

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Conference Paper, Published Version

## **Knallinger, Maximilian; Linse, Diethelm; Bödefeld, Jörg Erste Erfahrungen bei der Bemessung massiver Wasserbauwerke nach neuer Norm**

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/102188>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Knallinger, Maximilian; Linse, Diethelm; Bödefeld, Jörg (2004): Erste Erfahrungen bei der Bemessung massiver Wasserbauwerke nach neuer Norm. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Wasserbauwerke nach neuer Norm. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 6-13.

### **Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Dipl.-Ing. Maximilian Knallinger, Dr. Diethelm Linse, Ingenieurbüro Dr. Linse, München  
BR Dipl.-Ing. Jörg Bödefeld, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

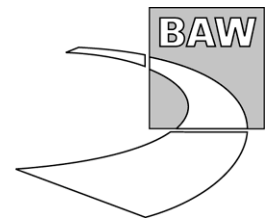
**Erste Erfahrungen bei der Bemessung massiver Wasserbauwerke nach neuer Norm –**  
Teil 2: Wehranlage Raffelberg

## Wehranlage Raffelberg / Ruhr



Vergleichende Nachweise nach DIN 1045 (Ausgabe 8/88) und nach DIN 1045-1 (Ausgabe 7/2001 mit Berichtigungen von 7/2002) sowie DIN 1054 (Ausgabe 11/1976) und DIN 1054 (Ausgabe 1/2003)

April 2004



## 1. Einleitung

Im Hinblick auf die (bereits eingeführte) „neue Normengeneration“ stellt sich auch bei massiven Wasserbauwerken die Frage nach den Auswirkungen auf das Sicherheitsniveau bzw. auf die erforderlichen Bewehrungsgehalte.

Exemplarisch wurden deshalb für die voraussichtlich im Jahr 2004 fertiggestellte Wehranlage Raffelberg / Ruhr vergleichende Berechnungen nach „alter“ und „neuer“ Normung durchgeführt und die Ergebnisse verglichen. Es wurden Berechnungen für Bauteile durchgeführt, die für Wehranlagen als charakteristisch zu bezeichnen sind.

Insbesondere zu berücksichtigen waren die „neuen“ Normen

- DIN 1045-1:2001 (Stahlbeton),
- DIN 1054:2003 (Baugrund)
- DIN 1055-100:2001 (Lastannahmen)

sowie die ZTV-W (Gelbdruck, Stand 2003).

Die wichtigste Neuerung der Normen besteht in der Einführung von Teilsicherheitsbeiwerten auf Einwirkungs- und Widerstandsseite.

## 2. Wehranlage Raffelberg / Ruhr

Bei der Wehranlage Raffelberg / Ruhr handelt es sich um eine vierfeldrige Wehranlage. Die lichte Weite der einzelnen Wehrfelder beträgt jeweils 18,00 m. Bedingt durch die vier Wehrfelder ergeben sich drei baugleiche Flusspfeiler sowie zwei Landpfeiler. Die Abmessungen der Flusspfeiler und des nördlichen Landpfeilers betragen jeweils ca. 21,0 x 4,50 m. Der südliche Landpfeiler wird zur Aufnahme der erforderlichen Betriebseinrichtungen auf 6,50 m verbreitert.

Unterwasserseitig des Wehrkörpers befindet sich ein ca. 18,0 m langes Tosbecken, das zusammen mit dem Wehrkörper fugenlos hergestellt wird.

Die oberwasserseitigen Ufermauern bestehen aus strömungsmechanisch günstig ausgerundeten Winkelstützmauern.

Den Berechnungen liegen folgende Annahmen bezüglich der Baustoffe zugrunde:

	<u>DIN 1045:1988</u>	<u>DIN 1045-1:2001</u>
Stahlbeton	B 25	C 20 / 25
Betonstahl	BSt 500	BSt 500

Die nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über den Neubau der Wehranlage Raffelberg.

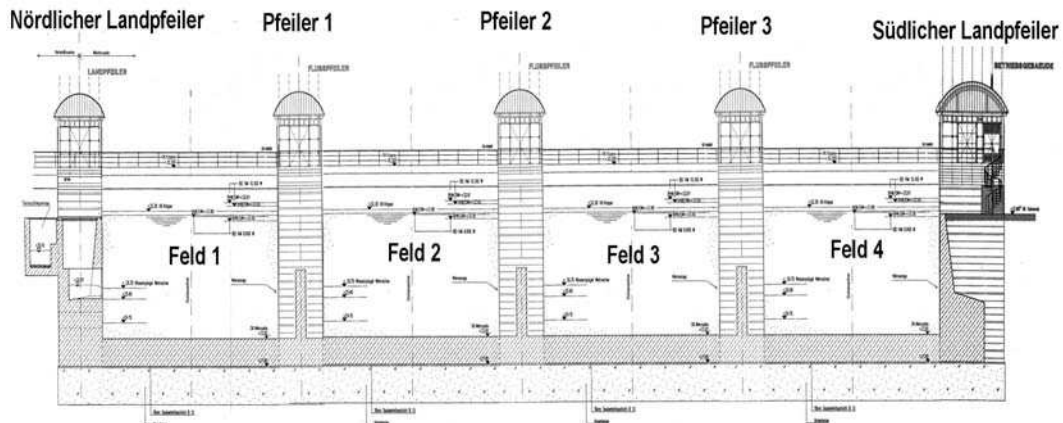


Abb. 1: Ansicht der Wehranlage Raffelberg (Ansicht D-D)

### 3. Vorgehensweise

Als charakteristische Bauteile für die vorliegende Nachweise werden der Wehrkörper sowie die oberwasserseitige Ufermauer betrachtet.

#### Wehrkörper

Bei dem Wehrkörper handelt es sich um eine gebettete Platte mit auskragenden Pfeilerscheiben. Maßgebliche Belastungen sind Eigengewicht, Erd- und Wasserdrücke sowie Lasten aus der Wehrbrücke. Exemplarisch wird ein Ausschnitt der Platte (Bereich C) herausgeschnitten.

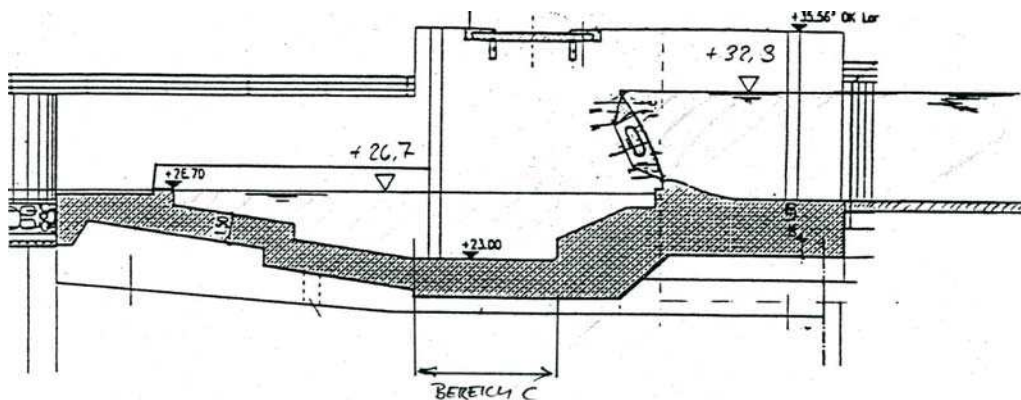
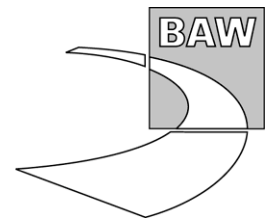
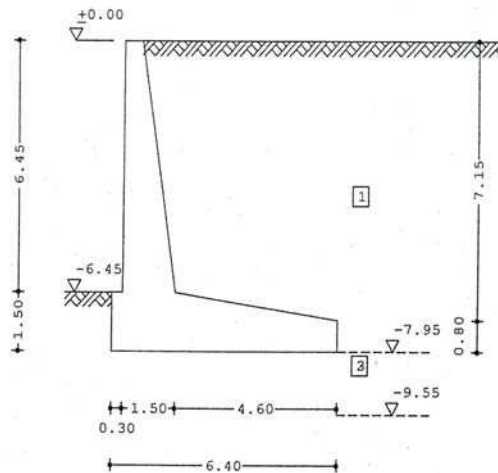


Abb. 2: Längsschnitt durch ein Wehrfeld (Schnitt A-A)



### OW-seitige Ufermauer

Bei den OW-seitigen Ufermauern handelt es sich um Winkelstützmauern, die im Endzustand nahezu komplett eingestaut werden. Exemplarisch wird die südliche Wehrwange gerechnet.



**Abb. 3:** Schnitt durch die südliche OW-seitige Ufermauer

Die oben beschriebenen Bauteile werden in einem ersten Berechnungslauf anhand des „alten“ Normenstandes berechnet (DIN 1045, DIN 1054, DIN 1055, DIN 4084, DIN 4085).

In einem zweiten Berechnungslauf werden die selben Systeme entsprechend den Überlagerungsregeln des Konzeptes mit Teilsicherheitsbeiwerten gemäß DIN 1045-1:2001, DIN 1054:2003 und DIN 1055-100 berechnet.

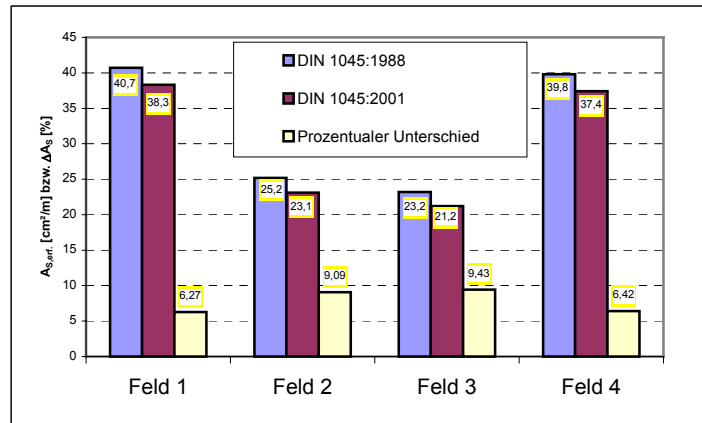
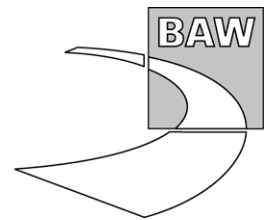
In einem dritten Schritt werden die rechnerisch ermittelten Bewehrungen bzw. die Sicherheitsbeiwerte des jeweiligen Nachweiskonzeptes gegenüber gestellt und die Abweichungen in der Auslegung der Bewehrung verdeutlicht.

## **4. Wehrkörper Bereich C – Zusammenfassung der Ergebnisse**

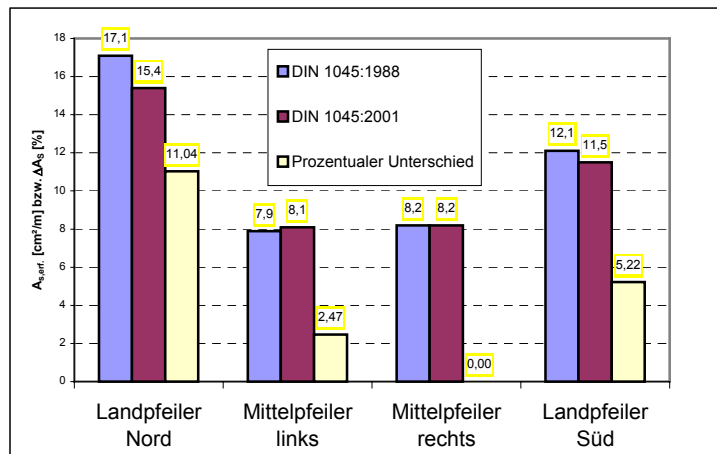
Gemäß DIN 1045:2001 wird unterschieden zwischen Tragfähigkeit (Biegung mit Längskraft) sowie Gebrauchstauglichkeit (Rissbreitenbeschränkung).

### Biegung mit Längskraft

Grundsätzlich ist festzustellen, dass die maßgeblichen Einwirkungskombinationen für die jeweiligen Bauteile nach alter und neuer Norm übereinstimmen. Nach neuer Norm werden bis auf eine Ausnahme (untere Bewehrung Mittelpfeiler links, 2,5 % mehr) geringere Bewehrungsgehalte ermittelt. Die Differenz beträgt zwischen 0 und 11%.



**Abb. 4:** Wehrkörper - Erforderliche Biegebewehrung (oben) nach DIN 1045:1988 und DIN 1045-1:2001 Wehrfelder



**Abb. 5:** Wehrkörper - Erforderliche Biegebewehrung (unten) nach DIN 1045:1988 und DIN 1045-1:2001 Pfeiler

Schub- bzw. Querkraftbewehrung

Der Vergleich der erforderlichen Schubbewehrung ist schwierig, da nach neuer DIN 1045-1:2001 die Querkraftbewehrung über die Parameter Längsbewehrungsgrad bzw. Neigung der Betonruckstrebe steuerbar ist. Bei Ansatz der im Rahmen der Biegebemessung ermittelten Längsbewehrung ergibt sich im Bereich des nördlichen Landpfeilers ein höherer Querkraftbewehrungsgehalt als nach alter Norm ( $6,5 \text{ cm}^2/(\text{m} \times \text{m})$ ) im Vergleich zu  $3,74 \text{ cm}^2/(\text{m} \times \text{m})$ . Bei Verringerung der Druckstrebenneigung lässt sich dieser Wert jedoch nach unten korrigieren, bei Wahl eines höheren Längsbewehrungsgehaltes ist u.U. keine Schubbewehrung erforderlich.

Für Plattenanschnitte an den übrigen Pfeilern wird weder nach neuer noch nach alter Norm Schubbewehrung benötigt.

Beschränkung der Rissbreite

Sowohl bei den Nachweisen nach DIN 1045:1988 als auch bei den Nachweisen nach DIN 1045-1:2001 ergeben sich keine Zuwächse zur statisch erforderlichen Bewehrung. Erhöhungen der Bewehrung ergeben sich im Bereich der Mittelpfeiler bei Berücksichtigung der konstruktiven Mindestbewehrung gemäß ZTV-W 1998 ( $A_s = 12,0 \text{ cm}^2/\text{m}$ ) bzw. ZTV-W 2003 (Gelbdruck) ( $A_s = 20,0 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).

## 5. Oberwasserseitige Ufermauer Süd – Zusammenfassung der Ergebnisse

### 5.1 Stahlbetonbemessung

Die Bemessung nach DIN 1045-1:2001 ergibt für den maßgeblichen Schnitt mit  $A_s = 13,4 \text{ cm}^2/\text{m}$  einen etwas geringeren Bewehrungsgehalt als die Bemessung nach DIN 1045:1988 ( $A_s = 13,6 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).

Schub- bzw. Querkraftbewehrung ist jeweils nicht erforderlich.

Die Mindestbewehrung zur Beschränkung der Rissbreite gemäß DIN 1045:1988 und DIN 1045:2001 ist im maßgeblichen Bemessungsschnitt jeweils geringer als die statisch erforderliche Bewehrung. Bei Berücksichtigung der Mindestbewehrung nach ZTV-W 1998 bzw. ZTV-W 2003 (Gelbdruck) ergibt sich allerdings nach neuer ZTV-W ein deutlich höherer Bewehrungsgehalt ( $A_s = 15,0 \text{ cm}^2/\text{m}$  im Vergleich zu  $A_s = 9,0 \text{ cm}^2/\text{m}$ ). Die Zusammenhänge sind in Abbildung 6 dargestellt.

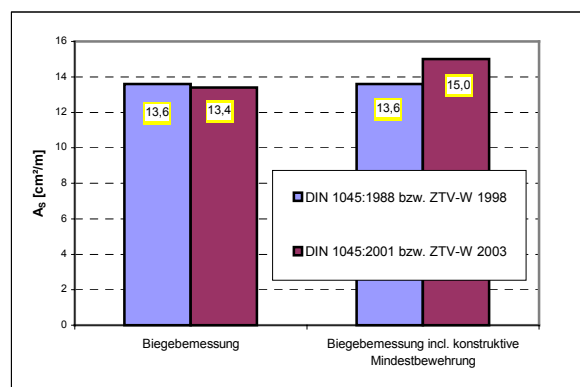


Abb. 6: Ufermauer - Erforderliche Biegebewehrung nach DIN 1045:1988 und DIN 1045:2001 im maßgeblichen Schnitt

### 5.2 Lagesicherheit

#### 5.2.1 Kippsicherheit

Ein Vergleich der Nachweise zur Kippsicherheit bzw. Ausmitte der Sohlspannungsergebnisse ist nicht ohne weiteres möglich. Während in der alten Norm nach Lastfällen unterschieden wird (zulässige Ausmitte  $e = b/6$  (LF 1) bzw.  $e = b/3$  (LF 2)) unterscheidet die neue Norm nach Grenzzuständen (GZ des Verlustes der Lagesicherheit bzw. der Gebrauchstauglichkeit). Gerechnet wird jeweils mit charakteristischen Schnittgrößen. Im GZ der Lagesicherheit sind für jeden Lastfall Ausmitten bis zu  $b/3$  erlaubt. Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sind für jeden Lastfall Ausmitten von maximal  $b/6$  erlaubt; es müssen jedoch nur die ständigen Einwirkungen angesetzt werden.

Es zeigt sich, dass die Berechnung sowohl nach alter als auch nach neuer Norm größenordnungsmäßig gleiche Ergebnisse liefert.

### 5.2.1.1 Gleitsicherheit

Wie in Abbildung 7 dargestellt liefern beide Normen annähernd gleiche Ergebnisse. Die ungünstigsten Gleitsicherheiten ergeben sich für den Lastfall 3 bzw. die Einwirkungskombination A1.

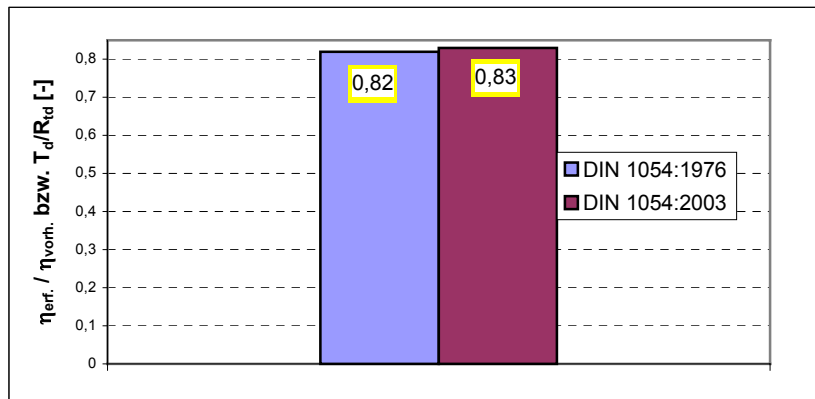


Abb. 7: Ufermauer - Vergleich der ungünstigsten Gleitsicherheiten nach alter und neuer DIN 1054

## 6 Zusammenfassung

### Wehrkörper

Die maßgeblichen Einwirkungskombinationen sind nach alter und neuer Norm die gleichen. Insgesamt fallen die Bemessungsergebnisse nach neuer Norm günstiger aus als die Ergebnisse der alten Norm. Der Unterschied beträgt für die Biegebewehrung zwischen 0 und 11 %. Lediglich bei der Schub- bzw. Querkraftbemessung fallen die Ergebnisse in Bereichen, in denen Schubbewehrung erforderlich ist, ungünstiger aus, als nach alter Norm. Hierbei ist jedoch anzumerken, dass der im Rahmen der vorliegenden Nachweise ermittelte Wert durch Variation der Druckstrebenneigung nach unten korrigiert werden kann. Aus den Nachweisen der Rissbreitenbeschränkung ergeben sich weder nach alter noch nach neuer Norm Zuwächse zur statisch erforderlichen Bewehrung. Allerdings sind im Bereich der Flusspfeiler Zulagen infolge konstruktiver Mindestbewehrung nach ZTV-W 215 1998 bzw. ZTV-W 215 2003 (Gelbdruck) erforderlich (Erhöhung von ca. 8,0 auf 12,0 cm<sup>2</sup>/m bzw. von ca. 8,0 auf 20,0 cm<sup>2</sup>/m).

### OW-seitige Ufermauer

#### - Stahlbetonbemessung:

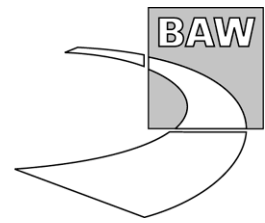
Die Bemessung nach neuer Norm ergibt einen geringeren Bewehrungsgehalt als nach alter Norm ( $A_{s,neu} = 13,4 \text{ cm}^2/\text{m}$  im Vgl. zu  $A_{s,alt} = 13,6 \text{ cm}^2/\text{m}$ ). Schubbewehrung ist nicht erforderlich. Die konstruktive Mindestbewehrung nach neuer ZTV-W 2003 (Gelbdruck) ist deutlich höher als nach alter ZTV-W 1998 ( $A_{s,min,neu} = 15,0 \text{ cm}^2/\text{m}$ ,  $A_{s,min,alt} = 9,0 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).

#### - Nachweise der Lagesicherheit:

Bei den Nachweisen der Ausmitte der Sohlspannungsergebenden liefern die Berechnungen nach neuer DIN 1054:2003 trotz veränderten Nachweiskonzeptes größenordnungsmäßig ähnliche Ergebnisse wie nach alter DIN 1054:1976.

Beim Nachweis der Gleitsicherheit liefern die Berechnungen für die ungünstigsten Lastfälle bzw. Einwirkungskombinationen größenordnungsmäßig gleiche Ergebnisse.





Dr.-Ing. Karl Morgen, Windels – Timm – Morgen, Hamburg  
**Berechnung einer Kaimauer nach der neuen EAU 2004**