je mehr

Druckeigenspannung in der Zone vorhanden war, mit dem Ziel, die Streckgrenze bei der betreffenden Temperatur zu übersteigen. Resultat ist eine perfekte, gleichmäßige Stauchung. Derselbe Wärmepunkt in einer Zugspannungszone führt zu kurzzeitiger Entspannung – und wenn das Blech abgekühlt ist, ist dort alles wie vorher, ohne Stauchwirkung.

Mit der druckeigenspannungsabhängigen Steuerung des Staucheffekts ergibt sich für die Blechsituation mit Verzug null danach das Eigenspannungsminimum. Nimmt man die Spannplatte ab, bleibt das Blech so, wie es sein soll: gerade. Und der erfahrene Richtmeister kommt, schlägt mit der Faust auf das Blech, hört den höheren Ton und nickt zufrieden.

Praxisbeispiel Schweizerische Bundesbahnen

So viel zur Theorie. Die Praxis führt uns in diesem Bericht an einen Ort, an dem andere Leute Urlaub machen: das Instandsetzungswerk der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) in Bellinzona/Tessin. Paolo Matarrese, verantwortliche Schweißaufsicht, zeigt uns die Aufgabe: Personenwaggons, über 20 Jahre alt, bei denen im Rahmen einer grundlegenden Inspektion auch Korrosionsschäden instandgesetzt werden. Speziell im Fokus: Korrosion unterhalb der Fenster, in **Bild 8** mit dem roten Pfeil markiert. Am linken Fenster wurde schon ein Blechstreifen eingeschweißt (rot gestrichelt), am Fenster rechts daneben sind die Tauschbleche erst eingehaftet.



▲ Bild 12. ...die von außen durch eine starke Dipol-Magnetplatte angezogen wird,...



▲ Bild 13. ...und dann werden mit dem Dreieckinduktor in allen Löchern entsprechende Heizstellen timergesteuert gesetzt.

„Die Stellen, die von Korrosion betroffen sind, werden ausgeschnitten und durch artgleiche Bleche ersetzt; zuerst eingehaftet und danach verschweißt. Durch die resultierenden Schrumpfungen haben wir einen extremen Verzug“ erklärt er. Mit dem Richtlineal sieht man quer über das Feld einen Verzug von bis zu 10 mm (Bild 9). Mit einer farbigen Kreide wird an verschiedenen Stellen die Verzugstiefe vor dem Spannen markiert.

„Früher haben wir den Verzug mit der Autogenflamme gerichtet. Dazu wurde eine Spannplatte mit Löchern von innen gegen das Blech gehalten und durch eine starke Dipol-Magnetplatte von außen angezogen. Dadurch wird das verzogene Blech des Wagenkastens in eine Ebene gezwungen. Dann wurde mit dem Brenner in die Löcher der Spannplatte geheizt und dadurch kleine, kreisrunde Glutflecke erzeugt. Das hat funktioniert, war aber sehr laut, und im Waggonkasten wurde es gerade im Sommer extrem heiß. Außerdem waren die Abgase in Hinblick auf den Arbeitsschutz problematisch.“

Tiefeninduktion mit „Dreifleck-Induktor“ zielführend

Erste Versuche mit der Tiefeninduktion – einem Vierpunktinduktor gegen eine Vielpol-Magnetplatte ohne Gegenplatte – waren zunächst nicht zielführend, so berichtet er. „Bei unseren Waggons, die immer mehr als zehn Jahre alt sind, ist die Grundstruktur nicht gerade genug, um ohne Gegenplatte zu arbeiten. Die dafür verwendeten Vielpol-Magnetplatten konnte man immer nur mit Gewalt flächig an das Blech drücken. Genauso wenig würde aus demselben Grund eine Vakuumplatte funktionieren.“

Umso größer war dann die Überraschung, als der Tiefeninduktions-Hersteller VauQuadrat beim nächsten Besuch sechs Monate später den „Dreifleck-Induktor“ (Bild 10) präsentierte, der genau in das Lochmaß der Gegenplatten passt. Zur einfachen Handhabung hat sich da ein Lochmaß von 30 mm in gleichseitigen Dreiecken (60°) mit einem Mittenabstand von 60 mm bewährt. Die in den Bildern sichtbare Einschrägung der Löcher ist auf den Einsatz der Flamme optimiert, für den Einsatz des Dreifleckinduktors sind gerade, zylindrische Löcher von etwa 32 mm eigentlich besser geeignet.

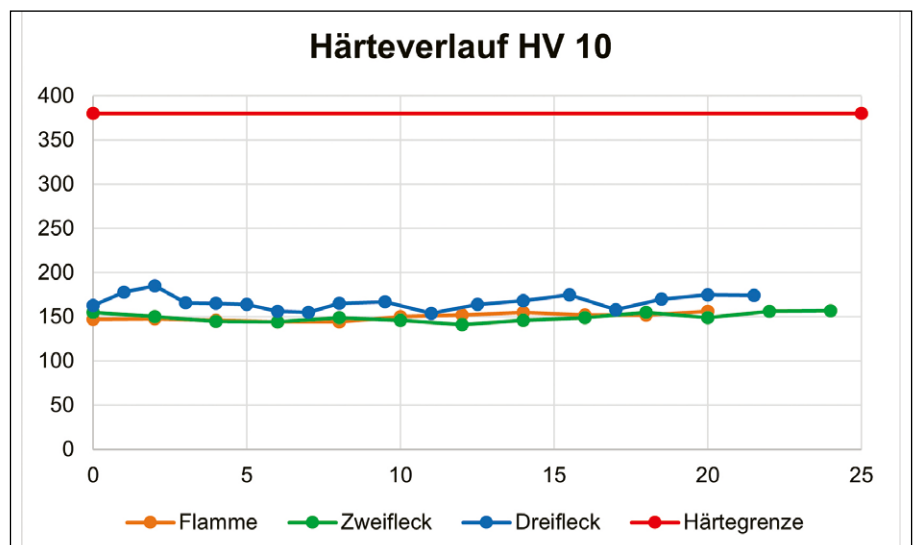


◀ Bild 14. Dipl.-Ing. Paolo Matarrese MScEng (IWE), verantwortliche Schweißaufsicht der SBB Bellinzona und EWF „Welding Coordinator of the Year“ 2021

Die folgende Bildstrecke zeigt den Gesamtaufbau der Vorrichtung und den Einsatz dieses Induktors. Die Lochplatte (Bild 11) wird wie gewohnt vom Innern des Waggons gegen das Blech gehalten. Ein Kollege verschiebt die an einem Deckenkran hängende Magnetplatte (Bild 12) von außen an die passende Stelle. Mit einem Tastendruck auf der Fernbedienung

zieht sich die Magnetplatte mit extremer Kraft auf den Waggon – und zwingt damit die zwischen Gegenplatte und Magnetplatte liegende Außenhaut des Waggons in eine perfekt gerade Ebene.

Nun kann man auf der Innenseite ans Werk gehen. Von Hand geführt, wird der Dreifleckinduktor auf Anschlag in drei noch nicht



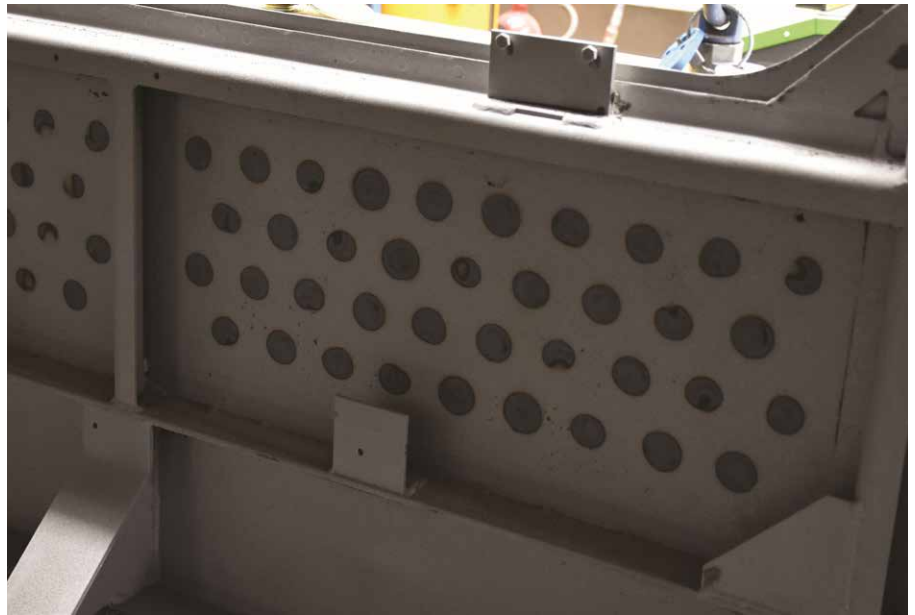
▲ Bild 15. Härtereihe im direkten Vergleich zwischen Flamme, Zweifleck- und Dreifleckinduktor

bearbeitete Löcher positioniert (**Bild 13**). Nach dem Drücken des Triggers wird für eine voreingestellte Timer-Zeit geheizt. Der Benutzer sieht anhand einer grünen Leuchtdiode auf dem Triggertaster, wie lange aktiv geheizt wird. Das sind bei dieser Anwendung etwa 1,5 s. Danach wird umpositioniert, und die nächsten drei Flecke werden erzeugt.

Schweißaufsicht Matarrese (**Bild 14**): „Was uns von Anfang an bei den Tiefeninduktionsanwendungen gefallen hat, war das schnelle und einfache Finden der Prozessparameter. Innerhalb einer halben Stunde konnte man anhand von Muster-Richtflecken, die mit verschiedenen Timer-Zeiten erstellt wurden, problemlos die zu verwendende Heizzeit festlegen. Und der gegebene Hinweis, eine lokale Aufwölbung der Richtpunkte zu vermeiden, hat schon rein optisch das gezeigt, was die Untersuchungen an solchen Blechen bestätigen: dass sich die mechanisch-technologischen Eigenschaften nicht verändern. Durch den Einsatz des Timers hat man danach selbst nach minimaler Einarbeitungszeit einwandfreie Reproduzierbarkeit.“

Auf Antrieb ohne Beanstandung

Damit wären wir bei einer wichtigen Randbedingung: Obwohl in der Schweiz gelegen, verwendet das Unternehmen das Merkblatt DVS 1614 „Richten im Schienenfahrzeugbau“ unter der EN 15085 als Arbeitsgrundlage. Dort ist seit der Neuausgabe von 2020 das Richten mit Induktion enthalten. Aufgrund der Gefahr einer Werkstoffschädigung mit nicht



▲ Bild 16. So sieht die gespannte Blechfläche danach von innen aus...

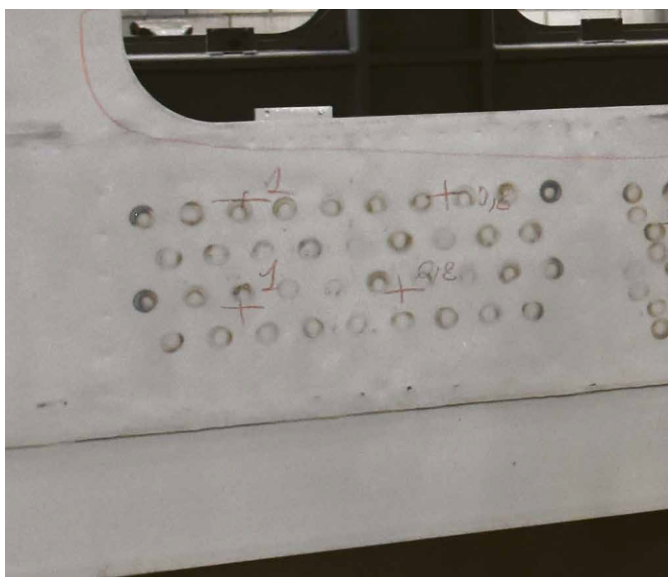
tiefenwirksamer Induktion wurde darin der Hinweis aufgenommen, dass entsprechende Verfahren zu qualifizieren sind.

Das war in diesem Fall kein Problem, die zur Prozessqualifizierung erforderlichen Schliffrufe und Härteverläufe waren auf Antrieb ohne Beanstandung. **Bild 15** zeigt den Härteverlauf mit Flamme, mit Zwei- und Dreifleckinduktor im direkten Vergleich.

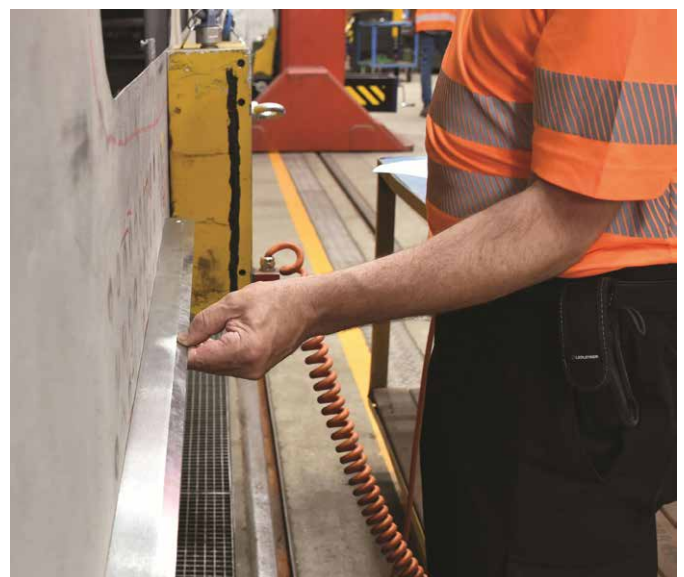
Direkt nach dem Setzen der letzten Heizpunkte, also ohne nennenswerte Wartezeit, kann die Magnetplatte an der Fernbedienung entriegelt und die Lochplatte ins nächste Feld verschoben werden. Nun sehen wir mehrere: zunächst einmal kreisrunde Richtflecke auf

der Innenseite, zu erkennen an den Anlaufarben (**Bild 16**). Das ist insofern berichtenswert, dass die Einwirkung des seit 2016 im Einsatz befindlichen Vierpunktinduktors gegen Vielpol-Magnetplatte oder Vakuumplatte nur charakteristische längliche Flecke hinterlässt, was zu einer anfänglichen, „kulturellen“ Hürde bei den Anwendern geführt hatte.

In **Bild 17** sieht man dieselbe Fläche von außen: nur schwache und stellenweise Anlaufarben. Schon an diesem Bild ist zu erkennen, dass die Erwärmung keinesfalls hundertprozentig homogen ist. Das muss sie aber auch gar nicht – das ist charakteristisch für das thermische Richten. In Wirklichkeit muss man nur



▲ Bild 17. ...und so von außen.



▲ Bild 18. Die gespannte Blechfläche ist jetzt auch wieder gerade.

überall annähernd genug Stauchung produzieren, „das Trommelfell genügend spannen“, um bei der Analogie vom Anfang zu bleiben, und das Ergebnis ist eine ebene Fläche, auf jeden Fall innerhalb der Toleranzen, wie die Messung mit dem Richtscheit ein um das andere Mal bestätigt (**Bild 18**). Der QR-Code in dem Kasten am Ende des Beitrags führt zu einem Video, das den Gesamtprozess unter Nutzung des Zweifleckinduktors zeigt. Der Dreifleckinduktor macht in derselben Zeit jeweils drei statt zwei Richtflecken.

Kein Zufall, sondern immer so

Alessio Rollini (**Bild 19**), Schweißfachmann (IWS) und erfahrener Schweißer, der seit 2019 wieder bei der SBB beschäftigt ist, bestätigt, dass das kein Zufall ist, sondern immer so. „Es ist mit dieser Technologie viel einfacher, reproduzierbare Richtpunkte zu erzeugen. Außerdem wird es im Waggon lange nicht so heiß wie mit dem Brenner, das ist speziell im Sommer ein großer Vorteil. Das Verfahren ist auch praktisch geräuschfrei, wesentlich angenehmer als mit dem Brenner. Und nicht zu vergessen: Die benötigte Richtzeit für eine Waggonseite mit zehn Feldern halbiert sich von 100 Minuten auf 50 Minuten.“



◀ Bild 19.
Schweißfachmann
Alessio Rollini

INFO

Strahlen – der unterschätzte Prozess

Wenn nach dem beschriebenen Arbeitsgang ein deutlich sicht- und spürbarer Spanneffekt eingebracht wurde, dessen Spannung man durchaus auch anhand der Tonhöhe beim Draufschlagen mit der Faust abschätzen kann, sollte doch alles in Ordnung sein. Und dennoch gibt es den Fall, dass diese Spannung am Ende der Prozesskette, also am fertig lackierten Teil, nicht ausgereicht hat. Was genau kann den eingebrachten Spanneffekt vermindern?

Der Zusammenhang ist gar nicht so schwer zu verstehen. Mit dem Reinigungsstrahlen, das vor der Beschichtung routinemäßig erfolgt, werden neben der eigentlich beabsichtigten, abrasiven Reinigungswirkung eben auch Druckspannungen in die Oberfläche eingebracht. Diese wiederum wirken den beim Spannen eingebrachten Zugspannungen entgegen. Und dann wird es unter Umständen unkalkulierbar. Denn obwohl es Verifikationsmethoden der Strahlwirkung wie den Almen-Streifen prinzipiell gibt, setzt eine Prozesssicherheit voraus, dass man sich der qualitätsrelevanten Einwirkung des Strahlprozesses auch bewusst ist.

Dem scheint in der Realität oft genug nicht so. Es ist die Anekdote überliefert, dass bei einem Kunden, bei dem der Vierpunktinduktor schon mehrjährig erfolgreich zum Spannen angewandt wurde, dieser „auf einmal nicht mehr funktionierte“. Schnell konnte nachgewiesen werden, dass der Spannvorgang mit dem Vierpunktinduktor genauso wirkte wie gewohnt.

Auf die Frage, was sich denn sonst in der Prozesskette verändert haben könnte, folgte die Antwort: „Nichts! Nur haben wir das Strahlen aus Platzgründen jetzt fremdvergeben“. Und genau da lag der Hund begraben. Der Strahlbetrieb wollte anhand des neuen Kunden mit dem großen Namen seine Arbeit besonders gut und gründlich machen und hatte dadurch die ganze Spannwirkung wieder zunichtegemacht.

Wer an den Zusammenhängen noch zweifelt, dem sei ein Blick in den Abschlussbericht des IGF-Projekts „Qualifizierung des Reinigungsstrahlens als Nachbehandlungsverfahren zur Schwingfestigkeitsverbesserung von Schweißverbindungen“ der TU Braunschweig (IGF-Nr. 18.985 N) empfohlen. Der Effekt ist sehr stark und vor allem reproduzierbar. Dass damit das Strahlen sehr wohl zum „speziellen Prozess“ aufsteigt und nicht gedanklich neben „verpacken und versandfertig machen“ rangieren darf, sei hiermit auf den Punkt gebracht.



▲ Bild 20. Die hier beschriebenen Richtarbeiten wurden mit dem Tiefeninduktionsgerät „VauQuadrat V4“ der SBB Bellinzona mit bis zu 18 kW Induktionsleistung ausgeführt (Stromanschluss: 3 × 400 V/32 A inklusive Wasserkühlung).

Rollini war auch nicht ganz unschuldig daran, dass die Tiefeninduktion ihren Weg über den Gotthard gefunden hat: „Da war der Bericht in der SVS-Zeitschrift ‚Schweisstechnik Soudure‘ mit dem Titel ‚Thermisches Richten – keine Schwarze Magie‘. Den fand ich interessant und habe ihn an Paolo Matarrese weitergeleitet. Als dann Luca Barbieri, unser PanGas-Vertreter, berichtet hat, dass man die VauQuadrat-Vertretung für die Tiefeninduktion in der Schweiz übernommen hat, kam es bald zu einer Vorführung. Dann hat es natürlich ein paar Monate gedauert, bis die Investition durch war, seither steht das ‚V4‘ bei uns (Bild 20).“

Barbieri: „Als Vertriebsaußendienstmitarbeiter bei PanGas habe ich die Möglichkeit, mich ständig fachlich weiterzubilden und über neue Technologien zu informieren, und ich war sofort von der Benutzerfreundlichkeit der VauQuadrat-Tiefeninduktion begeistert – und natürlich auch von der Geschwindigkeit, mit der auf Kundenbedarfe reagiert und Lösungen entwickelt werden. Aus diesem Grund habe ich die Technologie bei erster Gelegenheit unserem Kunden SBB Bellinzona vorgeschlagen, und schon nach den ersten Tests hat man erkannt, welches Potenzial der Einsatz der Tiefeninduktion hat, das Spannen von Dünoblech deutlich schneller, wirtschaftlicher und reproduzierbarer zu machen.“

Seitdem das Tiefeninduktionsgerät bei SBB steht, werden die Außenwände der Waggons mit der Technologie gespannt. Davon sieht man aber nichts mehr, wenn das Endprodukt mit neuer Lackierung wieder zu den übrigen 449 Exemplaren im Liniendienst auf dem Netz der SBB zurückkehrt (Bild 21). Apropos Lackierung: Genau wie bei der Neufertigung



▲ Bild 21. So wie in diesem Bild sieht der instandgesetzte Waggon in diesem Bericht aus, wenn er fertig lackiert wieder bei der S-Bahn Zürich auf die Strecke geht. (Bilder: VauQuadrat GmbH (1–14, 16–20), SBB Bellinzona (15), bahnbilder.de (21))

von Waggons ist auch nach der beschriebenen Reparatur vor der Lackierung das Reinigungsstrahlen angesagt. Und dabei kann man durchaus einiges an Spanneffekt wieder zunichtemachen (siehe Kasten „Strahlen – der unterschätzte Prozess“).

Dieser Bericht erscheint zeitgleich in den Fachzeitschriften „Der Praktiker“ in Deutschland, „Schweißtechnik Soudure“ in der Schweiz, „Schweiß- und Prüftechnik“ in Österreich und in italienischer Sprache im Magazin „Revista Italiana della Saldatura“ des italienischen Schweißerverbands IIS. ■



Dipl.-Ing. Thomas Vauderwange
MBA (SFI/IWE),
Geschäftsführer,
VauQuadrat GmbH, Offenburg,
tv@vauquadrat.com



Dipl.-Ing. Paolo Matarrese
MScEng (IWE), verantwortliche
Schweißaufsicht,
SBB Werk Bellinzona, Schweiz,
paolo.matarrese@sbb.ch

INFO

Video: Spannen von Dünoblech im Schienenfahrzeugbau

Im über den folgenden QR-Code aufrufbaren Video ist der Gesamtprozess exemplarisch dargestellt: messen, Magnetplatte und Spannplatte anbringen, Wärmeflecke setzen, Magnetplatte abnehmen, nachmessen.

