

Bundesanstalt für Straßenwesen

**Technische Lieferbedingungen
und Technische Prüfvorschriften
für Ingenieurbauten**

TL/TP-ING

Teil 5 Abschnitt 3

**Technische Lieferbedingungen
und Technische Prüfvorschriften
für Dichtungsprofile**

TL/TP DP

Notifiziert gemäß der Richtlinie (EU) 2015/1535 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. September 2015 über ein Informationsverfahren auf dem Gebiet der technischen Vorschriften und der Vorschriften für die Dienste der Informationsgesellschaft (ABl. 241 vom 17.9.2015, S. 1.).

Inhalt	Seite
1	Allgemeines 3
2	Begriffsbestimmungen 3
3	Anforderungen und Güteüberwachung 4
3.1	Allgemeines 4
3.2	Lieferform und Verpackung 4
3.3	Baustoffe 4
4	Prüfungen 6
4.1	Härte..... 6
4.2	Reißfestigkeit und Reißdehnung 6
4.3	Druckverformungsrest 6
4.4	Ozonbeständigkeit..... 6
4.5	Wärmealterung 6
4.6	Kraft-Weg-Verhalten..... 6
4.6.1	Kraft-Weg-Verhalten des Dichtungsprofils 6
4.6.2	Kraft-Weg-Verhalten an der Rahmenecke 7
4.7	Spannungs-Relaxations-Untersuchungen 7
4.8	Rückstellfähigkeit 7
4.9	Dichtigkeitsversuche 8
4.9.1	Prüfung am T-Stoß..... 8
4.9.2	Prüfung am Kreuz-Stoß..... 8
4.9.3	Versuchsanordnung 8
4.9.4	Versuchsdurchführung 9
4.9.5	Darstellung der Ergebnisse 9
4.10	Abplatz-Versuch 9
4.10.1	Allgemeines 9
4.10.2	Versuchsbeschreibung 9
4.10.3	Versuchsdurchführung 10
5	Normen und sonstige technische Regelwerke 11

1 Allgemeines

(1) Die Technischen Lieferbedingungen und Technischen Prüfvorschriften für Dichtungsprofile enthalten die Anforderungen an die zu liefernden Dichtungsprofile aus Elastomer und nennen Art und Umfang der erforderlichen Prüfungen für einen Einsatz in Tübbingkonstruktionen nach den ZTV-ING Teil 5 Tunnelbau Abschnitt 3. Es werden die für die Lieferung eines geeigneten Dichtungsprofils erforderlichen Anforderungen und die zugehörigen Prüfungen behandelt.

(2) Die Empfehlungen der Studiengesellschaft für Unterirdische Verkehrsanlagen (STUVA) für die Prüfung und den Einsatz von Dichtungsprofilen in Tübbingkonstruktionen sind zu beachten.

(3) Mit der Durchführung der nachfolgenden Prüfungen sollen nur unabhängige Institutionen mit nachweislicher Fachkunde und Erfahrung beauftragt werden.

(4) Dichtungsprofile für einen Einsatz in Tübbingkonstruktionen nach den ZTV-ING Teil 5 Tunnelbau Abschnitt 3, die in einem anderen Mitgliedsstaat der Europäischen Union oder in der Türkei rechtmäßig hergestellt und/oder in Verkehr gebracht wurden oder in einem EFTA-Staat, der Vertragspartei des EWR-Abkommens ist, rechtmäßig hergestellt wurden, werden in Deutschland zugelassen, wenn sie ein Schutzniveau dauerhaft gewährleisten, das dem in den Technischen Lieferbedingungen und Technischen Prüfvorschriften für Dichtungsprofile (TL/TP DP) definierten Niveau entspricht.

2 Begriffsbestimmungen

(1) Bemessungswasserdruck

Der Bemessungswasserdruck ist der maximale im Endzustand auf den Tunnel wirkende Wasserdruck. Er wird projektspezifisch für die Auslegung des Dichtungssystems festgelegt.

(2) Dichtungsprofil

Die Dichtungsprofile bestehen aus Elastomer. Sie werden im Extrusionsverfahren gespritzt und anschließend vulkanisiert. Der Kontaktbereich zwischen Dichtungsprofil und Beton weist im allgemeinen Dichtrippen auf, während der Kontaktbereich zweier Dichtungsprofile eben ausgebildet ist (siehe Bilder 1 und 2).

(3) Dichtungsrahmen

Der Dichtungsrahmen besteht aus den auf Länge geschnittenen Dichtungsprofilabschnitten und den anvulkanisierten Rahmenecken. Er wird im Herstellerwerk für die verschiedenen Tübbinge des Tübbingringes maßgenau vorgefertigt.

(4) Fugenspaltweite in der Prüfvorrichtung

Als Fugenspaltweite wird der kürzeste Abstand zwischen den Flanken einer Fuge in der Prüfeinrichtung bezeichnet. Bei Kontakt der Fugenflanken (Stahl auf Stahl bzw. Beton auf Beton) im Fugbereich beträgt die Fugenspaltweite Null.

(5) Fugenspaltweite in der Tübbingkonstruktion

In der Tübbingkonstruktion im Profildbereich liegt eine konstruktive Spaltweite größer Null vor, auch wenn z. B. die Tübbinge im Lastübertragungsbereich unmittelbar aufeinander stoßen. Eine Beziehung zwischen der Fugenspaltweite Null in der Prüfeinrichtung und in der Tübbingkonstruktion ist durch den Nutgrundabstand möglich.

(6) Kompression der Profile

Die Kompression der Profile bezeichnet die Zusammendrückung zweier gegenüberliegender, sich berührender Dichtungsprofile im eingebauten Zustand, bezogen auf die Ausgangsprofilhöhe.

(7) Nutgrundabstand

Der Nutgrundabstand ist der Abstand der beiden gegenüberliegenden Nutgründe (siehe Bilder 2 und 3). Mit Hilfe des Nutgrundabstandes kann eine Beziehung zwischen dem Fugenspalt in der Prüfeinrichtung und dem jeweiligen Fugenspalt in der Tübbingkonstruktion hergestellt werden. In Abhängigkeit vom Nutgrundabstand kann auch eindeutig die Kompression der Dichtungsprofile angegeben werden.

(8) Betonnut

Die umlaufende Aussparung im Tübbing, in die das Dichtungsprofil eingeklebt bzw. verankert wird (siehe Bild 2) wird als Betonnut bezeichnet. Die Abmessungen der Betonnut werden durch das zum Einsatz kommende Dichtungsprofil bestimmt.

(9) Versatz

Die Verschiebung zweier übereinander liegender Profile quer zur Profillängsrichtung wird Versatz genannt (siehe Bild 3). Hierdurch bedingt verringert sich die Kontaktfläche zwischen den beiden Dichtungsprofilen.

(10) Wasserprüfdruck

Als Wasserprüfdruck wird in den Dichtigkeitsversuchen der Druck bezeichnet, mit dem der Nachweis für die Eignung des ausgewählten Dichtungsprofils zu erbringen ist. Der Wasserprüfdruck entspricht dem 2-fachen Bemessungswasserdruck. Der Faktor 2 berücksichtigt nur die Abnahme der Profiltrückstellkraft über die Zeit (Relaxation).

(11) Für die Anwendung dieser TL/TP gelten zusätzlich die Begriffsbestimmungen der Bilder 1

bis 3:

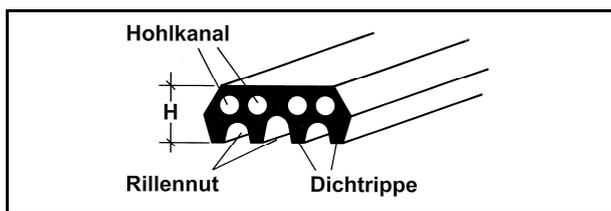


Bild 1: Querschnitt eines Dichtungsprofils

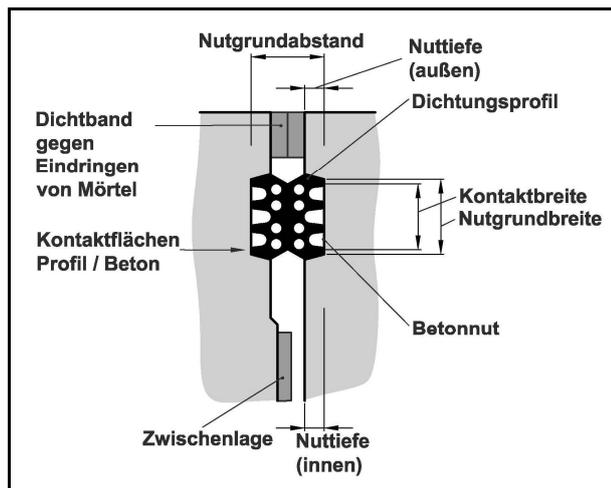


Bild 2: Allgemeine Begriffsbestimmungen

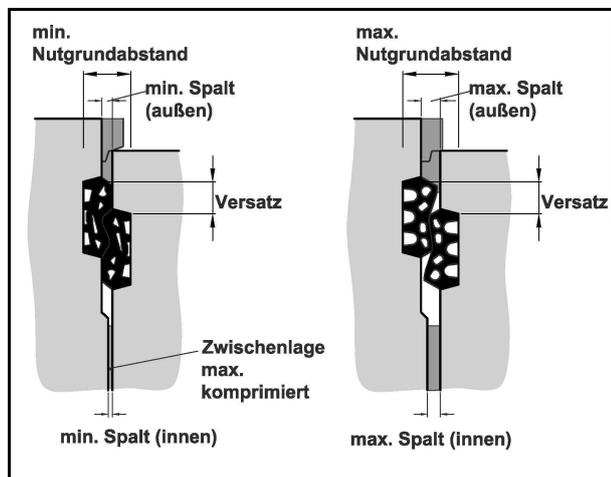


Bild 3: Begriffsbestimmung für „reale Einbausituation“

3 Anforderungen und Güteüberwachung

3.1 Allgemeines

Die einzusetzenden Dichtungsprofile und Dichtungsrahmen müssen die Anforderungen der TL/TP mindestens hinsichtlich:

- Funktionsfähigkeit,
 - Alterungsbeständigkeit,
 - Langzeitverhalten,
 - Beständigkeit gegen Umwelteinflüsse auch aus dem Betrieb des Tunnels und
 - Materialverträglichkeit mit den umgebenden Medien
- erfüllen.

3.2 Lieferform und Verpackung

- (1) Die Lieferung erfolgt als fertiggestellter Dichtungsrahmen.
- (2) Die Dichtungsrahmen sind so zu verpacken, zu transportieren und zu lagern, dass sie nicht beschädigt werden und gegen UV-Bestrahlung, Feuchtigkeit und andere Einflüsse geschützt sind. Sie sind in der Weise zu kennzeichnen, dass eine eindeutige Identifizierung und Zuordnung zu den Tübbingelementen möglich ist.

3.3 Baustoffe

- (1) Es dürfen nur Originalrohstoffe mit dokumentierter nachgewiesener Zusammensetzung, Herkunft und homogenen Eigenschaften verwendet werden. Recycelte Materialien dürfen nicht verwendet werden.
- (2) Es sind die Anforderungen der Tabelle 1 zu erfüllen. Hier werden die für die Grund- und Eignungsprüfungen erforderlichen Einzelprüfungen sowie die zugehörigen Anforderungen beschrieben und der Umfang für die werkseigene Produktionskontrolle (WPK) und Fremdüberwachung festgelegt.
- (3) Mit den Grund- und Eignungsprüfungen dürfen nur unabhängig arbeitende, anerkannte Prüfinstitute beauftragt werden, die gründliche Fachkenntnisse und praktische Erfahrungen mit den Prüfmethoden nachweisen können.

Tabelle 1: Anforderungen an Dichtungsprofile, Rahmenecken und Dichtungsrahmen

Nr.	Art der Prüfung	Prüfung in Nr. 4, Regelwerk	Anforderung	Profil	Rahmenecke	Rahmen	WPK 1x täglich	WPK 1x wöchentl.	Fremdüberwachung, 1x jährlich	
Grundprüfungen	1	Härte IRHD	Zulässige Toleranz auf den Härte-Nennwert: ± 5 IRHD	x	x		x		x	
	2.1	Reißfestigkeit	≥ 9 Mpa	x			x		x	
	2.2	Reißdehnung		Reißdehnung bei Härteklasse						
				≥ 300 %	56-65 IRHD	x			x	
				≥ 200 %	66-75 IRHD					
				≥ 175 %	76-85 IRHD					
	3	Druckverformungsrest DVR 22 h 70 °C	4.3, DIN ISO 815	≤ 25 %	x	x	x			
	4	Ozonbeständigkeit	4.4, ISO 1431-1	kein Riss	x					
	5	Wärmealterung 168 h 70 °C	4.5, ISO 188		x				x	
	5a	Änderung Härte	4.5, ISO 48	-5 bis +8	x				x	
5b	Änderung Reißfestigkeit	4.5, ISO 37	-20 % bis +10 %	x				x		
5c	Änderung Reißdehnung	4.5, ISO 37	-30 % bis +10 %	x				x		
6.1	Kraft-Weg-Verhalten Profil	4.6.1	Maximale Rückstellkraft F_{max} (kN/m)							
			$20 \leq F_{max} \leq 40$	bei ≤ 2 bar	x					
			$30 \leq F_{max} \leq 55$	bei ≤ 4 bar						
			$40 \leq F_{max} \leq 70$	bei ≤ 6 bar						
			$60 \leq F_{max} \leq 90$	bei ≤ 12 bar						
6.2	Kraft-Weg-Verhalten Rahmen-Ecke (Verhärtung)	4.6.2			x					
7	Spannungsrelaxation 3 Monate 70 °C	4.7	≤ 45 % Spannungsabfall	x						
8	Rückstellfähigkeit bei 20 °C	4.8	≥ 80 %	x					x	
9	Dichtigkeitsversuche Standard (Spaltverschluss)	4.9	keine Undichtigkeiten			x				
10	Abplatz-Versuch an Betonkörpern	4.10	keine Abplatzungen		x					
Eignungsprüfungen										

4 Prüfungen

Die Grund- und Eignungsprüfungen nach Tabelle 1 sind an den Dichtungsprofilen bzw. Rahmenecken bzw. Dichtungsrahmen durchzuführen.

4.1 Härte

Die Härte ist nach dem Mikro-Prüfverfahren nach DIN ISO 48 zu bestimmen.

4.2 Reißfestigkeit und Reißdehnung

Die Reißfestigkeit und Reißdehnung sind nach ISO 37 zu prüfen. Normstäbe der Typen 1, 2 oder 3 nach ISO 37 sind zulässig, jedoch ist Typ 2 zu bevorzugen. Im Prüfbericht muss der Typ des Normstabes angegeben sein.

4.3 Druckverformungsrest

(1) Wenn die Prüfkörper aus dem Profil entnommen werden, müssen die Messungen soweit wie möglich so durchgeführt werden, dass sie der Richtung der Kompression des Profils entsprechen. Sind die Profile für die Entnahme von Prüfkörpern zu klein, ist der Versuch an Versuchsplatten aus der gleichen Charge durchzuführen.

(2) Der Druckverformungsrest ist nach DIN ISO 815 mit dem kleinen Prüfkörper bei 70 °C für 22 h zu ermitteln.

4.4 Ozonbeständigkeit

(1) Die Ozonbeständigkeitsprüfung ist an Plattenmaterial durchzuführen. Die Ergebnisse sind dann für alle Profile aus derselben Mischung gültig. Die Ozonprüfung entfällt für EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer).

(2) Die Ozonbeständigkeit ist nach Tabelle 2 zu prüfen:

Tabelle 2: Bedingung zur Prüfung der Ozonbeständigkeit nach ISO 1431-1

Eigenschaften	Grenzwerte
Ozonkonzentration	50 ± 5 ppm
Temperatur	40 ± 2 °C
Vorspannung (Konditionierung)	72 +0/-2 h
Einwirkzeit	48 +0/-2 h
Dehnung bei IRHD Härte 36 bis 75 IRHD	20 ± 2 %
Dehnung bei IRHD Härte 76 bis 85 IRHD	15 ± 2 %
Relative Luftfeuchte	55 ± 5 %

4.5 Wärmealterung

(1) Die Proben zur Bestimmung der Härte, Reiß-

festigkeit und Reißdehnung sind in einem Wärmeschrank nach ISO 188 bei 70 °C 168 h in der Luft zu altern.

(2) Danach sind die Härte nach DIN ISO 48 und die Reißfestigkeit sowie Reißdehnung nach ISO 37 zu bestimmen.

4.6 Kraft-Weg-Verhalten

4.6.1 Kraft-Weg-Verhalten des Dichtungsprofils

(1) Das Zusammenpressen der Dichtungsprofile zwischen den Tübbing während der Montage des Tübbingringes ist durch einen Weggesteuerten Kompressionsversuch in einer Prüfmaschine mit konstanter Geschwindigkeit von 50 mm/min bis zum vollständigen Spaltverschluss (minimaler Nutgrundabstand) nachzubilden. Die Prüfung findet bei Raumtemperatur statt.

(2) Die Prüfungen sind an 200 mm langen Prüflingen in 200 mm langen stählernen Nutformen durchzuführen, die an den Enden verschlossen sind, um so ein Ausweichen des Prüflings in Längsrichtung zu vermeiden (siehe Bild 4).

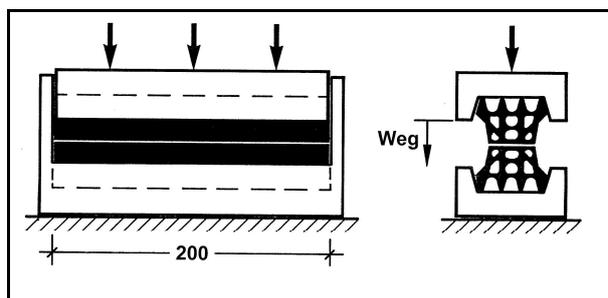


Bild 4: Prüfeinrichtung „Kraft-Weg-Verhalten der Dichtungsprofile“

(3) Die Endverschlüsse sind ohne Gleitmittel auszuführen.

(4) Die geometrische Nutform im Versuch muss der Betonnut im Tübbing entsprechen.

(5) Die Prüfungen sind an Profilen ohne Versatz durchzuführen.

(6) Es wird eine Vorlast von 100 N / 200 mm Prüflänge aufgebracht. Danach wird die Prüfung bis zum vollständigen Spaltverschluss (minimaler Nutgrundabstand entspricht Stahlflächenkontakt der Nutformen) durchgeführt.

(7) Die Ergebnisse an 200 mm langen Prüfkörpern werden durch Multiplikation mit Faktor 5 auf einen Meter Profil umgerechnet und in einem Kraft-Weg-Diagramm dargestellt. Eine Darstellung der Kraft über den Spalt bzw. den Nutgrundabstand ist

ebenso zulässig (siehe Bild 5).

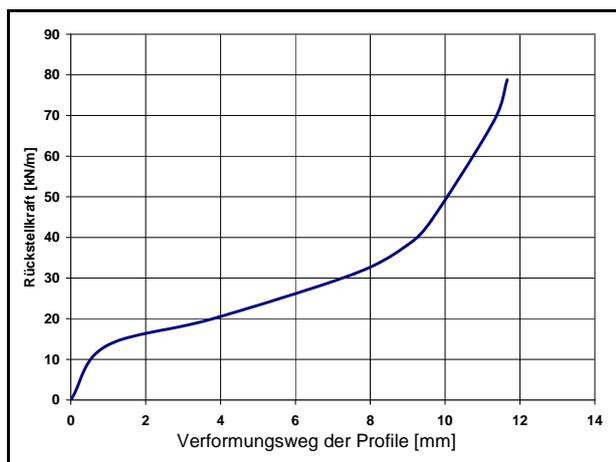


Bild 5: Kraft-Weg-Diagramm (Prinzip)

4.6.2 Kraft-Weg-Verhalten an der Rahmenecke

(1) Das Zusammenpressen der Dichtungsprofile speziell im T-Stoß-Eckenbereich ist an einer T-Stoß-Prüfeinrichtung durch einen weggesteuerten Kompressionsversuch in einer Prüfmaschine mit konstanter Geschwindigkeit von 50 mm/min bis zum vollständigen Spaltverschluss nachzubilden (siehe Bild 6). Die Prüfung findet bei Raumtemperatur statt.

(2) Die geometrische Nutform im Versuch muss der Betonnut im Tübbing entsprechen.

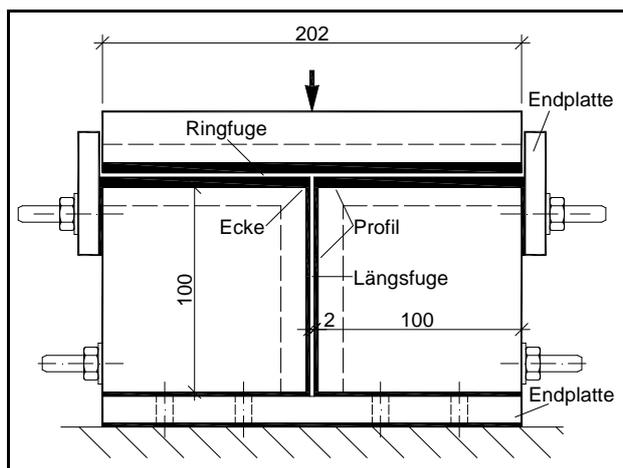


Bild 6: Prüfeinrichtung „Kraft-Weg-Verhalten an der Rahmenecke“

(3) Hierzu sind zwei Stahlplatten, mit Nutausbildung über zwei Seiten, (siehe Bild 6), zu benutzen, in die die Eckprüfstücke mit je 100 mm Schenkellänge eingelegt und dann im Bereich der Längsfuge (100 mm Länge mit Endverschluss) gegeneinander bis zum Spaltverschluss zusammenge-

schraubt werden. Damit ist die Längsfuge nachgebildet. Die Endverschlüsse erhalten dabei keine Gleitmittel.

(4) Im Bereich der Ringfuge sind die Profilenenden der 100 mm langen Schenkel durch Endplatten am Ausweichen in Längsrichtung gehindert. Ein 200 mm langer Profilabschnitt wird in eine Stahlform eingelegt, die eine entsprechende Nut zur Aufnahme des Profils besitzt. Dieses in der Stahlform liegende Profil wird gegen die Profileckstücke mit konstanter Geschwindigkeit von 50 mm/min bis zum vollständigen Spaltverschluss zusammengepresst. Hierbei sind die Reaktionskräfte in der Ringfuge zu messen (siehe Bild 6).

4.7 Spannungs-Relaxations-Untersuchungen

(1) Die Spannungs-Relaxations-Untersuchungen sind über 3 Monate bei 70 °C an 100 mm langen Profilabschnitten in 100 mm langen Formen mit Endverschluss durchzuführen.

(2) Der einzustellende Prüfspalt entspricht 30% der Differenz aus der Summe der Nennhöhen der beiden unkomprimierten Profile (2H) und der beiden zugehörigen Nuttiefen (2t) in den Stahlformen (Prüfspalt = $0,3 \cdot (2H - 2t)$). Es wird ohne Versatz geprüft.

(3) Die Prüfung ist an einem Prüfkörper in Anlehnung an ISO 3384 mit dem Prüfverfahren B mit mechanischer und thermischer Konditionierung vorzunehmen. Es sind jeweils die Kräfte zu messen, die nötig sind, um den Prüfling um 5/10 mm zusammen zu drücken.

(4) Als Nullwert gilt der Wert bei Raumtemperatur nach 60 Minuten. Weiterhin sind Messungen nach 3 Stunden, 1 Tag, 3 Tagen und 7 Tagen sowie nach 30 Tagen und 90 Tagen durchzuführen. Nach Entnahme der Prüflinge aus dem Ofen sind diese 2 Stunden bei Raumtemperatur zu lagern.

(5) In einem Diagramm mit logarithmischer Zeitskala ist die Verringerung der Spannung nach 90 Tagen mit Hilfe einer Regressionsgeraden zu ermitteln.

4.8 Rückstellfähigkeit

(1) Die Prüfung der Rückstellfähigkeit ist an 200 mm langen Prüflingen in 200 mm langen stählernen Nutformen durchzuführen, die an den Enden verschlossen sind, um ein Ausweichen des Prüflings in Längsrichtung zu vermeiden.

(2) Das Profilpaar wird ohne Versatz auf Spaltweite = 2 mm zusammengepresst. Dann wird der Prüfkörper 72 Stunden bei 20 °C gelagert, danach aus den Klemmen gelöst und in entspanntem Zu-

stand 1 Stunde bei 20 °C gelagert. Anschließend wird die Profilhöhe gemessen.

(3) Die Rückstellfähigkeit wird dann wie folgt berechnet:

$$\text{Rückstellfähigkeit (\%)} = \frac{\text{Profilhöhe nach Rückstellung}}{\text{Profilhöhe vor Belastung}} * 100$$

4.9 Dichtigkeitsversuche

(1) Die Standardprüfung wird mit Spaltverschluss, d.h. mit geringer werdendem Nutgrundabstand, durchgeführt.

(2) Der Standardversuch ist als Kurzzeitversuch zu bewerten, da Relaxationseinflüsse nicht erfasst werden.

(3) Es müssen mindestens zwei Dichtigkeitsversuche mit gleichen Parametern durchgeführt werden. Der kleinere der in den Dichtigkeitsversuchen ermittelten aufnehmbaren Wasserdrücke ist maßgebend.

4.9.1 Prüfung am T-Stoß

(1) Die Prüfungen sind an Stahlprüfrahmen oder an Betonprüfkörpern (insbesondere bei Dichtungen mit Verankerungsfüßen) durchzuführen, die einen T-Stoß nachbilden (siehe Bild 7). Die Prüfvorrichtung besteht aus zwei Winkelteilen und einem Deckel, die entsprechende Nutausbildungen haben, in die die Prüfrahmen eingelegt sind (nicht geklebt). Es kommen damit vier echte Rahmenecken zur Prüfung (siehe Bild 8). Die 12 Bilderrahmenecken, die in der Tübbingkonstruktion nicht vorkommen, gehören nicht zum Prüfbereich.

(2) Für das Einrichten der Versatzsituation bei der T-Stoß-Prüfung ist ein einziges Winkelelement gegen das andere und den Deckel gleichermaßen zu verschieben.

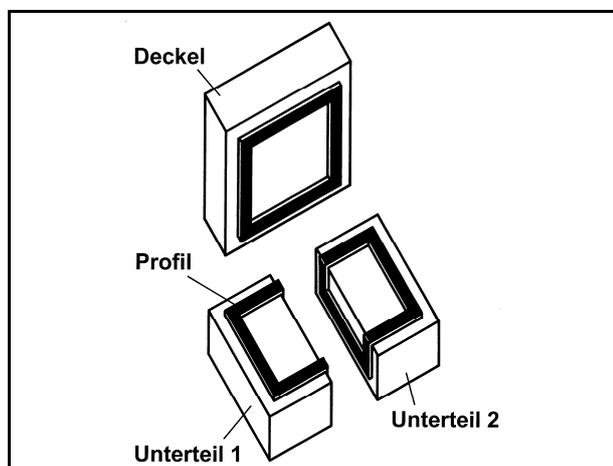


Bild 7: Prüfkörper für Dichtigkeitsversuche

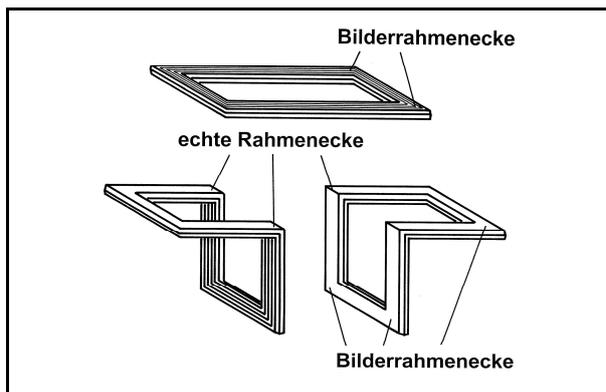


Bild 8: Echte Rahmenecken und Bilderrahmenecken beim T-Stoß

4.9.2 Prüfung am Kreuz-Stoß

(1) Die Prüfungen sind an Stahlprüfrahmen oder an Betonprüfkörpern (insbesondere bei Dichtungen mit Verankerungsfüßen) durchzuführen, die einen Kreuz-Stoß nachbilden. Die Prüfvorrichtung besteht aus vier Winkelteilen, die entsprechende Nutausbildungen haben, in die die Prüfrahmen eingelegt sind (nicht eingeklebt). Es kommen damit acht echte Rahmenecken zur Prüfung. Die 16 Bilderrahmenecken, die in der Tübbingkonstruktion nicht vorkommen, gehören nicht zum Prüfbereich (siehe Bild 9).

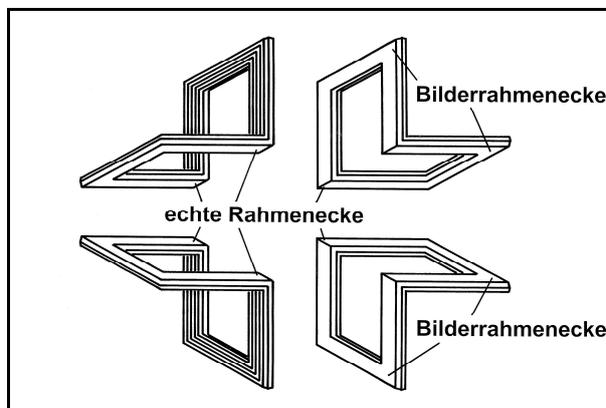


Bild 9: Echte Rahmenecken und Bilderrahmenecken beim Kreuz-Stoß

(2) Für das Einrichten der Versatzsituation bei der Kreuz-Stoß-Prüfung ist ein einziges Winkelelement gegen die restlichen drei Winkelelemente zu verschieben.

4.9.3 Versuchsanordnung

(1) Die Profilabschnitte zwischen den echten Rahmen- und den Bilderrahmenecken sind mindestens 100 mm lang auszubilden.

(2) Alle verwendeten Dichtungsrahmen sind lose

in die Nuten der Prüfvorrichtung einzulegen.

(3) Im Bereich der Bilderrahmenecken sind zusätzliche Abdichtungsmaßnahmen zulässig, da diese Bereiche nur schwierig abgedichtet werden können. Diese Zusatzmaßnahmen dürfen das Prüfergebnis im Bereich der Rahmenecken nicht verfälschen.

(4) Die geometrische Nutform muss im Versuch der Nutform im Tübbing entsprechen.

(5) Die Prüfung findet bei Raumtemperatur statt.

(6) Es sind alle relevanten Versatzmaße zu prüfen, um auch den Einfluss der inneren Profilstruktur erfassen zu können. Je Versatzsituation (0, 5, 10, 15, evtl. 20 mm) sind fabrikneue Dichtungsrahmen einzusetzen.

(7) Für einen konstanten Versatzwert werden verschiedene Nutgrundabstände mit ein und demselben Dichtungsrahmensatz geprüft. Hierbei sollte die Versuchsreihe mit dem größten Versatzmaß beginnen.

(8) Nach der Montage ist der Versuch zügig zu starten, um Verluste aus Relaxation zu vermeiden.

4.9.4 Versuchsdurchführung

(1) Zu Beginn des Versuchs sind das jeweilige Versatzmaß und der Nutgrundabstand auf $0,9 \cdot 2H$ (10 % Profilkompression) in der Längs- und Ringfuge einzustellen. Anschließend ist der Wasserdruck auf 1 bar einzustellen. Dieser Druck soll bei Stahlprüfkörpern 5 Minuten gehalten werden. Tritt innerhalb der 5 Minuten keine Leckage auf, wird der Druck um 1 bar gesteigert und wieder 5 Minuten gehalten. Dies wird solange fortgesetzt, bis eine Leckage auftritt oder der Wasserprüfdruck erreicht ist. Beim Einsatz von Betonprüfkörpern beträgt die Wasserdruckbelastungszeit je Druckstufe 30 Minuten.

(2) Als „dicht“ wird die Druckstufe ohne Leckage bezeichnet.

(3) Vor der Verringerung des Nutgrundabstandes wird der Wasserdruck auf Null bar abgesenkt. Die Nutgrundabstände werden dann in der Längsfuge und in der Ringfuge um 1 mm verringert und der Wasserdruck, beginnend mit der erreichten Druckstufe des vorherigen Nutgrundabstandes, wieder in Stufen bis zur Leckage gesteigert. Die Nutgrundabstände werden schrittweise weiter verringert, bis das Dichtungsprofil gegen den geforderten Wasserprüfdruck abdichtet.

(4) Der Wasserprüfdruck ist mindestens 24 Stunden ohne Leckage zu halten.

4.9.5 Darstellung der Ergebnisse

Die Ergebnisse sind in einer Tabelle übersichtlich darzustellen.

Tabelle 3: Reihenfolge der Einzelversuche (Beispiel)

Nutgrundabstand [mm]	Versatz [mm]				
	0	5	10	15	20
38	↓	↓	↓	↓	↓
37	↓	↓	↓	↓	↓
36	5	4	3	2	1
35	↓	↓	↓	↓	↓
34	↓	↓	↓	↓	↓

4.10 Abplatz-Versuch

4.10.1 Allgemeines

(1) Vor der Herstellung der Tübbinge sind Abplatzversuche durchzuführen, um zu überprüfen, ob die Rückstellkräfte der ausgewählten Dichtungsrahmen durch die Betonkonstruktion des Tübbings aufgenommen werden können.

(2) Im Abplatzversuch müssen Betonversuchskörper mit einem T-Fugenstoß bzw. Kreuzfugenstoß eingesetzt werden, um diese konstruktiv ungünstigen Bereiche mit den höchsten Rückstellkräften der Dichtungsrahmen zu erfassen. Die Betonversuchskörper müssen aus der gleichen Betonrezeptur bestehen, wie die später zu produzierenden Tübbinge. Falls jedoch die Betonrezeptur zum Prüfzeitpunkt noch nicht bekannt ist, kann eine andere Rezeptur, die der Betonfestigkeitsklasse C 35/45 entspricht, verwendet werden. Die tatsächliche Betondruckfestigkeit der Betonversuchskörper ist durch Probewürfel/-zylinder zu überprüfen und bei der Auswertung der Abplatzversuche zu berücksichtigen.

4.10.2 Versuchsbeschreibung

(1) Im Versuch wird der für das Abplatzverhalten als besonders kritisch angesehene T-Fugenbereich geprüft. Die verwendeten Stahlbetonprobekörper besitzen Nuten zur Aufnahme der Profilabschnitte. Die Nutgeometrie in den Probekörpern muss der Nutgeometrie der späteren Tübbinge entsprechen. Der Nutbereich ist konstruktiv (Betonfestigkeit, Kammbewehrung usw.) wie der entsprechende Originaltübbing des Tunnels auszubilden.

(2) Die äußeren Abmessungen der unteren beiden Betonversuchskörper (Typ 1) betragen Länge * Breite * Höhe = 40 cm * 40 cm * 40 cm, die des oberen Betonversuchskörpers (Typ 2) 80 cm * 40 cm * 40 cm (siehe Bilder 10 und 11). Für den Fall, dass beim Tübbingdesign Kreuzfugen vorgesehen sind, muss der obere Probekörper durch zwei Probekörper vom Typ 1 ersetzt werden.

(3) In den Nuten der beiden unteren Betonversuchskörper (Typ 1) werden je zwei Dichtungsrahmenecken mit jeweils ca. 30 cm Schenkellängen eingeklebt. Der obere Betonversuchskörper (Typ 2) wird mit zwei etwa 60 cm langen Dichtungsprofilabschnitten versehen (siehe Bild 11).

(4) Die Verformung des Dichtungsprofils in Längsrichtung der Nut ist durch geeignete Maßnahmen (Verschluss der Nutenden z.B. durch Beton) zu verhindern. Die drei Stahlbetonversuchskörper werden so aufgebaut, dass die mit Dichtungsprofilen versehenen Seiten eine T-Fuge bilden (siehe Bilder 10 und 11). Die Fugenspaltweite a im Versuch muss 1 mm kleiner als die planmäßig vorgesehene Fugenspaltweite beim späteren Einbau der Tübbingse sein, um bautechnische Toleranzen zu berücksichtigen. Beim Tübbingdesign mit Kreuzfugen ist analog zu verfahren.

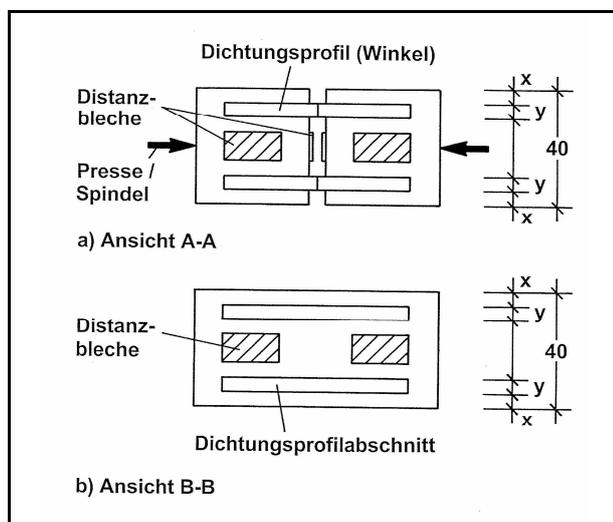


Bild 10: Betonprüfkörper für den Abplatzversuch (Grundriss)

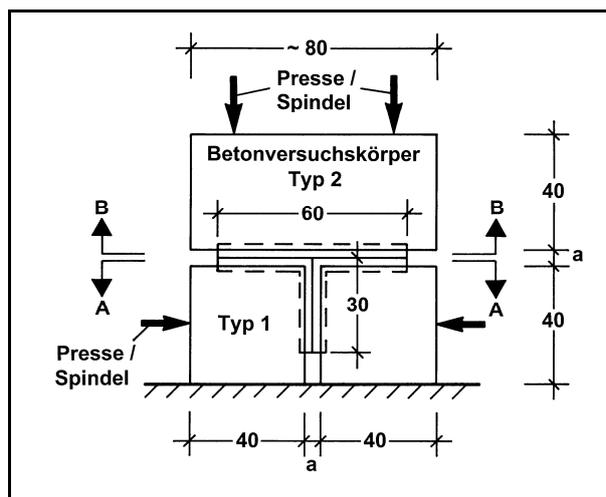


Bild 11: Betonprüfkörper für den Abplatzversuch (Seitenansicht)

4.10.3 Versuchsdurchführung

- (1) Im Versuch wird zuerst die vertikale Fuge zwischen den beiden unteren Probekörpern geschlossen. Der minimale Nutgrundabstand ist hierbei durch die aufgeklebten Distanzbleche begrenzt.
- (2) Im Anschluss an die Einstellung der vertikalen Fugenspaltweite wird der obere Probekörper aufgesetzt und der horizontale Fugenspalt soweit verringert, bis auch hier der minimale Nutgrundabstand erreicht ist.
- (3) Der Abplatzversuch ist bestanden, wenn bei den minimalen Nutgrundabständen keine Schäden am Beton (z.B. Risse oder Abplatzungen) über eine Belastungszeit von 30 Minuten auftreten.
- (4) Beim Tübbingdesign mit Kreuzfugen ist analog zu verfahren.

5 Normen und sonstige technische Regelwerke

DIN ISO 815-1: Elastomere oder thermoplastische Elastomere – Bestimmung des Druckverformungsrestes – Teil 1: Bei Umgebungstemperaturen oder erhöhten Temperaturen

DIN ISO 815-2: Elastomere oder thermoplastische Elastomere – Bestimmung des Druckverformungsrestes – Teil 1: Bei niedrigen Temperaturen

ISO 37: Elastomere und thermoplastische Elastomere – Bestimmung der Zugfestigkeitseigenschaften

DIN ISO 48: Elastomere und thermoplastische Elastomere – Bestimmung der Härte

ISO 188: Elastomere oder thermoplastische Elastomere – Prüfung zur Bestimmung der beschleunigten Alterung und der Hitzebeständigkeit

ISO 1431-1: Elastomere - Bestimmung des Widerstandes gegen Ozonrissbildung – Teil 1: Statische und dynamische Beanspruchung

DIN ISO 3384-1: Elastomere oder thermoplastische Elastomere – Bestimmung der Spannungsrelaxation unter Druck – Teil 1: Prüfung bei konstanter Temperatur