

IV/1 Rohrverlegung mit dem Raketenpflugverfahren

Dipl.-Ing. Günter Walther

1 Einleitung

Technische Innovationen sollen der Wirtschaftlichkeit und der Qualitätssicherung dienen. Für den Bau von Kanälen und Abwasserleitungen stehen heute eine Vielzahl moderner Gerätetechniken zur Verfügung. Praxiserfahrungen zeigen einerseits, dass die Wahl des Einbauverfahrens sich entscheidend auf die Kosten für den Rohrleitungsbau auswirkt. Andererseits entsprechen diese innovativen Verfahren häufig noch nicht den „allgemein anerkannten Regeln der Technik“ (a. a. R. d. T.), was sich oftmals in der verhaltenen Akzeptanz dieser Einbautechniken bei den Entscheidungsträgern widerspiegelt.

Bisher wurden mit automatisierten Einbauverfahren nur biegeeweiche Kunststoffrohre (PE 80, PE 100, PE-Xa) für Trink- und Abwasserleitungen eingepflügt bzw. eingefräst [1, 2]. Durch die Entwicklung des Raketenpflugverfahrens können nun auch Rohrstränge mit zugkraftschlüssiger Muffenverbindung eingezogen werden.

Im Folgenden Beitrag werden der Einbau von Rohrleitungen mit dem Raketenpflugverfahren kurz beschrieben und Anwendungshinweise gegeben. Auf der Grundlage von Erfahrungen aus mehreren Einbauprojekten werden Hinweise zur Planung und zum Bau von Rohrleitungen mit dem Raketenpflugverfahren abgeleitet.

2 Das Raketenpflugverfahren

Das Raketenpflugverfahren wird zu den grabenlosen Einbauverfahren gezählt. Der Raketenpflug ist eine Weiterentwicklung der Rohr- und Kabelpflüge, die seit über 30 Jahren zum Einbau von Kabel und flexiblen Rohrleitungen verwendet werden. Ein wesentlicher Vorteil des Raketenpflugverfahrens ist, dass nun auch Rohrstränge mit längskraftschlüssigen Muffenverbindungen bis zu einer Nennweite DN 300 eingezogen werden können [3]. **Bild 1** verdeutlicht das Prinzip des Rohreinbaus mit dem Raketenpflugverfahren.

Das Raketenpflugverfahren besteht aus den Fahrzeugkomponenten Zugfahrzeug und Pflug. Das wichtigste Maschinenteil des Pfluges ist das Pflugschwert. Der Pflug wird über ein Stahlseil mit dem Zugfahrzeug verbunden. Durch die über die Seilwinde übertragene Zugkraft verdrängt das Pflugschwert auf Einbautiefe das Erdreich. Beim Raketenpflugverfahren wird der vormontierte, längskraftschlüssige Rohrstrang an einen Aufweitkörper – der sog. „Rakete“ –

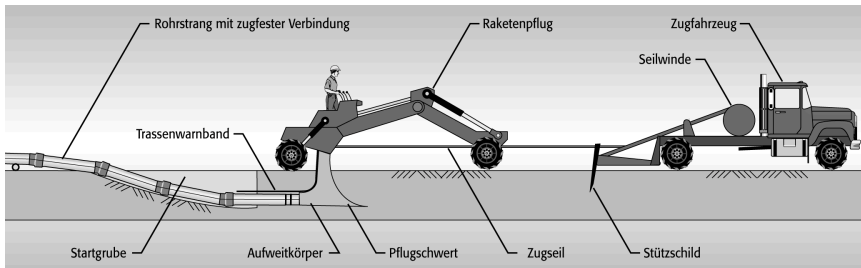


Bild 1: Beispielskizze für den Rohreinbau im Raketenpflugverfahren

montiert. In einem Startschacht, der als Schräge ausgebildet ist, wird der Rohrstrang in den Bereich der Leitungszone gezogen und auf die entsprechende Einbautiefe gebracht. Durch die Zugkraft der Seilwinde verdrängt das Pflugschwert nun mit dem Aufweitkörper das Erdreich im Bereich der Leitungszone. Dadurch wird ein Hohlraum erzeugt, in den die Rohrleitung unmittelbar eingezogen wird.

Zum Schutz von Rohren aus Polyethylen in Böden mit rohrschrädigendem Material besteht die Möglichkeit, das Rohr einzusanden. Beim Raketenpflugverfahren kann zur Reduzierung der auftretenden Reibungskräfte zwischen Rohr und Boden eine Suspension mit thixotropen Eigenschaften, z. B. Bentonitsuspension, verwendet werden. Die Länge des vormontierten Rohrstrangs muss auf die Verdrängbarkeit und Standfestigkeit des Bodens, auf die Trassenführung, den Geländeverlauf sowie auf das eingesetzte Rohrschutzmaterial (Sand, Bentonit) abgestimmt werden, um die zulässige Zugkraft des Rohrmaterials und der Rohrverbindungen nicht zu überschreiten.

Das Pflugverfahren ist besonders für ländliche Gebiete mit geringer Einwohnerdichte geeignet, wo große Rohrleitungslängen mit wenigen Anschlüssen erforderlich sind. Mit diesem Verfahren werden bis jetzt ausschließlich Druckleitungen eingebaut. Das Kreuzen kleiner Gewässer und das Verlegen von Rohren in Böschungen stellen aufgrund der Pflugkonstruktion mit allseitig verstellbaren Radauslegern keine technischen Probleme dar. Der Einsatz des Pflugverfahrens hat sich beim Rohreinbau unter dem Grundwasserspiegel als sehr wirtschaftlich und umweltschonend erwiesen.

Das Gelände muss unbefestigt sein, und es sollten keine größeren Hindernisse vorhanden sein. Vor dem Beginn der Einbauarbeiten mit dem Pflugverfahren müssen die genaue Lage von kreuzenden Leitungen und die Untergrundverhältnisse der Leitungstrasse bekannt sein. Das Pflugverfahren eignet sich sehr gut in Bodenarten, die sich leicht verdrängen lassen [2]. Planungs- und Anwendungshinweise für das Raketenpflugverfahren sind in **Tabelle 1** zusammengestellt.

Einsatzbereich	ländliche Gebiete, Wasserschutzgebiete, Moore, Verlegung unterhalb des Grundwasserspiegels
Rohrmaterial	GGG, PE-HD (PE 80, PE 100, PE-X _a)
Rohraußendurchmesser	GGG: bis DN 300 PE-HD: bis $d_a = 355$ mm
Verbindungsart	GGG: Formschlüssige Muffenverbindung, z. B. TIS-K PE-HD: Stumpfschweißen, Muffenschweißen
Verlegetiefe	bis 1,80 m
Einziehlänge	abhängig von Trassenverlauf, Bodenart, Rohrmaterial, Muffenverbindung, Reibungswiderstand
Bodenart	alle verdrängbaren Bodenarten (z. B. gemischtkörniger Boden in lockerer Lagerung)
Rohrschutz	Einbau eines Rohrschutzes möglich (z. B. Sand, Bentonit)
Empfohlener Abstand zum Straßenrand	$\geq 1,50$ m
Einbauleistung	bis ca. 1600 m/d – anhängig von Rohrmaterial, Rohrdurchmesser, Bodenart und Einbautiefe
Leistungsart	Druckleitungen

Tabelle 1: Planungs- und Anwendungshinweise für das Raketenpflugverfahren (Stand 2000)

3 Hinweise zu Planung und Bau

Die Wirtschaftlichkeit einer Rohrleitung wird weniger von den Kosten für den Rohrwerkstoff, sondern vielmehr von den Einbau- und Instandhaltungskosten bestimmt. Die Einbaukosten hängen hauptsächlich von den Erdarbeiten ab. Die Instandhaltungskosten werden von der Nutzungsdauer der Rohrwerkstoffe beeinflusst. Nach den aktuellen Empfehlungen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) sollte die Nutzungsdauer von Kanälen zwischen 50 und 80 Jahren liegen. Wasserverteilungsanlagen sollten für eine Nutzungsdauer von 40 bis 60 Jahren ausgelegt werden. Daher kommt heute im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit der richtigen Wahl eines Rohrsystems in Kombination mit dem Einbauverfahren vermehrt Bedeutung zu. Mangelnde Erhebung der erforderlichen Daten und Fehler, die bei der Planung begangen werden, sind beim Bau und späteren Betrieb nur schwer und mit großem Aufwand zu beheben. Im Folgenden werden einige wichtige Hinweise für die Planung und den Bau von Rohrleitungen unter Verwendung des Raketenpflugverfahrens gegeben. Detailliertere Angaben können [4] entnommen werden.

3.1 Planung

Baugrunduntersuchung

Bei der Planung von Leitungsbauprojekten, die mit automatisierten Einbauverfahren realisiert werden sollen, müssen ausreichende Informationen über den zu erwartenden Baugrund vorliegen, um zu prüfen, welche Verfahren eingesetzt werden können. Besteht Unsicherheit bezüglich des Bodens oder sind keine Erfahrungswerte vorhanden, muss ein Bodengutachten erstellt werden. Dieses soll die für das Raketenpflugverfahren wichtigen Bodenkennwerte (Korngrößenverteilung, Plastizität, Lagerungsdichte usw.) enthalten. Die Bodenkennwerte werden in Labor- und Feldversuchen ermittelt.

Einteilung der Böden

Für das Raketenpflugverfahren ist eine Einteilung der Böden nach DIN 18300 nicht sinnvoll, da die für den Pflugvortrieb maßgebenden Parameter nicht berücksichtigt werden. Der ideale Boden für die Anwendung des Pflugverfahrens ist gut verdrängbar und besitzt eine ausreichende Standfestigkeit, damit sich eine Gewölbetragwirkung ausbildet, z. B. bindiger Boden mit weicher bis steifer Konsistenz. Diese bewirkt, dass das Rohr nicht durch äußere Lasten belastet wird. Das Raketenpflugverfahren ist in Fels und in Böden mit hohem Anteil an Blöcken und Steinen nicht anwendbar. In [2] wird ein Klassifizierungssystem vorgeschlagen, in dem die Eignung der Böden für das Raketenpflugverfahren angegeben wird.

Zugkraft

Durch die Beanspruchung des Rohrstranges auf Zug müssen längskraftschlüssige Muffenverbindungen eingesetzt werden. Rohre aus Polyethylen werden üblicherweise stumpfgeschweißt. Für Rohren aus duktilem Guss eignen sich formschlüssige Systeme, z. B. TIS-K-Muffenverbindungen. Die Zugkraft, mit der Rohre aus Polyethylen belastet werden dürfen, beträgt für PE 80 8 N/mm² und für PE 100 10 N/mm² [5]. In der FGR-Norm 66 [6] sind die maximal zulässigen Ziehkraften und die unkritische Einziehlänge für einen geraden Rohrstrang aus duktilem Guss angegeben. Nicht berücksichtigt wurden dabei gekrümmte Rohrleitungstrassen [4] und mögliche senkrecht zur Rohrachse wirkenden Kontaktspannungen zwischen Rohr und Boden [7]. Die Rohrkrümmung und die Kontaktspannungen bewirken eine Vergrößerung der Reibungskräfte und damit kleinere zulässige Einziehlängen. Bindige Böden, z. B. Ton oder Schluff, mit ausgeprägt plastischen Eigenschaften sind sehr standfest. Der durch den Verdrängungsvorgang gebildete Hohlraum bleibt stehen. Nicht-bindige Böden, z. B. Kies oder Sand, weisen in der Regel keine Kohäsion auf. In diesen Bodenarten kann es zu einem Einsturz des Hohlraumes und damit zu einer

Erhöhung der Reibungskräfte kommen. Durch den Einsatz von Bentonit kann die Reibung zwischen Rohr und Boden vermindert werden.

Baugrubenlänge

Die Mindestabmessungen der Baugrubenlänge hängt beim Einziehen des Rohrstranges aus Polyethylen von der Einbautiefe, vom Rohraußendurchmesser, vom zulässigen Biegeradius und der Außentemperatur ab [4, 5]. Für das Einziehen von Rohrsträngen aus duktilem Guss ist die Baugrubenlänge abhängig von der Abwinkelbarkeit der Muffenverbindung. Die mögliche Abwinkelbarkeit hängt grundsätzlich von den Einsteckend- und Muffenmaßen ab. Für Nennweiten bis DN 300 sollte die Baugrube eine Mindestlänge von 18 m aufweisen. Die Baugrube muss als schräge Rampe ausgebildet werden [4].

Trassenabstand von Verkehrsflächen mit bituminöser Decke oder Betondecke

Bei Längsverlegungen von Rohrleitungen entlang von Staatsstraßen sind die Leitungen am äußeren Rand des Straßengrundstückes zu verlegen, entweder an der Oberkante der Einschnittsböschung oder entlang des Straßen-Dammfußes. Bei sehr beengten Verhältnissen kann auch ein Einbau bis zu einem Mindestabstand von 1,50 m vom befestigten Fahrbahnrand in Ausnahmefällen zugelassen werden. In keinem Fall dürfen die Tragfähigkeit des Straßenoberbaus, die verkehrstechnische Ausstattung der Straße oder die Funktionsfähigkeit von Entwässerungseinrichtungen (Schächte, Entwässerungsleitungen) beeinträchtigt werden. Der Trassenabstand vom Fahrbahnrand kann für Gemeinde- und Kreisstraßen in Abstimmung mit dem jeweiligen Baulastträger festgelegt werden. Ansonsten gelten dieselben Vorgaben wie für Staatsstraßen.

Kreuzende Leitungen

Kreuzende Leitungen, Dränagen usw. sind bereits in der Planungsphase zu erkunden.

Lagegenauigkeit

Das Höhenprofil der Leitungstrasse hängt ab von der Topographie des Geländes. Die Lagegenauigkeit des mit dem Raketentpflugverfahren eingebauten Rohrstranges wird sehr stark von nicht beeinflussbaren Parametern wie Bodenart, Lagerungsdichte bzw. Konsistenz des Bodens und Witterung geprägt.

Ausschreibung

Für Angebote zu automatisierten Einbauverfahren müssen die Anwendungsgrenzen des Raketentpflugverfahrens beachtet, dessen Eignung für die Baumaßnahme überprüft und in der Ausschreibung Sondervorschläge zugelassen werden. Sonderleistungen, z. B. Aufgrabungen zur Kontrolle der Rohrbettung, Zugkraftmessungen usw. müssen ausgeschrieben und gesondert vergütet werden.

3.2 Bau

Mit der Bauausführung werden entweder Baufirmen beauftragt, die die notwendigen Baugeräte für das gewählte automatisierte Einbauverfahren selbst zur Verfügung oder diese angemietet haben, oder die entsprechend ausgestattete Firmen als Subunternehmer beauftragen. Bei den einzelnen Firmen liegen daher unterschiedliche Erfahrungen mit diesen Bauverfahren vor.

Auslegen des Rohrstranges

Der Rohrstrang sollte in Verlängerung der geplanten Trasse in Einpflügrichtung zusammengeschweißt bzw. vormontiert werden. Darauf zu achten ist, dass die Abwinkelbarkeit der

Muffenverbindung duktiler Gussrohre durch das Ankuppeln des Rohrstranges an den Aufweitkörper des Raketenpfluges nicht überbeansprucht wird.

Freilegen von Sparten

Zur Vermeidung von Schäden an bestehenden Leitungen sowie zur Optimierung der Bauausführung sind kreuzende Leitungen, Dränagen usw. vor Baubeginn freizulegen.

Abstand vom Straßenrand

Um Schäden an Straßen zu vermeiden, muss der in der Planung festgelegte Abstand vom Straßenrand eingehalten werden.

Zugkraftmessungen

Die aufnehmbaren Zugkräfte des Rohrmaterials und der Rohrverbindungen dürfen nicht überschritten werden. Deshalb sollten Zugkraftmessungen stets durchgeführt und dokumentiert werden [3].

Einziehlänge

Die Einziehlänge des Rohrstranges muss wegen der auftretenden Reibungskräfte in Abhängigkeit von der angetroffenen Bodenart und vom Trassenverlauf gewählt werden

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Erfahrungen zeigen, dass der Einbau von Rohrleitungen mit dem Raketenpflugverfahren eine sinnvolle und vor allem wirtschaftliche Alternative zur konventionellen Bauweise darstellt. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass die Vor- und Nachteile sowie die Einsatzgrenzen des Raketenpflugverfahrens genau bekannt sind. Durch die sorgfältige Analyse während der Planungsphase wird vermieden, dass der Einsatz des Verfahrens mit geringeren Investitionskosten höhere Betriebs- und Reparaturkosten verursacht. Daher sollte auch der Rohrhersteller mit in die Planung einbezogen werden.

Nachdem über automatisierte Einbauverfahren (Raketen- und Verlegepflugverfahren, Fräsverfahren) inzwischen von einer Vielzahl von Projekten Erfahrungen vorliegen [4] sowie umfangreiche Untersuchungen durchgeführt wurden [2], [3], [8], wurde bei der ATV und beim DVGW die Aufnahme der Verfahren in das Regelwerk beantragt, um letztendlich auch hier mehr Rechtssicherheit für die am Bau Beteiligten zu erlangen.

5 Literatur

- [1] Günthert F. W.; Walther, G.: Fräsen und Pflügen – Verfahren und Anwendungsgrenzen. 13. Oldenburger Rohrleitungsforum 1999. S. 654 - 668.
- [2] Walther, G.; Günthert, F. W.; Herb, S.: Einsatz von Fräs- und Pflugverfahren im ländlichen Raum – Ergebnisse aus einem Forschungsprojekt. 13. Oldenburger Rohrleitungsforum 1999. S. 669 - 681.
- [3] Günthert, F. W.; Walther, G.: Einbau duktiler Gussrohrleitungen mit dem Verfahren des Einpflügens. 14. Oldenburger Rohrleitungsforum 2000. S. 272 - 283.

- [4] Walther, G.; Günthert, F. W.: Dokumentation Kostengünstiger Bau von Trinkwasserleitungen – Handlungsanleitungen zum Einfräsen und Einpflügen in ländlichen Gebieten. Hrsg. Universität der Bundeswehr München, Institut für Wasserwesen und Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München 1999.
- [5] DVGW-Arbeitsblatt GW 320-1: Rehabilitation von Gas- und Wasserrohrleitungen durch PE-Relining mit Ringraum – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung. Ausg. Juni 2000.
- [6] Norm FGR 66: Duktile Gussrohre für Horizontalbohrverfahren. Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme, Köln, 1998.
- [7] Achmus, M. et al.: Untersuchungen zum Tragverhalten axial belasteter Druckrohrleitungen. In: Visionen von heute – Realitäten von morgen? 14. Oldenburger Rohrleitungsforum 2000. S. 272-283.
- [8] Föckersperger, F.; Mischo, M.; Walther, G.: Wirtschaftlicher und umweltschonender Einbau duktiler Gussrohre mit dem Raketenpflugverfahren im ländlichen Raum. FGR 34 (1999) S. 5 - 10.

Verfasser: Dipl.-Ing. Günter Walther
Universität der Bundeswehr München
Institut für Wasserwesen
Telefon: (0 89) 60 04 - 26 98
Telefax: (089) 60 04 - 38 58
e-mail: guenter.walther@unibw-muenchen.de