

Numerische hydrologische und hydraulische Simulation der Auswirkungen einer möglichen Flutwelle im Rahmen einer Risikoanalyse und Risikomanagements am Mäßtobel

Gerald Jäger, Markus Moser

Das Mäßtobel, mit einem Einzugsgebiet von 0,42 km², stellt aufgrund einer Felsgleitung im Oberlauf ein großes Gefahrenpotential dar. Im Jahre 1999 hat sich diese Felsgleitung laut einer geologischen Untersuchung beschleunigt und dadurch besteht die Gefahr einer Verklausung des Vorfluters durch herabfallende Fels- bzw. Murmassen von ca. 800.000 m³. Die weitere Folge ist laut Experten ein Dammdurchbruch mit anschließender Hochwasserwelle, welche direkt auf die Ortschaft St. Gallenkirch trifft. Aufgrund dieses Szenarios wurde ein Projekt ausgearbeitet, welches aufbauend auf den neuen Erkenntnissen und Messungen im Einzugsgebiet des Mäßtobels, das Gefahrenpotential und die Auswirkungen dieser Flutwelle für den Siedlungsraum von St. Gallenkirch beurteilt und Maßnahmen im Rahmen eines Risikomanagements beinhaltet.

Als Projektgrundlagen wurden dem Stand der Technik entsprechend Laser-Scan Daten zur Erstellung eines Geländemodells herangezogen. Ebenfalls als Grundlage diente eine geologische Detailuntersuchung durch das Büro Geognos Bertle, wonach mit einer Entlastung der labilen Hangbereiche zu rechnen ist. Aufgrund dieser geänderten Ausgangssituation wurde von Experten für das Bemessungsereignis eine Kubatur von ca. 150.000 m³ Fels- und Murmassen im unmittelbaren Einstoßbereich in den Vorfluter Suggadinbach festgelegt. Die hydrologische Berechnung erfolgte mit dem Modell HEC-HMS. Die Plausibilitätsprüfung und Kalibrierung des Modells konnte mithilfe der dokumentierten Anschlaglinien und Niederschlagsmengen des Ereignisses vom August 2005 durchgeführt werden.

Der Einfluss des Dammbrechens auf die Überflutung des Siedlungsgebietes erfolgte durch die hydraulische Berechnung und Analyse verschiedener Szenarien. Zur Genauigkeitssteigerung und Plausibilitätsprüfung wurde der Simulationsabschnitt nach hydraulischen und topographischen Gesichtspunkten in 3 Abschnitte gegliedert. Im Abschnitt 1 wird ein Murgang im Mäßtobel mit Einstoß in den Vorfluter und möglicher maximaler Aufstauhöhe simuliert. Diese Simulation erfolgte

mit dem Softwarepaket FLO-2D. Eine Grundlage dafür ist eine rheologische Untersuchung des Murmaterials. Abschnitt 2 beschäftigt sich mit dem Dambruchszenario, welches mögliche Varianten eines Dambruchs mit anschließender Flutwelle beinhaltet. Im dritten Abschnitt befindet sich die Schluchtstrecke und der Schwemmkegel bzw. das Siedlungsgebiet von St. Gallenkirch. In diesem Abschnitt wird das „Worst Case Szenario“ einer Flutwelle simuliert und die potentiell gefährdeten Bereiche am Schwemmkegel ermittelt. Aufbauend auf diesen Ergebnissen und Erkenntnissen konnte ein Maßnahmenkatalog im Rahmen des Risikomanagements ausgearbeitet werden.

The Mäßtobel, having a catchment area of 0.42 square kilometres, bears high risks due to a rockslide in the upper reach. According to geological findings, this rockslide gained momentum in the year 1999; this means there is the danger of debris jam in the receiving stream caused by tumbling rock and debris flows of approximately 800,000 cubic metres. According to experts, dam failure and a consecutive flood wave would follow. The flood wave would then directly hit the town of St. Gallenkirch. Due to this scenario, a project was designed which assesses the hazard potential and the effects of this flood wave on the residential area of St. Gallenkirch on the basis of the newest findings and data gathered, and also contains measures as part of risk management.

Corresponding to the latest technical standard, laser scan data was used in the project to set up a digital terrain model. Another basis was a detailed geological scan by Geognos Bertle which says that the unstable slopes are likely to come down. Due to the altered situation, experts assumed a total of approximately 150,000 cubic metres of rock and debris in the immediate tributary into the receiving stream Suggadinbach as a recurrent design event. The hydrologic calculations were carried out with the aid of the HEC-HMS model. In August 2005, a plausibility test and calibration of the model was carried out with the aid of documented precipitation and maximum flood levels.

As to how much dam failure would flood residential areas, various scenarios were assumed in hydraulic calculations and analyses. So as to increase accuracy and test plausibility, the simulation section was split into three sub sectors according to topographic and hydraulic aspects. In sector 1, debris flow in the Mäßtobel is simulated, involving its flow into the receiving river and the possible maximum height of retained debris and water. This simulation was carried out with the software pack FLO-2D. Rheologic analysis of debris flow material formed a basis for this. Sector 2 deals with the scenario of dam failure, and it contains different variants of dam failure and the consecutive flood wave. In the third sector, there is the gorge section as well as the debris cone and the residential area of St. Gallenkirch. In this section, the worst case scenario is simulated. Moreover, the threatened areas on the debris cone are defined. On the basis of these findings and results, a bundle of measures could be worked out as part of risk management.

1 Einleitung

Steigender Siedlungsdruck im alpinen Lebensraum und ein erhöhter Sicherheitsanspruch der Öffentlichkeit verbunden mit der technologischen Entwicklung fordern vom Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinerverbauung (WLV) in Österreich eine ständige Weiterentwicklung und den Einsatz neuester Technologien und Instrumente für den präventiven Schutz der Menschen und des Lebens- und Kulturraumes. Umfassende Risikoanalysen und ein Risikomanagement bilden das Grundkonzept eines umfassenden Naturgefahrenmanagements. Im gegenständlichen Projekt wurde die Auswirkung einer möglichen Flutwelle im Rahmen einer Risikoanalyse und Risikomanagements am Mäßtobel mittels neuester Simulationstechniken untersucht.

2 Problemstellung

Das Mäßtobel, mit einem Einzugsgebiet von 0,42 km², stellt aufgrund einer Felsgleitung im Oberlauf ein großes Gefahrenpotential dar. Im Jahre 1999 hat sich diese Felsgleitung laut einer geologischen Untersuchung beschleunigt und dadurch besteht die Gefahr einer Verklausung des Vorfluters durch herabfallende Fels- bzw. Murmassen von ca. 800.000 m³. Die weitere Folge ist laut Experten ein Dammdurchbruch mit anschließender Hochwasserwelle im Suggadinbach, welche direkt auf die Ortschaft St. Gallenkirch trifft.

3 Zielsetzung

Die vorliegende Arbeit, die den Einsatz neuester Technologien und Simulationstechniken beinhaltet, soll die Auswirkung und den Einfluss eines Verklausungsbruchs (Dammdurchbruch) im Mäßtobel/Suggadinbach auf das Siedlungsgebiet von St. Gallenkirch quantifizieren. Die grundsätzliche Frage lautet, ob die Abflussspitze mit Verklausungsbruch ein erhöhtes Gefahrenpotenzial für die Siedlung am Schwemmkegel bedeutet, oder ob sich durch die 2,2 km lange Schluchtstrecke die Abflussspitze abflacht und somit das Gefahrenpotenzial gering gehalten werden kann?

4 Methode

Mit Hilfe einer detaillierten Ereignisdokumentation und Ereignisanalyse des Ereignisses vom 22. auf den 23. August 2005 werden die Grundlagen zur Rückrechnung des Ereignisses ermittelt. Die hydrologischen Berechnungen erfolgen mit dem hydrologischen Modell HEC-HMS. An ausgewählten Querprofilen werden die errechneten Abflüsse mit den dokumentierten und rückgerechneten Abflüssen zeitlich und in ihrer Größenordnung gegenübergestellt und somit die Ergebnisse des Niederschlag-Abfluss-Modells verifiziert. Diese Grundlagen dienen als Basis für die hydraulische Simulation des Ereignisses. Die Berechnungen konzentrieren sich auf den Gerinneabschnitt im Zusammenfluss Mäßtobel und Suggadinbach, indem laut Experten die Verklausung erwartet wird. Um die auftretenden Prozesse (Murgang, Dambruch, geschiebeführendes Hochwasser) möglichst realitätsnah nachzubilden, wird der Gerinneabschnitt in 3 Berechnungsabschnitte gegliedert, und eine Kombination von 1- und 2-D Modellen durchgeführt.

5 Ereignisanalyse

Die Grundlagen zur Rückrechnung des Ereignisses lieferte eine Ereignisdokumentation und Ereignisanalyse. Die Ereignisdokumentation enthielt die Bereitstellung von Niederschlagsdaten, die Kartierung von Anschlaglinien unmittelbar nach dem Ereignis vom 22. auf den 23. August 2005, die Darstellung der maßgeblichen Transportprozesse, die Erfassung der hydraulisch relevanten Parameter. Die Ereignisanalyse umfasste die Rekonstruktion des Gebietsniederschlags, die Bestimmung des Abflusses an ausgewählten Profilstandorten und die Ableitung eines Hydrographen an aus wildbachtechnischer Sicht erforderlichen Standpunkten. Die Quantifizierung der Größe der Verklausung durch einen massiven Mureinstoß vom Mäßtobel in den Suggadinbach erfolgte gutachtlich anhand der Abschätzung von Experten aus den Fachbereichen Geologie und Wildbach/Lawinenverbauung.

6 Hydraulische Simulation

Die Eingangshydrographen basieren auf den Ergebnissen, die im Zuge der hydrologischen Simulation (Programm HEC-HMS) ermittelt wurden. Der erste Abschnitt dient der Simulation des Murganges, der zweite Abschnitt der

Simulation des Verklausungsbruchs und der dritte Abschnitt der Simulation der Wellenverformung bis zum Schwemmkegel.

1. Abschnitt:

Simulation 1: Murgang des Mäbtobels in den Suggadinbach – Die Murmasse führt zu einem Aufstau des Suggadinbaches von ca. 15 m Höhe (FLO 2D).

Simulation 2: Murgang des Mäbtobels in den Suggadinbach, wobei der Ablagerungszeitpunkt mit der Hochwasserspitze zusammenfällt (FLO 2D).

2. Abschnitt:

Simulation 3: Dammbrechtszenario mit dem Softwarepaket HEC-RAS; die entstehende Bresche erhöht die Abflussspitze des Suggadinbaches von 180 m³/s auf 380 m³/s.

3. Abschnitt:

Simulation 4: Murgang durch den Mittellauf des Suggadinbaches (FLO 2D); Zu der Reinwasserabflussganglinie kommt noch der Geschiebeanteil dazu – Abflussspitze: 380 m³/s + Geschiebe ergibt eine Spitze von ~760 m³/s

Simulation 5: Murgang am Schwemmkegel ohne Verklausung

Simulation 6: Murgang am Schwemmkegel mit Verklausung

Die nachfolgende Abbildung 1 zeigt schematisch die prozessorientierte Gliederung in 3 Abschnitte. Jeder Simulationsabschnitt besitzt einen Eingangs- und Ausgangsknoten. Die für das jeweilige Szenario berechnete Abflussganglinie am Ausgangsknoten dient als Eingangsganglinie für den nächsten Abschnitt.

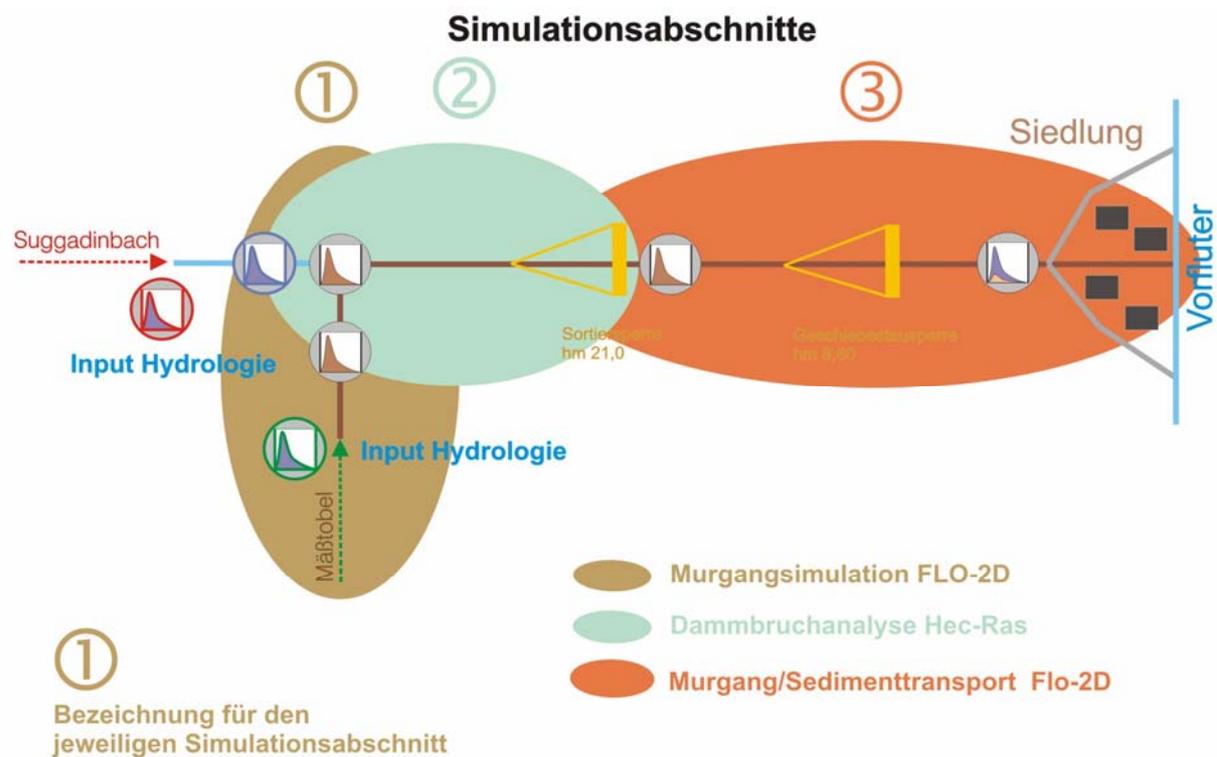


Abbildung 1: Schema Simulationsabschnitte

6.1 Simulation des Murgangs aus dem Mäßtobel im Abschnitt 1

Die Grundlage für die Berechnung des Murgangs mit dem Softwarepaket FLO-2D stammt aus der geologischen Studie Bertle, einer rheologischen Untersuchung des Murmaterials am Institut für Alpine Naturgefahren der BOKU Wien, der Aufbereitung der Laser-Scan Daten und einer Detailbegehung des Einzugsgebietes. Die laut Experten zu erwartenden Szenarien eines Aufstaus des Suggadinbaches durch das Mäßtobel (ohne Hochwasserführung des Suggadinbaches) und ein Murgang des Mäßtobels mit gleichzeitiger Hochwasserspitze des Suggadinbaches bilden die Ausgangslage für die Simulation 1 und 2.

Als Ergebnis liegen somit zwei Szenarien für einen Mureinstoß in den Vorfluter vor, die als Grundlage für den Damm- bzw. Verkläusungsbruch im Abschnitt 2 dienen.

6.2 Ermittlung des Hydrographen infolge Sperrenbruch im Abschnitt 2

Bisher gibt es nur wenige Beispiele von Verkläusungsbrüchen durch Wassereinstau. Erkenntnisse aus der Literatur werden als Anhaltswerte für die Abschätzung des Breschenabflusses und der Ausflusszeiten verwendet.

Die Größe und Einstauhöhe am Knoten Mäßtobel/Suggadinbach konnte auf Basis der Ergebnisse im Abschnitt 1 mit ca. 15 m über Bachsohle festgelegt werden. Als Abflussszenario wird ein Murgang mit ca. 350.000 m³ Sedimentanteil und laut Expertenschätzung eine Breschengröße mit einer Breite von 25 m und einer Höhe von 10 m festgelegt. Der Bruch erfolgt bei Abflussspitze des Suggadinbaches mit 180 m³/s. Die Bresche erreicht den Höchststand nach ca. 10 min und erhöht den Abfluss des Suggadinbaches von 180 m³/s auf 380 m³/s. Dabei handelt es sich um einen Reinwasserabfluss. Die Abflussspitze wird ca. nach 25 min nach Bruchbeginn erreicht.

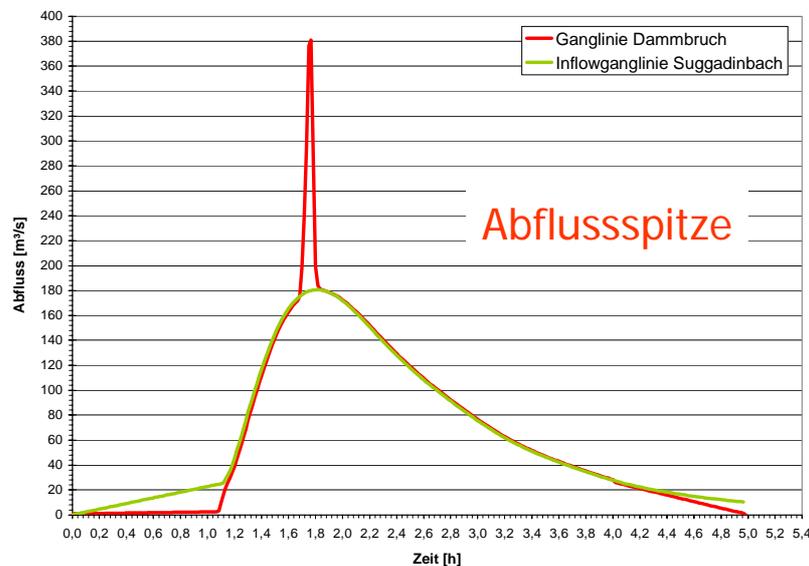


Abbildung 2: Abflussganglinie Dammdurchbruch und Ganglinie des Vorfluters Suggadinbach

6.3 Ergebnis Abschnitt 3

Für die weitere Berechnung der Flutwelle im Abschnitt 3 wurde der Reinwasserdammdurchbruchganglinie noch ein entsprechender Geschiebeanteil hinzugefügt, da das abgelagerte Geschiebe vom Mäßtobel in weiterer Folge durch die Wassermassen erodiert und in den Unterlauf bzw. am Schwemmkegel abtransportiert wird. Die Simulationsergebnisse sind ein Teil der Prozessanalyse, wodurch mögliche Gefahren am Schwemmkegel bzw. im Siedlungsgebiet identifiziert, lokalisiert und in ihrer räumlichen Ausbreitung abgegrenzt werden können.

7 Schlussfolgerungen

Die Gemeinde St. Gallenkirch hat einen Antrag an den Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung um Ausarbeitung einer Studie bzw. eines Projektes zur Erhöhung der Sicherheit im Siedlungsraum von St. Gallenkirch gestellt. Nach Einschätzung von Experten besteht die Gefahr einer Verklausung durch den Einstoß von Fels- und Murmassen aus dem Mäßtobel und somit ein möglicher Dammdurchbruch mit anschließender Flutwelle.

Aufgrund dieses Szenarios wurde ein Projekt ausgearbeitet, welches aufbauend auf den neuen Erkenntnissen und Messungen im Einzugsgebiet des Mäßtobels, das Gefahrenpotential und die Auswirkungen dieser Flutwelle für den Siedlungsraum beurteilt und Maßnahmen im Rahmen eines Risikomanagements beinhaltet. Dieses Risikomanagement beinhaltet eine Risikoanalyse mit einer Ereignisdokumentation und eine Gefahrenanalyse. Durch eine Gefahrenanalyse, die sich in Prozessanalyse und Wirkungsanalyse gliedert, können mögliche Gefahren identifiziert, lokalisiert und in ihrer räumlichen Ausbreitung abgegrenzt werden. Da die räumliche Ausbreitung bei großen und seltenen Ereignissen vor allem bei Murgängen nur schwer vorhersehbar ist, wird durch sinnvolle Szenarienbildung versucht, die Vorhersagesicherheit zu erhöhen. Das Ziel ist die Klassifizierung der Art, der Ausdehnung und des Grades der Gefährdung am Schwemmkegel.

Als Ergebnis dieser Studie wurde festgestellt, dass sich die Gefährdungsbereiche („Rote“ und „Gelbe Gefahrenzonen“) im Wesentlichen mit dem erstellten Gefahrenzonenplan aus dem Jahre 2003 decken. Als Maßnahmen im Rahmen des Risikomanagements Mäßtobel/Suggadinbach sieht das Projekt nun die Errichtung von weiteren 2 Wildbachsperrern mit Retentionsräumen vor, die die Abflussspitze bei einem eventuellen Dammbbruch abflachen und entschärfen sollen. Eine derartige Sperre wurde im Jahr 2002 bereits errichtet und hat sich beim Hochwasser im August 2005 bestens bewährt. Das Sicherungssystem beinhaltet ebenfalls ein Frühwarnsystem, wodurch eine Warnung der Bevölkerung im Siedlungsbereich erfolgt und die Personen im Rahmen des bestehenden Katastrophenplans evakuiert werden können. Das Projekt Mäßtobel/Suggadinbach kann als ein gelungenes Beispiel vom Zusammenwirken von temporären und permanenten Verbauungs-/ Schutzmaßnahmen angesehen werden.

8 Literatur

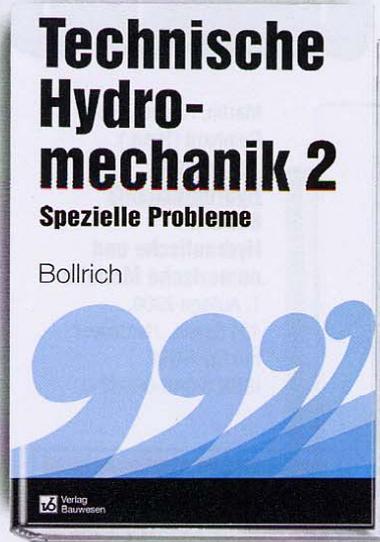
- BEFFA, C. (2001): Diagramme zur Bestimmung der flächigen Ausbreitung von Breschenabflüssen, In: wasser, energie, luft, Heft 3/4
- BEFFA, C. (2002): Integration ein- und zweidimensionaler Modelle zur hydrodynamischen Simulation von Gewässersystemen, Int. Symposium „Moderne Methoden und Konzepte im Wasserbau“; 7.–9. Oktober 2002, ETH Zürich
- GEOGNOS BERTLE (2004): Felsgleitung Mäbtobel – geologisch-geomorphologisch-hangtektonische Detailuntersuchung; Jahresbericht 2004
- FRANK, J. (1951): Betrachtungen über den Ausfluss beim Bruch von Stauwänden; In: Schweizerische Bauzeitung, 69 Jg., Juli 1951, Seite 401 – 406
- HAMPEL, R. (1960): Bruchversuch an einer Bogensperre der Wildbachverbauung; In: Österreichische Wasserwirtschaft, Heft 8/9, Jahrgang 12
- FORSTTECHNISCHER DIENST FÜR WILDBACH- UND LAWINENVERBAUUNG – GEBIETSBAULEITUNG BLUDENZ (WLV 2000): Suggadinbach, Verbauungsprojekt 2000, Technischer Bericht und diverse Unterlagen
- FORSTTECHNISCHER DIENST FÜR WILDBACH- UND LAWINENVERBAUUNG – GEBIETSBAULEITUNG BLUDENZ (WLV 2002): Mäbtobel, Bauprogramm für Einzelbaumaßnahmen 2003, Technischer Bericht und diverse Unterlagen
- RADLER, S.,(1989): Wasserwirtschaft und allgemeiner Wasserbau (I) für KT, WW u. WLW); Studienblätter zur Vorlesung, SS 1989, Kapitel 6 Hochwasserschutz
- STEINWENDTNER, H. (2002): Einsatzmöglichkeiten von Numerischen Modellen im Zuge der Maßnahmenplanung in geschiebeführenden und murfähigen Wildbächen; unveröffentlicht.

Autoren:

DI Gerald Jäger
Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Vorarlberg, Gebietsbauleitung Bregenz
Rheinstraße 32/5
A 6900 Bregenz
Tel.: ++43 – 5574 – 74995/414
Fax: ++43 – 5574 – 74995/5
E-Mail: gerald.jaeger@die-wildbach.at

DI Markus Moser
Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Salzburg, Gebietsbauleitung Tamsweg
Raiffeisenstraße 258
A 5580 Tamsweg
Tel.: ++43 – 6474 – 2256/16
Fax: ++43 – 6474 – 2256/17
E-Mail: markus.moser@die-wildbach.at

Weitere Titel des Standardwerks:



Die Technische Hydromechanik befaßt sich mit den Kraftwirkungen ruhender Flüssigkeiten, insbesondere aber mit Strömungsvorgängen in Bauwerken und Anlagen.

Im Band 1 werden zusammenfassend die Grundlagen des Fachgebietes dargestellt, insbesondere geeignet für Studium und Weiterbildung. Zusammen mit Band 3: Martin/Pohl/Elze, Technische Hydromechanik – Aufgabensammlung wird ein umfassendes Lehrbuch auf diesem Gebiet angeboten.

Gerhard Bolirich
**Technische Hydromechanik
Band 1: Grundlagen**

5. Auflage 2000, 456 Seiten, 310 Abbildungen,
Hardcover, ISBN 3-345-00744-4
€ 51,00

Gerhard Bolirich u.a.
**Technische Hydromechanik
Band 2: Spezielle Probleme**

1. Auflage 1989
680 Seiten, 323 Zeichnungen, 11 Fotos,
23 EDV-Programme, 58 Tafeln,
Hardcover/Schutzumschlag
ISBN 3-345-00245-0
(nur noch in Bibliotheken erhältlich)

Diese Aufgabensammlung wurde als Ergänzung und in Abstimmung zum Lehrbuch Bolirich, Technische Hydromechanik: Grundlagen konzipiert. Der Student kann so seine Fertigkeiten in der Berechnung der Aufgaben festigen, seinen erworbenen Wissensstand überprüfen und sich hervorragend auf Prüfungen vorbereiten.

Helmut Martin/Reinhard Pohl/Rainer Elze
**Technische Hydromechanik
Band 3: Aufgabensammlung**

2. Auflage 2000
152 Seiten, mit 78 Aufgaben und Lösungen,
Paperback
ISBN 3-345-00728-2
€ 15,30

huss **HUSS-MEDIEN GmbH**
Verlag Bauwesen
10400 Berlin

Direkt-Bestell-Service: Tag & Nacht
☎ 030/4 2151-325 · Fax 030/4 2151-468
e-mail: versandbuchhandlung@hussberlin.de

Internet:
www.bau-fachbuch.de

Gleich anfordern!

Vertrauensgarantie: Mir ist bekannt, dass ich diese Bestellung innerhalb von zwei Wochen ohne Begründung bei der HUSS-MEDIEN GmbH, 10400 Berlin, schriftlich widerrufen kann. Zur Wahrung der Frist genügt die rechtzeitige Absendung.

Tel: 0 30/4 21 51-325 – Fax: 0 30/4 21 51-468
Bestellungen per e-mail: versandbuchhandlung@hussberlin.de

Firma/Name, Vorname		
Branche		
z.Hd.		Position
Telefon	Telefax	
Straße/Nr.		Postfach
Land	PLZ	Ort

Antwort
HUSS-MEDIEN GmbH
Versandbuchhandlung
10400 Berlin

TH4 0103

BESTELLSCHEIN

Ich bestelle zur Lieferung gegen Rechnung zzgl. Versandkosten zu den mir bekannten Geschäftsbedingungen bei der **HUSS-MEDIEN GmbH, Versandbuchhandlung, 10400 Berlin**

Exempl.	Bestell-Nr./ISBN	Autor/Titel	€/Stück
	3-345-00682-0	Martin/Pohl, Technische Hydromechanik, Band 4	65,50
	3-345-00744-4	Bolirich, Technische Hydromechanik, Band 1	51,00
	3-345-00782-2	Martin/Pohl/Elze, Technische Hydromechanik, Band 3	15,30

Datum _____ X
Unterschrift _____

Vertrauensgarantie: Mir ist bekannt, dass ich diese Bestellung innerhalb von zwei Wochen ohne Begründung bei der HUSS-MEDIEN GmbH, 10400 Berlin, schriftlich widerrufen kann. Zur Wahrung der Frist genügt die rechtzeitige Absendung.

Datum _____ X
Unterschrift _____