

Massige Betonbauteile

Europäische und nationale Regelungen im Vergleich

Dipl.-Ing. Anton Obholzer
Baumann + Obholzer ZT GmbH, Innsbruck

Agenda

- » Einleitung
- » Problemstellungen bei massigen Betonbauteilen
- » Vergleich dünne und massige Betonbauteile
- » Lösungsansätze für massige Betonbauteile
- » Vergleich Theorie und Praxis
- » Lösungsansatz „Betonrichtlinie für Wasserkraftwerke“
- » Zusammenfassung

Agenda

- » Einleitung
- » Problemstellungen bei massigen Betonbauteilen
- » Vergleich dünne und massige Betonbauteile
- » Lösungsansätze für massige Betonbauteile
- » Vergleich Theorie und Praxis
- » Lösungsansatz „Betonrichtlinie für Wasserkraftwerke“
- » Zusammenfassung

Einleitung

Massige Betonbauteile werden im Infrastrukturbau, vor allem im Kraftwerksbau hergestellt

Die gültigen Regelwerke wurden für den allgemeinen Fall (dünne Bauteile) erstellt



Einleitung

Anforderungen an Beton bei Infrastrukturbauwerken

» Tragsicherheit – große Bauteildicke, hohe Festigkeit

Einleitung

Anforderungen an Beton bei Infrastrukturbauwerken

» Gebrauchstauglichkeit

- Begrenzung der Verformungen – große Bauteildicke, hoher E-Modul
- Begrenzung der Spannungen – große Bauteildicke, hohe Festigkeit
- Begrenzung der Rissweite – langsame Festigkeitsentwicklung, geringe Temperaturentwicklung, geringe Festigkeit

Einleitung

Anforderungen an Beton bei Infrastrukturbauwerken

» Dauerhaftigkeit

- Einbaubarkeit des Betons - Bewehrungsführung
- Verdichtbarkeit des Betons - Bewehrungsführung



Einleitung

Anforderungen an Beton bei Infrastrukturbauwerken

» Herstellung

- Schwer zugängliches Gelände – lange Transportwege, Einbaubarkeit Beton
- Bauzeit oft in Wintermonaten – Einhalten von Mindesttemperaturen im Beton
- Zeitdruck – schnelle Festigkeitsentwicklung, Einbaubarkeit, Verdichtbarkeit



Agenda

- » Einleitung
- » **Problemstellungen bei massigen Betonbauteilen**
- » Vergleich dünne und massige Betonbauteile
- » Lösungsansätze für massige Betonbauteile
- » Vergleich Theorie und Praxis
- » Lösungsansatz „Betonrichtlinie für Wasserkraftwerke“
- » Zusammenfassung

Problemstellungen bei massigen Bauteilen

Anforderungen an Beton

- » Hohe Endfestigkeit
- » Langsame Festigkeitsentwicklung
- » Lange Verzögerung
- » Geringe Temperaturentwicklung
- » Einhalten einer Mindesttemperatur
- » Schnelle Festigkeitsentwicklung
- » Einbaubarkeit
- » Verdichtbarkeit

Auswirkungen auf Bewehrung



Problemstellungen bei massigen Bauteilen

Anforderungen an Beton und Bewehrung widersprechen sich

Anwendung der Regelwerke führt zu hohen Mindestbewehrungen

Agenda

- » Einleitung
- » Problemstellungen bei massigen Betonbauteilen
- » **Vergleich dünne und massige Betonbauteile**
- » Lösungsansätze für massige Betonbauteile
- » Vergleich Theorie und Praxis
- » Lösungsansatz „Betonrichtlinie für Wasserkraftwerke“
- » Zusammenfassung

Vergleich dünne und massige Bauteile

Dünne Bauteile

Massige Bauteile

Vergleich dünne und massige Bauteile

Dünne Bauteile

» Hohe Festigkeit i.A. gewünscht

Massige Bauteile

» Hohe Festigkeit i.A. nicht nötig

Vergleich dünne und massige Bauteile

Dünne Bauteile

- » Hohe Festigkeit i.A. gewünscht
- » Anforderungen an konstruktive Bewehrung durch Normen (Eurocodes) gut abgedeckt

Massige Bauteile

- » Hohe Festigkeit i.A. nicht nötig
- » Anforderungen an konstruktive Bewehrung durch Normen (Eurocodes) wenig behandelt

Vergleich dünne und massige Bauteile

Dünne Bauteile

- » Hohe Festigkeit i.A. gewünscht
- » Anforderungen an konstruktive Bewehrung durch Normen (Eurocodes) gut abgedeckt
- » Temperaturentwicklung hat geringe Priorität

Massige Bauteile

- » Hohe Festigkeit i.A. nicht nötig
- » Anforderungen an konstruktive Bewehrung durch Normen (Eurocodes) wenig behandelt
- » Temperaturentwicklung hat hohe Priorität

Vergleich dünne und massige Bauteile

Dünne Bauteile

- » Hohe Festigkeit i.A. gewünscht
- » Anforderungen an konstruktive Bewehrung durch Normen (Eurocodes) gut abgedeckt
- » Temperaturentwicklung hat geringe Priorität
- » Mindestbewehrung i.A. durch einlagige Bewehrung abgedeckt

Massige Bauteile

- » Hohe Festigkeit i.A. nicht nötig
- » Anforderungen an konstruktive Bewehrung durch Normen (Eurocodes) wenig behandelt
- » Temperaturentwicklung hat hohe Priorität
- » Mindestbewehrung i.A. durch mehrlagige Bewehrung abgedeckt

Vergleich dünne und massige Bauteile

Dünne Bauteile – Mindestbewehrung bei Anwendung Eurocode

- » Faktoren bei Berechnung der Mindestbewehrung
 - Bauteilstärke
 - Betondeckung
 - Erforderliche Rissweite
 - Bewehrungsdurchmesser
 - Betonfestigkeit zum Zeitpunkt des Entstehens der Risse

Vergleich dünne und massige Bauteile

Dünne Bauteile – Anwendung ÖBV-Richtlinie

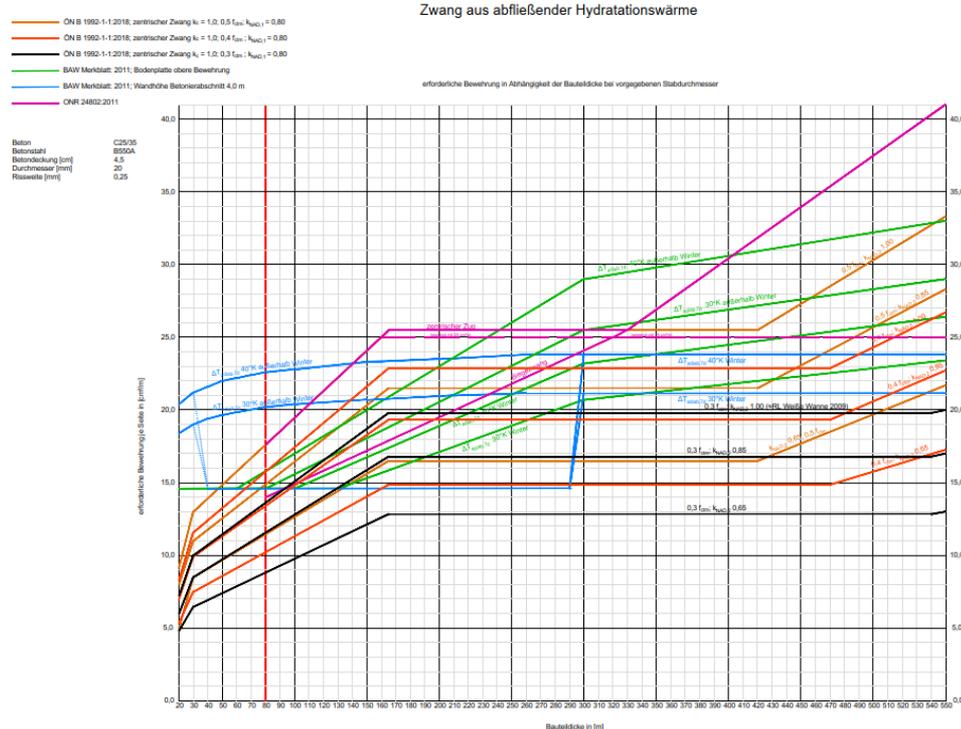
„Wasserundurchlässige Betonbauwerke – Weiße Wannen“

- » Anwendung ergibt geringere Bewehrungswerte als bei Anwendung Eurocode
- » Verwendung spezieller Betonsorten mit langsamer Erhärtung
- » Weitere Regeln sind einzuhalten (Nachbehandlung, Temperaturentwicklung)

Agenda

- » Einleitung
- » Problemstellungen bei massigen Betonbauteilen
- » Vergleich dünne und massige Betonbauteile
- » **Lösungsansätze für massige Betonbauteile**
- » Vergleich Theorie und Praxis
- » Lösungsansatz „Betonrichtlinie für Wasserkraftwerke“
- » Zusammenfassung

Lösungsansätze für massige Betonbauteile



Lösungsansätze für massige Betonbauteile

Anwendung Eurocode für zu sehr hohen Bewehrungsgehalten



Lösungsansätze für massige Betonbauteile

Anwendung ÖBV-Richtlinie „Wasserundurchlässige Betonbauwerke
– Weiße Wannen“

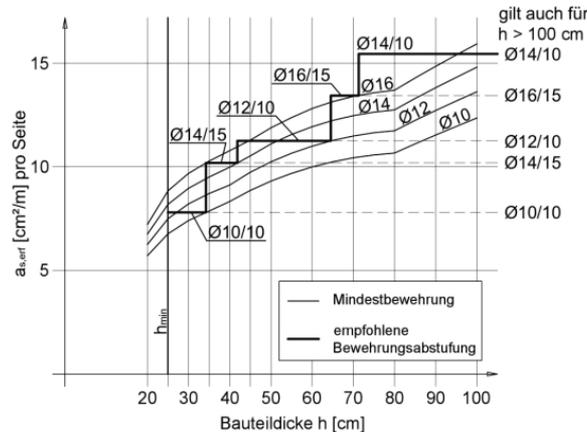
- » Bewehrungswerte bei größeren Bauteildicken „gedeckelt“ – wirtschaftliche Bewehrung möglich (je nach zulässiger Rissweite Ø14/10 oder Ø16/10)
- » Verwendung spezieller Betonsorten mit langsamer Erhärtung
- » Weitere Regeln sind einzuhalten (Nachbehandlung, Temperaturentwicklung)



Lösungsansätze für massige Betonbauteile

Anwendung ÖBV-Richtlinie „Wasserundurchlässige Betonbauwerke – Weiße Wannen“

- » Bewehrungswerte bei größeren Bauteildicken „gedeckelt“ – wirtschaftliche Bewehrung möglich (je nach zulässiger Rissweite $\varnothing 14/10$ oder $\varnothing 16/10$)



Lösungsansätze für massive Betonbauteile

Anwendung ÖBV-Richtlinie „Wasserundurchlässige Betonbauwerke – Weiße Wannen“

» Verwendung spezieller Betonsorten mit langsamer Erhärtung

| Kurzbezeichnung | BS 1 A | BS 1 B | BS 1 C | BS 1 E | BS 1 F |
|---|---|---|---|---|---|
| Anwendungsbereich | Wände und Platten | dicke Wände und Platten | Verkehrsbauwerke mit Taunmitteleinwirkung | Wände und Platten, bei hohem chem. Angriff | Wände und Platten mit erhöhtem Brandschutz |
| Bauteildicken ¹⁾ | Wände ≤ 0,8 m Platten ≤ 1,2 m | Wände > 0,8 m ²⁾ Platten > 1,2 m ²⁾ | Wände ≤ 0,7 m Platten ≤ 1,2 m | Wände ≤ 0,7 m Platten ≤ 1,2 m | Wände ≤ 0,7 m Platten ≤ 1,2 m |
| zul. Wasserdruck | alle Wasserdrücke |
| Festigkeitsklassen | C25/30(56) | C20/25(56), C25/30(90) | C20/25(56), C25/30(56) ³⁾ | C25/30(56) | C25/30(56) |
| Expositionsklassen abgedeckt ⁴⁾ | XW2/XF3/XAT-B/ XAL-B/XC2 ⁵⁾ /XD ⁶⁾ | XW1/XF3/XAT-A/ XC2 ⁵⁾ /XD ⁶⁾ | XW2/XF4/XAT-B/ XAL-B/XC2 ⁵⁾ /XD ⁶⁾ | XW2/XF3/XAT-C/ XAL-C/XC2 ⁵⁾ /XD ⁶⁾ | XW2/XF3/XAT-B/ XAL-B/XC2 ⁵⁾ /XD ⁶⁾ |
| Sonstige abgedeckte Anforderungen ⁷⁾ | RRS | RRS | RRS | RRS | RRS/BBG |
| Anrechenbarer Mindestbindemittelgehalt | 260 kg/m ³ | | | | |
| max. W/B-Wert | 0,65 | | | | |
| Gesamtwassergehalt ⁷⁾ | ≤ 170 l/m ³ | | | | |
| Zement gemäß ONORM B 3327-1 | ≤ WT33 C ₃ A-frei | | | | |
| Bindemittel mit HWZ Anteil bis | 40% | | | | |
| Gesteinskörnung | Siehe Kapitel 5.2.4 | | | | |
| max. Temperaturanstieg im Beton ⁸⁾ | ≤ 21 K | | | | |
| Eignungsprüfung | ≤ 21 K | ≤ 17 K | ≤ 23 K | ≤ 23 K | ≤ 23 K |
| Konformitäts- bzw. Identitätsprüfung | ≤ 22 K | ≤ 18 K | ≤ 24 K | ≤ 24 K | ≤ 24 K |
| Luftgehalt | 2,5 – 5,0 % | 2,5 – 5,0 % | 4,0 – 8,0 % | 2,5 – 5,0 % | 2,5 – 6,5 % |
| Frischbetontemperatur an der Einbaustelle ⁹⁾ | Kon ₅ , Kon ₁ , Kon ₂ ≤ 22 °C ≤ 27 °C | Kon ₅ , Kon ₁ , Kon ₂ ≤ 22 °C ≤ 27 °C | Kon ₅ , Kon ₁ , Kon ₂ ≤ 22 °C ≤ 27 °C | Kon ₅ , Kon ₁ , Kon ₂ ≤ 22 °C ≤ 27 °C | Kon ₅ , Kon ₁ , Kon ₂ ≤ 22 °C ≤ 27 °C |
| Max. zulässige Bauteiltemperatur ¹⁰⁾ | Kon ₅ , Kon ₁ , Kon ₂ 45 °C 55 °C | Kon ₅ , Kon ₁ , Kon ₂ 45 °C 55 °C | Kon ₅ , Kon ₁ , Kon ₂ 45 °C 55 °C | Kon ₅ , Kon ₁ , Kon ₂ 45 °C 55 °C | Kon ₅ , Kon ₁ , Kon ₂ 45 °C 55 °C |
| Eignungsnachweis am Festbeton ¹¹⁾ | XW2, XF3, L300 | XW1, XF3, L300 | XW2, XF4, L300, AF, A1.5 (56) (für die Bodenplatte) | XW2, XF3, L300 | XW2, XF3, L300, BBG, RRS |
| Konformitäts-, Identitätsnachweis am Festbeton ¹¹⁾ | XW2, L300 | XW1, L300 | XW2, L300, AF | XW2, L300 | XW2, L300 |
| Ausschallfrist | ≥ 36 Stunden |
| Nachbehandlung gemäß Kapitel 8.3 | vorgeschrieben | vorgeschrieben | vorgeschrieben | vorgeschrieben | vorgeschrieben |

Lösungsansätze für massige Betonbauteile

Anwendung ÖBV-Richtlinie „Wasserundurchlässige Betonbauwerke
– Weiße Wannen“

- » Weitere Regeln sind einzuhalten
 - Dehnfugenabstand
 - Ausschalfrist
 - Nachbehandlung
 - Temperaturentwicklung

Lösungsansätze für massige Betonbauteile

Anwendung ONR 24802 „Schutzbauwerke der Wildbachverbauung –
Projektierung, Bemessung und konstruktive Durchbildung“

ICS 93.160



ONR 24802

*Schutzbauwerke der
Wildbachverbauung
Projektierung, Bemessung und
konstruktive Durchbildung*

Lösungsansätze für massige Betonbauteile

Anwendung ONR 24802 „Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Projektierung, Bemessung und konstruktive Durchbildung“

» Rissweite mit 0,25mm bzw. 0,3mm begrenzt

| Anforderungen aufgrund Dauerhaftigkeit (Expositionsklassen) | Zusätzliche Abforderungen aufgrund Gebrauchstauglichkeit | w_{\max} in mm | Beispiele |
|---|--|------------------|------------------------------|
| XC2, XC3, XC4, XD1, XD2, XD3 | keine Anforderungen an Wasserundurchlässigkeit | 0,3 | Vorfeldwangen, Rostwangen |
| | wasserundurchlässig | 0,25 | Sperrenwand, Fundamentplatte |

Lösungsansätze für massige Betonbauteile

Anwendung ONR 24802 „Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Projektierung, Bemessung und konstruktive Durchbildung“

- » Mindestbewehrung bei größeren Bauteildicken mit 15 bzw. 25cm²/m je Seite und Richtung „gedecktelt“

| Anforderung | Vorschriften | |
|--|-------------------------------|---|
| Wasser- und durchlässiger Bauteil | Mindestbewehrung | $A_{s,min} = 0,001A_c \leq 25 \text{ cm}^2/\text{m}^a$ |
| ohne Anforderung an eine Wasser- undurchlässigkeit | Mindestbewehrung | $A_{s,min} = 0,0006A_c^a \leq 15 \text{ cm}^2/\text{m}^a$ |
| Für alle Fälle | Mindestbewehrung ^b | $d_s = 10 \text{ mm}^a$ $s = 15 \text{ cm}$ |

^a Diese Bewehrungsfläche ist je Seite und Verlegerichtung einzubauen.
^b Diese entspricht einer Bewehrungsfläche von 5,24 cm²/m.

Lösungsansätze für massige Betonbauteile

Anwendung ONR 24802 „Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Projektierung, Bemessung und konstruktive Durchbildung“

- » Verwendung von Betonsorten mit höheren Festigkeiten als C30/37 ab Bauteildicke 1,5m nicht zugelassen
- » Weitere Regeln sind einzuhalten (großes Größtkorn, Wärmeentwicklungsklasse)

ICS 92.100



ONR 24802

Schutzbauwerke der
Wildbachverbauung
Projektierung, Bemessung und
konstruktive Durchbildung

Lösungsansätze für massige Betonbauteile

Anwendung BAW Merkblatt „Rissbreitenbegrenzung für Zwang in massiven Wasserbauwerken (MRZ)“

- » Aktuelle Version 2011 – Gelbdruck 2019
- » Ermittlung der erforderlichen Bewehrung über Temperatureinwirkungen im Erhärtungs- und Nutzungszeitraum



BAWMerkblatt

Rissbreitenbegrenzung für frühen Zwang
in massiven Wasserbauwerken (MFZ)

Ausgabe 2011

Agenda

- » Einleitung
- » Problemstellungen bei massigen Betonbauteilen
- » Vergleich dünne und massige Betonbauteile
- » Lösungsansätze für massige Betonbauteile
- » **Vergleich Theorie und Praxis**
- » Lösungsansatz „Betonrichtlinie für Wasserkraftwerke“
- » Zusammenfassung

Vergleich Theorie und Praxis

Anwendung der Regelwerke ergibt

Vergleich Theorie und Praxis

Anwendung der Regelwerke ergibt
» Erforderliche Bewehrungswerte
auf Basis von

Vergleich Theorie und Praxis

Anwendung der Regelwerke ergibt

» Erforderliche Bewehrungswerte

auf Basis von

» Theoretischen Rissweiten an der Bewehrung

Vergleich Theorie und Praxis

Äußere Einflussfaktoren ohne bzw. mit geringem Einfluss in Theorie

Vergleich Theorie und Praxis

Äußere Einflussfaktoren ohne bzw. mit geringem Einfluss auf Theorie

» Tatsächliche Betonrezeptur

Vergleich Theorie und Praxis

Äußere Einflussfaktoren ohne bzw. mit geringem Einfluss auf Theorie

- » Tatsächliche Betonrezeptur
- » Witterung beim Betonieren

Vergleich Theorie und Praxis

Äußere Einflussfaktoren ohne bzw. mit geringem Einfluss auf Theorie

- » Tatsächliche Betonrezeptur
- » Witterung beim Betonieren
- » Qualität der Betonverarbeitung

Vergleich Theorie und Praxis

Äußere Einflussfaktoren ohne bzw. mit geringem Einfluss auf Theorie

- » Tatsächliche Betonrezeptur
- » Witterung beim Betonieren
- » Qualität der Betonverarbeitung
- » Umfang und Qualität der Nachbehandlung

Vergleich Theorie und Praxis

Tatsächliche Risseverteilung und Rissweite weicht z.T. stark von der Theorie ab.

Vergleich Theorie und Praxis

Tatsächliche Risseverteilung und Rissweite weicht z.T. stark von der Theorie ab.

Bei günstigen Einflussfaktoren werden großteils Bauteile mit wenigen Rissen hergestellt.

Agenda

- » Einleitung
- » Problemstellungen bei massigen Betonbauteilen
- » Vergleich dünne und massige Betonbauteile
- » Lösungsansätze für massige Betonbauteile
- » Vergleich Theorie und Praxis
- » Lösungsansatz „Betonrichtlinie für Wasserkraftwerke“
- » Zusammenfassung

Lösungsansatz

Betonrichtlinie für Wasserkraftwerke

Kooperation TIQU, TIWAG, IKB, Baumann + Obholzer ZT GmbH

Gesamthafte Betrachtung der Errichtung von Betonbauteilen im
Wasserkraftwerksbau

Lösungsansatz

Betonrichtlinie für Wasserkraftwerke

Enthaltene Aspekte

- » Konstruktion und Bemessung
 - Nachweisführung gemäß EN 1992-1-1
 - Rissweite 0,4mm bzw. gemäß Dichtigkeitsanforderung Bauherr
 - Definition von Abminderungsfaktoren (Dehnfugenabstände <6m)

Lösungsansatz

Betonrichtlinie für Wasserkraftwerke

Enthaltene Aspekte

- » Betontechnologische Begleitung
 - Einbindung eines Betontechnologen über gesamten Projektlaufzeitraum
 - Empfehlungen in Planungs- und Ausschreibungsphase
 - Regelmäßige Betongespräche mit Projektpartnern

Lösungsansatz

Betonrichtlinie für Wasserkraftwerke

Enthaltene Aspekte

- » Betonierkonzept
 - Angepasste Betonierkonzepte über gesamten Projektlaufzeitraum
 - Wird in der Planungsphase vom Planer erstellt
 - Für Ausführungsphase ist das verfeinerte Betonierkonzept vom Auftragnehmer zu erstellen
 - Freigegebenes Betonierkonzept ist Voraussetzung zur Freigabe der Betonage

Lösungsansatz

Betonrichtlinie für Wasserkraftwerke

Enthaltene Aspekte

- » Betonausgangsstoffe
- » Betonzusammensetzung
- » Verarbeitbarkeit
- » Fugenausbildung
- » Transport und Einbau
- » Prüfungen

Lösungsansatz

Betonrichtlinie für Wasserkraftwerke

Enthaltene Aspekte

- » Korrektur und Instandsetzung
 - Risse $> 0,3\text{mm}$ werden injiziert ($> 0,4\text{mm}$ gilt als Schaden)
 - Wasserführende Risse werden immer injiziert – Selbstheilung wenn möglich abwarten
 - Wasserführende Fugen sanieren
 - Poröse Betonbereiche injizieren oder verfüllen

Agenda

- » Einleitung
- » Problemstellungen bei massigen Betonbauteilen
- » Vergleich dünne und massige Betonbauteile
- » Lösungsansätze für massige Betonbauteile
- » Vergleich Theorie und Praxis
- » Lösungsansatz „Betonrichtlinie für Wasserkraftwerke“
- » Zusammenfassung

Zusammenfassung

Massige Bauteile benötigen andere Lösungsansätze als dünne Bauteile

Zusammenfassung

Massige Bauteile benötigen andere Lösungsansätze als dünne Bauteile

In der Planung sind Ziele und Randbedingungen mit dem Bauherrn abzustimmen

Zusammenfassung

Massige Bauteile benötigen andere Lösungsansätze als dünne Bauteile

In der Planung sind Ziele und Randbedingungen mit dem Bauherrn abzustimmen

In der Ausführung sind die Vorgaben aus der Planung umzusetzen

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!