

Rationalisierung der technologischen Vorbereitung von Reparaturschweißungen

Dipl.-Ing. B. Hidde, KDT, Ingenieurschule für Landtechnik „M. I. Kalinin“ Friesack

1. Problemstellung

Das Reparaturschweißen als eine technische Lösungsmöglichkeit, betriebsuntauglich gewordene Bauteile von Maschinen und Anlagen wieder instand zu setzen, hat im Komplex der Instandsetzung nach wie vor eine gewisse Berechtigung. Insgesamt werden rd. 30 bis 60% aller Instandsetzungen an landtechnischen Arbeitsmitteln durch das effektive Fügeverfahren Schweißen (Verbindungs- und Auftragschweißen) realisiert. Unter den Bedingungen der operativen Instandsetzung – hier wird der überwiegende Teil der Reparaturschweißungen ausgeführt – ergibt sich jedoch eine Reihe von technisch-technologischen und auch sicherheitstechnischen Problemen, deren Nichtbeachtung zu Qualitätsmängeln bzw. ernsthaften Schäden mit schwerwiegenden Folgen führen kann.

Stellvertretend für die Kompliziertheit der zu beherrschenden Teilfragen sei auf die Vielfalt und die damit teilweise vorhandene Unsicherheit bei der Einhaltung der Schweißvorschriften (zum Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutz rd. 400 Seiten TGL, sicherheitstechnische Forderungen u. a.) hingewiesen.

Technisch-technologische Probleme ergeben sich hauptsächlich durch unzureichende Kenntnisse zum Grundwerkstoff sowie durch die mit der Anwendung der Schweißtechnik prinzipiell auftretenden Gefahren des Sprödbruchs bzw. der Minderung der Dauerfestigkeit durch „innere“ und äußere Kerben. Da-

durch kann z. B. die Festigkeit des hochfesten Werkstoffs H52-3 bis auf die Festigkeit des allgemeinen Baustahls St38 absinken. Die praktische Lösung der werkstofftechnischen Probleme wird weiter durch die große Anzahl der eingesetzten Werkstoffe, die von Massenbaustählen über hochfeste und korrosionsträge Stähle sowie Nichteisenmetalle bis zu Gußwerkstoffen reicht, erschwert. Die ingenieurmäßige Vorbereitung und die sachkundige Durchführung beeinflussen somit in hohem Maß die Qualität der Reparaturschweißung.

Erfahrungsgemäß ist der Anteil möglicher Fehler in der Vorbereitungsphase größer als in der Durchführungsphase. Häufig wird kurze Zeit nach dem Schadenseintritt vom Praktiker (Meister, Schweißtechnologe, Schweißingenieur) eine verbindliche Einschätzung zu folgenden Fragen verlangt:

- Instandsetzungsverfahren und -umfang
- notwendige Demontearbeiten
- Anwendung effektiver Schweißverfahren bei Gewährleistung der Gebrauchseigenschaften
- erforderlicher Zeitaufwand für die Schadensbeseitigung.

Die Beantwortung dieser Fragen erfordert das Erfassen und Auswerten von Informationen über das Schadenteil als notwendige Voraussetzung für eine fachgerechte Reparatur. Die effektive ingenieurmäßige Bearbeitung der dabei notwendigen werkstofftechnischen und technisch-technologischen Informationen setzt unter den heutigen Bedingungen die Anwendung von Rahmentechnologien [1, 2, 3, 4] sowie den Einsatz der Computertechnik [5, 6] voraus.

2. Grundsätze für Reparaturschweißungen

Im Schweißnahtbereich treten durch Kaltverfestigung der Fügestelle infolge Gewaltbruch und/oder durch die Wärmewirkung des Schweißverfahrens selbst Eigenschaftsänderungen des Bauteils auf, die im Rahmen der Bewertung der Schweißbarkeit [7] gezielt untersucht und beurteilt werden müssen.

Definierte Schweißnahtqualitäten sowie deren Ausführbarkeit nach bestimmten Technologien erfordern eine Einstufung der Reparaturschweißung in Ausführungsklassen [8, 9].

Während die Einstufung von zu schweißenden Stahlrohrleitungen in Abhängigkeit von der Mediengruppe durch solche meßbaren Größen, wie Betriebsdruck, Betriebstemperatur und Nennweite, relativ eindeutig vorgenommen werden kann [9], erfolgt die Zuordnung aller anderen Bauteile in erster Linie nach sicherheitstechnischen, funktionellen und fertigungstechnischen Aspekten (Tafel 1).

Eine weitere Möglichkeit der Einstufung in Abhängigkeit von den zulässigen Spannungen wird in [10] gezeigt.

Eine Reparaturschweißtechnologie ist also an eine Vielzahl quantitativer und qualitativer Ausgangswerte gebunden, die unter Praxisbedingungen schnell, systematisch und fehlerfrei verknüpft werden müssen (Bild 1).

Bei der Bauteilanalyse sind neben der eindeutigen Benennung Angaben zur Funktion, zur Belastung sowie zum Betriebsregime für die notwendige Schadensanalyse von Bedeutung. Wichtige Informationen dazu können der „Dokumentation Technische Vorbereitung der Ersatzteilinstandsetzung“ [11] entnommen werden.

Besondere Probleme bereitet die Beurteilung der Schweißbeignung von Bauteilen, deren Werkstoff nicht eindeutig bekannt ist (Alt- und Importtechnik). Hier ist neben den bekannten Schnellbestimmungsmethoden (Ferromagnetismus, Schleiffunkenanalyse, Härtemessung, Spektralanalyse mit dem Gerät metascope u. a.) bei funktionswichtigen und komplizierten Teilen eine entsprechende Werkstoffanalyse notwendig (50 g Bohrspäne als Spanbruchstücke mit Angabe des Prüfumfanges, z. B. 5er-Analyse).

Die Charakteristik von Schadensart bzw. Schadensbild einschließlich möglicher Schadensursachen ist für den Inhalt und den Umfang der nachfolgenden Reparatur von entscheidender Bedeutung. Während Risse und Brüche infolge Überlastung, Havarie oder Unfall (Bild 2) eine Reparaturschweißung erforderlich machen, die die Bauteilform nur unwesentlich ändern, bedeuten Dauerbrüche infolge konstruktiver Schwachstellen immer eine von der Bauteilform- und -beanspruchung her notwendige konstruktive Änderung (Bild 3).

Eine Sonderstellung nehmen Risse und Brüche bei vorangegangener Kaltverformung ein. Bei der Schadensaufnahme sind deshalb die zulässigen Grenzwerte nach Standard TGL 12910 sowie kritische Reckgrade zu beachten. Die dabei entstandenen Kaltumformungsspannungen und die Verschlechterung des Zähigkeitsverhaltens erfordern zusätzliche technologische Maßnahmen [13]. Im Zusammenhang mit der Reparaturschweißung müssen dann folgende technisch-technologischen und organisatorischen Bedingungen beachtet werden:

- Durch Auswahl eines geeigneten Verfahrens, einer zweckmäßigen Nahtvorbereitung und Positionierung der Bauteile ist der Wärmeeintrag auf ein Minimum zu reduzieren.
- Grundsätzlich sind Steifigkeitssprünge zu vermeiden und allmähliche Übergänge zu schaffen [12].
- Schweißnähte sind nicht an Stellen hoher Betriebsbeanspruchung anzuordnen und in entsprechenden Abständen von kaltverformten Zonen vorzusehen [12].
- Bei Schweißarbeiten an zulassungspflichtigen Bauteilen muß eine schweißtechnische Zulassung – bei Lenkungssteilen und Zugvorrichtungen eine bestätigte Technologie nach § 10 bzw. § 33 der 3. Durchführungsbestimmung zur StVZO – durch die Zulassungskommission vorliegen.

Im Einzelfall ist bei einer mit Hilfe der Schweißtechnik nicht durchführbaren Reparatur ein anderes technologisches Verfahren (KGL-, Schraub-, Löt-, Klammertechnik u. a.) auszuwählen.

Fortsetzung von Seite 82

- [9] Fleischer, G.; Kröger, H.; Thum, H.: Verschleiß und Zuverlässigkeit. Berlin: VEB Verlag Technik 1980.
- [10] Festersen, R.: Restbetriebsdauerprognose – Grundlagen und Anwendungsbereiche. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Dissertation 1986.
- [11] Thum, H.; Pieper, V.; Tiedge, J.: Betriebsdauerprognose von Verschleißteilen durch Anwendung mathematisch-statistischer Verschleißmodelle. Technische Hochschule „Otto von Guericke“ Magdeburg, Forschungsbericht 1981.
- [12] Ihle, G.; Walther, J.: Bewertung der Zuverlässigkeit instand gesetzter Baugruppen durch Informationen aus dem Zirkulationsprozeß. agrartechnik, Berlin 36 (1986) 9, S. 400–402.
- [13] Schulz, W.: Zur Parameterschätzung und Stichprobenplanung in Weibullverteilungen. Technische Hochschule „Otto von Guericke“ Magdeburg, Dissertation 1982.
- [14] Beyer, O.; Hackel, H.; Pieper, V.; Tiedge, J.: Mathematik für Ingenieure, Naturwissenschaftler, Ökonomen und Landwirte. Band 17: Wahrscheinlichkeitsrechnung und mathematische Statistik. Leipzig: B. G. Teubner Verlagsgesellschaft 1985.
- [15] Eichler, C.: Probleme der Modellierung von Instandhaltungsprozessen aus der Sicht der Bestimmbarkeit des Schädigungsverhaltens. Wissenschaftliche Zeitschrift der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe 29 (1980) 3, S. 1–4.

A 5028

Tafel 1. Einstufung von Bauteilen in Ausführungsklassen nach Standard TGL 11 776/01

Einstufungsmerkmal	Ausführungsklasse		
	I	II	III
Bedeutung für die Funktion	wichtig für die Gesamtkonstruktion	wichtig für Baugruppen	untergeordnete Bedeutung
Folgen bei einem Schadensfall	Gesamtfunktion wird sofort unterbunden, unmittelbare Unfallgefahr	Gesamtfunktion der Konstruktion wird nicht sofort unterbunden	Folgeschaden nicht möglich, für die Sicherheit untergeordnete Bedeutung
Beanspruchung nach TGL 14 915/01, TGL 13 500/01 und TGL 13 501	Berechnungsgruppe A ¹⁾ schwelend: $N > 60\ 000$ wechselnd: $N > 6\ 000$		Berechnungsgruppe C ²⁾ schwelend: $N \leq 60\ 000$ wechselnd: $N \leq 6\ 000$
Fertigungsaufwand ³⁾	hoch	mittel bis hoch	gering
Kerbfall ⁴⁾ nach TGL 14 915/01, TGL 13 500/01 bzw. TGL 13 501	1, 2, 3	2, 3...7	-
Anwendungsbeispiele	Kranhaken, Zugvorrichtungen, Lenkungsteile	Rahmenlängs- und -querträger, Brems- und Hydraulikleitungen, Rohranschlüsse als Stumpfnähte für fachwerkartige Tragwerke	Gestelle, Verkleidungen

- Walzprofilstöße der Ausführungsklasse (AK) II B zuordnen, Stumpfnähte an Walzprofilen in AK II A, wenn durch metallografische oder Schwingfestigkeitsversuche die Belastungsmöglichkeit nachgewiesen ist und bestätigte Technologien vorliegen
 - nach Standard TGL 13 500/01 sind Stumpfnähte für tragende Anschlüsse in AK III nicht zulässig, Kehlnähte nur bei Stahlmarken der Festigkeitsklasse S 38/24
 - Schweißnähte sollen gut zugänglich sein, Stumpfnähte der AK I B in Zwangspositionen nachträglich so bearbeiten, daß die Qualität von Wannenlagen erreicht wird
 - 1, 2, 3...7 Kerbfall (berücksichtigt den Einfluß der Konstruktionsform und der Schweißung auf die ertragbaren Spannungen)
- N Spannungskennzahl (Lastspielzahl, bezogen auf die Lebensdauer)

3. Rahmentechnologie zum Reparaturschweißen

Eine entscheidenden Rationalisierungseffekt bei gleichzeitiger Verbesserung der Qualität von Reparaturschweißungen und Senkung des Aufwands an Routinearbeiten stellt die Anwendung von Rahmentechnologien dar.

Eine Rahmentechnologie ist ein verfahrens- und erzeugnispezifischer technologischer Ablaufplan mit allgemeingültigen technischen Merkmalen. In ihm werden alle technisch möglichen Arbeitsgänge aufgeführt, wobei für einen betriebspezifischen Fall nur die tatsächlich erforderlichen abgearbeitet werden. Damit besteht eine gewisse Auswahlmöglichkeit zur Angleichung an die betrieblichen Verhältnisse bei gleichzeitiger Sicherung der dringend notwendigen technologischen Disziplin (Tafeln 2 und 3).

4. Zusammenfassung

Die technisch-technologischen und organisatorischen Besonderheiten bei Reparaturschweißungen stellen erhöhte Anforderungen an die technologische Vorbereitung.

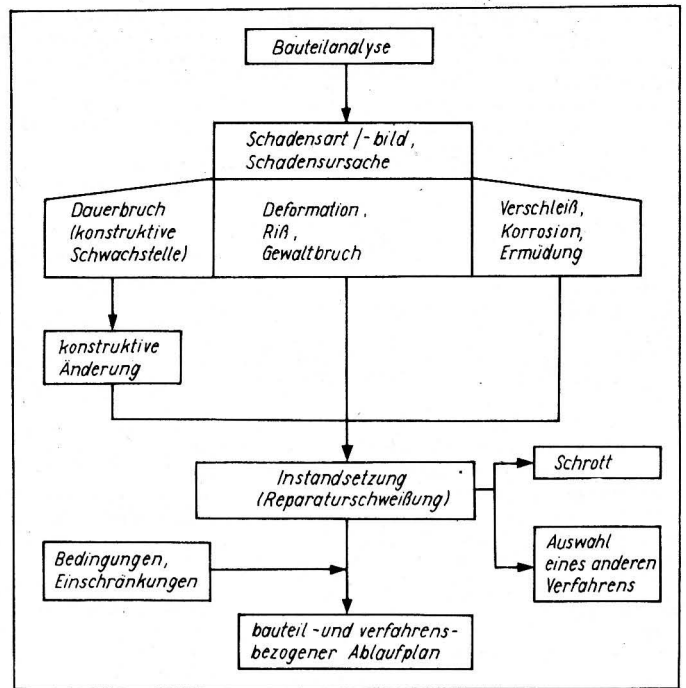


Bild 1. Frageprogramm für die technologische Vorbereitung von Reparaturschweißungen

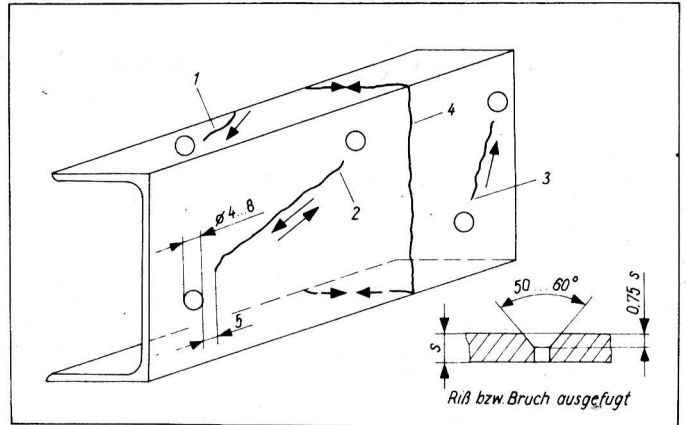
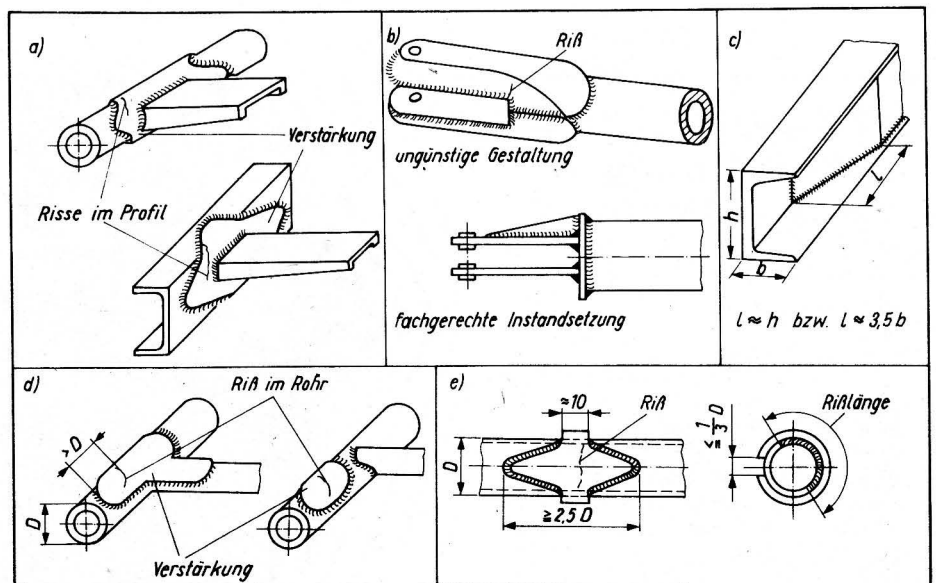


Bild 2. Ausarbeitung von Rissen und Brüchen (Schweißrichtung durch Pfeil angedeutet); 1, 2, 3, Rißvarianten, 4 Bruch

Bild 3. Beispiele für Reparaturschweißungen infolge konstruktiver Schwachstellen nach [12]; a) Rohr und U-Profil mit Ausleger, b) Zugvorrichtung, c) Verstärkung eines U-Profils, d) Rohr mit Querrägeranschluß, e) Rohr auf Verdrehung beansprucht



Tafel 2. Anwendungsbeispiel für die Rahmentechnologie zum Reparaturschweißen

Geltungsbereich
gilt für Reparaturschweißarbeiten an Fahrgestellrahmen landtechnischer Arbeitsmittel einschließlich LKW und Traktoren in der Ausführungsklasse II nach Standard TGL 11 776/01

Art der Arbeiten
Beseitigung von Rissen und Brüchen an trägerartigen Bauteilen, Rohren sowie deren Verbindungen

Grundwerkstoffe
St 38 u-2, St 42 b-2, St 45/60, H 52-3

Schweißverfahren und Zusatzwerkstoff
MAG-Schweißen: 10MnSi6, 10MnSi8, 12MnSiTi8
E-Schweißen: E43 4B 110 20 (H), E43 4 RR(B)22, E55 1B 120 20(H)

Werkzeuge (Gerätetechnik)
Spezialnutenmeißel oder Fugenhobel, Winkelschleifer, Handbohrmaschine mit Spiralbohrer (Durchmesser 4 bis 8 mm), Risseprüfer RGA

Schweißerqualifikation
R Ib oder R IIb nach Standard TGL 2847/03 je nach Grundwerkstoff und Verfahren, Prüfungsnachweis nach Standard TGL 2847/23

Arbeitsablaufplan
s. Tafel 3

Für bestimmte wiederkehrende Arbeiten hat sich zur Vermeidung von Routinearbeiten bei Sicherung einer hohen technologischen Disziplin der Einsatz von Rahmentechnologien bewährt.

Der vorliegende Beitrag wendet sich vor allem an die in der operativen Instandsetzung tätigen Schweißfachkräfte. An der Ausarbeitung weiterer Rahmentechnologien für Bauteile wird z. Z. an der Ingenieurschule für Landtechnik „M. I. Kalinin“ Friesack gearbeitet.

Literatur

- [1] Stibbe, J.: Ausarbeitung und Einführung von Verfahrenskennblättern als Grundlage für die Technologie der Einzelteilinstandsetzung. agrartechnik, Berlin 34 (1984) 4, S. 145-146.
- [2] Rahmentechnologie für Schweißen und Schneiden. VEB Landtechnischer Anlagenbau Rostock 1982.
- [3] Wendel, H.; Tischer, B.-R.: Rationalisierung der technologischen Vorbereitung von Schweißarbeiten im Instandhaltungsbereich durch Richttechnologien. Schweißtechnik, Berlin 29 (1979) 3, S. 100-102.
- [4] Richtlinie zur Erarbeitung von Rahmen-, Grob- und Feintechnologien für die Einzelteilinstand-

Tafel 3. Arbeitsablaufplan zum Reparaturschweißen am Beispiel der Baugruppe Fahrgestell

Arbeits- und Prüffolge	Arbeitsmittel	technische Merkmale
Gewährleistung der technischen Sicherheit und des Brandschutzes	Schlosserwerkzeug, Hebezeuge, Feuerlöscher	äußere Sauberkeit (frei von Spreu, Stroh ...), Batterie abklemmen, eventuell Tank ausbauen
Schweißbereich reinigen	Winkelschleifer, Flammstrahl-einsatz nach TGL 31 577, Schaber, Drahtbürste	Säuberungsgrad 2,5 nach TGL 18 730/02, Lösungsmittel Tri oder Per nicht einsetzen
Richten deformierter Bauteile	Richtwerkzeug	Grenzwerte nach TGL 12 910 beachten, Kaltverfestigung und Kerben vermeiden
Kontrolle des Riß- bzw. Bruchverlaufs einschließlich Anbohren der Rißenden	Diffusionsprüfung mit RGA, Bohrmaschine, Spiralbohrer	Bohrung jeweils 5 mm vom Rißende anordnen, Bohrungsdurchmesser \geq 4 mm
Riß bzw. Bruch auskreuzen	Fugenhobel, Spezialnutenmeißel, Hilfsmittel zum Justieren	Nahtvorbereitung als I-, V- oder X-Naht entsprechend Materialdicke und Verfahren
thermische Vorbehandlung	Vorwärm Brenner nach TGL 31 577	Vorwärmtemperatur in Abhängigkeit von Werkstoff, Streckenenergie und Materialdicke
Schweißen und Naht kennzeichnen	Schweißgeräte, Zusatzwerkstoffe, Hilfsmittel, Filter 9 bzw. 11, Schweißerstempel	Schweißwerte, -richtung und -folge beachten, wurzelseitige Durchschweißung, Brüche grundsätzlich beidseitig schweißen
mechanische Nacharbeit	Winkelschleifer	allmähliche Nahtübergänge schaffen, Einbrandkerben in Längsrichtung bearbeiten
konstruktive Änderung	Werkstattausrüstung, Knoten- und Verstärkungsbleche, Blechformteile	Bauteilform, Beanspruchungsart und -höhe beachten, Schweißnähte nicht in kritische Zonen legen
Gütekontrolle	Schweißnahtlehre, Kontrollstempel, Prüftechnik	Gütemerkmale nach TGL 11 776/01, kerbfreie Übergänge
Farbgebung	Rostschutzgrund- und Lackfarbe nach TGL 18 708	Schichtdicke 30 bis 50 μ m

setzung. VEB Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal 1981.

- [5] Programmsystem STEPPO für schweißtechnische Fertigstellungsvorbereitung. Zentralinstitut für Schweißtechnik Halle 1987.
- [6] Franz, U., u. a.: Erarbeitung und Auswertung von Schweißtechnologien mit der Rechen-technik. Schweißtechnik, Berlin 37 (1987) 9, S. 419-420.
- [7] TGL 14913/01 Schweißbarkeit von metallischen Werkstoffen; Allgemeine Festlegungen. Ausg. Januar 1987.
- [8] TGL 11776/01 Ausführungsklasse für Schweißverbindungen; Schmelzschweißen von Stahl. Ausg. Juni 1984.
- [9] TGL 39218 Rohrleitungen aus Stahl; Ausführungsklassen für Schmelzschweißverbindun-

gen; Bedingungen für die Festlegung. Ausg. Dezember 1983.

- [10] Neumann, A.: Grundlagen der Schweißtechnik, Anwendungsbeispiele der Verfahren und der Gestaltung. Berlin: VEB Verlag Technik 1980.
- [11] Dokumentation Technische Vorbereitung der Ersatzteilinstandsetzung, Vordruck 1 bis 5. VEB Kombinat Fortschritt Landmaschinen 1983 (unveröffentlicht).
- [12] Senf, K.-H.: Beanspruchungsgerechtes Gestalten. Ingenieurschule für Landtechnik „M. I. Kalinin“ Friesack, Lese- und Studienmaterial 1976 (unveröffentlicht).
- [13] Thieme, G.: Fachkunde für Schweißer, Grundausbildung. Berlin: VEB Verlag Technik 1986.

A 5143

VEB Lagerausrüstungs- technik Leipzig

Betrieb des VEB Kombinat
Leipziger Metallbau
Spinnereistr. 12
Markkleeberg
DDR-7113
Telefon: 3913216

Exporteur:
LIMEX-BAU
EXPORT-IMPORT

Volkseigener Außenhandelsbetrieb der DDR
Breite Straße 12/17 Postfach 4
Berlin, DDR - 1020
Telefon: 2 30 Telex: 011 49 68/69

● Schüttgutbunker aus Stahl
26 t und 215 t

● Müllbehälter 1,1 m³