

Systembeschreibung

Hydraulische Fuge

mit Mehrwert



TuSo GmbH
Mutzenrather Weg 39
D - 50259 Pulheim
Office: +49 / 2238 / 301 204
Mobil: +49 170 / 48 77 23 1
Mail: info@tuso-bau.de

Inhaltsverzeichnis:

1.0	Einleitung	Seite 3
2.0	Berechnung der Hydraulischen Fuge	Seite 5
3.0	Werksmäßige Prüfung und Befüllung der Hydraulischen Fuge	Seite 7
4.0	Montage der Hydraulischen Fuge	
	4.1. Einzelschlauchsystem	Seite 8
	4.1. Doppelschlauchsystem	Seite 10
5.0	HD – Dicht	Seite 11
6.0	Abhängigkeit der Mindestdichtfläche zur Rohrlänge und Planradius	Seite 13
7.0	Statische Onlinebegleitung der Hydraulischen Fuge	Seite 14

1. Einleitung

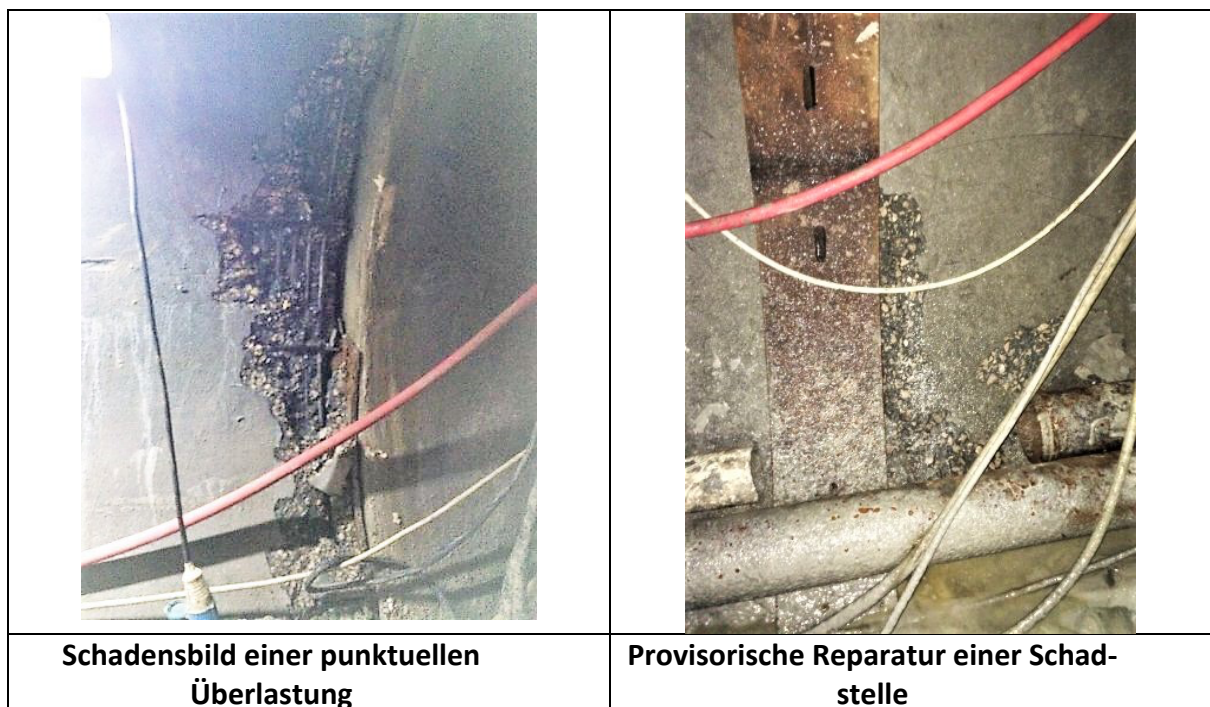
Mit herkömmlichen Druckübertragungsringen, üblicherweise aus Holz, zeigen sich immer wieder Schadensbilder an den Stahlbetonvortriebsrohren die einen Vortrieb zum Erliegen bringen und u.U. nicht mehr fortgesetzt werden kann.

Die häufigsten Schäden entstehen u. A. durch:

- Kraftspitzen durch geometrische Abweichungen der Vortriebsrohre
- Unerwartete steigende Vortriebskräfte
- Ungewollte Steuerbewegungen (insbesondere bei Kurvenfahrten)

die zu einer Überlastung der Betonstirnseiten führt und zu schalenförmigen Abplatzungen an den Stahlbetonvortriebsrohren führen kann.

Diese Schäden können nur provisorisch unter erheblichen Aufwendungen vor Ort behoben werden, um einen weiteren Vortrieb unter erheblichen Einschränkungen zu ermöglichen.



Aufgrund ihrer besonderen Eigenschaften ist eine Hydraulische Fuge als Druckübertragungsmittel in der Lage, wesentlich besser auf wechselnde Situationen Rohrschonend zu reagieren. Ihre positiven Eigenschaften liegen u. A. in:

- Druckübertragungsfläche bleibt an jeder Stelle annähernd gleich
- Die Kraftresultierende liegt nur unweit vom Zentrum entfernt
- Ein weiteres Ausbeugen der Rohre wird (z.B. beim Aufschwimmen) minimiert

- Minimierung der Fugenzahl bei Kurvenfahrten durch Einsatz von längeren Rohren
- Höhere Vortriebskräfte bei Kurvenfahrten insbesondere bei einer S - Kurve

Eine konsequente Weiterentwicklung von der Hydraulischen Fuge als reiner Druckübertragungskörper zur mitfahrenden Dichtung führt zu einer enormen Qualitätssteigerung der gesamten Rohrhaltung. Der Mehrwert liegt in folgenden Punkten:

- Gelenkig dauerhaftes Doppeldichtsystem
- Schutz der Stahlmanschette vor aggressiven Abwässern und Gasen
- Kombiniertes Einsatz mit herkömmlichen mitfahrenden Sekundärdichtungen (Streckenführung z.B. lange Anfangsgerade anschließend Kurve)
- Konstanter Anpressdruck an den Betonflanken auch bei Bewegungen
- Kein Zeitlicher Montageaufwand



**Hydraulische Fuge als
Druckübertragungselement**



**Hydraulische Fuge mit Mehrwert
HD - Dicht**

2. Berechnung der Hydraulischen Fuge nach DWA-A 161

Die statische Berechnung von Vortriebsrohren ist im Arbeitsblatt DWA-A 161 in der derzeit gültigen Fassung vom März 2014 geregelt. Die Berechnung für Einwirkungen längs der Rohrachse (Ermittlung der zulässigen Vortriebskraft) enthält das Kapitel 10. Spezielle Hinweise für die Hydraulische Fuge sind im Abschnitt 4.7.2 des Regelwerks zusammengefasst. Darin ist festgelegt, dass die Nachweise für Druckübertragungsringe aus Holz (Kap. 10) sinngemäß auch für die Hydraulische Fuge gelten. Dabei wird insbesondere darauf hingewiesen, dass die rechnerische Abwinklung aus den drei Komponenten Kurvenfahrt, Steuerbewegungen und Fertigungstoleranzen auch bei der Hydraulischen Fuge berücksichtigt werden müssen. Darüber hinaus müssen die folgenden Nachweise geführt werden:

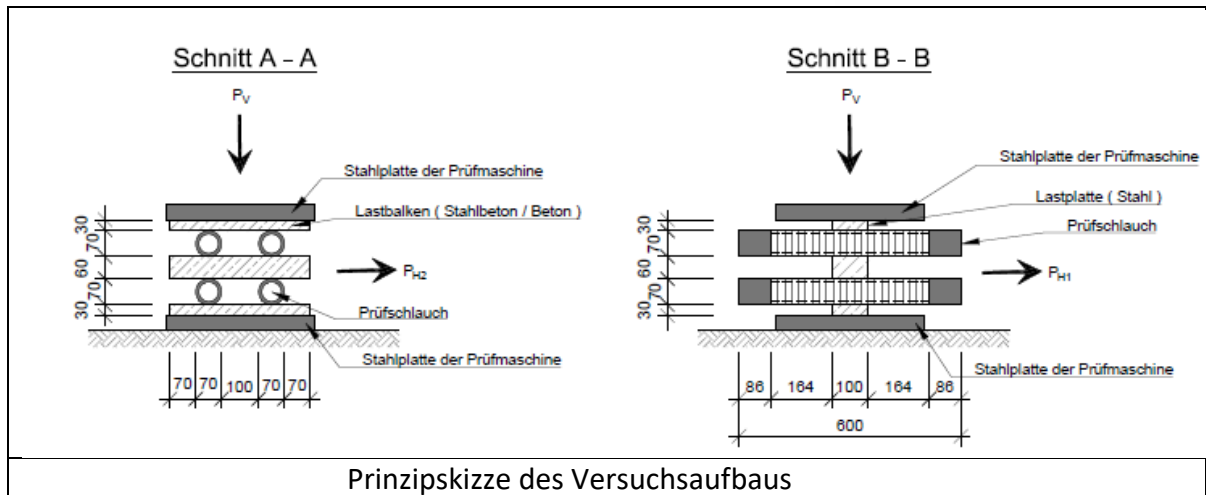
- a) Teilflächenpressung auf den Rohrspiegel (inkl. Querkzug)
- b) Nachweis der Tragfähigkeit des fluidgefüllten Schlauchs
- c) Querkraftübertragung in der Rohrverbindung

In der Statik für CoJackHydra wird die Teilflächenpressung (a) analog zu den Bestimmungen für den Holzring (Kap. 10) berücksichtigt und die zulässige Vortriebskraft entsprechend abgemindert. Die Querkzugbeanspruchung wird über die Eigenschaften des Schlauchs nachgewiesen, dessen Durchmesser sich bei der Beaufschlagung mit einem Innendruck nicht ändert.

Der unter Punkt b verlangte Nachweis der Tragfähigkeit des Schlauchs erfolgt zum einen durch die Wahl eines für den entsprechenden Nenndrucks ausgelegten Schlauchs und zum anderen durch die Prüfung jedes fertig konfektionierten Druckübertragungsrings mit dem 1,2-fachen des in der Statik angesetzten Drucks.

Hinsichtlich der Querkraftübertragung in der Rohrverbindung, die die Einwirkungen auf den Druckübertragungsrings einschließt, wurden umfangreiche und aufwändige Versuche im Maßstab 1:1 im Institut für unterirdische Infrastruktur (IKT) in Gelsenkirchen durchgeführt, die im Rahmen eines Forschungsvorhabens vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert wurden.

Erstmals mit ausreichender Genauigkeit und hoher Zuverlässigkeit wurden die Quersteifigkeit und die Quertragfähigkeit von Hydraulischen Fugen bestimmt. Damit erfüllt die Fuge der TuSo auch die Anforderung c aus dem A 161.



Prinzipskizze des Versuchsaufbaus



Versuchsaufbau in Prüfmaschine



Einleitung der horizontalen Kraft über Zylinder

Die Anwendung der Hydraulischen Fuge, die wie beschrieben nach den gültigen technischen Regelwerken nachgewiesen und geprüft ist, gibt dem Anwender die Sicherheit, ein nachgewiesen statisch sicheres Komplettsystem einzusetzen und keine Lücke im Sicherheitskonzept offen gelassen zu haben.

3. Werkmäßige Prüfung und Befüllung der Hydraulischen Fuge

Die Hydraulische Fuge wird von einem erfahrenen Schlauchkonfektionierer abgelängt und mit eigens für die TuSo GmbH produzierten Armaturen ausgestattet. Alle nach DIN EN 853 gefertigten Hydraulik Schläuche werden vom Schlauchproduzenten werksmäßig geprüft. Aus einer Produktionscharge werden definierte Mengen entnommen und auf die vorgeschriebenen Parameter geprüft.

Diese stichprobenhafte Überprüfung ab Werk ist für die TuSo GmbH nur ein Teil des Sicherheitskonzeptes. Um eine gleichbleibende Qualität garantieren zu können wurde ein hauseigenes Qualitätsverfahren entwickelt, welches jeder Hydraulikschlauch standhalten muss.

Jeder einzelne Hydraulikschlauch durchläuft auf einer speziellen Prüf.- und Abfüllstation folgende Schritte des Qualitätsmanagements:

- Kontrolle der der Länge
- Vollfüllung der Hydraulischen Schläuche mit Fluid
- Beaufschlagung der Hydraulikschläuche mit dem Prüfdruck
- Haltezeit des Prüfdrucks über die Dauer der Prüfzeit
- Herauspressen des überschüssigen Fluids
- Verschließen des Schlauches

Der Betriebsdruck wird von der TuSo GmbH einem 1,5-fachen Sicherheitsfaktor auf den Berstdruck des jeweils eingesetzten Schlauchtyps festgelegt. Die Druckprüfung erfolgt mit einer zusätzlichen Sicherheit in Höhe von 20% auf den Betriebsdruck über eine festgelegte Prüfzeit. Länge, Prüfdruck, Prüfzeit und die Entnahmemenge werden für jeden einzelnen Schlauch (d.h. für jede Fuge) dokumentiert. Durch das Herauspressen des Fluids wird sichergestellt, dass sich nach dem Verschließen des HD-Schlauches keine freie Luft im Schlauch befindet. Aufgrund der im HD-Schlauch befindlichen Fluidmenge und dem ansonsten luftfreiem Raum (Vakuum) sind die elastischen Rückstellkräfte minimiert. Das Zurückfedern des Rohrstranges im Pressschacht bei Entlastung (z.B. beim Rohrwechsel) wird dadurch auf ein Minimum reduziert.



Hydraulikschlauch vor der Prüfung



Hydraulikschlauch während der Prüfung

4. Montage der Hydraulischen Fuge

4.1. Einzelschlauchsystem



TuSo Einzelschlauch System
eingesetzt seit 2014

Die Hydraulischen Fugen mit den Abstandskörper und Verschlusselementen werden von uns spiralförmig, aufgerollt und verpackt palettenweise auf die Baustelle geliefert.



Fertig verpackte HD – Schläuche

Auf der Baustelle werden die HD-Schläuche entpackt und die Enden verbunden. In der Aussparung wird eine Gummilasche mit einem Kabelbinder montiert. Unten in der Muffe des Vortriebsrohres werden zunächst drei Abstandhalter im Abstand von ca. 40 cm eingelegt und die zum Ring verschlossene Hydraulische Fuge aufgesetzt. Der Verschluss des HD – Schlauchs wird nun lose mit dem vormontiertem Kabelbinder vor der Aussparung fixiert im Anschluss wird der HD – Schlauch mit Styropor – Abstandhalter mittig ausgerichtet. Auf der Internetseite www.tuso-bau.de können Sie anhand eines Videos einen anschaulichen Einblick über die Montage der Hydraulischen Fuge bekommen.



Einlegen des Schlauches in die Rohrmuffe



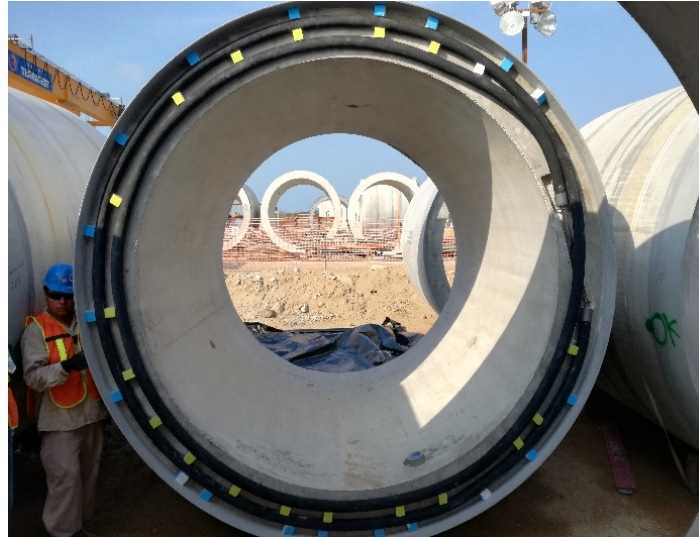
Montierte Gummilasche mit Kabelbinder



Fixierter HD – Schlauch

Es ist Empfehlens Wert das Vortriebsrohr zuerst mit einem Holzring vorzutreiben und während dem zurückfahren des Pressenrahmens die HD – Schläuche zu montieren.

4.2 Doppelschlauchs System



TuSo Doppelschlauch System
eingesetzt seit 2018

Der HD-Schlauch des Doppelschlauch Systems wird auf einer flachen sauberen Ebene mit einem Kardangelenk geschlossen. Das Kardangelenk ist Verbindungsschloss und gleichzeitig der Kreuzungspunkt des HD – Schlauches. Die Stelle, an der der HD – Schlauch das Kardangelenk kreuzt, ist werkmäßig markiert. Diese Stelle wird mit einem Klebeband oder Kabelbinder fixiert. Wie bei dem Einzelschlauch System werden auch hier unten drei Abstandhalter im Abstand von ca. 20 cm in die Muffe des Vortriebsrohrs gelegt und der HD-Schlauch aufgesetzt. Das Kardangelenk wird mittels der Fixierdorne in den Aussparungen der Vortriebsrohre ausgerichtet. Da der Abstand zwischen der Stahlmanschette und dem äußeren HD-Ring nicht zwingend identisch ist mit dem gegenseitigen Abstand der HD-Ringe, sind die unterschiedlichen Abstandhalter farblich markiert. Wenn der HD-Schlauch fertig montiert ist, wird die Fixierung des HD-Schlauches am Kardangelenk entfernt.



Koppelstelle mit Kardangelenk

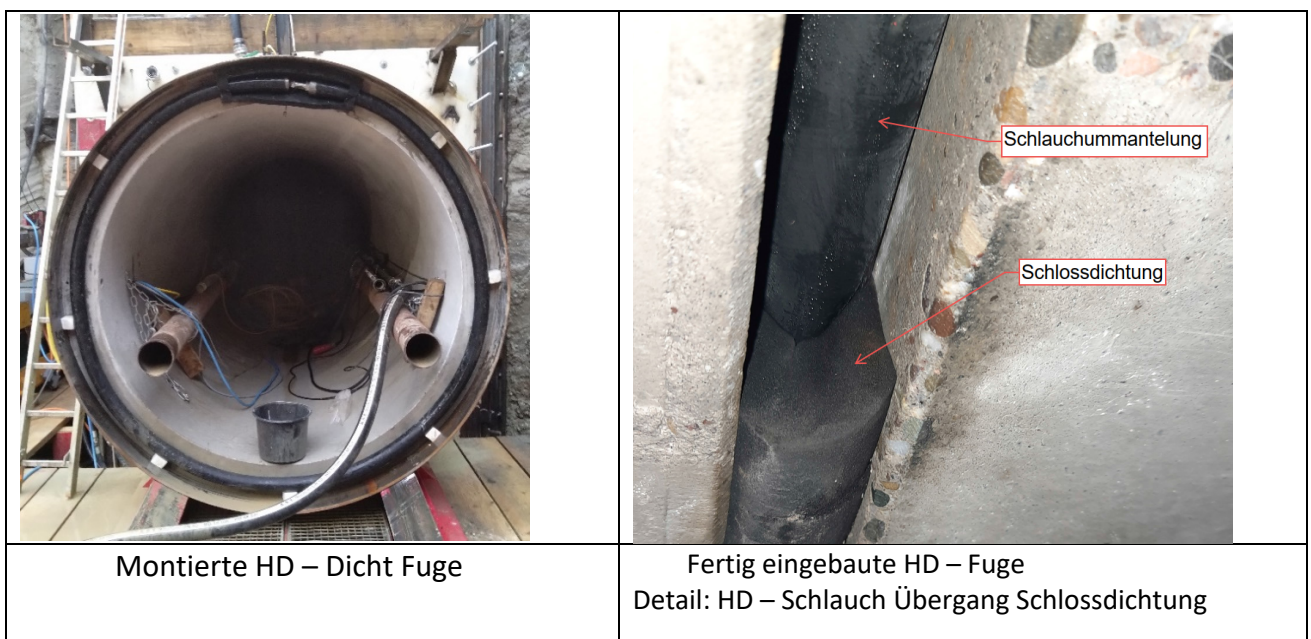
5. HD – Dicht



Die konsequente Weiterentwicklung der Hydraulische Fuge führt zwangsläufig dazu das der Hydraulikschlauch auch für den Einsatz als innere Dichtung eingesetzt werden kann. Durch einen Dichtschlauch der kraft.- und formschlüssig über die gesamte Länge des Hydraulikschlauches aufgespannt ist, wird der Hydraulik Schlauch auch an der äußeren Seite dicht.

In der Statik wird die Druckübertragungsfläche zwischen den Flanken der Vortriebsrohre, an jeder Stelle des Hydraulischen Schlauchs ermittelt. Aufgrund dessen ist die schmalste wie auch die breiteste Dichtfläche bekannt und somit dokumentiert.

Die mindest Dichtfläche beträgt angelehnt an die DIN EN 1916 die Hälfte des Fugenspaltes an der kleinsten Stelle.



Die Dichtheit der Aussparung, in der Regel Muffenseitig vom Vortriebsrohr, zur Aufnahme der Schlauchverbindung wird durch eine Elastomer Dichtung sicher abgedichtet.

Da die Hydraulische Fuge nicht entleert wird, bleibt die Dichtwirkung auch bei nachträglichen Abwinklungen, innerhalb des in der Statik festgelegten Bewegungsspielraums, dicht.

Optional kann, durch ein Ventil, der Innendruck der Hydraulischen Fuge erhöht werden, um u.a. eine Dichtwirkung bei höherem Drücken zu gewährleisten. Der Prüfraum der zwischen dem Führungsring des Vortriebsrohres und der Hydraulischen Fuge entsteht kann problemlos über ein Röhrchen, welches in der Wandung des Vortriebsrohres eingearbeitet wurde mit Druck beaufschlagt werden.

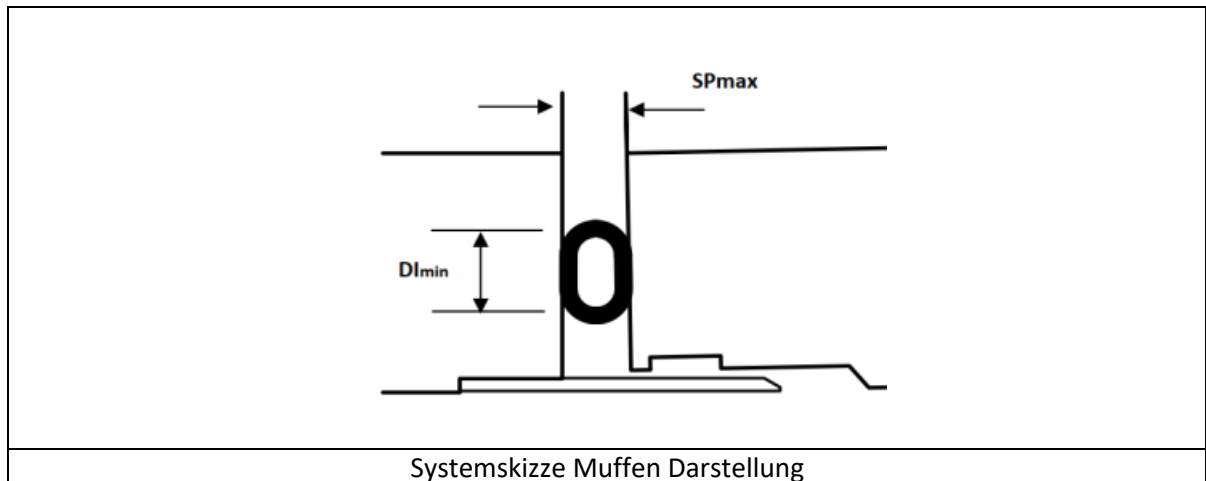
Die Montage der Hydraulischen Fuge mit Dichtwirkung (HD-Dicht) wird, wie gewohnt auf der Baustelle vorgenommen und beansprucht keine merkliche Zusatzarbeitszeit. Bedingt dadurch das keine nachträglichen Arbeiten bezüglich der Sekundärdichtung anfallen, wird die Bauzeit merklich verkürzt.



Montierter Dichtschlauch mit Dichttasche und Regulierungsanschluss

6. Abhängigkeit der Mindestdichtfläche zur Rohrlänge und Planradius

Um eine Dichtigkeit der HD – Dicht Fuge zu gewährleisten wird in Anlehnung an die DIN EN 1916 die Mindestdichtfläche DI_{\min} mit der halben Länge des maximalen Fugenspaltes SP_{\max} festgelegt.



Beispiel DN 1600 DA 1800

DN	DA	Planradius	Dichtfläche min	Dichtfläche vorhanden	Fugenspalt SP_{\max}	Vortriebskraft	Baulänge Vortriebsrohr
1600	1980	276 m	26,0 mm	26,1 mm	52,0 mm	5.784 kN	4,0 m
1600	1980	236 m	26,0 mm	26,1 mm	52,0 mm	5.784 kN	3,0 m
1600	1980	132 m	26,0 mm	26,1 mm	52,0 mm	5.784 kN	2,0 m

Beispiel DN 2000 DA 2400

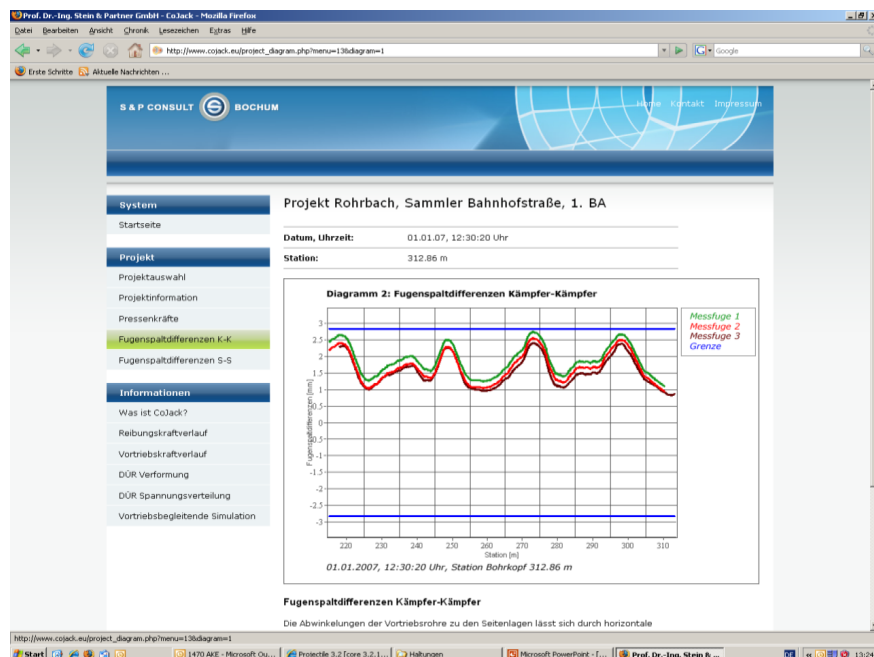
DN	DA	Planradius	Dichtfläche min	Dichtfläche vorhanden	Fugenspalt SP_{\max}	Vortriebskraft	Baulänge Vortriebsrohr
2000	2400	355 m	26,0 mm	26,1 mm	52,0 mm	7.258 kN	4,0 m
2000	2400	244 m	26,0 mm	26,1 mm	52,0 mm	7.261 kN	3,0 m
2000	2400	163 m	26,0 mm	26,1 mm	52,0 mm	7.268 kN	2,0 m

Beispiel DN 3000 DA 3600

DN	DA	Planradius	Dichtfläche min	Dichtfläche vorhanden	Fugenspalt SP_{\max}	Vortriebskraft	Baulänge Vortriebsrohr
3000	3600	618 m	26,0 mm	26,1 mm	52,0 mm	11.175 kN	4,0 m
3000	3600	404 m	26,0 mm	26,1 mm	52,0 mm	11.177 kN	3,0 m
3000	3600	243 m	26,0 mm	26,1 mm	52,0 mm	11.177 kN	2,0 m

7. Statische Onlinebegleitung der Hydraulischen Fuge

Für die statische Vortriebsbegleitung arbeitet die TuSo GmbH mit Partnerfirmen zusammen. Insbesondere eine speziell für die Hydraulische Fuge entwickelte Variante des Kontrollsystems CoJack der S & P Consult GmbH, Bochum ist Bestandteil des Gesamtsystems CoJackHydra.



Messdatendarstellung im Internet

Dabei werden die Vortriebskräfte an der Haupt- und an den Zwischenpressstationen sowie die Abwinkelungen in den Messfugen mit einer entsprechenden Sensorik auf der Baustelle gemessen und nahezu in Echtzeit in Diagrammen im Internet zusammen mit den zulässigen Werten dargestellt. Nicht nur auf dem Baustellenrechner sondern auch ortsunabhängig auf jedem beliebigen Computer können mit der entsprechenden Zugangsberechtigung per Internet die gerade aktuellen Diagramme abgerufen und visualisiert werden, so dass neben dem Baustellenpersonal z.B. auch der Bauleiter und der Auftraggeber im Büro jeder Zeit sogar per Smartphone über den aktuellen Stand des Vortriebes inkl. der wichtigsten Vortriebsparameter informiert ist. Sollte in einem Problemfall die zulässige Vortriebskraft nicht ausreichen oder ist es zu einer Überschreitung der zulässigen Abwinkelung gekommen, stehen die Mitarbeiter der TuSo und der S & P Consult zur Verfügung, mit den zur Verfügung stehenden aktuellen und den zurückliegenden (gespeicherten) Messdaten eine kurzfristige Lösung zur Fortsetzung des Vortriebes zu finden.