
Beate Adam • Boris Lehmann

Ethohydraulik

Grundlagen, Methoden
und Erkenntnisse

Inhalt

1	Einleitung	1
1.1	Die Transdisziplin Ethohydraulik	3
1.2	Zum Aufbau des Buches	4
	Literatur	5
2	Fische im Wasserbau	7
	Literatur	12
3	Der Weg zur Ethohydraulik	13
3.1	Begriffsdefinition	13
3.2	Anwendungsbereiche der Ethohydraulik	15
3.3	Chronologie der Verhaltensbeobachtung von Fischen im Labor	17
3.4	Die Tücken der Ethohydraulik	21
	Literatur	25
4	Die drei Phasen der Ethohydraulik	29
4.1	Präprozess mit Voranalyse	30
4.2	Ethohydraulische Tests	31
4.3	Transferprozess	32
5	Grundlagen der Ethohydraulik	33
5.1	Rechtliche Voraussetzungen	33
5.1.1	Genehmigung eines Tierversuches	33
5.1.2	Genehmigung zur Hälterung von Wirbeltieren zu Versuchszwecken	34
5.1.3	Umgang mit Fischen	35
5.2	Wasserbauliches Versuchswesen	35
5.2.1	Historie	36
5.2.2	Ähnlichkeitsmechanik	39
5.2.3	Herstellung der situativen Ähnlichkeit	42
5.2.4	Maßstäblichkeiten und Skalierungseffekte	52
5.2.5	Grenzen der Parameterübertragbarkeit	54
5.2.5.1	Turbulenz	54
5.2.5.2	Fließwechsel	55
5.2.5.3	Rauheit	56
5.2.5.4	Luft eintrag	57

5.3	Verhaltensbiologie mit Fischen	57
5.3.1	Historie	57
5.3.2	Wahrnehmung als Voraussetzung für Verhalten	60
5.3.2.1	Optischer Sinn	63
5.3.2.2	Geruchssinn	65
5.3.2.3	Geschmackssinn	67
5.3.2.4	Lage- und Drehsinn	68
5.3.2.5	Akustischer Sinn	69
5.3.2.6	Strömungssinn	70
5.3.2.7	Wahrnehmung von Druck und Temperatur	73
5.3.3	Verarbeitung von Reizen	73
5.4	Ethohydraulisch relevante Verhaltensweisen	75
5.4.1	Normalverhalten im Gegensatz zu Verhalten unter Stress	75
5.4.2	Positive Rheotaxis	76
5.4.3	Schwimmen gegen die Strömung und Leistungsfähigkeit	79
5.4.4	Schwimmen mit der Strömung	84
5.4.5	Schwimmen in Wellen, Turbulenzen und Wirbeln	85
5.4.6	Verhalten in Rückströmungen	88
5.4.7	Schwimmposition in der Wassersäule	89
5.4.8	Verharren	90
5.4.9	Deckungsbedürfnis	90
5.4.10	Suchen, meiden und fliehen	91
5.4.11	Schwarmverhalten	92
5.4.12	Lernverhalten	93
5.4.13	Motivation	94
5.5	Die ethohydraulische Signatur	95
5.5.1	Vorgehen bei der Ermittlung der ethohydraulischen Signatur	96
5.5.2	Parameter der ethohydraulischen Signatur	96
5.5.2.1	Geometrische Parameter	97
5.5.2.2	Kinematische Parameter	98
5.5.2.3	Dynamische Parameter	99
	Literatur	102
6	Vorbereitung ethohydraulischer Untersuchungen	107
6.1	Probanden	107
6.1.1	Beschaffung	107
6.1.2	Umgang mit Fischen	111
6.1.2.1	Angleichung der Wasserverhältnisse	111
6.1.2.2	Hältereinrichtungen	112
6.1.2.3	Handhabung der Probanden	114
6.1.3	Gewährleistung der Wasserqualität	115
6.1.4	Artenspektrum	116
6.1.4.1	Tests mit einer Art	119
6.1.4.2	Tests mit mehreren Arten	120

6.1.5	Größenspektrum	121
6.1.6	Anzahl der Probanden	121
6.1.7	Zeitfenster für die Durchführung ethohydraulischer Tests	123
6.2	Aufbau und Betrieb eines ethohydraulischen Versuchsstandes	124
6.2.1	Anforderungen an die Infrastruktur	124
6.2.2	Die Laborrinne als Basisausstattung	126
6.2.3	Wasserkreislauf	133
6.2.4	Steuer- und Regeltechnik	134
6.2.5	Einbauten	135
	6.2.5.1 Fluchtsperre	137
	6.2.5.2 Startkäfig	139
	6.2.5.3 Staubrett	140
6.2.6	Messtechnik	141
	6.2.6.1 Erfassung geometrischer Parameter	141
	6.2.6.2 Erfassung kinematischer Parameter	141
	6.2.6.3 Erfassung dynamischer Parameter	144
	Literatur	144
7	Methodische Instrumente der Ethohydraulik	147
7.1	Verhaltensbeobachtung	148
	7.1.1 Dokumentation	149
	7.1.1.1 Schriftprotokoll	149
	7.1.1.2 Graphische Darstellung	151
	7.1.1.3 Foto- und Filmdokumentation	151
	7.1.2 Beobachtungsdauer	156
	7.1.3 Durchführung eines ethohydraulischen Tests	157
7.2	Auswertungsmethoden	159
	7.2.1 Deskriptive Auswertung	159
	7.2.2 Quantitative Auswertung	163
	7.2.3 Fehlerquellen	166
7.3	Erfassung, Darstellung und Beurteilung der ethohydraulischen Signatur	167
	7.3.1 Schritt 1: Dokumentation der Interaktion von Struktur/Strömung und Fischverhalten	168
	7.3.2 Schritt 2: Aufmessen der ethohydraulischen Signatur	172
	7.3.3 Schritt 3: Möglichkeiten zur Beurteilung der ethohydraulischen Signatur	173
	7.3.3.1 Berücksichtigung der Morphologie	173
	7.3.3.2 Berücksichtigung von Reizschwellen	174
	7.3.3.3 Berücksichtigung des Leistungsvermögens	175
	Literatur	181
8	Transferprozess	183
8.1	Konstruktion einer wasserbaulichen Anlage	183
8.2	Definition von Grenzwerten	184
8.3	Festlegung allgemeingültiger Regeln	185

9	Beispiel einer ethohydraulischen Untersuchung	187
9.1	Veranlassung und Aufgabe	187
9.2	Versuchsplanung	190
9.2.1	Testserie 1 mit einem zweidimensionalen Einstiegstrichter	192
9.2.1.1	Präprozess	192
9.2.1.2	Befunde der ethohydraulischen Tests aus Serie 1	193
9.2.1.3	Ethohydraulische Signatur von Testserie 1 ..	198
9.2.1.4	Transferprozess	201
9.2.2	Testserie 2 mit einem dreidimensionalen Einstiegstrichter	202
9.2.2.1	Präprozess	202
9.2.2.2	Befunde der ethohydraulischen Tests von Serie 2	204
9.2.2.3	Ethohydraulische Signatur aus Testserie 2 ...	204
9.2.2.4	Transferprozess	206
9.2.3	Testserie 3 mit einem dreidimensionalen Einstiegstrichter mit einer Decke aus Spaltrechen	206
9.2.3.1	Präprozess	206
9.2.3.2	Befunde der ethohydraulischen Tests von Serie 3	206
9.2.3.3	Ethohydraulische Signatur aus Testserie 3 ...	208
9.2.3.4	Transferprozess	209
9.3	Erkenntnisgewinn für die Ethohydraulik	210
	Literatur	212
10	Erkenntnisse aus ethohydraulischen Projekten	213
10.1	Fischaufstiegsanlagen	213
10.1.1	Abstand des Einstiegs vom Wanderhindernis	215
10.1.2	Stärke der Leitströmung	218
10.1.3	Winkel des Einstiegs	221
10.1.4	Passierbarkeit von Engstellen	224
10.1.4.1	Breite von Engstellen	224
10.1.4.2	Fließgeschwindigkeiten in Engstellen	226
10.1.5	Anforderungen an die Sohlenrauheit	231
10.2	Schutzanlagen für abwandernde Fische	239
10.2.1	Schutzwirkung von 20 mm-Rechen	240
10.2.2	Verletzungsrisiken an mechanischen Barrieren	244
10.2.3	Schutzwirkung eines Chan-Bar Rechens	251
10.2.4	Wirksamkeit von Verhaltensbarrieren	256
10.2.4.1	Mangelnde Wahrnehmbarkeit des Reizes ...	257
10.2.4.2	Gewöhnung an den Reiz	257
10.2.4.3	Unbeabsichtigte Reaktion	257
10.2.4.4	Ungerichtete Reaktion	258

10.2.4.5	Verspätete Reaktion auf den Reiz	258
10.2.4.6	Fehlen alternativer Abwanderkorridore	259
10.2.5	Schutzwirkung eines Louvers	259
10.3	Bypässe für den Fischabstieg	262
10.3.1	Seitliche Anordnung von Bypässen	263
10.3.2	Flachrechen mit oberflächennaher Bypassrinne	265
10.3.3	Die Bodengalerie als Bypassvariante für Aale	271
10.4	Verhalten abwandernder Fische gegenüber Wasserrädern	273
10.4.1	Verhalten gegenüber Wellen und Geräuschen	273
10.4.2	Verletzungsrisiken	276
10.5	Verwendung numerischer Strömungssimulationen zur ethohydraulischen Planung wasserbaulicher Anlagen	276
	Literatur	283
11	Ausblick	287
	Literatur	289
	Anhang	291
	Glossar	339
	Sachverzeichnis	347