

# Die neuen DAUB-Empfehlungen für den Entwurf, die Herstellung und den Einbau von Tübbingringen

<https://doi.org/10.14459/2023.1724792.mbs27.10>

*Fritz Grübl*



## **Prof. Dipl.-Ing. Fritz Grübl**

Studium Bauingenieurwesen TUM, Diplom 1984  
1983-1989 Planungsingenieur bei Philipp+Schütz  
1989-2021 Geschäftsführender Gesellschafter bei  
PSP Tunnelling Engineers GmbH  
2001-2021 Professor für Ingenieurgeologie und Tunnelbau an der HfT Stuttgart  
Seit 2022 freier Mitarbeiter bei ZPP Ingenieure AG  
Seit 2001 Mitglied des DAUB

Die „Empfehlungen für den Entwurf, die Herstellung und den Einbau von Tübbingringen“ wurden 2014 erstmals veröffentlicht. Sie fanden national, aber auch international, großen Anklang und wurden bei einer Vielzahl von Projekten angewendet. Seit 2014 ging die Entwicklung, insbesondere auch der Nachweisverfahren, voran, so dass sich der DAUB entschloss, die Arbeitsgruppe „Tübbing“ wiederzubeleben und die Empfehlungen tiefgehend zu überarbeiten. Sie geben einen Überblick über den aktuellen Stand der Technik für den Entwurf, die Herstellung und den Einbau von Tübbingringen beim maschinellen Tunnelvortrieb. Die Empfehlungen fassen die Konstruktionsgrundlagen sowie die erforderlichen Berechnungen und Nachweise bei der Bemessung eines Tübbingringes zusammen. Dabei werden u.a. auch die Bemessung der Auskleidung für den Brandfall und der Einsatz von Stahlfasern betrachtet. Neben dem Entwurf und der Bemessung der Tübbings geben die Empfehlungen Hinweise für die Herstellung der Tübbingsegmente im Fertigteilwerk, ihren Einbau im Tunnel sowie den Entwurf von Anschluss- und Übergangsbauwerken.

The “recommendations for the design, production and installation of segmental rings” were published 2014. They were accepted nationally and internationally and used for many projects. Since 2014, the development progressed so that the DAUB decided to revise the recommendations completely. They provide an overview of the current state of the art for the design, manufacture, and installation of segmental rings in mechanized tunnelling. The recommendations summarize the design principles as well as the necessary calculations and verifications for the design of a segment ring according to the latest standardization. Among other things, also the design of the lining for the case of fire and the use of steel fibres are considered. In addition to the design and dimensioning of the segments, the recommendations also provide information on the manufacture of the segment segments in the precast plant, their installation in the tunnel and the design of connecting and transition structures.

## **Einleitung**

Die Empfehlungen für den Entwurf, die Herstellung und den Einbau von Tübbingringen wurden vom Arbeitskreis „Tübbing“ des Deutschen Ausschusses für unterirdisches Bauen (DAUB) im Jahr 2014 veröffentlicht. Sie gaben den Stand der Technik im Bereich der Tunnelauskleidungen mittels Betonfertigteilen zum damaligen Zeitpunkt wieder und stellten die Grundlagen für die Konstruktion und die Berechnung von Tübbingringe im Hinblick auf die Tragfähigkeit, die Gebrauchseigenschaften, die Bauausführung und die Qualitätssicherung zusammen.

Mittlerweile ist die technische Entwicklung im Tunnelbau weiter vorangeschritten. Dies gilt insbesondere für die immer häufiger eingesetzten Faserbetone, aber auch im Bereich der normativen Weiterentwicklung bei der Bemessung von Betonbauwerken.

Durch den häufigeren Einsatz von Tübbingauskleidungen im Tunnelbau ist zudem die Produktion der Tübbings von immer größerer Bedeutung. Außerdem wird das Thema Nachhaltigkeit bei Tunnelbauwerken in Zukunft bei der Planung und Ausführung verstärkt betrachtet werden müssen.

Aus den vorgenannten Gründen wurde vom DAUB beschlossen, die Empfehlungen zu überarbeiten und auf den neuesten Stand der Technik anzupassen.

Die Empfehlungen sind aktuell in der Endbearbeitung an die DAUB-Mitglieder verteilt, wir hoffen, dass sie Anfang 2024 veröffentlicht werden.

## **Aufbau der Empfehlungen**

Die umfangreichsten, aber auch wichtigsten Kapitel der Empfehlungen sind weiterhin die nunmehr komplett überarbeiteten Kapitel 3, Tübbingkonstruktion, 4, Abdichtung und 5, Tragwerksplanung. Hier wurde das Kapitel 5.12, Stahlfasertübbings, angefügt.

Neu aufgenommen wurden die Kapitel 7 (Erdungsmaßnahmen), 9 (Nachhaltigkeit) und 11 (Produktion, früher als Stichpunktsammlung im Anhang).

- 1) Vorbemerkungen
- 2) Überblick über übliche Tübbingsysteme
- 3) Tübbingkonstruktion
- 4) Abdichtung der Tübbingfugen
- 5) Tragwerksplanung
- 6) Baulicher Brandschutz
- 7) Erdungsmaßnahmen in Tunneln
- 8) Dauerhaftigkeit
- 9) Nachhaltigkeit, CO<sub>2</sub>-Bilanz
- 10) Sonderkonstruktionen - Querschläge, Stahltübbings, Übergang offene Bauweise
- 11) Tübbingherstellung und Einbau
- 12) Mitglieder des Arbeitskreises
- 13) Regelwerke, Normen und Publikationen

## Tübbingkonstruktion

Es wird nunmehr deutlicher dargestellt, dass der einschalige „keilförmige Uniring“ bei praktisch allen mit Tübbings ausgekleideten Tunnel die beste Lösung darstellt.

Da vielen Projektbeteiligten die Kurvengängigkeit eines Rings nicht wirklich klar ist, haben wir den Unterschied zwischen einfach- und doppelkeilförmiger Ringen erläutert und bildlich dargestellt.

Sowohl bei den Ringfugen als auch bei den Längsfugen am Tübbingring haben sich die glatten Fugen durchgesetzt. Von Nut-/Federausbildung und Nocke-/Topfverbindungen wird explizit abgeraten, da diese meist keine Zentrierhilfe bedeuten, aber häufig zu Schäden führen. Explizit angesprochen werden dagegen Zentrierhilfen, wie z.B. Steckdübel in den Ringfugen oder Guiding Rods in den Längsfugen.

Bei den Tübbingherstelltoleranzen sind wir bei einer Unterscheidung zwischen Ringen <8m und >11m geblieben. In der Ril853 gibt es nur noch einen Grenzwertsatz.

---

## Abdichtung

Bei den Abdichtungen der Tübbingringe durch umlaufende Kompressionsfugenbänder wurde besonderes Augenmerk auf die Rahmenecken gelegt. Meist treten zuerst hier Wasserzutritte auf, oft begleitet von Eckabplatzungen. Das Kapitel „Prüfungen und Versuche“ wurde erheblich ausgeweitet, die erforderlichen Prüfungen und Versuche detailliert beschrieben. Außerdem werden Hinweise für die Auswahl des Dichtungsbandes gegeben. Neu aufgenommen wurde die Beschreibung von Nachdichtungsmöglichkeiten.

## Tragwerksplanung

Bei den Einwirkungen wurde der Einfluss von seitlicher und über dem Tunnel liegender Bebauung sowie die Überlagerung von Quell- und Schwelldrücken mit den Gebirgs- und Wasserdruckansätzen ergänzt.

Im Teil „Nachweis- und Bemessungskonzept“ werden die nach geltenden Normen möglichen Nachweisverfahren beschrieben und im Einzelnen erläutert. Besonders empfohlen wird das Verfahren nach DIN EN 1990, Kap. 6.3.2 (4) b). Dabei werden auf das Tragsystem teilfaktorisierte Lasten aufgebracht. Die Schnittgrößenermittlung erfolgt mit charakteristischen ständigen Lasten und teilfaktorisierten veränderlichen Einwirkungen. Bei der anschließenden Bemessung werden die ermittelten Schnittgrößen einheitlich mit dem Lastfaktor  $\gamma_{G,j}$  bzw.  $\xi_j \gamma_{G,j}$  multipliziert und die Material-sicherheitsbeiwerte in Ansatz gebracht.

Im Kapitel „Ermittlung der Schnittgrößen – Berechnungsverfahren“ werden die unterschiedlichen Berechnungsmodelle mit ihren Vor- und Nachteilen sowie den Anwendungsgrenzen beschrieben. Dabei wird auch insbesondere auf die gewollte und ungewollte Kopplung von Nachbarringen eingegangen.

Komplett neu bearbeitet wurden die Empfehlungen zum Nachweis der Teilflächenpressungen und des Spaltzuges. Aufgrund der üblichen Fugenausbildung mit ebenen Kontaktflächen wirken sowohl in der Ring- als auch in der Längsfuge konzentrierte Lasten. Diese werden in der Regel mithilfe von analytischen Nachweisverfahren als „Teilflächenbelastungen“ nachgewiesen. Die Nachweisführung mit dem Spannungsblock setzt entsprechende lokale Plastifizierungen in den Kontaktflächen voraus, die durch

## Die neuen DAUB-Empfehlungen für den Entwurf, die Herstellung und den Einbau von Tübbingringen

---

experimentelle Untersuchungen abgesichert sind, und als Grundlage in die Festlegung der im Bemessungsfall maximal auftretenden Kontaktpressung einfließen.

Das analytische Nachweiskonzept für die Teilflächenbelastung basiert auf dem „Spannungsblockverfahren“, und folgt grundsätzlich der DIN EN 1992-1-1/NA, Abs. 6.7 „Teilflächenbelastung“.

Umfangreiche Versuche, insbesondere auch am Massivbaulehrstuhl der TUM, haben gezeigt, dass bei geeigneter Fugenbewehrung deutlich höhere Tragfähigkeiten erreicht wurden. Zur DIN EN 1992-1-1/NA können deshalb für Tübbings Anpassungen vorgenommen werden. Zum Beispiel brauchen Flächenähnlichkeitskriterien und die Begrenzung der Lastverteilungsbreite  $d_1$  auf das Dreifache der Lastübertragungsbreite  $d_0$  ( $d_1 \leq 3 \cdot d_0$ ) für Tübbinglängsfugen nicht angewendet werden.

Neu aufgenommen wurde das Kapitel „Lastabtragung der Koppelkräfte in den Ringfugen mit der Beschreibung der Möglichkeiten (z.B. lastabtragende Koppellemente wie Stahldübel) und der dafür erforderlichen Nachweise.

Stahlfaserbetontübbings kamen bisher in Deutschland u.a. aufgrund der Beschränkungen der DAfStB-Richtlinie Stahlfaserbeton (SFB) kaum zur Anwendung. Zudem ist Stahlfaserbeton in der Ril 853.4005 der Deutschen Bahn ein nicht geregeltes Bauprodukt, was eine aufwändige UiG/ZiE erfordert. In den neuen DAUB Empfehlungen werden aufbauend auf der DAfStB Richtlinie ergänzende Nachweisformate formuliert, die die spezifischen Randbedingungen der Tübbingbauweise berücksichtigen. Die Einstufung eines Stahlfaserbetons in die Leistungsklassen L1 und L2 erfolgt weiterhin anhand der Ergebnisse eines 4-Punkt Biegeversuchs an balkenförmigen Prüfkörpern. Im Zuge der Aufnahme des Stahlfaserbetons in die DAUB Empfehlungen erfolgte auch die Abstimmung mit dem Unterausschuss SFB des DAfStB. Wesentlicher Diskussionspunkt war hierbei die Festlegung des Faserorientierungsbeiwerts  $\kappa_F$ . Zukünftig soll der Stahlfaserbeton für Tübbings auch in die Fortschreibung der DAfStB Richtlinie aufgenommen werden.

## **Erdungsmaßnahmen im Tunnel**

Das neu aufgenommene Kapitel „Erdung“ beschreibt die erforderlichen elektrotechnischen Einrichtungen, insbesondere auch die Rückstromführung und Prelleiter bei Bahntunneln. Wichtig ist die Feststellung, dass eine Verbindung der Bewehrung der Einzelsegmente nicht erforderlich ist.

## **Dauerhaftigkeit**

Neben den Anforderungen an die Dauerhaftigkeit und den Alterungsmechanismen werden im neu eingefügten Kapitel auch Empfehlungen zur Verbesserung der Dauerhaftigkeit gegeben. Als wichtigste Regel sei genannt: Ein robustes Design, bei dem nicht an die Grenze der Ausnutzung gegangen wird mit einer ausreichenden Tübbingdicke, einer ausreichenden Breite der Kompressionsfugendichtung und einem ausreichenden Bewehrungsgehalt.

## **Nachhaltigkeit, CO<sub>2</sub>-Bilanz**

Das Thema CO<sub>2</sub>-Bilanz darf in der heutigen Zeit bei Betonbauteilen nicht fehlen. In diesem Kapitel werden die Möglichkeiten genannt, wie bei der Wahl der Materialien, insbesondere dem Beton, und der Logistik durch Optimierungen die CO<sub>2</sub>-Bilanz verbessert werden kann. Zu beachten ist jedoch, dass beim Bau eines Tunnels zwar CO<sub>2</sub> im großen Umfang entsteht, durch die Tunnelbauwerke aber praktisch immer die Verkehrsführung verbessert wird und damit im Betrieb des Tunnels erhebliche Mengen an CO<sub>2</sub> eingespart werden können.

## **Tübbingherstellung und Einbau**

Im neu eingefügten Kapitel wird detailliert auf die Fertigung der Tüblings im Fertigteilwerk, den dabei verwendeten Baustoffen, der Einbau und die Lagesicherheit der Bewehrung, die Betonverdichtung und Nachbehandlung sowie die Nachmessung der Schalungen und Proberinge behandelt.

Es werden zudem Empfehlungen für die Vortriebsarbeiten und den Ringbau gegeben und häufige Tübbingschäden mit deren Sanierungsmöglichkeiten gegeben.

## Fazit

Die überarbeiteten DAUB-Empfehlungen für den Entwurf, die Herstellung und den Einbau von Tübbingringen gibt auf nunmehr 122 DIN A4 Seiten den momentanen Stand der Technik wieder. Sie bieten dem Auftraggeber, dem Planer und dem Ausführenden Vorgaben für eine sachgerechte und kostengünstige Planung und Ausführung eines Tübbingtunnelprojekts.

## Mitglieder des Arbeitskreises sind:

Dr.-Ing. Peter-Michael Mayer (Vorsitzender), Züblin, ZT, Stuttgart	
Prof. Dipl.-Ing. Fritz Grübl (stellv. Vorsitzender)	ZPP, München
Dipl.-Ing. Sawen Ali	IMM Maidl & Maidl, Bochum
Dipl.-Ing. Gereon Behnen	Büchting+Streit, München
Dipl.-Ing. Dietrich Fahlbusch	Prof. Duddeck&Partner, Braunschweig
Prof. Dr.-Ing. Oliver Fischer	TU München, Lehrstuhl für Massivbau
Dr.-Ing. Paul Gehwolf	Dr. Spang Ingenieures., München
Dipl.-Ing. Martin Geiger	Züblin, Tunnelbau, Stuttgart
Dr.-Ing. Dieter Handke	IMM Maidl & Maidl, Bochum
Dipl.-Ing. Heiko Hauck	Wayss & Freytag Ing.bau, Frankfurt
Dipl.-Ing. Stefan Hintz	MTC, Duisburg & München
Prof. Dr.-Ing. Dieter Kirschke	Beratender Ingenieur, Ettlingen
Dipl.-Ing. Andreas Lange	Strabag, Tunnelbau, Wien
Dipl.-Ing. Stefan Medel	Herrenknecht, Schwanau
Dipl.-Ing. Thorsten Müller	Implenia Construction, Mannheim
Dr.-Ing. Benno Ring	Ring-Consultancy in Tunnelling
Dr.-Ing. Ernst-Rainer Tirpitz	Implenia Construction, Mannheim
Dr.-Ing. Dieter Winselmann	Prof. Duddeck&Partner, Braunschweig