Angewandte Landschaftsökologie
Heft 65

Uwe Koenzen

Fluss- und Stromauen in Deutschland
- Typologie und Leitbilder -

BfN
Bundesamt
für Naturschutz

Angewandte Landschaftsökologie
Heft 65

Fluss- und Stromauen in Deutschland – Typologie und Leitbilder –

Ergebnisse des F+E-Vorhabens
„Typologie und Leitbildentwicklung für Flussauen in der Bundesrepublik Deutschland“
des Bundesamtes für Naturschutz
FKZ: 803 82 100

Uwe Koenzen

Bundesamt für Naturschutz
Bonn - Bad Godesberg 2005

Titelfotos (v. l. o. n. r. u.): Schotterfluren in den Isarauen bei Wolfratshausen (Julia Herda); Umströmtes Totholz an der Nebel bei Krakow (Uwe Koenzen); Auenwald bei Bialowieza (Polen) (Annette Kurth, alle Planungsbüro Koenzen); Weidenauenwaldfragmente und Röhrichte in der Oderaue (Joachim Drüke, Bezirksregierung Arnsberg, NRW)

Wissenschaftliche Betreuung: Prof. Dr. Ernst Brunotte
Geographisches Institut
Abteilung für Angewandte Geomorphologie
und Landschaftsforschung

UNIVERSITÄT ZU KÖLN

Autor: Dipl.-Geogr. Uwe Koenzen
Benrather Straße 47
40721 Hilden

Planungsbüro Koenzen
Wasser und Landschaft

ARGE WASSER

Projektpartner: Dr. Klaus van de Weyer
lanaplan

Dipl.-Ing. Hans Schmidt
ÖKON

ÖKON

lana • plan

Fachbetreuung im BfN: Dipl.-Biol. Thomas Ehlert, FG II 2.2

Die vorliegende Arbeit wurde wissenschaftlich am Geographischen Institut der Universität zu Köln, Abteilung für Angewandte Geomorphologie und Landschaftsforschung von Prof. Dr. E. Brunotte betreut.
Diese Veröffentlichung wurde seitens der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Köln als Dissertation angenommen. Referenten: Prof. Dr. E. Brunotte und Prof. Dr. U. Radtke. Tag der Abschlussprüfung: 6. 12. 2005

Aus urheberrechtlichen Gründen dürfen die geschwärzten Bilder nicht gezeigt werden.

Diese Veröffentlichung wird aufgenommen in die Literaturdatenbank DNL-online (www.dnl-online.de).

Herausgeber: Bundesamt für Naturschutz (BfN)
Konstantinstr. 110, 53179 Bonn
www.bfn.de

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Nachdruck, auch in Auszügen, nur mit Genehmigung des BfN.

Druck: LV Druck im Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup

Bezug über: BfN-Schriftenvertrieb im Landwirtschaftsverlag
48084 Münster
Tel.: 0 25 01/8 01-3 00, Fax: 0 25 01/8 01-3 51
Preis: 24,– € (zuzügl. Versandkosten)

oder im Internet:
www.lv-h.de/bfn

ISBN: 3-7843-3738-4

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier.

Unveränderte digitale Fassung der Ausgabe Bonn 2005

Bonn - Bad Godesberg 2021

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis **5**

Tabellenverzeichnis **10**

Vorwort **12**

Danksagung **14**

1 Einleitung **17**
1.1 Ziele und Aufgaben 18
1.2 Forschungsstand: Typologie von Fließgewässern und Auen 19
1.3 Projektinhalte – Anwendungen und Grenzen 27

2 Entwicklung der Auentypologie **28**
2.1 Begriffsbestimmung und Rahmenbedingungen 28
2.2 Methodik und Parametrisierung 32
2.2.1 Vorgehensweise und Datengrundlagen 33
2.2.2 Parametrisierung 36
2.2.2.1 Parameter des Auentyps 38
2.2.2.2 Parameter des Auenabschnittstyps 44

3 Typologie und Leitbilder der Fluss- und Stromauen **69**
3.1 Typologie der Fluss- und Stromauen 70
3.1.1 Flussauentypen 71
3.1.2 Stromauentypen 74
3.1.3 Auenabschnittstypen 75
3.2 Auentypen und Leitbilder der Fluss- und Stromauen 77
3.2.1 Flussauen des Flach- und Hügellandes 80
3.2.1.1 Sehr gefällearme Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern 82
3.2.1.2 Gefällearme Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern 92
3.2.1.3 Gefällereiche Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern 110
3.2.2 Flussauen des Deckgebirges 125
3.2.2.1 Gefällearme Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern 126
3.2.2.2 Gefällereiche Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern 142
3.2.3 Flussauen des Grundgebirges 160
3.2.3.1 Gefällereiche Flussaue des Grundgebirges mit Winterhochwassern 161
3.2.4 Flussauen der Alpen/Voralpen 174
3.2.4.1 Gefällereiche Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern 175

3.2.5 Stromauen 194
3.2.5.1 Gefällearme Stromaue mit Winterhochwassern 195
3.2.5.2 Gefällearme Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern 215
3.2.5.3 Gefällearme Stromaue mit Sommerhochwassern 233
3.2.5.4 Gefällereiche Stromaue mit Sommerhochwassern 239

4 Grundlagen für eine leitbildgestützte Bewertung von Auen 253
4.1 Parameter und Indikatoren für Bewertungsverfahren 256
4.1.1 Morphodynamische Parameter 259
4.1.2 Hydrodynamische Parameter 264
4.1.3 Vegetationskundliche Parameter sowie Biotoptypen und Flächennutzung 268
4.1.4 Faunistische Parameter 272
4.2 Grundzüge eines Bewertungsverfahrens für Fluss- und Stromauen 282

5 Ausblick 292

6 Zusammenfassung / Summary 296

Abkürzungsverzeichnis 304

Bildnachweis 306

Literaturverzeichnis 307

Kartenverzeichnis 324

Anlage: Karte „Fluss- und Stromauentypen Deutschlands sowie Grundlagendaten der Auentypologie“

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Beispielhaftes Typdiagramm für Flusstypen (KOENZEN 2000) 26
Abb. 2: Vorgehensweise bei der Erstellung der bundesweiten Typologie und Leitbildentwicklung für Fluss- und Stromauen 33
Abb. 3: Beispielhaftes Typdiagramm für die Beschreibung der Auentypen und Auenabschnittstypen 36
Abb. 4: Gewässergroßlandschaften 39
Abb. 5: Regime-Diagramm verändert nach BMU (2003) 42
Abb. 6: Zusammenfassende Darstellung der ermittelten Gefälleklassen des Talbodengefälles je Auentyp in Bezug zu den Gewässergroßlandschaften (gew. P = gewichtetes Perzentil) 43
Abb. 7: Deck- und Basissubstrate in der Aue 45
Abb. 8: Übersicht der Kombinationen von Lauftyp und Windungsgrad mit schematischer Darstellung des Gerinnebettmusters (Grundlage KOENZEN 2000 und LUA 2001b, * Piktogramm ergänzt nach QUICK 2004) 49
Abb. 9: Beispielhafte Aufsicht verschiedener Windungsgrade 50
Abb. 10: Variabilität des fluvialen Formenschatzes im Fließgewässerverlauf 52
Abb. 11: Analyse der Grundlagendaten zur Erstellung der Hydromorphogramme 60
Abb. 12: Beispiel eines Hydromorphogramms 61
Abb. 13: Morphodynamik und Struktur der Auenvegetation (schematisch) am Unterlauf eines schottergeprägten Flusses der Alpen/Voralpen vor dem Flussausbau (MÜLLER 1998) 65
Abb. 14: Ökogramm für Flussauen des Tieflandes mit alpinem Wasserregime (DISTER 1999) 66
Abb. 15: (a) Vegetationszonierung im Uferbereich von Mittelrhein und Mittelelbe (HENRICHFREISE 1996)
(b) Vergleichspegel Köln und Barby für beide Stromabschnitte 67
Abb. 16: Exemplarisches Ökogramm 68
Abb. 17: GIS-gestützte Verarbeitung der Grundlagendaten und Typenentwicklung 69
Abb. 18: Fluss- und Stromauentypen Deutschlands 73
Abb. 19: Legende der Gefälleverhältnisse 77
Abb. 20: Methodik der Leitbilderstellung für die Fluss- und Stromauen Deutschlands 78
Abb. 21: Lage der Gewässergroßlandschaft des Flach- und Hügellandes und deren Flussauen mit EZG > 1.000 km² 81
Abb. 22: Talboden mit schmalem überflutungsgeprägten Niedermoor und randlich anschließenden Durchströmungsmooren (SUCCOW & JOOSTEN 2001, S. 452) 82
Abb. 23: Typdiagramm der sehr gefällearmen organisch geprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern 83
Abb. 24: Offene Wasserflächen mit Übergängen zu semiterrestrischen Niedermoorböden 84
Abb. 25: Ausgedehnte Niedermoor- und Röhrichtbestände mit eingelagerten Wasserflächen 85
Abb. 26: Überflutungsszenarien der sehr gefällearmen organisch geprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern 86
Abb. 27: Hydromorphogramm der sehr gefällearmen organisch geprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern 86
Abb. 28: Sehr gefällearme organisch geprägte Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern 90
Abb. 29: Höhenlage und mittlere Auengefälle der gefällearmen Flussauen des Flach- und Hügellandes für die betrachteten Laufabschnitte 92
Abb. 30: Abflussverhalten der gefällearmen Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern 93
Abb. 31: Typdiagramm der gefällearmen teilmineralisch-organisch geprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern 94
Abb. 32: Typdiagramm der gefällearmen sandgeprägten bzw. sand-kiesgeprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern 95
Abb. 33: Ausgedehnte Röhrichtbestände mit einzelnen Weidengebüschen in gefällearmen teilmineralisch-organisch geprägten Flussauen mit Winterhochwassern 95

Abb. 34: Prallhang mit angeschnittener Auensandauflage über sandigem Basissubstrat 96
Abb. 35: Formenschatz migrierender Mäander, Mäanderscrolls 97
Abb. 36: Hydromorphogramm der gefällearmen teilmineralisch-organisch geprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern 98
Abb. 37: Überflutungsszenarien der gefällearmen sandgeprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern 99
Abb. 38: Hydromorphogramm der gefällearmen sandgeprägten bzw. sand-kiesgeprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern 99
Abb. 39: Mehrzeitenformen am Beispiel der unteren Havel bzw. alter Elbeverläufe 100
Abb. 40: Gefällearme teilmineralisch-organisch geprägte Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern 106
Abb. 41: Gefällearme sandgeprägte Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern 108
Abb. 42: Höhenlage und mittlere Auengefälle der gefällereichen Flussauen des Flach- und Hügellandes für die betrachteten Laufabschnitte 110
Abb. 43: Historische Situationen einer schmalen (li.) und breiten (re.) gefällereichen Flussaue des Flach- und Hügellandes 111
Abb. 44: Typdiagramm der gefällereichen sandgeprägten bzw. sand-kiesgeprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern 112
Abb. 45: Typdiagramm der gefällereichen kiesgeprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern 113
Abb. 46: Sandig-lehmige Feinsedimentauflage auf kiesigem Basissubstrat und kiesige Innenbänke 113
Abb. 47: DGM-Interpretation von Mäanderscrolls und ausgedehnten Altmäandergürteln 114
Abb. 48: Hydromorphogramm der gefällereichen kiesgeprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern 115
Abb. 49: Überflutungsszenarien der gefällereichen kiesgeprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern 116
Abb. 50: Hydromorphogramm der gefällereichen sandgeprägten und sand-kiesgeprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern 116
Abb. 51: Gefällereiche sand-kiesgeprägte Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern 121
Abb. 52: Gefällereiche kiesgeprägte Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern 123
Abb. 53: Lage der Gewässergroßlandschaft des Deckgebirges und deren Flussauen mit EZG > 1000 km² 125
Abb. 54: Höhenlage und mittlere Auengefälle der gefällearmen Flussauen des Deckgebirges für die betrachteten Laufabschnitte 127
Abb. 55: Engtal und Talweitung im Vergleich 128
Abb. 56: Typdiagramm der gefällearmen sandgeprägten, sand-kiesgeprägten und kiesgeprägten* Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern 129
Abb. 57: Typdiagramm der gefällearmen kies-schottergeprägten Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern 130
Abb. 58: Kiesbänke im Innenufer bzw. als Mittenbänke und Anschneiden der Auenlehmauflagen im Prallhang eines kiesigen Auenabschnittes 130
Abb. 59: Nebengerinne in der Aue mit hohen (links) und niedrigen (rechts) Fließgeschwindigkeiten 131
Abb. 60: Permanent wasserführende Altwasser in der Aue 132
Abb. 61: Hydromorphogramm der gefällearmen sand-kiesgeprägten Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern 132
Abb. 62: Hydromorphogramm der gefällearmen kies-schottergeprägten Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern 133
Abb. 63: Gefällearme sand-kiesgeprägte Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern 138
Abb. 64: Gefällearme kies-schottergeprägte Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern 140

Abb. 65: Höhenlage und mittlere Auengefälle der gefällereichen Flussauen des Deckgebirges für die betrachteten Laufabschnitte 142
Abb. 66: Typdiagramm der gefällereichen sand- und sand-kiesgeprägten Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern 143
Abb. 67: Typdiagramm der gefällereichen kiesgeprägten Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern 144
Abb. 68: Typdiagramm der gefällereichen kies-schottergeprägten Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern 144
Abb. 69: Umgelagerte kiesige Basissubstrate und Kiesbänke 145
Abb. 70: Interpretation der historischen Verläufe von Fulda und Neckar 146
Abb. 71: Gebundene Mäander mit schmaler Aue und stark geneigten Innenufern 147
Abb. 72: Hydromorphogramm der gefällereichen sandgeprägten und sand-kiesgeprägten Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern 147
Abb. 73: Hydromorphogramm der gefällereichen kiesgeprägten Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern 148
Abb. 74: Hydromorphogramm der gefällereichen kies-schottergeprägten Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern 149
Abb. 75: Gefällereiche sandgeprägte Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern 154
Abb. 76: Gefällereiche kiesgeprägte Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern 156
Abb. 77: Gefällereiche kies-schottergeprägte Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern 158
Abb. 78: Lage der Gewässergroßlandschaft des Grundgebirges und deren Flussauen mit EZG > 1000 km² 160
Abb. 79: Höhenlage und mittlere Auengefälle der gefällereichen Flussauen des Grundgebirges für die betrachteten Laufabschnitte 161
Abb. 80: Vergleich der Abflussverhältnisse der westlichen (links) und östlichen (rechts) Grundgebirgsregionen 162
Abb. 81: Typdiagramm der gefällereichen schottergeprägten Flussauen des Grundgebirges mit Winterhochwassern 163
Abb. 82: Schotterfluren und –bänke mit großem Totholz 164
Abb. 83: Feinsedimentreiche Schleppen mit kleinerem Totholz in Nebengerinnen und Flutrinnen 164
Abb. 84: Auenlehme auf Schotterkörpern 165
Abb. 85: Permanente (links) und temporäre (rechts) Nebengerinne auf einer mit Auenwald bewachsenen niedrigen Auenstufe 166
Abb. 86: Überflutungsszenarien der gefällereichen schottergeprägten Flussaue des Grundgebirges mit Winterhochwassern in einer breiten Talsituation 166
Abb. 87: Hydromorphogramm der gefällereichen schottergeprägten Flussaue des Grundgebirges mit Winterhochwassern 167
Abb. 88: Gebundene Mäander der Mosel 168
Abb. 89: Gefällereiche schottergeprägte Flussaue des Grundgebirges mit Winterhochwassern 172
Abb. 90: Lage der Gewässergroßlandschaft der Alpen/Voralpen und deren Flussauen mit EZG > 1000 km² (Schraffur: Alpenvorland) 174
Abb. 91: Schotterfluren nehmen große Teile des Talbodens der Trogtäler ein 175
Abb. 92: Höhenlage und mittlere Auengefälle der gefällereichen Flussauen der Alpen/Voralpen für die betrachteten Laufabschnitte 176
Abb. 93: Typdiagramm der gefällereichen kies-schottergeprägten Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern 177
Abb. 94: Typdiagramm der gefällereichen schottergeprägten Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern 178
Abb. 95: Typdiagramm der gefällereichen block-schottergeprägten Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern 178
Abb. 96: Basissubstrate und flachgründige Decksubstrate der gefällereichen block-schottergeprägten Auen der Alpen/Voralpen 179
Abb. 97: Feinsedimentreiche Auflagen auf Bänken und jüngeren Auenstufen 179
Abb. 98: Angeschnittene überflutungsfreie Schotterterrassen mit mächtigem Geschiebekörper 180

Abb. 99: Rinnensysteme auf der Schotterflur 181
Abb. 100: Historische Situation eines stabil verflochtenen Mehrbettgerinnes und eines mäandrierenden Einbettgerinnes 181
Abb. 101: Hydromorphogramm der gefällereichen block-schottergeprägten Flussaue der Alpen/ Voralpen mit Sommerhochwassern 183
Abb. 102: Hydromorphogramm der gefällereichen schottergeprägten Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern 183
Abb. 103: Grundwassergespeiste, rasch durchströmte Rinne am Rand der Schotterflur 184
Abb. 104: Mündungssituation eines alpinen Nebengewässers in die Donau – Vererbung des alpinen Formenschatzes 185
Abb. 105: Gefällereiche schottergeprägte Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern 190
Abb. 106: Gefällereiche block-schottergeprägte Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern 192
Abb. 107: Höhenlage und mittlere Auengefälle der Stromauen Deutschlands für die betrachteten Laufabschnitte 194
Abb. 108: Lage der gefällearmen Stromauen mit Winterhochwassern 196
Abb. 109: Typdiagramm der gefällearmen teilmineralisch-organisch geprägten Stromaue mit Winterhochwassern 198
Abb. 110: Typdiagramm der gefällearmen sandgeprägten Stromaue mit Winterhochwassern 198
Abb. 111: Typdiagramm der gefällearmen sand-kiesgeprägten Stromaue mit Winterhochwassern 199
Abb. 112: Typdiagramm der gefällearmen kiesgeprägten Stromaue mit Winterhochwassern 199
Abb. 113: Flächig nasse Standorte in der teilmineralisch-organisch geprägten Stromaue 200
Abb. 114: Sohlsubstrate der Elbe (NESTMANN & BÜCHELE 2002) 200
Abb. 115: Sandige Substratablagerungen in der Aue 201
Abb. 116: Gerinnebettmuster und Auengewässer bei mineralisch geprägten Basissubstraten und stark mäandrierendem Einzelbettgerinne 201
Abb. 117: Gerinnebettmuster und Auengewässer bei teilmineralisch geprägten Basissubstraten und Anastomosen 202
Abb. 118: Hydromorphogramm der gefällearmen teilmineralisch-organisch geprägten Stromaue mit Winterhochwassern 203
Abb. 119: Hydromorphogramm der gefällearmen kiesgeprägten Stromaue mit Winterhochwassern 204
Abb. 120: Gefällearme teilmineralisch-organisch geprägte Stromaue mit Winterhochwassern 211
Abb. 121: Gefällearme sand-kiesgeprägte Stromaue mit Winterhochwassern 213
Abb. 122: Lage der gefällearmen Stromauen mit Winter- und Sommerhochwassern 215
Abb. 123: Talbodenbreiten (gelbe Linien) an Mittelrhein und Niederrhein im Vergleich 216
Abb. 124: Typdiagramm der gefällearmen kiesgeprägten Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern 217
Abb. 125: Typdiagramm der gefällearmen kies-schottergeprägten Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern 218
Abb. 126: Sandig-lehmige Feinsedimentauflage auf kiesigem Basissubstrat 219
Abb. 127: Charakteristisches Altwasser der kiesgeprägten Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern 219
Abb. 128: Mäandrierendes Hauptgerinne neben zahlreichen Rinnen- und Altwasserstrukturen 220
Abb. 129: Ausgedehntes permanent bespanntes Altwasser 221
Abb. 130: Einströmbereich eines Zuflusses in eine stillgewässerartige Laufaufweitung 221
Abb. 131: Gestreckte Hochflutrinnen bei leicht erhöhten Abflüssen 222
Abb. 132: Hydromorphogramm der gefällearmen kiesgeprägten Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern 223
Abb. 133: Hydromorphogramm der gefällearmen kies-schottergeprägten Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern 223
Abb. 134: Gefällearme kiesgeprägte Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern 229
Abb. 135: Gefällearme kies-schottergeprägte Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern 231
Abb. 136: Lage der gefällearmen Stromauen mit Sommerhochwassern 233
Abb. 137: Typdiagramm der gefällearmen kiesgeprägten Stromaue mit Sommerhochwassern 234

Abb. 138: Hydromorphogramm der gefällearmen kiesgeprägten Stromaue mit Sommerhochwassern 235
Abb. 139: Gefällearme kiesgeprägte Stromauen mit Sommerhochwassern 237
Abb. 140: Lage der gefällereichen Stromauen mit Sommerhochwassern 239
Abb. 141: Talboden- und Gerinnebettform von Hochrhein (li.) und südlichem Oberrhein (re.) 240
Abb. 142: Typdiagramm der gefällereichen schottergeprägten Stromaue mit Sommerhochwassern 241
Abb. 143: Basissubstrate und geringmächtige Deckschichten der gefällereichen schottergeprägten Stromauen 242
Abb. 144: Verlandendes Nebengerinne mit Bankstrukturen und Inseln 242
Abb. 145: Reliktäre Rinnensysteme der niedrigen Auenstufe im aktuellen DGM 243
Abb. 146: Teilweise bewachsene Inseln mit umgebenden Schotterfluren und -bänken 243
Abb. 147: Überflutete Weichholzaue 244
Abb. 148: Hydromorphogramm der gefällereichen schottergeprägten Stromaue mit Sommerhochwassern 245
Abb. 149: Grundwassergespeiste, langsam durchströmte Rinne in der Schotterflur 245
Abb. 150: Gefällereiche schottergeprägte Stromaue mit Sommerhochwassern 251
Abb. 151: Typdiagramm der gefällereichen schottergeprägten Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern 298
Abb. 152: Beispielhafte Leitbildvisualisierung der gefällereichen schottergeprägten Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern 299

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Auswahl typologischer Arbeiten zu Fließgewässern und Fließgewässerlandschaften in einzelnen Bundesländern oder Regionen (SOMMERHÄUSER & SCHUHMACHER 2003, ergänzt) 22
Tab. 2: Biozönotisch bedeutsame Fließgewässertypen Deutschlands - Qualitätskomponente Makrozoobenthos (SOMMERHÄUSER & POTTGIESSER 2005, verändert) 24
Tab. 3: Biozönotisch relevante Fließgewässertypen Deutschlands (SOMMERHÄUSER & POTTGIESSER 2005) und ihre Betrachtung innerhalb des Vorhabens 25
Tab. 4: Zusammenstellung der wichtigsten Datenquellen für eine bundesweite Typisierung der Fluss- und Stromauen und zur Beschreibung der Leitbilder 35
Tab. 5: Zusammenfassung der Gewässerlandschaften nach BRIEM (2003) zu Gewässergroßlandschaften 38
Tab. 6: Klassifikation des durchschnittlichen Talbodengefälles der Aue 43
Tab. 7: Korngrößenklassen und Beschreibungen der Basis- und Decksubstrate 46
Tab. 8: Die wichtigsten Gesteine, ihre Substrate und Geschiebe (BRIEM 2003, S. 29) 48
Tab. 9: Windungsgrad: Spannbreite und Nomenklatur (LUA NRW 2001d) 50
Tab. 10: Verhältnis der potenziell natürlichen Gewässerbreite zur Talbodenbreite (LUA NRW 2001b, S. 116) 51
Tab. 11: Formenschatz der Gewässer und Auen 53
Tab. 12: Klassen der Abflussdynamik 57
Tab. 13: Klassen des Wasserdargebots [l/(s*km²)] 58
Tab. 14: Klassen der Überflutungszeiträume 58
Tab. 15: Klassen des Grundwasserstandes und der Grundwasseramplitude 59
Tab. 16: Klassen der Hydromorphodynamik 62
Tab. 17: Weiterführende grundlegende Arbeiten zur Vegetation in Auen 63
Tab. 18: Vergleich der potenziellen natürlichen Vegetation mit der Leitbildvegetation 64
Tab. 19: Fluss- und Stromauentypen Deutschlands 70
Tab. 20: Ausgewählte Parameter zur Charakterisierung der Flussauentypen Deutschlands (Schraffur zeigt kleinräumig wechselnde Ausprägungen an) 71
Tab. 21: Ausgewählte Parameter zur Charakterisierung der Stromauentypen Deutschlands (Schraffur zeigt kleinräumig wechselnde Ausprägungen an) 74
Tab. 22: Substratdeterminierte Flussauenabschnittstypen der BRD (Karte siehe Anhang) 76
Tab. 23: Substratdeterminierte Stromauenabschnittstypen der BRD (Karte siehe Anhang) 76
Tab. 24: Charakterisierung der sehr gefällearmen Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern 88
Tab. 25: Charakterisierung der gefällearmen Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern 103
Tab. 26: Charakterisierung der gefällereichen Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern 119
Tab. 27: Charakterisierung der gefällearmen Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern 135
Tab. 28: Charakterisierung der gefällereichen Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern 151
Tab. 29: Charakterisierung der gefällereichen Flussaue des Grundgebirges mit Winterhochwassern 170
Tab. 30: Charakterisierung der gefällereichen Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern 187
Tab. 31: Hydrologische Charakteristika der Stromauentypen 195
Tab. 32: Charakterisierung der gefällearmen Stromaue mit Winterhochwassern 208
Tab. 33: Charakterisierung der gefällearmen Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern 226
Tab. 34: Charakterisierung der gefällereichen Stromaue mit Sommerhochwassern 248
Tab. 35: Gewässerbezogene funktionale Einheiten und Parameter des Kartierverfahrens für mittelgroße und große Fließgewässer (LUA NRW 2001d, S.12) 260

Tab. 36: Auenbezogene Parameter des Kartierverfahrens für mittelgroße und große Fließgewässer (LUA NRW 2001d) 261
Tab. 37: Parametersystem Auenrelief (DVWK 1997, S. 110) 261
Tab. 38: Vorschlag eines Parametersystems zur Bewertung der Morphodynamik und des Reliefs in Auen mit Angaben zu Datenquellen, Datenerhebung und Bewertbarkeit 262
Tab. 39: Auenbezogene hydrodynamische Parameter des Kartierverfahrens für mittelgroße und große Fließgewässer (LUA NRW 2001d) 265
Tab. 40: Auenbezogene hydrodynamische Parameter DVWK (1997, S. 110) 265
Tab. 41: Vorschlag eines Parametersystems zur Bewertung der Hydrodynamik in Auen mit Angaben zu Datenquellen, Datenerhebung und Bewertbarkeit (DVWK 1997, LUA NRW 2001d) 266
Tab. 42: Parameter Flächennutzung und schädliche Umfeldstrukturen des Kartierverfahrens für mittelgroße und große Fließgewässer (LUA NRW 2001d) 268
Tab. 43: Parametersystem zu Biotoptypen und Nutzungsstruktur aus DVWK (1997, S. 110/346) 269
Tab. 44: Vorschlag eines Parametersystems zur Bewertung der Vegetation und Nutzungsstruktur in Auen mit Angaben zu Datenquellen, Datenerhebung und Bewertbarkeit (DVWK 1997, LUA NRW 2001a) 271
Tab. 45: Charakteristische Artengruppen der Auen und ihre Eignung für die Zustandsbewertung der Formen-/Habitatvielfalt, des Wasserhaushaltes und der Dynamik sowie Einschätzung der bundesweiten Datenlage 276
Tab. 46: Charakterisierung der ausgewählten Artengruppen hinsichtlich ihrer Eignung als Bioindikatoren in Auen 278
Tab. 47: Typspezifische Aspekte zur Auswahl von Artengruppen der Fauna für eine bundesweite faunistische Bewertung der Fluss- und Stromauen 279
Tab. 48: Beispielhafte Darstellung der typologischen Zuordnung für die Kartierung 283
Tab. 49: Charakteristische Häufigkeitsverteilung hydromorphologischer und vegetationskundlicher Aspekte in den verschiedenen Auentypen 284
Tab. 50: Beispielhafte Darstellung der parameterbezogenen Dokumentation des lokalen Leitbildzustandes und des Ist-Zustandes 288
Tab. 51: Parametervorschlag für Bewertungsverfahren 289

Vorwort

Flüsse und Auen sind die natürlichen Lebensadern unserer Landschaft. Sie werden von Überflutungen und wechselnden Wasserständen geprägt und besitzen je nach Naturraum einen ganz unterschiedlichen Charakter: von Wildflusslandschaften im Alpenvorland bis zu den großen Talmooren im Nordostdeutschen Tiefland. Intakte Flussauen sind die artenreichsten Ökosysteme Mitteleuropas und als zentrale Achsen eines länderübergreifenden Biotopverbundes Lebensraum vieler seltener und gefährdeter Pflanzen und Tiere.

Allen Auen gemeinsam ist ihre Abhängigkeit vom Fluss, der sie mit Wasser versorgt und bei Hochwasser immer wieder verändert. Fluss und Aue bilden eine Einheit. Die Wasserspiegelschwankungen des Flusses schwingen unterirdisch im Grundwasserstrom mit, bei Hochwasser werden weite Flächen der Aue überschwemmt. Die Pflanzen- und Tierwelt ist somit wechselnden Phasen von Trockenheit und Nässe ausgesetzt. Die Dynamik von Fluss- und Grundwasser und die formende Kraft des Wassers sind die Voraussetzungen für die Lebensvielfalt intakter Auen. Auen sind Zentren der biologischen Vielfalt und die natürlichen Überschwemmungsflächen unserer Flüsse. Diese Eigenschaften machen sie beim Erhalt der Biodiversität und dem vorbeugenden Hochwasserschutz zu unverzichtbaren Bestandteilen unserer Landschaft. Um diese Ziele umzusetzen, muss sich eine nachhaltige Nutzung der Auen und die Bewirtschaftung der Fließgewässer künftig stärker als bisher am naturraumtypischen Potenzial der Flusslandschaften orientieren.

Das Forschungsvorhaben, dessen Ergebnisse hier vorgestellt werden, hatte zur Aufgabe, die natürliche Vielfalt der Fluss- und Stromauen Deutschlands in überschaubarer Weise abzubilden. Das dazu geeignete Arbeitswerkzeug ist die Typologie, die die Erscheinungsformen nach gemeinsamen Merkmalen klassifiziert. Erstmalig liegen nun eine bundesweite Auentypologie und eine Karte der Auentypen Deutschlands vor. Die Beschreibung und Darstellung der Typen in anschaulicher Form als Leitbilder macht sie für die Praxis anwendbar.

In Mitteleuropa gibt es keine Flusslandschaften mehr, die vom Menschen nicht genutzt und verändert wurden. Naturnahe Flusslandschaften sind kaum noch zu erleben. Leitbilder übernehmen daher die Funktion von Anschauungsobjekten und Vorbildern. Sie geben Orientierung für den Naturschutz und die Wasserwirtschaft bei der naturnahen Entwicklung von Flüssen und Auen und stellen eine Grundlage für eine ökologische Bewertung dar. In ihrer räumlichen Konkretisierung vor Ort können Leitbilder für die planerische Ausrichtung von Maßnahmen herangezogen werden. Dabei wird das Entwicklungsziel nur in wenigen Fällen mit dem Leitbild deckungsgleich sein, da in der Praxis neben den ökologischen Funktionen auch andere Rahmenbedingungen und Ansprüche berücksichtigt werden müssen. Leitbilder geben aber die Richtung für einen nachhaltigen Entwicklungsprozess vor. Alle Schritte in diese Richtung tragen dazu bei, die Ziele der Bundesregierung und der Länder zum Erhalt der biologischen Vielfalt, zum Erreichen eines guten ökologischen Zustandes der Fließgewässer und Auen und zum vorbeugenden Hochwasserschutz umzusetzen.

Ich wünsche der vorliegenden Publikation eine weite Verbreitung. Sie soll dem Naturschutz und der Wasserwirtschaft gleichermaßen Grundlage für die Planung und Bewertung von Flussauen sein, um die Zielvorstellungen beim Gewässer- und Auenschutz gemeinsam umzusetzen.
Allen Fachleuten, die zum Gelingen dieses Vorhabens und zur anschaulichen Darstellung der Ergebnisse beigetragen haben, sei hiermit herzlich gedankt.

Prof. Dr. Hartmut Vogtmann
Präsident des Bundesamtes für Naturschutz

Danksagung

Besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Prof. Dr. Ernst Brunotte, der von Beginn an meine Neugier für die Hintergründe der Landschaftsentwicklung und ihren aktivsten Agenzien – den Flüssen und Strömen – geweckt hat. Er blieb auch nach Abschluss meines Studiums ein wichtiger Ratgeber in geomorphologischen Fragen, mit denen ich mich glücklicherweise auch beruflich auseinandersetzen darf. Mit seinem Engagement in zahlreichen gemeinsamen Vorhaben und seiner kontinuierlichen Unterstützung hat er den Weg für diese Arbeit bereitet.

Die fachliche Betreuung seitens des BfN erfolgte durch Thomas Ehlert, der sich mit großem Engagement und Fachkenntnis für das Vorhaben einsetzte und eine fruchtbare Diskussionskultur in der Arbeitsgruppe etablierte und pflegte. Auch ihm gilt mein besonderer Dank.

Weiterhin möchte ich dem BfN und seinen engagierten Mitarbeitern für die Bewilligung danken, dieses Forschungsvorhaben zur Dissertation entwickeln zu dürfen.

Die vorliegende Arbeit wäre ohne die Unterstützung vieler Menschen und der hinter ihnen stehenden Institutionen nicht realisierbar gewesen.

Die im Rahmen des Vorhabens durchgeführten Exkursionen hätten ohne die fachliche Begleitung von Dr. Mehl und Dr. Thiele (biota GmbH) sowie Herrn W. Binder (Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft) kaum die erreichte Tiefe gehabt. Für die detailreichen Erläuterungen und ihre große Hilfe möchte ich meinen Dank aussprechen.

Dieser gilt desgleichen den unerschrockenen Piloten, die auch besonderen Wünschen nachkamen und über den letzten Relikten naturnaher Auenstrukturen enge Kreise zogen.

Ganz besonders herzlich möchte ich Julia Herda und Paul Wermter (Planungsbüro Koenzen) danken, die den iterativen Charakter des typologischen Arbeitens mit seinen Höhen und Tiefen durchlebt haben und dennoch ihre Diskussionsfreude behalten haben. Mit ihrem großen Einsatz haben sie die Veröffentlichung in dieser Form erst möglich gemacht. Weiterhin möchte ich Guido Alfes und Hendrik Terlinde danken, die durch ihren Einsatz Abbildungen und Auswertungen weit vorangetrieben haben.

Dr. Klaus van de Weyer danke ich für seine vegetationskundliche Weitsicht und seine praxisorientierte Arbeitsweise, die eine weitreichende Verknüpfung von flussmorphologischen und vegetationskundlichen Aspekten hervorgebracht hat.

Herrn H. Schmitz (ÖKON GmbH) möchte ich für seine pragmatische und angenehme Art der Zusammenarbeit danken, die die Verknüpfung zwischen den standörtlichen Bedingungen und der faunistischen Bewertung möglich gemacht haben.

Prof. Dr. U. Radtke als Zweitgutachter möchte ich für seine Offenheit und sein Interesse an diesem angewandten Thema der Geomorphologie danken.

Dr. Mario Sommerhäuser und Tanja Pottgiesser danke ich herzlich für die Bereitstellung der aktuellen Unterlagen zum Stand der LAWA-Typologie und deren Herleitung.

Die folgenden Institutionen stellten Daten zur Verfügung, stellvertretend sei den folgenden Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern gedankt:

Allen voran gilt Frau Dibbern, als Ansprechpartnerin im BfN, mein besonderer Dank, die durch ihre Hilfe bei der Recherche und Beschaffung von Daten eine wichtige Basis für die Arbeit bereitete.

Neben fachlichen Anregungen stellten die Mitarbeiter des Hydrologischen Instituts Freiburg den umfangreichen Datenbestand der Pegeldaten des Hydrologischen Atlas von Deutschland und ihre Software zur Aufbereitung und Analyse der Daten zur Verfügung. Stellvertretend sei dafür Herrn Dr. Eisele gedankt.

Ebenfalls danken möchte ich den Mitarbeitern von ProAqua für die fachlichen Hinweise im Rahmen der hydraulischen Fragestellungen.

Positive Akzente im Vergleich zu den teilweise frustrierenden Entscheidungsprozessen bei der Datenbereitstellung setzten die Mitarbeiter von folgenden Behörden und Verbänden.

In besonderer Weise engagierten sich Frau Beer vom LfW BY und Herr Wiemann vom LUA BB bei der Datenbereitstellung. Frau Dr. Carstens vom LUNG MV und Frau Bürger vom GRPS ermöglichten genau wie Herr Dr. Siepe vom LfU BW und Herr Stuke vom LUWG RP die Datenbereitstellung in einer unbürokratischen Weise. Als ebenso hilfreich bei der Recherche und Bereitstellung erwiesen sich Herr Dr. Herbst vom LfUG SN, Herr Brockmann von der BfG und Frau Waibel vom IWK. Frau Bellack vom NLÖ und Frau Dr. Banning vom HLUG betreuten die Bereitstellung von umfangreichen Daten aus Ihren Ländern.

Die projektbegleitende Arbeitsgruppe wie auch die Teilnehmer des Workshops auf Vilm steuerten wertvolle Hinweise und ihr fundiertes Fachwissen in konstruktiver Weise bei. Ihnen allen sei herzlich gedankt. Besonderer Dank gilt Prof. Dr. E. Dister, Dr. I. Quick, Dr. A. Henrichfreise, Herrn J. Drüke und Herrn W. Kraier, die mit ihren konkreten Anregungen und Ergänzungen zum Gelingen des Vorhabens beigetragen haben.

Ebenfalls ganz herzlich gedankt sei den Fotografen, die mit Ihren Bildern die Lesbarkeit und leichtere Erfassbarkeit der Veröffentlichung entscheidend gefördert haben. Stellvertretend genannt seien Joachim Drüke und Annette Kurth, die sich leichtfüßig auf dem schwierigen Terrain der Auenfotografie bewegen.

Anke Solbrig und Anja Hellhammer haben sich durch die orthografischen Täler und Schluchten des Manuskriptes gearbeitet, so dass ihnen mein großer Dank gebührt.

Von ganzem Herzen danke ich meiner Frau Anja, die es geschafft hat, mir den Rücken für diese Arbeit freizuhalten und auch meinen Kindern Ava und Robert, die mich mit ihrem Lachen begleitet und unterstützt haben. Meinen Eltern, die mir die nötigen Freiräume und Grundlagen für Ausbildung und Beruf mit auf den Weg gegeben haben, gilt mein großer Dank.

Hilden, im Dezember 2005 Uwe Koenzen

1 Einleitung

Auen haben eine herausragende Bedeutung für den Naturhaushalt und wurden in der Vergangenheit zugleich in besonders intensiver Form durch menschliche Nutzungen verändert.

Naturnahe Auen zählen daher nicht nur in Deutschland, sondern europaweit zu den am stärksten gefährdeten Lebensräumen. Dabei erfüllen Fluss- und Stromauen wichtige Funktionen als naturraumübergreifende Verbundachsen mit großer Biodiversität der auentypischen Pflanzen- und Tiergemeinschaften (BFN 2003). Naturnahe Auen stellen neben den Hochgebirgslagen und Küstenräumen die dynamischsten Landschaftsräume Mitteleuropas dar. Auch ihre Funktionen als natürliche Hochwasserspeicher und Stoffsenken sind bedeutend.

Der Verlust naturnaher Auen ist sehr weitreichend, so dass aus landschaftsökologischer, naturschutzfachlicher und nicht zuletzt auch wasserwirtschaftlicher Sicht ein hoher Schutz- und Entwicklungsbedarf besteht (BRUNOTTE et al. 1994).

Nachdem im Gewässerschutz auf Grund der umfangreichen Anstrengungen der Wasserwirtschaft organische Belastungen seit den 1990er Jahren in ihrer Bedeutung in weiten Teilen Deutschlands zurücktreten, wurde die Bedeutung der strukturellen Schädigungen und Defizite der Gewässer und ihres Umfeldes zunehmend erkannt (UBA 2005). Daher werden Maßnahmen zur Verbesserung der ökologischen Situation der Gewässer zukünftig gezielt bei den ökomorphologischen Defiziten ansetzen, nicht zuletzt um den Zielen der 2000 in Kraft getretenen Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) Rechnung zu tragen (EG 2000).

Mit den Ansprüchen der WRRL manifestieren sich die Anforderungen an die typologische Zuordnung von Gewässern und somit auch der von ihnen abhängigen Landökosysteme. Die WRRL schreibt als Bewertungsgrundlage und zur planerischen Orientierung Referenzzustände der Gewässer fest, die dem Leitbildgedanken im Sinne des potenziell natürlichen Zustands der Gewässer entsprechen. Auch aus naturschutzfachlicher Sicht gewinnen Betrachtungen der potenziell natürlichen Zustände an Gewicht, wobei diese in der Planungspraxis häufig von Schutzaspekten zu spezifischen Arten oder Kulturlandschaftselementen überlagert werden.

In naturnahen Systemen sind Gewässer und Auen untrennbar miteinander verbunden und räumlich kaum zu trennen. So können zahlreiche funktionale ökologische Zusammenhänge in Gewässern nur verstanden und letztlich auch beeinflusst werden, wenn hierzu ein entsprechendes Verständnis der gewässerspezifischen Auen vorliegt. Dieses Verständnis konnte für die Fließgewässer mit den jüngeren Arbeiten (Kap. 1.2) zu Fließgewässertypologien weiter vertieft und differenziert werden.

Eine nachhaltige Nutzung und Bewirtschaftung der Gewässer und Auen muss jedoch verstärkt die funktionalen Zusammenhänge und die regional unterschiedlichen Ausprägungen berücksichtigen und somit eine typologische Basis aufweisen, wenn die naturräumlich differenzierte ökologische Funktionsfähigkeit gewährleistet werden soll.

Unabhängig davon, ob sich Naturschutz oder Wasserwirtschaft dem Thema Auenschutz widmen, ist die Schaffung auentypischer Standortbedingungen eine unabdingbare Voraussetzung für die Entwicklung und Wiederherstellung typischer Lebensgemeinschaften.

Auf Grund der funktionalen Verbundenheit von Gewässern und Auen gilt es nun, als gemeinsame Basis für den Naturschutz und die Wasserwirtschaft typologisch basierte, den Fließgewässertypen adäquate Leitbilder für Flussauen zu entwickeln.

Zudem kann eine nachhaltige Entwicklung im Sinne des BNatSchG am besten erreicht werden, wenn bei der zukünftigen Nutzung der Wasserressourcen und des Bodens die naturräumlichen Verhältnisse stärker als bisher Berücksichtigung finden (EHLERT 2005).

Die nachfolgend vorgestellten Ergebnisse des F+E Vorhabens zur Typologie und Leitbildentwicklung von Fluss- und Stromauen in der Bundesrepublik Deutschland verknüpfen hierzu die geomorphologischen, geologisch-pedologischen und hydrologisch-hydraulischen Komponenten als wesentliche standortprägende Faktoren auf typologischer Grundlage. Unter Einbeziehung der vegetationskundlichen Aspekte der Auenlandschaften entstehen so Leitbilder, die den derzeitigen Kenntnisstand der potenziell natürlichen Zustände der Fluss- und Stromauen Deutschlands vermitteln.

Vor der detaillierten Darstellung der Auentypologie erfolgt zunächst die Definition der Ziele und Aufgaben sowie eine Beschreibung des aktuellen Forschungsstandes.

1.1 Ziele und Aufgaben

Basis für die Erarbeitung der Leitbilder ist die typologische Aufarbeitung der natürlichen Vielfalt der Auen, die eine Gliederung und Gruppierung zu einer überschaubaren Anzahl von Auentypen ermöglicht.

Ziele dieser Arbeit sind,

- einen bundesweit gültigen typologischen Ansatz zu erstellen und die Fluss- und Stromauen in Deutschland, insbesondere hinsichtlich ihrer Hydro- und Morphodynamik, zu charakterisieren,
- auf dieser typologischen Grundlage naturraumtypische Leitbilder bzw. Referenzen einschließlich der Vegetation für Fluss- und Stromauen zu entwickeln und zu beschreiben, so dass sie Eingang in die Bewertungs- und Planungspraxis finden können,
- Ansätze für ein leitbildbasiertes Bewertungsverfahren für Auen aufzuzeigen.

Der Schwerpunkt des Vorhabens liegt auf der Erarbeitung der standörtlichen Verhältnisse der Auen im heutigen potenziell natürlichen Zustand. Bestandteil ist die Beschreibung der Vegetation auf Grundlage der erarbeiteten Standortfaktoren sowie die Benennung geeigneter faunistischer Indikatorarten einschließlich ihrer Indikatoreigenschaften als erweiterte Grundlage für das oben genannte Bewertungsverfahren. Eine ausführliche Beschreibung der leitbildkonformen Lebensgemeinschaften der verschiedenen Auentypen ist dagegen nicht Gegenstand des Vorhabens.

1.2 Forschungsstand: Typologie von Fließgewässern und Auen

Die nachfolgende Darstellung des Forschungsstandes spannt den Bogen von den ältesten flussmorphologischen Betrachtungen bis zu den aktuellen typologischen Ansätzen und Arbeiten zu Fließgewässern. Letztere werden in besonderer Weise vertieft, da sie gleichzeitig die Schnittstellen zur Auentypologie bilden.

Grundlegende Kenntnisse zu flussmorphologischen Fragestellungen bestehen so lange, wie Menschen flussbauliche Maßnahmen planen und durchführen. Diese lassen sich in den Gebieten der frühesten urbanen Strukturen und Bewässerungskulturen (z. B. Mesopotamien und China) bis weit in vorchristliche Zeiten zurückverfolgen. Betrachtungen zur Landschaftsentwicklung unter besonderer Berücksichtigung der Flüsse und Ströme finden sich in Werken der Antike, wobei insbesondere Arbeiten von SENECA (Naturales quaestiones) und STRABO (in seiner Geographie), beide um die Zeitenwende erstellt, auf Grund ihrer systematischen Ansätze hervorgehoben werden (MAUL 1958 in: MANGELSDORF & SCHEURMANN 1980).

Naturwissenschaftlich orientierte gewässermorphologische Arbeiten besitzen somit eine lange Tradition wie das folgende Zitat DA VINCIS zeigt, der theoretische Feststellungen und Überlegungen zu Form und Fließverhalten von Flüssen anstellte, letztlich um Ideen für flussbauliche Maßnahmen zu entwickeln und diese auf ein naturwissenschaftliches Fundament zu stellen:

„Wenn ein Fluss aus dem Gebirge kommt, führt er in großer Zahl riesige Steine in seinem Bett mit. Und bei seinem Weiterfließen führt er kleinere Steine mit schon abgeschliffenen Ecken mit, das heißt, er macht die großen Steine kleiner. Und im Weiterfließen hat er große Kieselsteine und darauf kleine, dann folgt grober Sand und darauf feiner; dann grober Schlamm und darauf feiner, und so weiter."

„.. dass sie (die Flüsse, Anmerkung des Autors) mit ihrem wandernden Lauf die hohen, von den Bergen eingeschlossenen Ebenen wegtrugen und dass die Berge durchgesägt wurden, lässt sich an den Schichten der Gesteine erkennen, die an den Einschnitten, die von den genannten Flussläufen gemacht wurden, auf beiden Seiten einander entsprechen." (Notizen Leonardo da Vincis zu einem Flussbauprojekt am Arno, Norditalien: http://www.geowissenschaften.de, Stand 14.06.2005)

Grundlegende Aspekte der longitudinalen Gliederung der Fließgewässer, der Geschiebeverlagerung oder der Talgenese waren somit schon früh Gegenstand naturwissenschaftlicher bzw. geowissenschaftlicher Betrachtungen.

Geographen setzten sich zunächst zumeist deskriptiv, insbesondere „Reise-Geographen" des 18. und 19. Jahrhunderts, dann zunehmend kausal-analytisch mit der Landschaftsgenese auseinander. Um die jüngere terrestrische Landschaftsentwicklung verstehen zu können, sind grundlegende Kenntnisse der fluviatilen Prozesse notwendig, da diese eine der aktivsten Agenzien der rezenten Landschaftsgenese darstellen. Somit schließen auch die frühen theoretischen Arbeiten, wie beispielsweise von DAVIS (1899), grundlegende Überlegungen zur Wirkungsweise des Oberflächenabflusses und letztlich der Fließgewässer in ihre konzeptionellen Überlegungen mit ein. FARGUE (1868) setzt sich intensiv mit Lauf und Formenschatz alluvialer Gewässer unter hydrologisch-morphologischen Aspekten auseinander.

Standardwerke der Geomorphologie (RICHTHOFEN, F. VON 1886, PENCK, A. 1894, MACHATSCHEK 1964, AHNERT 2003, ZEPP 2004) weisen explizit auf die formende Kraft des linearen Oberflächenabflusses bzw. der Fließgewässer hin und klassifizieren die Gewässer zumeist nach Lage und augenscheinlichem Charakter (der Wildbach der Alpen) oder auch Gerinnebettformen (der verwilderte Fluss nach VANNOTE et al. 1980).

Beispielhaft sind nachfolgend bedeutende Arbeiten aus dem angelsächsischen und französischen Sprachraum aufgeführt, die grundlegende Erkenntnisse für das aktuelle fließgewässermorphologische Verständnis liefern.

Ab Mitte des 20. Jahrhunderts entstanden vorrangig in Nordamerika und Großbritannien (LEOPOLD & WOLLMAN 1957 und 1960, LEOPOLD 1962, SCHUMM 1963, LEOPOLD, WOLLMANN & MILLER 1964, LANGBEIN & LEOPOLD 1966, 1969 und 1972, KNIGTHON 1998) und später auch in Neuseeland (MOSLEY & JOWETT 1999) Arbeiten mit zumeist morphometrischen Ansätzen, die sich unmittelbar auf die Gewässer selbst und ihre Gerinnebettmuster beziehen. Diese Arbeiten lieferten teilweise noch heute gültige Grundlagen, die eine Differenzierung der Gewässer in Ein- und Mehrbettgerinne auf Basis morphometrischer und abflussseitiger Beziehungen erlauben. Diese Ergebnisse beziehen sich nicht direkt auf die Auen der Gewässer, können jedoch bei entsprechenden Interpretationen Ansätze für Gewässer- und Auentypologien bieten.

Den Formenschatz von Gewässern und abgeleitet auch der Auen beleuchten die Arbeiten von KELLERHALS & CHURCH (1989), die mit ihren Ansätzen stark an der Einzelform, wie Bankstrukturen, orientiert sind. Zu den jüngeren Vertretern der angloamerikanischen Flussmorphologie zählt ROSGEN (1996), der ein sehr umfassendes typologisches Werk erarbeitet hat, das streng hierarchisch gegliedert zu einer fast unüberschaubaren Anzahl morphologisch determinierter Gewässertypen kommt. Zudem schlägt ROSGEN (1996) den Bogen zur angewandten Geomorphologie, indem das erarbeitete typologische Wissen als Grundlage für „river rehabilitations" herangezogen wird. Dies allerdings häufig mit dem Ziel, die natürliche Dynamik von Mehrbettgerinnesystemen zu dämpfen bzw. ihre Verlagerungsintensität zu minimieren.

Beispielhaft für weitere Arbeiten, die sich mit der hierarchischen Gliederung der Gewässer auseinandersetzen, sind die Veröffentlichungen von STRAHLER (1957 und 1964) und auch FRISSELL (1986) zu nennen. FRISSELL (1986) erarbeitet ebenfalls einen typologischen Ansatz, der jedoch stärker habitatbezogenen ist und dabei dennoch einen einzugsgebietsbezogenen Kontext verfolgt.

Wegweisende Ansätze zur hydrologischen Gliederung und letztlich typologischen Zuordnung von Fließgewässern lieferten PARDÉ (1964) und in differenzierter Form GRIMM (1968). Mehr Anwendung denn Weiterentwicklung waren die Arbeiten von ASCHWANDEN & WEINGARTNER (1985: 16 Regimetypen für die Schweiz) und MADER et al. (1996: 17 Regimetypen für Österreich). Fortgeführt wurde die Methodik der Regimediagramme bei der Erstellung des Hydrologischen Atlas von Deutschland (BMU 2003). Die dort entwickelte Methodik wird im Rahmen des vorliegenden Vorhabens aufgegriffen und hinsichtlich auentypologischer Ansprüche präzisiert (vgl. Kap. 2).

LEIBUNDGUT & EISELE (2005) setzen auf die Arbeiten von RICHTER et al. (1996) auf. Dieser schlägt einen Parameterkatalog als Grundlage zur hydrologischen Charakterisierung von Fließgewässerökosystemen vor. Sein Ziel ist dabei weniger die Typisierung, sondern er möchte vielmehr die genannten Parameter, die so genannten Indicators of Hydrologic Alteration (IHA), zur Bestimmung von hydrologischen Veränderungen des Abflussregimes eines Gewässers durch Eingriffe in Gewässer und Einzugsgebiet nutzen. Einzelne dieser Parameter eignen sich dennoch zur Gruppenbildung in der vorliegenden Typologie.

Biologisch orientierte Gliederungssysteme für Fließgewässer setzen von Beginn an auf eine längszonale Gliederung der Gewässer (VON DEM BORNE 1877, THIENEMANN 1925, HUET 1949, ILLIES 1961, WUNDT 1962, VANNOTE et al. 1980). Diese orientierte sich zumeist stark an den physikalischen Rahmenbedingungen, wie Gefälle- und Substratverhältnisse und waren vorrangig auf die longitudinale Zonierung der Gewässer unter fischereilichen Aspekten ausgerichtet. ILLIES (1961) erweiterte das Konzept der longitudinalen Zonierung anhand des Makrozoobenthos und entwickelte es zu einer allgemeinen biozönotischen Gliederung der Fließgewässer. Neuere Konzepte gehen über die linearen Sichtweisen hinaus und betonen die dreidimensionale räumliche Struktur von Flusssystemen: Longitudinal innerhalb des Flusses und den Zuläufen, vertikal zwischen Fluss und Gewässersohle und lateral zwischen Fluss, Ufer und Überschwemmungsflächen (WARD & STANFORD 1995). Über die Zeit als vierte Dimension werden die „Zustände“ als Prozess fortwährender Störungen verständlich. Veränderungen und Instabilität als Auswirkung von Hochwasser sind prägende Elemente von Fluss-Aue-Ökosystemen und ihren Lebensgemeinschaften (JUNGWIRTH et al. 2003).

Die anwendungsorientierten, flussmorphologischen Arbeiten in Deutschland fußen zumeist auf Beispielen aus der Planungspraxis und finden ihren Niederschlag in lehrbuchartigen Werken wie MANGELSDORF & SCHEURMANN (1980) oder LANGE & LECHNER (1993). Diese stehen stark im wasserbaulichen Kontext und vermitteln Grundlagen zu verschiedenen Verfahren des Ausbaus und der Unterhaltung der verschiedenen Gewässertypen, weniger dagegen für deren typkonforme Entwicklung. PATT et al. (2004) nehmen die jüngere Entwicklung der typologisch gestützten Planung auf und integrieren diese in ihre Darstellungen des Planungsprozesses.

Geomorphologisch-landschaftsgenetische Untersuchungen, wie beispielsweise von BREMER (1960 und 1968), BRUNNACKER (1978) oder SCHIRMER (1995) sind dagegen in der Grundlagenforschung angesiedelt und vermitteln nicht oder nur indirekt in die Anwendung des erarbeiteten Wissens.

Eine Brücke von der Grundlagenforschung zur Anwendung schlagen die Arbeiten von BRUNOTTE et al. (1994), BRUNOTTE (1995), KERN (1994) und SCHERLE (1999), die mit ihren typologisch basierten Ansätzen praxisrelevante Grundlagen für die Fließgewässerplanung und -entwicklung liefern.

Wegbereiter für den aktuellen Ansatz der planerischen Orientierung an naturräumlich determinierten Gewässertypen mit direktem Bezug zur Besiedlung der Gewässer waren OTTO (1991) und OTTO & BRAUKMANN (1983). Sie lieferten mit ihren Arbeiten den Anstoß für eine Fülle von typologischen Arbeiten, die zumeist einen starken regionalen Bezug aufweisen (Tab. 1).

Tab. 1: Auswahl typologischer Arbeiten zu Fließgewässern und Fließgewässerlandschaften in einzelnen Bundesländern oder Regionen (SOMMERHÄUSER & SCHUHMACHER 2003, ergänzt)

Bundesland	**Auswahl typologischer Arbeiten in chronologischer Reihenfolge Fließgewässertypologien und Fließgewässerlandschaften**
Baden-Württemberg	FORSCHUNGSGRUPPE FLIEßGEWÄSSER 1993, 1998 BRIEM, FLEISCHHACKER, HUMBORG & NADOLNY 1996 BRAUKMANN 1997, 2000 BRIEM 1999 LFU BW 1999
Bayern	BRIEM 2002a
Berlin	-
Brandenburg	ORENDT 1999 LUA BB 2001
Bremen	-
Hamburg	-
Hessen	ARGE LEITBILDER 1996 GESKE et al. 1997 HERING et al. 1997 HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE, JUGEND, FAMILIE UND GESUNDHEIT 1996
Mecklenburg-Vorpommern	LAUN 1997 MEHL & THIELE 1998 LUNG 2002
Niedersachsen	WEBER-OLDECOP 1977, 1981 HAASE 1999 NLÖ 2001 TIMM 1994
Nordrhein-Westfalen	TIMM & SOMMERHÄUSER 1993 MURL NRW 1995 LUA NRW 1996, 1998, 1999a, b, 2001a,b,c,d, 2002, 2003a,b KOENZEN 2002 SOMMERHÄUSER 2005
Rheinland-Pfalz	OTTO 1999
Saarland	LÖFFLER & KINSINGER 1998
Sachsen	LFUG 2004
Sachsen-Anhalt	-
Schleswig-Holstein	GARNIEL 1997 LANU 2001
Thüringen	JOHST 1998

Region	
Deutschland	OTTO & BRAUKMANN 1983 BRAUKMANN 1987 SCHMEDTJE et al. 2001 BRIEM 2000 und 2003 POTTGIESSER et al. 2004a, b, c
Norddeutsches Tiefland	SOMMERHÄUSER & SCHUHMACHER 2003
Elbe-Einzugsgebiet	TIMM et al. 1995 ROMMEL 2001 KERN & FLEISCHHACKER 2005
Donau-Einzugsgebiet	ICPDR 2003
Rhein-Einzugsgebiet	IKSR 2004, HERING et al. 2005
Oder-Einzugsgebiet	WWF 2000
Weser-Einzugsgebiet	KOENZEN 2002

Ab Mitte der 1990er Jahre entstanden somit im Vorgriff zur WRRL zahlreiche, teils regionale Landestypologien, zu denen insbesondere die vorlaufenden Arbeiten aus Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg, Hessen und Nordrhein-Westfalen zu nennen sind (Tab. 1).

Diese Arbeiten zu Landestypologien und Leitbildbeschreibungen greifen mit ihrem Ansatz, den potenziell natürlichen Gewässerzustand zu beschreiben, den aktuellen Vorgaben der WRRL voraus oder ebneten diesen den Weg.

Als Grundlagenwerk von weitreichender Bedeutung für die bundesweite Bearbeitung sind hierbei die Arbeiten von BRIEM (2002b, 2003) zu nennen, der mit der Erarbeitung von Gewässerlandschaften die flächenhafte Basis für die Ausweisung von Fließgewässertypen gelegt hat. Der Schwerpunkt der Arbeiten BRIEMS liegt hierbei auf der Ausweisung orographisch und geologisch determinierter Gewässerlandschaften, die typologisch homogene Rahmenbedingungen für die Gewässerentwicklung bieten. BRIEM integriert dabei weitmöglichst die vorliegenden Landestypologien. Der Fokus ist auf die feingliederige Zuordnung der kleineren bis mittleren Fließgewässer ausgerichtet. Für die größeren Gewässer mit Auen > 300 m Breite weist BRIEM für alle Naturräume Deutschlands fünf zumeist über Mischsubstrate definierte Typen aus. BRIEM verweist auf den besonderen Charakter der größeren Flüsse und Ströme, die in ihren eigenen Aufschüttungen fließen und „nicht mehr unmittelbar vom umgebenden Gelände geformt und beeinflusst werden“. Somit müssen sie nicht durch die Fließgewässerlandschaft, in der sie verlaufen, bestimmt sein, sondern prägen eigene Landschaften (BRIEM 2003 Kurzfassung: 19).

Die jüngsten fließgewässertypologischen Arbeiten sind gezielt darauf ausgerichtet, den Anforderungen der WRRL an ein typbasiertes Bewertungssystem und eine typkonforme Ausrichtung der Bewirtschaftungsplanung gerecht zu werden (EG 2000). Das Ergebnis der aktuellen bundesdeutschen Gewässertypologie zeigt Tabelle 2 nach SOMMERHÄUSER & POTTGIESSER (2005), die, mit den Gewässerlandschaften BRIEMS als Grundlage, biozönotisch relevante Fließgewässertypen ausweist. Tabelle 3 gibt einen Überblick, welche Fließgewässertypen für das vorliegende Vorhaben relevant sind.

Tab. 2: Biozönotisch bedeutsame Fließgewässertypen Deutschlands - Qualitätskomponente Makrozoobenthos (SOMMERHÄUSER & POTTGIESSER 2005, verändert)

Ausgewählte Gewässerlandschaften und Regionen nach BRIEM (2003)	**biozönotischer Typ***			
	Längszonierung[1) 2)]			
	Bach	**Kl. Fluss**	**Gr. Fluss**	**Strom**
Ökoregion 4: Alpen, Höhe > 800 m				
Kalkalpen, Flyschzone	**1[3)]**			
Ökoregion 9 (und 8): Mittelgebirge und Alpenvorland, Höhe ca. 200 - 800 m und höher				
Alpenvorland				
Tertiäres Hügelland, Niederterrassen, Ältere Terrassen, Altmoränenland	**2[4)]**		**4**	
Jungmoränenland	**3[5)]**			
Auen (über 300 m Breite)				
Mittelgebirge				
Gneis, Granit, Schiefer, übrige Vulkangebiete	**5**	**9**	**9.2**	
Buntsandstein, Sandbedeckung	**5.1**			
Lößregionen, Keuper, Kreide	**6**	**9.1**		
Muschelkalk, Jura, Malm, Lias, Dogger, Kalke	**7**			
Auen (über 300 m)				**10**
Ökoregion 14: Norddeutsches Tiefland, Höhe < 200 m				
Sander, Sandbedeckung, Grund- und Endmoräne	**14**	**15**		
Lößregionen	**18**			
Grund- und Endmoräne, Ältere Terrassen	**16**	**17**		
Auen (über 300 m)				**20**
Marschen	**22[6)]**			
Jungmoränenland: Grundmoränen	**23**			
Ökoregion unabhängige Typen				
Sander, Lößregionen, Auen (vermoort)	**11**	**12**		
Auen (über 300 m) hier: in Niederungsgewässern (Anmerk. des Autors)	**19**			
Sander, Grund- und Endmoräne	**21**			

[1)] Zu den Größenangaben der Fließgewässer: Hinter den Kurzbezeichnungen „Bach“, „Kleiner Fluss“, „Großer Fluss“ und „Strom“ sind Größenangaben der EZGe hinterlegt, sie beziehen sich auf die Kategorien der WRRL. Da sich die biologische Ausprägung der Fließgewässer im Längsverlauf in den jeweiligen Ökoregionen nicht immer in gleicher Weise mit der Änderung der Größenklasse des EZGes ändert, wird darauf hingewiesen, dass die Angaben einen orientierenden Charakter haben. Sie sind jedoch für die Anlage und Verwaltung von Untersuchungsstellen in Datenbanken als konkret fassbarer Parameter unerlässlich. Kleines EZG („Bach“): ca. 10-100 km^2 , mttelgroßes EZG („kl. Fluss“): ca. >100-1.000 km^2, großes EZG („gr. Fluss“): ca. >1.000-10.000 km^2, sehr großes EZG („Strom“): ca. >10.000 km^2

[2)] Die in der Tabelle aufgeführten Typen sind hinsichtlich längszonaler biozönotischer sowie prägender zoogeographischer Unterschiede noch nicht hinterlegt. Dieses muss jedoch bei der Festlegung typspezifischer biologischer Referenzbedingungen einbezogen werden (Hinweis bezogen besonders auf Qualitätskomponente Fische).

[3)] Differenzierung in Subtypen 1.1 „Bäche und kleine Flüsse der Kalkalpen“ sowie Subtyp 1.2 „Große Flüsse der Kalkalpen“.

[4)] Differenzierung in Subtyp 2.1 „Bäche des Alpenvorlandes“ sowie Subtyp 2.2 „Kleine Flüsse des Alpenvorlandes“.

[5)] Differenzierung in Subtyp 3.1 „Bäche der Jungmoräne des Alpenvorlandes“ sowie Subtyp 3.2 „Kleine Flüsse der Jungmoräne des Alpenvorlandes“.

[6)] Die Typen-Differenzierung ist noch nicht abgeschlossen.

*Nummerierung vgl. Tab. 3

Tab. 3: Biozönotisch relevante Fließgewässertypen Deutschlands (SOMMERHÄUSER & POTTGIESSER 2005) und ihre Betrachtung innerhalb des Vorhabens

Typ	Name	Projektkulisse
1	Fließgewässer der Alpen	
2	Fließgewässer des Alpenvorlandes	
3	Fließgewässer der Jungmoräne des Alpenvorlandes	
4	große Flüsse des Alpenvorlandes	√
5	grobmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche	
5.1	feinmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche	
6	feinmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche	
7	grobmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche	
9	silikatische, fein- bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse	√
9.1	karbonatische, fein- bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse	√
9.2	große Flüsse des Mittelgebirges	√
10	kiesgeprägte Ströme	√
11	organisch geprägte Bäche	
12	organisch geprägte Flüsse	√
14	sandgeprägte Tieflandbäche	
15	sand- und lehmgeprägte Tieflandflüsse	√
16	kiesgeprägte Tieflandbäche	
17	kiesgeprägte Tieflandflüsse	√
18	löss-lehmgeprägte Tieflandbäche	
19	kleine Niederungsgewässer in Fluss- und Stromtälern	
20	sandgeprägte Ströme	√
21	seeausflussgeprägte Fließgewässer	
22	Marschengewässer	
23	rückstau- und brackwasserbeeinflusste Ostseezuflüsse	

Eine erste differenzierte Typologie der Flüsse wurde 2001 für Nordrhein-Westfalen erarbeitet (LUA NRW 1999b und 2001b, EHLERT 2000, EHLERT et al. 2002, KOENZEN 2000). Die Arbeiten mündeten in einem offenen Typologiesystem, welches sowohl für verschiedene Gewässergrößen als auch Naturräume erweiterbar ist und letztlich auch die Schnittstelle zum auentypologischen Ansatz liefert (Abb. 1).

Diese Arbeiten wurden für die Ströme Weser (KOENZEN 2002) und Rhein (QUICK 2004) fortgesetzt, die nachfolgend die Basis für die abschnittsweise Untergliederung der Ströme unter geomorphologischen Gesichtspunkten bildeten (POTTGIESSER, T. & SOMMERHÄUSER, M. 2004b). An dieser Stelle besteht mit den vorliegenden Fluss- und Stromtypologien die Schnittstelle zur nachfolgend dargestellten Typologie der Fluss- und Stromauen und dies sowohl in methodischer als auch funktionaler Hinsicht.

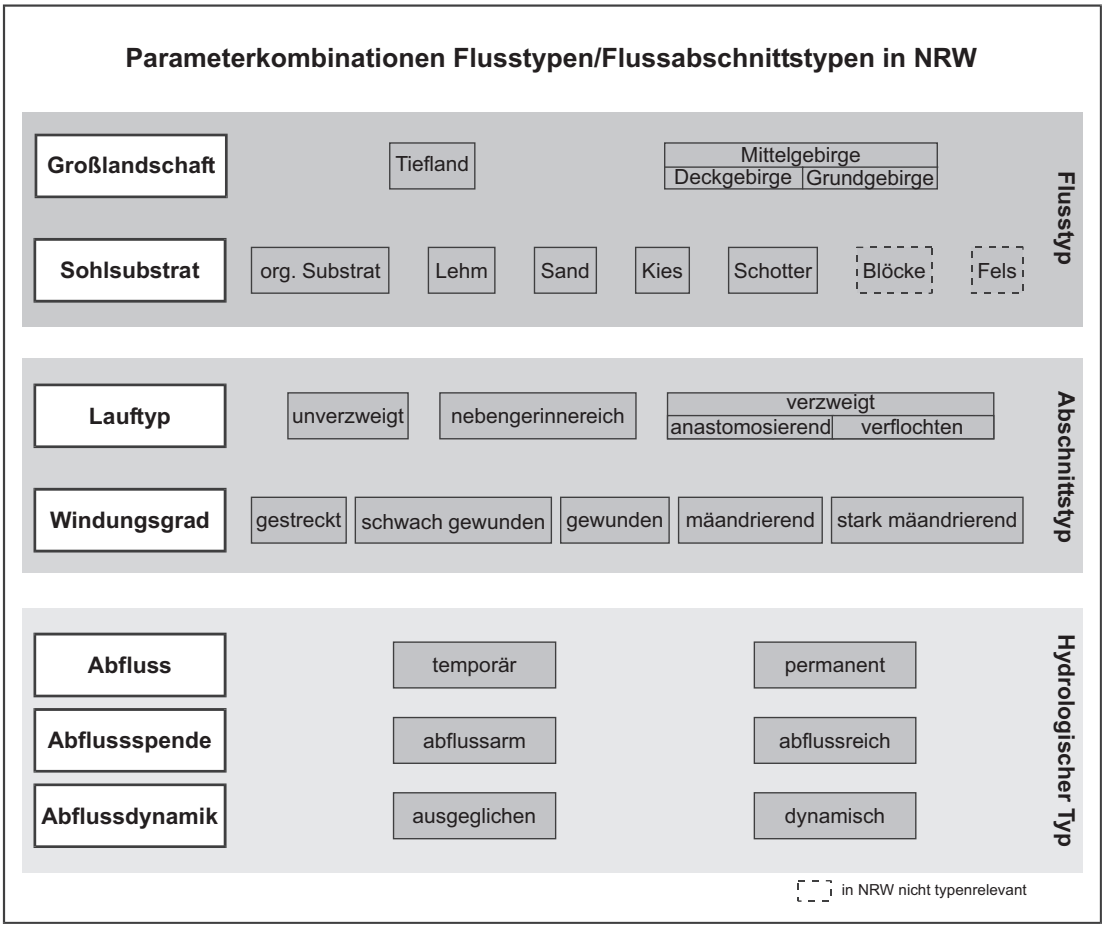


Abb. 1: Beispielhaftes Typdiagramm für Flusstypen (KOENZEN 2000)

Die bisher vorliegenden Arbeiten zur standörtlichen Qualität von Auen besitzen vorrangig regionale (LAZOWSKI 1996) oder lokale Bezüge und weisen häufig einen hohen Detaillierungsgrad auf. So legen DISTER (1980) und HÜGIN & HEINRICHFREISE (1992) wesentliche Grundlagen für das Verständnis der Ökologie der Auen, die so wichtige methodische Ansatzpunkte für das F+E-Vorhaben liefern. Hierbei sind insbesondere die „Ökogramme" DISTERS (1999) als auch die „Wasserstufen" von HÜGIN & HEINRICHFREISE (1992) zu nennen, die in veränderter Form Eingang in die hier vorliegende Arbeit finden (VAN DE WEYER 2005).

Die vorliegenden typologischen Arbeiten beschränken sich bisher vor allem auf kleine und mittelgroße Fließgewässer und deren Formenschatz; die Auen bleiben dabei weitgehend außen vor. Die Bearbeitungen enthalten zudem noch keine ausreichende Differenzierung der standörtlichen Potenziale der Auen. Vor allem hydraulisch-hydrologische Aspekte sind bislang nicht hinreichend integriert. Dieses Vorhaben zeigt die nicht trennbare funktionale Verknüpfung von Gewässern und Auen auf – soweit diese Trennung nach den nachfolgend dargestellten Kenntnissen überhaupt geboten scheint (BfN 2005a). Die Arbeit erweitert die bestehenden typologischen Ansätze maßgeblich, indem sie die Auen mit einschließt und die Fluss- und Auenmorphologie sowie die hydraulisch-hydrologischen Aspekte betrachtet. Zur Diskussion steht letztlich somit auch, ob das Bild des klar definierbaren „Gewässers" mit anschließender Aue revidiert bzw. angepasst werden muss.

1.3 Projektinhalte – Anwendungen und Grenzen

Mit der bundesweiten Typisierung und Leitbildbeschreibung werden die Fluss- und Stromauen anhand wesentlicher morphologischer und hydrologischer Parameter klassifiziert und in anschaulicher Form als Leitbilder beschrieben. Damit wird ein einheitlicher Rahmen für die ökologische Bewertung und die planerische Ausrichtung von Maßnahmen für eine naturnahe Entwicklung von Flüssen und Auen geschaffen.

Die Auentypen werden räumlich zugeordnet und beschreiben mittels beispielhafter abschnittstypbezogener Leitbilder den potenziell natürlichen Zustand der unterschiedlichen Auenökosysteme. Die Leitbilderstellung für Flussauen dient der Beschreibung der natürlichen Formenvielfalt sowie der pointierten Abgrenzung idealisierter Auentypen.

Auf Grund der verwendeten Daten (Kap. 2) und der gewählten Vorgehensweise bietet die vorliegende Arbeit einen bewusst in Struktur und Methodik offenen und erweiterbar gehaltenen typologischen Rahmen. Die Ausweisung und räumliche Verortung der Auentypen erfolgt in einem Arbeitsmaßstab von 1:100.000 – 1:200.000, die abschließende kartographische Darstellung im Maßstab 1:1.000.000. Allein die Maßstabsebene macht deutlich, dass bei regionalen bzw. insbesondere lokalen Fragestellungen und Maßnahmen entsprechende Untersuchungen sowie Präzisierungen und ggf. Anpassungen vorgenommen werden müssen.

Nachfolgend werden somit Auentypen ermittelt, beschrieben und letztlich auch lokalisiert.

Für die räumliche Zuordnung der Auenabschnittstypen, die typologische Untereinheit der Auentypen, werden Grundlagendaten zu Substraten, Gefälledifferenzierungen und Wasserdargebot kartographisch dargestellt (Karte im Anhang), ohne jedoch eine abschließende Verortung vorzunehmen.

Die Leitbilder werden auf Abschnittstypenebene beschrieben und durch Abbildungen (Fotos, Blockbilder, Ökogramme, Querschnitte, Geländemodelle, Hydromorphogramme) visualisiert. Dies war durch die detaillierte Auswertung von beispielhaften Auenabschnitten im Maßstab 1:5.000 bis 1:25.000 möglich. Die textliche Beschreibung der Auenabschnittstypen wird durch Tabellen ergänzt, in denen wesentliche Charakteristika in der Übersicht zusammengefügt sind. Die Grundlagen für eine Verortung der Abschnittstypen sind somit gelegt, und unter Beachtung der im Nachfolgenden dokumentierten Rahmenbedingungen für die räumliche Zuordnung ist auch auf regionaler oder lokaler Ebene eine Zuordnung zu Auenabschnittstypen möglich.

Dennoch stellen auch die Auenräume, auf denen die Leitbilddarstellungen aufsetzen, nur ausgewählte Teilmengen der potenziell natürlichen Ausprägungen dar. Die lokale Konkretisierung der Auenleitbilder ist jedoch nicht auf Bundesebene zu leisten, und eine kleinräumige typkonforme Bewertung und Planung bedingt somit die Anpassung und Umsetzung auf regionaler oder lokaler Ebene.

2 Entwicklung der Auentypologie

Das nachfolgende Kapitel beschreibt nach der Definition zentraler Begriffe die grundsätzliche Vorgehensweise bei der Entwicklung der Auentypologie Deutschlands.

Neben der Methodik werden die Datengrundlagen dezidiert beschrieben, da diese erheblichen Einfluss auf die Anwendbarkeit und vor allem die Grenzen der Anwendbarkeit besitzen.

Weiterhin erfolgt eine differenzierte Herleitung und Darstellung der Einzelparameter, die für die spätere Typisierung herangezogen werden.

2.1 Begriffsbestimmung und Rahmenbedingungen

Auf Grund der in der nationalen und internationalen Fachliteratur sehr unterschiedlich verwendeten Begrifflichkeiten rund um die Thematik „Auen“ wird im Folgenden ein Überblick über die zentralen Definitionen gegeben, wie sie innerhalb des vorliegenden F+E-Vorhabens verstanden werden.

Zunächst erfolgt die Beschreibung der Begriffe, die den Titel der vorliegenden Arbeit bestimmen:

GEPP et al. (1985) definieren die **Aue** schlicht als „jene Talzone, die innerhalb des Einflussbereiches von Hochwassern liegt".
Auen – althochdeutsch „ouwa, das Land am Wasser“ sind im Sinne des Vorhabens die von Überflutungen und wechselnden Wasserständen des Oberflächen- und Grundwassers geprägten Talböden und Niederungen an Fließgewässern.

Während in der Literatur häufig zwischen „rezenten Auen“ im Deichvorland und „Altauen“ im Deichhinterland (HÜGIN & HENRICHFREISE 1992) unterschieden wird, sind Auen in dieser Arbeit dezidiert in ihrer potenziell natürlichen Ausprägung und Ausdehnung zu verstehen (BFN 2005a).

Nahezu alle Gewässertypen weisen im potenziell natürlichen Zustand begleitende Auen auf; als Ausnahmen können viele Oberläufe kleiner Gewässer der Mittelgebirge und Alpen sowie cañon- und klammartige Talsituationen benannt werden (BRIEM 2003).

Innerhalb des F+E-Vorhabens wurde die Betrachtung auf Flussauen von Gewässern mit einer oberirdischen Einzugsgebietsgröße von mindestens 1.000 km² fokussiert. Bei der Typologieentwicklung wird zwischen Flussauen (1.000 – < 30.000 km²) und Stromauen (≥ 30.000 km²) differenziert. Die Übergangsgewässer im Sinne der WRRL sind nicht Gegenstand der Betrachtungen.

Generell ist die **Typologie** (Wissenschaft von den Typen) ein „methodisches Hilfsmittel, mit dem reale Erscheinungen geordnet und überschaubar gemacht werden, indem das als wesentlich Erachtete zum Ausdruck gebracht wird. Der einzelne Typus (Typ) repräsentiert eine Vielzahl von Erscheinungen, die ein gemeinsames Merkmal (bzw. gemeinsame Merkmale) aufweisen“

(GABLER 2002). Zudem will Typologie die „...anschauliche Unterscheidung von Modell- oder Grundform sein. Typologie bildet die Grundlage vieler Wissenschaften, da sie eine Ordnung der Mannigfaltigkeit des Materials erlaubt und hat in vielen wissenschaftlichen Fächern eine bedeutende Stellung ...“ (SOMMERHÄUSER & SCHUHMACHER 2003).

Daher sind im Folgenden Auen mit ähnlichen Eigenschaften im Hinblick auf die Charakteristik des Einzugsgebietes (s. die Begriffsdefinition von → *Gewässergroßlandschaft* unten), die morphologischen und hydrologischen Rahmenbedingungen (→ *Gefälle und Abflussregime*) als übergeordneter **Auentyp** zusammengefasst.

Die **Auenabschnittstypen** spezifizieren die genannten Eigenschaften mittels der Beschreibung von Substraten (→ Deck- und Basissubstrat), Gerinnebettform (→ Lauftyp und Windungsgrad), Abflusscharakteristika (→ Abflussdynamik und Wasserdargebot) und Überflutungs- und Grundwasserdynamik (→) sowie des Summenparameters Hydromorphodynamik (→) und beschreiben so letztlich die standörtlichen Bedingungen für die Lebensgemeinschaften der Auen.

Um die Spannbreite der Ausprägungen aufzuzeigen, werden die Auenabschnittstypen beispielhaft anhand von ausgewählten Auenabschnitten konkretisiert und als **Leitbilder** bzw. **Referenzzustände** beschrieben.

Die Begriffe Leitbild und Referenzzustand sind, wie nachfolgend dargelegt, hinsichtlich ihrer Bedeutung synonym zu verstehen. In der vorliegenden Arbeit findet der Begriff „Leitbild“ Verwendung.

Das **Leitbild** definiert den Zustand einer Aue anhand des heutigen Naturpotenzials des Gewässerökosystems auf der Grundlage des Kenntnisstandes über dessen natürliche Funktionen. Das Leitbild schließt insofern irreversible anthropogene Einflüsse auf das Gewässerökosystem ein, beschreibt jedoch keine am Ist-Zustand orientierten Sanierungsziele mit möglichen Kosten-Nutzen-Betrachtungen. Leitbilder dienen in erster Linie als Grundlage für die Bewertung des Auenökosystems und können als das aus rein fachlicher Sicht maximal mögliche Sanierungsziel verstanden werden (KOHMANN 1997, LUA NRW 2001b).

Der **Referenzzustand** beschreibt die typspezifischen hydromorphologischen und chemisch-physikalischen Bedingungen, welche die Rahmenbedingungen für die Ausbildung des sehr guten ökologischen Zustands der biologischen Qualitätskomponenten bilden (EG 2000, SCHRENK 1995 und 1996).

Die hydromorphologischen Qualitätskomponenten werden wiederum dreigeteilt (EG 2000, Anhang V), in

- Wasserhaushalt,
- Durchgängigkeit des Flusses,
- Morphologie.

Der sehr gute Zustand der morphologischen Verhältnisse wird nach WRRL wie folgt beschrieben:

„Laufentwicklung, Variationen von Breite und Tiefe, Strömungsgeschwindigkeiten, Substratbedingungen sowie Struktur und Bedingungen der Uferbereiche entsprechen vollständig oder nahezu vollständig den Bedingungen bei Abwesenheit störender Einflüsse“ (EG 2000).

An dieser Stelle sind „störende Einflüsse“ als Beeinträchtigungen des wirtschaftenden Menschen auf das Fließgewässerökosystem zu verstehen. Der typspezifische sehr gute Zustand der hydromorphologischen Bedingungen definiert somit den Rahmen für die biozönotischen Qualitätskomponenten. Sind für einen Typ keine entsprechenden Referenzsituationen in der Realität anzutreffen – dies ist bei größeren Gewässern und Auen eher die Regel als die Ausnahme – können diese Rahmenbedingungen auf Grundlage von faktenbasierten Annahmen modelliert werden, wie dies im Rahmen der Leitbildentwicklung geschieht. Somit entspricht das Leitbild nach LAWA-Definition hinsichtlich der angesetzten Rahmenbedingungen dem Referenzzustand (= sehr guter Zustand) im Sinne der WRRL (KOENZEN 2004).

Da die hier bearbeiteten Gewässer und Auen in keinem Fall in unbeeinträchtigter Ausprägung in der Realität anzutreffen sind, beschränken sich Geländeuntersuchungen auf die Dokumentation von **Referenzstrukturen**. Dies können einzelne Bankstrukturen, das Feinrelief der Aue oder einzelne Stillgewässerkomplexe sein, die nahe der potenziell natürlichen Ausprägung sind und zum Formenschatz des Auentyps gehören und so Kompartimente für die Modellierung des potenziell natürlichen Zustandes liefern (LUA NRW 2001b).

Leitbildzustände sind in erster Linie eine wissenschaftlich hergeleitete, aber praxisnahe Grundlage zur Ableitung von Entwicklungszielen und dienen der ökologischen Bewertung.

Das **Entwicklungsziel** ist dagegen die in einem überschaubaren Zeitraum aus gewässerökologischer Sicht maximal erreichbare Annäherung an den potenziell natürlichen Zustand des Fließgewässers unter Berücksichtigung der sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen (MUNLV NRW 2004).

Bei der Leitbilderarbeitung sind auf Grund des aktualistischen Ansatzes weit reichende, **irreversible anthropogene Veränderungen** von Relief, Auensubstraten und Grundwasserverhältnissen zu berücksichtigen. Diese Überprägungen zeichnen sich als irreversibel aus, da die natürlichen Standortverhältnisse nicht bzw. in planerisch irrelevanten Zeiträumen durch natürliche Prozesse und eigendynamische Entwicklungen der Gewässer, ihrer Auen und der Einzugsgebiete in einen unbeeinflussten Zustand geführt werden können.

Sie umfassen nach LUA NRW (2001b)

- anthropogen induzierte und verstärkte Auenlehmsedimentation,
- extreme Mineralisation organischer Böden,
- einen stark veränderten Nährstoffhaushalt,
- großflächige Veränderungen des Reliefs, des Grundwassers und des Untergrundes (Substrate), z. B. durch Bergbau,
- Sohlerosion der Ströme bei Erreichen leichter erodierbarer Substrate (z. B. Erosion des Niederrheins in die unterhalb der Kiese lagernden, extrem erosionsanfälligen tertiären Sande; AG RHEINSOHLENEROSION 1997).

Die irreversiblen Veränderungen sind Teil der Rahmenbedingungen zur Beschreibung der Leitbilder. Auf Bundesebene können irreversible Veränderungen zwar benannt und ihre grundsätzlichen Auswirkungen beschrieben, aber keine Einzelfallbetrachtungen vorgenommen werden. Flussauen mit sehr weit reichenden anthropogenen Veränderungen, z. B. in Bergbaufolgelandschaften, bedürfen hinsichtlich der Konkretisierung besonderer Aufmerksamkeit.

Die anthropogen induzierte oder zumindest verstärkte Auenlehmsedimentation von Feinmaterial in den Auen der Gewässer führt zu veränderten standörtlichen Bedingungen. Diese finden bei der Beschreibung der vegetationskundlichen Verhältnisse Berücksichtigung. Unter morphologischen Aspekten kann die Auenlehmbildung weitgehend vernachlässigt werden, da die laterale Erosion von Flüssen und Strömen unterhalb der bindigen und vergleichsweise erosionsstabilen Auenlehme ansetzt und keine generelle Einschränkung der seitlichen Verlagerung darstellt.

Die weit fortgeschrittene Entwässerung der Landschaft durch Meliorationsmaßnahmen sowie nutzungsorientierte Vorflutverhältnisse lösen Mineralisierungsprozesse in Niedermoorböden aus. Die flächenhafte Mineralisation organischer Böden führt, wie die Sedimentation der Auenlehme, zu veränderten standörtlichen Verhältnissen. Allerdings ist bei der Wiederherstellung von ehemaligen oberflächennahen Grundwasserständen meist eine Revitalisierung der Niedermoore zu erwarten.

Das menschliche Wirken hat in der Landschaft zu einer veränderten Nährstoffsituation geführt. Das Überangebot von verfügbaren Nährstoffen nimmt in erster Linie Einfluss auf das Pflanzenwachstum. Im Leitbildzustand wird von einer sukzessiven Abnahme des Nährstoffgehaltes ausgegangen, die vor allem im Fließgewässer rasch zu einer Verringerung der Nährstofffracht führt. Daher werden für den aquatischen Bereich alle Vegetationstypen genannt, die bei dominantem Auftreten zumindest auch ein Hauptvorkommen in nährstoffarmen Fließgewässern besitzen. Für den semiterrestrischen Bereich werden nährstoffärmere Standorte unter Leitbildbedingungen vor allem durch die Entwicklung von Rohböden erhebliche Flächen der Ufer und Auen einnehmen.

Auf Grund bergbaulicher Aktivitäten treten z. B. in den west- und ostdeutschen Bergbaurevieren verschiedenartige, großflächige Veränderungen des Reliefs und Untergrundes und damit

irreversible Veränderungen der leitbildrelevanten Rahmenbedingungen auf. Für die Bergbaufolgelandschaften, z. B. der westlichen Niederrheinischen Bucht oder der Lausitz, ergeben sich langfristig gegenüber dem natürlichen Zustand veränderte hydrogeologische Verhältnisse, die Einzelfallbetrachtungen hinsichtlich der Grund- und Bodenwasserverhältnisse notwendig machen. Reliefveränderungen – hier zumeist Bergsenkungen oder tagebauliche Einflüsse – können die Vorflutverhältnisse von Fließgewässern und die Grundwasserverhältnisse von Auen derartig verändern, dass diese ohne den Einsatz technischer Mittel – zumeist Vorflutpumpanlagen oder auf Dämmen geführte Gewässer – auf weiten Strecken Stillgewässercharakter annehmen würden. Derartige Gewässer- und Auenabschnitte entziehen sich einer standardmäßigen Herleitung von naturräumlich begründeten Leitbildern. Ähnliches gilt für Laufabschnitte, deren geologische Verhältnisse durch Verfüllung oder großräumige Umtrassierungen derart verändert sind, dass die Zuordnung eines natürlichen Substrates unmöglich ist.

Die Sohlerosion der Ströme schafft – soweit sie nicht durch laterale Verlagerung und autogene Sohlaufhöhung im Leitbildzustand kompensiert wird – eine gegenüber den natürlichen Verhältnissen veränderte Erosionsbasis für die zufließenden Gewässer. Da jedoch unter potenziell natürlichen Bedingungen von einer freien seitlichen Verlagerung auszugehen ist, entsteht ein Gewässer- und Auensystem mit einem vollständigen Formenschatz in anderer Höhenlage. Dieser Prozess entspricht der holozänen Bildung von Talstufen, die das jeweils rezente Auenniveau gegen ältere, höher gelegene Niveaus abgrenzen (LUA NRW 2001b).

Definitionen zu Einzelbegriffen und Parametern finden sich in den entsprechenden Einzelkapiteln (Kap. 2.2), um dort im jeweiligen Kontext definiert und erläutert zu werden.

2.2 Methodik und Parametrisierung

Wie in Kapitel 1.2 dargestellt, liegt bislang keine einheitliche und konsistente Methodik zur Typisierung von Auen vor (BFN 2005b), so dass im Rahmen des Vorhabens eine entsprechende Vorgehensweise für die Erstellung der Typologie wie auch der Leitbilder zu erarbeiten war.

Nachfolgend werden die gewählte Vorgehensweise, die Datengrundlagen und die Parametrisierung der Auentypologie Deutschlands beschrieben.

2.2.1 Vorgehensweise und Datengrundlagen

Für die Bearbeitung wurde ein mehrphasiges Verfahren gewählt, welches in komprimierter Form in Abbildung 2 dargestellt ist:

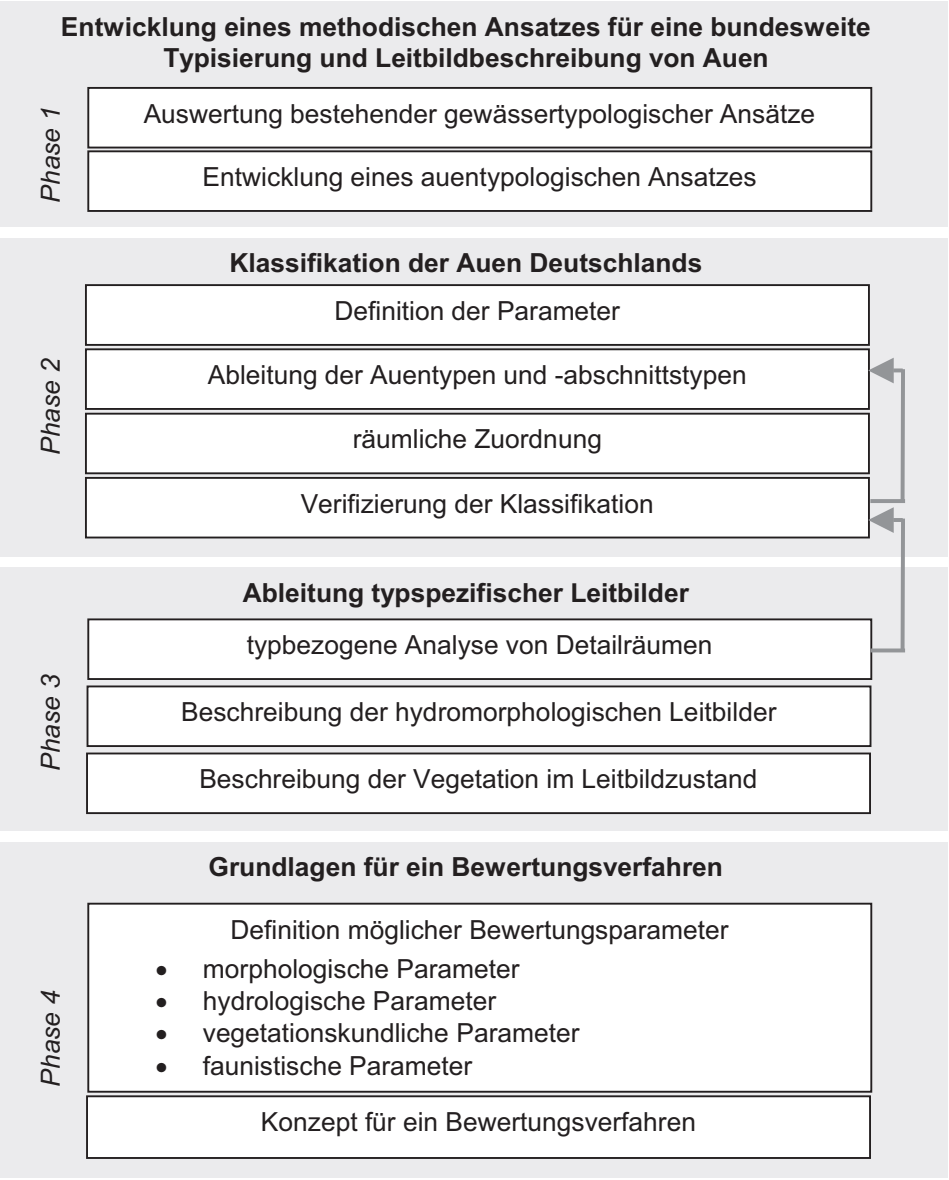


Abb. 2: Vorgehensweise bei der Erstellung der bundesweiten Typologie und Leitbildentwicklung für Fluss- und Stromauen

Phase 1

Die **Entwicklung eines methodischen Ansatzes für eine bundesweite Typisierung und Leitbildbeschreibung** gliedert sich in zwei Schritte.

Schritt 1: Als Grundlage für die Bearbeitung wurden bestehende fließgewässertypologische Ansätze ausgewertet und auf potenzielle Eignung bzw. Schnittstellen untersucht (Kap. 1.2).

Schritt 2: Im folgenden Schritt wurde deutlich, dass eine treffende Charakterisierung der standörtlichen Verhältnisse der Auen einer stärkeren Berücksichtigung der hydrologischen und hydraulischen Verhältnisse bedarf, als dies bislang im Rahmen der gewässertypologischen Arbeiten erfolgte. Wesentliches Element der Auentypisierung ist die Kombination geomorphologischer und hydraulisch-hydrologischer Parameter.

Phase 2

Die **Klassifikation der Auen Deutschlands** gliedert sich in vier Schritte.

Schritt 1: Zu Beginn stand die Definition der Parameter, die geeignet sind, die Auen unter typologischen Aspekten zu gruppieren und zu beschreiben (Kap. 2.2.2).
Schritt 2: Der folgende Schritt umfasste die Aufarbeitung der parametrisierten Grundlagendaten in einem Geographischen Informationssystem (GIS). Auf dieser Basis erfolgte durch Verschneidung der Parameter die Generierung von möglichen Auentypen, die in den weiteren Arbeitsschritten iterativ zu den letztlich beschriebenen Auentypen und –abschnittstypen führten (Kap. 3.1).
Schritt 3: Die Grundlagendaten wie auch die Auentypen wurden nachfolgend räumlich zugeordnet (Karte siehe Anhang).
Schritt 4: Im letzten Schritt der zweiten Phase wurden die Auentypen durch Abgleich mit den Ergebnissen aus den Detailräumen (Phase 3) sowie mit Abfragen bei den Fachbehörden auf Landesebene verifiziert. Zudem wurde das gesamte Vorhaben von einer Arbeitsgruppe mit Ländervertretern und ausgewiesenen Fachleuten (Impressum) begleitet und Zwischenergebnisse auf einem Workshop diskutiert.

Phase 3

Die **Ableitung typspezifischer Leitbilder** dient sowohl der Verifizierung als auch der praxisorientierten und ausführlichen Darstellung der vorangehend definierten Auentypen.

Schritt 1: Unter Verwendung feinauflösender digitaler Geländemodelle, detaillierter Bodeninformationen, durch Begehungen bzw. Befliegungen und hydrologisch-hydraulischer Daten wurden Detailräume bearbeitet (Kap. 3.2 ff).
Schritt 2: Dieser Arbeitsschritt mündete in der Beschreibung der hydromorphologischen Leitbilder auf Abschnittstypenebene.
Schritt 3: Die hydromorphologischen Leitbilder lieferten die Basis für die Definition der entsprechenden Vegetation im Leitbildzustand. Die Ergebnisse werden in Form von Tableaus dargestellt, die die zentralen Abbildungen für die Charakterisierung eines Abschnittstyps enthalten. Ergänzende Beschreibungen finden sich in textlicher und tabellarischer Form.

Phase 4

Die Erarbeitung von **Grundlagen für ein Bewertungsverfahren** (Kap. 4) erfolgt in der letzten Phase. Es soll künftig eine leitbildgestützte Bewertung von Fluss- und Stromauen ermöglichen.

Schritt 1: In einem ersten Schritt wurden Bewertungsparameter definiert. Dies erfolgte sowohl unter morphologischen als auch hydrologischen Aspekten, um die standörtlichen Bedingungen im Bewertungsverfahren adäquat abbilden zu können (MIEHLICH 2001).
Schritt 2: Im zweiten Schritt wurden unter bioökologischen Aspekten Vorschläge für vegetationskundliche und faunistische Parameter erarbeitet, wobei die Auswahl von Pflanzen- und Tiergruppen begründet und erste Einschätzungen zur Datenlage gemacht wurden.

Die wichtigsten Datengrundlagen für die oben beschriebene Vorgehensweise sind beispielhaft in Tabelle 4 zusammengestellt.

Tab. 4: Zusammenstellung der wichtigsten Datenquellen für eine bundesweite Typisierung der Fluss- und Stromauen und zur Beschreibung der Leitbilder

GIS-Analyse (ArcGIS, ArcView), halbautomatisierte Gefälleermittlung (Avenue-Programmierung), Hydraulik-Modellierung (Hec-RAS) folgender Daten:

Klein- bis mittelmaßstäbliche Daten auf Bundes- und Landesebene:

- Pegeldaten der Wasserwirtschaftsverwaltungen der Länder und der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes
- GÜK 200, vorläufiger Bearbeitungsstand (BGR 2004)
- SRTM-DGM (http://srtm.usgs.gov, Stand: 01/2004)
- DGM 250 (BKG)
- Gewässerlandschaften nach BRIEM (2003)
- DLM 1000 W (BKG 2003)
- DLM 250
- BÜK 300 (LRG Brandenburg 2004)
- KBK Bayern (Bayerisches Geologisches Landesamt 2003)
- DGM 25 der WWA Bayern (ausgewählte Standorte)
- GSGK (LAWA 2002)
- TK 25 Bayern

Rasterdatenaufbereitung (ASCII-Format) z. T. mit TopoSys-Converter der TopoSys-GmbH, GIS-Analyse (ArcGIS, ArcView)

Höher auflösende DGM-Daten der Länder (ausgewählte Bereiche):

- Baden-Württemberg: Laser-Scan DGM
- Bayern: DGM 5, DGM 25
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG): Laser-Scan DGM einzelner Abschnitte von Bundeswasserstraßen (ASCII Daten aus Laser-Scan-Befliegung)
- Hessen: DGM 5
- Mecklenburg-Vorpommern: DGM 25, DGM 50
- Niedersachsen: DGM 5, TK 25 (Rasterdaten), DGK5-Höhenlinien
- Nordrhein-Westfalen: DGM 5
- Zweckverband Gewässer-Randstreifen-Projekt Spreewald: Laser-Scan DGM
- Rheinland-Pfalz: DGM 20

Analyse analoger historischer Karten bzgl. Formenschatz in der Aue, Breitenvarianz und Windungsgrad des Gewässers

Kartenwerke und Kartenblätter folgender Landesvermessungsämter mit Jahreszahlen:

Baden-Württemberg:	1828 – 1847
Bayern:	1819 – 1825
Brandenburg:	1826 – 1937
Hessen:	1801 – 1858
Niedersachsen:	1805 – 1901
Nordrhein-Westfalen:	1836 – 1912
Sachsen:	1889 – 1941
Sachsen-Anhalt:	1906 – 1937
Thüringen:	1852 – 1855

2.2.2 Parametrisierung

Der Parametrisierung lag der Anspruch zugrunde, die wesentlichen Steuergrößen für die Ausprägung der Auen auf der Typen- und Abschnittstypenebene zu erfassen und adäquat zu differenzieren. Dabei wurde die biozönotische Bedeutung bei der Auswahl geeigneter Parameter berücksichtigt.

Nach der Auswertung der bestehenden typologischen Ansätze auf Bundes- und Landesebene (Kap. 1.2) sowie nach Rückgriff auf Ergebnisse vorlaufender Projekte (LUA NRW 2001b,c) wurde das in Abbildung 3 dargestellte Parametersystem erstellt. Dieses Parametersystem wird nochfolgend im Überblick erläutert, um im Anschluss auf Einzelparameterebene definiert und beschrieben zu werden.

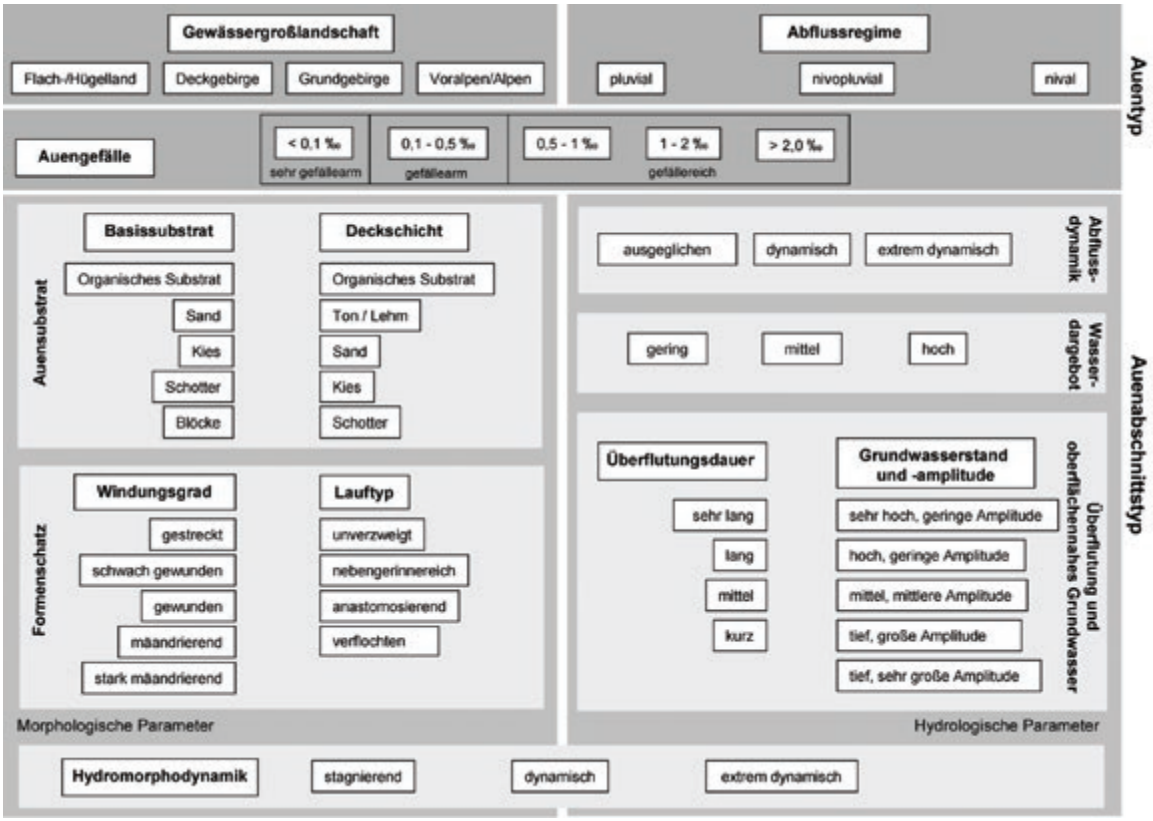


Abb. 3: Beispielhaftes Typdiagramm für die Beschreibung der Auentypen und Auenabschnittstypen

Die typologische Beschreibung setzt auf zwei funktional für die Ausprägung der Auen relevante Säulen auf: die **morphologischen Parameter** – im Diagramm links dargestellt – und die **hydrologischen Parameter** – im Diagramm rechts dargestellt. Die Typologie weist zudem die zwei hierarchischen Ebenen **Auentypen** und **Auenabschnittstypen** aus.

Der **Auentyp** wird durch die Benennung der **Gewässergroßlandschaft**, die das Einzugsgebiet der betrachteten Aue bestimmt, das **Abflussregime** sowie das **Talbodengefälle (= Auengefälle)** charakterisiert.

Gewässergroßlandschaft und Abflussregime integrieren in hohem Maße die wesentlichen Steuergrößen für die Ausprägung des Auentyps, da sich mit ihnen sowohl der Feststoffhaushalt (Art und Umfang des Geschiebetransportes) als auch näherungsweise Quantität und jahreszeitliche Verteilung des Abflusses beschreiben lassen. Zudem werden die Ökoregionen im Sinne der WRRL abgedeckt.

Das Talbodengefälle eignet sich in besonderer Weise für eine übergeordnete Typisierung der Auen, da es neben den Abflussmengen maßgeblich das Fließen des Wassers in Gewässer und Aue und damit die morphodynamischen Prozesse charakterisiert (mündl. Mitteilung HENRICHFREISE 2003).

Der **Auenabschnittstyp** wird durch ein differenzierteres Parametersystem beschrieben, welches sich wiederum in morphologische und hydrologische Parameter teilt.

Die **Auensubstrate** bestimmen maßgeblich die standörtlichen Bedingungen der Auen. Das **Basissubstrat** ist zudem ein guter Indikator zur Einschätzung des hydromorphodynamischen Potenzials und bietet zudem eine erste Schnittstelle zu den substratdeterminierten Fließgewässertypen der LAWA. Die Deckschicht prägt dagegen maßgeblich die kleinräumigen standörtlichen Bedingungen.

Der **Formenschatz** der Fließgewässer ist ein weiterer Schlüsselparameter. Das Gerinnebettmuster des Gewässers bestimmt wesentlich den Formenschatz der Aue, da das Feinrelief und die Gliederung der Auen mit wenigen Ausnahmen auf fluviale Prozesse zurückzuführen sind. Hier besteht die zweite Schnittstelle zu den Gewässertypologien, da im Wesentlichen auf eine bestehende Parametrisierung aus LUA NRW (2001b) zurückgegriffen wird. Die angestrebte Kompatibilität bzw. Schnittstellendefinition zu den bestehenden typologischen Arbeiten auf Landes- und Bundesebene (LUA NRW 2001a,b,c, BRIEM 2003, SOMMERHÄUSER & POTTGIESSER 2004) ist somit gegeben.

Aus hydrologischer Sicht lässt sich der Auenabschnittstyp zudem durch **Abflussdynamik** und **Wasserdargebot** charakterisieren, die das Abflussregime feiner differenzieren und eine weitergehendere hydrologische Beschreibung der Abflussverhältnisse erlauben (EISELE & NÄDELIN 2005).

Die lokalen standörtlichen Verhältnisse werden in überragender Weise von der spezifischen Überflutungs- und Grundwasserdynamik geprägt. Daher erfolgt eine Parametrisierung dieser Steuergrößen durch die Beschreibung der **Überflutungsdauer** sowie des **Grundwasserstandes** und der **Grundwasseramplitude**, die wichtige standörtliche Parameter für die Vegetation und die Tierwelt darstellen.

Der Summenparameter **Hydromorphodynamik** integriert vorrangig die Parameter Formenschatz und Abflussdynamik und beschreibt den Charakter der hydromorphodynamischen Prozesse in zusammenfassender Form. Nachfolgend werden die einzelnen Parameter definiert und quantifiziert sowie hinsichtlich ihrer Herleitung und Datengrundlage näher erläutert.

2.2.2.1 Parameter des Auentyps

Gewässergroßlandschaft

Die Gewässergroßlandschaft im Sinne der vorliegenden Auentypologie meint denjenigen Teil des Einzugsgebietes des Gewässers, der für den jeweils betrachteten Auenabschnitt maßgeblich prägend ist. Sie besteht aus übergeordneten Naturräumen, die typologisch relevante Charakteristika, wie z. B. das Substratdargebot und hydrologische Eigenschaften der Auen, bestimmen.

Die Gewässergroßlandschaften stellen Zusammenfassungen der Gewässerlandschaften BRIEMS (2003) dar (Tab. 5) und korrelieren mit den Ökoregionen der WRRL. Ergänzend wird das Alpenvorland kartographisch hervorgehoben, um den besonderen Charakter dieser Region, die sich insbesondere durch ihre Höhenlage von anderen, ähnlich strukturierten Regionen differenziert, hervorzuheben.

Tab. 5: Zusammenfassung der Gewässerlandschaften nach BRIEM (2003) zu Gewässergroßlandschaften

Gewässerlandschaften n. BRIEM (2003)*	Gewässergroßlandschaften
küstennahe Sedimente	Küstenbereich/Marschenland ***
Jungmoränenland Jung- und Altmoränenland** Altmoränenland Lössregionen	Flach- und Hügelland
basaltische Vulkanite; tertiäre Hügelländer** Kreide; Lias und Dogger; Malm; Keuper; Muschelkalk; Buntsandstein	Deckgebirge
Schiefer, Gneise, Granite u.ä.	Grundgebirge
Kalkalpen; Flyschzone	Alpen/Voralpen

* Bei der Generierung der Gewässergroßlandschaften erfolgte eine GIS-gestützte generalisierende Zusammenfassung der Gewässerlandschaften nach BRIEM (2003)
** Alpenvorland durch Zusatzsignatur gekennzeichnet
*** Gewässergroßlandschaft ist innerhalb dieses F+E-Vorhabens nicht relevant

Als relevante Gewässergroßlandschaften sind somit

- Flach- und Hügelland
- Deckgebirge
- Grundgebirge
- Alpen/Voralpen

unterschieden und ausgewiesen (Abb. 4).

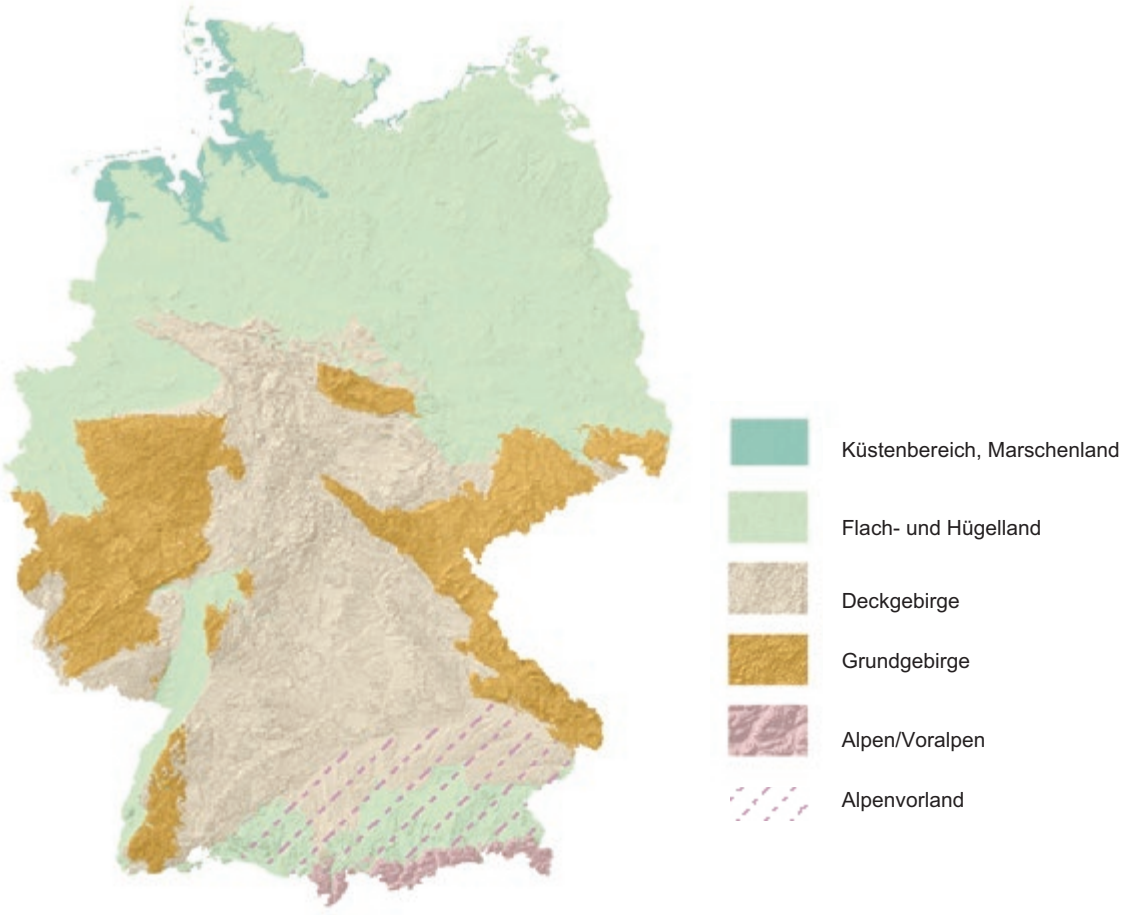


Abb. 4: Gewässergroßlandschaften

(Datenbasis: GÜK200 © Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, 2003; SRTM-DGM; Gewässerlandschaften, Autor: Dr. E. Briem (Kartierung der Gewässerlandschaften, Talformen und Strukturen), Quelle: Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Datengrundlage: GÜK1000 © Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, 1993; DLM1000 © Vermessungsverwaltungen der Länder und BKG 2003)

Das **Flach- und Hügelland** beinhaltet die großräumig glazial oder glazifluvial geprägten Landschaften und die Lößregionen des norddeutschen Tieflandes sowie des Alpenvorlandes und den Oberrheingraben.

Das **Deckgebirge** besteht vorwiegend aus mesozoischen Sedimentgesteinen und regional auch Vulkaniten mit meist ungestörten tektonisch gering bis unterschiedlich stark verstellten Wechselfolgen. Ein charakteristischer Vertreter dieser Gewässergroßlandschaft ist in Deutschland das süddeutsche Schichtstufenland, ein weiterer Vertreter ist das Weserbergland mit seinen an Schollen, Mulden und Sätteln gebundenen Hochflächen, Schichtstufen und Schichtkämmen.

Das **Grundgebirge** besteht aus älteren alpinotyp gefalteten Magmatiten oder Metamorphiten (Schiefer, Gneise, Quarzite). Neben dem Rheinischen Schiefergebirge werden dieser Gewässergroßlandschaft der Harz, das Erzgebirge, der Thüringer Wald, das Fichtelgebirge, der Bayerische Wald und auch Teile des Schwarzwaldes und Odenwaldes zugeordnet. Es herrschen silikatische, sehr harte Gesteine vor, die auch maßgeblich das Auensubstrat bilden.

Als weitere Gewässergroßlandschaft sind die **Alpen/Voralpen** differenziert. Sie umfassen das alpine Einzugsgebiet sowie die Region, die sich direkt den Alpen vorlagert. Petrographisch relevant sind die Gesteine der Molassezone (oftmals als Nagelfluh ausgebildet), die Flyschregion (Tone und Mergel), Schichten des Helvetikums (Kreidekalke) sowie das Kalkalpin (Kalke und Dolomite von Trias und Jura). Das Auensubstrat wird vor allem von den Gesteinen des Kalkalpins gebildet; mitunter können auch kristalline Gesteine (glaziale Sedimente aus Fernmoränen) eingelagert sein.

Mit zunehmender Gewässergröße durchfließen die Gewässer > 1.000 km² Einzugsgebietsgröße oftmals unterschiedliche Naturräume. Da Fließgewässer in ihrem longitudialen Verlauf durch Erosion, Transport und Sedimentation von Substraten sowie den Abflussverhältnissen gekennzeichnet sind, kommt es zu Verschleppungen typischer Auencharakteristika von einer Gewässergroßlandschaft in eine andere hinein.

Daher werden die in Kapitel 3 erläuterten Auentypen jeweils als Aue „der“ entsprechenden Gewässergroßlandschaft benannt. Somit korrespondiert die Lage eines konkreten Auenabschnittes im Naturraum nicht unbedingt mit der namensgebenden Gewässergroßlandschaft (Bsp. Gefällereiche Flussaue des Grundgebirges mit Winterhochwassern).

Abflussregime

Das regelhaft periodische Auftreten von Niedrigwasser- und Hochwasserphasen ist ein zentraler Steuerungsfaktor für das bioökologische Wirkungsgefüge innerhalb der Aue.

Das Abflussregime bezeichnet den charakteristischen langjährigen Jahresgang des Abflusses. Es beschreibt den kennzeichnenden Verlauf und die Schwankungsbreite innerjährlicher Abflussschwankungen auf Grundlage langjähriger Abflussreihen.

In Deutschland stellt nördlich der Alpen der jahreszeitliche Verlauf der Verdunstung den wichtigsten natürlichen Steuerungsfaktor für das Abflussverhalten von Flüssen und damit von regelmäßigen Überflutungen und dem Trockenfallen von Auenstandorten dar. Niedrige durchschnittliche Lufttemperaturen und die Vegetationsruhe bewirken geringe Verdunstungsraten im Winterhalbjahr und damit winterliche Hochwasserphasen. Hohe Temperaturen und maximale Verdunstung auf Grund vegetativer Transpiration bewirken sommerliche Niedrigwasserphasen. PARDÉ (1947) bezeichnet diese Abflussregime als pluvial.

Für Flüsse mit einem Haupteinzugsgebiet in den Alpen tritt der Verlauf der Lufttemperatur als prägender Faktor in den Vordergrund. Mit steigender Höhenlage werden Winterniederschläge als Schnee gespeichert und erst im hydrologischen Sommerhalbjahr abgegeben. Kennzeichnend sind die winterliche Niedrigwasserphase und die Hochwasserphase im Sommer. PARDÉ (1947) spricht von nivalen Abflussregimen.

In sehr großen Einzugsgebieten mit sowohl pluvial als auch nival geprägten Teileinzugsgebieten wie beispielsweise der Donau oder dem Rhein treten Überlagerungen der Steuerfaktoren auf. Diese Überlagerungen bewirken mehrere Abflussmaxima bzw. lang anhaltende Maxima vom Winterhalbjahr bis in den Sommer hinein. Diese Regime werden hier nivopluvial genannt.

Neben direkten Eingriffen in Fließgewässer und deren Einzugsgebiete, wie

- Flächennutzung,
- Versiegelung,
- wasserbauliche Eingriffe wie Stauhaltungen,
- Wasserkraftnutzungen,
- Reduktion von Retentionsräumen durch Kanalisation der Hauptläufe und
- irreversible Veränderungen z. B. der Grundwasserverhältnisse (Braunkohletagebaue in Brandenburg, Nordrhein-Westfalen und Sachsen)

zeigen sich Auswirkungen von anthropogenen Überprägungen auf klimatischer Ebene (ENGEL 1999). Am Niederrhein zeichnet sich beispielsweise eine Verschiebung der Hochwasserphase von Mai in den Juni bei gleichzeitiger Verlagerung der Niedrigwasserphase um einem Monat vom Juli in den August hinein ab. Diese Verschiebung ist auf Niederschlagsextrema im Winterhalbjahr und lang anhaltende Trockenperioden im Sommerhalbjahr zurückzuführen.

Trotz anthropogener Veränderungen bleiben die grundlegenden Charakteristika des Abflussverhaltens bei den hier betrachteten Einzugsgebietsgrößen erhalten, so dass auch rezente Pegeldaten für die Beschreibung des Abflussregimes herangezogen werden können.

Die hier dargestellten Regime-Diagramme basieren auf der Methodik und den Daten, die ausführlich im Hydrologischen Atlas von Deutschland (HAD) beschrieben sind (BMU 2003). Aus den über 1300 Pegeln mit 30- und 14-jährigen Pegelreihen von 1961 bis 1990 bzw. 1976 bis 1989 wurden für die Analysen der Fluss- und Stromauentypologie 160 Pegel mit einem Einzugsgebiet > 1.000 km² ausgewählt. Über diesen Datenpool hinaus wurden zwei Pegel für die Oder und zwei Pegel aus Mecklenburg-Vorpommern (Recknitz und Peene) mit in die Grundgesamtheit aufgenommen. Die Aufbereitung der Daten erfolgte teilweise mit Hilfe des als Beta-Version vorliegenden Softwarepaketes AHQ-IHF des Hydrologischen Institutes der Universität Freiburg (LEIBUNDGUT & EISELE 2005, RICHTER et al. 1996).

Den in Abbildung 5 und in Kapitel 3 dargestellten Perzentil-Diagrammen liegen Tagesmittelwerte zugrunde. Die bisher üblichen Regime-Darstellungen nach PARDÉ (1947) und GRIMM (1968) waren zu ihrer Zeit Meilensteine in der Analyse der Abflussregime von Fließgewässern. Die Verwendung von Monatsmittelwerten und die Normierung durch den Bezug auf den mittleren langjährigen Abfluss (Abflussverhältnis MQ_{Monat}/MQ) ermöglicht die Vergleichbarkeit von Abflüssen unterschiedlich großer Fließgewässer und damit erstmalig die Beschreibung von hydrologisch wirksamen Charakteristika unterschiedlicher Landschaftsräume. Die hier gewählte Form der Perzentil-Diagramme ermöglicht eine wesentlich differenziertere Darstellung der Abflussdynamik und damit auch der Überflutungsverhältnisse.

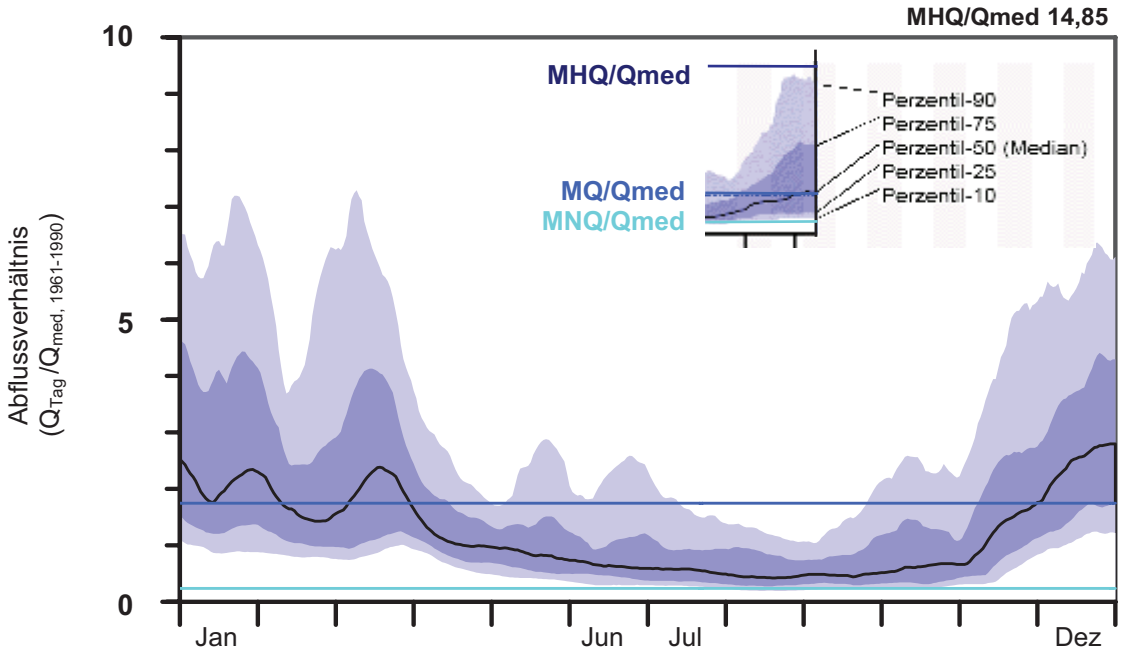


Abb. 5: Regime-Diagramm verändert nach BMU (2003)

In Abbildung 5 ist das Abflussverhältnis von Tagesmittelwerten der betrachteten Jahresreihe (Q_{Tag}) zum Median der gesamten Reihe (Q_{med}) dargestellt. Diese Daten sind in farblich voneinander abgesetzten Perzentil-Bändern (10 %, 25 %, 75 % und 90 %) abgebildet. Der Median ist als schwarze Linie dargestellt.

Über die Lage der mittleren monatlichen langjährigen Abflüsse mit ihren Minima und Maxima hinaus lassen sich mit Hilfe der Perzentil-Bänder die Höhe und Variabilität der innerjährlichen Abflüsse ablesen. Die Verwendung der Tagesmittelwerte ermöglicht eine sehr hohe zeitliche Auflösung der Ergebnisse, gleichzeitig steigert die 20-tägige Glättung der Perzentile die Stabilität der Diagramme und die Vergleichbarkeit zwischen den Zeitreihen (BMU 2003).

Als horizonzale Linien sind die Abflussverhältnisse von mittlerem höchsten Abfluss (MHQ), mittlerem Abfluss (MQ) und mittlerem niedrigsten Abfluss (MNQ) der betrachteten Zeitreihe im Verhältnis zum langjährigen Abflussmedian aufgeführt. Die Verwendung dieser hydrologischen Hauptzahlen dient der Interpretierbarkeit der Regime-Diagramme und der Vergleichbarkeit unterschiedlicher Pegel.

In Kapitel 3 ist je Auenabschnittstyp ein Regime-Diagramm aufgeführt, das der beispielhaften Beschreibung dient.

Auengefälle

Das Auengefälle bestimmt in hohem Maße das Fließverhalten von Gewässer- und Auenabfluss. Auf Grundlage einer bundesweiten Analyse der Talbodengefälle wurden die folgenden Gefälleklassen als typologisch relevant ermittelt (Tab. 6).

Tab. 6: Klassifikation des durchschnittlichen Talbodengefälles der Aue

≤ 0,1 ‰	sehr gefällearm
> 0,1 – 0,5 ‰	gefällearm
> 0,5 – 1 ‰	mäßig gefällereich
> 1 – 2 ‰	gefällereich
> 2 – 3 ‰	sehr gefällereich

Die Klassenbildung erfolgte iterativ im Abgleich der Parameter Gewässergroßlandschaft, Basissubstrate sowie der Übereinstimmung mit bestehenden gewässertypologischen Ausweisungen (Abb. 6).

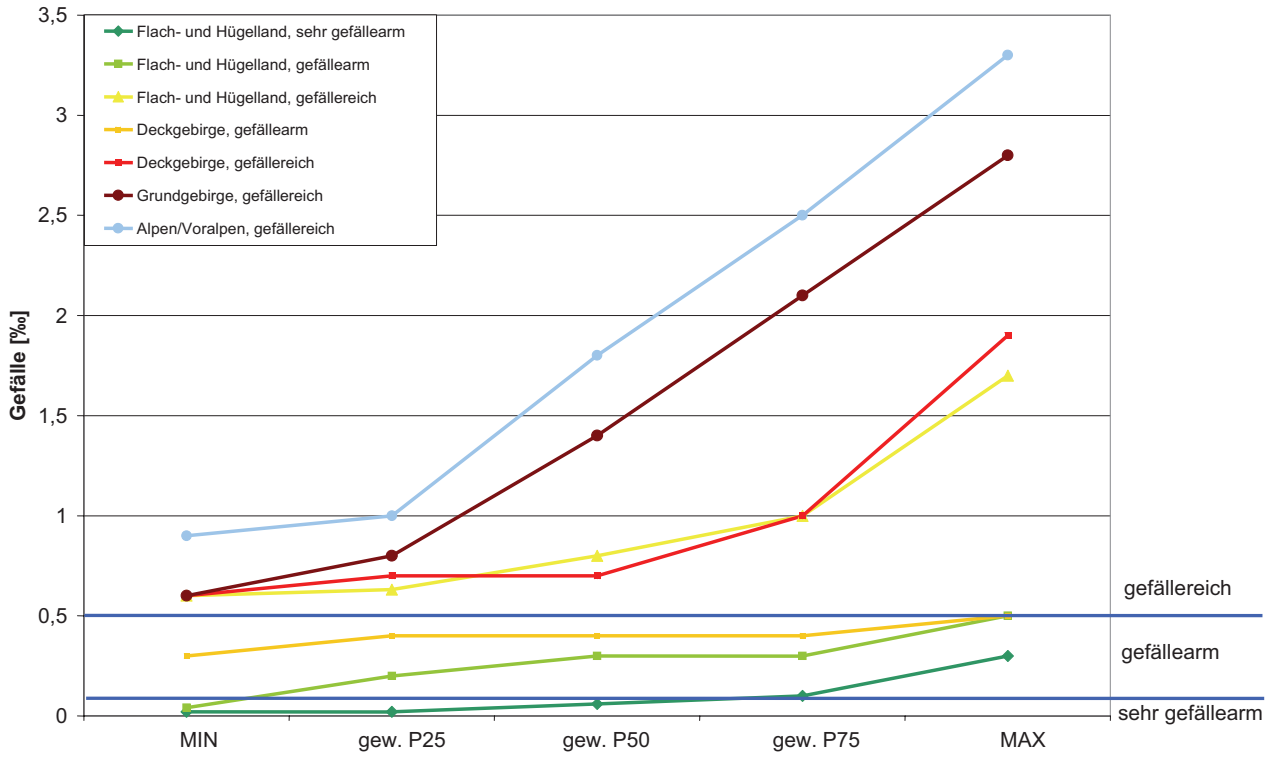


Abb. 6: Zusammenfassende Darstellung der ermittelten Gefälleklassen des Talbodengefälles je Auentyp in Bezug zu den Gewässergroßlandschaften (gew. P = gewichtetes Perzentil)

Die Ermittlung der Auengefälle in Form des Talbodengefälles basiert auf einer halbautomatisierten GIS-Analyse. Als Höheninformation standen die beiden digitalen Geländemodelle SRTM-DGM und DGM250 zur Verfügung. Als Talbodenlinie fanden die Gewässergeometrien des DLM1000 Verwendung.

Bei dem SRTM-DGM handelt sich um ein rasterbasiertes Höhenmodell, das im Internet kostenfrei zur Verfügung steht (U.S. GEOLOGICAL SURVEY 2004: http://srtm.usgs.gov/ Stand: 01/2004). Es hat eine Auflösung von 60 m x 90 m. Das DGM250 (BKG 2003) diente der zusätzlichen Absicherung der Ergebnisse. Zu beachten ist allerdings die deutlich geringere Auflösung von 200 m x 200 m.

Das DLM1000 stellt eine für den bundesdeutschen Maßstab generalisierte Gewässergeometrie dar. Vor dem Hintergrund der starken ausbaubedingten Überprägungen (Laufbegradigung) der meisten großen Fließgewässer im heutigen Zustand und der generalisierungsbedingten Vereinfachungen (Reduktion des Windungsgrades) bilden diese GIS-Gewässerlinien die Talbodenlinien der Flussauen Deutschlands bis auf wenige Ausnahmen mit hinreichender Genauigkeit ab. Die Absicherung dieser Annahme erfolgte auf Grund von Stichproben, d.h. des Vergleichs von Gewässergeometrie und manuell ermittelter Talbodenlinie. Bei einem zu großen Fehler an Flussabschnitten mit verhältnismäßig naturnahen Windungsgraden (z. B. mittlere und untere Aller) erfolgten Korrekturen der Talbodengefälle-Ergebnisse auf Basis der manuell ermittelten Talbodenlinien.

Entlang der Talbodenlinien wurden die Geländehöhen in einem Abstand von 1 km abgefragt. Erwartungsgemäß erfasste Extremwerte von den Talflanken der Gewässer wurden nicht in die weitere Auswertung einbezogen. Dazu diente die Selektion der jeweils aufeinander folgenden niedrigsten Höhenwerte flussabwärts. Diese Reihe der niedrigsten aufeinander folgenden Höhenwerte stellt die Basis für die Ermittlung des Auengefälles der Untersuchungsgewässer dar.

2.2.2.2 Parameter des Auenabschnittstyps

Auensubstrate

Die Auensubstrate werden in der typologischen Zuordnung in **Deckschicht** und **Basissubstrat** differenziert.

Die lehmige oder auch sandige Deckschicht ist gleichzusetzen mit den oft beschriebenen Auenlehmen. Die Deckschicht kann mehrere Meter mächtig sein und ist in ihrer Genese anthropogen verstärkt bzw. induziert. Durch die jahrhundertealte, flächenhafte ackerbauliche Nutzung in Kombination mit klimatisch bedingten verstärkten Erosionsphasen („Kleine Eiszeit“ ab dem Spätmittelalter) kam es zu großflächigem Bodenabtrag, so dass durch Verspülung feines Bodenmaterial ins Fließgewässersystem gelangte (z. B. BORK 1988). Durch fluviale Sedimentation bildeten sich demgemäß bundesweit recht einheitliche Substratschichten mit regional tonigen bis sandigen sowie schluffigen, zumeist lehmigen Sedimentauflagen in der Aue. Zur bundesweiten Analyse der Deckschicht wurde die BÜK 1000 (BGR 2003) ausgewertet und auf Länderebene beispielsweise mit der Konzeptbodenkarte Bayern oder der BÜK 200 Brandenburg verifiziert.

Als Basissubstrat wird das fluviale Lockersediment der Aue verstanden, das in der Regel unter der Deckschicht ansteht (Abb. 7).

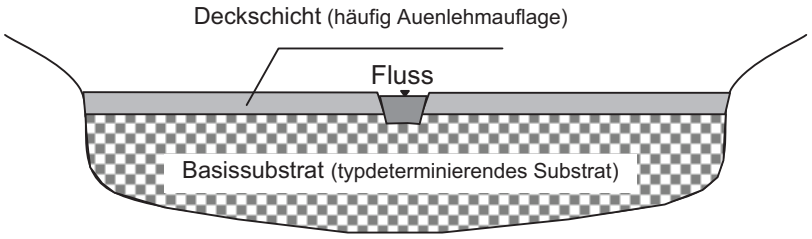


Abb. 7: Deck- und Basissubstrate in der Aue

Dieses Basissubstrat variiert je nach vorherrschendem Ausgangsgestein des Gewässereinzugsgebietes, der Gewässergroßlandschaft, der Abfluss- und Gefälleverhältnisse und dient daher im Gegensatz zur Deckschicht als geeigneter Parameter zur typologischen Einordnung der Auen. Wie bereits oben erläutert, ergeben sich je Gewässergroßlandschaft bzw. den untergeordneten Gewässerlandschaften Charakteristika für das Basissubstrat.

Das Flach- und Hügelland mit seiner glazialen Überprägung ist durch lokal sehr unterschiedliche Ausgangssubstrate gekennzeichnet. So sind beispielsweise neben den großflächigen unsortierten Moränengebieten rein sandgeprägte Sandergebiete oder äolisch entstandene Lößlehmgebiete zu finden. Insbesondere in den gefällearmen bis sehr gefällearmen Urstromtälern und den durch die Litorina-Transgression beeinflussten nordostdeutschen Talauen überwiegen lokal bis großräumig organische Substrate durch Niedermoorbildung. Die Litorina-Transgression bewirkt einen Meeresspiegelanstieg im südlichen Ostseeraum durch eine vertikale Ausgleichsbewegung Skandinaviens auf Grund der fehlenden Eismassen nach Ende der letzten Eiszeit. Sie führt dazu, dass die tiefer gelegenen Täler Nordostdeutschlands eingestaut werden. Infolge dessen konnten sich in den immer gefälleärmer werdenden Talungen flächig tiefgründige Niedermoore entwickeln. Die im Bereich der Flandrischen Transgression in der Nordsee gelegenen Ästuare von Elbe und Weser sind nicht Gegenstand dieser Bearbeitung, da sie nach WRRL den Übergangsgewässern zugeordnet werden.

Das Grundgebirge zeichnet sich durch überwiegend harte, silikatische Schotter aus, die je nach Dauer des fluvialen Transportes zunehmend gerundet sind. Im Deckgebirge herrschen räumlich sehr unterschiedliche Ausgangssubstrate mit unterschiedlichem Chemismus, Härtegrad etc. vor.

Kombiniert mit dem großen Abflussvolumen und dem hohen Talbodengefälle dominieren in den Auen der alpin geprägten Flüsse überwiegend sehr grobe Substrate.

Folgende Korngrößenklassen wurden für die Klassifizierung des Basissubstrates angewendet (AG BODEN 1994) (Tab. 7):

Tab. 7: Korngrößenklassen und Beschreibungen der Basis- und Decksubstrate

Typologisch relevante Substrate		
organisches Material, Röhricht/Moose/ Torf		lebende und zersetzte, mehr oder weniger humifizierte abgestorbene Pflanzenteile im semiterrestrischen Bodenmilieu; wegen dauernder oder lang anhaltender Durchnässung Abbau der organischen Substanz gehemmt; je nach Auentyp lokale bis ganzflächige Ausbildung in der Aue
Sand		mineralisches Substrat mit einer Korngröße zwischen 0,2 bis 2 mm. Die Wasserdurchlässigkeit bedingt in Auenböden eine hohe Grundwasserschwankungsamplitude mit extremer Austrocknung in Niedrigwasserphasen
Kies		mineralisches Substrat mit einer Korngröße zwischen 2 und 63 mm. Zumeist gut gerundet, seltener plattig
Schotter/ Steine		mineralisches Substrat mit einer Korngröße zwischen 63 und 200 mm. Zumeist gut gerundet bis kantengerundet. In Gebieten mit geschieferten Gesteinen (v.a. Grundgebirge) häufig plattig
Blöcke		mineralisches Substrat mit einer Korngröße größer 200 mm. Zumeist gut gerundet bis kantengerundet.

Weitere Substrate		
Festgestein		meist nur lokal ausgeprägt: Festgesteinsbereiche in der Gewässersohle und in der Aue

Lehm		Mischsubstrat aus der Bodenverwitterung mit tonigen bis feinsandigen Substraten (0,2 mm), bei Lößlehm dominieren schluffige Substratgrößen; auf Grund von Kohäsionswirkungen im Verhältnis zu den enthaltenen Korngrößen erosionsstabil. Bundesweit fast flächig als oftmals mehrere Meter mächtige Deckschicht in den Auen abgelagert
großes Totholz		abgestorbene Bäume und Äste, Festsubstrat; führt im Gewässer zu flussmorphologischen Prozessen wie lateraler Verlagerung und in der überfluteten Aue zu Sedimentation vor dem Totholz und Ausbildung von Kleinrelief (Kolkbildung)
kleines Totholz, Detritus		abgestorbenes organisches Feinmaterial, das sich in sehr langsam fließenden Gewässerbereichen bzw. bei stagnierenden Abflusssituationen (Altwasser, sehr geringe Gefällesituation) ablagert

Auf die räumliche Zuordnung der Bilder in Tabelle 7 sowie der Fotos in den folgenden Kapiteln wurde bewusst verzichtet, um den typologischen Aspekt der dargestellten Formen und Strukturen in den Vordergrund zu stellen. Eine Benennung der Lokalität betont dagegen zu stark die individuelle Situation der jeweils dargestellten Gewässer und Auen.

Dabei erfolgt die typologische Ansprache des Basis-Substrates über die Angabe des maßgeblichen Korndurchmessers d_{85}, des vorherrschenden Größtkorns (d_{85}: Korndurchmesser bei 85 % Siebdurchgang) (LUA NRW 2001d). Eine Flussaue mit einem d_{85} von etwa 30 mm wird somit für den Parameter Substrat als kiesgeprägt bezeichnet. Das vorherrschende Größtkorn beschreibt die hydraulische Situation einer Aue bzw. eines Gewässers weitaus besser als mittlere Korndurchmesser, die auf Grund des hohen Feinsedimentanteils in den Substraten keine belastbare typologische Aussage liefern.

Neben dieser Auswertung von Sieblinieninformationen dienten die GÜK 200 (BGR 2003), BRIEM (2003), Ausgangssubstratinformationen der Konzeptbodenkarte Bayern, BÜK 200 Brandenburg und weiterführende Literatur wie SUCCOW & JOOSTEN (2001) sowie entsprechende Abfragen in den einzelnen Bundesländern zur Analyse des Basissubstrates. Zur Interpretation der Auswirkungen der geologischen Ausgangsbedingungen auf das Substrat wurde zudem Tabelle 8 verwendet.

Tab. 8: Die wichtigsten Gesteine, ihre Substrate und Geschiebe (BRIEM 2003, S. 29)

Gesteine und Sedimente Herkunft und Chemismus	Substrat Verwitterung, Böden, Skelettanteil	Geschiebe vorherrschende Arten; Mengen und Korngrößen
Quarzite: aus Quarzadern im Grundgebirge, aber auch als Quarzkiesel in Sandsteinen	quasi unverwitterbarer Skelettanteil in Böden des Grundgebirges und gröberer Sandsteine / Konglomerate in Deutschland: Buntsandstein	bleiben auch nach langem Transport und langen Verwitterungszeiten erhalten – Restgerölle, Restkiesel, Sande
Granit: Feldspäte, Quarzkörner, dunkle und helle Glimmer – etwa 71% SiO_2, ausreichend Ionen und Nährstoffe - Grundgebirge	Grus mit unverwitterten Quarzkörnern: standfeste, körnige, lehmige Masse mit eingestreuten, runden Blöcken	**Blöcke**, Steine, **Sande** – insgesamt wenig Geschiebe
Gneis: ± 60% SiO_2 oft mit Quarzadern durchzogen, ausreichend Ionen und Nährstoffe - Grundgebirge	feinmaterialreiche Böden mit hohem, eckigem Skelettanteil (meist Steine, auch Blöcke)	sehr viele, sehr harte Geschiebe: **Steine**, Blöcke, kaum Sande, sehr unterschiedliche, aber geringere Transportresistenz als Gneise
Schiefer: silikatisch, unterschiedliche SiO_2 Gehalte, ausreichend Ionen und Nährstoffe – Grundgebirge	feinmaterialreiche Böden mit hohem Skelettanteil plattiger Bruchstücke	viel plattige Geschiebe: **Steine**, Blöcke, kaum Sande, sehr unterschiedliche, aber geringere Transportresistenz als Gneise
Harte **Vulkanite:** Porphyre, Diabase, Basalte - ± 50% SiO_2, ionen- und nährstoffarm - Deckgebirge	feinmaterialreiche Böden mit hohem Skelettanteil eckiger Bruchstücke	viel Geschiebe: **Steine**, **Blöcke**, Kiese, kaum Sande, hohe Transportresistenz
Sandsteine: hier: quarzitisch (bis > 98% SiO_2) oder tonig verkittete, silikatische Sdst. des Buntsandsteins und mittlerem Keupers, sehr ionen- und nährstoffarm – Deckgebirge	leichte, sandige Böden mit geringem Feinmaterialanteil u. unterschiedlichem Skelettanteil: in Höhenlagen, auf den Hängen und bei quarzitischen Sdst. sehr hoch: plattige Bruchstücke und Blöcke (meist quarzitisch)	sehr viel **Sande**, Restkiese (Quarzkiesel) – in Höhenlagen viel plattige, auch blockige Geschiebe, geringe Transportresistenz, nur quarzitische Geschiebe halten sich länger
Karbonatgesteine: Kalke, Dolomite ($CaMg(CO_3)_2$) vor allem des Muschelkalks und Juras (bis > 80% $CaCO_3$), ionen- und nährstoffreich – Deckgebirge	feinmaterialreiche Böden mit unterschiedlichem, oft hohem Skelettanteil eckiger und plattiger Bruchstücke	plattige Geschiebe: **Steine**, Kiese, kaum Sande, wenig Blöcke, oft sehr viel Feinmaterial, Schwebstoffe, geringe Transportresistenz
Mergel u. Tonsteine: bis zu 30% $CaCO_3$, z. T. gipshaltig ($CaSO_4$), auch salzhaltig (Cl^+) sehr weiche Gesteine des Zechsteins, Keupers und Tertiärs – ionen- und nährstoffreich – Deckgebirge	tiefgründige, schwere Tonböden mit keinem oder sehr geringem Skelettanteil bei steilerem Relief, Hanglagen, dann plattige Bruchstücke	in Norddeutschland: viele **Sande**, Kiese, auch vereinzelt Blöcke
Endmoränen: in Norddeutschland sandiges, in Süddeutschland steiniges Lockermaterial, mit gröberen und gröbsten Gesteinsbruchstücken (Findlingen) durchsetzt. Je nach Alter und Herkunft sehr unter-schiedliche Ionen- und Nähstoffgehalte – glaziale Ablagerungen	in Norddeutschland: leichte, sandige Substrate, kaum Feinmaterial, Podsole in Süddeutschland: skelettreicher Untergrund, meist Braunerden	in Norddeutschland: viele **Sande**, Kiese, auch vereinzelt Blöcke in Süddeutschland: **Steine**, Blöcke, wenig Sande
Grundmoränen: in Norddeutschland: Geschiebemergel, kalkhaltig bindiges Material, durchsetzt mit Gesteinsbruchstücken in Süddeutschland: steinige Substrate – nach Alter und Herkunft unterschiedliche, meist aber hohe Ionen- und Nährstoffgehalte – glaziale, überw. kalkige Ablagerungen	in Norddeutschland: Lehme mit kiesigen Gesteinsbruchstücken durchsetzt (häufig Feuersteine) in Süddeutschland: steinige Substrate, meist Kalkböden (Rendzinen)	in Norddeutschland: wenig kiesig, sandige Geschiebe in Süddeutschland: überwiegend steinige Geschiebe
Löß: Staubsediment der Schluffkorngröße (0,002 – 0,063 mm) mit sehr hohem Ionen- und Nährstoffgehalt, bis zu 30% $CaCO_3$ – periglaziale Ablagerungen	Feinmaterial – stellenweise sehr wenig Feinsande	keine, oder sehr wenig feinsandige Geschiebe

Die Ergebnisse der bundesweiten Analyse sind auf der Karte „Fluss- und Stromauentypen Deutschlands sowie Grundlagendaten der Auentypologie“ dargestellt (Karte siehe Anhang). Bei einer Ausweisung der Abschnittstypen auf Länderebene ist eine Verifikation der Substratzuordnung und ggf. die lokale Anpassung notwendig.

Formenschatz von Gewässer und Aue

Da vor allem die fluviale Morphodynamik des Fließgewässers die Formen und Strukturen der Aue prägt, ist die Berücksichtigung des Formenschatzes der Flüsse und Ströme für die Auentypologie ein grundlegender Eingangsparameter.

Lauftyp und Windungsgrad

Abbildung 8 zeigt ein offenes Baukastensystem, das die prägnantesten in Deutschland vorkommenden Gerinnebettmuster darstellt.

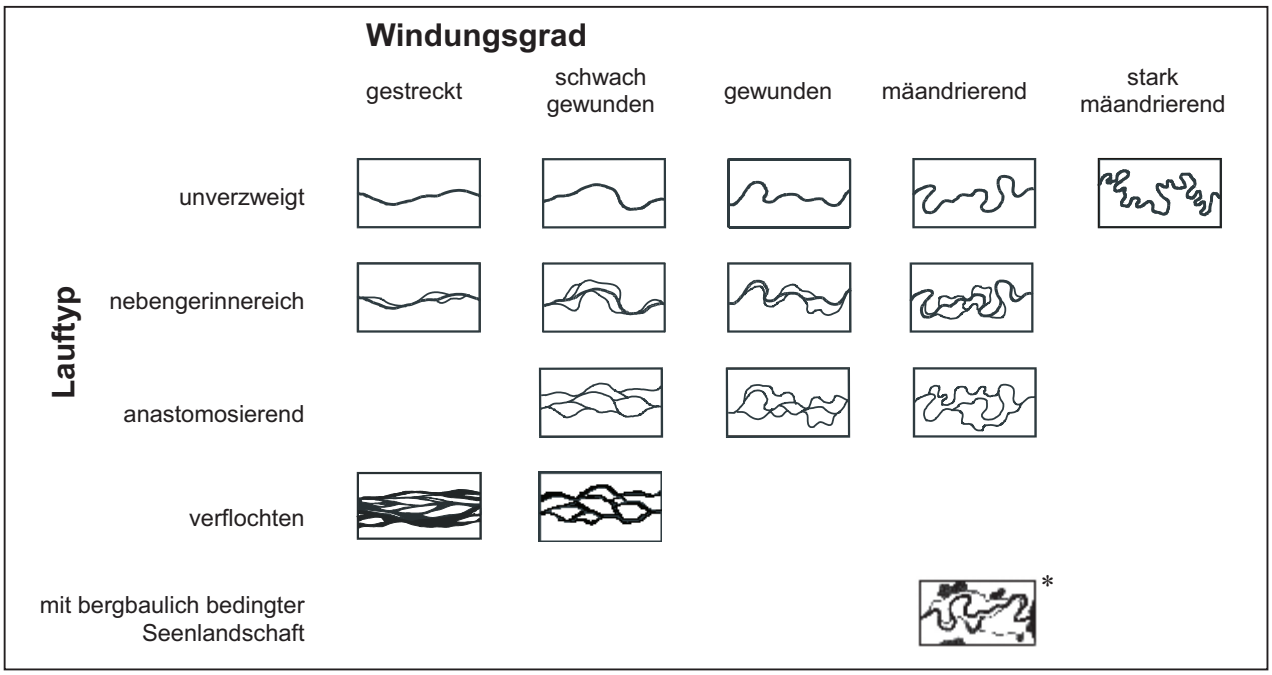


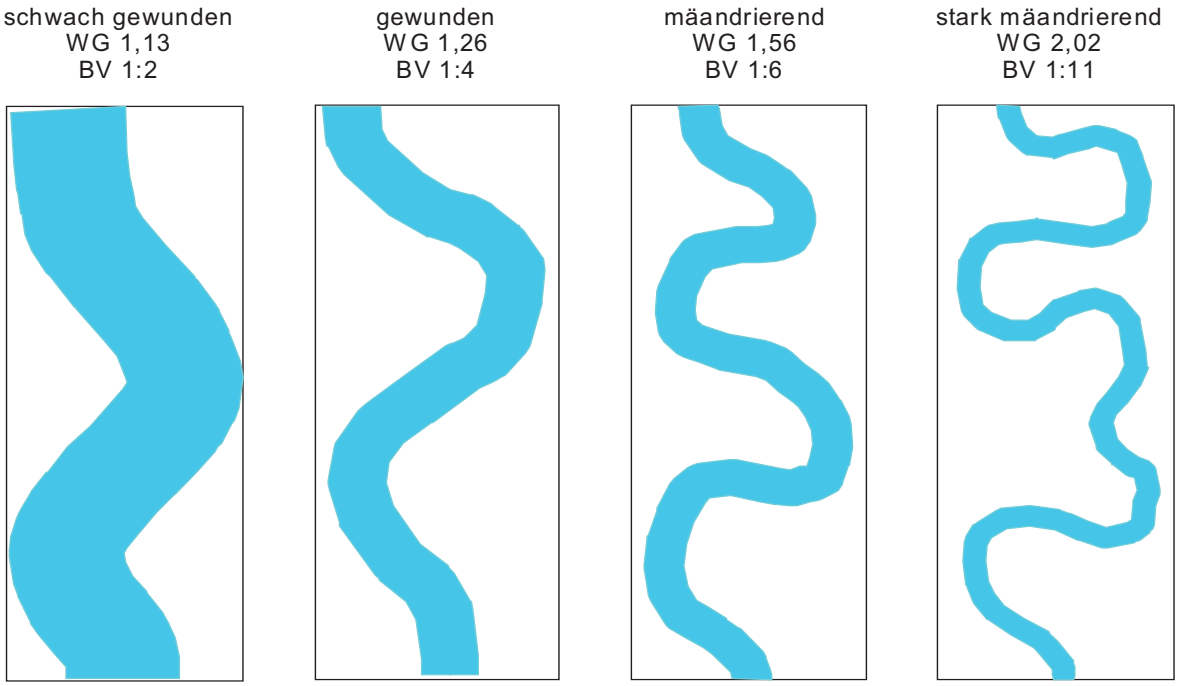
Abb. 8: Übersicht der Kombinationen von Lauftyp und Windungsgrad mit schematischer Darstellung des Gerinnebettmusters
(Grundlage KOENZEN 2000 und LUA 2001b, * Piktogramm ergänzt nach QUICK 2004)

Abbildung 8 basiert auf der Kombination zweier Parameter, des Windungsgrades und des Lauftypes, die das Gewässer prägen. Der Windungsgrad (LUA NRW 2001b,d) variiert in Abhängigkeit von Talbodengefälle, Talbodenbreite, Basissubstrat und Abflussverhältnissen und ist somit auch kleinräumig variabel. Er gibt das Verhältnis von Lauflänge des Gewässers zur Talmittenlinie an.

Tab. 9: Windungsgrad: Spannbreite und Nomenklatur (LUA NRW 2001d)

Windungsgrad	Laufkrümmung
1,01 – 1,06	gestreckt
> 1,06 – 1,25	schwach gewunden
> 1,25 – 1,5	gewunden
> 1,5 – 2	mäandrierend
> 2	stark mäandrierend

So bedeutet z. B. ein potenziell natürlicher Windungsgrad von 2, dass die potenziell natürliche Länge des Gewässerlaufes die doppelte Länge der Talbodenmittenlinie aufweist und somit ein mäandrierendes Gewässer vorliegt (Tab. 9, Abb. 9).



WG = Windungsgrad; BV = Breitenverhältnis von Gewässerbreite zu potenziell natürlicher Auenbreite

Abb. 9: Beispielhafte Aufsicht verschiedener Windungsgrade

Bei einer kleinräumigen Zuordnung von Windungsgraden sind relevante Faktoren wie das Auengefälle oder die Auenbreite im Einzelnen zu ermitteln. So ist beispielsweise in Engtalbereichen von einer schwächer gewundenen Laufführung auszugehen, während in breiten Talabschnitten potenziell natürlich höhere Windungsgrade vorliegen können (Tab. 10).

Tab. 10: Verhältnis der potenziell natürlichen Gewässerbreite zur Talbodenbreite (LUA NRW 2001b, S. 116)

Verhältnis der potenziell natürlichen Gewässerbreite zur Talbodenbreite	Talform
< 1:3	Engtal, gestreckter Gewässerverlauf
1:3 bis 1:10	Sohlental, schwach gewundener bis mäandrierender Gewässerverlauf in Abhängigkeit von Substraten und Gefälle
> 1:10	weites Sohlental, alle Windungsgrade einschließlich stark mäandrierender Gewässerverläufe (Windungsgrad bis > 2) in Abhängigkeit von Substraten und Gefälle

Die Lauftypen können grundsätzlich in zwei übergeordnete Ausprägungen unterteilt werden. Einerseits bilden sich unverzweigte Einbettgerinne aus, andererseits die formenmäßig große Gruppe der Mehrbettgerinne, die sich aus nebengerinnereichen, anastomosierenden und verflochtenen Gerinnen zusammensetzt. Bei den nebengerinnereichen Lauftypen bestehen neben einem klar abgrenzbaren Hauptlauf Nebengerinne, die auch bei Niedrig-/Mittelwasser bespannt sein können. Häufig verlaufen sie in Richtung des Auengefälles oder orientieren sich an ehemaligen Hauptlaufstrukturen.

Anastomosierende und verflochtene Gerinne weisen keinen klar abgrenzbaren Hauptlauf auf, sondern mehrere Gerinne ähnlicher Größenordnung und ggf. noch eine Vielzahl kleinerer Gerinne.

Anastomosierende Gerinnesituationen sind typisch für gefällearme bzw. sehr gefällearme Auen, in denen die Fließrichtung in den einzelnen Gerinnen teilweise entgegen des Auengefälles und der Hauptentwässerungsrichtung verläuft. Diese Lauftypen sind charakteristisch für organische oder teilmineralisch/organisch geprägte Auen (ROSGEN 1996, LUA NRW 2001b).

Verflochtene Gerinne bilden sich bei hohem Auengefälle, zumindest zeitweilig hohen Abflüssen und hohem, verlagerbarem Geschiebedargebot aus. Sie sind charakteristisch für die Flussauen der Alpen/Voralpen bzw. die Stromaue im südlichen Oberrheingraben, kommen jedoch potenziell natürlich auch kleinräumig in Auen des Grundgebirges vor.

In Kombination mit dem Windungsgrad lassen sich die verflochtenen Gerinne weiter in stabile verflochtene, schwach gewundene bis gewundene Gerinne und dynamische verflochtene, gestreckte Gerinnebettmuster unterscheiden. Die stabilen verflochtenen, schwach gewundenen Gerinne werden in der Literatur oft auch als Furkationen bezeichnet.

Die dynamisch verflochtenen, gestreckten Gerinne entsprechen dem Bild der klassischen „braided river“, das durch flache Abflussbahnen auf großflächig vegetationsarmen Schotterfluren bei Niedrigwasser gekennzeichnet ist (RUST 1972).

Abbildung 10 zeigt exemplarisch, dass sich der Windungsgrad entsprechend der Talbodenbreite und anderer Faktoren wie einmündenden Gewässern im Fließgewässerverlauf wandeln kann.

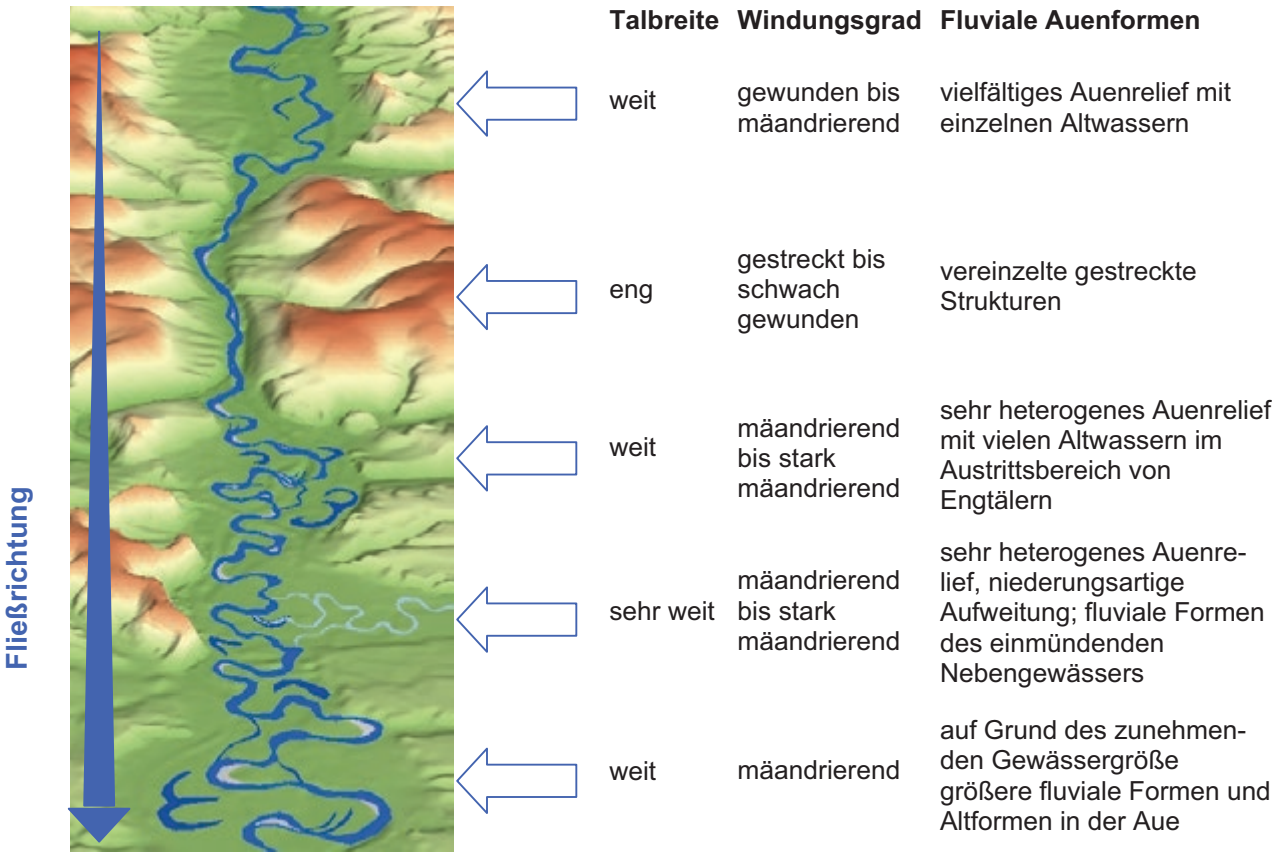


Abb. 10: Variabilität des fluvialen Formenschatzes im Fließgewässerverlauf

(Datenbasis: Geobasisdaten der Vermessungs- und Katasterverwaltung Rheinland-Pfalz © 11/2001)

Die Talbodenbreite bestimmt in hohem Maße Art und Umfang des fluvialen Formenschatzes der Auen. Insbesondere in Engtalabschnitten reduziert sich der Formenschatz auf wenige, zumeist dem Talbodengefälle folgende gestreckte Strukturen, wie Flut- und Nebengerinne.

Besonders formenreich sind dagegen Austrittsbereiche aus Engtälern oder auch Gebirgen, die meist mit einer Gefällereduzierung einhergehen. Der dortige Geschiebeüberschuss in Verbindung mit ausgedehnten lateralen Migrationsmöglichkeiten lassen in diesen Räumen ein ausgeprägtes Auenrelief mit zahlreichen verlagerungsbedingten Altformen entstehen.

Die Berücksichtigung der Talbodenbreite oder auch einmündender Gewässer und ihrer Sedimentkörper ist daher für die räumliche Zuordnung von Auenabschnittstypen und ihres Formenschatzes von weitreichender Bedeutung.

Tabelle 11 gibt in kompakter Form einen Überblick über den Formenschatz von Gewässern und Auen, wie er sich aus den fluvialen Prozessen der Flussabschnittstypen ableiten lässt. Mit Ausnahme der vergleichsweise seltenen äolischen Formen – maßgeblich den Dünen – sind alle Formen auf hydromorphodynamische Prozesse rückführbar, die entweder aus der lateralen Verlagerung des Gewässer oder erosiven und akkumulativen Prozessen durch die Überströmung der Auen herrühren oder durch einmündende Gewässer verursacht werden.

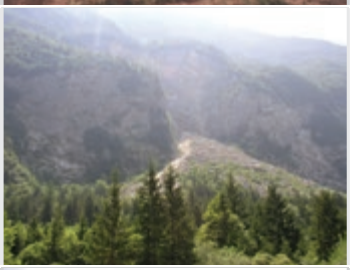
Eine typologische Zuordnung des Formenschatzes bzw. der Einzelformen und -strukturen erfolgt im Rahmen der in Kapitel 3.2 beschriebenen Auentypen und Leitbilder.

Tab. 11: Formenschatz der Gewässer und Auen

Felsprallhänge		Prallufer im Festgestein der Talhangfüße
vegetationslose/-arme Prallufer		Ufersituation im Außenbereich eines Laufbogens; durch unterschneidende Krümmungserosion des Gewässers Uferabbrüche und Versteilungen, zumeist kaum oder nur sehr lückenhaft bewachsen
flach geneigte Gleitufer mit Uferbänken		Akkumulationsformen am Innenbereich eines Laufbogens (Gleitufer), die häufig überflutet werden und häufig von sichelförmigen Rinnen durchzogen sind
organisch geprägte Ufer		Uferzonen, an denen abgestorbene organische Substanz bzw. Torf ansteht. Sie sind sehr flach und eine klare Uferlinie ist nicht erkennbar. Die Übergänge zwischen Wasser und typischerweise Niedermoor sind fließend
Schotterfluren		schottergeprägte und vegetationsarme rinnendurchzogene Flächen. Nach jedem Hochwasser verlagert das Gewässer seine Abflussbahnen auf der Schotterflur

Nebengerinne		bei nebengerinnereichen Gewässertypen durchflossene Laufstrukturen, die deutlich kleiner sind als der Hauptlauf und vegetationsarme Bänke oder sehr unterschiedlich große, bewachsene Inseln umfließen
Mittenbänke		Akkumulationsformen im Gewässer, die beidseitig umströmt werden und ab mittleren Wasserständen überflutet werden
Inseln		umflossene semiterrestrische Bereiche der Aue, zumeist mit Gehölzbeständen
Diagonalbänke		zumeist schottergeprägte Bänke, die diagonal zur Längsachse des Gewässers verlaufen und kleinräumig Gefälle abbauen
detritus- und totholzreiche Uferbänke		Totholz und organisches Feinmaterial, das am Ufer akkumuliert wurde, auch bei vorherrschend mineralisch geprägten Gewässern, teils geschichtete Ablagerung
Rinnensysteme und temporär bespannte Kolke		meist kleine Hohlformen mit ausgeprägter Tiefenvarianz und lokal sehr variablen Standortbedingungen
Uferwälle / Rehnen		insbesondere in sandigen Auen auftretende gewässernahe Verwallungen, die durch Hochwasserablagerungen entstehen und zu einer natürlicherweise tieferen Profilausbildung führen

Randsenken		Hohlformen am Rande der Aue, die temporär trocken fallen können, meist grundwassergespeist sind und auch von Hochwassern geflutet werden
Hochflutrinnen		überwiegend dem Talbodengefälle folgende Hohlformen, die bei höheren Wasserständen erst bespannt und dann durchströmt werden
Gießen		grundwassergespeiste Gerinne in den Auen mit zumeist nährstoffarmen sommerkühlen bzw. winterwarmen Wassern, meist in Randbereichen bzw. an Auenstufen gelegene Formen insbesondere der sehr breiten Fluss- und Stromauen mit hohen Durchlässigkeiten des Basissubstrats
temporäre Stillgewässer (stehend) / Rinnen		zumeist fluvial gebildete Hohlformen in der Aue, die nicht ganzjährig mit Wasser bespannt sind, sondern temporär bei hoch anstehendem Grundwasser oder durch Hochwasser geflutet werden
permanente Stillgewässer (stehend)		zumeist fluvial gebildete Hohlformen, die durch ihre Tiefe ganzjährig über Grundwasseranschluss verfügen bzw. bei Hochwasser mit Oberflächenwasser geflutet werden bzw. einseitig an das Fließgewässer angeschlossen sind; zumeist sind es Altformen der auenprägenden Fließgewässer
Altmäander, verlandend		durch Laufabschnürungen entstandene hufeisenförmige Rinnenstrukturen in verschiedenen Verlandungsstadien
Mäandergürtel		fluviale Altformen in der Aue, die durch das Verlagerungsverhalten der Mäander entstehen. Typisch sind Überlagerungen von Formen unterschiedlichen Alters und unterschiedlicher Verlandungsstadien

Dünen, Flugsandfelder		äolische Akkumulationsformen, die aus leicht verlagerbarem Feinmaterial (Sand) bestehen. Dünen und Flugsandfelder sind auf Grund der geringen Wasserspeicherkapazität des Sandes trockene Standorte in der Aue
Schwemmkegel/-fächer		Akkumulationsformen eines zufließenden Gewässers am Auenrand eines größeren Gewässers; Ablagerung auf Grund abrupter Verringerung des Gefälles und damit der Fließgeschwindigkeit und Schleppkraft. In der Aue des größeren Gewässers bilden Schwemmfächer eher höhere und seltener durch Hochwasser überflutete Bereiche
flächige Niedermoore		semiterrestrische Bereiche mit hoch anstehendem Grundwasser, auf denen flächig Torfbildung stattfindet. Niedermoore können je nach Auentyp ganze Flussniederungen bedecken, sich aber auch auf verlandete Rinnen, Mulden etc. beschränken

Die Beschreibung des auentypischen Formenschatzes erfolgt auf der Ebene der Auenabschnittstypen über die Darstellung in Leitbildern. Da bei einer bundesweiten Analyse auf der vorliegenden Datenbasis eine detaillierte räumliche Zuordnung der Auenabschnittstypen nicht leistbar ist, bleibt die letztliche Zuweisung des lokal zu erwartenden Formenschatzes insbesondere hinsichtlich quantitativer Angaben einer detaillierteren Maßstabsebene, wie z. B. der Länderebene, vorbehalten.

Sollten nicht bereits entsprechende Analysen in den einzelnen Ländern oder Regionen (LUA NRW 2001a,b) vorliegen, besteht die generelle Vorgehensweise in der Auswertung der Talbodenbreite, der Gefälleverhältnisse und des reliktären fluvialen Feinreliefs auf Grundlage möglichst hoch auflösender digitaler Höheninformationen. Zusätzlich ist die Auswertung historischer Kartenwerke hilfreich, wobei hierbei immer der häufig sehr frühzeitige Einfluss des Menschen auf die Gewässer und Auen berücksichtigt werden muss (BFG 2001).

Die Kombination der vor Ort gesammelten Kenntnisse mit den vorliegenden typologischen Basisdaten bietet in der Regel gute Grundlagen für eine Auenabschnittstypzuweisung mit einer Beschreibung des potenziell natürlichen Formenschatzes.

Hydrodynamische Parameter

Neben den oben beschriebenen, primären Steuerungsfaktoren der Abflussregime bewirken weitere Faktoren wie Geologie, Boden, Orohydrographie und Klima regionale Ausprägungen der Abflussregime in Deutschland (KELLER, SKIRKE & SEIFRIED 1972, KELLER & HAAR DE 1979). Die Parameter Abflussdynamik und Wasserdargebot dienen der Differenzierung von Abschnittstypen. Überflutung und oberflächennahes Grundwasser bilden als weitere Parameter auf der Ebene der Abschnittstypen eine Schnittstelle der standörtlichen Bedingungen und damit zur Flora und Fauna der Auen.

Abflussdynamik

Die Charakterisierung der Abflussdynamik ermöglicht eine weitere Differenzierung des Abflussregimes. Der Wechsel von hohen und niedrigen Wasserständen (Wasserversorgung und Belüftung des Bodens) ist beispielsweise ein ganz wesentlicher Faktor für die Wuchsleistung des Auenwaldes. Viele auentypische Arten der Fauna und Flora sind auf diese Wasserstandsdynamik angewiesen, um gegenüber auenfremden Arten bestehen zu können (Kap. 4). Geologische Verhältnisse und Böden bestimmen die Mächtigkeit der Grundwasserleiter, der ein wichtiger Faktor im Hinblick auf die Abflussvariabilität ist.

Eine Reihe unterschiedlicher Schwankungskoeffizienten dient der Klassifizierung der Abflussdynamik. Aufbauend auf PARDÉ (1947) beschreibt GRIMM (1968) die Schwankungsbreite eines Pegels anhand von Schwankungskoeffizienten mit Bezug auf minimale und maximale Doppelmonatsmittelwerte. Die Abflussdynamik als Schwankungsbreite zwischen Hoch- und Niedrigwasser wird auch mit dem Verhältnis von MHQ/MNQ (mittlerer langjähriger Hochwasserabfluss/mittlerer langjähriger Niedrigwasserabfluss) beschrieben (Tab. 12). Ist der Anteil des grundwasserabhängigen Basisabflusses am gesamten Abflussgeschehen gering, übersteigen die niederschlagsgespeisten Hochwasserabflüsse die ersten um ein Vielfaches.

Tab. 12: Klassen der Abflussdynamik

Klasse	Wertebereich MHQ/MNQ
ausgeglichen	≤ 10
dynamisch	> 10 – 25
extrem dynamisch	> 25

Mit zunehmender Einzugsgebietsgröße verringert sich die Abflussdynamik stetig, was auf die Überlagerung der Einflüsse aus den unterschiedlichen Teileinzugsgebieten zurückzuführen ist. Pegel mit untergeordnetem Basisabflussanteil am Gesamtabfluss können hohe Werte von MHQ/MNQ weit über 50 aufweisen, ab einem Verhältnis von 25 liegt ein extrem dynamisches Abflussverhalten von Flüssen oder Strömen vor (Tab. 12). Stärker grundwasserbeeinflusste Pegel sind durch niedrige Werte ≤ 10 charakterisiert und werden als ausgeglichen bezeichnet.

Wasserdargebot

Das Wasserdargebot vermittelt einen Eindruck der hydraulischen Kräfte und deren Einwirkungsdauer, die im Fluss und bei Überflutungen in der Aue wirken. Regionale Unterschiede des Wasserdargebots, erfasst als Abflussspende [l/(s*km²)], lassen sich auf Grund orohydrographischer und klimatischer Ausprägungen erklären, auf die in Kapitel 3 näher eingegangen wird. Das arithmetische Mittel des Ablusses, als mittlerer langjähriger Abluss MQ, ist zwar eine der gebräuchlichsten hydrologischen Hauptzahlen, dennoch wird in der vorliegenden Arbeit die Verwendung des langjährigen Abflussmedians Q_{med} zur Ermittlung der Abflussspende q_{med} vorgezogen. Insbesondere der Median bietet sich als einfaches und robustes statistisches Lagemaß einer mittleren Abflusshöhe an (BMU 2003). Der MQ ist als arithmetisches Mittel einer Zeitreihe stärker von Extremwerten abhängig als der Median. Daher liegt die Über- oder Unterschreitungswahrscheinlichkeit beim MQ auch nicht auf einem einheitlichen Niveau, wohingegen diese beim Median mit 50 % definiert ist. Die Wertebereiche der Klassen des Wasserdargebots sind in Tabelle 13 aufgeführt.

Tab. 13: Klassen des Wasserdargebots [l/(s*km²)]

Klasse	Wertebereich Median-Spende q_{med}
gering	≤ 10
mittel	> 10 – 25
hoch	> 25

Überflutung und oberflächennahes Grundwasser

Neben den oben beschriebenen einzugsgebietsbezogenen Parametern Abflussdynamik und Wasserdargebot bestimmen die Überflutungs- und Grundwasserverhältnisse in überragender Weise die lokale standörtliche Qualität der Auen.

Dabei hat sich die Überflutungsdauer als wesentliche Steuergröße erwiesen (DISTER 1999, VAN DE WEYER 2005). Hinzu kommt die jahreszeitliche Verteilung der Überflutungen sowie die Überflutungshöhe und Fließgeschwindigkeit. Alle genannten Faktoren werden im Rahmen der typologischen Beschreibungen dargestellt (Abb. 3).

Zur Charakterisierung der Auenabschnittstypen wird die Überflutungsdauer und ihre räumliche Aufgliederung, die durch die Reliefierung der Aue bestimmt wird, herangezogen. Die in Tabelle 14 aufgeführten Klassen orientieren sich an Überflutungstoleranzen von Artengruppen der Auenvegetation (VAN DE WEYER 2005), wodurch die hydrologische Datenbasis in bioökologisch relevanter Form nutzbar gemacht wird.

Tab. 14: Klassen der Überflutungszeiträume

Klasse	Wertebereich
sehr lang	> 150 Tage/Jahr
lang	> 50 – 150 Tage/Jahr
mittel	5 – 50 Tage/Jahr
kurz	< 5 Tage/Jahr

Weitere, insbesondere für die Vegetation sowie die Fließ- und Stillgewässer der Aue entscheidende Faktoren sind der Stand und das Schwankungsverhalten des Grundwassers. Je nach Substratzusammensetzung des Untergrundes bzw. Lage eines Standortes in der Aue ergibt sich ein sehr heterogenes Fließ- und Austrittsverhalten des Grundwassers, wofür ebenfalls Klassengrenzen mit einem vegetationskundlichen Hintergrund (VAN DE WEYER 2005) definiert werden (Tab. 15).

Tab. 15: Klassen des Grundwasserstandes und der Grundwasseramplitude

Klasse	Wertebereich
sehr hoch, geringe Amplitude	0,2 m unter Flur, Schwankung 0 – 0,2 m
hoch, geringe Amplitude	0,2 – 0,4 m unter Flur, Schwankung 0,2 – 0,4 m
mittel, mittlere Amplitude	0,4 – 0,8 m unter Flur, Schwankung 0,4 – 0,8 m
tief, große Amplitude	0,8 – 1,6 unter Flur, Schwankung 0,8 – 1,6 m
tief, sehr große Amplitude	>1,6 m unter Flur, Schwankung > 1,6 m

Auf Grund der häufigen Ausdeichungen oder Gerinneeintiefungen liegen im Ist-Zustand in der Regel stark veränderte Überflutungsbedingungen und Grundwasserstände in den Auen vor. Daher sind die zahlreichen lokalen Untersuchungen zu Überflutung und Grundwasserdynamik für die Typologieerstellung nur bedingt nutzbar.

Basisannahme bei der Überflutungsanalyse ist die zuvor entwickelte Generierung charakteristischer Auenstrukturen und Flächenanteile je Auentyp (Abb. 11). Diese Generierung basiert vor allem auf Analysen hoch auflösender digitaler Höheninformationen von naturnahen Auenstandorten, historischer Karten und Vor-Ort-Begehungen. Die Generierung der charakteristischen Strukturvielfalt eines Auentyps und die darauf basierende Ermittlung von Flächenanteilen dieser Strukturen, diente als Grundlage zur Modifikation von digitalen Höhendaten an aktuell noch erhaltenen, möglichst naturnahen Auenstandorten. So waren Höhenverhältnisse einzelner Auenstufen einschließlich ihrer Strukturen ableitbar. Diese Ergebnisse wiederum dienten einer stark vereinfachenden Hydraulikberechnung, basierend auf nächstgelegenen Pegelinformationen des auenbildenden Gewässers. Die Auswahl der Detailstandorte schloss Gewässer mit einer starken Überprägung, z. B. durch große Speicher im Oberlauf, aus.

Die Ermittlung von abschnittstypbezogenen Wasserspiegellagen und Fließgeschwindigkeiten für die ausgewiesenen Auenstufen erfolgte unter Nutzung des Hydraulikprogramms HEC-RAS (US ARMY CORPS OF ENGINEERS 2005). Für die Hydraulik-Modelle wurden Pegel ausgewählt, die möglichst geringe anthropogene Überprägungen aufweisen und ein charakteristisches Abflussbild für den betrachteten Abschnittstyp zeigen. Zur Auswertung kamen innerjährliche Abflüsse. Basierend auf schematisierten, stark vereinfachten Auenquerprofilen erfolgte die Berechnung eindimensional-stationär. Die Ergebnisse dienen der vergleichenden Analyse der Auenabschnittstypen (Kap. 3).

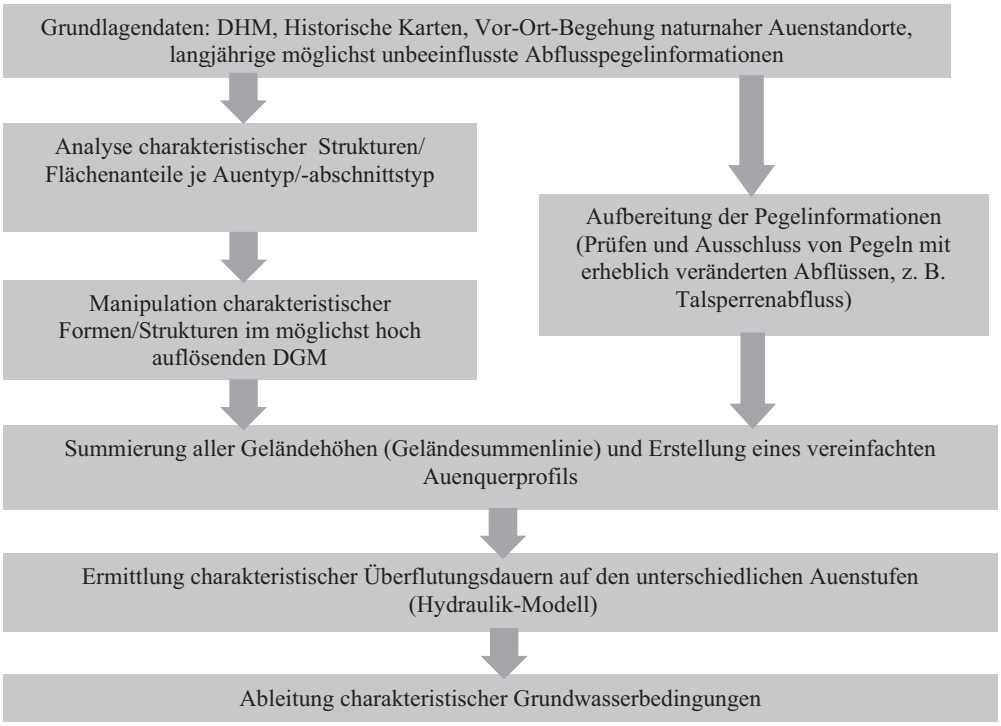


Abb. 11: Analyse der Grundlagendaten zur Erstellung der Hydromorphogramme

Überflutung, Grundwasserstand und -amplitude sind neben der Morphodynamik wichtige Faktoren für die Vegetation im Leitbild und bilden auch die Basis für die Erstellung der Ökogramme, die methodisch auf die multifaktoriellen Wasserstufen von HÜGIN & HENRICHFREISE (1992) und die Arbeiten von DISTER (1999) aufsetzen. Das im Folgenden erläuterte Hydromorphogramm führt die Ergebnisse der typspezifischen hydrologisch-hydraulischen Analysen in Abbildung 12 in komprimierter Form zusammen.

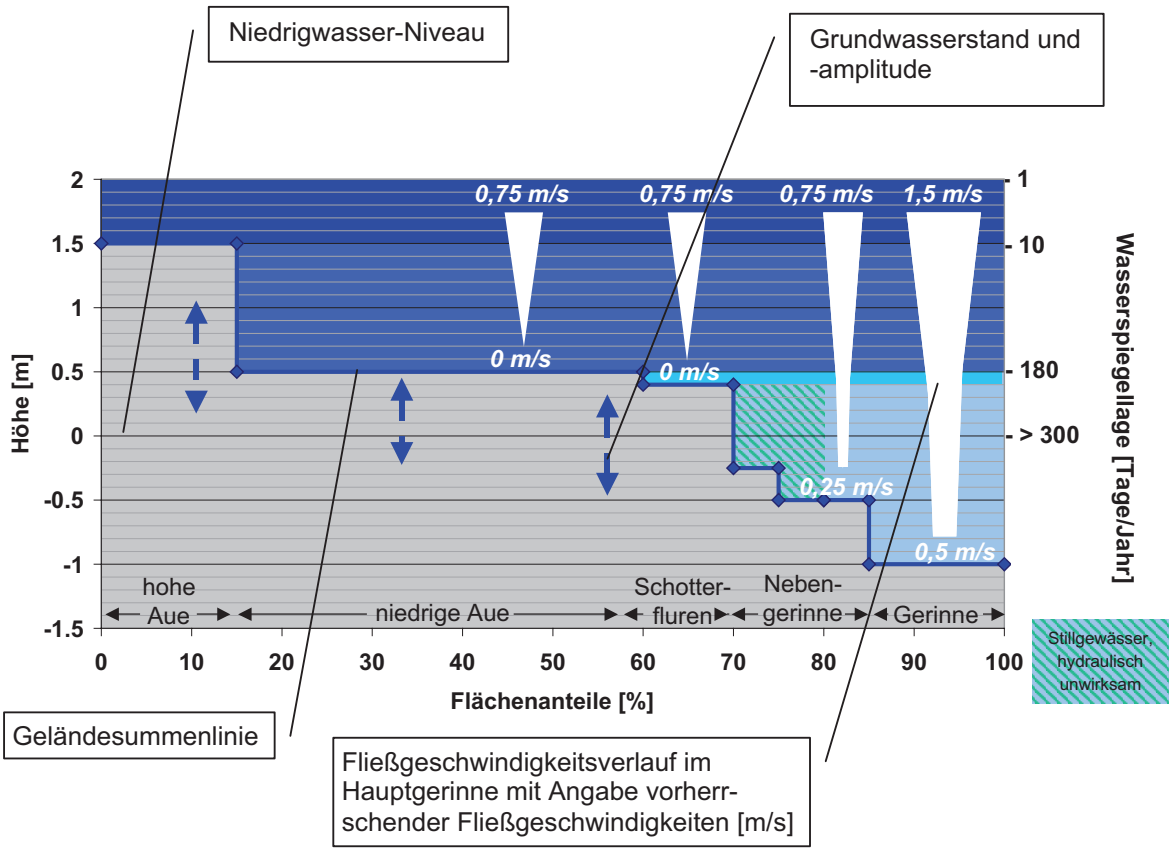


Abb. 12: Beispiel eines Hydromorphogramms

Die auenabschnittstypbezogenen Hydromorphogramme dienen der Visualisierung der abschnittstypspezifischen Überflutungs- und Grundwasserverhältnisse und der Fließgeschwindigkeiten in Fließgewässer und Aue. Sie stellen vorherrschende mittlere Verhältnisse bei einer weiten Talbodensituation dar. Die Flächenanteilsverteilung zwischen hoher und niedriger Aue, dem Gerinne und weiteren Auenstrukturen wie Schotterflächen und Nebengerinnen variieren naturgemäß mit der Breite des Talbodens und in Abhängigkeit des Auentyps.

Die Abszisse stellt die dort bezeichneten charakteristischen Auenstufen und -formen der Auenabschnittstypen in Form von Flächenanteilen dar. Auf der linken Ordinate erfolgt die Abbildung der Höhe der wichtigsten Auenstufen und -formen. Das 0,0 m Höhen-Niveau bezieht sich einheitlich auf einen Niedrigwasserabfluss, der im Mittel nur an 50 Tagen im Jahr unterschritten bzw. an 315 Tagen im Jahr überschritten wird. Weitergehende hydraulische Betrachtungen für das Niedrigwassergerinne werden nicht angestellt.

In diesem Beispiel beträgt der mittlere Flächenanteil der hohen Aue 15 % der Flächenanteile der gesamten Aue (abgelesen an der blauen Geländesummenlinie) bei einer Höhe von ca. 1,5 m über dem oben genannten Niedrigwasserabfluss. Die Bemaßungspfeile der Auenstufen und -formen verdeutlichen, dass die Angaben der blauen Geländesummenlinie schematisierte

mittlere Werte darstellen, die einer großen Varianz sowohl in die Breite (Flächenanteile) als auch in die Höhe (Kleinrelief mit Hohl- und Vollformen) unterliegen.

Die rechte Ordinate gibt die Anzahl der Tage pro Jahr an, die von bestimmten Wasserspiegellagen erreicht wird. Im Beispiel der Abbildung 12 wird das Niveau der hohen Aue im Mittel an 10 Tagen im Jahr erreicht oder sogar überschritten.

Zusätzlich zu den Wasserspiegellagen werden auch abschnittstypbezogen Fließgeschwindigkeitsspannen angegeben. Sie bezeichnen mittlere Fließgeschwindigkeiten in einem Spektrum von Niedrigwassersituationen bis hin zu den dargestellten Hochwasserabflüssen. In diesem Beispiel steht die Spanne von 0,5 bis 1,5 m/s für die vorherrschenden Geschwindigkeiten im potenziell natürlichen Zustand, die standörtlich stark variieren können.

Die vertikalen Spannweitenpfeile unter der Geländesummenlinie visualisieren die Grundwasserdynamik der Auenabschnittstypen.

Auf Grund der potenziell natürlichen sehr hohen standörtlichen Heterogenität der meisten Auen kann eine Aussage zu Überflutungsdauern auf unterschiedlichen Flächen innerhalb einer Aue im Rahmen dieses Vorhabens und der angewandten Methodik nur überschlägig und generalisiert in Flächenanteilen erfolgen.

Im Rahmen von Detailuntersuchungen für einzelne Auenabschnitte – beispielweise im Rahmen von lokalen Planungen – sind dagegen zweidimensionale hydraulische Modelle in Kombination mit feinauflösenden Geländemodellen und Abflussverhältnissen des potenziell natürlichen Zustandes die methodisch zielführendere Lösung.

Hydromorphodynamik

Die **Hydromorphodynamik** verknüpft inhaltlich die Parameter Formenschatz und Abflussdynamik und beschreibt den Charakter der hydromorphodynamischen Prozesse in zusammenfassender Form (Tab. 16). Insbesondere wird dabei auf das Verlagerungsverhalten des Gewässers bzw. der Gewässerläufe und das Fließverhalten in der Aue bei Überflutungen abgehoben. Die Hydromorphodynamik wird mit drei Klassen beschrieben:

Tab. 16: Klassen der Hydromorphodynamik

stagnierend	kaum laterale Laufverlagerung, vorherrschend biogen bestimmte Substratentwicklung, sehr langsame bis stehende Fließverhältnisse in der Aue
dynamisch	geringe bis starke laterale Laufverlagerung, deutliche Erosions- und Akkumulationsprozesse bei vorherrschend niedrigen bis mittleren Fließgeschwindigkeiten in der Aue
extrem dynamisch	sehr starke laterale Laufverlagerung, Umlagerung des Niedrig-/Mittelwasserbettes im Hochflutbett, Aue mit ausgeprägten Erosions- und Akkumulationsformen bei vorherrschend mittleren bis hohen Fließgeschwindigkeiten in der Aue

Vegetation (van de Weyer 2005)

Grundlagen bilden Arbeiten zur potenziellen natürlichen Vegetation in Deutschland (BFN 2004a, b, c, BOCHNIG & FUKAREK 1962, BOHN 1996, BURRICHTER 1973, BURRICHTER et al. 1988, HÄRDTLE 1989, HOHENESTER 1978, KAISER 1999, KAISER & ZACHARIAS 2003, KOLTZENBURG & BÖCKER 1999, KRAUSE & SCHRÖDER 1979, LANG 1973, LINDACHER 1996, MÜLLER & OBERDORFER 1974, MÜLLER-STOLL et al. 1993, REICHHOFF et al. 2000, SCHMIDT et al. 2002, SEIBERT 1968, TRAUTMANN 1966, 1972, 1973, TÜRK 1993). Eine Übersicht aus dem Jahr 1999 findet sich bei SCHRÖDER (1999). Die Nomenklatur folgt POTT (1995).

Darüber hinaus wurden weitere grundlegende Arbeiten ausgewertet, die sich mit der Vegetation in Auen beschäftigen (Tab. 17):

Tab. 17: Weiterführende grundlegende Arbeiten zur Vegetation in Auen

AHLMER 1989	GEPP et al. 1985	LUDEWIG 1999	SCHNEIDER 1996
ASSMUS 1987	GERKEN 1988	MARGRAF 2004	SCHOLZ et al. 2005
BAUMGÄRTEL 2004	HÄRDTLE et al. 1996	MAST 1999	SCHOOR & VAN SPLUNDER 1993
Berg et al. 2004	HENRICHFREISE 1996	MICHIELIS & ALDINGER 2002	SCHUBERT 2001
BETTINGER & SIEGEL 2002	HERING et al. (1997)	MÜLLER 1988, 1995	SCHWABE 1985,1987
BOGENRIEDER & FRISCH 2000	HÖLZEL 1996	MÜLLER & SCHARM 1996	SEIBERT 1958, 1962a, b, 1987
BOSTELMANN 1999	HÜGIN 1981, 1990	OBERDORFER 1936, 1977	SIEBEL 1998
BRESINSKY 1959	HÜGIN & HENRICHFREISE 1992	PFARR 2002	SPÄTH 2002
CONRAD-BRAUNER 1994	JÄGER 2004	POTT 1995, 1996	SUCCOW & JOOSTEN 2001
DIERSCHKE 1974	KASPAREK 1998	POTT & HÜPPE 2001	TITTIZER & KREBS 1996
DIERSCHKE et al. 1983	KISTENEICH 1993	POTT & REMY 2000	TRAUTMANN & LOHMEYER 1960
DISTER 1980, 1983, 1985, 1999	KLAUSNITZER & SCHMIDT 2002	PREISING et al. 1990	ULLMANN 1977
DISTER & DRESCHER 1987	KLEIKAMP 1996	REICHHOFF 1978	VERBÜCHELN 1995
DÖRING-MEDERACKE 1991	KNÖRZER 1957	REICHHOFF et al. 2004	VOLK 2003
DRESCHER & FRAISSL 2004	KOPECKÝ 1969	REIF et al. 2000	WALENTOWSKI et al. 2004
DVWK 1997	KRAUSE 1982, 1993	ROHLOFF & BONN 2002	WESTHUS 1986
ELLENBERG 1982	LAUTERBORN 1910/1911,1917, 1918	SAUTTER 2003	WIEBE 1998
FISCHER 2002	LOHMEYER 1957, 1960, 1970a, b	SCHMITZ 2002	WITTIG & DINTER 1991

Für die Auen Nordrhein-Westfalens liegen ausführliche Beschreibungen und Literaturauswertungen vor (LUA NRW 2001a, 2003a). Zudem sei darauf hingewiesen, dass z. B. für die „Vegetation an der Elbe“ eine 186 Seiten umfassende Bibliografie aus dem Jahr 1996 vorliegt

(BIEWALD & WAGENER 1996). Ausgewertet wurden auch Angaben zur floristischen Kartierung in Deutschland (BENKERT et al. 1998, HAEUPLER & SCHÖNFELDER 1988).

Bei der Auswertung wurde deutlich, dass zwischen dem Konzept der potenziellen natürlichen Vegetation (HÄRDTLE 1999, KAISER & ZACHARIAS 1999, KOWARIK 1987, LEUSCHNER 1999 und TÜXEN 1956) und der Definition des Leitbildes (Kap. 2.1) große Übereinstimmungen vorliegen, aber auch Unterschiede bezüglich der anthropogenen Änderungen bestehen (Tab. 18).

Tab. 18: Vergleich der potenziellen natürlichen Vegetation mit der Leitbildvegetation

	Potenzielle natürliche Vegetation	**Leitbildvegetation**
Definition	Die potenzielle natürliche Vegetation ist ein abstrakter, hypothetischer und **höchstentwickelter** Vegetationszustand, der bei seiner Konstruktion als schlagartig sich einstellend gedacht werden soll. Als Konstruktionsgrundlagen der PNV sind neben den natürlichen Ausgangsbedingungen sowohl nachhaltig wirkende (anthropogene irreversible und langfristig reversible) Standortsveränderungen als auch von außen einwirkende Einflussgrößen übergreifender, durch fortwährend anthropogene Steuerung geprägte Umweltbedingungen zu berücksichtigen.	„Nach der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) definiert das Leitbild den Zustand eines Gewässers anhand des heutigen Naturpotenzials des Gewässerökosystems auf der Grundlage des Kenntnisstandes über dessen natürliche Funktionen. Das Leitbild schließt insofern nur **irreversible** anthropogene Einflüsse auf das Gewässerökosystem ein...Das Leitbild besitzt keinen Bezug zu einem konkreten historischen Zustand.“
Zeitbezug	aktualistisch, nicht historisch	aktualistisch, nicht historisch
Irreversible Einflüsse	Auenlehm großflächige Veränderungen des Reliefs, des Grundwassers, der Substrate Mineralisation organischer Böden Sohlerosion Deiche Stauhaltungen	Auenlehmsedimentation großflächige Veränderungen des Reliefs, des Grundwassers, der Substrate Mineralisation organischer Böden Sohlerosion
Unterschiede	höchstentwickelter Vegetationszustand (Klimaxgesellschaft); in Abhängigkeit vom Autor auch Vegetationskomplexe (z. B. SEIBERT 1962a)	naturnahe Morphodynamik: beinhaltet neben Klimaxgesellschaften auch vegetationsfreie Flächen, Pioniergesellschaften und Röhrichte
Quellen	TÜXEN 1956, KOWARIK 1987, CONRAD-BRAUNER 1994, HÄRDTLE 1999, LINDACHER 1996, KOLTZENBURG & BÖCKER 1999, KAISER & ZACHARIAS 1999	LUA NRW 2001a

So beziehen z. B. KOLTZENBURG & BÖCKER (1999) für den staugeregelten Abschnitt des Oberrheins die Deiche und Stauhaltung als irreversible Veränderung bei der Ausweisung der potenziellen natürlichen Vegetation (PNV) ein und geben für den Abschnitt als Kartiereinheit „*Molinia arundinacea-Pinus sylvestris*-Gesellschaft, Salicetum eleagni, trockenes Querco-Ulmetum minoris und Carici albae-Tilietum cordatae“ an. Die vorliegende Leitbilddefinition sieht die Deiche und Stauhaltung als reversibel an und würde sich im vorliegenden Beispiel eher an Kartiereinheit „Querco-Ulmetum, teilweise Salicion albae“ orientieren. Diese Einheit geben KOLTZENBURG & BÖCKER (1999) für den nicht staugeregelten Abschnitt des Oberrheins an.

Bei der Auswertung der Karten der PNV fällt zudem auf, dass in der Regel Wald-Gesellschaften aufgeführt sind. Dies hängt in vielen Fällen sicherlich mit dem Maßstab der Darstellung zusammen. Diese Wald-Gesellschaften beinhalten aber auch noch verschiedene Vegetationskomplexe von den Pionierfluren über Röhrichte bis hin zu den Waldgesellschaften. Beispiele für alpin geprägte Auen geben z. B. SEIBERT (1962a, b) oder MÜLLER (1995) (Abb. 13).

Abb. 13: Morphodynamik und Struktur der Auenvegetation (schematisch) am Unterlauf eines schottergeprägten Flusses der Alpen/Voralpen vor dem Flussausbau (MÜLLER 1998)

Auf Grund obiger Ausführung erfolgt die Beschreibung der Vegetation im Leitbildzustand unter starker Orientierung der PNV, wobei anthropogene Änderungen wie Deiche und Stauhaltungen unberücksichtigt bleiben. In die Betrachtung einbezogen werden auch Vegetationskomplexe (LUA NRW 2001a, 2003a).

Die Zusammenhänge zwischen den Vegetationskomplexen und den wesentlichen abiotischen Faktoren hat DISTER (1999) für Flussauen des Tieflandes mit alpinem Wasserregime dargestellt. Als bestimmende Faktoren werden die Morphodynamik, die Überflutungsdauer und die Grundwasserschwankungen angegeben (Abb.14).

Abb. 14: Ökogramm für Flussauen des Tieflandes mit alpinem Wasserregime (DISTER 1999)

Betrachtet man überregional Angaben zur Überflutung von Vegetationseinheiten, fällt auf, dass die Angaben sehr unterschiedliche Bezugsebenen haben. Neben Angaben zur Lage in Bezug zur Mittelwasserlinie finden sich Angaben zur Überflutungstoleranz (SPÄTH 2002, WESTHUS 1986), Überflutungsdauer während des Jahres (DISTER 1980, DVWK 1997) oder auch während der Vegetationsperiode (MICHIELIS & ALDINGER 2002, PFARR 2002). Die Werte beziehen sich auf aktuelle Messungen, nur in wenigen Fällen auf Rahmenbedingungen, die dem Leitbild entsprechen (DISTER 1980). Zudem gibt es regionale Unterschiede der Zonierung bei vergleichbaren Vegetationseinheiten. HENRICHFREISE (1996) beschreibt die Vegetationszonierung im Uferbereich von Mittelrhein und Mittelelbe. Während am Mittelrhein der Eichen-Ulmenwald deutlich über der Mittelwasserlinie liegt, befindet er sich an der Mittelelbe unterhalb dieser Linie (Abb. 15).

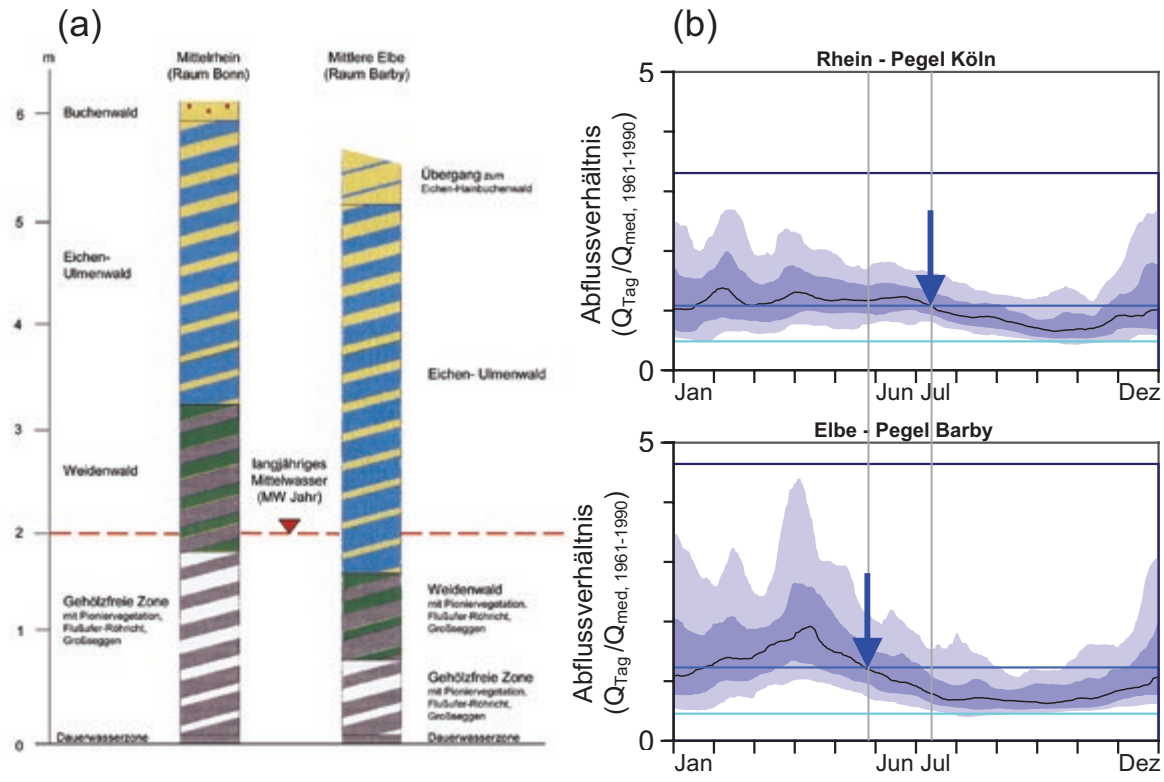


Abb. 15: (a) Vegetationszonierung im Uferbereich von Mittelrhein und Mittelelbe (HENRICHFREISE 1996)
(b) Vergleichspegel Köln und Barby für beide Stromabschnitte

Bei der Betrachtung der Perzentil-Diagramme der beiden Stromabschnitte in Abbildung 15 stechen zwei Unterschiede ins Auge. Die Median-Kurve (mittlere schwarze Linie; ausführliche Erläuterungen in Kap. 2.2.2.1) des Rhein-Pegels liegt von Mitte Januar bis Mitte Mai über dem blauen MQ-Niveau. In diesem Zeitraum kann im potenziell natürlichen Zustand mit Ausuferungen des Hauptlaufes und länger andauernden Überflutungen in der Aue gerechnet werden. Am Pegel Barby kreuzt die Median-Kurve das MQ-Niveau schon eineinhalb Monate früher.

Der zweite Aspekt ist der Verlauf der Hochwasserphase. Im Vergleich zur Elbe weist der Rhein einen eher ausgeglichenen Verlauf auf, mit kleineren Maxima im Februar und abgeschwächten Maxima Anfang April.

Die Elbe weist sowohl im Median-Verlauf als auch für das 75 %- und 90 %-Perzentil ausgeprägtere Maxima auf. Für die Elbe lässt sich somit eine deutlich akzentuiertere Periodizität der Frühjahrshochwasser um die erste Aprilhälfte erkennen. Dies ist auf die kontinentale Prägung des Klimas im Einzugsgebiet der Elbe zurückzuführen.

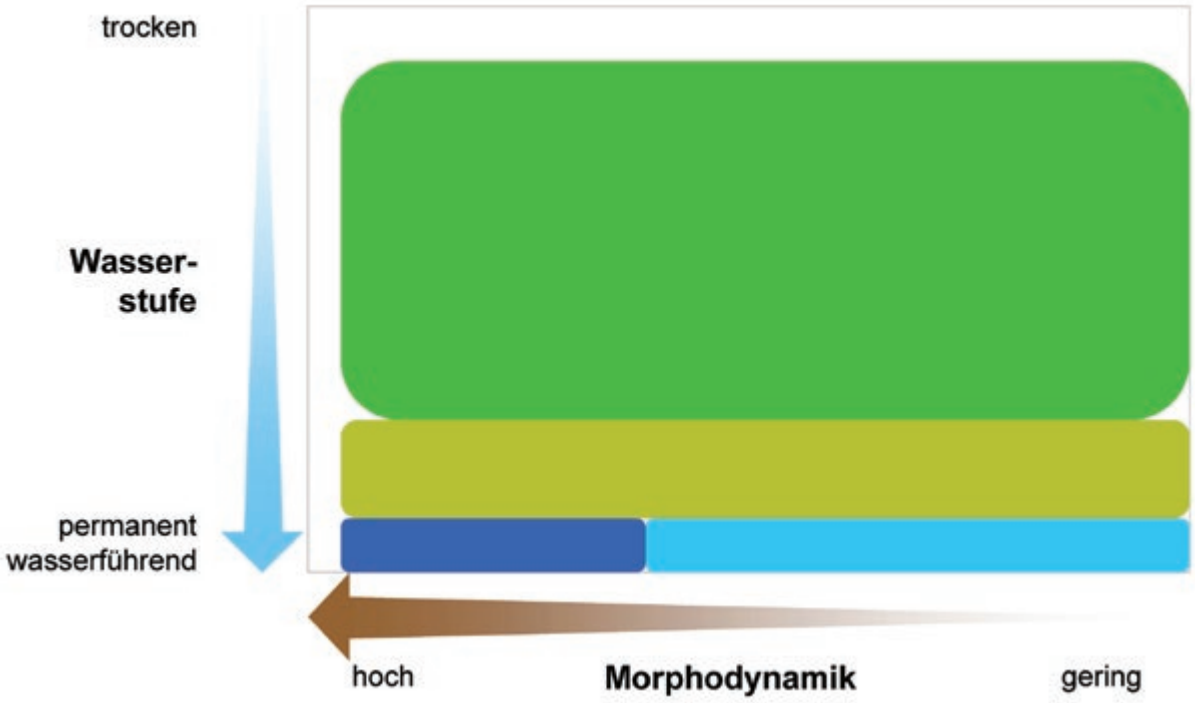


Abb. 16: Exemplarisches Ökogramm

Belastbarer als die Angaben zur Überflutungsdauer sind im bundesweiten Vergleich Wasserstufen, welche die Überflutung und den Einfluss des Grundwassers integrieren. Die Klassifikation der Wasserstufen folgt HÜGIN & HENRICHFREISE (1992). Auf Grundlage dieser Wasserstufen und der Morphodynamik erfolgt die Darstellung der Vegetation im Leitbildzustand in Anlehnung an DISTER (1999) für alle Auenabschnittstypen in Form von Ökogrammen (Abb. 16).

3 Typologie und Leitbilder der Fluss- und Stromauen

Auf Grundlage der in Kapitel 2.2 dargestellten Parametrisierung erfolgt die Zusammenführung und räumliche Zuordnung der erfassten Grundlagendaten, die zur Ausweisung der Auentypen führten. In diesem iterativen Prozess, in dem sowohl die Parametrisierungen als auch die Typenausweisung schrittweise angepasst wurden, konnten klar abgrenzbare Auentypen ausgewiesen werden.

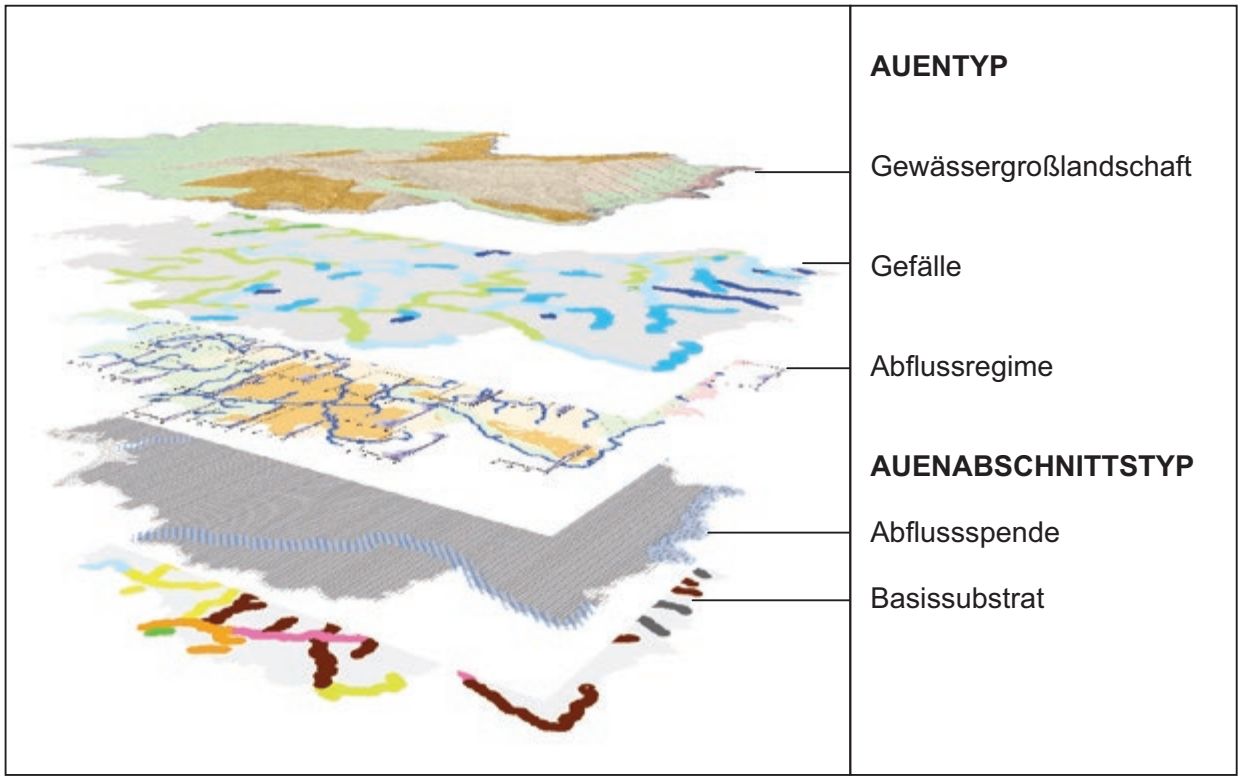


Abb. 17: GIS-gestützte Verarbeitung der Grundlagendaten und Typenentwicklung

Abbildung 17 veranschaulicht die Verwendung der in Kapitel 2.2 aufgeführten Grundlagendaten zur Entwicklung der Auentypen und Auenabschnittstypen.

Einzel- und Sondersituationen, die typologisch nicht eindeutig zuzuordnen sind, werden nachfolgend dem jeweils ähnlichsten Typ zugeordnet und im folgenden Kapitel 3.2 explizit benannt und beschrieben.

Die Ergebnisse der Auentypologie werden in zwei Schritten dargestellt: Kapitel 3.1 beschreibt zusammenfassend die typologische Gliederung der Fluss- und Stromauen Deutschlands. In Kapitel 3.2 werden die einzelnen Auentypen und -abschnittstypen charakterisiert und im Leitbildzustand erläutert und visualisiert.

3.1 Typologie der Fluss- und Stromauen

Die GIS-gestützte Verschneidung und Interpretation der Grundlagendaten führt letztlich zur Ausweisung der folgenden sieben Flussauen- und vier Stromauentypen (Tab. 19, Abb. 18, Karte siehe Anhang):

Tab. 19: Fluss- und Stromauentypen Deutschlands

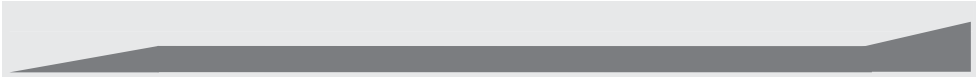
Flussauen
des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern:
• sehr gefällearme Flussaue des Flach- und Hügellandes
• gefällearme Flussaue des Flach- und Hügellandes
• gefällereiche Flussaue des Flach- und Hügellandes
des Deckgebirges mit Winterhochwassern:
• gefällearme Flussaue des Deckgebirges
• gefällereiche Flussaue des Deckgebirges
des Grundgebirges mit Winterhochwassern:
• gefällereiche Flussaue des Grundgebirges
der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern:
• gefällereiche Flussaue der Alpen/Voralpen
Stromauen
• gefällearme Stromaue mit Winterhochwassern
• gefällearme Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern
• gefällearme Stromaue mit Sommerhochwassern
• gefällereiche Stromaue mit Sommerhochwassern

Die Bezeichnungen des Abflussregimes müssten vor dem Hintergrund der großen intra- und interannuellen Schwankungen grundsätzlich mit dem Zusatz „vorherrschend“ (Bsp.: vorherrschend mit Sommerhochwasser) bezeichnet werden, was jedoch aus sprachlichen und formalen Gründen unterbleibt. Entsprechendes gilt für nahezu jeden Parameter, der lokal in variablen Ausprägungen auftreten kann.

3.1.1 Flussauentypen

Nachfolgend werden einige übergeordnete zentrale Zusammenhänge zwischen Flussauentypen und ausgewählten Parametern aufgezeigt (Tab. 20). Die differenzierte typbezogene Betrachtung erfolgt im Anschluss in Kap. 3.2.

Tab. 20: Ausgewählte Parameter zur Charakterisierung der Flussauentypen Deutschlands (Schraffur zeigt kleinräumig wechselnde Ausprägungen an)

Flussauentyp / Parameter	sehr gefälle-arme Flussaue des Flach- und Hügel-landes	gefälle-arme Fluss-aue des Flach- und Hügel-landes	gefälle-arme Flussaue des Deck-gebirges	gefälle-reiche Flussaue des Flach- und Hügellan-des	gefälle-reiche Flussaue des Deckge-birges	gefälle-reiche Flussaue des Grund-gebirges	gefälle-reiche Flussaue der Alpen/ Voralpen
Gefälle							
Abflussregime	pluvial						nival
vorherr-schendes Basissubstrat (Korngröße)							
vorherrschende Auenbreiten							
Abflussspende							
Anzahl der Gerinne/ Lauftyp	anastomosie-rend		Einbettgerinne		nebengerinnereich		verflochten
Morpho-dynamik							
Anteil vegetati-onsarmer, dynamischer Standorte							

Die Gefälleverhältnisse zeigen innerhalb der Gewässergroßlandschaften eine hohe Variabilität, wobei hinsichtlich der vorherrschenden Gefälleverhältnisse ein deutlicher Gradient vom Flach- und Hügelland, über das Deck- und Grundgebirge zu den Alpen besteht.

Mit Ausnahme der nival bestimmten Flussauen der Alpen/Voralpen weisen alle anderen Flussauentypen ausgeprägt pluviale Abflussregime auf, die im Westen ozeanisch bestimmt sind und Richtung Osten zunehmend kontinentale Ausprägungen annehmen.

Das Basissubstrat der Auen ist vorrangig an die Ausprägung des Einzugsgebietes als Liefergebiet gebunden. Dennoch können die lokalen landschaftsgenetischen Entwicklungen, insbesondere im komplex strukturierten Deckgebirge eine breite Streuung der Korngrößen der Basissubstrate von Sand bis Kies-Schotter bedingen.

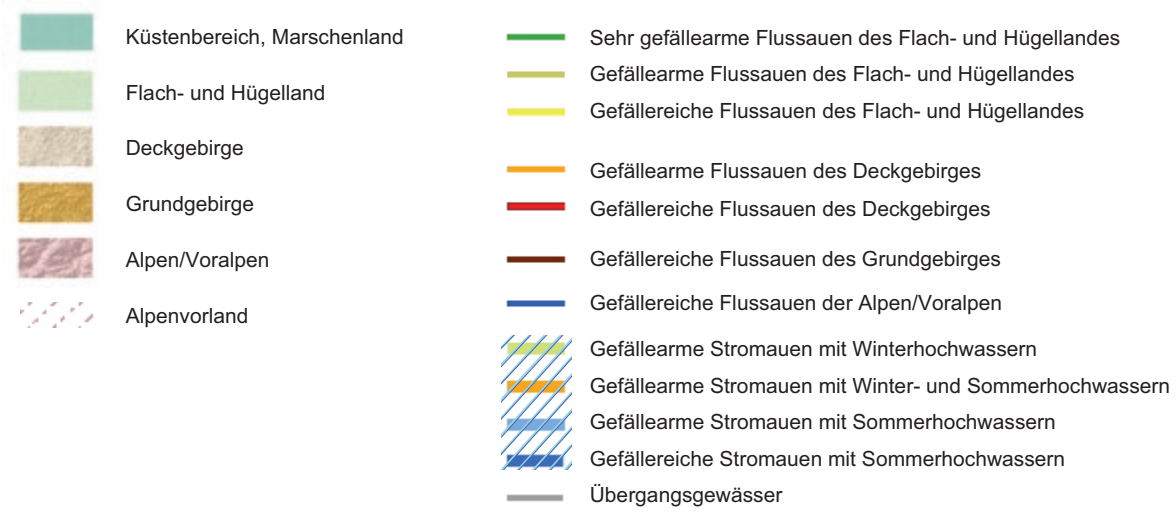
Die vorherrschenden Talbodenbreiten erlauben für die sehr gefällearmen und gefällearmen Typen des Flach- und Hügellandes zumeist die Entwicklung sehr großer, ausgedehnter Auen. In den Mittelgebirgsregionen dominieren dagegen vergleichsweise schmale Auen, die jedoch insbesondere im Deckgebirge ausgedehntere Aufweitungen besitzen können. In den Alpen und auch im Alpenvorland dominieren wieder sehr ausgedehnte Flussauen, die die Talböden vollständig einnehmen können.

Die Abflussdynamik zeigt wie die Abflussspenden einen Nord-Süd-Anstieg, wobei die dynamischsten Abflussverhältnisse (Grundgebirge) nicht unbedingt auf die höchste Morphodynamik verweisen (Alpen). Die Abflussspenden zeigen einen Nord-Süd-Anstieg auf, wobei der Nordosten mit besonders niedrigen und die Alpenregion mit besonders hohen Abflussspenden aufwartet.

Die Ausprägung des Lauftyps zeigt eine hohe Variabiliät und ist stark an die lokalen Abfluss-, Geschiebe- und Gefälleverhältnisse gebunden. Mehrbettgerinne und die entsprechenden Formen in der Aue treten lokal in jeder der Gewässergroßlandschaften auf, wobei die Anastomosen der sehr gefällearmen Auen des Flach- und Hügellandes sowie die „braided river"-Ausbildungen (dynamisch verflochten) der gefällereichen Auen der Alpen/Voralpen hervorzuheben und typprägend sind.

Die morphodynamischen Verhältnisse sowie der Anteil vegetationsarmer bzw. –freier Standorte sind wiederum direkt an die Gefälle- und Abflussverhältnisse (Dynamik und Wasserdargebot) gekoppelt.

Legende zur folgenden Abbildung 18:



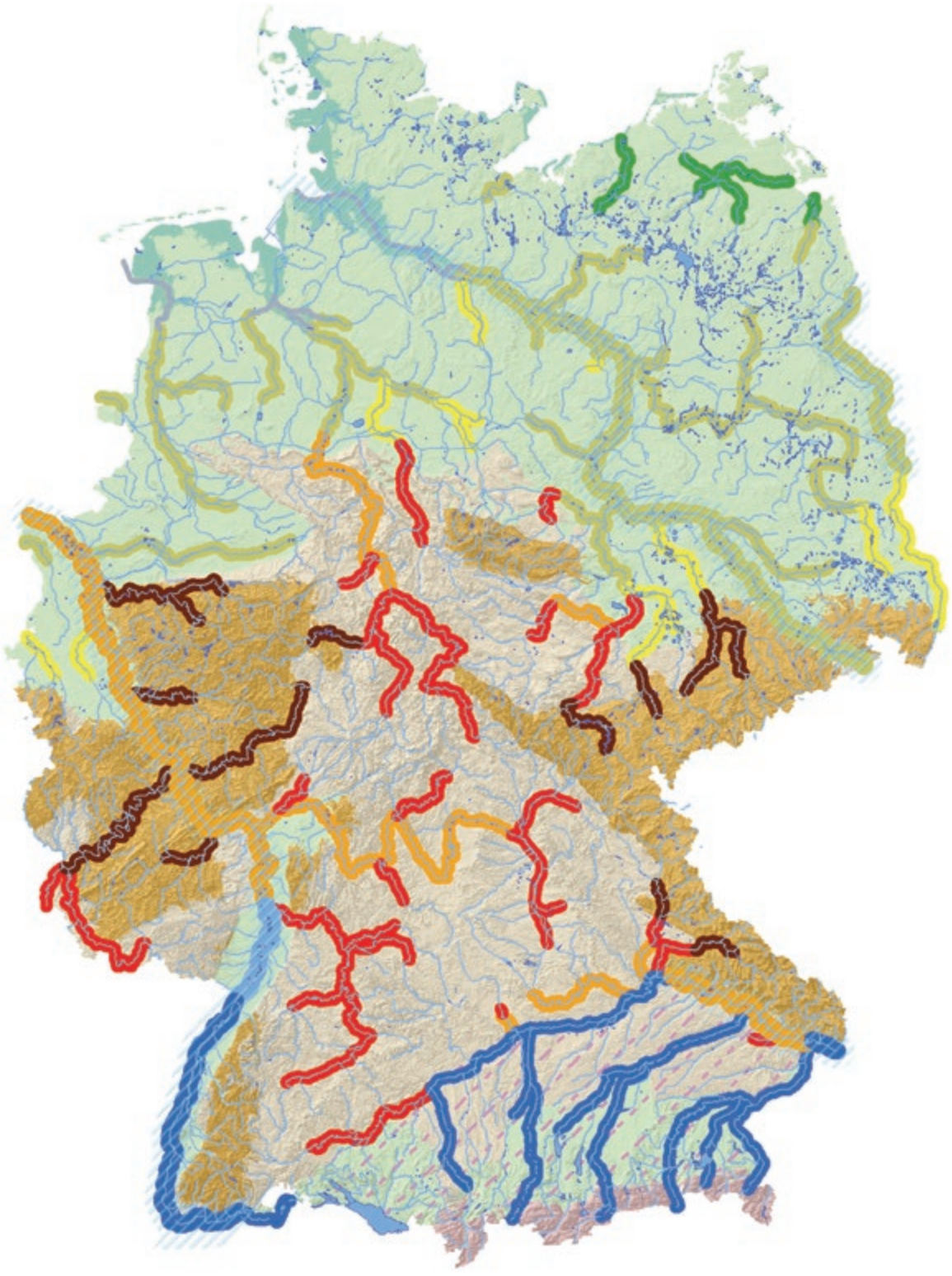


Abb. 18: Fluss- und Stromauentypen Deutschlands

(Datenbasis: GÜK200 © Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, 2003; SRTM-DGM; Gewässerlandschaften, Autor: Dr. E. Briem (Kartierung der Gewässerlandschaften, Talformen und Strukturen), Quelle: Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Datengrundlage: GÜK1000 © Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, 1993; DLM1000 © Vermessungsverwaltungen der Länder und BKG 2003)

3.1.2 Stromauen

Bei der Typisierung bzw. Namensgebung der Stromauen entfällt die Benennung der Gewässergroßlandschaft, da diese auf Grund der Einzugsgebietsgrößen in ihrer Bedeutung stark in den Hintergrund tritt und der Charakter des Einzugsgebiets in ausreichender Weise durch den Abflussregimetyp beschreibbar ist.

Gefällereiche Ausprägungen der Stromauen treten ausschließlich in Verbindung mit nivalen Abflussverhältnissen, somit im Bereich des Oberrheins, auf. Die gefälleärmeren Ausprägungen der Stromauen decken dagegen das gesamte Regimespektrum von nival über nivopluvial bis zum pluvialen Regime ab. Die nivalen Stromauen an Rhein und Donau (unterhalb der Inn-Mündung) sind in Deutschland an alpine Einzugsgebiete gebunden und beschränken sich somit auf den Süden Deutschlands.

Dagegen reichen die nivopluvial geprägten Stromauen des nördlichen Oberrheins, des Mittelrheins und des Niederrheins weit nach Norden. Eine vergleichbare Überlagerung von nivalen und pluvialen Einflüssen ist auch an den Stromauenabschnitten der Donau bis zur Inn-Mündung erkennbar.

Tab. 21: Ausgewählte Parameter zur Charakterisierung der Stromauentypen Deutschlands (Schraffur zeigt kleinräumig wechselnde Ausprägungen an)

Stromauentyp	pluvial	nivopluvial	nival	
Parameter	gefällearme Stromaue	gefällearme Stromaue	gefällearme Stromaue	gefällereiche Stromaue
Gefälle				
vorherrschendes Basissubstrat (Korngröße)				
Abflussspende				
Anzahl der Gerinne/ Lauftyp	anastomosierend	Einbettgerinne	nebengerinnereich	Einbettgerinne	verflochten
Morphodynamik					
Anteil vegetationsarmer dynamischer Standorte					

Rein pluviale Stromauen sind mit Elbe- und Oderauen auf die Mitte und den Osten Deutschlands beschränkt. Das vorherrschende Basissubstrat der pluvial geprägten Elbe- und Oderauen ist sandig und sandig-kiesig bzw. teilmineralisch-organisch, wogegen Ströme mit alpinen und mittelgebirgsgeprägten Einzugsgebieten vornehmlich kiesige Basissubstrate aufweisen. Zu erwähnen ist diesbezüglich ein deutlich ausgeprägter Verschleppungseffekt der Substrate, wie dies die südlichen deutschen Elbeabschnitte zeigen. Auch am südlichen Oberrhein von Basel bis Karlsruhe überwiegen schottergeprägte Substrate aus alpinen Einzugsgebieten.

Die Stromauen mit nivalen Regimen am Oberrhein weisen mittlere bis hohe Abflussspenden (Median-Spenden) auf, was für Fließgewässer mit einer Einzugsgebietsgröße > 30.000 km² bemerkenswert ist. Ebenso weist der nivopluvial geprägte Stromauentyp mit mittleren Abflussspenden von > 10 l/(s*km²) immer noch ein vergleichsweise hohes Wasserdargebot für Ströme auf. Der rein pluvial geprägte Typ ist durch ein geringes Wasserdargebot mit Werten um 5 l/(s*km²) gekennzeichnet.

Die gefällearmen Stromauen werden vorherrschend von Einbettgerinnen geprägt, wobei auch nebengerinnereiche Abschnitte auftreten können. Mit abnehmendem Gefälle treten anastomosierende Gerinne in den Vordergrund (Tab. 21).

Die gefällereichen Stromauen werden von verflochtenen Gerinnebetten bestimmt, die jedoch keine „braided river"-Situationen darstellen, sondern inselreiche Ausprägungen mit ausgedehnten Bank- und Schotterfluren darstellen und damit der oft als Furkationszone beschriebenen Ausprägung am südlichen Oberrhein entsprechen.

Die Morphodynamik ist in den nival und nivopluvial bestimmten Stromtypen besonders ausgeprägt und tritt dagegen in den gefälleärmsten Ausbildungen der Stromauen Norddeutschlands zurück.

3.1.3 Auenabschnittstypen

Eine weitergehende Differenzierung der Auentypen wird durch die Definition und Beschreibung von Abschnittstypen erreicht. Da eine flächendeckende räumliche Zuordnung über alle Parameter auf Grund des Bearbeitungsmaßstabs und der zugrunde liegenden Datenbasis nicht möglich ist (Kap. 2), erfolgt in einem ersten Schritt die Ausweisung von subtratdeterminierten Auenabschnittstypen, die zugleich eine der möglichen Schnittstellen zu den bestehenden Gewässertypologien bieten.

Unter Hinzuziehung der Substrate als Gliederungskriterium lassen sich die Fluss- und Stromauenabschnittstypen in den Tabellen 22 und 23 definieren. Die Typen sind durch eine Farbsignatur gekennzeichnet und zudem jeweils den in den Fluss- und Stromauen Deutschlands vorkommenden prägenden Auenbasissubstraten zugeordnet. Tabelle 22 und 23 entsprechen der Legende zur Karte im Anhang.

Tab. 22: Substratdeterminierte Flussauenabschnittstypen der BRD (Karte siehe Anhang)

Auentyp / Basissubstrat	pluvial						nival
	sehr gefällearme Flussaue des Flach- und Hügellandes (≤ 0,1 ‰)	gefällearme Flussaue des Flach- und Hügellandes (>0,1 – 0,5 ‰)	gefällereiche Flussaue des Flach- und Hügellandes (> 0,5 ‰)	gefällearme Flussaue des Deckgebirges (>0,1– 0,5 ‰)	gefällereiche Flussaue des Deckgebirges (> 0,5 ‰)	gefällereiche Flussaue des Grundgebirges (> 0,5 ‰)	gefällereiche Flussaue der Alpen/Voralpen (> 0,5 ‰)
organisch	O						
teilmineralisch-organisch		T					
Sand		S	S		S		
Sand-Kies		SK	SK	SK	SK		
Kies			K	K	K		
Kies-Schotter				KC	KC		KC
Schotter						C	C
Block-Schotter							BC

Tab. 23: Substratdeterminierte Stromauenabschnittstypen der BRD (Karte siehe Anhang)

Auentyp / Basissubstrat	pluvial	nivopluvial	nival	
	gefällearme Stromaue (≤ 0,5 ‰)	gefällearme Stromaue (≤ 0,5 ‰)	gefällearme Stromaue (≤ 0,5 ‰)	gefällereiche Stromaue (> 0,5 ‰)
organisch				
teilmineralisch-organisch	T			
Sand	S			
Sand-Kies	SK			
Kies	K	K	K	
Kies-Schotter		KC		
Schotter				C
Block-Schotter				

Diese substratdeterminierten Abschnittstypen sind zudem die Grundlage für die Auswahl der „Leitbildräume“, welche die inhaltliche Untersetzung der Typen darstellen. Sie zeigen die typischen Ausprägungen, als auch die Varianz innerhalb eines Typs auf.

Karte der Auentypologie der Bundesrepublik Deutschland

Die beiliegende Karte zeigt die Grundlagendaten für die beschriebene Typen- und Abschnittstypenbildung auf und ermöglicht die räumliche Zuordnung von Grundlagendaten (1:1.000.000) und Auenytpen.

Als Kartengrundlagen dienen die Gewässergeometrien des DLM 1000 W sowie die Gewässergroßlandschaften. Der Kartenhintergrund zeigt ein geschummertes, d. h. mit Schattenwurf

versehenes, digitales Geländemodell (SRTM-DGM), um einen plastischen Eindruck des Reliefs zu vermitteln und die intuitive Erfassbarkeit der Gewässergroßlandschaften zu unterstützen.

Die Auentypen sind als farbige Bänder dargestellt und in der Karte der Grundlagendaten im Maßstab 1:1.000.000 mit ergänzenden Informationen zu den Grundlagendaten versehen.

Als farbige Outline sind die Gefälleverhältnisse ausgewiesen, wobei die Klasse „gefällereich“ dreigliedrig ist, um eine weitergehende Differenzierung der Abschnittstypen möglich zu machen (Abb. 19).

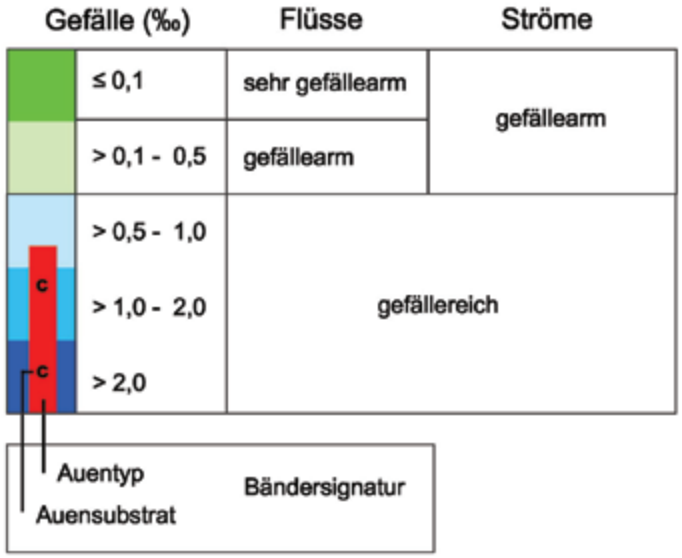


Abb. 19: Legende der Gefälleverhältnisse

Das vorherrschende Basissubstrat der Auen ist mit Buchstaben gekennzeichnet, so dass sich hieraus eine erste räumliche Zuordnung der substratdeterminierten Abschnittstypen ableiten lässt.

Ergänzend sind auf der Karte hydrologische Charakteristika hinsichtlich des Wasserdargebotes der Flusseinzugsgebiete abgebildet und eine entsprechende Sondersignatur, die auf das in besonderer Weise ausgeglichene Abflussregime der Ströme hinweist.

3.2 Auentypen und Leitbilder der Fluss- und Stromauen

Die Auentypen werden nachfolgend auf Grundlage der substratdeterminierten Auenabschnittstypen beschrieben. Diese Abschnittstypen werden beispielhaft mit Hilfe von Blockbildern und ergänzenden Abbildungen visualisiert. In Anlehnung an die hierarchische Struktur der Typendiagramme erfolgt eine synoptische Beschreibung jedes Typs nach folgendem Schema (Abb. 20):

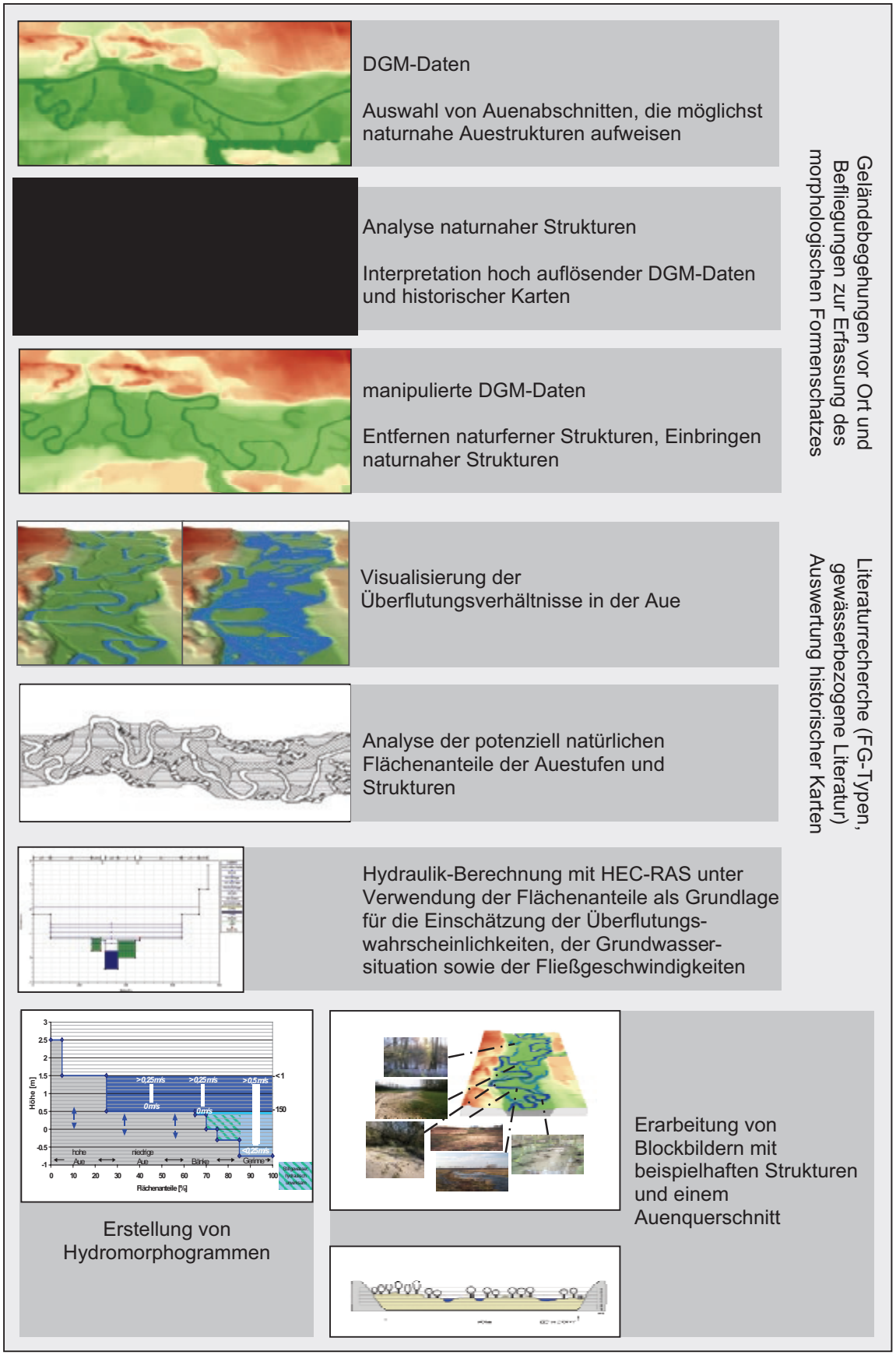


Abb. 20: Methodik der Leitbilderstellung für die Fluss- und Stromauen Deutschlands

Diese Synthese der standörtlichen Faktoren in Abbildung 20 leitet zur Beschreibung der Vegetation im Leitbildzustand über, welche die jeweilige Abschnittstypenbeschreibung schließt und von VAN DE WEYER (2005) erarbeitet wurde.

Der Aufbau der folgenden Auentyp-Beschreibungen orientiert sich, wie in Kapitel 3.1 erläutert, grundsätzlich an dem in Kapitel 2 vorgestellten Auentypendiagramm (Abb. 3).

Die **Typebene** wird hinsichtlich der Parameter Gewässergroßlandschaft, Auengefälle sowie Abflussregime beschrieben.

Nachfolgend werden die substratdeterminierten **Abschnittstypen** betrachtet und auf Grundlage der Parameter Auensubstrat, Formenschatz sowie Abflussdynamik, Wasserdargebot und Überflutung/Grundwassersituation (Abb. 3) voneinander abgegrenzt.

Diese vorgenannten textlichen Erläuterungen leiten zu den Tabellen und Abbildungen zur Charakterisierung der Typen über, welche die umfangreichen Beschreibungen in komprimierter Form darstellen und die Abschnittstypen beispielhaft visualisieren (z. B. Tab. 24, Abb. 28). Die Auenabschnittstypen werden in den Tabellen jeweils in separaten Spalten beschrieben, soweit sich der zeilenweise beschriebene Parameter für die Abschnittstypen differenzieren lässt (Tab. 25).

3.2.1 Flussauen des Flach- und Hügellandes

Lage und räumliche Verteilung

Die Gewässergroßlandschaft des Flach- und Hügellandes nimmt große Teile Norddeutschlands ein. Die Reliefsituation sowie die geologischen Verhältnisse sind vielfältig und werden durch die kaltzeitliche Überprägung diversifiziert. Der äußerste Nordosten wird von ausgeprägt reliefierten Jungmoränenlandschaften eingenommen, die Substrate unterschiedlichster Dimension und Genese liefern (Abb. 21).

Die westlich und südlich anschließenden Altmoränenlandschaften zeigen dagegen häufig ausgeglichenere Reliefverhältnisse mit lokal aufdringenden Festgesteinskomplexen des Deckgebirges.

In Landschaften, wie der südlichen Niederrheinischen Bucht, deren Entwicklung zudem durch große Stromsysteme geprägt wurde, treten häufig Terrassenlandschaften auf, die durch den Wechsel von Erosions- und Akkkumulationsphasen entstanden sind.

Häufig weisen die pleistozänen Terrassen Lößauflagen oder Flugsand auf, die mehrere Meter Mächtigkeit erreichen können und vorrangig für die kleineren Gewässer dieser Bördenlandschaften prägend sind.

Ebenfalls dem Flach- und Hügelland zuzurechnen sind die glazial geprägten Bereiche des südlichen Alpenvorlandes in Süddeutschland (BRIEM 2003). Diese Landschaftseinheit weist jedoch nur Gewässer mit Einzugsgebieten < 1000 km² auf, die damit nicht im Fokus des vorliegenden Vorhabens stehen. Die Auen der größeren Gewässer, die das Alpenvorland durchschneiden, werden von den Charakteristika der alpinen Einzugsgebiete bestimmt.

In den Auen der Flach- und Hügelländer herrschen Lockergesteine als Ausgangssubstrate vor. Sie bilden die Grundlage für die Entwicklung der mineralisch geprägten Auentypen. Neben den mineralischen Substraten treten im Flach- und Hügelland weitflächig Niedermoorbildungen unterschiedlichster Ausprägung auf, die auch für die Charakteristik der dortigen Auen bestimmend sein können.

Die sehr gefällearmen Flussauen des Flach- und Hügellandes sind in ihrer Verbreitung auf die Niederungen und Talungen des nordostdeutschen, durch die Litorina-Transgression beeinflussten Tieflandes begrenzt.

Die gefällearmen Flussauen des Flach- und Hügellandes haben dagegen ein weitaus größeres Verbreitungsgebiet. Sie prägen als Auenlandschaften das Norddeutsche Tiefland und durchziehen die dortigen Fließgewässerlandschaften, das Jung- und Altmoränenland, die Sander und Lößregionen im Sinne von BRIEM (2003). In Abhängigkeit der lokalen geologischen Situation und der Gefälleverhältnisse sowie der Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet variieren die Basissubstrate der Auen von teilmineralischen Ausprägungen zu sandig-kiesigen Substraten.

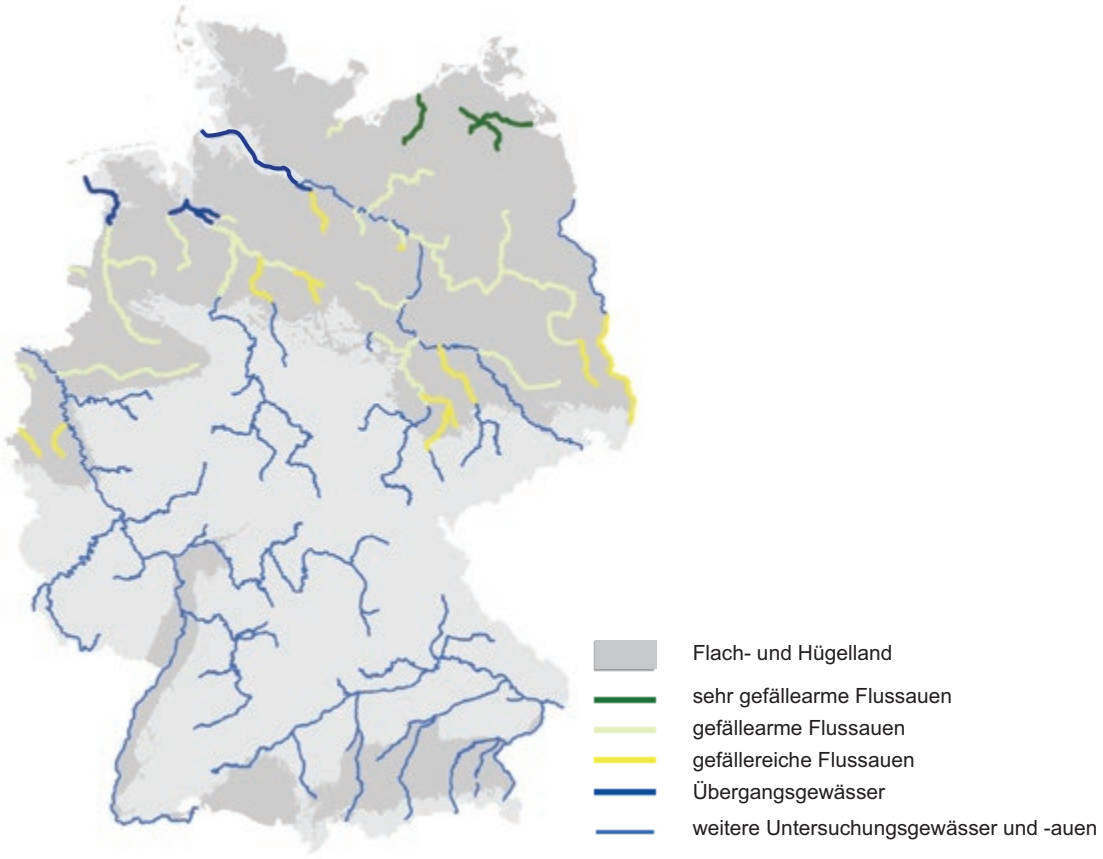


Abb. 21: Lage der Gewässergroßlandschaft des Flach- und Hügellandes und deren Flussauen mit EZG > 1.000 km²

(Datenbasis: GÜK200 © Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, 2003; Gewässerlandschaften, Autor: Dr. E. Briem (Kartierung der Gewässerlandschaften, Talformen und Strukturen), Quelle: Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Datengrundlage: GÜK1000 © Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, 1993; DLM1000 © Vermessungsverwaltungen der Länder und BKG 2003)

Im Gegensatz zu den gefällearmen Ausprägungen treten gefällereiche Auen des Flach- und Hügellandes vergleichsweise selten auf und sind überwiegend auf die Austrittsbereiche aus den Deck- und Grundgebirgslandschaften bzw. auf Flüsse mit oberen Einzugsgebieten in den Mittelgebirgen beschränkt.

Im Rahmen der vorliegenden typologischen Zuordnungen werden die Auen der Übergangsgewässer nach WRRL nicht betrachtet, da deren standörtliche Verhältnisse durch das komplexe Wechselspiel des Tideneinflusses überprägt werden.

3.2.1.1 Sehr gefällearme Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

Talbodenform und -gefälle

Die jüngere kaltzeitliche Überprägung der Jungmoränenlandschaft ließ eine kleinteilig gegliederte Landschaft mit abschnittsweise hoher Reliefenergie entstehen. In diesen Bereichen können Durchbruchstäler auftreten, die mittelgebirgsartige Gefälleverhältnisse und keine bzw. sehr schmale Talböden bzw. Auen aufweisen. Vorherrschend sind jedoch im durch die Litorina-Transgression beeinflussten Nordosten Deutschlands Sohlentäler und Niederungen, die mit Werten < 0,1 ‰ extrem geringe Talbodengefälle besitzen und hinsichtlich ihrer Genese häufig auf pleistozäne Schmelzwasserrinnen zurückgeführt werden können. Die Litorina-Transgression führte dazu, dass die tiefer gelegenen Glazialtäler eingestaut wurden. Infolgedessen stellten sich in den immer gefälleärmer werdenden Talungen großflächige Niedermoorbildungen ein.

Die sehr gefällearme Flussaue des Flach- und Hügellandes weist zwei vorherrschende Talbodenbreiten und Hangformen auf. Diese unterscheiden sich im Wesentlichen durch die Ausdehnung des horizontalen Talbodens („Überflutungsmoor“ nach SUCCOW & JOOSTEN 2001) und der in den Talhängen bzw. seitlich des Talboden anschließenden, schwach zum Talboden hin geneigten Moorkörper („Durchströmungsmoor“ nach SUCCOW & JOOSTEN 2001) (Abb. 22).

Abb. 22: Talboden mit schmalem überflutungsgeprägten Niedermoor und randlich anschließenden Durchströmungsmooren (SUCCOW & JOOSTEN 2001, S. 452)

Die horizontalen Talböden sind kaum reliefiert und weisen Höhenunterschiede im Dezimeterbereich auf, so dass schon leicht erhöhte Abflüsse zu ausgedehnten Überflutungen führen. Zudem reicht der Einfluss der Ostsee in den Unterläufen – trotz der geringen Tidewerte von bis zu 30 cm – auf Grund der geringen Gefällewerte weit landeinwärts in die Auen hinein.

Abflussregime

Das Abflussverhalten ist ausgeglichen bis schwach dynamisch und wird von winterlichen Hochwassern bestimmt. Bei großen Auenbreiten und nahezu horizontalem Talboden bedingen großflächige Ausuferungen nur geringe Überflutungshöhen. Die Sommermonate zeigen sehr geringe Schwankungsbreiten des Abflussgangs, wobei auch längere Niedrigwasserphasen mit geringen Wasserstandsabsenkungen auftreten können (Abb. 28). Der pluviale Charakter zeigt sich mit Abflussmaxima im Januar und Ende März.

Niederschlag (BMU 2003):

- Jahr: 600 – 800 mm (Nordostdeutschland), 700 – 900 mm (Nord- / Nordwestdeutschland)
- Sommer: 350 – 450 mm (Nordostdeutschland), 400 – 500 mm (Nord-/ Nordwestdeutschland)
- Winter: 250 – 350 mm (Nordostdeutschland), 350 – 450 mm (Schleswig-Holstein)

Substratdeterminierter Auenabschnittstyp

Die sehr gefällearmen Auen des Flach- und Hügellandes zeigen mit Ausnahme der talboden-formbedingten Varianz eine vergleichsweise homogene Ausprägung hinsichtlich der Substrat-verhältnisse, so dass nur ein substratdeterminierter Abschnittstyp (Abb. 23) ausgewiesen wird:

- Sehr gefällearme organisch geprägte Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhoch-wassern

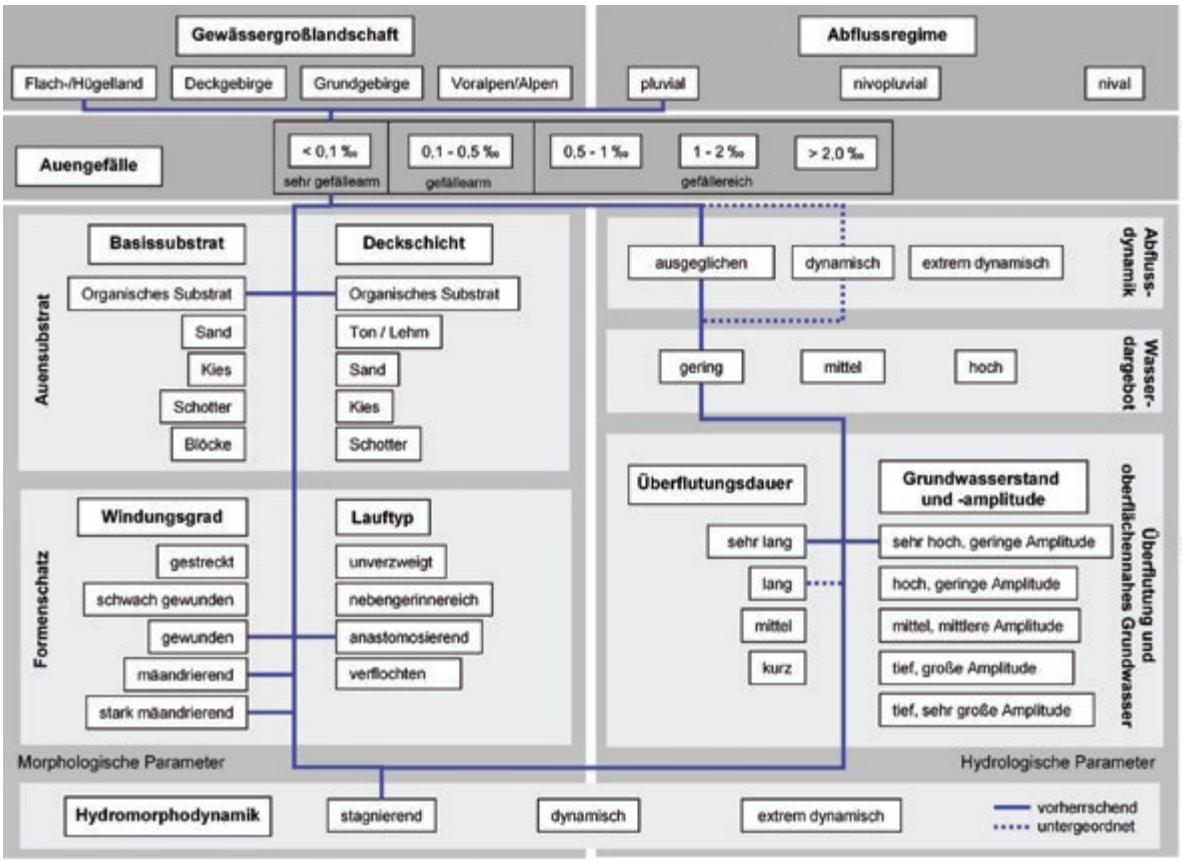


Abb. 23: Typdiagramm der sehr gefällearmen organisch geprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

Deck- und Basissubstrat

Die Talbodenfüllungen der organisch geprägten Flussauen des Flach- und Hügellandes werden von Niedermoorbildungen bestimmt, die oftmals in erheblicher Tiefe auf mineralischer Basis unterschiedlichster Korngrößen – von fluvialen Sanden bis zu den blockreichen Mergeln der Grundmoränen – aufliegen. Kleinräumig können in die Niedermoorkörper feinkörnige mineralische Anteile eingespült sein, sowohl aus dem Einzugsgebiet des Hauptgewässers als auch aus zufließenden Gewässern.

Abb. 24: Offene Wasserflächen mit Übergängen zu semiterrestrischen Niedermoorböden

In Bereichen mit lang anhaltenden Überflutungen und perennierenden stillgewässerartigen Strukturen können sich schlickreiche aquatische Mudden entwickeln. Randlich gelegen schließen sich abschnittsweise Durchströmungsmoore an, die vorherrschend von Hangwasser durchsickert werden.

Formenschatz

Die gegen Null tendierenden Gefälleverhältnisse der ausgedehnten Auen führen in Verbindung mit den organischen Deck- und Basissubstraten sowie der geringen hydrologisch und hydraulisch determinierten Dynamik zur Ausbildung von anastomosierenden Gerinnebetten (Abb. 25, Tab. 24), d. h. der Aufteilung in eine Vielzahl von Gewässerverläufen, die nur unscharfe Begrenzungen zu den anschließenden Niedermoorflächen besitzen. Nur abschnittsweise sind Hauptläufe ausgebildet, vorherrschend durchziehen vielzählige stark gewundene Fließwege die organischen Talböden. Neben den ständig langsam durchflossenen Bereichen treten ausgedehnte

stillgewässerartige Wasserflächen auf (Abb. 24), die über die durchströmten Niedermoor– und Röhrichtflächen mit den durchflossenen Rinnensystemen in Verbindung stehen können. Vollformen, wie flach geneigte Schwemmfächer, treten bei diesem Auentyp vereinzelt in Mündungssituationen von Zuflüssen mit höheren mineralischen Geschiebemengen auf.

Abb. 25: Ausgedehnte Niedermoor- und Röhrichtbestände mit eingelagerten Wasserflächen

Überflutung und Grundwasser

Die lang anhaltenden und regelhaften Überflutungen der sehr gefällearmen Flussauen des Flach- und Hügellandes treten vorzugsweise in den Winter- und Frühjahrsmonaten auf. Die Sommermonate werden von niedrigeren Abflussmengen bestimmt. Dennoch sind die kaum reliefierten Auen nahezu das ganze Jahr sehr hohen Grundwasserständen und häufigen Überflutungen ausgesetzt. Ein Großteil des Talbodens weist Überflutungsdauern von 180 Tagen im Jahr auf (Abb. 27), tiefgelegene Teilflächen sind dauerhaft bespannt. Bereiche, die vollständig trocken fallen, treten nur sehr kleinräumig auf oder fehlen vollständig (Abb. 26).

Auch kleinere Hochwasser führen zur Überflutung der gesamten Aue, da die zufließenden Wassermengen auf Grund der geringen Talbodengefälle nur äußerst langsam abfließen und mit dem Ablaufen der Hochwasserwelle wieder stagnierende Verhältnisse eintreten.

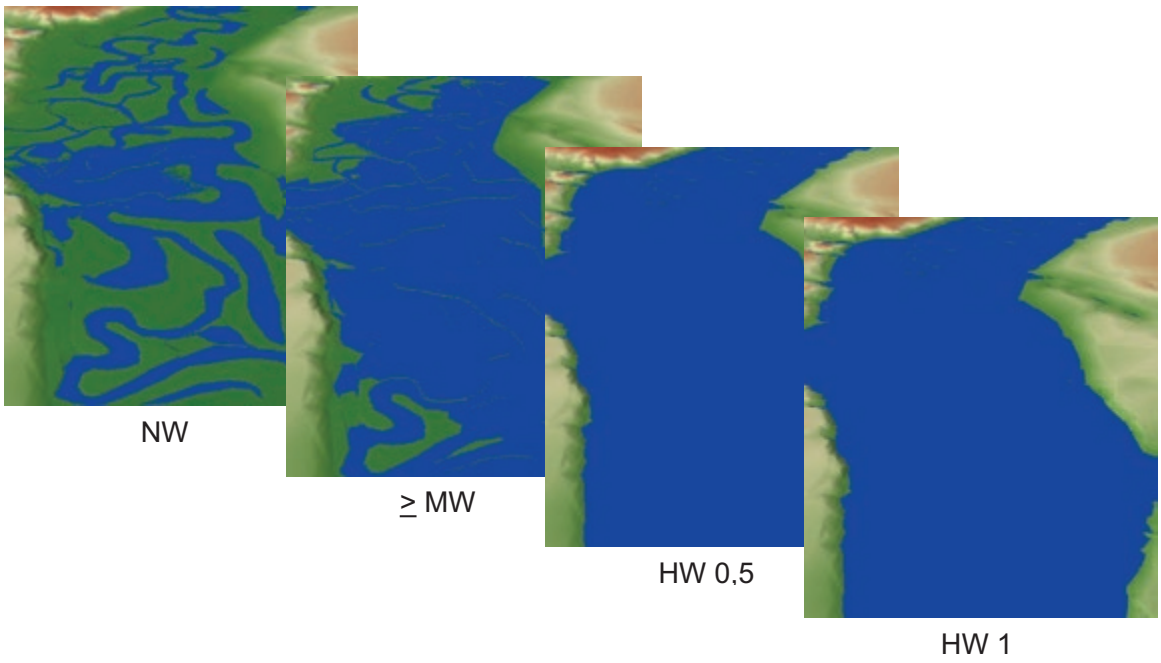


Abb. 26: Überflutungsszenarien der sehr gefällearmen organisch geprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

(Datenbasis: DGM25 © LUNG MV 2004)

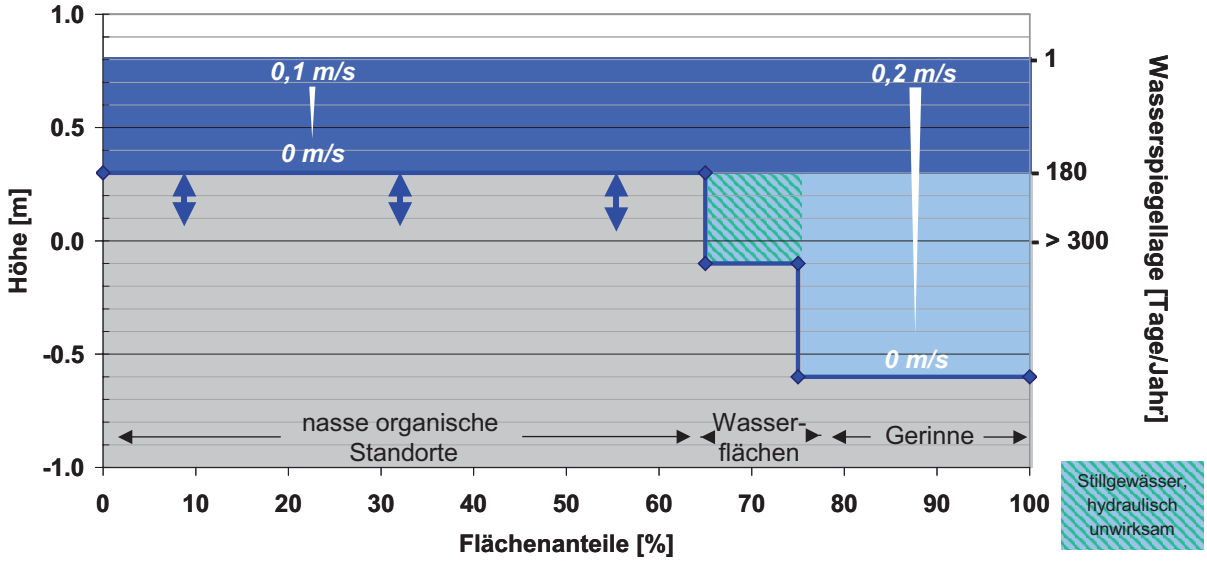


Abb. 27: Hydromorphogramm der sehr gefällearmen organisch geprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

Die Grundwasserverhältnisse sind auf Grund des kaum ausgeprägten Feinreliefs vergleichsweise homogen. Die Aue wird von oberflächennah anstehendem Grundwasser mit sehr geringen Schwankungen geprägt. Die hohe Wassersättigung der organischen Böden führt zu einem engen Zusammenspiel der Anastomosen mit den umgebenden Auenflächen und Gewässern. Die randlich zufließenden Grundwasserströme versorgen die Durchströmungsmoore und können im Übergangsbereich zum Talboden zu quelligen Standorten führen.

Hydromorphodynamik

Die sehr gefällearmen organisch geprägten Flussauen des Flach- und Hügellandes gehören zu den stagnierenden Auen, sowohl in morphodynamischer als auch in hydrologisch-hydraulischer Sicht. Verlagerungen der Anastomosen werden eher durch die biogenen Veränderungen, somit das Aufwachsen des Niedermoorkörpers und Akkumulationen organischer Substanz bestimmt, als durch hydraulisch initiierte Dynamik der Gewässerverläufe. Auch die gefällebedingt langsame Durchströmung bzw. Durchrieselung der Moor- und Röhrichtflächen lösen keine fluviatilen Prozesse im eigentlichen Sinne aus. Die standörtlichen Bedingungen sind somit in erster Linie durch die lang anhaltenden Überflutungen sowie die hohen, gering schwankenden Grundwasserstände bestimmt.

Sondersituationen

Im unmittelbaren Rückstaubereich der Ostsee ist zukünftig durch den natürlichen Prozess der Litorina-Transgression (s.o.) und durch den anthropogen induzierten prognostizierten Anstieg des Meereswasserspiegels mit einer weiteren Reduzierung der Wasserspiegellagengefälle zu rechnen. Eine Quantifizierung ist zur Zeit nicht möglich, tendenziell ist jedoch eine fortschreitende Vernässung bzw. die Bildung eines größeren Anteils offener Wasserflächen zu erwarten.

Vegetation (VAN DE WEYER 2005)

In der sehr gefällearmen organisch geprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern dominieren Röhrichte und Rieder in verschiedenen Ausbildungen. Die größten Flächenanteile der sehr reliefarmen Aue sind durch lang anhaltende Überflutungen mit langsamen bis stagnierenden Abflüssen gekennzeichnet. Auf diesen Flächen wachsen Großröhrichte (Phragmition) bzw. Großseggenrieder (Magnocaricion) (Nomenklatur nach POTT 1995). SUCCOW & JOOSTEN (2001) bezeichnen diese Einheiten als Überflutungsmoor. Auf etwas trockeneren Standorten schließen sich untergeordnet Weidengebüsche (Salicion cinereae, Salicion albae) an. Kleinflächig treten auch Erlenbruchwälder (Alnion glutinosae) und Eschenwälder (Alnenion glutinosae) auf. Hierbei können quellige Ausbildungen bei stärkerem Grundwassereinfluss und nährstoffreiche Ausbildungen unterschieden werden. Bei zunehmendem Grundwassereinfluss, eher in randlichen Bereichen der Aue, treten Nieder- und Zwischenmoor-Gesellschaften (Scheuchzeretalia palustris) auf (Durchströmungsmoor nach SUCCOW & JOOSTEN 2001).

Die Vegetation der Fließgewässer ist durch Schwimmblattgesellschaften in arten- und wuchsformenreichen Ausbildungen (*Sparganium emersum*-Gesellschaft) bzw. Großlaichkraut-Gesellschaften (Potametea) gekennzeichnet (LUA NRW 2003a). Dominierend sind charakteristische Arten der Stillgewässer. Stillgewässer mit stärkerem Grundwassereinfluss weisen Armleuchteralgen- (Charetea) bzw. Strandlings-Gesellschaften (Littorelletea) auf, z. T. auch Zwergschlauch-Gesellschaften (Utricularietea). Nährstoffreiche Stillgewässer beherbergen Laichkraut- (Potametea) und Wasserlinsen-Gesellschaften (Lemnetea).

Tab. 24: Charakterisierung der sehr gefällearmen Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

Flussauentyp **Parameter**	**Sehr gefällearme Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern**
Gewässergroß-landschaft	Flach- und Hügelland, vorherrschend in der nordostdeutschen durch die Litorina-Transgression beeinflussten Jungmoränenlandschaft
Einzugsgebietsgröße	1.000 km^2 – ca. 5.000 km^2
Abflussregime	pluvial winterliche Hochwasser mit Abflussmaxima ca. im Februar und Ende März
Talformen	vorherrschend: sehr gefällearme Sohlentäler mit ebener, breiter Talsohle (Gerinnebreite/Talbodenbreite 1:5 - < 1:10) selten: gefällearme Täler mit schmaler Talsohle, lokale höhere Auengefälle in Durchbruchstalsituationen
Talbodenform/ -charakteristik	glaziale Schmelzwasser-Abflussbahnen Sohlentalabschnitte mit ebenem Talboden, der mit aufgewachsenen mächtigen Niedermoorhorizonten gefüllt ist, abschnittsweise mit variierend großen Hangmooren, die an den Hangflanken ansteigen
Auengefälle	sehr gefällearm < 0,1 ‰, abschnittsweise um 0,02 ‰, lokal > 0,1 ‰
Auensubstrat	
Basissubstrat	vorherrschend: organische Substanz, Torf nur sehr untergeordnet mineralisches Substrat (Sand, Kies), v. a. in/unterhalb von Durchbruchstälern
Deckschicht	organische Substanz, Torf
Formenschatz der Aue	
Auengewässer	permanente, z. T. großflächige, flache Auengewässer temporäre Stillgewässer/Blänken
Hohlformen	zahlreiche organogene Hohlformen, meist ganzjährig wassergefüllt (s. Auengewässer)
Vollformen	geneigte Talrandvermoorung (Quell-, Durchströmungsmoor), seltener Inseln
Kleinrelief	sehr schwach ausgeprägtes Feinrelief, da flacher Moorkörper Aue dominiert
Hydrologie	
Abflussdynamik	Verhältnis zwischen mittlerem Hoch- und Niedrigwasserabfluss (MHQ zu MNQ) MHQ/MNQ: < 10 bis 25 gering bis mittel dynamisch
Abflussspende	< 5 l/(s*km^2) Median-Spende
Wasserdargebot	geringes Wasserdargebot
Überflutungs-charakteristik	lang anhaltende und regelhafte Überflutungen großer Teile der Aue, tiefgelegene Teilflächen sind dauerhaft bespannt; ganzjährig sehr oberflächennah anstehender Grundwasserstand und hoher Wasserstand im Gewässer, Teile der Aue mit ständigem Wasserdurchzug sehr langsamer bis stagnierender Hochwasserabfluss
Ausuferungsdauer	> 180 Tage (> 6 Monate) mittlere jährliche Anzahl Tagesmittelwerte über MQ

Tab. 24 (Fortsetzung): Charakterisierung der sehr gefällearmen Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

Ausuferungs-charakteristik	frühe Ausuferung des Gewässers bedingt großflächige Auenüberflutung bei langsamen Abfließen der HW-Welle aufgrund sehr geringen Auengefälles	
Grundwasserstand und -amplitude	Vorherrschend ganzjährig sehr hoher Grundwasserstand mit einer sehr geringen Amplitude.	
Laufform		
Flussabschnittstyp		
Laufentwicklung Windungsgrad	gewunden bis stark mäandrierend, unscharf begrenzte Läufe	
Lauftyp	anastomosierend	
Hydromorphodynamik/ laterale Erosion/ Verlagerungsverhalten besondere Laufstrukturen	sehr geringe Tendenz zu lateraler Verlagerung, bei erhöhten Abflüssen diffuses Durchströmen des Niedermoores und flächige Überflutung	
Vegetation		
vorherrschende Vegetationseinheiten der Gewässer	Fließgewässer:	
	+++	*Sparganium emersum*- bzw. Potametea-Gesellschaften
	nährstoffarme Stillgewässer:	
	+++	Charetea- bzw. Littorelletea-Gesellschaften
	nährstoffreiche Stillgewässer:	
	+++	Potametea- und Lemnetea-Gesellschaften
vorherrschende Vegetationseinheiten der Aue (+++ bis + = vorherrschend bis untergeordnet)	+++	Röhrichte und Rieder Durchströmungsmoor mit Grundwassereinfluss: Scheuchzerietalia palustris; Überflutungsmoor, meist gewässernah: Phragmition, Magnocaricion
	++	Salicion cinereae, Salicion albae
	+	Alnion glutinosae, Alnenion glutinosae

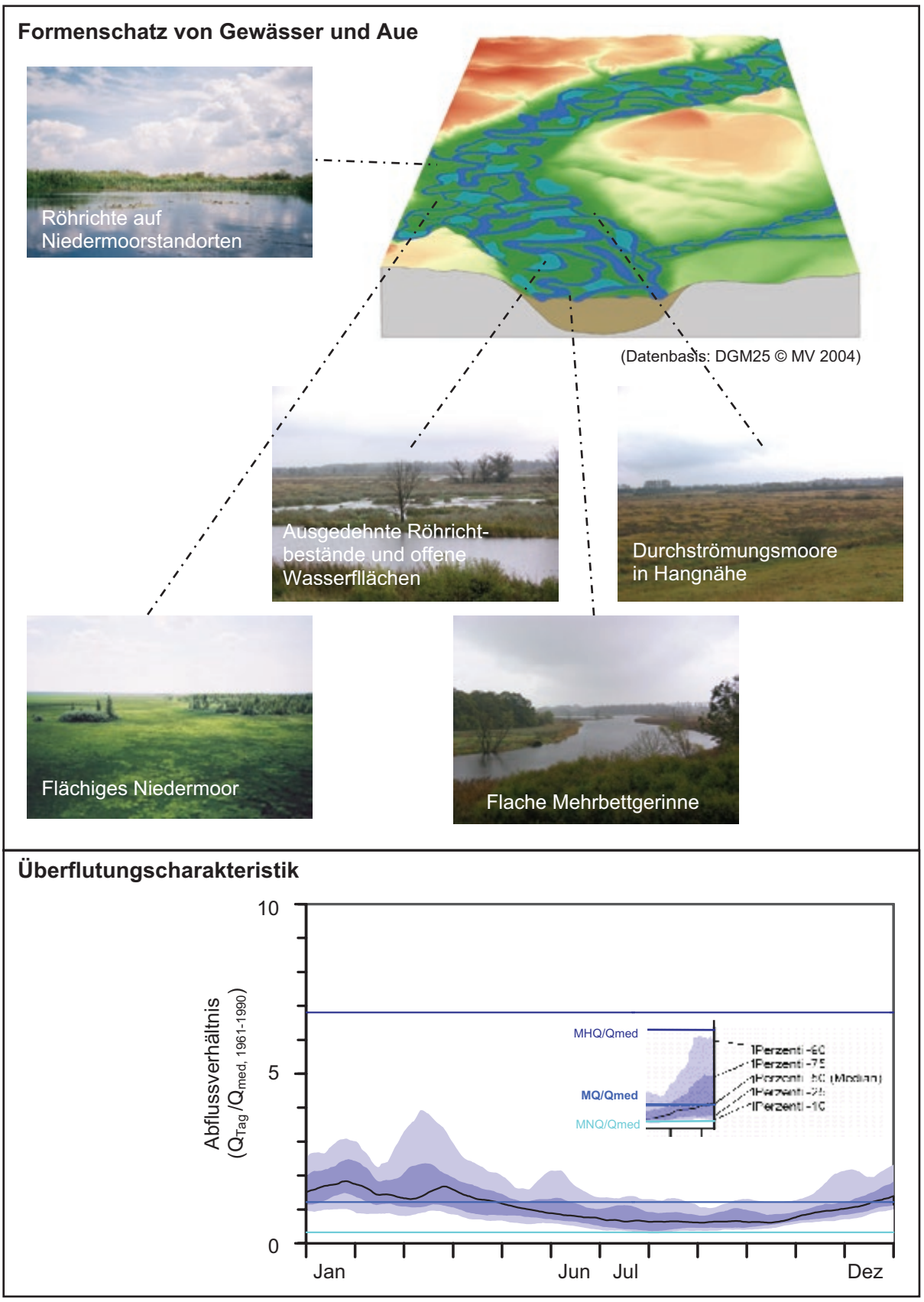


Abb. 28: Sehr gefällearme organisch geprägte Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

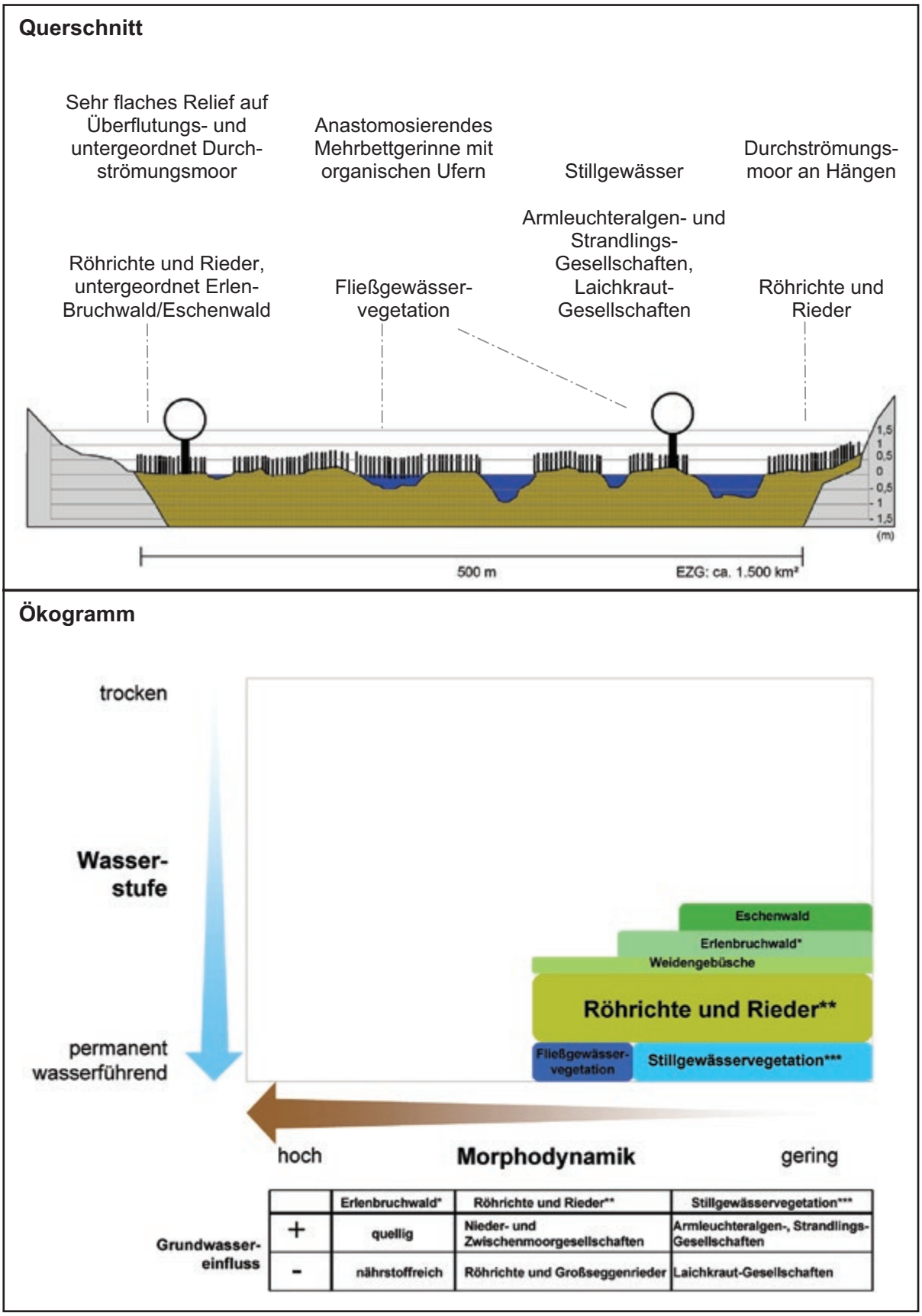


Abb. 28 (Fortsetzung): Sehr gefällearme organisch geprägte Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

3.2.1.2 Gefällearme Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

Die gefällearmen Flussauen des Flach- und Hügellandes besitzen im Gegensatz zu den sehr gefällearmen Ausprägungen ein großes Verbreitungsgebiet. Dieser Auentypus bestimmt das nordwestdeutsche Tiefland in vielfältigen Ausbildungen und besitzt auf Grund der naturräumlichen Vielfalt eine vergleichsweise hohe Varianz.

Talbodenform und -gefälle

Die kaltzeitliche Überprägung der Altmoränenlandschaft sowie die Beckenlandschaften und Börden weisen zumeist eine vergleichsweise geringe Reliefenergie mit einer großteilig gegliederten Landschaft auf. Die Jungmoränenlandschaft Norddeutschlands weist insgesamt ein ausgeprägteres Relief auf.

Es herrschen weite Sohlentäler und Niederungen mit Gefällewerten von 0,2 - 0,4 ‰ vor (Abb. 29). Lokal treten Engtalsituationen auf, die zumeist auf das örtliche Aufdringen von Festgesteinskörpern zurückzuführen sind. Insbesondere die Sohlentäler sind durch kaltzeitliche Terrassensysteme vertikal gegliedert. Die eigentlichen Auen nehmen den tiefstgelegenen Teil des Talbodens ein und werden zumeist von holozänen Auenstufen untergliedert. Deren Höhe und Ausprägung wird von lokalen Erosions- und Akkumulationsbedingungen bestimmt (RICHARD, BRUNOTTE & KOENZEN 2003).

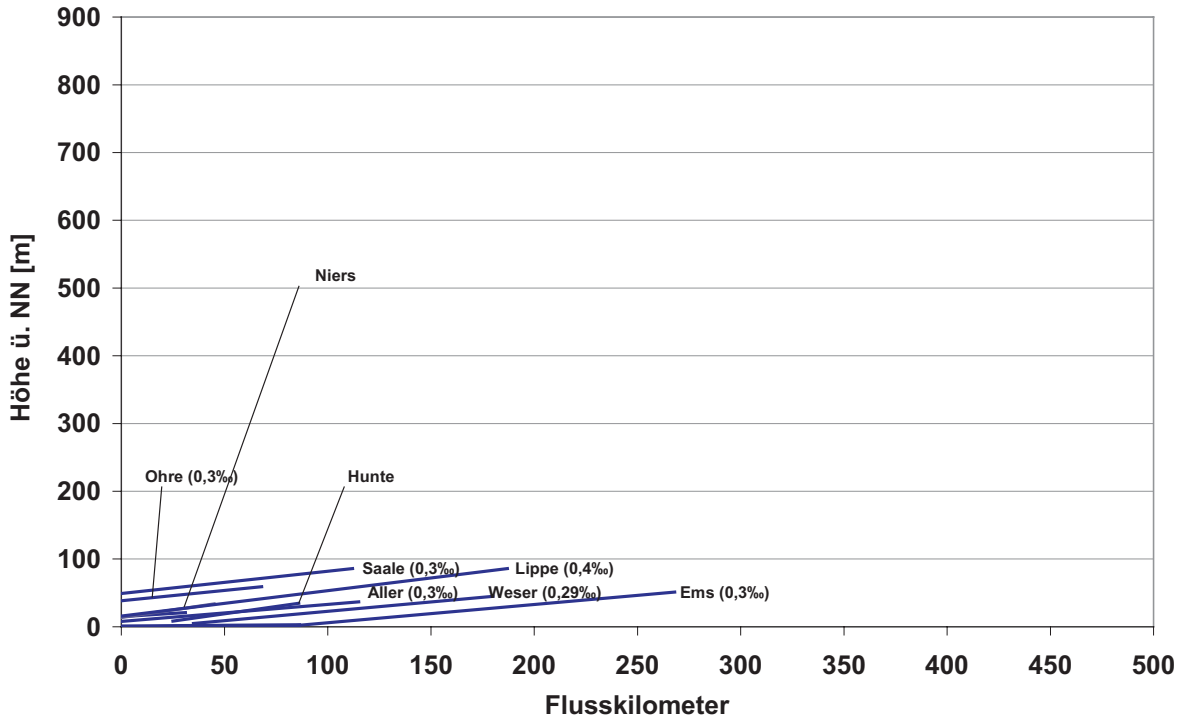


Abb. 29: Höhenlage und mittlere Auengefälle der gefällearmen Flussauen des Flach- und Hügellandes für die betrachteten Laufabschnitte

Insbesondere im nordostdeutschen Tiefland treten ausgedehnte Niederungen in Urstromtälern oder auch Auen auf, die in Talverläufe älterer und größerer Gewässersysteme eingebettet sind.

Diese können abschnittsweise auch sehr geringe Talbodengefälle von < 0,1 ‰ besitzen und hinsichtlich ihrer Substrate und Dynamik zu den sehr gefällearmen Auen vermitteln.

Die Talböden in den Urstromtälern sind mäßig reliefiert und weisen zumeist Höhenunterschiede im Bereich weniger Dezimeter und sehr ausgedehnte Rinnensysteme unterschiedlichen Alters mit einer Überlagerung von glazialen mit rezenten Strukturen auf.

Abflussregime

Das Abflussverhalten ist bis auf die teilmineralisch-organischen Abschnittstypen vergleichsweise dynamisch und wird von winterlichen, lang anhaltenden Hochwassern bestimmt. Die Sommermonate zeigen deutlich geringere Schwankungsbreiten des Abflussganges, wobei auch längere Niedrigwasserphasen mit kurzen, konvektiv bedingten Sommerhochwassern auftreten können. Insgesamt sind die Regime der Flussauen des Flach- und Hügellandes in Bezug auf das Auftreten von winterlichen Abflussmaxima und sommerlichen -minima, bis auf die unterschiedliche Abflussdynamik, sehr einheitlich ausgeprägt. Der pluviale Charakter ist deutlich erkennbar. In Abbildung 30 sind Perzentil-Diagramme aller substratdeterminierten Abschnittstypen der gefällearmen Flussauen des Flach- und Hügellandes dargestellt.

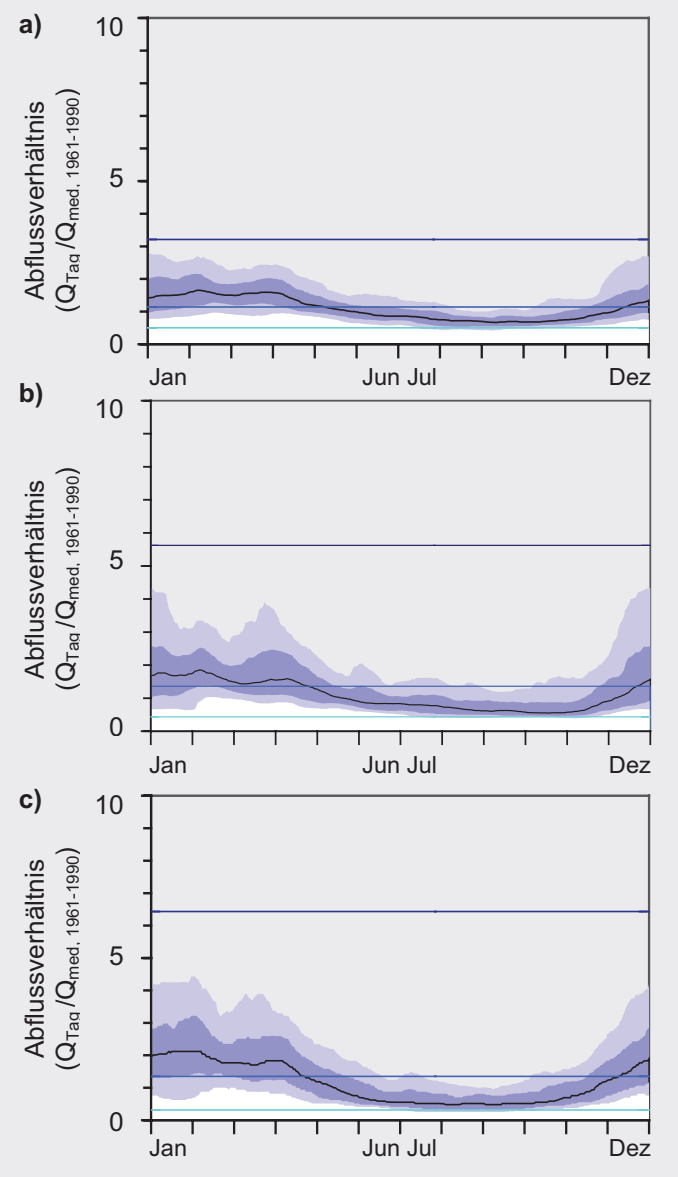


Abb. 30: Abflussverhalten der gefällearmen Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

(a – teilmineralisch-organisch; b – sandgeprägt; c – sand-kiesgeprägt)

Charakteristische Niederschlagswerte (BMU 2003):

- Jahr: 500 – 900 mm
- Sommer: 250 – 500 mm
- Winter: 200 – 500 mm

Substratdeterminierte Auenabschnittstypen

Die gefällearmen Auen des Flach- und Hügellandes zeigen auf Grund ihrer weiträumigen Verbreitung und wechselnden geologischen Verhältnisse eine Differenzierung hinsichtlich der Substratverhältnisse in drei Abschnittstypen, die nachfolgend vergleichend beschrieben werden:

- Gefällearme teilmineralisch-organisch geprägte Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern (Abb. 31, 40)
- Gefällearme sandgeprägte Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern (Abb. 32, 41)
- Gefällearme sand-kiesgeprägte Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern (Abb. 32, 41)

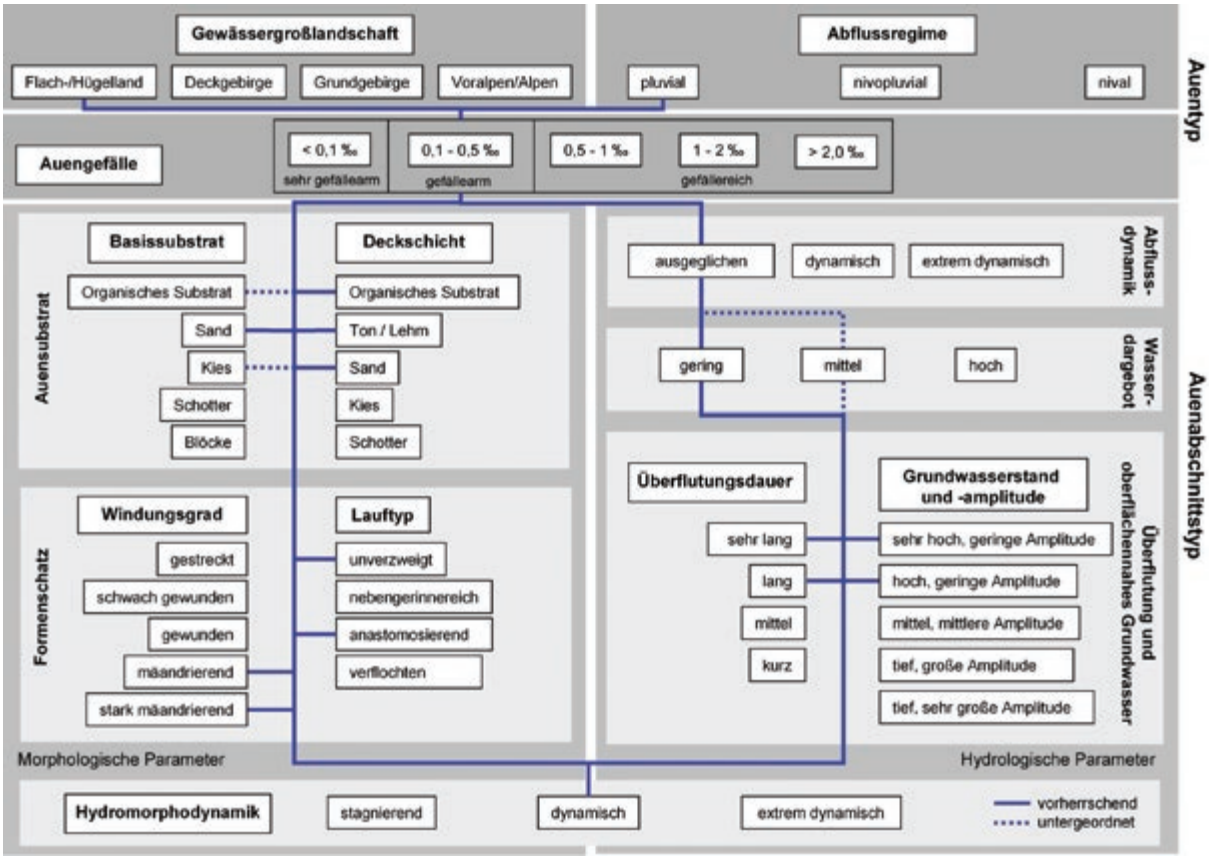


Abb. 31: Typdiagramm der gefällearmen teilmineralisch-organisch geprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

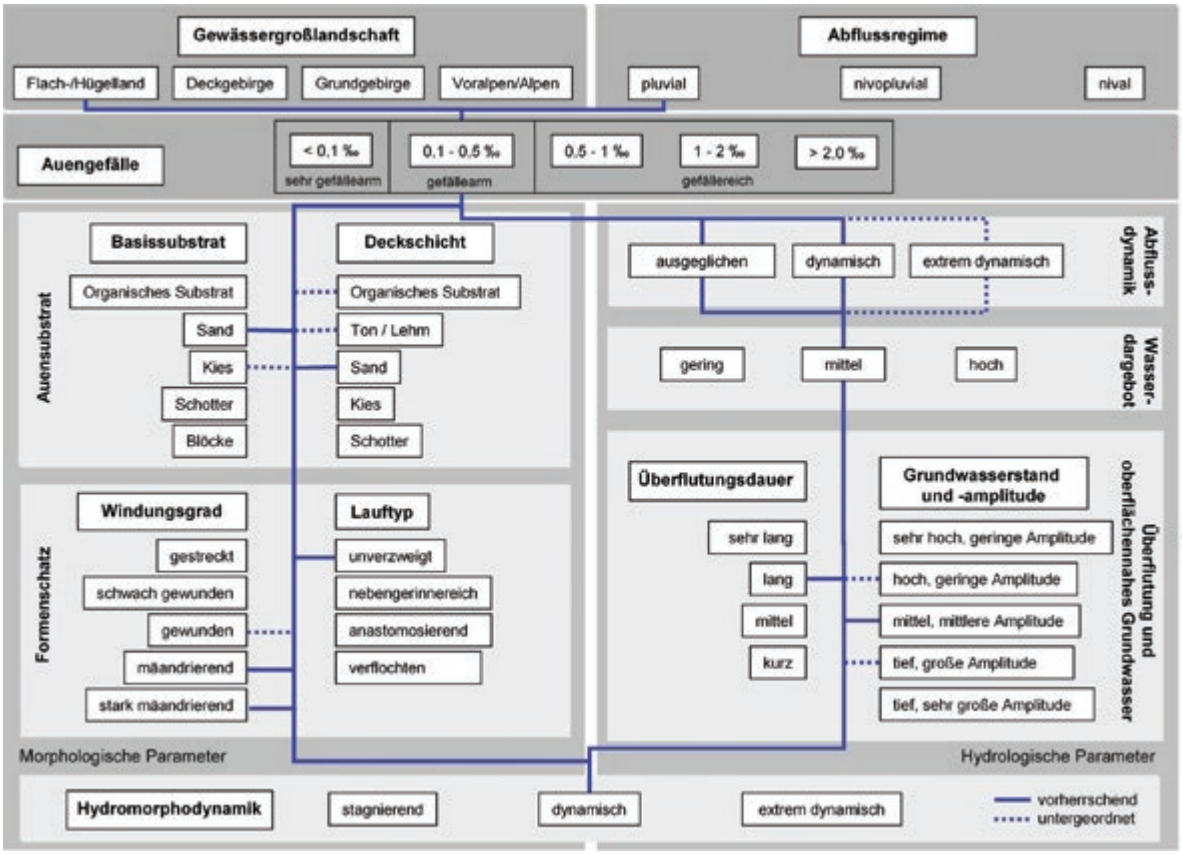


Abb. 32: Typdiagramm der gefällearmen sandgeprägten bzw. sand-kiesgeprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

Abb. 33: Ausgedehnte Röhrichtbestände mit einzelnen Weidengebüschen in gefällearmen teilmineralisch-organisch geprägten Flussauen mit Winterhochwassern

Deck- und Basissubstrat

Die Talbodenfüllungen variieren stark zwischen den nachfolgend idealtypisch beschriebenen Ausprägungen und es bestehen hinsichtlich Substratdominanzen naturbedingt vielzählige Übergangs- und Mischformen. Grundsätzlich besteht eine Korrelation zwischen den vorherrschenden Talbodengefällen und den Substratverhältnissen. Teilmineralisch - organisch geprägte Flussauen des Flach- und Hügellandes werden von Niedermoorbildungen mit eingelagerten fluviatilen mineralischen Substraten der Schluff- bis Kiesfraktion bestimmt (Abb. 33), wobei sandige Beimengungen vorherrschend sind. Mit zunehmendem Gefälle nehmen gröbere mineralische Komponenten zu und der Anteil organischer Standorte in der Aue ab.

Die rein mineralischen Abschnittstypen weisen zudem Feinsedimentauflagen auf den Basissubstraten auf, die Auenlehme und -sande. Diese sind auf Bodenerosionsprozesse im Einzugsgebiet zurückzuführen und bestehen zu großen Teilen aus umgelagerten Bestandteilen der dortigen Oberböden. Die Auenlehme und -sande führen durch ihren Nährstoffreichtum und ihr vergleichsweise einheitliches Korngrößenspektrum zu einer Vereinheitlichung der pedologischen Bedingungen in den Auen (Abb. 34). Tendenziell herrschen in Auen mit überwiegenden Anteilen der Einzugsgebiete im Tiefland sandige Basissubstrate vor (z. B. Münsterländer Bucht oder Emsland), während höhere Mittelgebirgsanteile im Einzugsgebiet zu stärker sandig-kiesigen Ausprägungen führen (Obere Lippe, Saale-Unterlauf).

Abb. 34: Prallhang mit angeschnittener Auensandauflage über sandigem Basissubstrat

Die Korngrößenspektren der Auensedimente differenzieren sich in Abhängigkeit zum Abstand und der Fließgeschwindigkeit bei den Überflutungen. Gerinnenah fallen die gröberen Sedimente aus, häufig in Form von Rehnen (Abb. 41), mit zunehmender Entfernung vom Gewässer sedimentieren die feineren Korngrößen. Dies bedingt eine vergleichsweise kleinräumige Differenzierung der Bodenarten und -mächtigkeiten.

Formenschatz

Die gefällearmen Auen des Flach- und Hügellandes besitzen überwiegend breite Talböden mit geringen Gefällen, die zumeist mehrere Auenstufen aufweisen und so hinsichtlich ihres Formenschatzes stark gegliedert sind. Dies gilt insbesondere für die Ausprägungen mit mineralischen Substraten. Die teilmineralisch-organischen Ausprägungen besitzen dagegen kaum vertikal gegliederte Auenböden mit geringeren Gefällewerten.

Bei allen Abschnittstypen sind Hauptläufe ausgebildet. Mit geringer werdendem Gefälle und Zunahme der organischen Anteile nimmt die Tendenz zur Ausbildung von Anastomosen zu (Abb. 40).

Der Formenschatz der teilmineralisch-organischen Abschnitte wird von zahlreichen Altwässern, die durch Laufabschnürungen gebildet werden, kleineren Nebenläufen, Flutrinnen und -mulden (Anastomosen) bestimmt. Ausgedehnte und vermoorte Randsenken können sich an den äußeren Grenzen der schwach reliefierten Auen anschließen. Vollformen wie Dünen und Rehnen sind hier eher selten und treten dagegen bei den mineralischen Ausprägungen deutlich häufiger auf.

Die sand- und kiesgeprägten Abschnittstypen werden in ihrem Formenschatz vornehmlich von Hohl- und Vollformen charakterisiert, die auf die vergleichsweise rasche laterale Verlagerung der Mäander in leicht erodierbaren Basissubstraten zurückzuführen sind (Abb. 35). So entwickeln sich ineinander verschachtelte Mäandergürtelsysteme, die einen häufigen und hinsichtlich der Höhen ausgeprägten Wechsel von temporären bis permanenten Stillgewässern und reliktären Uferwällen und -rehnen erzeugen.

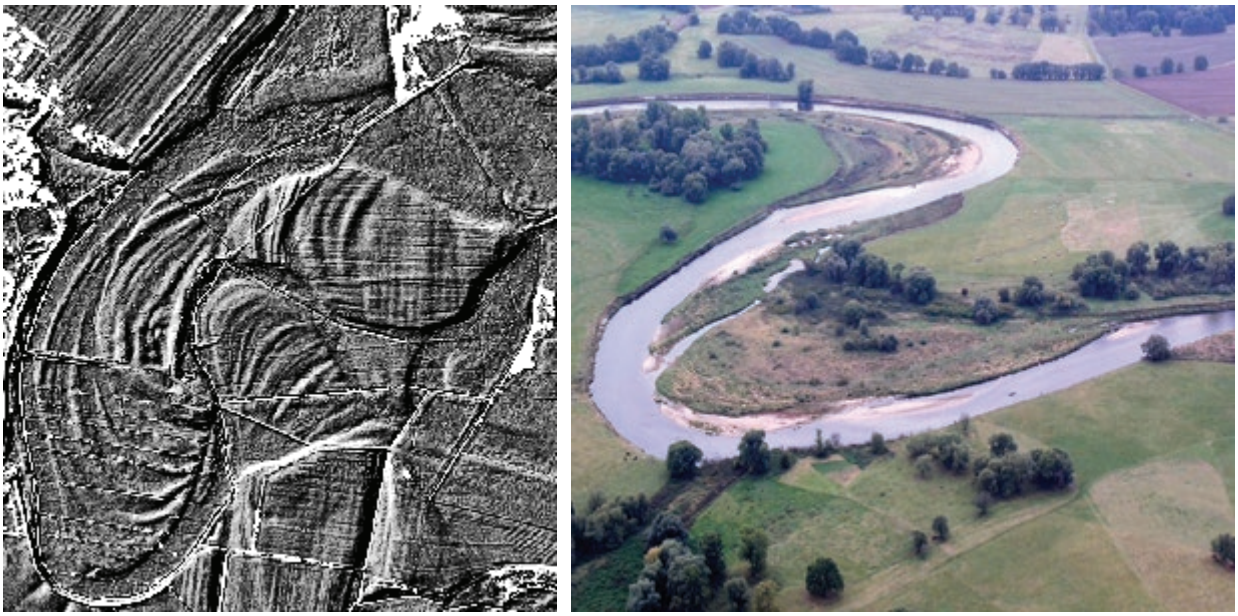


Abb. 35: Formenschatz migrierender Mäander, Mäanderscrolls

(Datenbasis: Laser-Scan-DGM © Vermessungsverwaltungen der Länder und BKG 2003)

Überflutung und Grundwasser

Auch hinsichtlich der Überflutungs- und Grundwasserverhältnisse vermitteln die teilmineralisch-organischen Ausprägungen zwischen den gefällearmen und sehr gefällearmen Auen des Flach- und Hügellandes. Auf Grund der geringen Reliefierung (Höhendifferenzen in der Aue zumeist < 1m) und dem geringeren Gefälle führen erhöhte Abflüsse frühzeitig zu lang anhaltenden Überflutungen der Aue, die langsam fließend bis stagnierend sind (LUA BB 1995). Die Überflutungen nehmen nahezu das gesamte Winterhalbjahr und auch das Frühjahr ein, nur in längeren Trockenwetterphasen konzentriert sich der Abfluss in den Hauptgerinnen und Anastomosen (MEHL 2004) (Abb. 36).

Zudem sind die Grundwasserverhältnisse wegen des schwach ausgeprägten Feinreliefs vergleichsweise homogen, so dass die teilmineralisch-organischen Ausprägungen von oberflächennah anstehendem Grundwasser mit geringen Amplituden bestimmt werden.

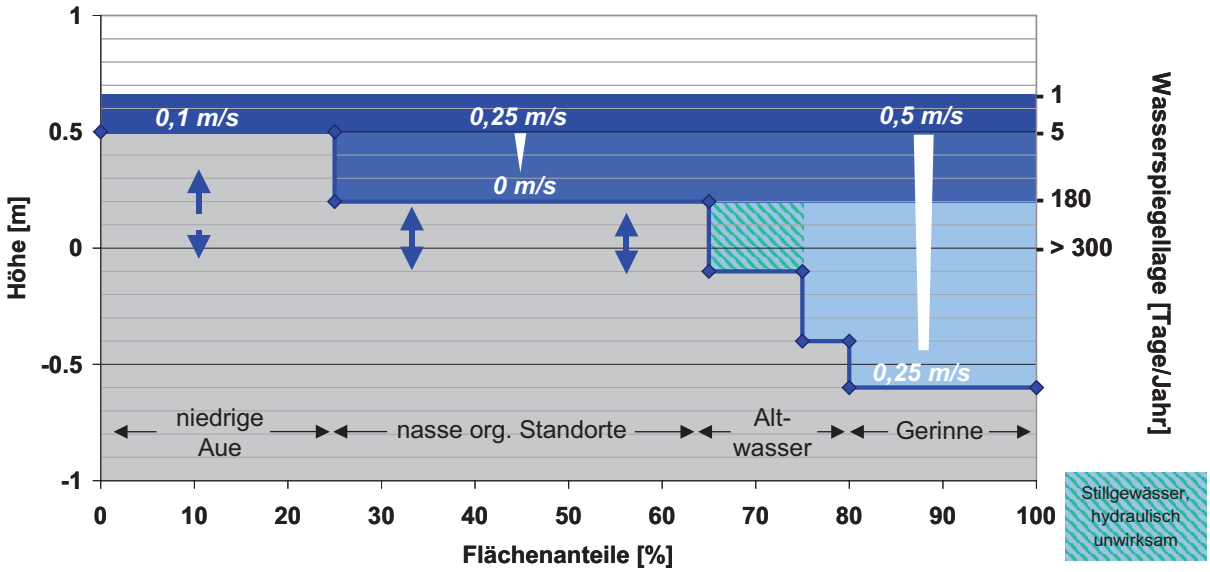


Abb. 36: Hydromorphogramm der gefällearmen teilmineralisch-organisch geprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

Auch die mineralischen Ausprägungen der gefällearmen Auen des Flach- und Hügellandes weisen lang anhaltende und regelhafte Überflutungen mit Dominanz in den Winter- und Frühjahrsmonaten auf (Abb. 37).

Die Sommer- und Herbstmonate werden von niedrigeren Abflussmengen geprägt, die vorherrschend in den Niedrigwasserbetten der zumeist mäandrierenden Hauptgerinne abfließen. Die ausgeprägte vertikale Gliederung der Auen durch Auenstufen mit eingelagerten Rinnensystemen führt zu einer sehr kleinräumigen Differenzierung der Überflutungsdauern und -höhen. Die tieferen Rinnenlagen können Überflutungsdauern von mehr als 120 Tagen im Jahr aufweisen, während die Dauer und Höhe der Überflutung auf den höheren Auenstufen bis in die Unterjährigkeit, d. h. seltener als einmal pro Jahr, zurückgehen können.

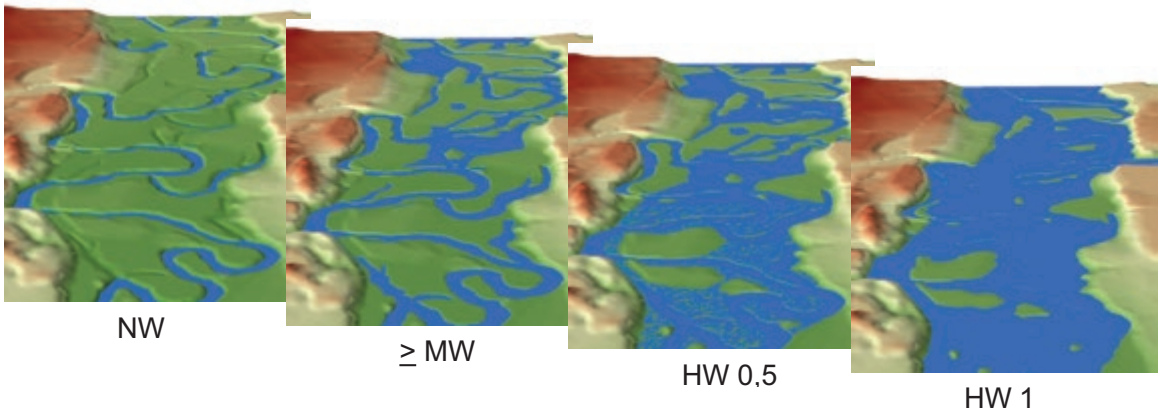


Abb. 37: Überflutungsszenarien der gefällearmen sandgeprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

(Datenbasis: DGM5 © LVERMA NRW 2004)

Im Talbodengefälle verlaufende Rinnensysteme werden bei Hochwasser rasch durchströmt; ruhigere Abflussverhältnisse herrschen dagegen in den Stillgewässerkomplexen der reliktischen Mäandergürtel vor.

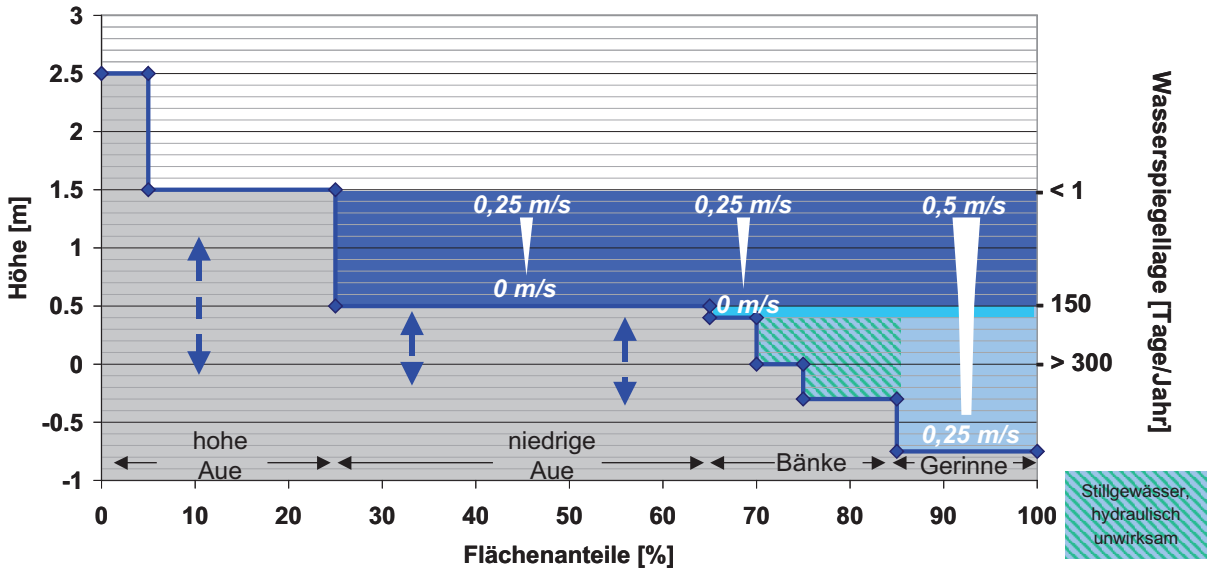


Abb. 38: Hydromorphogramm der gefällearmen sandgeprägten bzw. sand-kiesgeprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

Die Grundwassersituation ist auf Grund der ausgeprägten Reliefierung kleinräumig stark differenziert (Abb. 38). Die unteren Auenstufen und die Rinnensysteme weisen oberflächennahe Grundwasserstände mit geringen Schwankungen auf. Dagegen nehmen in den höheren Auenstufen sowohl die Flurabstände als auch die Amplituden der Grundwasserschwankungen stark zu und können im Bereich der höheren Auenstufen mehrere Meter betragen.

Die von den Terrassenkanten zufließenden Grundwasserströme beaufschlagen die Randsenken und bedingen quellige, bruchartige Standorte.

Hydromorphodynamik

Die gefällearmen teilmineralisch-organisch geprägten Flussauen des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern gehören zu den dynamischen Auen, können jedoch auch morphologisch und abflussseitig stagnierende Verhältnisse aufweisen (KOSKA 2001; KÖHLER, GELBRECHT & PUSCH 2002). Die Gewässerläufe besitzen deutlich laterale Verlagerungstendenzen, die zur Ausbildung von zahlreichen Altwassersystemen führen, welche vorherrschend langsam durchströmt werden bzw. stillgewässerartigen Charakter besitzen. Die mineralischen Ausprägungen, die gefällearmen sandgeprägten und sand-kiesgeprägten Auen des Flach- und Hügellandes werden in Formenschatz und standörtlichen Bedingungen deutlich durch die fluvialen Prozesse, namentlich die laterale Verlagerung der Mäander und deren Durchbrüche, bestimmt. Die Migration des Hauptlaufes in Verbindung mit den Hochwasserabflüssen führen so zu kleinräumig differenzierten und dynamischen standörtlichen Bedingungen (Tab. 25).

Sondersituationen

Eine Interpretation bzw. Zuweisung einzelner Formen wird bei einer Überlagerung von Mehrzeitenformen erschwert. Insbesondere in den pleistozän entstandenen Talungen, wie den Urstromtälern des norddeutschen Tieflandes, finden sich teils spätpleistozäne bzw. frühholozäne fluviale Strukturen, die durchaus mit den heutigen Gewässern bei Hochwasser korrespondieren und teilweise zum potenziell natürlichen Auenraum gezählt werden müssen.

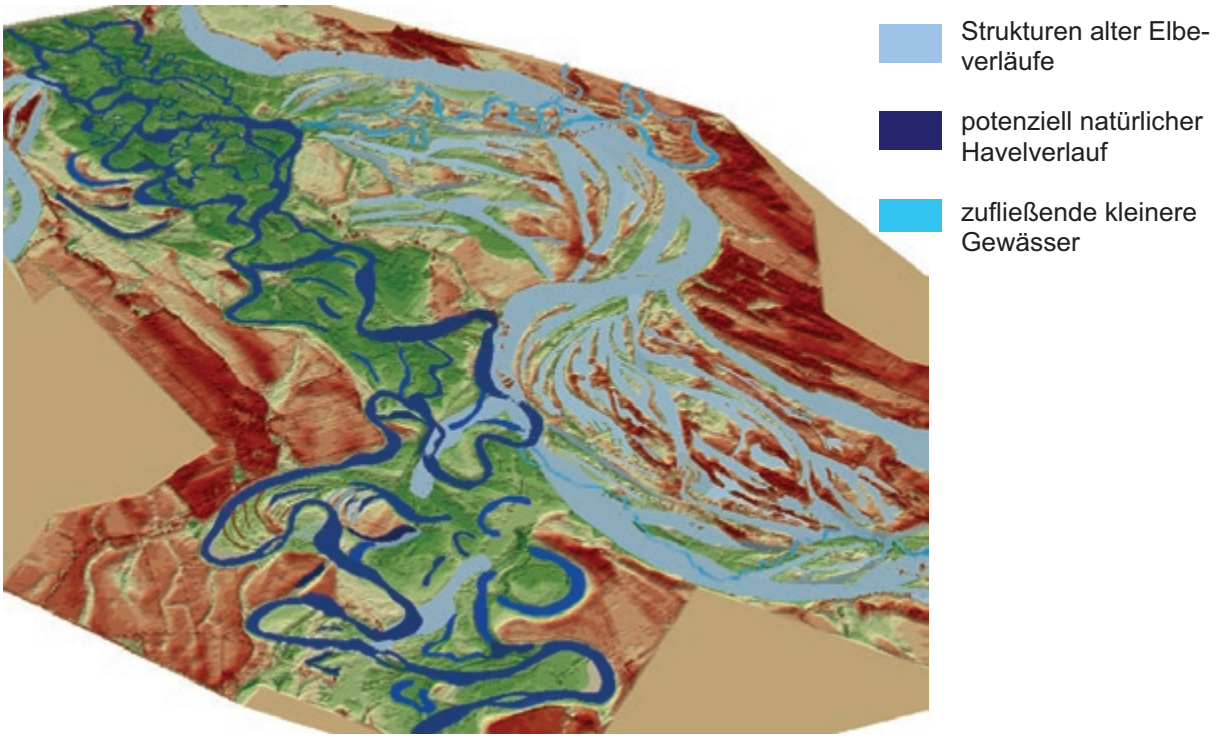


Abb. 39: Mehrzeitenformen am Beispiel der unteren Havel bzw. alter Elbeverläufe

(Datenbasis: Laser-Scan-DGM © Vermessungsverwaltungen der Länder und BKG 2003)

Zudem zeigt Abbildung 39 die Überlagerung fluviatiler Formen unterschiedlicher Gewässergrößen, die den gleichen Auenraum in zeitlicher Abfolge prägen. So kommt es in einem schmaleren Auenband des heute auenprägenden, kleineren Gewässers zu einer vollständigen Überprägung der Altformen. Abbildung 39 verdeutlicht zudem, dass die Größe der Strukturen mit der Gewässerdimension (Einzugsgebietsgröße) korrespondiert.

Vegetation (VAN DE WEYER 2005)

Die Vegetation (Nomenklatur nach POTT 1995) der gefällearmen teilmineralisch-organisch geprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern vermittelt je nach lokaler Ausprägung zwischen der charakteristischen Vegetation der sehr gefällearmen organisch geprägten Flussaue und der gefällearmen sandgeprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes (s.u.).

Der Flächenanteil der Röhrichte und Rieder in der Aue variiert abschnittsweise stark. So dominieren sie die Auen häufig in niederungsartigen Aufweitungen oder im Bereich der Urstromtäler flächenhaft, treten jedoch in Abschnitten mit tendenziell mehr Gefälle und höherem mineralischen Substratanteil sehr zurück. Durch die überwiegende Hochwasserprägung herrschen vor allem Großröhrichte (Phragmition) bzw. Großseggenrieder (Magnocaricion) vor. SUCCOW & JOOSTEN (2001) bezeichnen diese Einheiten als Überflutungsmoor. Bei zunehmendem Grundwassereinfluss treten Nieder- und Zwischenmoor-Gesellschaften (Scheuchzeretalia palustris) auf (Durchströmungsmoor nach SUCCOW & JOOSTEN 2001, ROWINSKY & RUTTER 1999). Hieran schließen sich Weidengebüsche (Salicion cinereae, Salicion albae) an. In Abhängigkeit von Relief, Überflutungshäufigkeit und Grundwasserflurabstand treten auch Erlenbruchwälder (Alnion glutinosae) und Eschenwälder (Alnenion glutinosae) auf. In den eher mineralisch geprägten Standorten der teilmineralisch-organischen Flussaue sind sehr ähnliche Vegetationskomplexe wie in der im Folgenden beschriebenen sandgeprägten bzw. sand-kiesgeprägten Flussaue zu finden.

Die Vegetation der Fließgewässer ist durch Schwimmblattgesellschaften in arten- und wuchsformenreichen Ausbildungen (*Sparganium emersum*-Gesellschaft) bzw. Großlaichkraut-Gesellschaften (Potametea) gekennzeichnet (LUA NRW 2003a). Stillgewässer mit stärkerem Grundwassereinfluss weisen Armleuchteralgen- (Charetea) bzw. Strandlings-Gesellschaften (Littorelletea) auf, z. T. auch Zwergschlauch-Gesellschaften (Utricularietea). Nährstoffreiche Stillgewässer beherbergen Laichkraut- (Potametea) und Wasserlinsen-Gesellschaften (Lemnetea).

Die Vegetation der gefällearmen sandgeprägten bzw. sand-kiesgeprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes unterscheidet sich deutlich von organisch bzw. teilmineralisch-organisch geprägten Flussauen.

In der Aue dominieren in Abhängigkeit von der Morphodynamik und der Wasserstufe Silberweidenwälder (Salicetum albae) auf den niedrigen, schneller überfluten Auenstufen bzw. der Eichen-Ulmenwald (Querco-Ulmetum) auf den höheren, trockeneren Auenstufen.

Kleinflächig finden sich auf nassen, oft grundwasserbeeinflussten Standorten (Randsenken) auch Erlenbruchwälder (Alnion glutinosae) und Eschenwälder (Alnenion glutinosae). Sehr hoch gelegene und nur selten überflutete Standorte werden vom Eichen-Hainbuchenwald (Carpinion) besiedelt. Lokal finden sich auf trockenen, offenen Sandflächen wie Dünen Sandtrockenrasen (Koelerio-Corynephoretea), die sich bei fortschreitender Sukzession über Strauch- und Vorwaldstadien zu Buchen-Mischwäldern entwickeln. TRAUTMANN & LOHMEYER (1960) beschreiben von der Ems, dass Buchen-Mischwälder auf sandigen Böden Überflutungen von einigen Tagen im Jahr vertragen (POTT & HÜPPE 2001).

Mit zunehmender Nähe zum Fließgewässer unterliegen die Standorte einer höheren Hydromorphodynamik, so dass sich im Übergang zur Fließgewässervegetation Weidengebüsche (Salicion cinereae, Salicion albae) anschließen.

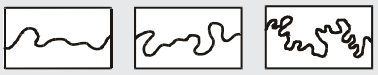
Vor allem auf den sandigen bis sandig-kiesigen Bänken des Gleitufers finden sich kleinflächig vegetationsfreie Bereiche, auf denen sich im Verlauf der Vegetationsperiode Pionierfluren wie Zweizahn- und Zwergbinsenfluren (Bidentetea, Isoeto-Nanojuncetea) bzw. Flutrasen (Agropyro-Rumicion) entwickeln. Vor allem an strömungsberuhigten Fließgewässerabschnitten sowie an Altwassern schließen sich eher Röhrichte und Rieder (Phragmition, Phalaridion, Glycerio-Sparganion, Magnocaricion) sowie Hochstaudenfluren (Senecionion fluviatilis, Aegopodion podagrariae) an.

Die Vegetation der Fließgewässer ist durch Schwimmblattgesellschaften in arten- und wuchsformenreichen Ausbildungen (*Sparganium emersum*-Gesellschaft), Großlaichkraut-Gesellschaften (Potametea) bzw. die Haken-Wasserstern-Tausendblatt-Gesellschaft (Callitricho-Myriophylletum) gekennzeichnet (LUA NRW 2003a). Stillgewässer mit stärkerem Grundwassereinfluss, wie Randsenken oder permanente Altwasser ohne Anbindung an das Fließgewässer, weisen Armleuchteralgen- (Charetea) bzw. Strandlings-Gesellschaften (Litorelletea) auf. Nährstoffreiche Stillgewässer, wie z. B. angebundene Altwasser oder frühzeitig überflutete, fließgewässernahe Altwasser, beherbergen Laichkraut- (Potametea) und Wasserlinsen- Gesellschaften (Lemnetea).

Tab. 25: Charakterisierung der gefällearmen Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

Flussauentyp **Parameter**	**Gefällearme Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern**		
Gewässergroß-landschaft	Flach- und Hügelland, norddeutsche Alt- und Jungmoränengebiete, Alpenvorland		
Einzugsgebietsgröße	1.000 km^2 bis zu 30.000 km^2		
Abflussregime	pluvial		
Talformen	vorherrschend breite Sohlentalabschnitte mit weitgehend ebenem, u. U. terrassiertem Talboden und gut verlagerbaren Substraten teilweise ausgedehnte Niederungen		
Talbodenform/ -charakteristik	ausgedehnte Niederungen, in Urstromtälern, eingebettet in ältere größere Gewässersysteme (z. B. Rhein, Elbe)	vorherrschend: breite Sohlentäler mit deutlicher Talausprägung, oft Terrassierungen selten: Engtalabschnitte mit schmalen Talstufen lokal: anstehender Fels	
Auengefälle	gefällearm (0,1–0,5 ‰)		
	regional (Brandenburger Urstromtäler) < 0,1 ‰	vorherrschend 0,2–0,4 ‰	
Auensubstrat			
Basissubstrat	teilmineralisch-organisch	Sand	Sand/Kies
Deckschicht	Torf, untergeordnet Sand	Ton/Lehm, Sand	Ton/Lehm, Sand
Formenschatz der Aue			
Auengewässer	zahlreiche Altwässer durch Laufabschnürungen, zahlreiche kleine Nebengewässer, Gießen	viele permanente Stillgewässer, viele temporäre Stillgewässer/Blänken, Altgewässer mit Anschluss ans Fließgewässer	sehr viele permanente Stillgewässer, sehr viele temporäre Stillgewässer/Blänken, Altgewässer mit Anschluss ans Fließgewässer
Hohlformen	Flutrinnen, -mulden Randsenken, viele Altwasser	viele Rinnensysteme mit eingelagerten Altwassern in unterschiedlichen Verlandungsstadien	ausgedehnte Rinnensysteme mit sehr vielen Altwassern in unterschiedlichen Verlandungsstadien, seltener Nebengerinne
Vollformen	flache Uferwälle, vereinzelt Dünen	Terrassen, Dünen, Schwemmfächer, ausgeprägte Uferwälle, Rehnen	
Kleinrelief	relativ flach (Höhenunterschiede in der Aue überwiegend < 1 m), altwasserreich	ausgeprägtes Kleinrelief (Höhenunterschiede bis > 3 m) mit regelmäßigem Wechsel von Hohl- und Vollformen im Bereich sich verlagernder Mäanderbögen, Sandrehnen und -wälle, Randsenken, Altwasser mit unterschiedlichen Verlandungsstadien	

Tab. 25 (Fortsetzung): Charakterisierung der gefällearmen Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

Hydrologie		
Abflussdynamik	Verhältnis zwischen mittlerem Hoch- und Niedrigwasserabfluss (MHQ zu MNQ)	
	MHQ/MNQ: < 10 gering dynamisch	MHQ/MNQ: < 10 bis >> 25 gering bis extrem dynamisch
Abflussspende	5 bis 6 l/(s*km^2) Median-Spende	5 bis 20 l/(s*km^2) Median-Spende
Wasserdargebot	gering	mittel
Überflutungs-charakteristik	sehr lang anhaltende, sehr langsam ablaufende Überflutungen im Winterhalbjahr sehr langsamer bis stagnierender Hochwasserabfluss	lang anhaltende, langsam abfließende Überflutungen im Winterhalbjahr langsamer Hochwasserabfluss
Ausuferungsdauer	mittlere jährliche Anzahl Tagesmittelwerte über MQ:	
	> 180 Tage (> 6 Monate)	120 bis 130 Tage (4 bis 4,5 Monate)
Ausuferungs-charakteristik	sehr frühe Ausuferung in die Aue	zuerst Überflutung des flach geneigten Gleituferumfeldes, z. T. spätere Ausuferung des Gewässers durch natürliche Rehnen
Grundwasserstand und -amplitude	vorherrschend ganzjährig sehr hoher bis hoher Grundwasserstand mit einer sehr geringen bis geringen Amplitude.	vorherrschend mittlerer Grundwasserstand mit einer mittleren Amplitude
Laufform		
Flussabschnittstyp		
Laufentwicklung Windungsgrad	gewunden bis stark mäandrierend	gewunden bis stark mäandrierend, vorherrschend mäandrierend
Lauftyp	unverzweigt bis kleinräumig anastomosierend	unverzweigt
Hydromorphodynamik/ laterale Erosion/ Verlagerungsverhalten besondere Laufstrukturen	sehr geringes bis mäßiges laterales Verlagerungspotenzial	mäßige beständige, talabwärts gerichtete laterale Erosion mit Laufabschnürungen Gerinneverlagerungen durch Talränder begrenzt

Tab. 25 (Fortsetzung): Charakterisierung der gefällearmen Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

Vegetation			
vorherrschende Vegetationseinheiten der Gewässer	Fließgewässer:		
	+++	*Sparganium emersum*- bzw. Potametea-Gesellschaften	*Sparganium emersum*- bzw. Potametea-Gesellschaften bzw. Callitricho-Myriophylletum
	nährstoffarme Stillgewässer:		
	+++	Charetea- bzw. Littorelletea-Gesellschaften	
	nährstoffreiche Stillgewässer:		
	+++	Potametea- und Lemnetea-Gesellschaften	
vorherrschende Vegetationseinheiten der Aue	+++	gewässernah: Phragmition, Magnocaricion; mit Grundwasser-einfluss: Scheuchzerietalia palustris Salicion cinereae, Salicion albae Alnion glutinosae, Alnenion glutinosae	niedrige Auenstufen: Salicetum albae höhere Auenstufen: Querco-Ulmetum
	++		Standorte mit seltener Überflutung: Carpinion
(+++ bis + = vorherrschend bis untergeordnet)	+		Pionierstandorte auf Bänken: Bidentetea, Isoeto-Nanojuncetea, Agropyro-Rumicion Randsenken: Alnion glutinosae, Alnenion glutinosae sandigeTrockenstandorte: Koelerio-Corynephoretea

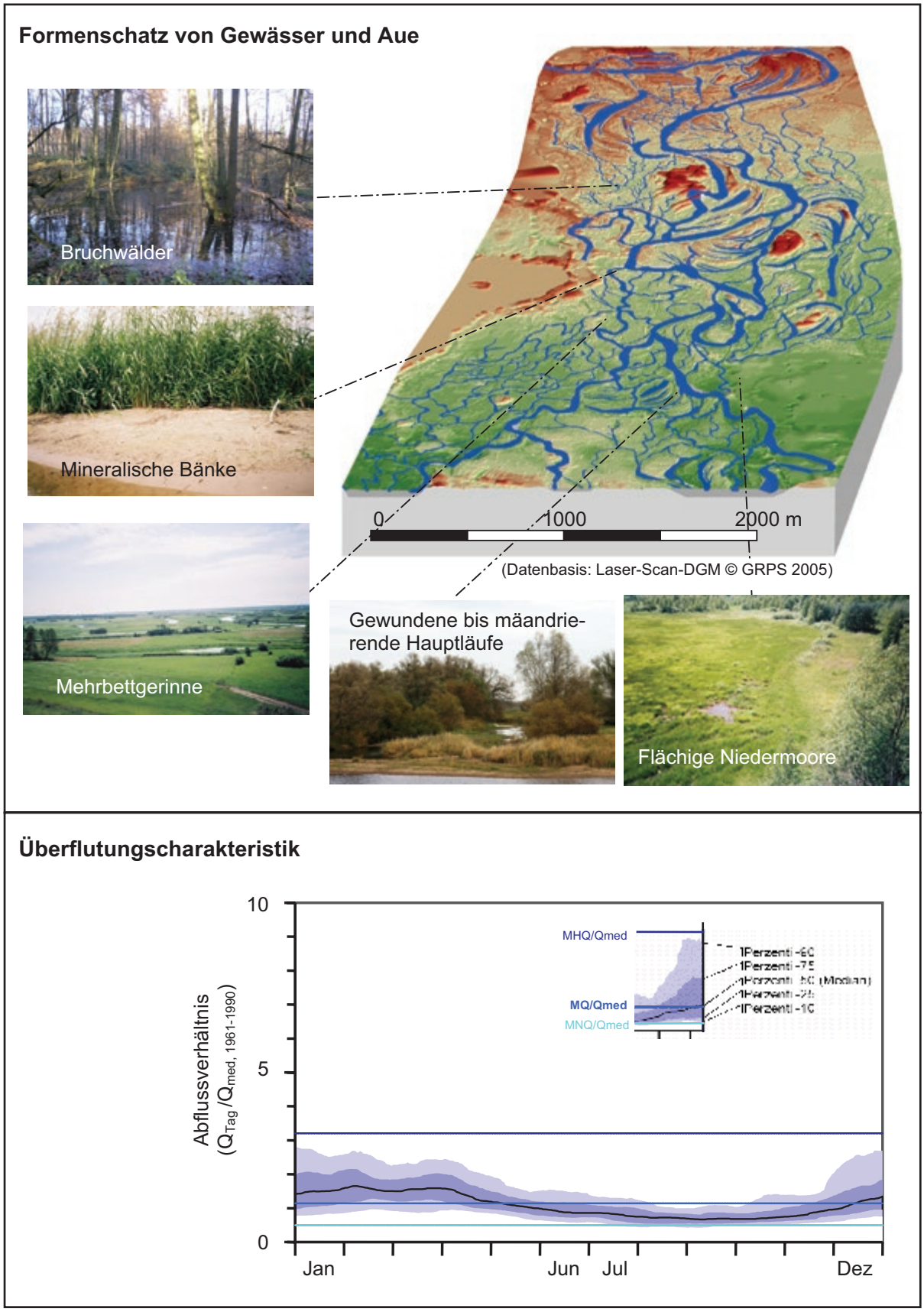


Abb. 40: Gefällearme teilmineralisch-organisch geprägte Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

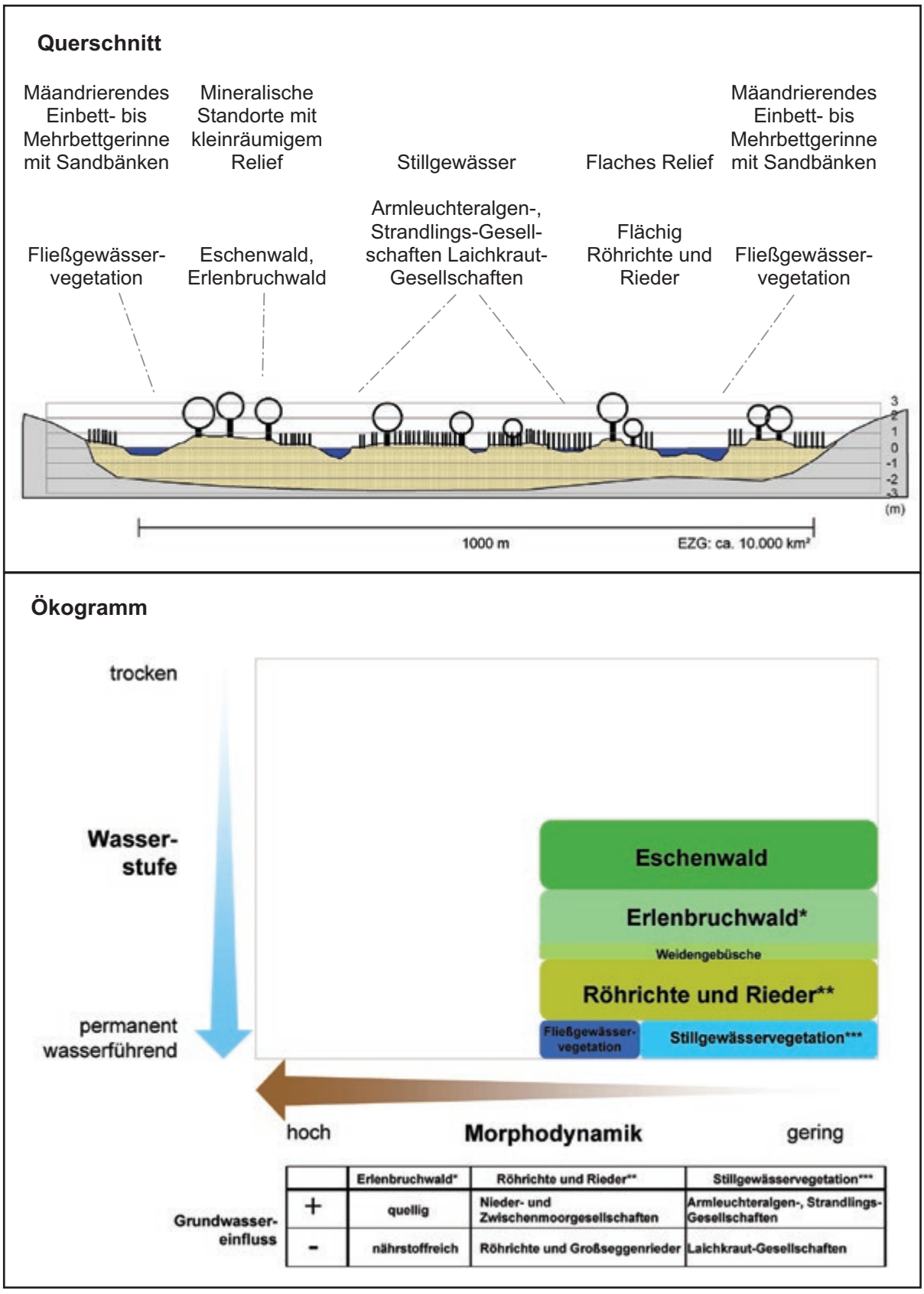


Abb. 40 (Fortsetzung): Gefällearme teilmineralisch-organisch geprägte Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

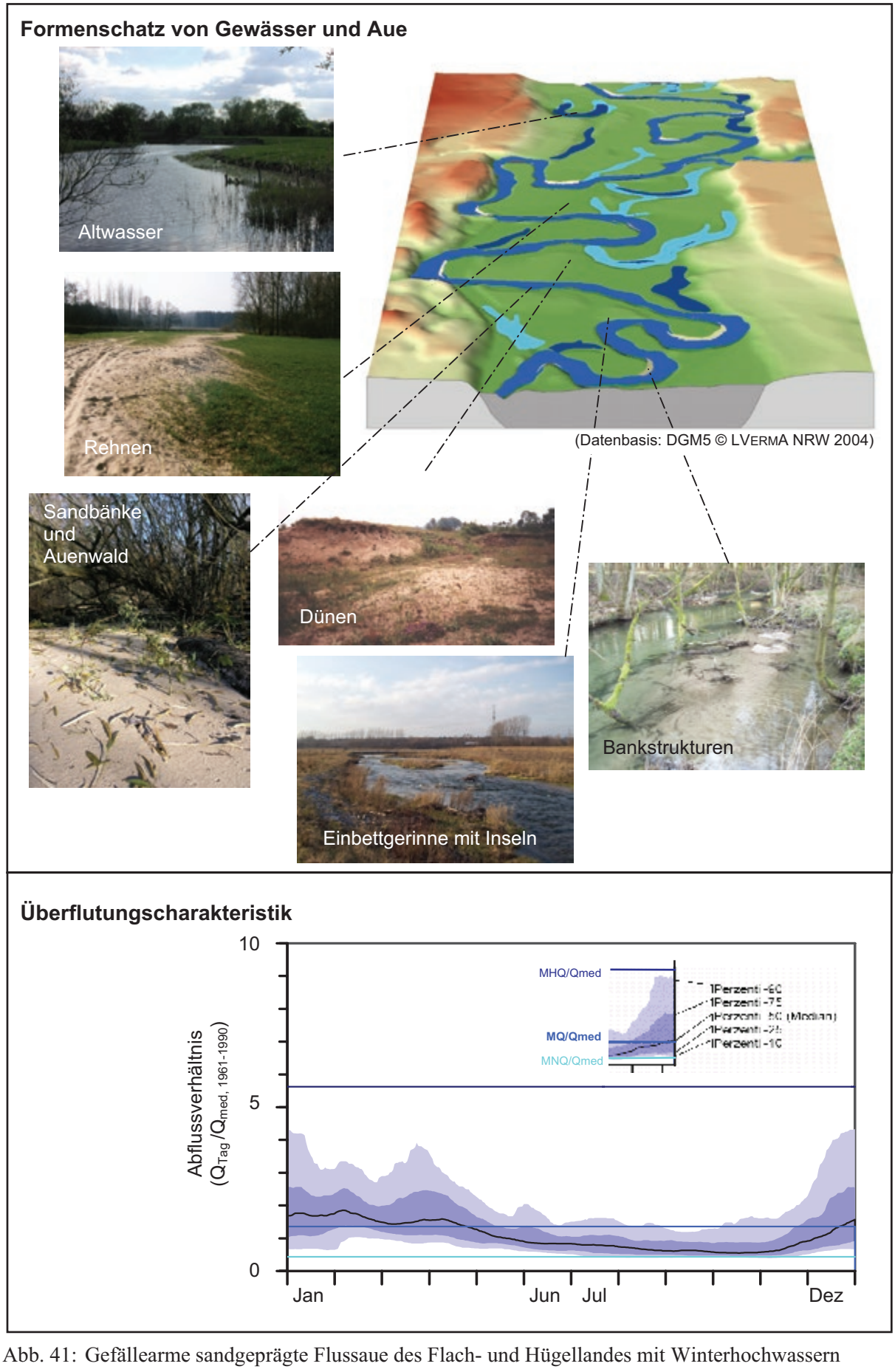


Abb. 41: Gefällearme sandgeprägte Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

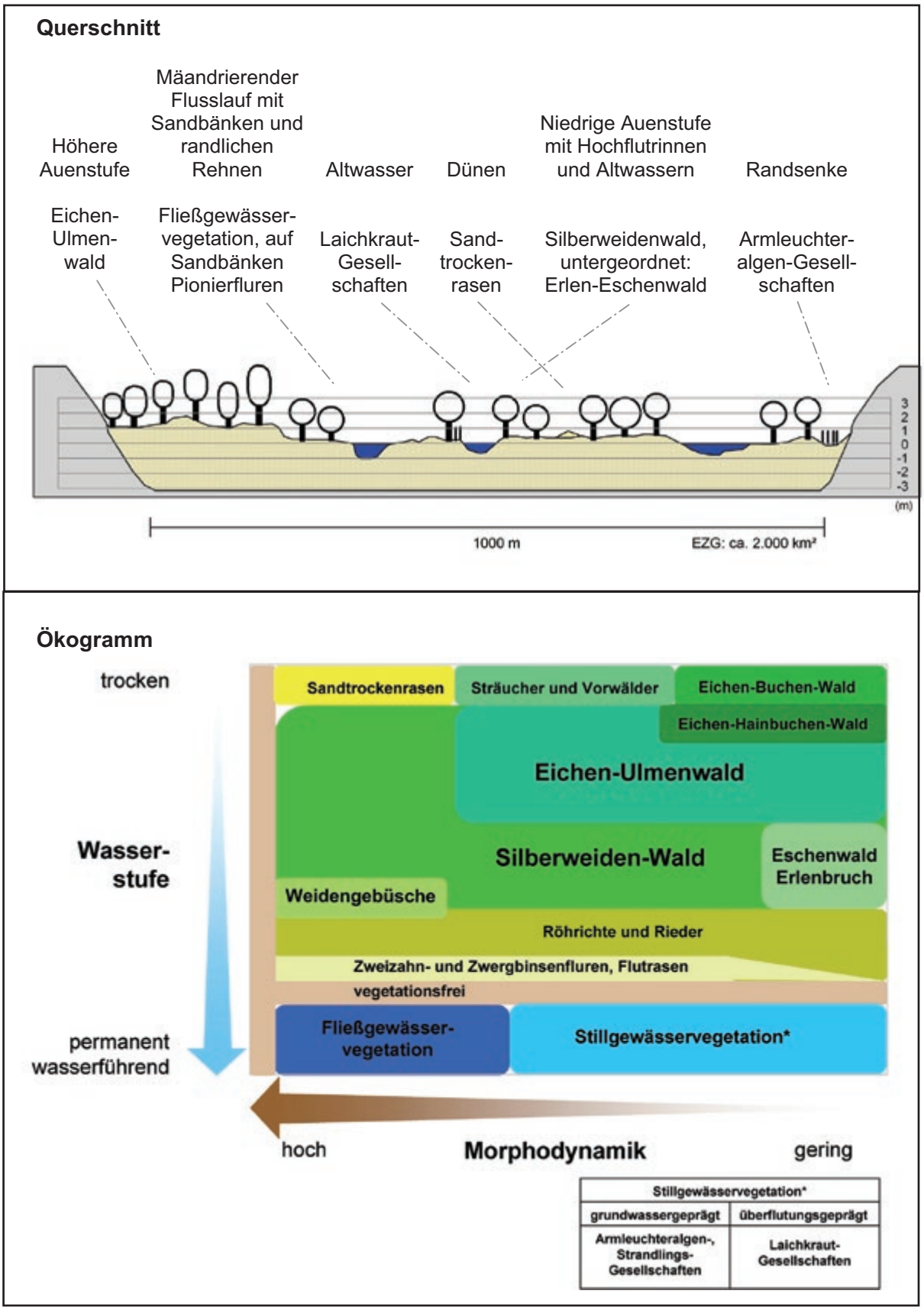


Abb. 41 (Fortsetzung): Gefällearme sandgeprägte Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

3.2.1.3 Gefällereiche Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

Talbodenform und -gefälle

Die Talbodenformen der gefällereichen Flussaue des Flach- und Hügellandes variieren in Abhängigkeit der geologischen Verhältnisse und der lokalen Landschaftsentwicklung sehr stark (Abb. 42). Neben schmalen Sohlentälern treten ausgedehnte Talböden auf, die durch markante pleistozäne Terrassenstufen begrenzt werden können (Abb. 43). Vorherrschend sind jedoch Sohlentäler mit Gefällewerten deutlich > 0,5 ‰, zumeist mit Werten zwischen 0,6 ‰ und 1,1 ‰, die sich damit deutlich von den gefällearmen Ausprägungen des Flach- und Hügellandes unterscheiden (Abb. 40, 41).

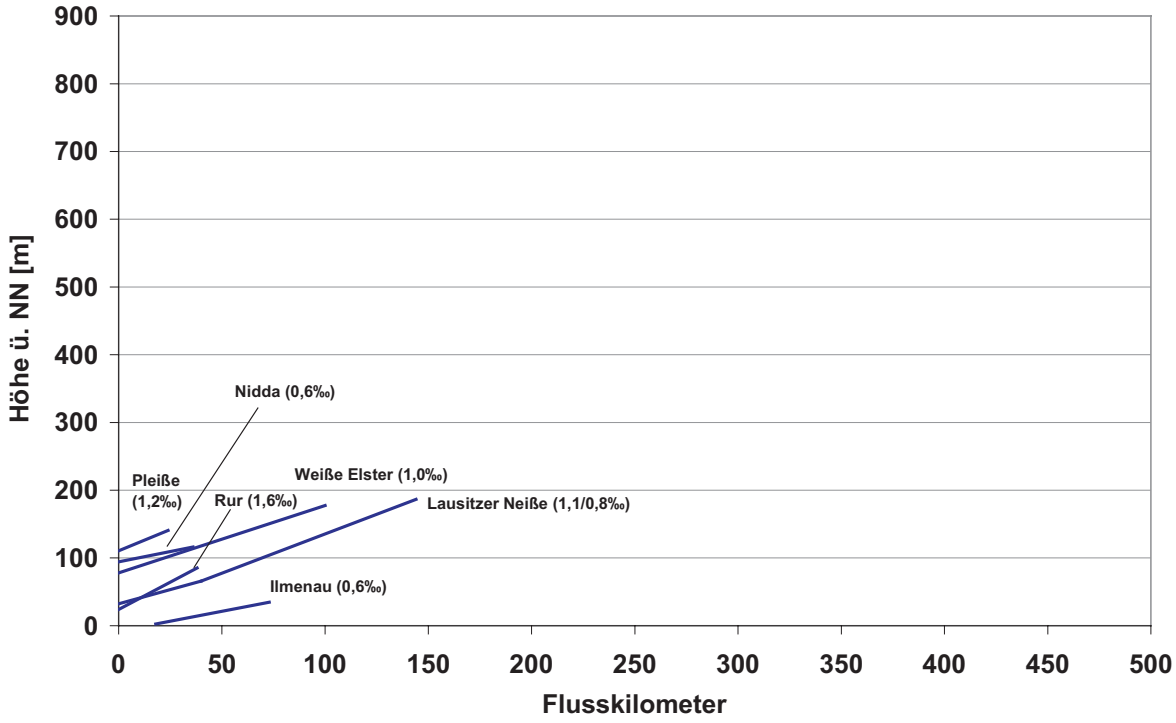


Abb. 42: Höhenlage und mittlere Auengefälle der gefällereichen Flussauen des Flach- und Hügellandes für die betrachteten Laufabschnitte

Die gefällereichen Flussauen des Flach- und Hügellandes differenzieren sich im Wesentlichen durch die Ausdehnung und Gliederung des Talbodens. Die in Sohlentälern mit schmalen unteren Auenstufen verlaufenden Gewässer weisen abschnittsweise randliche, auf höheren Auenstufen gelegene Vermoorungen auf. Dagegen werden die Auen mit breiten unteren Talstufen zumeist vollständig von Gewässern eingenommen, die hohe laterale Verlagerungsraten aufweisen und damit den gesamten Talboden formen. Entsprechend stark sind die Talböden reliefiert.

Abb. 43: Historische Situationen einer schmalen (li.) und breiten (re.) gefällereichen Flussaue des Flach- und Hügellandes

Kartengrundlage: li.: HK25, Preuß. Uraufn. 1:25.000, 1846, Bl. 4452 Spremberg mit Genehmigung der Staatsbibliothek Berlin © Preußischer Kulturbesitz als Besitzer der Originalkarte 2005; re.: Grundlage: Topographische Karte 1:25.000 (Messtischblatt) mit Erlaubnis des Landesvermessungsamtes Sachsen; Erlaubnis-Nr. 4020/2005. Jede Vervielfältigung bedarf der Erlaubnis des Landesvermessungsamtes Sachsen

Abflussregime

Das Abflussverhalten ist auf Grund der häufig in das Tiefland hineingetragenen mittelgebirgsähnlichen hydrologischen Verhältnisse vergleichsweise dynamisch und wird von winterlichen, hoch variablen Hochwasserabflüssen geprägt. Auch in den Sommermonaten können kurzzeitige Überflutungen, insbesondere der unteren Auenstufen, auftreten. Besonders hervorzuheben ist, dass die eher kontinental geprägten Regime Ostdeutschlands in der sommerlichen Niedrigwasserphase auch im Median ein Zwischenmaximum zwischen Juli und August aufweisen. Dies ist bei den Flüssen im Westen Deutschlands nur schwach ausgebildet oder fehlt gänzlich.

Der pluviale Charakter ist bestimmend und deutlich durch die oberen Einzugsgebiete mit signifikanten jahreszeitlichen Schwankungen ausgeprägt.

Charakteristische Niederschlagswerte (BMU 2003)

- Jahr: 550 – 900 mm
- Sommer: 350 – 450 mm
- Winter: 200 – 450 mm

Substratdeterminierte Auenabschnittstypen

Die gefällereichen Auen des Flach- und Hügellandes weisen neben der talbodenformbedingten Varianz auch eine Differenzierung der Substratverhältnisse auf, so dass zwei substratdeterminierte Abschnittstypen ausgewiesen werden:

- Gefällereiche sandgeprägte und sand-kiesgeprägte Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern (Abb. 44, 51)
- Gefällereiche kiesgeprägte Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern (Abb. 45, 52)

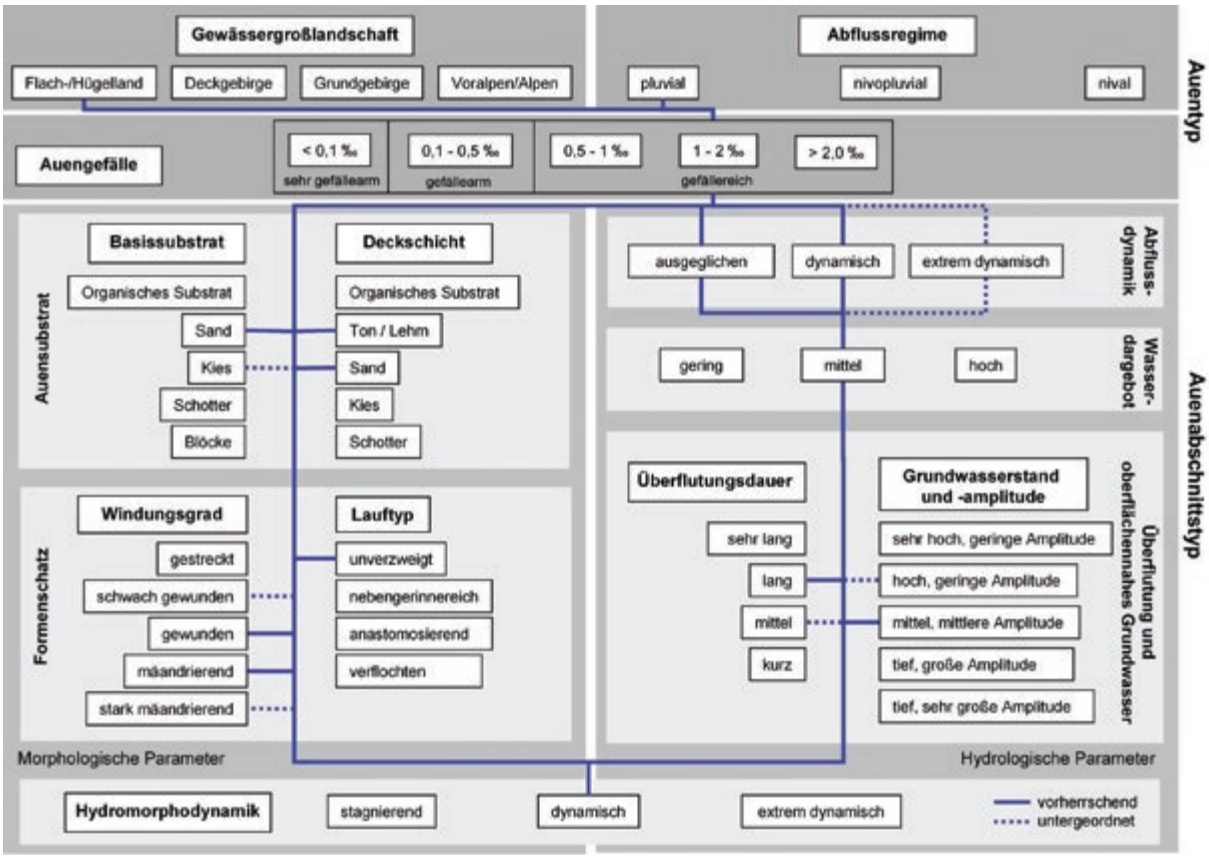


Abb. 44: Typdiagramm der gefällereichen sandgeprägten bzw. sand-kiesgeprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

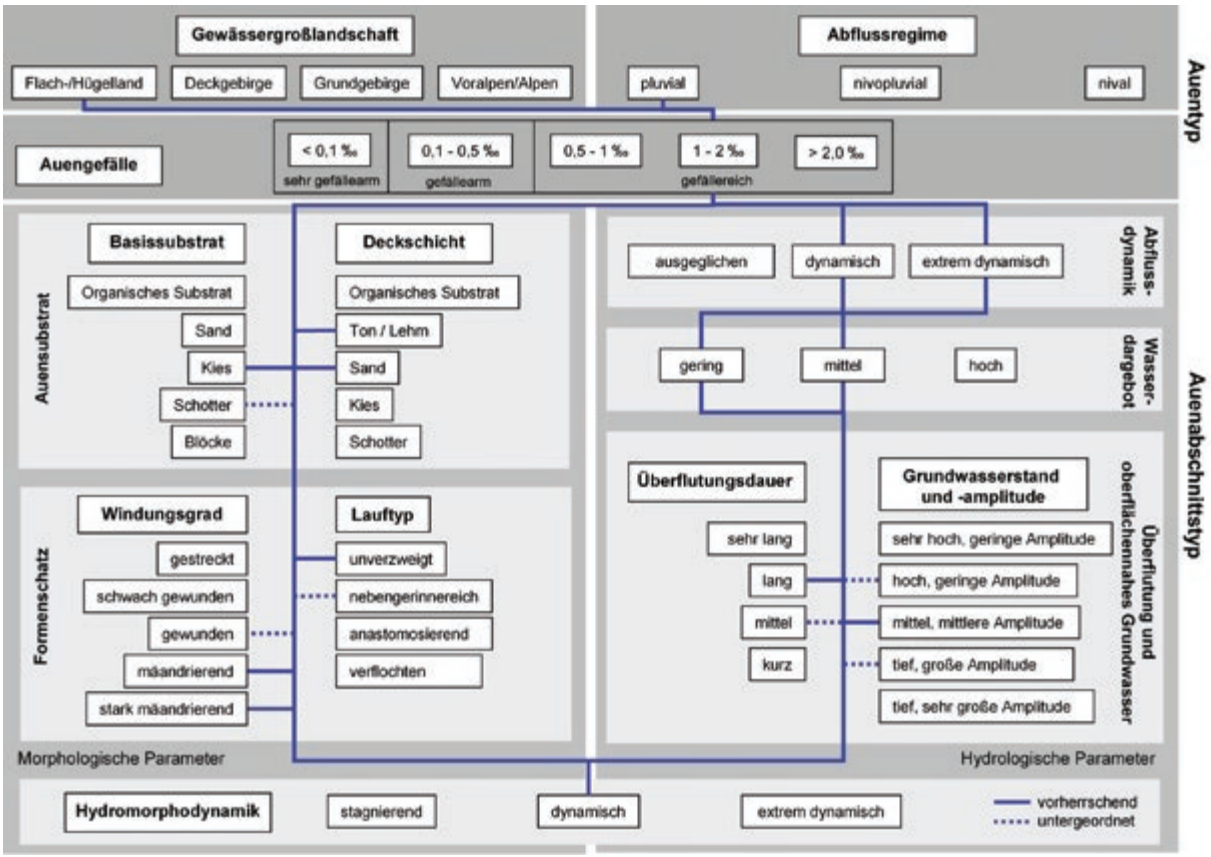


Abb. 45: Typdiagramm der gefällereichen kiesgeprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

Deck- und Basissubstrat

Die Talbodenfüllungen sind in ihrer Basis kaltzeitlich und von mineralischen Substraten bestimmt. Sandige und kiesige Basissubstrate herrschen vor. Auf höheren Auenstufen können in Talweitungen und bei entsprechenden geohydrologischen Verhältnissen auch Vermoorungen auftreten.

Abb. 46: Sandig-lehmige Feinsedimentauflage auf kiesigem Basissubstrat und kiesige Innenbänke

Es besteht eine Korrelation zwischen den vorherrschenden Talbodengefällen sowie den Liefergebieten der Substrate und den Substratverhältnissen. Mit zunehmendem Gefälle nehmen gröbere mineralische, hier kiesige Komponenten, zu und der Anteil der sandigen Bestandteile in der

Aue ab. Einzugsgebiete mit Grundgebirgsanteil liefern zudem kiesige Basissubstrate bis weit in das Tiefland hinein, während deckgebirgsdominierte Einzugsgebiete auf Grund der vorherrschend geringeren Härte und Transportstabilität der Liefergesteine zumeist sandig(-kiesige) Basissubstrate bedingen (BRIEM 2003).

Die mineralischen Deckschichten werden zumeist von Auenlehmen und -sanden gebildet, wobei die lehmigen Auenböden vorherrschen.

Gerinne und Formenschatz

Die gefällereichen Auen des Flach- und Hügellandes weisen in den kiesigen Ausprägungen überwiegend breite Talböden auf, die zumeist in mehrere Auenstufen gegliedert sind. Die Auen sind sehr formenreich, was auch auf die ausgeprägten Verlagerungen des zumeist mäandrierenden bis stark mäandrierenden Laufes zurückzuführen ist.

Der Formenschatz dieser Abschnitte wird von zahlreichen Altwässern, die durch Laufabschnürungen gebildet werden, kleineren Nebenläufen sowie dendritischen Flutrinnen bestimmt (Abb. 52). Dieser Auentyp zeigt die ausgeprägtesten sichelförmigen Verlagerungsstrukturen, so genannte Mäanderscrolls (Abb. 47, Tab. 26), die im inneren Laufbogen durch Akkumulation und zwischengelagerte Rinnen entstehen. Häufig finden sich ineinander geschobene und sich überlagernde Altmäandergürtel, die ein stark bewegtes fluviales Feinrelief bedingen.

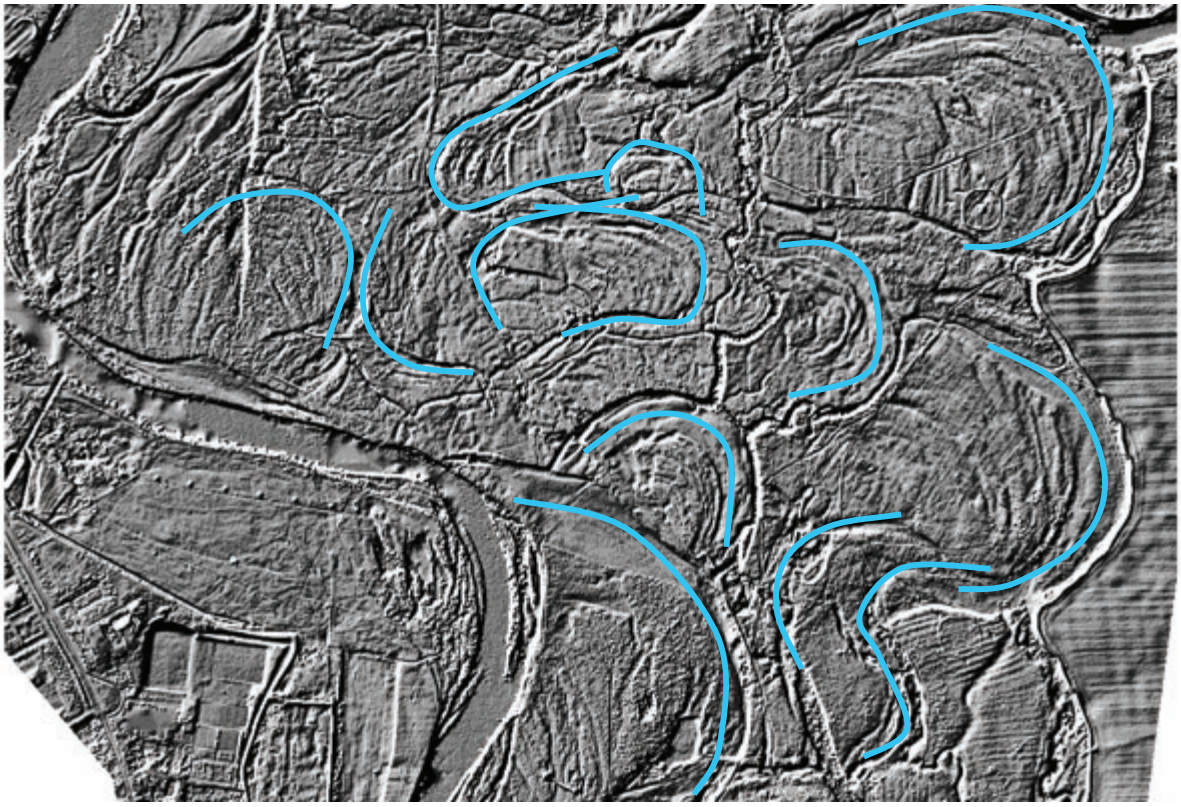


Abb. 47: DGM-Interpretation von Mäanderscrolls und ausgedehnten Altmäandergürteln

(Datenbasis: Laser-Scan-DGM © Vermessungsverwaltungen der Länder und BKG 2003)

In diese Mäandergürtelsysteme sind zahlreiche temporäre bis permanente Stillgewässer eingelagert. Zudem werden die Rinnensysteme von den seitlich zufließenden Gewässern als Abflussbahnen genutzt und damit sowohl durch das Abflussverhalten der Bäche als auch des Hauptgewässers geprägt.

Die Ausprägungen in schmalen Sohlentälern zeigen durch großflächige Sand- und Kiesbänke ein hohes dynamisches Potenzial auf (Abb. 46), wobei die laterale Entwicklung auf den unteren Talboden beschränkt ist. Dieser häufig überflutete Bereich wird weitgehend vom Gewässer selbst und den Bank- und Inselstrukturen eingenommen, so dass der ausgeprägte Formenschatz der weiten Talabschnitte hier nicht anzutreffen ist. Es dominieren langgestreckte und in Richtung des Talgefälles verlaufende Hochflutrinnensysteme. Permanente Stillgewässer sind selten, es herrschen kleine temporäre Stillgewässer vor.

Überflutung und Grundwasser

Die Ausdehnung der häufigen und lang anhaltenden winterlichen Überflutungen wird im Wesentlichen durch die Form der tief gelegenen Auenstufen bedingt. Die stark reliefierten Auenstufen werden frühzeitig über die komplexen Rinnensysteme geflutet (Abb. 49). Über diese Rinnen stehen auch die zahlreichen Stillgewässer in temporärem Kontakt mit dem Fließgewässer.

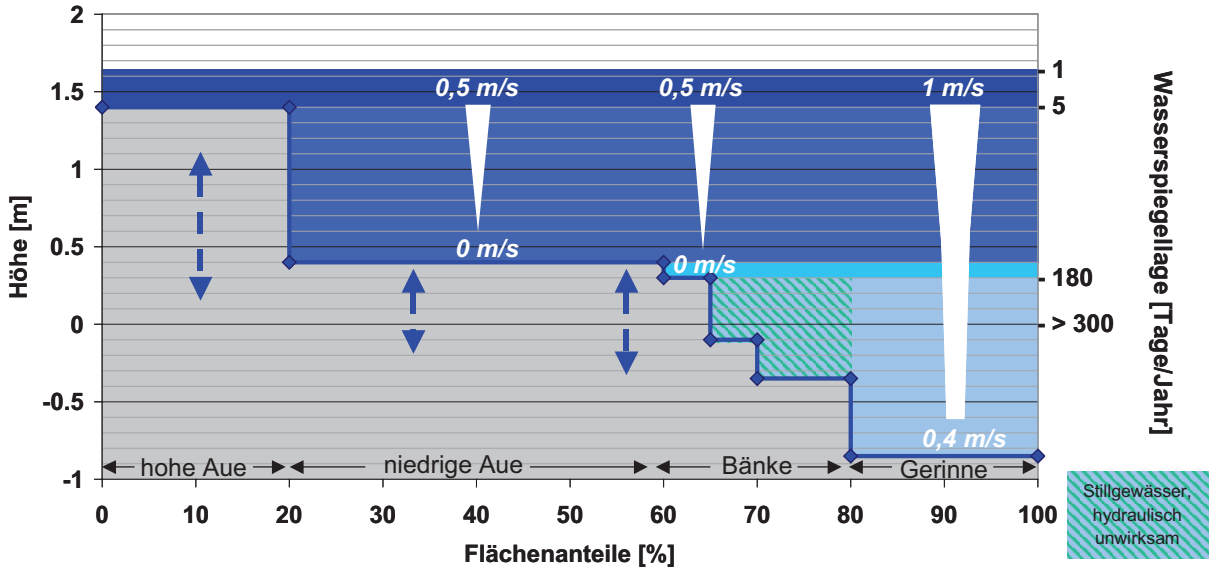


Abb. 48: Hydromorphogramm der gefällereichen kiesgeprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

Die Sommer- und Herbstmonate werden wie bei den gefällearmen Ausprägungen von niedrigeren Abflussmengen geprägt, die vorherrschend in den Niedrigwasserbetten des mäandrierenden Hauptlaufes abfließen.

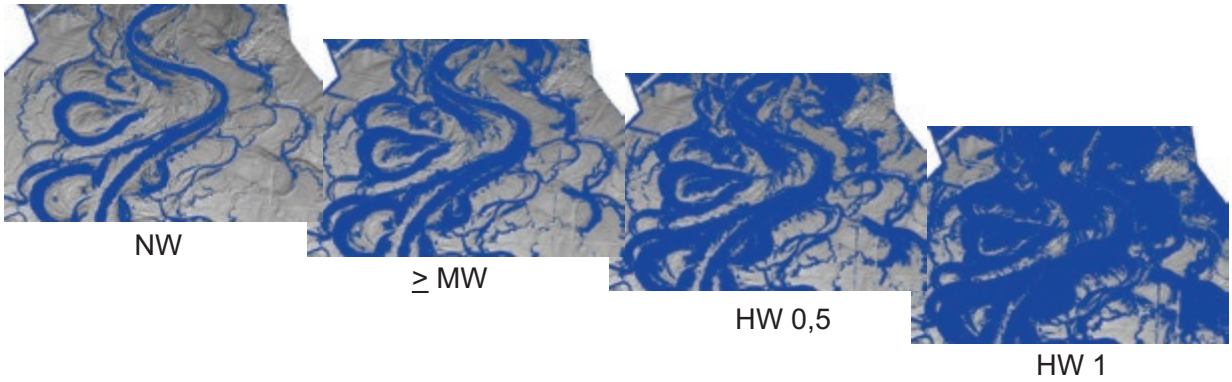


Abb. 49: Überflutungsszenarien der gefällereichen kiesgeprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

(Datenbasis: Laser-Scan-DGM © Vermessungsverwaltungen der Länder und BKG 2003)

Die Auenstufen mit eingelagerten Rinnensystemen führen zu einer sehr kleinräumigen Differenzierung der Überflutungsdauern und –höhen. Die tieferen Rinnenlagen weisen Überflutungsdauern von mehr als 120 Tage im Jahr auf (Abb. 48, 50), während die Dauer auf den höheren Auenstufen bis in die Unterjährigkeit zurückgeht.

Im Talbodengefälle verlaufende Rinnensysteme werden bei Hochwasser sehr rasch durchströmt, ruhigere Abflussverhältnisse herrschen dagegen in den Stillgewässerkomplexen der reliktären Mäandergürtel, soweit diese nicht in Richtung des Talbodengefälles verlaufen, vor.

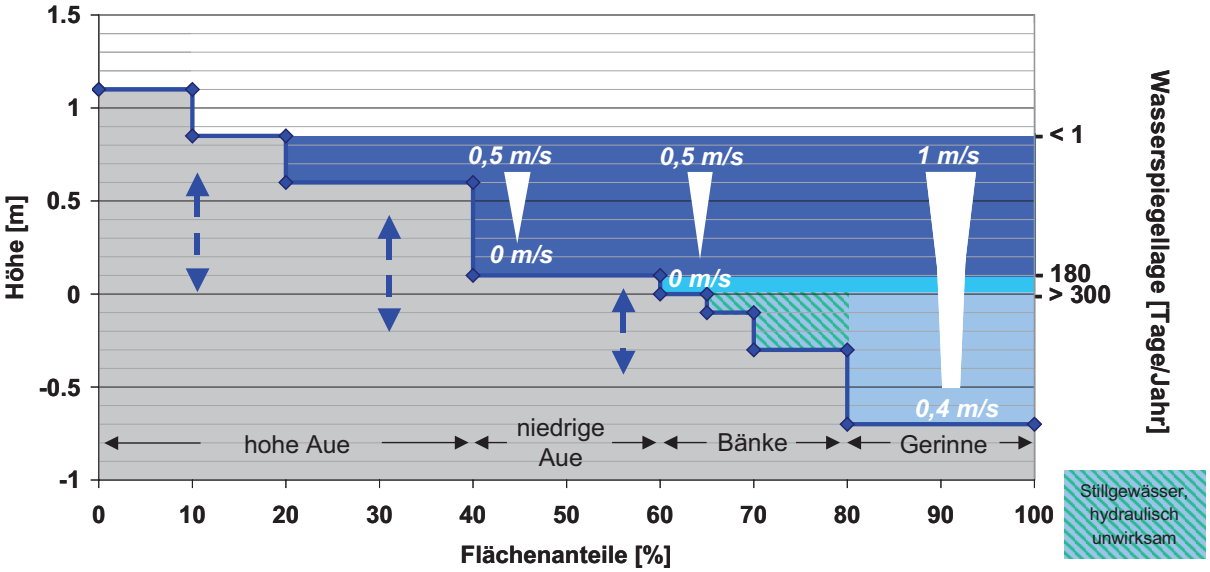


Abb. 50: Hydromorphogramm der gefällereichen sandgeprägten und sand-kiesgeprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

Die Grundwassersituation ist wie bei den gefällearmen Ausprägungen auf Grund der ausgeprägten Reliefierung kleinräumig stark differenziert. Die unteren Auenstufen mit ihren ausgedehnten Rinnensystemen weisen geringe Grundwasserflurabstände mit geringen Schwankungen auf. Im Bereich der höheren Auenstufen nehmen sowohl die Flurabstände als auch die Amplituden der Grundwasserschwankungen stark zu und können mehrere Meter betragen. Die von der lateralen Erosion versteilten Terrassenkanten gehen in grundwassergeprägte Randsenken mit quelligen Standorten über.

Bei sehr ausgeglichenen und hoch anstehenden Grundwasserverhältnissen auf höheren Talstufen können dort auch ausgedehnte Vermoorungen auftreten, die jedoch nur in geringem Umfang überflutungsgeprägt sind.

Hydromorphodynamik

Die gefällereichen Flussauen des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern gehören zu den dynamischen Auen und besitzen kaum Bereiche mit stagnierenden Verhältnissen. Die hohen Gefällewerte in Kombination mit vergleichsweise gut verlagerbaren sandig-kiesigen Basissubstraten sowie einer hohen Abflussdynamik führen zu sehr formenreichen Auen, deren wesentliches Charakteristikum die beständige und bei Hochwässern auch schubweise Verlagerung der gewundenen bis mäandrierenden Läufe ist. Diese Auen gehören zu den standörtlich vielfältigsten und durch die vergleichsweise hohen Fließgeschwindigkeiten auch dynamischsten Ausprägungen.

Vegetation (VAN DE WEYER 2005)

In der gefällereichen Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern dominieren auf feuchteren niedrigen Auenstufen Silberweidenwälder (Salicetum albae) (Nomenklatur nach POTT 1995) bzw. auf höheren trockeneren Auenstufen der Eichen-Ulmenwald (Querco-Ulmetum). Kleinflächig ausgeprägte trockenere Standorte werden vom Eichen-Hainbuchenwald (Carpinion) besiedelt. Auf nassen, oft grundwasserbeeinflussten Standorten, wie z. B. Randsenken bzw. verlandeten ehemaligen Mäandern, finden sich kleinflächig auch Erlenbruchwälder (Alnion glutinosae) und Eschenwälder (Alnenion glutinosae). Auf trockenen, offenen Sandflächen finden sich in der sandgeprägten und sand-kiesgeprägten Flussaue Sandtrockenrasen (Koelerio-Corynephoretea), die sich bei fortschreitender Sukzession über Strauch- und Vorwaldstadien zu Eichen-Buchen-Mischwäldern entwickeln. In der gefällereichen kiesgeprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes fehlen offene Sandflächen mit Sandtrockenrasen, Strauch- und Vorwaldstadien bzw. Eichen-Buchen-Mischwäldern.

Auf Standorten höherer Morphodynamik, wie z. B. in den Mäanderinnenbögen bzw. in den Nebengerinnen der kiesigen Flussauen treten Weidengebüsche (Salicion cinereae, Salicion albae) auf.

Zwischen diesen teils mehrjährigen Fluren und den Gewässern schließen sich insbesondere in Gleitufern und auf Mittenbänken z. T. großflächige vegetationsarme Standorte aus sandigen

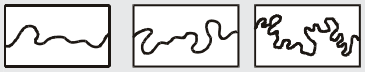
bzw. kiesigen Substraten an. Im Verlauf der Vegetationsperiode können sich auf diesen hoch dynamischen Standorten Zweizahn- und Zwergbinsenfluren (Bidentetea, Isoeto-Nanojuncetea) bzw. Flutrasen (Agropyro-Rumicion) entwickeln. Hieran schließen sich Röhrichte und Rieder (Phragmition, Phalaridion, Glycerio-Sparganion, Magnocaricion) sowie Hochstaudenfluren (Senecionion fluviatilis, Aegopodion podagrariae) an.

Die Vegetation der Fließgewässer der gefällereichen sandgeprägten, sand-kiesgeprägten und kiesgeprägten Flussaue des Flach- und Hügellandes ist bei höheren Fließgeschwindigkeiten durch Wasserhahnenfuß-Gesellschaften (*Ranunculus*-Typ) mit Großlaichkräutern bzw. die Haken-Wasserstern-Tausendblatt-Gesellschaft (Callitricho-Myriophylletum), bei geringeren Fließgeschwindigkeiten durch Schwimmblattgesellschaften in arten- und wuchsformenreichen Ausbildungen (*Sparganium emersum*-Gesellschaft) bzw. Großlaichkraut-Gesellschaften (Potametea) gekennzeichnet (LUA NRW 2003a). Insbesondere in breiten Auenabschnitten dominieren innerhalb der Gewässervegetation jedoch die Stillgewässerarten auf Grund der zahlreichen Altwasser in den sich überlagernden Mäandergürteln. Dabei weisen Stillgewässer mit stärkerem Grundwassereinfluss Armleuchteralgen-Gesellschaften (Charetea) auf. Nährstoffreiche Stillgewässer, wie einseitig angebundene Altwasser, beherbergen Laichkraut- (Potametea) und Wasserlinsen-Gesellschaften (Lemnetea).

Tab. 26: Charakterisierung der gefällereichen Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

Flussauentyp **Parameter**	**Gefällereiche Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern**		
Gewässergroß-landschaft	Flach- und Hügelland, norddeutsche Alt- und Jungmoränengebiete		
Einzugsgebietsgröße	1.000–3.000 km^2		1.000–7.500 km^2
Abflussregime	pluvial		
Talformen	häufig enge Sohlentäler mit lokalen Talweitungen		häufig weite Sohlentäler mit randlichen Auenstufen
Talbodenform/ -charakteristik	häufig schmale niedrigste Auenstufe, abschnittsweise mit randlichen Vermoorungen		häufig breite Talsituationen
Auengefälle	gefällereich > 0,5 ‰ vorherrschend 0,8–1,2 ‰		gefällereich > 0,5 ‰ vorherrschend 0,6–1,6 ‰
Auensubstrat			
Basissubstrat	Sand	Sand/Kies	Kies
Deckschicht	Ton/Lehm, Sand	Ton/Lehm, Sand	Ton/Lehm, Sand
Formenschatz der Aue			
Auengewässer	Altwasserstrukturen in sich überlagernden Mäandergürteln in unterschiedlichen Verlandungsstadien; mäandrierendes Hauptgerinne, je gröber das Ausgangssubstrat, desto mehr Tendenz zur Ausbildung von Nebengerinnen		
Hohlformen	ehemalige, sich überlagernde Mäandersysteme, abschnittsweise Hochflutrinnen, dendritisch angeordnete Rinnensysteme, Randsenken		
Vollformen	Uferwälle/Rehnen im Bereich der Mäanderverlagerungen, in Gewässernähe große vegetationsarme Sand/Kiesbänke zum Gewässer geneigte Talböden		höher gelegene Auenstufen mit Hochflutrinnen, Mäanderscrolls
Kleinrelief	kleinräumig ausgeprägtes Relief mit Hohlformen, wie Kolken, Mulden, Blänken und Vollformen, wie Sandwällen, kleineren Sandakkumulationen		
Hydrologie			
Abflussdynamik	Verhältnis zwischen mittlerem Hoch- und Niedrigwasserabfluss (MHQ zu MNQ)		
	MHQ/MNQ < 10 bis > 25 *heterogene Gruppe* geringe bis mittlere Dynamik		MHQ/MNQ 20 bis 30 mittlere bis hohe Dynamik
Abflussspende	8 l/(s*km^2) Median-Spende	5 bis 6 l/(s*km^2) Median-Spende	3 bis 7 l/(s*km^2) Median-Spende
Wasserdargebot	mittel		gering bis mittel

Tab. 26 (Fortsetzung): Charakterisierung der gefällereichen Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

Überflutungs-charakteristik	im Winter lang anhaltende, durch höheres Talbodengefälle schneller abfließende Überflutungen zuerst Überflutung des flach geneigten Gleituferumfeldes, z. T. spätere Ausuferung des Gewässers durch natürliche Rehnen		
Ausuferungsdauer	120 Tage (4 Monate) mittlere jährliche Anzahl Tagesmittelwerte über MQ		
Ausuferungs-charakteristik	frühe Ausuferung in die Aue		
Grundwasserstand und -amplitude	auf höheren Auenstandorten relativ niedriger Grundwasserstand mit einer hohen Amplitude; in tiefer gelegenen Senken, Mulden und Rinnen hoch anstehendes Grundwasser, in Randsenken zusätzlich Hangzugwasser		
Laufform			
Flussabschnittstyp			
Laufentwicklung Windungsgrad	gewunden bis stark mäandrierend, vorherrschend mäandrierend		
Lauftyp	unverzweigt		
Hydromorphodynamik/ laterale Erosion/ Verlagerungsverhalten besondere Laufstrukturen	gering beständige, talabwärts gerichtete laterale Erosion mit Laufabschnürungen Gerinneverlagerungen durch Talränder begrenzt		
Vegetation			
vorherrschende Vegetationseinheiten der Gewässer	Fließgewässer:		
	+++	schneller fließend: *Ranunculus*-Typ, Callitricho Myriophylletum langsamer fließend: *Sparganium emersum*-, Potametea-Gesellschaften	
	nährstoffarme Stillgewässer:		
	+++	Charetea-Gesellschaften	
	nährstoffreiche Stillgewässer:		
	+++	Potametea- und Lemnetea-Gesellschaften	
vorherrschende Vegetationseinheiten der Aue (+++ bis + = vorherrschend bis untergeordnet)	+++	niedrige Auenstufen: Salicetum albae höheren Auenstufen: Querco-Ulmetum	
	++	Standorte mit seltener Überflutung: Carpinion Randsenken: Alnion glutinosae, Alnenion glutinosae Pionierstandorte: Bidentetea, Isoeto-Nanojuncetea, Agropyro-Rumicion	
	+	trockene Sandflächen: Koelerio-Corynephoretea	

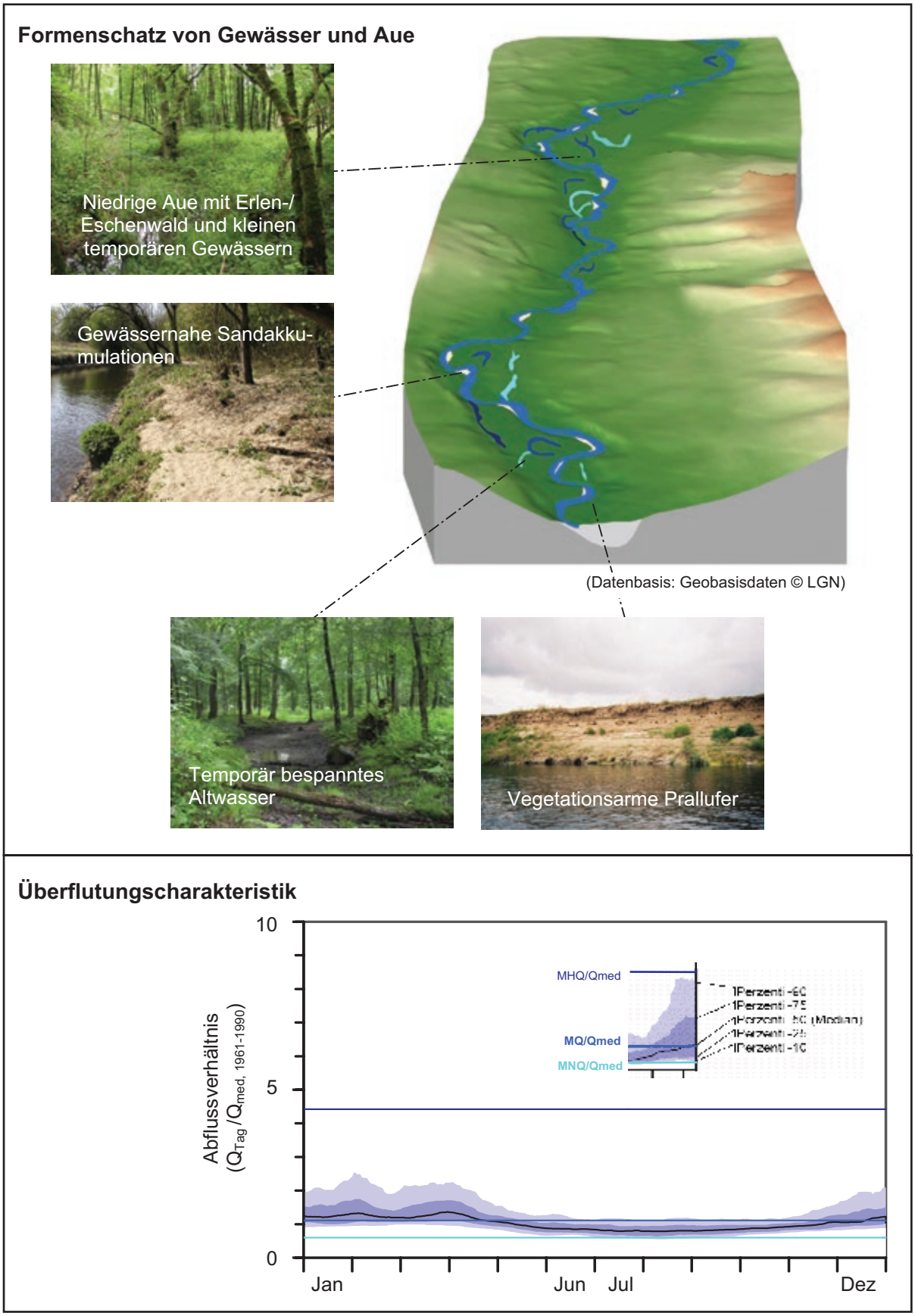


Abb. 51: Gefällereiche sand-kiesgeprägte Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

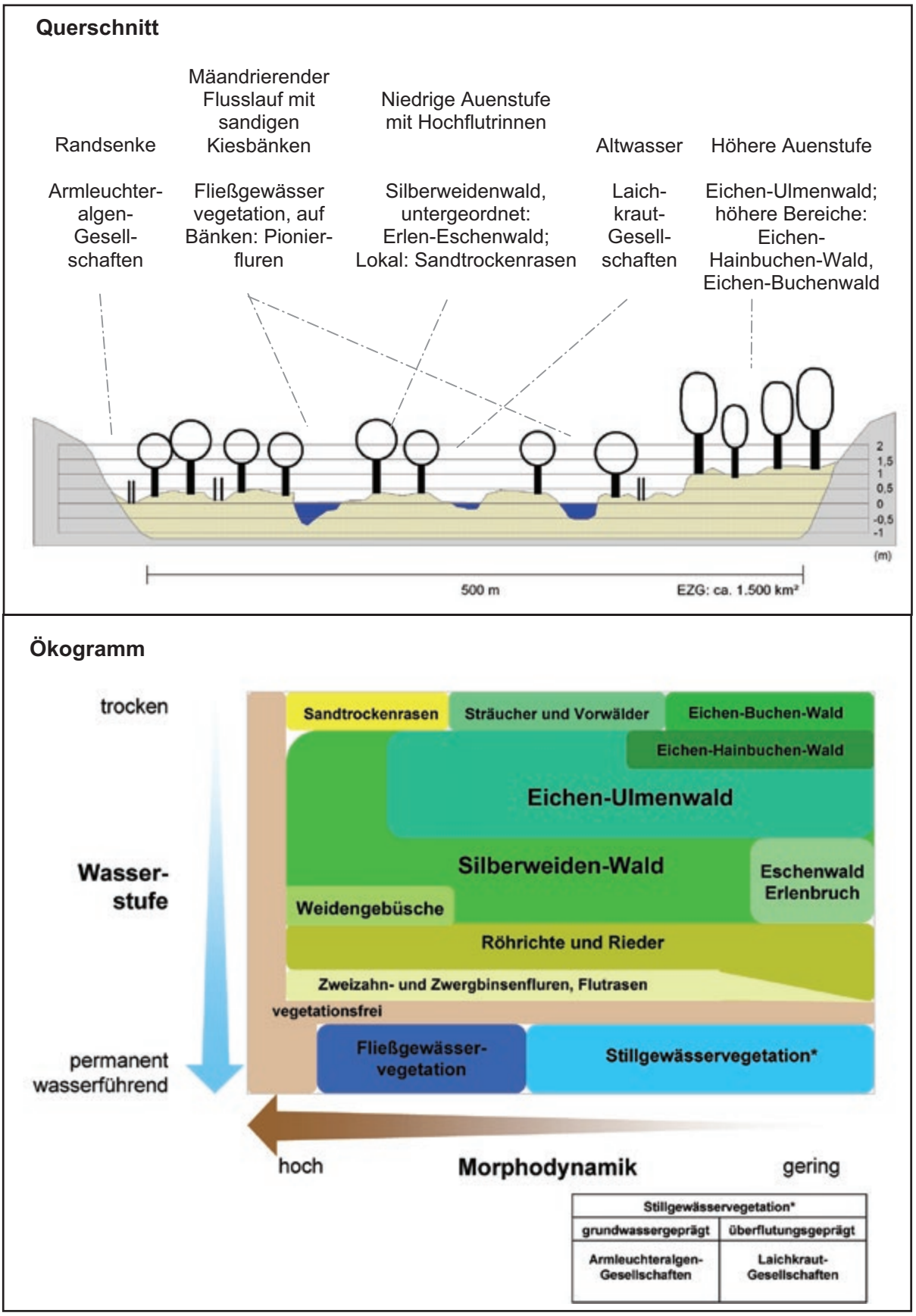


Abb. 51 (Fortsetzung): Gefällereiche sand-kiesgeprägte Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

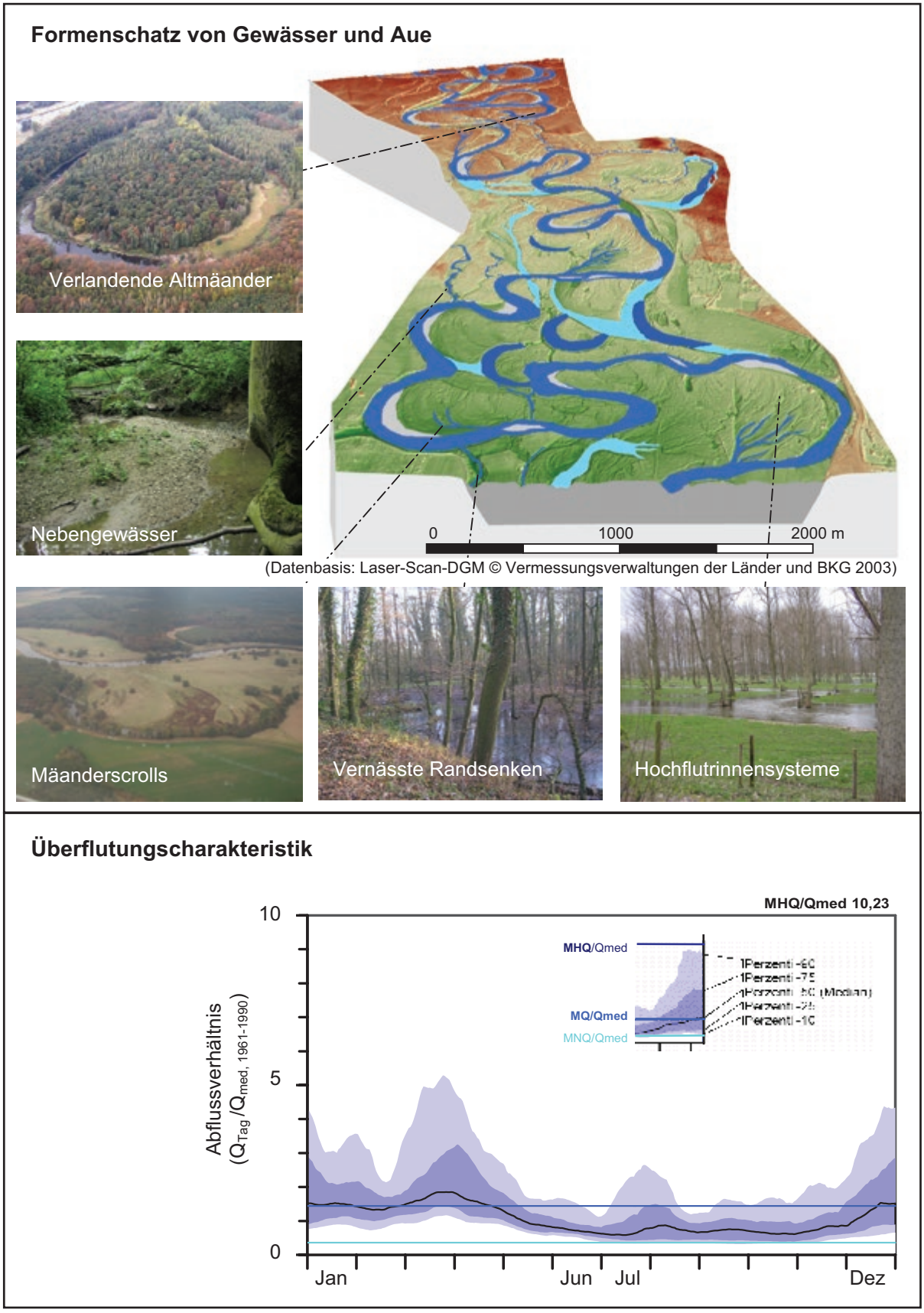


Abb. 52: Gefällereiche kiesgeprägte Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

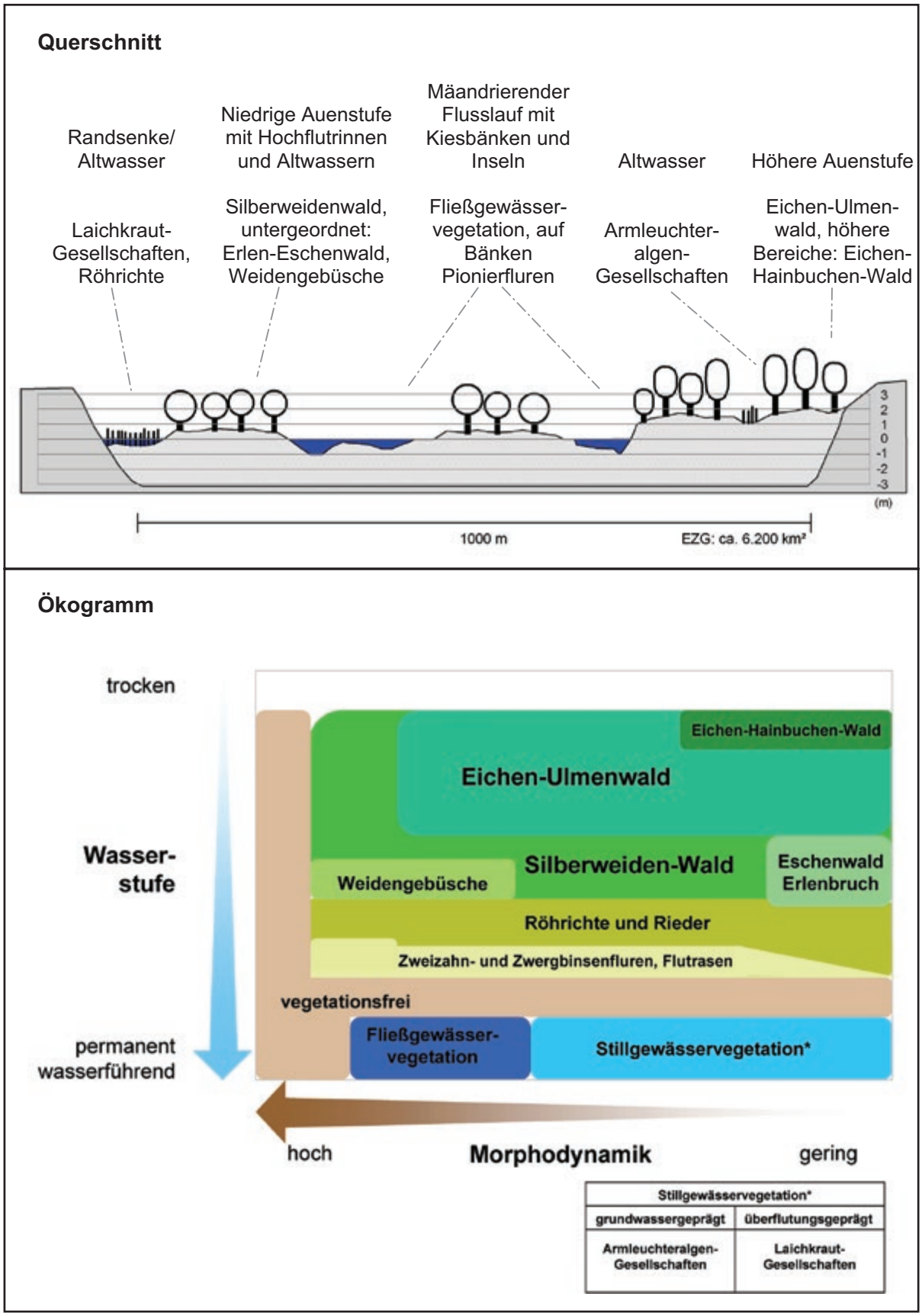


Abb. 52 (Fortsetzung): Gefällereiche kiesgeprägte Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern

3.2.2 Flussauen des Deckgebirges

Lage und räumliche Verteilung

Die Gewässergroßlandschaft des Deckgebirges umfasst große Teile des Südens und der Mitte Deutschlands (Abb. 53). Der geologische Aufbau des Deckgebirges als auch die auftretenden Reliefsituationen sind sehr vielfältig, so dass BRIEM (2003) nicht weniger als acht geologisch-morphologisch begründete Fließgewässerlandschaften ausweist. Die zumeist geschichtet lagernden Gesteine liefern überwiegend deutlich weichere und karbonatreichere Geschiebe als das Grundgebirge mit seinen silikatischen Gesteinen. Ausnahmen stellen vulkanische Gesteine dar, die jedoch auf Grund ihrer Verbreitung für die Ausprägung großer Auen keine Relevanz besitzen. Im Gegensatz zu den dendritisch zertalten Mittelgebirgslandschaften des Grundgebirges folgen die kleineren Gewässersysteme des Deckgebirges häufig dessen Schichtstufenstruktur.

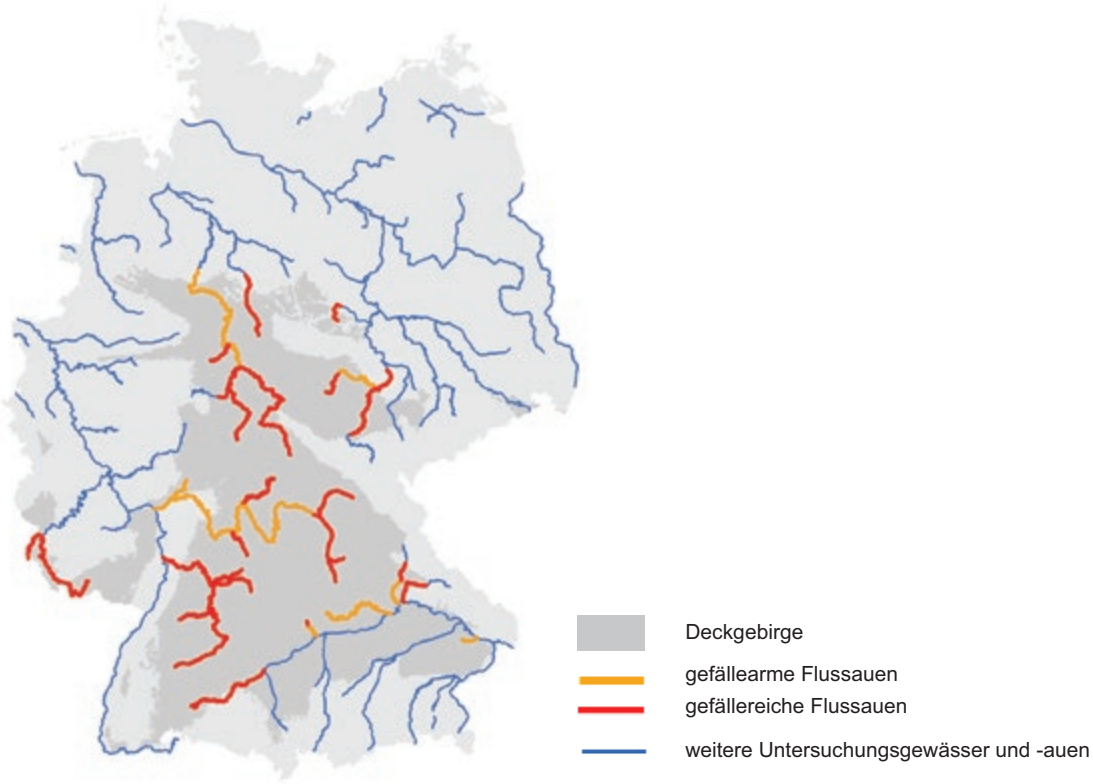


Abb. 53: Lage der Gewässergroßlandschaft des Deckgebirges und deren Flussauen mit EZG > 1000 km²

(Datenbasis: GÜK200 © Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, 2003; Gewässerlandschaften, Autor: Dr. E. Briem (Kartierung der Gewässerlandschaften, Talformen und Strukturen), Quelle: Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Datengrundlage: GÜK1000 © Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, 1993; DLM1000 © Vermessungsverwaltungen der Länder und BKG 2003)

Wo die Flüsse Strukturen der Schichtstufen queren, durchfließen sie Gesteinskomplexe sehr unterschiedlicher Erosionswiderstände. Dies führt zur Ausbildung stark variierender Talformen mit Engtälern und ausgedehnten Beckensituationen, die tieflandartige Relief- und Gefälleverhältnisse und damit entsprechende Rahmenbedingungen für die Auenentwicklung aufweisen. Weiterhin besitzen Teile der Deckgebirge Lößauflagen, die zumeist geringere Mächtigkeiten als in den Bördenlandschaften aufweisen und auf Grund des ausgeprägten Reliefs stärkeren Erosionserscheinungen ausgesetzt sind. Eine Ausnahme stellen die Beckenlagen der Deckgebirge dar.

In den Auen des Deckgebirges bestimmen Lockergesteine das Basissubstrat der mineralisch geprägten Auentypen. Kleinräumig können Niedermoorbildungen die standörtlichen Verhältnisse in den ansonsten mineralisch geprägten Auen bestimmen, dies jedoch nur in deutlich untergeordneter Ausdehnung, so dass auf die Ausweisung organischer determinierter Auenabschnittstypen verzichtet wird.

Die gefällearmen Flussauen des Deckgebirges durchziehen vorrangig die weicheren Gesteine des Deckgebirges und die Beckenlandschaften. Ebenfalls den gefällearmen Ausprägungen sind die großen Flussauen mit Einzugsgebieten von mehr als 10.000 km² zuzurechnen (Abb. 53).

Die gefällereichen Flussauen des Deckgebirges sind dagegen häufig an härtere Gesteinskomplexe gebunden oder sind in den Übergangsbereichen aus dem Grundgebirge angesiedelt und vermitteln so typologisch zu den gefällereichen Auen des Grundgebirges.

In Abhängigkeit der lokalen geologischen Situation und der Gefälleverhältnisse sowie der Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet variieren die Basissubstrate der Auen von sandigen bis zu schotterigen Substraten. Die Auen des Deckgebirges weisen damit die weiteste Spanne hinsichtlich der Korngrößen der Basissubstrate von allen betrachteten Gewässergroßlandschaften auf. Vorherrschend sind Auen mit kiesigen Basissubstraten anzutreffen.

3.2.2.1 Gefällearme Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern

Dieser Auentypus besitzt auf Grund der naturräumlichen Vielfalt eine vergleichsweise hohe Varianz hinsichtlich des Formenschatzes und der Substratdiversität der Auen.

Talbodenform und -gefälle

Die Schichtstufen- und Beckenlandschaften sowie Bergländer besitzen mit Ausnahme der eigentlichen Durchbruchssituationen im Bereich der Schichtkämme ein oft hügeliges, von Kuppen und Tälern geprägtes Landschaftsbild. Die größeren Flüsse weisen abschnittsweise Mäandertäler, d. h. gebundene Mäander mit im Verhältnis zur Gewässergröße vergleichsweise schmalen Talböden und breite Talungen mit häufig erhaltenen höheren Auenstufen auf (GERKEN et al. 1995). Zudem sind asymmetrische, zum Gewässer hin geneigte Talböden zu finden.

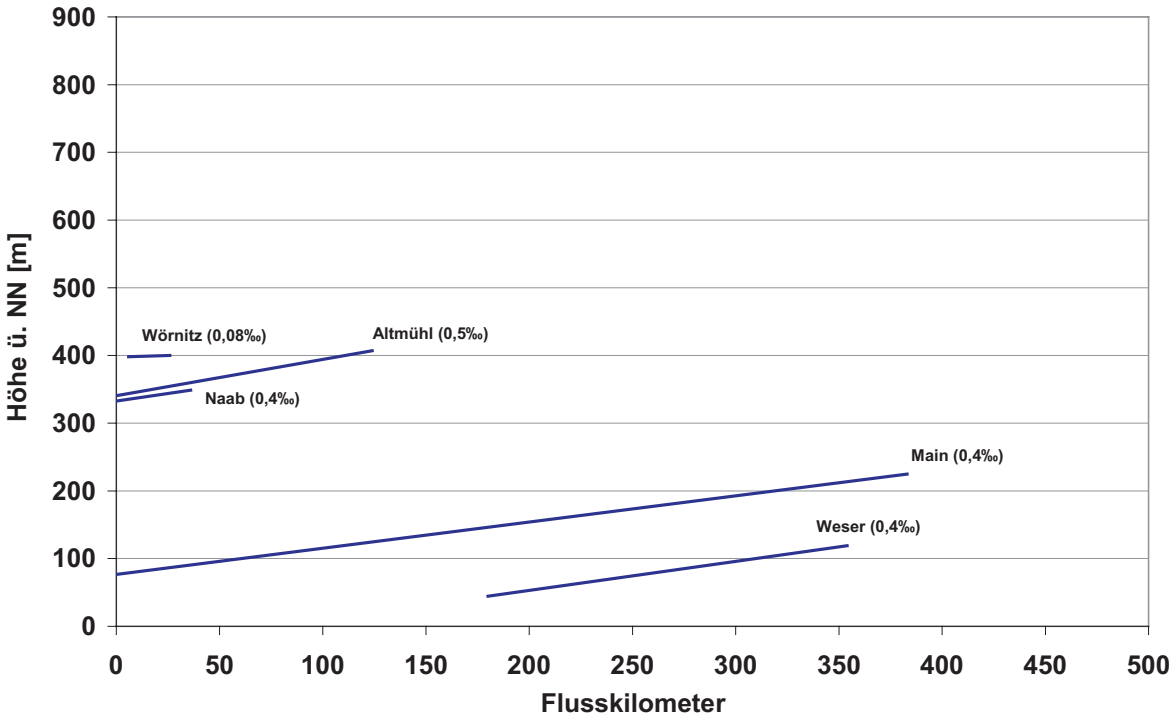


Abb. 54: Höhenlage und mittlere Auengefälle der gefällearmen Flussauen des Deckgebirges für die betrachteten Laufabschnitte

Es herrschen weite Sohlentäler mit Gefällewerten von 0,3–0,4 ‰ vor (Abb. 54). Abschnittsweise treten Engtalsituationen auf, die zumeist auf härtere Festgesteinskörper zurückzuführen sind (Abb. 55).

Die Sohlentäler werden wie im Flach- und Hügelland durch kaltzeitliche Terrassensysteme vertikal gegliedert. Die Auen nehmen den tiefstgelegenen Teil des Talbodens ein und werden von holozänen Auenstufen untergliedert, die vorherrschend aus kiesigen Substraten aufgebaut werden (HASCH & JESSEL 2004). Diese können trotz der geringeren Talbodengefälle von vorherrschend 0,4–0,5 ‰ hinsichtlich ihrer Substrate und Dynamik den gefällereichen Auen der Deck- und Grundgebirge nahe stehen.

Abb. 55: Engtal und Talweitung im Vergleich

Kartengrundlage: li: Situations Charte Darmstadt 1:30.380, 1804, Bl. 18 (Haas`sche Karte);
re: HK25 Preuß. Uraufn. 1:25.000, Bl. 3719, Minden, mit Erlaubnis des LVERMA NRW 2005

Abflussregime

Das jahreszeitliche Abflussverhalten ist dynamisch und wird von winterlichen, lang anhaltenden Hochwassern bestimmt, die vorherrschend von Dezember bis April auftreten. Die Sommermonate zeigen charakteristischerweise geringere Schwankungen, längere Niedrigwasserphasen treten von Mai bis Oktober auf, vereinzelt von kurzen, konvektiv bedingten Sommerhochwassern mit geringer Fülle unterbrochen. Der pluviale Charakter ist mit drei akzentuierten Maxima im Winterhalbjahr deutlich ausgeprägt. Insgesamt herrscht folgende Niederschlagsverteilung vor:

Charakteristische Niederschlagswerte (BMU 2003):

- Jahr: 500 – 1200 mm
- Sommer: 300 – 600 mm
- Winter: 200 – 600 mm

Substratdeterminierte Auenabschnittstypen

Die gefällearmen Auen des Deckgebirges zeigen auf Grund der kleinräumig wechselnden geologischen Verhältnisse eine vergleichsweise unscharfe Differenzierung hinsichtlich der Substratverhältnisse in die folgenden drei Abschnittstypen:

- Gefällearme sandgeprägte und sand-kiesgeprägte Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern (Abb. 56, 63)
- Gefällearme kiesgeprägte Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern (sehr selten; Abb. 56*)
- Gefällearme kies-schottergeprägte Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern (Abb. 57, 64)

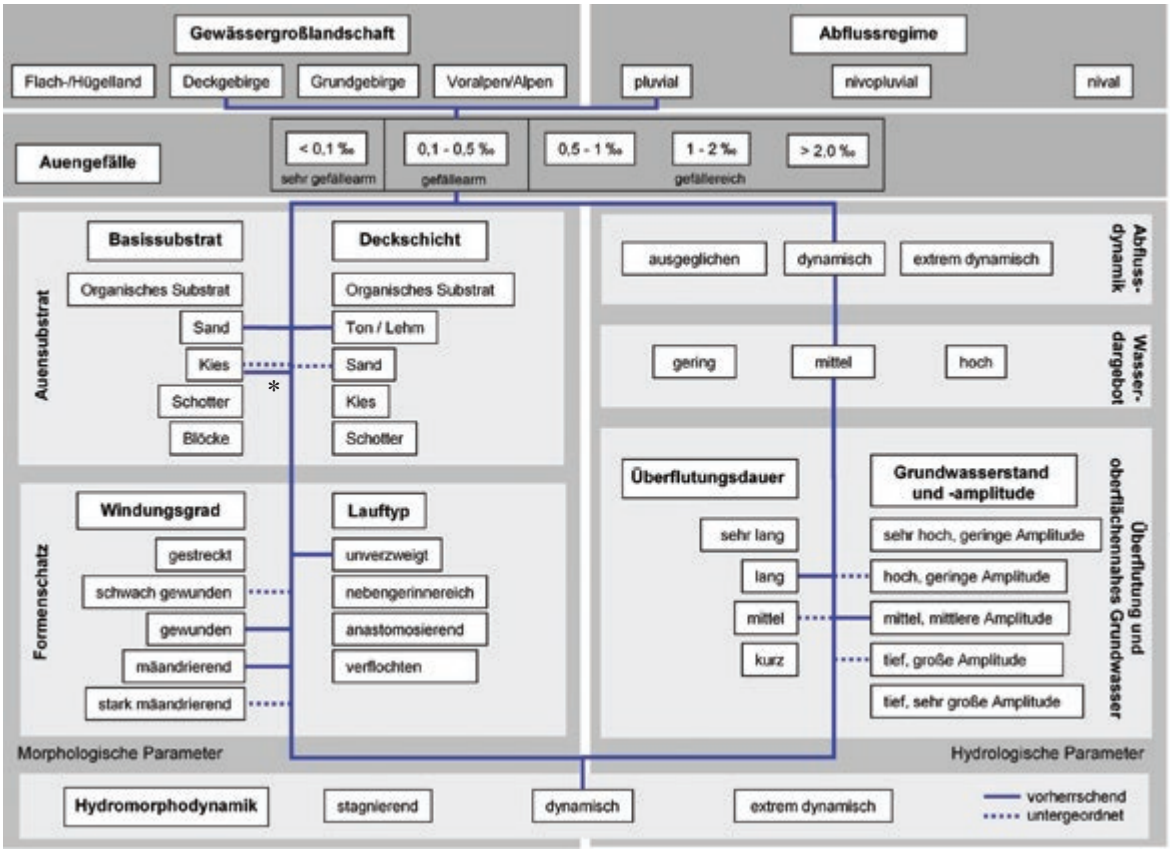


Abb. 56: Typdiagramm der gefällearmen sandgeprägten, sand-kiesgeprägten und kiesgeprägten* Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern

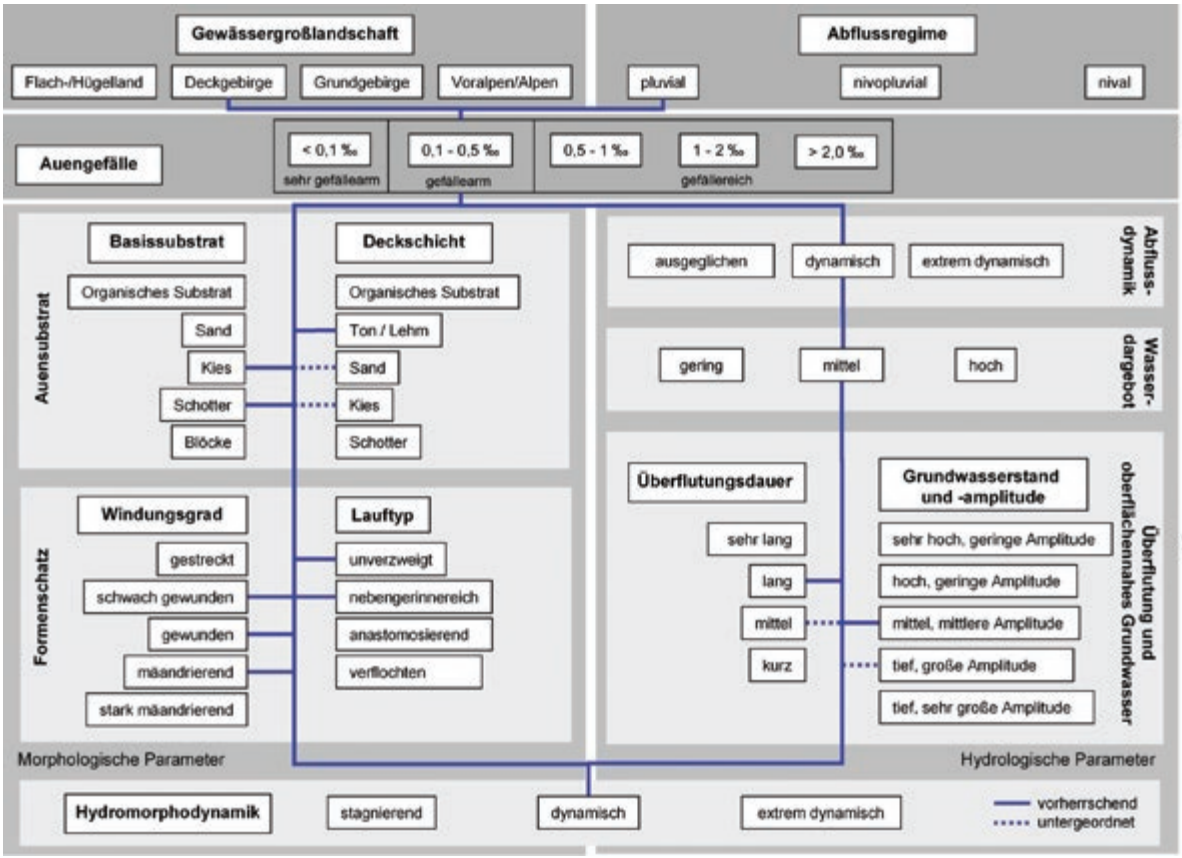


Abb. 57: Typdiagramm der gefällearmen kies-schottergeprägten Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern

Deck- und Basissubstrat

Die Talbodenfüllungen der gefällearmen Auen des Deckgebirges variieren stark und kleinräumig. Vorherrschend bilden kiesige Substrate die Auenbasis (Abb. 58). Liefern die kleineren Zuflüsse verstärkt sandiges Geschiebe, wie dies im Main-Einzugsgebiet der Fall ist, treten die Kiesanteile stark zurück.

Abb. 58: Kiesbänke im Innenufer bzw. als Mittenbänke und Anschneiden der Auenlehmauflagen im Prallhang eines kiesigen Auenabschnittes

Große, abflussstarke Flüsse wie die Weser sind zudem in der Lage, den steinig–schottrigen Hangschutt zu verlagern und in das Basissubstrat zu integrieren, so dass auch schotterdominierte Ausprägungen entstehen können.

Alle Auen im Deckgebirge werden von Feinsedimentauflagen auf den Basissubstraten geprägt, den Auenlehmen (Abb. 58). Die auf Grund der Nutzungsgeschichte des Deckgebirges häufig mächtigen Auenlehme überdecken auch das in den Basissubstraten angelegte ausgeprägte fluviale Feinrelief und führen so zu einer Vereinheitlichung der standörtlichen Bedingungen (Abb. 63, 64).

Formenschatz

Bei allen Abschnittstypen sind Hauptläufe ausgebildet, die mit zunehmendem Schotteranteil im Basissubstrat eine deutliche Tendenz zur Ausbildung von Nebengerinnen aufweisen (Abb. 59).

Abb. 59: Nebengerinne in der Aue mit hohen (links) und niedrigen (rechts) Fließgeschwindigkeiten

Die Formen der sandig-kiesigen Abschnitte werden jedoch vornehmlich von mäandrierenden Einbettgerinnen gebildet, deren Verlagerung zur Entwicklung von zahlreichen Altwässern führt (Abb. 60). Das Feinrelief wird von Flutrinnen und -mulden geprägt, die zumeist dem Auengefälle folgen. Vollformen wie Dünen und Rehnen sind auf die stärker sandgeprägten Abschnitte beschränkt. Die sand- und kiesgeprägten Abschnittstypen werden wie im Flach- und Hügelland in ihrem Formenschatz vornehmlich von verlagerungsbedingten Hohl- und Vollformen charakterisiert (Tab. 27).

Abb. 60: Permanent wasserführende Altwasser in der Aue

Überflutung und Grundwasser

Die deutliche Reliefierung der Auen mit Höhendifferenzen von zumeist 1,5–2 m (Abb. 61, 62) und das geringere Gefälle führen bei erhöhten Abflüssen frühzeitig zu lang anhaltenden Überflutungen der niedrigen Aue, die langsam durchströmt wird. Diese Auenbereiche werden in Abhängigkeit von Feinrelief und lokaler Höhenlage im Mittel zwischen 5–180 Tagen im Jahr überflutet (Abb. 62), wobei die langen Überflutungen auf tief gelegene Rinnensysteme beschränkt sind.

Die Überflutungen nehmen den Spätwinter und teilweise auch das Frühjahr ein, nur in den ausgeprägten sommerlichen Niedrigwasserphasen beschränkt sich der Abfluss auf das Hauptgerinne. Nebengerinnereiche Ausprägungen weisen eine etwas weitere Differenzierung der Fließgeschwindigkeiten bei Niedrig- bis Mittelwasser auf.

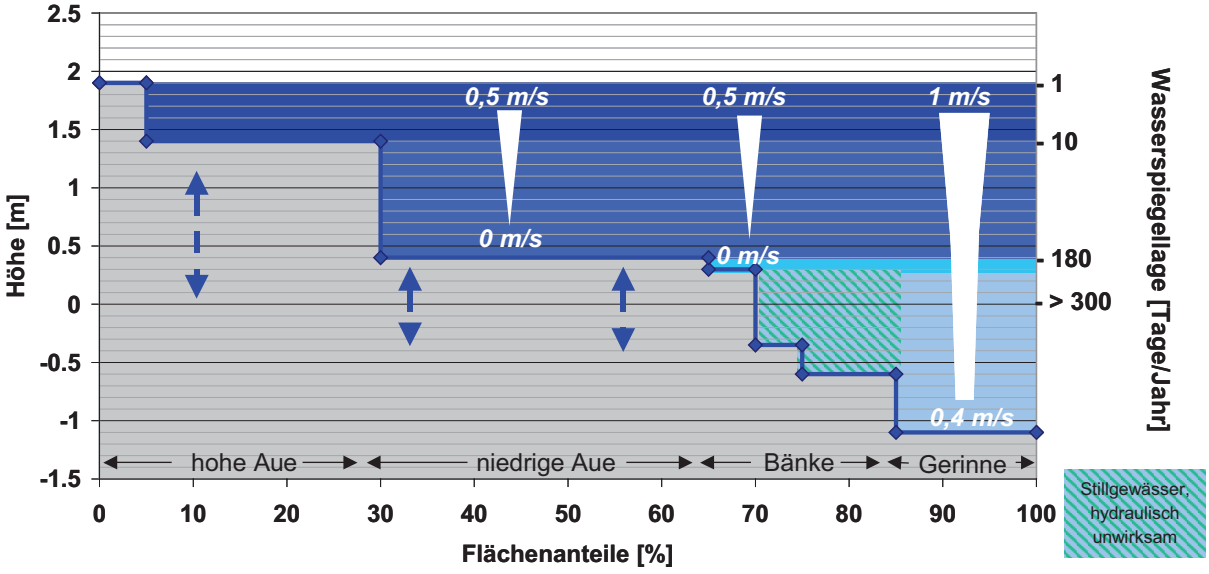


Abb. 61: Hydromorphogramm der gefällearmen sand-kiesgeprägten Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern

Die vertikale Gliederung der Auen durch Auenstufen mit eingelagerten Rinnensystemen und Schotterfluren bei den kies-schottergeprägten Abschnittstypen führt zu einer kleinräumigen Differenzierung der Grundwasserstände und -schwankungen.

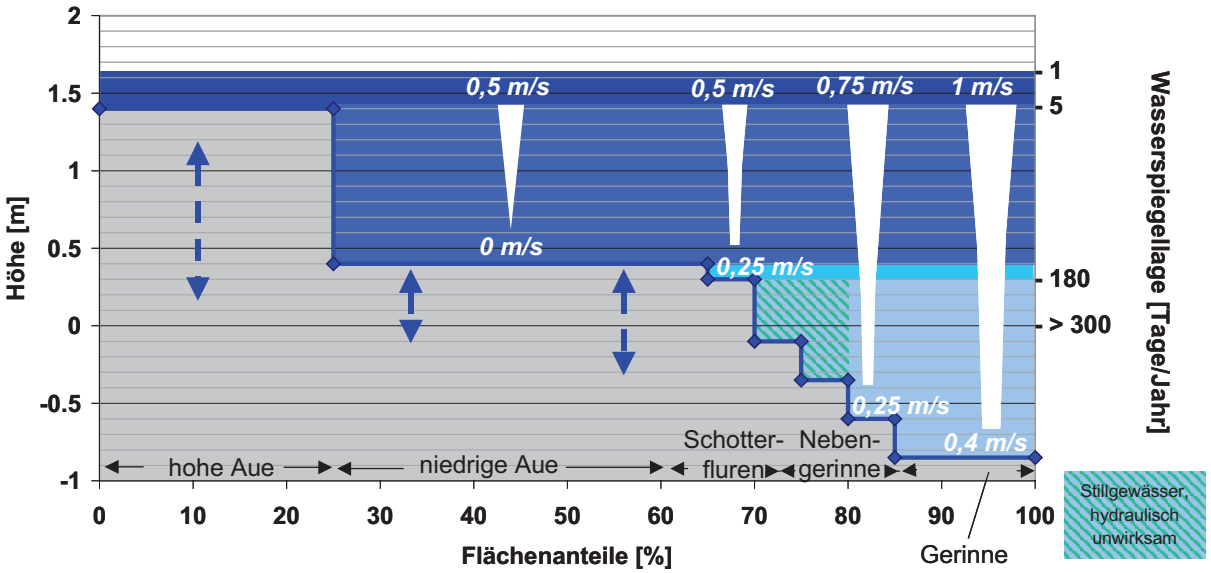


Abb. 62: Hydromorphogramm der gefällearmen kies-schottergeprägten Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern

In gewässernahen Bereichen liegen die Schwankungen bei grundsätzlich geringen Flurabständen mit weniger als einem Meter, im Bereich der hohen Auenstufen bis > 1 m. Randsenken können ganzjährig geringe Flurabstände bei sehr geringen Schwankungen aufweisen.

Hydromorphodynamik

Die gefällearmen sand-kiesgeprägten bis kies-schottergeprägten Flussauen des Deckgebirges mit Winterhochwassern gehören zu den dynamischen Auen, werden jedoch in ihrer lateralen Entwicklung durch die häufig vergleichsweise schmalen Talböden begrenzt. So konzentriert sich der Abfluss auf die zumeist im Talgefälle verlaufenden Rinnensysteme, die somit extreme Lebensräume darstellen. Die eingelagerten Stillgewässer werden häufig durchspült und stellen auf Grund der dann auftretenden Strömungen hohe Ansprüche an die Besiedlung. Die laterale Verlagerung der Gewässer führt nur selten zur Bildung von Altwässern durch Laufverlagerung. Eher sind verlassene Haupt- oder Nebenläufe die morphologische Grundlage für die Entwicklung von Stillgewässern.

Sondersituationen

Eine Sondersituation stellt der Unterlauf der Altmühl dar. Sie fließt in diesem gefällearmen Stück durch ein altes Donautal, was zu ungewöhnlich geringen Gefällewerten führt. Auch die Wörnitz weist im ausgewerteten Abschnitt außerordentlich geringe Talbodengefälleverhältnisse auf.

Vegetation (VAN DE WEYER 2005)

In der gefällearmen Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern dominieren auf den niedrigen Auenstufen Silberweidenwälder (Salicetum albae) (Nomenklatur nach POTT 1995) bzw. auf den höheren Auenstufen der Eichen-Ulmenwald (Querco-Ulmetum). Kleinflächig finden sich auf nassen, oft grundwasserbeeinflussten Standorten, wie Randsenken, auch Erlenbruchwälder (Alnion glutinosae) und Eschenwälder (Alnenion glutinosae). Lokal finden sich auf trockenen, offenen Sandflächen in der sand- und sand-kiesgeprägten Flussaue Sandtrockenrasen (Koelerio-Corynephoretea). In der gefällearmen kiesgeprägten und kies-schottergeprägten Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern sind dagegen die nassen Standorte in ehemaligen Hauptgerinnen ausgeprägt, in denen häufig Hochflutrinnen und Nebengerinne zu finden sind. Sie sind je nach Hydromorphodynamik durch Bruchwälder bzw. Hochstaudenfluren oder Weidengebüsche gekennzeichnet.

Direkt am Fließgewässer finden sich bei der sandgeprägten und sand-kiesgeprägten Aue vor allem in den Gleituferbereichen, in der kies-schottergeprägten Aue überwiegend als Mittenbänke und Seitenbänke vegetationsfreie Bereiche. Auf diesen entwickeln sich im Verlauf der Vegetationsperiode Zweizahn- und Zwergbinsenfluren (Bidentetea, Isoeto-Nanojuncetea) bzw. Flutrasen (Agropyro-Rumicion). Landseitig schließen sich Röhrichte und Rieder (Phragmition, Phalaridion, Glycerio-Sparganion, Magnocaricion) sowie Hochstaudenfluren (Senecionion fluvialis, Aegopodion podagrariae) an. Weidengebüsche (Salicion cinereae, Salicion albae) bevorzugen Standorte mit höherer Morphodynamik.

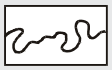
Die Vegetation der Fließgewässer der gefällearmen Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern ist bei höheren Fließgeschwindigkeiten durch Wasserhahnenfuß-Gesellschaften (*Ranunculus*-Typ) mit Großlaichkräutern bzw. die Haken-Wasserstern-Tausendblatt-Gesellschaft (Callitricho-Myriophylletum), bei geringeren Fließgeschwindigkeiten durch Schwimmblattgesellschaften in arten- und wuchsformenreichen Ausbildungen (*Sparganium emersum*-Gesellschaft) bzw. Großlaichkraut-Gesellschaften (Potametea) gekennzeichnet (LUA NRW 2003a).

Stillgewässer mit stärkerem Grundwassereinfluss, wie permanent wasserführende Randsenken, weisen Armleuchteralgen-Gesellschaften (Charetea) auf. Nährstoffreiche Stillgewässer, wie angebundene Altmäander in sand-kiesgeprägten Flussauen, beherbergen Laichkraut- (Potametea) und Wasserlinsen-Gesellschaften (Lemnetea).

Tab. 27: Charakterisierung der gefällearmen Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern

Flussauentyp **Parameter**	**Gefällearme Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern**	
Gewässergroß-landschaft	vorherrschend große Flüsse des Deckgebirges (Weser, Main), zudem kleine Flüsse am südlichen Rand des Süddeutschen Schichtstufenlandes	
Einzugsgebietsgröße	vorherrschend > 12.000 km^2, teilweise auch deutlich kleiner	
Abflussregime	pluvial	
Talformen	sehr breite Sohlentäler mit randlich gelegenen höheren, alten Auenstufen, die nicht bzw. nur bei seltenen Hochwassern geflutet werden, im Wechsel mit Engtalsituationen, in denen die gesamte Aue stetig fluvial überprägt wird	
Talbodenform/ -charakteristik	sehr breite Sohlentäler mit weitgehend ebener unterer Auenstufe bzw. abschnittsweise asymmetrische Täler mit geneigten Auenflächen, kleinräumig niederungsartig	Sohlentäler variierender Breite (Engtäler bis Beckensituationen)
Auengefälle	gefällearm 0,1–0,5 ‰ vorherrschend 0,3–0,4 ‰	gefällearm 0,1–0,5 ‰ vorherrschend 0,4–0,5 ‰
Auensubstrat		
Basissubstrat	Sand/Kies	Kies/Schotter
Deckschicht	Ton/Lehm, untergeordnet organische Substanz in verlandeten Altmäandern, Randsenken und lokal sehr flachen Auenbereichen	Ton/Lehm, untergeordnet organische Substanz in Randsenken und tiefer liegenden Rinnensystemen
Formenschatz der Aue		
Auengewässer	Altmäander, Randsenken	Hochflutrinnen, Nebengerinne (permanent und temporär bespannt) häufig in verlassenen Hauptlaufstrukturen
Hohlformen	mäandrierender Hauptlauf, abschnittsweise mit Nebengerinnen; Altwasser mit allen Verlandungsstadien, quellige Randsenken	überwiegend gewundener Hauptlauf mit Nebengerinnen und Hochflutrinnen, quellige Randsenken
Vollformen	Mäanderscrolls, in breiten Talsituationen alte höhere Auenstufen, bei hohem Sandanteil untergeordnet Dünen und Rehnen	in breiten Talsituationen alte höhere Auenstufen, Inseln
Kleinrelief	ausgeprägtes Kleinrelief mit Kolken, vegetationsarme Bänke	

Tab. 27 (Fortsetzung): Charakterisierung der gefällearmen Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern

Hydrologie		
Abflussdynamik	Verhältnis zwischen mittlerem Hoch- und Niedrigwasserabfluss (MHQ zu MNQ) MHQ/MNQ 10 bis 25 mittlere Dynamik	
Abflussspende	um 6 l/(s*km^2) Median-Spende	
Wasserdargebot	mittleres Wasserdargebot	
Überflutungs-charakteristik	lange bis mittlere Dauer der Überflutungen der Aue bei geringem Auengefälle, langsame Durchströmung der niedrigen Aue in Abhängigkeit des Feinreliefs, lange Überflutungen auf Rinnensysteme konzentriert nebengerinnereiche Ausprägungen mit größerer Differenzierung der Fließgeschwindigkeiten in der überfluteten Aue	
Ausuferungsdauer	mittlere jährliche Anzahl Tagesmittelwerte über MQ:	
	100 bis 120 Tage (3,5 bis 4 Monate)	120 Tage (4 Monate)
Ausuferungs-charakteristik	häufige winterliche Überflutungsphasen, relativ langsam abfließendes Hochwasser	
Grundwasserstand und -amplitude	auf höheren Auenstandorten relativ niedriger Grundwasserstand mit einer mittleren Amplitude; in tiefer gelegenen Senken, Mulden und Rinnen hoch anstehendes Grundwasser, in Randsenken zusätzlich Hangzugwasser	
Laufform		
Flussabschnittstyp	in Engtälern: in breiten Tälern: 	in Engtälern: abschnittsweise: in breiten Tälern: abschnittsweise:
Laufentwicklung Windungsgrad	schwach gewunden bis mäandrierend	gestreckt bis mäandrierend
Lauftyp	unverzweigtes Einbettgerinne	Mehrbettgerinne (Hauptgerinne mit variierender Zahl an Nebengerinnen), abschnittsweise Einbettgerinne
Hydromorphodynamik/ laterale Erosion/ Verlagerungsverhalten besondere Laufstrukturen	laterale und talabwärts gerichtete Verlagerung der Laufbögen, seltener Nebengerinne, häufige Totholzverklausungen, insbesondere in Gleituferbereichen vegetationsarme Standorte, lokale Inselbildungen	laterale Gerinneverlagerungen im Bereich breiter, schwach reliefierter unterer Auenstufen, abschnittsweise ausgeprägte Nebengerinnebildungen und Verzweigungen, in Flussnähe hoher Anteil an vegetationsarmen, wechselfeuchten Standorten

Tab. 27 (Fortsetzung): Charakterisierung der gefällearmen Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern

Vegetation			
vorherrschende Vegetationseinheiten der Gewässer	Fließgewässer:		
	+++	schnell fließend: Wasserhahnenfuß-Gesellschaften (*Ranunculus*-Typ) mit Großlaichkräutern bzw. Callitricho-Myriophylletum langsam fließend: *Sparganium emersum*-, Potametea-Gesellschaften	
	nährstoffarme Stillgewässer:		
	+++	Charetea-Gesellschaften	
	nährstoffreiche Stillgewässer:		
	+++	Potametea- und Lemnetea-Gesellschaften	
vorherrschende Vegetationseinheiten der Aue	+++	niedrige Auenstufen: Salicetum albae höhere Auenstufen: Querco-Ulmetum	
	++	Pionierstandorte (z.B. Bänke): Bidentetea, Isoeto-Nanojuncetea, Agropyro-Rumicion selten überflutet, geringer Grundwassereinfluss: Carpinion selten überflutet, starker Grundwassereinfluss: Alnenion glutinosae	
	+	Senecion fluviatilis, Aegopodion podagrariae	
(+++ bis + = vorherrschend bis untergeordnet)	+	trockene offene Sandflächen: Koelerio-Corynephoretea	

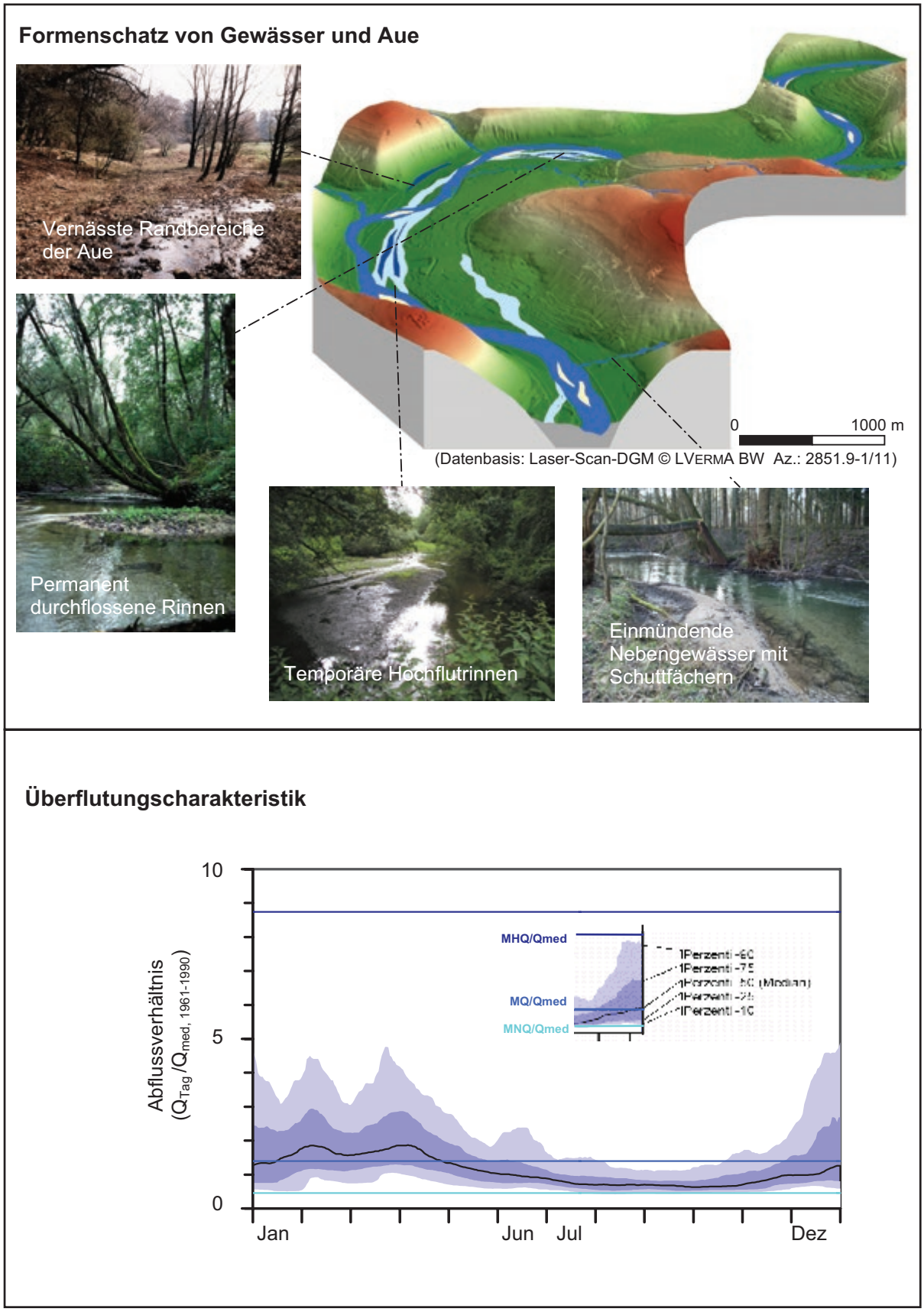


Abb. 63: Gefällearme sand-kiesgeprägte Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern

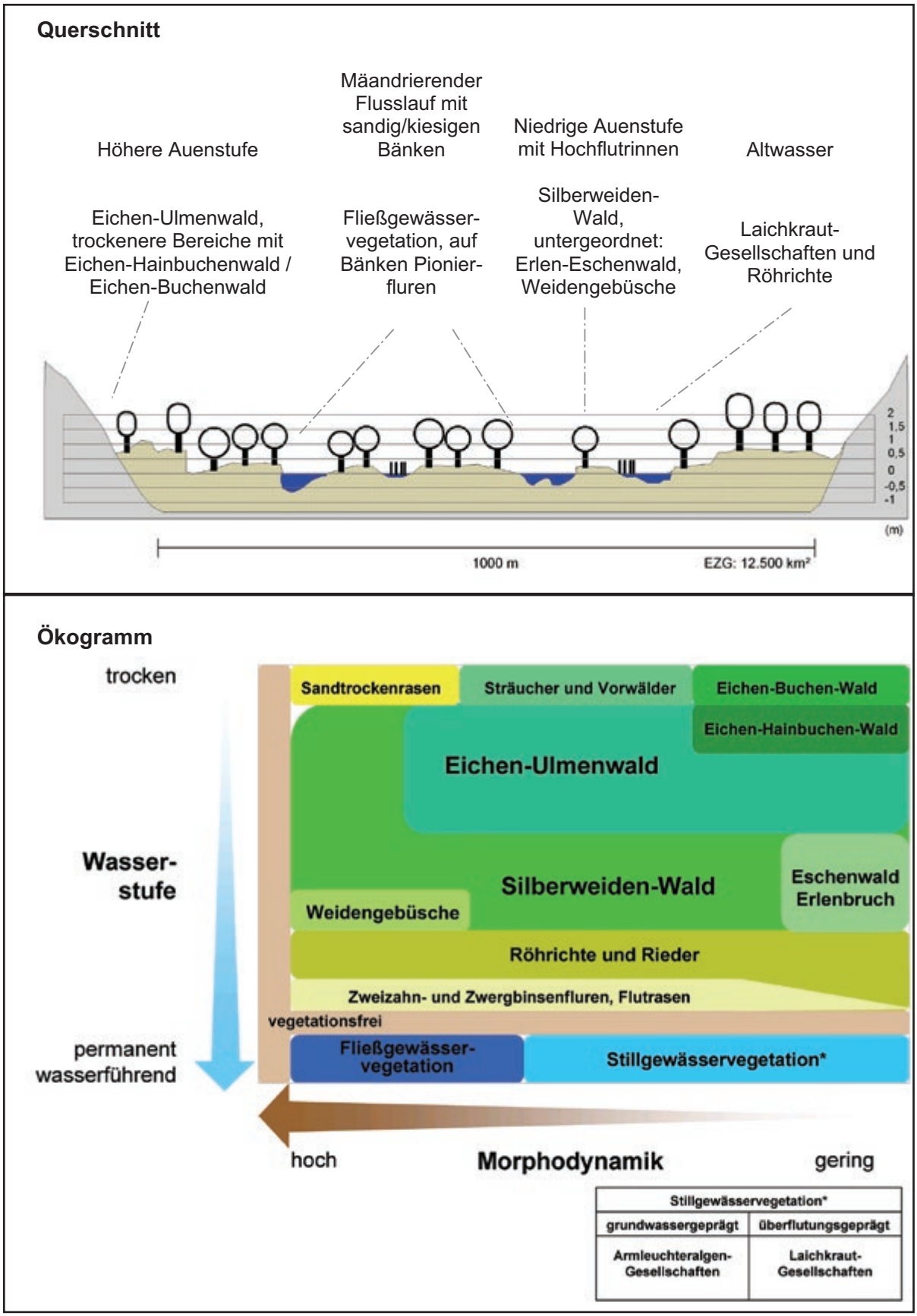


Abb. 63 (Fortsetzung): Gefällearme sand-kiesgeprägte Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern

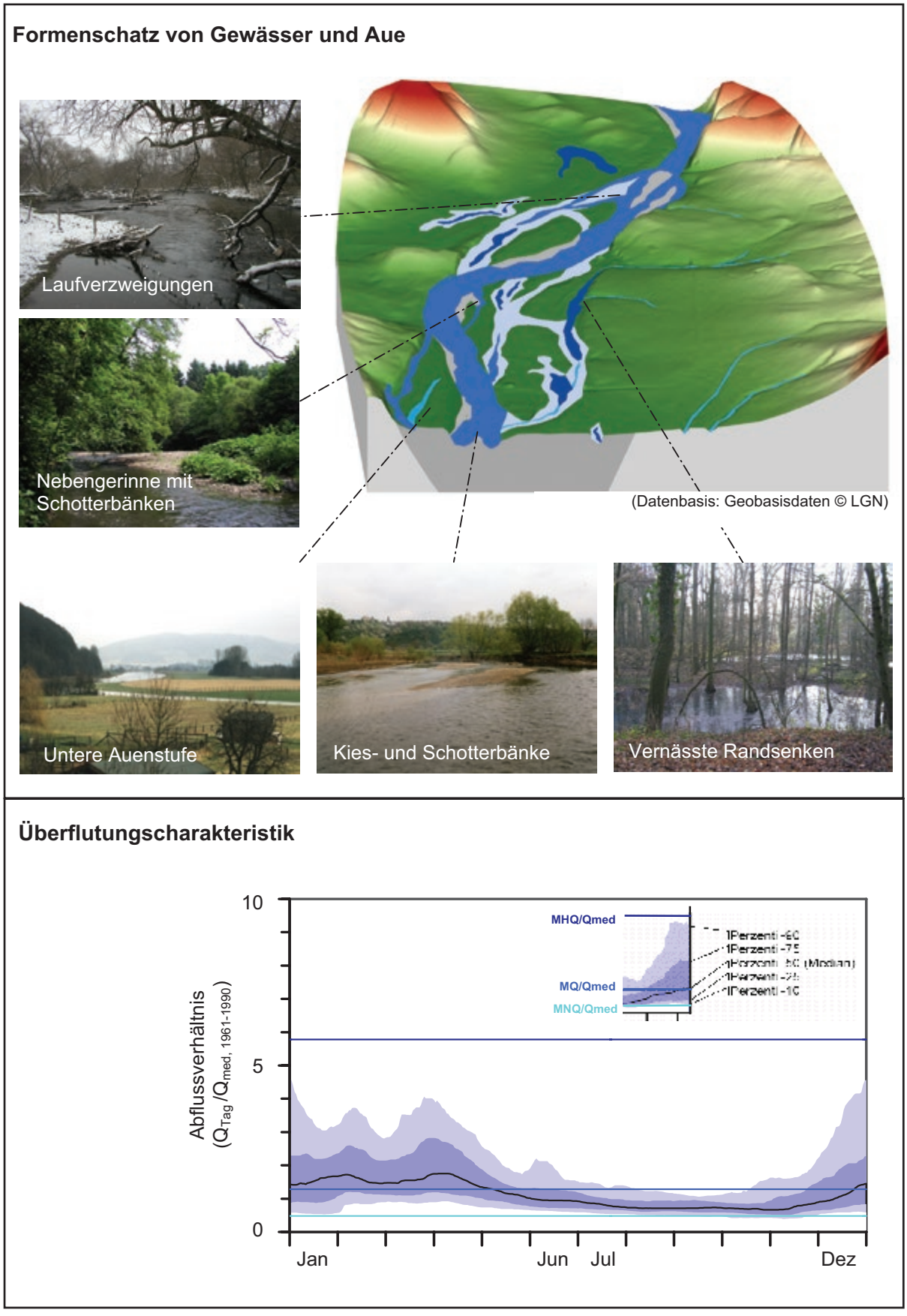


Abb. 64: Gefällearme kies-schottergeprägte Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern

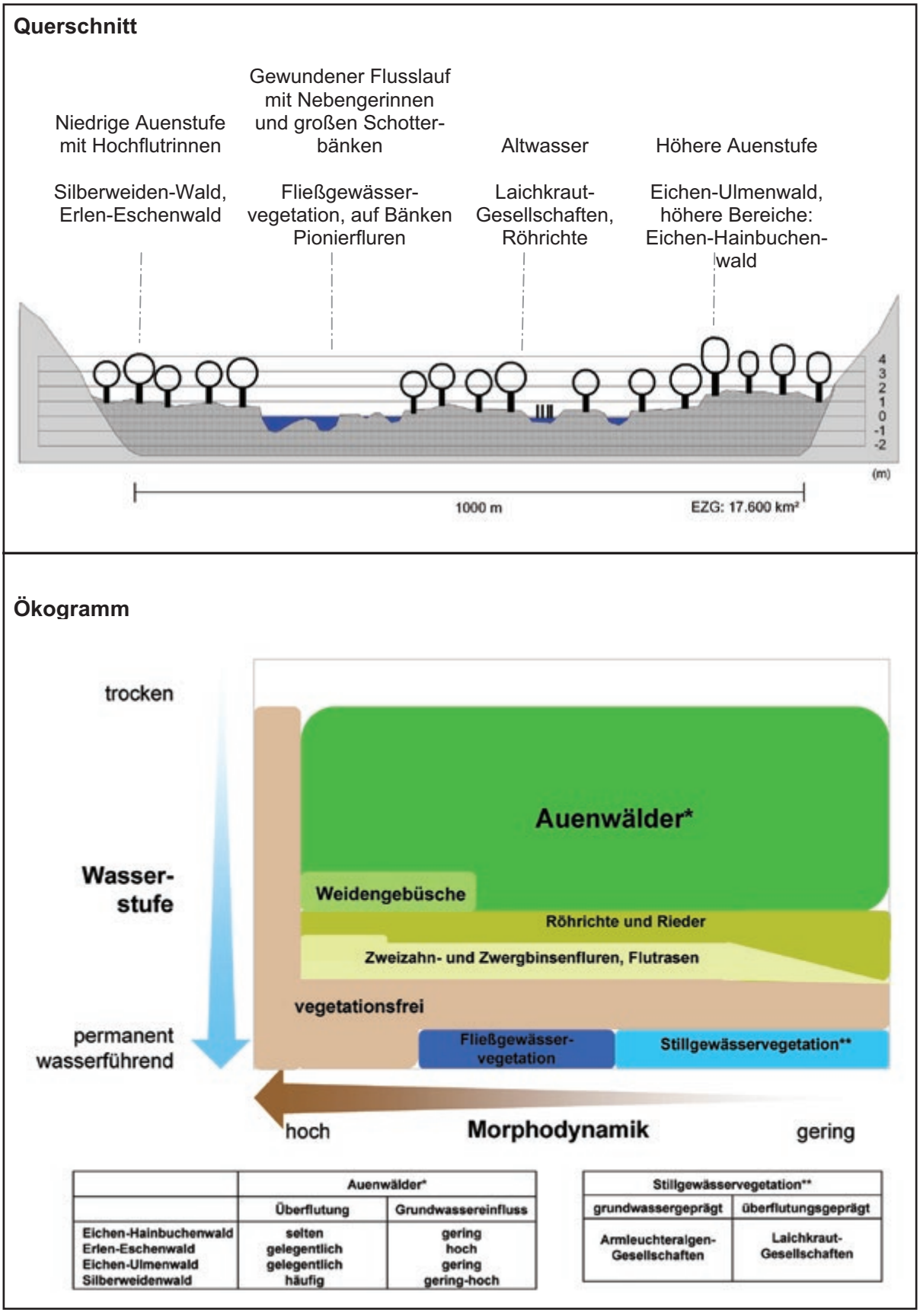


Abb. 64 (Fortsetzung): Gefällearme kies-schottergeprägte Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern

3.2.2.2 Gefällereiche Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern

Talbodenform und -gefälle

Die Talbodenformen der gefällereichen Flussauen des Deckgebirges werden durch den Wechsel von Talweitungen und Engtalabschnitten bestimmt, wobei letztere im Schichtstufenland und Bergland so deutlich wie im Grundgebirge ausgebildet sind. Daneben sind weite Sohlentäler mit Gefällewerten deutlich > 0,5 ‰ häufig, zumeist mit Werten zwischen 0,6 und 1,5 ‰, wobei kleinräumig sehr steile Auenabschnitte mit Gefällen > 2 ‰ auftreten können (Abb. 65). Die gefällereicheren Ausprägungen vermitteln bei Vorliegen kies-schottergeprägter Basissubstrate stark zu den Auen des Grundgebirges.

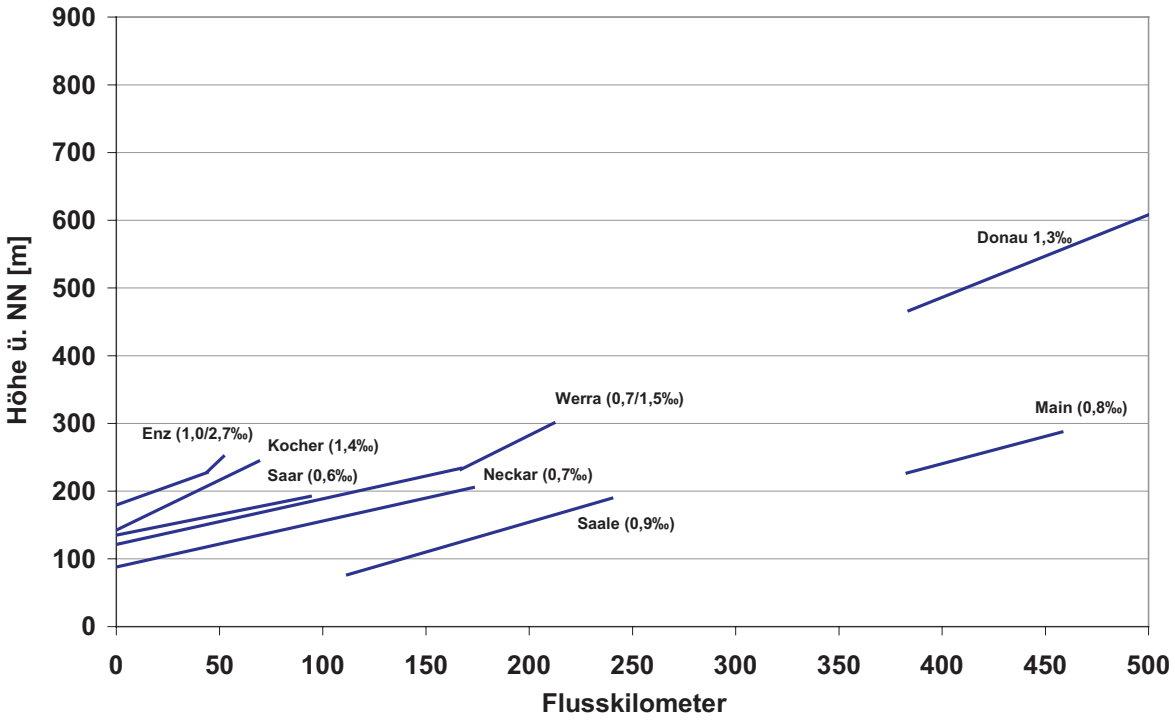


Abb. 65: Höhenlage und mittlere Auengefälle der gefällereichen Flussauen des Deckgebirges für die betrachteten Laufabschnitte

Die gefällereichen Flussauen des Deckgebirges weisen nur kleinräumig ältere, höhere Auenstufen auf. Große Teile des Talbodens werden von tiefer gelegenen Auenstufen eingenommen, die von ausgeprägten Hochflutrinnensystemen gegliedert werden können (ARBEITSGEMEINSCHAFT ZUR REINHALTUNG DER WESER 1996).

Abflussregime

Das Abflussverhalten ist ausgeprägt pluvial und weist mittelgebirgstypische Maxima im Dezember, Februar und frühen April auf. Auch in den Sommermonaten können kurzzeitige Überflutungen, insbesondere der unteren Auenstufen, auftreten. Der Sommer wird jedoch grundsätzlich durch ausgedehnte Niedrigwasserphasen bestimmt.

Charakteristische Niederschlagswerte (BMU 2003):

- Jahr: 500 – 1400 mm
- Sommer: 250 – 700 mm
- Winter: 250 – 700 mm

Substratdeterminierte Abschnittstypen

Die gefällereichen Auen des Deckgebirges können in drei substratdeterminierte Abschnittstypen unterschieden werden (Tab. 28), wobei in den Deckgebirgsregionen ein kleinräumiger Wechsel der Basissubstrate eher die Regel als die Ausnahme ist:

- Gefällereiche sandgeprägte und sand-kiesgeprägte Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern (Abb. 66, 75)
- Gefällereiche kiesgeprägte Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern (Abb. 67, 76)
- Gefällereiche kies-schottergeprägte Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern (Abb. 68, 78)

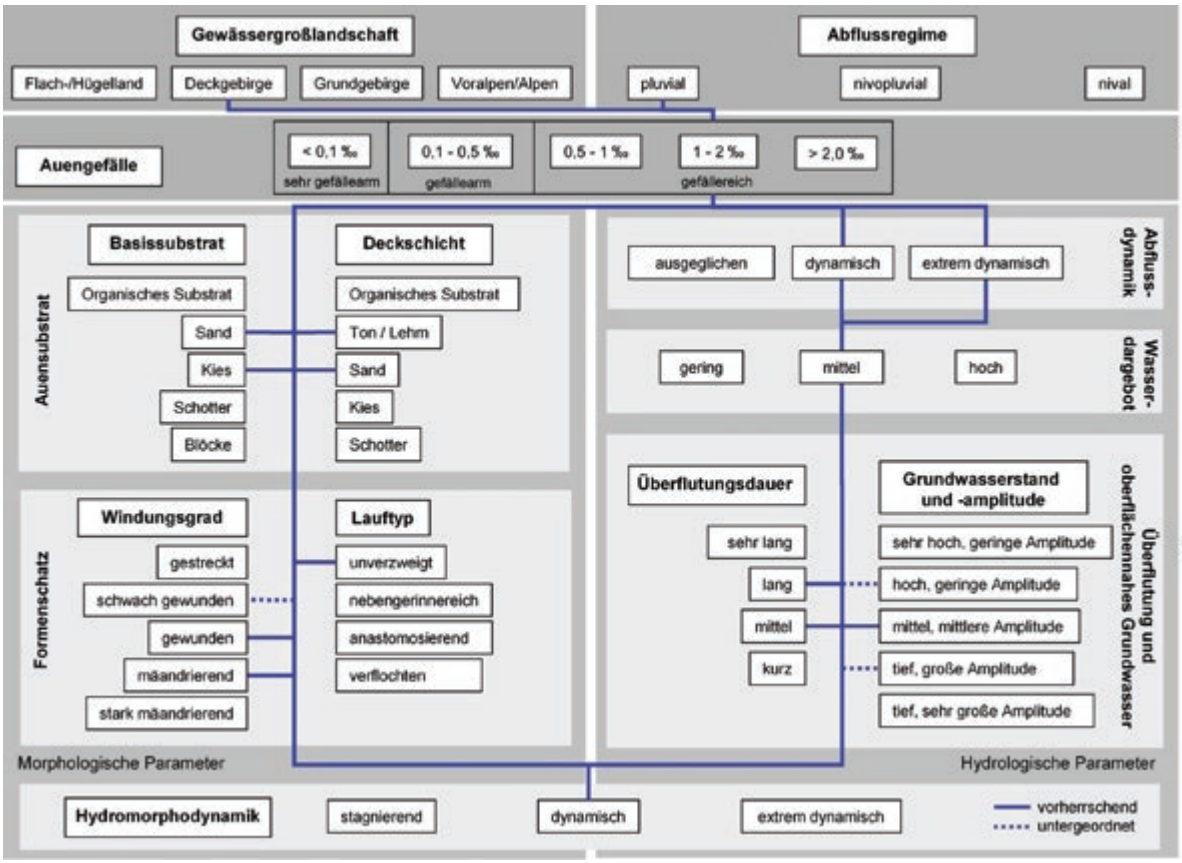


Abb. 66: Typdiagramm der gefällereichen sand- und sand-kiesgeprägten Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern

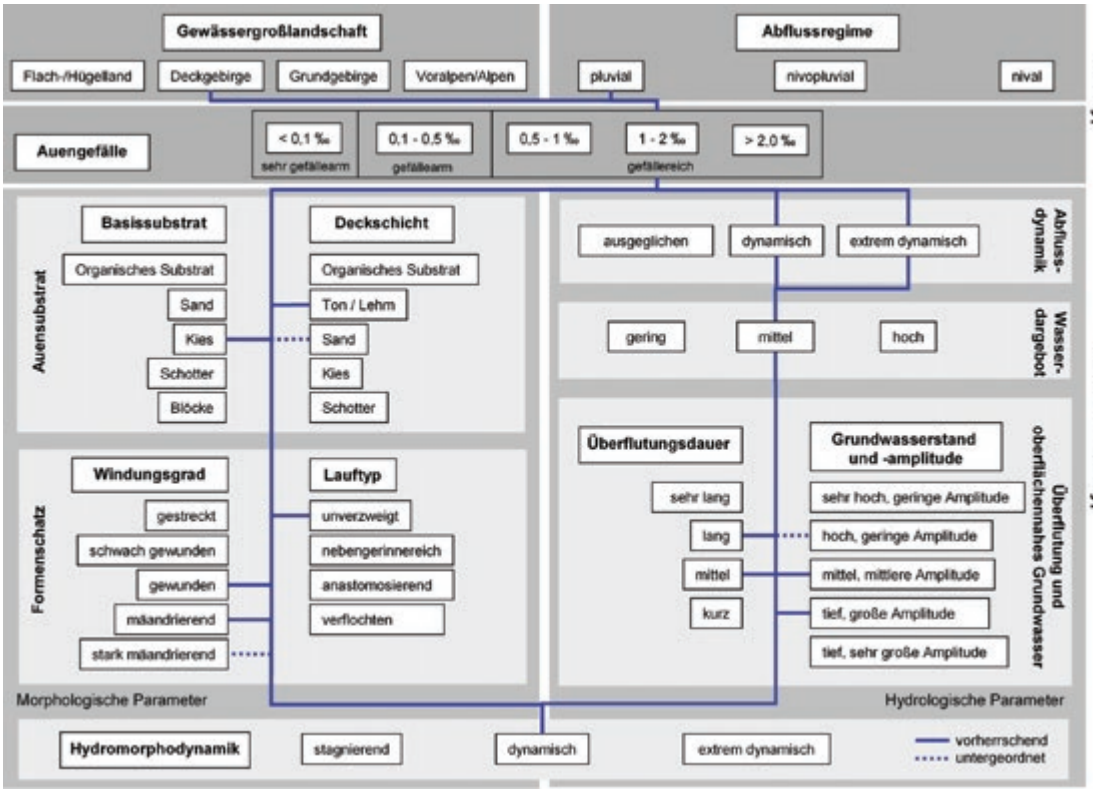


Abb. 67: Typdiagramm der gefällereichen kiesgeprägten Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern

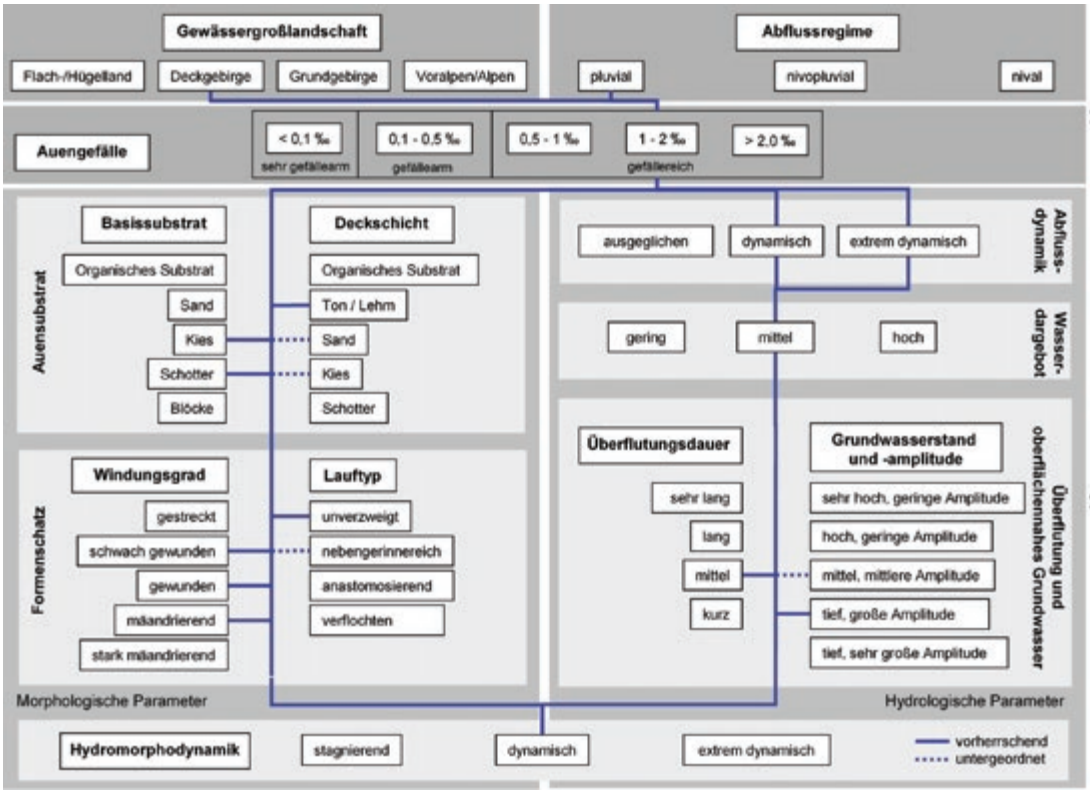


Abb. 68: Typdiagramm der gefällereichen kies-schottergeprägten Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern

Deck- und Basissubstrat

Die Talbodenfüllungen sind in ihrer Basis kaltzeitlichen Ursprungs und im Bereich der Aue im Holozän umgelagert worden. Sandige und vor allem kiesige Basissubstrate herrschen neben den kies-schottergeprägten Abschnitten vor, die vor allem den besonders gefällereichen Abschnitten zugeordnet werden können (Abb. 69). Die Deckschichten bestehen zumeist aus Auenlehmen. Randlich gelegene Vermoorungen treten dagegen selten auf.

Abb. 69: Umgelagerte kiesige Basissubstrate und Kiesbänke

Gerinne und Formenschatz

Die gefällereichen Auen des Deckgebirges weisen sowohl schmale als auch breite Talböden, die in mehrere Auenstufen gegliedert sein können, auf.

Die Auen sind im Bereich der breiten Talböden auf Grund der ausgeprägten lateralen Verlagerung der gewundenen bis mäandrierenden Gewässer reich an linearen Hohlformen, die aus Altläufen und durchgebrochenen Mäandern resultieren (Abb. 70).

Abb. 70: Interpretation der historischen Verläufe von Fulda und Neckar

Kartengrundlage: li: Kurfürstenthum Hessen 1:25.000, 1858, Bl. 66, Hersfeld (Bezug über HLVA); re: Karte vom Königreiche Württemberg 1:50.000, 1836, Bl. 25, © LV-BW 2005

Der Formenschatz dieser Abschnitte wird von einem kleinräumigen Nebeneinander von Altwässern und eingelagerten temporären Stillgewässern geprägt. Flutrinnen finden sich sowohl an den Mäanderinnenbögen, als auch in Richtung des Talbodengefälles verlaufend. In einzelnen Laufabschnitten mit hoher Dynamik können überlagernde Altmäandergürtel oder auch größere Rinnensysteme auftreten, wobei letztere auf das Ausbrechen des Gerinnes auf dem stärker geneigten Talboden bei Hochwasser zurückzuführen sind.

In schmalen Sohlentälern fehlen die vorangehend beschriebenen Formen weitgehend und ausgedehnte Bankstrukturen dominieren das nähere Gewässerumfeld. Einzelne langgestreckte gewässernahe Rinnensysteme bestimmen das Feinrelief der Aue. Zudem sind geneigte Talböden in den Innenflanken der Mäander charakteristisch, die nur teilweise zum potenziell natürlichen Überflutungsraum gehören (Abb. 71).

Abb. 71: Gebundene Mäander mit schmaler Aue und stark geneigten Innenufern

Gewässerverläufe mit Nebengerinnen bestimmen die gefällereicheren und eher kies-schottergeprägten Auenabschnitte im Deckgebirge. Altwasser treten in diesem Bereich anzahlmäßig stark zurück und gestreckte Rinnensysteme bestimmen den Formenschatz. Dort sind permanente Stillgewässer eher selten, es herrschen kleine temporäre Stillgewässer vor.

Überflutung und Grundwasser

Die häufigen und schnell abfließenden winterlichen Hochwasser prägen maßgeblich die fluvial geprägten niedrigen Auenstufen, die frühzeitig über die Rinnen- und Altwassersysteme bespannt werden.

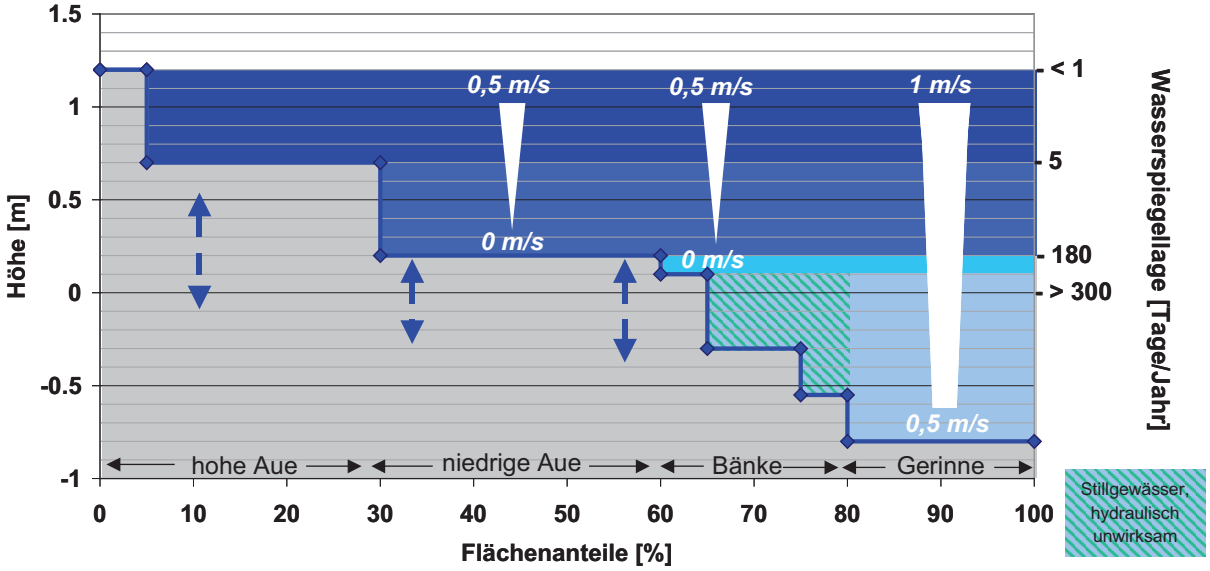


Abb. 72: Hydromorphogramm der gefällereichen sandgeprägten und sand-kiesgeprägten Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern

Die Sommer- und Herbstmonate werden wie bei den gefällearmen Ausprägungen von geringeren Abflussmengen geprägt, die vorherrschend in den Niedrigwasserbetten des mäandrierenden Hauptlaufes bzw. den geteilten Niedrigwasserbetten der nebengerinnereichen Gewässer abfließen. Bei ausgeprägten Niedrigwassersituationen können die Nebengerinne auch trocken fallen.

Die Auenstufen mit eingelagerten Rinnensystemen bedingen eine sehr kleinräumige Variation der Überflutungsdauern und -höhen. Die tieferen Rinnenlagen weisen Überflutungsdauern von 180 Tagen im Jahr auf. Die höheren Auenstufen werden kurzzeitig, d. h. weniger als 5 Tage im Jahr überflutet (Abb. 72).

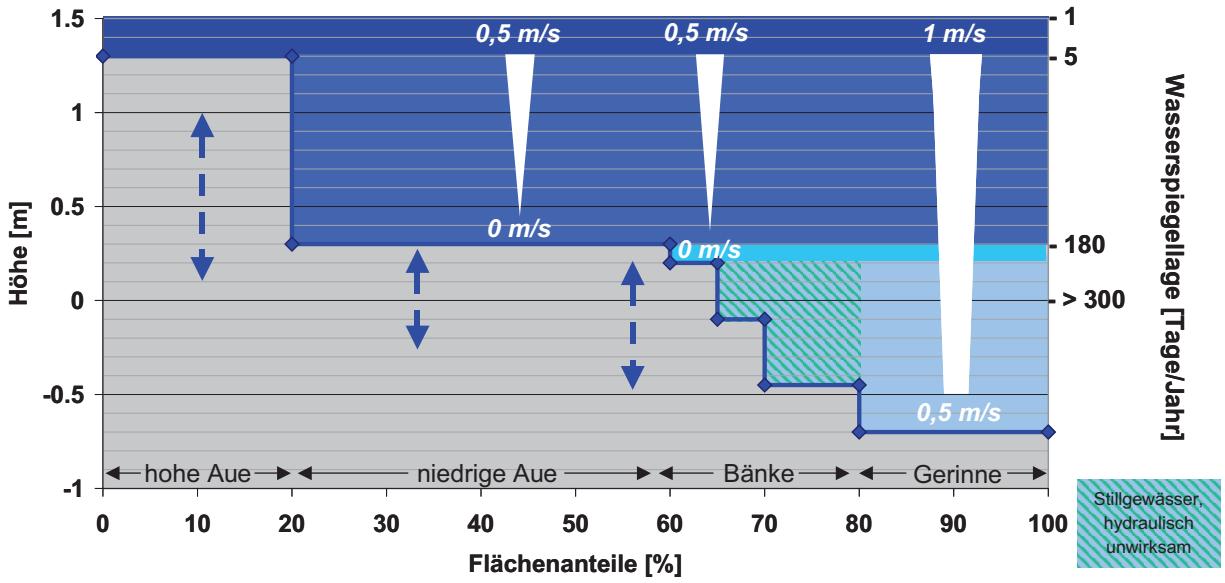


Abb. 73: Hydromorphogramm der gefällereichen kiesgeprägten Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern

Die im Talbodengefälle verlaufenden Nebengerinne und Rinnensysteme werden bei Hochwasser sehr rasch durchströmt. Die Stillgewässerkomplexe sowie die höheren Talstufen weisen dagegen ruhigere Abflussverhältnisse auf, die kaum eigene morphodynamische Prozesse auslösen.

Die Grundwasserverhältnisse variieren in Abhängigkeit des Feinreliefs und der Substrate kleinräumig. Die niedrigen Auenstufen mit ihren Rinnen- und Altwassersystemen weisen geringe Grundwasserflurabstände mit geringen Schwankungen auf. Im Bereich der höheren Auenstufen nehmen sowohl die Flurabstände als auch die Amplituden der Grundwasserschwankungen stark zu und können über 1,5 Meter betragen (Abb. 74).

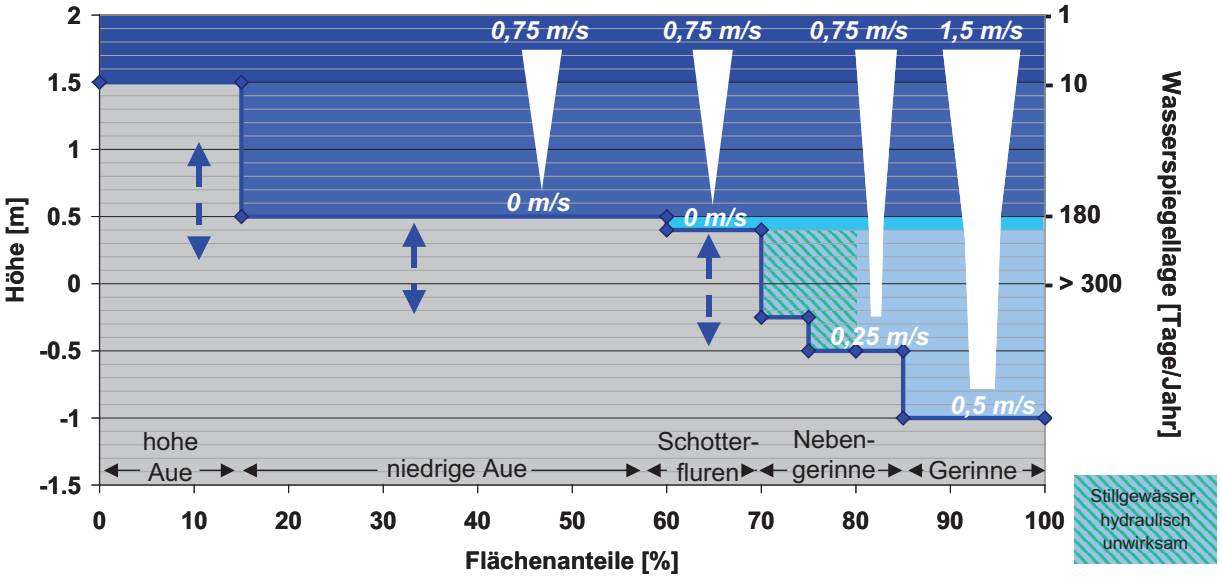


Abb. 74: Hydromorphogramm der gefällereichen kies-schottergeprägten Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern

Hydromorphodynamik

Die gefällereichen Flussauen des Deckgebirges mit Winterhochwassern gehören zu den dynamischen Auen. Die hohen Gefällewerte in Kombination mit einer teilweise sehr hohen Abflussdynamik führen zu sehr formenreichen Auen. Je nach Ausprägung des Lauftyps können die laterale Verlagerung der Mäanderaußenbögen oder das Ausbrechen und Verlegen des Hauptbettes in bestehende Nebengerinne überwiegen.

Die hohen Fließgeschwindigkeiten in Verbindung mit nur sehr kleinräumig stagnierenden Abflussverhältnissen unterstreichen den dynamischen Charakter der gefällereichen Auen des Deckgebirges.

Vegetation (VAN DE WEYER 2005)

In der gefällereichen Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern dominieren in Abhängigkeit von der Überflutung und dem Grundwassereinfluss verschiedenen Auenwald-Gesellschaften. Auf hohen Standorten, die selten überflutet werden und einen geringen Grundwassereinfluss aufweisen, stockt der Eichen-Hainbuchenwald (Carpinion) (Nomenklatur nach POTT 1995). Auf höheren Auenstufen bevorzugen Erlen-Eschenwälder (Alnenion glutinosae) gelegentliche Überflutung und hohen Grundwassereinfluss, während sich der Eichen-Ulmenwald (Querco-Ulmetum) auf Standorten mit gelegentlicher Überflutung und geringem Grundwassereinfluss finden lässt. Auf Standorten, die häufig überflutet werden und einen geringen bis hohen Grundwassereinfluss aufweisen (niedrige Aue), stockt der Silberweidenwald (Salicetum albae).

Auf nassen Standorten mit geringer Morphodynamik, wie z. B. an verlandenden Altwassern, folgen Röhrichte und Rieder (Phragmition, Phalaridion, Glycerio-Sparganion, Magnocaricion) sowie Hochstaudenfluren (Senecionion fluvialis, Aegopodion podagrariae). Weidengebüsche (Salicion cinereae, Salicion albae) bevorzugen Standorte mit höherer Morphodynamik und finden sich z. B. in der Nähe von Nebengerinnen der kies-schottergeprägten Auen.

In der Wechselwasserzone bilden sich typischerweise größere vegetationsfreie Bereiche aus, die nur bei Niedrigwasser trocken fallen, z. B. in Form von Gleituferbänken der sand-kiesgeprägten Fließgewässer oder als kiesig-schottrige großflächige Fluren in den Innenufern und als Mittenbänke der kies-schottergeprägten Fließgewässer. Feuchte bis nasse Pionierfluren (Zweizahn- und Zwergbinsenfluren Bidentetea, Isoeto-Nanojuncetea) bzw. Flutrasen (Agropyro-Rumicion) schließen sich landseitig an.

Die Vegetation der Fließgewässer der gefällereichen Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern ist bei höheren Fließgeschwindigkeiten durch Wasserhahnenfuß-Gesellschaften (*Ranunculus*-Typ) mit Großlaichkräutern bzw. die Haken-Wasserstern-Tausendblatt-Gesellschaft (Callitricho-Myriophylletum), bei geringeren Fließgeschwindigkeiten durch Schwimmblattgesellschaften in arten- und wuchsformenreichen Ausbildungen (*Sparganium emersum*-Gesellschaft) bzw. Großlaichkraut-Gesellschaften (Potametea) gekennzeichnet (LUA NRW 2003a). Stillgewässer mit stärkerem Grundwassereinfluss weisen Armleuchteralgen-Gesellschaften (Charetea) auf. Nährstoffreiche Stillgewässer beherbergen Laichkraut- (Potametea) und Wasserlinsen-Gesellschaften (Lemnetea).

Tab. 28: Charakterisierung der gefällereichen Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern

Flussauentyp **Parameter**	**Gefällereiche Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern**		
Gewässergroß-landschaft	Deckgebirge, die überwiegende Zahl der Flüsse des süddeutschen Schichtstufenlandes und mittelgroße Flüsse des nördlichen Deckgebirges		
Einzugsgebietsgröße	1.000–13.000 km^2		
Abflussregime	pluvial		
Talformen	Wechsel zwischen sehr breiten Sohlentälern und Engtälern, in breiten Talsituationen auch alte Auenstufen erhalten		
Talbodenform/ -charakteristik	sehr breite Sohlentalabschnitte mit weitgehend ebener, untergeordnet terrassierter Aue		neben Engtalabschnitten oftmals auch sehr breite, ebene Sohlentalabschnitte ohne ältere Auenstufen
Auengefälle	gefällereich > 0,5 ‰ überwiegend zwischen 0,6–1,2 ‰	gefällereich > 0,5 ‰ überwiegend zwischen 0,7–0,9 ‰	gefällereich > 0,5 ‰ überwiegend zwischen 0,7–1,5 ‰
Auensubstrat			
Basissubstrat	Sand/Sand-Kies	Kies	Kies-Schotter
Deckschicht	Lehm	Lehm	Lehm
Formenschatz der Aue			
Auengewässer	zahlreiche durchbruchsbedingte Altwässer in Form von Mäandergürteln, stark vernässte quellige Randsenken in Talrandlage, vereinzelte Nebengerinne		Rinnensysteme unterschiedlicher Höhen, häufig in verlassenen Laufstrukturen, quellige Randsenken
Hohlformen	Altwässer unterschiedlichster Verlandungsstadien, vereinzelte Nebengerinne, temporär bespannte Mulden und Senken, randlich vermoorte Randsenken		Nebengerinne auch bei Niedrigwasser bespannt, ausgeprägte Hochflutrinnensysteme oftmals in alten Hauptgerinnebetten, vermoorte Randsenken
	gewundene bis mäandrierende Rinnensysteme in Altstrukturen		
Vollformen	gewässernahe vegetationsarme Sand-/ Kiesbänke, vor allem in den Gleithängen, seltener Mittenbänke und vegetationsbestandene Inselbildungen		großflächig gewässernahe vegetationsarme Schotterbänke und auch Mittenbänke im Hauptlauf; abschnittsweise randlich höhere ältereTerrassenstufen
	gewässernah: Rehnenbildung, vereinzelt Dünenbildung		
Kleinrelief	ausgeprägtes Kleinrelief im Bereich der sich verlagernden Mäanderbögen		Inseln, Kolkbildungen, Rinnenstrukturen

Tab. 28 (Fortsetzung): Charakterisierung der gefällereichen Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern

Hydrologie			
Abflussdynamik	Verhältnis zwischen mittlerem Hoch- und Niedrigwasserabfluss (MHQ zu MNQ)		
	MHQ/MNQ 10 bis >> 25 mittel bis extrem dynamisch		*breites Spektrum* MHQ/MNQ 10–100 untergeordnet bis 200 mittel bis extrem dynamisch
Abflussspende	5 bis 8 l/(s*km^2) Median-Spende		6 bis 10 l/(s*km^2) Median-Spende
Wasserdargebot	mittel		mittel
Überflutungs-charakteristik	häufigere kurzzeitige Überflutungen der Aue, schneller Hochwasserwellenverlauf		häufigere kurzzeitige Überflutungen der Aue, extrem schneller Hochwasserwellen-verlauf
Ausuferungsdauer	mittlere jährliche Anzahl Tagesmittelwerte über MQ:		
	100 Tage (3,5 Monate)	100 bis 120 Tage (3,5 bis 4 Monate)	100 Tage (3,5 Monate)
Ausuferungs-charakteristik	frühe Ausuferung in die Aue	häufige, relativ kurze winterliche Überflutungsphasen mit schnell abfließendem Hochwasser	
Grundwasserstand und -amplitude	auf höheren Auenstandorten relativ niedriger Grundwasserstand mit einer hohen Amplitude; in tiefer gelegenen Senken, Mulden und Rinnen hoch anstehendes Grundwasser, in Randsenken zusätzlich Hangzugwasser		
Laufform			
Flussabschnittstyp	in Abhängigkeit der Talbodenbreite bis		in Abhängigkeit der Talbodenbreite bis
Laufentwicklung Windungsgrad	gewunden bis mäandrierend		gestreckt bis mäandrierend
Lauftyp	unverzweigte Einbettgerinne		nebengerinnereiche Mehrbettgerinne
Hydromorphodynamik/ laterale Erosion/ Verlagerungsverhalten besondere Laufstrukturen	laterale und talabwärtsgerichtete Verlagerung der Laufbögen, häufige Bildungen von Durchbrüchen, in engeren Talsituationen pendelnder Lauf zwischen den Talhängen		schnelle und weitreichende laterale Gerinneverlagerungen im Bereich der breiten, schwach reliefierten unteren Talstufe, ausgeprägte Nebengerinne und ausgedehnte Verzweigungen

Tab. 28 (Fortsetzung): Charakterisierung der gefällereichen Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern

Vegetation		
vorherrschende Vegetationseinheiten der Gewässer	Fließgewässer:	
	+++	schnell fließend: Wasserhahnenfuß-Gesellschaften (*Ranunculus*-Typ) mit Großlaichkräutern bzw. Callitricho-Myriophylletum langsam fließend: *Sparganium emersum*-, Potametea-Gesellschaften
	nährstoffarme Stillgewässer:	
	+++	Charetea-Gesellschaften
	nährstoffreiche Stillgewässer:	
	+++	Potametea- und Lemnetea-Gesellschaften
vorherrschende Vegetationseinheiten der Aue	+++	häufig überflutete, niedrige Auenstufen: Salicetum albae gelegentlich überflutete, höhere Auenstufen: Querco-Ulmetum seltener überflutet, geringer Grundwassereinfluss: Carpinion seltener überflutet, starker Grundwassereinfluss: Alnenion
	++	Pionierstandorte: Bidentetea, Isoeto-Nanojuncetea, Agropyro-Rumicion
(+++ bis + = vorherrschend bis untergeordnet)	+	Senecion fluviatilis, Aegopodion podagrariae

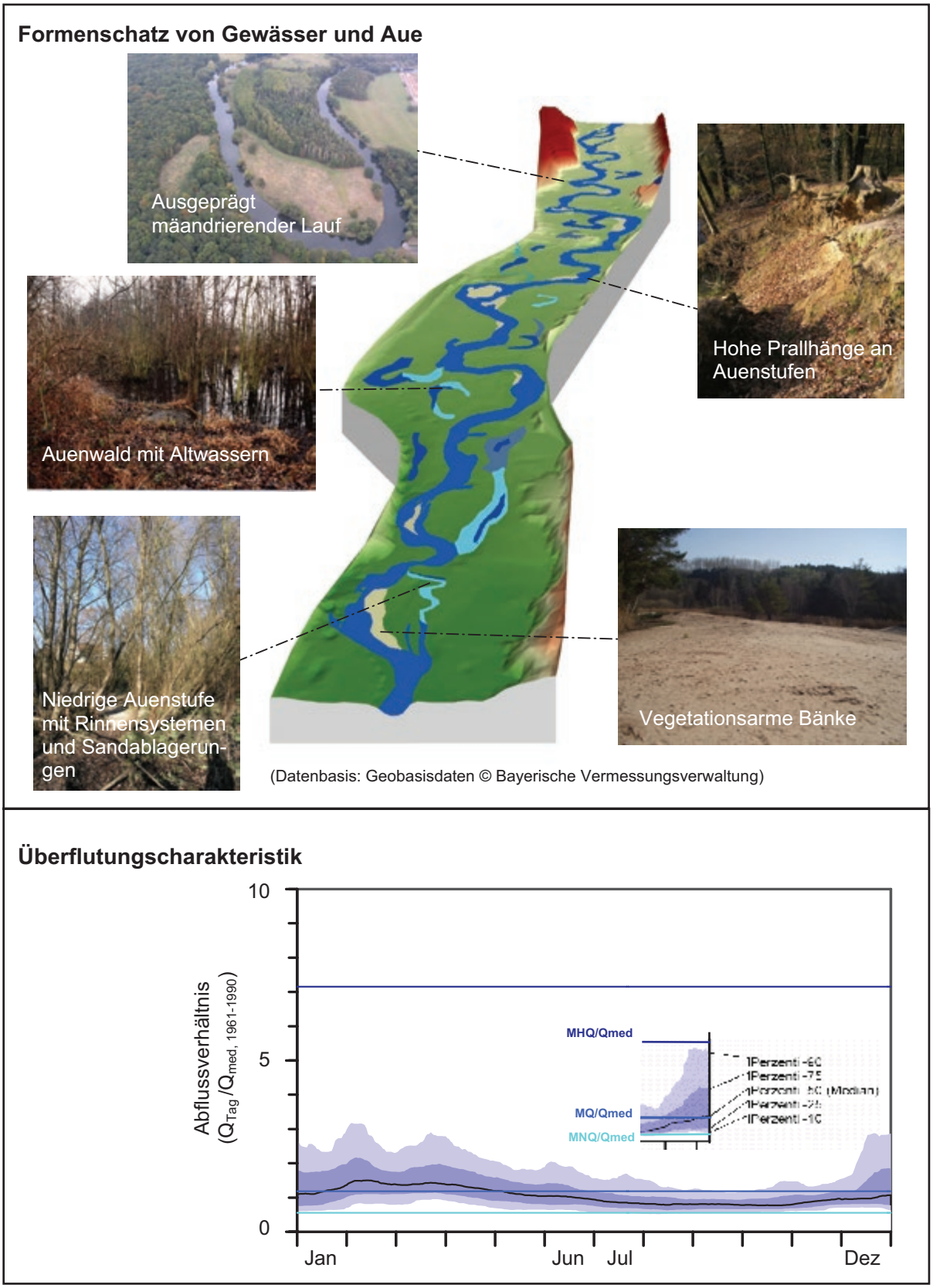
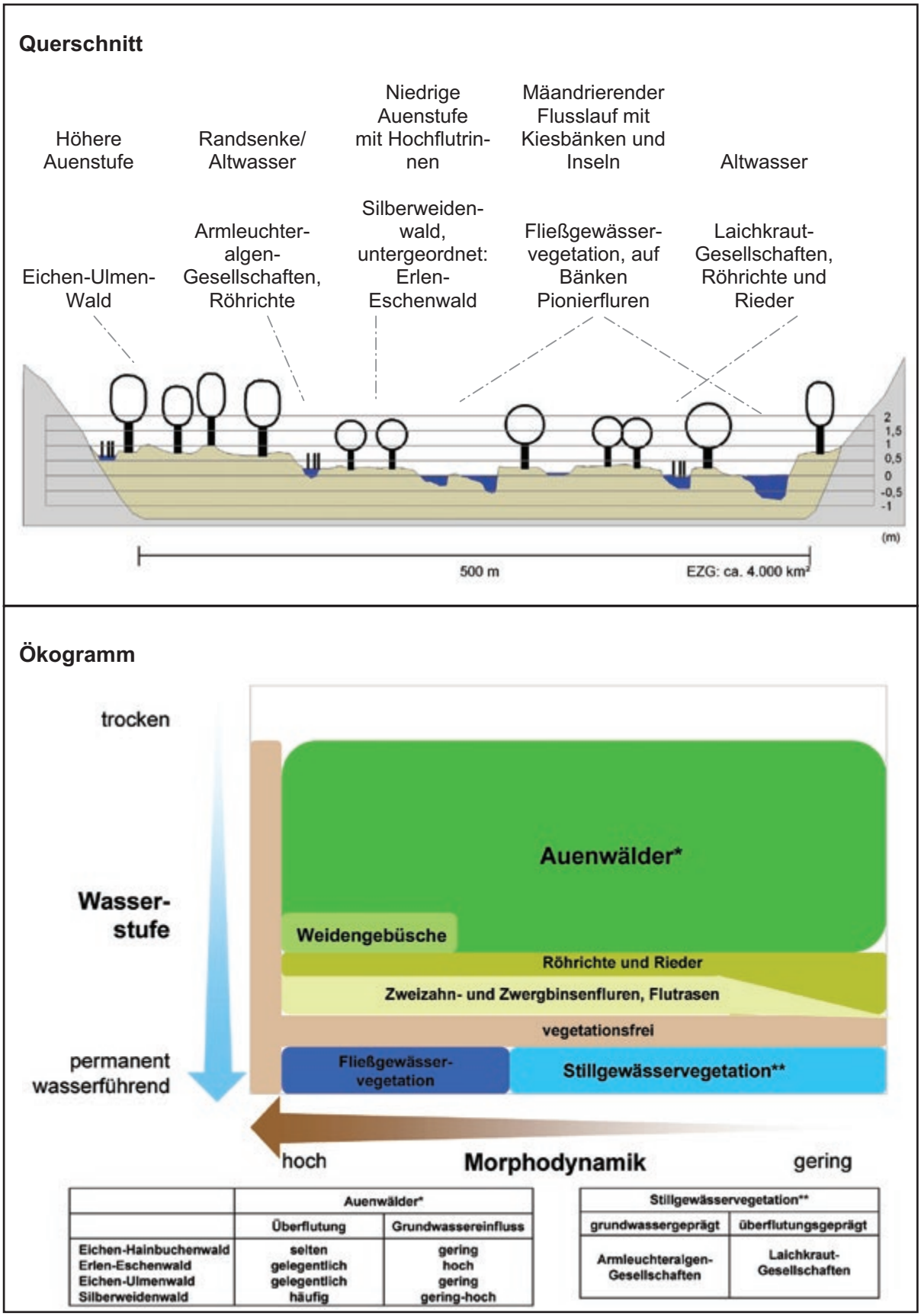


Abb. 75: Gefällereiche sandgeprägte Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern



	Auenwälder*	
	Überflutung	Grundwassereinfluss
Eichen-Hainbuchenwald	selten	gering
Erlen-Eschenwald	gelegentlich	hoch
Eichen-Ulmenwald	gelegentlich	gering
Silberweidenwald	häufig	gering-hoch

Stillgewässervegetation**	
grundwassergeprägt	überflutungsgeprägt
Armleuchteralgen-Gesellschaften	Laichkraut-Gesellschaften

Abb. 75 (Fortsetzung): Gefällereiche sandgeprägte Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern

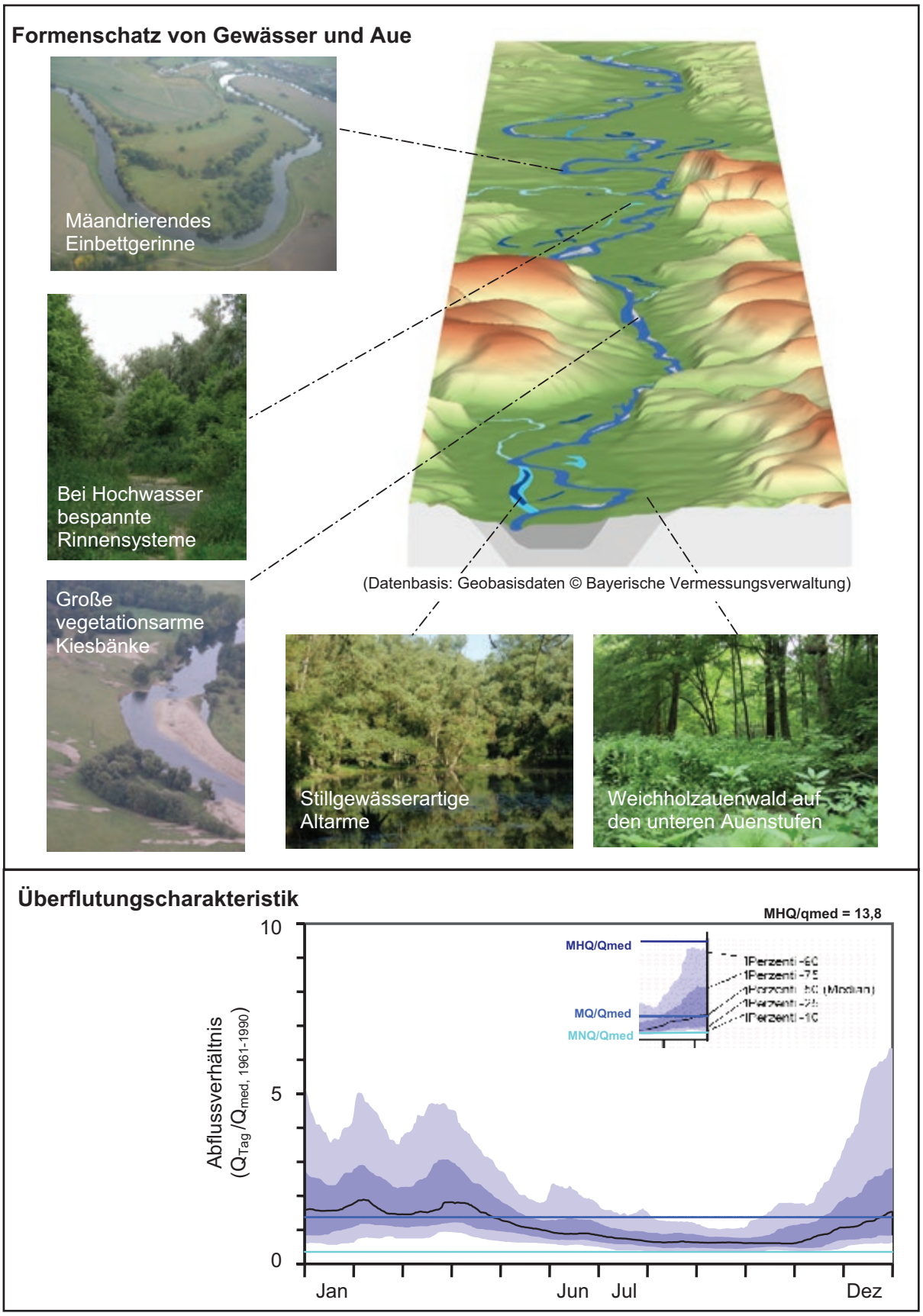


Abb. 76: Gefällereiche kiesgeprägte Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern

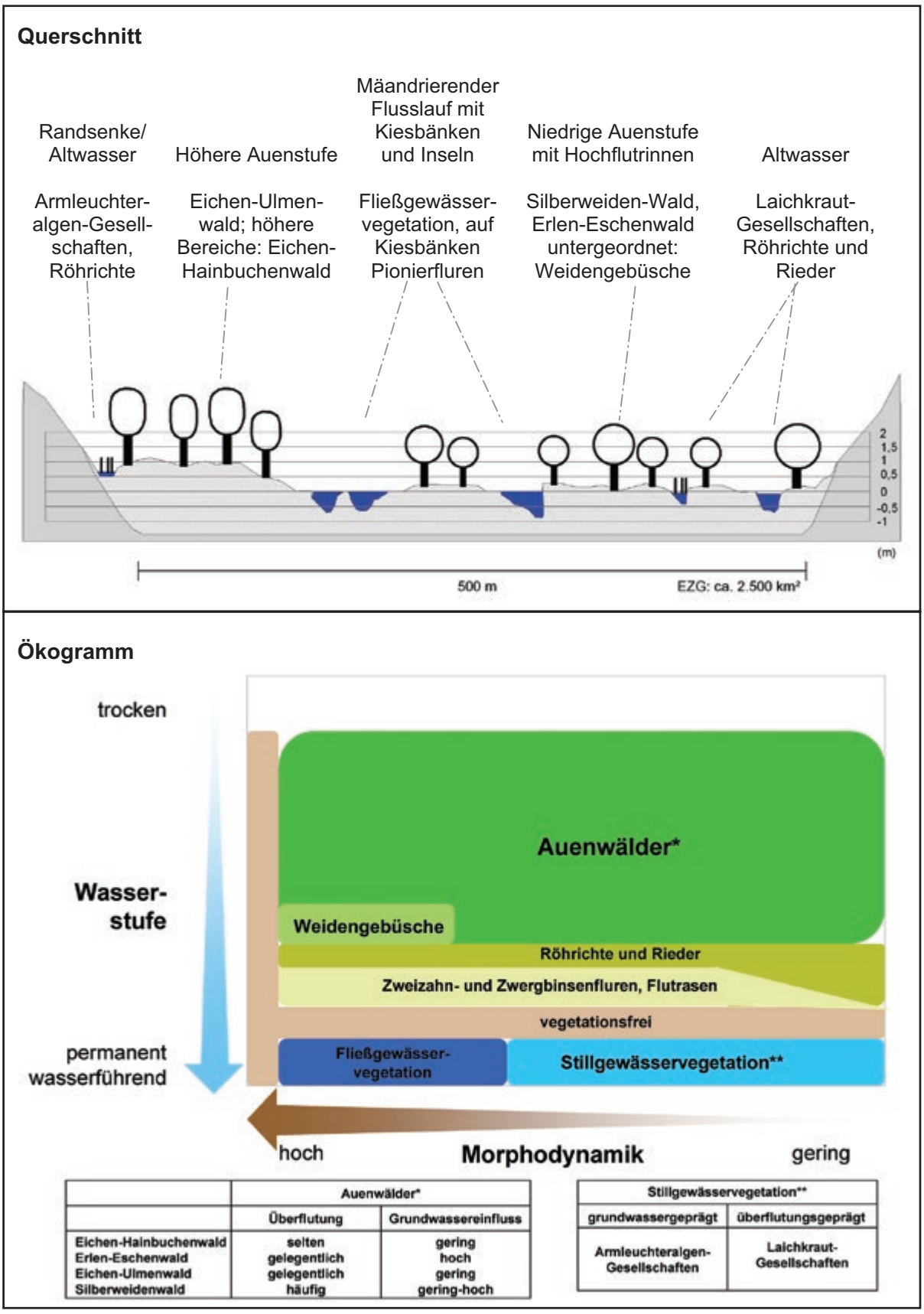


Abb. 76 (Fortsetzung): Gefällereiche kiesgeprägte Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern

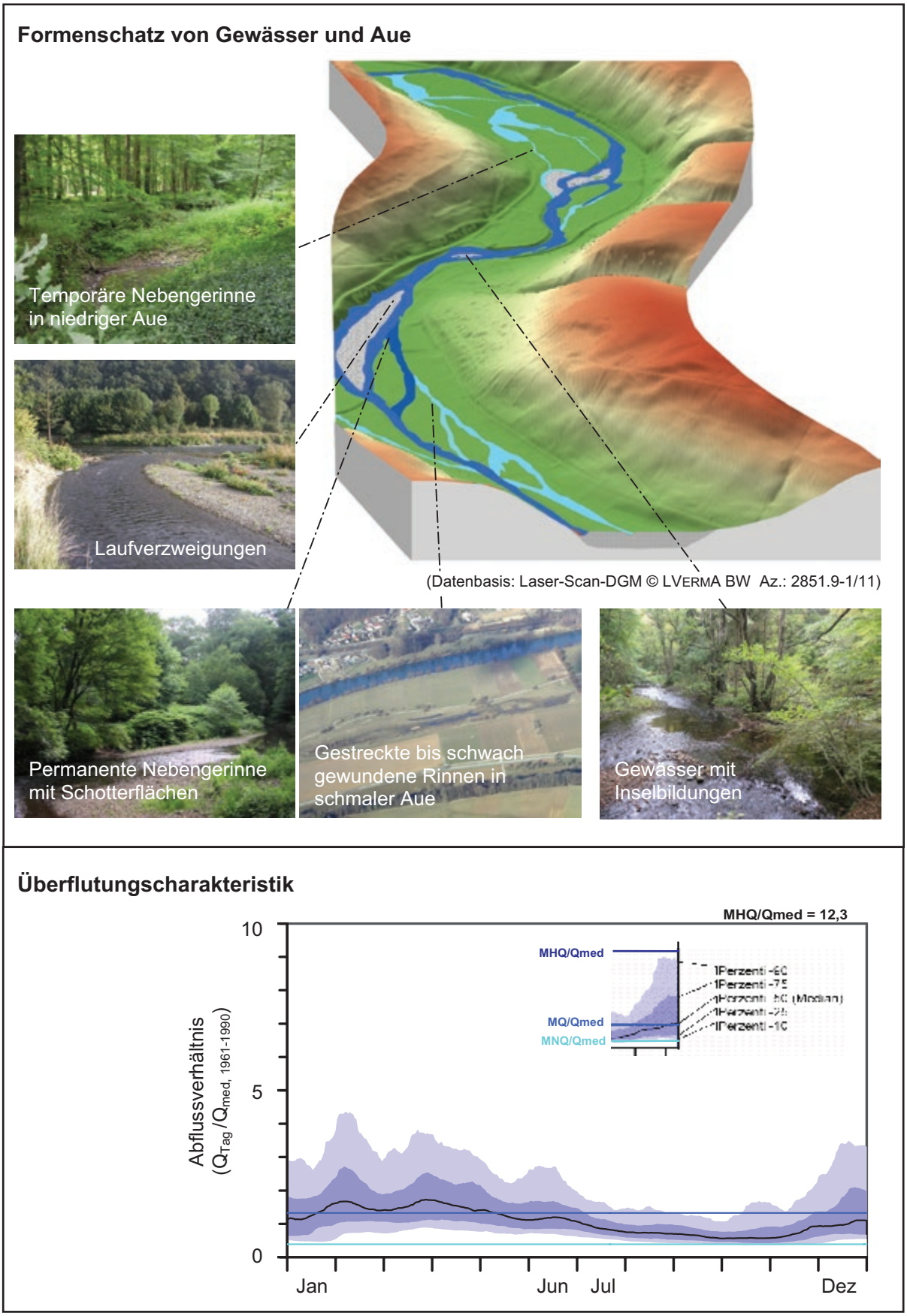
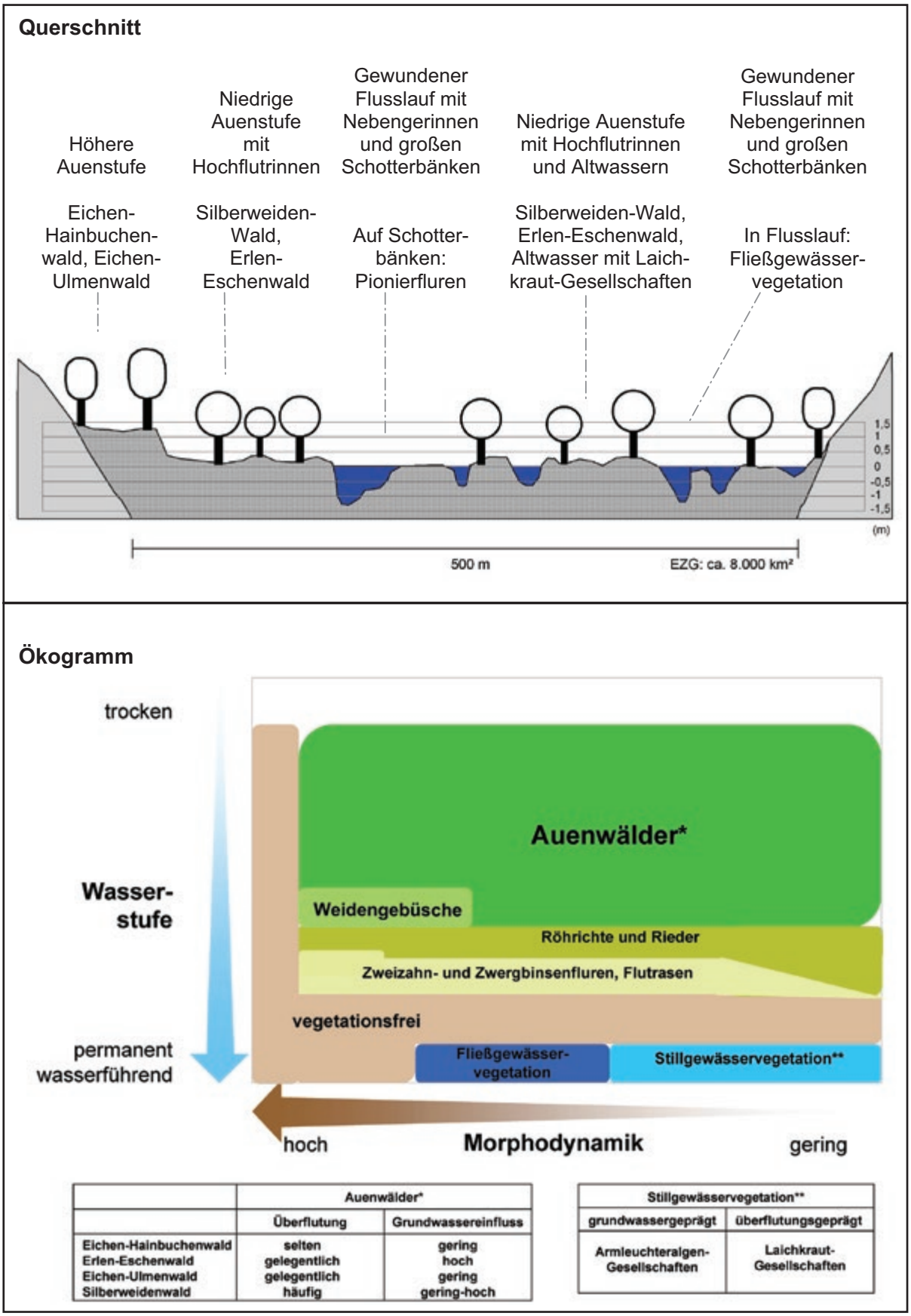


Abb. 77: Gefällereiche kies-schottergeprägte Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern



	Auenwälder*	
	Überflutung	Grundwassereinfluss
Eichen-Hainbuchenwald	selten	gering
Erlen-Eschenwald	gelegentlich	hoch
Eichen-Ulmenwald	gelegentlich	gering
Silberweidenwald	häufig	gering-hoch

Stillgewässervegetation**	
grundwassergeprägt	überflutungsgeprägt
Armleuchteralgen-Gesellschaften	Laichkraut-Gesellschaften

Abb. 77 (Fortsetzung): Gefällereiche kies-schottergeprägte Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern

3.2.3 Flussauen des Grundgebirges

Lage und räumliche Verteilung

Die Gewässergroßlandschaft des Grundgebirges ist im Bereich der zentralen Mittelgebirge sowie im Südosten Deutschlands anzutreffen (Abb. 78). Die geologischen Verhältnisse werden von stark gefalteten, zumeist silikatischen Festgesteinen geprägt, welche die Basis für das häufig geschieferte und plattige Substrat der pleistozänen und holozänen Talbodenfüllungen liefern. Hinzu kommen von Graniten und Gneisen dominierte Regionen, die besonders widerstandsfähige Geschiebe liefern.

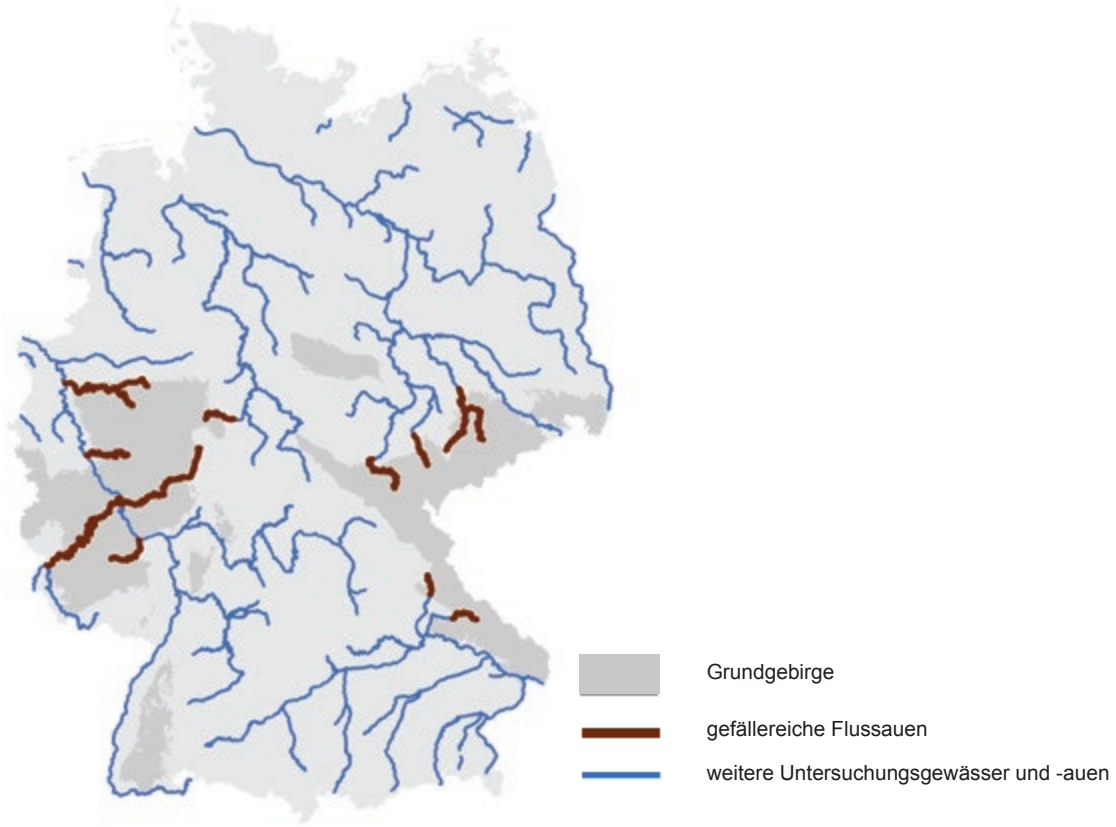


Abb. 78: Lage der Gewässergroßlandschaft des Grundgebirges und deren Flussauen mit EZG > 1000 km²

(Datenbasis: GÜK200 © Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, 2003; Gewässerlandschaften, Autor: Dr. E. Briem (Kartierung der Gewässerlandschaften, Talformen und Strukturen), Quelle: Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Datengrundlage: GÜK1000 © Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, 1993; DLM1000 © Vermessungsverwaltungen der Länder und BKG 2003)

Die Flussauen des Grundgebirges sind somit beispielweise im Rheinischen Schiefergebirge, Bayerischen Wald, Oberpfälzer Wald, Erzgebirge oder auch Thüringer Wald verbreitet. An den Übergängen des Grundgebirges zum Deckgebirge und Tiefland können die Auen bis weit in die angrenzende Gewässergroßlandschaft hineingreifen und prägen somit Gestalt und Besiedlung der Flüsse und Auen über die eigentliche Grundgebirgsregion hinaus.

3.2.3.1 Gefällereiche Flussaue des Grundgebirges mit Winterhochwassern

Talbodenform und -gefälle

Auf Grund des tektonisch und pedologisch bedingten kleinräumigen, nicht längszonalen Wechsels der Talbodenbreite treten drei verschiedene, morphologisch relevante Talbodenformen auf.

Die Gewässergroßlandschaft des Grundgebirges wird beherrscht von gefällereichen Engtälern mit Gefällewerten zwischen 1,4–2,2 ‰ (Abb. 79) und schmaler Talsohle sowie zumeist gefällereichen Mäandertälern und Sohlentälern. Sie besitzen vielfach zum Gewässer schwach geneigte Talböden und ein deutlich gegen den höheren Talboden abgesetztes Hochflutbett, so dass die überflutungsgeprägten Auenbereiche flächenmäßig stark zurücktreten.

Häufig, aber dennoch deutlich seltener treten gefällereiche Sohlen- und Mäandertäler mit weitgehend ebener, breiter Talsohle auf, die zu einem großen Formenreichtum in der Aue führen.

Seltener und zumeist auf flächenhafte kaltzeitliche Auffüllungen in Talweitungen zurückzuführen sind gefälleärmere Sohlentalabschnitte mit Gefällewerten nahe 0,5‰ weitgehend ebenem, u. U. terrassiertem Talboden.

Fast alle großen Flussauen des Grundgebirges tragen ihren morphologischen und hydrologischen Charakter bis weit in das Tiefland bzw. in das Deckgebirge hinein, wo sich die Talböden stark aufweiten und die markanten mittelgebirgstypischen Talhänge fehlen.

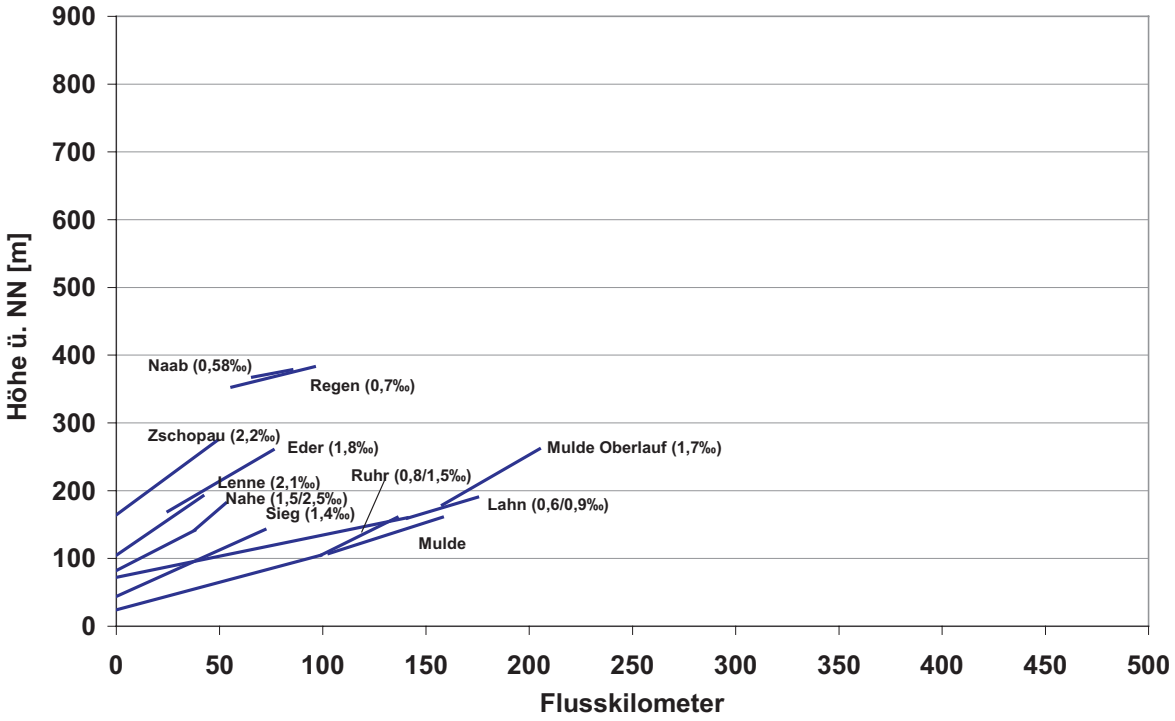


Abb. 79: Höhenlage und mittlere Auengefälle der gefällereichen Flussauen des Grundgebirges für die betrachteten Laufabschnitte

Abflussregime

Das Abflussverhalten wird von den winterlichen, auf Grund der relief- und gesteinsbedingten rasch abfließenden Hochwasserereignisse geprägt. Die Sommermonate weisen vergleichsweise ausgedehnte Niedrigwasserphasen auf, die nur selten von sehr kurzen konvektiv bedingten Hochwasserabflüssen unterbrochen werden.

Charakteristische Niederschlagswerte (BMU 2003):

- Jahr: 600 – 1400 mm
- Sommer: 300 – 700 mm
- Winter: 200 – 700 mm

Das pluviale Regime dieses Auentyps weist eine räumliche Differenzierung auf. Im Westen Deutschlands (z. B. Rheinisches Schiefergebirge) bestimmen drei winterliche Hochwassermaxima das Bild: Ende Dezember, Ende Januar/Anfang Februar; Mitte bis Ende März. Im Osten (z. B. Erzgebirge) treten große Abflussmaxima von März bis April auf, kleinere Maxima von Ende Dezember bis Mitte Januar (Abb. 80).

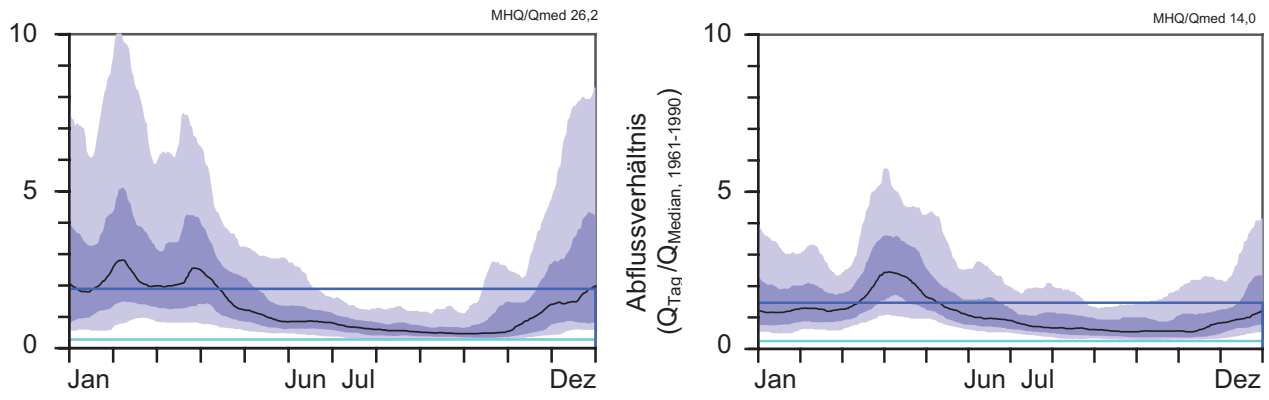


Abb. 80: Vergleich der Abflussverhältnisse der westlichen (links) und östlichen (rechts) Grundgebirgsregionen

Substratdeterminierte Auenabschnittstypen

Die Auen des Grundgebirges zeigen mit Ausnahme der talbodenformbedingten Varianz eine vergleichsweise homogene Ausprägung hinsichtlich der Substratverhältnisse, so dass nur ein substratdeterminierter Abschnittstyp ausgewiesen werden kann.

- Gefällereiche schottergeprägte Flussaue des Grundgebirges mit Winterhochwassern (Abb. 81)

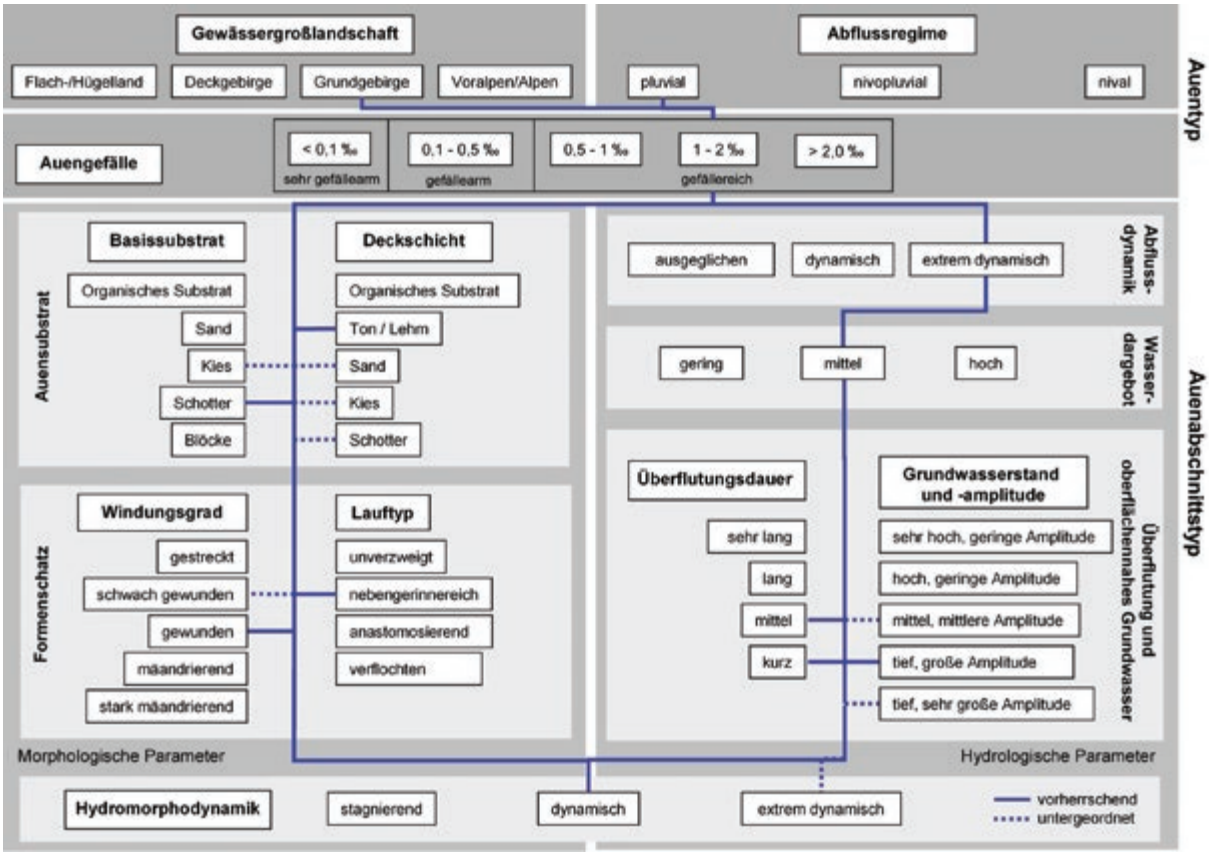


Abb. 81: Typdiagramm der gefällereichen schottergeprägten Flussauen des Grundgebirges mit Winterhochwassern

Deck- und Basissubstrat

Die Talbodenfüllungen der schottergeprägten Flussauen des Grundgebirges weisen das gesamte Korngrößenspektrum von lehmigen bis blockigen Substraten auf. Die vorherrschend anstehenden Schiefer, Granite und Gneise bilden auf Grund ihrer Härte recht stabile Basissubstrate (BRIEM 2003), so dass Schotter dominieren. Lokal erreichen die Flüsse an den Talrändern auch das anstehende Festgestein.

Die Talböden sind bei ausreichender Breite höhenmäßig gegliedert. Unmittelbar an den Flusslauf schließt sich eine rohbodendominierte und zumeist feinsedimentarme untere Auenstufe an (Abb. 82). Die dort vorherrschenden Steine und Schotter sind zumeist in Schieferregionen plattig bis kantengerundet, in Granit- und Gneisregionen weniger gerundet.

Abb. 82: Schotterfluren und –bänke mit großem Totholz

Sandige und lehmige Komponenten sind an strömungsberuhigte Bereiche von Bänken und Nebengerinnen gebunden und bilden keine flächenmäßig homogenen Einheiten (Abb. 83). Als Beimischung sind Sande jedoch auch im Deck- und Basissubstrat vertreten (LUA NRW 2001d).

Abb. 83: Feinsedimentreiche Schleppen mit kleinerem Totholz in Nebengerinnen und Flutrinnen

Etwas höher gelegen folgt eine Auenstufe mit kiesig-steinigem, teilweise auch blockreichem Basissubstrat und flächenhaft aufgelagerten Auenlehmen, an die sich in breiten Tälern höher gelegene Auenstufen anschließen können (Abb. 84).

Abb. 84: Auenlehme auf Schotterkörpern

Diese idealisierte Auengliederung wechselt hinsichtlich der räumlichen Ausdehnung der verschiedenen Auenstufen im Grundgebirge sehr kleinräumig. Der Wechsel wird bestimmt durch den Verlauf des Tals selbst, seine Breite, die Gefälleverhältnisse und nicht zuletzt durch die lokale Landschaftsentwicklung, die häufig durch seitliche Zuflüsse und ihre Sedimente, aber auch durch spezifische tektonische Vorprägungen bestimmt sein kann.

Formenschatz

Die kleinräumig wechselnden Talbodenbreiten und -formen sowie die Gefälleverhältnisse führen zu verschiedenartigen Ausprägungen der Gerinnebettmuster (Tab. 29, Abb. 89):

Laufabschnitte in Engtalabschnitten zeichnen sich durch gestreckte bis schwach gewundene Gewässerverläufe mit einzelnen Nebengerinnen aus. Die stark geneigten oder auch schmalen Talböden der Grundgebirgsauen bedingen häufig eingetiefte schmale untere Auenstufen, die durch nebengerinnereiche Flussläufe gegliedert werden (Abb. 89). Die Aue wird in diesen Bereichen nahezu ausschließlich durch den Formenschatz des Gewässers geprägt. Höhere Auenstufen und Randsenken treten in den Engtalabschnitten nicht oder nur in Form schmaler Leisten an den Talrändern auf.

In breiteren Sohlentälern treten in Abhängigkeit der Gefälle-, Geschiebe- und Abflussverhältnisse zwei unterschiedliche Ausprägungen auf: Abschnitte mit nebengerinnereichen (Abb. 85), schwach gewundenen bis gewundenen Gewässerläufen und ausgedehnten Rinnensystemen auf den höheren Auenstufen oder Laufabschnitte mit geringeren Gefällewerten und mächtigeren, gut verlagerbaren Talbodenfüllungen mit gewundenen bis mäandrierenden Einzelbettgerinnen. Letztere Ausprägung kann zur Ausbildung der ansonsten im Grundgebirge selten auftretenden, durch laterale Laufverlagerung entstehenden perennierenden Altwasserstrukturen führen.

Abb. 85: Permanente (links) und temporäre (rechts) Nebengerinne auf einer mit Auenwald bewachsenen niedrigen Auenstufe

Überflutung und Grundwasser

Die regelhaften Überflutungen der gefällereichen Flussauen des Grundgebirges sind auf die Winter- und Frühjahrsmonate konzentriert. In den Sommermonaten prägen niedrige Abflussmengen den Wasserhaushalt der Auen, der Abfluss wird in den Niedrigwassergerinnen abgeführt und große Teile der Nebengerinne und schottergeprägten Bankstrukturen fallen trocken.

Nur seltene, zumeist überjährliche Hochwasser erreichen die höheren Auenstufen, die zudem kaum von Substratverlagerungen geformt werden (Abb. 86). Dagegen wird die untere Auenstufe regelhaft und an bis zu 25 Tagen im Jahr von stark strömenden Abflüssen geprägt (Tab. 29). Die begleitenden Schotterfluren werden an bis zu 160 Tagen überströmt und weisen durch die hohe hydraulische Belastung und den Geschiebetrieb nur lückige Vegetationsbestände auf (Abb. 87).

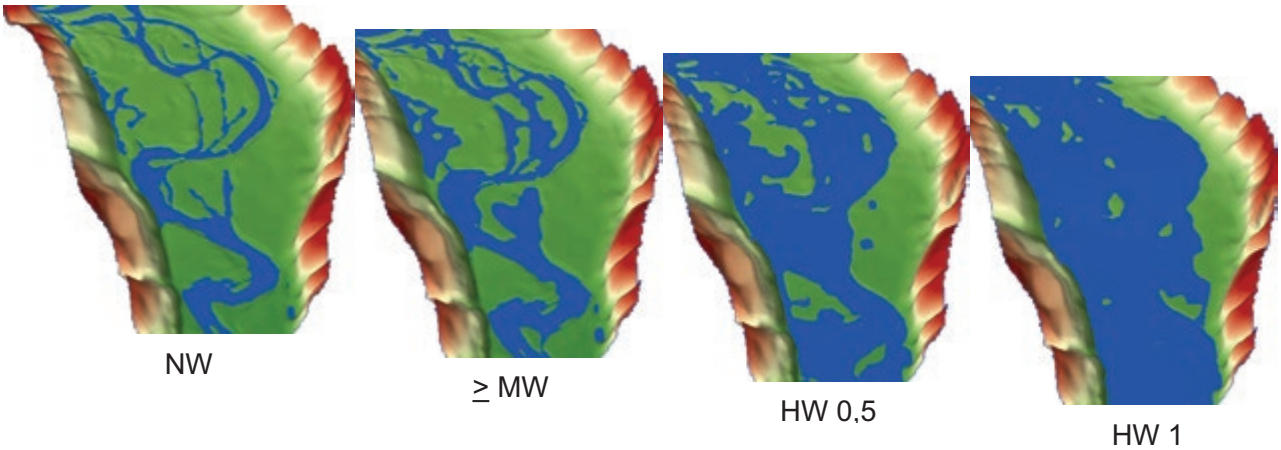


Abb. 86: Überflutungsszenarien der gefällereichen schottergeprägten Flussaue des Grundgebirges mit Winterhochwassern in einer breiten Talsituation

(Datenbasis: DGM5 © LVermA NRW 2004)

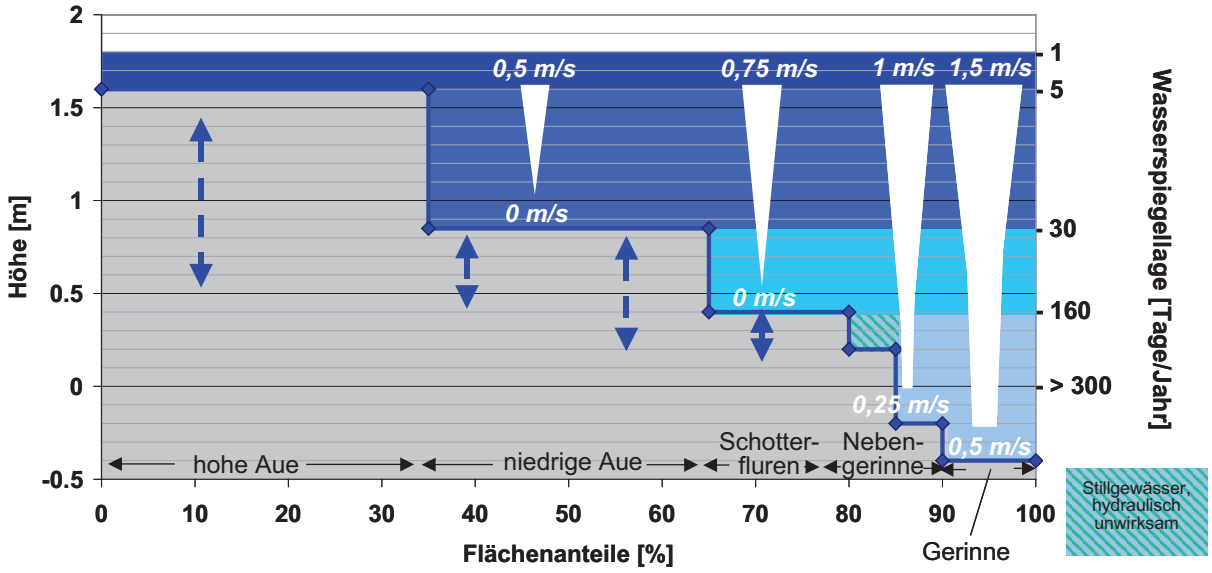


Abb. 87: Hydromorphogramm der gefällereichen schottergeprägten Flussaue des Grundgebirges mit Winterhochwassern

Die Grundwasserverhältnisse sind in Abhängigkeit von der Höhengliederung des Talbodens kleinräumig hoch divers. Auf höheren Auenstufen herrschen relativ große Grundwasserflurabstände mit einer hohen Amplitude; in tiefer gelegenen Auenstufen mit Senken, Mulden und Rinnen hoch anstehendes Grundwasser vor. Die gewässerbegleitenden Schotterfluren sind ganzjährig durch den Wechsel von Überströmung und oberflächennahem Grundwasser bestimmt. Die hohen Durchlässigkeiten der groben Talbodenfüllungen bedingen zudem ein starkes und schnelles Korrespondieren der Fluss- und Grundwasserstände. In Randsenken prägt zusätzlich nährstoffarmes und kühles Hangzugwasser die standörtlichen Bedingungen.

Hydromorphodynamik

Die gefällereichen schottergeprägten Flussauen des Grundgebirges mit Winterhochwassern gehören im Bereich der unteren Auenstufen zu den dynamisch geprägten Auen, sowohl in morphodynamischer als auch in hydrologisch-hydraulischer Sicht. Die unteren Auenstufen werden von den nebengerinnereichen Flussläufen mit ihren lateralen Verlagerungen und schnell abfließenden Hochwassern bestimmt, während die selten überfluteten hohen Auenstufen vergleichsweise stabile standörtliche Verhältnisse aufweisen, deren Auencharakter im Wesentlichen durch die hohen Grundwasseramplituden bestimmt wird.

Sondersituationen

Die Austritts- und Übergangsbereiche in das Tiefland bzw. in das Deckgebirge sowie die Mündungsbereiche in größere Fluss- und Stromauen zeichnen sich durch akkumulative Sedimentationsbedingungen und damit einhergehende Tendenz zu großräumigen Laufverlagerungen und Ausbildung zahlreicher Nebengerinne und Rinnensystem auf den höheren Talstufen aus. Der große Geschiebeanfall in Verbindung mit dem hohen Wasserdargebot trägt so die Charakteristika der Grundgebirgsauen bis zu 50 km in das Tiefland hinein.

An den Mündungen der Flüsse in die Ströme, somit der Schnittstelle zu den Stromauen, ergeben sich komplexe hydromorphologische Verhältnisse, die in den stark wechselnden hydraulischen Gradienten von Zufluss- und Rückstauerscheinungen zu suchen sind.

Die Mosel mit ihren engen Talmäandern (Abb. 88) und den äußerst schmalen Auen bei geringem Gefälle, stellt zudem eine Sondersituation dar, die durch die geologische Situation des Gewässerumfeldes und auch durch die Einzugsgebietsgröße (an der Mündung in den Rhein ca. 28.000 km²) bedingt ist.

Abb. 88: Gebundene Mäander der Mosel

(Datenbasis: Geobasisdaten der Vermessungs- und Katasterverwaltung Rheinland-Pfalz © 11/2001)

Vegetation (VAN DE WEYER 2005)

In der gefällereichen schottergeprägten Flussaue des Grundgebirges mit Winterhochwassern dominieren in Abhängigkeit von der Überflutung und dem Grundwassereinfluss verschiedene Auenwald-Gesellschaften (Nomenklatur nach POTT 1995). Auf sehr hohen Standorten, die selten überflutet werden und einen geringen Grundwassereinfluss aufweisen, stockt der Eichen-Hainbuchenwald (Carpinion). Auf höheren Auenstufen bevorzugen die Erlen-Eschenwälder (Alnenion glutinosae) gelegentliche Überflutung und hohen Grundwassereinfluss, während sich der Eichen-Ulmenwald (Querco-Ulmetum) eher auf Standorten mit gelegentlicher Überflutung und geringem Grundwassereinfluss findet. In der niedrigen Aue, die häufig überflutet wird und einen geringen bis hohen Grundwassereinfluss aufweist, stockt der Silberweidenwald (Salicetum albae).

Zwischen den Auenwaldstandorten und den hoch dynamischen Schotterfluren finden sich in einem Saum vor allem Weidengebüsche (Salicion cinereae, Salicion albae). Auf Standorten mit weniger Morphodynamik entwickeln sich Röhrichte und Rieder (Phragmition, Phalaridion, Glycerio-Sparganion, Magnocaricion) sowie Hochstaudenfluren (Senecionion fluvialis, Aegopodion podagrariae).

Die großflächigen Schotterfluren der gefällereichen Flussauen des Grundgebirges sind überwiegend vegetationsfrei. Es können sich jedoch auch lokal feuchte bis nasse Pionierfluren aus Zweizahn- und Zwergbinsenfluren (Bidentetea, Isoeto-Nanojuncetea) bzw. Flutrasen (Agropyro-Rumicion) ansiedeln.

Die Vegetation des Hauptgerinnes und der schneller durchströmten Nebengerinne der gefällereichen Flussauen des Grundgebirges ist durch Wasserhahnenfuß-Gesellschaften (*Ranunculus*-Typ) mit Großlaichkräutern bzw. die Haken-Wasserstern-Tausendblatt-Gesellschaft (Callitricho-Myriophylletum), bei geringeren Fließgeschwindigkeiten, wie in langsam durchströmten Nebengerinnen, durch Schwimmblattgesellschaften in arten- und wuchsformenreichen Ausbildungen (*Sparganium emersum*-Gesellschaft) bzw. Großlaichkraut-Gesellschaften (Potametea) gekennzeichnet (LUA NRW 2003a). Insgesamt sind Stillgewässer nur untergeordnet ausgebildet. Solche mit stärkerem Grundwassereinfluss weisen Armleuchteralgen-Gesellschaften (Charetea) auf. Nährstoffreiche Stillgewässer beherbergen Laichkraut- (Potametea) und Wasserlinsen-Gesellschaften (Lemnetea).

Tab. 29: Charakterisierung der gefällereichen Flussaue des Grundgebirges mit Winterhochwassern

Flussauentyp Parameter	Gefällereiche Flussaue des Grundgebirges mit Winterhochwassern
Gewässergroß-landschaft	Grundgebirge, z. B. Rheinisches Schiefergebirge, Bayerischer Wald, Oberpfälzer Wald, Erzgebirge, Thüringer Wald
Einzugsgebietsgröße	1.000 km^2 bis max. 6.000 km^2, Sondersituation Mosel: ca. 28.000 km^2
Abflussregime	pluvial westlich (z. B. Rheinisches Schiefergebirge): drei winterliche Hochwassermaxima: Ende Dezember, Ende Januar/Anfang Februar, Mitte bis Ende März östlich (z. B. Erzgebirge): große Abflussmaxima Mitte bis Ende März, kleinere Maxima Ende Dezember bis Mitte Januar
Talformen	z. T. kleinräumiger, nicht längszonaler Wechsel zwischen drei verschiedenen, morphologisch relevanten Talbodenformen vorherrschend: gefällereiche Engtäler mit schmaler Talsohle (Gerinnebreite/Talbodenbreite < 1:3) sowie gefällereiche Mäandertäler und Sohlentäler mit zum Gewässer schwach geneigtem Auenboden oder mit deutlich gegen den höheren Auenboden abgesetztem Hochflutbett häufig: gefällereiche Sohlen- und Mäandertäler mit weitgehend ebener, breiter Auensohle (Gerinnebreite/Talbodenbreite > 1:3) sowie lokale mittelgebirgsgeprägte Austrittsbereiche in das Tiefland seltener: gefälleärmere Sohlentalabschnitte mit weitgehend ebenem, u. U. terrassiertem Auenboden
Talbodenform/ -charakteristik	gefällereiche Engtalabschnitte mit schmaler Talsohle und engem Migrationskorridor; gefällereiche Sohlen- und Mäandertalabschnitte mit breiter unterer Auenstufe und verlagerbaren Substraten in ausgedehntem Migrationskorridor sowie gefällereiche Tieflandabschnitte
Auengefälle	gefällereich > 0,5 ‰ vorherrschend: > 1,4–2,2 ‰ (extrem: 2,8 ‰) häufig: > 0,6–0,9 ‰ Sondersituation Mosel: 0,3 ‰
Auensubstrat	
Basissubstrat	vorherrschend Schotter, untergeordnet Kies und Sand
Deckschicht	Ton/Lehm, Sand
Formenschatz der Aue	
Auengewässer	Nebengerinne mit Verzweigungen, vernässte Randsenken, einige Altwässer, in Talweitungen mit niedrigerem Gefälle lokal auch zahlreiche Altwässer, in extremen Engtalabschnitten ohne Auengewässer
Hohlformen	häufig bespannte Nebengerinne mit ausgedehnten Verzweigungen; flache, temporär bespannte Flutrinnen, -mulden (Ausrichtung längs des Auengefälles); quellig vernässte Randsenken
Vollformen	hoher Anteil an vegetationsarmen Schotterbänken, höher gelegene Inseln, in breiten Talformen oft Terrassenkanten
Kleinrelief	Kolke, viele Totholzablagerungen im häufig überfluteten Hochflutbett; seltener überflutete Auenbereiche durch flache Flutmulden schwach reliefiert

Tab. 29 (Fortsetzung): Charakterisierung der gefällereichen Flussaue des Grundgebirges mit Winterhochwassern

Hydrologie		
Abflussdynamik	Verhältnis zwischen mittlerem Hoch- und Niedrigwasserabfluss (MHQ zu MNQ) MHQ/MNQ: 25 bis 100 extrem dynamisch	
Abflussspende	6 bis 15 l/(s*km^2) Median-Spende	
Wasserdargebot	mittleres bis hohes Wasserdargebot	
Überflutungs-charakteristik	häufigere kurzzeitige Überflutungen der Aue; extrem schneller Hochwasserwellenverlauf	
Ausuferungsdauer	60 bis 90 Tage (2 bis 3 Monate) mittlere jährliche Anzahl Tagesmittelwerte über MQ	
Ausuferungs-charakteristik	häufige, relativ kurze winterliche Überflutungsphasen mit schnell abfließendem Hochwasser	
Grundwasserstand und -amplitude	auf höheren Auenstandorten relativ niedriger Grundwasserstand mit einer hohen Amplitude; in tiefer gelegenen Senken, Mulden und Rinnen hoch anstehendes Grundwasser, in Randsenken zusätzlich Hangzugwasser	
Laufform		
Flussabschnittstyp	in Engtälern: in breiten Tälern:	
Laufentwicklung Windungsgrad	schwach gewunden bis gewunden, mäandrierend nur in starken Talweitungen	
Lauftyp	vorherrschend nebengerinnereich, in Engtälern teilweise mit schmalen Einbettgerinnen	
Hydromorphodynamik/ laterale Erosion/ Verlagerungsverhalten besondere Laufstrukturen	schnelle und weitreichende laterale Gerinneverlagerungen im Bereich breiter, schwach reliefierter unterer Auenstufen, ausgeprägte Nebengerinne und ausgedehnte Verzweigungen, hoher Anteil an vegetationsarmen Standorten, in mäandrierenden Flussabschnitten auf Gleitufer beschränkt	
Vegetation		
vorherrschende Vegetationseinheiten der Gewässer	Fließgewässer:	
	+++	schneller fließend: Callitricho-Myriophylletum, *Ranunculus*-Typ langsam fließend: *Sparganium emersum*-, Potametea-Gesellschaften
	nährstoffarme Stillgewässer:	
	+++	Charetea- bzw. Littorelletea-Gesellschaften
	nährstoffreiche Stillgewässer:	
	+++	Potametea- und Lemnetea-Gesellschaften
vorherrschende Vegetationseinheiten der Aue (+++ bis + = vorherrschend bis untergeordnet)	+++	niedrige Auenstufe: Salicetum albae, Alnenion glutinosae höhere Auenstufe: Querco-Ulmetum
	++	Pionierstandorte: Bidentetea, Isoeto-Nanojuncetea, Agropyro-Rumicion Standorte mit seltener Überflutung: Carpinion
	+	Senecion fluviatilis, Aegopodion podagrariae

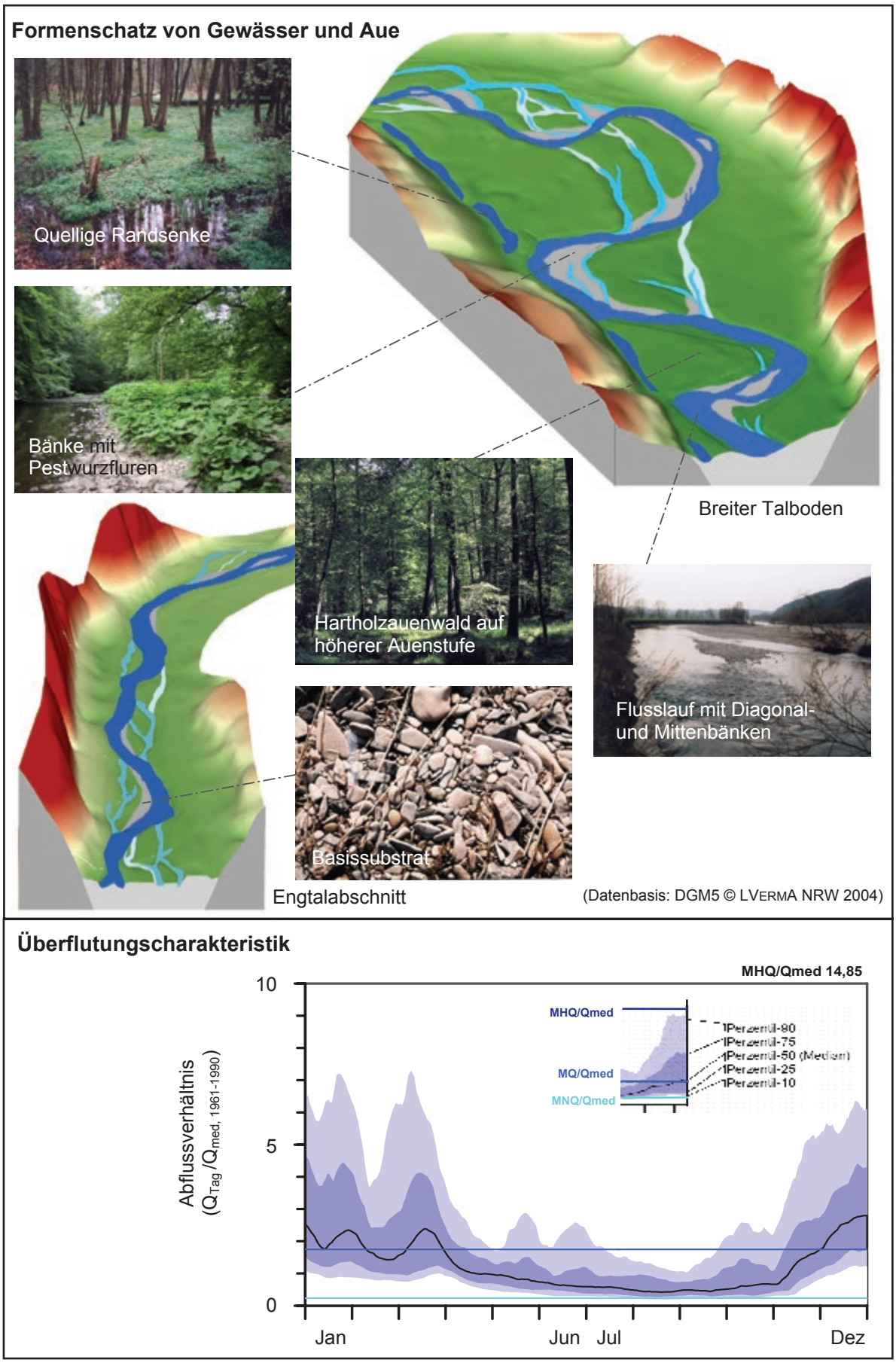


Abb. 89: Gefällereiche schottergeprägte Flussaue des Grundgebirges mit Winterhochwassern

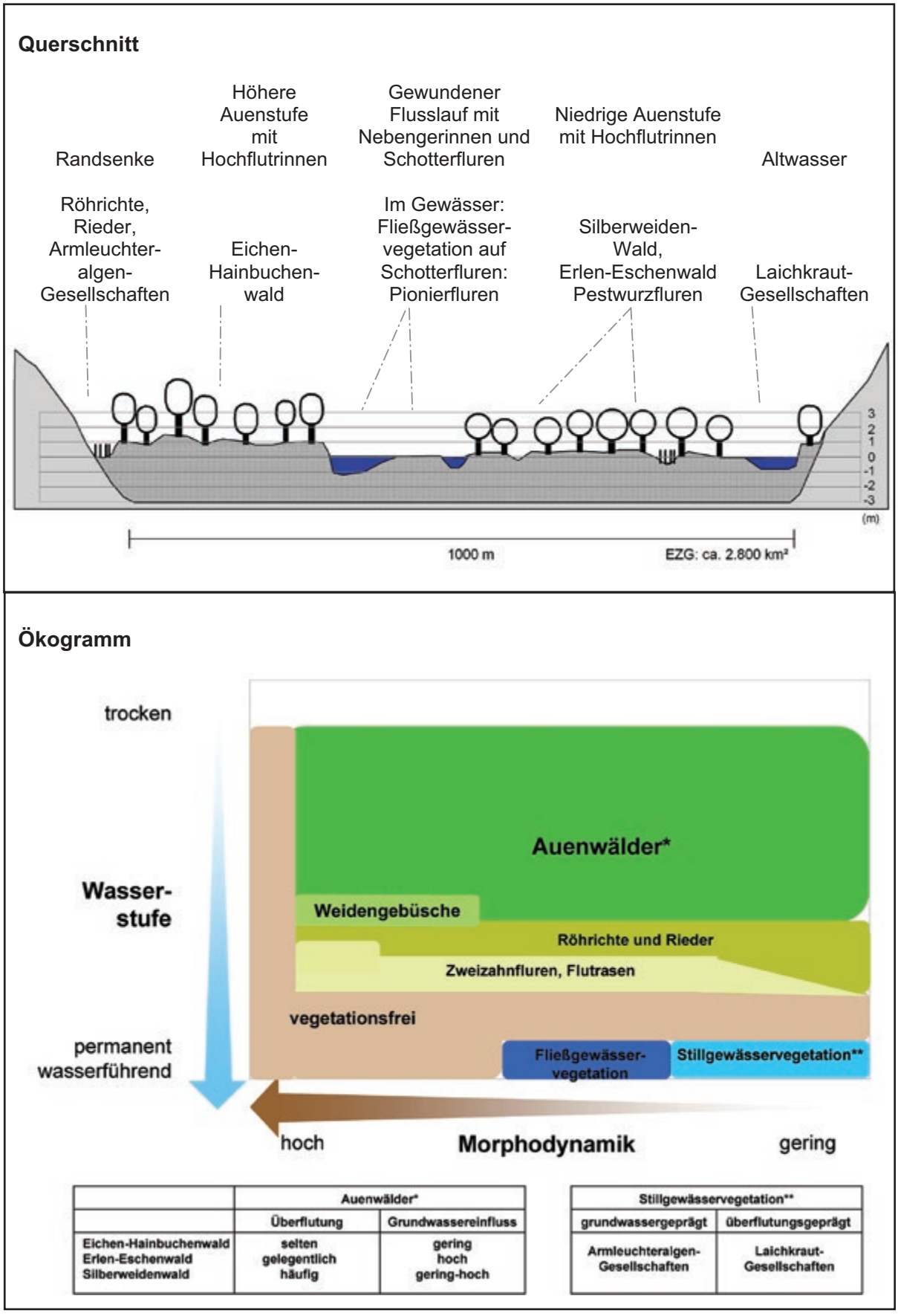


Abb. 89 (Fortsetzung): Gefällereiche schottergeprägte Flussaue des Grundgebirges mit Winterhochwassern

3.2.4 Flussauen der Alpen/Voralpen

Lage und räumliche Verteilung

Die Gewässergroßlandschaft der Alpen (Kalkalpen) und Voralpen (Flyschzone) ist auf den äußeren Süden Deutschlands begrenzt (Abb. 90). Die geologischen Verhältnisse der oberen Einzugsgebiete werden von alpinen Gebirgsbildungen mit zumeist kalkhaltigen Festgesteinen bestimmt, welche die Grundlage für das blockige bis schottrige Material der pleistozänen und holozänen Talbodenfüllungen stellen.

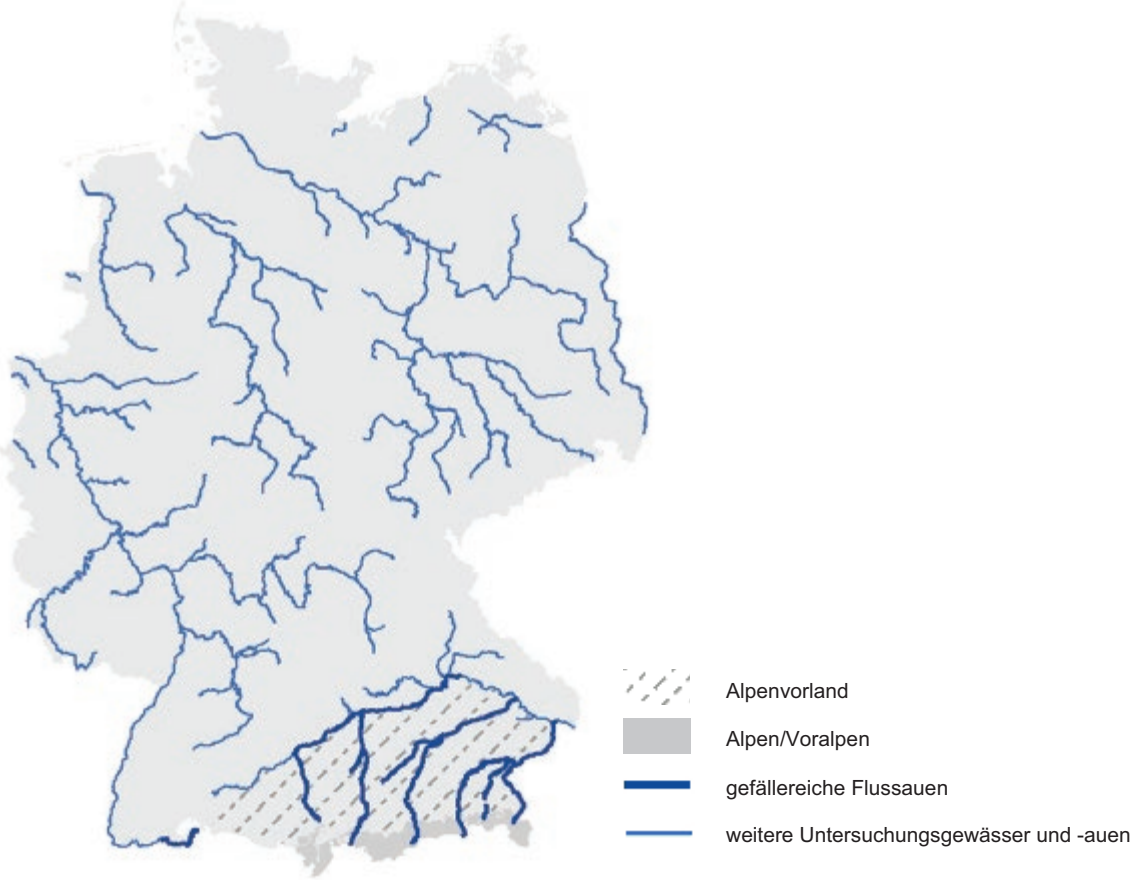


Abb. 90: Lage der Gewässergroßlandschaft der Alpen/Voralpen und deren Flussauen mit EZG > 1000 km² (Schraffur: Alpenvorland)

(Datenbasis: GÜK200 © Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, 2003; Gewässerlandschaften, Autor: Dr. E. Briem (Kartierung der Gewässerlandschaften, Talformen und Strukturen), Quelle: Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Datengrundlage: GÜK1000 © Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, 1993; DLM1000 © Vermessungsverwaltungen der Länder und BKG 2003)

Die Flussauen der Alpen/Voralpen sind somit in ihrer räumlichen Verteilung in Deutschland auf den Nordrand der Alpen begrenzt. Die Mittel- und Unterläufe der Flüsse dieses Auentyps durchschneiden das Alpenvorland und bestimmen somit Gestalt und Besiedlung der Flüsse und Auen weit über die eigentliche Alpenregion hinaus.

3.2.4.1 Gefällereiche Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern

Talbodenform und -gefälle

Bedingt durch den längszonalen Wechsel der Talbodenbreite treten zwei verschiedene, morphologisch relevante Talbodenformen auf. In den Alpen herrschen Trogtäler mit vergleichsweise schmalen Talböden vor, die vollständig von den Schotterfluren der Gewässer und ihren Auen eingenommen werden können (Abb. 91) (BILL 2001). Abschnittsweise können auch Aufweitungen der Täler auftreten, die ältere Auenstufen aufweisen. Diese gefällereichen Täler besitzen Talbodengefälle zwischen 2 und 3,3 ‰ und stellen damit die gefällereichsten Auen Deutschlands mit Einzugsgebieten > 1000 km² dar (Abb. 92).

Abb. 91: Schotterfluren nehmen große Teile des Talbodens der Trogtäler ein

Im weiteren Längsverlauf öffnen sich die Täler und weite Talböden mit ausgedehnten Terrassen schließen sich an. Die kaltzeitlichen Talbodenfüllungen mit ihren eingelagerten holozänen Auenstufen weisen vorherrschende Gefällewerte zwischen 1,5 und 2,5 ‰ auf. Ihren alpinen Charakter führen diese Auen bis in die Mündungsbereiche in die Donau fort und tragen in den Mündungen und anschließenden Donauabschnitten wesentlich zur lokalen Ausprägung der Donauauen bei (Abb. 104).

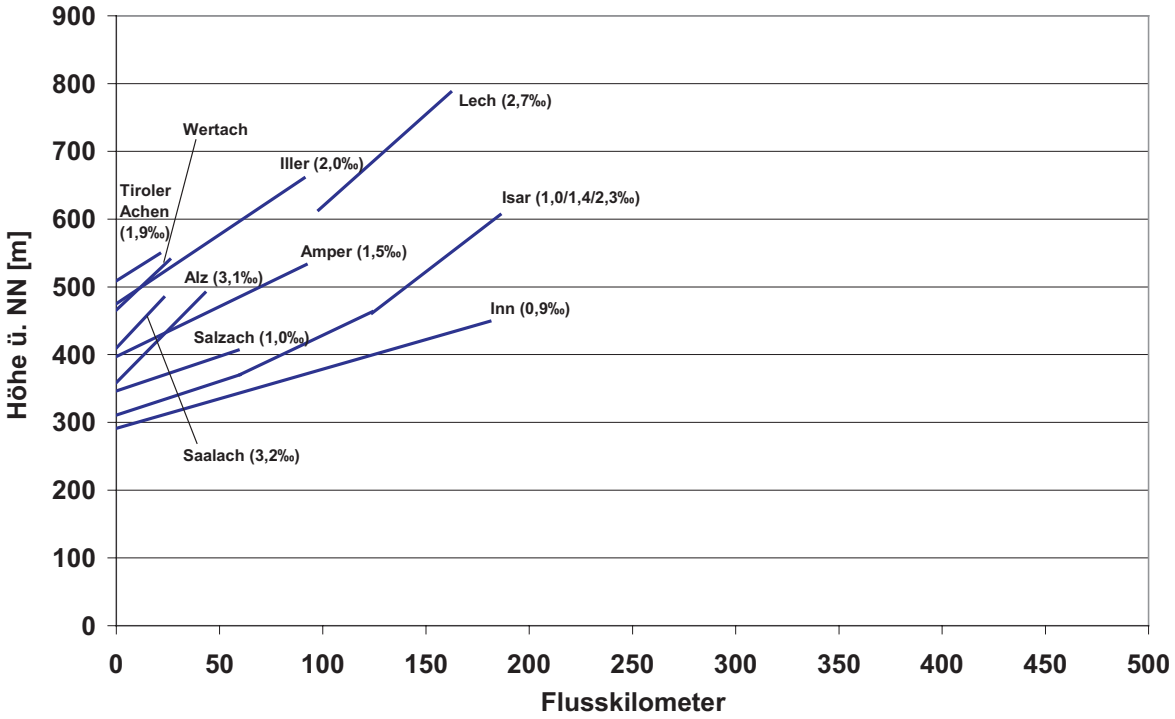


Abb. 92: Höhenlage und mittlere Auengefälle der gefällereichen Flussauen der Alpen/Voralpen für die betrachteten Laufabschnitte

Abflussregime

Das Abflussverhalten wird von den sommerlichen Hochwasserereignissen geprägt, die auf Grund des starken Reliefs und des Untergrundes schnell abfließen. Das nivale Regime wird wesentlich durch den jährlichen Verlauf der Schneeschmelze und -akkumulation sowie die extrem starken sommerlichen Niederschläge gesteuert. Die Wintermonate weisen dagegen lang anhaltende frostbedingte Niedrigwasserphasen auf.

Die geringe bis mittlere Abflussdynamik dieses Typs ist neben der nivalen Speicherung auf die mächtigen, grundwasserreichen Talbodenschotterkörper zurückzuführen, die für einen Ausgleich sorgen (BMU 2003, KRESSER 1973).

Niederschlagswerte von mehr als > 1800 mm/a bedingen ein großes Wasserdargebot, welches deutschlandweit hervorzuheben ist und sie von allen anderen Flussauentypen unterscheidet. Durchschnittlich sind folgende Niederschlagswerte vorzufinden:

Niederschlag (BMU 2003):

- Jahr: 700 (nördlichstes Alpenvorland) – >1800 mm
- Sommer: 400 – >900 mm
- Winter: 250 – >900 mm

Substratdeterminierte Auenabschnittstypen

Die Auen der Alpen und Voralpen weisen neben talbodenformbedingten Varianzen eine analoge Ausprägung hinsichtlich der Substratverhältnisse auf, so dass drei substratdeterminierte Abschnittstypen ausgewiesen werden können:

- Gefällereiche kies-schottergeprägte Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern (Abb. 93)
- Gefällereiche schottergeprägte Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern (Abb. 94, 105)
- Gefällereiche block-schottergeprägte Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern (Abb. 95, 106)

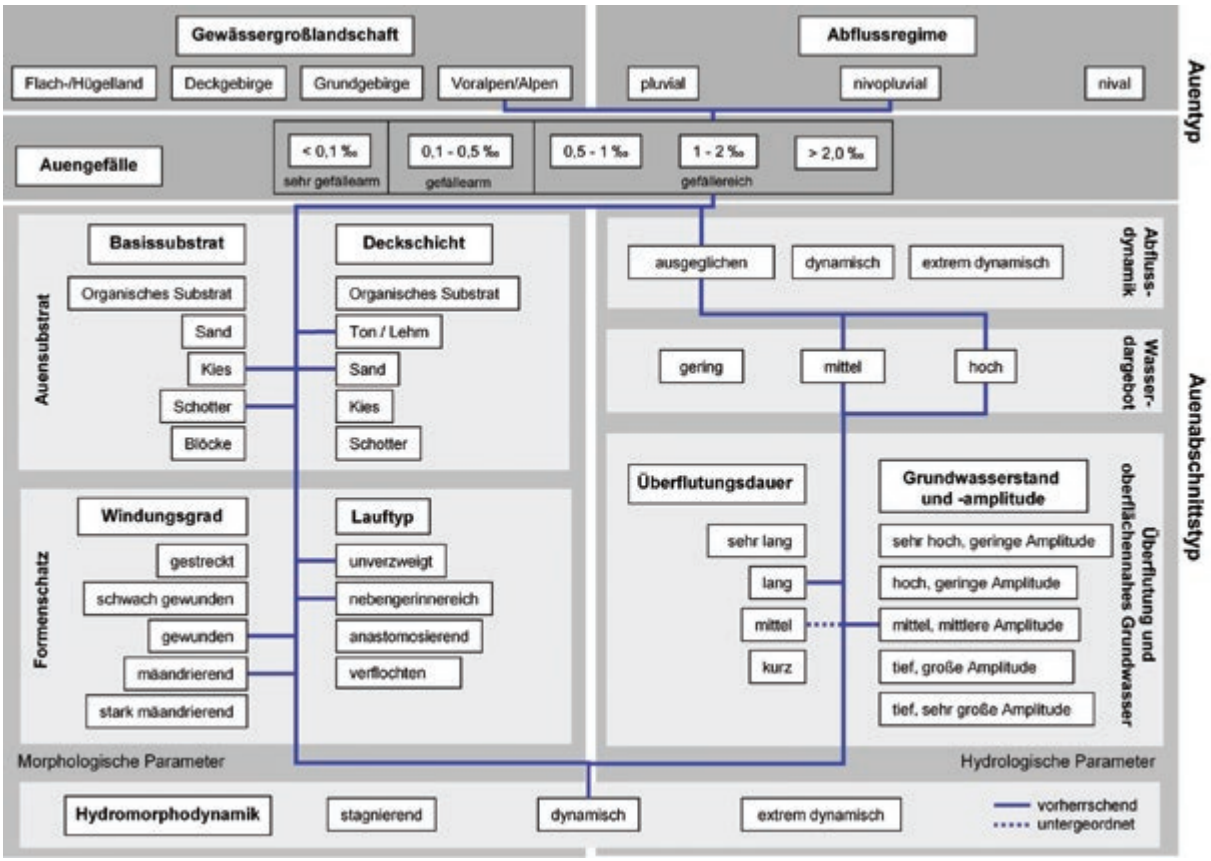


Abb. 93: Typdiagramm der gefällereichen kies-schottergeprägten Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern

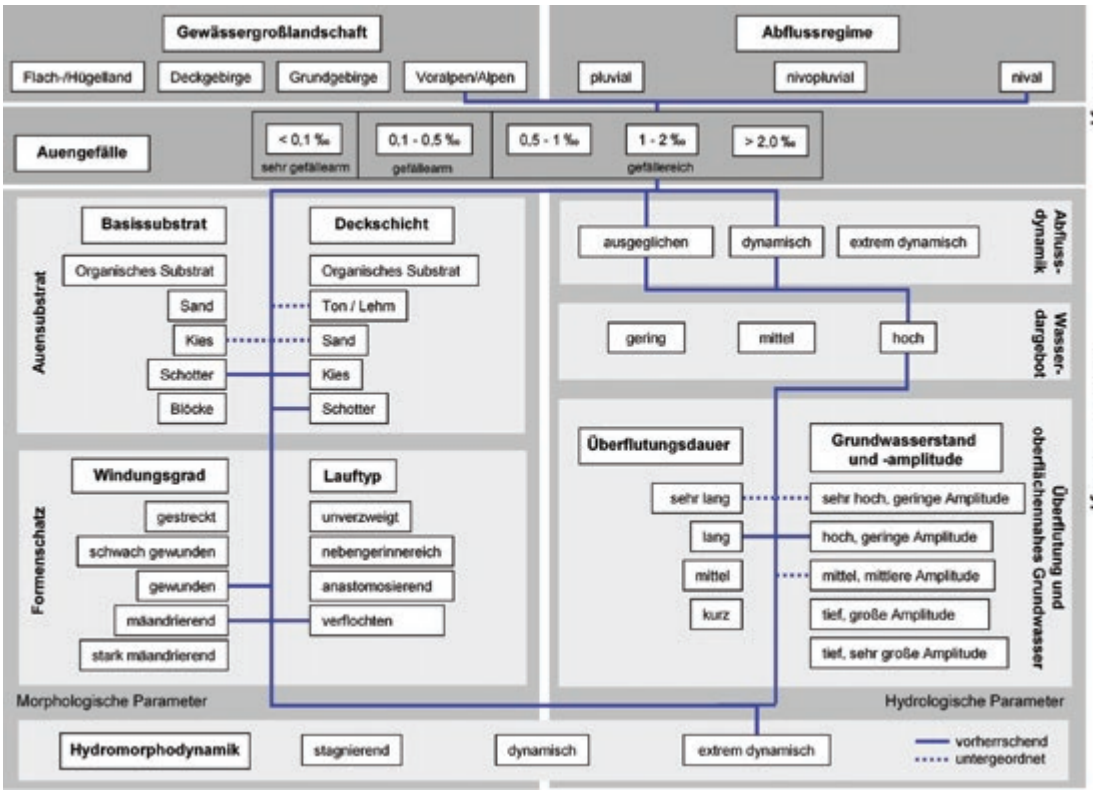


Abb. 94: Typdiagramm der gefällereichen schottergeprägten Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern

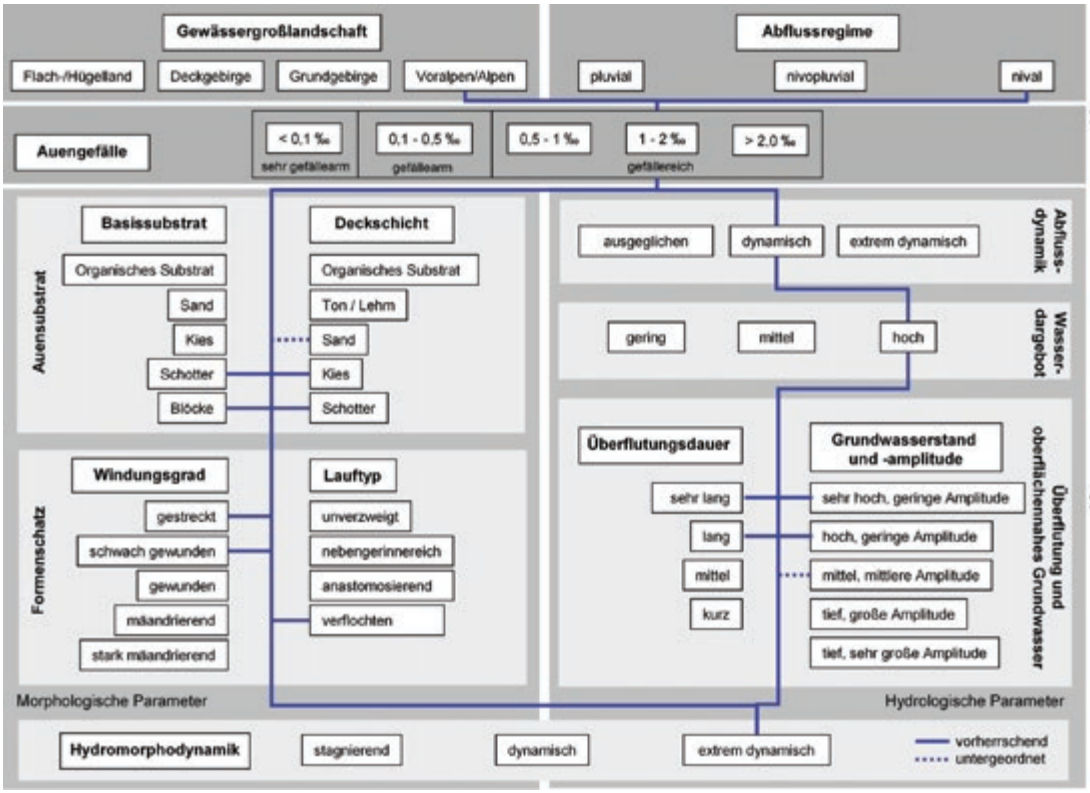


Abb. 95: Typdiagramm der gefällereichen block-schottergeprägten Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern

Deck- und Basissubstrat

Die Talbodenfüllungen der Alpen und Voralpen werden von block- und schotterreichen Basissubstraten geprägt (Abb. 96). Zudem treten sandige und kiesige Bestandteile in untergeordneter Bedeutung auf.

Die Talböden sind außerhalb der engen Trogtäler höhenmäßig in Terrassen gegliedert. An die ausgedehnten Schotterfluren schließen sich zumeist feinsedimentarme untere Auenstufen an. Randlich folgen abschnittsweise ältere Auenstufen, die nicht der unmittelbaren Formung durch das rezente Gewässer unterliegen, sondern nur bei lateraler Verlagerung in Anspruch genommen werden.

Auch die Deckschichten sind auf die Auenstufen begrenzt und sind vorherrschend sandig-kiesig. In den Unterläufen können auch lehmige Ausprägungen auftreten.

Abb. 96: Basissubstrate und flachgründige Decksubstrate der gefällereichen block-schottergeprägten Auen der Alpen/Voralpen

Sandige Komponenten sind auf strömungsberuhigte bzw. -arme Bereiche von Bänken und Auenstufen gebunden und zumeist nur kleinflächig als dünne Auflagen anzutreffen (Abb. 97).

Abb. 97: Feinsedimentreiche Auflagen auf Bänken und jüngeren Auenstufen

Mit zwei bis drei Metern über der Schotterflur deutlich höher gelegen, folgt in breiteren Talabschnitten eine ältere Auenstufe mit schottrigem, teils auch blockreichem Basissubstrat und geringmächtigen Feinsedimentauflagen. An diese grenzen überflutungsfreie Schotterterrassen an (Abb. 98).

Abb. 98: Angeschnittene überflutungsfreie Schotterterrassen mit mächtigem Geschiebekörper

Diese idealisierte Auengliederung wechselt hinsichtlich der räumlichen Ausdehnung der verschiedenen Auenstufen in Abhängigkeit von der Talbodenbreite und der lokalen sedimentologischen Entwicklung kleinräumig.

Formenschatz

Die stark geneigten und schmalen Talböden der oberen alpinen Auen werden fast vollständig von Schotterfluren eingenommen (Abb. 99), die von einem Geflecht von Niedrigwasserrinnen durchzogen sind. Diese Schotterfluren werden schon bei leicht erhöhten Abflüssen bespannt und befinden sich in beständiger Umlagerung und sind somit weitgehend vegetationsfrei (FUCHS 1998, JANAUER 2001, TOCKNER 2001). In einer zweijährigen Messkampagne ermittelte ARSCOTT et. al. (2002), dass trotz der weitreichenden Umlagerungen die Flächenanteile der Niedrigwasserrinnen, der Schotterfluren und der frühen Sukzessionsstadien stabil bleiben und somit ein dynamisches Gleichgewicht der Habitate besteht.

Abb. 99: Rinnensysteme auf der Schotterflur

Die Rinnensysteme weisen geringe Windungsgrade auf, verlaufen häufig gestreckt und vermitteln bei Niedrigwasserständen das Bild des „verwilderten“ Flusses bzw. „braided rivers” (Abb. 99). Die Aue wird in diesen Bereichen nahezu ausschließlich durch den Formenschatz des Gewässers geprägt. Höhere Auenstufen und Randsenken treten in den Trogtalabschnitten nicht oder nur in Form schmaler Leisten an den Talbodenrändern auf.

Abb. 100: Historische Situation eines stabil verflochtenen Mehrbettgerinnes und eines mäandrierenden Einbettgerinnes

(Kartengrundlage: Topographischer Atlas vom Königreich Bayern 1:50.000, links: 1819, Bl. 69, Augsburg; rechts.: 1816, Bl. 70, Dachau, © BLVA 2005)

In den im Mittel- und Unterlauf folgenden breiteren Sohlentälern verändert sich die Ausprägung des verflochtenen Gerinnebettmusters. Mit abnehmendem Gefälle treten vermehrt lagestabilere und bewaldete bzw. gehölzbestandene Inseln auf (Abb. 100), die wiederum von ausgedehnten Schotterfluren und -bänken umgeben sind. Der Windungsgrad der Gerinne nimmt zu, und in gefälleärmeren Abschnitte können schwach gewundene Läufe auftreten.

Einen anderen Formenschatz bilden Flüsse mit natürlichen Seen im Oberlauf aus (Abb. 100), die als Hochwasserretention und als Substratfalle wirken. So ist beispielsweise an der Amper unterhalb des Ammersees eine mäandrierende Laufentwicklung mit der Ausbildung von Altwassern und Mäandergürteln zu beobachten.

Überflutung und Grundwasser

Die Alpenflüsse weisen eine ausgeglichene bis mittlere Abflussdynamik auf (Tab. 30). Vor diesem Hintergrund ist die hohe Morphodynamik dieses Typs zunächst überraschend. Ein Blick auf die prägende Gewässergroßlandschaft der Alpen und Voralpen zeigen weitere Aspekte dieser Landschaftseinheit, die durch die Abflussdynamik allein nicht erfasst werden.

Die Alpen weisen ganzjährig extrem hohe Niederschlagssummen bis > 1.800 mm/a auf. Die mächtigen glazifluvialen Schotterdecken der Alpen und des Alpenvorlandes vergleichmäßigen den Abflussgang mittels reicher Grundwasservorräte. Diese Pufferung geschieht auf hohem absoluten Abfluss-Niveau. Das hohe Wasserdargebot mit Abflussspenden über 20 l/(s*km²), teilweise sogar größer als 30 l/(s*km²) für Flüsse > 1.000 km² Einzugsgebiet, entwickelt enorme hydraulische Potenziale. Im Ergebnis werden die Hochflutbetten der Flussauen der Alpen/Voralpen trotz ausgeglichener Wasserführung durch die hohe hydraulische Last auf Grund hoher absoluter Abflusswerte im Mittel einmal pro Jahr vollständig umgelagert.

Die regelhaften Überflutungen der Auenstufen der gefällereichen Flussauen des Alpen/Voralpen sind auf die Sommermonate konzentriert. Die Schotterfluren können ganzjährig überflutet werden, im Sommerhalbjahr sind sie zumeist flächig bespannt. Im Winter bestimmen niedrige Abflussmengen den Wasserhaushalt der Auen, der Abfluss wird in den verflochtenen Niedrigwassergerinnen abgeführt und große Teile der Schotterfluren fallen trocken.

Nur seltene Hochwasser erreichen die höheren Auenstufen, die zudem kaum der fluvialen Formung unterliegen und nur von einzelnen Rinnenrelikten durchzogen werden (Abb. 101, 102). Dagegen wird die untere Auenstufe häufig und bis zu 50 Tagen im Jahr von sehr stark strömenden Abflüssen geprägt.

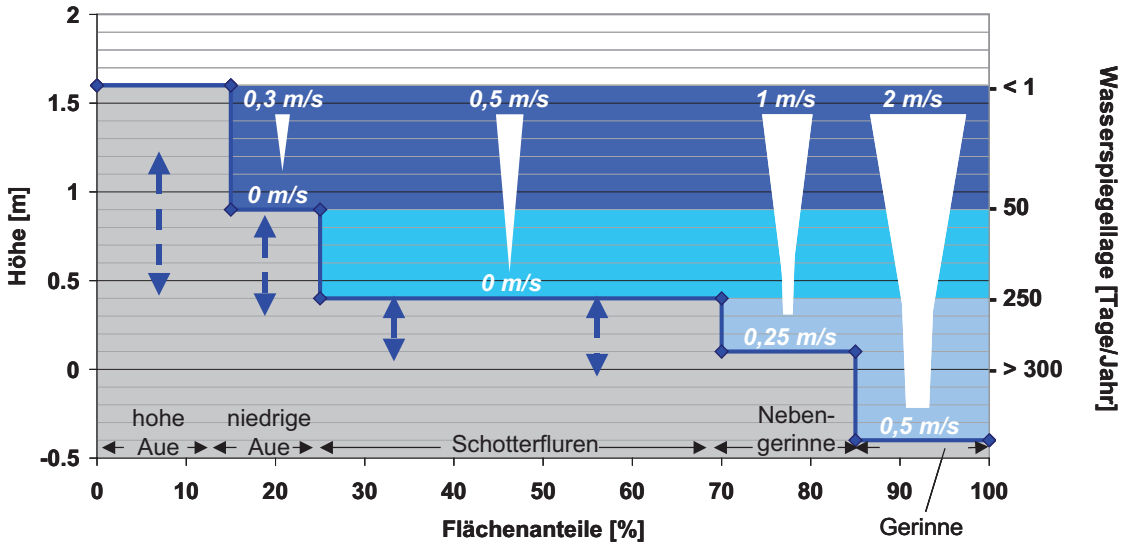


Abb. 101: Hydromorphogramm der gefällereichen block-schottergeprägten Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern

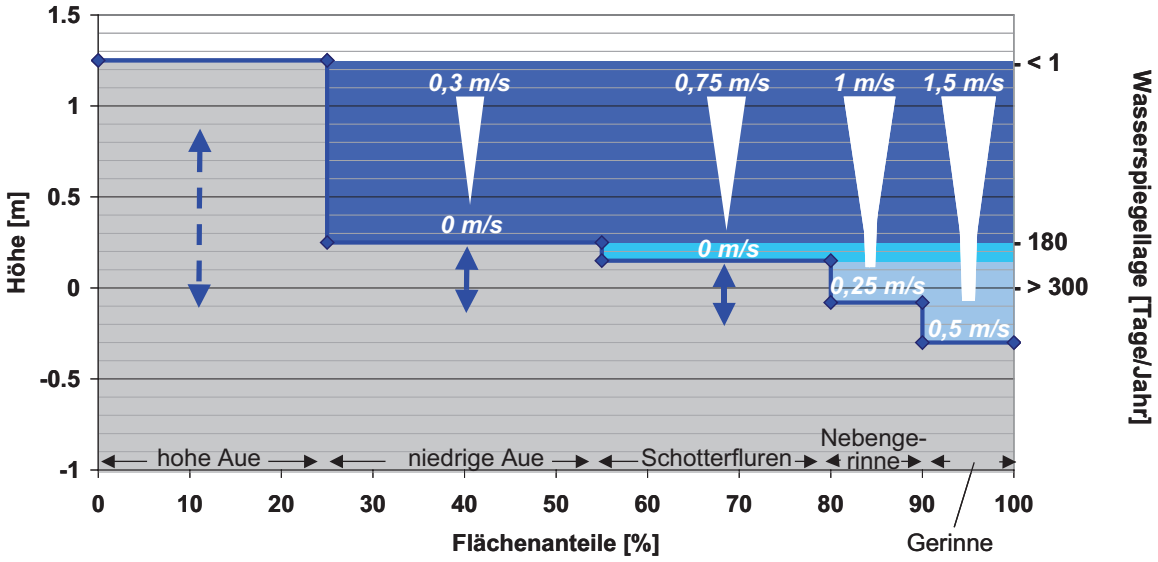


Abb. 102: Hydromorphogramm der gefällereichen schottergeprägten Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern

Die Grundwasserverhältnisse werden von der Höhengliederung des Talbodens bestimmt. Auf höher gelegenen Auenstufen herrschen relativ große Grundwasserflurabstände mit einer hohen Amplitude vor; in tiefer gelegenen Auenstufen mit Senken, Mulden und Rinnen hoch anstehendes Grundwasser mit geringeren Schwankungen.

Die flächenhaften Schotterfluren sind ganzjährig durch den Wechsel von Überströmung und oberflächennahem Grundwasser bestimmt (PLACHTER 1986 und 1998). Die sehr hohen Durchlässigkeiten der groben Talbodenfüllungen bedingen zudem ein starkes und schnelles Korrespondieren der Fluss- und Grundwasserstände. Randlich in der Aue gelegene Rinnen sind in Niedrigwasserphasen stärker grundwassergeprägt (Abb. 103).

Abb. 103: Grundwassergespeiste, rasch durchströmte Rinne am Rand der Schotterflur

Hydromorphodynamik

Die gefällereichen block- und schottergeprägten Flussauen der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern stellen die morphologisch dynamischsten Auen Deutschlands dar (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1984). Die Schotterfluren als Teil des Gewässerbettes befinden sich in kontinuierlicher Umlagerung und bilden einen der extremsten semiaquatischen Standorte Mitteleuropas. Die sommerlichen Überflutungen bedingen zudem eine besondere standörtliche Qualität, da sie in der Vegetationsperiode liegen und daher besonders wirksam auf die Vegetation wirken. Die unteren Auenstufen werden ebenfalls in hohem Maße hydraulisch beansprucht, nur die selten überfluteten hohen Auenstufen weisen vergleichsweise stabile standörtliche Verhältnisse auf, so dass ihr Auencharakter im Wesentlichen durch die hohen Grundwasseramplituden und weniger durch die seltenen Überflutungen geprägt wird.

Sondersituationen

Die Donau nimmt eine Sonderstellung innerhalb der gefällereichen Auen der Alpen/Voralpen ein. Sie unterliegt durch die Zuflüsse aus dem Deckgebirge Einflüssen des pluvialen Abflussregimes (BAUER 1965, BIRKEL & MAYER 1992), ab der Illermündung dominiert jedoch der nivale Charakter auf großen Strecken. Nicht nur das Abflussregime, sondern auch die Substratverhältnisse und der Lauftyp werden flussabwärts durch einen stetigen Wechsel entsprechend der einmündenden Gewässer bestimmt. Dieser Formenwandel ist exemplarisch mit Abbildung 104 illustriert. Die Donau weist ein Einbettgerinne auf, bis ein alpin geprägtes Nebengewässer seinen Formenschatz auf die Donau überträgt. Mit zunehmender Distanz zur Einmündung des alpinen Zuflusses verliert sich dessen Charakter, bis wieder ein mäandrierendes Einbettgerinne mit entsprechendem Formenschatz vorherrscht.

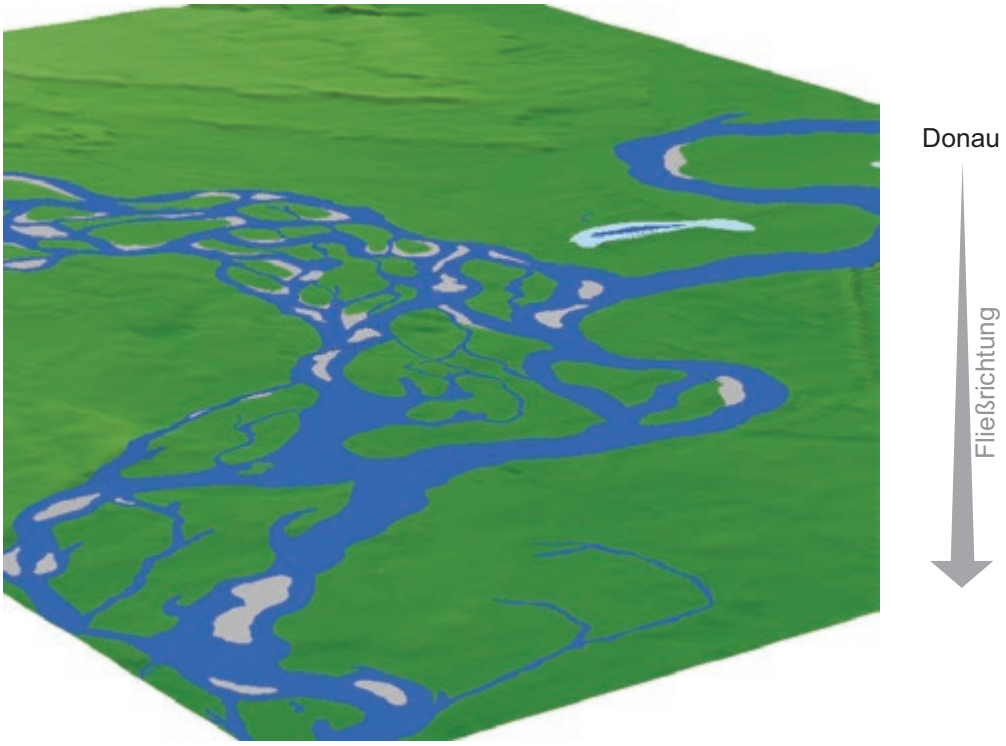


Abb. 104: Mündungssituation eines alpinen Nebengewässers in die Donau – Vererbung des alpinen Formenschatzes

(Datenbasis: Geobasisdaten © Bayerische Vermessungsverwaltung)

Vegetation (VAN DE WEYER 2005)

Die block-schottergeprägten Flussauen der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern sind von blockigen bis schotterigen vegetationsfreien Fluren dominiert, die unter Mittelwasser (MQ) flächig bespannt sind und einer sehr hohen Hydromorphodynamik unterworfen sind. Neben flachen Abflussbahnen können sich in Niedrigwasserphasen auf den vegetationsfreien Flächen untergeordnet Pionierfluren ansiedeln. Auf den Rohboden-Pionierflächen siedeln z. B. die Knorpellattich-Flur
(Chondrilletum chondrilloidis), die Ufer-Reitgras-Gesellschaft (Calamagrostietum pseudophragmitis) und Weiden-Tamarisken-Gebüsche (Salicion elaeagni) (Nomenklatur nach POTT 1995). Eine Übersicht gibt MÜLLER (1995). Nasse bis feuchte Standorte, die nicht so stark der Morphodynamik unterliegen, beherbergen gehölzfreie Überflutungsvegetation (Agropyro-Rumicion, Phalaridetum und verschiedene Hochstauden-Gesellschaften, MÜLLER 1995). Im Kontakt hierzu stocken Weidengebüsche und –wälder (Salicion albae), Erlen-Eschenwälder (Alnetum incanae) und der Eichen-Ulmenwald (Querco-Ulmetum).

Trockene Rohbodenstandorte, die stark austrocknen, sind Standorte der „Brennen“ oder „Heißländer“ (Mesobrometum alluviale sensu OBERDORFER 1957). Hieraus können sich im Laufe der Sukzession Gebüsche trockener Standorte (Berberidion vulgaris) entwickeln. Waldgesellschaften auf diesen Standorten sind der Eichen-Hainbuchenwald (Carpinion), auf sehr flachgründigen Standorten der Schneeheide-Kiefernwald (Erico-Pinion).

Bei der schottergeprägten Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern treten die Anteile der vegetationsfreien Schotterfluren zurück und der Anteil der Waldstandorte, insbesondere auf den bewachsenen Inseln zwischen den stabileren verflochtenen Gerinnen, nimmt zu.

Auch die Fließgewässer der gefällereichen Flussauen der Alpen/Voralpen weisen die ausgeprägteste Morphodynamik und bestenfalls eine spärliche Vegetation auf. Nur in strömungsberuhigten Bereichen können sich Wasserpflanzen-Gesellschaften entwickeln. Grundwasserbeeinflusste, nährstoffarme Gewässer, wie Gießen, weisen bevorzugt Armleuchteralgen-Gesellschaften, nährstoffreichere Gewässer Laichkraut-Gesellschaften auf.

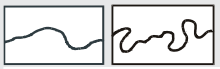
Tab. 30: Charakterisierung der gefällereichen Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern

Flussauentyp **Parameter**	**Gefällereiche Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern**		
Gewässergroß-landschaft	Alpen/Voralpen		
Einzugsgebietsgröße	überwiegend < 9.000 km^2, Sondersituation Inn: ca. 26.000 km^2		
	Alpen/Voralpen	alpin geprägte Gewässer durch die Großlandschaft des Alpenvorlandes fließend	alpin geprägte Gewässer mit Seen im Hauptschluss
Abflussregime	nival		
Talformen	vorherrschend breite Sohlentäler gefüllt mit mächtigen Schotterkörpern		
Talbodenform/ -charakteristik	Trogtäler mit vorherrschend weiten Talböden, steile Talflanken, steil einmündende geschiebereiche Nebengewässer, in breiteren Talsituationen randlich ältere Terrassen	Voralpen: weiter Talboden, überwiegend durch pleistozäne Terrassen seitlich begrenzt	
Auengefälle	gefällereich > 0,5 ‰ vorherrschend 2–3,3 ‰	gefällereich > 0,5 ‰ 1–3,1 ‰, überwiegend zwischen 1,5–2,5 ‰	
Auensubstrat			
Basissubstrat	vorherrschend: Schotter, Blöcke untergeordnet: Kies, Sand	vorherrschend: Schotter mit zunehmendem Kiesanteil im Fließgewässerverlauf untergeordnet: Sand	Kies/Schotter, zudem Sand/Kies aus Alpenvorland
Deckschicht	überwiegend: Sand untergeordnet: Kies	überwiegend: Ton/Lehm, Sand lokal großflächig: Torf/organische Substanz	
Formenschatz der Aue			
Auengewässer Hohlformen	Niedrigwasserrinnen auf Schotterfluren, grundwasserdominierte Rinnen am Talrand	Mehrbettgerinne mit einzelnen Altwasserstrukturen in Randbereichen, Hochflutrinnen, Gießen in älteren Rinnensystemen	Einbettgerinne mit Nebengerinnen, zahlreiche Altwasser in Form von Mäandergürteln
Vollformen	Schwemmfächer einmündender Nebengewässer, Schotterbett	zahlreiche bewachsene Inseln, anschließende großflächige Schotterbänke	Mäanderscrolls, alte höhere Auenstufen

Tab. 30 (Fortsetzung): Charakterisierung der gefällereichen Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern

Kleinrelief	eher gering reliefierte Schotterfluren, Auskolkungen, großes Totholz als Schwemmgut, extrem viele verflochtene Rinnensysteme wenn vorhanden auf höherer Talstufe: Hochflutrinnen	stark reliefiert, häufig Terrassenbildung (Pleistozän), Hochflutrinnen, zahlreiche Rinnensysteme unterschiedlichen Alters auf Auenstufen	reliefierte Aue mit verlandenden Mäandern, Rinnenstrukturen
Hydrologie			
Abflussdynamik	Verhältnis zwischen mittlerem Hoch- und Niedrigwasserabfluss (MHQ zu MNQ)		
	MHQ/MNQ 5 bis 10 geringe Dynamik	MHQ/MNQ 5 bis 20 geringe bis mittlere Dynamik	MHQ/MNQ um 15 mittlere Dynamik
Abflussspende	30 l/(s*km²) Median-Spende	20 bis 30 l/(s*km²) Median-Spende	11 bis 15 l/(s*km²) Median-Spende Sondersituation Alz mit 30 l/(s*km²)
Wasserdargebot	sehr hohes Wasserdargebot		hoch bis sehr hoch
Überflutungs-charakteristik	jahreszeitlich schwankende Abflusssituation mit lang anhaltenden Hochwasserphasen im Sommerhalbjahr und ausgeprägten Niedrigwasserphasen im Winter lang anhaltend hohe Fließgeschwindigkeiten im Bereich der Schotterfluren und -bänke		
Ausuferungsdauer	150 Tage (5 Monate) mittlere jährliche Anzahl Tagesmittelwerte über MQ		
Ausuferungs-charakteristik	sehr frühe, schnelle Überflutung der Schotterfluren (< MQ) mit hohen Substratverlagerungs-raten (Abfluss nur bei Niedrigwasser auf einzelne Abflussbahnen beschränkt)	bei Niedrigwassersitua-tionen sind nur der Hauptlauf und die Hauptnebengerinne mit Wasser bespannt, viele Nebengerinne fallen trocken, sind jedoch bei MQ, wie auch die ausgedehnten Schotterflächen, bereits wieder mit Wasser bespannt; die Inseln werden unterjährlich über lange Zeiträume überflutet; geringere Substratverlagerung, daher Ausbildung stabiler Auenstrukturen wie Inseln	Sondersituation bei Amper und Alz (Seeausflussregime, dadurch auch Substratdefizit) sowie bei Donau zwischen Iller und Regen (Überlagerung von nivalen und pluvialen Einflüssen aus Alpen und Deckgebirge, wobei die Sommerhochwasser-phasen dominieren)
Grundwasserstand und -amplitude	geringe Schwankungsamplitude aufgrund der ausgleichenden Wirkung der mächtigen glazifluviatilen Schotterdecken mit reichen Grundwasservorräten		ebenfalls geringe bis mittlere Schwankungsamplitude

Tab. 30 (Fortsetzung): Charakterisierung der gefällereichen Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern

Laufform				
Flussabschnittstyp				
Laufentwicklung Windungsgrad	gestreckt bis schwach gewunden		gewunden	gewunden bis mäandrierend
Lauftyp	verflochten		verflochten	Einbettgerinne
Hydromorphodynamik/ laterale Erosion/ Verlagerungsverhalten besondere Laufstrukturen	extreme Morphodynamik mit einer hohen Umlagerungsrate des Geschiebes, Talraum ist dominiert von vegetationsarmen Schotterkörpern mit verflochtenen, flachen Abflussbahnen		sehr hohe Morphodynamik mit lateraler Erosion und Substratverlagerung, bewachsene Inseln mit großen vegetationsarmen Schotterbänken	laterale und talabwärts gerichtete Verlagerung der Laufbögen, seltener Nebengerinne, häufige Totholzverklausungen, insbesondere in Gleituferbereichen vegetationsarme Standorte, lokale Inselbildungen
Vegetation				
vorherrschende Vegetationseinheiten der Gewässer	Fließgewässer:			
	+++	vegetationsfrei		
	nährstoffarme Stillgewässer:			
	+	Charetea-Gesellschaften		
	nährstoffreiche Stillgewässer:			
	+	Potameteta-Gesellschaften		
vorherrschende Vegetationseinheiten der Aue	+++	vegetationsfrei	trockenere Standorte mit geringerer Morphodynamik: Carpinion, flachgründige Böden: Erico-Pinion	
	+++	nasse, feuchte und trockene Rohboden-Pionierstandorte (z. B. Chondrilletum chondrilloidis, Calamagrostietum pseudophragmitis, Salicion elaeagni)		
	++	trockenere Standorte mit geringerer Morphodynamik: Carpinion, flachgründige Böden: Erico-Pinion	vegetationsfrei	
(+++ bis + = vorherrschend bis untergeordnet)	+	überflutete, nasse bis feuchte Standorte mit weniger Morphodynamik: Agropyro-Rumicion, Phalaridetum arundinaceae, Salicion albae, Alnetum incanae		

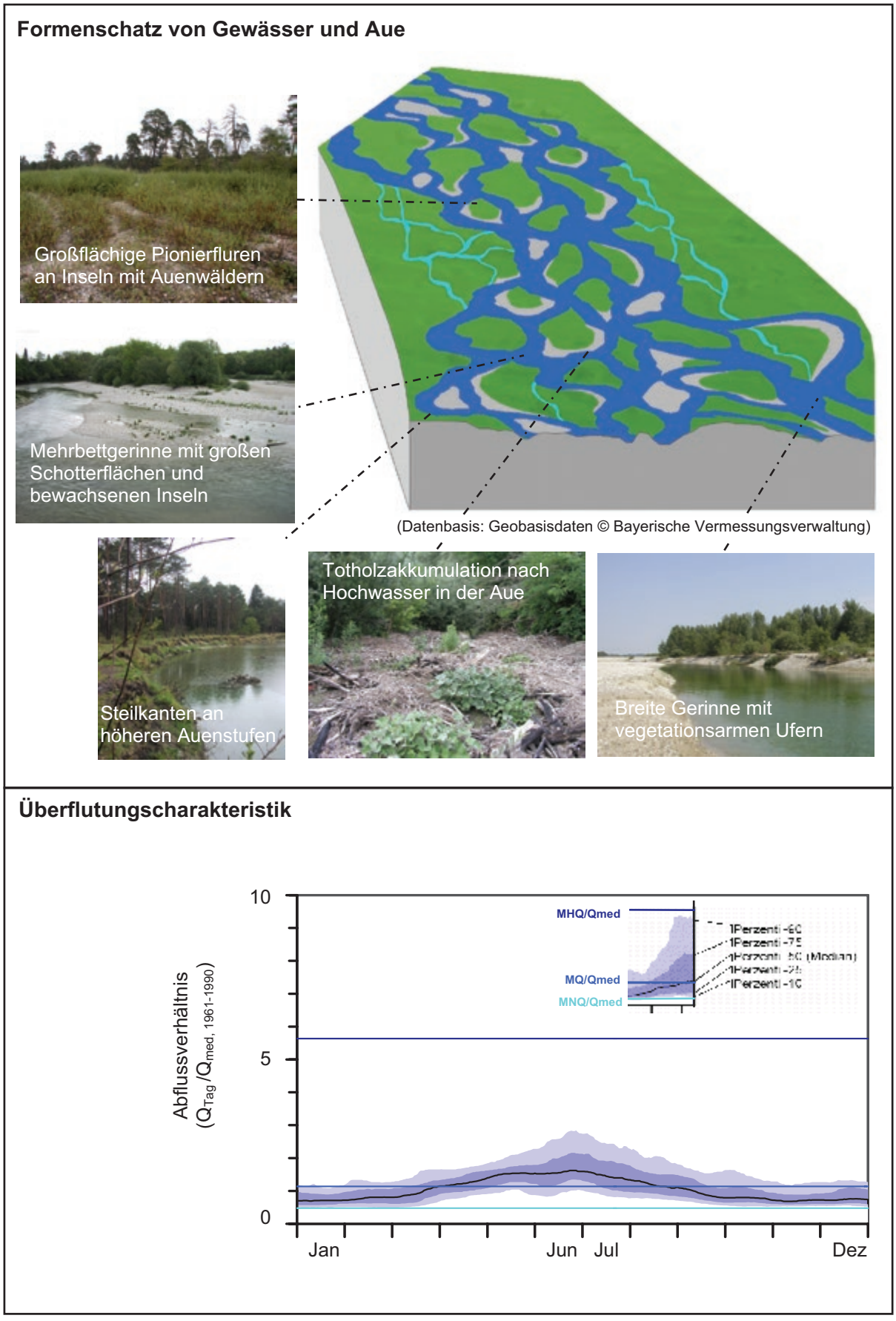


Abb. 105: Gefällereiche schottergeprägte Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern

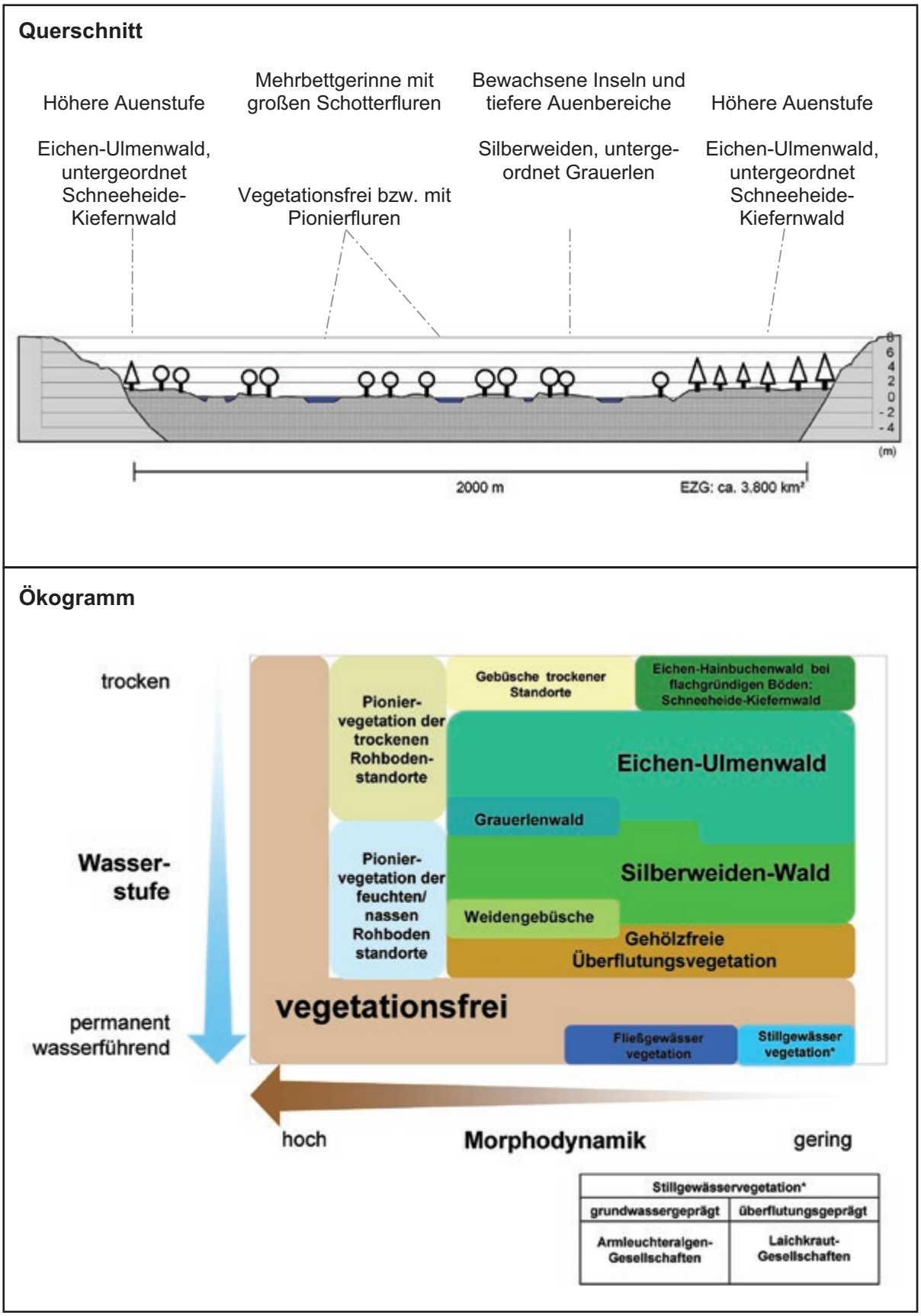


Abb. 105 (Fortsetzung): Gefällereiche schottergeprägte Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern

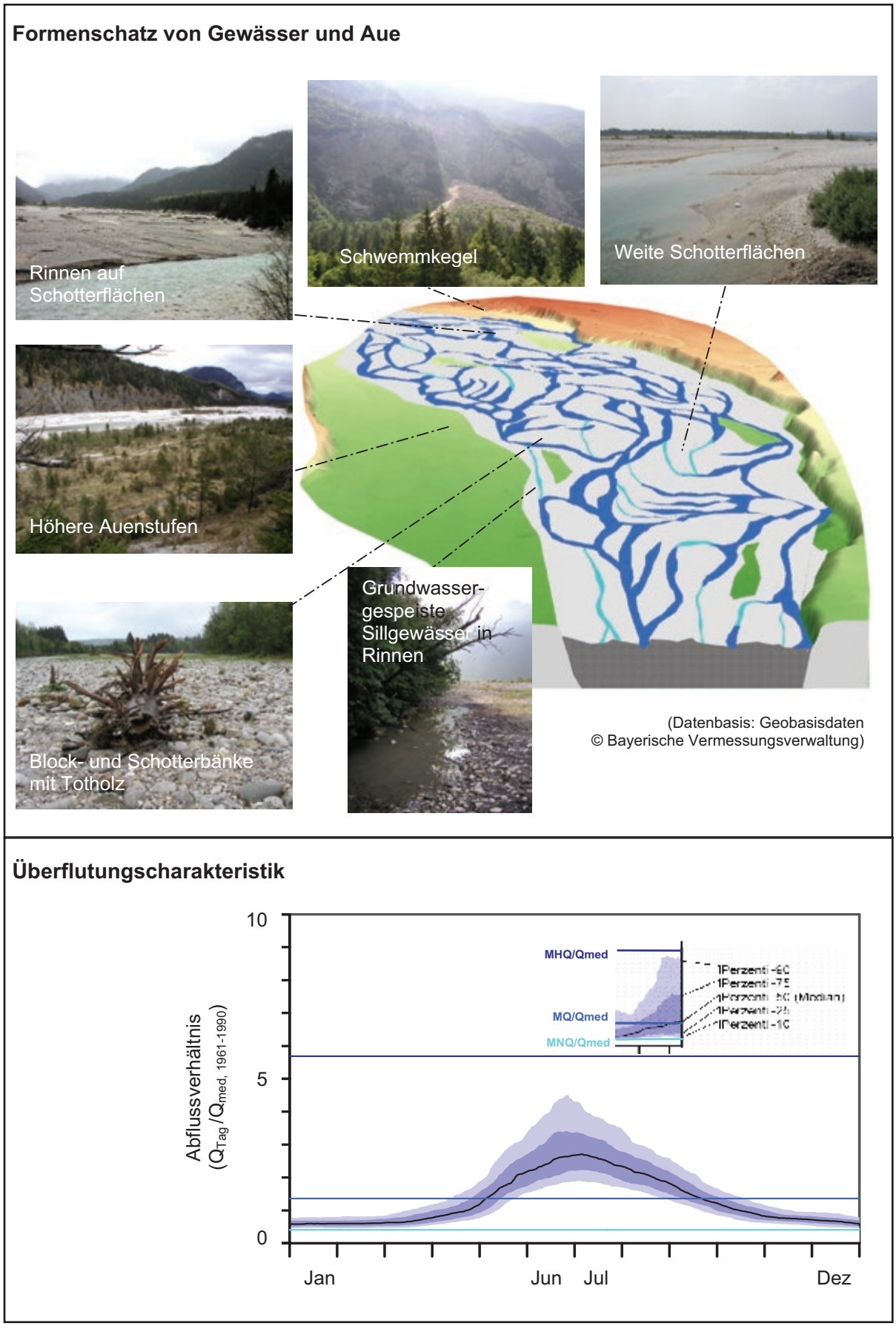


Abb. 106: Gefällereiche block-schottergeprägte Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern

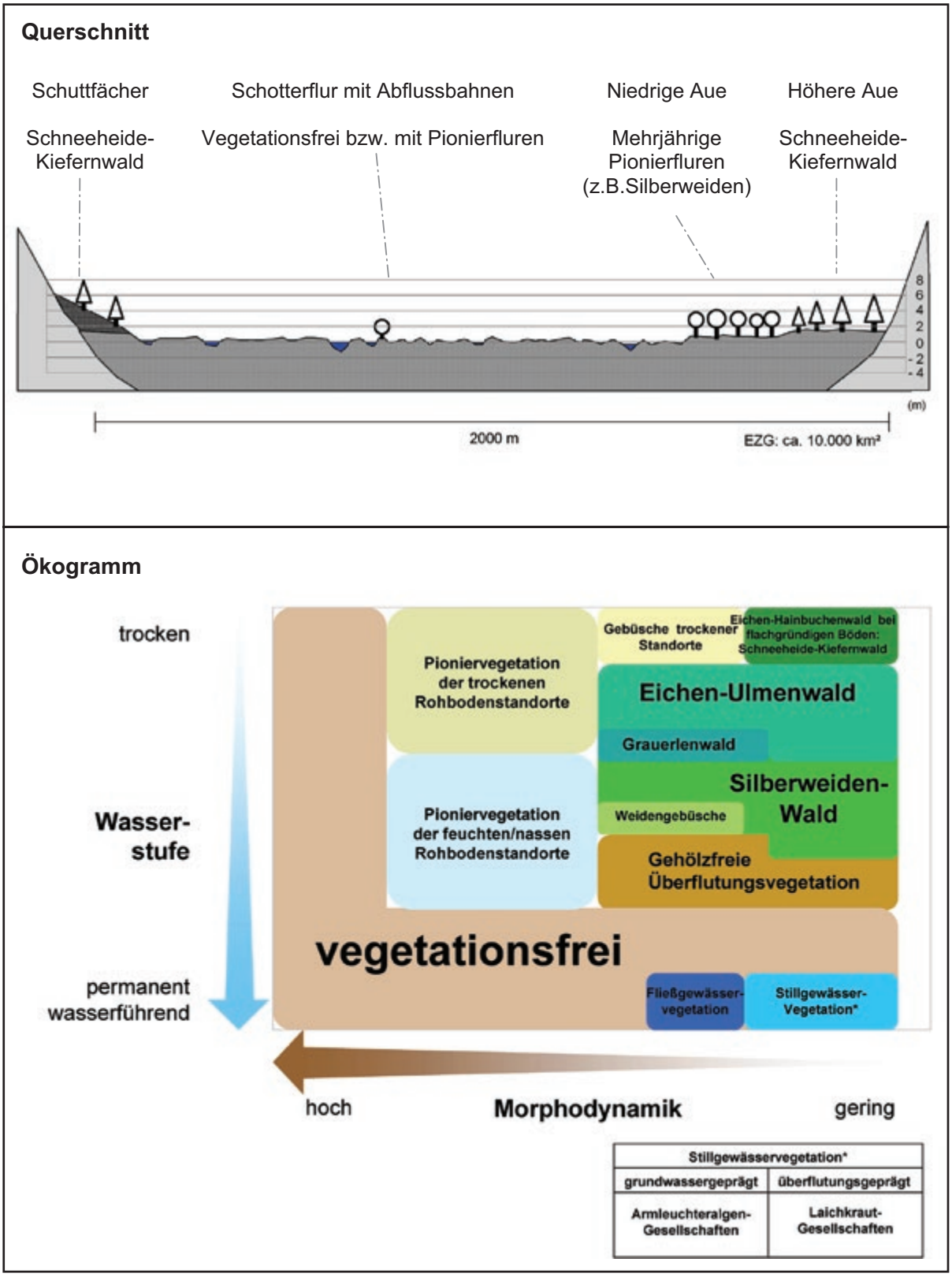


Abb. 106 (Fortsetzung): Gefällereiche block-schottergeprägte Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern

3.2.5 Stromauen

Die Stromauentypen werden in der nachfolgenden Reihenfolge beschrieben und durch entsprechende Tabellen und Abbildungen charakterisiert.

- Gefällearme Stromaue mit Winterhochwassern
- Gefällearme Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern
- Gefällearme Stromaue mit Sommerhochwassern
- Gefällereiche Stromaue mit Sommerhochwassern

Die Stromauen weisen im Längsverlauf deutlich variierende Gefälleverhältnisse auf und werden ebenfalls in gefällearme und gefällereiche Typen unterteilt.

Abbildung 107 zeigt die Höhenlagen und Gefälleverhältnisse der Stromauen und vermittelt deutlich die Sonderstellung der gefällereichen südlichen Oberrheinauenabschnitte. Mit Ausnahme dieser Abschnitte gehören alle anderen Stromauen den gefällearmen Ausprägungen an.

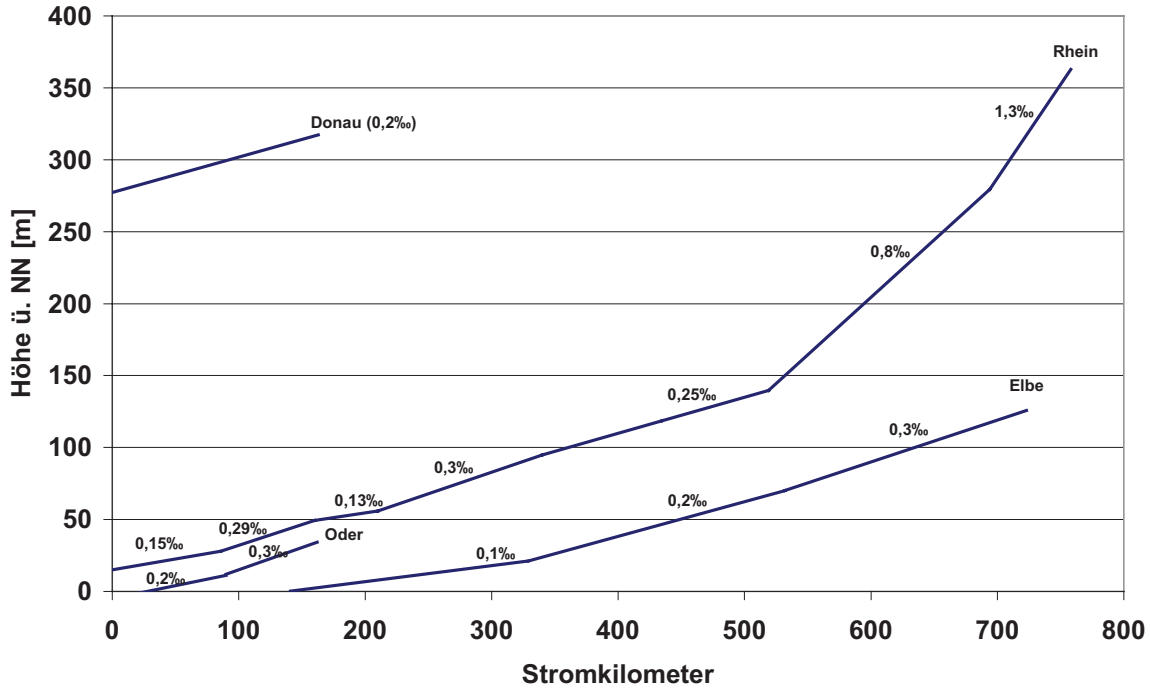


Abb. 107: Höhenlage und mittlere Auengefälle der Stromauen Deutschlands für die betrachteten Laufabschnitte

Die Stromauen sind in besonderem Maße durch ihre hydrologischen Charakteristika typologisch differenzierbar. Somit können morphologisch sehr ähnliche Ausprägungen deutlich hinsichtlich ihrer Abflussregime und damit auch ihrer standörtlichen Bedingungen unterschieden werden.

Während die Abflussdynamik aller Stromauen auf Grund der Größe der Einzugsgebiete ähnlich ist, unterscheiden sich die nivalen und nivopluvialen Typen hinsichtlich des Wasserdargebotes erheblich (Tab. 31). Im Gegensatz hierzu stehen die pluvial geprägten Stromtypen, die eine im Vergleich hohe Abflussdynamik bei sehr viel geringerem Wasserdargebot aufweisen.

Tab. 31: Hydrologische Charakteristika der Stromauentypen

Gefälle	gefällearm							gefälle-reich
Abflussregime	pluvial				nivopluvial		nival	
Basissubstrat	teilmineralisch-organisch	Sand	Sand/ Kies	Kies	Kies	Kies/ Schotter	Kies/ Schotter	Schotter
Abflussdynamik [MHQ/MNQ]	5–6	7	7–10	12–13	6	6	6	6
Wasserdargebot Median-Spende [l/(s*km^2)]	4–5	4,6	4,8	4,8	13	12–15	23,3	28,8

3.2.5.1 Gefällearme Stromaue mit Winterhochwassern

Lage und räumliche Verteilung

Die gefällearme Stromaue mit Winterhochwassern ist in ihrer Verbreitung auf den norddeutschen Raum beschränkt (Abb. 108), Oder- und Elbeauen sind diesem Typus zuzuordnen.

Die umgebenden Landschaften werden vorherrschend von Altmoränenlandschaften mit vergleichsweise ausgeglichenen Reliefverhältnissen bestimmt, wobei im Bereich der Eintritte in die Jungmoränenlandschaft auch akzentuierte Talränder auftreten können. Abschnittsweise verlaufen die Auen in pleistozänen, sehr weiten und gefällearmen Urstromtälern. Wechsel zwischen den Urstromtälern sind zumeist mit Einengungen bzw. Reduzierungen der Auenbreiten verbunden.

In diesen mineralisch geprägten Auen herrschen Lockergesteine vor. Zudem können weitflächig Niedermoorbildungen unterschiedlicher Ausprägungen auftreten.

Die oberen Einzugsgebiete weisen Mittelgebirgsanteile auf, wobei diese an der Elbe deutlich ausgedehnter sind und so das Abflussgeschehen und den Geschiebehaushalt deutlicher bestimmen als an der Oder (SCHMID 1999).

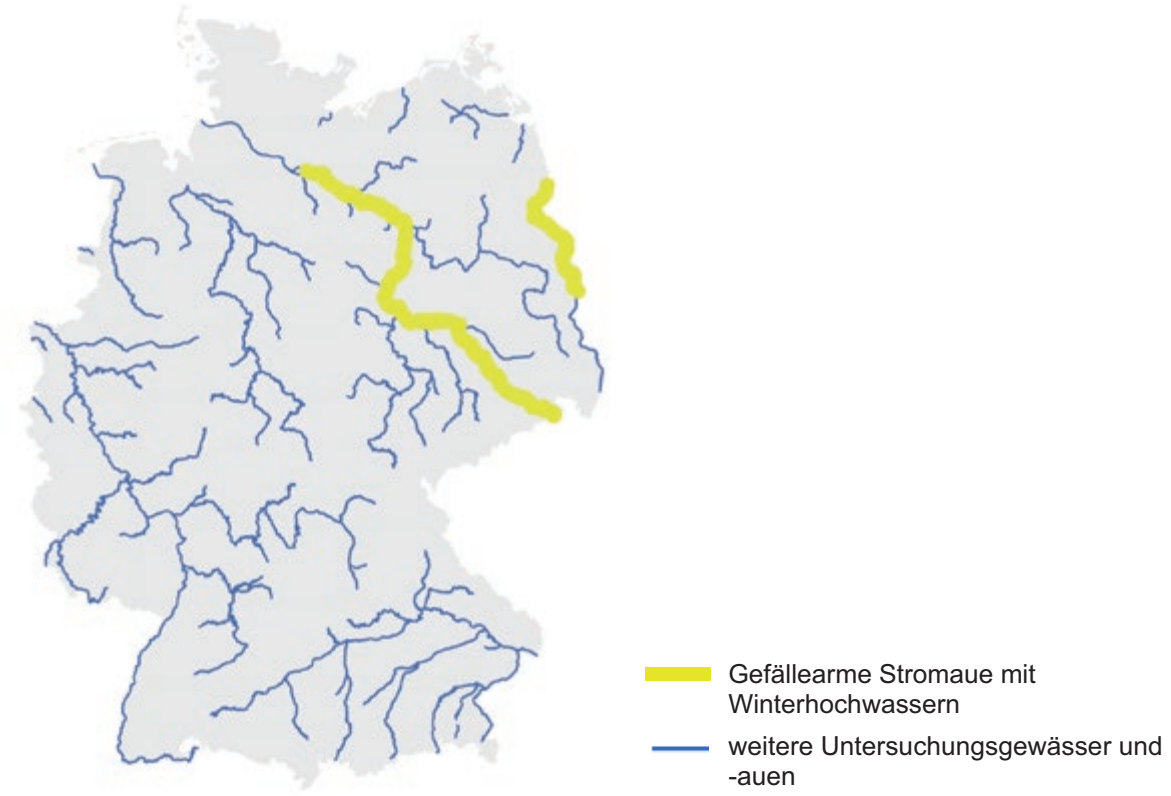


Abb. 108: Lage der gefällearmen Stromauen mit Winterhochwassern
(Datenbasis: DLM1000 © Vermessungsverwaltungen der Länder und BKG 2003)

Im Rahmen der vorliegenden typologischen Zuordnungen werden die Stromauen der laufabwärts anschließenden Übergangsgewässer (im Sinne der WRRL) nicht betrachtet, da deren standörtliche Verhältnisse durch das komplexe Wechselspiel des Tideneinflusses überprägt werden.

Talbodenform und -gefälle

Die gefällearmen Stromauen mit Winterhochwassern besitzen sehr weite, viele Kilometer breite Talböden, die zum Teil keine markante Abgrenzung gegen das Umland aufweisen und die über pleistozäne Rinnensysteme in den Niederterrassen mit dem weiteren Umland korrespondieren können.

Die Gefällewerte liegen zumeist zwischen 0,2 und 0,3 ‰, die unteren Elbauen, die im Bereich des Urstromtals verlaufen, weisen Werte < 0,1 ‰ auf.

Die Talböden der mineralischen Ausprägungen sind zumeist terrassiert und besitzen ein ausgeprägtes fluviales Feinrelief mit Höhenunterschieden von mehreren Metern, wogegen die Höhendifferenzen der teilmineralisch-organischen Ausprägungen nur im Meterbereich liegen.

Abflussregime

Das Abflussverhalten wird von winterlichen, lang anhaltend abfließenden Hochwassern bestimmt. Die Abnahme der Hochwasserhäufigkeit im Frühjahr und Frühsommer liegt rund zwei Monate vor den nivopluvialen Ausprägungen im Westen Deutschlands.

Die Sommermonate zeigen ein Sekundärmaximum im Juli, mit seltenen, aber abflussstarken konvektiv bedingten Sommerhochwassern. Grundsätzlich werden die Sommermonate jedoch von ausgedehnten Niedrigwasserphasen geprägt (Abb. 120, 121).

Substratdeterminierte Auenabschnittstypen

Die gefällearmen Stromauen mit Winterhochwassern zeigen im Längsverlauf eine Differenzierung ihrer Substratverhältnisse in bis zu vier Abschnittstypen, die nachfolgend vergleichend beschrieben werden.

Diese Beschreibung folgt wiederum dem Aufbau der Typdiagramme auf der Ebene der Abschnittstypen:

- Gefällearme teilmineralisch-organisch geprägte Stromaue mit Winterhochwassern (Abb. 109, 120)
- Gefällearme sandgeprägte Stromaue mit Winterhochwassern (Abb. 110)
- Gefällearme sand-kiesgeprägte Stromaue mit Winterhochwassern (Abb. 111, 121)
- Gefällearme kiesgeprägte Stromaue mit Winterhochwassern (Abb. 112)

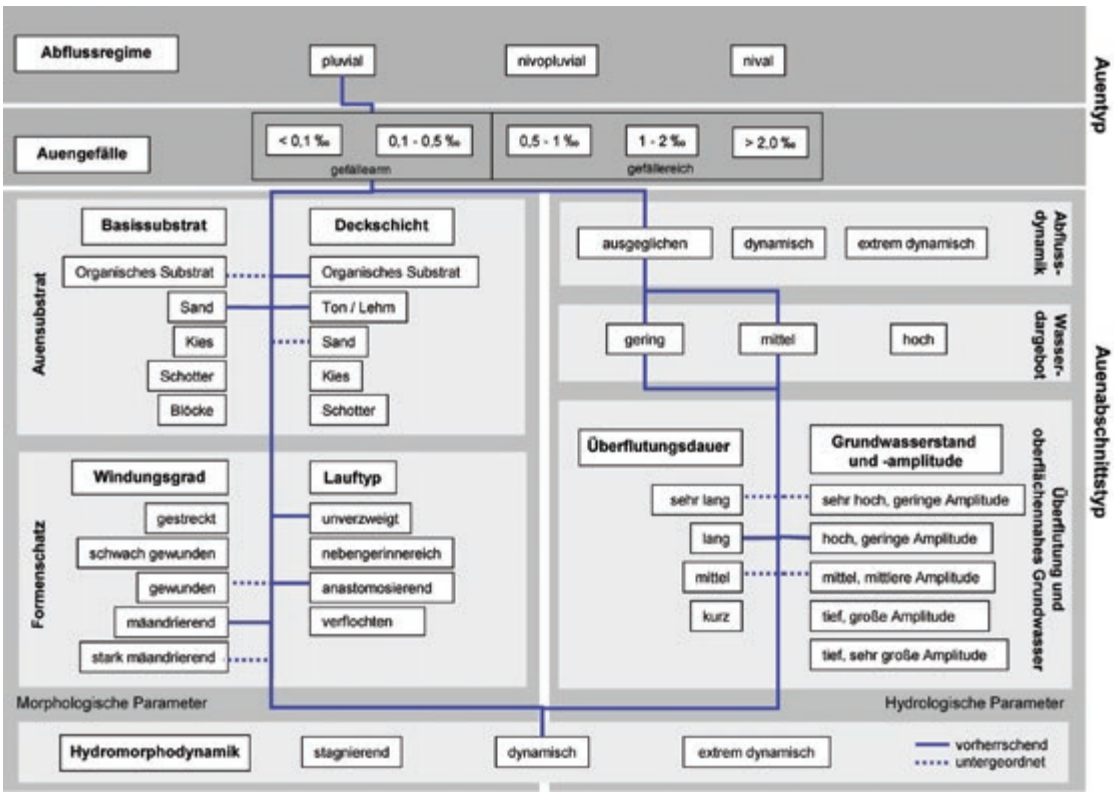


Abb. 109: Typdiagramm der gefällearmen teilmineralisch-organisch geprägten Stromaue mit Winterhochwassern

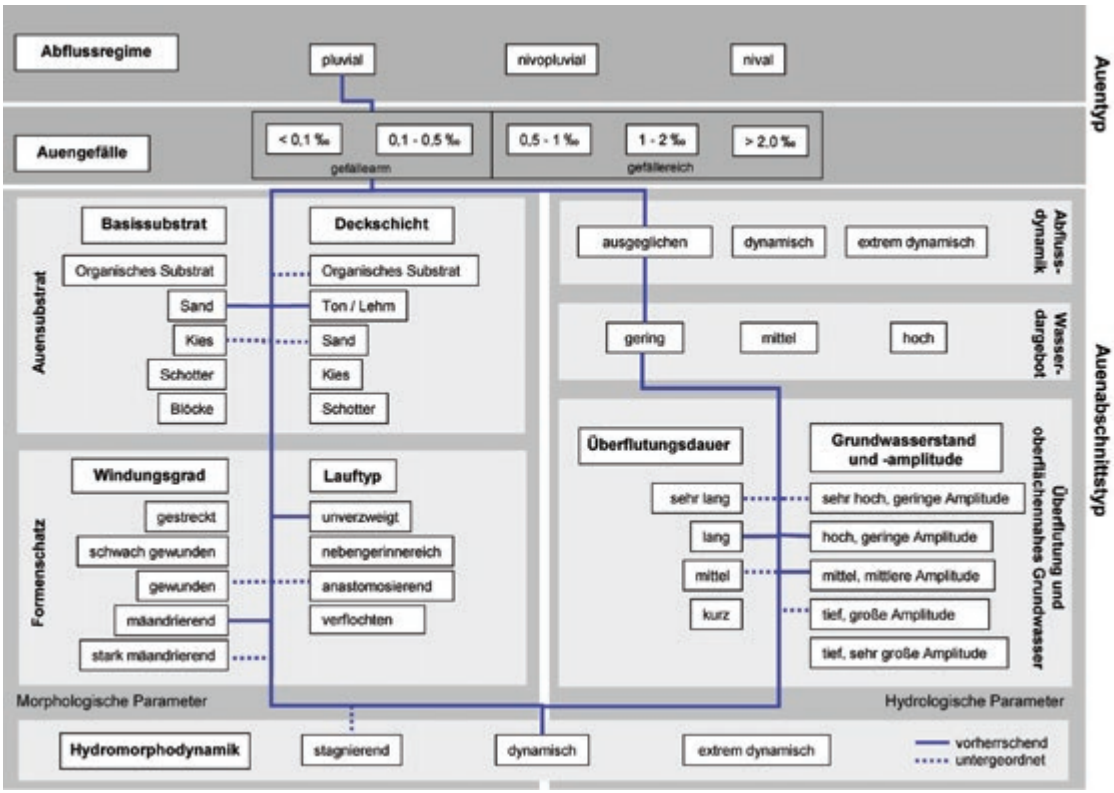


Abb. 110: Typdiagramm der gefällearmen sandgeprägten Stromaue mit Winterhochwassern

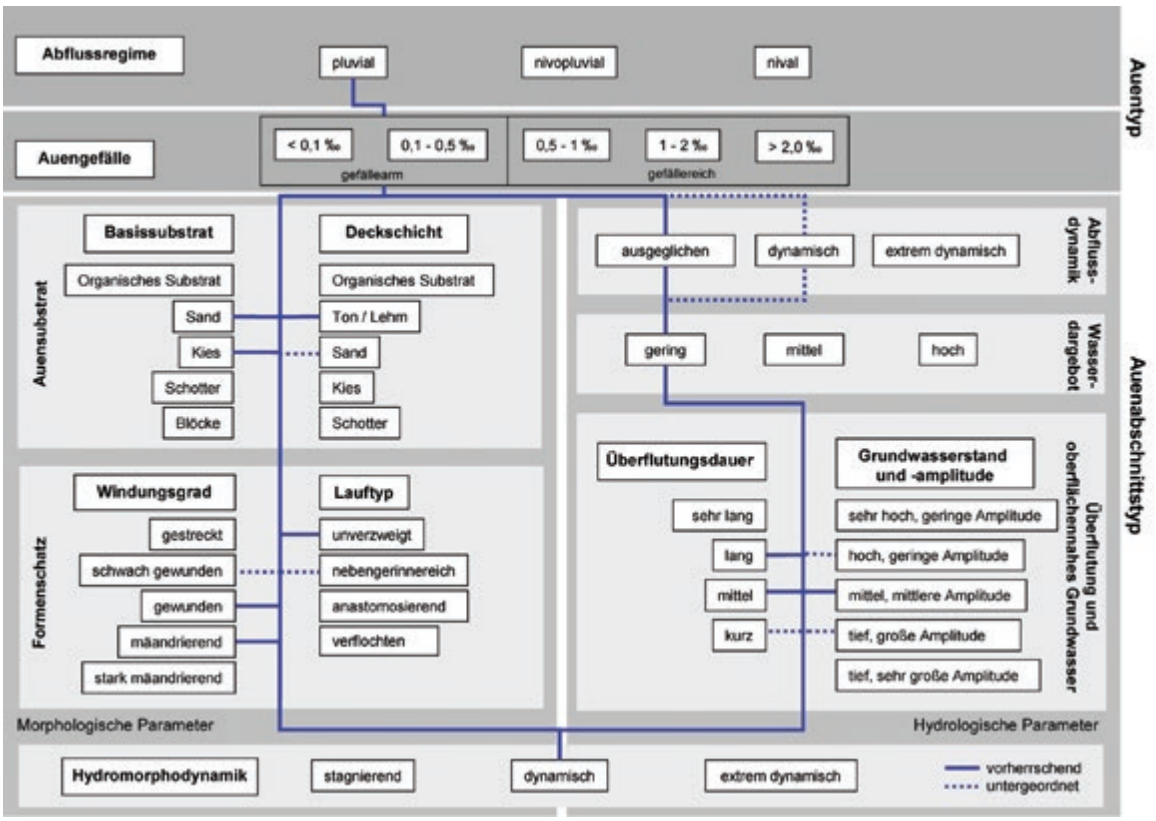


Abb. 111: Typdiagramm der gefällearmen sand-kiesgeprägten Stromaue mit Winterhochwassern

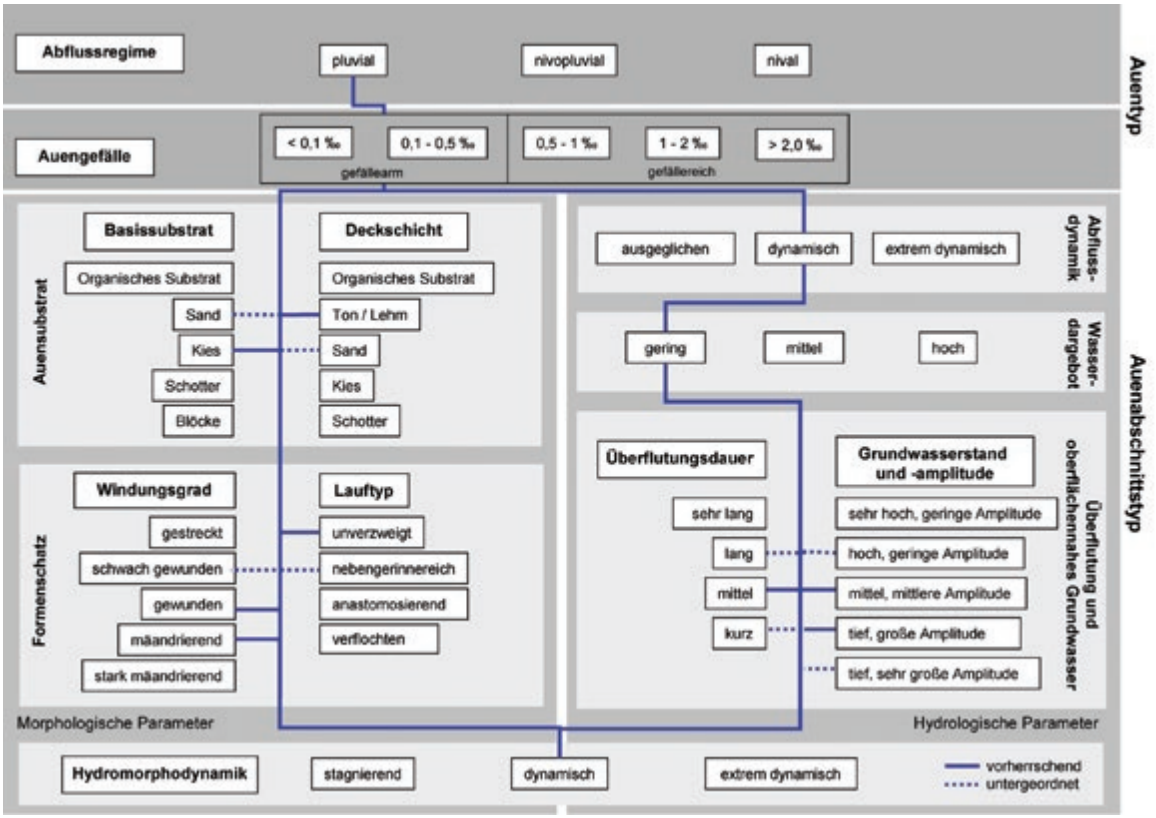


Abb. 112: Typdiagramm der gefällearmen kiesgeprägten Stromaue mit Winterhochwassern

Deck- und Basissubstrat

Die gefällearmen teilmineralisch-organisch geprägten Stromauen mit Winterhochwassern begleiten den Unterlauf der Oder. Die ausgedehnten Niedermoorkomplexe dieses Auenabschnittstyps werden von eingelagerten mineralischen Komplexen unterbrochen, die auf jüngere Ablagerungen zurückgeführt werden können (Abb. 113).

Abb. 113: Flächig nasse Standorte in der teilmineralisch-organisch geprägten Stromaue

Die mineralischen Ausprägungen sind durchgängig an der Elbe anzutreffen. Die Elbauen zeigen dabei einen deutlichen Gradienten hinsichtlich der vorherrschenden Basissubstrate. Kiesige – den mittelgebirgsgeprägten Einzugsgebieten der Zuflüsse entstammende – Basissubstrate bestimmen Gewässer und Auen bis in den Bereich der Mündung der Schwarzen Elster (Karte siehe Anhang), sandig-kiesige Basissubstrate vermitteln zu den sandgeprägten Auen des Unterlaufs (Abb. 114).

Abb. 114: Sohlsubstrate der Elbe (NESTMANN & BÜCHELE 2002)

Alle genannten Abschnittstypen weisen Feinsedimentauflagen auf den Basissubstraten auf, zumeist Auenlehme und -sande. Auch in den Stromauen führen die Auenlehme und -sande durch ihren Nährstoffreichtum und ihre vergleichsweise einheitlichen Korngrößenspektren zu einer Vereinheitlichung der pedologischen Bedingungen (Abb. 115).

Die teilmineralisch-organischen Abschnitte werden dagegen von einem kleinräumigen Wechsel von organischen und mineralischen Deckschichten bestimmt.

Abb. 115: Sandige Substratablagerungen in der Aue

Gerinne und Formenschatz

Die Talböden der gefällearmen Stromauen werden zumeist durch mehrere Auenstufen vertikal gegliedert und sind abschnittsweise stark strukturiert. Dies gilt insbesondere für die Ausprägungen mit mineralischen Substraten, die von mäandrierenden Läufen mit Einzelbettgerinne bestimmt werden (Abb.116).

Abb. 116: Gerinnebettmuster und Auengewässer bei mineralisch geprägten Basissubstraten und stark mäandrierendem Einzelbettgerinne

(Satellitenbild: Google-Maps [http://maps.google.com, Stand: 1.7.2005] © Google 2005)

Die teilmineralisch-organischen Ausprägungen besitzen dagegen vertikal schwach oder nicht gegliederte Talböden mit geringeren Gefällewerten.

Mit geringerem Gefälle und Zunahme der organischen Anteile nimmt die Tendenz zur Ausbildung von Anastomosen zu. Der Formenschatz der teilmineralisch-organischen Abschnitte wird somit von zahlreichen kleineren Nebenläufen und Wasserflächen bestimmt (Abb. 117).

Abb. 117: Gerinnebettmuster und Auengewässer bei teilmineralisch geprägten Basissubstraten und Anastomosen

(Satellitenbild: Google-Maps [http://maps.google.com, Stand: 1.7.2005] © Google 2005)

Die sandgeprägten und kiesgeprägten Abschnittstypen weisen Formen auf, die auf die laterale Verlagerung der Mäander in den leicht beweglichen Basissubstraten zurückgeführt werden können. Die Ströme entwickeln somit, wie die entsprechenden Flusstypen, Mäandergürtelsysteme, die eine sehr große Anzahl von temporären bis permanenten Stillgewässern sowie reliktären Uferwällen und -rehnen hervorbringen. Die Dimensionen dieser Formen sind jedoch deutlich größer. Höhenunterschiede im Bereich mehrerer Meter sind die Regel und nicht die Ausnahme. Auf Grund dieser Dimensionen benötigen Verlandungsprozesse in Altwassern und anderen Stillgewässern deutlich mehr Zeit, so dass auch ausgedehnte Stillgewässerkomplexe auftreten können (Abb. 121).

Die Stromauen interagieren zudem intensiv mit den teilweise über viele Kilometer in den Auen parallel zum Strom verlaufenden Zuflüssen. In diesen Bereichen überlagern sich die Überflutungen von Fluss- und Stromauen, so dass komplexe Überflutungsverhältnisse entstehen.

Weiterhin prägen Fließgewässer mit grundwasserdominierten Zuflüssen, die so genannten Gießen, insbesondere die mineralischen Ausprägungen der Stromauen.

Wasserdargebot und Dynamik

Das Wassserdargebot liegt mit Medianspenden bei allen hier betrachteten Abschnittstypen mit Werten zwischen 4 und 5 l/(s*km^2) sehr niedrig, wogegen die Dynamik deutlich zwischen den Abschnittstypen differenziert (Tab. 31). Die für Ströme dieser Größenordnung vergleichsweise ausgeprägte Abflussdynamik der sand-kiesgeprägten und insbesondere der kiesgeprägten Abschnitte ist auf die Abflussstärke und Mittelgebirgscharakteristik der dortigen Elbezuflüsse, wie der Mulde, zurückzuführen.

Überflutung und Grundwasser

Die geringere Auenreliefierung der teilmineralischen Ausprägungen und die vergleichsweise geringeren Gefälle führen frühzeitig zu lang anhaltenden Überflutungen des Talbodens, die langsam abfließen und nur in den Gerinnen Werte von 0,2 m/s überschreiten (Abb. 118). Dynamische Prozesse durch Verlagerungen von Substraten treten daher in diesen Stromauen stark zurück.

Die Überflutungen reichen von der Jahreswende bis in das Frühjahr hinein. In längeren sommerlichen oder auch frostbedingten Trockenwetterphasen konzentriert sich der Abfluss in den anastomosierenden Gerinnen.

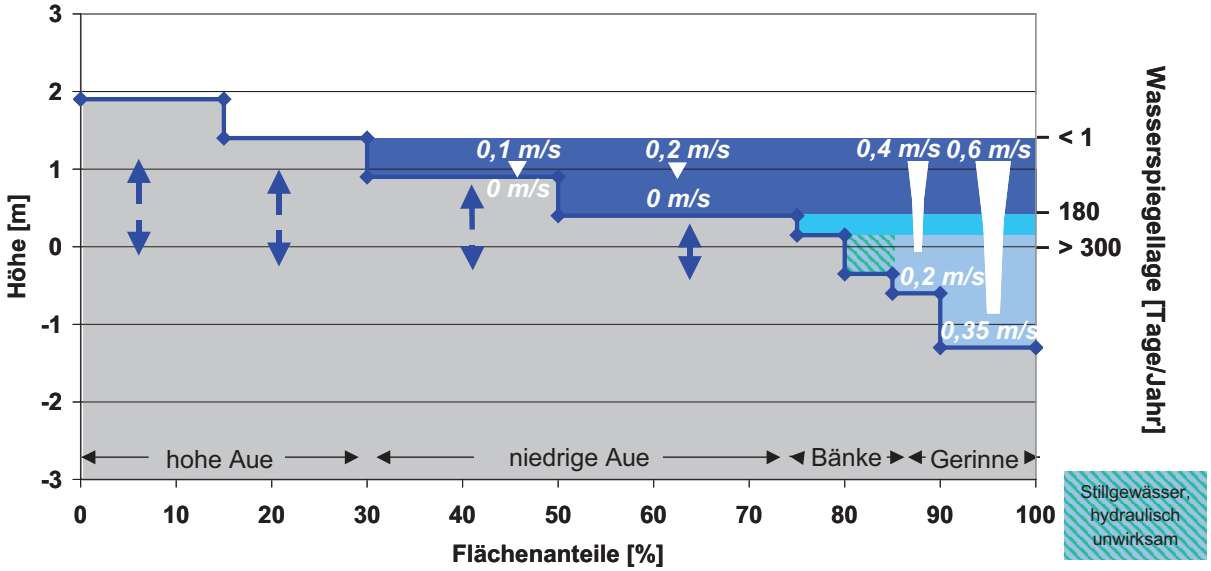


Abb. 118: Hydromorphogramm der gefällearmen teilmineralisch-organisch geprägten Stromaue mit Winterhochwassern

Die Grundwasserverhältnisse schwanken wegen des schwach ausgeprägten Feinreliefs nur in geringem Maße und erreichen nicht die Amplituden der rein mineralischen Ausprägungen. Die niedrig gelegenen Auenflächen werden von oberflächenah anstehendem Grundwasser geprägt und bilden so die Grundlage für die Entwicklung der organischen Auensubstrate.

Die ausgeprägtere Gliederung der mineralischen Stromauen durch Auenstufen mit eingelagerten Rinnen- und Stillgewässersystemen führt zu einer kleinräumigen Differenzierung der Überflutungsdauern und -höhen. Die Rinnenlagen der niedrigen Auenstufen werden im Mittel an rund 180 Tagen überflutet und rasch durchströmt. Mit zunehmender Höhe der Auenstufen sinken sowohl die Überflutungsdauern als auch die Strömungsgeschwindigkeiten deutlich ab, wobei Werte um 0,3 m/s erreicht werden (Abb. 119). Dies kann zu Verlagerungen von sandigen Bestandteilen des Auensubstrates führen, während kiesig geprägte Formen bei diesen Abflüssen stabil bleiben.

Die Fließgeschwindigkeit im gewundenen bis mäandrierenden Lauf der mineralischen Abschnittstypen liegt bei jährlichen Hochwassern Werte um 0,7 m/s, wobei insbesondere im Stromstrich deutlich höhere Werte erreicht werden können, die dann auch entsprechende, zumeist lateral orientierte Verlagerungen der Gerinne auslösen.

Auch die mineralischen Ausprägungen der gefällearmen pluvialen Stromauen werden von regelhaften Überflutungen in den Winter- und Frühjahrsmonaten geprägt.

Sommer und Herbst weisen vorherrschend niedrigere Abflussmengen auf, die sich im Niedrigwasserbett konzentrieren und die Bankstrukturen trockenfallen lassen.

Die sandigen und kiesigen Ausprägungen entwickeln zudem auf Grund der geringen Wasserhaltekapazitäten der Basissubstrate in den hohen Lagen der Auen auch ausgesprochen trockene Habitate, die in der Niedrigwasserphase vollständig durchtrocknen können (Abb. 119).

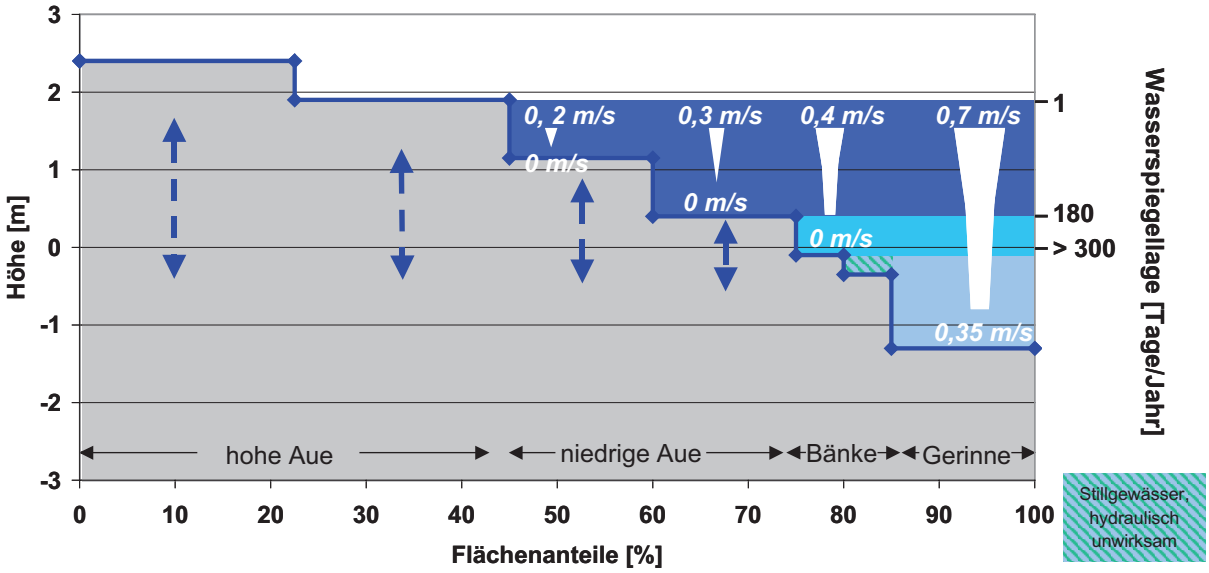


Abb. 119: Hydromorphogramm der gefällearmen kiesgeprägten Stromaue mit Winterhochwassern

Die Grundwassersituation differenziert sich entsprechend der Höhenlage der Auenstufen. Die niedrigen Auenstufen und ihre Rinnensysteme weisen oberflächennahe Grundwasserstände mit geringen bis mäßigen Schwankungen auf. Im Bereich der hohen Auenstufen steigen die Amplituden bis in den Bereich von 2 m bei vorherrschend größeren Flurabständen an. Eingelagerte Rinnensysteme und Stillgewässer können aber auch auf den höheren Auenstufen dauerhaften Grundwasserkontakt besitzen.

Das seitlich zufließende Grundwasser kann in den lokal auftretenden Randsenken kleinräumig zu dauerhaft oberflächennahen Grundwasserständen führen.

Hydromorphodynamik

Die gefällearmen teilmineralisch-organisch geprägten Stromauen mit Winterhochwassern gehören zu den dynamischen Auen, können jedoch abschnittsweise auch morphologisch und abflussseitig stabile bis stagnierende Verhältnisse aufweisen. Die Gewässerläufe besitzen in vorherrschend mineralischen oder gefällereicheren Laufabschnitten deutliche laterale Verlagerungstendenzen, die zur Ausbildung von Altwassersystemen führen, die vorherrschend langsam durchströmt werden bzw. stillgewässerartigen Charakter besitzen. Die Anastomosen können sowohl durch den biogenen Aufwuchs als auch durch große Totholzverlegungen oder die Sedimentation mineralischer Substrate verlagert oder nicht mehr durchflossen werden. Die Niedermoorflächen der Auen werden schon bei leicht erhöhten Abflüssen diffus durchströmt.

Die mineralischen Ausprägungen, die gefällearmen sandgeprägten, sand-kiesgeprägten und kiesgeprägten Stromauen werden maßgeblich durch die laterale Verlagerung der Mäanderbögen und deren Durchbrüche bestimmt. In Abhängigkeit von Abflussmengen, lokalem Talbodengefälle und Substrat können hohe Verlagerungsraten erreicht werden, die zu einer Vielzahl junger Hohl- und Vollformen in der Aue führen. Die Migration des Hauptlaufes in Verbindung mit den Hochwasserabflüssen führt so zu vergleichsweise kleinräumig wechselnden und dynamischen standörtlichen Bedingungen. In Bereichen mit schmalen Talböden und geringeren Windungsgraden tritt die laterale Verlagerung der Laufbögen zurück. In diesen Bereichen können Rinnensysteme, die in Richtung des Talbodengefälles verlaufen, bei Hochwasser durch „Ausbrüche“ (BFG 2005) verlagert werden. So werden neue gestreckte Rinnensystem erzeugt, die bei Hochwasser sehr rasch durchströmt werden.

Sondersituationen

Der Unterlauf der Elbe weist im betrachteten Auenabschnitt Gefällewerte < 0,1 ‰ auf und vermittelt somit zu den sehr gefällearmen und damit tendenziell organisch geprägten bzw. teilmineralisch-organisch geprägten Auen- bzw. Sedimenttypen. Im Falle der unteren Elbe gibt es jedoch keine Belege für das flächenhafte Auftreten organischer Substrate in den Auen. Dies ist wahrscheinlich auf die vergleichsweise hohen Sedimentmengen in Verbindung mit ausgeprägten jahreszeitlichen Abflussschwankungen zurückzuführen, da diese zu suboptimalen Bedingungen für das Aufwachsen organischer Basis- und Decksubstrate führen. Kleinräumig können in diesem Auenabschnitt bei hohen Grundwasserständen und geringer mineralischer Sedimentation organische Deckschichten auftreten.

Vegetation (VAN DE WEYER 2005)

Die Vegetation der teilmineralisch-organisch geprägten Stromaue mit Winterhochwassern vermittelt zwischen den mineralisch geprägten Stromauen mit Winterhochwassern und den sehr gefällearmen organisch geprägten Flussauen des Flach- und Hügellandes.

In der Aue der gefällearmen teilmineralisch-organisch geprägten Stromaue mit Winterhochwassern dominieren auf niedrigen Auenstufen Silberweidenwälder (Salicetum albae) (Nomenklatur nach POTT 1995) bzw. bei lang anhaltenden Überflutungen Großröhrichte (Phragmition) bzw. Großseggenrieder (Magnocaricion). Hieran schließen sich Weidengebüsche (Salicion cinereae, Salicion albae) an. Auf höheren Auenstufen findet sich der Eichen-Ulmenwald (Querco-Ulmetum). Auf nassen, oft grundwasserbeeinflussten Standorten (Randsenken) treten auch Erlenbruchwälder (Alnion glutinosae) und Eschenwälder (Alnenion glutinosae) auf.

Die Fließgewässer-Vegetation ist in den mehreren bis zahlreichen Hauptgerinnen durch Schwimmblattgesellschaften in arten- und wuchsformenreichen Ausbildungen (*Sparganium emersum*-Gesellschaft) bzw. Großlaichkraut-Gesellschaften (Potametea) gekennzeichnet (LUA NRW 2003a). Die zahlreichen Stillgewässer mit stärkerem Grundwassereinfluss weisen Armleuchteralgen- (Charetea)- bzw. Strandlings-Gesellschaften (Littorelletea) auf, z. T. auch Zwergschlauch-Gesellschaften (Utricularietea). Nährstoffreiche Stillgewässer beherbergen Laichkraut- (Potametea) und Wasserlinsen-Gesellschaften (Lemnetea).

In der Aue der gefällearmen sandgeprägten bis kiesgeprägten Stromaue mit Winterhochwassern dominieren auf den niedrigen Auenstufen Silberweidenwälder (Salicetum albae) bzw. auf der höheren Auenstufe Eichen-Ulmenwald (Querco-Ulmetum). Auf nassen, oft grundwasserbeeinflussten Standorten (Randsenken) finden sich kleinflächig auch Erlenbruchwälder (Alnion glutinosae) und Eschenwälder (Alnenion glutinosae). Trockenere Standorte werden vom Eichen-Hainbuchenwald (Carpinion), auf Sandböden auch von Eichen-Buchen-Mischwäldern besiedelt. Lokal treten auf trockenen, offenen Sandflächen der eher sandgeprägten Stromauen Sandtrockenrasen (Koelerio-Corynephoretea) auf.

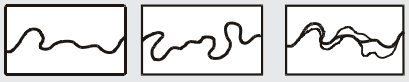
Zwischen Auenwald und Wasservegetation schließen sich Bereiche mit häufig wechselnden Wasserständen und hoher Morphodynamik an. Diese mineralischen Bankstrukturen sind meist an den flachen Gleithängen bzw. als Mittenbänke im Fließgewässer zu finden. Sie sind überwiegend vegetationsfrei, untergeordnet entwickeln sich im Verlauf der Vegetationsperiode jedoch auch Zweizahn- und Zwergbinsenfluren (Bidentetea, Isoeto-Nanojuncetea) bzw. Flutrasen (Agropyro-Rumicion). Weidengebüsche (Salicion cinereae, Salicion albae) bevorzugen Standorte mit höherer Morphodynamik, treten aber nur kleinflächig auf. In strömungsberuhigten Abschnitten oder in verlandenden Altwassern schließen sich Röhrichte und Rieder (Phragmition, Phalaridion, Glycerio-Sparganion, Magnocaricion) sowie Hochstaudenfluren (Senecionion fluviatilis, Aegopodion podagrariae) an.

Fließgewässer-Vegetation tritt im Strom nur randlich auf. Bei höheren Fließgeschwindigkeiten treten Wasserhahnenfuß-Gesellschaften (*Ranunculus*-Typ) mit Großlaichkräutern, bei geringeren Fließgeschwindigkeiten Schwimmblattgesellschaften in arten- und wuchsformenreichen Ausbildungen (*Sparganium emersum*-Gesellschaft) bzw. Großlaichkraut-Gesellschaften (Potametea) auf (LUA NRW 2003a). Stillgewässer mit stärkerem Grundwassereinfluss, wie Randsenken, oder auf Grund ihrer Größe nur langsam verlandende Altwasser weisen Armleuchteralgen- (Charetea) bzw. Strandlings-Gesellschaften (Littorelletea) auf. Nährstoffreiche Stillgewässer, wie z. B. Altmäander mit Anschluss an das Fließgewässer, beherbergen Laichkraut- (Potametea) und Wasserlinsen-Gesellschaften (Lemnetea).

Tab. 32: Charakterisierung der gefällearmen Stromaue mit Winterhochwassern

Stromauentyp **Parameter**	**Gefällearme Stromaue mit Winterhochwassern**		
Gewässergroß-landschaft	von untergeordneter typologischer Bedeutung für die lokale Ausprägung, nicht jedoch hinsichtlich der Abflussverhältnisse: prägend: Flach- und Hügelland; untergeordnet: Grund- und Deckgebirge		
Einzugsgebietsgröße	> 30.000 km^2		
Abflussregime	pluvial		
Talformen	vorherrschend: breite Sohlentäler; untergeordnet: Engtäler		
Talbodenform/ -charakteristik	vorherrschend: großflächige Niederungen	Terrassierungen zu höher gelegenen Auenstufen, abschnittsweise Niederungen	
Auengefälle	0,1–0,5 ‰ gefällearm		
	vorherrschend um 0,25 ‰	vorherrschend um 0,1 ‰	vorherrschend um 0,25 ‰
Auensubstrat			
Basissubstrat	teilmineralisch/organisch	Sand	Sand/Kies und Kies
Deckschicht	org. Substrat, Sand, Lehm	Sand, Lehm	Sand, Lehm
Formenschatz der Aue			
Auengewässer	ausgedehnte offene Wasserflächen, vereinzelt auch Altarme, abgeschnittene Anastomosen	Altarme verschiedener Verlandungsstadien, eingelagerte Stillgewässer in Rinnensystemen, zeitweise isolierte Nebengerinne	Altarme verschiedener Verlandungsstadien, eingelagerte Stillgewässer in Rinnensystemen
Hohlformen	sehr viele, auch bei Niedrigwasser diffus durchflossene Rinnen	zahlreiche Altmäander, Mäandergürtel Hochflutrinnen, Blänken, in Bereichen mit hohen Grundwasserständen Abfluss über Gießen	
Vollformen	sehr untergeordnet: Dünen, am Gewässer einige Bänke	Terrassenkanten, Dünen, Uferwälle	
Kleinrelief	relativ ebene Aue	auf unterer Auenstufe ausgeprägtes Kleinrelief mit vielen Mulden, Kolken, Senken und Böschungen	

Tab. 32 (Fortsetzung): Charakterisierung der gefällearmen Stromaue mit Winterhochwassern

Hydrologie			
Abflussdynamik	Verhältnis zwischen mittlerem Hoch- und Niedrigwasserabfluss		
	5–6 MHQ/MNQ	um 7 MHQ/MNQ	8–13 MHQ/MNQ
Abflussspende	4 bis 5 l/(s*km^2) Median-Spende	um 5 l/(s*km^2) Median-Spende	um 5 l/(s*km^2) Median-Spende
Überflutungs-charakteristik	lang anhaltende Hochwasserphasen im Winterhalbjahr und Niedrigwasserphasen im Sommer		
Ausuferungsdauer	mittlere jährliche Anzahl Tagesmittelwerte über MQ:		
	ca. 155	ca. 140	ca. 140
Ausuferungs-charakteristik	frühzeitige Ausuferung in die Fläche, lang anhaltende Überflutung	frühzeitige Ausuferung in die Rinnensysteme der niedrig gelegenen Aue, weitere Überflutung in Abhängigkeit der Höhenlage der Auenstufen und Rinnen, höhere Auenstufen bis unterjährlich	
Grundwasserstand und -amplitude	sehr hoch anstehendes Grundwasser mit geringen Schwankungen	in Abhängigkeit der Auenstufen und Rinnensysteme kleinräumig wechselnde Grundwasserstände, auf höheren Auenstufen sehr große Grundwasseramplitude	
Laufform			
Flussabschnittstyp			
Laufentwicklung Windungsgrad	gewunden bis mäandrierend	schwach gewunden bis mäandrierend	
Lauftyp	Wechsel zwischen Einbettgerinne und anastomosierend	Einbettgerinne, abschnittsweise mit Nebengerinnen	
Hydromorphodynamik/ laterale Erosion / Verlagerungsverhalten besondere Laufstrukturen	mehrere Hauptläufe, die mit einer Vielzahl von Nebenrinnen korrespondieren, mäßige laterale Verlagerung	ein ausgeprägter Hauptlauf, abschnitts-weise mit Neben-gerinnen, Tendenz zu Anastomosen, deutliche laterale Verlagerung	ein ausgeprägter Hauptlauf, abschnittsweise mit Nebengerinnen, starke laterale Verlagerungen
Vegetation			
vorherrschende Vegetationseinheiten der Gewässer	Fließgewässer:		
	+++	*Sparganium emersum*- bzw. Potametea-Gesellschaften	*Ranunculus- bzw. Sparganium emersum*- bzw. Potametea- Gesellschaften bzw. Callitricho-Myriophylletum
	nährstoffarme Stillgewässer:		
	+++	Charetea-, Littorelletea- bzw. bei organischen Ausprägungen Utricularietea-Gesellschaften	
	nährstoffreiche Stillgewässer:		
	+++	Potametea- und Lemnetea-Gesellschaften	

Tab. 32 (Fortsetzung): Charakterisierung der gefällearmen Stromaue mit Winterhochwassern

vorherrschende Vegetationseinheiten der Aue	+++	gewässernah: Phragmition, Magnocaricion; Salicion cinereae, Salicion albae Alnion glutinosae, Alnenion glutinosae	niedrige Auenstufen: Salicetum albae höhere Auenstufen: Querco-Ulmetum
	++	Salicetum albae, trockenere Standorte: Querco-Ulmetum	Standorte mit seltener Überflutung: Carpinion nasse Standorte: Phragmition, Phalaridion, Glycerio-Sparganion, Magnocaricion
(+++ bis + = vorherrschend bis untergeordnet)	+		Pionierstandorte: Bidentetea, Isoeto-Nanojuncetea, Agropyro-Rumicion Randsenken: Alnion glutinosae, Alnenion glutinosae Trockenstandorte: Koelerio-Corynephoretea

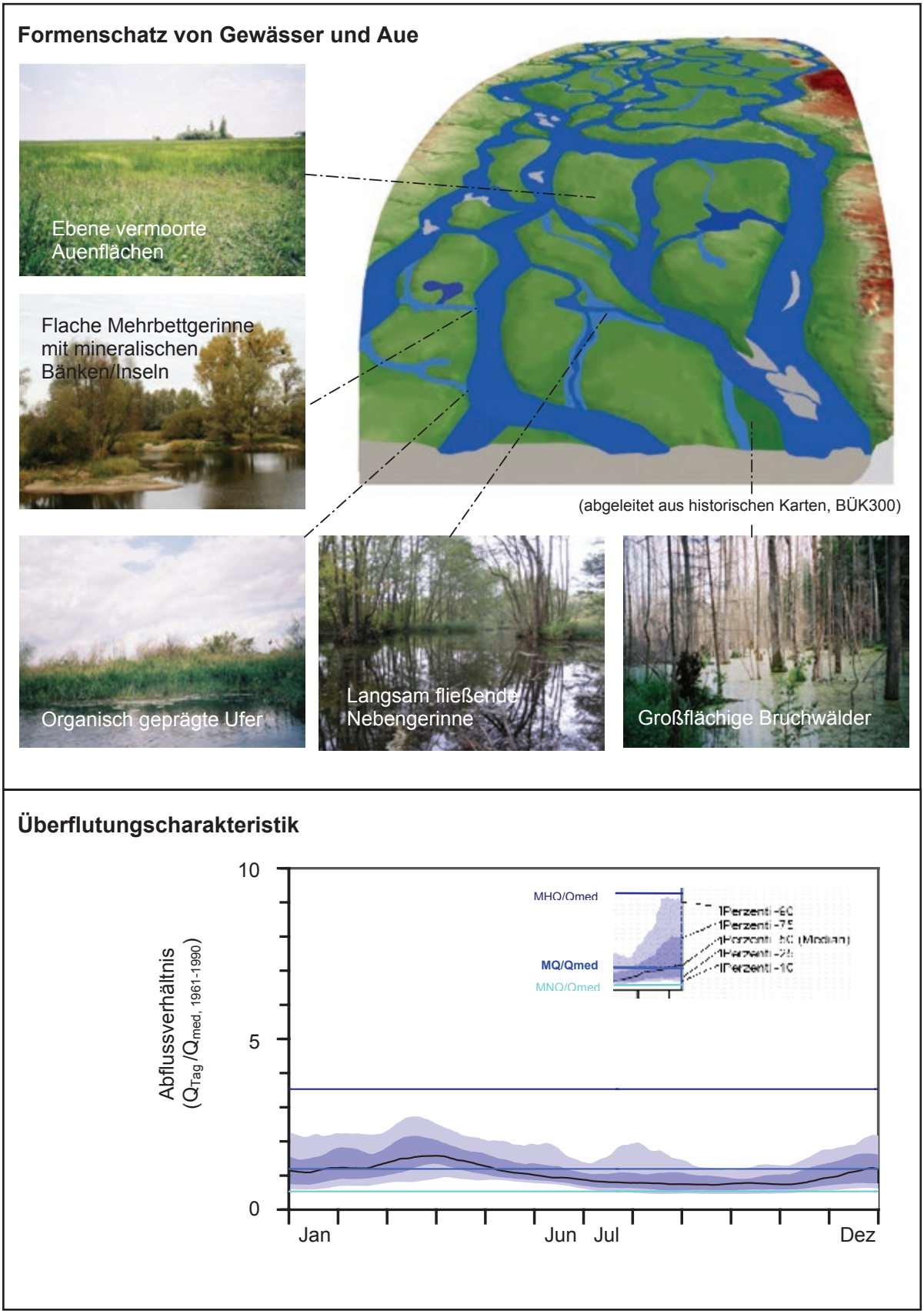


Abb. 120: Gefällearme teilmineralisch-organisch geprägte Stromaue mit Winterhochwassern

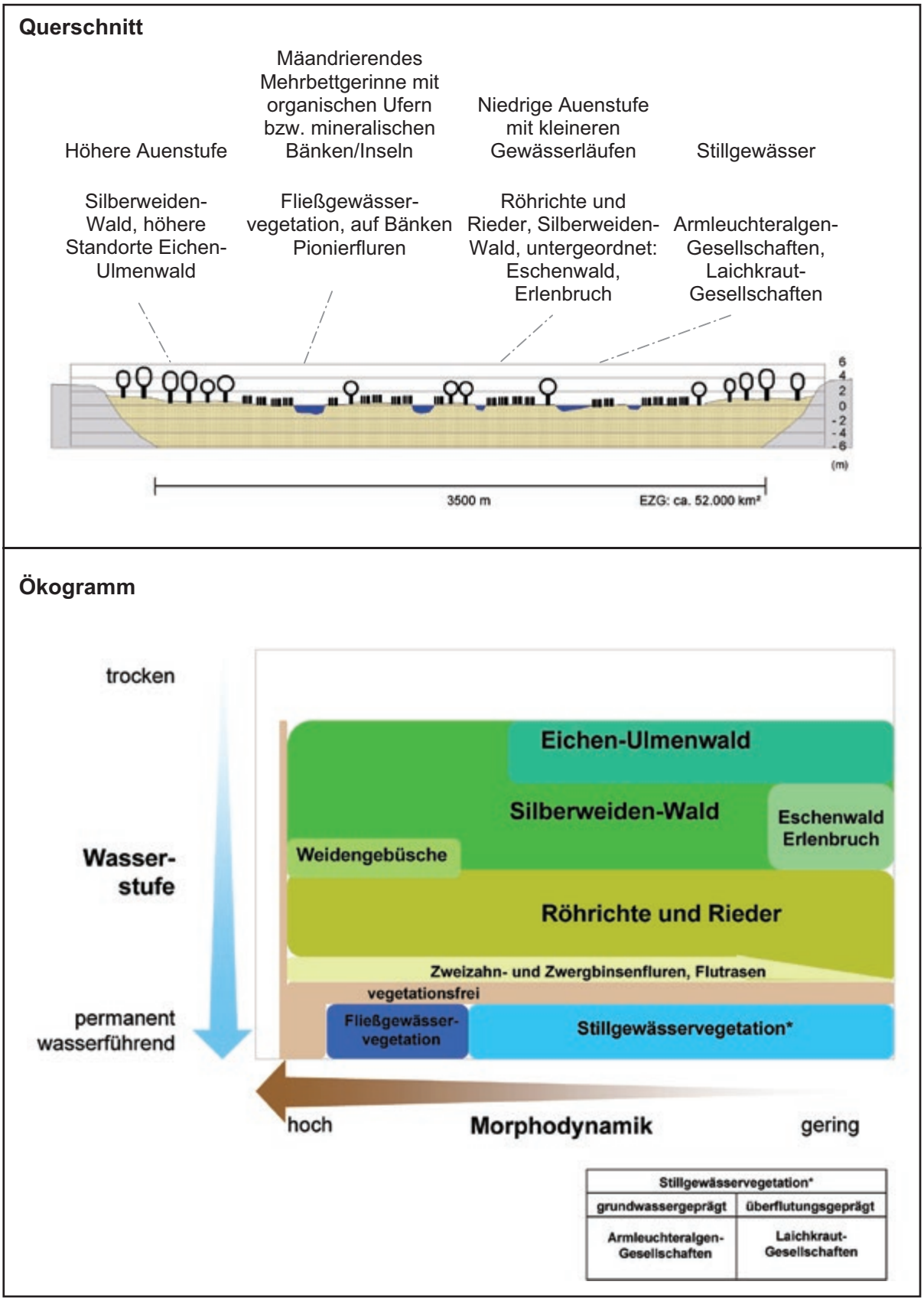


Abb. 120 (Fortsetzung): Gefällearme teilmineralisch-organisch geprägte Stromaue mit Winterhochwassern

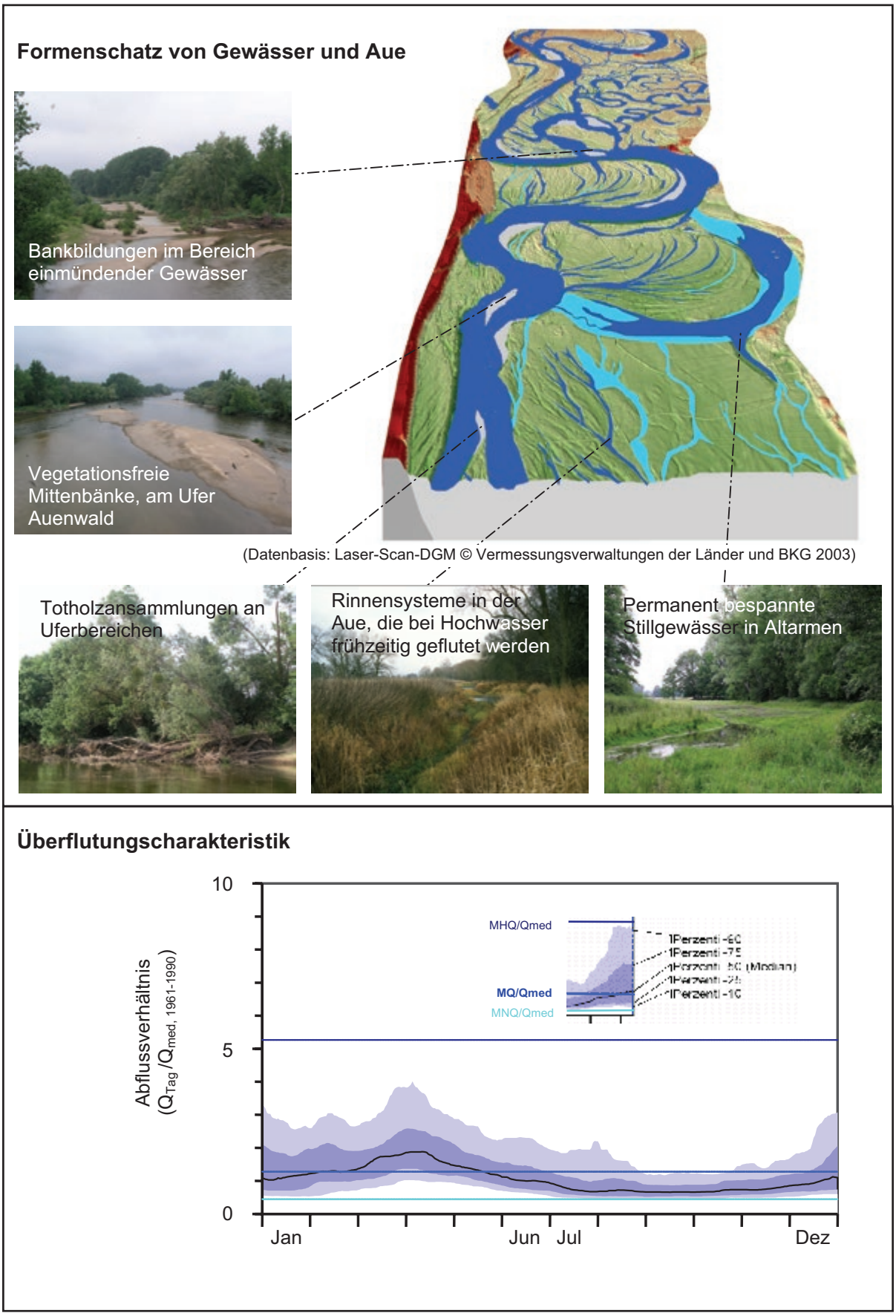


Abb. 121: Gefällearme sand-kiesgeprägte Stromaue mit Winterhochwassern

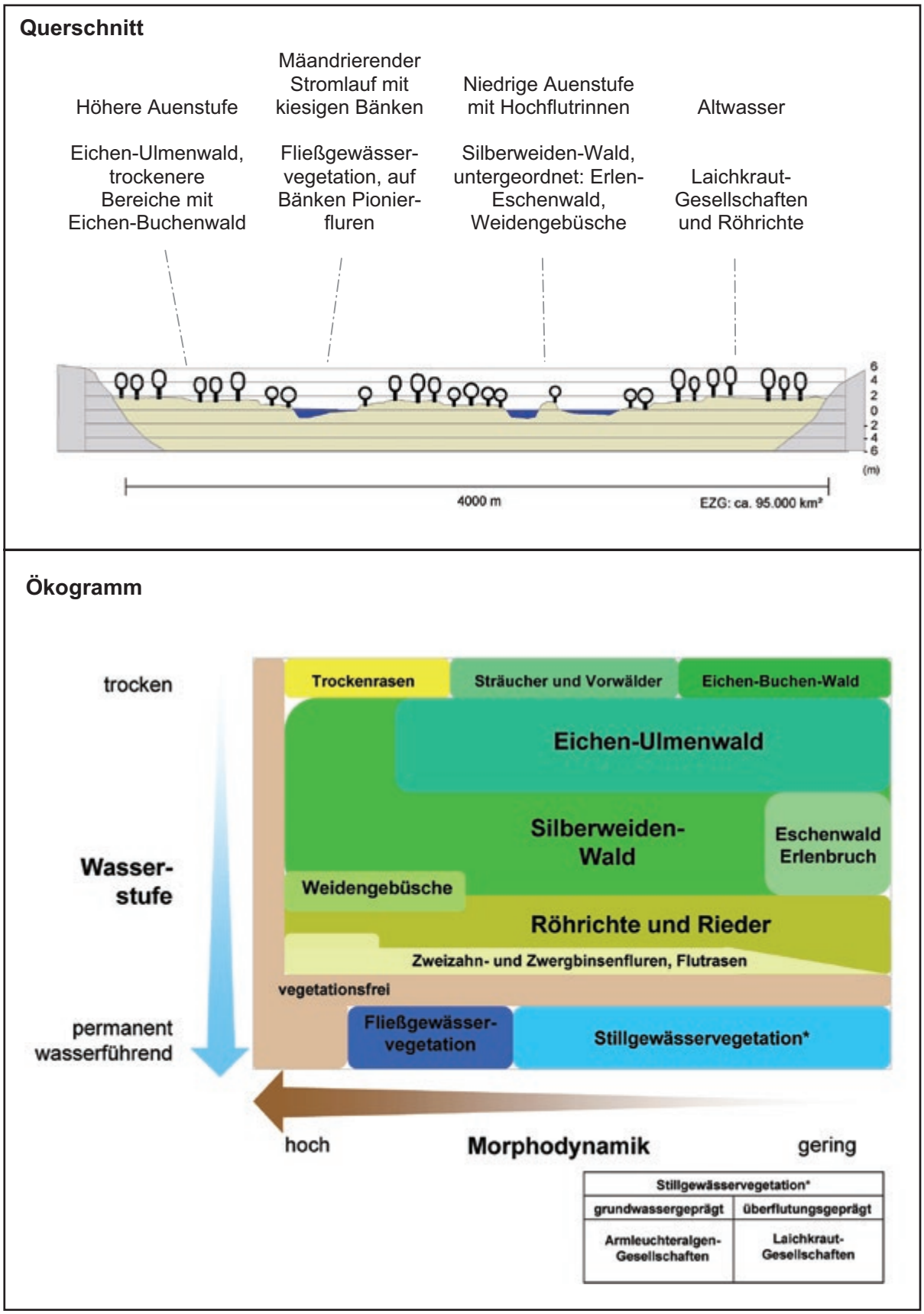


Abb.121 (Fortsetzung): Gefällearme sand-kiesgeprägte Stromaue mit Winterhochwassern

3.2.5.2 Gefällearme Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern

Lage und räumliche Verteilung

Die gefällearme Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern tritt sowohl im Westen als auch im Süden Deutschlands auf (Abb. 122). Die Auen des nördlichen Oberrheins, des Mittelrheins sowie des Niederrheins und Abschnitte der Donauauen werden diesem Typus zugeordnet. Beide Stromsysteme unterliegen auch noch in größerer Entfernung zu ihren oberen Einzugsgebieten dem nivalen Einfluss der Alpen, wobei der Donau durch ihre spezifische Lage am Rande des Alpenvorlandes eine Sonderstellung eingeräumt werden muss (FREITAG 2003).

Die weiteren angrenzenden Landschaften variieren stark und reichen von den Deckgebirgslagen an der Donau und am nördlichen Oberrhein über die Grundgebirgslandschaften des Mittelrheins und Bayerischen Waldes bis hin zum Flach- und Hügelland am Niederrhein.

Die Auen verlaufen zumeist auf mächtigen pleistozänen Lockergesteinskörpern, die ausgedehnte Aquifere mit hohen Durchlässigkeiten darstellen (BOENINGK 1982). Eine Ausnahme bildet in dieser Hinsicht das schmale Mittelrheintal, welches nur in den lokalen Aufweitungen mächtigere Schotter- und Kieskörper aufweist (BMV 1987, BOENINGK 1978).

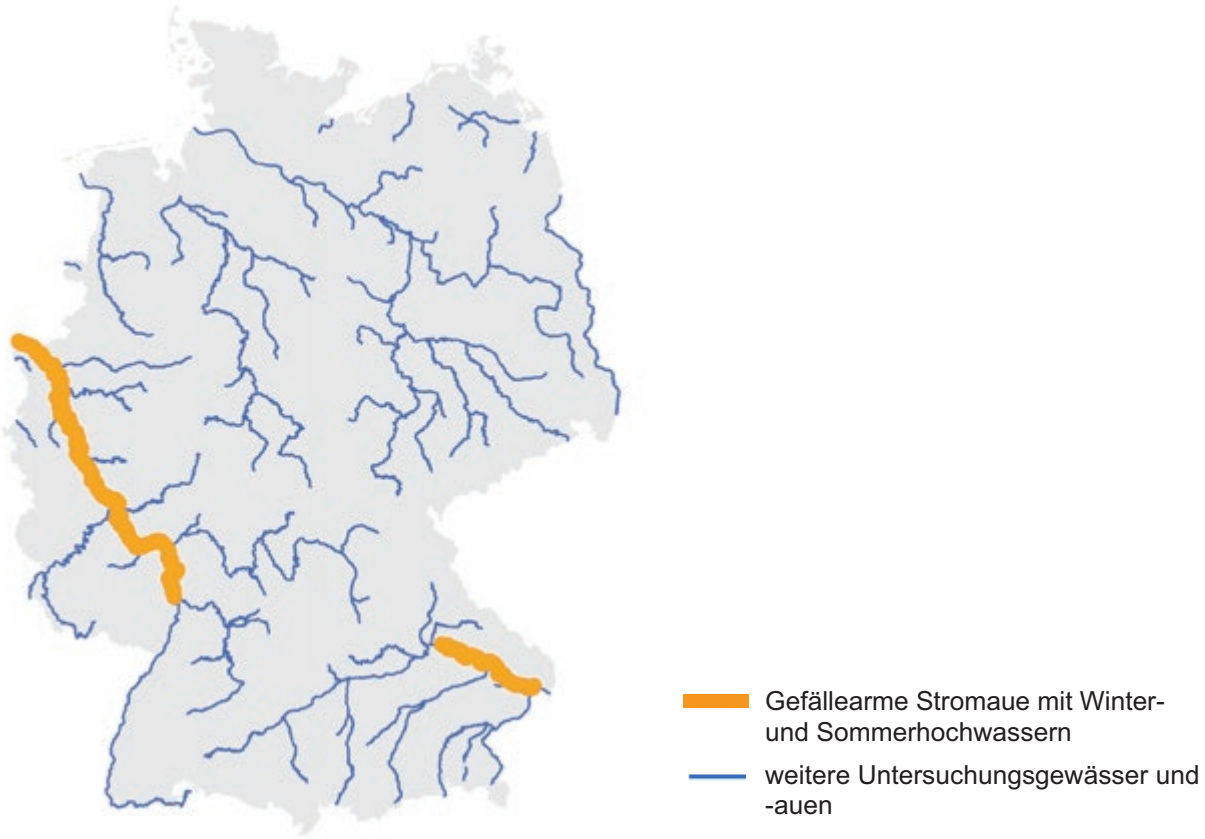


Abb. 122: Lage der gefällearmen Stromauen mit Winter- und Sommerhochwassern

(Datenbasis: DLM1000 © Vermessungsverwaltungen der Länder und BKG 2003)

Talbodenform und -gefälle

Die Talbodenformen der gefällearmen nivopluvial geprägten Stromauen differenzieren sich in Abhängigkeit der geologischen Verhältnisse und der lokalen Landschaftsentwicklung deutlich.

Grundsätzlich können zwei unterschiedliche Talformen unterschieden werden, die sich im Wesentlichen durch die Ausdehnung des Talbodens unterscheiden. Vorherrschend sind ausgedehnte und terrassierte Sohlentäler und Niederungen mit Gefällewerten von 0,15 ‰ bis 0,3 ‰. Kleinräumig bestehen Versteilungen, wie am Austrittsbereich des Rheins in die Köln-Bonner Bucht, oder auch Verflachungen wie am unteren Niederrhein.

Daneben treten schmale Sohlentäler mit einzelnen beckenartigen Aufweitungen auf, wie sie für den Mittelrhein charakteristisch sind. Abschnittsweise können die Täler so schmale Talböden aufweisen, dass die Auen auf ein schmales Band reduziert werden und unmittelbar in die angrenzenden Talhänge überleiten (Abb. 123). Diese schmalen Talauen besitzen im Falle des Mittelrheins Gefällewerte zwischen 0,1 bis 0,2 ‰ und nur schwach gewundene Gewässer, die auf einer markant abgesetzten unteren Auenstufe pendeln (BRUNOTTE 1997, GÖLZ & DRÖGE 1989).

Dagegen werden die Auen mit breiten unteren Talstufen zumeist vollständig von mäandrierenden Läufen eingenommen, die hohe laterale Verlagerungsraten und damit den gesamten Talboden einnehmen, sowie entsprechend stark reliefierte Talböden aufweisen (Abb. 123).

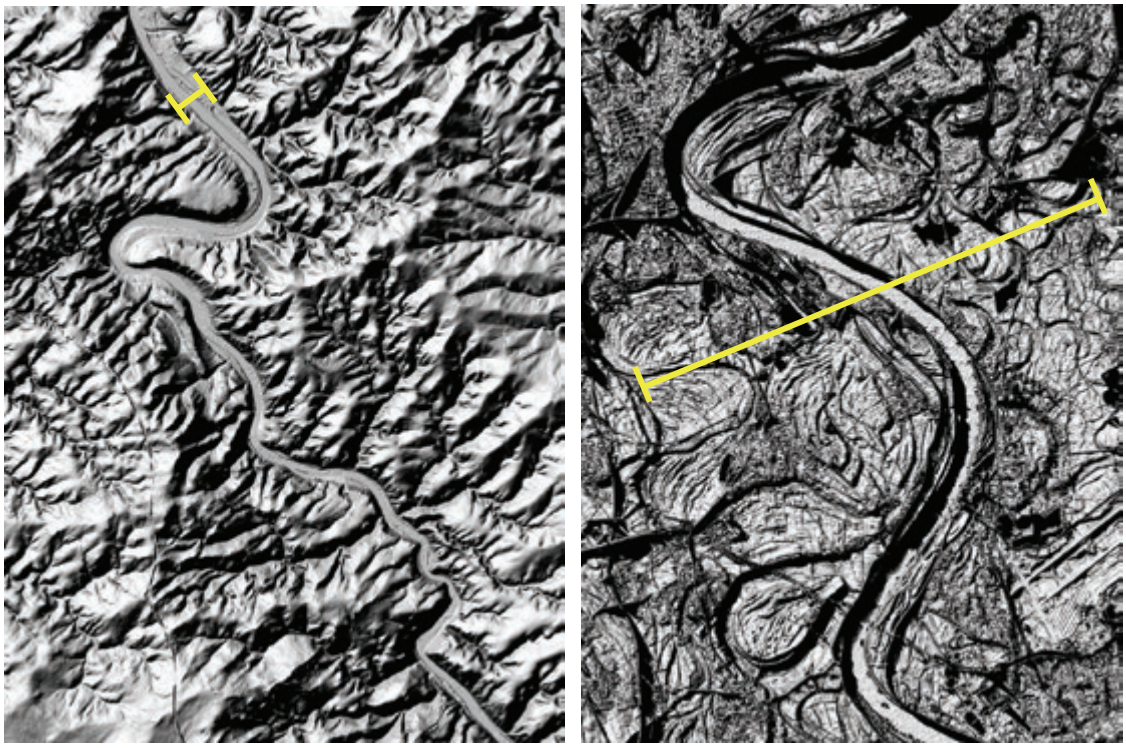


Abb. 123: Talbodenbreiten (gelbe Linie) an Mittelrhein und Niederrhein im Vergleich

(Datenbasis: Geobasisinformationen der Vermessungs- und Katasterverwaltung Rheinland-Pfalz © 11/2001, DGM5 © LVERMA NRW 2004)

Abflussregime

Das Abflussverhalten ist durch die nivellierende Wirkung der nivalen Verhältnisse in den Alpen, winterlichen Aufhöhungen aus den pluvial geprägten Räumen und letztlich auf Grund der Einzugsgebietsgröße sehr ausgeglichen (Tab. 33).

Maxima sind nur schwach ausgebildet, ebenso fehlen ausgeprägte Niedrigwasserphasen. Erkennbar ist eine Häufung von Hochwasserereignissen im Februar und April sowie länger anhaltende, durch Schneeschmelze und hohe sommerliche Niederschläge in alpinen Teileinzugsgebieten bedingte Abflüsse bis in den Sommer. Niedrigere Wasserstände herrschen zwischen September und November vor.

Die nivopluvialen gefällearmen Stromauen weisen eine mäßige Differenzierung der Substratverhältnisse auf, so dass zwei substratdeterminierte Abschnittstypen ausgewiesen werden können.

- Gefällearme kiesgeprägte Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern (Abb. 124, 134)
- Gefällearme kies-schottergeprägte Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern (Abb. 125, 135)

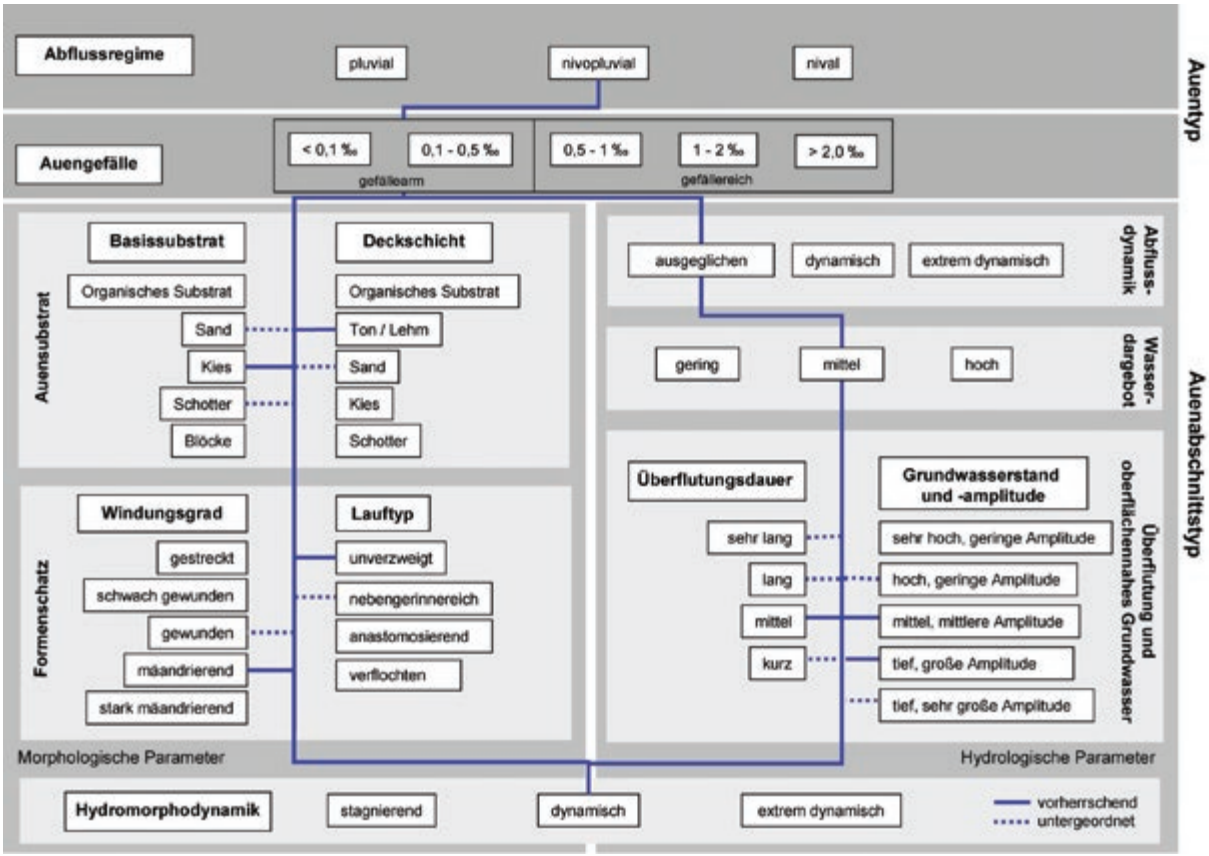


Abb. 124: Typdiagramm der gefällearmen kiesgeprägten Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern

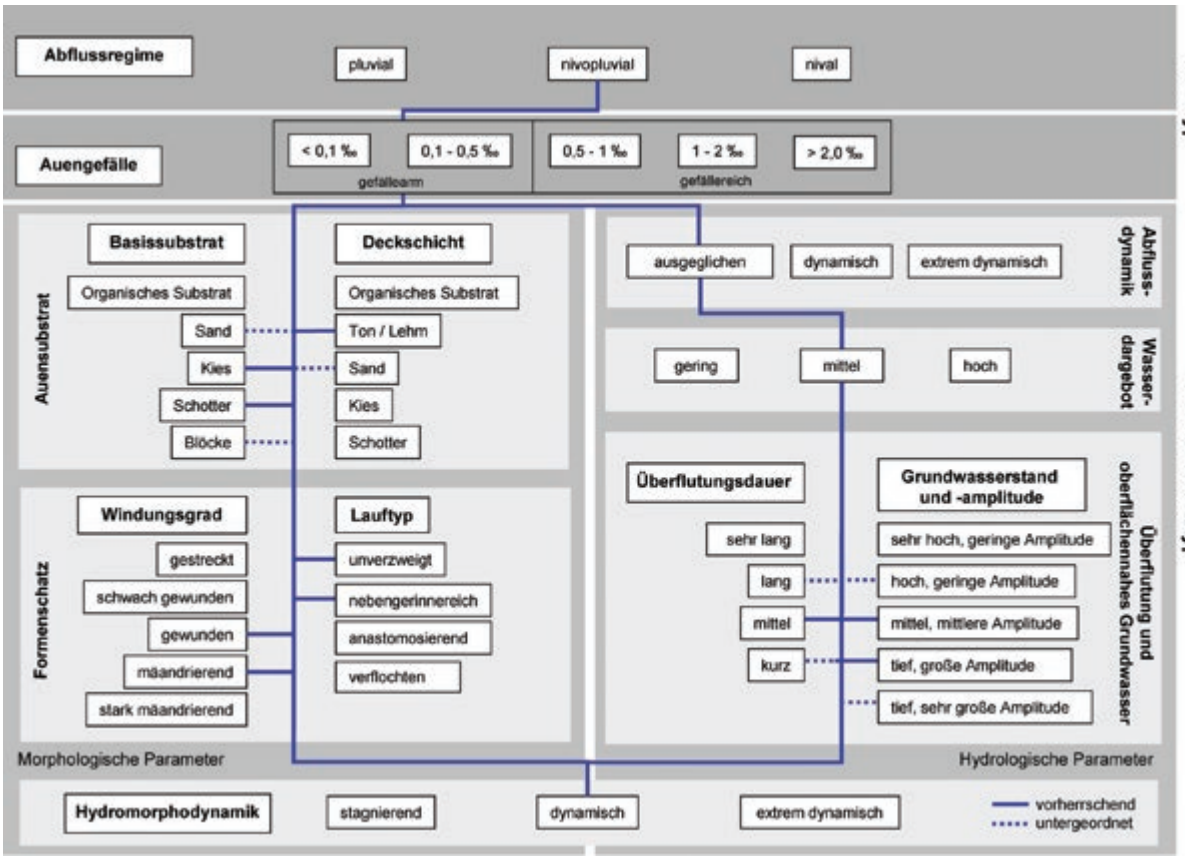


Abb. 125: Typdiagramm der gefällearmen kies-schottergeprägten Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern

Deck- und Basissubstrat

Kiesige Basissubstrate herrschen am nördlichen Oberrhein und am Niederrhein vor (Abb. 126), kies-schottergeprägte Abschnitte sind dagegen auf Mittelrhein und Donau beschränkt. Am Mittelrhein liefern die zufließenden Flüsse des Grundgebirges den erhöhten Schotteranteil, an der Donau sind es die alpinen Zuflüsse.

Die Deckschichten werden von Auenlehmen und -sanden bestimmt, wobei die lehmigen Auenböden vorherrschen. Nur in ausgedehnten Verlandungsbereichen können auch niedermoorähnliche Auflagen entwickelt sein.

Abb. 126: Sandig-lehmige Feinsedimentauflage auf kiesigem Basissubstrat

Gerinne und Formenschatz

Die gefällearmen nivopluvialen Stromauen haben in den kiesigen Ausprägungen überwiegend breite Talböden, die in mehrere, deutlich gegeneinander abgesetzte Auenstufen gegliedert sind. Zum Teil ziehen sich hochgelegene alluviale Rinnensysteme bis in die angrenzenden Niederterrassen hinein.

Abb. 127: Charakteristisches Altwasser der kiesgeprägten Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern

Diese Auen sind auf Grund der hohen lateralen Dynamik der zumeist mäandrierenden bis stark mäandrierenden Läufe sehr formenreich. Für den Niederrhein beschreibt IHBEN (2000) fünf morphologische Stromabschnittstypen, die sich auch hinsichtlich ihrer Gerinnebettmuster unterscheiden. Mit einer Ausnahme, dem vergleichsweise gefällereicheren Laufabschnitt im Austrittsbereich des Rheins aus dem Mittelrheintal in das Tiefland, weisen die anderen Abschnitte die Voraussetzung zur Ausbildung ausgedehnter Mäandersysteme auf (BRUNOTTE & IHBEN 2000, HOPPE 1970).

Zahlreiche Altwasser (Abb. 127), die durch Laufabschnürungen gebildet werden, liegen ineinander verschachtelt auf den unterschiedlichen Auenstufen und weisen verschiedenste Verlandungsstadien auf (BOLSENKÖTTER 1964). Die vertikale Gliederung der Auen ist ausgeprägt und die Höhendifferenzen in den Auen des Rheins können bis zu 5 m betragen. Dies bedingt eine große Variabilität des fluvialen Feinreliefs mit entsprechender Varianz der standörtlichen Bedingungen (Abb. 128).

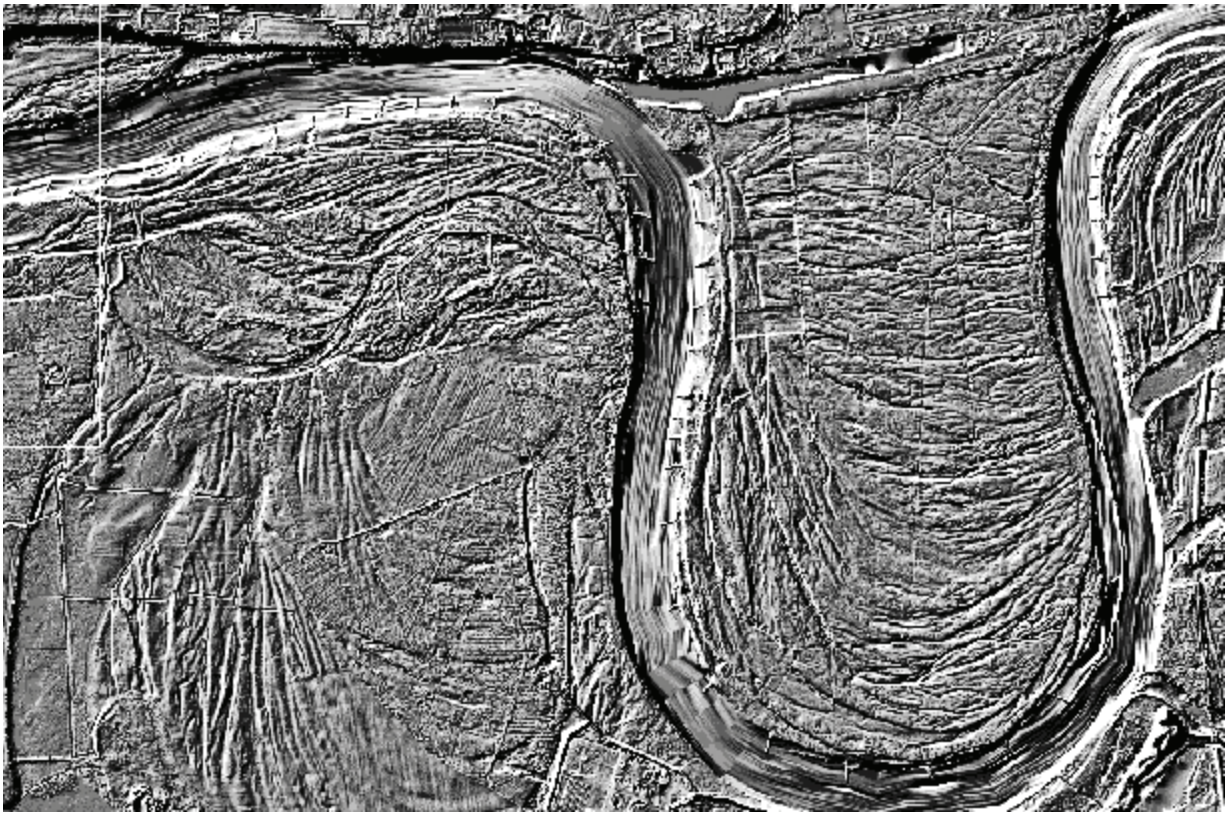


Abb. 128: Mäandrierendes Hauptgerinne neben zahlreichen Rinnen- und Altwasserstrukturen

(Datenbasis: Laser-Scan-DGM © Vermessungsverwaltungen der Länder und BKG 2003)

Innerhalb dieser Mäandergürtelsysteme finden sich sehr viele Stillgewässer, die in Abhängigkeit ihres Verlandungsgrades sowie der Grundwasserstände temporär bis permanent bespannt sein können (Abb. 129). Diese Rinnensysteme werden zudem von seitlich zufließenden Gewässern als Abflussbahnen genutzt, so dass sich stillgewässerartige und fließgewässerartige Laufabschnitte der Zuflüsse kleinräumig abwechseln (Abb. 130).

Abb. 129: Ausgedehntes permanent bespanntes Altwasser

Abb. 130: Einströmbereich eines Zuflusses in eine stillgewässerartige Laufaufweitung

Die Abschnittstypen in schmalen Sohlentälern zeigen durch großflächige Schotter- und Kiesbänke ihre hohe Dynamik hinsichtlich der longitudinalen Geschiebeumlagerung an. Weiterhin bestimmen nebengerinnereiche Laufabschnitte die Auenstruktur. Der begrenzte Entwicklungsraum verhindert auf diesen Auenabschnitten die Ausbildung von Altwassern und Paläomäandern, die für die weiten Talböden so charakteristisch sind. Dagegen herrschen hier in Richtung des Talgefälles verlaufende Hochflutrinnensysteme vor, die schon bei leicht erhöhten Abflüssen rasch durchströmt werden (Abb. 131).

Abb. 131: Gestreckte Hochflutrinnen bei leicht erhöhten Abflüssen

Überflutung und Grundwasser

Die räumliche Verbreitung der langanhaltenden spätwinterlichen und frühjährlichen Überflutungen wird im Wesentlichen durch die Ausdehnung der tief gelegenen Auenstufen bestimmt.

Die stark reliefierten jüngsten und tiefsten Auenstufen werden bei Abflüssen oberhalb mittlerer Wasserstände geflutet und erreichen Überflutungsdauern von 25 Tage/Jahr in den höher gelegenen Teilen und über 200 Tage/Jahr in Rinnensystemen (Abb. 132). Somit besteht eine intensive Kommunikation zwischen dem Niedrigwassergerinne und den über die komplexen Rinnensysteme verbundenen Stillgewässern der Aue.

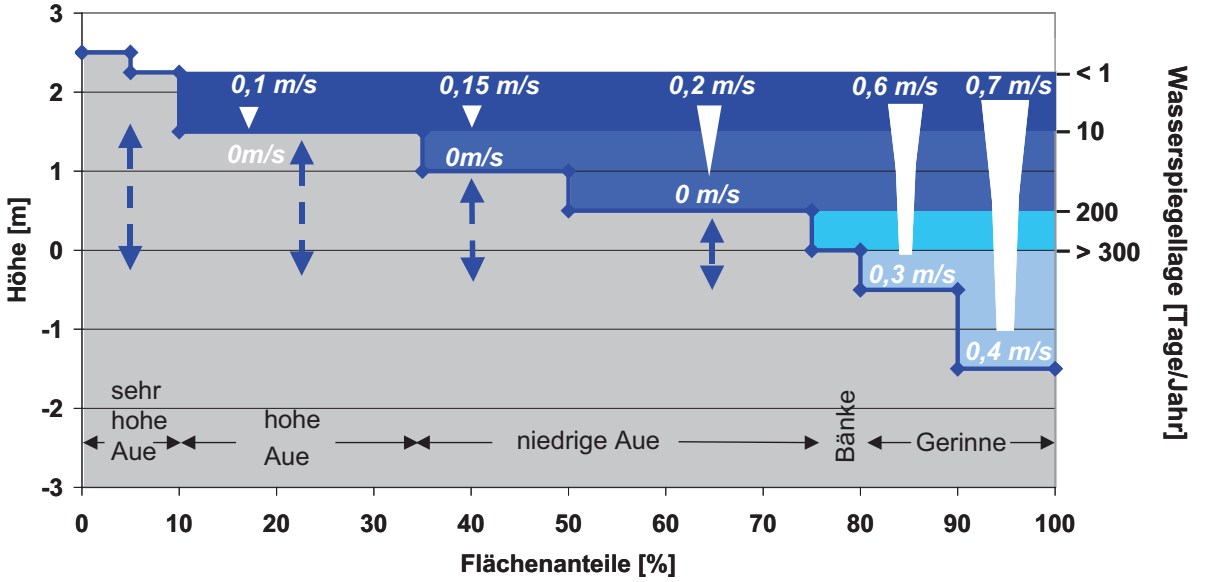


Abb. 132: Hydromorphogramm der gefällearmen kiesgeprägten Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern

Die Spätsommer- und Herbstmonate werden, wie bei den gefällearmen Ausprägungen, von niedrigeren Abflussmengen geprägt, die vorherrschend in den Niedrigwasserbetten des mäandrierenden Hauptlaufes abfließen. Die Rinnensysteme werden in diesem Zeitraum nur selten und kurz infolge konvektiv bedingter Hochwasser bespannt.

Die in den kies-schottergeprägten Engtalbereichen vorherrschenden gestreckten Rinnensysteme werden bei Hochwasser rasch durchströmt, ruhigere Abflussverhältnisse finden sich bei diesem Abschnittstyp nur in den höheren Auenstufen (Abb. 133).

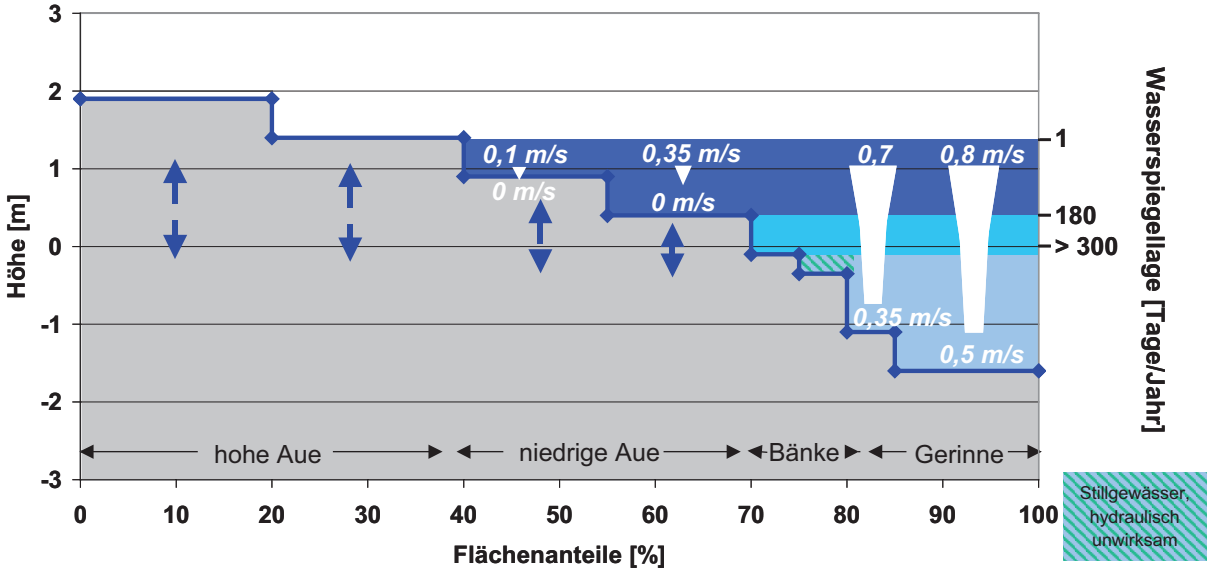


Abb. 133: Hydromorphogramm der gefällearmen kies-schottergeprägten Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern

Die Grundwassersituation ist, wie bei den gefällearmen pluvialen Ausprägungen der Stromauen, auf Grund der ausgeprägten Reliefierung stark differenziert.

Die Varianz reicht von den oberflächennahen und wenig schwankenden Grundwasserständen der Randsenken und Rinnensohlen bis zu den zumeist tiefen, aber im Meterbereich schwankenden Grundwasserständen der höheren Auenstufen. Die in die Niederterrassen hineinreichenden Hochflutrinnen haben häufig gleichförmig hohe Grundwasserverhältnisse, die gute Voraussetzungen für die Bildung von Niedermooren bieten.

Hydromorphodynamik

Die gefällearmen nivopluvialen Stromauen sind den dynamischen Auen zuzuordnen. Der Formenschatz beider Abschnittstypen wird von Verlagerungen der Hauptläufe und Nebengerinne geprägt. Stagnierende Verhältnisse sind auf Randsenken und isolierte ältere Paläomäander beschränkt und bilden somit die Ausnahme.

Die gut verlagerbaren kiesigen Basissubstrate sowie die hohen Abflussmengen bedingen die beständige und bei Hochwassern auch schubweise Verlagerung der mäandrierenden Läufe, die insbesondere in den Bogenscheiteln schnell, d. h. um viele 10er Meter, bei einem Hochwasserereignis voranschreiten kann.

In den kies-schottergeprägten Laufabschnitten dominieren Laufverlagerungen, die durch die Akkumulation von Geschiebe in den Gerinneverläufen induziert sind, so dass ein häufigerer Wechsel von Haupt- zu Nebengerinnen und umgekehrt auftreten kann.

Sondersituationen

Eine anthropogene Sondersituation besteht in der Bergbaufolgelandschaft am unteren Niederrhein. Der untertägige Abbau von Steinkohle und Salz ließ hier ausgedehnte Senkungsbereiche entstehen, die bei einer Überflutung durch den Rhein, wie sie im potenziell natürlichen Zustand anzunehmen ist, zur Ausbildung ausgedehnter Seenflächen in der Aue führen würde. Detaillierte Angaben hierzu finden sich in IHBEN (2000) und LUA (2003b).

Eine natürliche Sondersituation ist im hier zu betrachtenden Donauabschnitt (Karte siehe Anhang) zu finden. Wie auch auf dem laufaufwärts gelegenen Auenabschnitt führen die von Süden zufließenden alpinen Flüsse der Donau große Mengen von Geschiebe zu. Dies führt unterhalb der Einmündungen zur Ausbildung von verzweigten Gerinnebetten alpinen Charakters. Mit zunehmender Entfernung von der Einmündung des Zuflusses nimmt die Sinusität des Laufes dann wieder zu und die Verzweigungen treten zurück, bis sich an der nächsten Einmündung dieser Prozess wiederholt (Abb. 104). Mit der Einmündung des Inn wird das Abflussregime der Donau deutlich nivaler, so dass dort ein hydrologisch induzierter Typwechsel eintritt.

Vegetation (VAN DE WEYER 2005)

In der gefällearmen kiesgeprägten und kies-schottergeprägten Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern dominieren auf den unteren Auenstufen Silberweidenwälder (Salicetum albae) (Nomenklatur nach POTT 1995) bzw. auf höheren Auenstufen der Eichen-Ulmenwald (Querco-Ulmetum) (DISTER 1980). Die Silberweidenwälder können hierbei in den nivopluvial und nival geprägten Auen oberhalb der Linie des mittleren Wasserstandes (MW) stocken, während sie in den pluvialen Ausprägungen z. T. deutlich unterhalb der MW-Linie wachsen können (Abb. 15 und HENRICHFREISE 1996).

Auf nassen, oft grundwasserbeeinflussten Standorten, wie Randsenken bzw. Austrittsbereichen von Grundwasser an markanten Auenstufen oder weitgehend verlandeten Altstrukturen, finden sich kleinflächig auch Erlenbruchwälder (Alnion glutinosae) und Eschenwälder (Alnenion glutinosae). Trockenere Standorte werden vom Eichen-Hainbuchenwald (Carpinion) besiedelt. Lokal treten auf trockenen, offenen Sandflächen, wie Dünen, Sandtrockenrasen (Koelerio-Corynephoretea) auf, auf stark austrocknenden Kiesflächen „Brennen“ oder „Heißländer“ (Mesobrometum alluviale sensu OBERDORFER 1957).

Es sind große vegetationsfreie Bänke ausgeprägt, die sich bei den kiesdominierten Stromauen überwiegend in den Gleithangbereichen, bei den kies-schottergeprägten Stromauen auch zunehmend in Mittenbänken und an Inseln finden. Auf diesen Bänken können sich im Verlauf der Vegetationsperiode Zweizahn- und Zwergbinsenfluren (Bidentetea, Isoeto-Nanojuncetea) bzw. Flutrasen (Agropyro-Rumicion) entwickeln.

Landseitig schließen sich Röhrichte und Rieder (Phragmition, Phalaridion, Glycerio-Sparganion, Magnocaricion) sowie Hochstaudenfluren (Senecionion fluviatilis, Aegopodion podagrariae) an, die auch in langsam durchströmten bzw. temporär bespannten Nebengerinnen und Hochflutrinnen stocken. Weidengebüsche (Salicion cinereae, Salicion albae) bevorzugen Standorte mit höherer Morphodynamik.

Im Hauptstrom selbst tritt Fließgewässer-Vegetation nur randlich auf. Bei höheren Fließgeschwindigkeiten treten Wasserhahnenfuß-Gesellschaften (*Ranunculus*-Typ) mit Großlaichkräutern, bei geringeren Fließgeschwindigkeiten Schwimmblattgesellschaften in arten- und wuchsformenreichen Ausbildungen (*Sparganium emersum*-Gesellschaft) bzw. Großlaichkraut-Gesellschaften (Potametea) auf (LUA NRW 2003a). Viele Altwasser prägen die Aue in unterschiedlichen Verlandungsstadien. Insbesondere bei kiesgeprägten Stromauen kommt es zu einer Überlagerung unterschiedlich alter Mäandergürtel. Dabei weisen Stillgewässer mit stärkerem Grundwassereinfluss Armleuchteralgen- (Charetea) bzw. Strandlings-Gesellschaften (Littorelletea) auf, während nährstoffreiche Stillgewässer, wie Altwasser mit Anschluss an den Strom, Laichkraut- (Potametea) und Wasserlinsen-Gesellschaften (Lemnetea) beherbergen.

Tab. 33: Charakterisierung der gefällearmen Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern

Stromauentyp **Parameter**	**Gefällearme Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern**	
Gewässergroß-landschaft	von untergeordneter typologischer Bedeutung für die lokale Ausprägung, nicht jedoch hinsichtlich der Abflussverhältnisse: vorherrschend: Alpen/Voralpen, Grund- und Deckgebirge untergeordnet: Flach- und Hügelland	
Abflussregime	nivopluvial	
Talformen	zwei unterschiedliche Talformen bzw. -ausdehnungen: vorherrschend: sehr breite Niederungen mit Terrassierungen innerhalb der Aue; meist Begrenzung der Aue durch Terrassenkanten untergeordnet: schmale Sohlentäler mit beckenartigen Aufweitungen	
Talbodenform/ -charakteristik	Sohlentäler/Niederungen, die in ihrer gesamten Breite von ehemaligen Mäandersystemen durchzogen sind, durch rezente Mäander laterale Erosion in höhere Auenbereiche, abschnittsweise schmalere Ausprägungen, z. B. im Austrittsbereich des Niederrheins aus dem Mittelgebirge	Sohlentäler, deren zumeist schmale Talsohlen vollständig von Flussschlingen und Nebengerinnen durchzogen werden, in Beckenlagen und Mündungssituationen kleinräumig Aufweitungen, z. B. Mittelrhein, im Bereich der Donau auch durchgehend weitere Talböden
Auengefälle	< 0,5 gefällearm nördlicher Oberrhein ca. 0,25 ‰; Niederrhein: kleinräumig wechselnd zwischen rd. 0,1 ‰ bis 0,3 ‰ lokal deutlich höher (Austrittsbereich aus Mittelgebirge), vorherrschend um 0,2–0,3 ‰, (detaillierte Gliederung für den Niederrhein: s. QUICK 2004)	< 0,5 gefällearm überwiegend ca. 0,13 bis 0,16 ‰ Stromabschnitt der Donau: um 0,2 ‰
Auensubstrat		
Basissubstrat	vorherrschend Kies, variierend hoher Anteil von Sand, in ehemaligen Hauptgerinnen Schotter	vorherrschend Kies und Schotter, variierend je nach einmündendem Nebengewässer, somit neben Differenzierung in der Aue longitudialer Wechsel des prägenden Basissubstrates
Deckschicht	vorherrschend Ton/Lehm, untergeordnet Sand, lokal in alten Mäanderschlingen bzw. vernässten Randsenken der Aue organische Standorte	

Tab. 33 (Fortsetzung) : Charakterisierung der gefällearmen Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern

Formenschatz der Aue		
Auengewässer	sehr viele permanente und temporäre Stillgewässer, Altmäandergürtel, Grundwasser- und Überflutungsgeprägte Blänken, in äußeren Bereichen der Aue Gießen, Randsenken, nur am nördlichen Niederrhein: großflächige Seenbildung aufgrund irreversibler Veränderungen (bergbaulich bedingte Seenlandschaft) (QUICK 2004)	eher selten permanente und temporäre Stillgewässer in Rinnensystemen Randsenken
Hohlformen	durch Gerinneverlagerung und Mäanderabschnürungen sehr viele alte Mäanderstrukturen in unterschiedlichen Verlandungsstadien, einmündende Nebengewässer verlaufen oft in alten Mäandern, temporäre, vorherrschend vertikal zum Auengefälle verlaufende Flutrinnen, -mulden insbesondere im Umland von Gleithängen, die temporär bei Hochwasser bespannt sind, abschnittsweise nebengerinnereich, im Randbereich der Aue grundwassergespeiste Gießen und vermoorte Randsenken, in Niederterrassen alluviale Hochflutrinnen	permanent bespannte Nebengerinne im Randbereich der Aue grundwassergespeiste Gießen und vermoorte Randsenken
Vollformen	Aue randlich durch ältere, oft pleistozäne Terrassen begrenzt, lokal pleistozäne Dünenbereiche, Uferwälle, insbesondere im Bereich von Nebengewässereinmündungen Inseln	Aue randlich durch Mittelgebirge (z. B. Bayerischer Wald oder Mittelrhein) begrenzt bzw. durch ältere, oft pleistozäne Terrassen, viele bewachsene Inseln mit angelagerten vegetationsarmen Schotterflächen
Kleinrelief	ausgeprägtes Kleinrelief in den überlagerten Altmäanderstrukturen	ausgeprägtes Kleinrelief im Bereich der gefälleorientierten Hochflutrinnen
Hydrologie		
Abflussdynamik	MHQ/MNQ: um 6	MHQ/MNQ: um 6
Abflussspende	um 13 l/(s*km^2) Median-Spende	12 bis 15 l/(s*km^2) Median-Spende
Überflutungs-charakteristik	lang anhaltende Überflutung bis weit in die Vegetationsperiode hinein	
Ausuferungsdauer	mittlere jährliche Anzahl Tagesmittelwerte über MQ	
	um 140	um 165
Ausuferungs-charakteristik	frühzeitige und häufige Ausuferung in die Rinnensysteme der niedrig gelegenen Aue, weitere Überflutung in Abhängigkeit der Höhenlage der Auenstufen und Rinnen, höhere Auenstufen bis unterjährlich	

Tab. 33 (Fortsetzung): Charakterisierung der gefällearmen Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern

Grundwasserstand und -amplitude		in Abhänigkeit der Auenstufen und Rinnensysteme kleinräumig wechselnde Grundwasserstände, auf höheren Auenstufen sehr große Grundwasseramplitude	gewässernah hohe Grundwasserstände, in den schmal ausgeprägten höheren Talstufen große Schwankungen
Laufform			
Flussabschnittstyp			
Laufentwicklung Windungsgrad		mäandrierend mit Laufverzweigungen, extreme Breitenvarianz Mäanderbänder nehmen große Teile des Talbodens ein	gewunden bis mäandrierend mit Inselbildungen und Laufverzweigungen, sehr große Breitenvarianz, abschnittsweise ausgeprägtes Nebengerinnesystem
Lauftyp		unverzweigt, abschnittsweise nebengerinnereich	wechselnd unverzweigt bzw. nebengerinnereich
Hydromorphodynamik/ laterale Erosion / Verlagerungsverhalten besondere Laufstrukturen		laterale und talabwärts gerichtete Verlagerung der Laufbögen, häufige Bildung von Durchbrüchen, hohe Migrationsraten, abschnittsweise viele Nebengerinne, Inselbildungen	laterale und talabwärts gerichtete Verlagerung der Laufbögen, häufige Bildung von Durchbrüchen, abschnittsweise viele Nebengerinne mit eigener Verlagerung, schubweise Geschiebezufuhr durch alpenbeeinflusste Zuflüsse an der Donau
Vegetation			
vorherrschende Vegetationseinheiten der Gewässer	Fließgewässer:		
	+++	*Ranunculus- bzw. Sparganium emersum*- bzw. Potametea-Gesellschaften bzw. Callitricho-Myriophylletum	
	nährstoffarme Stillgewässer:		
	+++	Charetea-, Littorelletea-Gesellschaften	
	nährstoffreiche Stillgewässer:		
	+++	Potametea- und Lemnetea-Gesellschaften	
vorherrschende Vegetationseinheiten der Aue (+++ bis + = vorherrschend bis untergeordnet)	+++	niedrige Auenstufen mit größerer Morphodynamik: Salicetum albae höhere Auenstufen: Querco-Ulmetum	
	++	trockenere Standorte : Carpinion nasse Randsenken: Alnion glutinosae, Alnenion glutinosae	
	+	Pionierstandorte: Bidentetea, Isoeto-Nanojuncetea, Agropyro-Rumicion Altwasser bzw. langsam durchströmte Rinnen: Phragmition, Magnocaricion	

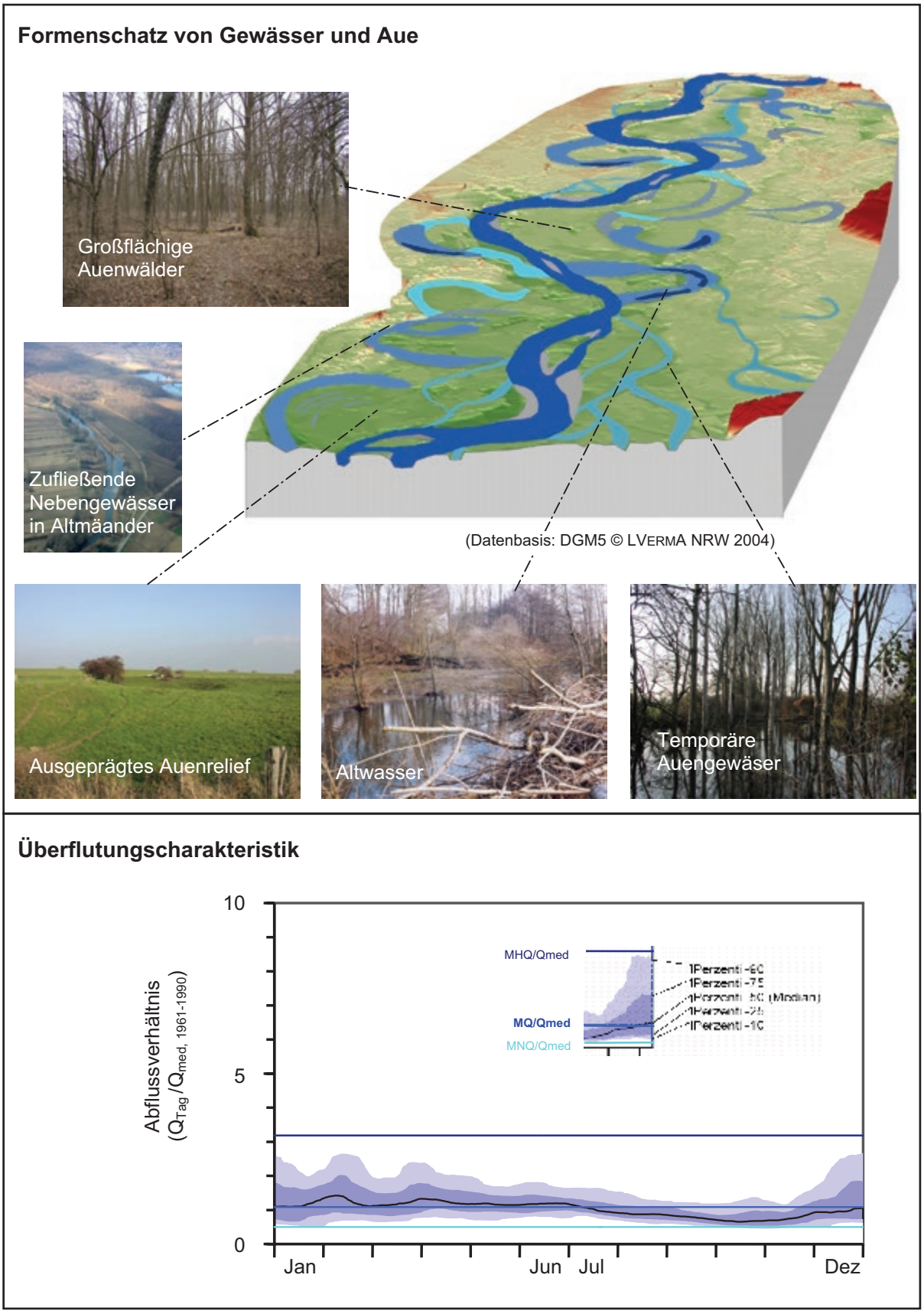


Abb. 134: Gefällearme kiesgeprägte Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern

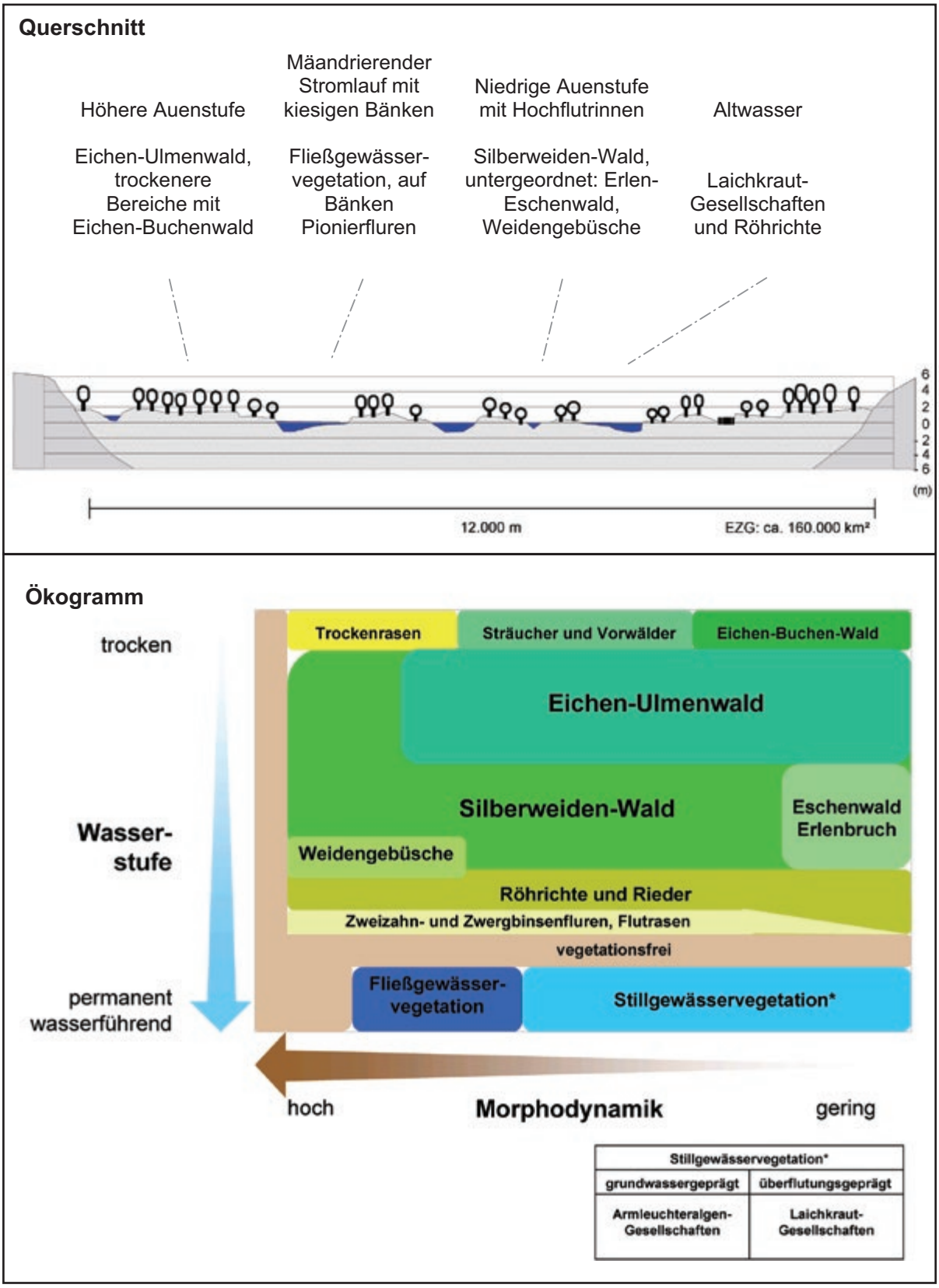


Abb. 134 (Fortsetzung): Gefällearme kiesgeprägte Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern

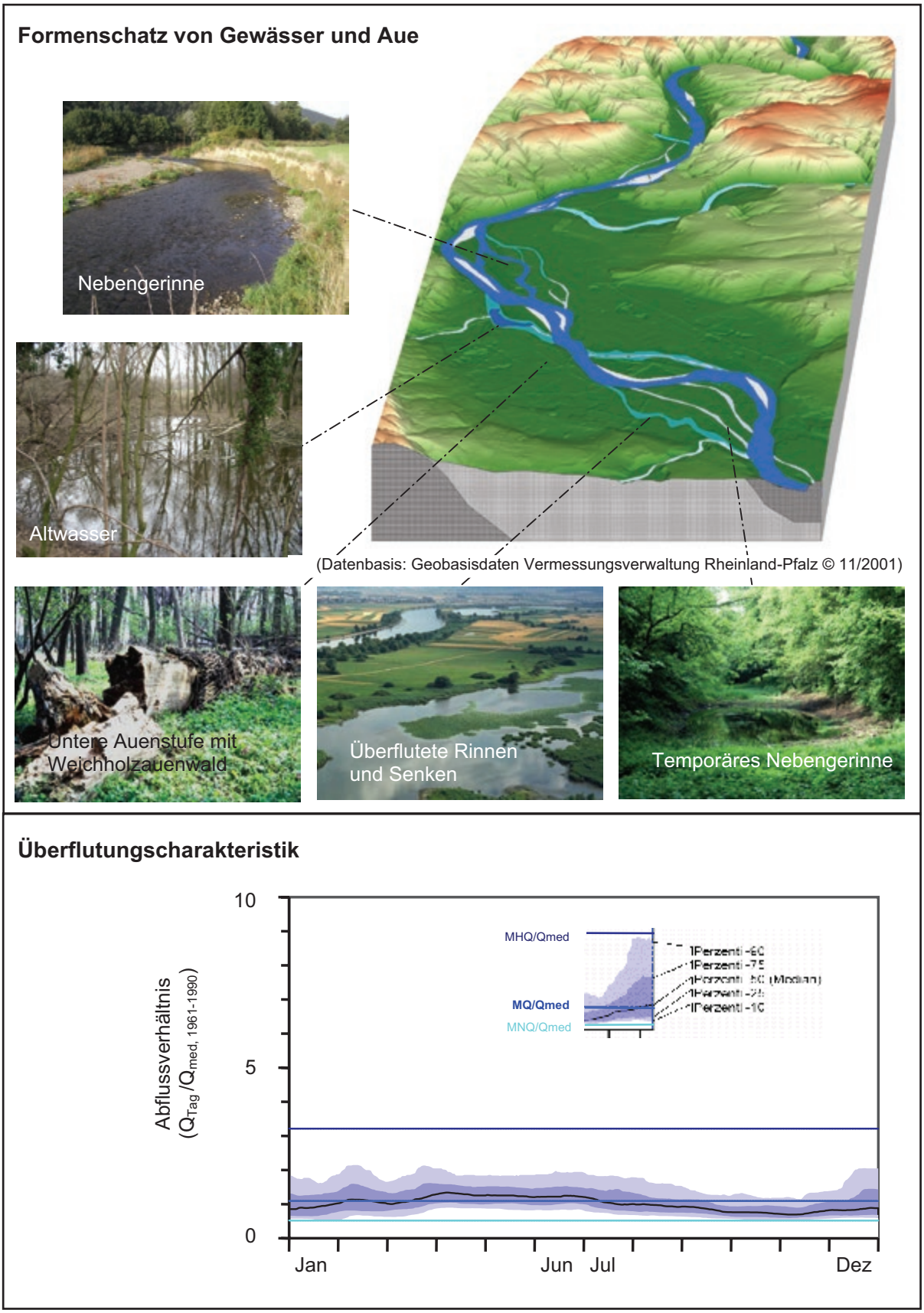


Abb. 135: Gefällearme kies-schottergeprägte Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern

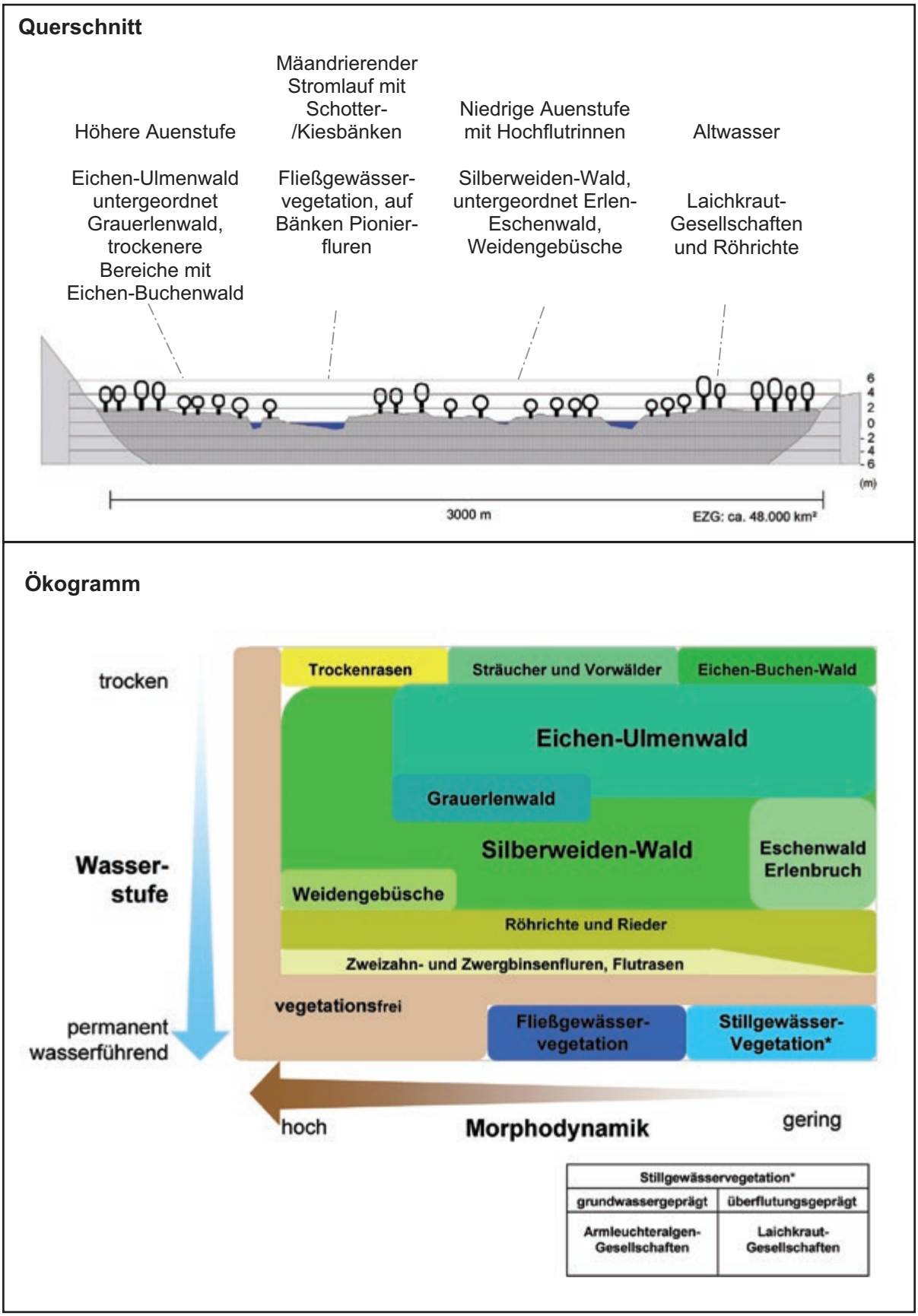


Abb.135 (Fortsetzung): Gefällearme kies-schottergeprägte Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern

3.2.5.3 Gefällearme Stromaue mit Sommerhochwassern

Lage und räumliche Verteilung

Die gefällearme Stromaue mit Sommerhochwassern ist auf einen vergleichsweise kurzen Laufabschnitt des nördlichen Oberrheins beschränkt und vermittelt räumlich wie typologisch zwischen den gefällereichen nival geprägten Oberrheinabschnitten und den vorangehend beschriebenen gefällearmen nivopluvial geprägten Rheinabschnitten (Abb. 136).

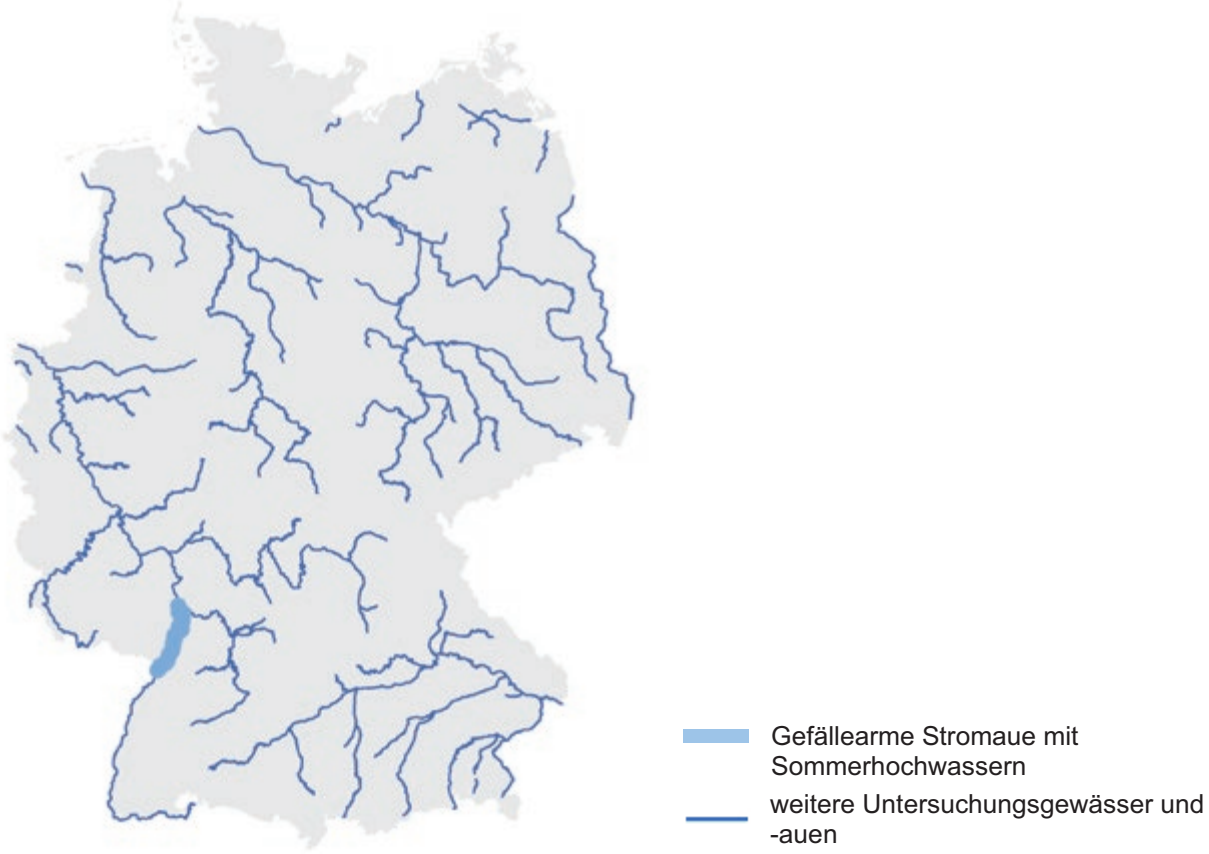


Abb. 136: Lage der gefällearmen Stromauen mit Sommerhochwassern

(Datenbasis: DLM1000 © Vermessungsverwaltungen der Länder und BKG 2003)

Da der Formenschatz (Abb. 139) demjenigen des vorlaufend dargestellten Stromauentyps weitgehend entspricht, werden im Folgenden in knapper Form die Unterschiede herausgearbeitet (Abb. 137).

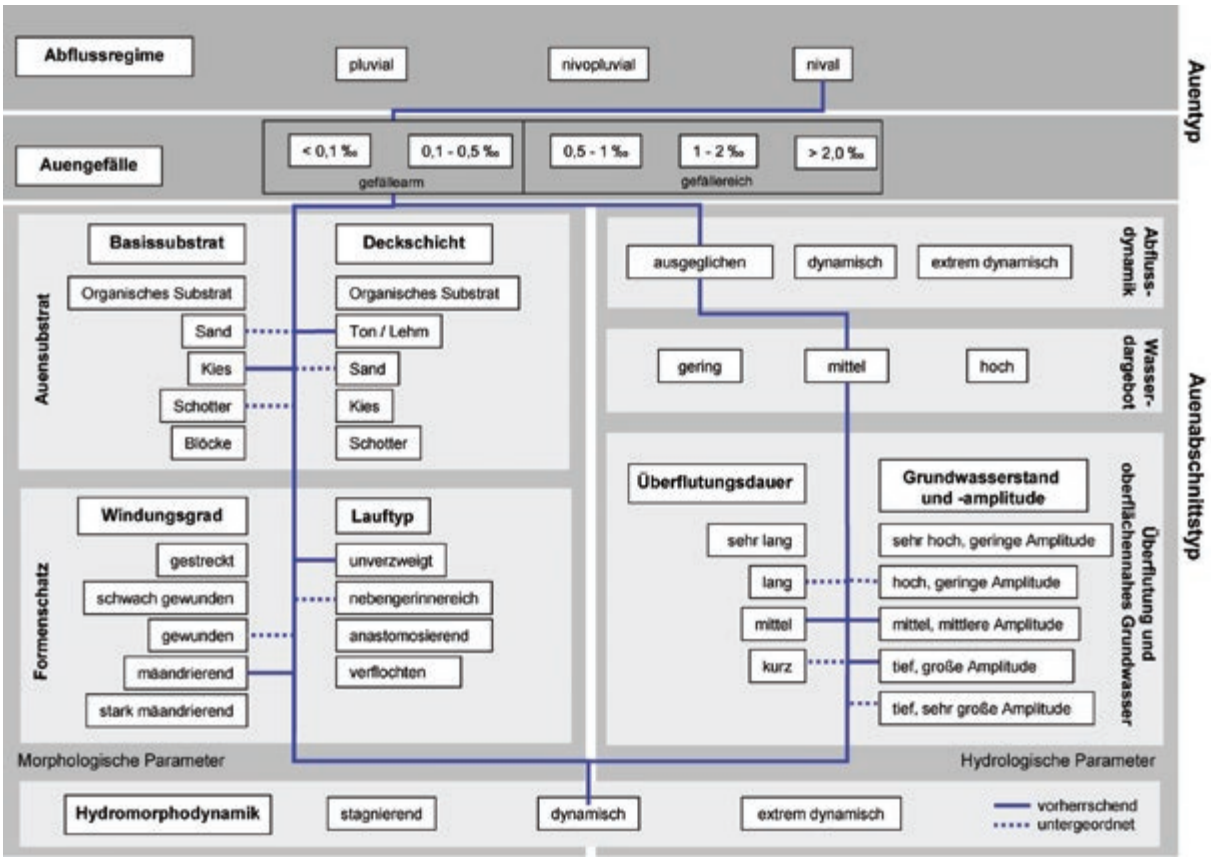


Abb. 137: Typdiagramm der gefällearmen kiesgeprägten Stromaue mit Sommerhochwassern

Abflussregime

Das Abflussregime zeigt ein sehr ausgeglichenes Abflussverhalten über das Jahr, wobei ein flaches, aber deutliches Sommermaximum im Juni/Juli ausgebildet ist. Die daraus resultierenden Überflutungen liegen somit zu großen Teilen innerhalb der Vegetationsperiode.

Formenschatz

Der Formenschatz unterscheidet sich kaum von den gefällearmen nivopluvialen Ausprägungen. Die größere Nähe zu den geschiebereichen Auenabschnitten des südlichen Oberrheins macht das Auftreten ausgedehnterer Bankstrukturen und Schotterflächen wahrscheinlich. Zudem sind auf Grund der gröberen Basissubstrate in diesem Übergangsbereich auch mehr grundwassergeprägte Fließ- und Stillgewässer in den Auen zu erwarten.

Weiterhin weist das Auenrelief dieses Auentyps im betrachteten Abschnitt eine besonders ausgeprägte vertikale Gliederung der Auenstufen auf (Abb. 138).

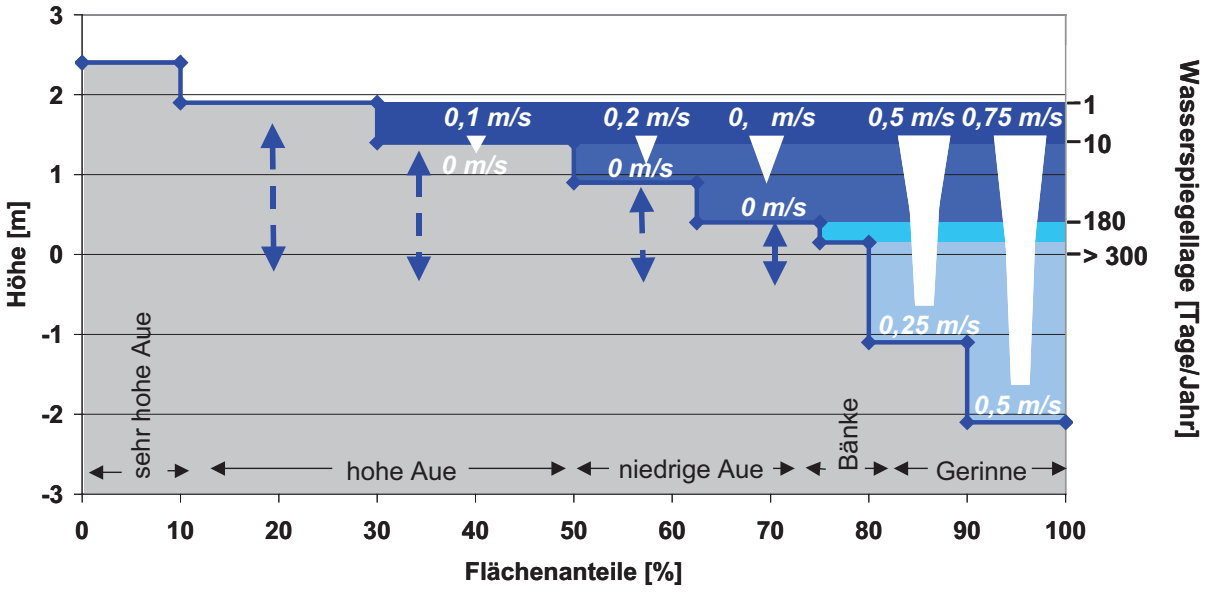


Abb. 138: Hydromorphogramm der gefällearmen kiesgeprägten Stromaue mit Sommerhochwassern

Vegetation (VAN DE WEYER 2005)

In der gefällearmen kiesgeprägten Stromaue mit Sommerhochwassern dominieren wie auch in der nivopluvialen Ausprägung auf den unteren Auenstufen Silberweidenwälder (Salicetum albae) (Nomenklatur nach POTT 1995) bzw. auf höheren Auenstufen der Eichen-Ulmenwald (Querco-Ulmetum) (DISTER 1980). Die Silberweidenwälder können hierbei in den nivopluvial und nival geprägten Auen oberhalb der Linie des mittleren Wasserstandes (MW) stocken, während sie in den pluvialen Ausprägungen z. T. deutlich unterhalb der MW-Linie wachsen können (Abb. 15 und HENRICHFREISE 1996).

Auf nassen, oft grundwasserbeeinflussten Standorten, wie Randsenken bzw. Austrittsbereichen von Grundwasser an markanten Auenstufen oder weitgehend verlandeten Altstrukturen, finden sich kleinflächig auch Erlenbruchwälder (Alnion glutinosae) und Eschenwälder (Alnenion glutinosae). Trockenere Standorte werden vom Eichen-Hainbuchenwald (Carpinion) besiedelt. Lokal treten auf trockenen, offenen Sandflächen, wie Dünen, Sandtrockenrasen (Koelerio-Corynephoretea) auf, auf stark austrocknenden Kiesflächen „Brennen“ oder „Heißländer“ (Mesobrometum alluviale sensu OBERDORFER 1957).

Es sind große vegetationsfreie Bänke ausgeprägt, die sich überwiegend in den Gleithangbereichen finden. Auf diesen Bänken können sich im Verlauf der Vegetationsperiode Zweizahn- und Zwergbinsenfluren (Bidentetea, Isoeto-Nanojuncetea) bzw. Flutrasen (Agropyro-Rumicion) entwickeln.

Landseitig schließen sich Röhrichte und Rieder (Phragmition, Phalaridion, Glycerio-Sparganion, Magnocaricion) sowie Hochstaudenfluren (Senecionion fluviatilis, Aegopodion

podagrariae) an, die auch in untergeordnet ausgeprägten langsam durchströmten bzw. temporär bespannten Nebengerinnen und Hochflutrinnen stocken. Weidengebüsche (Salicion cinereae, Salicion albae) bevorzugen Standorte mit höherer Morphodynamik.

Im Hauptstrom selbst tritt Fließgewässer-Vegetation nur randlich auf. Bei höheren Fließgeschwindigkeiten treten Wasserhahnenfuß-Gesellschaften (*Ranunculus*-Typ) mit Großlaichkräutern, bei geringeren Fließgeschwindigkeiten Schwimmblattgesellschaften in arten- und wuchsformenreichen Ausbildungen (*Sparganium emersum*-Gesellschaft) bzw. Großlaichkraut-Gesellschaften (Potametea) auf (LUA NRW 2003a). Viele Altwasser, die durch Überlagerung unterschiedlich alter Mäandergürtel entstehen, prägen die Aue in unterschiedlichen Verlandungsstadien. Dabei weisen Stillgewässer mit stärkerem Grundwassereinfluss Armleuchteralgen- (Charetea) bzw. Strandlings-Gesellschaften (Littorelletea) auf, während nährstoffreiche Stillgewässer, wie Altarme mit Fließgewässeranschluss oder einer frühzeitigen Überflutung, Laichkraut- (Potametea) und Wasserlinsen-Gesellschaften (Lemnetea) beherbergen.

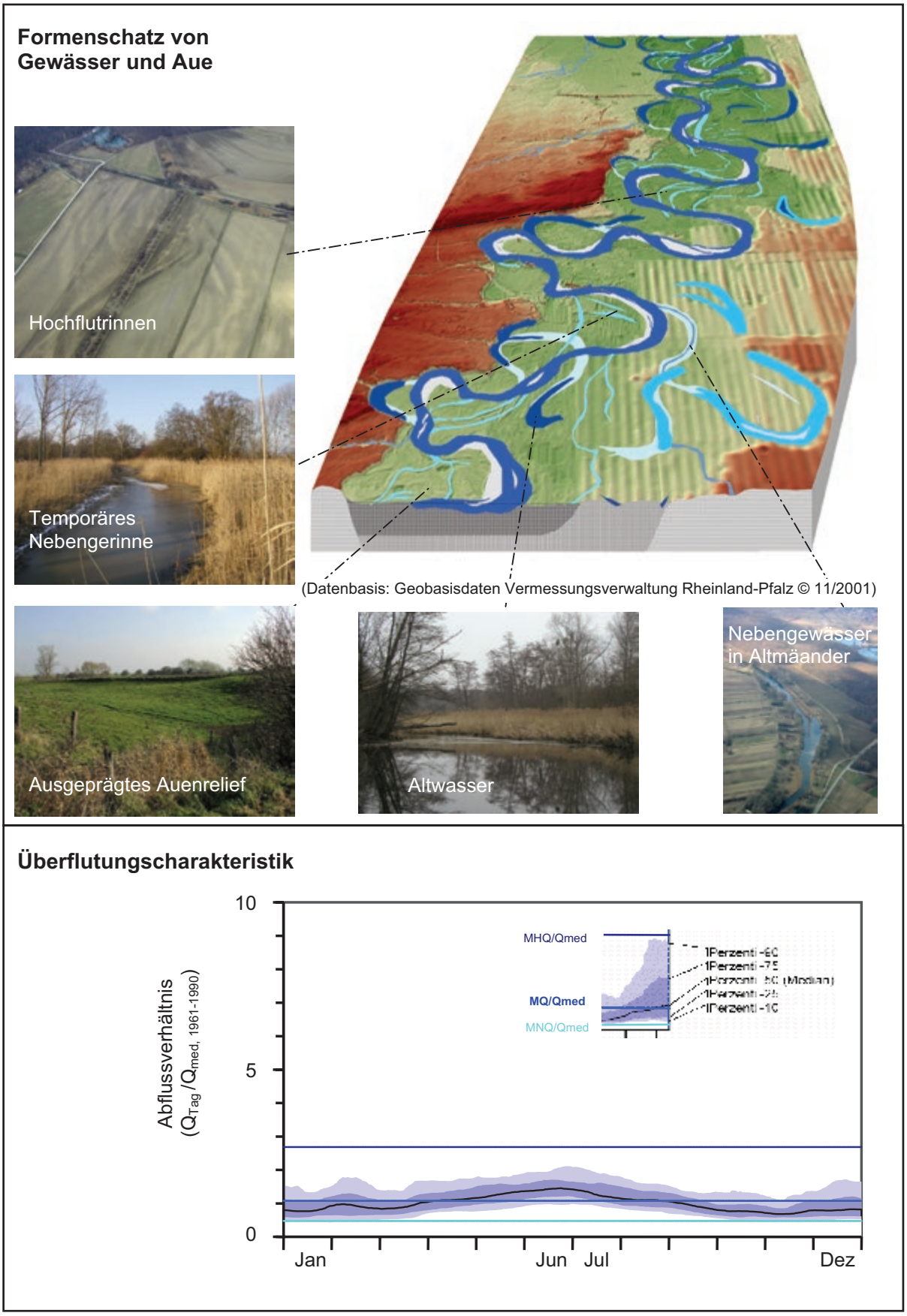


Abb. 139: Gefällearme kiesgeprägte Stromaue mit Sommerhochwassern

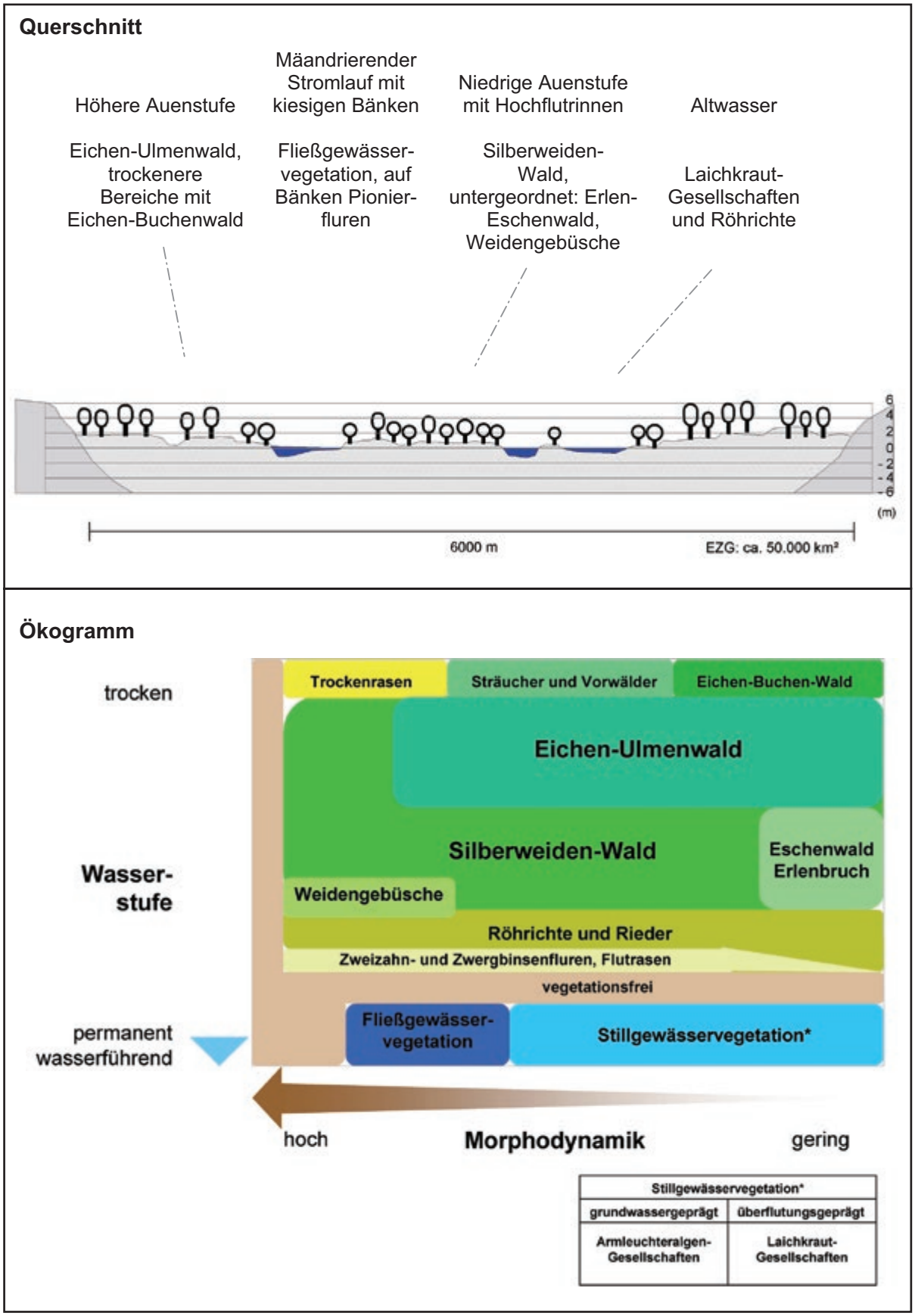


Abb. 139 (Fortsetzung): Gefällearme kiesgeprägte Stromaue mit Sommerhochwassern

3.2.5.4 Gefällereiche Stromaue mit Sommerhochwassern

Lage und räumliche Verteilung

Die gefällereichen Stromauen mit Sommerhochwassern sind in ihrer Verbreitung auf den Süden Deutschlands beschränkt (Abb. 140). Diesem Stromauetyp wird der Hochrhein, der südliche Oberrhein sowie ein kurzer Abschnitt der Donauauen zugeordnet.

Die geologischen Verhältnisse der oberen Einzugsgebiete werden von alpinen Gebirgsbildungen bestimmt, während im Verlauf auch Einzugsgebiete des Grund- und Deckgebirges sowie des Alpenvorlandes hinzukommen.

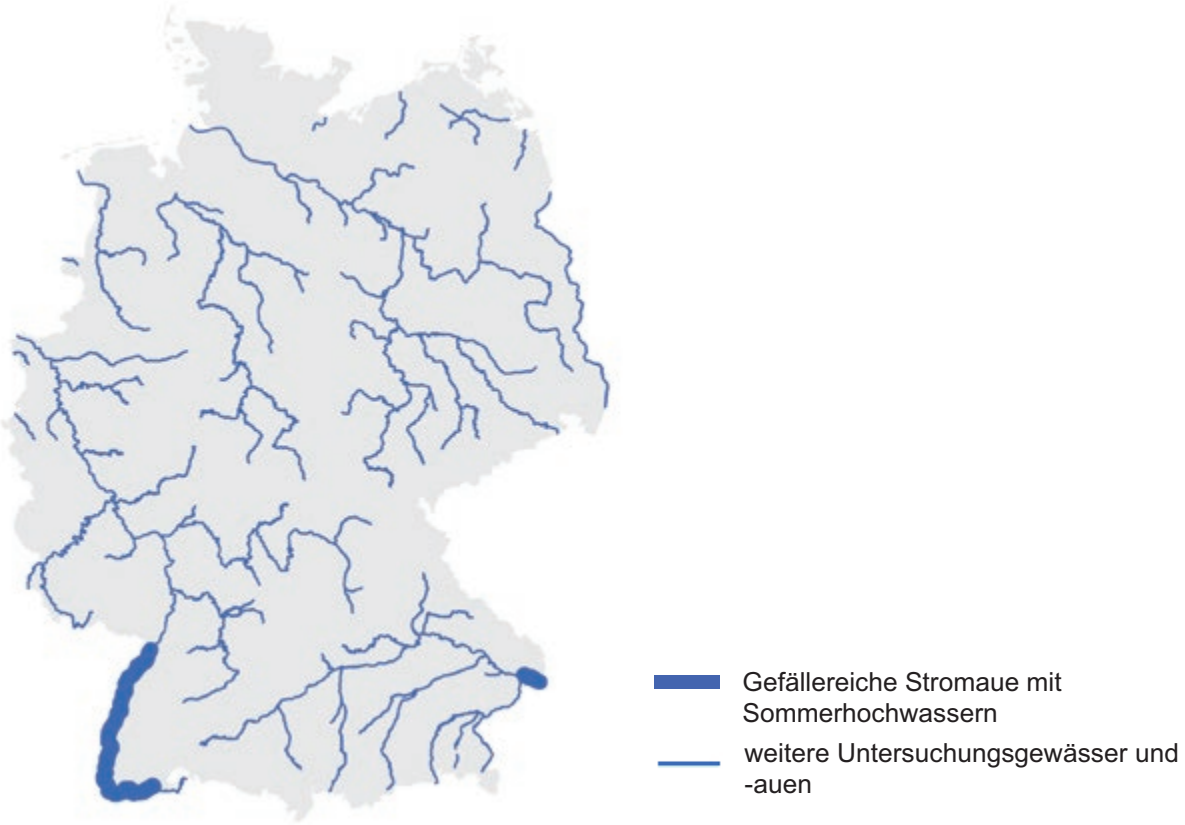


Abb. 140: Lage der gefällereichen Stromauen mit Sommerhochwassern

(Datenbasis: DLM1000 © Vermessungsverwaltungen der Länder und BKG 2003)

Das große Wasser- und Geschiebedargebot der alpinen Einzugsgebiete und der damit verbundene Formenschatz wird vom Rhein weit nach Norden getragen. An der Donau liefern die von Süden zufließenden alpin geprägten Flüsse entsprechende Abfluss- und Substratbedingungen.

Talbodenform und -gefälle

Der längszonale Wechsel der Talbodenbreite am Rhein bedingt zwei verschiedene, morphologisch relevante Talbodenformen.

Der Alpenrhein verlässt als Fluss (Einzugsgebiet < 30.000 km^2) den Bodensee mit reduzierter Geschiebefracht und verläuft mit hohen Talbodengefällen um 1,3 ‰ in einer schmalen Aue mit lokalen Aufweitungen in ost-westlicher Richtung (Abb. 141). Mit dem Zufluss der Aare wird der Rhein als Strom angesprochen (Einzugsgebiet > 30.000 km^2). Dieser südliche Zufluss führt wieder verstärkt alpine Geschiebe zu, die jedoch auf Grund der hohen Gefällewerte und hydraulischen Kapazität im Wesentlichen bis in den Oberrhein durchtransportiert werden.

Mit Eintritt in den Oberrheingraben reduziert sich das Gefälle auf Werte um 0,8 ‰ – für Fließgewässer dieser Größenordnung weiterhin hohe Werte – und der Talboden weitet sich sehr stark auf (DISTER 1985). In den mächtigen Schotterkörper der Oberrheingrabenauffüllung sind die Stufen der rezenten Aue eingelassen.

Abb. 141: Talboden- und Gerinnebettform von Hochrhein (li.) und südlichem Oberrhein (re.)

(Kartengrundlage: li.: Topographische Karte über das Großherzogthum Baden 1:50.000 (1847), Bl. 49 © LV-BW 2005; re.: Carte über den Lauf des Rheins 1:20.000 (1840), Bl. 7, Burkheim)

Abflussregime

Das Abflussverhalten wird von den sommerlichen Hochwasserereignissen geprägt, die auf die Schneeschmelze und auf sommerliche Niederschläge zurückzuführen sind. Im Winter treten dagegen lang anhaltende frostbedingte Niedrigwasserphasen auf.

Die geringe Abflussdynamik dieses Typs ist, neben der nivalen Speicherung, auf die leistungsfähigen Aquifere der mächtigen Talbodenschotterkörper des Oberrheins und der Donauauen zurückzuführen.

Die gefällereichen Stromauen weisen neben talbodenformbedingten Varianzen keine deutliche längszonale Differenzierung der Substratverhältnisse auf, so dass nur ein relevanter substratdeterminierter Abschnittstyp ausgewiesen werden kann:

- Gefällereiche schottergeprägte Stromaue mit Sommerhochwassern (Abb. 142, 150)

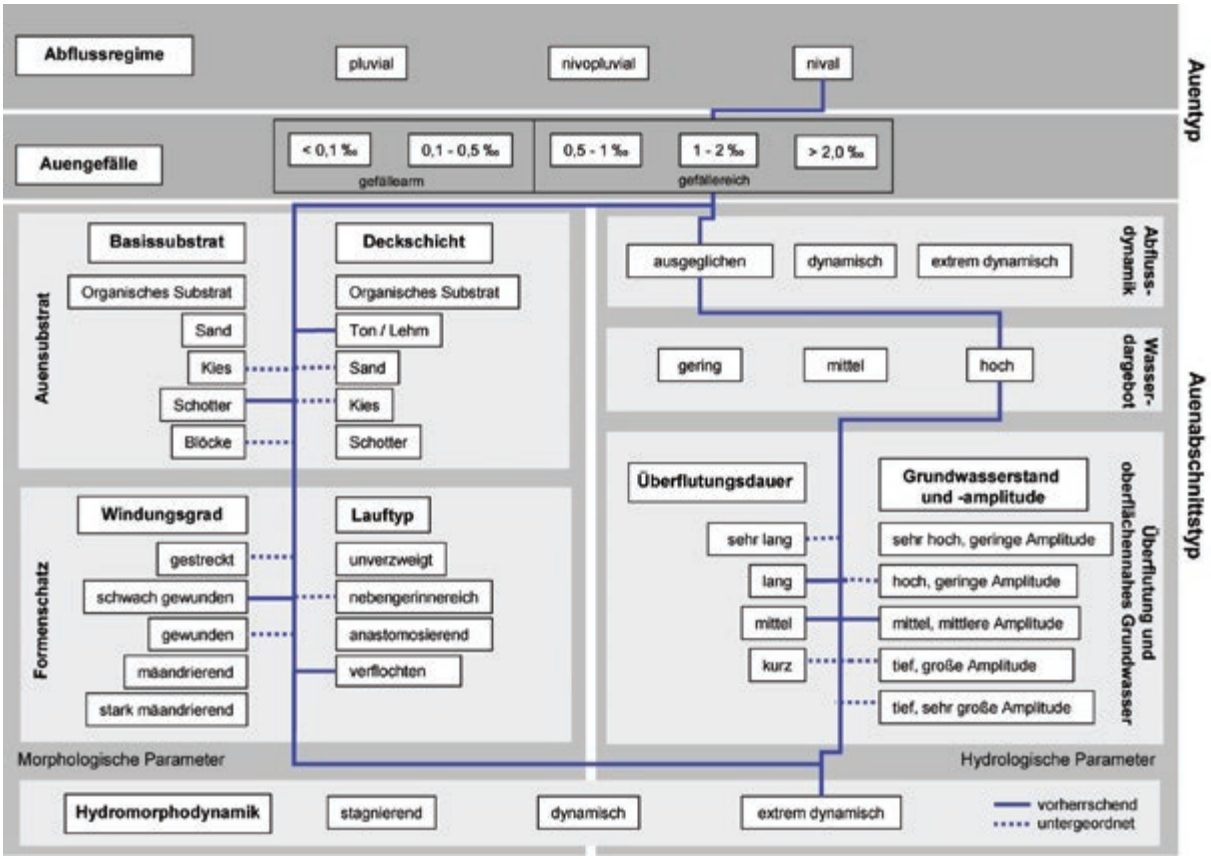


Abb. 142: Typdiagramm der gefällereichen schottergeprägten Stromaue mit Sommerhochwassern

Deck- und Basissubstrat

Die Talbodenfüllungen dieser Stromauen werden von schotterreichen Basissubstraten geprägt, wobei auch sandige und kiesige Bestandteile in untergeordneten Anteilen auftreten (Abb. 143).

Die Talböden sind höhenmäßig in Terrassen gegliedert, deren unterste die rezente Aue darstellt, die wiederum durch Auenstufen unterschiedlicher Höhenlage strukturiert ist.

Die zahlreichen Stromarme werden von Schotterfluren begleitet, die an die feinsedimentarmen unteren Auenstufen angrenzen. Randlich folgen abschnittsweise höher gelegene ältere Auenstufen, die rezent nicht unmittelbar durch die Stromarme geformt werden und nur bei selteneren Hochwassern geflutet werden.

Die Deckschichten dieser Auenstufen sind vorherrschend sandig-lehmig und nivellieren sowohl das fluviale Feinrelief als auch die standörtlichen Verhältnisse.

Abb. 143: Basissubstrate und geringmächtige Deckschichten der gefällereichen schottergeprägten Stromauen

Formenschatz

Die verflochtenen Gerinne werden von lagestabilen und bewaldeten bzw. gehölzbestandenen Inseln gegliedert, die von ausgedehnten Schotterfluren und -bänken umgeben sind (Abb. 146, 150). Der Windungsgrad der Gerinne schwankt zwischen schwach gewunden und gewunden und vermittelt abschnittsweise zu den stromabwärts folgenden Mäanderstrecken der gefällearmen Stromauen.

Der breite Hauptlauf geht in verflochtene Gerinne über (Abb. 145), die durch Sedimentakkumulationen oder Totholzverklausungen zeitweise stillgewässerartigen Charakter annehmen können (Abb. 144).

Abb. 144: Verlandendes Nebengerinne mit Bankstrukturen und Inseln

Die niedrigen Auenstufen sind von einem Geflecht von Nebengerinnen durchzogen und liegen nur 0,5 bis 1,5 m oberhalb der Niedrigwasserstände.

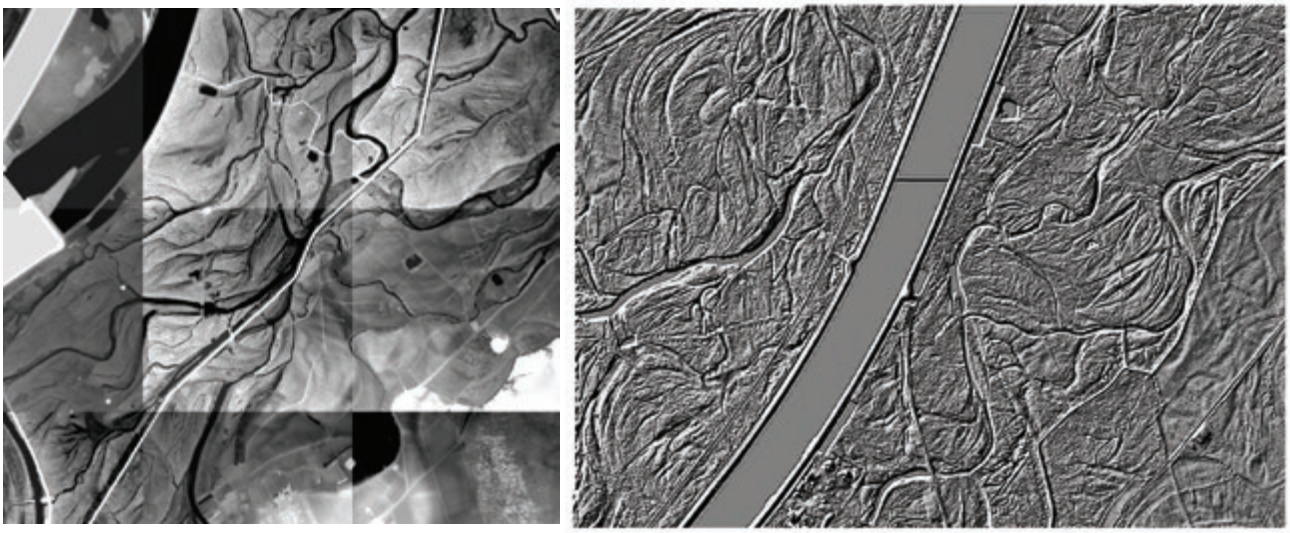


Abb. 145: Reliktäre Rinnensysteme der niedrigen Auenstufe im aktuellen DGM

(Datenbasis: DGM © Landesvermessungsamt Baden-Württemberg [http://www.lv-bw.de] Az.: 2851.9-1/11)

Rund einen Meter über der niedrigen Auenstufe folgt die höher gelegene Aue, die ältere Rinnensysteme aufweist. Diese werden von zufließenden Gewässern über lange Strecken als Abflussbahnen genutzt oder beherbergen Gießen mit Grundwasseranschluss (DISTER 1991).

Die äußere Begrenzung der Aue wird auf weiten Strecken durch eine akzentuierte Böschung gebildet, die zum überflutungsfreien Hochgestade überleitet.

Einen demgegenüber stark reduzierten Formenschatz bildet der Hochrhein aus, der auf Grund seines großen Gefälles und der engeren Talsituation kaum Akkumulationsformen wie Inseln und Bänke zeigt (Abb. 141).

Abb. 146: Teilweise bewachsene Inseln mit umgebenden Schotterfluren und -bänken

Bewachsene Inseln und einzelne Nebengerinne prägen das Bild der schmalen Aue des Hochrheins, die in den Talboden eingelassen liegt.

Der kurze Laufabschnitt der Donau wird stark vom alpinen Charakter des abfluss- und geschiebestarken Lechs überprägt und ähnelt vom Formenschatz her dem Oberrhein, wenn auch in reduzierter Dimension.

Überflutung und Grundwasser

Die hohen Abflüsse aus der alpinen Region prägen das Überflutungsgeschehen der gefällereichen Stromauen Deutschlands. Diese Abflüsse führen zu lang anhaltenden sommerlichen Überflutungen der Schotterbänke und -fluren. Die Umlagerungsraten sind beträchtlich, da unterjährlich in den Gerinnen und auf den Schotterfluren Fließgeschwindigkeiten von deutlich mehr als 1,0 m/s im Stromstrich erreicht werden (Abb. 148). Die Niedrigwassergerinne und Schotterflächen nehmen rd. 35 % der Auenfläche ein.

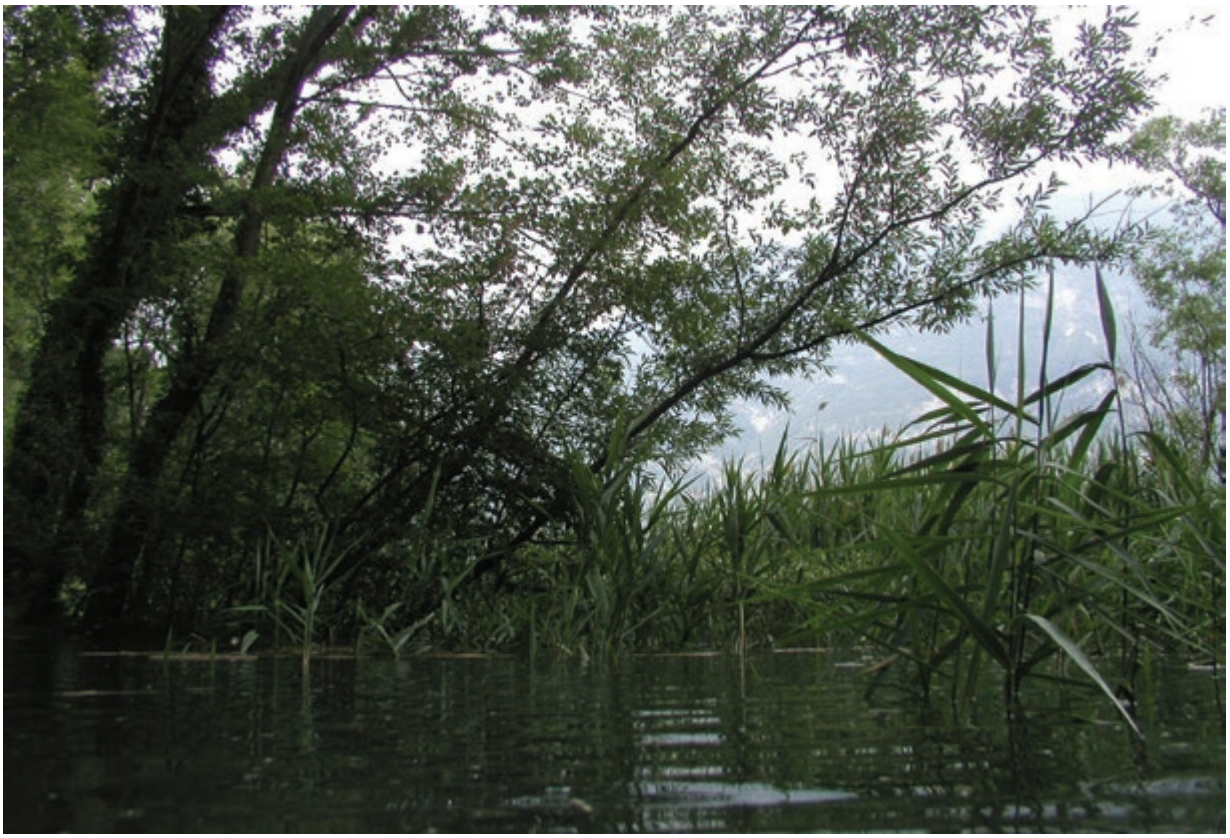


Abb. 147: Überflutete Weichholzaue

Auch die niedrig gelegenen Auenstufen mit ihren Rinnensystemen weisen Strömungsgeschwindigkeiten bis 0,8 m/s auf, was unter Berücksichtigung der dort stockenden Weichholzaue bemerkenswert hohe Werte sind (Abb. 147). In den Rinnensystemen werden auch dort formungsrelevante Strömungen erreicht.

Im Winter herrschen geringe Abflussmengen vor, so dass sich der Abfluss in den verflochtenen Niedrigwassergerinnen konzentriert und die untere Auenstufe einschließlich der Schotterfluren trockenfallen.

Die höheren Auenstufen werden nur von Hochwassern mit Jährlichkeiten > 1 erreicht, so dass die dortigen Standortverhältnisse mehr durch das stark schwankende Grundwasser als durch die Überflutungen bestimmt werden (Abb. 148).

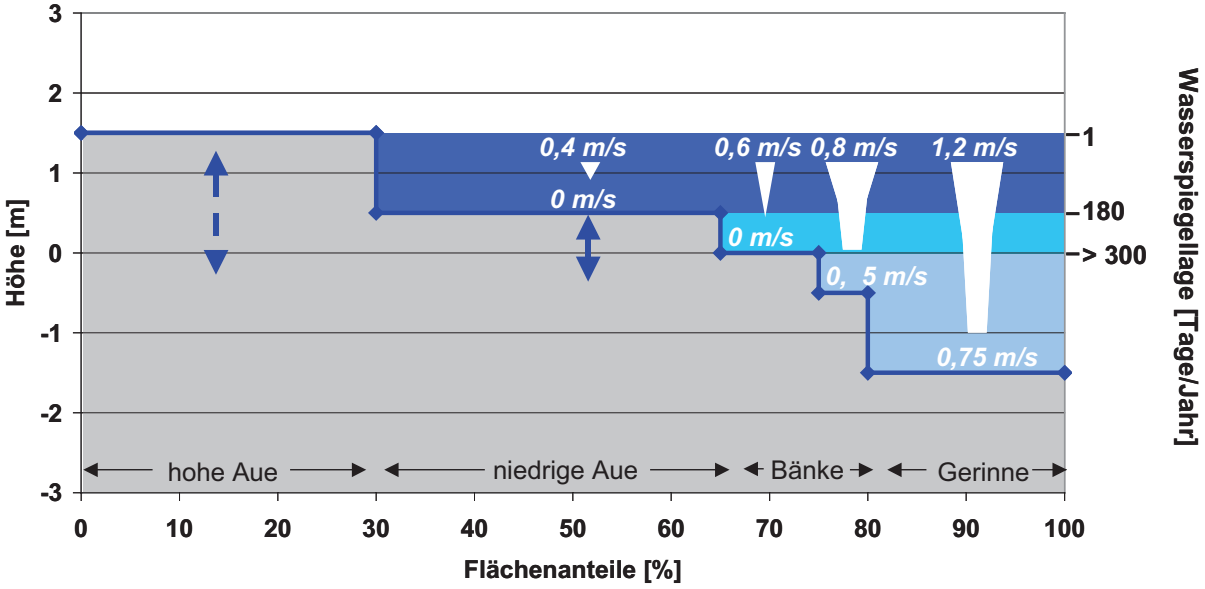


Abb. 148: Hydromorphogramm der gefällereichen schottergeprägten Stromaue mit Sommerhochwassern

Die Schotterfluren werden dagegen ganzjährig durch den Wechsel von Überströmung und oberflächennahem Grundwasser bestimmt. Die Rinnen können dabei zu Abflussbahnen für das austretende Grundwasser werden und stellen dann auch während der Sommermonate sehr kühle, teils fließende, teils stehende Habitate dar, die so genannten Gießen (Abb. 149).

Abb. 149: Grundwassergespeiste, langsam durchströmte Rinne in der Schotterflur

Hydromorphodynamik

Die gefällereichen schottergeprägten Stromauen mit Sommerhochwassern gehören zu den vielfältigsten und morphologisch dynamischsten Auen Deutschlands. Die Bankstrukturen sowie die Rinnensysteme sind beständigen Umlagerungsprozessen unterworfen. Die sommerlichen Überflutungen in der Vegetationsperiode sind neben der hohen Morphodynamik die prägenden Standortfaktoren der unteren Auenstufen. Die nur selten überfluteten hohen Auenstufen weisen dagegen stabile standörtliche Verhältnisse auf, so dass die dortigen hohen Grundwasseramplituden den Standort prägen.

Sondersituationen

Die Donau entspricht dem beschriebenen Stromauentypus in Deutschland nur auf einer vergleichsweise kurzen Laufstrecke (Karte siehe Anhang). Der einmündende Inn überträgt in diesem Laufabschnitt sowohl die morphologischen als auch die hydrologischen Charakteristika des nival bzw. alpin geprägten Flusses auf die Donau und überprägt das bis dahin vorherrschende nivopluviale Regime.

Vegetation (VAN DE WEYER 2005)

In der gefällereichen schottergeprägten Stromaue mit Sommerhochwassern dominieren auf den niedrigen Auenstufen Silberweidenwälder (Salicetum albae) (Nomenklatur nach POTT 1995) bzw. auf höher gelegenen Bereichen der Eichen-Ulmenwald (Querco-Ulmetum). Auf nassen, oft grundwasserbeeinflussten Standorten (Randsenken) finden sich kleinflächig auch Erlenbruchwälder (Alnion glutinosae) und Eschenwälder (Alnenion glutinosae). Trockenere Standorte werden vom Eichen-Hainbuchenwald (Carpinion) besiedelt. Auf trockenen, offenen Schotter- bzw. Kiesflächen, die stark austrocknen, treten „Brennen“ oder „Heißländer“ (Mesobrometum alluviale sensu OBERDORFER 1957) auf.

Auf den großflächigen vegetationsfreien Schotterfluren entlang der zahlreichen, mit Wald bewachsenen Inseln können sich untergeordnet feuchte bis nasse Pionierfluren, wie Zweizahn- und Zwergbinsenfluren (Bidentetea, Isoeto-Nanojuncetea) bzw. Flutrasen (Agropyro-Rumicion), entwickeln. Landseitig schließen sich Weidengebüsche (Salicion cinereae, Salicion albae), bevorzugt an Standorten mit höherer Morphodynamik, an, die auch an kleineren Nebengerinnen zu finden sind.

An langsam durchströmten Rinnen bzw. an nur untergeordnet ausgeprägten Stillgewässern sind Röhrichte und Rieder (Phragmition, Phalaridion, Glycerio-Sparganion, Magnocaricion) sowie Hochstaudenfluren (Senecionion fluviatilis, Aegopodion podagrariae) zu finden.

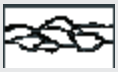
Die Fließgewässer-Vegetation tritt im Strom der gefällereichen Stromauen mit Sommerhochwassern nur randlich auf. Bei höheren Fließgeschwindigkeiten treten dort Wasserhahnenfuß-Gesellschaften (*Ranunculus*-Typ) mit Großlaichkräutern, bei geringeren Fließgeschwindigkeiten Schwimmblattgesellschaften in arten- und wuchsformenreichen Ausbildungen (*Sparganium emersum*-Gesellschaft) bzw. Großlaichkraut-Gesellschaften (Potametea) auf (LUA NRW 2003a).

Die eher seltenen Stillgewässer weisen bei stärkerem Grundwassereinfluss Armleuchteralgen- (Charetea) bzw. Strandlings-Gesellschaften (Littorelletea) auf. Nährstoffreiche Stillgewässer beherbergen Laichkraut- (Potametea) und Wasserlinsen-Gesellschaften (Lemnetea).

Tab. 34: Charakterisierung der gefällereichen Stromaue mit Sommerhochwassern

Stromauentyp **Parameter**	Gefällereiche Stromaue mit Sommerhochwassern	
Gewässergroß-landschaft	von untergeordneter typologischer Bedeutung für die lokale Ausprägung, nicht jedoch hinsichtlich der Abflussverhältnisse: prägend: Alpen/Voralpen untergeordnet: Grundgebirge, Deckgebirge	
Einzugsgebietsgröße	> 30.000 km²	
	Südlicher Oberrheingraben, Donau unterhalb der Innmündung	Hochrhein (alpin geprägter Strom mit See im Hauptschluss)
Abflussregime	nival	
Talformen	vorherrschend breite Sohlentäler gefüllt mit mächtigen Schotterkörpern	im Bereich des Hochrheins schmale Talsohle (s. Sondersituation im Text)
Talbodenform/ -charakteristik	Oberrheingraben: weiter Talboden, überwiegend durch pleistozäne Terrassen seitlich begrenzt	schmaler, gegenüber dem Umland stark eingetiefter Talboden
Auengefälle	gefällereich (> 0,5 ‰) 0,8 ‰	gefällereich (> 0,5 ‰) 1,3‰, abschnittsweise steiler, Wasserfall
Auensubstrat		
Basissubstrat	vorherrschend Schotter mit zunehmendem Kiesanteil im Fließgewässerverlauf, untergeordnet Sande	vorherrschend Schotter, untergeordnet Kiese
Deckschicht	überwiegend Lehme und Sande, untergeordnet Kiese	
Formenschatz der Aue		
Auengewässer Hohlformen	Mehrbettgerinne mit einzelnen Altwasserstrukturen in Randbereichen, Hochflutrinnen, Gießen in älteren Rinnensystemen	Einbettgerinne mit einzelnen Nebengerinnen, vereinzelte zumeist temporäre Stillgewässer in Flutrinnen
Vollformen	zahlreiche bewachsene Inseln, anschließende großflächige Schotterbänke, Kies- und Schotterwälle an Gleitufern,	vereinzelte Inseln, Gleitufer- und Mittenbänke, Schotterwälle
Kleinrelief	häufig Terrassenbildung (Pleistozän), Hochflutrinnen, zahlreiche Rinnensysteme ineinander verschachtelt und unterschiedlichen Alters auf Auenstufen, Randsenken	gestreckte Flutrinnen mit Kolken, schmale Randsenken

Tab. 34 (Fortsetzung): Charakterisierung der gefällereichen Stromaue mit Sommerhochwassern

Hydrologie		
Abflussdynamik	Verhältnis zwischen mittlerem Hoch- und Niedrigwasserabflüssen (MHQ zu MNQ)	
	MHQ/MNQ um 6 geringe Dynamik	MHQ/MNQ um 5 geringe Dynamik
Abflussspende	23 – 28 l/(s*km²) Median-Spende	bis 30 l/(s*km²) Median-Spende
Überflutungs-charakteristik	jahreszeitlich schwankende Abflusssituation mit langanhaltenden Hochwasserphasen im Sommerhalbjahr und Niedrigwasserphasen im Winter. hohe Fließgeschwindigkeiten im Bereich der Schotterfluren und -bänke	
Ausuferungsdauer	165 Tage (5,5 Monate) mittlere jährliche Anzahl Tagesmittelwerte über MQ	
Ausuferungs-charakteristik	bei Niedrigwassersituationen nur der Hauptlauf und die Hauptnebengerinne mit Wasser bespannt, viele Nebengerinne werden dann über das Grundwasser gespeist, höher gelegene fallen trocken, sind jedoch bei MQ, wie auch die ausgedehnten Schotterflächen, bereits wieder bespannt; die Inseln werden unterjährlich über lange Zeiträume überflutet	Seeausflussregime mit natürlichem Substratdefizit, hohes Gefälle führt zu vergleichsweise selteneren und kurzen Überflutungen der sehr schmalen Auen
Grundwasserstand und -amplitude	geringe Schwankungen aufgrund der ausgleichenden Wirkung der mächtige fluviatilen Schotterdecken mit reichen Grundwasservorräten, auf höheren Auenstufen auch große Amplituden	unmittelbar abhängig vom Stromwasserstand, daher zeitweise starke Schwankungen
Laufform		
Flussabschnittstyp		
Laufentwicklung Windungsgrad	gewunden	gestreckt bis gewunden
Lauftyp	verflochten mit Insellagen	Einbettgerinne, abschnittsweise mit Nebengerinnen
Hydromorphodynamik/ laterale Erosion / Verlagerungsverhalten Besondere Laufstrukturen	hohe Morphodynamik mit lateraler Erosion und Substratverlagerung, bewachsene Inseln mit großen vegetationsarmen Schotterbänken	schwache laterale Verlagerung, insbesondere in Gleituferbereichen und um Inselbänke vegetationsarme Standorte, lokale Inselbildungen

Tab. 34 (Fortsetzung): Charakterisierung der gefällereichen Stromaue mit Sommerhochwassern

Vegetation		
vorherrschende Vegetationseinheiten der Gewässer	Fließgewässer:	
	+++	vegetationsfrei bzw. *Ranunculus- bzw. Sparganium emersum*- bzw. Potametea- Gesellschaften
	nährstoffarme Stillgewässer:	
	+	Charetea- bzw. Littorelletea-Gesellschaften
	nährstoffreiche Stillgewässer:	
	+	Potameteta-Gesellschaften
vorherrschende Vegetationseinheiten der Aue	+++	niedrige Auenstufen mit mehr Morphodynamik: Salicetum albae höhere Auenstufen: Querco-Ulmetum
	++	Bereiche höherer Morphodynamik: Salicion cinereae, Salicion albae trockenere Standorte : Carpinion nasse Randsenken etc: Alnion glutinosae, Alnenion glutinosae
(+++ bis + = vorherrschend bis untergeordnet)	+	Pionierstandorte: Bidentetea, Isoeto-Nanojuncetea, Agropyro-Rumicion trockene Kiesflächen: Mesobrometum alluviale sensu langsam durchströmte Rinnen: Phragmition, Magnocaricion, Glycerio-Sparganion

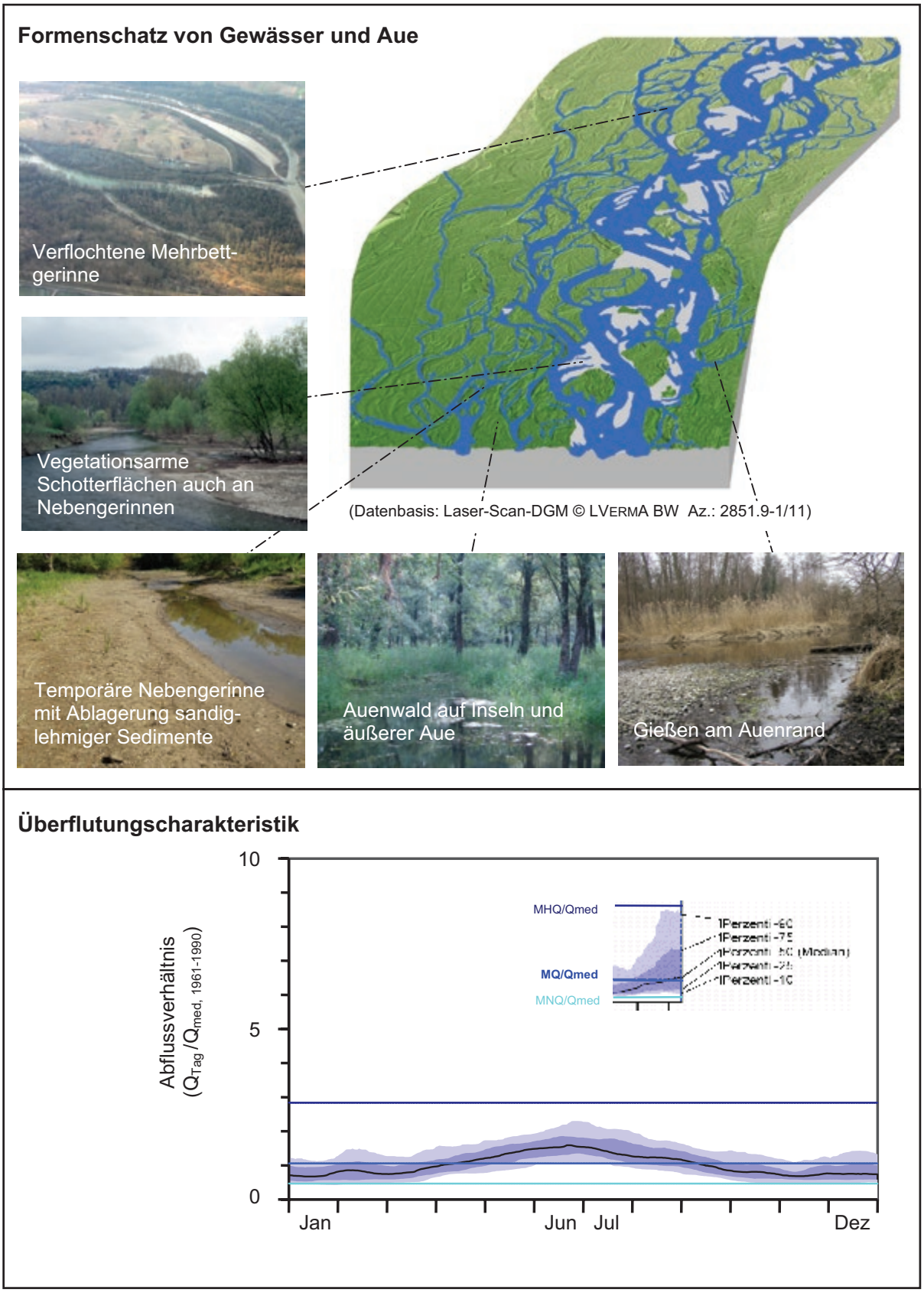
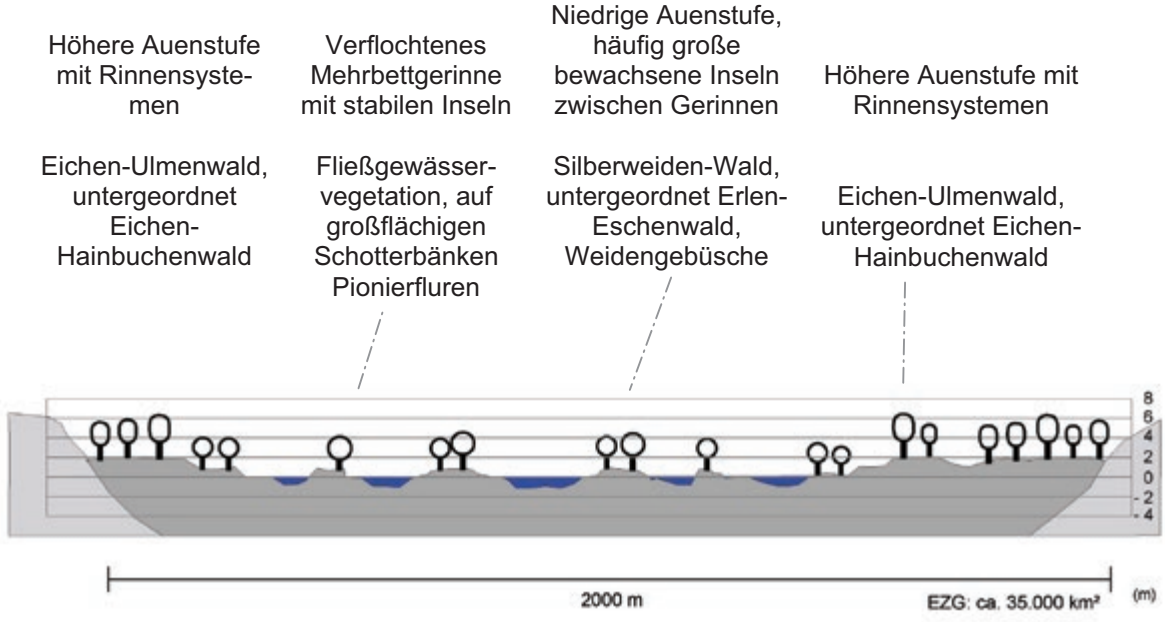


Abb. 150: Gefällereiche schottergeprägte Stromaue mit Sommerhochwassern

Querschnitt



Ökogramm

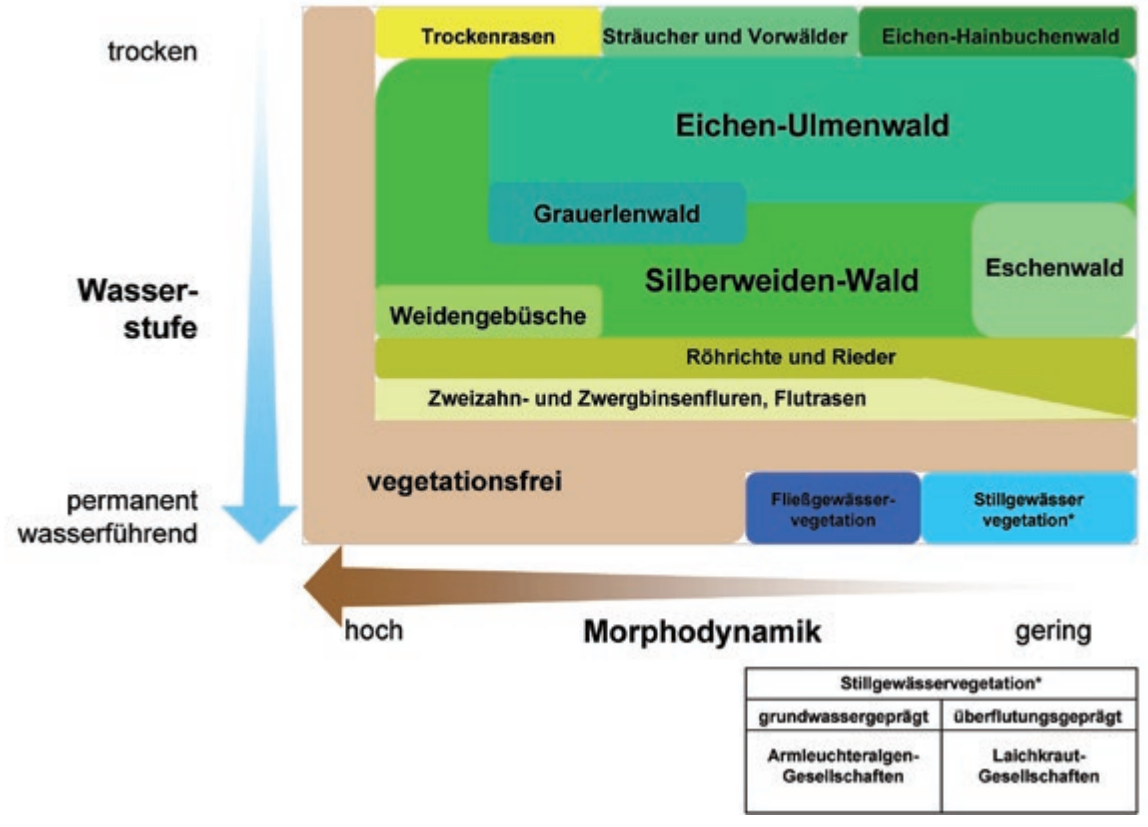


Abb. 150 (Fortsetzung): Gefällereiche schottergeprägte Stromaue mit Sommerhochwassern

4 Grundlagen für eine leitbildgestützte Bewertung von Auen

In Ergänzung zur Erarbeitung der Auentypologie und der Beschreibung der Leitbilder (Kap. 2, 3) werden im Rahmen des Vorhabens Grundlagen für ein leitbildgestütztes Bewertungsverfahren für Auen entwickelt. Das nachfolgende Kapitel fasst die Ergebnisse dieser Arbeiten zusammen.

Ziel dieses Arbeitsschrittes ist die Grundlagenermittlung für ein entsprechendes Verfahren sowie die Formulierung von weiteren Ansprüchen an ein Bewertungsverfahren für Auen. Die Erstellung eines praxisreifen Verfahrens und einer Kartieranleitung bleiben weiteren Projekten vorbehalten.

Vor diesem Hintergrund werden im Weiteren

- Ziele,
- Bewertungsgrundlagen,
- Anforderungen an Bewertungsverfahren,
- mögliche Parameter/Verwendung bestehender Datengrundlagen,
- Schnittstellen zu bestehenden Bewertungsverfahren,
- sowie die weitere Vorgehensweise zur Verfahrensentwicklung (Kap. 5)

erläutert.

Ziele

Das Verfahren soll auf die Gewässer- und Auenstruktur sowie den Wasserhaushalt der Auen fokussieren und somit die Bewertung der standörtlichen Verhältnisse der Auen erlauben.

Die Vegetation sowie die aktuelle Nutzung sollen ebenfalls hinsichtlich ihrer Naturnähe beurteilt werden. Weiterhin sollen auch faunistische Indikatoren zur Beurteilung des Zustandes von Auen herangezogen werden, wobei im Rahmen dieses Vorhabens ausschließlich die Eignung verschiedener Fauna-Gruppen eingeschätzt wird und eine Empfehlung hinsichtlich der weiteren Vorgehensweise gegeben werden soll. Letztlich soll die Basis für ein holistisches Bewertungsverfahren gelegt werden, das in der Lage ist, den Zustand der Auen treffend und nachvollziehbar zu beschreiben.

Bewertungsgrundlagen

Das Bewertungsverfahren soll typologie- und leitbildgestützt sein und sich somit am heutigen potenziell natürlichen Zustand der Gewässer und ihrer Auen als Referenzzustand orientieren. Dies bietet den Vorteil, dass die Bewertungsgrundlage unabhängig von sozioökonomischen Veränderungen stabil bleibt und naturwissenschaftlich abgeleitet werden kann. Damit ist das Verfahren kompatibel zur Bewertungsgrundlage der WRRL – dem Referenzzustand – sowie den etablierten Verfahren zur Ermittlung der Gewässerstrukturgüte (FRIEDRICH & MEYER-HÖLTZL 2000, KOENZEN 2000, 2001d, LAWA 1997, 1998, 2000, ZUMBROICH 1999).

Differenzen zu gängigen Bewertungen des Naturschutzes bestehen auf Grund des Leitbildbezugs in erster Linie bei der Beurteilung der Habitatfunktionen kulturlandschaftlicher Elemente und Nutzungen. Besonders deutlich wird dies bei extensiven Grünlandnutzungen, die unter natur- und artenschutzfachlichen Aspekten häufig als hochwertig angesehen werden. Bei leitbildgestützten Verfahren werden sie jedoch als anthropogene Abweichungen vom potenziell natürlichen Zustand beurteilt, wobei abzusehen ist, dass extensive Grünlandnutzungen und andere naturnahe Kulturlandschaftsbiotope unter Wahrung eines entsprechenden auentypischen Standortpotenzials positiv bewertet werden können.

Die in aktuellen Bewertungsverfahren zumeist als Maßstab herangezogene „Naturferne“ bzw. „Naturnähe“ eines Habitates oder Habitatkomplexes verlangt bei konsequenter Umsetzung des Hemerobiekonzeptes im Sinne von KOWARIK (1988) nach einem Bewertungsmaßstab, der das höchste denkbare Maß an Naturnähe, den unbeeinflussten, a-hemeroben Zustand, als Grundlage der Bewertung ansetzt. Dies ist durch das Heranziehen des Leitbildzustands der Fall.

Zielkonflikte zwischen Naturschutz, Wasserwirtschaft und Kulturlandschaftsschutz sollten daher nicht auf Ebene der Bewertung und der Bewertungsgrundlagen behandelt werden, sondern auf der Planungsebene der Entwicklungsziele ausgetragen werden. Dort erfolgt der notwendige Abgleich mit den aktuellen und räumlich relevanten sozioökonomischen Rahmenbedingungen sowie der ggf. unterschiedlichen Zielausrichtungen.

Anforderungen an Bewertungsverfahren

Die nachfolgend benannten Anforderungen an Bewertungsverfahren gliedern sich in grundlegende und spezifische Anforderungen an ein Bewertungsverfahren für Auen (DVWK 1997, LUA NRW 2001d).

Grundlegende Anforderungen an Bewertungsverfahren für Auen

- Objektivität und Reproduzierbarkeit

Die Parameterauswahl und deren Ausprägungen müssen so beschaffen sein, dass sie ein Höchstmaß an Objektivität und Reproduzierbarkeit bieten. Neben den Parametern selbst ist eine entsprechende Kartieranleitung Grundlage für ein hohes Maß an Objektivität und Reproduzierbarkeit (FRIEDRICH 1992).

- Bewertungstransparenz und -sensibilität

Erfassungs- und Bewertungsschritte müssen nachvollziehbar und dokumentierbar sein. „Blackbox“-Verfahren mit nicht transparenten Berechnungsschritten sind zu vermeiden.

Das Verfahren muss in der Lage sein, die in der Realität auftretenden verschiedenen Zustandsklassen zu beschreiben und Änderungen der Zustandsklassen darzustellen.

- Eindeutigkeit und Zielgerichtetheit der Bewertung

Bei der Anwendung von Bonus-/Malussystemen dürfen Mali rechnerisch nicht zu einer Verbesserung der Beurteilung führen.

- Optimierter Aufwand

Das Verfahren soll sich auf das Notwendige zur Erreichung des Bewertungsziels beschränken. Jeder Bewertungsschritt muss hinsichtlich seiner Relevanz geprüft werden. Für Zusatzinformationen können fakultative Parameter bereitgestellt werden.

Spezifische Anforderung an ein Bewertungsverfahren für Auen

- Funktionale Bewertung

Die Bewertung soll den Grad der Funktionsfähigkeit der Auen im Abgleich mit den ökologischen Funktionen im Referenzzustand beschreiben (MOOG & CHOVANEC 1998). Hierfür ist es notwendig, Parameter zu definieren, die diese Funktionen abbilden oder Voraussetzung für diese sind. Die nachfolgend beschriebenen Parameter zielen im Wesentlichen auf die hydromorphologischen Funktionen der Auen in ihrer Bedeutung für die Habitatqualität ab.

- Planungsrelevante Erfassung und Bewertung

Die Bewertung soll so beschaffen sein, dass Kausalanalysen und damit planerische Einschätzungen zu potenziellen Maßnahmen möglich sind.

- Typspezifische und leitbildgestützte Bewertung

Die naturräumlich determinierte Verschiedenheit der Auen macht einen typspezifischen Ansatz der Bewertung notwendig. Die Bewertung erfolgt durch Abgleich des Ist-Zustandes mit dem typspezifischen Leitbild, welches ggf. an die lokalen Gegebenheiten anzupassen ist.

Mögliche Parameter/Verwendung bestehender Datengrundlagen

Im Rahmen der Gewässerbewertung sowie der naturschutzfachlichen Bewertung liegt ein großer, wenn auch uneinheitlicher Datenpool als Basis für mögliche Bewertungen der Auen vor (BFN 2005b). Hinzu kommen umfangreiche Daten aus der Wasserwirtschaft, die bei entsprechender Interpretation weitergehende Schlüsse zur Funktionsfähigkeit der Auen liefern können.

In Abhängigkeit des Betrachtungsmaßstabs ist eine angepasste Nutzung bestehender Daten anzustreben. Ziel ist es, überblickhafte Beurteilungen (Überblicksverfahren: Maßstab 1:200.000 und kleiner) ausschließlich auf Grundlage bestehender Daten durchführen zu können und vertiefte Bewertungen (Detailverfahren: Maßstab 1:25.000 bis 1:50.000) mit ergänzenden Untersuchungen zu verbinden.

Das Verfahren bzw. die Verfahrensstufen können und sollen keine Untersuchungen zu konkreten Planungen, wie z. B. die Festlegung von Mindestwasserabflüssen in Restwasserstrecken oder Gewässerumtrassierungen, ersetzen.

Schnittstelle zu bestehenden Verfahren der Gewässerstrukturgütekartierung (GSGK)

Da die Ausprägung der Auen ganz wesentlich durch den aktuellen Zustand des Fließgewässers bestimmt wird, ist es sinnvoll, konkrete Schnittstellen zu den bestehenden typspezifischen und leitbildgestützten Verfahren zur GSGK zu definieren. Zudem kann auf diese Weise in großem Umfang auf bestehende Daten zurückgegriffen werden und so Mehrarbeit vermieden werden.

4.1 Parameter und Indikatoren für Bewertungsverfahren

Die Auswahl geeigneter Parameter mit entsprechenden Indikationseigenschaften ist ausschlaggebend für die spätere Handhabbarkeit des Verfahrens und die Belastbarkeit der Ergebnisse.

Eine umfassende Zusammenstellung verschiedener Kartierverfahren und deren Parameter erfolgte im Rahmen der Arbeit eines DVWK-Fachausschusses (FA 4.15) und der dort betreuten Arbeiten zur „Entwicklung eines Kartier- und Bewertungsverfahrens für Gewässerlandschaften mittlerer Fließgewässer und Anwendung als Planungsinstrument am Beispiel der Mulde“ und ist im entsprechenden Abschlussbericht dokumentiert (DVWK 1997). Das Vorhaben umfasste sowohl die Verfahrensentwicklung als auch umfangreiche Erprobungen an der Mulde. Weiterhin liegt mit dem Kartierverfahren „Anleitung für die Kartierung mittelgroßer bis großer Fließgewässer“ (LUA NRW 2001d) eine belastbare Grundlage für die Erfassung von Gewässerstrukturen großer Gewässer vor.

Die folgenden Ausführungen fußen hinsichtlich der Auswahl der Einzelparameter zu großen Teilen auf den beiden oben genannten Verfahren, da sie sich im breiten Verfahrensvergleich als die geeignetste Basis erwiesen haben (DVWK 1997). Im Detail werden jedoch weiterreichende Ergänzungen vorgeschlagen, die zum einen aus der Kartier- und Planungspraxis stammen, zum anderen die Herleitung der Bewertungsgrundlagen betreffen, die im vorliegenden F+E-Vorhaben erarbeitet wurden.

Anforderungen an Parameter

Die Anforderungen an Parameter lassen sich wie folgt zusammenfassen (DVWK 1997, LAWA 2000, LUA NRW 2001d):

- Indikatorfunktion

Die Parameter müssen geeignet sein, direkt oder indirekt die Qualität der jeweils zu bewertenden Funktionen zu indizieren. Wesentliche Funktionen des Ökosystems Aue sind die Habitatfunktionen, die sich durch das Zusammenspiel von Hydro- und Morphodynamik fassen lassen und letztlich die standörtlichen Qualitäten beschreiben. Die Funktionsfähigkeit des Wasserhaushalts der Auen sowie der morphodynamischen Prozesse ist somit wesentliches Kriterium für die Zustandsbeschreibung der Auen.

Die Indikationsleistung der Vegetation und der Fauna ist zumeist deutlich komplexerer Natur, da hier schon eine Vielzahl der im Vorlauf erfassten hydromorphologischen Parameter sowie weitere Einflussfaktoren wie z. B. die Nährstoffsituation und die Verinselung durch fehlenden Biotopverbund in ihren Wirkungen verknüpft sind. Die Vegetation und die Fauna integrieren dabei zudem über unterschiedlich lange Zeiträume und dienen häufig als Langzeitindikatoren. Die Tier- und Pflanzenarten der Lebensgemeinschaften bilden mit ihren komplexen Habitatansprüchen auch den Grad der Vollständigkeit des Ökosystems Aue ab.

- Kartier- bzw. Erfassbarkeit

Die Parameter müssen kartier- bzw. erfassbar sein. Idealerweise lassen sich die Parameter auch ohne umfangreiche Geländeuntersuchungen auf Grundlage bestehender Daten erfassen.

Hinzu kommt die Anforderung, dass ein Parameter möglichst zweifelsfrei zu bestimmen und dokumentierbar sein muss.

- Bewertbarkeit

Für jeden Parameter muss eine belastbare und handhabbare Bewertungsgrundlage vorliegen. Möglicherweise sehr aussagekräftige, aber in großen Maßstäben nicht handhabbare Parameter, wie Jahresgänge des Grundwassers, fallen z. B. auf Grund ihrer schwierigen Handhabbarkeit und den zumeist fehlenden lokalen Bewertungsgrundlagen aus dem Parameterraster für flächenhaft anwendbare Kartier- und Bewertungsverfahren.

Nachfolgend werden Parameter für vier Parametergruppen benannt und hinsichtlich ihrer Eignung beurteilt:

- Morphodynamik (Kap. 4.1.1)
- Hydrodynamik (Kap. 4.1.2)
- Vegetation, Biotoptypen und Nutzung (Kap. 4.1.3)
- Fauna (Kap. 4.1.4)

Die einführenden Erläuterungen zu den faunistischen Parametern nehmen hierbei einen etwas größeren Umfang ein, da sie innerhalb dieser Veröffentlichung hier erstmals betrachtet werden.

Grundsätzlich wird bei den benannten Indikatoren zwischen Wert- und Schadparametern unterschieden: Schadparameter bilden die funktionsschädigenden anthropogenen Einflüsse auf das Ökosystem Aue ab. Wertparameter bilden dagegen die funktionsstützenden Einflüsse ab (DVWK 1997).

Wertparameter werden leitbildgestützt beurteilt und zeigen in ihrer Ausprägung den Auslenkungsgrad vom Referenzzustand an. Da bei dieser Art der Bewertung aber weiterhin Wissensdefizite und auch Unsicherheiten insbesondere hinsichtlich der quantitativen Aspekte bestehen, liefert die Erfassung von Schadparametern eine zielführende Ergänzung. Schadparameter besitzen zumeist eine gute Erfassbarkeit (z. B. ausgedeichte Fläche), ein hohes Maß an Belastbarkeit und häufig auch eine gute Datenlage.

Zudem sorgt die Verwendung einer Vielzahl von Einzelparametern unterschiedlichen Charakters für eine breite Datenbasis und Einschätzungsgrundlage als Verfahren mit wenigen, aber hoch integrativen Parametern. Fehleinschätzungen bei Einzelparametern schlagen bei parameterreichen Verfahren nicht auf das Gesamtergebnis durch, soweit keine „one out – all out"-Ansätze verfolgt werden.

Hinsichtlich der Parameterauswahl werden grundsätzlich Parameter betrachtet, die nicht direkt auf das eigentliche Fließgewässer bezogen sind, da diese mit den vorliegenden Kartierverfahren zur Gewässerstrukturgüte abgedeckt werden. Räumlich-funktional vermittelnde Parameter wie Bänke oder Schotterfluren mit ihren eingelagerten Rinnensystemen werden jedoch als räumliche Schnittstellen mitgeführt.

Nachfolgend werden die beiden im Detail ausgewerteten Verfahren hinsichtlich ihrer Eignung für die Beurteilung der Auen betrachtet.

Das Verfahren für „Mittelgroße und große Fließgewässer" (LUA NRW 2001d) vermittelt einen ersten Eindruck der strukturellen und nutzungsseitigen Beeinträchtigung der Auen, indem es die folgenden Parametergruppen erfasst und beurteilt:

- Flächennutzung/Uferstreifen
- Besondere Umfeldstrukturen
- Schädliche Umfeldstrukturen
- Ausuferungshäufigkeit
- Überflutungsfläche

Die Erfassung bleibt jedoch auf der Ebene grober Flächennutzungskartierung stehen, spricht einzelne Biotopstrukturen (Kap. 4.1.3) oder auch den Formenschatz einschließlich der Schadstrukturen nur knapp an, ohne zu einer typbezogenen Bewertung zu gelangen. Zudem erfolgt die Beurteilung in diesem Teil des Verfahrens im Wesentlichen nach dem Bonus-Malus-System, da zum Zeitpunkt der Verfahrenserstellung keine belastbaren Leitbilder für Auen vorlagen.

Die Erfassung der Ausuferungshäufigkeit sowie der aktuellen Überflutungsfläche (Kap. 4.1.2) vermitteln einen ersten Eindruck der hydrodynamischen Zustände des betrachteten Gewässer- bzw. Auenabschnittes.

Wesentlich detaillierter untergliedert und zu großen Teilen leitbildgestützt sind die auenbezogenen Parameter in „Entwicklung eines Kartier- und Bewertungsverfahrens für Gewässerlandschaften mittlerer Fließgewässer und Anwendung als Planungsinstrument am Beispiel der Mulde“, nachfolgend kurz DVWK-Verfahren genannt (DVWK 1997).

Hier werden die Hauptparameter

- Abfluss und Überflutung,
- Auenrelief,
- Biotoptypen und Nutzungsstruktur

ausgewiesen. Unter dem Hauptparameter „Abfluss und Überflutung“ werden neben der Ausuferungshäufigkeit zahlreiche hydrologische Aspekte und Schadstrukturen erfasst (Kap. 4.1.2). Der Hauptparameter „Auenrelief“ deckt den Formenschatz der Auen ab und schafft über den Einzelparameter „Verlagerungspotenzial“ eine Schnittstelle zum Gewässer.

Der Hauptparameter „Biotoptypen und Nutzungsstruktur“ differenziert sich in die Erfassung auentypischer Biotope sowie die grobe Erfassung der Nutzungen einschließlich der Schadstrukturen.

Im Folgenden werden die auenbezogenen Einzelparameter der beiden Verfahren ausgewertet und jeweils ein Vorschlag für die Parameterauswahl eines leitbildgestützten Bewertungsverfahrens für Auen vorgestellt.

4.1.1 Morphodynamische Parameter

Morphodynamische Prozesse sind neben den unten angesprochenen hydrodynamischen Prozessen die wesentlichen standortprägenden Faktoren für die Mehrzahl der Auentypen.

Eine Erfassung der Prozesse selbst ist im Allgemeinen während einer Kartierung oder Erfassung kaum möglich, so dass in den meisten Fällen der resultierende Formenschatz zur Bewertung herangezogen werden muss und kann.

Der Formenschatz und die Aktivität der Prozesse sind wiederum direkt abhängig vom Zustand bzw. Schädigungsgrad des Gewässers selbst. So können die wesentlichen fluvialen Prozesse, wie die Verlagerung des Gewässers, der Geschiebetrieb und die formende Kraft der abfließenden Hochwasser in der Fläche, nur bei naturnahen Gewässern in vollem Umfang zum Tragen kommen.

Somit ist die Berücksichtigung der Ergebnisse vorliegender Gewässerstrukturgütekartierungen für das Gewässer im Rahmen der Auenbewertung grundsätzlich sinnvoll und zielführend.

Nachfolgend sind die relevanten gewässerbezogenen Parameter des Kartierverfahrens für mittelgroße und große Fließgewässer aufgeführt. Eine umfassende Erläuterung zur Herleitung und Kartierung dieser Parameter liefert LUA NRW (2001d). Differenzen zur Parametrisierung anderer landesspezifischer Verfahren sind an dieser Stelle nicht verfahrensrelevant, so dass die jeweils vorliegenden GSGK-Daten zur Ermittlung des strukturellen Zustandes des Fließgewässers bei der gesamtheitlichen Beurteilung von Fließgewässern und Auen Verwendung finden können.

Tab. 35: Gewässerbezogene funktionale Einheiten und Parameter des Kartierverfahrens für mittelgroße und große Fließgewässer (LUA NRW 2001d, S.12)

Bereich	Hauptparameter	Einzelparameter
Sohle	Laufentwicklung	Laufform Krümmungserosion besondere Laufstrukturen
	Längsprofil	Querbauwerke Überbauung Rückstau Querbänke Strömungsdiversität/Tiefenvarianz Ausleitung
	Sohlenstruktur	Sohlensubstrat Sohlenverbau Substratdiversität besondere Sohlenstrukturen besondere Sohlenbelastungen
Ufer	Querprofil	Profiltyp Eintiefung Breitenerosion Breitenvarianz Durchlass/Brücke Verengung/Weitung
	Uferstruktur	Uferbewuchs Uferverbau besondere Uferstrukturen besondere Uferbelastungen
Land	Gewässerumfeld	Flächennutzung Uferstreifen besondere Umfeldstrukturen schädliche Umfeldstrukturen Ausuferungshäufigkeit Überflutungsfläche

Diese Daten bzw. die gewässerbezogenen Daten anderer länderspezifischer Gewässerstrukturgüteverfahren sind geeignet, die Gewässersituation adäquat zu beschreiben (Tab. 35). Es wird somit weder eine Neuerfassung noch eine andersartige Bewertung der strukturellen Verhältnisse für die Gewässer selbst notwendig. Gegebenenfalls sind bei der eigentlichen Verfahrenserstellung entsprechende Verrechnungsregeln ausgewählter Parameter oder Parametergruppen zu entwickeln.

Tabelle 36 zeigt die Auflistung der so genannten „Besonderen Umfeldstrukturen“, die im Rahmen der Kartierung „Mittelgroßer und großer Fließgewässer“ erfasst und in ihrer Häufigkeit eingeschätzt werden.

Tab. 36: Auenbezogene Parameter des Kartierverfahrens für mittelgroße und große Fließgewässer (LUA NRW 2001d)

Gewässerumfeld	besondere Umfeldstrukturen
	Altarm
	Altwasser
	Uferwall
	Terrassenkante
	Flutmulde
	Hochflutrinne
	Gießen
	Felswand
	Düne
	Schwemmkegel/Schwemmfächer
	Biberburg
	Kleingewässer

Ganz ähnlich stellt sich die Aufstellung der zu erfassenden Strukturen des DVWK-Verfahrens dar, wobei ein detaillierter Leitbildabgleich und eine Beschreibung des Erhaltungszustandes für diese Strukturen im Rahmen der Kartierung nachgefragt wird (Tab. 37).

Tab. 37: Parametersystem Auenrelief (DVWK 1997, S. 110)

Auenrelief	Verlagerungspotenzial (des Gewässers)
	Altgewässer
	Flutrinnen
	Inseln
	Seitengewässer
	Kleinrelief
	Reliefstrukturen der Talränder
	Terrassen, Dünen, Schwemmfächer innerhalb der Aue
	Moorkörper

Tabelle 38 liefert einen Überblick zu den Parametern der Morphodynamik und des Reliefs der Auen, die für ein Bewertungsverfahren für Auen vorgeschlagen werden.

Tab. 38: Vorschlag eines Parametersystems zur Bewertung der Morphodynamik und des Reliefs in Auen mit Angaben zu Datenquellen, Datenerhebung und Bewertbarkeit

	Parameter	Datenquelle(n)	Datener-hebung	Bewert-barkeit
Morpodynamik/Auenrelief/Auengewässer	WERTPARAMETER			
	Altmäander (-gürtel)	TK, Luftbild, DGM	V	G
	Flutrinnen und -mulden	TK, Luftbild, DGM	V	G
	permanente Stillgewässer	TK, Luftbild, DGM, BK	V	G
	temporäre Stillgewässer	TK, Luftbild, DGM, (BK)	K	M
	Zuflüsse	TK, Luftbild, DGM, BK, GSGK	V	G
	Gießen	TK, Luftbild, DGM, BK, GSGK	K	G
	Inseln	TK, Luftbild	V	G
	Schotterfluren	Luftbild	V	G
	Randsenken	(TK), DGM	K	M
	Kleinrelief	(DGM)	K	M
	Auenstufen / Terrassen (-kanten)	TK, DGM	V	M
	Dünen	TK, DGM, BoK	V	E
	Schwemmfächer	TK, DGM	V	E
	natürliche Uferwälle, Rehnen	(DGM)	K	M
	Moorkörper	BoK	V	G/M
	SCHADPARAMETER			
	Zustand des Hauptgewässers, hier vorrangig Verlagerungspotenzial und Gerinnebettform	GSGK	V	G

Datenquellen:
TK: Topographische Karte, DGM: Digitales Geländemodell, BK: Biotopkataster/-kartierung, BoK: Bodenkarte,
Angaben in Klammern: Daten eingeschränkt nutzbar
Datenerhebung:
V = i.d.R. aus vorhandenen Datenquellen ableitbar, Verifizierung im Gelände bei Bedarf
K = Kartierung im Gelände
Bewertbarkeit:
G: Gut = Leitbildbezug gut darstellbar, einfache Erfassung
M: Mäßig = Leitbildbezug darstellbar, erschwerte Erfassung
E: Eingeschränkt = Leitbildbezug eingeschränkt darstellbar (zumeist lokale Situationen), erschwerte Erfassung

Die nachfolgende Erläuterung zu den Einzelparametern gibt kurze Hinweise zu ihrer morphologischen Bedeutung und vorherrschenden Beeinträchtigungen. Grundsätzlich muss als maßgebliche morphologische Beeinträchtigung die Festlegung der Gewässer selbst und damit das Ausbleiben der fluvialen Formung genannt werden. Die lateralen Verlagerungen der Gewässer in Verbindung mit Überflutungen, Erosion und Akkumulation sind die wesentlichen Steuergrößen für den Erhalt und die Entwicklung eines gewässer- und auentypischen Formenschatzes. In den Auen ausgebauter Gewässer noch existierende Formen sind daher zumeist Relikte der fluvialen Prozesse und unterliegen einem beständigen Alterungsprozess. Daher wird der Zustand des Hauptgewässers als Eingangsparameter für die Beurteilung der morphologischen Verhältnisse abgefragt. Hierbei ist insbesondere das Potenzial für die laterale Verlagerung von Bedeutung.

Altmäander und Altmäandergürtel sind die prägenden fluvialen Strukturen für Auen mäandrierender Gewässer. Sie sind häufig stark durch Nutzung, Nivellierungen und Entwässerungen beeinträchtigt.

Flutrinnen und -mulden sind auf ehemalige Fluss- und Stromverläufe oder erosive Erscheinungen bei Hochwasserereignissen zurückzuführen. Diese linearen Strukturen spiegeln in Qualität und Anzahl den Erhaltungsgrad des Auenreliefs wider. Defizite sind zumeist auf intensive Flächenutzungen und damit verbundene Nivellierungen und Verfüllungen zurückzuführen.

Permanente und temporäre Stillgewässer sind in ihrem Auftreten zumeist an die vorangehend genannten Strukturen gekoppelt. Ihr Erhaltungsgrad wird wesentlich von der Reliefsituation sowie den Überflutungs- und Grundwasserverhältnissen bestimmt. Defizite sind häufig in der Kombination von Verfüllungen und veränderten hydrologischen Verhältnissen zu suchen. Hinzu kommt gegebenenfalls die intensive Nutzung der Gewässer selbst.

Zuflüsse, d. h. zufließende Gewässer mit eigenem Einzugsgebiet, können den lokalen Charakter der Aue sowohl morphologisch als auch hydrologisch überprägen. Defizite sind zumeist auf Gewässerausbau und Regulierung der Mündungssituation zurückzuführen.

Gießen entstehen in Rinnensystemen der Auen durch den starken Zufluss von Grundwasser und besitzen kein eigenes ausgeprägtes Einzugsgebiet. Neben ausbaubedingten Defiziten prägen Veränderungen des Grundwasserhaushaltes den aktuellen Zustand der Gießen.

Inseln stellen umflossene Bereiche der unteren Auenstufen dar, die in vielen Fällen durch flussbauliche Maßnahmen den terrestrischen Bereichen zugeschlagen wurden.

Schotterfluren bzw. vegetationsarme Bänke aus mineralischem Substrat sind an naturähnliche Geschiebe- und Abflussverhältnisse gebunden und indizieren bei den entsprechenden Gewässertypen wesentliche Aspekte der Morphodynamik.

Randsenken stellen häufig grundwassergeprägte und vergleichsweise stabile morphologische Standorte dar, die im Wesentlichen durch Verfüllungen und Grundwasserveränderungen beeinträchtigt werden.

Das **Kleinrelief** subsummiert den fluvialen Formenschatz, wie Kolke, Tümpel, Wurzelteller, Böschungen etc., der nicht durch die vorangehend beschriebenen Formen abgedeckt ist. Das Kleinrelief ist in erster Linie durch Nivellierungen im Rahmen der Flächennutzung beeinträchtigt.

Auenstufen/Terrassen(kanten) bestimmen die vertikale Gliederung der Auen und werden maßgeblich von der lokalen Landschaftsentwicklung bestimmt. Diese Formen sind häufig durch Abtrag, Verfüllung und Nivellierung beeinträchtigt.

Dünen sind äolische Vollformen, die zumeist auf höheren Auenstufen anzutreffen sind und trockene Sonderstandorte darstellen. Sie sind vorrangig durch Abtrag/Abgrabung gefährdet.

Schwemmfächer entstehen im Bereich der Einmündung geschiebeführender Zuflüsse und stellen hinsichtlich der Überflutungs- und Substratverhältnisse ebenfalls besondere Standortbedingungen dar. Schwemmfächer in größeren Auen tragen häufig Siedlungslagen, da sie vergleichsweise hochwasserarm sind.

Uferwälle und Rehnen sind gewässernahe Vollformen, die natürlicherweise der fluvialen Dynamik unterliegen, jedoch durch anthropogenen Einfluss häufig stabilisiert und aufgehöht werden.

Moorkörper sind obligate Bestandteile der organisch geprägten Auen und treten kleinräumig in vielfältiger Form auch in anderen Auentypen auf. Defizite bestehen vorrangig durch Entwässerung, Meliorierung und veränderte Grundwasserverhältnisse.

Nahezu alle genannten Strukturen können in Qualität und Quantität typspezifisch beschrieben werden und damit zur Bewertung der Morphodynamik, des Auenreliefs sowie der Auengewässer herangezogen werden (Kap. 4.2). Singuläre Formen und Erscheinungen, die nicht an fluviale Prozesse des Hauptgewässers gebunden sind, wie Schwemmfächer oder auch Dünen, können als beschreibende Parameter mitgeführt, jedoch auf Grund ihrer schlecht fassbaren Quantifizierung nicht im Detail bewertet werden.

Hinsichtlich der Quantität der Einzelformen in einem Auenabschnitt sind immer die lokalen Bedingungen, wie Talbodenbreite und -form etc., zu berücksichtigen, um Fehlinterpretationen zu vermeiden. Eine lokale Referenzierung des Leitbilds ist vorzunehmen (Kap. 4.2).

4.1.2 Hydrodynamische Parameter

Überflutungen und Grundwasserverhältnisse bestimmen maßgeblich die standörtlichen Verhältnisse der Auen. Zumeist sind die Auen hinsichtlich dieser Faktoren derart degradiert, dass eine abgestufte Bewertung erschwert ist. Die Schädigungen sind zumeist direkt auf den Zustand des Hauptgewässers zurückzuführen. Im Wesentlichen sind die Leistungsfähigkeit des Gerinnes und dessen Einschnittstiefe ausschlaggebend für die Überflutungs- und Grundwasserverhältnisse.

Weiterhin können abflussregulierende Maßnahmen, häufig weit außerhalb des Betrachtungsraumes, das Abflussverhalten über das gesamte Abflussspektrum beeinträchtigen.

Hinzu kommt die Veränderung der räumlichen Kulisse der Überflutungsräume durch Hochwasserschutzmaßnahmen.

Die Gewässerstrukturgütekartierung für mittelgroße und große Fließgewässer nimmt daher als wesentliche Parameter die Ausuferungshäufigkeit sowie die Überflutungsfläche auf und bewertet diese hinsichtlich ihrer Häufigkeit bzw. räumlichen Ausdehnung (Tab. 39).

Tab. 39: Auenbezogene hydrodynamische Parameter des Kartierverfahrens für mittelgroße und große Fließgewässer (LUA NRW 2001d)

Gewässerumfeld (Teilmenge)	WERTPARAMETER
	Ausuferungshäufigkeit
	Überflutungsfläche

Das DVWK-Verfahren greift diese Parameter ebenfalls auf und zieht ergänzend Schadensparameter hinzu, die direkt auf die hydrologischen Verhältnisse der Auen wirken (Tab. 40).

Tab. 40: Auenbezogene hydrodynamische Parameter DVWK (1997, S. 110)

Abfluss und Überflutung	WERTPARAMETER
	Ausuferungshäufigkeit
	SCHADPARAMETER
	Deiche und Bauwerke mit deichähnlicher Wirkung (einschl. Überflutungsfläche)
	Rückstaubereiche
	Unterwasser von Speicherbauwerken
	Ausleitungen
	Einleitungen
	Grundwasserentnahmen in der Aue
	sonstige Schadstrukturen

Die Tabellen 39 und 40 geben einen Überblick über hydrodynamische Parameter in Auen. Daraus abgeleitet wird ein Vorschlag eines Parametersystems zur Bewertung der Hydrodynamik (Tab. 41).

Tab. 41: Vorschlag eines Parametersystems zur Bewertung der Hydrodynamik in Auen mit Angaben zu Datenquellen, Datenerhebung und Bewertbarkeit (DVWK 1997, LUA NRW 2001d)

	Parameter	Datenquelle(n)	Datener-hebung	Bewertbar-keit
Abfluss /Überflutung/Grundwasser	WERTPARAMETER			
	Ausuferungshäufigkeit	(Luftbild), (DGM), Behördenabfrage, (Pegeldaten), hydraulische Berech-nungen, thematische Karten	V	G/M*
	Überflutungsdauer	(Luftbild), (DGM), Behördenabfrage, (Pegeldaten), hydraulische Berech-nungen, thematische Karten	V	G/M*
	Grundwasserstand	Pegeldaten, BoK, thematische Karten	V	G**
	Grundwasserschwankung	Pegeldaten, BoK, thematische Karten	V	G**
	SCHADPARAMETER			
	jahreszeitliche Verschiebung der Überflutung	Pegeldaten	V	G
	Veränderung der Überflutungen durch Speicherbauwerke	Pegeldaten	V	G
	Veränderung der Niedrigwasser-situation durch Speicherbauwerke	Pegeldaten	V	G
	Deiche und Bauwerke mit deichähnlicher Wirkung	Luftbild, TK, Behördenabfrage	V	G
	Anteil der Überflutungsfläche	Luftbild, TK, Behördenabfrage, thematische Karten	V	G
	Rückstaubereiche	GSGK	(K)	G
	Ausleitungen	TK, Behördenabfrage	V	M
	Über-/Einleitungen	TK, Behördenabfrage	V	M
	Grundwasserentnahmen in der Aue	Behördenabfrage, thematische Karten	V	E
	sonstige Schadstrukturen	TK, Behördenabfrage	V	M
	Zustand des Hauptgewässers, hier vorrangig Profilleistungsfähigkeit und Einschnittstiefe	GSGK	V	G

Datenquellen:
TK: Topographische Karte, DGM: Digitales Geländemodell, BoK: Bodenkarte, GSGK: Gewässerstrukturgütekarte
Angaben in Klammern: Daten eingeschränkt nutzbar
Datenerhebung:
V = i.d.R. aus vorhandenen Datenquellen ableitbar, Verifizierung im Gelände bei Bedarf
K = Kartierung im Gelände
Bewertbarkeit:
G: Gut = Leitbildbezug gut darstellbar, einfache Erfassung, ** nur wenn GW-Pegeldaten vorhanden
M: Mäßig = Leitbildbezug darstellbar, erschwerte Erfassung, * bei Vorliegen hydraulischer Berechnungen: gut
E: Eingeschränkt = Leitbildbezug eingeschränkt darstellbar (zumeist lokale Situationen), erschwerte Erfassung

Die nachfolgende Erläuterung zu den Einzelparametern gibt kurze Hinweise zu ihrer hydrodynamischen Bedeutung und vorherrschenden Beeinträchtigungen. Auch hier wird der Zustand des Hauptgewässers als Eingangsparameter für die Beurteilung der hydrodynamischen Verhältnisse abgefragt. Hierbei ist insbesondere die Leistungsfähigkeit des Hauptgewässers und die Einschnittstiefe relevant.

Die **Ausuferungshäufigkeit** ist zumeist durch eine Erhöhung der Profilleistungsfähigkeit des Hauptgewässers beeinträchtigt. Häufig sind die Auen der Flüsse bis zu HQ10 hochwasserfrei und haben damit jegliche ökologisch relevante Überflutung verloren. Bei allen hier betrachteten

Auentypen ist von mehrfachen, länger anhaltenden Überflutungen der tiefgelegenen Auenbereiche auszugehen (Kap. 3), so dass Überflutungen, die erst ab HQ1 einsetzen, als deutliche Degradierung zu sehen sind.

Die **Überflutungsdauer** beschreibt die Gesamtdauer der Überflutung im Jahr und kann ohne aufwändige hydraulische Berechnungen und Auswertungen kaum ermittelt werden. Wie die Überflutungshäufigkeit ist auch die Dauer im Wesentlichen von der Leistungsfähigkeit des Gerinnes und der Auenstruktur abhängig.

Die natürlicherweise vorherrschenden **Grundwasserstände** differenzieren sich in Abhängigkeit des Auenreliefs und der Entfernung zum Gewässer. Sie werden in erster Linie durch die veränderten Vorflutverhältnisse der ausgebauten Gewässer beeinträchtigt. Entsprechendes gilt für die Grundwasserschwankung, die zudem durch Stauregulierung sowie Abflussvergleichmäßigungen verändert wird. Beide Parameter sind hinsichtlich einer flächenhaften Auswertung auf Grund der Datenlage problematisch.

Die **jahreszeitliche Verschiebung der Überflutungen**, die Veränderung der Überflutungen sowie der Niedrigwassersituation durch Speicherbauwerke sind auf abflusssteuernde Maßnahmen zurückzuführen.

Deiche und Bauwerke mit deichähnlicher Wirkung nehmen Einfluss auf den Anteil der Überflutungsfläche. Diese sollte in Bezug zur Ausdehnung der potenziell natürlichen Aue gesetzt werden, um den Schädigungsgrad zu ermitteln.

Rückstaubereiche beeinträchtigen neben dem Fließgewässer selbst auch die Auen, da sie dort zu einer unnatürlichen Erhöhung der Grundwasserstände sowie zumeist auch zu einer starken Reduzierung der Grundwasserschwankungen führen.

Ausleitungen sowie Über-/Einleitungen können lokal bzw. regional die Abflussmengen stark verändern und so zur Überprägung der Überflutungs- und Grundwasserverhältnisse beitragen.

Grundwasserentnahmen in der Aue führen zu Absenkungen und Vereinheitlichungen der Grundwasserstände.

Alle genannten Parameter sind von Relevanz für die Ermittlung des Zustandes der Auen, wobei insbesondere Bewertungen der Grundwasserverhältnisse flächenhaft schwierig oder nur mit erhöhtem Aufwand durchführbar sind. Alternativ zur direkten Beurteilung des Grundwassers ist auch die Anwendung von Schadparametern wie Rückstau oder auch Profilform und Einschnittstiefe zur indirekten Herleitung der Grundwasserbeurteilung denkbar. Weiterhin ist bei Vorliegen entsprechender bodenkundlicher Daten eine Einschätzung der Grundwassersituation möglich.

Neben den hier beschriebenen morphologischen und hydrologischen Überprägungen sind zusätzlich stoffliche Veränderungen bewertungsrelevant, da sie die Standortqualität und die Lebensraumfunktion beeinflussen. Zu den wichtigsten zählt die veränderte Nährstoffsituation durch Eutrophierung, die insbesondere für die (Still)gewässer der Auen relevant ist. Erste Ansätze für entsprechende Bewertungsparameter werden die zur Zeit in Entwicklung befindlichen Bewertungsverfahren der WRRL liefern.

4.1.3 Vegetationskundliche Parameter sowie Biotoptypen und Flächennutzung

Der Zustand der Auen unter vegetationskundlichen Aspekten ist in naturnahen Systemen auf das Engste mit den vorangehend beschriebenen morpho- und hydrodynamischen Standortfaktoren verknüpft. In der Realität werden die Auen der meisten Flüsse und Ströme jedoch nicht durch die natürlichen bzw. potenziell natürlichen Bedingungen geprägt, sondern durch die menschliche Nutzung.

Der nachfolgende Parameterblock versucht durch die Aufteilung in vegetationskundlich abgeleitete Parameter bzw. das Heranziehen von Biotoptypen und die Erfassung der Nutzungsstruktur, beiden Aspekten Rechnung zu tragen. Erstere sollen dabei die häufig reliktären auentypischen Biotope erfassen, zweitere den Grad und Umfang der Nutzung durch den Menschen dokumentieren (DVWK 1997).

Das GSGK-Verfahren für mittelgroße und große Fließgewässer definiert Flächennutzungsparameter, die sowohl naturnahe als auch naturferne Nutzungsstrukturen abbilden (Tab. 42). Zudem wird zwischen der Erfassung der Nutzungsstrukturen im Deichvor- und Deichhinterland unterschieden, wobei das Deichvorland deutlich differenzierter erfasst und bewertet wird. Ergänzend werden schädliche Umfeldstrukturen erfasst.

Tab. 42: Parameter Flächennutzung und schädliche Umfeldstrukturen des Kartierverfahrens für mittelgroße und große Fließgewässer (LUA NRW 2001d)

Flächennutzung	Flächennutzung im Deichvorland
	bodenständiger Wald
	typische Auenbiotope
	Extensivgrünland
	Intensivgrünland
	nicht bodenständiger Wald
	Acker und Sonderkulturen
	Garten
	Park, Grünanlage
	Bebauung mit Freiflächen
	Bebauung ohne Freiflächen
	Verkehrsflächen
	Abgrabung
	Deponie
	Flächennutzung im Deichhinterland
	Wald
	landwirtschaftliche Fläche
	Siedlungsfläche
	schädliche Umfeldstrukturen
	Gehöft/Einzelbauwerk
	Fischteich im Nebenschluss
	Wirtschaftsweg, befestigt
	Rückhaltebecken
	sonstige Anlage

Das Parametersystem des DVWK-Verfahrens weist die oben angesprochene Zweiteilung in Biotoptypen und Nutzungsstrukturen auf (Tab. 43).

Tab. 43: Parametersystem zu Biotoptypen und Nutzungsstruktur aus DVWK (1997, S. 110/346)

	Parameter	
Biotoptypen und Nutzungs-struktur	**Biotoptypen (Wertparameter)**	
	Auenwälder und -gebüsche	Hartholzaue Weichholzaue Bachauenwald Auengebüsch
	Bruch-, Sumpfwälder und -gebüsche	Bruchwald Sumpfwald Sumpfgebüsch
	Trockenwälder und -gebüsche	
	Seitengewässer	Quellen Bäche Flüsse
	Stillgewässer	Altarme und Altwasser Kleingewässer Verlandungsbereiche
	Hoch- und Zwischenmoore	
	Niedermoore und Sümpfe	Großseggenried Kleinseggenried Röhricht
	Feucht- und Nassgrünland	
	waldfreie Trockenbiotope	Sand- und Silikatmagerrasen Trocken- und Halbtrockenrasen Binnendünen
	Biotopflächendichte	
	Nutzungsstruktur (Schadparameter)	
	land- und forstwirtschaftliche Nutzung	Ackerland Intensivgrünland Extensivgrünland Forste standortfremder Arten Forste standortgerechter Arten Ruderalfluren, Brachen, Hochstauden Strukturreiche Laub- und Mischwälder
	Siedlungsbereich	Industrie- und Gewerbegebiete Siedlungsstrukturen, dicht (Anteil versiegelter Fläche > 50 %) Siedlungsstrukturen, locker (Anteil versiegelter Fläche < 50 %) Freizeit- und Erholungseinrichtungen
	Schadstrukturen	Mülldeponien Bauschuttdeponien Oberbodendeponien, Aufschüttungen (Halden) Abgrabungen Kläranlagen Fischteiche Sonstiges
	Verkehrstrassen und Versor-gungsleitungen	Hauptverkehrsstraßen Straßen Schienenwege Hoch- und Mittelspannungsleitungen unterirdische Versorgungsleitungen Sonstiges

Die Biotoptypen werden auf einer aggregierten Ebene erfasst und bewertet. Die Nutzungsstruktur ist mit zwei verschiedenen Parameterausprägungen mit Differenzierungen bis auf die Nutzungsart und der Ergänzung durch wenige Schadstrukturen noch weiter aggregiert. Als Summenparameter wird die Biotopflächendichte genutzt, die einen Überblick des Anteils naturnaher Biotope an der Gesamtfläche vermittelt. Das Parametersystem der Biotoptypen ist so gestaltet, dass es über bundesweit vorliegende Biotopkartierungen abgedeckt werden kann (DVWK 1997).

Der nachfolgende Vorschlag eines Parametersystems zur Bewertung der Vegetation und der Flächennutzung folgt im Wesentlichen der Zweigliederung des DVWK-Verfahrens, wobei ergänzend die von VAN DE WEYER in LUA NRW 2001a ausgewiesenen Vegetationseinheiten „Pionierfluren ...“ und „Wasserpflanzengesellschaften“ ergänzt wurden (Tab. 44).

Hinsichtlich der Erfassung der Nutzungen wird eine Parameterauswahl vorgeschlagen, die eine Auswertung der ATKIS-Daten erlaubt und so auf vorliegende Flächennutzungsdaten zurückgreifen kann.

Vor dem Hintergrund der flächenhaft verfügbaren Daten zur Nutzung scheint eine Reduzierung der Parameterauswahl nicht zielführend, ggf. ist in Abhängigkeit der Datenverfügbarkeit und Datenqualität sowie des Bearbeitungsmaßstabs eine Aggregation sinnvoll und im weiteren Verlauf einer denkbaren Verfahrensentwicklung zu prüfen. Die Verfügbarkeit von Daten zur Lage und Art von Versorgungsleitungen ist zumeist regional sehr unterschiedlich und teilweise mit hohem Erfassungsaufwand verbunden, so dass deren Erfassung maßnahmenorientierten Detailbewertungen vorbehalten bleiben sollte.

Tab. 44: Vorschlag eines Parametersystems zur Bewertung der Vegetation und Nutzungsstruktur in Auen mit Angaben zu Datenquellen, Datenerhebung und Bewertbarkeit (DVWK 1997, LUA NRW 2001a)

	Parameter	Datenquelle(n)	Datener-hebung	Bewert-barkeit
Vegetation und Flächen-nutzung	**WERTPARAMETER**			
	Weichholzauenwälder und -gebüsche	Luftbild, BK	V	G
	Hartholzauenwälder und -gebüsche	Luftbild, BK	V	
	Röhrichte, Groß- und Kleinseggenrieder	(Luftbild), BK	V	G
	Moorgesellschaften	(Luftbild), BK	V	G
	Pionierfluren feuchter bis nasser Standorte	(Luftbild), BK	V	G
	Pionierfluren sandig-kiesiger Standorte	(Luftbild), BK	V	G
	Hochstaudenfluren	BK	V	G
	Quellfluren	BK	V	G
	Wasserpflanzengesellschaften	BK	V	G
	(Feucht- und Nassgrünland)	(Luftbild), BK	V	M
	Flächenanteil leitbildkonformer Biotoptypen	Luftbild, TK, ATKIS	V	G
	Flächennutzung			
	Brache/Sukzession	Luftbild, BK, ATKIS	V	G
	Extensivgrünland	(Luftbild), BK	V	G
	SCHADPARAMETER			
	Intensivgrünland	Luftbild, BK, (ATKIS)	V	G
	Acker	Luftbild, BK, ATKIS	V	G
	nicht bodenständiger Forst	Luftbild, BK, (ATKIS)	V	G
	Garten	Luftbild, BK, ATKIS	V	G
	Park/Grünanlage	Luftbild, BK, ATKIS	V	G
	Parameter	Datenquelle(n)	Datener-hebung	Bewert-barkeit
	SCHADPARAMETER			
	Bebauung	Luftbild, TK, ATKIS	V	G
	Verkehrsflächen/-trassen	Luftbild, TK, ATKIS	V	G
	Abgrabung	Luftbild, TK, ATKIS	V	G
	Deponie	Luftbild, TK, ATKIS	V	G
	Versorgungsleitungen	Luftbild, TK, Behördenabfragen	V	G
	sonstige Anlagen/Einzelbelastungen	Luftbild, TK, Behördenabfragen	V	G

Datenquellen:
TK: Topographische Karte, BK: Biotopkataster/-kartierung, ATKIS: Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
Angaben in Klammern: Daten eingeschränkt nutzbar
Datenerhebung:
V = i.d.R. aus vorhandenen Datenquellen ableitbar, Verifizierung im Gelände bei Bedarf
Bewertbarkeit:
G: Gut = Leitbildbezug gut darstellbar, einfache Erfassung
M: Mäßig = Leitbildbezug darstellbar, erschwerte Erfassung

4.1.4 Faunistische Parameter

(Auszüge aus ÖKON 2005, verändert)

Die in der Aue lebenden Tier- und Pflanzenarten haben sich co-evolutiv den im Jahresverlauf periodisch wechselnden Wasserständen bzw. Strömungsverhältnissen auf unterschiedlichste Weise angepasst. Die wichtigsten Kennzeichen und Funktionen natürlicher, intakter Auen mit ihren Fließgewässern sind:

- Hoher Artenreichtum

  Mit 12.000 Tier- und Pflanzenarten als regelmäßige Auenbewohner stellen naturnahe Auen der Unterlaufregionen die artenreichsten Ökosysteme Europas dar (GEPP et al. 1985).

- Wichtige Ausbreitungs- und Wanderwege für Tiere und Pflanzen

  (PLACHTER 1986, GERKEN 1988, MÜLLER 1990)

- Wichtiger Fortpflanzungs-, Nahrungs-, Rückzugs- und Rastplatz

  für Fische, Amphibien, Wasserinsekten, Vögel u.v.m. (LELEK 1980, FITTKAU & REISS 1983, GEPP et al. 1985, GERKEN 1988, SCHIEMER & SPINDLER 1989)

Die charakteristischen Artenkombinationen können nur bestehen, wenn der häufige Wechsel von Nass- und Trockenphasen erhalten bleibt. Eine alleinige Anhebung des Grundwasserspiegels fördert zwar Feuchte liebende Arten, schließt dagegen trockenheitsverträgliche Arten aus. Die auenökologischen Untersuchungen an der Elbe ergaben ebenfalls, dass die jährliche Überflutungsdauer und der mittlere Flurabstand während der Vegetationszeit die wichtigsten Faktoren in der Aue sind, die das Vorkommen auencharakteristischer Arten beeinflussen (FOECKLER et al. 2001).

Vielfältige Anpassungsmechanismen an die extremen Lebensbedingungen in der Aue

Charakteristische Arten der Aue müssen sowohl mit der mehrere Tage bis Wochen andauernden Überflutung als auch mit teils wochen- bis monatelanger Austrocknung ihres Lebensraumes zurechtkommen. Es konnte beispielsweise festgestellt werden, dass der Tausendfüßler *Polydesmus denticulatus* ein Winterhochwasser mit 4 °C Wassertemperatur und optimaler Sauerstoffversorgung 75 Tage unter Wasser überdauern konnte (ZULKA 1998). Die Frage der Stagnation von Hochwassern ist dabei von entscheidender Bedeutung für das Auenökosystem, da es zu Sauerstoffzehrung im Wasser kommen kann. So sind Sauerstoffgehalte von weniger als 4,2 mg/l oder eine Sättigung von 47 – 49 % (bei 20–23 °C Wassertemperatur) für den Karpfen und Sauerstoffgehalte von weniger als 2,8 mg/l oder eine Sättigung von 29 – 35 % (bei 16 – 27 °C Wassertemperatur) für den Aal kritisch (SCHAEPERKLAUS 1990). Der Gemeine Bachflohkrebs (*Gammarus pulex*) fehlt im Allgemeinen in Gewässern mit weniger als 4 mg/l Sauerstoffgehalt (SCHÖNBORN 1992).

Weiterhin spielen als Strategien die Neubesiedlung bei jeder Überflutungsperiode durch Drift und Einwanderung (Schnecken, Wasserwanzen, Wasserkäfer) sowie die Eiablage auf Überschwemmungsflächen (z. B. Eintagsfliegen, Zückmücken) eine Rolle.

Niedrige Wasserstände mit trockenfallenden Schlamm-, Sand- und Kiesbänken wurden und werden bei ökologischen Betrachtungen der Auen zu wenig beachtet. Nach wie vor wird den stärker ins Auge fallenden Hochwasserereignissen mehr Beachtung geschenkt. Ausschließlich das Zusammenwirken beider Faktoren bewirkt die charakteristische Vielfalt an Lebensräumen, Strukturen und Arten in Auen. Nach den Untersuchungen von SCHMID (1999) in den Auen der Unteren Oder wurden 30 % der festgestellten Wasserwirbellosen-Taxa in für Auen besonders charakteristischen temporären Gewässern angetroffen.

Die charakteristischen Arten haben spezifische Strategien entwickelt, der Austrocknung ihrer Lebensräume zu begegnen. SCHMID (1999) nennt einige Beispiele. Die Trockenresistenz vieler Arten zeigt sich in verschiedener Form. So haben die beiden Segellibellen *Sympetrum sanguineum* und *Sympetrum flaveolum* eine sehr kurze Entwicklungszeit, die Eier überwintern im trockenen Boden, die Larven schlüpfen im Frühjahr nach der Überflutung. Manche Schnecken graben sich aktiv bei Austrocknung des Gewässers in den feuchten Boden ein. So kann z. B. die Gemeine Flussdeckelschnecke (*Viviparus viviparus*) 8–10-monatige Trockenheit im Boden überdauern. Viele Wasserkäfer graben sich ebenfalls aktiv in den feuchten Boden ein oder legen dort ihre Eier ab. Gerade am Beispiel der Auengewässer lässt sich gut zeigen, dass eine ganze Reihe von Spezialisten unter den Tieren auf diese dynamischen Zustände angewiesen ist. Bei den besonders gut untersuchten Mollusken gibt es viele Arten, die vorwiegend in Gewässern mit starken Wasserstandsschwankungen, bis hin zur Austrocknung, vorkommen. Zu nennen sind insbesondere: Sumpf-Federkiemenschnecke *(Valvata macrostoma),* Moos-Blasenschnecke *(Aplexa hypnorum),* Rossmässlers Posthörnchen *(Gyraulus rossmaessleri),* Weißmündige Tellerschnecke *(Anisus leucostoma),* Gelippte Tellerschnecke *(Anisus spirorbis),* Gemeine Erbsenmuschel *(Pisidium casertanum)* u. a. m. (FOECKLER 1990).

Von besonderer Bedeutung bei der Betrachtung von Auen ist, dass diese im naturnahen Zustand eine hochgradig vernetzte Einheit mit ihrem Fluss darstellen. Die biologisch-ökologische Notwendigkeit dieser hohen Vernetzung in Längs- und Querrichtung lässt sich anschaulich am Beispiel der Fische darstellen (SEIFERT 2001):

- Flussfische benötigen während einzelner Lebensabschnitte höchst unterschiedliche, räumlich voneinander getrennte, jedoch miteinander vernetzte Lebensräume und Habitate im Fluss und seinen Nebengewässern (Nahrungs- und Aufenthaltsgebiete, Laichplätze, Jungfischhabitate, Hochwasserschutzräume, Winterlager).
- Flussfische müssen bei Hochwasser zeitlebens ihre flussabwärts gerichtete Verdriftung ausgleichen. Dies gilt auch bei Normalabflüssen für die Fischbrut und Jungfische. Regelmäßige Aufwärtswanderungen sind damit biologisch zwingend notwendig.

Kriterien für die Auswahl geeigneter Artengruppen für eine Zustandsbewertung von Auen

Naturnahe Auen beherbergen eine enorm vielfältige Tierwelt aus den unterschiedlichsten Artengruppen (Kap. 1.1). Die Tabelle 45 listet die für Auen charakteristischen Artengruppen auf und schätzt ihre Eignung für eine Zustandsbewertung ein. Diese dient zur

- wertfreien Charakterisierung des derzeitigen Zustands und zu
- dessen naturschutzfachlicher Bewertung.

Aus Effizienzgründen ist bei der faunistischen Bewertung von Auen eine Einschränkung des Arten- bzw. Artengruppenspektrums erforderlich. Es sollen daher Artengruppen herangezogen werden, für die bereits eine gute Datenbasis verfügbar ist. Aus diesem Grund wurde für jede Artengruppe abgeschätzt, für welche eine entsprechend gute Datenbasis vorliegt (KARL, MANGELSDORF & SCHEURMANN 1977).

Darüber hinaus ist es aus fachlicher Sicht bei der Auswahl der Artengruppen wichtig, unterschiedliche Anspruchstypen zu berücksichtigen (RECK 1992). Insbesondere sind Artengruppen auszuwählen

- mit **unterschiedlichen Flächenansprüchen** an ihren Lebensraum

  z. B. Artengruppen, die großflächige Lebensraumansprüche haben wie z. B. Vögel, oder Artengruppen, die auch in kleinflächigen Lebensräumen vorkommen wie z. B. Wassermollusken oder Laufkäfer,

- mit **unterschiedlicher Ausbreitungsfähigkeit**

  z. B. Artengruppen mit einer geringen Ausbreitungsfähigkeit, die in der Regel eine engere Bindung an ihr Habitat haben und deren Bodenständigkeit daher einem bestimmten Biotop zuzuordnen ist. Diese Artengruppen – z. B. Land- und Wassermollusken oder Heuschrecken – besiedeln neue Lebensräume langsamer als Artengruppen mit einer hohen Ausbreitungsfähigkeit – z. B. Tagfalter oder Libellen. Bei diesen ist zwar eine genaue Zuordnung zum Fortpflanzungshabitat vielfach aufwändig zu erzielen, doch sind sie in der Lage, neu entstandene oder qualitativ verbesserte Biotope, z. B. nach Redynamisierung, rasch zu besiedeln und somit Entwicklungstendenzen anzuzeigen,

- die **verschiedene Teillebensräume** nutzen

  z. B. sind Artengruppen zu berücksichtigen, die die unterschiedlichen in Tabelle 38 genannten Lebensräume besiedeln. Beispielsweise nutzen einige Fischarten mehrere Teillebensräume in ihrem Lebenszyklus.

Daneben sind auch folgende Gesichtspunkte von Bedeutung:

- autökologische Kenntnisse zu den Artengruppen
- Indikationswert für auentypologische Fragestellungen
- Aufwand für die Erfassung im Gelände
- Aufwand für die Bestimmung
- Nachweisbarkeit der Bodenständigkeit

und in gewissem Umfang

- Akzeptanz in der Öffentlichkeit (Öffentlichkeitswirksamkeit).

Darstellung der ausgewählten Artengruppen

Die vorliegende Typologie der Auen Deutschlands basiert vorwiegend auf der Einzugsgebietscharakteristik, dem Auengefälle sowie dem Abflussregime bzw. der -dynamik. Diese Faktoren beeinflussen weitere Charakteristika naturnaher Auen wie das Substrat der Deckschicht oder den morphologischen Formenschatz der Auen, die eine weitere Differenzierung erlauben. Die unterschiedlichen Standortpotenziale der Auentypen wirken sich auf die Besiedlung der Auen durch charakteristische Arten(gruppen) der Fauna aus.

Aufbauend auf den hydromorphologischen Parametern der Auentypologie werden folgende Kriterien zur Auswahl bundesweit zu berücksichtigender Artengruppen herangezogen:

- **Indikator-Artengruppen für den Formenschatz der Auen**

  Der morphologische Formenschatz (Auengewässer, Hohlformen, Vollformen, Kleinrelief) ist eine der Grundlagen für die Vielfalt der Lebensräume und Standortbedingungen in den Auen, der sich insbesondere auch in der Vielfalt der vorhandenen Vegetationseinheiten widerspiegelt. Als Indikator-Artengruppen sind demnach solche geeignet, die in einer möglichst großen Zahl an Habitattypen/Vegetationseinheiten jeweils auencharakteristische Arten aufweisen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass manche Artengruppen nur in aquatischen oder terrestrischen Lebensräumen vorkommen. Andere Arten wiederum sind auf semiaquatische/semiterrestrische Lebensräume angewiesen. Somit sind Arten, die diese Verzahnung von Land und Wasser zum Ausdruck bringen, von besonderer Bedeutung.

- **Indikator-Artengruppen für den Wasserhaushalt der Auen**

  Die Grund- und Oberflächenwasserstände mit ihren großen Schwankungen sind in den Auen die wichtigsten Faktoren, die die Besiedlung der unterschiedlichen Lebensräume bestimmen. Als Indikator-Artengruppen kommen solche in Frage, die Abhängigkeiten von diesen Schwankungen aufweisen und in ihrem Vorkommen und ihrer Häufigkeit an-

zeigen. Typische Vertreter sind beispielsweise überflutungs- bzw. austrocknungstolerante Arten bzw. solche der Wechselwasserzonen oder temporärer Gewässer.

- **Indikator-Artengruppen für die Dynamik der Auen**

  Die Dynamik in naturnahen Auen ist eng mit dem Verlagerungsverhalten des Fließgewässers verbunden bzw. von ihm abhängig. Die Dynamik schafft neue Habitate und Strukturen in den Auen, die insbesondere von Pionierarten besiedelt werden. Charakteristisch sind Artengruppen, deren Vertreter Kies- oder Sandbänke, Schlammfluren, Rohbodenstandorte oder Uferabbrüche besiedeln.

Die Tabelle 45 stellt die Einstufung der charakteristischen Artengruppen bezüglich dieser drei Merkmale dar. Außerdem ist die bundesweite Verfügbarkeit von Daten abgeschätzt. Die Einstufung erfolgte empirisch auf Grund von Angaben in der Roten Liste Deutschlands (BINOT et al. 1998) sowie der Einschätzung ausgewählter Experten (Frau Dipl.-Biol. M. Klein und Herrn Dipl.-Biol. A. Schanowski). Anhand der Einstufungen werden folgende Artengruppen vorgeschlagen, die grundsätzlich für eine bundesweite faunistische Zustandsbewertung von Auen geeignet sind.

Auf Grund der lückenhaften bundesweiten Datenlage sowie der weniger guten Indikatoreigenschaften fallen zahlreiche Artengruppen für eine flächenhafte Beurteilung der Fluss- und Stromauen aus (Tab. 45). Dabei steht teilweise, wie bei den Ameisen, die Datengrundlage als Ausschlusskriterium im Vordergrund, bei Fledermäusen hingegen ihre eingeschränkte Indikatoreigenschaft hinsichtlich der auentypischen Habitatbedingungen.

Tab. 45: Charakteristische Artengruppen der Auen und ihre Eignung für die Zustandsbewertung der Formen-/Habitatvielfalt, des Wasserhaushaltes und der Dynamik sowie Einschätzung der bundesweiten Datenlage

Artengruppen	Formen-/Habitatvielfalt	Wasser-haushalt	Dynamik	Bundes-weite Datenlage
Fledermäuse	Altbestände von Auenwäldern			
Kleinsäuger	Auenwälder, Magerrasen, Gewässerufer			
Vögel	Auenwälder, Trockenstandorte, Fließ- und Stillgewässer, Röhrichte, Niedermoore			
Reptilien	Magerrasen, Gewässerufer, Stillgewässer			
Amphibien	viele Typen von Still- und Fließgewässern			
Fische	viele Typen von Still- und Fließgewässern			
Eintagsfliegen	vorwiegend in Fließ-, weniger in Stillgewässern			
Libellen	viele Fließ- und Stillgewässertypen			
Steinfliegen	Fließgewässer, Quellen			
Egel	alle Typen von Fließ- und Stillgewässern			
Heuschrecken	Magerrasen, Schotterbänke, Röhrichte, Niedermoore, lichte Wälder			
Zikaden	Auenwälder, Trockenstandorte, Schotterbänke, Riede, Niedermoore, naturnahe Uferbereiche, Waldsäume			

Tab. 45 (Fortsetzung): Charakteristische Artengruppen der Auen und ihre Eignung für die Zustandsbewertung der Formen-/Habitatvielfalt, des Wasserhaushaltes und der Dynamik sowie Einschätzung der bundesweiten Datenlage

Artengruppen	Formen-/Habitatvielfalt	Wasser-haushalt	Dynamik	Bundes-weite Datenlage
Landwanzen	Trockenstandorte, Schotterbänke, Riede, Röhrichte, Verlandungszonen von Gewässern, naturnahe Uferbereiche, Waldsäume, naturnahe Wälder, Alt- und Totholz,			
Wasserwanzen	alle Typen von Fließ- und Stillgewässern			
Laufkäfer	Auenwälder, Trockenstandorte, Fließ- und Stillgewässerufer, Niedermoore, Röhrichte, Grünland, Rohböden verschiedener Substrate			
Kurzflügelkäfer	Gewässerufer, Totholz			
Totholzkäfer	Altbestände von Auenwälder, Totholz			
Wasserkäfer	alle Typen von Fließ- und Stillgewässern			
Wildbienen	wechselfeuchtes bis mesophiles Grünland, Trockenstandorte in Offenland und lichten Wäldern, feuchte Hoch-staudenfluren, Schilfröhrichte, Steilwände, Rohboden, Ruderalfluren			
Ameisen	Trockenstandorte, Schotterbänke, Riede, Röhrichte, naturnahe Uferbereiche, Waldsäume, naturnahe Wälder, Alt- und Totholz,			
Köcherfliegen	viele Typen von Fließ- und Stillgewässern			
Tagfalter	Auenwälder, Trockenstandorte, Niedermoore, Riede, Röhrichte			
Nachtfalter	Auenwälder, Trockenstandorte, Niedermoore, Röhrichte, Waldränder			
Schwebfliegen	Trockenstandorte, Riede, Röhrichte, Verlandungszonen von Gewässern, naturnahe Uferbereiche, Waldsäume, naturnahe Wälder, Totholz			
Spinnen	Auenwälder, Trockenstandorte, Fließ- und Stillgewässerufer, Riede, Röhrichte, Niedermoore, Schotterbänke			
Limnische Krebse	Fließ- und Stillgewässertypen, Quellgewässer, Grundwasser			
Land- und Wassermollusken	Auenwälder, Magerrasen, Fließ- und Stillgewässer und deren Ufer, Riede, Röhrichte, Niedermoore			

Beurteilungskriterien für die Artengruppen:

Formenvielfalt bzw. Habitatvielfalt: Besiedlung unterschiedlicher Habitate und/oder Strukturen

Wasserhaushalt: beherbergt eine größere Anzahl von Zeigerarten, die naturnahe hydrologische Verhältnisse in Auen anzeigen

Dynamik: beherbergt eine größere Anzahl von Arten, die auf Pionierstandorte (Rohböden, Schlammflächen, Uferanbrüche, Totholz etc.) angewiesen sind

Einstufung der Artengruppen hinsichtlich ihrer Indikatoreigenschaften:

- sehr gut geeignet/sehr gut
- gut geeignet/gut
- weniger geeignet/lückenhaft

Da die Ergebnisse einer faunistischen Zustandsbewertung nicht nur den Zustand der Auen wertfrei dokumentieren sollen, sondern auch dazu dienen, den Schutz- und Entwicklungsbedarf ökologisch intakter Auen der Öffentlichkeit aufzuzeigen, sollten die ausgewählten Tiergruppen zudem eine größere Akzeptanz in der Bevölkerung genießen. Aus verschiedenen Gründen stoßen in der Öffentlichkeit nur wenige Tierartengruppen auf größeres Interesse (z. B. Vögel, Amphibien, Tagfalter) bzw. weisen aus verschiedenen Artengruppen nur einzelne Arten einen größeren Bekanntheitsgrad auf (z. B. bei Fischen der Lachs oder die "Forelle", bei den Wassermollusken die Flussperlmuschel, bei den Landschnecken die Weinbergschnecke).

Die Artengruppen Vögel, Amphibien, Fische, Libellen, Heuschrecken, Laufkäfer, Wildbienen, Tagfalter und Land- und Wassermollusken werden den fachlichen Anforderungen und den Kriterien Datenverfügbarkeit und Akzeptanz ganz oder teilweise gerecht. Diese Artengruppen werden daher als Bioindikatoren für die Zustandsbewertung von Auen vorgeschlagen.

Die Charakterisierung der ausgewählten Artengruppen hinsichtlich ihrer methodischen und biologischen Eignung ist in Tabelle 46 dargestellt.

Tab. 46: Charakterisierung der ausgewählten Artengruppen hinsichtlich ihrer Eignung als Bioindikatoren in Auen

Artengruppen	Erfassungs-/ Bestimmungs-aufwand	Kenntnisse Autökologie	Flächen-anspruch	Ausbreitungs-fähigkeit	Akzeptanz
Vögel	gering	groß	hoch	groß	groß
Amphibien	gering	groß	mittel	mittel	mittelgroß
Fische	hoch	mittelgroß	mittelgroß	groß	mittelgroß
Libellen	gering	groß	mittel	groß	mittel
Heuschrecken	gering	groß	gering	gering	mittel
Laufkäfer	hoch	mittelgroß	gering	mittelgroß	gering
Wildbienen	mittelgroß	mittelgroß	gering	groß	mittel
Tagfalter	mittel	groß	mittel	groß	groß
Land- und Wasser-mollusken	gering	mittelgroß	gering	gering	gering

Die Aufstellung zeigt, dass es sich bei den ausgewählten Artengruppen auf Grund der verwendeten Kriterien um bewährte Gruppen handelt, die in zahlreichen Untersuchungen (z. B. Schutzwürdigkeitsgutachten, Zustandserfassungen, Erfolgskontrollen, Eingriffsvorhaben etc.) berücksichtigt werden und für deren Erfassung eine breite Basis von Spezialisten zur Verfügung steht. Die Tabelle 45 zeigt aber auch die Eignung einer breiten Palette weiterer Artengruppen für die Bewertung von Auen. So sollten Artengruppen wie etwa Kleinsäuger, Köcherfliegen, Krebse, Wasserkäfer und -wanzen, Landwanzen, Zikaden, Kurzflügelkäfer, Totholzkäfer, Hautflügler, Schwebfliegen, Ameisen, Nachtfalter oder Spinnen zumindest bei lokalen Planungen und speziellen Fragestellungen berücksichtigt werden.

Tabelle 47 weist den definierten Auentypen für deren Bewertung geeignete Artengruppen zu. Die Auswahl der Artengruppen erfolgte anhand der für den Auentyp wesentlichen Lebensräume und Strukturen sowie relevanten hydrologischen Standortbedingungen. Dabei kann bei dem derzeitigen Detaillierungsgrad des Konzeptes noch keine wesentliche Differenzierung innerhalb der ausgewählten Artengruppen erfolgen. Abgesehen von den beiden Auentypen der sehr gefällearmen Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern und der gefällereichen Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern, in denen bestimmte Habitattypen schwerpunktmäßig vorkommen (z. B. ausgedehnte Schotterbänke) oder fehlen, ist keine stärkere Differenzierung der Aussagen zur Fauna möglich. Von einer typspezifischen Auswahl der Artengruppen als Indikatoren wird daher vorerst abgesehen.

Tab. 47: Typspezifische Aspekte zur Auswahl von Artengruppen der Fauna für eine bundesweite faunistische Bewertung der Fluss- und Stromauen

Flussauentypen	**sehr gefällearme Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern**	**gefällearme Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern**	**gefällereiche Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern**
Beispiele	Warnow, Peene	Schwarze Elster, Spree, Ems	Untere Mulde, Mittlere Weiße Elster
wesentliche Habitattypen und -strukturen	Röhrichte, Niedermoore, Weidengebüsche, Feuchtwälder, Seen, langsam fließende Fließgewässer	Auenwälder, Bruchwälder, Niedermoore, Röhrichte, Gebüsche, Hochstauden-fluren, Pionierfluren, Dünen, Altwasser, Temporärgewässer	Auenwälder, Röhrichte, Hochstaudenfluren, Gebüsche, Niedermoore, Altwasser, Sand- und Kiesbänke
hydrologische Charakteristik	sehr geringe Abflussamplitude zwischen kurzen und langen Hochwasserereignissen; große Auenbereiche werden lang anhaltend bei sehr langsamem bis stagnierendem Hochwasserabfluss überflutet	geringe bis mittlere Abflussamplitude mit im Winter lang anhaltenden Überflutungen	mittlere Abflussamplitude mit lang anhaltenden, aber etwas schneller abfließendem Hochwasser im Winter; in tiefen Geländebereichen hoch anstehendes Grundwasser
Dynamik	sehr gering	gering bis mittel	mittel
geeignete Artengruppen	Vögel (Wasser-, Röhricht- und Wiesenvögel), Amphibien, Fische, Laufkäfer, Libellen, Tagfalter, Heuschrecken (feuchtigkeitsliebende Arten), Land- und Wassermollusken	Vögel, Amphibien, Fische, Libellen, Tagfalter, Heuschrecken, Laufkäfer, Land- und Wassermollusken	Vögel, Amphibien, Fische, Libellen, Tagfalter, Heuschrecken, Laufkäfer, Land- und Wassermollusken

Flussauentypen	**gefällearme Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern**	**gefällereiche Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern**	**gefällereiche Flussaue des Grundgebirges mit Winterhochwassern**	**gefällereiche Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern**
Beispiele	Main, Unstrut, Altmühl	Mittlere Saale, Neckar, Regnitz	Ruhr, Lahn, Obere Saale, Oberer Regen	Lech, Isar, Inn
wesentliche Habitattypen und -strukturen	Auenwälder, Niedermoore, Röhrichte, Hochstaudenfluren, Gebüsche, Nebengerinne	Auenwälder, Sand-, Kies- und Schotterbänke, Röhrichte, Niedermoore, Gebüsche, Hochstaudenfluren, Altwasser, Temporärgewässer	Auenwälder, Weidengebüsche, Röhrichte und Riede, Staudenfluren, Fließgewässer, kleine Stillgewässer, Altwasser, Uferab-brüche, Kiesbänke, Totholz	vegetationsarme Schotterflächen, Pioniervegetation feuchter/nasser Rohbodenstandorte, Weidenwälder, Auenwälder, Magerrasen, Fließgewässer, Altwasser

Tab. 47 (Fortsetzung): Typspezifische Aspekte zur Auswahl von Artengruppen der Fauna für eine bundesweite faunistische Bewertung der Fluss- und Stromauen

hydrologische Charakteristik	mittlere Abflussamplitude mit mittlerer Dauer der Überflutungen im Winter; in tiefem Geländebereich hoch anstehendes Grundwasser	geringe bis mittlere Abflussamplitude mit häufigeren, kurzzeitigen Überflutungen im Winter, schneller Verlauf der Hochwasserwelle	sehr hohe Variabilität des Durchflusses und Amplitude zwischen kurzen und lang anhaltenden Hochwassern; es werden große Teile der Aue kurzzeitig überflutet	mittlere Variabilität des Durchflusses und der Amplitude mit lang anhaltenden Hochwassern im Sommerhalbjahr und ausgeprägten Niedrigwasserphasen im Winterhalbjahr; sehr frühe und schnelle Überflutung der Schotterfluren
Dynamik	mittel bis hoch	mittel bis hoch	hoch	sehr hoch
geeignete Artengruppen	Vögel, Amphibien, Fische, Libellen, Tagfalter, Heuschrecken, Laufkäfer, Land- und Wassermollusken	Vögel, Amphibien, Fische, Libellen, Tagfalter, Heuschrecken, Laufkäfer, Land- und Wassermollusken	Vögel, Amphibien, Fische, Libellen, Heuschrecken, Tagfalter, Laufkäfer, Land- und Wassermollusken	Vögel, Fische, (Amphibien), Libellen, Laufkäfer, Heuschrecken (in den Oberläufen trockenheitsliebende ripikole Arten), Wildbienen, Land- und Wassermollusken (vorwiegend Mittel- und Unterlauf)
Stromauentypen	**gefällearme Stromaue mit Winterhochwassern**	**gefällearme Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern**	**gefällearme Stromaue mit Sommerhochwassern**	**gefällereiche Stromaue mit Sommerhoch-wassern**
Beispiele	Elbe	Donau	Mittlerer Oberrhein	Südlicher Oberrhein
wesentliche Habitattypen und -strukturen	Auenwälder, Bruchwälder, Niedermoore, Röhrichte, Gebüsche, Hochstaudenfluren, Pionierfluren, Dünen, Altwasser, Temporärgewässer	Auenwälder, Bruchwälder, Niedermoore, Röhrichte, Gebüsche, Hochstaudenfluren, Pionierfluren, Dünen, Altwasser, Temporärgewässer	Auenwälder, Bruchwälder, Niedermoore, Röhrichte, Gebüsche, Hochstaudenfluren, Pionierfluren, Dünen, Altwasser, Temporärgewässer	Vegetationsarme Schotterflächen, Pioniervegetation feuchter/nasser Rohbodenstandorte, Weidenwälder, Auenwälder, Magerrasen, Fließgewässer, Altwasser
hydrologische Charakteristik	geringe bis mittlere Abflussamplitude mit im Winter lang anhaltenden Überflutungen	geringe bis mittlere Abflussamplitude mit ganzjährlich lang anhaltenden Überflutungen	mittlere Variabilität des Durchflusses und der Amplitude mit lang anhaltenden Hochwassern im Sommerhalbjahr und ausgeprägten Niedrigwasserphasen im Winterhalbjahr	mittlere Variabilität des Durchflusses und der Amplitude mit lang anhaltenden Hochwassern im Sommerhalbjahr und ausgeprägten Niedrigwasserphasen im Winterhalbjahr; sehr frühe und schnelle Überflutung der Schotterfluren
Dynamik	gering bis mittel	mittel, abschnittsweise hoch	mittel	mittel bis hoch
geeignete Artengruppen	Vögel, Amphibien, Fische, Libellen, Tagfalter, Heuschrecken, Laufkäfer, Land- und Wassermollusken	Vögel, Amphibien, Fische, Libellen, Tagfalter, Heuschrecken, Laufkäfer, Land- und Wassermollusken	Vögel, Amphibien, Fische, Libellen, Tagfalter, Heuschrecken, Laufkäfer, Land- und Wassermollusken	Vögel, Fische, (Amphibien), Libellen, Laufkäfer, Heuschrecken (in den Oberläufen trockenheitsliebende ripikole Arten), Wildbienen, Land- und Wassermollusken (vorwiegend Mittel- und Unterlauf)

Resümee

Die Artengruppen für eine faunistische Bewertung der Fluss- und Stromauen wurden im Hinblick auf ihre Eignung zur Indikation der hydromorphologischen Kriterien Formen-und Habitatvielfalt, Wasserhaushalt und Dynamik ausgewählt (Tab. 45). Das Vorkommen bzw. Fehlen sowie die Häufigkeit charakteristischer Arten sollen Auskunft geben über die Intaktheit und Vollständigkeit auentypischer Lebensräume. Die bundesweite Datenlage, der Erfassungs- und Bestimmungsaufwand und die Akzeptanz der einzelnen Artengruppen in der Öffentlichkeit sind weitere Faktoren, die für die Umsetzung von Bedeutung sind (Tab. 45, 46). Aus biologischen Gesichtspunkten wurden zusätzlich die Kriterien Kenntnisse der autökologischen Ansprüche, Flächenanspruch sowie Ausbreitungsfähigkeit der Arten/Artengruppen herangezogen (Tab. 46). Da bei einer bundesweiten Bewertung der Auen überwiegend auf vorliegende Daten zurückgegriffen werden muss, sind vor allem Artengruppen ausgewählt worden, die häufig von zahlreichen Spezialisten bearbeitet werden, so dass in der Regel eine große Datengrundlage zur Verfügung steht, und die gleichzeitig verschiedene der oben genannten Kriterien erfüllen. Anhand dieser Vorgehensweise werden die Artengruppen Vögel, Amphibien, Fische, Libellen, Heuschrecken, Laufkäfer, Tagfalter, Land- und Wassermollusken empfohlen. Bei den ausgewählten Artengruppen ist hinsichtlich der Bewertung von Auen besonders hervorzuheben:

Zahlreiche gefährdete und geschützte **Vogelarten** leben in Auen. Sie integrieren über große Räume; Vögel sind daher für die Bewertung großräumiger Auengebiete geeignet. Sie zeigen gut die Lebensraum- und Strukturvielfalt der Auenkomplexe auf, verfügen über eine hohe Mobilität und können rasch auf Veränderungen in Auen reagieren. Mehrere Arten sind nach der Vogelschutzrichtlinie geschützt und unterliegen einem Monitoring.

Amphibien besiedeln verschiedene Gewässertypen in den Auen. Auf Grund ihrer unterschiedlichen Ansprüche an ihre Fortpflanzungshabitate sowie Winter- und Sommerquartiere besteht eine enge funktionale Vernetzung mit den umgebenden Landlebensräumen. Viele Arten sind nach der FFH-Richtlinie geschützt.

Auf Grund saisonaler Wanderungen sowie unterschiedlicher Lebensraumansprüche vieler **Fischarten** sind diese besonders für die Bewertung der Längsvernetzung von Auengebieten entlang eines Flusses sowie für die Bewertung der Quervernetzung zwischen Fluss und Aue geeignet. Unter den Fischen sind viele, z. T. europaweit gemäß der FFH-Richtlinie geschützte Arten zu finden.

Auen sind ursprünglich der wichtigste Lebensraum der **Libellen** in Mitteleuropa. Verschiedene Anpassungsformen an die unterschiedlichen Standortbedingungen dieses Lebensraumes ermöglichen insbesondere die Bewertung der hydrologischen Bedingungen in den Auen. Ihre hohe Mobilität lässt sie zudem rasch auf Veränderungen des Lebensraumes reagieren.

Die **Heuschreckenarten** besiedeln sowohl feuchte bis nasse als auch trockene Lebensräume bis hin zu extremen Pionierstandorten wie Schotterbänken. Mit Hilfe der Heuschrecken ist insbesondere die Bewertung der Vielfalt der Standortbedingungen möglich. Ihre relativ geringe Mobilität und teils hohe Standortbindung ermöglichen auch die Bewertung relativ kleiner Auengebiete.

Die sehr artenreiche Gruppe der **Laufkäfer** besiedelt viele unterschiedliche Lebensräume und Strukturen innerhalb der Auen. Außerdem weisen die Arten vielfach eine enge Bindung an bestimmte Standortbedingungen auf. Damit sind sie besonders geeignet für die Bewertung der hydrologischen Bedingungen sowie dynamischer Vorgänge in Auen.

Eine hohe Artenvielfalt, die Besiedlung unterschiedlicher Lebensraumtypen mit verschiedenen Standortbedingungen sowie die teils enge Bindung der **Tagfalter** und ihrer Raupen an bestimmte Pflanzenarten, teils auch Tierarten, machen Tagfalter zu guten Indikatoren für die Lebensraumvielfalt und -qualität. Ihre hohe Mobilität lässt sie zudem rasch auf Veränderungen des Lebensraumes, im positiven, wie im negativen Sinn, reagieren.

Eine hohe Artenvielfalt der **Land- und Wassermollusken** in Auen, die Besiedlung nahezu aller auentypischer Lebensräume und Strukturen sowie die vielfach enge Bindung an bestimmte Standortbedingungen sind gute Voraussetzungen für die Bewertung der Lebensraumvielfalt, der hydrologischen Bedingungen sowie der dynamischen Prozesse in Auen. Ihre geringe Mobilität sowie ihre geringen Ansprüche an die Größe des Lebensraumes prädestiniert sie auch für die Bewertung kleiner Auengebiete. Nahezu alle der nach der FFH-Richtlinie geschützten Wassermolluskenarten kommen in Auen vor.

Das Hinzuziehen faunistischer und vegetationskundlicher Daten als Teil einer ökologischen Bewertung von Flussauen ist unerlässlich. Die grundsätzlichen Anforderungen für die Entwicklung eines auentypspezifischen faunistischen Bewertungsverfahrens werden von den ausgewählten Artengruppen am besten erfüllt. Für eine leitbildgestützte Bewertung sollte, aufbauend auf den nach hydromorphologischen Kriterien ausgewiesenen Auentypen, eine auentypspezifische Beschreibung der Fauna erfolgen. Weitergehende Arbeiten müssten auf die Parametrisierung und die Entwicklung entsprechender Bewertungsregeln ausgerichtet sein. Im Hinblick auf die Umsetzbarkeit und die konsistente Umsetzung der FFH-Richtlinie, der Vogelschutzrichtlinie und der Wasserrahmenrichtlinie ist insbesondere die Nutzung vorhandener Daten der Artenschutzkartierungen der Länder und eine Einbeziehung der wasserabhängigen Arten der europäischen Naturschutzrichtlinien zu prüfen. Die Entwicklung eines faunistischen Bewertungsverfahrens kann dann ergänzend zu dem nachfolgend beschriebenen hydromorphologischen und vegetationskundlichen Ansatz verfolgt werden.

4.2 Grundzüge eines Bewertungsverfahrens für Fluss- und Stromauen

Die bestehenden Bewertungsverfahren aus dem Bereich der Gewässerstrukturgüteerfassung (LAWA 2000, LUA NRW 2001d) zeigen auf, dass eine flächenhafte Erfassung und Bewertung hydromorphologischer Parameter mit belastbaren Ergebnissen möglich ist. Auch die umfangreichen Probekartierungen der Mulde-Auen und Teilflächen der Rur-Auen auf Grundlage des DVWK-Verfahrens (1997) lieferten entsprechende Bewertungen.

Zudem erscheint eine Übernahme von Gewässerstrukturgütedaten für den eigentlichen Fluss- bzw. Stromlauf geboten, da der Zustand des Gewässers maßgeblich die Ausprägung der Auen mitbestimmt und so auch erhebliche Synergieeffekte hinsichtlich der Datennutzung erreicht werden können.

Ein Bewertungsverfahren für Auen sollte somit grundsätzlich den Ansätzen der Gewässerstrukturgütekartierung mit ihren auf Deskriptoren basierenden Erfassungsansätzen folgen. Die vorangehend dargestellten Parameterkataloge bieten hierfür die Grundlage. Weiterhin sind die folgenden Komponenten zu erarbeiten und Aspekte zu berücksichtigen:

Typologische Zuordnung

Der Erfassung muss eine klare typologische Zuordnung vorangehen. Dies erfolgt zweckmäßiger Weise mittels eines „typologischen Blocks“ zu Beginn der Kartierunterlagen (Tab. 48).

Tab. 48: Beispielhafte Darstellung der typologischen Zuordnung für die Kartierung

typologische Zuordnung	prägende Gewässergroßlandschaft	
	Talbodengefälle	
	Basissubstrat	
	hydrologische Verhältnisse	Abflussregime Abflussdynamik
Tal	Talform	
	Talbodenbreite	
Flusstyp	Windungsgrad des auenbildenden Gewässers	
	Lauftyp des auenbildenden Gewässers	

Grundlagen der typspezifischen Bewertung

Als Grundlage für eine typspezifische Bewertung der hydromorphologischen und vegetationskundlichen Aspekte dient die folgende, vergleichende halbquantitative tabellarische Darstellung (Tab. 49).

Tab. 49: Charakteristische Häufigkeitsverteilung hydromorphologischer und vegetationskundlicher Aspekte in den verschiedenen Auentypen

Auentyp	sehr gefällearme Flussaue des Flach- und Hügellandes	gefällearme Flussaue des Flach- und Hügellandes		gefällereiche Flussaue des Flach- und Hügellandes	
substratdeterminierter Abschnittstyp	**organisch**	**teilmineralisch-organisch**	**Sand/Sand-Kies**	**Sand/Sand-Kies**	**Kies**
Gefälle					
gefällearm (≤ 0,5 Promille)	++	++	++	+	0
gefällereich (> 0,5 Promille)	-	-	0	++	++
Basissubstrat					
organisches Substrat	++	++	0	0	0
Ton/Lehm	0	+	+	0	0
Sand/Sand-Kies	0	++	++	++	+
Kies	0	+	+	+	++
Schotter	-	-	-	0	+
Blöcke	-	-	-	0	0
Deckschicht					
organisches Substrat	++	++	0	0	0
Ton/Lehm	-	+	++	++	++
Sand/Sand-Kies	0	0	+	+	+
Kies	0	0	+	+	+
Schotter	-	-	-	0	0
Auengewässer					
Altmäander/-gürtel	0	+	++	++	++
permanent	++	++	++	++	++
temporär	+	++	+	+	+
Gießen	-	-	-	-	-
Flutrinnen, -mulden	-	0	+	++	++
Randsenken	++	++	++	+	+
Vollformen					
Auenstufen, Terrassen(kanten)	0	+	++	++	++
Dünen	0	+	++	+	0
Schwemmfächer	-	0	0	+	+
Inseln	++	0 bis ++	0	0	0
natürliche Uferwälle, Rehnen	-	0	++	++	0
Kleinrelief	-	0	++	++	++
vegetationsarme Bänke und Fluren	-	-	+	+	+
Vegetation					
Weichholzauenwälder	0	+	++	++	++
Hartholzauenwälder	-	0	+	++	++
Röhrichte, Groß- und Kleinseggenrieder, Moorgesellschaften	++	++	+	0	0
Pionierfluren	-	0	+	+	++
Gebüsche/Hochstaudenfluren	+	+	+	+	+
Wasserpflanzengesellschaften	++	++	+	+	+

++	vorherrschend/prägend
+	häufig
0	kleinräumig, untergeordnet
-	sehr selten bis fehlend

Tab. 49 (Fortsetzung): Charakteristische Häufigkeitsverteilung hydromorphologischer und vegetationskundlicher Aspekte in den verschiedenen Auentypen

Auentyp	gefällearme Flussaue des Deckgebirges		gefällereiche Flussaue des Deckgebirges		gefällereiche Flussaue des Grundgebirges
substratdeterminierter Abschnittstyp	**Sand/Kies**	**Kies/Schotter**	**Sand/Kies**	**Kies/Schotter**	**Schotter**
Gefälle					
gefällearm (0 - 0,5 Promille)	++	++	0	0	0
gefällereich (> 0,51Promille)	0	+	++	++	++
Basissubstrat					
org. Substrat	-	-	-	-	-
Ton/Lehm	0	-	0	-	-
Sand/Sand-Kies	++	++	++	++	+
Kies	+	+	+	+	+
Schotter	+	++	+	++	++
Blöcke	0	+	-	+	+
Deckschicht					
org. Substrat	0	0	0	0	0
Ton/Lehm	++	++	++	++	+
Sand/Sand-Kies	+	+	+	+	+
Kies	0	+	+	+	+
Schotter	0	0	0	+	++
Auengewässer					
Altmäander/-gürtel	++	+	++	0	0
permanent	++	+	++	+	0
temporär	+	++	+	++	++
Gießen	-	-	-	0	0
Flutrinnen, -mulden	+	+	+	++	++
Randsenken	+	+	+	++	++
Vollformen					
Auenstufen, Terrassen(kanten)	+	+	+	+	++
Dünen	++	0	+	-	0
Schwemmfächer	0	+	+	++	++
Inseln	0	+	0	++	++
natürliche Uferwälle, Rehnen	+	-	++	-	-
Kleinrelief	+	+	+	+	+
vegetationsarme Bänke und Fluren	+	+	++	++	++
Vegetation					
Weichholzauenwälder	++	++	++	++	++
Hartholzauenwälder	+	++	++	++	++
Röhrichte, Groß- und Kleinseggenrieder, Moorgesellschaften	+	+	0	0	0
Pionierfluren	+	+	+	+	+
Gebüsche/Hochstaudenfluren	+	++	+	++	++
Wasserpflanzengesellschaften	+	+	+	+	+

++	vorherrschend/prägend
+	häufig
0	kleinräumig, untergeordnet
-	sehr selten bis fehlend

Tab. 49 (Fortsetzung): Charakteristische Häufigkeitsverteilung hydromorphologischer und vegetationskundlicher Aspekte in den verschiedenen Auentypen

Auentyp	gefällereiche Flussaue der Alpen/Voralpen		gefällearme Stromauen mit Winterhochwassern	
substratdeterminierter Abschnittstyp	Schotter	Block/Schotter	teilmineralisch-organisch	Sand-Sand/Kies
Gefälle				
gefällearm (0 - 0,5 Promille)	0	-	++	++
gefällereich (> 0,51Promille)	++	++	-	-
Basissubstrat				
org. Substrat	0	-	++	0
Ton/Lehm	-	-	+	0
Sand/Sand-Kies	+	0	++	++
Kies	++	+	0	0
Schotter	++	++	-	0
Blöcke	+	++	-	-
Deckschicht				
org. Substrat	0	-	++	+
Ton/Lehm	+	-	+	+
Sand/Sand-Kies	+	+	++	++
Kies	+	+	+	+
Schotter	++	++	-	-
Auengewässer				
Altmäander/-gürtel	-	-	++	++
permanent	0	-	++	++
temporär	++	++	++	++
Gießen	+	+	++	+
Flutrinnen, -mulden	++	++	+	++
Randsenken	++	++	++	++
Vollformen				
Auenstufen, Terrassen(kanten)	++	+	0	+
Dünen	-	-	++	++
Schwemmfächer	++	++	0	0
Inseln	++	0	++	0
natürliche Uferwälle, Rehnen	-	-	+	++
Kleinrelief	++	+	0	++
vegetationsarme Bänke und Fluren	++	++	0	+
Vegetation				
Weichholzauenwälder	++	0	++	++
Hartholzauenwälder	+	0	+	++
Röhrichte, Groß- und Kleinseggen-rieder, Moorgesellschaften	0	0	++	+
Pionierfluren	++	++	0	+
Gebüsche/Hochstaudenfluren	++	++	+	+
Wasserpflanzengesellschaften	+	0	++	+

++	vorherrschend/prägend
+	häufig
0	kleinräumig, untergeordnet
-	sehr selten bis fehlend

Tab. 49 (Fortsetzung): Charakteristische Häufigkeitsverteilung hydromorphologischer und vegetationskundlicher Aspekte in den verschiedenen Auentypen

Auentyp	gefällearme Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern		gefällearme Stromaue mit Sommerhochwassern	gefällereiche Stromaue mit Sommerhochwassern
substratdeterminierter Abschnittstyp	**Kies**	**Kies-Schotter**	**Kies**	**Schotter**
Gefälle				
gefällearm (0 - 0,5 Promille)	++	++	++	++
gefällereich (> 0,51Promille)	0	0	-	0
Basissubstrat				
org. Substrat	0	- bis ++	0	+
Ton/Lehm	+	0	+	0
Sand/Sand-Kies	+	++	++	+
Kies	++	+	++	+
Schotter	+	+	0	++
Blöcke	-	0	-	0
Deckschicht				
org. Substrat	+	- bis ++	+	+
Ton/Lehm	++	0	++	+
Sand/Sand-Kies	+	+	++	++
Kies	+	++	+	+
Schotter	-	++	-	+
Auengewässer				
Altmäander/-gürtel	++	+	++	0
permanent	++	++	++	0
temporär	++	++	++	0
Gießen	+	++	+	++
Flutrinnen, -mulden	++	0 bis ++	++	++
Randsenken	++	++	++	++
Vollformen				
Auenstufen, Terrassen(kanten)	++	++	++	++
Dünen	++	0 bis ++	++	+
Schwemmfächer	+	++	+	++
Inseln	+	0 bis +	+	++
natürliche Uferwälle, Rehnen	+	0 bis ++	+	-
Kleinrelief	++	+ bis ++	++	++
vegetationsarme Bänke und Fluren	+	+	+	++
Vegetation				
Weichholzauenwälder	++	++	++	0
Hartholzauenwälder	++	++	++	0
Röhrichte, Groß- und Kleinseggenrieder, Moorgesellschaften	+	+	+	0
Pionierfluren	+	+	+	++
Gebüsche/Hochstaudenfluren	+	+	+	++
Wasserpflanzengesellschaften	+	+	+	0

++	vorherrschend/prägend
+	häufig
0	kleinräumig, untergeordnet
-	sehr selten bis fehlend

Dokumentation des lokalen Leitbildes sowie Abgleich von Leitbild und Ist-Zustand

Weiterhin ist es sinnvoll, für jede abgefragte Ausprägung eines Parameters die entsprechende Leitbildausprägung abzufragen und diese auch im Kartierbogen zu dokumentieren. Dies bietet den Vorteil, dass das lokale, zum Zeitpunkt der Kartierung präsente Leitbild dokumentiert wird und auch mögliche Fehleinschätzungen hinsichtlich der Leitbildanpassung zurückverfolgt und Kartierergebnisse transparent korrigiert werden können. Hierfür ist es notwendig, die lokalen Rahmenbedingungen für die Leitbildausprägung zu analysieren und z. B. obligate von fakultativen Strukturen zu unterscheiden (Tab. 50).

Tab. 50: Beispielhafte Darstellung der parameterbezogenen Dokumentation des lokalen Leitbildzustandes und des Ist-Zustandes

Hauptparameter	(Wert-/Schad-) Parameter	Leitbild-zustand	Wertzahl LB	Ist-Zustand	Wertzahl Ist
Morphodynamik, Auenrelief und Auengewässer	WERTPARAMETER				
	Altmäander/-gürtel	häufig	1	keine	5
	Flutrinnen, -mulden	häufig	1	vereinzelt	4
	Inseln	selten	1	keine	5
	Schotterfluren	keine	1	keine	1
	Randsenken	vereinzelt	1	vereinzelt	2
	Kleinrelief	ausgeprägt	1	schwach	4
	Terrassen, Dünen, Schwemmfächer	--		--	
	natürliche Uferwälle, Rehnen	häufig	1	vereinzelt	3
	Moorkörper	--		--	

Wert- und Schadparameter

Die vorangehend dokumentierte Differenzierung in Wert- und Schadparameter erhöht die Belastbarkeit der Kartier- und Bewertungsergebnisse, da so unterschiedliche Datenquellen genutzt werden können und insbesondere die Schadparameter vergleichsweise einfach zu erfassen sind.

Indexverfahren und Bewertung funktionaler Einheiten

Nach umfänglichen Diskussionen bei der Entwicklung des Gewässerstrukturgüteverfahrens für kleine Fließgewässer (LUA NRW 1998 und LAWA 2000) über das Für und Wider indexgestützter Bewertungsverfahren wird für die Erfassung und Bewertung der Auen ein kombinierter Ansatz empfohlen.

Die Parameter werden im Rahmen der Kartierung bzw. Erfassung gegenüber dem Leitbild durch den Kartierenden bewertet. Zusätzlich erfolgt eine leitbildbezogene indexgestützte Bewertung im Sinne einer Plausibilitätsprüfung. Bei deutlichen Abweichungen ist das gewählte Ergebnis vor dem Hintergrund der lokalen Verhältnisse zu begründen.

Maßstabsebene

Für eine bundesweite Erfassung und Bewertung der Fluss- und Stromauen ist ein zwei- oder mehrstufiges Verfahren bezüglich des Maßstabs und damit auch des Detaillierungsgrades denkbar (Tab. 51).

Ein Übersichtsverfahren (Darstellungsmaßstab ca. 1:250.000 bis 1:500.000) mit einem reduzierten bzw. generalisierten Parametersatz ermöglicht eine zeitnahe und aufwandsmäßig überschaubare Beurteilung des Ist-Zustandes der Auen. Ein derartiges Verfahren sollte ohne ergänzende Kartierung auf Grundlage bestehender Daten möglich sein.

Ein Detailverfahren (Darstellungsmaßstab 1:25.000 bis 1:50.000), welches die vorangehend beschriebenen Parameter in weitgehendem Umfang nutzt, vermittelt mit ergänzenden Auswertungen und Kartierungen einen detaillierten Überblick über den Zustand der Auen.

Tab. 51: Parametervorschlag für Bewertungsverfahren

Hauptparameter	(Wert/Schad)Parameter	
typologische Zuordnung	prägende Gewässergroßlandschaft	
	Talbodengefälle	
	Basissubstrat	
	hydrologische Verhältnisse	Abflussregime Abflussdynamik
Tal	Talform	
	Talbodenbreite	
Flusstyp	Windungsgrad des auenbildenden Gewässers	
	Lauftyp des auenbildenden Gewässers	
	Übersichtsverfahren	**Detailverfahren**
Hydrodynamik, Abfluss und Überflutung	WERTPARAMETER	
	Überflutung	Ausuferungshäufigkeit Überflutungsdauer
	Grundwasser	Grundwasserstand Grundwasserschwankung
	SCHADPARAMETER	
	hydrologische Überprägung	jahreszeitliche Verschiebung der Überflutung
		Veränderung der Überflutungen durch Speicherbauwerke
		Veränderung der Niedrigwassersituation durch Speicherbauwerke
	Anteil der Überflutungsfläche	Deiche und Bauwerke mit deichähnlicher Wirkung
		Anteil der Überflutungsfläche
		Rückstaubereiche
		Ausleitungen
		Über-/Einleitungen
		Grundwasserentnahmen in der Aue
		sonstige Schadstrukturen
	Schnittstelle GSGK (Parameter Sohle und Ufer)	Zustand des Hauptgewässer, hier vorrangig Profilleistungsfähigkeit und Einschnittstiefe

Tab. 51 (Fortsetzung): Parametervorschlag für Bewertungsverfahren

Hauptparameter	(Wert/Schad)Parameter	
	Übersichtsverfahren	**Detailverfahren**
Morphodynamik, Auenrelief und Auengewässer	WERTPARAMETER	
	Mäander und Rinnenstrukturen	Altmäander/-gürtel
		Flutrinnen, -mulden
	Stillgewässer in der Aue	permanente Stillgewässer
		temporäre Stillgewässer
		Zuflüsse
		Gießen
		Inseln
		Schotterfluren/-bänke
		Randsenken
		Kleinrelief
		Auenstufen / Terrassen(kanten)
		Dünen
		Schwemmfächer
		natürliche Uferwälle, Rehnen
	Moorkörper	Moorkörper
	SCHADPARAMETER	
	Schnittstelle GSGK (Parameter Sohle und Ufer)	Zustand des Hauptgewässers, hier vorrangig Verlagerungspotenzial und Gerinnebettform
Vegetation und Flächennutzung	WERTPARAMETER	
	Auenwälder / Wälder	Weichholzauenwälder und -gebüsche
		Hartholzauenwälder und -gebüsche
	naturnahes Offenland/gehölzarm	Röhrichte, Groß- und Kleinseggenrieder
		Moorgesellschaften
		Pionierfluren feuchter bis nasser Standorte
		Pionierfluren sandig-kiesiger Standorte
		Hochstaudenfluren
		Quellfluren
		Wasserpflanzengesellschaften
	Flächenanteil leitbildkonformer Biotoptypen	Flächenanteil leitbildkonformer Biotoptypen
	Extensivgrünland / Brache	Feucht- und Nassgrünland
		Brache/Sukzession
		Extensivgrünland
	SCHADPARAMETER	
	Landwirtschaftliche Nutzung	Intensivgrünland
		Acker
	Forst	nicht bodenständiger Forst
	Siedlung einschließlich Grünflächen	Garten
		Park/Grünanlage
		Bebauung
	Verkehrsflächen	Verkehrsflächen/-trassen
	Abgrabung	Abgrabung
	Deponie	Deponie
		Versorgungsleitungen
		Sonstige Anlagen/Einzelbelastungen

Planungsrelevanz der Kartierung und Bewertung

Das denkbare Detailverfahren sollte so beschaffen sein, dass Kausalanalysen zwischen Belastungen und Ist-Zustand möglich sind. Dies bietet die Grundlage für eine überregional orientierte Maßnahmenkonzeption für die Rehabilitierung der Auen bzw. entsprechender Teilflächen.

Verschneidung der Flächenkulisse von Auen und FFH- sowie Naturschutzgebieten

Um eine frühzeitige Abstimmung zu ermöglichen und Synergieeffekte bei der Erfassung zu gewährleisten, ist eine vorlaufende Verschneidung der Flächenkulissen von potenziell natürlichen Auen und FFH- und Naturschutzgebieten sinnvoll (HASCH & JESSEL 2004).

Verfahrensentwicklung

In die Verfahrensentwicklung soll frühzeitig eine typspezifische Erprobungsphase integriert sein, um die Handhabbarkeit der Parameter zu klären.

5 Ausblick

Der folgende Ausblick zeigt Anwendungsoptionen, offene Fragen, weiterhin bestehende Erkenntnisdefizite sowie zukünftigen Forschungsbedarf auf. Dies geschieht vor dem Hintergrund der praxisorientierten Anwendung der gewonnenen Erkenntnisse in der Bewertung und letztlich leitbildgestützen, konzeptionellen Planung für die Fluss- und Stromauen.

Der Ausblick gliedert sich in Ausführungen zur Entwicklung der Typologie und der Leitbilder und nachfolgend zu den Grundlagen eines denkbaren Bewertungsverfahrens.

Anwendung in der Praxis

Die Auentypologie ermöglicht die Gliederung der auf den ersten Blick unüberschaubaren Vielzahl von Ausprägungen naturnaher Auen, indem sie in ein handhabbares Muster überführt werden und so die erarbeiteten Leitbilder zugeordnet und räumlich verortet werden. Die Typologie liefert zudem ein offenes typologisches Parametersystem, welches die Beschreibung weiterer Auentypen aus anderen Landschaftsräumen oder auch Größenklassen (Auen von Bächen und kleinen Flüssen) erlaubt.

Die Leitbilder selbst besitzen zwei wesentliche Funktionen für die Analyse und Planung an Gewässern und Auen.

Sie stellen die Bewertungsgrundlage im Sinne des Referenzzustands für den Ist-Zustand dar, da sie die potenziell natürlichen Zustände und damit die höchste Wertstufe zur Bewertung von Gewässerökosystemzuständen beschreiben. Die erarbeiteten Leitbilder können somit als Bewertungsgrundlage für ein zu entwickelndes Verfahren zur Beurteilung der Naturnähe von Fluss- und Stromauen dienen oder aber dazu dienen, bestehende Konzepte und Planungen hinsichtlich ihrer Zielausrichtung zu prüfen bzw. zu hinterfragen.

Die Leitbilder dienen zudem der Orientierung bei der Ermittlung und der Definition gewässer- und auentypischer Entwicklungsziele. Durch die Beschreibung der heutigen potenziell natürlichen Verhältnisse können dem zufolge auenuntypische Entwicklungen verhindert werden.

Die erarbeiteten Leitbilder zeigen deutlich auf, dass die Überflutungshäufigkeit in einer Vielzahl der Auenplanungen deutlich zu gering angesetzt wird und damit die Chancen für eine weitreichende Wiederherstellung naturnaher Verhältnisse vergeben werden. Hier können die Leitbilder wesentliche Argumentations- und Planungshilfen liefern.

Neben den vorangehend beschriebenen, unmittelbar umsetzbaren Anwendungen stehen die folgenden weitergehenden Aufgaben, die die vorliegenden Arbeiten vertiefen und fortsetzen können:

Konkretisierung der Abschnittstypen

In der vorliegenden Typologie werden Auentypen definiert und beschrieben sowie auch räumlich zugeordnet. Diese räumliche Zuordnung erfolgt auf Grundlage der bundesweit zur Verfügung stehenden Daten und ist damit bis auf Maßstabsebene in den Bereich von 1:200.000 belastbar. Für die Ausweisung von Auenabschnittstypen liefert das Vorhaben Grundlagen für die räumliche Zuordnung, definiert „substratdeterminierte Abschnittstypen", ohne diese abschließend zu verorten.

Somit steht für zukünftige Präzisierungen auf regionaler und lokaler Ebene die Erarbeitung und Verortung der Abschnittstypen an. Hierbei soll das bestehende Parametersystem genutzt werden, um auch die Zuordnungen von Laufform und Überflutungs- und Grundwasserverhältnissen vornehmen zu können.

Diese können beispielsweise auf Länderebene oder im Rahmen regionaler Arbeiten erfolgen. Derartige Präzisierungen können zudem der Verifizierung und Validierung der erarbeiteten Leitbilder dienen.

In Bereichen mit großflächigen irreversiblen Veränderungen und angedachten Planungen ist zudem eine Aufarbeitung der Auswirkungen dieser Veränderungen sinnvoll, dies ist beispielsweise in den Bereichen des Braun- und Steinkohlebergbaus der Fall, wo konsistente Lösungen und Vorgehensweisen erforderlich sind.

Faunistische Leitbilder als Bewertungsgrundlage

In Ergänzung zu den erarbeiteten hydromorphologischen und vegetationskundlichen Leitbilder ist die Erarbeitung von faunistischen Leitbildern anzustreben. Mit Vorliegen dieser faunistischen Leitbilder wäre dann eine holistische Bewertung des Auenzustandes möglich.

ÖKON (2005) liefert in Kapitel 4.1.4 folgenden Vorschlag für die zu bearbeitenden Tiergruppen:

- Vögel
- Amphibien
- Fische
- Libellen
- Heuschrecken
- Laufkäfer
- Tagfalter
- Land- und Wassermollusken

Bewertungsverfahren

Das vorliegende Vorhaben schließt mit der Erarbeitung von Grundlagen für ein Bewertungsverfahren der Fluss- und Stromauen.

Wesentliches Ergebnis ist neben den formulierten grundlegenden Anforderungen an das Bewertungsverfahren der Vorschlag für ein Parametersystem (Kap. 4). Bei einer Fortführung der Arbeiten ist die Spezifizierung des Parametersystems und die Definition von Ausprägungen der Parameter notwendig.

Hierfür ist dann ein Entwurf zu erstellen, der im weiteren Verlauf hinsichtlich der Handhabbarkeit und Skalierung durch Pilotanwendung erprobt und ggf. angepasst wird.

Für derartige Pilotanwendungen sind die im Rahmen des vorliegenden Vorhabens erarbeiteten Leitbildräume in besonderer Weise geeignet, da dort auf Basis der vorliegenden Leitbilder unmittelbar mit der Bearbeitung begonnen werden könnte und auch das Typenspektrum abgebildet wird.

Von besonderer Bedeutung ist dann die Erstellung einer umfassenden Verfahrensbeschreibung und Kartieranleitung, die zweifelsfrei die Einzelparameter definiert, die Vorgehensweise bei der Erfassung, die zugehörigen Datenquellen sowie die eigentliche Bewertung beschreibt.

Das Kartierverfahren soll so ausgerichtet sein, dass es Kausalanalysen hinsichtlich späterer Maßnahmenplanungen erlaubt. Daher sind keine hochaggregierenden Bewertungseinheiten anzustreben, sondern relativ fein strukturierte Einheiten zu erhalten, um den Zusammenhang zwischen Defiziten und Verursachern erkennbar zu halten.

Weiterhin ist ein einheitliches und handhabbares Verfahren zur Abgrenzung der potenziell natürlichen Auen nötig, da zahlreiche Parameter des Bewertungsfahrens einen Flächenbezug aufweisen, der sich auf die potenziell natürliche Ausdehnung der Auen bezieht. In den Ländern liegen hierzu umfangreiche Datenbestände vor, so dass eine Verfahrensentwicklung erfolgversprechend erscheint (BFN 2005b).

Planung – Ermittlung von Maßnahmenbedürfnissen

Aufsetzend auf das Kartierverfahren bzw. durchgeführte Kartierungen kann ein Entscheidungshilfesystem entwickelt werden, welches Maßnahmenbedürfnisse für Entwicklungsmaßnahmen in Fluss- und Stromauen ableitet und auf konzeptioneller Ebene gegen bestehende Nutzungsansprüche prüft.

Sonstiges

Die im Rahmen des Vorhabens erstellte und gepflegte Website „http://www.flussauen.de“ kann nach entsprechenden Anpassungen als Forum für die Fortentwicklung der Typologie, der Leitbilder sowie als Informationsdrehscheibe zu Maßnahmenkonzepten und -umsetzungen in Auen dienen und so einen wertvollen Beitrag zum Wissenstransfer leisten.

Letztlich ist die effiziente und auf Synergieeffekte ausgerichtete Bewertung und Planung naturschutzfachlicher und wasserwirtschaftlicher Maßnahmen insbesondere in den als FFH- und Vogelschutzgebieten ausgewiesenen Gewässern und Auen eine wesentliche Aufgabe der kommende Jahre, für die die Leitbilder eine konsistente Grundlage hinsichtlich der Zielausrichtung bieten.

6 Zusammenfassung / Summary

Auen – die überflutungsgeprägten Teile der Talböden und Niederungen – haben eine herausragende Bedeutung im Naturhaushalt und zählen nicht nur in Deutschland, sondern europaweit zu den am stärksten beeinträchtigten und gefährdeten Lebensräumen. Dabei erfüllen Fluss- und Stromauen zentrale Funktionen als naturraumübergreifende Verbundachsen. Naturnahe Auen stellen zudem neben den Hochgebirgslagen und Küstenräumen die dynamischsten Landschaftsräume Mitteleuropas mit vielfältigen Funktionen im Stoff- und Landschaftswasserhaushalt dar.

Die vorliegende Arbeit setzt sich mit der Typisierung der deutschen Fluss- und Stromauen und deren Erscheinungsbild im potenziell natürlichen Zustand auseinander. Sie fußt auf den Ergebnissen des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens „Typologie und Leitbildentwicklung für Flussauen in der Bundesrepublik Deutschland“ (FKZ: 803 82 100 des UFOPLANS 2003), welches in den Jahren 2003 bis 2005 bearbeitet und seitens des Bundesamtes für Naturschutz vergeben und betreut wurde.

Die grundlegenden Ziele des Vorhabens umfassen die folgenden Aspekte:

- einen bundesweit gültigen typologischen Ansatz zu erstellen und die Fluss- und Stromauen in Deutschland, insbesondere hinsichtlich ihrer Hydro- und Morphodynamik, zu charakterisieren;
- auf dieser typologischen Grundlage naturraumtypische Leitbilder bzw. Referenzen einschließlich der Vegetation für die Fluss- und Stromauen zu entwickeln und zu beschreiben, so dass sie Eingang in die Bewertungs- und Planungspraxis finden können;
- Ansätze für ein leitbildbasiertes Bewertungsverfahren für Auen aufzuzeigen.

Der Schwerpunkt der Arbeiten liegt hierbei auf der Erarbeitung der standörtlichen Verhältnisse der Auen im heutigen potenziell natürlichen Zustand sowie der Beschreibung der entsprechenden Vegetationsverhältnisse.

Ergänzend wird die Fauna der Auen unter dem Aspekt ihrer Indikatoreigenschaften für das oben genannte Bewertungsverfahren betrachtet.

Gliederung und Vorgehensweise

Nach einer Einführung in die Thematik, der Definition der Ziele sowie der Darstellung des Forschungsstandes in Kapitel 1 erfolgt in Kapitel 2 die Beschreibung der angewandten morphologischen und hydrologischen sowie vegetationskundlichen Methoden.

Die Ergebnisse – die typologische Gliederung und räumliche Verortung der Fluss- und Stromauentypen Deutschlands sowie die Beschreibung der Leitbildzustände – werden in Kapitel 3 aufgearbeitet. Die Auentypen werden definiert, beschrieben sowie ausführlich durch Abbildungen unterlegt und visualisiert.

Kapitel 4 zeigt Grundlagen für ein leitbildgestütztes Bewertungsverfahren auf, welches die Zustandsbeschreibung und -beurteilung der hydromorphologischen Verhältnisse und der Auenvegetation erlaubt.

Eine Analyse der Erkenntnisdefizite und einen Ausblick auf mögliche Anwendungen sowie den weiteren Forschungs- und Entwicklungsbedarf liefert Kapitel 5.

Methodisch greift das Vorhaben gewässertypologische Ansätze auf, um handhabbare Schnittstellen zu den bestehenden Fließgewässertypologien zu entwickeln.

Die Herleitung der Auentypen erfolgt in einem iterativen Prozess, der auf der GIS-gestützten Auswertung der bundesweiten Datenbasis aufsetzt und über ein eigens entwickeltes Parametergefüge die Beschreibung der Auentypen ermöglicht.

Besondere Bedeutung wird hierbei den morpho- und hydrodynamischen Parametern zugemessen, da diese wesentlich die standörtlichen Bedingungen in den Auen bestimmen.

Das Parametersystem umfasst dabei für die Definition der Auentypen die Parameter:

- Gewässergroßlandschaft
- Abflussregime
- Talbodengefälle

Für eine kleinräumigere Gliederung in Auenabschnittstypen beschreiben die folgenden Parameter die typologischen Ausprägungen:

- Deck- und Basissubstrat
- Lauftyp und Windungsgrad des auenbildenden Gewässers
- Abflussdynamik und Wasserdargebot
- Überflutungsdauer sowie Grundwasserstände und -schwankungen

Als subsummierender Parameter fungiert die Beschreibung der Hydromorphodynamik, die über Verlagerungsverhalten, den resultierenden Formenschatz sowie die hydrologisch-hydraulischen Verhältnisse integriert.

Abbildung 151 zeigt den Aufbau der morphologischen und hydrologischen Parameter des hierarchischen Typensystems am Beispiel des Abschnittstyps der „Gefällereichen schottergeprägten Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern“.

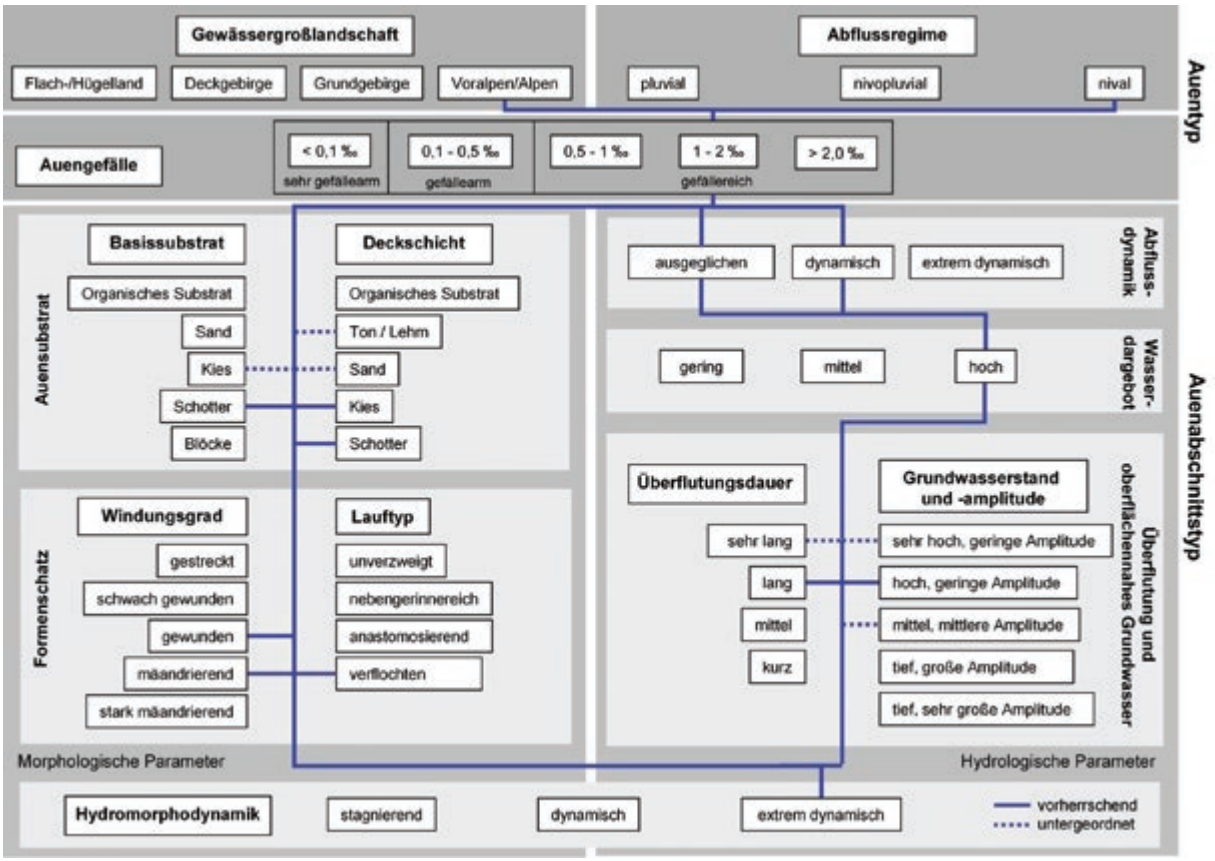


Abb. 151: Typdiagramm der gefällereichen schottergeprägten Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern

Die Verschneidung und Auswertung der Daten, letztlich das Herausarbeiten von Ähnlichkeiten und Unterscheidungsmerkmalen, ergibt die folgenden Fluss- und Stromauentypen, deren räumliche Verortung auf einer bundesweiten Karte (Anhang) erfolgt:

Flussauen

- sehr gefällearme Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern
- gefällearme Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern
- gefällereiche Flussaue des Flach- und Hügellandes mit Winterhochwassern
- gefällearme Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern
- gefällereiche Flussaue des Deckgebirges mit Winterhochwassern
- gefällereiche Flussaue des Grundgebirges mit Winterhochwassern
- gefällereiche Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern

Stromauen

- gefällearme Stromaue mit Winterhochwassern
- gefällearme Stromaue mit Winter- und Sommerhochwassern
- gefällearme Stromaue mit Sommerhochwassern
- gefällereiche Stromaue mit Sommerhochwassern

Für diese Auentypen werden auf Grundlage umfassender Analysen in ausgewählten Auenabschnitten detaillierte Leitbilder bearbeitet, die den potenziell natürlichen Zustand der Auen auf Grundlage von digitalen Geländemodellen visualisieren (Abb. 152) .

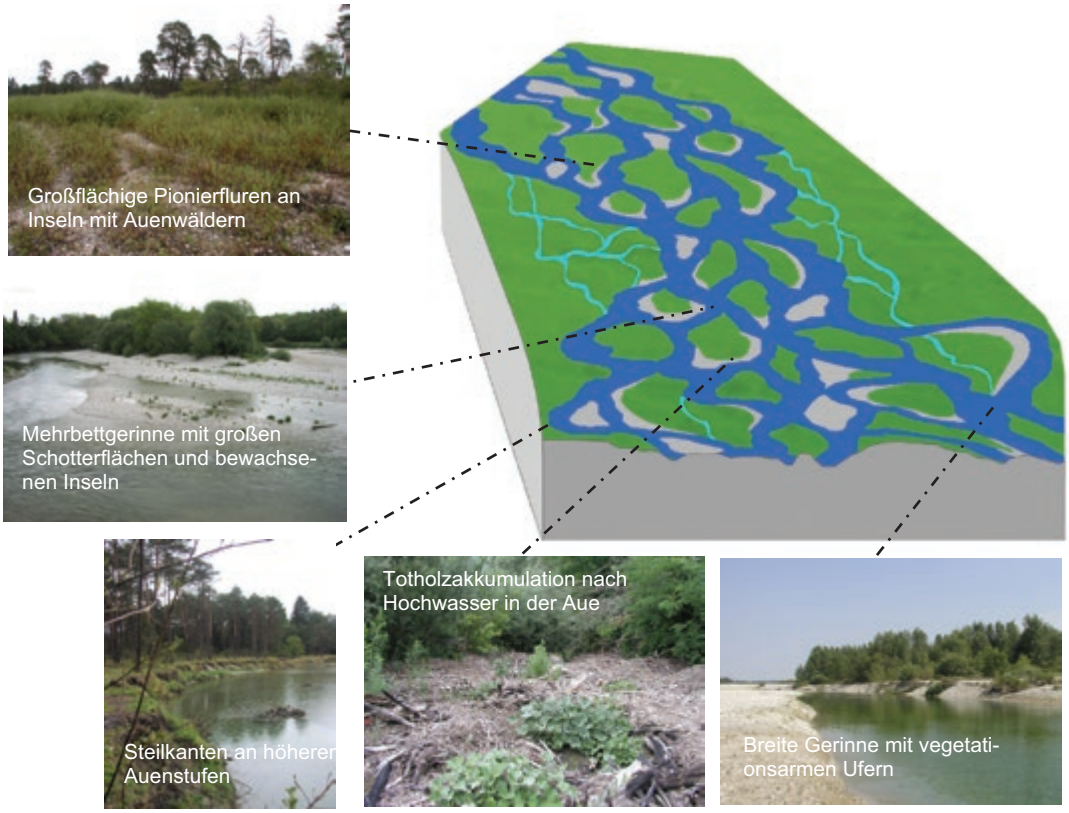


Abb. 152: Beispielhafte Leitbildvisualisierung der gefällereichen schottergeprägten Flussaue der Alpen/Voralpen mit Sommerhochwassern

(Datenbasis: Geobasisdaten © Bayerische Vermessungsverwaltung)

Hinzu kommen Darstellungen der Überflutungsverhältnisse hinsichtlich ihrer jahreszeitlichen Verteilung und Strömungsverhältnisse sowie der Grundwasserstände und -schwankungen. Auf Grundlage dieser Beschreibungen der standörtlichen Verhältnisse erfolgen die Ausführungen zur Vegetation im Leitbildzustand.

Neben diesen Erkenntnissen zeichnet sich auf Grundlage der Ergebnisse zum Formenschatz und der Überflutungswahrscheinlichkeiten eine erweiterte Sichtweise hinsichtlich der Differenzierung von Fluss und Auen ab.

Das Bild der Auen wird aktuell von Gewässern bestimmt, deren Leistungsfähigkeit die ausuferungsfreie Abführung von Wassermengen oberhalb des HQ1, einem Hochwasser mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von einem Jahr, erlaubt. Die im Rahmen des Vorhabens ermittelten Überflutungsdauern liegen auentypabhängig im Mittel der Jahre in den tiefgelegenen Auenbereichen zwischen 140 und 180 Tagen im Jahr, so dass eine klare Trennung von Gewässer und Aue weder räumlich noch funktional eindeutig möglich bzw. zielführend ist. Hydromorphologisch definierbar bleiben letztlich die Niedrigwassergerinne der Fließgewässer, die in die Auen mit ihren Rinnensystemen eingelagert sind. Vor diesem Hintergrund ist auch die scharfe laterale Abgrenzung der linearen Wasserkörper der Fließgewässer, wie sie für die Bestandaufnahme der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) zumeist erfolgt ist, kritisch zu hinterfragen, da mit dem Referenzzustand im Sinne der WRRL die oben beschriebenen Überflutungsdauern und morphologischen Verhältnisse einhergehen.

Im weiteren Fortgang der Arbeit findet das für die Typisierung erarbeitete Parametersystem Eingang in die Grundlagenerstellung eines leitbildgestützten Bewertungsverfahrens. Als Basis für die zukünftige Entwicklung eines auenspezifischen Bewertungsverfahrens werden Parameterkataloge bestehender Verfahren geprüft und entsprechende Vorschläge für die Beurteilung der standörtlichen Verhältnisse einschließlich der Vegetation vorgestellt. Unter faunistischen Aspekten erfolgt eine erste Abwägung zur Eignung verschiedener Faunengruppen, die in einer Empfehlung mündet.

Der Ausblick zeigt Anwendungsoptionen, offene Fragen sowie zukünftigen Forschungsbedarf auf.

Mit den definierten Auentypen und -leitbildern ist bundesweit eine einheitliche Basis für eine naturräumlich determinierte Auenbewertung und -planung gelegt worden, die Eingang in die Planungspraxis von Naturschutz und Wasserwirtschaft finden kann.

Für die Anwendung „vor-Ort“ können die Typenbeschreibungen und Leitbilder herangezogen werden, zumeist ist jedoch eine Adaptierung an die örtlichen naturräumlichen Gegebenheiten vorzunehmen. Dies kann beispielsweise auf Länderebene oder im Rahmen regionaler Arbeiten erfolgen.

Als Ergänzung zu den erarbeiteten hydromorphologischen und vegetationskundlichen Leitbildern ist die Erarbeitung von faunistischen Leitbildern anzustreben. Mit Vorliegen dieser faunistischen Leitbilder ist dann eine holistische Bewertung der Auen möglich.

Für ein zukünftiges Bewertungsverfahren ist eine Verfahrensbeschreibung und Kartieranleitung zu erarbeiten. Zielführend sind hierbei Parametrisierungen, die Kausalanalysen für nachfolgende Maßnahmenplanungen erlauben.

Denkbar ist weiterhin die Entwicklung eines Entscheidungshilfesystems, das Maßnahmenbedürfnisse für Entwicklungsmaßnahmen in Fluss- und Stromauen ableitet und auf konzeptioneller Ebene gegen bestehende Nutzungsansprüche prüft und so eine gemeinsame Basis für die anstehenden Entscheidungen zu Planungen von Naturschutz und Wasserwirtschaft bieten kann.

Summary

Flood plains – the parts of valley floors and lowlands that are affected by flooding – are of exceptional importance for the environment and its ecosystem. Not only in Germany but all over Europe they are counted among the most endangered of our natural habitats.

The submitted work deals with the typological classifications of flood plains in Germany and their appearance in a potentially natural state. It is based on results of the research and development project "Typology and development of type specific reference conditions for flood plains in the Federal Republic of Germany" (FKZ: 803 82 100 of the UFOPLAN 2003). A project produced between 2003 and 2005, initiated and supervised by the German Federal Agency for Nature Conservation.

The main objectives of the project are as follows:

- To create a nationwide valid typological approach and to characterise the flood plains in Germany particularly with regard to their hydrodynamics and morphodynamics as well as their flora.
- To develop approaches and references which are characteristic for an area of unspoiled natural habitat on a typological basis mentioned above, and to further delineate them so that they will become part of the standards for assessment and planning practises
- To present approaches to an assessment method for flood plains based on type specific reference conditions

The main area of the work lies in the formulation of the habitat situation of flood plains in a potential natural state as well as a description of the corresponding flora.

Additionally the fauna of flood plains is taken into consideration with regard to its capacity to act as an indicator for the above mentioned assessment method.

After an introduction to the subject matter, chapter 1 will provide both a definition of the aims and an overview of the current state of research. Chapter 2 provides a description of the applied morphological and hydrological as well as botanical methods.

The results, the typological classification and spatial location of the types of flood plains in Germany as well as a description of the type specific reference conditions, are elaborated in chapter 3. The types of flood plains are defined, described and visualised in detail with the aid of illustrations.

Chapter 4 shows the basic principles for an assessment method supported by type specific reference conditions that allows the description and evaluation of the state of the hydromorphological conditions and the flood plain flora.

An analysis of the aspects not yet contained within the current research and an insight into possible applications as well as the need for further research and development is provided in chapter 5.

The project uses up stream typological methods in order to maintain a recognizable link to existing stream typologies.

The classification of flood plains will be derived in an iterative process, grounded in the GIS-based analysis of nationwide data. A specially developed parameter system will make the description of the different types of flood plains possible.

Special importance is therefore allocated to the morphodynamic and hydrodynamic parameters because they determine considerably the habitat related factors of flood plains.

The parameter system for the definition of flood plain types consists of; large scale river landscapes and regions, flow regime and valley slope.

For a more detailed classification into areas of flood plain types the parameters describe cover substrates und basic substrates, channel pattern, sinuosity of the stream, flow dynamics and run-off as well as the ground water level and amplitude of the typological effects.

The description of the hydro-morphodynamics acts as a subsuming parameter which integrates the resulting morphological situation as well as the hydrological and hydraulic conditions through lateral migration of the streams.

The comparison and analysis of data and ultimately, the explanation of similarities and distinguishing features, will result in seven types of flood plains of mid sized to large rivers (1.000 – 30.000 km² catchment area) and four types of floodplains of very large rivers (> 30.000 km² catchment area) which will be illustrated on a nationwide map (see appendix).

For the various types of flood plains, type specific reference conditions will be discussed according to comprehensive analyses in selected flood plain sections. This will illustrate the potential natural state of the flood plains based on digital terrain models.

Further, the flooding conditions will be discussed with regard to their seasonal distribution, the flow characteristics and water level fluctuations. Based on this discussion of local conditions, descriptions of the flora according to type specific reference conditions will follow.

Besides these results another advanced perception concerning the differentiation of rivers and flood plains emerges on the basis of the results of morphological situations and the possibility of flooding. Against a background of observed flooding periods of more than a hundred days per year, the strict lateral differentiation between the linear stream water bodies, as it has been assumed for most of the research conducted by the Water Framework Directive (WFD), has to be questioned critically, because corresponding hydro-morphological conditions occur along with the reference conditions in terms of the WFD.

Of future interest is the parameter system developed for the typological classification that will become the basis of a prototype supported evaluation method.

Finally the possibilities for the application of the model developed here are presented and unresolved questions and fields for further investigation are pointed out. The different types of flood plains and type specific reference conditions, as defined in this context, form the basis for a uniform nationwide applicable assessment and planning method for flood plains. These results can be used in the planning operations of nature conservation and sustainable water resource management.

Abkürzungsverzeichnis

AHQ-IHF	Assessment of Hydrological Quality – Institute of Hydrology, University of Freiburg (Programm zur Aufbereitung und Analyse hydrologischer Parameter)
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
BB	Brandenburg
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BK	Biotopkartierung
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
Bl.	Blatt (Kartenblatt)
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BoK	Bodenkarte
BRD	Bundesrepublik Deutschland
Bsp.	Beispiel
BÜK1000	Bodenübersichtskarte (Maßstab: 1:1.000.000)
BÜK200	Bodenübersichtskarte (Maßstab: 1:200.000)
BÜK300	Bodenübersichtskarte von Brandenburg (1:300.000)
BV	Breitenverhältnis
BW	Baden-Württemberg
BY	Bayern
ca.	zirka
d. h.	das heißt
DGM250	digitales Geländemodell (Zellgröße 200 m)
DLM1000	digitales Landschaftsmodell (orientiert am Maßstab 1:500.000)
et al.	und weitere
EZG	Einzugsgebiet
F+E-Vorhaben	Forschung- und Entwicklungsvorhaben
(f)f.	(fort)folgende
FFH	Flora-Fauna-Habitat
GIS	Geographisches Informationssystem
GRPS	Zweckverband Gewässerrandstreifenprojekt Spreewald
GSGK	Gewässerstrukturgütekartierung
GÜK200	Geologische Übersichtskarte 1:200.000
HAD	Hydrologischer Atlas von Deutschland
HE	Hessen
HK25	Historische Karte Maßstab 1:25.000
HK50	Historische Karte Maßstab 1:50.000
HLUG	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
HQx	Scheitelwert, der in der Zeitspanne von x Jahren durchschnittlich einmal erreicht oder überschritten wird (z. B. HQ1, HQ10); Abfluss in [m^3/s]
Hrsg.	Herausgeber
HWx	Scheitelwert, der in der Zeitspanne von x Jahren durchschnittlich einaml erreicht oder überschritten wird (z. B. HW1, HW10); Wasserstand in [cm]
IHA	Indicators of Hydrologic Alteration
IWK	Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik an der Universität Karlsruhe (TH)
l/(s*km²)	Liter pro Sekunde und Quadratkilometer

LfU BW	Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg
LfW BY	Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft
LfUG SN	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie
li.	links
LUA BB	Landesumweltamt Brandenburg
LUNG MV	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern
LUWG RP	Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz
m/s	Meter pro Sekunde
m^3/s	Kubikmeter pro Sekunde
mg/l	Milligramm pro Liter
MHQ	mittlerer höchster Abfluss der betrachteten Zeitspanne in [m^3/s]
MNQ	mittlerer niedrigster Abfluss der betrachteten Zeitspanne in [m^3/s]
MQ	mittlerer Abfluss der betrachteten Zeitspanne in [m^3/s]
MQ_{Monat}	mittlerer Abfluss der Einzelmonate der betrachteten Zeitspanne in [m^3/s]
MV	Mecklenburg-Vorpommern
MW	mittlerer Wasserstand der betrachteten Zeitspanne in [cm]
NI	Niedersachsen
NLÖ	Niedersächsisches Landesamt für Ökologie
NRW	Nordrhein-Westfalen
NW	niedrigster Wasserstand der betrachteten Zeitspanne in [cm]
PNV	potenziell natürliche Vegetation
pot. nat.	potenziell natürlich
Preuß. Neuaufn.	Preußische Neuaufnahme (historische Karte)
Preuß. Uraufn.	Preußische Uraufnahme (historische Karte)
Qmed	Median der Abflusswerte der betrachteten Zeitspanne; Abfluss in [m^3/s]
rd.	rund
re.	rechts
RP	Rheinland-Pfalz
S.	Seite
s.	siehe
s. a.	siehe auch
SL	Saarland
s. o.	siehe oben
s. u.	siehe unten
SH	Schleswig-Holstein
SN	Sachsen
SRTM-DGM	digitales Geländemodell der Shuttle Radar Topography Mission
ST	Sachsen-Anhalt
südl.	südlich
TH	Thüringen
vgl.	vergleiche
WFD	Water Framework Directive
WG	Windungsgrad
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
z. B.	zum Beispiel
z. T.	zum Teil

Bildnachweis

S. 46	von oben: AK, JD, UK, UK, UK, PW	S. 113	li., re.: UK	S. 165	UK	S. 219	oben: UK unten: TE
S. 47	von oben: JH, UK, UK	S. 121	v. li. n. re.: AK, UK, AK, UK	S. 166	li., re.: AK	S. 221	oben: KW unten: JH
S. 53	von oben: UK, JH, UK, UK, UK	S. 123	v. li. n. re.: UK PW, UK, JH, UK	S. 172	v. li. n. re.: UK, AK, KW, UK, UK	S. 222	UK
S. 54	von oben: UK, PW, JH, UK, UK, JD, UK	S. 130	links: UK rechts: TE	S. 175	UK	S. 229	v. li. n. re.: PW, UK, JH, UK, JH
S. 55	von oben: UK, UK, UK, JH, PW, UK, UK	S. 131	links: AK rechts: HS	S. 179	v. li. oben n. re. unten: UK, KW, UK, UK	S. 231	v. li. n. re.: UK, JH, HS, HS, HS
S. 56	von oben: AK, UK, UK	S. 132	links: JD rechts: HS	S. 180	UK	S. 237	v. li. n. re.: UK, UK, JH, UK, UK
S. 84	UK	S. 138	v. li. n. re.: UK, HS, AK, PW	S. 181	JD	S. 242	2 Fotos oben: JH unten: UK
S. 85	UK	S. 140	v. li. n. re.: UK, AK, UK, UK, JH	S. 184	UK	S. 243	UK
S. 90	v. li. n. re.: AK, AK, UK, JH, PW	S. 145	links: TE rechts: HS	S. 190	alle: UK	S. 244	UK
S. 95	links: T. Klosowski/W. Wolkow oben rechts: TE unten rechts: TE	S. 147	li., re.: UK	S. 192	alle: UK	S. 245	alle: UK
S. 96	UK	S. 154	v. li. n. re.: UK, UK, UK, JH, JH	S. 200	li.: AK, re. oben: JD re. unten: TE	S. 251	v. li. n. re.: UK, UK, HS, HS, UK
S. 97	UK	S. 156	v. li. n. re.: UK, TE, UK, HS, AK	S. 201	JD	S. 299	alle: UK
S. 106	v. li. n. re.: JH AK, AK, JD AK	S. 158	v. li. n. re.: AK, UK, AK, UK, UK	S. 211	v. li. n. re.: AK, JD, AK, UK, AK		
S. 108	v. li. n. re.: PW UK, UK, AK, PW, JH	S. 164	alle: UK	S. 213	v. li. n. re.: TE, TE, TE, JD, JD		

JD	Joachim Drüke, Bezirksregierung Arnsberg NRW	AK	Annette Kurth, Planungsbüro Koenzen
TE	Thomas Ehlert, Bundesamt für Naturschutz	HS	Hans Schmidt, ÖKON
JH	Julia Herda, Planungsbüro Koenzen	PW	Paul Wermter, Planungsbüro Koenzen
UK	Uwe Koenzen, Planungsbüro Koenzen	KW	Klaus van de Weyer, lanaplan

Auf die räumliche Zuordnung der Bilder wurde bewusst verzichtet, um den typologischen Aspekt der dargestellten Formen und Strukturen in den Vordergrund zu stellen. Eine Benennung der Lokalität betont dagegen zu stark die individuelle Situation der jeweils dargestellten Gewässer und Auen.

Literaturverzeichnis

AG BODEN (1994) BGR UND GEOLOGISCHE LANDESÄMTER [Hrsg.]: Bodenkundliche Kartieranleitung. – 4. Aufl., Hannover.

AG RHEINSOHLENEROSION (BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, ABTEILUNG BINNENSCHIFFFAHRT UND WASSERSTRAßEN, ARBEITSGRUPPE „RHEINSOHLENEROSION“) [Hrsg.] (1997): Sohlengleichgewicht am Rhein. Bestandsaufnahme und Maßnahmenprogramm. – Berichte der Arbeitsgruppe „Rheinsohlenerosion“. Textbd. und Anlagenbd., - Münster, Mainz.

AHLMER, W. (1989): Die Donau-Auen bei Osterhofen – eine vegetationskundliche Bestandsaufnahme als Grundlage für den Naturschutz. – Hoppea, Denkschriften der Regensburgischen Botanischen Gesellschaft 57: 403–503.

AHNERT, F. (2003): Einführung in die Geomorphologie. – 3. Aufl. – Stuttgart.

ARBEITSGEMEINSCHAFT ZUR REINHALTUNG DER WESER [Hrsg.] (1996): Ökologische Gesamtplanung Weser. Grundlagen, Leitbilder und Entwicklungsziele für Weser, Werra und Fulda. – Kurzfassung. – Hildesheim.

ARGE LEITBILDER (Leitbilder für Hessische Fließgewässer) (1996): Leitbilder für hessische Fließgewässer im Buntsandstein, im Schiefergebirge, im Basalt, im kristallinen Odenwald und im quartären Flachland. – Studie im Auftrag des hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit. – Echzell, Koblenz.

ARSCOTT, D.B., TOCKNER, K., VAN DER NAT, D. & WARD, J.V. (2002): Aquatic Habitat Dynamics along a Braided Alpine River Ecosystem Tagliamento River, Northeast Italy. – Ecosystems 2002, Bd. 5. Springer Verlag – Berlin, Heidelberg, New York: 802–814.

ASCHWANDEN, H. & WEINGARTNER, R. (1985): Die Abflussregime der Schweiz. – Publikationen Gewässerkunde Nr. 65. – Bern.

ASSMUS, U. (1987): Die Vegetation der Fließgewässerränder im Einzugsgebiet der Regnitz. Eine pflanzen- und gesellschaftssoziologische Untersuchung zum Zustand der Ufervegetation an ausgewählten Gewässerabschnitten. – Hoppea, Denkschriften der Regensburgischen Botanischen Gesellschaft 45: 23–276.

BAUER, F. (1965): Der Geschiebehaushalt der bayerischen Donau im Wandel wasserbaulicher Maßnahmen. – Die Wasserwirtschaft. 55 (4): 106–112 u. (5): 145–154.

BAUMGÄRTEL, R. (2004): Zur aktuellen Situation der Hartholzauenwälder im Naturschutzgebiet „Kühkopf-Knoblochsaue“. – Botanik und Umweltschutz in Hessen 17: 53–61.

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1984): 100 Jahre Wasserbau am Lech zwischen Landsberg und Augsburg. Auswirkungen auf den Fluß und Landschaft. – Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft. H. 19. – München.

BENKERT, D., FUKAREK, F. & H. KORSCH [Hrsg.] (1998): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Ostdeutschlands. – Jena, Stuttgart, Lübeck, Ulm.

BERG, CH., DENGLER, J., ABDANK, A. & ISERMANN, M. (2004): Die Pflanzengesellschaften Mecklenburg-Vorpommerns und ihre Gefährdung. – Textband – Jena.

BETTINGER, A. & SIEGEL, A. (2002): Die Auwälder des Saarlandes. – BETTINGER, A. & WOLFF, P. [Hrsg.]: Vegetation des Saarlandes und seiner Randgebiete – Teil 1. Veröffentlichung des Ministeriums für Umwelt des Saarlandes und der Delattinia: 279–300.

BFG (*Bundesanstalt für Gewässerkunde*) (2001): Strukturgüte-Kartierverfahren für Wasserstraßen. – Download: http://elise.bafg.de/servlet/is/2938 (Stand: Okt 2004).

BFG (*Bundesanstalt für Gewässerkunde*) (2005): Hydromorphologische Referenzbedingungen für die Elbe von Schmilka bis Geesthacht (Strom-km 0,0 bis 585,9). – Abschlussbericht. Bearbeitet von: KERN, K. Download: http://elise.bafg.de/servlet/is/7223 (Stand: Juni 2005).

BFN (*Bundesamt für Naturschutz*) (2003): Die Relevanz der Wasserrahmenrichtlinien für Flussauen aus naturschutzfachlicher Sicht. – Bearbeitet von: ARGE BFL MÜHLINGHAUS & UNIVERSITÄT POTSDAM. Positionspapier. F+E-Vorhaben FKZ 802 82 100. – Bonn.

BFN (*Bundesamt für Naturschutz*) (2004a): Die potentielle natürliche Vegetation Nordwestdeutschlands [unveröff.] – Bonn.

BFN (*Bundesamt für Naturschutz*) (2004b): Die potentielle natürliche Vegetation von Mecklenburg-Vorpommern [unveröff.] - Bonn.

BFN (*Bundesamt für Naturschutz*) (2004c): Die potentielle natürliche Vegetation in Brandenburg [unveröff.] - Bonn.

BFN (*Bundesamt für Naturschutz*) (2005a): Die Relevanz der Wasserrahmenrichtlinie für Flussauen aus naturschutzfachlicher Sicht. – Bearbeitet von: ARGE BFL MÜHLINGHAUS & UNIVERSITÄT POTSDAM. Abschlußbericht. [unveröff.]. F+E-Vorhaben FKZ 802 82 100. – Bonn.

BFN (*Bundesamt für Naturschutz*) (2005b): Machbarkeitsstudie für eine bundesweite Erfassung des ökologischen Zustandes von Flussauen. – Bearbeitet von: INSTITUT BIOTA, Bonn. [unveröff.].

BIEWALD, G. & WAGENER, F. (1996): Vegetation an der Elbe-Bibliographie. – BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE [Hrsg.], Koblenz.

BILL, H.C. (2001): Die obere Isar – letzte Reste einer bayerischen Wildflusslandschaft. – Laufener Seminarbeiträge der ANL (*Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege*). H. 3: 35–45.

BINOT, M., BLESS, R., BOYE, P., GRUTTKE, H. & PRETSCHER, P. (1998): Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. – Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, 55: 1–434.

BIRKEL, I. & MAYER, A. (1992): Ökologische Zustandserfassung der Flußauen an Iller, Lech, Isar, Inn, Salzach und Donau und ihre Unterschutzstellung. – BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ [Hrsg.]: Schriftenreihe. H. 124: 3–102.

BMU (*Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit*) (2003): HAD (Hydrologischer Atlas von Deutschland). – BUNDESMINISTER FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT [Hrsg.]. – Bonn, Berlin. 2000 (1. Lieferung), 2001 (2. Lieferung), 2003 (3. Lieferung).

BMV (*Bundesministerium für Verkehr*) (1987): Untersuchung der Abfluß- und Geschiebeverhältnisse des Rheins. Schlussbericht. [unveröff.] – Bonn.

BOCHNIG, E. & FUKAREK, F. (1962): Natürliche Vegetation. – Atlas der Bezirke Rostock, Schwerin und Neubrandenburg. VEB Topografischer Dienst Schwerin, zit. nach MEHL, D. & THIELE, V. (1998): Fließgewässer- und Talraumtypen des Norddeutschen Tieflandes. – Berlin.

BOENINGK, W. (1978): Die flußgeschichtliche Entwicklung der Niederrheinischen Bucht im Jungtertiär und Altquartär. – Eiszeitalter und Gegenwart, 28: 1–9.

BOENINGK, W. (1982): Der Einfluß des Rheingraben-Systems auf die Flußgeschichte des Rheins. – Zeitschrift für Geomorphologie. N. F. Suppl.-Bd. 42. – Berlin: 167–175.

BOGENRIEDER, A. & FRISCH, A. (2000): Gebüsche, Pioniergesellschaften, Trockenrasen und Staudenfluren der „Trockenaue Südlicher Oberrhein". – LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG [Hrsg.]: Vom Wildstrom zur Trockenaue – Natur und Geschichte der Flusslandschaft am südlichen Oberrhein. Verlag Regionalkultur, Ubstadt-Weiher: 51–116.

BOHN, U. (1996): Vegetationskarte der Bundesrepublik Deutschland – Potentiell natürliche Vegetation. Blatt CC 5518 Fulda einschl. Vegetationskarte der Hohen Rhön 1:50000. – Schriftenreihe für Vegetationskunde 15. 2. Aufl, (o.O.)

BOLSENKÖTTER, H. (1964): Natürliche und künstliche Stromveränderungen am Niederrhein in historischer und prähistorischer Zeit. – Die Wasserwirtschaft. 54: 110–112.

BORK, H.R. (1988): Bodenerosion und Umwelt. Verlauf, Ursachen und Folgen der mittelalterlichen und neuzeitlichen Bodenerosion. Bodenerosionsprozesse. Modelle und Simulationen. – Abt. Physische Geographie und Landschaftsökologie, Physische Geographie und Hydrologie der TU Braunschweig. BORK, H.R. & HERRMANN, A. [Hrsg]: Landschaftsgenese und Landschaftsökologie. H. 13.

BORNE VON DEM, M. (1877): Wie kann man unsere Gewässer nach den in ihnen vorkommenden Fischarten classifizieren, und welche Arten sind am besten geeignet, die verschiedenen Arten von Fischwässern ertragreich zu machen. – Circulare des Deutschen Fischereivereins 4: 89–93.

BOSTELMANN, R. (1999): Geomorphologische Typisierung und vegetationskundliche Charakterisierung der Fließgewässer in Deutschland, Teilprojekt 2: Vegetationskundliche Charakterisierung der natürlichen Merkmale der Fließgewässer- und Auenvegetation. – Studie zum weiteren Vorgehen für die Erarbeitung einer Karte zur Gewässer- und Auenvegetation im Maßstab 1 : 500.000, im Auftrag des DVWK: 51 S. [unveröff.]

BRAUKMANN, U. (1987): Zoozönologische und saprobiologische Beiträge zu einer allgemeinen regionalen Bachtypologie. – Archiv für Hydrobiologie. Beiheft 26. – Stuttgart.

BRAUKMANN, U. (1997): Zoozönologische Typisierung von Fließgewässern in Baden-Württemberg. - Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flussbiologie. – Oldenbourg, Bd. 51 :158-198, München.

BRAUKMANN, U. (2000): Hydrochemische und biologische Merkmale regionaler Fließgewässertypen in Baden-Württemberg. – Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie Bd. 56. – Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.

BREMER, H. (1960): Neuere flußmorphologische Forschungen in Deutschland und ausgewählte Probleme der Flußmorphologie deutscher Ströme. – Berichte zur deutschen Landeskunde, 25 (2): 283–299.

BREMER, H. (1968): Der Fluß als Gestalter der Landschaft. – Geographische Rundschau. 20: 372–381.

BRESINSKY, A. (1959): Die Vegetationsverhältnisse der weiteren Umgebung Augsburgs. – 11. Bericht der Naturforschenden Gesellschaft Augsburg. – Augsburg.

BRIEM, E. (1999): Die Gewässerlandschaft Baden-Württembergs. – Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie. 53. LfU (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg) [Hrsg.]. – Karlsruhe.

BRIEM, E. (2000): Die Gewässerlandschaften der Bundesrepublik Deutschland. Teil I: Fließgewässerformen – Fließgewässerstrukturen – Fließgewässertypologie. – Dörrenbach, Hennef.

BRIEM, E. (2002a): Fließgewässerlandschaften in Bayern. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft [Hrsg.], München

BRIEM, E. (2002b): Formen und Strukturen der Fließgewässer – ein Handbuch der morphologischen Fließgewässerkunde. ATV-DVWK – Hennef.

BRIEM, E. (2003): Gewässerlandschaften der Bundesrepublik Deutschland. – ATV-DVWK Arbeitsbericht. Mappe mit Textband, Steckbriefen, Kurzfassung, 4 Karten. – Hennef.

BRIEM, E., FLEISCHHACKER, TH., HUMBORG, G. & NADOLNY, I. (1996): Typologische Untersuchung naturnaher Fließgewässer und ihrer Auen in Baden-Württemberg. – Endbericht des Projektes: Wasser Abfall Boden (PWAB), Forschungszentrum Karlsruhe [Hrsg.]. - Karlsruhe.

BRUNNACKER, K. (1978): Der Niederrhein im Holozän. – Fortschritte Geologie Rheinland. und Westfalen. 28: 399–440.

BRUNOTTE, E. (1995): Naturkatastrophen selbstgemacht? Ursachen und Konsequenzen von Hochwässern am Rhein. – Universität im Rathaus. Eine Schriftenreihe der Stadt Köln und der Universität zu Köln. Veranstaltung im akademischen Jahr 1994/95, Bd. 3: 75–86.

BRUNOTTE, E. (1997): Das Einzugsgebiet des Rheins – ein geographischer Überblick. – IMMENDORF, R. [Hrsg.]: Hochwasser – Natur im Überfluss?, Heidelberg: 31–38.

BRUNOTTE E., IMMENDORF, R. & SCHLIMM, R. (1994): Die Naturlandschaft und ihre Umgestaltung durch den Menschen. – Unter Mitarbeit von: KALIS A.J., MEURERS-BALKE, J. & WALLOSSEK, CHR. Kölner Geographische Arbeiten. 63. – Köln.

BRUNOTTE, E. & IHBEN, I. (2000): Geomorphologische Leitbildentwicklung in NRW für mittelgroße bis große Fließgewässer sowie für den Niederrhein. – Koblenzer Geographisches Kolloquium. Tagungsband 8. Tagung der Arbeitsgruppe Angewandte Historische Geographie. – Koblenz.

BURRICHTER, E. (1973): Die potentielle natürliche Vegetation in der Westfälischen Bucht, Erläuterungen zur Übersichtskarte 1 : 200.000. – Landeskundliche Karten und Hefte, Reihe Siedlung und Landschaft 8. – Münster.

BURRICHTER, E., POTT, R. & FURCH, H. (1988): Potentielle natürliche Vegetation. – Geographisch-landeskundlicher Atlas von Westfalen. Lieferung 4, Doppelblatt 1. – Münster.

CONRAD-BRAUNER, M. (1994): Naturnahe Vegetation im Naturschutzgebiet „Unterer Inn“ und seiner Umgebung. – Beiheft zu den Berichten der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege 11: 175 S.

DAVIS, W.M. (1899): The geographical cycle. – Geographical Journal. Vol. 14: 481-501.

DIERSCHKE, H. (1974): Saumgesellschaften im Vegetations- und Standortgefälle an Waldrändern. – Scripta Geobotanica, 6 – Göttingen.

DIERSCHKE, H., OTTE, A. & NORDMANN, H. (1983): Die Ufervegetation der Fließgewässer des Westharzes und seines Vorlandes. – Naturschutz und Landschaftspflege Niedersachsen Beiheft 4. – Hannover.

DISTER, E. (1980): Geobotanische Untersuchungen in der Hessischen Rheinaue als Grundlage für die Naturschutzarbeit. – (Diss. Math.-Nat.-Fak. d. Univ. Göttingen).

DISTER, E. (1983): Zur Hochwassertoleranz von Auenwaldbäumen an lehmigen Standorten. – Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (Mainz 1981) 10: 325–336.

DISTER, E. (1985): Erhaltung von Auenlebensräumen bei Flussbauten unter besonderer Berücksichtigung der Retentionsfunktion. – Laufener Seminarbeiträge 3/85. – Laufen: 74–90.

DISTER, E. (1991): Folgen des Oberrheinausbaus und Möglichkeiten der Auen-Renaturierung. – Laufener Seminarbeiträge 4. – Laufen: 8-16

DISTER, E. (1999): Folgen der Sohleintiefung für die Ökosysteme der Aue. Hydrologische Dynamik im Rheingebiet. – IHP/OHP-Berichte 13: 157–165.

DISTER, E. &. DRESCHER, A. (1987): Zur Struktur, Dynamik und Ökologie lang überschwemmter Hartholzauenwälder an der unteren March (Niederösterreich). – Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (Graz 1985) XV: 295–302.

DÖRING-MEDERACKE, U. (1991): Feuchtwälder im nordwestdeutschen Tiefland. Gliederung – Ökologie – Schutz. – Scripta Geobotanica Bd. 19. – Göttingen

DRESCHER, A. & CH. FRAISSL (2004): Standort und Struktur Südosteuropäischer Auenwälder. – Veröffentlichungen der LPR Landschaftsplanung Dr. Reichhoff GmbH 2. – Dessau: 11–28.

DVWK (*Deutscher Verband für Wasserbau und Kulturtechnik*) (1997): Entwicklung eines Kartier- und Bewertungsverfahrens für Gewässerlandschaften mittlerer Fließgewässer und Anwendung als Planungsinstrument am Beispiel der Mulde. – DVWK Materialien 3.

EG (*Europäische Gemeinschaften*) (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. – Amtblatt der Europäischen Gemeinschaften L 327 vom 22. Dezember 2000. EG-WRRL.

EHLERT, T. (2000): Dem Leitbild auf der Spur. In: Emsauenschutzkonzept: Bilanz und Zukunft. – NUA Seminarbericht, Bd. 6. – Recklinghausen: 22–25.

EHLERT, T., HERING, D., KOENZEN, U., POTTGIESSER,T., SCHUHMACHER, H. & FRIEDRICH, G. (2002): Typology and type specific reference conditions for medium sized and large rivers in Northrine-Westphalia: Methodological and biological aspects. – International Revue Hydrobiology 87: 151–163.

EHLERT, T. (2005): Typologie und Leitbilder für Flussauen in Deutschland. – Workshop auf Vilm vom 18. bis 21. Oktober 2004 – Natur und Landschaft Jg. 80, H. 2: 69–70.

EISELE, M. & NÄDELIN, U. (2005): AHQ-IHF – Assessment of Hydrological Quality – Manual. – Institut für Hydrologie – Freiburg.

ELLENBERG, H. (1982): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. – 3. Aufl. – Stuttgart.

ENGEL, H. (1999): Abflüsse im Rhein und seinen Nebengewässern – Entwicklungen seit Beginn dieses Jahrhunderts, Erwartungen für die nahe Zukunft. Hydrologische Dynamik im Rheingebiet. – IHP/OHP-Berichte 13 – Koblenz: 13–20.

FARGUE, O. (1868): Étude sur la correlation entre la configuration du lit et la profondeur d'eau dans les rivières a fond mobile. – Annales des Pont et des Chaussèes. 4. Serie (Memoires et Documents No. 174) – Paris: 34–92.

FISCHER, P. (2002): Historische Nutzung der Trockenrasen im Gebiet des Biosphärenreservates „Flusslandschaft Elbe". – Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung 41: 65–95.

FITTKAU, E. J. & REISS, F. (1983): Versuch einer Rekonstruktion der Fauna europäischer Ströme und ihrer Auen. – Archiv für Hydrobiologie, 97: 1–6.

FOECKLER, F. (1990): Charakterisierung und Bewertung von Augewässern des Donauraums Straubing durch Wassermolluskengesellschaften. – Beiheft 7 zu den Berichten der ANL (*Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege*). – Laufen.

FOECKLER, F., DEICHNER, O., SCHMIDT, H. & CASTELLA, E. (2001): Eignung von Mollusken (Schnecken und Muscheln) als Bioindikatoren für Wiesen- und Rinnenstandorte der Elbauen. – UMWELTFORSCHUNGSZENTRUM LEIPZIG-HALLE GMBH [Hrsg.]. UFZ-Bericht 8 – Leipzig: 97–102.

FORSCHUNGSGRUPPE FLIESSGEWÄSSER (1993): Fließgewässertypologie. Ergebnisse interdisziplinärer Studien an naturnahen Fließgewässern und Auen in Baden-Württemberg mit Schwerpunkt Buntsandstein-Odenwald und Oberrheinebene. – Landsberg am Lech.

FORSCHUNGSGRUPPE FLIESSGEWÄSSER (1998): Regionale Bachtypen in Baden-Württemberg. Arbeitsweisen und exemplarische Ergebnisse an Keuper- und Gneisbächen. – Handbuch Wasser 2, H. 41, LfU (Landesanstalt für Umweltschuzt Baden-Württemberg). – Karlsruhe.

FREITAG, H. (2003): Proxydaten zur Bestimmung der meteorologisch-hydrologisch gesteuerten Variabilität des alpinen und nicht-alpinen Abflusses im Rheineinzugsgebiet während der letzten 150 Jahre. – Kölner Forum für Geologie und Paläontologie, 13. – Köln. (Diss. Math.-Nat.-Fak. d. Univ. Köln).

FRIEDRICH, G. (1992): Ökologische Bewertung von Fließgewässern – eine unlösbare Aufgabe? – FRIEDRICH, G. & LACOMBE, J. [Hrsg.]: Ökologische Bewertung von Fließgewässern. Limnologie aktuell, Bd. 3 – Stuttgart, Jena, New York: 1-7.

FRIEDRICH, G. & MEYER-HÖLTZL, S. (2000): Gewässerstrukturgüte der Fließgewässer. – MUNLV NRW (*Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen*) & LUA NRW (*Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen*) [Hrsg.]: Gewässergütebericht 2000. Sonderbericht. 30 Jahre Biologische Gewässerüberwachung in Nordrhein-Westfalen – Essen: 311–314.

FRISSELL, C.A. (1986): A hierachical framework for stream habitat classification: viewing streams in a watershed context. – Environmental Management 10: 199–214.

FUCHS, M. (1998): Naturschutzfachliche Bewertung von Flussauen am Beispiel der Salzach. – BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT [Hrsg.]: Integrierte ökologische Gewässerbewertung: Inhalte und Möglichkeiten. Oldenbourg – München, Wien: 301–319.

GABLER , T. [Hrsg.] (2002): GABLER WIRTSCHAFTSLEXIKON. – 4. Aufl. – Wiesbaden.

GARNIEL, A. (1997): Regionale Typologie der Fließgewässer Schleswig-Holsteins aus geomorphologischer Sicht. – KIELER INSTITUT FÜR LANDSCHAFTSÖKOLOGIE [Hrsg.]. – Kiel: 183 S. [unveröff.].

GEPP, J., BAUMANN, N., KAUCH, E.P. & LAZOWSKI, W. (1985): Auengewässer als Ökozellen. – BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT UND UMWELT [Hrsg.]: Grüne Reihe, 4. – Wien.

GERKEN, B. (1988): Auen – verborgene Lebensadern der Natur. – Freiburg.

GERKEN, B. & SCHIRMER, M. [Hrsg.] (1995): Die Weser. Zur Situation von Strom und Landschaft und den Perspektiven ihrer Entwicklung. – Limnologie aktuell, 61. – Stuttgart, Jena, New York.

GESKE, C., ENGEL, E. UND H. PLACHTER (1997): Typologisierung und Bewertung kleiner Fließgewässer – ein Methodenvergleich. – HESSISCHE LANDESANSTALT FÜR UMWELT [Hrsg.]: Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz. H. 242 – Wiesbaden.

GÖLZ, E. & DRÖGE, B. (1989): Zur morphologischen und sedimentologischen Charakteristik des Rheins. – Deutsche gewässerkundliche Mitteilung. 33 (3/4): 85–91.

GRIMM, F. (1968): Das Abflußverhalten in Europa – Typen und regionale Gliederung. – Wissenschaftliche Veröffentlichung des Instituts für Länderkunde. N. F. 25/26 – Leipzig: 18–180.

HAASE, P. (1999): Zoozönosen, Chemismus und Struktur regionaler Bachtypen im niedersächsischen und nordhessischen Bergland. – Ökologie und Umweltsicherung 18, Witzenhausen.

HAEUPLER, H. & SCHÖNFELDER, P. (1988): Atlas der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland. – Stuttgart.

HÄRDTLE, W. (1989): Potentielle natürliche Vegetation – Ein Beitrag zur Kartierungsmethode am Beispiel der Topographischen Karte 1623 Owschlag. – Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg Bd. 40.

HÄRDTLE, W. (1999): Potentielle natürliche Vegetation – zur Entwicklung eines vegetationskundlichen Konzeptes. – NNA-Berichte 12: 48–52.

HÄRDTLE W., BRACHT, H. & HOBOHM, C. (1996): Vegetation und Erhaltungszustand von Hartholzauen (Querco-Ulmetum Issl. 1924) im Mittelelbegebiet zwischen Lauenburg und Havelberg. – Tuexenia 16: 25–38.

HASCH, B. & JESSEL, B. (2004): Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinien in Flussauen. Möglichkeiten der Zusammenarbeit von Naturschutz und Wasserwirtschaft. – Naturschutz und Landschaftsplanung 35 (6): 229–236.

HENRICHFREISE, A. (1996): Uferwälder und Wasserhaushalt der Mittelelbe in Gefahr. – Natur und Landschaft Jg. 71, H. 6: 246–248.

HERING, D., KILIAN, T., SCHMIDT, T., SCHWARZER, A. & TRÄBING, K. (1997): Leitbilder für hessische Fließgewässer. –Mitteilungen aus dem Auenzentrum Hessen. Bd. 1, Echzell.

HERING, D., POTTGIESSER, T., EHLERT, T., FRENZ, C., FRIEDRICH, G., HALLE, M., LORENZ, A., SCHABERT, A. & VAN DE WEYER, K. (2005): Biozönotische Leitbilder und das höchste ökologische Potenzial für Rhein und Weser in Nordrhein-Westfalen. – LUA NRW *(Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen*), Merkblatt.– Essen [im Druck].

HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE, JUGEND, FAMILIE UND GESUNDHEIT [Hrsg.] (1996): Leitbilder naturnaher Fließgewässer in Hessen. – Wiesbaden.

HOHENESTER, A. (1978): Die potentielle natürliche Vegetation im östlichen Mittelfranken (Region 7). – Erlanger Geographische Arbeiten 38. – Erlangen.

HÖLZEL, N. (1996): Erico-Pinetea (H6) – Alpisch-Dinarische Karbonat-Kiefernwälder. – Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands 1. – Göttingen.

HOPPE, C. (1970): Die großen Flußverlagerungen des Niederrheins in den letzten zweitausend Jahren und ihre Auswirkungen auf Lage und Entwicklung der Siedlungen. – Forschung deutsche Landeskunde, Bd. 189 – Bonn-Bad Godesberg.

HUET, M. (1949): Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes. – Z. Hydrol. 11. (o.O.): 333–351.

HÜGIN, G. (1981): Die Auenwälder des südlichen Oberrheintales – Ihre Veränderung und Gefährdung durch den Rheinausbau. – Landschaft und Stadt 13: 78–91.

HÜGIN, G. (1990): Die Mooswälder der Freiburger Bucht. – 2. Aufl. Beihefte zu den Veröffentlichungen. für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg 29.: 88 S.

HÜGIN, G. & HEINRICHFREISE, A. (1992): Naturschutzbewertung in der badischen Oberrheinaue. Vegetation und Wasserhaushalt des rheinnahen Waldes. – Schriftenreihe für Vegetationskunde 24: 5–48.

ICPDR (*International Commision for the Protection of the Danube River*) (2003): UNDP/GEF Danube Regional Project. Activities 1.1.2, 1.1.6 and 1.17 (Stress and impact analysis, typology and reference conditions, ecological status assessment) Final Report. Authors: SOMMERHÄUSER, M., ROBERT, S., BIRK, S., HERING, D., MOOG, O., STUBAUER, I. & OFENBÖCK, T. http://www.icpdr.org/plsdanubis/docs/folder/home/ICPDR/ ICPDRannualreports/2003/index.html (Stand: September 2004)

IHBEN, I. (2000): Leitbild Niederrhein – Arbeitshilfe für die Gewässerstrukturgütekartierung. – Abt. f. Angewandte Geomorph. u. Landschaftsforschung. Geogr. Inst. d. Univ. zu Köln [unveröff.].

IKSR (*Internationale Kommission zum Schutz des Rheins*) [Hrsg.] (2004): Entwicklung einer (Abschnitts-) Typologie für den natürlichen Rheinstrom. – POTTGIESSER, T. & HALLE, M. Bericht 147d. http://www.iksr.de (Stand: Dezember 2004).

ILLIES, J. (1961): Versuch einer allgemein biozönotischen Gliederung der Fließgewässer. – Int. Revue ges. Hydobiol. 46: 205–213.

JÄGER, U. (2004): Standort, Struktur und Dynamik der Weichholzauen-Gesellschaften an der Mittleren Elbe. – Veröffentlichungen der LPR Landschaftsplanung Dr. Reichhoff GmbH 2., Dessau: 39–54.

JANAUER, G.A. (2001): Biotische Indikation in Auen. In: SCHOLZ, M., STAB, S. & HENLE, K. [Hrsg.]: Indikation in Auen. Präsentation der Ergebnisse aus dem RIVA-Projekt. UFZ-Bericht Nr. 8: 80–83.

JOHST, A. (1998): Fließgewässer. – Alternativer Umweltbericht Thüringen. Heinrich-Böll-Stiftung Thüringen e.V. 2. erw. Aufl. – Erfurt.

JUNGWIRTH, M., HAIDVOGL, G., MOOG, O., MUHAR, S. & SCHMUTZ, S. (2003): Angewandte Fischökologie an Fließgewässern. – Wien.

KAISER, T. (1999): Die potentielle natürliche Vegetation des Großraumes Celle auf der Basis der Bodenkundlichen Übersichtskarte 1:50.000 (BÜK 50). – NNA-Berichte 12 (2). Schneverdingen: 66–77.

KAISER, T. & ZACHARIAS, D. (1999): Eine anwendungsorientierte Definition der potentiellen natürlichen Vegetation als Ergebnis der Fachtagung „Die potentielle natürliche Vegetation – Bedeutung eines vegetationskundlichen Konzeptes für die Naturschutzpraxis“ vom 01.–02.10.1998 an der NNA. – NNA-Berichte 12 (2. Schneverdingen: 46–47.

KAISER, T. & ZACHARIAS, D. (2003): PNV-Karten für Niedersachsen auf Basis der BÜK 50. – Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen, Nieders. Landesamt f. Ökol. [Hrsg.], H. 23. – Hannover.

KARL, J., MANGELSDORF, J. & SCHEURMANN, K. (1977): Die Isar – ein Gebirgsfluß im Spannungsfeld zwischen Natur und Zivilisation. – Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt [Hrsg.], 42. – München: 175-224.

KASPAREK, G. (1998): Pflanzenökologische Untersuchungen im mittleren Rur-Tal (Nordrhein-Westfalen): Vegetation und Vegetationsdynamik unter besonderer Berücksichtigung von Fluktuationen in Dauerflächen. –Archiv naturwissenschaftlicher Dissertationen 6. – Nümbrecht.

KELLER, R., SKIRKE, S. & SEIFRIED, A. (1972): Methoden zur Klassifikation von Abflußregimen. – 2. Bericht der IGU-Kommision. Freiburger Geographische Hefte 12. – Freiburg.

KELLER, R. & DE HAAR, U. [Hrsg.] (1979): Hydrologischer Atlas der Bundesrepublik Deutschland. Teil I und II. – Harald Boldt Verlag – Boppard.

KELLERHALS, R. & CHURCH, M. (1989): The morphology of large rivers: Characterization and Management. – International Large River Symposium. Proc. 14.–21.09.1986. Ontario. In: DODGE, D.P. [Hrsg.]: Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences 106. – Ottawa: 31–48.

KERN, K. (1994): Grundlagen naturnaher Gewässergestaltung – geomorphologische Entwicklung von Fließgewässern. – Berlin, Heidelberg, New York.

KERN, K. & FLEISCHHACKER, T. (2005): Hydromorphologische Referenzbedingungen für die Elbe von Schmilka bis Geesthacht (Strom-km 0,0 bis 585,9). – BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE [Hrsg.]. – Koblenz [unveröff.].

KISTENEICH, S. (1993): Die auenbegleitenden Schwarzerlen- und Stieleichen-Hainbuchenwälder des Bergischen Landes. – Dissertationes Botanicae 209. – Berlin, Stuttgart.

KLAUSNITZER, U. & SCHMIDT, P.A. (2002): Vegetationskundliche Charakterisierung von Waldbeständen auf Hartholzauenstandorten. – Forstwissenschaftliche Beiträge Tharandt 17: 123–154.

KLEIKAMP, M. (1996): Vegetationsabfolgen an Altarmen des Unteren Niederrheins (Nordrhein-Westfalen). – Dissertationes Botanicae 269. – Berlin, Stuttgart.

KNIGTHON, D. (1998): Fluvial forms and processes. A new perspective. – Oxford University Press – London.

KNÖRZER, K.-H. (1957): Die Pflanzengesellschaften der Wälder im nördlichen Rheinland zwischen Niers und Niederrhein und experimentelle Untersuchungen über den Einfluß einiger Baumarten auf die Krautschicht. – Geobotanische Mitteilung 6. – Köln

KOENZEN, U. (2000): Arbeitshilfe für die Gewässerstrukturgütekartierung mittelgroßer bis großer Fließgewässer. – im Auftrag des LUA NRW (*Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen*). – Düsseldorf [unveröff.].

KOENZEN, U. (2002): Morphologisches Leitbild für die Weser in NRW. – Gutachten im Auftrag des StUA (*Staatliches Umweltamt*). – Minden [unveröff.].

KOENZEN, U. (2004): Blick nach vorn – ökomorphologische Leitbilder in der Wasserwirtschaft. – IWASA (*Internationales Wasserbau-Symposium Aachen*) [Hrsg.]: Tagungsband. 131. Herzogenrath.

KOENZEN, U., BRUNOTTE, E., EHLERT, T., POTTGIESSER, T., SCHUHMACHER, H. & FRIEDRICH, G. (2000): Typologie und Leitbilder für große Fließgewässer Nordrhein-Westfalens. – Konzepte und Methoden – DGL (*Deutsche Gesellschaft für Limnologie e. V.*): Tagungsbericht 1999. Rostock, Bd. I. – Tutzing: 81–85.

KÖHLER, J., GELBRECHT, J. & PUSCH, M. [Hrsg.] (2002): Die Spree. Zustand, Probleme, Entwicklungsmöglichkeiten. – Limnologie aktuell, Bd. 10. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung – Stuttgart: 384 S.

KOHMANN, F. (1997): Das Leitbild – eine Begriffsbestimmung. – Zbl. Geol. Paläont. Teil I. H. 9/10 – Stuttgart: 827–831.

KOLTZENBURG M. & BÖCKER, R. (1999): Die heutige potentielle natürliche Vegetation an Fließgewässern. – LFU (*Landesansaltt f. Umweltschutz Baden-Württemberg*) [Hrsg.], Gewässerökologie Bd. 57. – Karlsruhe.

KOPECKÝ, K. (1969): Klassifikationsvorschlag der Vegetationsstandorte an den Ufern der tschechoslowakischen Wasserläufe unter hydrologischen Gesichtspunkten. – Archiv Hydrobiologie, 66: 326–347.

KOSKA, I. (2001): Ökohydrologische Kennzeichnung. – SUCCOW, M. & JOOSTEN, H. [Hrsg.] (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. – Stuttgart: 92–111.

KOWARIK, I. (1987): Kritische Anmerkungen zum theoretischen Konzept der potentiellen natürlichen Vegetation mit Anregungen zu einer zeitgemäßen Modifikation. – Tuexenia 7: 53–67.

KRAUSE, A. (1982): Flußufer-Vegetationszonierung und gewässerkundliche Statistik. – Natur und Landschaft 57: 341–344.

KRAUSE, A. (1993): Grundlagen für ein Bild der natürlichen Waldgesellschaften Nordrhein-Westfalens. – LÖLF-Mitteilungen 2: 10–12.

KRAUSE, A. & SCHRÖDER, L. (1979): Vegetationskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:200.000 – Potentielle natürliche Vegetation – Erläuterung zum Blatt CC 3118 Hamburg-West. Schriftenreihe für Vegetationskunde 14. – Münster.

KRESSER, W. (1973): Die Donau und ihre Hydrologie. – Wasser- und Energiewirtschaft (Sonderheft). März/April: 83–99.

LANG, G. (1973): Die Vegetation des westlichen Bodenseegebietes. – Jena.

LANGBEIN, W. & LEOPOLD, L.B. (1966): River Meanders – Theory of Minimum Variance. – US Geol. Surv. Prof. Paper. 422.

LANGE, G. & LECHNER, K. (1993): Gewässerregelung, Gewässerpflege – Naturnaher Ausbau und Unterhaltung von Fließgewässern. – Berlin.

LANU *(Landesumweltamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein)* [Hrsg.] (2001): Gewässerlandschaften und Bachtypen. Leitbilder für die Fließgewässer in Schleswig-Holstein. – Verfasser: SOMMERHÄUSER, M., Garniel, A. & Pottgiesser, T. – Flintbek.

LAUN *(Landesamt für Umwelt und Natur Mecklenburg-Vorpommern)* [Hrsg.] (1998): Kartierung und Bewertung der Strukturgüte von Fließgewässern in M-V. – Materialien zur Umwelt in Mecklenburg-Vorpommern 1/98.

LAUTERBORN, R. (1910/11): Die Vegetation des Oberrheins. – Verhandlungen des Naturhistorischen-Medizinischen Vereins zu Heidelberg N. F., 10, Heidelberg: 450–502.

LAUTERBORN, R. (1917): Die geographische und biologische Gliederung des Rheinstroms. II. Teil. – Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaft, Math.-Nat. B. 8. – Heidelberg: 3–70.

LAUTERBORN, R. (1918): Die geografische und biologische Gliederung des Rheinstromes. III. Teil, C. – Heidelberg.

LAWA (*Länderarbeitsgemeinschaft Wasser*) (1997): Strukturgütebewertung kleiner und mittelgroßer Fließgewässer. – Verfahrensbeschreibung und Kartieranleitung (o.O.).

LAWA (*Länderarbeitsgemeinschaft Wasser*) (1998): Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland (Übersichtsverfahren). – BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT [Hrsg.]. – München.

LAWA (*Länderarbeitsgemeinschaft Wasser*) (2000): Gewässerstrukturgütekartierung in der BRD. Verfahren für kleine bis mittelgroße Fließgewässer. – Berlin.

LAWA (*Länderarbeitsgemeinschaft Wasser*) (2002): Gewässergüteatlas der Bundesrepublik Deutschland – Gewässerstruktur in der Bundesrepublik Deutschland 2001. – Hannover.

LAZOWSKI, W. (1996): Auen in Österreich – Vegetation, Landschaft und Naturschutz. – UMWELTBUNDESAMT [Hrsg.]: Monographien, Bd. 81. – Wien.

LEIBUNDGUT, CH. & EISELE, M. (2005): Weiterentwicklung des Bewertungsverfahrens „Hydrologische Güte“ als Expertensystem zum operationellen Einsatz im Flussgebietsmanagement. – Abschlussbericht zum BW-PLUS-Projekt BWC 21013., Forschungszentrum Karlsruhe. – Karlsruhe.

LELEK, A. (1980): Einige Notizen zum Schutz der Süßwasserfische in der Bundesrepublik Deutschland. – Natur und Landschaft 55: 295–298.

LEOPOLD, L.B. (1962): Rivers. – American Scientist. 50 (4): 511–537.

LEOPOLD, L.B. & WOLLMANN, M.G. (1957): River channel patterns; braided, meandering and straight. – U.S. Geol. Surv. Prof. Paper, 228: 39-85.

LEOPOLD, L.B. & WOLLMANN, M.G. (1960): River meanders. – Geolog. Soc., Am. Bull. 71: 769–794.

LEOPOLD, L.B., WOLLMANN, M.G. & MILLER, J.P. (1964): Fluvial Processes in Geomorphology. – San Francisco, London.

LEUSCHNER, CH. (1999): Einige kritische Bemerkungen zur Konstruktion der Potentiellen Natürlichen Vegetation. – NNA-Berichte, 12. (2). – Schneverdingen: 88–93.

LFU BW (*Landesanstalt für Umweltschutz Baden Württemberg*) (1999): Gewässerentwicklung in Baden-Württemberg. – Faltblatt. – Karlsruhe.

LFUG (*Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie*) (2004): Typologie und Leitbilder oberirdischer Gewässer in Sachsen – Kleine bis mittelgroße Fließgewässer. – Dresden.

LINDACHER, R. (1996): Verifikation der potentiellen natürlichen Vegetation mittels Vegetationssimulation am Beispiel der TK 6434 „Hersbruck“. – Hoppea, Denkschriften der Regensburgischen Botanischen Gesellschaft 57. – Regensburg: 5–143.

LÖFFLER, E. & KINSINGER, C. (1998): Gewässertypenatlas des Saarlandes. – MURV (*Ministerium für Umwelt, Energie und Verkehr*) [Hrsg.]. – Saarbrücken.

LOHMEYER, W. (1957): Der Hainmieren-Schwarzerlenwald (Stellario-Alnetum glutinosae [KÄSTNER (1938)]). – Mittlg. Flor.-Soz. AG N. F. 6/7: 247–257.

LOHMEYER, W. (1960): Zur Kenntnis der Erlenwälder in den nordwestlichen Randgebieten der Eifel. – Mitteilung floristisch.-soziologischer Arbeitsgemeinschaft, N. F. 8: 209–221.

LOHMEYER, W. (1970a): Über einige Vorkommen naturnaher Restbestände des Stellario-Carpinetum und des Stellario-Alnetum glutinosae im westlichen Randgebiet des Bergischen Landes. – Schriftenreihe für Vegetationskunde 5: 67–74.

LOHMEYER, W. (1970b): Über das Polygono-Chenopodietum in Westdeutschland unter besonderer Berücksichtigung seiner Vorkommen am Rhein und im Mündungsbereich der Ahr. – Schriftenreihe für Vegetationskunde 5: 7–28.

LUA BB (*Landesumweltamt Brandenburg*) (1995): Die Havel. – Studien- und Tagungsberichte, Bd. 8. – Potsdam.

LUA BB (*Landesumweltamt Brandenburg*) (2001): Morphologische Referenzzustände für Bäche im Land Brandenburg. – Studien- und Tagungsberichte, Bd. 33. – Potsdam.

LUA NRW (*Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen*) (1996): Naturraumspezifische Leitbilder für kleine bis mittelgroße Fließgewässer in der freien Landschaft. – Materialien Nr. 23. – Essen.

LUA NRW (*Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen*) (1998): Gewässerstrukturgüte in Nordrhein-Westfalen. Kartieranleitung für kleine bis mittelgroße Fließgewässer. – Merkblätter Nr. 14. – Essen.

LUA NRW (*Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen*) (1999a): Referenzgewässer der Fließgewässertypen Nordrhein-Westfalens. – Merkblätter Nr. 16. – Essen.

LUA NRW (*Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen*) (1999b): Leitbilder für kleine bis mittelgroße Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen. Gewässerlandschaften und Fließgewässertypen. – Merkblätter Nr. 17. – Essen.

LUA NRW (*Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen*) (2001a): Vegetationskundliche Leitbilder und Referenzgewässer für die Ufer- und Auenvegetation der Fließgewässer von Nordrhein-Westfalen. – Merkblätter 32. – Essen.

LUA NRW (*Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen*) (2001b): Leitbilder für die mittelgroßen bis großen Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen – Flusstypen. – Merkblätter Nr. 34. – Essen.

LUA NRW (*Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen*) (2001c): Referenzgewässer der Fließgewässertypen Nordrhein-Westfalens. Teil 2: Mittelgroße bis große Fließgewässer – Gewässerabschnitte und Referenzstrukturen. – Merkblätter Nr. 29. – Essen.

LUA NRW (*Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen*) (2001d): Gewässerstrukturgüte in Nordrhein-Westfalen. Anleitung für die Kartierung mittelgroßer bis großer Fließgewässer. – Merkblätter Nr. 26. – Essen.

LUA NRW (*Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen*) (2002): Fließgewässertypenatlas Nordrhein-Westfalens. – Merkblätter Nr. 36 inkl. CD-ROM und Kartenbeilage. – Essen.

LUA NRW (*Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen*) (2003a): Kartieranleitung zur Erfassung und Bewertung der aquatischen Makrophyten der Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen gemäß den Vorgaben der EU-Wasser-Rahmen-Richtlinie. – Merkblätter 39. – Essen.

LUA NRW (*Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen*) (2003b): Morphologisches Leitbild Niederrhein. – Merkblätter 41. – Essen.

LUDEWIG, E. (1999): Direkte und indirekte anthropogene Beeinflussung und Veränderung der Ufervegetation der Saar. – Dissertationes Botanicae 301. – Berlin, Stuttgart.

LUNG (*Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg Vorpommern*) (2002): Verfahrensanleitung zur ökologischen Bewertung von Fließgewässern in Mecklenburg-Vorpommern mittels Standorttypieindexes. – Loseblattsammlung. – Rostock.

MACHATSCHEK, F. (1964): Geomorphologie. – 8. Aufl. (bearb. von H. GRAUL u. C. RATHJENS). – Stuttgart.

MADER, H., STEIDL, T. & WIMMER, R. (1996): Abflussregime österreichischer Fliessgewässer. – UMWELTBUNDESAMT [Hrsg.]: Monographien, Bd. 82. – Wien.

MANGELSDORF, J. & SCHEURMANN, K. (1980): Flußmorphologie. Ein Leitfaden für Naturwissenschaftler und Ingenieure. – München / Wien.

MARGRAF, C. (2004): Die Vegetationsentwicklung der Donauauen zwischen Ingolstadt und Neuburg. – Hoppea, Denkschriften der Regensburgischen Botanischen Gesellschaft 65. – Regensburg: 295–703.

MAST, R. (1999): Vegetationsökologische Untersuchung der Feuchtwald-Gesellschaften im niedersächsischen Bergland. – Archiv naturwissenschaftlicher Dissertationen 8., (Diss. Math.-Nat.-Fak. d. Univ. Göttingen) – Göttingen.

MEHL, D. (2004): Grundlagen hydrologischer Regionalisierung: Beitrag zur Kennzeichnung der hydrologischen Verhältnisse in den Flussgebieten Mecklenburg-Vorpommerns. – (Diss. Math.-Nat.-Fak. d. Univ. Greifswald) (o.O.).

MEHL, D. & THIELE, V. (1998): Fließgewässer- und Talraumtypen des Norddeutschen Tieflandes. Am Beispiel der jungglazialen Naturräume Mecklenburg-Vorpommerns. – Berlin.

MICHIELIS, H.-G. & E. ALDINGER (2002): Forstliche Standortsgliederung in der Badischen Rheinaue. – AFZ - Der Wald 15: 811–815.

MIEHLICH, G. (2001): Eignen sich abiotische Faktoren in Auenökosystemen als „robuste Indikatoren“? – SCHOLZ, M., STAB, S. & HENLE, K. [Hrsg.]: Indikation in Auen. Präsentation der Ergebnisse aus dem RIVA-Projekt. UFZ-Bericht Nr. 8: 35–38.

MOOG, O. & CHOVANEC, A. (1998): Die „ökologische Funktionsfähigkeit“ – ein Ansatz der integrierten Gewässerbewertung in Österreich. – BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT [Hrsg.]: Integrierte ökologische Gewässerbewertung: Inhalte und Möglichkeiten. Oldenbourg – München,Wien: 57–118.

MOSLEY, P. & JOWETT, I. (1999): River morphology and management in New Zealand. – Progress in Physical Geography. Vol. 23: 541–565.

MÜLLER, N. (1988): Zur Flora und Fauna des Lech bei Forchach (Reutte-Tirol) – letzte Reste nordalpiner Wildflusslandschaften. – Natur und Landschaft H. 63: 263–269.

MÜLLER, N. (1990): Die übernationale Bedeutung des Lechtals für den botanischen Arten- und Biotopschutz und Empfehlung zu deren Erhaltung. – Schriftenreihe des Bayerischen Landesamt für Umweltschutz 99 (Beiträge zum Artenschutz 11): 17–40.

MÜLLER, N. (1995): Wildflußlandschaften: Wandel von Flora und Vegetation nordalpiner Wildflußlandschaften unter dem Einfluß des Menschen. – Berichte der ANL (*Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege*) [Hrsg.]: Bd. 19, Laufen: 125–187.

MÜLLER, N. (1998)[Hrsg.]: Zur Vegetation der Nordalpen und des Alpenvorlandes. – Augsburg.

MÜLLER, N. & SCHARM, ST. (1996): Zur Ökologie der Vegetation von Flussauen. – BRANDES, D. [Hrsg.]: Braunschweiger Geobotanische Arbeiten 4. – Braunschweig: 269–295.

MÜLLER, T. & OBERDORFER, E. (1974): Die potentielle natürliche Vegetation von Baden-Württemberg. – Beihefte zu den Veröffentlichungen der Landessstelle für Naturschutz und Landespflege Baden-Württemberg 6.

MÜLLER-STOLL, W. R., FREITAG H. & KRAUSCH, H.-D. (1993): Der Wasserhaushalt des Oberspreewaldes und die potentielle natürliche Vegetation. – Gleditschia 21: 77–97.

MUNLV NRW (*Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen*) [Hrsg.] (2004): Handbuch: Naturnahe Entwicklung der Fließgewässer in NRW – mit CD-ROM. – Düsseldorf.

MURL NRW (*Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen*) [Hrsg.] (1995): Leitbilder für Tieflandbäche in Nordrhein-Westfalen. Gewässerlandschaft und Fließgewässertypen im Flachland. – Düsseldorf.

NESTMANN, F. & BÜCHELE, B. [Hrsg.] (2002): Morphodynamik der Elbe. – Schlussbericht des BMBF-Verbundprojektes mit Einzelbeiträgen der Partner und Anlagen-CD. Institut für Wasserwirtschaft u. Kulturtechnik der Universität Karlsruhe. – Karlsruhe.

NLÖ (NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE (2001): Morphologische Fließgewässertypen in Niedersachsen. Leitbilder und Referenzgewässer. – Hildesheim.

OBERDORFER, E. (1936): Erläuterung zur vegetationskundlichen Karte des Oberrheingebietes bei Bruchsal. – Beiträge zur Naturdenkmalpflege 16: 41–125.

OBERDORFER, E. (1957): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Pflanzensoziologie 10. – Jena.

OBERDORFER, E. (1977): Süddeutsche Pflanzengesellschaften – Teil 1. 2. Aufl. – Stuttgart.

ÖKON (2005): Faunistische Betrachtungen zu Bewertungsverfahren der Fluss- und Stromauen Deutschlands. – Manuskript im Auftrag des BfN (*Bundesamt für Naturschutz*). [unveröff.]

ORENDT, C. (1999): Fünf morphologische Bachtypen aus dem norddeutschen Tiefland Brandenburgs. – DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR LIMNOLOGIE [Hrsg.]: Tagungsband 1998: 440–444.

OTTO, A. (1991): Grundlagen einer morphologischen Typologie der Bäche. – Mitteilungen des Institutes für Wasserbau u. Kulturtechnik der Univ. Karlsruhe, H. 180. – Karlsruhe.

OTTO, A. (1999): Gewässertypenatlas. – H. 1. LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT RHEINLAND-PFALZ [Hrsg.]. – Mainz.

OTTO, A. & BRAUKMANN, U. (1983): Gewässertypologie im ländlichen Raum. – Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten [Hrsg.]. Reihe A: Angewandte Wissenschaft. H. 228. – Münster-Hiltrup: 1-61.

PARDÉ , M. (1947): Fleuves et Rivières. – Paris.

PARDÉ, M. (1964): Fleuves et Rivières. 4. Aufl. – Paris.

PATT, H., JÜRGING, P. & KRAUS, W. (2004): Naturnaher Wasserbau – Entwicklung und Gestaltung von Fließgewässern. – 2. Aufl. – Berlin.

PENCK, A. (1894): Morphologie der Erdoberfläche. – 2 Bde. – Stuttgart.

PFARR, U. (2002): Hochwasserschutz und Waldbau. – AFZ-Der Wald 15: 797–800.

PLACHTER, H. (1986): Die Fauna der Kies- und Schotterbänke dealpiner Flüsse und Empfehlungen für ihren Schutz. – Berichte der ANL (Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege) H. 10. – Laufen: 119–147.

PLACHTER, H. (1998): Die Auen alpiner Wildflüsse als Modelle störungsgeprägter ökologischer Systeme. – Schriftenreihe für Landschaftspflege u. Naturschutz. 56: 21–66.

POTT, R. (1995): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. – 2. Aufl. – Stuttgart.

POTT, R. (1996): Biotoptypen – schützenswerte Lebensräume Deutschlands und angrenzender Regionen. – Stuttgart.

POTT, R. & HÜPPE, J. (2001): Flussauen- und Vegetationsentwicklung an der mittleren Ems – Zur Geschichte eines Flusses in Nordwestdeutschland. – Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde 63 (o.O.).

POTT, R. & REMY, D. (2000): Gewässer des Binnenlandes. – Stuttgart.

POTTGIESSER, T. & SOMMERHÄUSER, M. (2004b): Fließgewässertypologie Deutschlands: Die Gewässertypen und ihre Steckbriefe als Beitrag zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinien. – STEINBERG, C., CALMANO, W., WILKEN, R.D. & KLAPPER, H. [Hrsg.]: Handbuch der Limnologie. 19. Erg. Lfg. 7/04. VIII-2.1: 1–16 + Anhang.

POTTGIESSER, T., KAIL, J., SEUTER, S. & HALLE, M. (2004c): Abschließende Arbeiten zur Typisierung entsprechend den Anforderungen der EU-WRRL – Teil II. Endbericht zur „Karte der biozönotisch bedeutsamen Fließgewässertypen Deutschlands“ (Stand: Dezember 2003). – Forschungsprojekt im Auftrag der LAWA: S. 1-16 + Anhang [unveröff.].

PREISING, E., VAHLE, H.C., BRANDES, D., HOFMEISER, H., TÜXEN, J. & WEBER, H.E. (1990): Die Pflanzengesellschaften Niedersachsens – Wasser- und Sumpfpflanzengesellschaften des Süßwassers – Bestandsentwicklung, Gefährdung und Schutzprobleme. – Naturschutz und Landschaftspflege Niedersachsen, 20/8. – Hannover: 55–93.

QUICK, I. (2004): Geomorphologisches Leitbild des Niederrheins. Methodik zur Leitbildentwicklung für Ströme in Hinblick auf die Gewässerstrukturgütebewertung. – (Diss. Math.-Nat.-Fak. d. Univ. zu Köln) Bergisch-Gladbach.

RECK, H. (1992): Arten- und Biotopschutz in der Planung. – Landschaftsplanung und Naturschutz 24 (4): 129–135.

REICHHOFF, L. (1978): Die Wasser- und Röhrichtpflanzengesellschaften des Mittelelbegebiets zwischen Wittenberge und Aken. – Limnologica, Bd. 11: 409–455.

REICHHOFF, L., BÖHNERT, W., FERDERSCHMUCK, A., KÖCK, U.V., REIFOR, K., STÖCKER, G. & WARTHEMANN, G. (2000): Karte der potentiellen natürlichen Vegetation von Sachsen-Anhalt – Erläuterungen zur Naturschutzfachkarte M 1:200.000. – Sonderheft der Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen Anhalt [Hrsg.] – Halle.

REICHHOFF, L., PATZAK, U. & WARTHEMANN, G. (2004): Ursprüngliche und heutige Baumartenzusammensetzung der Hartholzauenwälder und ihre standörtlich-vegetationskundliche Gliederung im Mittelmeergebiet. – Veröffentlichungen der LPR Landschaftsplanung Dr. Reichhoff GmbH (2). – Dessau: 29–38.

REIF, A., ZIMMERMANN, R. & SPÄTH, V. (2000): Vegetation der Auenwälder am südlichen Oberrrhein. In: LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG [Hrsg.]: Vom Wildstrom zur Trockenaue – Natur und Geschichte der Flusslandschaft am südlichen Oberrhein. – Ubstadt: 117–135.

RICHARD, N., BRUNOTTE, E. & KOENZEN, U. (2003): Geomorphologische Leitbildentwicklung eines Fließgewässers mittels Geographischer Informationssysteme (GIS) am Beispiel der nordrhein-westfälischen Ems. – Naturschutz und Landschaftsplanung 36, H. 6, S. 165-170.

RICHTER, B.D., BAUMGARTNER, J.V., POWELL, J. & BRAUN, D.P. (1996): A Method for Assessing Hydrologic Alteration within Ecosystems. – Conservation Biology, 10 (4): 1163–1174.

RICHTHOFEN, F. VON (1886): Führer für Forschungsreisende: Anleitung zu Beobachtungen über Gegenstände der physischen Geographie und Geologie. – Berlin.

ROLOFF, A. & BONN, S. (2002): Ergebnisse ökologischer Forschung zur nachhaltigen Bewirtschaftung von Auenwäldern an der Mittleren Elbe. – Forstwissenschaftliche Beiträge Tharand. Technische Universität Dresden [Hrsg.] – Stuttgart.

ROMMEL, J. (2001): Studie zur Laufentwicklung der Elbe bis Geesthacht seit ca. 1600. – http://www.elise.bafg.de (Stand: Juli 2004).

ROSGEN, D. (1996): Applied River Morphology. – Minneapolis, Minnesota.

ROWINSKY, V. & RUTTER, S. (1999): Zur Hydrogeologie und Entwicklung von Niedermooren in der unteren Havelniederung (Sachsen-Anhalt). – Naturkundliche Berichte 9: 21–29.

RUST, B.R. (1972): Structure and Processes in a Braided River. – Sedimentology 18: 221–245.

SAUTTER, R. (2003): Waldgesellschaften in Bayern – Vegetationskundliche und forstgeschichtliche Darstellung der natürlichen und naturnahen Waldgesellschaften. – Landsberg.

SCHAEPERCLAUS, W. (1990): Fischkrankheiten. – Berlin.

SCHERLE, J. (1999): Entwicklung naturnaher Gewässerstrukturen. Grundlagen, Leitbilder, Planung. – Mitteilungen des Instituts für Wasserwirtschaft. H. 199. – Karlsruhe.

SCHIEMER, F. & SPINDLER, T. (1989): Endangered fish species of the Danube River in Austria. – Regulated Rivers 4 (4): 397–407.

SCHIRMER, W. (1995): Valley bottoms in the late Quartenary. – Zeitschrift für Geomorphologie, Suppl.-Bd. 100. – Berlin: 27–51.

SCHMEDTJE, U., SOMMERHÄUSER, M., BRAUKMANN, U., BRIEM, E., HAASE, P. & HERING, D. (2001): Grundlage für die Erarbeitung der wichtigsten biozönotisch relevanten Fließgewässertypen im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie. – (Stand: 22.11.2000) [unveröff.].

SCHMID, U. (1999): Das Makrozoobenthos des Unteren Odertals – Faunenzusammensetzung und Besiedlungsdynamik in einer Flussaue. – DOHLE, W., BORNKAMM, R. & WEIGMANN, G. [Hrsg.]: Das Untere Odertal. Limnologie Aktuell, Bd. 9: 317–336.

SCHMIDT, P. A., HEMPEL, W., DENNER, M., DÖRING, N., GNÜCHTEL, A., WALTER, B. & WENDEL, D. (2002): Potentielle natürliche Vegetation Sachsens mit Karte 1: 200.000. – Materialien zu Naturschutz und Landespflege 2002. SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE [Hrsg.] – Dresden.

SCHMITZ, U. (2002): Untersuchungen zum Vorkommen und zur Ökologie neophytischer Amaranthaceae und Chenpodiaceae in der Ufervegetation des Niederrheins. – Dissertationes Botanicae, Bd. 364. – Berlin, Stuttgart.

SCHNEIDER, E. (1996): Pioniervegetation kurzlebiger Arten an der mittleren Loire und dem unteren Allier. – Braunschweiger Geobotanische Arbeiten, Bd. 4. Braunschweig: 309–322.

SCHOLZ, M., STAB, S., DZIOK, F. & HENLE, K. (2005): Lebensräume der Elbe und ihre Auen. Konzepte für die nachhaltige Entwicklung einer Flusslandschaft, 4. – Weissensee.

SCHÖNBORN, W. (1992): Fließgewässerbiologie. – Jena, Stuttgart.

SCHOOR, M. & SPLUNDER VAN, I. (1993): Floodplain Rehabilitation Gemenc – The Relation between Vegetation and Hydrology/Geomorphology. – RIZA – Arnhem.

SCHRENK, G. (1996): Zur aktuellen Leitbilddiskussion. – DVWK-Nachrichten. Nr. 148: 53–54.

SCHRENK, G. (1995): Vom Leitbild zum Entwicklungsziel. – DVWK-Nachrichten. Nr. 141: 33–34.

SCHRÖDER, L. (1999): Die Erarbeitung von Karten der potentiellen natürlichen Vegetation (pnV) Deutschlands – Stand und Perspektiven. – NNA-Berichte, 12 (2): 53–61.

SCHUBERT, R. (2001): Prodromus der Pflanzengesellschaften Sachsen-Anhalts. – Mitteilung zur floristischen Kartierung Sachsen-Anhalt 2. – Halle.

SCHUMM, S.A. (1963): A Tentative Classification of Alluvial River Channels. – U.S. Geol. Surv. Circ. 477: 1–10.

SCHUMM, S.A. (1969): River Metamorphosis. – J. Hydraul. Div. Proc. Am. Soc. Eng. HY 1: 255–273.

SCHUMM, S.A. [Ed.] (1972): River Morphology. – Benchmark Papers in Geology. S. – Stoudsburg / Pennsilvania.

SCHWABE, A. (1985): Monographie Alnus incana-reicher Waldgesellschaften in Europa. Variabilität und Ähnlichkeit einer azonal verbreiteten Gesellschaftsgruppe. – Phytocoenologica 13: 197–302.

SCHWABE, A. (1987): Fluß- und bachbegleitende Pflanzengesellschaften und Vegetationskomplexe im Schwarzwald. – Dissertationes Botanicae 102. – Berlin, Stuttgart.

SEIBERT, P. (1958): Die Pflanzengesellschaften im NSG Pupplinger Au. – BAYER. LANDESSTELLE FÜR GEWÄSSERKUNDE [Hrsg.]: Landschaftspflege und Vegetationskunde 1. – München.

SEIBERT, P. (1962a): Die Auenvegetation an der Isar nördlich von München und ihre Beeinflussung durch den Menschen. – BAYER. LANDESSTELLE FÜR GEWÄSSERKUNDE [Hrsg.] – München.

SEIBERT, P. (1962b): Die Pflanzengesellschaften im Naturschutzgebiet „Pupplinger Au“ – Pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchungen als Grundlage für Maßnahmen von Wasser- und Forstwirtschaft. – BAYER. LANDESSTELLE FÜR GEWÄSSERKUNDE [Hrsg.], Landschaftspflege und Vegetationskunde 1. – München.

SEIBERT, P. (1968): Übersichtskarte der natürlichen Vegetationsgebiete von Bayern 1:500.000 mit Erläuterungen. – Schriftenreihe für Vegetationskunde 3.

SEIBERT, P. (1987): Der Eichen-Ulmen-Auenwald (Querco-Ulmetum Issl. 24) in Süddeutschland. – Seine regional, standörtlich und syndynamisch bedingte Gliederung und Stellung zu den Kontaktgesellschaften. – Natur und Landschaft 62: 347–352.

SEIFERT, K. (2001): Renaturierung der Donauauen - Ökologisches Gutachten zur Funktionalität des geplanten Umgehungssystems an der Donau zwischen Neuburg und Ingolstadt. – Gutachten im Auftrag des Landratsamtes Neuburg-Schrobenhausen [unveröff.].

SIEBEL, H. N. (1998): Floodplain Forest Restoration. – IBN Scientific Contributions 9. – Wageningen.

SOMMERHÄUSER, M. (2005): Typisierung und Referenzbedingungen. In: KEITZ, S. VON & SCHMALHOLZ, M. [Hrsg.]: Handbuch der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Inhalte, Neuerungen und Anregungen für die nationale Umsetzung. – Berlin.

SOMMERHÄUSER, M. & POTTGIESSER, T. (2005): Die Fließgewässertypen Deutschlands als Beitrag zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie. – Limnologie aktuell, Bd. 11. – Stuttgart: 13–27.

SOMMERHÄUSER, M. & SCHUHMACHER, H. [Hrsg.] unter Mitarbeit von AHN, B., ANTUNES, I., FOLTYN, S., HENKEL, N., KINKLER, H., KOENZEN, U., KLAUSMEIER, P., KOCH, P., LUDESCHER, F.-B., MEHL, D., POTTGIESSER, T., RAU, H., ROLAUFFS, P., TACKMANN, S. & THIELE, V. (2003): Handbuch der Fließgewässer Norddeutschlands. Typologie – Bewertung – Management. Atlas für die limnologische Praxis. – Landsberg.

SPÄTH, V. (2002): Hochwassertoleranz von Waldbäumen in der Rheinaue. – AFZ - Der Wald 15: 807-810.

STRAHLER, A.N. (1957): Quantitative analysis of watershed geomorphology. – American Geophysical Union. Transactions. No. 38. 913-920.

STRAHLER, A.N. (1964): Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. – CHOW, V.T. [Hrsg.]: Handbook of applied Hydrology. – New York:4-39.

SUCCOW, M., & JOOSTEN H. [Hrsg.] (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. – 2. Aufl. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung – Stuttgart.

THIENEMANN, A. (1925): Mysis relicta. – Zeitschrift Morphol. Ökol. Tiere, 3: 39–440.

TIMM, T. (1994): Neuer Ansatz zu einer Typisierung der Fließgewässer des Norddeutschen Tieflandes. – Mittlg. Nieders. Natursch. Akad. 5: 12–22.

TIMM, T. & SOMMERHÄUSER, M. (1993): Bachtypen im Naturraum Niederrheinische Sandplatten. – Ein Beitrag zur Typologie der Fließgewässer des Tieflandes. Limnologica 23: 381–394.

TIMM, T., PODRAZA, P. & SOMMERHÄUSER, M. (1995): Typologie der Fließgewässer des Elbeeinzugsgebietes (Vorphase). – Schlußbericht zum Forschungsauftrag des BMBFT (*Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie*). Univ. Essen. – Essen [unveröff.].

TITTIZER, T. & KREBS, F. [Hrsg.] (1996): Ökosystemforschung: Der Rhein und seine Auen. – Heidelberg.

TOCKNER, K., WARD, J.V., EDWARDS, P.J., KOLLMANN, J., GURNELL, A.M. & PETTS, G.E. (2001): Der Tagliamento (Norditalien): Eine Wildflussaue als Modellökosystem für den Alpenraum. – Laufener Seminarbeiträge der ANL (*Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege*) H. 3. Laufen: 25–34.

TRAUTMANN, W. (1966): Erläuterungen zur Karte der potentiellen natürlichen Vegetation der Bundesrepublik Deutschland 1:200.000. Blatt 85 Minden. – Schriftenreihe für Vegetationskunde 1 (o.O.).

TRAUTMANN, W. (1972): Vegetation (Potentielle natürliche Vegetation). Deutscher Planungsatlas Bd. I , NRW, Lieferung 3. – Veröff. Akad. Raumforsch. Landespl. Hannover. – Hannover.

TRAUTMANN, W. (1973): Vegetationskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:200.000 – Potentielle natürliche Vegetation Blatt CC 5502 Köln. – Schriftenreihe für Vegetationskunde, Bundesanstalt für Vegetationskunde, Naturschutz und Landschaftspflege 6, Bonn-Bad Godesberg.

TRAUTMANN, W. & LOHMEYER, W. (1960): Gehölzgesellschaften in der Fluß-Aue der mittleren Ems. – Mitteilung Floristisch-Soziologische Arbeitsgemeinschaft, N. F. 8: 227–247.

TÜRK, W. (1993): Entwurf einer Karte der Potentiellen Natürlichen Vegetation von Oberfranken. – Tuexenia 13: 33–55.

TÜXEN, R. (1956): Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung. – Angewandte Pflanzensoziologie 13, Stolzenau: 5–42.

UBA (*Umweltbundesamt*) (2005): Die Wasserrahmenrichtlinie – Ergebnisse der Bestandsaufnahme 2004 in Deutschland. – Berlin. Download: http://www.uba.de (Stand: April 2005).

ULLMANN, I. (1977): Die Vegetation des südlichen Maindreiecks. – Denkschrift der Regensburgischen Botanischen Gesellschaft, 36/1: 5–150.

US ARMY CORPS OF ENGINEERS (2005): Hydrologic Engineering Centers River Analysis System (HEC-RAS). http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/hecras-hecras.html (Stand: Januar 2005).

VANNOTE, R.L., MINSHALL, G. W., CUMMINS, K. W., SEDELL, J. R. & GUSHING, E. (1980): The river continuum concept. – Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 130–137.

VERBÜCHELN, G. (1995): Die Auwälder Nordrhein-Westfalens. – NZ Seminarberichte 13: 56–60.

VOLK, H. (2003): Kulturlandschaft Rheinaue. Auewald – Naturschutz – Hochwasserschutz. – FVA (*Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg*). – Freiburg.

WALENTOWSKI, H., EWALD, J., FISCHER, A., KÖLLING, CH. & TÜRK, W. (2004): Handbuch der natürlichen Waldgesellschaften Bayerns. – Geobotanica. – Freising.

WARD, J.V. & STANFORD, J.A. (1995): Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation. – Regulated Rivers 11(1): 105–119.

WEBER-OLDECORP, D.W. (1977): Fließgewässertypologie in Niedersachsen auf floristisch-soziologischer Grundlage. – Göttinger Floristische Rundbriefe 10: 73–79.

WEBER-OLDECORP, D.W. (1981): Eine Fließgewässertypologie. – Limnologica 13: 419–426.

WESTHUS, W. (1986): Beobachtungen zur Überflutungstoleranz von Gehölzen und daraus abgeleitete Pflanzenvorschläge. – Herzynica N. F. 23: 346–353.

WEYER, K. VAN DE (2005): Leitbildvegetation der Fluss- und Stromauen Deutschlands. – Manuskript im Auftrag des BfN (*Bundesamt für Naturschutz*) [unveröff.].

WIEBE, C. (1998): Ökologische Charakterisierung von Erlenbruchwäldern und ihren Entwässerungsradien: Vegetation und Standortverhältnisse. – Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg 56 – Kiel.

WITTIG, R. & DINTER, W. (1991): Die Erlenbruch- (Alnion glutinosae) und Hartholzauenwälder (Alno-Ulmion) in Nordrhein-Westfalen. – Geobotanisches Kolloqium, Bd. 7. – Frankfurt:17-38.

WUNDT, W. (1962): Aufriß und Grundriß der Flußläufe, vom physikalischen Standpunkt aus betrachtet. – Zeitschrift für Geomorphologie N. F., 6 (2). – Berlin: 198–217.

WWF (2000): Der Oder-Auen-Atlas. – WWF-AUEN-INSTITUT RASTATT [Hrsg.].

ZEPP, H. (2004): Grundriss Allgemeine Geomorphologie. – 3. Aufl. – Stuttgart.

ZULKA, K.P. (1998): Terrestrische Arthropoden. – UMWELTBUNDESAMT WIEN [Hrsg.]: Fließende Grenzen – Lebensraum March-Thaya-Auen. - Wien: 259–271.

ZUMBROICH, T., Müller, A. & Friedrich, G. (1999): Strukturgüte von Fließgewässern. Grundlagen und Kartierung. – Heidelberg.

Kartenverzeichnis der historischen Karten

BLVA (Bayerisches Landesvermessungsamt) [Hrsg.]: Topographischer Atlas vom Königreich Bayern (1812–1867) 1:50.000, München.

Blatt: Nr. 20, Bamberg
Blatt: Nr. 42, Burglengenfeld
Blatt: Nr. 53, Neuburg
Blatt: Nr. 56, Straubing
Blatt: Nr. 69, Augsburg
Blatt: Nr. 70, Dachau

HLVA (Hessisches Landesvermessungsamt) [Hrsg.]: Haas´sche Karte Darmstadt 1:30.380, Wiesbaden.

Blatt: 3
Blatt: 5
Blatt: 7
Blatt: 8
Blatt: 9
Blatt: 17
Blatt: 18

HLVA (Hessisches Landesvermessungsamt) [Hrsg.]: Kurfürstenthum Hessen 1:25.000 (1840–1858), Wiesbaden.

Blatt: Nr. 66, Hersfeld

LGB (Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg) [Hrsg.]: Preußische Kartenaufnahme 1:25.000 Uraufnahme (1836–1850), Brandenburg.

Blatt: 2951, Schwedt/Oder
Blatt: 3452, Seelow
Blatt: 3453, Küstrin-Kietz
Blatt: 3650, Fürstenwalde
Blatt: 3851, Beeskow
Blatt: 3954, Wellmitz
Blatt: 4150, Burg/Spreewald
Blatt: 4446, Bad Liebenwerda
Blatt: 4452, Spremberg

LGB (Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg) [Hrsg.]: Preußische Kartenaufnahme 1:25.000 Neuaufnahme (1891–1912), Brandenburg.

Blatt: 3138, Havelberg
Blatt: 3239, Strodehne
Blatt: 3339, Schollene
Blatt: 3340, Rathenow

LGN (Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen) [Hrsg.] (1984): Karte von Nordwestdeutschland 1: 86.400 von Le Coq (1797–1813), Hannover.

Blatt: Sect. X
Blatt: Sect. VII

LGN (Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen) [Hrsg.]: Gaußsche Landesaufnahme 1:25.000 (1827–1861), Hannover.
Blatt: 29, Haren
Blatt: 34, Meppen

LGN (Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen) [Hrsg.]: Topographischer Atlas des Königreichs Hannover und Herzogthums Braunschweig 1:75.000 Von Papen Atlas (1832–1848)
Blatt: Nr. 24 Hitzacker (Göhrde)

LGN (Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen) [Hrsg.]: Preußische Kartenaufnahme 1:25.000 Neuaufnahme (1891–1912), Hannover.
Blatt: 2929, Bevensen

LV-BW (Landesvermessungsamt Baden-Württemberg) [Hrsg.] (1985): Karte von dem Königreiche Württemberg (1821–1851) 1:50.000
Blatt: Nr. 4
Blatt: Nr. 5
Blatt: Nr. 6
Blatt: Nr. 9
Blatt: Nr. 25
Blatt: Nr. 35
Blatt: Nr. 36
Blatt: Nr. 40
Blatt: Nr. 41
Blatt: Nr. 46

LV-BW (Landesvermessungsamt Baden-Württemberg) [Hrsg.]: Topographische Karte über das Großherzogthum Baden (1838–1849) 1:50.000
Blatt: Nr. 5
Blatt: Nr. 10
Blatt: Nr. 11
Blatt: Nr. 20
Blatt: Nr. 26
Blatt: Nr. 40
Blatt: Nr. 49

LVERMA MV (Landesvermessungsamt Mecklenburg-Vorpommern) [Hrsg.]: Preußische Kartenaufnahme 1:25.000 Uraufnahme (1836–1850), Schwerin.
Blatt: 2044, Demmin
Blatt: 2046, Jarmen

LVERMA MV (Landesvermessungsamt Mecklenburg-Vorpommern) [Hrsg.]: Preußische Kartenaufnahme 1:25.000 Neuaufnahme (1891–1912), Schwerin.
Blatt: 2044, Demmin
Blatt: 2046, Gützkow

LV SACHSEN (Landesvermessungsamt Sachsen) [Hrsg.]: Preußische Kartenaufnahme 1:25.000 (1891–1912) Neuaufnahme, Dresden.

Blatt: 4441, Düben
Blatt: 4454, Muskau
Blatt: 4555, Priebus
Blatt: 4735, Nebra
Blatt: 4736, Freyburg

TLVERMGEO (Thüringer Landesvermessungsamt für Vermessung und Geoinformation) [Hrsg.]: Preußische Kartenaufnahme 1:25.000 (1836–1850) Uraufnahme, Erfurt.

Blatt: 2675 Artern / neu 4633 Artern/Unstrut
Blatt: 2936 Jena / neu 5035 Jena
Blatt: 2999 Kahla / neu 5135 Jena S
Blatt: 3065 Weida / neu 5238 Weida
Blatt: 3124 Ziegenrück / neu 5335 Pösneck
Blatt: 3123 Saalfeld / neu 5334 Saalfeld/Saale

GENERALSTABSKARTEN DEUTSCHES REICH: Preußische Landesaufnahme 1:100.000 Neuaufnahme (1891–1912):

Blatt: Großblatt 50, Umgebung von Wittenberge
Blatt: Großblatt 63, Stendal – Gardelegen – Burg b. Magdeburg
Blatt: Großblatt 75, Magdeburg – Dessau
Blatt: Großblatt 87, Halle (Saale)
Blatt: Großblatt 101, Umgebung von Dresden
Blatt: 340, Wittenberg

Digitale Kartengrundlagen:

LVERMA NRW (Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen) [Hrsg.]:
Preußische Kartenaufnahme 1:25.000 (1836–1850) Uraufnahme: flächendeckend
Preußische Kartenaufnahme 1:25.000 (1891–1912) Neuaufnahme: flächendeckend

CARTE ÜBER DEN LAUF DES RHEINS von Basel bis Lauterburg längs der Badisch-Französischen Grenze in 18 Blättern. Nach dem Zustand des Stromes vom Jahr 1838 mit Angabe der durch Übereinkunft der beiden Uferstaaten im Jahre 1840 festgestellten Bahn zur künftigen Stromregulierung und Benützung der im Jahre 1828 im Maasstab von 1:20.000 erschienenen Rheingrenzkarte. (digitale Abfotografien)

Kartenverzeichnis digitaler Topographischer Karten

BLVA (Bayerisches Landesvermessungsamt) [Hrsg.]: Topographische Karte 1:25.000 (TK25) folgender Blätter:

5931, 6030, 6031, 6130, 6131, 6632, 6732, 6737, 6837, 7036, 7037, 7136, 7137, 7143, 7144, 7243, 7244, 7934, 7935, 8034, 8035, 8242, 8243, 8342, 8343, 8433, 8434, 8435

LGN (Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen): Topographische Karte 1:25.000 (TK25) folgender Blätter:

2820–2822, 2828, 2829, 2909, 2910, 2920–2922, 2928, 2929, 3009, 3010, 3223–3225, 3323–3325, 3922, 3923, 4022, 4023, 4122, 4123

Naturnahe Flussauen sind die artenreichsten Ökosysteme Mitteleuropas und zentrale Achsen eines länderübergreifenden Biotopverbundes. Als natürliche Retentionsräume übernehmen sie wichtige Funktionen beim vorbeugenden Hochwasserschutz, denn naturnahe Auen dämpfen die Hochwasserwellen und verzögern den Hochwasserabfluss.

Der Verlust naturnaher Auen ist jedoch so weitreichend, dass aus landschaftsökologischer, naturschutzfachlicher und nicht zuletzt auch wasserwirtschaftlicher Sicht ein hoher Schutz- und Entwicklungsbedarf besteht. Wesentliche Zielvorgaben hierfür liefern die Europäische Wasserrahmenrichtlinie und die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie.

Fluss- und Stromauen besitzen je nach Naturraum ganz unterschiedliche Charaktere. Die hier vorliegende Veröffentlichung bildet diese natürliche Vielfalt der Fluss- und Stromauen Deutschlands in überschaubarer Weise ab.

Erstmalig liegt nun eine bundesweite Auentypologie mit einer Karte der Fluss- und Stromauentypen Deutschlands vor. Die Beschreibung und Darstellung der Typen in anschaulicher Form als Leitbilder macht sie für die Praxis anwendbar.

Leitbilder stellen eine Grundlage für eine ökologische Bewertung dar und bieten Orientierung für Naturschutz und Wasserwirtschaft bei der zukünftigen naturnahen Entwicklung von Flüssen und Auen.

ISBN 3-7843-3738-4
9 783784 337388 02400