

Präzisionsschrauben am Gleis

DB Richtlinie als Maßstab für neues Schraubverfahren



Abb. 1: Die geometrische Sollverspannung beim W-Oberbau liegt laut DB Richtlinie 824.5050 bei $\leq 0,5$ mm

Foto: Deutsche Bahn AG

OTTO WIDLROITHER

Die Richtlinie Ril 824.5050 [1] der Deutschen Bahn (DB) zur Herstellung lückenloser Gleise und Verspannung von Schienenbefestigungen verfolgt das Ziel, Schiene und Schwelle sicher zu verbinden und gleichzeitig Schäden an Schwellen auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Mit dieser

Vorgabe als Gradmesser entwickelte Robel eine Schraubmaschine, die Schienenbefestigungen mit präzise gesteuertem Drehmoment verspannt und jeden Schraubvorgang lückenlos dokumentiert. Deutschlandweite Einsätze in den vergangenen Monaten zeigten, dass die neue Präzisionsschraubmaschine die Schraubstandards am Gleis nachhaltig positiv verändert.

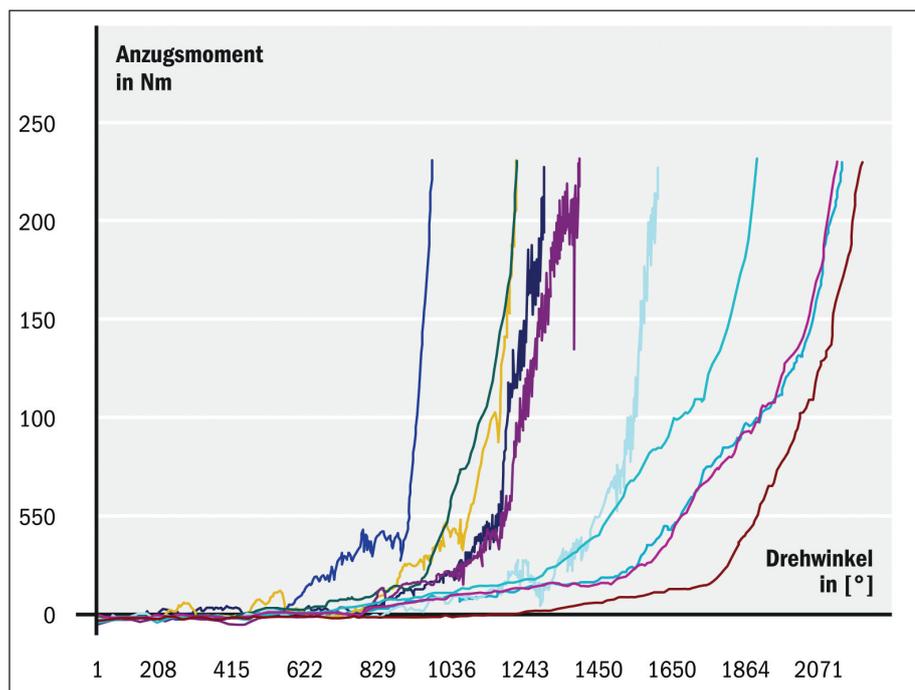


Abb. 2: Drehmoment über Drehwinkel verschiedener Muttern am K-Oberbau; die Kurven links zeigen harte Schraubfälle, jede Art von Schmierung verschiebt die Kurven tendenziell nach rechts. (Aufnahme der Graphen mit Robel Servoschrauber)

Ausgangssituation:

Ursachenanalyse Schwellenschäden

Drei Viertel aller Gleisschwellen im deutschen Netz – in Summe 78 Mio. Stück – sind aus Spannbeton gefertigt. Die aktuelle Schadquote liegt hier bei 2,5%, an die 2 Mio. Betonschwellen weisen demnach Schädigungen in Form diverser Risse und Ausbrüche auf [2]. Jährliche Instandhaltungskosten in zweistelliger Millionenhöhe sowie erhebliche Einschränkungen in der Netzverfügbarkeit veranlassten die Deutsche Bahn zu einer Ursachenanalyse als Grundlage für die Qualitätsoffensive der Bahn im Bereich Schwellen-Instandhaltung und -Erneuerung.

Der Fokus dieser Offensive liegt zum einen auf einer Verbesserung der Mängelfeststellung und Einsatzplanung und zum anderen auf der Qualitätssteigerung in Herstellung, Einbau und Instandhaltung des Oberbaus. Die klare Forderung der DB nach innovativen Lösungen rund um die Schwelle entspringt – neben der Sicherstellung instandhaltungsarmer Gleise und hoher Betriebsqualität [3] – auch der Motivation, bisher vorherrschende Unklarheiten bezüglich der Ursache von Schwellenschäden, resultierend aus mangelnder Materialqualität oder unsachgemäßem Umgang, zu beheben. Nicht zuletzt bei der Abwicklung von Regressansprüchen ist es von zentraler Bedeutung, ob Schwellenrisse aufgrund von Materialmängeln oder im Zuge der Instandhaltungsarbeiten entstanden sind.

Benchmark Richtlinie Ril 824.5050

Ein probates Mittel zur Steigerung der Instandhaltungsqualität sieht die DB in der Neubewertung der Anforderungen für das Verspannen von Schienenbefestigungen. Gemäß Ril 824.5050 liegt eine ordnungsgemäße Schienenbefestigung vor, wenn unter Einhaltung des maximal zulässigen Drehmoments von 250 Nm die geometrische Sollverspannung (Spaltmaß $\leq 0,5$ mm) gegeben ist (Abb. 1).

Für den Bau-Auftragnehmer stellt die Erfüllung dieser Vorgaben beim Einsatz herkömmlicher Schraubmaschinen sowohl organisatorisch als auch kostentechnisch eine Herausforderung dar: Jede 100. (bei hydraulischer Schraubmaschine) bzw. jede 20. (bei mechanischer Schraubmaschine) Schwelle ist mittels eines Drehmomentschlüssels zu überprüfen und die Regel-Konformität schriftlich nachzuweisen. Unabhängig davon prüft der Bauüberwacher Bahn (BÜB) zusätzlich die ordnungsgemäße Verspannung sowie die Erfüllung der Nachweispflicht.

Die Richtlinien-Änderung führt darüber hinaus zu mehr Argumentationssicherheit. Im Streitfall bezüglich der Ursache von Schwellenschäden stärkt die Protokollierung der Schraubvor-

gänge das Bauunternehmen in seiner Position gegenüber dem Auftraggeber, da ein zu hohes Drehmoment als Ursache für Schwellenrisse auszuschließen ist.

Einfluss kinetischer Energie auf das Schraubergebnis

Der Energieaufwand zum Anziehen der Schraubverbindung variiert je nach Beschaffenheit des Oberbaus bzw. der Gewindeoberflächen.

Bei harten Schraubfällen, z.B. alten Federringen an geölten Hakenschrauben oder weichen Spannbügeln am W-Oberbau mit gefetteten Dübeln, ist der Energieaufwand verhältnismäßig geringer als bei Spannbügeln mit hoher Vorspannung in Verbindung mit schwergängigem Gewinde.

Ein essenzieller Faktor zum Erreichen des vorgeschriebenen Drehmomentes sind zudem die unterschiedlichen Gewindesteigungen von im K-Oberbau eingesetzten Hakenschrauben (3 mm) bzw. der Schwellenschrauben des W-Oberbaus (12 mm) (Abb. 2).

Die Oberbauart und der Zustand der einzelnen Schraube erfordern demnach differenzierte Vorgehensweisen beim Verspannen, um ein richtlinienkonformes Ergebnis zu erzielen.

Im Rahmen der kontinuierlichen Entwicklungsarbeit zur Erweiterung der unternehmensinternen Schraubkompetenzen ergaben sich für Robel Grenzen mechanischer Schraubmaschinen beim Einsatz im Bahnbau: Ein Großteil an kinetischer Energie ist in Form von Schwungmasse fest vorgegeben, die der Motor über das Getriebe an die Spindel abgibt. Nur ein geringer Anteil dieser Energie ist über die Friktionskupplung zu regulieren. Ist die Maschine nicht exakt auf den vorherrschenden Oberbauzustand kalibriert, erreicht das Drehmoment an den Schrauben Spitzen bis zu 600 Nm. Damit einher geht eine entsprechende Materialbelastung für Schraubverbindung und Schwelle.

Folglich sind bisherige Standardverfahren nur bedingt bzw. nur bei weichen Schraubfällen geeignet, durchgängig sichere Qualität im Schraubergebnis zu liefern. Aus dieser Erkenntnis leitete die DB unter anderem die Vorgabe ab, dass für Neuschienen die Schraubkopf-Unterseite und das Schraubgewinde vor dem ersten Verspannen mit einem geeigneten Korrosionsschutzmittel zu versehen sind [4].

Primärgröße Drehmoment

In der Konsequenz wurde eine Maschine entwickelt, die Schraubfallhärten erkennt und die Drehzahl im Endanzug zum exakten Drehmoment reguliert. Der patentierte Lösungsansatz basiert darauf, das Drehmoment als Primärgröße direkt an der Drehmomentstütze (Abb. 3) abzunehmen, statt wie bisher über Sekundärgrößen, wie z.B. Stromstärke oder Hydraulikdruck zu ermitteln.

Inhalt des Patentes ist ein neues Verfahren nach dem Hebelarm/Kraft-Prinzip, wonach das Reaktionsmoment an der Schraubspindel mittels Kraftaufnehmer sicher und ohne Störeinflüsse erkannt

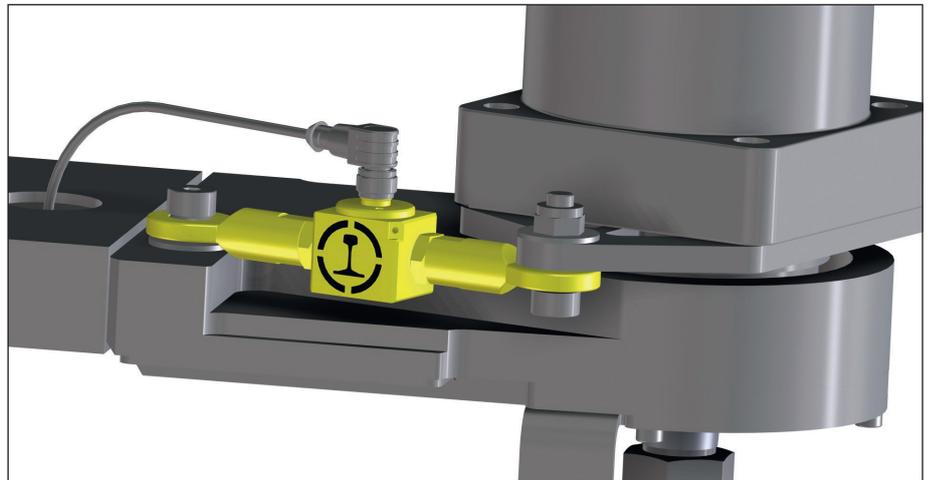


Abb. 3: Patentierte Messung des Drehmomentes mit integriertem Drehmomentschlüssel

wird. Eine Abhängigkeit des Messwertes von sekundären Einflussgrößen, wie Öltemperatur oder Kupplungsreibwerten, ist ausgeschlossen.

Zur präzisen Erfassung des erreichten Drehmomentes löst das System im Newtonmeter-Bereich auf. Zusätzlich dokumentiert die Schraubmaschine jede Verschraubung lückenlos, die Vorgaben der Ril 824.5050 sind somit erfüllt. Dies veranlasste die DB, die Präzisions-Schraubmaschine 30.73 PSM als bisher einzige von zwölf bei der DB eingesetzten Schraubmaschinentypen von der vorgeschriebenen Überprüfung jeder zwanzigsten oder hundertsten Schraube auszunehmen.

Einfach Schrauben – ein Praxisbericht

Was bewegt den Bau-Auftragnehmer – neben der vorschriftsgemäßen Sicherstellung des korrekten Verspannungszustandes – dazu, seinen bewährten Maschinenpool um hydraulische Präzisions-Schraubmaschinen zu erweitern? Der konkrete Nutzen lässt sich anhand eines Standard-Arbeitseinsatzes darstellen.

Aufgabenstellung: Sofortige Einsatzbereitschaft

Planmäßige Arbeiten bieten dem Unternehmer die Möglichkeit, die benötigten Maschinen rechtzeitig zu warten und zur Kalibrierung einzusenden. Der hohe Zeitdruck unvorhergesehener Einsätze lässt jedoch meist keinen Spielraum für zeitraubende Vorbereitungen. Aufgrund ihrer hydraulischen Komponenten ist die 30.73 PSM im Vergleich zu mechanischen Schraubmaschinen weitgehend wartungsfrei (Wartungsintervall zwei Jahre bzw. 200 000 Schraubzyklen), weist neben Öl und Filtern keine Verschleißteile auf und bleibt so unmittelbar einsatzbereit. Die Kalibrierung erfolgt jährlich mittels Drehmoment-Messaufsatz (Abb. 4)



Abb. 4: Die jährliche Kalibrierung erfolgt durch geschultes Personal des Bauunternehmers mittels Drehmoment-Messaufsatz.



Abb. 5: Mit eingeklappten Griffen lässt sich die Schraubmaschine auch bei beengten Platzverhältnissen von vier Personen leicht transportieren.

durch geschultes Personal des Bauunternehmers in der eigenen Werkstatt bzw. alternativ beim Hersteller und dient gleichzeitig als Funktionsnachweis für den Bau-Überwacher.

Aufgabenstellung:

Einfacher Transport zur Baustelle

Bei schwer zugänglichen Gleisen, beengten Platzverhältnissen und Arbeiten an nicht gesperrten Strecken zählt jeder Handgriff und jedes Kilogramm. Durch bewusstes Gewichtsmanagement in der Maschinenkonstruktion – Einsatz von Aluminium-Komponenten, einem luftgekühlten 4-Takt-Benzinmotor und einer Hydraulikanlage neuester Generation – erreicht die 30.73 PSM ein Gesamtgewicht von rund 97 kg. Transport und Positionierung am Gleis sind auch in unwegsamem Gelände ohne Kran

und Tragwagen in ergonomischer Körperhaltung realisierbar (Abb. 5).

Aufgabenstellung: Intuitive Inbetriebnahme

Das Erreichen des gewünschten Drehmomentes erfordert bei mechanischen Schraubmaschinen die manuelle Anpassung an Einflussgrößen, wie Oberbau-Art, Zustand der Kleinteile, Temperatur oder Motorverschleiß, deren Beurteilung vorrangig in der erfahrungsbedingten Einschätzung des Bedieners liegt. Einmal justiert, bleiben die gewählten Einstellungen für die folgende Betriebszeit unverändert, mit signifikanten Auswirkungen auf das Drehmoment bei sich ändernden Umwelteinflüssen, wie z.B. Temperaturschwankungen und unterschiedlichen Schraubzuständen (Abb. 2): Ein zu hohes Drehmoment kann Schwellenschäden zur Folge haben, ein zu niedriges resultiert in nicht korrekt verspannten Schrauben.

Die Speicher programmierbare Steuerung (SPS) der hydraulischen Präzisions-Schraubmaschine erlaubt eine rasche, menügeführte Einstellung folgender Parameter ohne Vorkenntnisse des Bedieners:

- Schraubmuster (feld- u/o spurseitig),
- Oberbau-Art (K, KS, W),
- Streckendaten (Strecken-/Gleisnummer, Kilometrierung, Schiene) und
- Markierung der ersten Verschraubung.

Da die selbstlernende Steuerung der 30.73 PSM einen kontinuierlichen Soll-/Ist-Abgleich mit dem vorherrschenden Schraubfall durchführt und das Drehmoment entsprechend korrigiert, dienen die o.g. Einstellungen vor allem der Optimierung von Arbeitsgeschwindigkeit und -ergebnis sowie der präzisen Dokumentation des Schraubvorganges.

Aufgabenstellung: Durchgängig korrektes und dokumentiertes Schraubergebnis

Erst im Arbeitseinsatz unter realen Bedingungen zeigt sich die Alltagstauglichkeit neuer

technischer Lösungen. Im Fall einer Schraubmaschine ist das ein richtlinienkonformes Herstellen der Schraubverbindung mit möglichst geringem Zeitaufwand. Die in der Folge beschriebene Funktionsweise der vollhydraulischen PSM 30.73 demonstriert die technische Umsetzung des neuen Schraubverfahrens.

Ergonomisches Schrauben

Nach Einstellung der Parameter über die Softkeys der SPS startet der Bediener die Schraubmaschine durch leichten Druck auf die rechten oder linken Fingertaster an den Handgriffen. Zur Steigerung der Arbeitssicherheit beleuchtet die rechts unter dem Griff angebrachte LED-Lampe nicht nur den Schraubbereich, sondern das komplette Arbeitsumfeld. Die Maschine verfügt über verstellbare Griffe und ist so ausbalanciert, dass die Bedienung komfortabel in aufrechter Körperhaltung ohne Kraftaufwand erfolgt.

Die lernende Schraubmaschine

Der Soll-Ist-Abgleich des selbstlernenden Schraubprogramms läuft nach folgendem Regelkreis ab:

- Der Kraftaufnehmer erfasst im Millisekundenbereich, wie stark die Schraube zu jedem Zeitpunkt des Schraubvorgangs angezogen ist und
- übermittelt die Information an die SPS.
- Die SPS erkennt über die hinterlegten Gradienten den Schraubfall.
- Die Spindeldrehzahl für das End-Anzugsmoment wird präzise voreingestellt.

Sobald die SPS erkennt, dass das Drehmoment von maximal 250 Nm in ausreichender Zeit erreicht wurde, stoppt die Maschine automatisch. Um Zeit zu sparen, wird die Drehzahl für den nächsten Schraubvorgang neu berechnet. Das Display zeigt, ob der Schraubvorgang korrekt abgeschlossen wurde (Abb. 6). Alle erfassten Daten werden protokolliert, der Status jeder vorgenommenen Schraubung bzw. übersprungenen Schraube ist erfasst. Zeigt das Display einen Störfall, öffnet die Maschine die Verschraubung und wiederholt den Vorgang. Beim Einsatz mechanischer Maschinen übliche Nacharbeiten, wie das Überprüfen und Nachschrauben, erübrigen sich.

Prüfung verschraubter Streckenabschnitte

Durch den SPS gesteuerten, dynamischen Prozess der 30.73 PSM ist es erstmals möglich, bereits verschraubte Streckenabschnitte auf Drehmoment nachzuprüfen, ohne wie bisher die Schrauben komplett zu lösen. Auch bei diesem Vorgang werden gemessene Drehmomente durchgängig protokolliert. Dieses Verfahren dient vor allem bei älteren Strecken als schnell zu erbringender Nachweis für die regelkonforme Festigkeit der Kleineisen.



Abb. 6: Das Display der SPS zeigt den richtlinienkonformen Abschluss des Schraubvorganges.

Gelöste Schrauben

Beim Lösen von Schraubverbindungen wird das Drehmoment dynamisch linear auf bis zu 880 Nm hochgefahren. Dies schont zum einen die Mechanik der Maschine, zum anderen reicht das hohe Lösemoment verlässlich aus, um verrostete Schrauben älterer K-Oberbau-Befestigungen abzureißen. Ein in der SPS hinterlegter und über Menü wählbarer Prozess erlaubt darüber hinaus das Wecken von fest sitzenden Schrauben in lockeren W-Oberbau Dübeln.

Manipulationssichere Dokumentation

Die mit der 1%- bzw. 5%-Regel der Ril 824.5050 vorgeschriebene Überprüfung der Verschraubung wird beim Einsatz von mechanischen Schraubmaschinen mittels Drehmomentschlüssel bei jeder 20. bzw. 100. Schwelle manuell vorgenommen und dokumentiert. Dieses zeitintensive Verfahren erübrigt sich bei der Präzisions-Schraubmaschine aufgrund der automatischen Aufzeichnung der kodierten Schraubergebnisse. Das digitale Protokoll wird über eine geschützte, wasserdichte USB-Schnittstelle ausgegeben. Der vibrationsfeste und temperaturresistente USB-Stick ist ohne zusätzliche Software oder Lesegeräte von gängigen Office-Programmen lesbar.

Optimierte Auswertung durch GPS

Sofern gewünscht, wird die 30.73 PSM mit einem GPS-Datenlogger ausgestattet. Im Protokoll ist dann exakt zu jeder Verschraubung die

Abb. 7: Das Datenprotokoll zeigt alle Schraubergebnisse der Betriebszeit mit Angabe der GPS-Daten jeder Verschraubung.

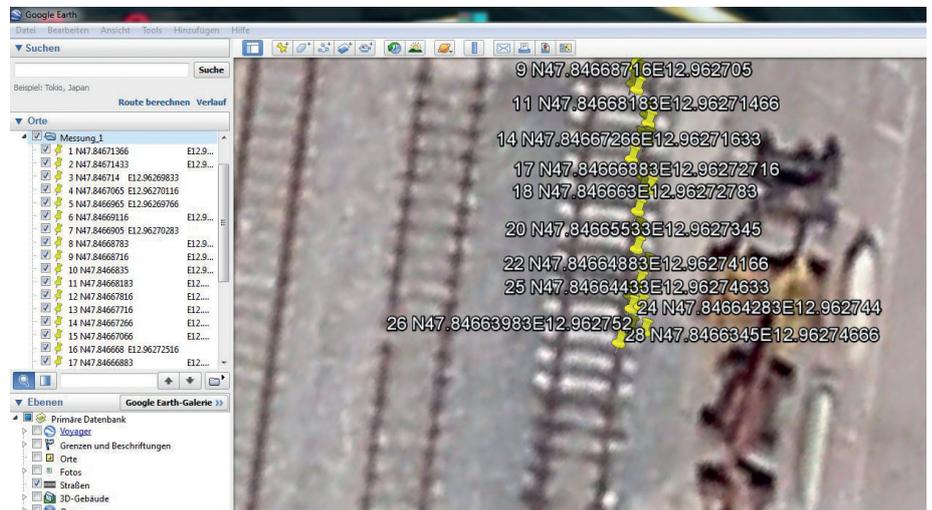


Abb. 8: Die Übertragung der erfassten GPS-Daten auf Google Maps erleichtert die Lokalisierung möglicher Fehler in der Oberbau-Verschraubung. *Fotos: Robel Bahnbaumaschinen GmbH*

GPS-Position in der gleichen Zeile mit angegeben (Abb. 7). Mögliche Fehler in der Oberbau-Verschraubung werden so zweifelsfrei und schnell lokalisiert und behoben (Abb. 8).

der Fläche zeigt sich das Potenzial präzisen Schraubens. ■

QUELLEN

- [1] Balfanz, S.: Richtlinie Bautechnik, Leit-, Signal- und Telekommunikationstechnik/Lückenlose Gleise und Weichen herstellen, Befestigungsmittel verspannen, Kleisenen teilweise lösen bzw. teilweise ausbauen, I.JPF 111(G), gültig ab 01.08.2015
- [2] Siegmund, H.; Hempe, T.: 59. Oberbaufachtagung 12.05.2016, DB Netz AG, Stand 07.05.2015, Quelle Schadquote: Schadschwellen-Monitoring DB, Stand 07.05.2015
- [3] Hempe, T.: Leitfaden „Richtiger Umgang mit Betonschwellen/ Voraussetzungen für eine lange Nutzungsdauer“ DB Netz AG, 2015
- [4] Ril 824.5050/5 Gangbarhaltung der Verschraubung



Technische Daten Präzisions-Schraubmaschine 30.73 PSM

Antrieb:
Luftgekühlter 4-Takt-Benzinmotor

Typ:
Honda GX200

Schraubparameter:
Drehzahl (Ein- und Ausschrauben)
stellt sich automatisch ein
(max. 205 U/m)

Lösemoment:
max. 900 Nm

Anzugsmoment:
je nach Maschinenvariante
max. 500 Nm

Drehmoment:
gemäß DB Ril 824.5050 – 250 Nm

Abmessungen (L x B x H):
Transportstellung:
1530 x 470 x 960 mm
Arbeitsstellung:
2090 x 470 x 960 mm

Gewicht:
~ 96,5 kg Maschine
~ 6 kg Fahrwerk
~ 3,5 kg Ausleger

Präzisionsschrauben in Deutschland

Mit Inkrafttreten der neuen Richtlinie haben sich die Vorzeichen geändert. Die vorgeschriebene Kontrolle und Dokumentation jedes Schraubfalles bedeutet für den Bauunternehmer in der Regel ein Mehr an Personal und Zeitaufwand. Dies resultiert in Kosten, die mit dem Einsatz von vollhydraulischen Präzisions-Schraubmaschinen nicht anfallen. Darüber hinaus führt das neue Schraubverfahren zu Einsparungen in Bereichen, die bisher fixer Bestandteil jeder Schraubarbeit am Gleis waren, wie z. B. die externe Kalibrierung, Rüstkosten sowie kontinuierliches Nacharbeiten.

Den ersten Leistungsbeweis trat die Präzisions-Schraubmaschine 30.73 PSM im April 2016 auf der Schnellfahrstrecke Kassel – Hannover an. Nach neun Monaten Feldeinsatz in



Dipl.-Ing. (FH) Otto Widroither

Leiter
Handgeführte Maschinen und Geräte
Robel Bahnbaumaschinen GmbH,
Freilassing
otto.widroither@robelt.info