

Abdichtung von Ausbauverrohrungen im Brunnenbau

Ergebnisse des figawa-Arbeitskreises ■ *Beim Bau von Brunnen und Grundwassermessstellen ist die Frage der Dichtheit von Ausbauverrohrungen ebenso wie die des Ringraumes von besonderer Relevanz. Undichte Verbindungen können, insbesondere bei gleichzeitig auftretenden Mängeln der Ringraumabdichtung, zu einem unzulässigen Wasseraustausch und damit zur nachhaltigen Gefährdung der zu nutzenden Wasserressourcen führen.*

Der Gewässerschutz hat beim Bau von Brunnen und Grundwassermessstellen allerhöchste Priorität. Mit dieser Feststellung wird bereits ein Spannungsfeld deutlich. Hohe qualitative Anforderungen und berechtigte wirtschaftliche Erwägungen der Vertragsparteien müssen in Einklang gebracht werden. Hier gilt es, zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer die Erfordernisse und die zu ihrer Erfüllung notwendigen Mittel im Vorfeld genau zu prüfen und abzustimmen.

Ziel des figawa-Arbeitskreises ist das Darstellen von Lösungsansätzen, um undichte Rohrverbindungen zu verhindern. Hierzu gehört auch die Beschreibung praktikabler präventiver Maßnahmen, die Planer, Hersteller und Bohrunternehmer treffen können. Dar-

über hinaus möchten die Verfasser zu einer Sensibilisierung der Auftraggeber und Auftragnehmer hinsichtlich der Abdichtungsproblematik beitragen. Bei der Erarbeitung von vorbeugenden Methoden und nachträglichen Diagnoseverfahren stand im Wesentlichen deren Umsetzbarkeit im Vordergrund. Voraussetzung hierfür ist die Schaffung entsprechend klarer Handlungsanweisungen seitens der Hersteller, die einen eindeutigeren Umgang mit den Produkten – auch unter Baustellenbedingungen – beschreiben. Herstellervertreter betonen, dass für die Dichtheit von Rohrverbindungen „Garantien“ unter Laborbedingungen gegeben sind und dass entsprechende Materialangebote für dichte Rohrverbindungen bestehen. Speziell im Brunnenbau stellen die Praxisbedingungen

vor Ort sowohl das ausführende Brunnenbauunternehmen als auch das Material vor Aufgaben, die im Labor nicht zu simulieren sind (Exzentrizität der Bohrung, Zuglasten etc.).

Ausgangspunkt war die Annahme, dass Planer, Hersteller und Brunnenbauunternehmen in aller Regel sachgerechte Arbeiten gemäß den „allgemein anerkannten Regeln der Technik“ ausführen. Aber trotz des Bewusstseins, dass alle beteiligten Unternehmen entsprechend korrekt gearbeitet haben, ist beim Einbau der Verrohrung die Gefahr undichter Rohrverbindungen nicht gänzlich auszuschließen. Die Handlungsempfehlung soll deshalb gerade bei den Überlegungen im Vorfeld der Baumaßnahme unterstützen.

Von besonderer Bedeutung ist das Thema der Gewährleistung. In der DIN-Norm 18302 „Brunnenbauarbeiten“ heißt es: „Die Verbindungen der Vollwandrohre müssen sanddicht und wasserdicht sein“ [1]. Was bedeutet jedoch „dicht“ genau? Hier gilt es, eindeutige Leistungs- und Gewährleistungsgrenzungen zwischen Herstellern, Brunnenbauunternehmen und Auftraggeber zu erwirken. Ein Vorschlag dazu wäre, vor Auftragsvergabe zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer Bagatellgrenzen zu vereinbaren.

Dichtheit – Theorie und Praxis

Natürlich muss der Definition besonderes Augenmerk geschenkt werden. Grundsätzlich kann ein Flüssigkeitsdurchfluss von verschiedenen Faktoren wie einer „Druckdifferenz, von



Abb. 1 Neben den Laborversuchen wurden Durchbiegungen einer herstellerspezifischen Rohrverbindung bestimmt.

Quelle: Pumpenboese, Peine

Konzentrations- oder Temperaturgradienten, vom Zusammenwirken von Adhäsion und Kohäsion, von Trägheitskräften, der Gravitationskraft oder von elektromagnetischen Feldkräften“ ausgelöst werden. Da „auch der engste Spalt“ einen Durchtritt von Materialien „in jede Richtung“ ermöglicht, sind die Begrifflichkeiten „dicht“ bzw. „undicht“ grundsätzlich „eine Frage der Größenordnung“. Leckagen können „unter bestimmten Bedingungen zulässig oder unzulässig“ sein [2] **(Abb. 1)**.

Bei lösbaren Verbindungen ist eine absolute Dichtigkeit technisch nicht erreichbar, weil kleine Moleküle durch die Zwischenräume dringen, die ihnen große, zusammen gelagerte Moleküle übrig lassen [3]. Der Begriff „dicht“ bedeutet im Sprachgebrauch, dass ein Stoff aus seiner Umschließung nicht austreten kann, wie z. B. bei einer Schweißverbindung. Dichtung wird in der Technik definiert als: „... Technik: Mittel (Leder, Gummi u. a.) oder Vorrichtungen, um an Verbindungs- oder Durchgangsstellen (z. B. Rohrleitungen) den Austritt von Gasen, Dämpfen u. a. zu verhindern“ [4]. Die Dichtigkeit eines Bauteils im physikalischen Sinne wird weiterhin beschrieben als: „... die; a) das Dichtsein; b) (Fachspr.) Eigenschaft von Stoffen, Gase, Flüssigkeiten, Strahlen o. Ä. nicht eindringen oder hindurchtreten zu lassen“ [5].

Dichtigkeit wird in direkter Verbindung zu Aufsatzrohren im DVGW-Arbeitsblatt W 121 „Bau und Ausbau von Grundwassermessstellen“ genannt. Hier heißt es: „... Aufsatzrohre und deren Verbindungen gelten als dicht, wenn sie bei einem Wasserprüfdruck von 10^5 Pa und einer Prüfdauer von zehn Minuten kein Wasser hindurch lassen. Höhere Anforderungen können in Einzelfällen festgelegt werden und sind vorab mit allen Beteiligten abzustimmen“.

Leckage steht häufig auch für den Terminus „undicht“. Die Autoren der Publikation „Fachwissen Dichtungstechnik“ definieren den Begriff Leckage folgendermaßen: „Als Leckage wird in der Regel der Austritt eines abzudich-

tenden Fluids durch den Dichtspalt in den umgebenden Raum verstanden.“ Weiter heißt es: „Besonders hohe Anforderungen an die Dichtigkeit führen zum Einsatz aufwendigerer und kostspieliger Systeme. In der Praxis liegen die Anforderungen zwischen den Extremen“ [6].

Technische Dichtigkeit als Terminus wird auf Grund der Tatsache, dass „Dichtigkeit“ nicht exakt bestimmbar ist, häufig in der Praxis verwendet und bezeichnet vereinfacht ausgedrückt: „Dicht ist, was so dicht ist, wie es sein soll“ [7]. Die DECHEMA [8] gibt dazu folgende Definition an: „Ein Prüfobjekt ist technisch dicht, wenn mit dem gewählten Prüfverfahren und der erforderlichen Prüfempfindlichkeit bzw. der dem Verfahren entsprechenden Nachweisempfindlichkeit das Durchtreten des Prüfmediums von einem Raum in den anderen oder nach außen nicht nachgewiesen werden kann“ [9]. Eine eindeutige, allgemein gültige De-

finition für Dichtigkeit scheint auf Grund der Komplexität der praxisbezogenen Randbedingungen bisher nicht gelingen zu sein. Es lässt sich die Schlussfolgerung ableiten, dass es zurzeit eine „ideale Dichtung“ nicht gibt. Daher muss in der Technik für jeden Anwendungsfall eine präzise Definition und unter Berücksichtigung der Einsatzbedingungen und Betriebsparameter eine spezifische Lösung gefunden werden. Was dies im Einzelnen bedeutet, wird in der Literatur verdeutlicht.

Ökonomische Faktoren stellen einen bedeutenden Faktor bei der Planung von Brunnenbaumaßnahmen dar. Darf das verwendete System eine Undichtigkeit in einer definierten Größenordnung aufweisen, kann ein technisch einfacheres und damit preiswerteres Verfahren zur Abdichtung verwendet werden. Sind die Anforderungen höher, muss ein aufwändigeres und damit kostenintensiveres System zum Einsatz kommen. ►



◁ **Abb. 2** Klassische Rohrverbindung nach DIN 4925

▷ **Abb. 3** Erkennbar ist die grobe Oberflächenstruktur des Schrumpfschlauchs vor der Erwärmung.

Quelle: Johann Stockmann, Warendorf



Quelle: BLZ Geotechnik GmbH, Cortbus

Spezifische Bedingungen bei Brunnen und Messstellen

Die Arbeitskreismitglieder ließen sich bei verschiedenen Herstellern die Durchführung von Aussendruckversuchen unter Laborbedingungen demonstrieren. Dabei wurden allerdings keine axialen Zug- und Druckkräfte auf die Rohrverbindung simuliert. Unter den jeweiligen Labor-Randbedingungen konnten die beprobten Rohrverbindungen als leakagefrei bezeichnet werden.

Auf Grund hydrogeologischer Verhältnisse lassen sich nach Meinung der Verfasser im Brunnenbau, die Abdichtprobleme in zwei Bereiche einteilen:

- Oberflächennahe, unbedeckte Grundwasserleiter, die keine hydrochemische Schichtung aufweisen und gering mächtig sind. Eventuell auftretende Leckagen spiegeln die gleiche Wasserqualität wieder, die auch im

Fassungsbereich des Brunnens zu finden sind.

- Durchteuft eine Brunnenbohrung verschiedene Grundwasserleiter mit unterschiedlichem Druckniveau oder sind infolge von Schadstoffemissionen (hydrochemische verschiedene und/oder kontaminierte Wässer) außerhalb der Brunnenfassung liegende Bereiche sicher abzusperrn, werden hohe Forderungen an das Abdichtvermögen eines Dichtungssystems gestellt.

Gleichgültig, welcher der beiden genannten Bereiche für den jeweiligen Anwendungsfall von Bedeutung ist, bleibt das eigentliche Kriterium für die Anwendung eines Dichtungssystems das „Dichtvermögen“. Qualifizierbar ist es durch die Festlegung eines „Leckagekriteriums“, bei dessen Überschreitung die Dichtverbindung als „undicht“ gilt.

Zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer sollten verbindliche Vorgaben hinsichtlich der Dichtheit geschaffen werden. Eine mögliche Basis kann ein Anforderungsprofil für Rohrverbindungen sein, in dem eine Kategorisierung von Belastungsklassen – hinsichtlich der Anforderungen für die technische Dichtheit – aufgeführt wird. Diese Anforderungen an die technische Dichtheit könnten in drei Stufen verwendet und zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer vereinbart werden (**Tab. 1**).

Qualifikationsmerkmale und Dokumentation

Die mit dem Brunnenbau bzw. Messstellenbau beauftragten Unternehmen sowie das eingesetzte Personal müssen die für die Ausführung erforderlichen fachlichen Qualifikationen und Erfahrungen besitzen. Der Auftraggeber unterliegt der Verpflichtung, die Qualifi-

Mögliche Belastungsklassen		
A (hoch) bis B (mittel)	C (gering)	
Mehrere Wasserleiter/Grundwasserstauer werden durchteuft, hohe Druckdifferenzen, unterschiedliche Wasserchemie, Kontaminationsproblematik oder besondere Anforderung des Auftraggebers verlangen einen sicheren Schutz des Fassungsgebietes.	Brunnen und Grundwassermessstellen in einem Grundwasserleiter mit Abdichtung eines einzelnen durchteuften Grundwasserstauers und geringen Druckdifferenzen.	Grundwasserfassung in einem Grundwasserleiter ohne Gefahr der Kontamination, unbedeckter Wasserleiter. Bei Brunnen und Messstellen wird dies nur bei oberflächennahen, unbedeckten Grundwasserleiter der Fall sein.

Tabelle 1 Anforderungen an die technische Dichtheit, klassifiziert in drei Stufen



◁ **Abb. 4 a + b**
Schrumpfmuffe
während und
nach der Erwärmung

▷ **Abb. 5** Fertig
aufgebrachte
Schrumpfmuffe

Quelle: Hydro-Geo-Service, Netze



Quelle: Bernhard Vormann GmbH & Co. KG, Nottuln

kation des Auftragnehmers zu überprüfen. Hierzu steht ihm mit dem DVGW-Zertifizierungsverfahren nach DVGW-Arbeitsblatt W 120 ein anerkanntes Verfahren zur Verfügung. Mit einem gültigen Zertifikat in der entsprechenden Gruppe gilt die Qualifikation als erbracht.

Darüber hinaus müssen die Produkte, Werk- und Hilfsstoffe für alle mit dem Trinkwasser bestimmungsgemäß in Berührung kommenden Produkte (Rohre, Rohrleitungsteile, Armaturen, Hilfsstoffe und sonstige Einbauteile) den trinkwasserhygienischen Anforderungen genügen. Kunststoffe und andere nicht metallene Werkstoffe müssen den KTW-Empfehlungen des Bundesgesundheitsamtes und den Anforderungen des DVGW-Arbeitsblattes W 270 (A) entsprechen. Für Transport und Lagerung von Rohrleitungsteilen sind in jedem Fall die Herstelleranleitungen zu beachten. Das DVGW-Arbeitsblatt W 400-2 trifft darüber hinaus wichtige Festlegungen.

Die Einführung einer verbesserten Dokumentation von Arbeits- und Montageabläufen bei den Herstellern und der ausführenden Firmen auf den Baustellen gewährleisten eine nachvollziehbare Darstellung, die zu einer allgemeinen Verbesserung des Qualitätsmanagements (**Tab. 2**) führt.

Die Hersteller geben in diesem Zusammenhang an, dass bei Rohrbestellungen die dazu erforderlichen Dichtmittel (Dicht- bzw. Profilringe) unzureichend oder auch gar nicht mitbestellt werden. Hier sollte der Hersteller seine notwendigen Materialien immer einschließlich der Dichtungselemente liefern. Den Herstellern und Lieferanten von Ausbauverrohrungen wurde dies durch die figawa schriftlich empfohlen.

Schrumpfschlauch und geteilte Schrumpfmanschette

Die Kunststoff Gewinde-Rohrverbindungen nach DIN 4925 (1 bis 3) sind Verbindungen, die sich über Jahre hinweg bewährt haben. Die Hersteller dieser Gewindeverbindungen können jedoch keine Garantie für die Dichtheit übernehmen. Die Gründe dafür sind die Konstruktion der Verbindung, der Werkstoff und damit verbunden die Maßgenauigkeit, Ovalität sowie Fertigungstoleranzen (**Abb. 2**). Eine dichte Gewindeverbindung wird nur erreicht, indem eine zusätzliche Komponente hinzugefügt wird. Dieses Element muss mindestens folgende Eigenschaften erfüllen: die KTW-Zulassung sowie den einfachen, schnellen, sicheren und kostengünstigen Einbau auf der Baustelle.

Die einzige zurzeit auf dem Markt verfügbare Zusatzkomponente, welche

diese Anforderungen erfüllt, ist der Schrumpfschlauch. Die Installation erfolgt direkt auf die gereinigte und vorgewärmte Rohroberfläche. Bei sachgerechter Erwärmung mittels handelsüblicher Propangasbrenner schrumpft das Material mit hoher Schrumpffähigkeit fest und sauber anliegend auf die Rohrverbindung. Während des Schrumpfvorganges verteilt sich der Dichtungskleber auf Grund seiner Fließ- und Fülleigenschaft gleichmäßig auf der Rohroberfläche (**Abb. 3**). Zu den wesentlichsten Produktmerkmalen zählen:

- Trägermaterial mit erhöhter Schrumpffähigkeit,
- hoher Schlag- und Eindruckwiderstand,
- Abwinkelbarkeit und Längsbeweglichkeit der Muffenverbindung bleiben erhalten,
- die Dichtung widersteht Vibrationen,
- zusätzlicher Füller ist nicht erforderlich,
- nur geringe Vorwärmtemperatur erforderlich,
- kein spezielles Werkzeug erforderlich.

Zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit und des Montageaufwands wurden exemplarisch Druckversuche bei Schrumpfmuffenverbindungen mit KTW Zulassung durchgeführt (PCV DN 115 und DN 250) welche in **Tabelle 3** dargestellt sind.

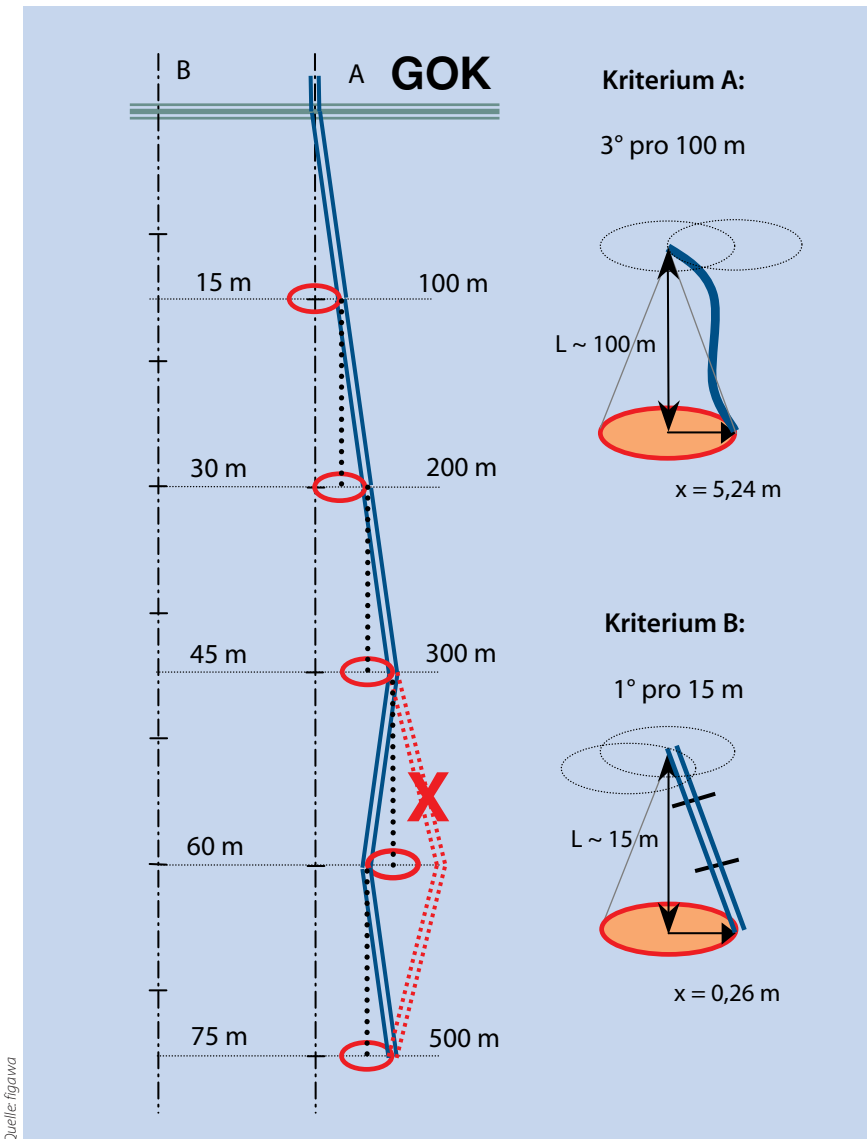


Abb. 6 Darstellung der beiden Kriterien mit zwei Tiefenmaßstäben in 15-Meter- und 100-Meter-Abschnitten

Nach den bisher erlangten Erkenntnissen sind die Warmschrumpftechnikverfahren die effektivsten Methoden. Dabei sind die Belastungen des PCV-Rohrmaterials durch die Erhöhung der Oberflächentemperatur mit Flammgeräten im Vergleich zu Heißluftgeräten am niedrigsten. Unter Einhaltung der Montageanleitungen, d. h. bei sachgerechter Installation, werden zulässige Rohroberflächentemperaturen nicht überschritten. Dennoch sollten herstellereitige Vorschläge zum Verfahren der Wärmeerzeugung bzw. der baustelleneigenen Erwärmung der Schrumpfmuffen gefordert werden. Eine Unterweisung bzw. eine Schulung in den Bohrbetrieben über den Umgang mit Schrumpfschläuchen muss obligatorisch sein.

Schlussfolgerung: Zur gewünschten Verringerung von Unsicherheiten bei der Dichtheit von Kunststoffgewindeverbindungen können Schrumpfschläuche sicher und wirtschaftlich – auch präventiv – verwendet werden.

Die Installation von Schrumpfmuffen bietet eine sinnvolle Vorsorgemaßnahme zur Erhöhung der Rohrabdichtungseigenschaften. Hierzu müssen hinsichtlich der auftretenden thermischen Belastungen einerseits sachgerechte wärmetechnische Mittel (taugliches Gerät) und Verfahren (zur Vermeidung von Überhitzung) beschrieben sein, andererseits müssen Stellungnahmen der Rohrhersteller bzw. Lieferanten zu Gewährleistungsfragen vorliegen (Abb. 4 a+b und 5). Alle bisher bekannten alternativen, gel-

artigen bzw. pastösen Abdichtungsmaterialien können bisher keine Anwendung finden, da diese Materialien in der Regel auf Epoxydharzbasis erstellt werden und daher keine KTW-Zulassung haben.

Prüfverfahren

Vor dem Brunnenausbau werden folgende Messverfahren zur Bestimmung der Geometrie des Schichtenaufbaus und des Grundwasserspiegels empfohlen: Bohrlochverlaufs-Log (BA) und Kaliber-Log (CAL). Bei Bohrungen und Messstellen tiefer als etwa 50 Meter sollten die beiden Messverfahren obligatorisch sein. Rohrdichtheitsprüfungen bei Einbau geschehen nur auf besondere Anforderung des Auftraggebers und müssen als gesonderter Ausschreibungspunkt ausgewiesen sein. Dabei kann eine Innendruckprüfung, im besonderen Fall eine Außendruckprüfung, angewendet werden. Voraussetzung für einen störungsfreien und letztendlich technisch einwandfreien Einbau der Rohre ist ein entsprechender Zustand der Bohrung. Hierzu gehört, dass das Bohrloch einen über die gesamte Teufe ausreichenden Durchmesser (Kaliber) aufweist und die Neigung nicht zu groß ist. Die Dichtheit der Ausbaurohrung im Zusammenhang mit der technischen Abnahme von Brunnen oder Grundwassermessstellen kann durch geeignete Methoden kontrolliert werden (vgl. u. a. DVGW-Arbeitsblätter W 110, W 121, W 123 und W 124). Hierzu sind die in **Tabelle 4**) aufgeführten Verfahren einsetzbar.

Bohrlochgeometrie, -verlauf und Exzentrizität von Bohrungen

Dem Einfluss der Exzentrizität (lat.: außerhalb der Mitte) einer Bohrung auf die Dichtheit der Ausbaurohrungen hinsichtlich von Spannungen auf die Verbindungen der Rohrtour wird besondere Beachtung geschenkt. Da im Brunnenbau bisher keine Festlegung zur maximal zulässigen oder akzeptierbaren Auslenkung erfolgt sind, sollen mögliche Entscheidungskriterien zur maximalen Auslenkung (Neigung, Azimut, Verlauf der Winkeländerung) aufgezeigt werden (Abb. 6). Es geht darum, praktikable Toleranzen hinsichtlich der Geradheit und Lotrechtig-

keit herauszuarbeiten, damit u. a. Forderungen des DVGW-Arbeitsblatt W 115 nachvollziehbar und belegbar erfüllt werden können: „Die Größe der Abweichung(en) darf nur so groß sein, dass die Bohrung ihrem vorgesehenen Zweck zugeführt und betrieben werden kann“. Entscheidend ist, dass aus der Bohrlochgeometrie möglichst geringe Auslenkkräfte auf die Rohrverbindung wirken, damit diese nach dem Einbau dicht bleiben.

Die DIN 18301, 2002, Bohrarbeiten, geht neutral von der „vereinbarten Richtung“ aus. Aus der DIN 4021, Baugrund, ergibt sich in Bezug auf Festgestein: „Die sich aus den Einzelabweichungen in Richtung und Neigung ergebende radiale Gesamtabweichung darf den vom AG zugelassenen Wert – im Allg. 3 ° – nicht überschreiten.“ Außerhalb des Regelwerks wird in der „Niedersächsischen Richtlinie für die Auswahl, den Bau und für die Funktionsprüfung von Messstellen“ gefordert: „Die Messstellenachse soll in keinem Abschnitt des Messstellenrohres mehr als 2 Grad von der Lotrechten abweichen.“ Während neben den jeweils möglichen, vertraglich festgelegten Anforderungen in Deutschland keine weiteren messbaren Vorgaben existieren, finden sich in der US-amerikanischen Literatur weiter gehende An-

Hersteller:	Ausführendes Brunnenbauunternehmen:
Qualitätsnachweise und Ergänzungen zum Lieferschein (z. B. Bestellnachweis von Dichtungselementen)	Erstellung eines Bestell- bzw. Verwendungsnachweises über eingesetzte Dichtungselemente und Zubehör als Nachweis sowohl für den Auftraggeber als auch für den Zulieferer

Tabelle 2 Qualitätssicherung durch die verbesserte Dokumentation von Arbeits- und Montageabläufen

	DN 115 – 5,0	DN 150 – 7,5	DN 250 – 12,5
Art des Schrumpfschlauches	einteiliger Ring	einteiliger Ring	gewickelt
Aufbringen der Muffe ca.	6 Min.	10 Min.	12 Min.
Oberflächentemperatur der Rohre nach der Erwärmung ca.	60 °C	60 °C	60 °C
Empfohlene Abkühldauer der Verbindung ca.	15 Min.	19 Min.	25 Min.
Richtkosten Schrumpfschlauch (nur Material) Schrumpfschlauch/Verbindung (nur Material, Stand 2004)	~ 12 €	~ 15 €	~ 24 €
max. Außendruck (bis zur Verformung des Rohres)	6 x 10 ⁵ Pa	8 x 10 ⁵ Pa	18 x 10 ⁵ Pa
max. Innendruck (ohne Gegendruck auf Schrumpfschlauch, jeweils Ablösung sichtbar, noch dicht)	12 x 10 ⁵ Pa	14 x 10 ⁵ Pa	6 x 10 ⁵ Pa

Tabelle 3 Schrumpfmuffe/Aufbringung PVC-Rohre mit anschließender Innen- und Außendruckprüfung

gaben. Darin werden Abweichungen der Bohrung von 2/3 des geplanten inneren Durchmessers des Ausbaus je 30,5 m (100 ft) bis zur geplanten Pumpeneinbautiefe [10] bzw. max. 1° auf 15,2 Meter akzeptiert [11]. ▶

Standardprogramm für	Kombination der Messverfahren	Untersuchungsziele/Bemerkungen	Anwendung
Dichtheit der Aufsatzrohre, insbesondere der Rohrverbindungen	FEL	FEL, DLL, MLL: Fokussierende Widerstands-Logs; Messwert spezifischer elektrischer Widerstand [Wm]. Screeningverfahren für die Dichtheitsprüfung, nur in elektrisch nicht leitenden Rohren einsetzbar, kein eindeutiger Nachweis der hydraulischen Wirksamkeit von Rohrverbindungen	++
	TEMP/SAL	TEMP: Temperatur [°C] bzw. SAL: elektrisches Leitfähigkeits-Log der Bohrlochflüssigkeit [mS/m]. Nur indirekter Nachweis von Fremdwasserzutritten im Zusammenhang mit TEMP-Messung, wenn damit eine Änderung des Chemismus verbunden ist.	(+)
	OPT	Fernsehsondierung Einsatz oberhalb des Wasserspiegels, Nachweis von (stärkeren) Wasserzutritten oder „Ockerschlieren“ an den Rohrverbindungen	(+)
	TFL	Tracer-Fluid-Log; Messwert elektrische Leitfähigkeit [mS/m]. Messungen in Ruhe und bei Förderung oder bei Wassereingabe, Direktnachweis von Fremdwasserzutritten; ggf. in Ergänzung zu FLOW	-
	Packertest (s. Anlage 1)	Nachweis der hydraulischen Wirksamkeit von potenziell undichten Rohrverbindungen/Leckagestellen, (im Anschluss an FEL, wenn der Verdacht auf Undichtigkeiten besteht), wichtig für die Dichtheitsprüfung von Stahlrohren.	(+)
Richtung und Neigung des Ausbaus	BA	Bohrlochverlaufs-Log; Messwert Azimut und Neigung [°]. Im Stahlausbau Richtung nicht oder nur mit Kreiselkompass bestimmbar.	-
Exzentrizität der Rohre Bohrloch.	RGG.D	Dichte-Ringraumscanner-Log; Messwert Dichte [g/cm ³]. Überprüfung der Exzentrizität der eingebrachten Messstellenverrohrung im Bohrloch	-

Tabelle 4 Messverfahren zur Prüfung der Ausbauverrohrung

Anwendungshinweise: ++ Messung unverzichtbar

(+) Messung unter bestimmten Bedingungen notwendig

(-) Messung nur bei besonderen Fragestellungen

Sofern durch die im DVGW-Arbeitsblatt W 121 genannten Abstände der Kontakt von einer Messstelle zur anderen sicher verhindert wird und damit gleichzeitig die nachfolgend beschriebene hohe Vertikalität definiert ist, lässt sich daraus die zulässige Abweichung ableiten. Es behandelt also das Toleranzfeld aus fehlender Geradheit oder fehlender Lotreichtigkeit, damit gleichwohl die Bohrung vertragsgemäß hergestellt werden kann und auch den genannten Anforderungen des DVGW-Arbeitsblatts W 115 genügt.

Von einer tolerierbaren Beanspruchung der Rohrverbinder hinsichtlich des Dichtungsverhaltens ist auszugehen, wenn die nachfolgend genannten Werte – bei Kenntnis der jeweils vorliegenden geologischen Bedingungen und der Anwendung adäquater Bohrtechnik – unterschritten werden:

- zulässige Neigungsänderungen bis zu: $\sim 1^\circ$ auf 15 m Bohrlänge (= ca. 1,8 Prozent),
- maximale Abweichung aus der Lotrechten: $\sim 3^\circ$ pro 100 m (= ca. 5,2 Prozent) soll nicht überschritten werden.

Von den Faktoren Lotreichtigkeit oder Richtungsstabilität ist dem Letzteren ein höheres Gewicht beizumessen. Die Abweichung vom Lot dürfte hinsichtlich des zentrierten Rohreinbaus, der zentrierten Ausbauverrohrung (Filter/Vollrohr) und der zentrischen Verkiesung/Verfilterung keine Rolle spielen. Ebenso dürfte es hinsichtlich des Pumpeneinbaus zu keiner Beeinträchtigung der Brunnen oder des Pumpensystems kommen. Anders liegt der Fall, wenn die Richtungsstabilität oder Geradheit der Bohrung nicht gegeben ist. Dieses kann beim Ausbau zu Exzentrizitäten in der Bohrung führen,

die wiederum eine ordnungsgemäße Ringraumverfüllung nicht zulassen.

Den Richtungsänderungsquotient der Bohrung (Quotient aus $\Delta x / \Delta L$: Änderung der Auslenkung x über die Länge L) möglichst klein zu halten, ist wesentliche Aufgabe des Bohrunternehmens, damit die Ansprüche hinsichtlich des zentrierten Einbaus von Ausbau, Verkiesung und Pumpeneinbau problemlos gewährleistet werden können.

Beschreibung möglicher Druckprüfungsverfahren

Die Dichtigkeitsprüfung soll – wenn gefordert – erst nach dem Einbau erfolgen, da durch das Ausbleiben realistischer Zugbelastungen auf die Rohrtour kein praxisnahes Umfeld abgebildet wird. Die Überprüfung soll als Summenprüfung im eingebauten Endzustand durchgeführt werden. Die Ver-

einfachung der Prüfung kann durch Intervallschachtelung (Halbierung der Abschnitte) [12] erreicht werden.

Auf der figawa-Homepage wird in dem zum Download bereitstehenden vollständigen Text weiter gehend auf Druckprüfungsverfahren eingegangen. Zusätzlich ist dem Text ein Arbeitspapier mit dem Titel „Insituüberprüfung der Dichtheit von Vollrohrsträngen im Bohrloch mittels Packertest“ beigefügt.

Quellenverzeichnis

- [1] DIN 18302, Abschnitt 3.2.2.
 [2] www.fachwissen-dichtungstechnik.de, Herausgeber Prof. Dr.-Ing. Heinz Konrad Müller.
 [3] Umweltbundesamt, Forschungsbericht 200 44 322, Ermittlung und Verminderung diffuser flüchtiger und gasförmiger Emissionen in der chemischen und petrochemischen Industrie, Berlin, Sept. 2002.
 [4] Der Brockhaus in einem Band, 9. vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage. Mannheim: Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus, 2002.
 [5] Duden: Das große Wörterbuch der deutschen Sprache in 10 Bänden, Aktualisierte Online-Ausgabe. Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich: Dudenverlag 1999-2004.
 [6] www.fachwissen-dichtungstechnik.de, Herausgeber Prof. Dr.-Ing. Heinz Konrad Müller.
 [7] Dichtung und Wahrheit, Die Zeit, Nr. 2, 2005
 [8] DECHEMA e.V., Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.
 [9] DECHEMA, Informationsblatt, ZfP1 von 10/1990.
 [10] American Water Works Association.
 [11] US Environmental Agency (Groundwater and Wells – Page 333-339) Plumbness and Alignment.
 [12] Intervallschachtelung oder Intervallhalbierungsverfahren. Zur Minimalisierung des Prüfaufwandes, können die Prüfungen nach jeweils hälftiger Aufteilung der Prüfabschnitte durchgeführt werden. Durch die Hintereinanderausführung zieht sich das Intervall (Prüfstrecke) immer mehr zusammen bis nur noch ein einziger Punkt (undichte Rohrverbindung) vorhanden ist.

Autoren:

Dipl.-Ing. Mario Jahn et al.
 Referent Fachbereich Wasser
 Bundesvereinigung der Firmen im Gas- und Wasserfach e. V., figawa
 Postfach 51 09 60
 50945 Köln
 Tel.: 0221 37668-20
 Fax: 0221 37668-60
 E-Mail: jahn@figawa.de
 Internet: www.figawa.de

