

Die Brücken der Gotthardbahn:

Muotabrücken*

*Die Muota ist ein rund 30 km langer Fluss, der im gleichnamigen Tal in den Schwyzer Alpen entspringt und bei Brunnen in den Vierwaldstättersee mündet. Die Linie der Gotthardbahn überquert den Fluss zwischen Seewen (Schwyz) und Brunnen bei Km 18.775 mittels einer 56 m (Stützweite) langen Stahlbrücke. Die Widerlager der Brücke mit unten liegender Fahrbahn sind «schiefwinklig» ausgeführt. Während die Muotta auf einem alten Plan noch mit einem Doppelkonsonanten geschrieben wurde, vereinfachte sich die Schreibweise zu Beginn des 20. Jahrhunderts.

■ Erich Schmied, Stans
Roger Karpf, SVEA

Vorbild und Modell der Muotabrücken*

Für einmal wollen wir nicht näher auf die Bautechnik des Modells der Muotabrücke eingehen. Diese unterscheidet sich grund-

sätzlich auch kaum von den bisher im Eisenbahn Amateur publizierten Brücken des Erbauers (siehe EA 7/07 und EA 4/09). Nicht die Brücke als solches, sondern vielmehr ein altes Bild einer Nietmontagegruppe beim Bau der 2. Muotabrücke löste den Startschuss für das Projekt aus. Dabei kam Erich Schmied seine Tätigkeit bei der Fach-



Das Bild zur Idee und zum Projekt: Montagegruppe der Fa. Bosshard + Co., Näfels GL, mit den Niethämmern vor der 2. Muotabrücke.
Fotos: Sammlung E. Schmied

stelle für Denkmalschutzfragen der SBB (siehe EA 5/10) mit Sicherheit entgegen. Nachdem er weitere Vorbildaufnahmen und Unterlagen zur Thematik Nietten gefunden hatte, machte er sich einerseits an den Nachbau der 1990 ersetzten Stahlbrücken der Gotthardbahn aus den Jahren 1882 (1. Spur) und 1904 (2. Spur), zum andern an das Studieren der Unterlagen zur damaligen Niettechnik.

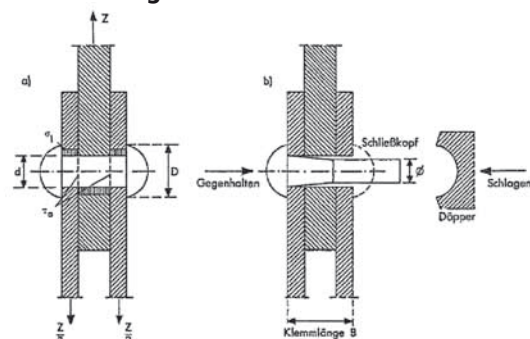


Muotabrücke 1882 1. Spur (Unterwasserseite),
Bauausführung: Fa. Bell in Kriens LU.



Muotabrücke 1904 2. Spur (Oberwasserseite),
Bauausführung: Fa. Bosshard in Näfels GL.

Kurze Einführung in die Niettechnik



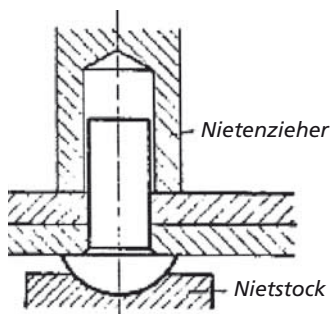
a) Fertigniet, b) Nietvorgang

Nietvorgang

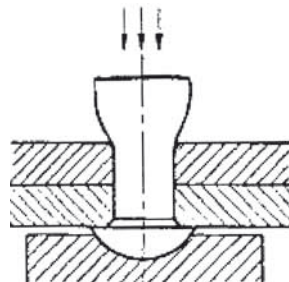
Der Nietvorgang oder das Nieten ist die fachgerechte Anbringung einer Nietverbindung. Ein industriell gefertigter Niet hat gewöhnlich an einem Ende einen vorgefertigten Setzkopf. Am anderen Ende wird mit verschiedenen Nietwerkzeugen ein Schliesskopf gefertigt, um die Nietverbindung zu schliessen. In der Folge wird der Montagevorgang aufgezeigt.

Positionieren des Nietes mit dem Nietzieher

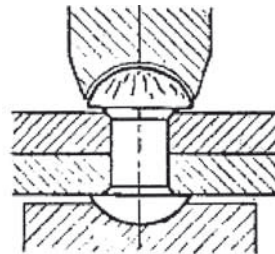
Der Nietzieher wird von Hand über den durch das Loch hindurch gesteckten Niet geschoben. Die Stahlteile werden so vor dem Aufstauchen des Schliesskopfes fest



Nietlöcher decken sich. Der zugehörige Niet passt gut. Werkstück vor dem Nieten mit dem Nietzieher gut zusammen- und auf den Setzkopf ziehen.



Die ersten Hammerschläge müssen den Niet senkrecht treffen, damit Schliesskopf und Setzkopf übereinander stehen.



Der Schliesskopf wird mit dem Hammer kuglig vorgeformt. Durch den Kopfmacher wird der Schliesskopf geformt. Nietung ist fest und haltbar.

zusammengepresst. Bei manueller Vernietung erfolgt das Zusammenpressen durch Schläge mit einem Hammer auf den Nietzieher. Dabei werden eventuelle Wölbungen aus den Stahlteilen ausgedrückt, und der Niet wird vollständig ins Loch geschoben.

Stauen des Schaftes mit dem Hammer

Der vorstehende Teil des Nietes wird durch senkrechte Schläge mit dem Hammer gestaucht. Durch das Stauchen wird der Niet breiter, bis er das Nietloch ausfüllt und sich an die Wandungen des Bohrloches drückt.

Vorformen des Schliesskopfes mit dem Hammer

Anschliessend wird der Niet mit dem Hammer so vorgeformt, dass er die ungefähre Form eines halbrunden Schliesskopfes erhält. Der Hammer führt dabei taumelnde (kreisende) Bewegungen aus.

Endgültiges Formen durch den Nietkopfsetzer

Zum Abschluss wird nun der Döpper angewendet, welcher dem Schliesskopf seine endgültige Form gibt. Der Nietkopfsetzer wird auf den vorgeformten Niet aufgesetzt, und durch Schläge mit dem Hammer wird der Schliesskopf in seine endgültige Form gebracht.

Vorgang auf der Baustelle, zum Beispiel bei der Brückenmontage

Grosse Niete von mehr als 6 mm Durchmesser werden «warm», das heisst in rotglühendem Zustand genietet. Die nachfolgende Abkühlung lässt die Niete schrumpfen, wodurch die Stahlprofile reibkraftschlüssig und wasserdicht zusammengepresst werden.

Für diesen Vorgang werden in der Regel drei Personen benötigt. Die 1. Person (Anwärmer) erwärmt die Niete in einem Holz-

kohlenfeuer (Esse) und reicht oder wirft die Niete in einem Fangeimer aus Blech der 2. Person zu. Diese steckt den warmen Niet mit einer Zange durch das Nietloch und drückt den Kopf mit dem Setzeisen fest. Der eigentliche Nietler, 3. Person auf der anderen Seite, bearbeitet mit dem Nietzieher und dem Döpper den anderen Kopf.

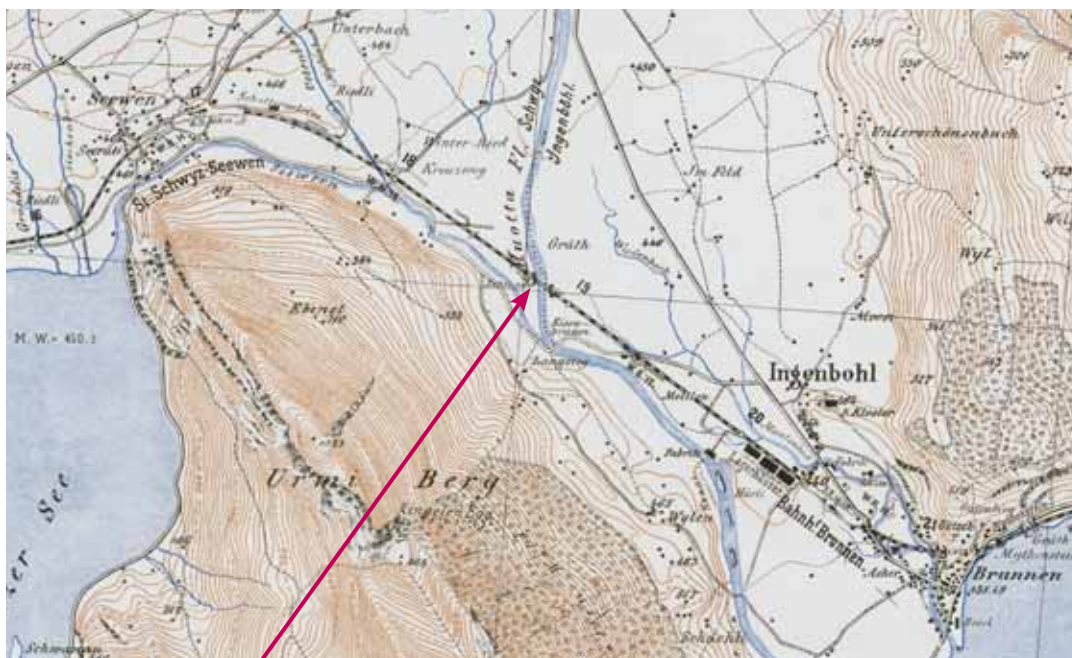
Abnahme der Stahlbrücken

Der Schweiz. Bauzeitung vom 22. Juli 1893 konnte nachfolgender Teilauszug über die Prüfung der Nietqualität durch Prof. L. Tetmayer, Zürich, am Gotthard entnommen werden.

Im Sommer 1891 bzw. 1892 wurde der Verfasser aufgefordert, das für eine Reihe eiserner Brücken der Nordrampe der Gotthardbahn bzw. der rechtsufrigen Zürichseebahn und der Einführung der Winterthurer Linie in den Bahnhof Zürich erforderliche Flusseisen abzunehmen.

Die im Herbst 1891 angetretenen Arbeiten liegen abgeschlossen vor uns. Die Gotthardbahnbrücken sind nach befriedigender Ausführung der vorgeschriebenen Belastungsproben dem Verkehr übergeben worden, welchen vielleicht noch im Herbst des laufenden Jahres die Brücken der Schweiz. Nordost-Bahn folgen werden. Uns erwächst nunmehr die Pflicht, der Ergebnisse der nahezu zweijährigen, über 10000 Versuche umfassenden Arbeit zusammenzustellen und namentlich die Erfahrungen zu besprechen, welche wir am Werke, den Werkstätten und auf den Montageplätzen zu sammeln Gelegenheit hatten. Schlechterdings lässt sich das aufgestapelte Material in dem engen Rahmen einer Abhandlung nicht unterbringen und bleibt nichts anderes übrig, als in einer Reihe kürzerer Mitteilungen die Ergebnisse unserer Untersuchungen und Beobachtungen getrennt nach Form und Verwendungsart des Eisens vor den Leserkreis unserer Fachzeitschrift zu bringen.

Im Sinne vorstehender Darlegungen sei vorliegende Kundgebung zunächst dem Thomaseisen als Nietmaterial gewidmet. Für die Brücken der Schweiz. Nordost-Bahn war im Sinne der Schweiz. Brückenverbindung Flusseisen ohne nähere Bezeichnung seines Ursprungs vorgesehen und es blieb dem Unternehmer überlassen, Thomas- oder Siemens-Martineisen in Vorschlag zu bringen; dagegen sollte für die Brücken der Gotthardbahn Siemens-Martineisen als Konstruktionsmaterial, gepuddeltes Feinkorn-eisen als Nietmaterial Verwendung finden. Gestützt auf den Wortlaut der von den Organen der Gotthardbahn aufgestellten «besonderen Bestimmungen für die Ausführung eiserner Brücken» hatte die Brückenbauunternehmung «Miani, Silvestri et Comp.» in Mailand ihre Eingabe auf Thomaseisen basiert. Auf Grundlage eines Gut-



Planausschnitt Muotatabrücke Schwyz–Brunnen. Plan: Sammlung R. Karpf



Das Modell am Originalschauplatz (Vergleich Seite 390).
Foto: R. Karpf

achtens des Verfassers wurde dann auch schliesslich das Thomaseisen, jedoch unter der ausdrücklichen Bedingung zugelassen, dass durch eine entsprechend verschärfte, satzweise Abnahme der zahlenmässige Nachweis erbracht wurde, dass das gelieferte Material mindestens die für das Siemens-Martineisen angesetzten Festigkeits- und Gütewerte erreiche.

Die Abnahme des Eisens fand in beiden Fällen auf den Werken der Herren «de Wendel et Comp.» in Hayange, die Kontrollproben im eidg. Festigkeitsinstitute in Zürich statt. Für die Abnahme der Gotthardbahnbrücken waren die Ansätze der schon erwähnten «Besondern Bestimmungen», für diejenige der Schweiz. Nordost-Bahn dagegen die Vorschriften der Schweiz. Brückenverbindungen massgebend. Ausgeführt wurden die Gotthardbahnbrücken in einer provisorisch in Chiasso errichteten Werkstätte, diejenigen der Schweiz. Nordost-Bahn in den Ateliers der Brückenbauunternehmung,

der «Società nazionale delle Officine di Savigliano» in Turin und Savigliano. Die Abnahme erfolgte auf Grundlage folgender Belastungsversuche:

Vor- oder Stahlwerksproben und Güteproben am fertigen Walzeisen durch

- a) ZerreiSSprobe
- b) Kaltbruchprobe im Anlieferungszustand
- c) Kaltbruchprobe in gehärtetem Zustande
- d) Kaltbruchprobe mit verletzter Oberfläche
- e) Rotbruchprobe
- f) Stauchprobe

Resultate der Beobachtungen in den Werkstätten

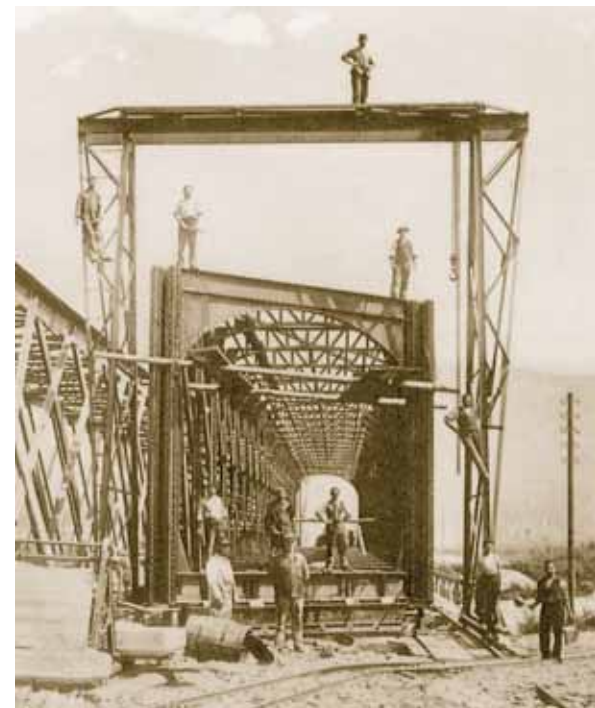
Bei Beginn der Nietarbeiten in den Werkstätten der Unternehmer der eisernen Brücken der Gotthardbahn und der Schweiz. Nordost-Bahn hatte der Verfasser den Angestellten der Unternehmung wie den Auf-

sichtsorganen der Bahngesellschaft hinsichtlich der Behandlung des Nieteisens Instruktionen erteilt, welche sich im Wesentlichen folgendermassen zusammenstellen lassen:

1. Die Flusseisennieten sollen gleichmässig auf eine intensive Rotglut erhitzt werden. Beginnende Weissglut ist unschädlich. Bei durchgreifender Weissglut verbrennt das Flusseisen leichter und rascher als Schweisseisen. Solches Eisen ist in kaltem, oft auch warmem Zustande brüchig.
2. Längere Zeit andauernde Rotglut und insbesondere die Weissglut (gekennzeichnet durch reichliches Funkensprühen) ändert die Molekularbeschaffenheit des Eisens und macht dasselbe in kaltem Zustande brüchig, spröde. Es ist darauf zu achten, dass das Nieteisen nicht überhitzt und keiner dauernden Hitze ausgesetzt wird. Es ist den Nietanwärmern einzuschärfen, dass eben nur soviel Niete im Feuer zu halten sind, als dies die Kontinuität der Bedienung der Nietgruppen fordert. Bei zufälligen Arbeitsstockungen sind die angewärmten Niete aus dem Feuer zu nehmen und eventuell durch andere zu ersetzen.
3. Das Anwärmen hat allmählich zu erfolgen.
4. Wiederholtes Anwärmen des Nieteisens auf intensive Rotglut oder beginnende Weissglut kann schädlich werden.
5. Das Stauchen des Nietschafts sowie das Ausformen des Schliesskopfes soll unter allen Umständen vor Eintritt der Schwarzglut abgeschlossen sein. Das Bearbeiten des Flusseisens mit Hämmern bei Schwarzglut, ganz besonders beim Übergange von Schwarzglut in Blauwärme ist gefährlich



Montageplatz der Muotabrücke.
Fotos: Sammlung E. Schmied



2. Brücke im Bau (Seite Brunnen).



Das Modell (2. Spur) von der Oberwasserseite.



Die «schiefwinkligen» Widerlager des Modells.

und macht das Material in kaltem Zustande spröde, brüchig.

In den Werkstätten der Brückenbauunternehmung der Gotthardbahnbrücken zu Chiasso sowie in denjenigen der Unternehmung der Nordost-Bahn-Brücken zu Turin und Savigliano wurde unter Berücksichtigung obiger Instruktionen der Hauptsache nach maschinell mit etwa 40 t hydr. Druck genietet. Zahlreiche, zu verschiedenen Zeiten im Beisein und Auftrage des Verfassers vorgenommenen Abnietungen von maschinell sowie von Hand geschlossener Niete ergaben ausnahmslos tadelloses Verhalten, befriedigende Lochausfüllung und vorwiegend sehniges, sammetartig glänzendes Gefüge mit deutlich ausgesprochenen Schnitt- und Scherflächen. Aehnlich lauten die Meldungen der Aufsichtsorgane der Bahngesellschaften und der Werkstättechefs der Unternehmer Irgendwie geartete Unzukömmlichkeiten sind weder bei Handarbeit noch bei maschineller Nietung vorgekommen und es liegen daher auch keine Reklamationen vor.

Resultate der Beobachtungen auf den Montageplätzen

Nachdem die Nietarbeit im Atelier zu Chiasso keinerlei Unzukömmlichkeiten an den Tag förderte, die Auswechslung von etwa

700 losen Niete des in Flusseisen zuerst montierten Kerstellenbach-Viaduktes, da ferner die zahlreichen, durch Auswechslungen und nachträgliche Verstärkungsarbeiten zufolge fehlerhafte Montage, in einem Falle auch zufolge eines Gerüstbruchs nötig gewordenen Abnietungen zu Bemerkungen des Aufsichtspersonals

keinen Anlass boten – gemäss Übereinkunft hätte jede irgendwie geartete Unzukömmlichkeit dem Berichterstatter sofort gemeldet werden sollen –, durften wir in der Ueberzeugung leben, dass hinsichtlich des Nieteisens keinerlei Anstände vorliegen. Wir waren daher nicht wenig überrascht, als auf eine, die Bewährung des Nieteisens



Detailaufnahme der filigranen Streben und Verstärkungen der 2. Spur. Fotos: R. Karpf

auf den Montageplätzen bezügliche Anfrage vom 2. Oktober 1892 der Oberingenieur der Bahngesellschaft zu unserer Kenntnis bringt, dass das «Abschlagen der Montagenieten sehr verschiedenen Arbeitsaufwand fordere, indem häufig nur zwei bis drei Schläge, manchmal dagegen sehr viele hierzu erforderlich seien». Eine sofort eingeleitete Untersuchung der bereits abgenieteten in Aufrichtung bzw. in Vernietung begriffenen flusseisernen Brücken der Gott-hardebahn ergab im Wesentlichen folgenden Tatbestand:

1. In einzelnen Brücken, zweites Gleis der Nordrampe, bei deren Montage Flusseisennieten verwendet wurden, Niete mit brüchigem Charakter vorkommen; solche Niete lassen sich mittels Nietensprengen mit zwei oder drei Streichen, ausnahmsweise sogar mit einem Streiche abtrennen.
2. Die brüchigen Niete sitzen an solchen Stellen der Eisenkonstruktion, die an sich schlecht zugänglich waren oder wo die Nietarbeit aus irgendwelchen Gründen mit Schwierigkeiten verbunden war.
3. Brüchige Niete treten mehr oder weniger zerstreut, nicht nesterweise gruppiert auf.
4. Brüchige Niete zeigen entweder deutlich ausgesprochene Spuren von Überhitzung (verbrannt) oder ein mehr oder weniger grobkörniges Gefüge.
5. Versuche haben ferner dargetan, dass Schäfte brüchiger, selbst stark verbrannter Niete 2–3 cm vom schlechten Ende in der Regel völlig normale Beschaffenheit besitzen.
6. Die Lochausfüllung der Flusseisennieten war der grösseren Mehrzahl nach gut. Niete tadelloser Beschaffenheit, welche zufolge mangelhafter Staucharbeit die Nietlöcher unvollkommen ausfüllen, brechen unter Aufwand normaler Arbeit meist muschelförmig, schiefwinklig gegen die Schaftachse mit kristallinisch körnigem Gefüge.

Schlusswort

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen und Erfahrungen lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

Der sachgemäss geführte und überwachte Thomasprocess ist im stande, in vollkommen ausreichender Gleichmässigkeit selbst Nieteisen von absoluter Zuverlässigkeit zu liefern.

Aller Wahrscheinlichkeit nach rühren die beobachteten Schwankungen in der Qualität des Thomasnieteisens der Hauptsache nach von der Art der Verarbeitung der Gussblöcke her. In der Qualitätsfrage des Flussnieteisens spielt das Mass der Querschnittsminderung des Gussblockes auf Nietrundeisen, die Art und Intensität der Anwärmung des Blooms, d.h. die Temperatur des Eisens während der Walzung ausschlaggebende Rolle. Die Walztemperatur ist angemessen hoch, für alle Fälle so hoch zu wählen, dass das Walzgut die letzten Züge der Strecke noch gleichmässig rot-warm verlässt.

Die in der Schweiz. Brückenverordnung niedergelegten Festigkeits- und Qualitätsansätze für das Nietflusseisen erscheinen auch mit Rücksicht auf das Thomaseisen angemessen gewählt und dürfen daher für die nächste Zeit unverändert beibehalten werden.

Gegenüber dem Schweisseisen fordert das Nietflusseisen eine erhöhte Achtsamkeit und Sorgfalt der Behandlung. Die Quelle des Verderbens des Nietflusseisens liegt im unvorsichtigen Anwärmen und dem Uebergreifen der Staucharbeit und Kopfförmerei in die kritischen Temperaturen.

Dauernde, helle Rot- und Weissglut ändern die Molekularbeschaffenheit des Eisens; sie machen dasselbe in kaltem, oft auch in warmem Zustande brüchig. Es ist daher mit Nachdruck darauf zu achten, dass die Anzahl der gleichzeitig im Feuer stehenden Niete möglichst beschränkt und ihre An-



Ein Blick aus der Vogelperspektive zeigt die unterschiedlichen Ausführungen der beiden Brücken auch im Modell. Fotos: R. Karpf



Eine weitere Detailaufnahme der Brücken der 1. Spur (links) und der 2. Spur (rechts) der Brücken der 1. Spur (links) und der 2. Spur (rechts).

wärmungstemperatur die helle Rotglut nicht überschreitet. Das wiederholte Anwärmen des Flusseisens auf beginnende Weissglut ist schädlich; bei Arbeitstockungen sind daher die Niete aus dem Feuer zu nehmen und vorsichtshalber durch andere zu ersetzen.

Die Staucharbeit und Kopfförmerei bei Handarbeit hat mit dem Verschwinden der Rotglut abgeschlossen zu sein. Durch das Ueberschlagen der Nietköpfe – ein beliebtes Manöver routinierter Niete – wird das Nieteisen ebenfalls brüchig

Das Nietflusseisen bietet den Stauchvorgängen in kaltem und warmem Zustande einen grösseren Widerstand dar als das lockere, poröse, schlackenschüssige Schweisseisen. Zur Erzielung einer möglichst vollkommenen Lochausfüllung empfiehlt sich daher die gleichmässige Anwärmung des ganzen Niets auf helle Rotglut sowie die Anwendung möglichst schwerer Stauch- und Vorschlaghämmer. Endlich besitzt die maschinelle Nietarbeit bei Flusseisen so bedeutende Vorteile, dass ihre Etablierung auch auf Montageplätzen, eventuell auch mit finanziellen Opfern, anzustreben ist. ■