

VEB Projektierung Wasserwirtschaft	Drängewasserströmung bei Deichen und Dämmen Berechnung, konstruktive Empfehlungen und Nachweise - Grundsätze -	WAPRO 3.19. Blatt 1
--	---	---

Verbindlich ab 1. 4. 1972

Dieser Standard gilt nicht für Deiche und Dämme aus homogenen oder geschichteten organischen Erdstoffen. Er gilt nur teilweise für Seedeiche. Die Bezeichnung "Dämme" bezieht sich stets auf Sanddämme.

Die Festlegungen des Standards sind zur Anwendung empfohlen.

Vorbemerkungen

Drängewasserströmungen in und unter Deichen oder Dämmen haben Einfluß auf:

- die konstruktive Gestaltung und Standsicherheit der gesamten Anlage
- die Seehöhe bei Flußspoldern und damit die Schöpfwerkdimensionierung
- die Bemessung des gesamten luftseitigen Grabensystems einschließlich aller meliorativer Folgemaßnahmen.

Durch richtige konstruktive Gestaltung und Bemessung des Leiches oder Damms, der Dichtungsaue, der Entlastungsanlagen sowie des gesamten übrigen Grabensystems ist sicherzustellen, daß

- keine Überflutung bei Eintritt des Bemessungshochwassers erfolgt
- eine Zerstörung des Bauwerkes unter Beachtung der Schutzwürdigkeit mit Sicherheit nicht eintritt
- Vernichtungsschäden bei landwirtschaftlich genutzten Flächen ausgeschlossen sind oder minimal gehalten werden

Durch Variantenuntersuchungen ist die beste technische Lösung zu ermitteln, die unter Beachtung

- ökonomischer Parameter der Deich- oder Dammkonstruktion
- meliorativer Aufwendungen im Einflußgebiet
- landschaftlicher Belange
- von Bewirtschaftungskriterien

zu einer ökonomischen Lösung für den Gesamtkomplex führt.

Kostenbeeinflussende Faktoren sind vor allem

- die anfallende Drängewasserernge
- die auftretenden hydraulischen Gradienten
- die Forderung hinsichtlich der Entwässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen im Einflußgebiet.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Verwendete Bezeichnungen	2
2. Begriffe	2
3. Geohydraulische Grundlagen	3
4. Lösungsmöglichkeiten	4
4.1. Überblick über die bestehenden Berechnungsverfahren	4
4.2. Festlegungen über den Einsatz der Berechnungsverfahren	4
5. Grundsätze für die Ermittlung der notwendigen Eingangsdaten	5
5.1. Hydrologische Grundwerte - Hydrologisches Gutachten -	5
5.2. Hydrogeologisches Modell - Hydrogeologisches Gutachten -	6
5.3. Erdstoffkennwerte im Dam- oder Deich und dessen Untergrund - Baugrundgutachten -	6
6. Grundsätze für die Funktionsicherheit der Deich- oder Dammanlagen	7
6.1. Konstruktive Hinweise	7
6.2. Sicherheitsnachweise	7

Fortsetzung Seite 2 bis 7

Bestätigt: 12. 1. 1972, Direktor, Halle (Saale)

1972 J 773/72

1. Verwendete Bezeichnungen

a	[m]	- Brunnenabstand
A	[m ²]	- Fläche
An	[-]	- Anisotropie
b	[m]	- Breite der Grabensohle; bei durchbrochener Deckschicht: b = Grabenbreite in Höhe der Fuge
b _{F1}	[m]	- 0,5 · Breite des Flusses
b'	[m]	- Mächtigkeit der Deckschicht
c	[Mp/m ²]	- Scherhaftfestigkeit des Erdstoffes
D	[m]	- relativer Drängewasserwert q_D/k
g	[m/s ²]	- Erdbeschleunigung
h	[m]	- Standrohrwasserspiegelhöhe
h _{Gr}	[m]	- Lage des Grabenwasserspiegels bezogen auf GOK
h _{Br}	[m]	- Lage des Brunnenwasserspiegels
H	[m]	- Höhe des Außenwasserspiegels bezogen auf GOK
i	[-]	- hydraulischer Gradient
k	[m/s]	- Durchlässigkeitskoeffizient allgemein
k'	[m/s]	- Durchlässigkeitsbeiwert der Deckschicht
k ^D	[m/s]	- Durchlässigkeitsbeiwert des Deiches
L	[m]	- Länge eines Strömungsfragmentes
L _v	[m]	- Vorlandbreite
L _{Gr}	[m]	- Abstand des Grabens vom luftseitigen Deichfuß
L _P	[m]	- Poldertiefe
ΔL	[m]	- Länge eines fiktiven Zusatzfragmentes
L _D	[m]	- Länge des Deich- oder Dammschnittes, in dem die Systemkennwerte konstant sind
l _o	[m]	- Filterlänge
M	[m]	- Mächtigkeit des Grundwasserleiters
n _o	[-]	- entwässerbares Porenvolumen
n	[-]	- wiederauffüllbares Porenvolumen
p	[Mp/m ²]	- Druck
q	[m ² /s]	- spezifischer Flüssigkeitsstrom
q _D	[m ² /s]	- spezifische Drängewassermenge
Q _D	[m ³ /s]	- Gesamtdrängewassermenge
r _o	[m]	- Brunnenradius
S	[m]	- Sohlbreite des Deiches
S'	[m]	- Kronenbreite des Deiches oder Damms
T	[m ² /s]	- Profildurchlässigkeit
v	[m/s]	- Geschwindigkeit
α	[-]	- Faktor für den Vorlandeinfluß
β	[-]	- Faktor für die Deichdurchströmung
γ	[Mp/m ³]	- Rohwichte
η	[-]	- Sicherheitsbeiwert
ρ	[Mp·s ² /m ⁴]	- Rohdichte

2. Begriffe

Drängewasserströmung:	Grundwasserströmung, die sich infolge eines hydraulischen Gefälles im Deich oder Damm und vor allem in dessen Untergrund ausbildet und auf der Luftseite des Deiches oder Damms zum Austritt von Drängewasser führt.
Drängewassermenge:	Infolge der Drängewasserströmung luftseitig vom Deich oder Damm als Kuver- und Qualmwasser austretende Wassermenge
Entlastungsanlagen:	Bauliche Anlagen im Deich oder Damm und im Untergrund luftseitig von diesen Bauwerken, die durch einen kontrollierten Abbau der Grundwasserpotentialdifferenz die Standsicherheit der Deich- oder Dammbauwerke sichern und die Vernässung luftseitigen Geländes verhindern oder abmildern sollen.

freie Grundwasseroberfläche: gleichbedeutend mit dem bisher gebräuchlichen Begriff "Sickerlinie" (siehe TGL 23989)

hydrogeologisches Modell: Schematisierte Darstellung der hydrogeologischen Verhältnisse
- geometrischer Aufbau des Untergrundes mit repräsentativen bodenphysikalischen Kennwerten -

repräsentative Kennwerte: Kennwerte, die im System die gleichen Verhaltensweisen hervorrufen wie die bisherige Struktur

3. Geohydraulische Grundlagen

3.1. Die typische Ausbildung einer Drängewasserströmung ist aus dem vertikalen Schnitt im Bild 1 zu ersehen.

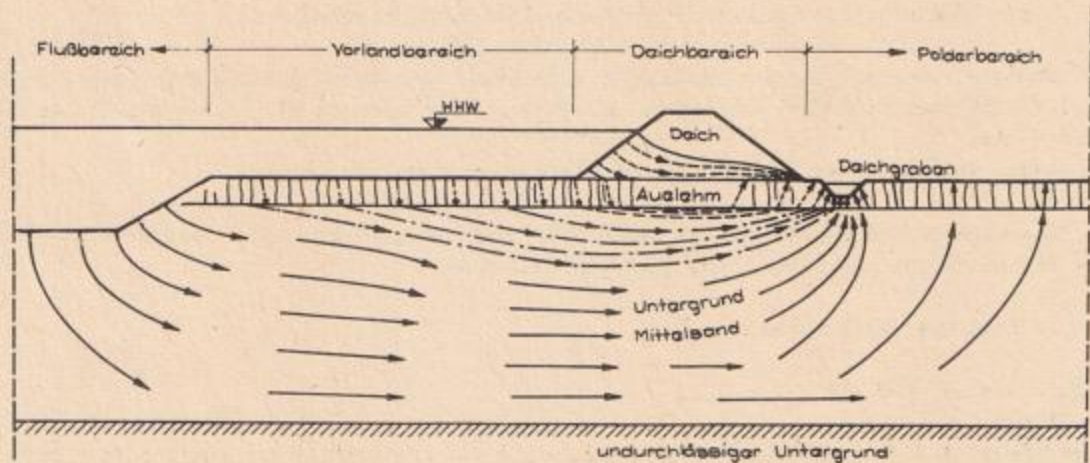


Bild 1

Sie wird maßgeblich beeinflusst durch

- die hydrogeologische Ausbildung des Grundwasserleiters, Geometrie und bodenphysikalische Kennwerte
- die hydraulischen Randbedingungen - örtliche Lage und die dort herrschenden Wasserstände -
- die Anordnung und Konstruktion des Deiches oder Dammes, z.B. Trassierung, Profil und Baumaterial
- die Anordnung und Konstruktion von Dichtungs- und Entlastungsanlagen

Folgende Unterteilung des Systems ist zweckmäßig:

a) horizontal

- Flußbereich, bei Speichern nicht vorhanden
- Vorland oder Beckenbereich
- Deich- oder Dammbereich
- Polderbereich oder Dammhinterland

b) vertikal

- Deich- oder Dammbauwerk
- Deckschicht mit/ohne Dichtungselementen und mit/ohne Entlastungsanlagen
- Hauptgrundwasserleiter
- Grundwasserstauer

3.2. Innerhalb der einzelnen Bereiche des Drängewasserströmungssystems können erhebliche Abweichungen hinsichtlich Geometrie, Bodenkennwerten und hydraulischen Randbedingungen gegenüber der in Bild 1 gezeigten Darstellung auftreten:

- unregelmäßig geschichtetes Deichmaterial
- Neigungen der Geländeoberfläche
- unregelmäßige Ausbildung der Deckschicht, Fehlstellen in oder völliges Fehlen der Deckschicht

- Schichtungen innerhalb des Hauptgrundwasserleiters
- Unterschiede des Durchlässigkeitsbeiwertes in horizontaler und vertikaler Richtung - Anisotropie- und Inhomogenitäten, z.B. Linsen
- unregelmäßige Tiefenlage des Grundwasserstauers
- unregelmäßiger Verlauf des Hauptvorfluters oder des Entlastungsgrabensystems
- kurzzeitige Wasserspiegelschwankungen (siehe Abschnitt 3.3.1.)

3.3. Die Drängewasserströmung ergibt sich damit im allgemeinen als eine räumliche, nichtstationäre Grundwasserströmung.

Vereinfachende Annahmen können getroffen werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

3.3.1. Kurzzeitige Schwankungen des Wasserspiegels im Fluß oder Becken oder im Grabensystem treten nicht auf. Berechnungswasserspiegellagen bleiben ≈ 10 Tage etwa konstant.

Daraus folgt: Annahme eines stationären Strömungszustandes ist möglich.

3.3.2. Hauptvorfluter und Entlastungsanlagen sind damm- oder deichparallel angeordnet. In Richtung der Deich- oder Dammachse sind keine nennenswerten Änderungen der hydrogeologischen Struktur zu verzeichnen.

Daraus folgt: Annahme eines vertikal-ebenen Strömungssystems ist möglich.

3.3.3. Innerhalb der Strömungsbereiche Deich oder Damm, Deckschicht und Hauptgrundwasserleiter ist das Bodenmaterial gleichmäßig horizontal geschichtet.

3.3.3.1. - über das gesamte Strömungsfeld

3.3.3.2. - abschnittsweise

Daraus folgt:

- bei Abschnitt 3.3.3.1., daß im Gesamtströmungsfeld die Mächtigkeit der Hauptbodenschichten konstant ist, die Einzelschichten können als homogen und isotrop behandelt werden.
- bei Abschnitt 3.3.3.2., daß im Gesamtströmungsfeld die Mächtigkeit der Hauptbodenschichten abschnittsweise konstant ist, die Einzelschichten können nur in diesen Abschnitten als homogen und isotrop behandelt werden.

4. Lösungsmöglichkeiten

4.1. Überblick über die bestehenden Berechnungsverfahren

Als Lösungsmöglichkeiten kommen in Betracht:

4.1.1. Nomogramme

4.1.2. Digitale Rechenprogramme

4.1.3. Berechnung mit Hilfe elektrischer Ersatzschaltbilder

4.1.4. Spezielle Analogiemodelluntersuchungen

4.2 Festlegungen über den Einsatz der Berechnungsverfahren

4.2.1. Nomogramme sind nur bei geohydraulischen Voruntersuchungen zu benutzen (siehe WAFRO 3.19./4 Abschnitt 1.3.3.)

- anwendbar bei Erfüllung der Bedingungen nach Abschnitt 3.3.1., 3.3.2. und 3.3.3.1. unter Beachtung von WAFRO 3.19./2, Abschnitt 1.3.
- erste Näherungslösung auch bei Nichteinhalten vorstehend genannter Bedingungen; bessere Näherungen durch digitale Rechenprogramme
- bei untergeordneten Maßnahmen auch für Ausführungsprojekt

Die Berechnung erfolgt manuell.

4.2.2. Digitalprogramme sind vorwiegend für geohydraulische Variantenuntersuchungen zur Ermittlung der optimalen Systemlösung und im Ausnahmefall für geohydraulische Voruntersuchungen zu verwenden. Anwendbar bei Erfüllung der Bedingungen nach

- Abschnitt 3.3.1. , 3.3.2. und 3.3.3.1. oder
 - Abschnitt 3.3.1. , 3.3.2. und 3.3.3.2.
- unter Beachtung von WAPRO 3.19./2 Abschnitt 2.4.

In ähnlicher Weise anwendbar sind Analogrechner (siehe Erläuterungen zu Wapro 3.19.). Aufstellen der Inputs und Auswertung der Outputs erfolgt durch den Projektanten; die eigentliche Berechnung wird von einem Rechenzentrum übernommen.

4.2.3. Elektrische Ersatzschaltbilder eignen sich zur Berechnung beliebiger Systeme, bei denen die Bedingungen nach

- Abschnitt 3.3.1. , 3.3.2. und 3.3.3.1. oder
- Abschnitt 3.3.1. , 3.3.2. und 3.3.3.2. erfüllt sind.

In Sonderfällen braucht Abschnitt 3.3.1. nicht erfüllt zusein. Die Berechnung nichtstationärer Systeme erfolgt nach dem modifizierten Liebmannverfahren (siehe Erläuterungen zu WAPRO 3.19.). Der Einsatz kann durch eine autorisierte Einrichtung erfolgen und zwar ausschließlich für geohydraulische Variantenuntersuchungen zur optimalen Systemlösung. Der Projektant liefert unter Beachtung von Abschnitt 5.2. ein schematisiertes hydrogeologisches Modell einschließlich Angabe besonderer konstruktiver Festlegungen.

4.2.4. Spezielle Analogiemodelluntersuchungen dienen der Berechnung komplizierter Drängewasserströmungssysteme, bei denen eine oder mehrere der in Abschnitt 3.3. genannten Bedingungen nicht erfüllt sind. Zu unterscheiden sind folgende Fälle:

4.2.4.1. Bedingung nach Abschnitt 3.3.2. nicht erfüllt, Bedingungen nach Abschnitt 3.3.1. und 3.3.3.1. oder 3.3.3.2. erfüllt. Variantenuntersuchungen gut möglich.

4.2.4.2. Bedingungen nach Abschnitt 3.3.2. und 3.3.3. nicht erfüllt, Bedingung nach Abschnitt 3.3.1. erfüllt. untersuchung sehr aufwendig; Näherungslösung durch weitgehende Simplifikationen möglich.

4.2.4.3. Bedingungen nach Abschnitt 3.3.1. und 3.3.2. nicht erfüllt, Bedingung nach Abschnitt 3.3.3.1. oder 3.3.3.2. erfüllt. Untersuchungen sehr aufwendig.

4.2.4.4. Alle Bedingungen nicht erfüllt. Untersuchungen äußerst aufwendig; für praktische Belange im allgemeinen nicht vertretbar. Näherungslösung wie in Abschnitt 4.2.4.2.

Alle aufgeführten Berechnungsfälle sind einem Speziallabor zur weiteren Bearbeitung zuzuleiten; einfachere Probleme geringeren Umfangs des Falles nach Abschnitt 4.2.4.1. können auch durch andere autorisierte Einrichtungen bearbeitet werden. Vom Projektanten sind für die Bearbeitung zu übergeben:

- Aufgabenstellung
 - Gutachten entsprechend Abschnitt 5.
 - Angaben zur Konstruktion des Deich oder Dammsystems
 - Angaben zu durchgeführten und vorgesehenen Meliorationsmaßnahmen im Einflußgebiet
- Das Ergebnis der Untersuchungen wird dem Projektanten in Form eines Gutachtens entsprechend der Aufgabenstellung übergeben.

5. Grundsätze für die Ermittlung der notwendigen Eingangsinformationen

5.1. Hydrologische Grundwerte - Hydrologisches Gutachten -

Folgende Angaben sind für die Berechnung notwendig:

- maßgebende Berechnungswasserstände im Hauptvorfluter oder Becken; möglichst HW-Ganglinien und Dauerlinien für ≥ 10 Tage
 - maßgebende Wasserstände des Entwässerungssystems
 - Angaben über die regionale Grundwasserdynamik, z.B. Hauptgrundwasserfließrichtung.
- Diese Angaben sind entweder separat oder im Rahmen des hydrologischen Gutachtens gesondert auszuweisen.

5.2. Hydrogeologisches Modell - Hydrogeologisches Gutachten -

5.2.1. Hauptziel des hydrogeologischen Gutachtens ist die Erarbeitung eines hydrogeologischen Modells. Dazu dienen:

- Übersichtsplan im geeigneten Maßstab, so daß der betreffende Kartenausschnitt des Gesamtgebietes nicht größer als ca. 1,5 x 2,0 m wird
- geometrische Längs- und Querprofile mit Hauptbodenarten; möglichst isometrische Darstellung
- Isopachenkarte (Linien gleicher Mächtigkeit) der Deckschicht,
- Isolinien des Grundwasserstauers
- Grundwasserisohypsenplan oder -pläne für möglichst hohe Hauptvorfluter oder Beckenwasserstände
- Angaben über repräsentative bodenphysikalische Kennwerte, z.B. k , k' , k_D , A_n , n_0 .

5.2.2. Durch Auswertung des hydrogeologischen Gutachtens ist unter Einbeziehung der Projektstudie (siehe WAPRO 3.19./4 Abschnitt 1.3.4.) eine Schematisierung der geohydrologischen Verhältnisse vorzunehmen und das hydrogeologische Modell auszuarbeiten.

Dabei ist eine Unterteilung des Strömungsfeldes in die zwei Hauptschichten - Deckschicht und Hauptgrundwasserleiter - anzustreben, oder es sollte das System bei fehlender Deckschicht auf eine Hauptbodenschicht reduziert werden. Bei Auftreten von Anisotropien oder weiteren Schichtungen innerhalb der beiden Hauptschichten sind für b' und M fiktive Werte auszuweisen. An Stelle fiktiver Mächtigkeiten können auch fiktive k -Werte angegeben werden.

Ist bei einem extrem unregelmäßigen Aufbau des Drängewasserströmungsfeldes die angestrebte Schematisierung nicht möglich, so sind im hydrogeologischen Modell verschiedene horizontale und vertikale Schnitte mit möglichen geometrischen Schematisierungen der hydrogeologischen Störzonen vorzunehmen. Erläuterungen zum Schematisierungsgrad sind beizufügen. Zur Einschätzung der Gültigkeit der Bedingung nach Abschnitt 3.3.2. und zur Abgrenzung großräumiger Drängewasserströmungssysteme sind Grundwasserisohypsenpläne von verschiedenen Belastungszuständen heranzuziehen.

Abschließend ist anzugeben, welche Kombinationen der in Abschnitt 3.3. angegebenen Bedingungen erfüllt oder nicht erfüllt sind.

5.2.3. Der Erkundungsumfang ist den Erfordernissen des hydrogeologischen Modells anzupassen:

- für die Ermittlung der Isopachenkarte der Deckschicht und der Isolinien des Grundwasserstauers sind vornehmlich geophysikalische Verfahren zu nutzen. Die Anzahl der Tiefbohrungen ist auf ein Minimum zu beschränken. Sie sollen lediglich als Anschlußwerte für die geophysikalischen Erkundungen dienen
- k -Werte sind näherungsweise aus den bei Pegel- und Tiefbohrungen gewonnenen Bodenproben zu ermitteln. Die Bestimmung repräsentativer k -Werte sollte bei großen Investmaßnahmen durch Methoden der indirekten hydrogeologischen Erkundung erfolgen. Dabei sind zusätzliche Pumpversuche an ausgewählten Punkten zu vereinbaren. Zur Erstellung exakter Grundwasserisohypsenpläne sind durch den Erkundungsbetrieb eine hinreichende Anzahl von Flachpegeln einzurichten. Das Pegelnetz ist in Deich- oder Dammnähe zu verdichten.

5.2.4. Das hydrogeologische Modell ist vom Projektanten nach den Festlegungen des Abschnittes 4.2. für die Berechnung aufzuarbeiten.

5.3. Erdstoffkennwerte im Deich oder Damm und dessen Untergrund - Baugrundgutachten -

Folgende Angaben sind für die Berechnung notwendig:

- Kennwerte über die Eignung des Baugrundes für die Errichtung des Deich- oder Dammbauwerkes, z.B. ρ , c , γ
- bodenphysikalische Kennwerte der als Deich- oder Dammbaumaterialien vorgesehenen Erdstoffe, z.B. k_D , ρ , c , γ , n . In Frage kommende Lagerstätten sind im geologischen Gutachten auszuweisen.
- In Auswertung der Erdstoffkennwerte sind im Baugrundgutachten Hinweise zur Konstruktion des Deich- oder Dammbauwerkes zu geben.

6. Grundsätze für die Funktionstüchtigkeit der Deich- oder Dammanlagen

6.1. Konstruktive Hinweise

Die Deich- oder Dammtypen und deren konstruktive Elemente, wie Dichtungen und Entlastungsanlagen sowie das entferntere Grabensystem sind unter Beachtung der in dem Abschnitt "Vorbemerkungen" genannten Einschränkungen den im Verlauf der Untersuchungen ermittelten typischen Drängewasserströmungsbildern anzupassen (siehe WAPRO 3.19./3).

Dabei sind bereits im Projekt die für eine spätere Überwachung der Anlage notwendigen Einrichtungen wie Pegel, Druckmeßdosen und Meßwehre vorzusehen.

6.2. Sicherheitsnachweise

Nachzuweisen sind entsprechend WAPRO 3.19./3 Abschnitt 2.:

6.2.1. für das Deich- oder Dammbauwerk:

- Standsicherheit auf dem Baugrund für die gesamte Anlage - Grundbruch, Gleiten -
- Standsicherheit der Böschungen
- Sicherheit gegen Gefügeumlagerungen im Bauwerk und an kritischen Stellen im Untergrund
- Lage der freien Grundwasseroberfläche im Deich- oder Dammkörper.

6.2.2. für wasserseitige Dichtungselemente:

- Sicherheit gegen Gefügeumlagerungen in der Fuge Dichtung/Untergrund
- Sicherheit gegen Auftrieb bei dünnlagigen, großflächigen Beckendichtungen, z.B. Folie.

6.2.3. für Entlastungsanlagen an der Luftseite der Deich- oder Dammbauwerke:

- Sicherheit der Grabenböschungen
- Sicherheit gegen Gefügeumlagerung am benetzten Grabenprofil, am Brunnenfilter und am Entlastungsschlitz.

Hinweise

Die Erläuterungen zu diesem Werkstandard enthalten ausführlichere Darlegungen zu den verschiedenen Typen der Drängewasserströmung, zu den geohydraulischen Grundlagen und zu den Berechnungsverfahren. Es sind die Grundgleichungen angegeben und die Lösungswege erläutert.

WAPRO 3.19./2	1.72	Drängewasserströmung bei Deichen und Dämmen; Berechnung, konstruktive Empfehlungen und Nachweise; Berechnung der Drängewasserströmung
WAPRO 3.19./3	1.72	-; -, -; Konstruktive Empfehlungen und Sicherheitsnachweise unter Berücksichtigung der Drängewasserströmung
WAPRO 3.19./4	1.72	-; -, -; Verfahrenswege und Beispiele
TGL 20 285		Entwässerung durch Schöpfwerke, Grundsätze für die Projektierung
TGL 21 239/1	12.65	Talsperren; Allgemeine Grundsätze für Vorbereitung, Bau und Betrieb
TGL 23 989	11.71	Terminologie; unterirdisches Wasser
TGL 92-007	2.66	Gewässerkunde, quantitativ; Fachausdrücke und Begriffserklärungen
TGL 92-009	6.66	Gewässerausbau; Fachausdrücke und Begriffserklärungen
TGL 92-013	4.66	Erdstaudämme und Flußdeiche bis 5,0 m Höhe; Grundsätzliche Forderungen

[1]

Koordinierungsvereinbarung zwischen dem AfW, dem VEB Geologische Forschung und Erkundung und dem VEB Baugrund Berlin über die Zusammenarbeit auf den Gebieten der ingenieur-geologischen und Baugrunduntersuchungen für die Planung, Projektierung, Bausausführung und Überwachung von Talsperren und wasserwirtschaftlichen Speichern vom 30. 6. 1967

[2]

Richtlinie zur rationellen Bearbeitung und Gestaltung der Projektierung, Durchführung und Auswertung hydrogeologischer Untersuchungen zur Bauvorbereitung von Flachlandspeichern des VEB Hydrogeologie Nordhausen vom 19. 10. 1971.