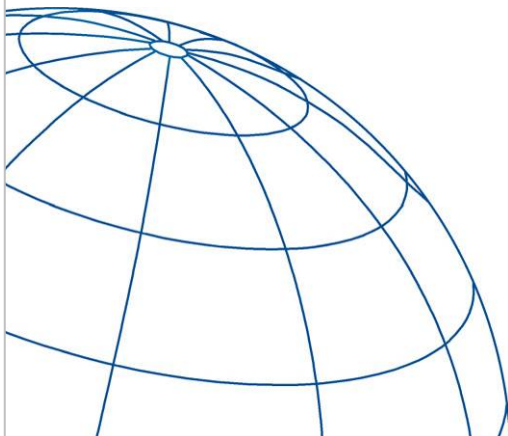


3. Symposium
Sicherung von Deichen, Dämmen und Stauanlagen

Universität Siegen
12.-13.03.2009

Die Beurteilung von hydrodynamischen Bodendeformationsvorgängen in Dämmen und Deichen

Ein integraler (und praktischer) Ansatz



Dr.-Ing. Ronald Haselsteiner
(FICHTNER GmbH & Co. KG)



CONSULTING & IT



ENERGY



ENVIRONMENT



WATER & INFRASTRUCTURE

Einleitung

Regelungen und Praxis in Deutschland

Prozessorientierte **Regelung** ist **nicht** vorhanden

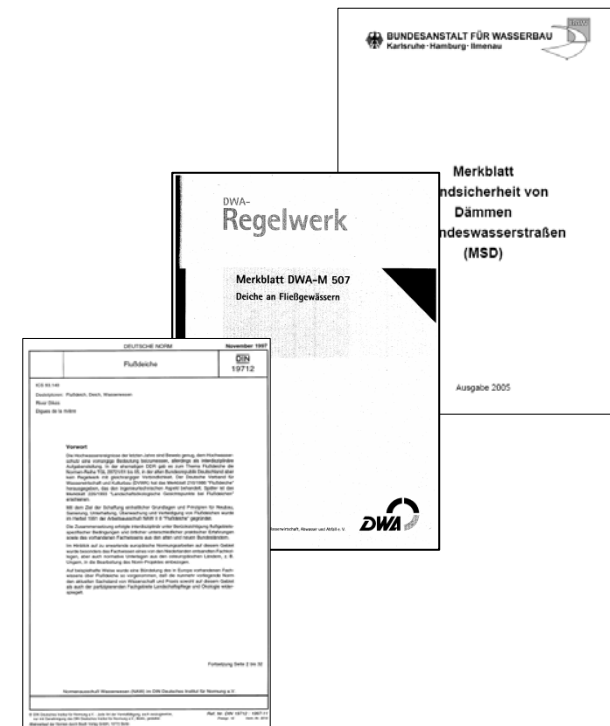
Meist liegt der Schwerpunkt auf dem **Entwurf der Filter** und die Betrachtung von **mittleren hydraulischen Gradienten** für den Untergrund

Ausnahme: **DWA M-507/2006** (Gelbdruck) → Methoden und Nachweise aber kein schlüssiges Konzept

Ausnahme: **MSD BAW (2005)** mit Ablaufschema

Vereinzelt finden sich aber auch in anderen, den Wasserbau betreffenden Literaturstellen Bausteine, Nachweise oder Hinweise zum Thema "Erosion in Erdbauwerken", z. B. DIN 19712/1997, BUSCH ET AL. (1993) ...

Einleitung
 Schäden
 Prozessunterteilung
 Integraler Ansatz
 Beispiel



Einleitung

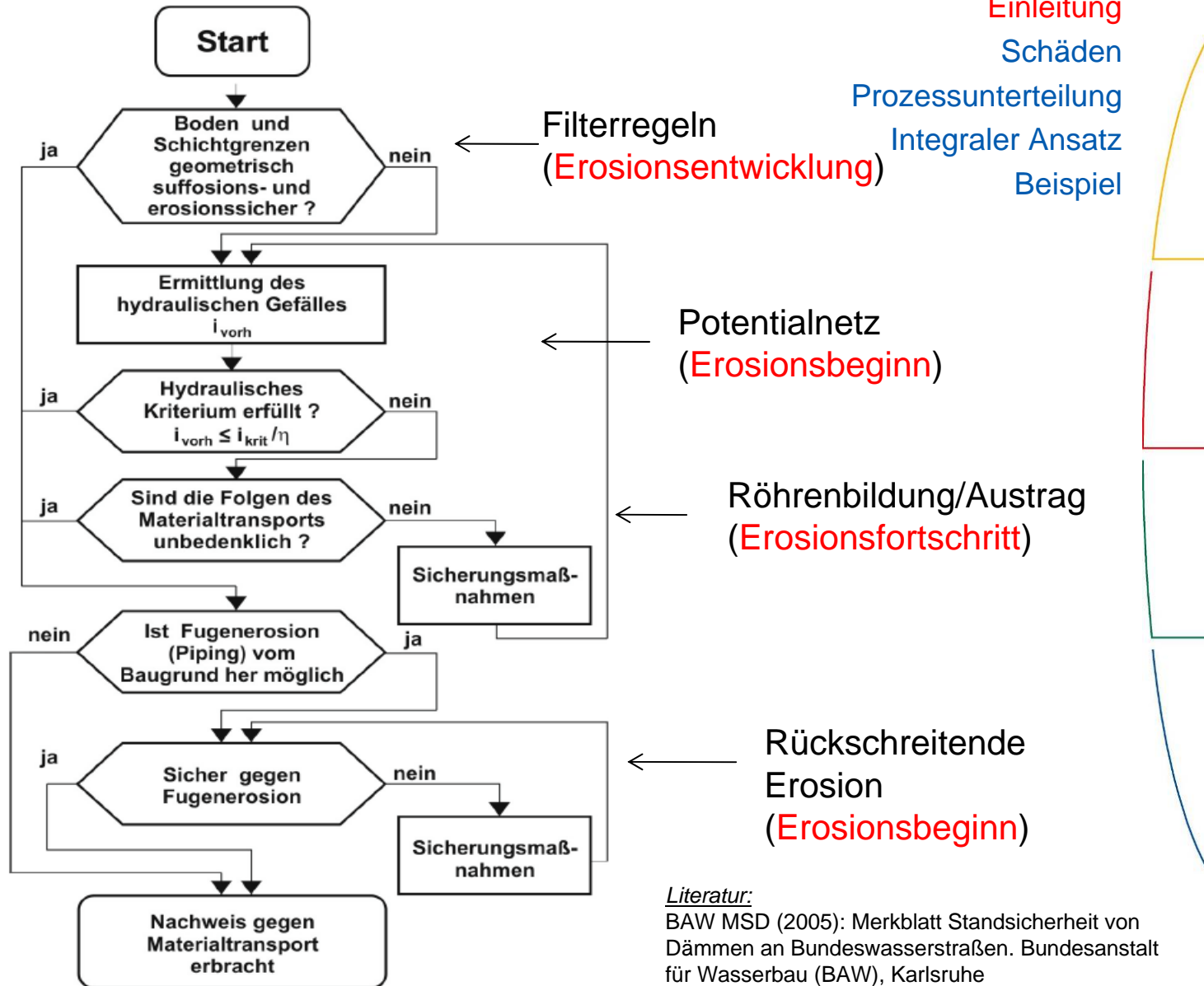
Ablaufschema aus
MSD BAW (2005)

Einleitung
Schäden
Prozessunterteilung
Integraler Ansatz
Beispiel

Im Dammkörper

Lokalisierung

Im Untergrund



Einleitung

Internationale Entwicklung

Vorgehen zur prozessorientierten Betrachtung von hydrodynamischen Bodendeformationsvorgängen in FOSTER & FELL (1999)

FELL & FRY (2007) bieten zur Beurteilung von Erosionsvorgängen drei Möglichkeiten an:

1. Ingenieurmäßige Einschätzung/Beurteilung
2. Quantitative Risikobestimmung
3. Qualitative Risikobewertung

Integraler (und praktischer) Ansatz

Quantitative Risikobetrachtung meist sehr aufwendig und nur derzeit bedingt praxistauglich (Huber, 2008)

Literatur:

FOSTER, M.; FELL, R. (1999): A framework for estimating the probability of embankment dams by piping using the event tree method. UNICIV Report No. R-377. School of Civil and Environmental Engineering, The University of New South Wales.

FELL, R.; FRY, J. J. (2007): The state of the art of assessing the likelihood of internal erosion of embankment dams, water retaining structures and their foundations. In: Internal Erosion of Dams and Their Foundations, Publishers: Robin Fell & Jean-Jacques Fry, Balkema – Taylor & Francis Group, London, UK, S. 1-23

HUBER, N. P. (2008): Probabilistische Modellierung von Versagensprozessen bei Staudämmen. Dissertation, RWTH Aachen, Lehrstuhl und Institut für Wasserbau

Einleitung

Schäden

Prozessunterteilung

Integraler Ansatz

Beispiel

Schäden und Beispiele

3. Symposium: Sicherung von Dämmen, Deichen und Stauanlagen
12.-13.03.2009, Universität Siegen

Einleitung
Schäden
Prozessunterteilung
Integraler Ansatz
Beispiel

Teton Dam

USBR, Teton River
Idaho, USA

Construction: 1972-75
Failure: 1976

Piping failure:
Piping through fractured
abutments, compaction,
hydraulic fracturing, design

Source:
Roger (2005)



Schäden und Beispiele

Einleitung

Schäden

Prozessunterteilung

Integraler Ansatz

Beispiel

Danube Levee

Bavarian Water Authorities

Failure: 2002

Piping failure:
Piping, Sliding failure

Source:
Haselsteiner & Strobl (2005)



Schäden und Beispiele

Deichbruch an der Ammer während Hochwasser 1999
(Quelle: WWA Weilheim)

Deichbruch bei h
(Quelle: TUM)



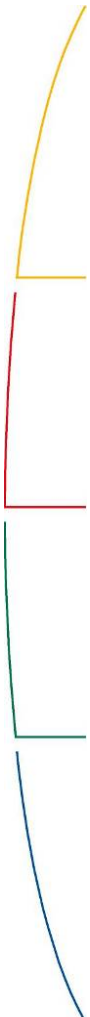
Einleitung

Schäden

Prozessunterteilung

Integraler Ansatz

Beispiel



Prozessunterteilung

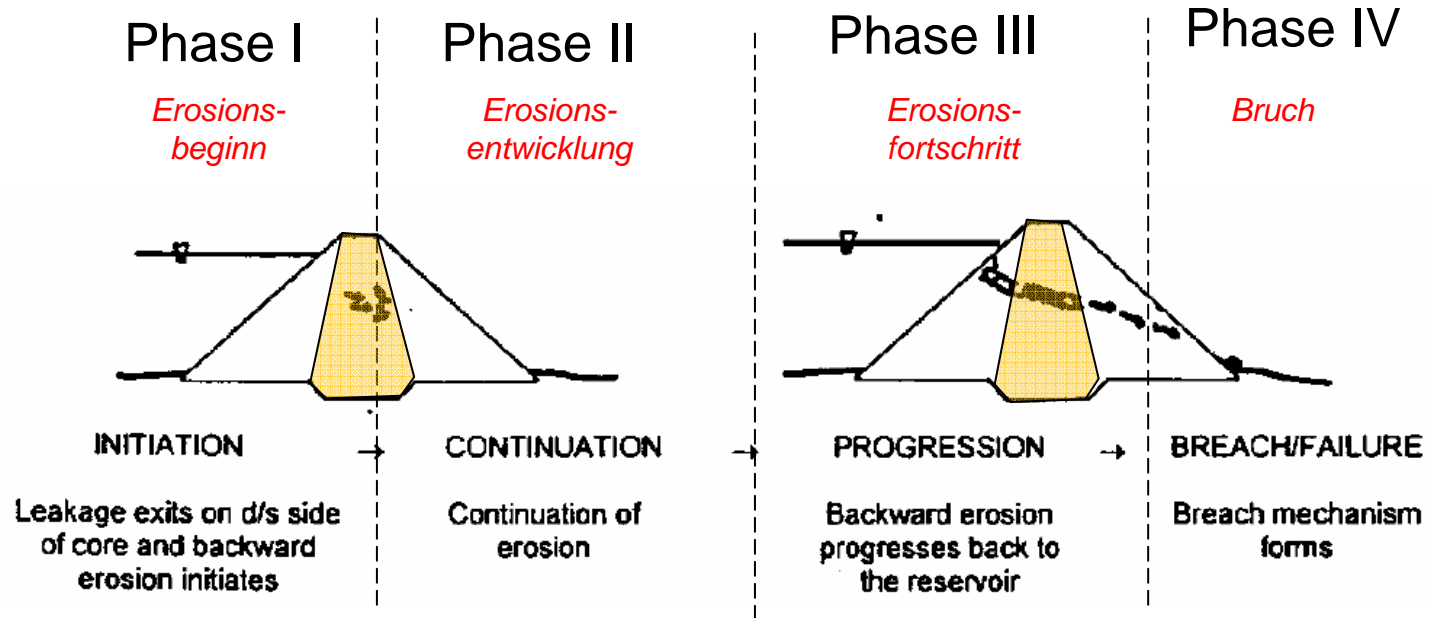
Prozesseinteilung nach FELL ET AL. (2005), FOSTER & FELL (1999)

Einleitung
Schäden

Prozessunterteilung

Integraler Ansatz

Beispiel



Literatur:

FELL, R.; FOSTER, M.; WAN, C.-F. (2005): A framework for assessing the likelihood of internal erosion and piping of embankment dams and their foundations. Contribution to the Workshop of internal erosion and piping of dams and foundations. Aussoise, France, April 05)

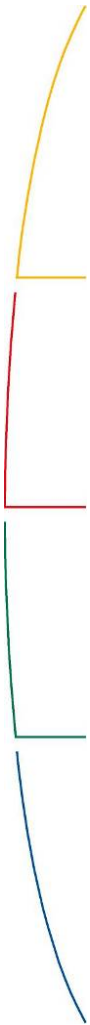
FOSTER, M.; FELL, R. (1999): A framework for estimating the probability of embankment dams by piping using the event tree method. UNICIV Report No. R-377. School of Civil and Environmental Engineering, The University of New South Wales.

Prozessunterteilung

Phasen- & Prozesseinteilung nach FOSTER & FELL (1999) (aus Perzlmaier & Haselsteiner, 2006)

FRAGEN	PHASEN	KRITERIEN
<i>Können Bodenpartikel in Bewegung geraten?</i>	Erosionsbeginn durch: •rückschreitende Erosion (Oberfläche / Schichtgrenze) •lokale Leckage (im Dichtungselement / an Bauwerken) •Suffosion (Eigenstabilität der Böden)	Überwachung Suffosionskriterien
<i>Kommt der Transport von Bodenpartikeln zum Erliegen oder schreitet er fort?</i>	Erosionsentwicklung: •keine Erosion •etwas Erosion •ausgeprägte Erosion •fortschreitende Erosion •keine Filter	Filterwirksamkeit: geometrische Kriterien hydraulische Kriterien
<i>Welche Folgen hat ein progressiver Austrag von Bodenpartikeln?</i>	Erosionsfortschritt: •Erosionsröhrenstabilität •Erosionsröhrenvergrößerung •Setzungen / Setzungstrichter •Durchströmungsbehinderung (Stützkörper)	Standfestigkeit (Feinteilanteil / Bauwerke) Erodierbarkeit / Erosionsrate Gegenmaßnahmen Überwachung
<i>Welche Mechanismen führen wie schnell zum Versagen?</i>	Versagen: •Vergrößerung der Erosionsröhre •Kronensetzung mit Überströmung •Böschungsbruch mit Überströmung	Dauer Abflussdrosselung Notmaßnahmen

Einleitung
Schäden
Prozessunterteilung
Integraler Ansatz
Beispiel



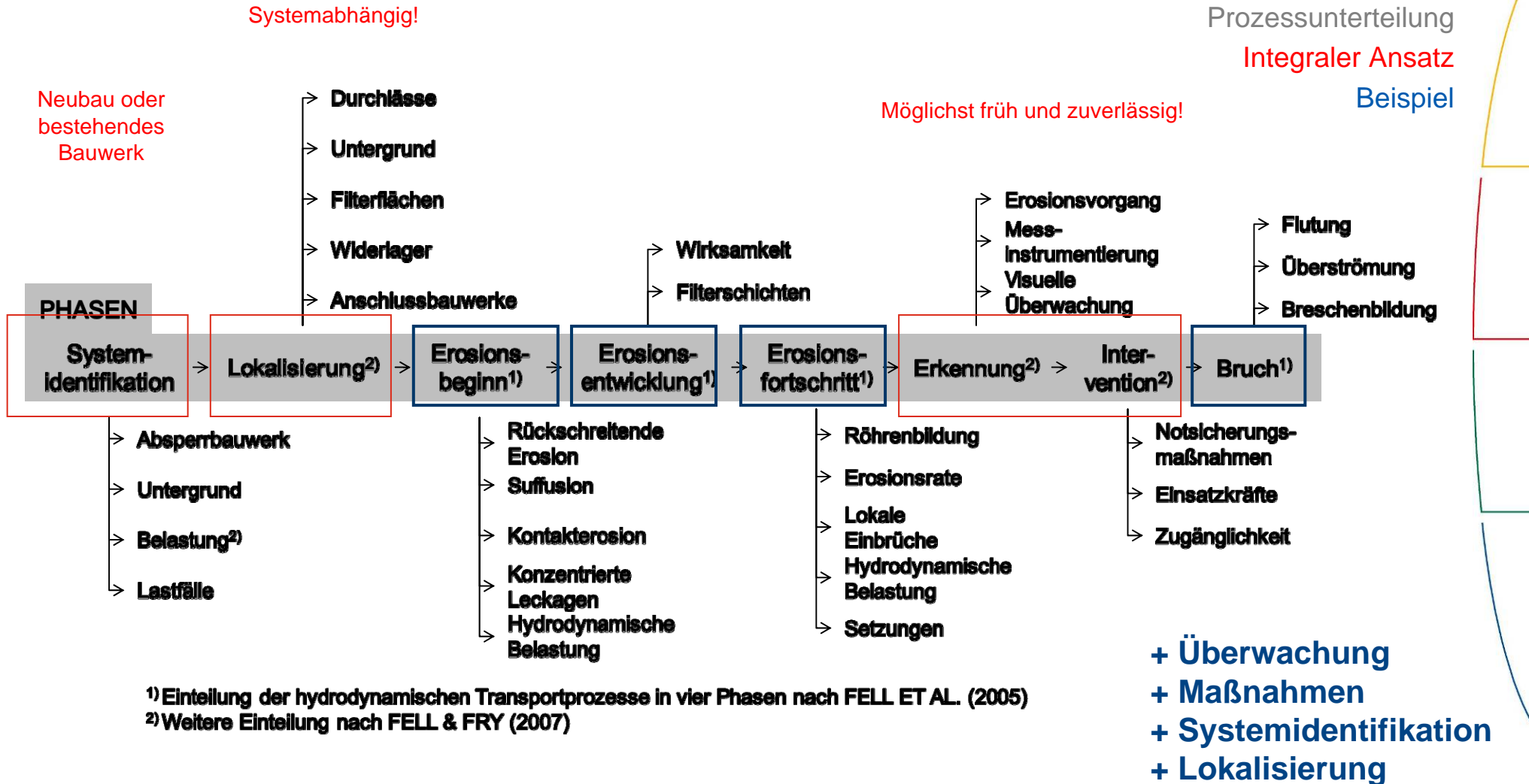
Literatur:

PERZLMAIER, S.; HASELSTEINER. (2006): Der Systemansatz zur Beurteilung der Gefahr der hydrodynamischen Bodendeformation. Tagungsband zur Fachtagung "Deichertüchtigung und Deichverteidigung in Bayern", Berichte des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität München, Band Nr. 107, S. 57 - 74, 13./14. Juli, Wallgau.

FOSTER, M.; FELL, R. (1999): A framework for estimating the probability of embankment dams by piping using the event tree method. UNICIV Report No. R-377. School of Civil and Environmental Engineering, The University of New South Wales.

Integraler Ansatz

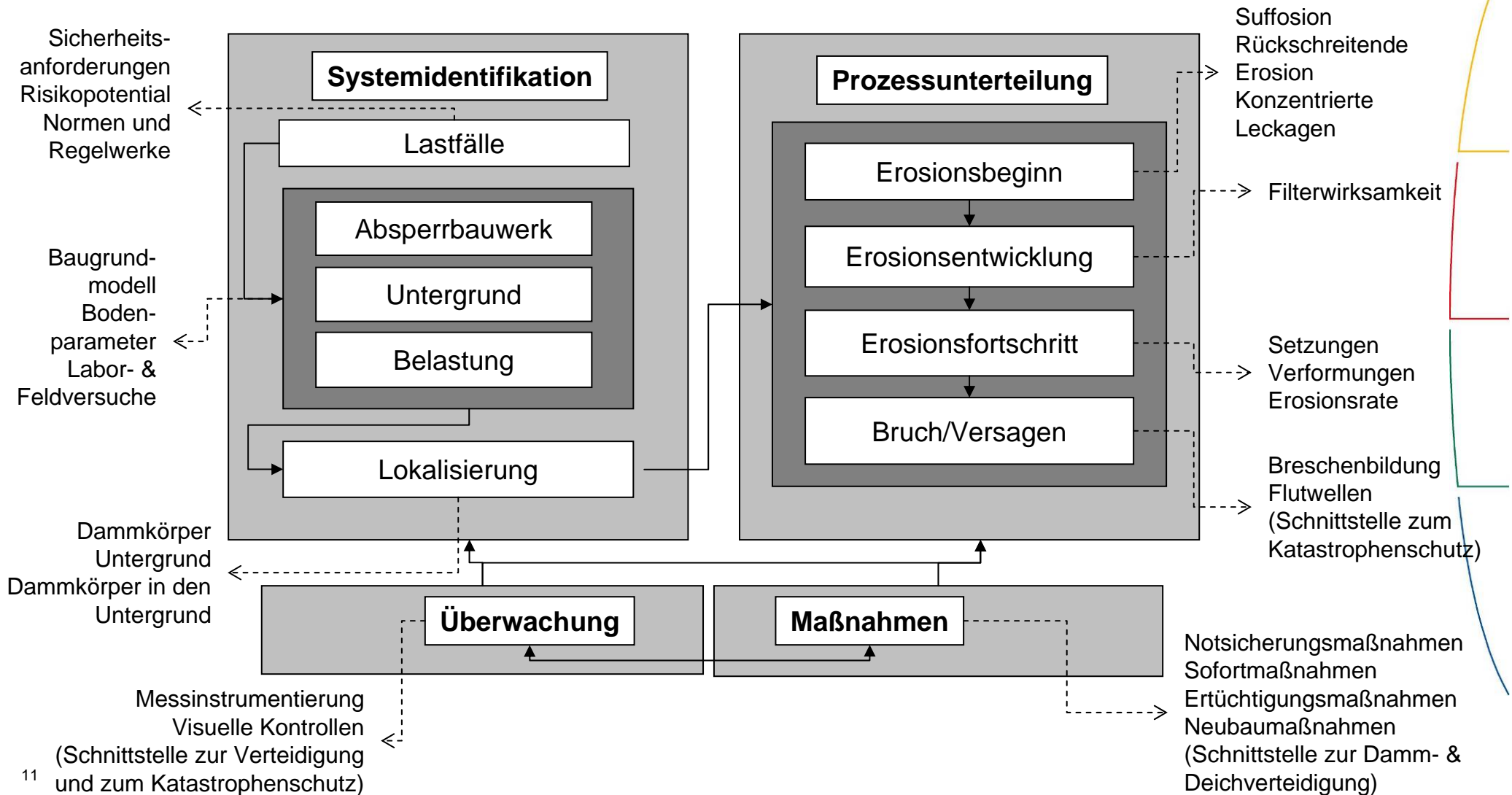
Weiterentwicklung der Phasen- & Prozesseinteilung



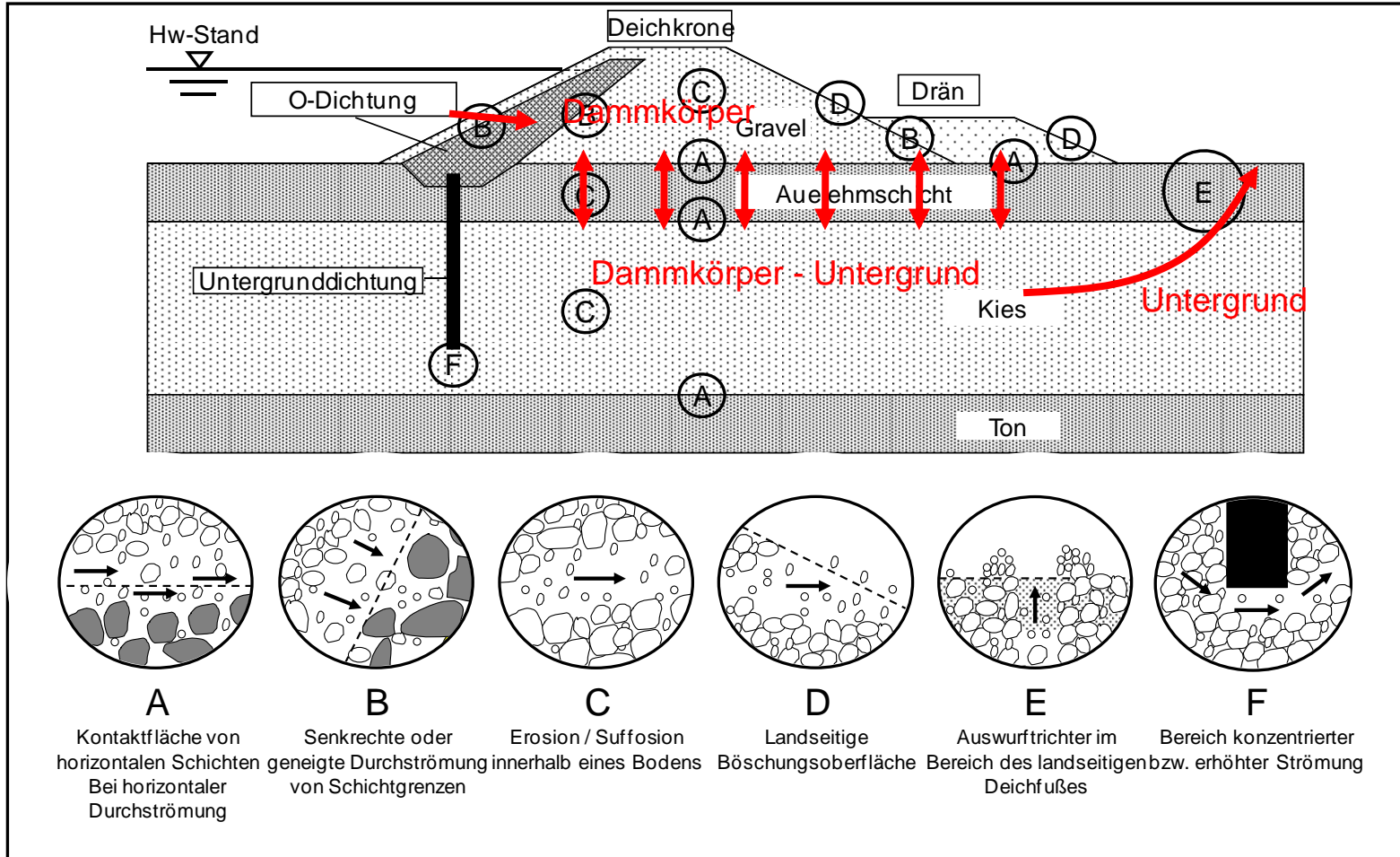
Integraler Ansatz

Integraler und praktischer Ansatz

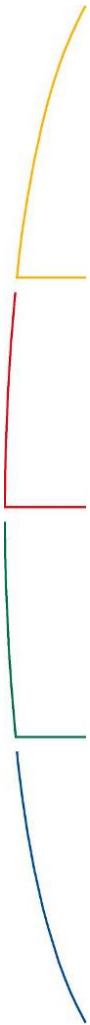
Nachweise & Kriterien



Integraler Ansatz



Einleitung
Schäden
Prozessunterteilung
Integraler Ansatz
Beispiel



Beispiel

Versagensbaum für ein Deichsystem

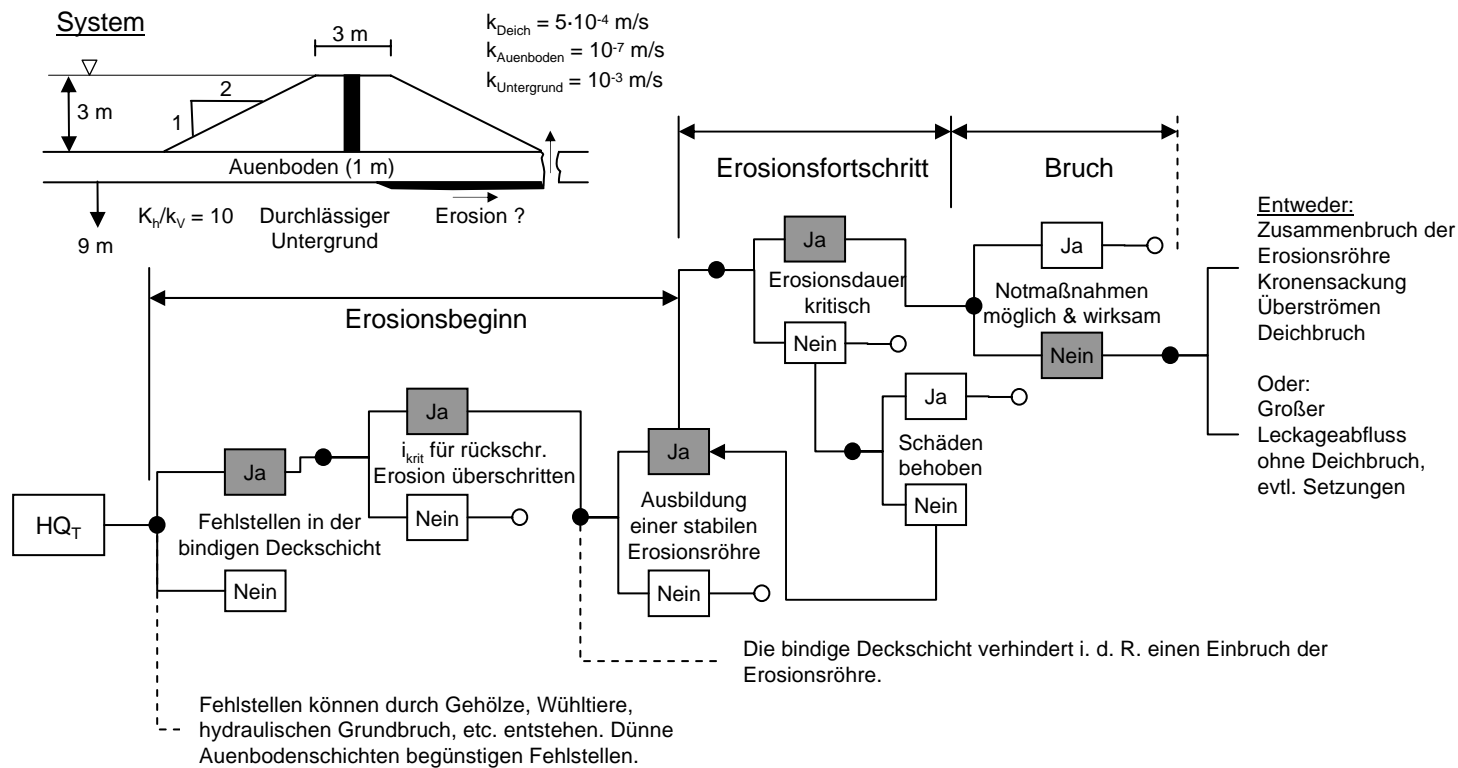
Einleitung

Schäden

Prozessunterteilung

Integraler Ansatz

Beispiel

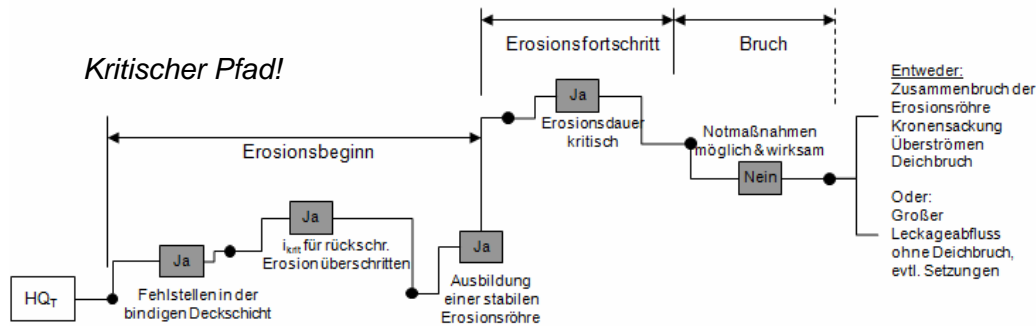


Beispiel

Versagenswahrscheinlichkeit für betrachtetes Deichsystem

Einleitung
Schäden
Prozessunterteilung
Integraler Ansatz

Beispiel



Unscharfe Wahrscheinlichkeiten!

Bezeichnung	Wahrscheinlichkeit
Sicher	$\leq p = 10^0 = 1,0$ ($q = 1 - 10^0$)
Wahrscheinlich	$\leq p = 10^{-1} = 0,1$
Möglich	$\leq p = 10^{-2} = 0,01$
Nicht auszuschließen	$\leq p = 10^{-3} = 0,001$
Unwahrscheinlich	$\leq p = 10^{-4} = 0,0001$
Auszuschließen	$\leq p = 10^{-5} = 0,00001$

System		Ja	Nein	
	Bezeichnung	p	1- p	Anmerkung*
HQ _T	-	5.0E-03	1.0E+00	Annahme eines HQ ₂₀₀ (Kronenstau)
Fehlstellen in der bindigen Deckschicht	Wahrscheinlich	1.0E-01	9.0E-01	Auenböden variieren in ihrer Dicke, Auftriebsicherheit nicht gegeben
i _{krit} für rück. Erosion überschritten	Wahrscheinlich	1.0E-01	9.0E-01	i _{lok,max} = 0,41 (Abb. 9 b): Suffosion nach KENNEY U. LAU (1989) und BURENKOVA (1993) unwahrscheinlich, i _{krit} = 0,40 (nach PERZLMAIER u. HASELSTEINER 2006, Abb. 3)
Ausbildung einer stabilen Erosionsröhre	Sicher	1.0E+00	0.0E+00	Tragwirkung der bindigen Deckschicht
Erosionsdauer kritisch	Unwahrscheinlich	1.0E-04	1.0E+00	i _{vorh,mittel} = 0,2: nach CHUGAEV (1960) ok / nach BLIGH (1912) nicht ok / nach SCHMERTMANN (2000) ok
Notmaßnahmen möglich & wirksam	Auszuschließen	0.0E+00	1.0E+00	kein Deichverteidigungsweg vorhanden

Wahrscheinlichkeit für Beginn des Deichbruchs 5.0E-09

(bei eingetretenem Hochwasser) 1.0E-06

Ende

3. Symposium: Sicherung von Dämmen, Deichen und Stauanlagen
12.-13.03.2009, Universität Siegen

Vielen Dank für
Ihre Aufmerksamkeit!

