

**INSTITUT WAR — Bibliothek —**  
Wasserversorgung, Abwassertechnik  
Abfalltechnik und Raumplanung  
Technische Universität Darmstadt  
Petersonstraße 13, 64287 Darmstadt  
TEL. 0 61 51/16 36 59 + 16 27 48  
FAX 0 61 51/16 37 58

**W. A. R. — Bibliothek**  
Inv.-Nr. D 20193

10 1FW 88

**Universität der Bundeswehr München**

**Institut für Wasserwesen**

**Mitteilungen**

**Heft 88 / 2003**

**Ansätze zur Bemessung rauer Rampen  
in aufgelöster Bauweise**

Dr.-Ing. Susanne Vogel

Kommissionsverlag Oldenbourg Industrieverlag GmbH  
München 2003

Bibliothek Wasser und Umwelt  
(TU Darmstadt)



61597522

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	III
Abbildungsverzeichnis.....	VI
Tabellenverzeichnis .....	XII
Symbolverzeichnis.....	XIII
1 Einleitung .....	1
2 Rampen und Rampenarten.....	2
2.1 Ökologische Anforderungen.....	2
2.2 Setzsteinrampen .....	6
2.3 Schüttsteinrampen .....	9
2.4 Rampen in aufgelöster Bauweise.....	10
2.4.1 Morphologie von Gebirgsflüssen.....	11
2.4.2 Riegelrampen.....	12
2.4.3 Rampen in Gitterstruktur .....	14
3 Kenntnisstand .....	16
3.1 Stabilität des Rampengefüges.....	16
3.1.1 Versagensmechanismen.....	16
3.1.2 Existierende Bemessungsansätze.....	19
3.1.3 Vergleich der Bemessungsansätze .....	28
3.2 Hydraulische Wirksamkeit .....	29
3.2.1 Definition der hydraulischen Wirksamkeit .....	29
3.2.2 Abflussverhältnisse auf rauen Rampen.....	33
3.2.3 Strömungsvorgänge an Rauheitselementen .....	37
3.3 Belastung des Einzelsteins.....	39
4 Modellversuche.....	46
4.1 Zielsetzung und Versuchsprogramm .....	46
4.2 Versuchseinrichtungen .....	47
4.2.1 Modellaufbau bestehende Rampe.....	47
4.2.2 Modellaufbau Grundsatzuntersuchungen.....	50
4.2.3 Modellparameter bestehende Rampe.....	52
4.2.3.1 Maßstab .....	52
4.2.3.2 Koordinatensystem .....	52
4.2.3.3 Abmessungen der Rampe .....	52
4.2.3.4 Rauheit.....	53
4.2.3.5 Rampensteine.....	53
4.2.4 Modellparameter Grundsatzuntersuchungen.....	54
4.2.4.1 Maßstab .....	54
4.2.4.2 Koordinatensystem .....	54

4.2.4.3	Abmessungen der Rampen .....	54
4.2.4.4	Rauheit .....	55
4.2.4.5	Riegelanzahl .....	55
4.2.4.6	Rampensteine .....	55
4.2.5	Messeinrichtungen bestehende Rampe .....	55
4.2.5.1	Abflussmessung.....	56
4.2.5.2	Vermessung der Lage der Rampensteine.....	58
4.2.5.3	Geschwindigkeitsmessung und Bahnlinien über der Rampe.....	60
4.2.5.4	Messung des Wasserstandes über der Rampe .....	61
4.2.5.5	Messung der Kräfte auf einen Einzelstein .....	61
4.2.6	Messeinrichtungen Grundsatzuntersuchungen .....	63
4.2.6.1	Abflussmessung.....	63
4.2.6.2	Messung der Wasserspiegelhöhe .....	63
4.2.6.3	Vermessung der Lage der Rampensteine.....	64
4.2.6.4	Geschwindigkeitsmessung und Bahnlinien.....	66
4.2.6.5	Vermessung der Sohlenhöhe und des Wasserspiegels über der Rampe .....	67
4.2.6.6	Messung der Kräfte auf einen Einzelstein .....	67
4.3	Naturmessungen.....	68
4.3.1	Bestimmung der Abfluss-Wasserstands-Beziehung .....	68
4.3.2	Abflussdaten der Leitzach-Rampe Mühlkreit .....	69
4.3.3	Bestimmung des HQ100 .....	70
4.3.4	Bahnlinien über der Rampe .....	71
4.3.5	Fließgeschwindigkeit auf der Rampe .....	71
4.3.6	Vermessung bestehender Riegel-Rampen .....	72
4.4	Messungen am Modell Leitzach-Rampe .....	74
4.4.1	Abfluss .....	74
4.4.2	Ober- und Unterwasser der Rampe.....	75
4.4.3	Wasserspiegel über der Rampe.....	76
4.4.4	Lage der Rampensteine .....	76
4.4.5	Bahnlinien über der Rampe .....	77
4.4.6	Geschiebedurchgängigkeit .....	77
4.4.7	Kräfte auf einen Einzelstein .....	78
4.5	Messungen am Modell zur Grundsatzuntersuchung .....	82
4.5.1	Abfluss .....	82
4.5.2	Ober- und Unterwasser der Rampe.....	83
4.5.3	Wasserspiegel über der Rampe.....	83
4.5.4	Sohlenverlauf im Längsschnitt .....	85
4.5.5	Sohlenhöhe über der Rampe.....	85
4.5.6	Fehlerkompensation der Wasserspiegel- und Sohlenhöhe über den Knickstellen der Rinne .....	86
4.5.7	Kräfte auf einen Einzelstein .....	86
4.5.8	Lage der Rampensteine .....	87
4.5.9	Bahnlinien über der Rampe .....	87
4.5.10	Geschwindigkeiten über der Rampe.....	88

4.5.11	Fließverhältnisse über der Rampe.....	90
4.5.12	Rauheit der Rampe als Gesamtbauwerk .....	91
5	Ergebnisse und Diskussion .....	94
5.1	Übertragbarkeit und Reproduzierbarkeit der Modellversuche .....	94
5.2	Stabilität .....	96
5.2.1	Stabilitätsgrenze .....	96
5.2.2	Schadensablauf.....	102
5.2.3	Versagensmechanismen.....	106
5.3	Hydraulische Wirksamkeit .....	108
5.3.1	Fließverhältnisse vor und hinter der Rampe .....	109
5.3.2	Fließverhältnisse über der Rampe.....	111
5.4	Rauheiten und Ermittlung der Fließtiefe über der Rampe.....	112
5.5	Sohlenbeanspruchung vor und hinter der Rampe .....	121
5.5.1	Sohlenbeanspruchung im Oberwasser .....	121
5.5.2	Sohlenbeanspruchung im Unterwasser .....	121
5.6	Belastung des Einzelsteins.....	126
5.7	Riegelformen und Kolkbildung .....	130
5.8	Durchgängigkeit für Organismen .....	133
5.9	Geschiebedurchgängigkeit.....	134
5.10	Verklausungsgefahr.....	135
6	Bemessungskonzept.....	137
6.1	Ausgangsdaten .....	137
6.2	Vordimensionierung .....	138
6.2.1	Rampenhöhe.....	138
6.2.2	Rampengefälle.....	138
6.2.3	Riegelabmessungen .....	138
6.2.4	Belegungszahl .....	140
6.2.5	Riegelform.....	140
6.3	Bemessung der Steindurchmesser .....	140
6.4	Hydraulische Berechnungen.....	141
6.5	Rampenunterbau.....	142
6.6	Bemessung des Nachbettes.....	142
6.7	Konstruktive Hinweise .....	143
7	Zusammenfassung .....	147
	Literaturverzeichnis .....	151
	Anlagen.....	159