

---

Beate Adam • Boris Lehmann

# Ethohydraulik

Grundlagen, Methoden  
und Erkenntnisse

---

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	1
1.1	Die Transdisziplin Ethohydraulik .....	3
1.2	Zum Aufbau des Buches .....	4
	Literatur .....	5
<b>2</b>	<b>Fische im Wasserbau</b> .....	7
	Literatur .....	12
<b>3</b>	<b>Der Weg zur Ethohydraulik</b> .....	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
<b>4</b>	<b>Die drei Phasen der Ethohydraulik</b> .....	29
4.1	Präprozess mit Voranalyse .....	30
4.2	Ethohydraulische Tests .....	31
4.3	Transferprozess .....	32
<b>5</b>	<b>Grundlagen der Ethohydraulik</b> .....	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
<b>6</b>	<b>Vorbereitung ethohydraulischer Untersuchungen .....</b>	<b>107</b>
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
<b>7</b>	<b>Methodische Instrumente der Ethohydraulik</b> . . . . .	<b>147</b>
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
<b>8</b>	<b>Transferprozess</b> . . . . .	<b>183</b>
8.1	Konstruktion einer wasserbaulichen Anlage . . . . .	183
8.2	Definition von Grenzwerten . . . . .	184
8.3	Festlegung allgemeingültiger Regeln . . . . .	185

<b>9</b>	<b>Beispiel einer ethohydraulischen Untersuchung</b> .....	187
9.1	Veranlassung und Aufgabe .....	187
9.2	Versuchsplanung .....	190
9.2.1	Testserie 1 mit einem zweidimensionalen Einstiegtrichter .....	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 Einstiegtrichter .....	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 Einstiegtrichter 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
<b>10</b>	<b>Erkenntnisse aus ethohydraulischen Projekten</b> .....	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
<b>11</b>	<b>Ausblick</b>	287
	Literatur	289
	<b>Anhang</b>	291
	<b>Glossar</b>	339
	<b>Sachverzeichnis</b>	347