

Erfolgsmonitoring einer Auenredynamisierung mit indikativen Vogelmgemeinschaften auf verschiedenen Landschaftsebenen.

Hans Utschick

Utschick, H. (2017): Monitoring the success of riverine landscape renaturation by indicative bird communities at different landscape levels. *Vogelwarte* 55: 1-27.

Renaturation of the riverine Danube landscape between Neuburg and Ingolstadt (Bavaria) started in June 2010 by permanently infeeding Danube water through a restored chute and by some ecological floods adjusted to Danube water flow dynamics at small areas. The success of the renaturation was monitored using birds as indicators.

Indicator species for ecosystem changes from dry to wet habitat conditions may be better derived from hydro-morphological riverine habitat gradients than from ground water levels or water flow dynamics within the river Danube. Responsible for this are complex and habitat specific relations between water resources, vegetation character and system productivity, which in combination strongly influence the bird distributions. For a renaturation monitoring using birds as indicators therefore all representative riverine habitats should be included. Methodical stratified point counts may be sufficient at habitat level, but, when not, grid mapping at landscape level with grid subunits defined by habitat type, landscape features and spatial relations may be the better method which provides results transferable to other riverine landscapes (at least within the Danube river system).

At habitat and landscape level, mainly Oriole *Oriolus oriolus*, Cuckoo *Cuculus canorus*, Middle Spotted Woodpecker *Dendrocopos medius*, Collared Flycatcher *Ficedula albicollis*, Blackcap *Sylvia atricapilla*, Dunnock *Prunella modularis*, Blackbird *Turdus merula*, Blue Tit *Parus caeruleus*, Great Tit *Parus major*, Nuthatch *Sitta europaea*, Chaffinch *Fringilla coelebs* and Bullfinch *Pyrrhula pyrrhula* are general indicators for natural riverine habitat conditions, Yellowhammer *Emberiza citrinella*, Greenfinch *Chloris chloris*, Green Woodpecker *Picus viridis*, Starling *Sturnus vulgaris* and Fieldfare *Turdus pilaris* are indicators for de-generated situations. Woodland bird species preferring habitats with ground water levels neither high nor low react more intensively to changes caused by renaturation than species, which prefer gaps or shrub formations and habitats with extreme water levels. If using season aspects instead of total year data further indicator species may exist (i.e. Marsh Tit *Parus palustris*). Also usable for indicating the increased ecosystem productivity due to better water resource conditions after renaturation are the total densities of terrestrial birds and of waterfowl (mostly herbivores).

✉ HU: Lantoldstr. 4, 85301 Schweitenkirchen; E-Mail: hans.utschick@t-online.de;
aus dem Lehrstuhl für Tierökologie der Technischen Universität München-Weihenstephan; gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

1 Zielsetzung

Die Donauauwälder des Wittelsbacher Ausgleichsfonds zwischen Neuburg und Ingolstadt gehören zu den wertvollsten Auenabschnitten Bayerns (Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 2003), obwohl sie durch Donau-regulierung und Staustufenbau stark an Wert verloren (Wasserwirtschaftsamt Ingolstadt 2010). Als wichtigstes Auwaldgebiet an der bayerischen Donau (Birkel & Mayer 1992) trägt es zusammen mit den österreichischen Donauauen bei Hainburg zum 15 Schutzgebiete umfassenden Donauauen-Netzwerk bei (Frank 2012). Eine Revitalisierung dieser Auen war daher dringend geboten. Für den Bereich der Staustufen Bergheim und Ingolstadt (Fluss-km 2464 bis 2472) geschah dies ab 2008 im Rahmen eines vom Deutschen Bundesamt für Naturschutz und dem Land Bayern finanzierten und am Aueninstitut Neuburg angesiedelten Projekts „Dynamisierung der Donauauen zwischen Neuburg und Ingolstadt“ durch eine autotypische Dynamisierung des Wasserregimes. Dazu wurde seit dem Frühsommer 2010

einerseits bis zu fünf m³/s Donauwasser in das acht Kilometer lange, neu angelegte Umgehungsgewässer „Ott-Heinrichbach“ eingespeist, wodurch die Grundwassersituation verbessert und die für Auedynamik besonders wichtigen Flutrinnensysteme (Puhlmann & Jährling 2003) reaktiviert wurden. Des Weiteren haben „Ökologische Flutungen“ der Au stattgefunden (Fischer et al. 2012). Hierbei wurde bei Donauwasserführungen von mindestens 600 m³/s auf über 50 ha Auwald Hochwasser simuliert mit dem Ziel, naturnahe Auwaldstrukturen zu entwickeln. In einem 40 m breiten Streifen um das Umgehungsgewässer wurde auch die forstliche Nutzung eingestellt.

Der Erfolg dieser Maßnahmen wurde in einem E+E-Begleitprojekt „MONDAU“ (MONitoring DonauAuen; vgl. KU Eichstätt-Ingolstadt 2014, Stammel et al. 2011) geprüft, das auch Reaktionen der Vogelfauna einbezog (Teilprojekt 6). Dazu wurden von Juli 2007 bis Februar 2013 Vogelverteilungen in einem auenmorphologisch

abgeleiteten Feuchtegradienten dokumentiert, der die hydrologische Situation in dieser nach Donauregulierung trocken gefallenem Aue nachzeichnet. Ergebnisse aus Punktkartierungen und Nahrungsnischenanalysen ergaben, dass zumindest Teile der Vogelgemeinschaft rasch und nachhaltig auf renaturierungsbedingte Veränderungen im Bodenwasserhaushalt reagiert haben (Utschick et al. 2012), und dass dieser Prozess ökosystemar wirksam ist (Utschick 2014).

Für den Brutaspekt wurden bereits Indikatorarten abgeleitet, die im auenmorphologischen Feuchtegradienten reagieren bzw. veränderte Grundwasserstände nach Renaturierung nachzeichnen und daher für ein Auenmonitoring geeignet sind (Utschick et al. 2012). Ziel dieser Arbeit ist es, zu prüfen, ob diese auf kleinen Untersuchungseinheiten nachweisbaren Indikationsleistungen auf ganze Auenlandschaften übertragen werden können, ob auch außerhalb der Brutzeit Vogelarten bzw. -gilden für dieses Monitoring in Frage kommen und ob ausschließlich an Grundwasserverhältnissen orientierte Indikatoren aussagekräftiger sind als auenmorphologisch abgeleitete.

2 Material und Methoden

Das zwischen Neuburg a. d. Donau und Ingolstadt (Südbayern) gelegene Untersuchungsgebiet ist ein 312,5 ha großer, zentraler Ausschnitt eines etwa 1.200 ha umfassenden, zur Revitalisierung vorgesehenen Teils der Donauaue (Abb. 1). Durch das im Nordwesten angrenzende Stauwehr Bergheim (Staufstufenbau 1967) mit erosionsbedingter Donauvertiefung unterhalb des Wehres gehört es zu den trockensten Teilen dieses Auenabschnitts. Vorherrschende Baumart ist die Esche *Fraxinus excelsior*, zu der hier als Besonderheit wirtschaftsbedingt der Bergahorn *Acer pseudoplatanus* und waldeckschichtlich bedingt ein Schirm aus sehr starken Eichen *Quercus robur* kommt, der maßgeblich für die Einstufung des Gebietes als Natura2000-Lebensraum „Donauauen mit Gerolfinger Eichenwald“ verantwortlich war. Baumarten der Weichholzaue treten dagegen nur sehr spärlich und punktuell auf. Auf den trockeneren Standorten, soweit sie nicht als „Brennen“ durch Pflegemaßnahmen offen gehalten werden, ist die Kiefer *Pinus sylvestris* weit verbreitet. Die Fichte *Picea abies* wurde aus forstlichen Gründen eingebracht und ist nur auf sehr kleinen Sonderstandorten begrenzt überlebensfähig. Außer einigen nach Auskiesung Grundwasser führenden Auweihern, kleinen, nur bei länger anhaltenden Donauhochwässern temporär von Grundwasser gefluteten Rinnen und Mulden und den das Gebiet umfließenden Zeller Kanal, der das Donaumoo entwässert, war das Untersuchungsgebiet vor der Renaturierung nahezu gewässerfrei.

Der Erfolg einer Altauen-Revitalisierung durch eine technisch gesteuerte auendynamische Wiedervernässung sollte daher hier besonders gut messbar sein. Ziel ist eine Rückentwicklung zur feuchten Hartholzaue (Weichholzaunen allenfalls punktuell möglich).

Abb. 1 zeigt die Verteilung von 20 an einem auenmorphologischen Feuchtegradienten orientierten Probekreise mit 50 m bis 200 m – Radius (Ableitung aus einem Geländemodell von F. Haas, KU Eichstätt, 2007) sowie die Lage von 50

einer Gitterfeldkartierung bearbeiteten Landschaftsausschnitte zu 6,25 ha. Der Probeflächengradient beinhaltet temporär zu Nässe tendierende Standorte am neuen Umgebungsgewässer (Ottheinrichbach = Rinne), feuchte Muldenstandorte im für „Ökologische Flutungen“ vorgesehenen Bereich (Mulde), „trockene“ Auwaldstandorte im Einzugsbereich 100jähriger Hochwässer (Altaue) und Brennen (kiesige Sonderstandorte mit geringem Wasserhaltevermögen). Die Grundwasserabstände an diesen Standorten lagen 2007/2008 bei durchschnittlich 2,13 m und schwankten auentypisch dem Wasserregime der Donau und dem Niederschlagsgeschehen folgend vor allem im Nahbereich des geplanten Umgebungsgewässers und im Osten des Untersuchungsgebiets. Die südlichen Teile werden eher von der großflächigen Grundwasserdynamik des Donautales beeinflusst. Nach Renaturierung verringerten sich die Grundwasserabstände 2012/2013 in der gesamten Aue um durchschnittlich 45 cm (im Nahbereich des Ottheinrichbachs oder von Auengewässern um bis zu 1,32 m). Im Winter (-75 cm), wenn die Donau besonders oft Hochwasser führt, waren die Grundwasserspiegelanhebungen im gesamten Untersuchungsgebiet größer als in der Brutzeit (-33 cm) oder im Sommer/Herbst (-28 cm). Die längs der Donau bzw. quer zur Donau wirkenden Einflüsse der unterschiedlichen Auenmorphologie wurden über fünf „Replikate“ berücksichtigt. Diese lagen repräsentativ im donanahen Bereich direkt unterhalb des



Abb. 1: Untersuchungsgebiet mit Donau, Auenweihern, durch die Renaturierung neu entstandenen Rinnen (dunkelblau), von ökologischen Flutungen erreichbaren Flächen (hellblau, punktiert), nur bei Starkhochwasser gefluteten Altauen (grün), Brennen (farblos) sowie den 50 Landschaftsausschnitten für die Gitterfeldkartierung und den 20 Probeflächen für die Punktkartierung im auenmorphologisch definierten Feuchtegradienten (Rinnen dunkelblau, Mulden hellblau, Altauen grün, Brennen rot umringelt). – Test area with river Danube, water bodies and chutes created for renaturation (dark blue), areas reached by “ecological floods” (light blue and pointed), areas flooded only during flood calamities (light green), and gravel lenses (white). 50 landscape units (grid) and 20 plots (circles) are used for bird counts by grid/point mapping. Plots are located along a morphological gradient from wet to dry riverine habitats with chutes (circle dark blue), basins (light blue), dry, loamy stands (dark green) and dry gravel lenses (red).

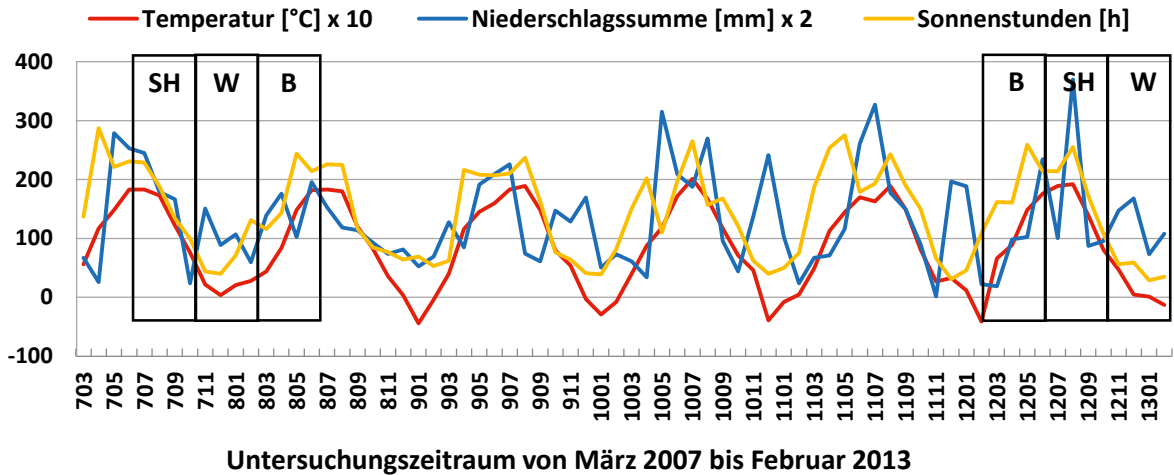


Abb.2: Klimaverlauf (Monatsmittelwerte, Klimastation Karlshuld) im Untersuchungszeitraum bzw. während der Gitterfeldaufnahmen vor (2007/07-2008/06) und nach (2012/03-2013/02) den Renaturierungsmaßnahmen (2009/10). B charakterisiert unterschiedliche Verläufe im Brut-, SH im Sommer/Herbst- und W im Winteraspekt. So war die zweite Aufnahmeperiode deutlich niederschlagsreicher (außer im Brutaspekt), im Winteraspekt auch dunkler und kälter. – *Average temperature, precipitation, and sun hours (Karlshuld climate station) in the study period and during grid sampling before (July 2007 – June 2008) and after (March 2012 – February 2013) renaturation measures (2009/10). B = breeding, SH = summer/autumn, W = winter aspects. The period 2012/13 was wetter (not at breeding aspect) and in the winter colder and darker.*

Bergheimer Wehres, in noch relativ feuchteren Gebietsteilen weiter donauabwärts bzw. weiter südlich, im trockenen, zentralen Auenbereich sowie am vom angrenzenden Agrarland beeinflussten Auenrand. Um eine Vernetzung der im MONDAU-Projekt vorgesehenen Forschungsbereiche zu gewährleisten, mussten neun der 20 Probeflächen auf je zwei Probekreise gesplittet werden (vgl. Abb. 1).

Die Vogeldaten wurden ganzjährig in monatlichen Gitterfeld- und Punktkartierungen (vgl. Bibby et al. 1995, Berthold 1976) erhoben. Die Gitterfelder wurden teils vor (Juli 2007 bis April 2008) und nach (März 2012 bis Februar 2013) der Renaturierung bearbeitet. Dabei wurde zwischen Brut-, Sommer-/Herbst- und Winteraspekt (März – Juni, Juli – Oktober, November – Februar) getrennt. Bei der Gitterfeldkartierung (Landschaftsebene; Juli 2007 bis Juni 2008, März 2012 bis Februar 2013) wurden die 6,25 ha großen Landschaftsauschnitte zehn Minuten lang begangen und die Daten auf Unterflächen dieser am Gauß-Krüger-Netz orientierten Gitterfelder abgelegt. Diese Unterflächen ergaben sich als Schnittpolygone von auenmorphologischen Einheiten des Gelände-modells mit Einheiten der forstlichen Bewirtschaftungskarte (Waldbestände, Sonderflächen). In den Punktkartierungen (Habitatebene; Juli 2007 bis Juni 2008, März 2009 bis Februar 2013) wurde jeder Probekreis 20 Minuten lang bearbeitet, wobei im 50 m – Radius alle optisch oder akustisch nachweisbaren Vogelindividuen erfasst wurden, im 100 m – Radius alle akustisch „auffälligen“ Arten wie etwa der Buchfink und im 200 m – Radius alle Arten mit großen Revieren wie Greifvögel oder Spechte. Zur Absicherung bei problematischen Arten oder zur quantitativen Erfassung nahrungssuchender Kleinvogeltrupps kamen auch akustische Lockmittel (Warnrufimulationen) zum Einsatz.

Zudem wurde die Avizönose unter Berücksichtigung von bevorzugten Nahrungssubstraten, -organismen, -habitaten

und –suchstrategien gutachtlich in Nahrungsgilden untergliedert sowie bezüglich Nestanlage und Zugintensität in Nist- und Zugilden zusammengefasst. Bei Zönosen mit geringen Artenzahlen wie bei den Vögeln ist dies effektiv. Bei artenreichen Tiergruppen wie etwa Laufkäfern wären dagegen automatisierte Verfahren erforderlich. Statistische Abgrenzungsverfahren zur Selektion von Indikatorenclustern (vgl. z. B. Dufresne & Legendre 1997) eignen sich vor allem zur Charakterisierung komplexer Lebensräume, berücksichtigen allerdings nur unzureichend den Einfluss von zielorientierten Gradienten wie hier des Feuchtegradienten.

Die Charakterisierung der Auenlebensräume erfolgte auf Landschaftsebene (Gitterfelder) mittels 60 Parametern (auf Probekreisebene 124 Parameter; vgl. Utschick et al. 2012) unter Einbeziehung von Grundwasserabstand (1 Parameter), auenmorphologischem Feuchtegradienten (2), Wasserführung der Donau (4), Lebensraumtypen (12), Nutzungsintensität bzw. Naturnähe der Habitats (4), Habitatdiversität im Gitterfeld (3), Auwaldtyp und -struktur (15), Lagebeziehungen (4), Erschließung (3), Klima (3) und Klimaverlauf (9). Die Daten dazu wurden aktuellen hydrologischen, auenmorphologischen und vegetationskundlichen Kartengrundlagen bzw. Datenbanken des MONDAU-Projektnetzwerks entnommen, die Klimadaten den Angaben der Wetterstation Karlshuld (Landkreis Neuburg-Schrobenhausen).

Auf Landschaftsebene war vor allem zur berücksichtigen, dass Strahlwirkungen (Deutscher Rat für Landespflege 2009) entlang der Donau oder im Querprofil des Auenbandes Indikationsleistungen der Vögel überlagern. So reagierten die Vogelzönosen in vorgeschalteten, flächendeckenden Vogelbestandsaufnahmen sowohl auf Donaunähe (im 1.000 m – Band) als auch Waldrandnähe (im 500 m – Band; Utschick, unpubl.). Auf der Zeitebene erfolgte zudem eine phänologische Bewertung der Zähltags (relative Position im Monats-

ablauf). Zur Entwicklung der Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse im Untersuchungszeitraum siehe Abb. 2.

Die statistische Bearbeitung erfolgte in R 3.1.2 (R Development Core Team 2014) und Excel. Neben Regressionsanalysen (Pearson) wurden für jede Vogelart bzw. -gilde, bei der Reaktionen auf den Feuchtegradienten vermutet werden konnten, lineare Regressionsmodelle erstellt und zu „Minimum Adequate Modellen“ komprimiert, welche die Zusammenhänge zwischen abhängiger Variable und Parametern am besten beschreiben (vgl. Fairbairn & Dinsmore 2001). Als Maß für die Aussagekraft der Modelle wurden das Bestimmtheitsmaß R^2 und das Akaike Information Criterion (AIC) verwendet.

3 Ergebnisse

Bei deutlich steigenden Vogeldichten wurden im fünfjährigen Untersuchungszeitraum 116 Arten auf ihre Einnischung im Lebensraum- und Feuchtegradienten des Untersuchungsgebiets überprüft, davon 97 Arten mit 21.062 Vögeln auf Habitat- und 106 Arten mit 32.999 Vögeln auf Landschaftsebene (Anhang). Auf Habitatebene (überwiegend Auwaldstandorte) bezogen sich 44 % der Daten auf den Brut-, 30 % auf den Sommer-/Herbst- und 26 % auf den Winteraspekt, auf Landschaftsebene (mit Auengewässern) 36 % auf den Sommer-/Herbst und je 32 % auf Brut- und Winteraspekt.

3.1 Indikatorfunktion von Vogelarten für Veränderungen durch Auendynamisierung

Tab. 2 vergleicht die Indikationsleistung von Vogelarten (Kriterien siehe Tab. 1) für die grundwasserabhängige Veränderung von Feucht- und Trockenhabitaten nach Auendynamisierung auf Habitatebene (fünfjährige Punktkartierungen von 2007/2008 bis 2012/2013; für den Brutaspekt siehe Utschick et al. 2012) und Landschaftsebene (Gitterfeldkartierungen 2007/2008 und 2012/2013).

Dazu wurden in Regressionsanalysen die Reaktionen von Vogelarten auf die veränderten Grundwasserstände ermittelt und nach acht Wertklassen geordnet (Tab. 1), wobei hohe Klassenwerte Feuchtezeiger, niedrige Trockenzeiger signalisieren. Berücksichtigt wurden dabei auf Habitatebene sowohl die Einordnung im auenmorphologischen Gradienten von Rinnen über Mulden, Altauen zu Brennen als auch die durch die Redynamisierung ausgelösten Populationsveränderungen im Standortsgradienten (vgl. Werte in Tab. 2). Hier zeigten vor allem reife Waldphasen bevorzugende Arten z. T. erst 2012/2013 Feuchtereaktionen (Tab. 1). Tendenziell waren bei positiv auf die Dynamisierung reagierenden Vogelarten Zunahmen zu erwarten. Allerdings können solche Entwicklungen von weiteren Einflussfaktoren überlagert werden.

Tab. 1: Bewertungskriterien und Bewertungsstufen für die Indikationsleistung von Vogelarten im Monitoring von Auendynamisierungen nach ihrer Reaktivität bzgl. auenmorphologischer Feuchtegradienten (Habitatebene, Waldbestände) bzw. an Grundwasserabständen orientierten Feuchtegradienten (Landschaftsebene, alle Habitattypen). 8 = stark positive, 1 = stark negative Reaktion. – *Evaluation criteria at habitat level (left; concerned to a morphological woodland gradient from wet to dry habitats) and landscape level (right; concerned to average groundwater levels within sample grid units) for monitoring the success of riverine landscape renaturation using bird species. Evaluation categories (1 = indication of degenerated conditions, 8 = indication of natural conditions).*

Stufe	Habitatebene (Punktkartierung)	Landschaftsebene (Gitterfeldkartierung)
8	von 2007/2008 bis 2012/2013 zunehmende Konzentration im Feuchthabitatsektor bei steigenden Vogelbeständen	Intensitätsstufen 8, 7, 6, 5: hohe und nach Dynamisierung zunehmende Affinität zu hohen Grundwasserständen; Bestandszunahmen vor allem im Feuchtsektor und besonders im am stärksten vernässenden Flächendrittel; große, stärker werdende Abhängigkeit der Vogelzahlen vom Grundwasserabstand (hohe und meist steigende R^2 -Werte in den Regressionsfunktionen)
7	zunehmende Konzentration im Feuchtsektor mit zunehmender Verlagerung der Vorkommen in die Altauen (z. T. erst nach 2012/2013) bei meist steigenden Beständen	
6	tendenziell zunehmende Konzentration im Feuchtsektor und in Altauen bei meist steigenden Beständen	
5	zunehmende Verlagerung der Vorkommen aus dem Trocken- in den Feuchtsektor bei abnehmenden Beständen	
4	steigende Präferenzen für den Trockenhabitatsektor (ab 2012 besonders für Altauenstandorte) bei meist stark zunehmenden Beständen	Intensitätsstufen 4, 3, 2, 1: niedrige und nach Dynamisierung abnehmende Affinität zu hohen Grundwasserständen; Bestandsabnahmen vor allem im Feuchtsektor und besonders im am stärksten vernässenden Flächendrittel; geringer und schwächer werdender Zusammenhang zwischen Vogelzahlen und Grundwasserabstand (niedrige R^2 -Werte)
3	leicht steigende Präferenzen für den Trockensektor (besonders Altauen) bei abnehmenden Beständen	
2	stark steigende Präferenzen für Trockenstandorte bei stabilen Beständen	
1	stark steigende Präferenzen für Trockenstandorte bei stark abnehmenden Beständen	

Tab. 2: Indikationsstufen (Bewertungskriterien und Bewertungsstufen siehe Tab. 1) von Vogelarten gemäß ihrer Reaktionen auf veränderte Grundwasserstände in Punktkartierung (auenmorphologisch klassifizierter Habitat- und Feuchtegradient für Waldbestände) und Gitterfeldkartierung (komplexe Landschaftsausschnitte, Feuchtegradient definiert durch mittlere Grundwasserabstände). J = Jahres-, B = Brut-, SH = Sommer-/Herbst-, W = Winteraspekt. – *Indicator categories (see tab. 1) of bird species in view of their reactivity on changing groundwater levels after infeeding Danube water to the test area at habitat level (point counts; morphological gradient in woodland) and landscape level (average groundwater level in landscape grid units). J = year, B = breeding (mar – jun), SH = summer/autumn (jul – oct), W = winter (nov – feb).*

Art	Punktkartierung				Gitterfeldkartierung			
	J	B	SH	W	J	B	SH	W
Indikation auf Landschaftsebene mindestens 2 Stufen feuchter als auf Habitatebene								
Indikation auf Landschaftsebene mindestens 2 Stufen trockener als im Auwald								
Indikation für feuchten Auwald bereits vor Renaturierung (Werte < 5 bei Nichtberücksichtigung renaturierungsbedingter Bestandsveränderungen über 2 Stufen höher)								
Indikation für trockenen Auwald bereits vor Renaturierung (Werte > 4 über 2 Stufen niedriger)								
Feuchtezeiger sowohl auf Habitatebene (Auwald) als auch Landschaftsebene (Aue)								
Amsel	7	7	5	7	7	7	7	7
Grauschnäpper	8	8	8		7			
Heckenbraunelle	8	7	8		6	6		
Kernbeisser	7	7	8		6			
Kleiber	7	5	7	7	7	7	7	7
Mönchsgrasmücke	8	7	8		8	8	8	
Pirol	8	7	8		8	8		
Ringeltaube	7	4	7		8	8	8	
Schwarzspecht	7	7	2	8	8			
Singdrossel	5	5	6		6	6	8	
Sumpfmiese	6	5	6	7	7	5	8	7
Feuchtezeiger mit saisonal unterschiedlichen Reaktionen auf beiden Raumebenen								
Blaumeise	8	8	6	7	7	8	5	3
Buchfink	8	8	7	5	5	6	5	7
Gimpel	7	7	7	8	6	4	5	6
Rabenkrähe	7	7	7	7	5	7	7	1
Feuchtezeiger nur saisonal oder nur auf Landschaftsebene								
Grauspecht	4	4		7	4			
Grau-/Silberreiher					8		7	8
Feuchtezeiger nur im Auwald, auf Landschaftsebene Trockenhabitatpräferenzen								
Gartenbaumläufer	7	3	7	7	1	5	1	1
Erlenzeisig	3			7	2			1
Kohlmeise	7	7	8	5	4	5	4	6
Kuckuck	6	6			3	3		
Mäusebussard	6	6	6	6	3	5	6	2
Rotkehlchen	6	7	7	5	2	3	2	
Zaunkönig	8	8	8	5	3	2	3	5

Art	Punktkartierung				Gitterfeldkartierung			
	J	B	SH	W	J	B	SH	W
Indikation auf Landschaftsebene mindestens 2 Stufen feuchter als auf Habitatebene								
Indikation auf Landschaftsebene mindestens 2 Stufen trockener als im Auwald								
Indikation für feuchten Auwald bereits vor Renaturierung (Werte < 5 bei Nichtberücksichtigung renaturierungsbedingter Bestandsveränderungen über 2 Stufen höher)								
Indikation für trockenen Auwald bereits vor Renaturierung (Werte > 4 über 2 Stufen niedriger)								
Feuchtezeiger mit raumebenspezifisch saisonal wechselnden Indikationen								
Halsbandschnäpper	7	7	4		5	4		
Mittelspecht	5	8	4	7	7	8	8	1
Schwanzmeise	7	7	4	5	4	8	7	4
Stieglitz	5			3	6			4
Weidenmeise	5		2	4	4			
Trockenzeiger sowohl auf Habitatebene (Wald) als auch Landschaftsebene (Aue)								
Eichelhäher	4	4	4	4	1	3	1	2
Grünfink	3	4	1	1	3	2		3
Grünspecht	4	3	4	5	2			
Star	4	5	1		4	5		
Wacholderdrossel	5		4	4	2		3	3
Nadelwaldvögel	3		2	2	2		3	2
Trockenzeiger nur im Auwald, auf Landschaftsebene Feuchthabitatpräferenzen								
Buntspecht	2	7	2	4	7	8	4	6
Fitis	2	4	2		5	2		
Gartengrasmücke	4	5	4		6	6	7	
Goldammer	3	2	3	1	4	7	6	3
Zilpzalp	4	4	2		5	1	5	

Auf Landschaftsebene erfolgte die Bewertung der Indikationsleistungen durch Orientierung an der Abhängigkeit vom Grundwasserabstand vor und nach der Dynamisierung, wobei auch durch die Renaturierung beeinflusste Bestandsveränderungen von 2007/2008 bis 2012/2013 berücksichtigt wurden. Zusätzlich bewertet wurden starke Reaktionen in den 30% am stärksten wieder vernässten Auteilen sowie die Streuung der Vogelraten in den Regressionsfunktionen (R^2 -Werte; vgl. Tab. 1).

Auf Habitatebene waren die Indikationen mit bzw. ohne Berücksichtigung von Bestandsentwicklungen gut vergleichbar (Ausnahmen: Feuchte-/Trockenzeiger mit kleinen/großen Werten in Tab. 2). In der Regel kam es nur bei schwachen Feuchte- oder Trockenzeigern (Werte 5 und 4) oder im Gebiet seltenen Vogelarten wie

Erlenzeisig *Carduelis spinus*, Gartenbaumläufer *Certhia brachydactyla*, Kuckuck *Cuculus canorus*, Schwarzspecht *Dryocopus martius* oder Weidenmeise *Parus montanus* zu unterschiedlichen Einstufungen, und auch dies häufig nur saisonal. Nur die vor Renaturierung eher dem trockenen Auwald zugeordnete Singdrossel *Turdus philomelos* scheint, wenn man die durch die Redynamisierung bewirkten Umverteilungen der lokalen Population im auenmorphologischen Feuchtegradienten mit berücksichtigt, zumindest im Sommer-/Herbst eher ein Feuchtezeiger zu sein. Differenzen zwischen den beiden Verfahren gab es vor allem bei den Arten, die erst gegen Ende des Untersuchungszeitraums auf die bessere Wasserversorgung von Altauen mit Bestandsveränderungen reagiert haben. Zum Vergleich der Reaktionen auf Habitat- und Landschaftsebene siehe 3.5.

3.2. Grundwasserabstand und auenmorphologischer Feuchtegradient (Habitatebene)

Für Indikationen im Auenmonitoring (Bestandsveränderungen nach Verbesserungen in der Auenhydrologie) sind vor allem Arten und Gilden geeignet, die auf Grundwasserabstände positiv oder negativ reagieren, ohne grundwassernahe oder grundwasserferne Lebensraumtypen eindeutig zu bevorzugen. Bei solchen Arten ist die höchste Reaktivität auf Systemveränderungen durch schwankende oder steigende Grundwasserabstände zu erwarten. Besonders deutlich wird dies, wenn Arten, die vor Renaturierung eher in trockenen Lebensräumen auftraten, nach Renaturierung in feuchter gewordenen Lebensräumen häufiger wurden.

Anhand von linearen Modellen wurde daher getestet, ob im Untersuchungszeitraum Präferenzen für hohe oder geringe Grundwasserabstände vorliegen. Diese Werte wurden dann mit den Einstufungen nach Tab. 2 verglichen. In die Modelle gingen neben dem Grundwasserabstand vier Variablen zur Donauwasserführung (mittlerer Tages-, Vordekaden-, Monatsvormonatsabfluss) und 33 weitere Umweltparameter ein, die in den Vorstudien als für die Vogelverteilungen besonders relevant identifiziert wurden (Utschick et al. 2012). Dazu gehören 13 Klimavariablen (Monatsdaten zu Temperatur, Niederschlag, Sonnenscheindauer, Sonnen-, Regen- und Frosttagen, Luftfeuchte, Windstärke, Vormonatsdaten zu Temperatur, Niederschlag, Sonnenscheindauer, Windstärke und Frosttagen), fünf Parameter zum Längs-/Querprofil der Donauauen und zum Erschließungsgrad (Entfernung zu Donau/Auenrand/Besucherzentren, Wegedichten auf verschiedenen Raumebenen), 14 Parameter zu Habitat-/Waldstruktur und Nutzungsintensität (Probefläche mit Anteilen von Wald, Altbestand, hiebsreifen Waldbeständen, Weichlaubholz, Nadelholz sowie Baumartendiversität und Deckungsgrad der Strauchschicht; landschaftlicher Umgriff mit Anteilen von Wald, Altbestand, hiebsreifen Waldbeständen, Alteichen, weichholzreichen Gebüschsukzessionen, nutzungsfreien Auenbiotopen und auenfremden Lebensräumen) und ein phänologischer Parameter (Position der Zähltag im Untersuchungszeitraum).

Die durchschnittlichen Erklärungswerte der Modelle waren besonders im Brutaspekt (mittleres $R^2 = 0,333$) deutlich höher als im Sommer-/Herbst- ($R^2 = 0,247$) und Jahresaspekt ($R^2 = 0,231$). Stark in den Modellen überrepräsentiert und damit maßgeblich für die Erklärungswerte verantwortlich waren in allen Jahreszeiten vor allem die Variablen zur Habitat- und Waldstruktur auf Landschaftsebene. Im Brut- und Winteraspekt (auch auf Probekreisebene) spielte zusätzlich die Art und Intensität der Landnutzung sowie das Längs- und Querprofil der Donauauen eine wichtige Rolle (vgl. analoge Ergebnisse auf Gitterfeldbasis in Abb. 3). Vergleichsweise selten tauchten dagegen die hydrologischen Parameter in den Modellen auf.

Außerhalb der Brutzeit scheinen diese Parameter nur wenig Einfluss zu nehmen, wobei während der Vegetationsperiode der Donauabfluss und das Regionalklima der Vorperiode tendenziell häufiger zum Erklärungswert beitragen als die aktuellen Abfluss- und Wetterverhältnisse. Auch der Erschließungsgrad war besonders im Sommer/Herbst von untergeordneter Bedeutung. Nur in dieser Jahreszeit beeinträchtigte auch der phänologische Zeitpunkt der Vogelaufnahmen stärker die Erklärungswerte. Die berücksichtigten Parameter erklärten ganzjährig die Vogelverteilungen besonders gut bei Mönchsgrasmücke (im Brutaspekt $R^2 = 0,743$) und anderen strauchbrütenden, im Sommer-/Herbst von Wirbellosenahrung auf überwiegende Frugivorie umstellenden Kurzstreckenziehern (im Jahresaspekt $R^2 = 0,697$). Im Brut- und Winteraspekt gilt dies für Standvögel ($R^2 = 0,626$; $R^2 = 0,482$), zur Brutzeit auch für bodenbrütende Weistreckenzieher wie den Fitis *Phylloscopus trochilus* ($R^2 = 0,574$). Bei den Vogelzönosen terrestrischer Habitate waren die Erklärungswerte ($R^2 = 0,456$) besonders bei ubiquitären Arten ($R^2 = 0,446$) im Winter hoch, bei Feuchte-/Trockenzeigergruppen in der Brutzeit ($R^2 = 0,587$).

Tab. 3 gibt einen Überblick über die Arten und Gilden, bei denen laut der 5-Jahresmodelle der Grundwasserabstand die Vogelbestände auf Habitatebene beeinflusst hat. So zeigt die Blaumeise *Parus caeruleus* im Jahresaspekt eine signifikante Affinität zu hoch anstehendem Grundwasser an, dies aber nicht in den verschiedenen Jahreszeiten, obwohl die Art aufgrund ihrer Einordnung (vor der Renaturierung) und Reaktion (nach der Renaturierung) im Feuchtegradienten als guter Feuchtezeiger gelten kann (vgl. hohe Indikationswerte in Tab. 2). Hier liegt somit eine von den absoluten Wasserständen unabhängige Feuchteindikation vor, die auentypische Entwicklungen in unterschiedlichen Habitattypen nachzeichnet und damit auf auenmorphologischer Basis den Erfolg der Redynamisierung bestätigt. Alle auf Wasser- und Uferlebensräume spezialisierte Arten bzw. unspezialisierte Lebensraum- und Nahrungsgeneralisten wie die Rabenkrähe *Corvus c. corone*, aber auch typische Baumkronenvögel, sind dagegen nur gute Indikatoren, wenn ihre Bestände nach der Redynamisierung in den von ihnen präferierten feuchten Lebensräumen überproportional zugenommen haben. Für Mäusebussard *Buteo buteo*, Grau- *Muscicapa striata* und Trauerschnäpper *Ficedula hypoleuca* gilt dies nur außerhalb der Brutzeit. Während der Brutperiode orientieren sich diese drei Arten vor allem an Lebensraumstrukturen, wie sie starkkronige, aufgelichtete Uferbestände am Ottheinrichbach mit ihrem hohen Angebot an Wasserinsekten und Kleinsäugern bereit stellen. Im Jahres- und Brutaspekt gute Feuchtezeiger waren auch Amsel *Turdus merula* und Schwanzmeise *Aegithalos caedatus*, starke Feuchteindikatoren Halsbandschnäpper *Ficedula albicollis*, Mittelspecht *Dendrocopos medius* und Gimpel *Pyrrhula pyrrhula*. Diese Arten nutzten nach

Tab. 3: Beeinflussung von Vogeldichten durch den Grundwasserabstand (GWA) in 5-Jahres-Modellen (Punktkartierung) im Jahres-, Brut-, Sommer-/Herbst-(SH) und Winteraspekt im Vergleich zur Reaktivität im auenmorphologischen Auwald-Feuchtegradienten (vgl. Wertkategorien in Tab. 2). Signifikanz p für den GWA-Einfluss: ***<0,001, **<0,01, *<0,05, !<0,1, (!) Modellrelevanz von GWA trotz p>0,1. – *Bird species and guilds, for which densities are influenced by groundwater levels (GWA) within 5-year-models (point count data); aspects year, breeding, SH = summer/autumn, winter), compared to indicator systems from tab. 2 (morphological habitat gradient). Cell colors characterize affinity to wet habitats and high water levels (blue), to dry and low levels (red), and to changing affinity between seasons (green). Increasing cell color intensity indicates increasing monitoring quality for hydrological changes within the riverine habitat system (see tab. 2) with decreasing influence of absolute water levels. Red symbols: Significance p for the influence of GWA: affinity to morphological wet habitats at low absolute water levels characterized by red symbols. p: ***<0.001, **<0.01, *<0.05, !<0.1, (!) p>0.1, but GWA selected by the model.*

Art/Gilde	Jahr	Brut	SH	Winter
starke Auwald-Feuchtezeiger ohne bzw. mit negativer Reaktion auf hoch anstehendes Grundwasser				
Mönchsgrasmücke <i>Sylvia atricapilla</i>				
Heckenbraunelle <i>Prunella modularis</i>				
Pirol <i>Oriolus oriolus</i>				
Kuckuck <i>Cuculus canorus</i>				
Halsbandschnäpper <i>Ficedula albicollis</i>	*	***		
Kleiber <i>Sitta europaea</i>				
Ringeltaube <i>Columba palumbus</i>				
Mittelspecht <i>Dendrocopos medius</i>		!		
Gimpel <i>Pyrrhula pyrrhula</i>		*		
reaktive Indikatorarten gemäß Tab. 2	***	***		
Zaunkönig <i>Troglodytes troglodytes</i>		!	**	**
Rotkehlchen <i>Erithacus rubecula</i>		!	*	
vom Grundwasserstand unabhängige Auwald-Feuchtezeiger				
Vogelsumme ohne Wasservogel	**			!
Blaumeise <i>Parus caeruleus</i>	***			
Amsel <i>Turdus merula</i>				!
Schwanzmeise <i>Aegithalos caudatus</i>			**	
Mäusebussard <i>Buteo buteo</i>	*	**		
Grau- und Trauerschnäpper <i>Muscicapa striata</i> , <i>Ficedula hypoleucos</i>	**	*		
Rabenkrähe <i>Corvus c. corone</i>	***	**		!
Buchfink <i>Fringilla coelebs</i>				*
Kohlmeise <i>Parus major</i>				!
Grauspecht <i>Picus canus</i>				
Gilden und Arten mit Präferenz für Auwaldtypen mit hoch anstehendem Grundwasser				
Gilden Standvögel, Höhlenbrüter	***			
Gilde Arthropoden-/Samenfresser	**			
Fischjäger	***	***	***	
Wasservogel	***		**	
Gilden Uferbesiedler, Röhrichtbrüter	***		*	
Strichvögel	**		***	

Art/Gilde	Jahr	Brut	SH	Winter
Gilde Lebensraumgeneralisten	**	**	(!)	*
Gilde Nahrungsgeneralisten	***	**	**	
Gilde Baumkronenvögel	*		*	*
Gilde Baumkronenbrüter	**		(!)	!
Gilde Baumhorster	***	**		(!)
Gilde Wirbeltierfresser	*	***		
Winterfinken (Erlenzeisig <i>Carduelis spinus</i> , Kernbeisser <i>Coccothraustes coccothraustes</i> , Stieglitz, <i>Carduelis carduelis</i>)	**			***
Gilde Arthropoden-/Fruchtfresser				!
Gilde Nahrungssuche am Boden				**
Gilde Kurzstreckenzieher			(!)	
Singdrossel <i>Turdus philomelos</i>			*	
Eichelhäher <i>Garrulus garrulus</i>			!	!
vom Grundwasserstand unabhängige Auwald-Trockenzeiger				
Grünspecht <i>Picus viridis</i>	(!)		*	
Goldammer <i>Emberiza citrinella</i>	*			
Fitis <i>Phylloscopus trochilus</i>	***	***		
Zilpzalp <i>Phylloscopus collybita</i>	(!)	**		
Star <i>Sturnus vulgaris</i>	*			
Wacholderdrossel <i>Turdus pilaris</i>				
Grünfink <i>Carduelis chloris</i>	***	(!)	*	
Gilden mit Präferenz für Auwaldtypen mit hohem Grundwasserabstand				
Gilde Weitstreckenzieher	**	***		
Gilde Bodenbrüter	***	***		
Gilde Strauchbrüter	(!)			
Gartengrasmücke	**	*	!	
Gilde Arten des Gehölzraums		*		
Gilde Nahrungssuche mit Kurzstopps		!		
Gilde reine Arthropoden- oder Pflanzenfresser		*		
Arten und Gilden mit saisonal wechselnden Feucht-/Trockenauwald-Indikationen				
Schwarzspecht <i>Dryocopus martius</i>				
Sumpfmehse <i>Parus palustris</i>		*		
Gartenbaumläufer <i>Certhia brachydactyla</i>				**
Buntspecht <i>Dendrocopos major</i>				
Gilde Kletterer (Stamm/Starkäste)	**		*	(!)
Nahrungssuche in bodennaher Vegetation		*		!
Nadelwaldarten (Meisen, Goldhähnchen)		***		

der Redynamisierung anstelle der ursprünglich präferierten Trockenauen vor allem die Auentile, in denen der Grundwasserstand stark gestiegen war. Bestätigt wird die gute Eignung als Feuchteindikator auch für alle Arten ohne Beziehung zum Grundwasserabstand, die in Tab. 2 hohe Werte erreichen (Mönchsgrasmücke *Sylvia atricapilla*, Heckenbraunelle, Pirol *Oriolus oriolus*, Kuckuck, Kleiber *Sitta europaea*, Ringeltaube *Columba palumbus*; nur im Brutaspekt Zaunkönig *Troglodytes troglodytes* bzw. im Sommer/Herbst Rotkehlchen *Erithacus rubecula*, in der Vegetationsperiode auch Buchfink *Fringilla coelebs* und Kohlmeise *Parus major*, außerhalb der Brutzeit Sumpfmehle). Stammkletterer wie Spechte oder Gartenbaumläufer wechseln dagegen im Jahresverlauf ihre Vorzugshabitate und können dadurch sowohl Feuchte- als auch Trockenzeiger sein.

Bei den „Trockenzeigern“ wird vor allem bei der Gartengrasmücke *Sylvia borin* deutlich, dass diese Indikation eine überwiegend an Vegetationsstrukturen (lückige, gebüschreiche Brennene) gebundene „Scheinindikation“ ist, die nur für degenerierte Donauauen zutrifft (in intakten Auen typisch für feuchte Auenhabitate wie Weidenauen). Ähnliches gilt im Jahres- und Brutzeitaspekt für andere boden- und strauchbrütende Weistreckenzieher wie Fitis und auch Zilpzalp *Phylloscopus collybita*. Saisonal können sie aber wie Grünfink *Carduelis chloris* (Winter), Grünspecht *Picus viridis* (Brutzeit) oder Star *Sturnus vulgaris* durchaus durch sinkende Vorkommen Wiedervernässungen anzeigen, während die Goldammer *Emberiza citrina* ganzjährig als Trockenzeiger geeignet ist. Die wenigen Nadelwaldvögel wie Tannen- *Parus ater*, Haubenmeise *Parus cristatus* und Wintergoldhähnchen *Regulus regulus* bevorzugten in der Brutzeit kleine Fichtenbestände am Ottheinrichbach und außerhalb der Brutzeit trockene Kiefernflächen.

Aus Tab. 2 ergibt sich auch, dass sehr viele Arten wenigstens saisonal Zeigerfunktionen aufweisen, was sich auf die Indikationseignung der gesamten Avizönose (Vogelsummen) positiv auswirkt (Tab. 3). Im Jahres- und Winteraspekt sind die Dichten der terrestrischen Arten zwar in den feuchteren Lebensräumen höher als in den trockenen, aber in der Vegetationsperiode ist die Vogelsumme durchaus ein guter Indikator (steigende Vogelzahlen in besser wasserversorgten Auenteilern). Ähnliches gilt für die über den auenmorphologischen Feuchtegradienten selektierten Indikatorartengruppen vor allem im Brutaspekt. Die nach Dynamisierung steigenden Feuchtezeigerzahlen basierten vor allem auf Arten, die vor der Grundwasseranhebung eher trockene Lebensräume besiedelten.

Auenmorphologische Klassifizierungen von Indikationsleistungen liefern somit plausiblere Ergebnisse als Indikationssysteme, die sich ausschließlich an absoluten Grundwasserabständen orientieren, obwohl vor allem deren Dynamisierung zu auentypischeren Verhältnissen geführt hat. Statt relativ aufwändiger Wasserstandsmes-

sungen bieten sich daher für das Monitoring von Auenrenaturierungen eher Überprüfungen von Organismengruppen in auenmorphologisch klassifizierten Lebensraumgradienten an.

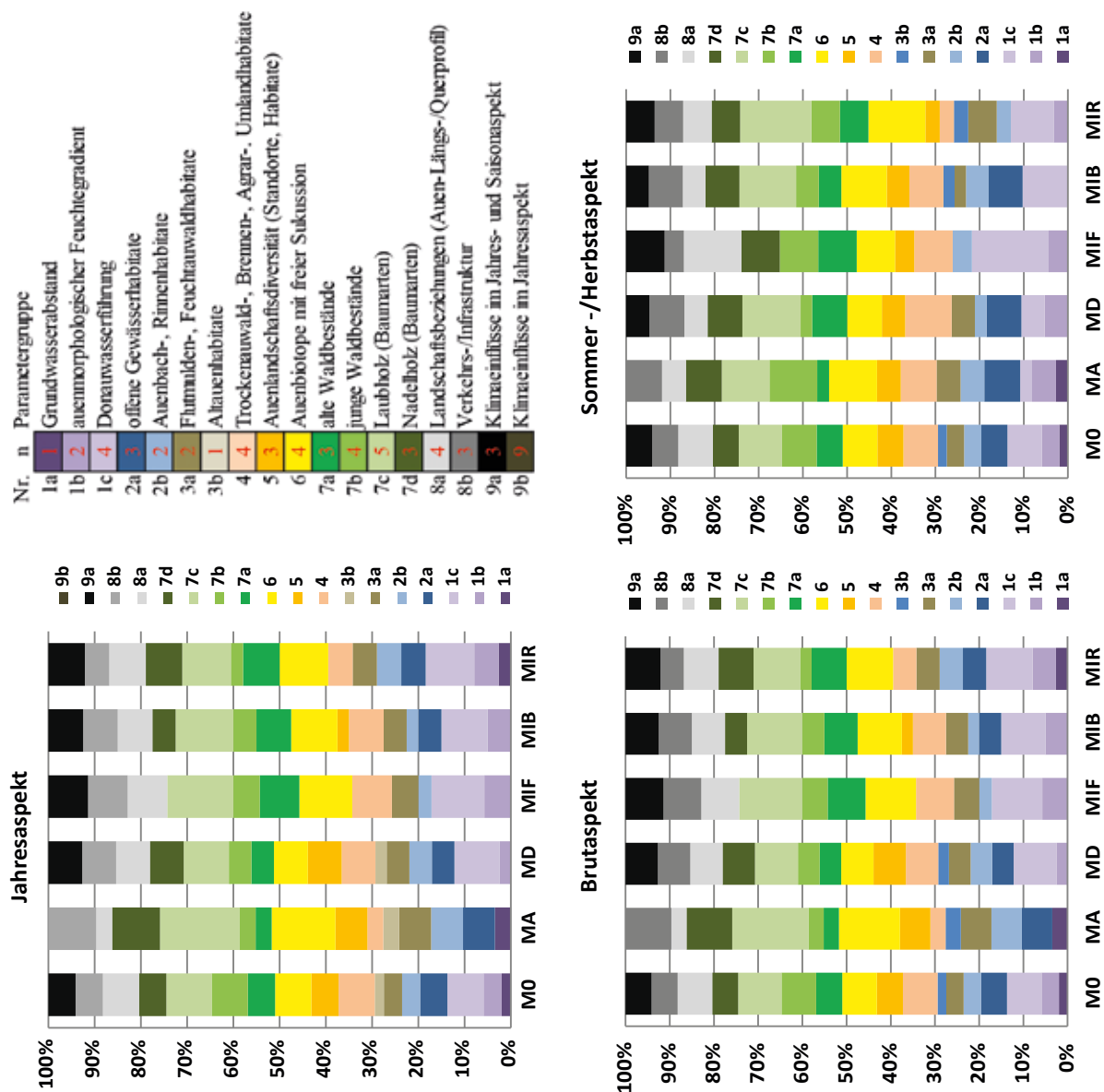
3.3 Einfluss von auenhydrologischen Veränderungen auf Vogelzönosen auf Landschaftsebene

In linearen Modellen von Vogelvorkommen in Abhängigkeit von Umweltparametern sind auf Landschaftsebene erheblich mehr Parameter modellrelevant als auf Probekreisebene. Von 60 (Jahresaspekt) bzw. 51 (Saisonaspekte) in neun Variablenkategorien berücksichtigten Parametern lieferten im Mittel 42 (38-46; Jahresaspekt) bzw. 39 (25-44; Saisonaspekte) Erklärungsbeiträge für die Vogelvorkommen (Tab. 4). Abb. 3 visualisiert den Einfluss der unterschiedlichen Umweltparametergruppen. Diese berücksichtigen die hydrologischen Grundlagen (Grundwassersituation, Donauwasserführung), Lebensraumverteilungen (Donau und Altwässer, Auenbäche und Rinnen, Flutmulden-, Alt-, Trockenauen- und Umlandhabitate, kleinflächige Standorts- und Habitatdiversität in der Auenlandschaft, Nutzungsintensität, Waldstrukturen (Entwicklungsphasen, Baumartenzusammensetzung), Landschaftsbeziehungen (Auen-Längs- und Querprofile), verkehrstechnische Infrastruktur (Beunruhigung) und Klimatein-

Tab. 4: Erklärungswerte (multiples R^2 , $p < 0,05$) von Modellen auf Landschaftsebene für Gitterfeld-Vogelvorkommen. Geprüft wurde die Auensystem-Abhängigkeit von Vogelsummen einschließlich der Wasservögel (MA), von terrestrischen Vogeldichten (MD), von Dichten terrestrischer Feuchte-/Trocken-Zeigergruppen im auenmorphologischen Feuchtegradienten ohne (MIF) und mit (MIB) Berücksichtigung der Bestandsentwicklungen nach Renaturierung sowie vom Produkt aus Vogelsumme und Reaktivitätsindex nach Tab. 2 über alle terrestrischen Vogelarten (MIR). – *Multiple R^2 for models of bird indicator groups (grid counts) with riverine system variables (landscape level) for year, breeding, summer/autumn and winter aspect. MA = all birds (including water birds), MD = terrestrial bird densities only, MIF = terrestrial bird densities from indicator species derived from reaction patterns within the morphological habitat gradient without taking into account population developments following renaturation, MIB = including those population developments, MIR = product of bird numbers and index of reactivity (see Tab. 2) over all terrestrial bird species.*

	MA	MD	MIF	MIB	MIR
Jahr	0,395	0,396	0,302	0,247	0,309
Brutzeit	0,364	0,544	0,394	0,387	0,425
Sommer/Herbst	0,519	0,496	0,240	0,353	0,450
Winter	0,431	0,377	0,155	0,335	0,310
Jahr 2007/2008	0,448	0,376	0,303	0,248	0,264
Jahr 2012/2013	0,444	0,510	0,375	0,376	0,479

Abb. 3: Anteil der Parameter in neun Variablen-Gruppen (n = Anzahl Prüfparameter pro Gruppe), die auf Landschaftsebene in 2-Jahres-Modellen (MA bis MIR siehe Tab. 4) signifikant die Gitterfeld-Vogelzönsen beeinflussen. M0 = Verteilung der Prüfparameter. – Proportion of variables from 9 variable groups (n = variables), which influence bird numbers (grid counts) significantly in two-year-models (MA to MIR see tab. 4) at landscape level (year, breeding, summer/autumn, winter). M0 = all variables.



flüsse (Temperatur, Niederschlag, phänologische Entwicklung; im Jahresaspekt zusätzlich Klimaverläufe in Vorperioden). Die für das direkte Auenmonitoring der Renaturierungsmaßnahmen relevanten Bezugsgrößen wie „Grundwasserabstand“, „auenmorphologisch klassifizierter Feuchtegradient“ oder „Donauwasserführung“ werden seltener in die Modelle einbezogen als von den Umweltparameterverteilungen her zu erwarten (Abb. 3). Am höchsten ist deren relative Bedeutung zumindest im Brut- und Sommer-/Herbstaspekt im Modell MIF (Tab. 4), eine Konsequenz der strengen Selektion von im Standorts-Feuchtegradienten reaktiven Feuchte- und Trockenzeigern. Die Erklärungswerte der MIF-Modelle liegen allerdings außer vor der Redynamisierung erheblich unter den Werten der MA-, MD- und MIR-Modelle (Tab. 4), was die Indikationsschärfe in den MIF-Modellen relativiert. Die höchsten Erklärungswerte ergaben die Modelle zu den stark von Auwaldvögeln geprägten Landvogeldichten MD (v. a. im Brutaspekt), zu den stark von Wasservogelvorkommen geprägten Vogelsummen MA (v. a. im Sommer-/Herbst- und Winteraspekt) sowie die Modelle, die sich auf die Feucht-/Trockenreaktivität der ganzen Vogelgemeinschaft (MIR) beziehen.

Auf Landschaftsebenen scheinen hydrologische Parameter in direkter Form nur geringen Einfluss auf Vogelverteilungen zu nehmen. Nach Abb. 3 wirkt sich geringer Grundwasserabstand nur beim absoluten Vogelreichtum aus, und dies in allen Zeitaspekten positiv (mehr Vögel in grundwassernahen Lebensräumen), bei der Indikatorgruppe MIF im Jahresaspekt negativ (mehr Indikatorvögel in eher trockenen, reifen Altauen als in starkholzärmerem, nassem Flutmuldenwald). Nur im Brutaspekt sind die Indikatorwerte (MIR) signifikant mit hoch anstehendem Grundwasser korreliert. Die auenmorphologischen Parameter (Gruppe 1b) erscheinen von allen hydrologischen Parametergruppen in den Modellen am häufigsten, bei jahreszeitlich wechselnder Bedeutung für Vogeldichten oder Zeigergruppen (Abb. 3). Auch die Donauwasserführung scheint sich nur in der Vegetationsperiode auf die Vogelverteilungen auszuwirken, obwohl im Jahresaspekt die Vogelsummen (hoher Wasservogelanteil) positiv mit hohen Monatsabflüssen korreliert sind, terrestrische Dichten und hohe Indikatortsummen dagegen mit geringen Monatsabflüssen. Im Brutaspekt wirken dabei hohe Abflüsse in Vormonaten oder vorhergehenden Dekaden negativ, hohe Tages- oder Monatsabflüsse positiv. Im Sommer/Herbst wirken sich Hochwassertage dagegen kurzfristig negativ aus. Mittelfristig sorgen sie aber für hohe Vogelzahlen, da durch nachhaltig hohe Donauwasserstände aufgefüllte Grundwasserspeicher dem hochsommerlichen Trockenstress entgegenwirken. Im Winter ist dies umgekehrt. Hier kommt es hochwasserbedingt zur Verlagerung von Wasservögeln aus der Donau in die strömungsberuhigten Auen bzw. bei starken, lang anhal-

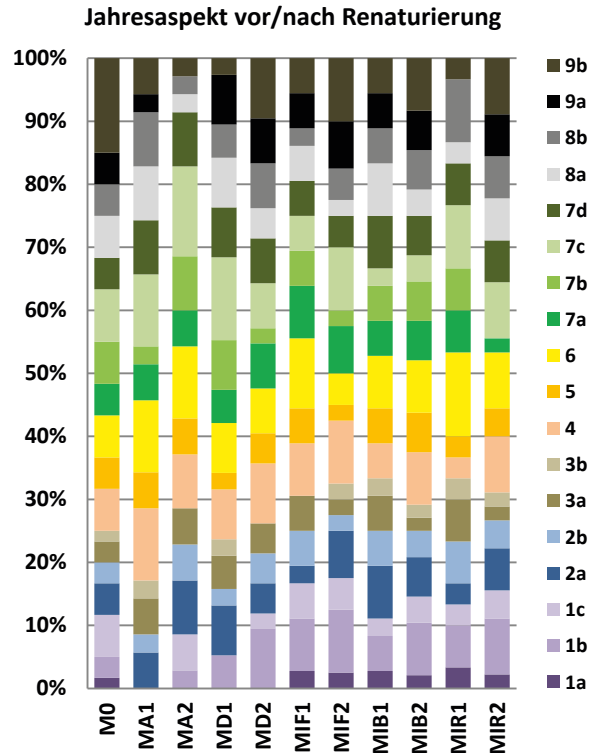


Abb. 4: Signifikanter Einfluss (Modelle auf Landschaftsebene) von neun Umweltparametergruppen auf Vogelverteilungen in Modellen (Jahresaspekt) vor (1) und nach (2) Renaturierung. Vogel- und Parametergruppen siehe Abb. 3. – Proportion of variables from 9 variable groups (Set = all variables included), which significantly influence bird numbers (grid counts) in one-year-models at landscape level before (1) and after (2) renaturation (total year). Bird groups and variable groups see fig. 3.

tenden Winterhochwässern zu Abwanderungen aus dem Untersuchungsraum (vgl. Utschick 1995).

Abb. 3 zeigt auch, dass die indirekten Folgen von Grundwasseranhebungen, wie sie durch Einleitung von Donauwasser über Auenbäche bzw. ökologische Flutungen ausgelöst werden, bei Berücksichtigung auenmorphologischer Bezüge für das Monitoring des Renaturierungserfolgs wesentlich besser nutzbar sein dürften als die absoluten Grundwasserstände selbst. Auenmorphologische Parameter tragen vor allem im Brut- und Winteraspekt besonders bei Waldvogeldichten und Zeigergruppen deutlich mehr zu den Erklärungswerten der Modelle bei als Grundwasserstand oder Donauwasserführung. Diese indirekten Folgen werden vor allem von den Parametergruppen abgebildet, die erheblich häufiger die Erklärungswerte der Modelle bestimmen als vom Parameterset her zu erwarten. Im Jahresaspekt sind dies besonders Waldstrukturparameter, aber auch Landschafts- und Habitatparameter wie der Anteil an Gewässerlebensräumen, Feucht-, Alt-, Trockenauen oder nutzungsfreien Auensukzessionen.

Vergleicht man allerdings die Parameterzusammensetzung in Einzeljahr-Modellen vor und nach Renaturierung (Abb. 4) mit Modellen über den ganzen Untersuchungszeitraum (Abb. 3), dann scheinen sich Grundwasserabstand und auenmorphologischer Feuchtegradient bei den Indikatorgruppen durchaus auszuwirken (überproportionale Berücksichtigung in den Jahresmodellen in Abb. 4 im Vergleich zu Abb. 3). Dies bedeutet, dass sich Veränderungen des Grundwasserspiegels bei unterschiedlich hohen mittleren Grundwasserständen gegensätzlich auf die Ressourcenfunktionen von Auen für Vögel auswirken können. Dies ist plausibel. So kann die Produktivität von Auengehölzen bei ansteigenden Wasserständen in Bereichen mit bereits hohem Wasserstand sinken und in solchen mit niedrigem Wasserstand steigen, und dies in Abhängigkeit von Gehölzart und Wurzeltiefe (Utschick 2014).

3.4 Repräsentativität des Probeflächensets für die Auenlandschaft des Untersuchungsgebiets

Basierend auf einer am auenmorphologischen Feuchtegradienten orientierten Probeflächenwahl wurden Vogelarten-Indikatorfunktionen für Ökosystemreaktionen abgeleitet, die durch von der Auendynamisierung ausgelöste Veränderungen im Grundwasserabstand hervorgerufen wurden (Utschick et al. 2012). Bei der Prüfung, inwieweit diese Ergebnisse auf die ganze Auenlandschaft übertragbar sind, ist zu berücksichtigen, wie repräsentativ die Probeflächen den untersuchten Donauauenausschnitt abgebildet haben. Nur bei Repräsentativität sind die Ergebnisse generell übertragbar. Ansonsten beschränkt sich die Übertragbarkeit auf dem Probeflächenset entsprechende Ökosystemausprägungen bzw. auf Vogelarten- und -gilden, die eng an diese Ausprägungen gebunden sind.

Ein Vergleich der Lebensraumparameterverteilung im Probeflächenset (20 Probekreise) und im Untersuchungsgebiet (50 Gitterfelder) zeigt, dass die Probeflächen deutlich trockener waren als das Untersuchungsgebiet. Im Durchschnitt lag in den Untersuchungsjahren 2007/2008 und 2012/2013 der Grundwasserspiegel in den Probeflächen um 20 cm tiefer (in der Brutzeit 18 cm, im Sommer/Herbst 22 cm) als im restlichen Untersuchungsgebiet. Bei der Probeflächenwahl bevorzugt wurden neben trockenen Altauen vor allem Bereiche mit eher kleinflächigen Biotopen wie Auenrinnen und Brennen, während vor allem stehende Auengewässer, feuchte Mulden- und Beckenlagen ohne direkten Kontakt zum Ottheinrichbach sowie Bereiche mit hoher auenmorphologischer Diversität (kleinräumiges Reliefmosaik) stark unterrepräsentiert waren. Die Probeflächen lagen im Durchschnitt auch donauferner und bei höherem Erschließungsgrad (Wegedichte) parkplatznäher als im Landschaftsdurchschnitt, was sowohl geringere Dichten von sich am Donaulauf orientierenden Vogelbewegungen als auch ein höheres Beunruhigungspotenzial durch die Naherholung vermuten lässt.

Vom Vegetationstyp her wurden die Probeflächen vor allem an reifem, geschlossenem, eher trockenem Auwald (einschließlich ausgekiester Brennenstandorte) mit überdurchschnittlich viel Eiche, Esche, Bergahorn und Birke orientiert. Unterrepräsentiert waren vor allem die im Gebiet weit verbreiteten Jungwaldbestände, aber auch Laubholzdickungen, das spärliche Weichlaubholz (Weiden, Pappeln), Nadelbäume sowie feuchte, baumarme Auenbiotope wie Röhrichte, Hochgrasfluren, Gewässersäume, Ufergebüsche und trockenes, landwirtschaftlich genutztes Offenland.

Eine Übertragbarkeit der Indikationssysteme ist somit vor allem dann zu spezifizieren, wenn Indikatorarten stark an bestimmte Waldtypen (Trockenaue bzw. Feuchtaue mit ihren unterschiedlichen Waldgesellschaften), Waldentwicklungsphasen (Hochwald, Jungwald, Gebüsche), Waldstrukturen (geschlossener bzw. halb-offener Wald) oder Lebensraumtypen (Auwald, Überganglebensräume, Gewässer) gebunden sind bzw. wenn sich dynamisierungsbedingte Veränderungen des Grundwasserabstands in Bereichen mit niedrigem Grundwasserabstand anders auf das Ökosystem auswirken als in solchen mit hohem Grundwasserabstand. So kam es z. B. in vom Ottheinrichbach durchschnittlichen Mulden aufgrund der nach Dynamisierung höheren Grundwasserstände lokal zu Ausfällen bei nicht ausreichend flutungstoleranten Baumarten (starke Totholzanreicherung).

3.5 Übertragbarkeit der Feuchteindikation von Vogelarten von Habitat- auf Landschaftsebene

Wie aufgrund unterschiedlicher Indikationen auf Habitat- und Landschaftsebene (Tab. 2) und der Konzentration auf eichenreiche Auwaldstandorte im Probeflächenset (3.4) zu erwarten, decken die auf Habitatebene ermittelten Indikationssysteme weder die Vogelgemeinschaft vollständig ab, noch sind die Ergebnisse vollständig oder undifferenziert auf Landschaftsebene übertragbar. Wegen des Ausschlusses von größeren Gewässerebenen aus dem Probeflächenset ist z. B. die Indikatoreignung von Wasservögeln ausschließlich auf Landschaftsebene überprüfbar. Bei dieser Vogelgruppe spiegeln in allen Jahreszeiten starke Bestandszunahmen eine positive Indikation für hohe Grundwasserpegel wider, vor allem in den Bereichen, in denen nach Dynamisierung das Grundwasser im Jahresmittel um über 50 cm gestiegen ist. Besonders stark reagiert haben pflanzenfressende Wasservögel wie Graugans *Anser anser*, Blässhuhn *Fulica atra* und Kolbenente *Netta rufina* (Abb. 5; Pflanzenfresser), aber auch röhrichtbrütende Tauch- und Gründelenten wie Reiher- *Aythya fuligula* und Stockente *Anas platyrhynchos* oder Fischfresser wie Kormoran *Phalacrocorax carbo*, Haubentaucher *Podiceps cristatus*, Grau- *Ardea cinerea* und Silberreiher *Egretta alba*. Dies gilt nicht nur für die überwiegend von externen Einflüssen (Klimaverläufe, Zugsehen) gesteuerten Wintervogelbestände, sondern

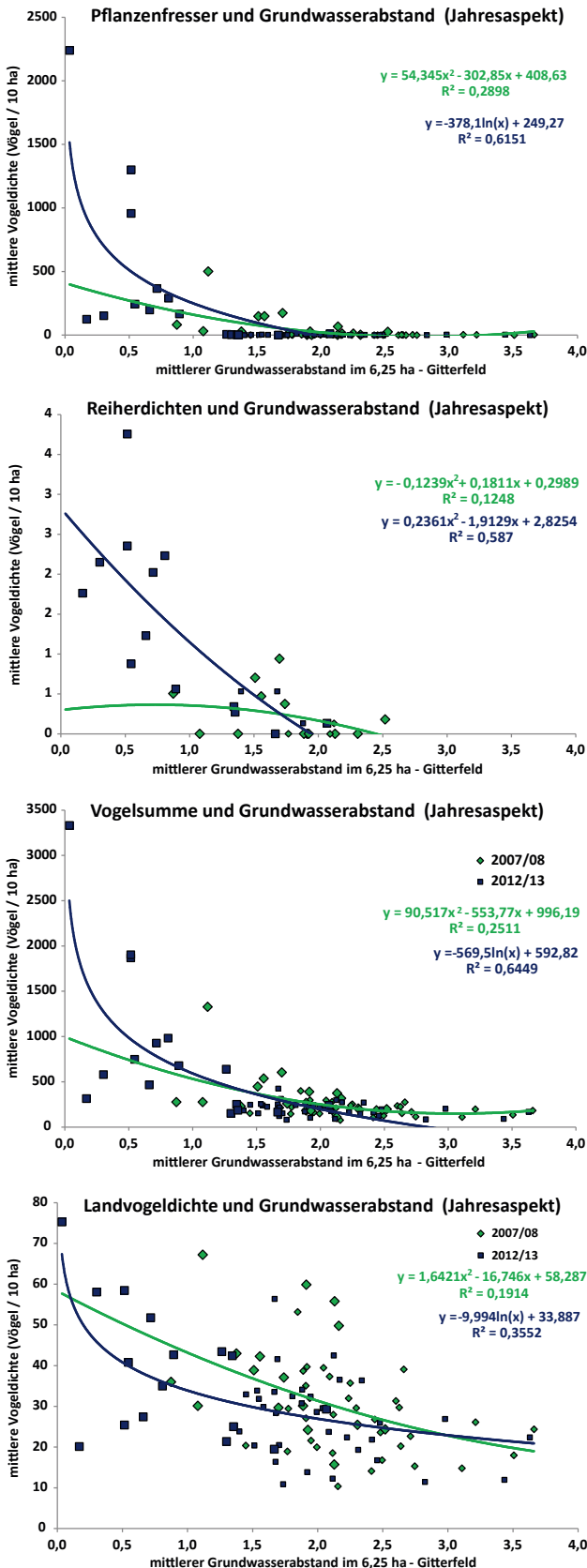


Abb. 5: Abhängigkeit von Vogelbeständen vom Grundwasserabstand vor (Rauten, grün) und nach Dynamisierung (Quadrate, blau) Renaturierung der Donauauen. Große Symbole kennzeichnen Bereiche mit einem Grundwasseranstieg von im Jahresmittel über 50 cm. – Regression of herbivorous bird numbers (top), herons, total bird numbers and terrestrial bird density (bottom) on ground water level before (green rhomb's) and after (blue squares) renaturation of the Danube landscape (total year). Big symbols characterize grid units with an average water level increase of more than 50 cm after renaturation.

auch für Brut- und besonders Mauserbestände, die zwingend auf ein lokal nachhaltiges Nahrungsangebot angewiesen sind (Gehrold 2014). Vor allem Nichtbrüter und nach Ende des Brutgeschäftes verstreichende Brutvögel haben nach Renaturierung das Untersuchungsgebiet vermehrt in ihre Streif- und Rastgebiete einbezogen, was auf ein höheres Nahrungsangebot (Gewässereutrophierung durch Donauwassereintrag) besonders im Sommer-/Herbstaspekt hinweist (Utschick 2014). Vor der Dynamisierung war bei diesen Vogelgruppen, wegen der größeren Bedeutung der Donau als Nahrungsgewässer, zumindest außerhalb der Brutzeit die Reaktion im Feuchtgradienten relativ schwach, dies trotz der hohen Affinität dieser Wasservogelgilden zu Lebensräumen mit hoch anstehendem Grundwasser (überwiegend Auengewässer mit Inseln und Ufersäumen). Fischfresser konzentrierten sich bereits vor der Dynamisierung ausschließlich auf besonders feuchte Lebensräume und nahmen dort mit deren weiteren Vernässung stark zu (Abb. 5; Reiher). In den trockeneren Teilen wurden zudem über den Ottheinrichbach neue Nahrungsgewässer geschaffen, die vor allem von Reiher in kleinen Kontingen genutzten wurden.

Die Entwicklung der Wasservogelbestände hat auch maßgeblich den nach Dynamisierung deutlich höheren Vogelreichtum geprägt und ist wesentlich für die starke Zunahme von gefährdeten Arten oder Auen-Naturnähezeigern (Klassifizierungen siehe Utschick et al. 2012) verantwortlich (Abb. 5; Vogelsummen). In den terrestrischen Lebensräumen sind dagegen die Vogeldichten in den beiden Untersuchungsjahren vergleichbar (Abb. 5; Landvogeldichten). Vor Dynamisierung ist hier ein deutlicher positiver Zusammenhang zwischen Vogeldichte und Höhe des Grundwasserpegels erkennbar. Nach Dynamisierung sind die Dichten im stark vernässen Bereich überproportional gestiegen, während sich mittelfeuchte Mulden und trockene Altauen in ihren Vogeldichten kaum noch unterscheiden. Dies deutet darauf hin, dass die Vogelgemeinschaften in feuchter gewordenen Altauen mittelfristig stärker von den

gestiegenen Grundwasserständen profitiert haben als in schon vorher feuchten Mulden. Nur in der Brutzeit blieben die Landvogeldichten auch in den am stärksten vernässten Bereichen relativ konstant. Hier ist vermutlich die Verteilung von Brutrequisiten wie etwa Nistkästen entscheidender als die wasserinduzierten Veränderungen im Nahrungsangebot.

In Tab. 2 sind auch alle Vogelarten zusammengestellt, die sowohl auf Landschafts- als auch Habitatebene positiv bzw. negativ auf die nach Redynamisierung geringeren Grundwasserabstände und den höheren Gewässerreichtum reagiert haben. Besonders starke, positive, übereinstimmende Reaktionen gab es bei Pirol und Blaumeise (Abb. 6), wobei der Pirol im Untersuchungsgebiet eher gewässernahe, offene Lebensräume mit hoch anstehendem Grundwasser, die Blaumeise reife Auwä-

der mit mittleren Grundwasserabständen bevorzugte. Wegen der bei den Punktkartierungen selektiven Testflächenwahl (3.4) wird daher die hohe Indikatoreignung der Blaumeise eher auf Habitatebene, die des Pirols eher auf Landschaftsebene deutlich. Ähnliche Reaktionen wie der Pirol zeigen Mönchsgrasmücke, Heckenbraunelle, Amsel, Singdrossel (letztere v.a. im Sommer-/Herbstaspekt) sowie Schwarzspecht, Grauschnäpper und Kernbeißer (mit zum Teil massiver Verlagerung der Vorkommen von nadelholzreichen Trockenauen in vernässende Bereiche mit zum Teil absterbenden Bäumen um den Ottheinrichbach), während der Kleiber und (nur außerhalb der Brutzeit) die Sumpfmehlschnecke Reaktionen wie die Blaumeise aufweisen. Alle Arten dieser Gruppe sind somit in Auenlandschaften gute Zeiger für eine intakte auentypische Grundwassersituation.

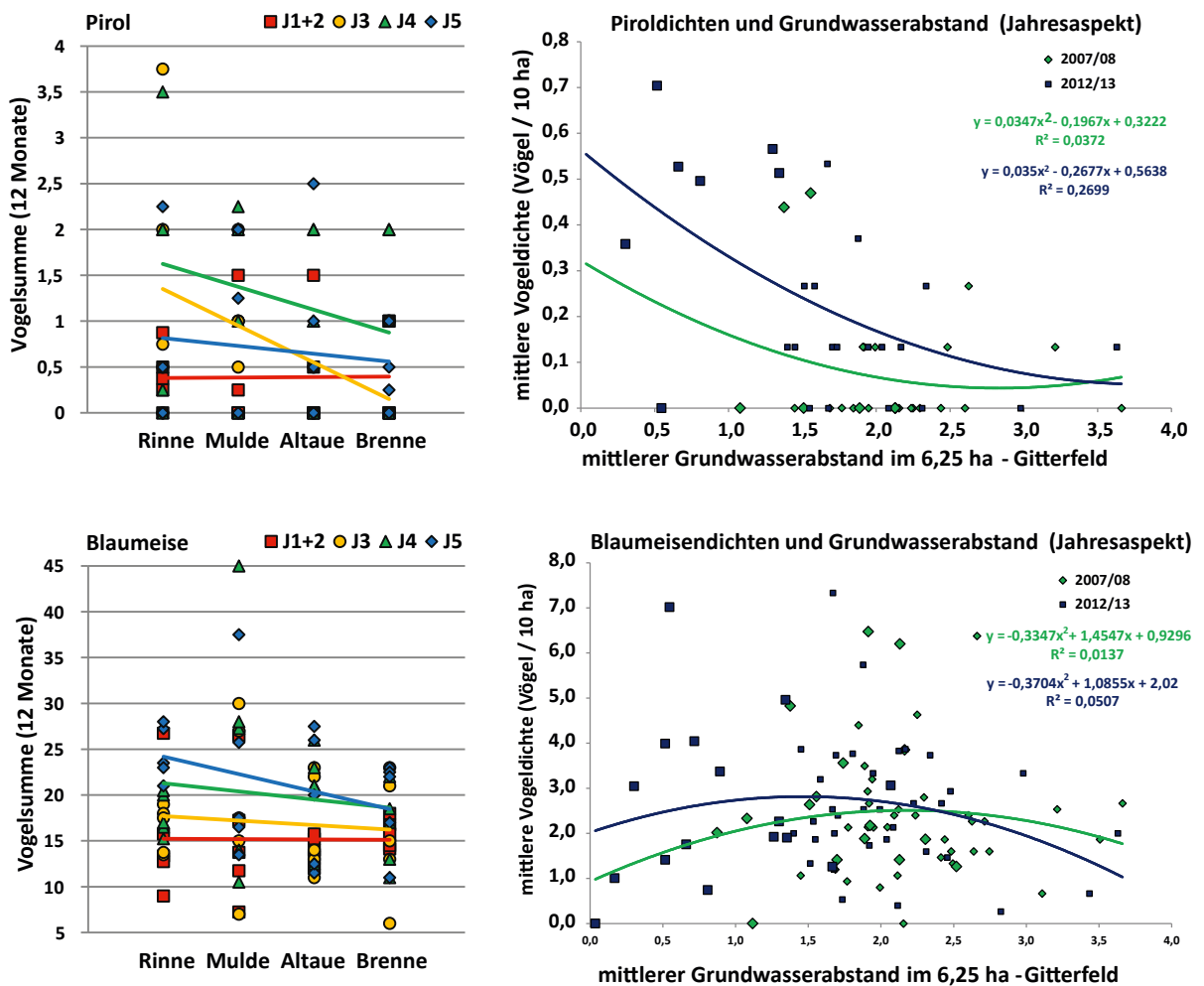


Abb. 6: Reaktionsmuster von Feuchtezeigern sowohl im auenmorphologischen Feuchtegradienten auf Habitatebene (links; 5 Jahre; J1+2 Mittelwert vor den Renaturierungsmaßnahmen in Jahr 3) als auch im am Grundwasserabstand orientierten Feuchtegradienten auf Landschaftsebene (rechts; vgl. Abb. 5) am Beispiel von Pirol und Blaumeise. – Reaction patterns (total year) of indicators for wet conditions (top Oriole, bottom Blue Tit) at habitat level (left; morphological gradient; 5 years, J1+2 average before renaturation work during year 3) and landscape level (right; water level dependence; see fig. 5).

Dies gilt auch für Buchfink und Gimpel. Diese Arten waren auf Habitatebene deutlich bessere Feuchtezeiger als auf Landschaftsebene, wo sie sich vor der Renaturierung eher an Lebensräumen mit mittleren Wasserständen orientierten (Blaumeisentyp). Danach zeigten sie aber meist linear zunehmende positive Beziehungen zu hoch anstehendem Grundwasser (Pirolytyp), und dies bei vor allem außerhalb der Auwaldlebensräume starken Zunahmen (Anhang). Die Blaumeise nahm dagegen besonders in geschlossenen Auwäldern zu, wobei sie sich hier auffällig auf im Winter feuchter gewordene Altauen konzentrierte.

Negativ auf Auedynamisierung reagierten in beiden Raumebenen intensive Trockenzeiger wie Wacholderdrossel *Turdus pilaris* und Grünfink (Abb. 7) sowie typische Nadelwaldarten, Star, Grünspecht oder Eichelhäher *Garrulus glandarius*. Die Vorkommen dieser

Arten sind zudem wie beim Grünfink im Untersuchungszeitraum meist stark gesunken, vor allem auf Brennen, die in der Regel mittlere Grundwasserabstände aufweisen und daher bei Donauhochwässern durch Grundwasseranstieg kurzzeitig geflutet werden können. Auf Landschaftsebene ist der Star nach wie vor im Feuchtsektor häufiger als im Trockensektor, hat aber in den feuchter gewordenen Auenbereichen besonders stark abgenommen. Gleiches gilt für den Grünspecht und im Winteraspekt die Wacholderdrossel. Arten mit Nahrungssuche vor allem im eichenreichen, reifen, lichten Auwald (Eichelhäher, Grünspecht) haben auf Landschaftsebene noch negativer reagiert als auf Habitatebene.

Auf Habitat- und Landschaftsebene deutlich unterschiedliche Reaktionen signalisieren Übertragbarkeit der Indikationsleistungen nur unter differenzierten

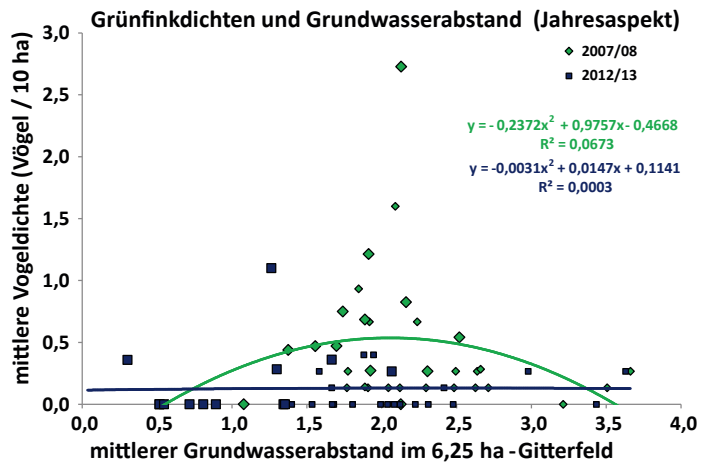
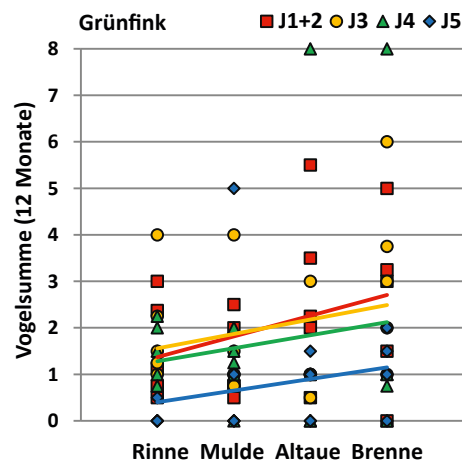
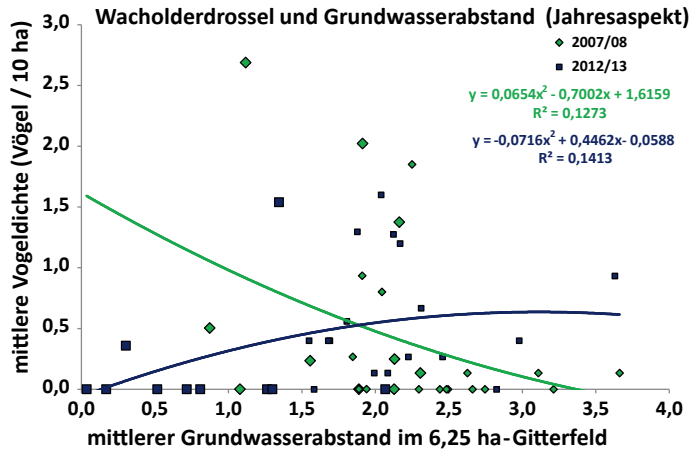
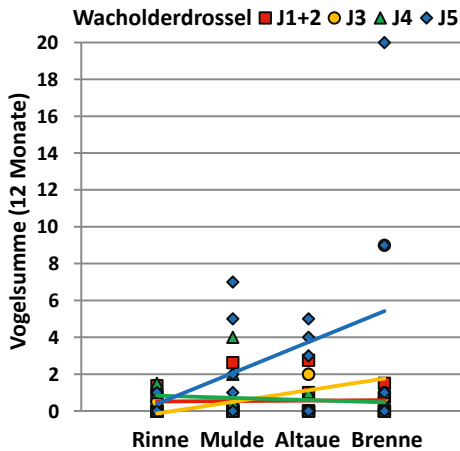


Abb. 7: Reaktionsmuster von Trockenzeigern sowohl im auenmorphologischen Feuchtegradienten auf Habitatebene (links; vgl. Abb. 6) als auch im am Grundwasserabstand orientierten Feuchtegradienten auf Landschaftsebene (rechts; vgl. Abb. 5) am Beispiel von Wacholderdrossel und Grünfink. – Reaction patterns (total year) of indicators for dry conditions (top Fieldfare, bottom Greenfinch) at habitat level (left; morphological gradient; see fig. 6) and landscape level (right; water level dependence; see fig. 5).

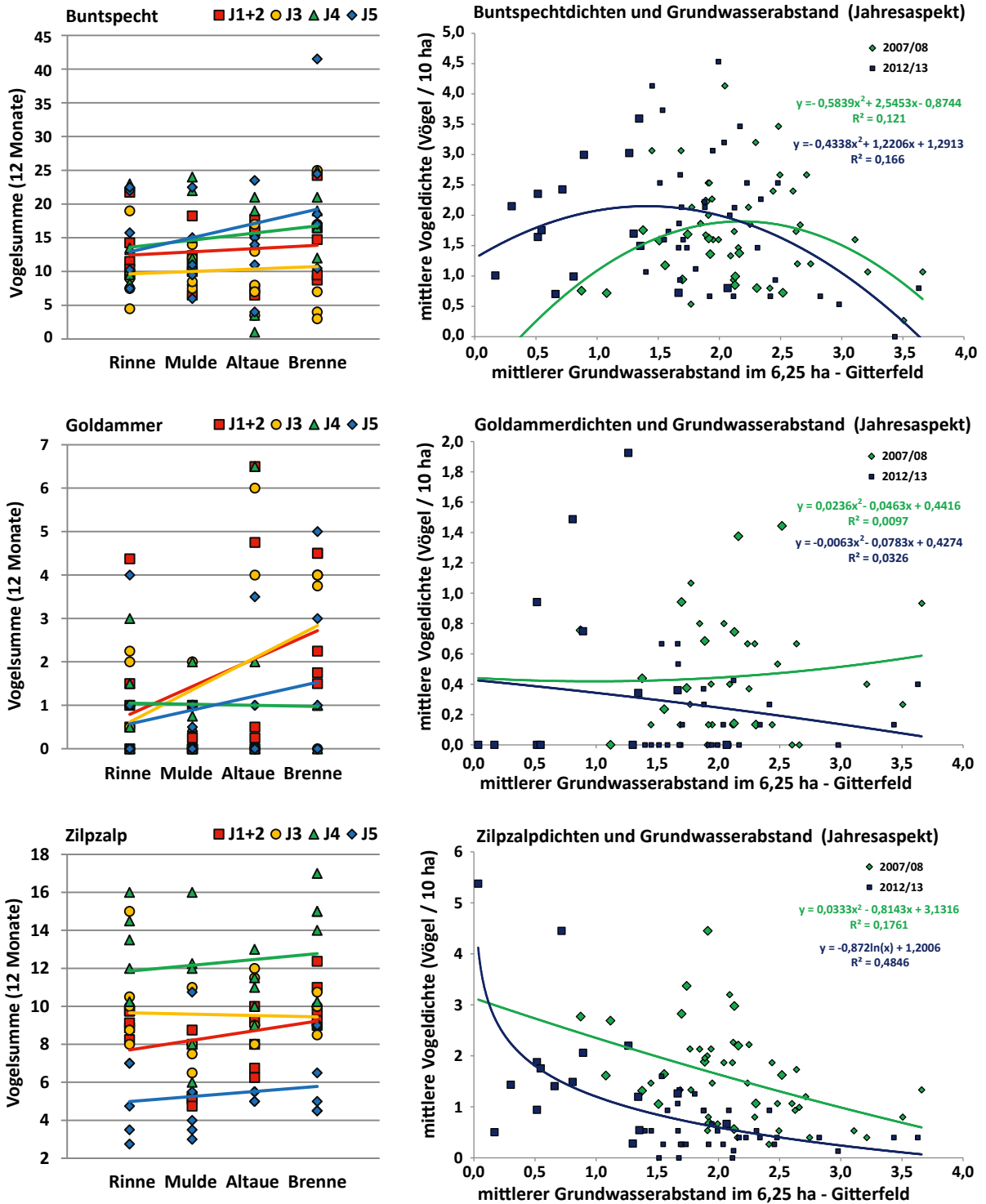


Abb. 8: Reaktionsmuster von im auenmorphologischen Feuchtgradienten als Trockenzeiger klassifizierten Arten (links; vgl. Abb. 6) wie Buntspecht, Goldammer und Zilpzalp, die auf Landschaftsebene (rechts; vgl. Abb. 5) positive Reaktion auf einen Grundwasseranstieg sowie Affinität zu Feuchtlebensräumen zeigen. – Reaction patterns (total year) of indicators (top Great Spotted Woodpecker, middle Yellowhammer, bottom Chiffchaff), which prefer dry conditions at habitat level (left; morphological gradient; see fig. 6), but wet habitats with increasing water levels at landscape level (right; water level dependence; see fig. 5).

Bedingungen (Einfluss von Jahreszeiten, Vergleichbarkeit von Lebensraumstrukturen etc.). Dies gilt vor allem für Arten mit auf Landschaftsebene Affinität zu feuchten Lebensräumen (im Untersuchungsgebiet häufig weichholzaunenartige Auengebüsche) und auf Habitatebene Präferenz für lichte, trockene Altauen und Brennen (unabhängig vom auenmorphologischen Feuchtegradienten kaum Vorkommen in geschlossenen Auwald). Dazu gehören mit der Gartengrasmücke und zumindest außerhalb der Brutzeit dem Fitis *Phylloscopus trochilus* typische Vogelarten lückenreicher Weidenauwälder sowie mit der Goldammer (Abb. 8) eine Offenland- und Waldrandart. Aber auch Waldvogelarten mit nach Redynamisierung starken Bestandszunahmen vor allem im Trockenhabitatsektor wie Buntspecht (Abb. 8) oder

im Brutaspekt Ringeltaube sind in der Brutzeit (Buntspecht) bzw. im Sommer-/Herbstaspekt (Ringeltaube) auf Habitatebene gute Feuchtezeiger und ergänzen in diesen Jahreszeiten das Zeigerartenspektrum. Beim Buntspecht ist die auf Habitatebene immer stärker werdende Konzentration auf Altauen und Brennen darauf zurückzuführen, dass diese Bereiche nach Wiedervernässung produktiver wurden (Utschick 2014). Die stärksten Zunahmen gab es dabei in Altauenarealen mit besonders hohem Grundwasseranstieg bzw. außerhalb der Probeflächen in Flutmulden mit beginnender Totholz-anreicherung.

Fitis, Gartengrasmücke, Zilpzalp und Goldammer haben dagegen im Untersuchungsgebiet deutlich abgenommen (vgl. Anhang), die Goldammer auch auf Bren-

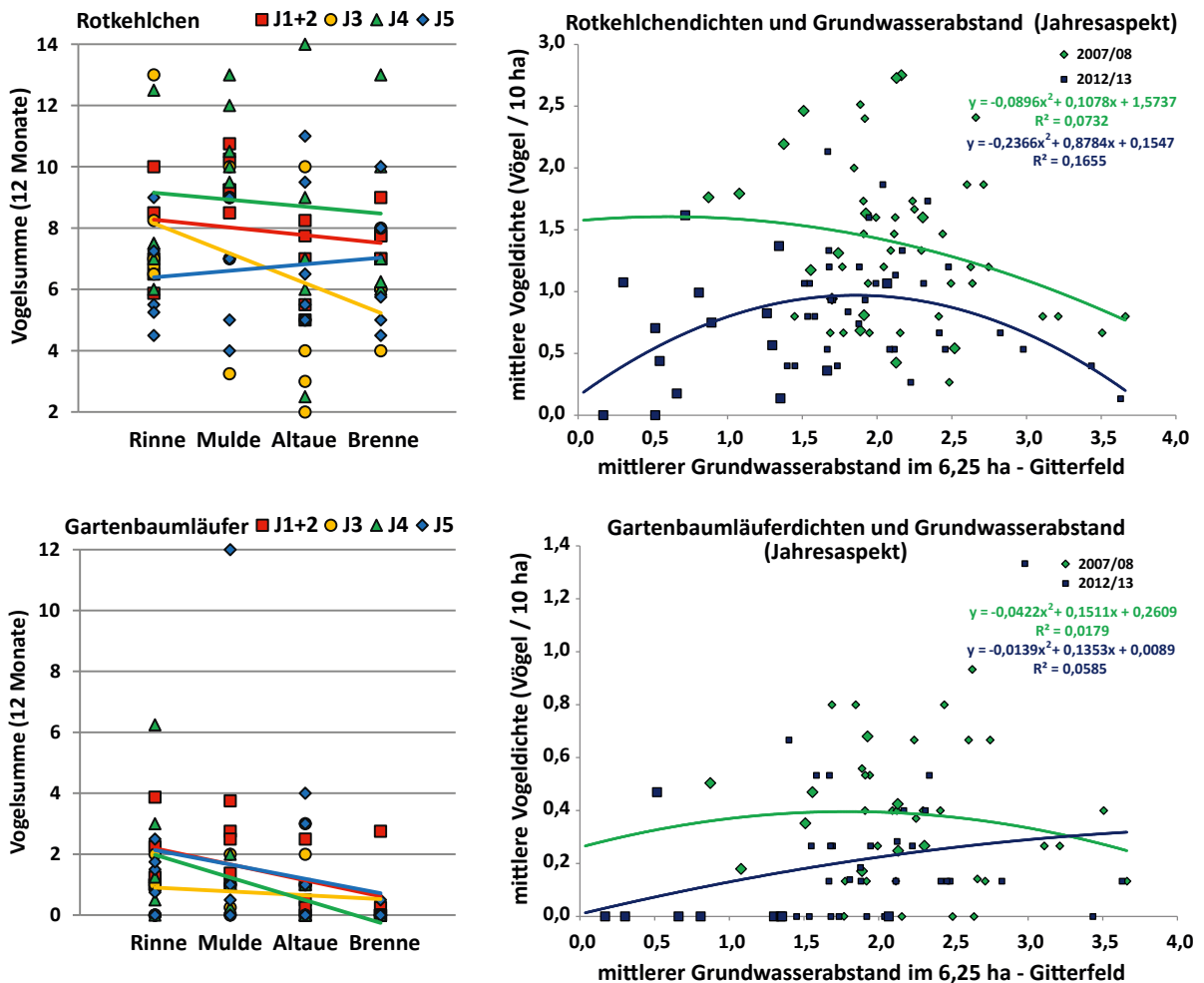


Abb. 9: Reaktionsmuster von Feuchtezeigern im auenmorphologischen Feuchtegradienten (links; vgl. Abb. 6) auf Landschaftsebene (rechts; vgl. Abb. 5) mit nach Dynamisierung negativer Reaktion auf den Grundwasseranstieg am Beispiel von Rotkehlchen und Gartenbaumläufer. – Reaction patterns (total year) of indicators (top Robin, bottom Short-toed Treecreeper) for wet conditions at habitat level (left; morphological gradient), but avoiding areas with increasing water levels at landscape level (right; see fig. 5).

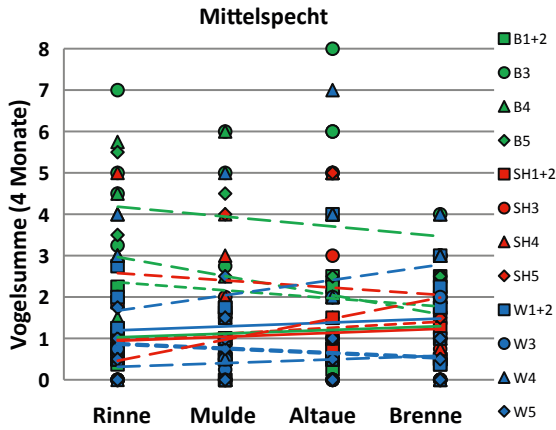
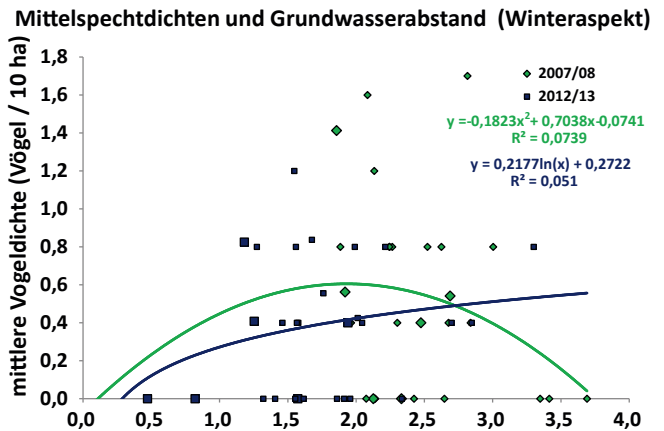
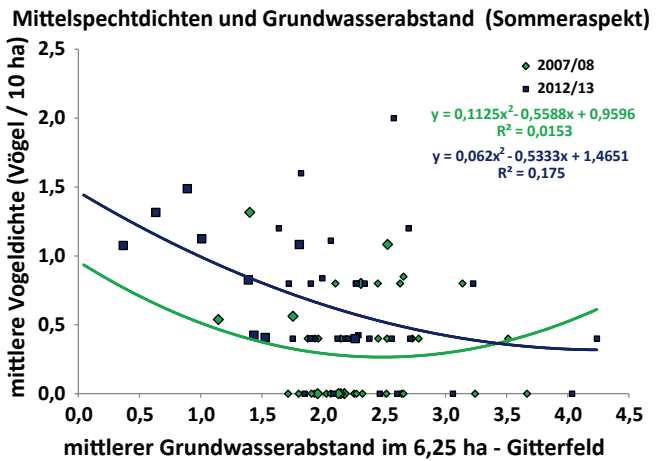
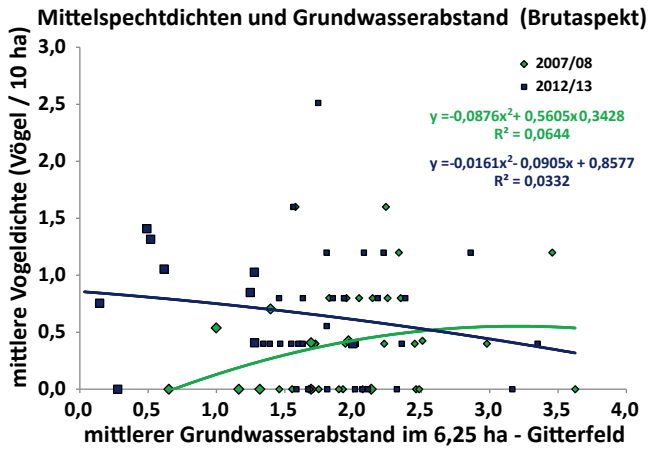


Abb. 10: Reaktionsmusterwechsel des Mittelspechts im auenmorphologischen Feuchtegradienten (links oben; B = Brut-, SH = Sommer-/Herbst-, W = Winteraspekt; Regressionsgeraden von Jahr 1+2 zu Jahr 5 mit zunehmender Auflösung der Linien) bzw. im am Grundwasserabstand orientierten Feuchtegradienten (vgl. Abb. 5). – Seasonal change of the reaction pattern of Middle Spotted Woodpecker at habitat level (top left; morphological gradient; regression lines from years 1+2 [solid] to 5 [finely broken]; B = breeding, SH summer/autumn, W = winter) and at landscape level (right; see fig. 5) from breeding season (top right) to summer/autumn and winter (bottom right).

nen, der Zilpzalp nach kontinuierlichen Zunahmen von 2007/09 bis 2011/12 (vgl. Abb. 8, links, J1+2 bis J4) erst 2012/13 (J5; vor allem im Brutaspekt). Damit ist zumindest die Goldammer in Hartholz- und Trockenauen ein guter Trockenzeiger, während die Vorkommen der drei anderen Arten von waldstrukturellen Folgen forstlicher Nutzungen oder Waldlücken produzierenden Ereignissen (Sturmwurf, Eisbruch etc.) stark beeinflusst werden. Beim Zilpzalp, der trotz einer tendenziellen Präferenz für Brennen (Abb. 8, links) auf Landschaftsebene (Abb. 8, rechts) besonders im Sommer-/Herbstaspekt Lebensräume mit hoch anstehenden Grundwasser bevorzugt und sich bei geringen Dichten (sinkende intraspezifische Konkurrenz) wie Fitis und Gartengrasmücke *Sylvia borin* auf nasse Optimalhabitate (Auengebüsche und offene Ufergehölze) zurückzieht, kommen wohl 2012/13 regionale oder externe Effekte hinzu (vgl. deutschlandweit negative Bestandstrends für die gesamte Artengruppe in Sudfeldt et. al 2013). Dadurch ist er für das Auenmonitoring nur bedingt geeignet.

Den Feuchtegradienten auf Habitat- und Landschaftsebene entgegengesetzte Reaktionen (Abb. 9) zeigten vor allem Gartenbaumläufer, Rotkehlchen, Zaunkönig und Kuckuck, im Winteraspekt auch



Mäusebussard, Rabenkrähe und Erlenzeisig (dieser nur Wintergast), während der Vegetationsperiode tendenziell auch die Kohlmeise. Fast alle diese Arten wiesen auf Habitatebene (als Feuchtezeiger) weitgehend konstante Bestände auf, während ihre Vorkommen auf Landschaftsebene (als Trockenzeiger) deutlich schrumpften und besonders in Bereichen mit über 50 cm ansteigenden Jahreswasserständen (überwiegend junge Auwälder und gehölzarme Auenlebensräume) stark zurück-

gingen. Diese Arten sind dadurch in komplexen Auenlandschaften eher Trockenzeiger, in reifen Auwäldern dagegen Waldstrukturzeiger mit Feuchteindikation. Für Rabenkrähe und Mäusebussard gilt dies nur im Winter (in der Vegetationsperiode vor allem bei der Rabenkrähe starke Affinität zu feuchten Lebensräumen; im Winter verstärkt am trockenen Auenrand und im angrenzenden Agrarland).

Auf Habitat- und Landschaftsebene im Jahresverlauf komplexe, auf den ersten Blick widersprüchliche Reaktionsmuster zeigen Mittelspecht, Halsbandschnäpper und Schwanzmeise. Beim Mittelspecht (Abb. 10) hat sich die komplexe Feuchteindikation bei nach Renaturierung veränderten Produktions- und Mikroklimaverhältnissen in deutlichen Bestandszunahmen niedergeschlagen (Anhang). Vor Renaturierung weitgehend ohne Reaktion auf den auenmorphologischen Feuchtegradienten wurde die Art nach der Redynamisierung beim Brutaspekt im 3., im Sommer-Herbst-Aspekt im 4. und im Winteraspekt im 5. Untersuchungsjahr zum Feuchtezeiger. Auf Landschaftsebene war die Art im Brutaspekt vor Renaturierung vor allem in grundwasserfernen Bereichen (Brennen, Altauen) häufig, danach jedoch fast nur noch in Bereichen mit relativ hoch anstehendem Grundwasser (Abb. 10). Auch im Sommer-/Herbstaspekt mit ursprünglicher Präferenz für sowohl nasse als auch trockene Standorte (vor allem im geschlossenen Auwald) hat sich die Präferenz für nasse Lebensräume deutlich verstärkt (Abb. 10). Im Winteraspekt werden dagegen auf Landschaftsebene nach der Redynamisierung nasse, kalte Standorte konsequent gemieden und trockene Auwälder bevorzugt (besonders, wenn sie feuchter geworden sind; vgl. Abb. 10, links unten).

Ganz ähnlich wie der Mittelspecht hat mit dem Halsbandschnäpper eine weitere Zielart des Naturschutzes positiv auf die Renaturierung reagiert (tendenzielle Bestandszunahme, vor allem bei mittleren Wasserständen in geschlossenem Auwald bzw. außerhalb der Brutzeit bei stark steigenden Grundwasserständen im Feuchtsektor). Sie ist damit in Auen ebenfalls ein wertvoller Feuchtezeiger (ökosystemare Reaktion; vgl. fehlende direkte Affinität zu hohen Grundwasserständen in Tab. 3). Die Schwanzmeise präferiert nur in der Brutperiode auf Habitat- und noch deutlicher auf Landschaftsebene feuchte Auteile und ist in dieser Jahreszeit ein guter Feuchtezeiger. Im Sommer-/Herbst ähneln die Reaktionen dem Feuchtezeiger Blaumeise, allerdings bei intensiverer Nutzung von gewässernahen, jungen Auengehölzen.

4. Diskussion

Ziel des die Redynamisierung der Neuburger Donauauen begleitenden Auenmonitorings war es, eine maßnahmeninduzierte Weiterentwicklung zu auentypischeren Verhältnissen zu belegen, zu quantifizieren und die

Übertragbarkeit von Bewertungsprinzipien auf andere Auensysteme zu prüfen. So belegen Monitoring-Ergebnisse bei Fischen (Pander et al. 2011) eine schnelle und erfolgreiche strukturelle Aufwertung der Auen durch ein neu angelegtes Auengewässer mit Anbindung an die Donau (Ottheinrichbach), bei Mollusken (Utschick et al. 2013) zusätzlich Renaturierungserfolge vor allem in bereits relativ feuchten Auenarealen. Bei Vögeln ergab das Monitoring, dass durch den Eintrag von nährstoffreichem Donauwasser über eine reaktivierte Altrinne der Donau und der daraus folgenden Grundwasseranhebung die Produktivität der Auen zugenommen hat (Utschick 2014). Ähnliches wird an der Lupe im Leipziger Auwald versucht (Putkunz 2011). Am Inn kam es nach dem Einstau der Staustufe Perach aufgrund nachhaltiger Grundwasseranstiege in der Aue, kombiniert mit vereinzelt „Ökologischen Flutungen“ in Hochwasserperioden (Überlaufschwelen), ebenfalls zu Produktionsschüben in der Gehölzvegetation, mit entsprechender Zunahme der Vogelaktivitäten vor allem von Waldvogelgeneralisten wie Meisen, Drosseln, Buchfink oder Mönchsgrasmücke (Utschick 2000), nicht aber in der Bodenvegetation (Pfadenhauer & Eska 1985, für Donauauen vgl. Kiener 1984). Auch an der Donau belegen die Reaktionen der Vögel, dass die Produktivität zunächst vor allem bei auentypischen Baumarten sowie in den Vegetationsstraten steigt, bei denen steigende Grundwasserstände die Wasserversorgung der für diese Straten typischen Wuchsformen verbessern. Mittelfristig führen Nahrungsketten- und Dispersionseffekte auch zu höherem Nahrungsangebot in Auenarealen mit nach wie vor großem Grundwasserabstand, wodurch die auenmorphologische Indikation von Vogelarten für Feucht- bzw. Trockenhabitate (Utschick et al. 2012) überlagert wird (vermehrtes Auftreten von „Feuchtezeigern“ in Trockenhabitaten).

Indikatorarten für Veränderungen von hydrologischen Auenzuständen können sowohl über die Grundwasserverhältnisse (Landschaftsebene) als auch über am Grundwasserstand orientierte Habitattypengradienten abgeleitet werden, wobei die Arten und Gilden am stärksten auf Veränderungen reagieren sollten, deren Vorkommen nicht streng an Feucht- oder Trockenhabitate gebunden sind. Bei Arten, die Lebensräume mit hoch anstehendem Grundwasser präferieren, ist zu berücksichtigen, dass die Produktivität infolge der Anpassung von Lebensformen an für sie optimale Grundwasserverhältnisse bei sich nachhaltig verändernden Grundwasserständen sowohl zu- als auch abnehmen kann. Zu wenig Wasser führt zu Produktionsausfällen, zu viel zum Ausfall von nicht ausreichend angepassten Pflanzenarten. Letzteres betraf vor allem Baumarten der Hartholzau in Muldenlagen nahe dem Ottheinrichbach und anderen Auengewässern mit nach Redynamisierung aufquellendem Druckwasser. Relativ robust erwiesen sich hier nur Eiche, Weichlaubholz und z. T. Esche (Macher 2008), während vor allem Natur-

verjüngungen von Ahornarten oder Hybridpappeln rasch ausfielen (Kiener 1984, Siepe 2001). In rezenten Auen ist die Esche im Vergleich zu Altauen sogar vitaler als die Eiche, hält aber lang anhaltende Überflutungen nicht aus (Glaeser et al. 2009).

Die Produktion in gewässernahen, weichholzreichen Gehölzbeständen (nicht bei Schwarzerlen; vgl. Ruschen 1997) und in den Gewässern selbst (durch unterirdisch einströmendes Donauwasser) nahm dagegen vermutlich deutlich zu (vgl. Harner et al. 2003).

Im Untersuchungszeitraum waren die besten Indikatoren hierfür Wasservögel, vor allem herbivore Arten während der Brut- und Mauserperiode, aber auch Fischfresser (ganzjährig). Selbst bei stark belastetem Flusswasser wäre dies wegen des subterranean Wassertransports im Gegensatz zu oberflächigen Flutungen kein die Produktivität senkendes toxisches Problem (Ulbrich 1995).

Die auf Habitatebene bewertenden, ausschließlich Auwaldhabitate berücksichtigenden Indikatorarten- und -gilden (Tab.2, Tab.3) zeigen typische Waldvogelreaktionen mit höchsten Dichten, bzw. nach Redynamisierung, zunehmenden Abundanzen besonders bei mittleren Grundwasserständen (häufig Standorte mit großkronigem Auwald und dichtem Unterstand). In rezenten Auen profitieren diese Bereiche am stärksten von den hier relativ häufigen temporären Flutungen durch Hochwässer, wofür in eingetieften Flussabschnitten Sohlschwellen zur Anhebung des Flusswasserkörpers erforderlich sind (Jäger et al. 2001). Daher sollten technisch gestaltete „Ökologische Flutungen“ vor allem solche Auentile berücksichtigen. Dies führt allerdings nur bei Ausleitungsmengen von über 50 m³/s über mindestens 10 Tage zu auenrelevanten Veränderungen der Grundwasserverhältnisse (LfU Baden-Württemberg 1996), Werte, die in den Neuburger Donauauen bei weitem nicht erreicht und auch nicht angestrebt werden (Fischer et al. 2012). Die Ökologischen Flutungen betreffen hier fast ausschließlich Waldlebensräume um den kaum ausbordenden Ottheinrichbach mit bereits hohem Grundwasserstand. Auch eine Kombination von Ökologischen Flutungen mit Hochwasser-Poldern führt nur bedingt zu auentypischer Bodenwasserdynamik (Henrichfreise 2003a), wobei langer Einstau mit nachfolgend rascher Entleerung der Polder eher Nährstoffausträge bewirkt (LfU Baden-Württemberg 1996). Trotz Hochwasserretention waren aber auch in solchen Poldern die Entwicklungstendenzen von Flora und Fauna nach 15 Jahren bei im Vergleich zur Donau deutlich intensiveren Ökologischen Flutungen positiv. Da sich die Wasserstände in den Auen maximal eine Woche nach Abklingen der Ökologischen Flutungen normalisierten (Ruschen 1997) trug die Grundwasserstandsdynamik weniger dazu bei als die Eutrophierung durch Oberflächenwasser, dies auch in Baggerseen. Ein dauerhafter Grundwasseranstieg durch permanent einströmendes Donauwasser, wie er in den Donauauen durch den Ottheinrichbach ausgelöst wurde, führte dagegen

in einem angrenzenden Baggersee zu Nährstoffanreicherungen und stark steigenden Wasservogelbeständen, wobei sich dies auch auf die terrestrische Umgebung solcher Gewässer auswirkt (LfU Baden-Württemberg 1996).

Zwar sind auch die Donauauen zwischen Neuburg und Ingolstadt ein ca. 20 Mio m³ fassender Retentionsraum, der flussabwärts die Hochwasser-Spitzenpegel um mindestens 20 cm entlasten kann (Weiger & Margraf 2003). Wegen des Durchlaufprinzips erholen sich hier aber die Auwaldzönosen selbst nach Katastrophenhochwässern wie 1999 innerhalb weniger Jahre (Ringler & Layritz 2003). Vor allem bei Auenrenaturierungen, in denen Grundwasseranhebung durch permanente Flusswassereinleitung versucht wird, sind diese starken Hochwässer bzw. Ökologische Flutungen wichtig, um eine Abdichtung der Einleitungen und damit wieder flächig sinkende Grundwasserstände zu verhindern (Henrichfreise 2003b, Utschick 2000).

Auf Landschaftsebene werden, wegen der im Vergleich zur Habitatebene repräsentativeren Berücksichtigung von Nichtwaldhabitaten mit häufig hoch ansteigenden Grundwasser, für Waldstandorte typische Altholzvögel tendenziell zu Trockenzeigern, selbst wenn sie im feuchteorientierten Auwald-Habitatgradienten feuchtere Standorte bevorzugen. Außer, sie profitieren wie der Buntspecht (Abb. 6) in Muldenlagen nach Dynamisierung von (nicht nachhaltig) kleinflächig steigenden Totholzangeboten durch nicht ausreichend an die steigenden Wasserstände angepasste Baumarten.

Als Zeigerarten problematisch sind Arten, die halb-offene Lebensräume bevorzugen (häufig entweder sehr gute oder sehr schlechte Grundwasseranbindung; bei verkürzten Habitatgradienten Scheinabhängigkeit vom Grundwasserstand; vgl. Tab. 3). Dazu gehören mit Gartengrasmücke, Fitis, Zilpzalp und Goldammer (Abb. 6) meist bodennah brütenden Waldlücken- und Waldrandbewohner. Außer der Goldammer sind diese Arten nur in degenerierten Auwäldern Indikatoren (Trockenzeiger) und auf Landschaftsebene eher Strukturzeiger. Im Donautal bevorzugt der Fitis gewässerbegleitende Weichholzsäume und baumarme Verbuschungen (OAG Ostbayern 1978).

Berücksichtigt man diese Lebensraumabhängigkeiten, dann bieten sich aus einem Vergleich von Tab. 2 und Tab. 3 vor allem folgende generelle Indikatorarten als Feuchtezeiger an: Pirol, Kuckuck, Mönchsgrasmücke, Heckenbraunelle, Amsel, Gimpel sowie die, z. T. nur im Winter, reifen Auwald präferierenden Arten Blaumeise, Mittelspecht, Kleiber, Buchfink, Kohlmeise und Halsbandschnäpper (auf Landschaftsebene z. T. „Trockenzeiger“). Als typische Auwaldzeiger von überregional hohem naturschutzfachlichem Wert gelten davon nur Mittelspecht, Halsbandschnäpper und Pirol (Patzak 2011), als in den Donauauen stark an noch intakten, naturnahen Auwald gebunden die Heckenbraunelle (OAG Ostbayern 1978).

Trockenzeigerfunktionen übernehmen dagegen Goldammer, Grünfink, Grünspecht, Star und Wacholderdrossel. Bei Bezug auf Jahreszeiten kommen bei den Feuchtezeigern in der Brutzeit Zaunkönig, Schwanzmeise und Buntspecht und außerhalb der Brutsaison Sumpfmeise, Gartenbaumläufer, Grauschnäpper, Rotkehlchen, Grauspecht, Ringeltaube, Rabenkrähe und Mäusebussard bzw. als Trockenzeiger Nadelwaldmeisen und Goldhähnchen hinzu. Damit integriert das Zeigerartensystem große Teile der Vogelgemeinschaft, was zur Folge hat, dass in der Vegetationsperiode auch steigende Vogeldichten in terrestrischen Habitaten sowie v.a. im Sommer-/Herbstaspekt von Wasservögeln (besonders von Herbivoren und Fischfressern) Verbesserungen im Auenwasserhaushalt belegen (höhere Produktivität). Dieses Ergebnis ist auf alle degenerierten Flussauen mit ähnlichen Vogelgemeinschaften und übertragbar (zumindest im gesamten Einzugsgebiet der Donau). Bei sich ändernden Artenzusammensetzungen und Dominanzstrukturen (Rhein-, Elbe-, Oderauen) muss der Indikatorartenpool durch weitere Arten ergänzt werden. Für das Monitoring der Auenqualität von Weichholzaunen ist das Indikatorartensystem vermutlich ungeeignet. Hier ist nach Wiedervernässung nur eine schwache Reaktivität von auf Lebensräume mit hohem Grundwasserstand spezialisierten Arten zu erwarten.

Hinsichtlich des Monitoring-Ansatzes hat sich gezeigt, dass ein an der hydrologischen und auenmorphologischen Ausgangssituation orientierter Habitattypengradient plausiblere Ergebnisse erbracht hat als bei Bezug auf rein hydrologische Parameter wie Grundwasserabstand oder Donauwasserführung, wobei hier ein Bezug allein auf Mittelwerte für auensystemare Erklärungsmodelle nicht optimal ist (Henrichfreise 2003b). Dies ist eine direkte Folge der komplexen Beziehungen zwischen dynamischer Wasserversorgung, Vegetationsstruktur und Produktivität in den einzelnen Habitattypen. Punktkartierungen sind geeignet, wobei allerdings alle landschaftsrelevanten Habitattypen mit ausreichender Stichprobenzahl bearbeitet werden müssen, außer, das naturschutzfachliche Problem bezieht sich nur auf selektierte Lebensräume (z.B. Altauen). Ein alternativer Ansatz wäre eine Gitterfeldkartierung mit auenmorphologischen Habitattypen als Unterflächen und anderen wichtigen Lebensraumparametern auf Landschaftsebene. Solche Gitterfeldkartierungen bilden Abhängigkeiten vom Wasserregime besser ab als Punkt- oder Linienkartierungen (Baldi et al. 1999) und signalisieren in Modellen eher ökosystemrelevante Lebensraumbezüge als artenspezifische Abhängigkeiten von Mikrohabitaten (Burkardt et al. 1998). Ganzjährige Vogelbestandsaufnahmen bringen dabei die besten Ergebnisse. Aber auch Untersuchungen nur während der Brutzeit oder im Sommer-/Herbst (v.a. bei Wasservögeln) liefern ausreichende Monitoring-Daten zur Beurteilung des Redynamisierungserfolgs. Dabei muss aber vor allem in niederschlagreichen Brutsaisons und

sehr kalten Wintern die witterungsbedingte Konzentration von regionalen Vogelbeständen in Auwäldern berücksichtigt werden (Utschick 2001) bzw. in Zugzeiten die dann besonders starke Präferenz für flussnahe Gehölze (Brunner et al. 2003). Effektive Stichproben bieten sich wegen der in Flussauen typischen Häufigkeitsverteilungen in der Brutzeit vor allem bezüglich des Artenreichtums, im Sommer/Herbst des Individuenreichtums und im Winter der Biomasse (inklusive Wasservogel) an (Hubalek 1999). Wegen der z. T. von externen Rahmenbedingungen ausgelösten Schwankungen in der Zusammensetzung der Vogelgemeinschaften und der entlang des auenmorphologischen Habitatgradienten unterschiedlich schnellen Reaktionen der Avizönoten auf eine verbesserte Grundwassersituation sollten die Untersuchungszeiträume sowohl vor als auch nach den Renaturierungsmaßnahmen mindestens zwei Jahre umfassen. Bei nur je einem Jahr, wie dies im vorliegenden Fall bei den Gitterfeldkartierungen auf Landschaftsebene praktiziert wurde, ist nicht auszuschließen, dass bei einzelnen Vogelarten unterschiedliche Dichten vor und nach der Wiedervernässung auf externe Effekte zurückzuführen sind und dann eventuell fehlinterpretiert werden. Während und kurz nach den Baumaßnahmen für die Auen-Redynamisierung kann dagegen auf ein Monitoring verzichtet werden. Hier zeigen Bioindikatoren vor allem (meist nicht nachhaltige) Systemstörungen an (z. B. bei Laufkäfern; vgl. Gruppe et al. 2014).

Danksagung

Zu großem Dank verpflichtet bin ich dem Bundesamt für Naturschutz für die finanzielle Förderung des Vorhabens sowie B. Neukirchen und E. Peters für zahlreiche Anregungen im Rahmen der projektbegleitenden Arbeitsgruppe. Für wertvolle Hinweise und die Überlassung von Grundlagenmaterialien bedanke ich mich herzlich bei der Forstdirektion Ingolstadt des Wittelsbacher Ausgleichsfonds, dem Wasserwirtschaftsamt Ingolstadt, der E.ON Wasserkraft GmbH sowie allen Mitarbeitern im Netzwerk des MONDAU-Projekts. Besonderen Dank schulde ich P. Fischer, M. Kautz und M. Kuba für die zeitnahe Aufbereitung von Wasserdaten, A. Gruppe, M. Kilg und R. Schopf sowie der Redaktion und den Gutachtern der Vogelwarte für richtungsweisende Diskussionsbeiträge.

5. Zusammenfassung

Die rechtsseitigen Donauauen zwischen Neuburg und Ingolstadt werden seit Anfang Juni 2010 durch Einspeisung von Donauwasser renaturiert. Dies geschieht durch einen permanent gefluteten, neu angelegten Bach sowie durch temporäre, am Hochwasserregime der Donau ausgerichtete „Ökologische Flutungen“. Für das begleitende Monitoring wurden unter anderem Indikationseigenschaften von Auenvögeln verwendet.

Für die Ableitung von Indikationseigenschaften (Feuchte-, Trockenzeiger) liefert die Verteilung und Populationsdynamik von Vogelarten entlang eines an den hydrologischen Rahmenbedingungen orientierten auenmorphologischen Habitatgradienten schärfere Ergebnisse als Bezüge zu Grundwasserständen oder Donauwasserführung. Dies ist eine direkte Folge der komplexen, in den einzelnen Habitattypen unterschiedlichen Beziehungen zwischen Wasserversorgung, Vegetationsstruktur und Produktivität, die zusammen die Vogelverteilungen maßgeblich beeinflussen. Im Monitoring müssen daher alle landeschaftstypischen Lebensräume berücksichtigt werden. Wenn dies mit stratifizierten Punktkartierungen auf Habitatebene nicht effektiv möglich ist sind Gitterfeldkartierungen mit Unterflächen (unter Berücksichtigung von Habitattypen, Landschaftsstrukturen, Lagebeziehungen) die zeitgünstigere Alternative. Dann sind auch die Ergebnisse auf andere Auen (zu mindest im Einzugsgebiet der Donau) übertragbar.

Unter Berücksichtigung von Habitat- und Landschaftsebene bieten sich vor allem Pirol, Kuckuck, Mittelspecht, Halsbandschnäpper, Mönchsgrasmücke, Heckenbraunelle, Amsel, Blau- und Kohlmeise, Kleiber, Buchfink und Gimpel als generelle Feuchtezeiger für rezente Auen an, als Trockenzeiger Goldammer, Grünfink, Grünspecht, Star und Wacholderdrossel für degenerierte Auen. Waldvogelarten, die Lebensräume mit mittleren Grundwasserabständen bevorzugen, sind reaktiver als Gebüsch- oder Waldlückenvögel, die vor allem Habitate mit sehr hohen oder sehr niedrigen Wasserständen besiedeln. Jahreszeitbezogen können noch weitere Indikatorarten hinzukommen (z. B. Sumpfmehle). Auch die Dichten von Vogelgemeinschaften in terrestrischen Habitaten oder die von Wasservögeln (vor allem von Herbivoren) eignen sich für die Indikation einer nach Redynamisierung höheren Ökosystemproduktivität von renaturierten Auen infolge verbesserter Wasserverfügbarkeit.

6. Literatur

- Baldi A, Moskat C & Zagon A 1999: Evaluating the effectiveness of faunal mapping, forest and marshland bird censuses for monitoring environmental changes. *Vogelwelt* 120, Suppl.: 131-134.
- Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 2003: Landesweite naturschutzfachliche Bewertung der Auen im Rahmen des Auenprogramms Bayern. http://www.bayern.de/lfu/tat_bericht [Online, cited 12.12.2003].
- Berthold P 1976: Methoden der Bestandserfassung in der Ornithologie: Übersicht und kritische Betrachtung. *J. Ornithol.* 117: 1-69.
- Bibby CJ, N.D. Burgess ND & D. A. Hill DA 1995: Methoden der Feldornithologie. Neumann, Radebeul.
- Birkel I & Mayer A 1992: Ökologische Zustandserfassung der Flussauen an Iller, Lech, Isar, Inn, Salzach und Donau und ihre Unterschutzstellung. Schriftenreihe Bay. LFU, H. 124.
- Brunner H, Brandner J & Stani W 2003: Die Bedeutung von Uferlebensräumen für ziehende Kleinvögel: Untersuchungen am Murstausee Gralla (Steiermark) im Vergleich zum Umland. Österr. Elektrizitätswirtschafts-AG Verbundgesell. (Hrsg): Forschung im Verbund. *Schr. Reihe* Bd 81: 1-37.
- Burkardt J, Schlund W & Stauss MJ 1998: Scale effects of habitat selection in breeding Nuthatches (*Sitta europaea*) in two different woodlands. *J. Ornithol.* 139: 37-48.
- Deutscher Rat für Landespflege 2009: Verbesserung der biologischen Vielfalt in Fließgewässern und ihren Auen. *Schr. Reihe Dt. Rat f. Landespflege*, H. 82.
- Dufrène M & Legendre P 1997: Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecol. Monographs* 67: 345-366.
- Fairbairn SE & Dinsmore JJ 2001: Local and landscape-level influences on wetland bird communities of the prairie pothole region of Iowa, USA. [ed.] *The Society of Wetland Scientists. Wetlands*. 3 2001, Vol. 21(1): 41-47.
- Fischer P, Blasch G, Cyffka B 2012: Die Donauauen zwischen Neuburg und Ingolstadt – erste ökologische Flutung im Auwald – Entwicklung von Dynamik in einem Fließgewässer. *Auenmagazin* 3: 30-34.
- Frank G 2012: Danubeparks – Netzwerk der Donau-Schutzgebiete. *Auenmagazin* 3: 10-11.
- Gehrold A 2014: Habitat choice of wing-moulting waterbirds in response to temporary flightlessness. *Ibis* 156(4): 850-863.
- Glaeser J, Bleßner K, Brosinsky A, Ceko R, Guttmanns S, Kreibich M, Osterloh S, Passing A, Schwäbe S, Timpe C & Felinks B 2009: Erfolgskontrolle von Hartholzauenwald-Aufforstungen in der Kliekener Aue. *Naturschutz Land Sachsen-Anhalt* 46: 41-48.
- Gruppe A, Utschick H, Kilg M & Schopf R 2014: E+E-Begleitvorhaben – Monitoring auenökologischer Prozesse und Steuerung von Dynamisierungsmaßnahmen. 7.2 Terrestrische Biodiversität. *Auenmagazin* 5. Im Druck.
- Harner M & Stanford J 2003: Differences in cottonwood growth between a losing and a gaining reach of an alluvial floodplain. *Ecol.* 84: 1453-1458.
- Henrichfreise A 2003a: Dienen Polder dem naturverträglichen Hochwasserschutz? *Natur u. Landschaft* 78: 150-153.
- Henrichfreise A 2003b: Wie zeitgemäß sind Mittelwerte für Planungen an Flüssen und in Auen? *Natur u. Landschaft* 78: 160-162.
- Hubalek Z 1999: Seasonal changes of bird communities in a managed lowland riverine ecosystem. *Folia Zool.* 48: 203-210.
- Jäger P, Fuchs M & Jürging P 2001: Wasserwirtschaftliche Rahmenuntersuchung Salzach. Grundlagen, Methoden und Anwendung der ökologischen und naturschutzfachlichen Bewertung. 101 S. München, Wien.
- KU Eichstätt-Ingolstadt 2014: www.ku.de/mgf/geographie/angewandte-physische-geographie/aueninstitut-neuburg/mondau/ [Online, cited 14.08.2014].
- Kiener J 1984: Veränderungen der Auenvegetation durch die Anhebung des Grundwasserspiegels im Bereich der Staustufe Ingolstadt. *Ber. ANL* 8: 104-129.
- LfU (Landesamt für Umweltschutz) Baden-Württemberg 1996: Flutungen der Polder Altenheim. Zwischenbericht zur Fortführung der Ökologischen Flutung. Berichtszeitraum 1994. Oberrheinagentur, Lahr.
- Macher C 2008: Wenn Bäumen das Wasser bis zum Hals steht. *LWFaktuell* 15(66): 26-29.
- OAG (Ornithologische Arbeitsgemeinschaft) Ostbayern 1976: Lebensraum Donautal. Ergebnisse einer ornitho-ökologischen Untersuchung zwischen Straubing und Vilshofen. *Schr. Reihe Naturschutz und Landschaftspflege*, H 11. 125 S.
- Pander J, Müller M, Hamp J & Geist J 2011: E+E Begleitvorhaben Monitoring auenökologischer Prozesse und Steuerung von Redynamisierungsmaßnahmen. Teilprojekt VIII – Aquatische Biodiversität. Abschlussbericht 2010. Lehrstuhl für Aquatische Systembiologie, TU München.

- Patzak U 2011: Zur Häufigkeit der Spechte in den Hartholzauenwäldern des Mittelbegebiets. *Vogelwarte* 49: 49-50.
- Pfadenhauer J & Eska G 1985: Auswirkungen der Innstau-
stufe Perach auf die Auenvegetation. *Tuexenia*, N.S., 5: 447-453.
- Putkunz J 2011: Lebendige Luppe – attraktive Auenlandschaft: Wiederherstellung ehemaliger Wasserläufe der Luppe im nördlichen Leipziger Auwald. 5. Leipziger Auensymposium. *UFZ-Bericht* 6/2011: 31-37. UFZ Leipzig.
- Puhlmann G & Jährling KH 2003: Erfahrungen mit „nachhaltigem Auenmanagement“ im Biosphärenreservat „Flusslandschaft Mittlere Elbe“. *Natur u. Landschaft* 78: 143-149.
- R Development Core Team 2014: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org> [Online].
- Ringler A & Layritz M 2003: Pflingsthochwasser 1999 in Südbayern: Eine ökologische Bilanz nach drei Jahren. *Natur u. Landschaft* 78: 54-159.
- Ruschen G 1997: Abschlussbericht der FVA Freiburg zum Untersuchungsprogramm „Ökologische Flutungen im Polder Altenheim“. FVA Freiburg.
- Siepe A 2001: Umweltverträglicher Hochwasserschutz im Integrierten Rheinprogramm (IRP) durch ökologische Flutungen. *Natur u. Landschaft* 76: 208-211.
- Stammel B, Cyffka B, Geist J, Mueller M, Pander J, Blasch G, Fischer P, Gruppe A, Haas F, Kilg M, Lang P, Schopf R, Schwab A, Utschick H & Weißbrodt M 2011: Floodplain restoration on the Upper Danube (Germany) by re-establishing water and sediment dynamics: a scientific monitoring as part of the implementation. *River Syst.* 20(1-2): 55-70.
- Sudfeldt C, Dröschmeister R, Frederking K, Gedeon K, Gerlach B, Grüneberg J, Karthäuser J, Langgemach T, Schuster B, Trautmann S & Wahl T 2013: *Vögel in Deutschland – 2013*. DDA, BfN, LAG VSW, Münster.
- Ulbrich K 1995: Modellierung hydrologischer Prozesse und räumlicher Belastungsmuster in einer Leipziger Flussaue. *Verh. GfÖ* 24: 561-565.
- Utschick H 1995: Auswirkungen von Hochwässern, Frostperioden und Beunruhigung auf die Wasservogelverteilungen in den Innstauseen Stammham und Simbach-Braunau. *Mitt. Zool. Ges. Braunau* 6: 203 - 220.
- Utschick H 2000: Walddynamik und Auwald-Avizönosen nach Staustufenbau. In *Lehrstuhl für Landnutzungsplanung und Naturschutz* (Hrsg): *Landnutzungsplanung und Naturschutz – Aktuelle Forschungsberichte*: 78 - 93. W&T, Berlin.
- Utschick H 2001: Flussauen als Vogelrefugium in Schlechtwetterperioden. *Ornithol. Anz.* 40: 137-163.
- Utschick H 2014: Nahrungsnischenveränderungen von Auwaldvögeln nach Auenrenaturierung. *Vogelwarte* 52: 19-48.
- Utschick H, Michl S & Heitland W 2012: Indikationspotenzial von Auwaldvögeln für das Monitoring von Auenrenaturierungen. *Ornithol. Anz.* 51: 97-134.
- Utschick H, Strätz C & Gruppe A 2013: Indikationspotenzial von Mollusken für das Monitoring von Auenrenaturierungen. *Mitt. Zool. Ges. Braunau* 11: 97-138.
- Wasserwirtschaftsamt Ingolstadt 2010: *Dynamisierung der Donauauen - Historische Entwicklung*. http://www.wwa-in.bayern.de/projekte_und_programme/donauauen/historie/index.htm [Online, cited 07.10.2010].
- Weiger H & Margraf C 2003: Hochwasserschutz an der bayerischen Donau – eine Chance für den Artenschutz? *Natur & Landschaft* 78: 130-137.

Anhang: Beobachtungssummen von Vogelarten im Brut-, Sommer-/Herbst- und Winteraspekt (B = März – Juni, SH = Juli – Oktober, W = November – Februar) aus Auwald-Punktkartierungen entlang eines auenmorphologischen Feuchtegradienten (1-2 und 4-5 Mittelwerte über zwei Jahre vor bzw. nach den Dynamisierungsmaßnahmen im dritten Jahr) und aus Auenlandschafts-Gitterfeldkartierungen (1 = 2007/2008, 5 = 2012/2013) mit Orientierung des Feuchtegradienten am Grundwasserabstand. Deutliche Veränderungen nach der Dynamisierung (Zunahme blau, Abnahme rot, nachhaltige Veränderung dunkler) und Jahreszeiten mit höchsten Nachweiszahlen (Brutzeit grün, Sommer/Herbst gelb, Winter violett) hervorgehoben. – *Results of point mapping (morphological gradient from wet to dry woodland habitats; yearly average before [1-2] and after [4,5] renaturation work in year 3) and grid mapping (landscape units and water level conditions; 1 = 2007/2008, 5 = 2012/2013) including breeding (B), summer/autumn (SH) and winter (W) aspects. Increasing bird numbers after renaturation marked blue, decreasing red. Main season for indicator species marked green for breeding, yellow for summer/autumn and violet for winter aspects.*

Art species	Punktkartierung plots						Gitterfeldkartierung grid					
	Jahr/year			Saison/season			Jahr/year			Saison/season		
	1-2	3	4-5	B	SH	W	1	5	B	SH	W	
Amsel <i>Turdus merula</i>	234	200	241	633	366	150	629	617	510	526	210	
Bachstelze <i>Motacilla alba</i>	2,3	1,5	4,9	14	3	0	9	10	10	9	0	
Baumfalke <i>Falco subbuteo</i>	1,6	1,0	2,3	7	3	0	0	12	9	3	0	
Baumpieper <i>Anthus trivialis</i>	1,5	0	0	2	1	0	5	0	5	0	0	
Bekassine <i>Gallinago gallinago</i>	0,0	0,3	0	0	0	1	0	1	0	0	1	
Bergfink <i>Fringilla montifringilla</i>	2,0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	
Blässhuhn <i>Fulica atra</i>	1,8	3,5	9,1	8	0	18	274	2244	161	754	1603	
Blaumeise <i>Parus caeruleus</i>	304	339	413	711	512	549	747	834	556	485	540	
Bluthänfling <i>Carduelis cannabina</i>	0,5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
Buchfink <i>Fringilla coelebs</i>	242	318	288	854	333	191	568	710	795	344	139	
Buntspecht <i>Dendrocopos major</i>	263	204	313	491	387	477	578	605	390	389	404	
Dorngrasmücke <i>Sylvia communis</i>	0	1,8	0	2	0	0	4	1	5	0	0	
Eichelhäher <i>Garrulus glandarius</i>	152	172	189	195	321	338	351	293	135	263	246	
Eisvogel <i>Alcedo atthis</i>	1,6	5	5,1	5	11	3	6	5	3	4	4	
Erlenzeisig <i>Carduelis spinus</i>	14	24	13	19	3	57	48	31	3	12	64	
Fasan <i>Phasianus colchicus</i>	1	4	2,8	9	1	2	1	1	2	0	0	
Feldlerche <i>Alauda arvensis</i>	0	0	0,1	1	0	0	0	1	1	0	0	
Feldschwirl <i>Locustella naevia</i>	0	0	0,3	1	0	0	4	0	0	0	0	
Feldsperling <i>Passer montanus</i>	2,5	0	0	2	0	3	0	0	1	0	3	
Fichtenkreuzschnabel <i>Loxia curvirostra</i>	0,8	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
Fischadler <i>Pandion haliaetus</i>	0	0	0,1	0	1	0	1	1	0	2	0	
Fitis <i>Phylloscopus trochilus</i>	49	56	60	243	32	0	70	63	117	16	0	
Flussuferläufer <i>Tringa hypoleucos</i>	0	0	0,1	0	1	0	1	2	1	2	0	
Gänsesäger <i>Mergus merganser</i>	11	4,5	9,4	13	18	14	38	97	53	5	77	
Gartenbaumläufer <i>Certhia brachydactyla</i>	28	14	23	52	41	24	103	57	58	54	48	
Gartengrasmücke <i>Sylvia borin</i>	33	56	36	127	67	0	92	63	101	54	0	
Gartenrotschwanz <i>Phoenicurus phoenic.</i>	0,5	0	0	1	0	0	1	1	2	0	0	
Gebirgsstelze <i>Motacilla cinerea</i>	0,3	9,8	7,9	5	17	5	4	9	3	9	1	
Gelbspötter <i>Hippolais icterina</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	
Gimpel <i>Pyrrhula pyrrhula</i>	124	98	124	100	92	402	277	306	62	79	442	
Goldammer <i>Emberiza citrinella</i>	35	35	21	89	37	20	99	53	72	51	29	
Graugans <i>Anser anser</i>	2,0	6,5	7	24	0	1	973	3719	782	2521	1389	
Graureiher <i>Ardea cinerea</i>	0	1	5,5	2	2	9	16	54	12	24	34	
Grauschnäpper <i>Muscicapa striata</i>	4,5	7,8	11	11	27	6	15	9	8	16	0	
Grauspecht <i>Picus canus</i>	4,8	8,3	4,3	19	2	77	21	17	20	10	8	
Grünfink <i>Carduelis chloris</i>	41	41	25	67	27	25	85	26	32	24	55	
Grünspecht <i>Picus viridis</i>	24	29	22	43	52	3	33	27	16	30	14	
Habicht <i>Accipiter gentilis</i>	0,3	0	1,5	1	0	0	3	3	2	1	3	
Halsbandschnäpper <i>Ficedula albicollis</i>	31	21	38	135	22	0	51	41	80	12	0	

Art species	Punktkartierung plots						Gitterfeldkartierung grid				
	Jahr/year			Saison/season			Jahr/year		Saison/season		
	1-2	3	4-5	B	SH	W	1	5	B	SH	W
Haubenmeise <i>Lophophanes cristatus</i>	8,8	8,8	6,5	2	15	23	15	21	9	11	16
Haubentaucher <i>Podiceps cristatus</i>	0	0	0,5	0	0	1	95	153	72	128	48
Hausrotschwanz <i>Phoenicurus ochruros</i>	0,5	0,5	0,6	1	2	0	2	2	0	4	0
Heckenbraunelle <i>Prunella modularis</i>	6,6	8,5	12	41	6	0	24	21	42	3	0
Höckerschwan <i>Cygnus olor</i>	0	3	6,4	7	0	9	6	58	37	20	7
Hohltaube <i>Columba oenas</i>	0,3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Kanadagans <i>Branta canadensis</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
Kernbeisser <i>Coccothraustes coccothr.</i>	5,9	5,5	20	18	12	27	11	13	10	6	8
Klappergrasmücke <i>Sylvia curruca</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Kleiber <i>Sitta europaea</i>	339	335	437	450	656	781	790	815	274	702	629
Kleinspecht <i>Dendrocopos minor</i>	3,6	3,0	1,9	4	6	4	9	7	2	11	3
Knäkente <i>Anas querquedula</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Kohlmeise <i>Parus major</i>	520	521	604	1046	976	746	1374	1384	1011	1060	687
Kolbenente <i>Netta rufina</i>	0,5	0,0	1	3	0	0	26	313	134	194	11
Kormoran <i>Phalacrocorax carbo</i>	3,9	3,3	6,5	4	7	14	128	161	61	155	73
Krickente <i>Anas crecca</i>	0	0	0,5	1	0	0	4	51	49	3	3
Kuckuck <i>Cuculus canorus</i>	10	13	20	73	0	0	16	20	34	2	0
Lachmöwe <i>Larus ridibundus</i>	0,5	4,5	0,0	1	5	0	0	0	0	0	0
Mäusebussard <i>Buteo buteo</i>	72	66	84	101	160	117	121	97	72	83	63
Mauersegler <i>Apus apus</i>	3,1	4,3	2,3	15	0	0	15	0	15	0	0
Mehlschwalbe <i>Delichon urbicum</i>	3,8	0	0	7	1	0	7	0	7	0	0
Misteldrossel <i>Turdus viscivorus</i>	0,5	0,5	0,3	1	0	2	6	4	7	0	3
Mittelmeermöwe <i>Larus michahellis</i>	0,5	0,5	0,8	2	1	1	11	20	19	6	6
Mittelsäger <i>Mergus serrator</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Mittelspecht <i>Dendrocopos medius</i>	72	110	108	210	138	121	98	141	96	83	60
Mönchsgasmücke <i>Sylvia atricapilla</i>	237	292	329	872	552	0	593	881	896	578	0
Nilgans <i>Alopochen aegyptiata</i>	0	0	0	0	0	0	0	25	14	11	0
Pfeifente <i>Anas penelope</i>	0	0	0	0	0	0	14	2	4	0	12
Pirol <i>Oriolus oriolus</i>	8	15	19	46	23	0	10	37	29	18	0
Rabenkrähe <i>Corvus corone</i>	39	96	89	142	47	162	40	90	53	26	51
Rauchschwalbe <i>Hirundo rustica</i>	2,4	13	0,8	17	3	0	4	3	7	0	0
Reiherente <i>Aythya fuligula</i>	23	26	38	32	1	116	1120	2164	945	1098	1241
Ringeltaube <i>Columba palumbus</i>	27	46	45	116	73	0	37	85	64	58	0
Rohrhammer <i>Emberiza schoeniclus</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0
Rohrweihe <i>Circus aeruginosus</i>	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Rotdrossel <i>Turdus iliacus</i>	4,5	0	4	1	0	16	11	7	0	0	18
Rotkehlchen <i>Erithacus rubecula</i>	158	134	155	579	164	18	432	280	523	168	21
Rotmilan <i>Milvus milvus</i>	0,6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Saatkrähe <i>Corvus frugilegus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Schellente <i>Bucephala clangula</i>	0,3	0	0,5	0	0	2	44	75	39	0	80
Schnatterente <i>Anas strepera</i>	0	0	0	0	0	0	60	79	16	39	84

Art species	Punktkartierung plots						Gitterfeldkartierung grid					
	Jahr/year			Saison/season			Jahr/year			Saison/season		
	1-2	3	4-5	B	SH	W	1	5	B	SH	W	
Schwanzmeise <i>Aegithalos caudatus</i>	49	49	43	69	58	107	100	64	37	29	98	
Schwarzmilan <i>Milvus migrans</i>	3,5	0	3,3	11	3	0	3	10	6	7	0	
Schwarzspecht <i>Dryocopus martius</i>	8	10	20	25	18	23	15	39	15	26	13	
Silberreiher <i>Ardea alba</i>	0	1	1,6	0	0	4	6	28	2	6	26	
Singdrossel <i>Turdus philomelos</i>	103	104	130	391	174	5	248	414	405	242	15	
Sommergoldhähnchen <i>Regulus ignicap.</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	
Sperber <i>Accipiter nisus</i>	6,8	3,3	5,1	12	12	3	10	6	6	6	4	
Spiessente <i>Anas acuta</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
Star <i>Sturnus vulgaris</i>	26	57	27	160	4	0	108	76	136	48	0	
Stieglitz <i>Carduelis carduelis</i>	20	3	5	3	19	32	75	19	17	15	62	
Stockente <i>Anas platyrhynchos</i>	35	48	117	66	40	245	718	1590	612	373	1323	
Sumpfmeise Paruse <i>palustris</i>	114	105	131	146	192	259	296	321	104	218	295	
Sumpfrohrsänger <i>Acrocephalus palustris</i>	0	0,8	0,9	3	0	0	1	5	5	1	0	
Tafelente <i>Aythya ferina</i>	0	0	0	0	0	0	18	183	33	131	37	
Tannenmeise <i>Parus ater</i>	10	4	5,3	12	8	16	18	10	9	5	14	
Teichhuhn <i>Gallinula chloropus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	
Teichrohrsänger <i>Acrocephalus scirpac.</i>	0	0	0	0	0	0	4	1	5	0	0	
Trauerschnäpper <i>Ficedula hypoleuca</i>	3,8	0	2	8	4	0	4	0	2	2	0	
Turmfalke <i>Falco tinnunculus</i>	0,6	0	0,8	3	1	0	0	1	1	0	0	
Turteltaube <i>Streptopelia turtur</i>	0,3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
Uferschwalbe <i>Riparia riparia</i>	0,3	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
Wacholderdrossel <i>Turdus pilaris</i>	11	16	36	9	19	83	44	82	5	30	91	
Waldbaumläufer <i>Certhia familiaris</i>	1,3	0	0,5	1	1	2	6	3	2	2	5	
Waldkauz <i>Strix aluco</i>	0,4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
Waldlaubsänger <i>Phylloscopus sibilatrix</i>	3,9	2	0,1	9	0	0	8	1	8	1	0	
Waldwasserläufer <i>Tringa ochropus</i>	0	2,3	2,5	1	1	6	2	2	0	1	3	
Wasseramsel <i>Cinclus cinclus</i>	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	
Weidenmeise <i>Parus montanus</i>	13	10	7,4	16	9	25	25	16	14	8	19	
Weißwangengans <i>Branta leucopsis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
Wespenbussard <i>Pernis apivorus</i>	0,8	2	0	2	2	0	2	4	0	6	0	
Wintergoldhähnchen <i>Regulus regulus</i>	5,5	5,3	8	8	6	19	31	25	3	18	35	
Zaunkönig <i>Troglodytes troglodytes</i>	67	84	74	177	121	68	311	179	214	193	83	
Zilpzalp <i>Phylloscopus collybita</i>	169	191	177	494	386	4	462	229	350	341	0	
Zwergmöwe <i>Hydrocoloeus minutus</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	
Zwergsäger <i>Mergus albellus</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	
Zwergtaucher <i>Tachybaptus ruficollis</i>	0	0	1,3	0	0	3	3	1	3	0	1	
Artenzahl	82	72	80	85	69	59	96	91	91	78	65	
Summe	3814	4063	4662	9308	6308	5446	12762	20237	10550	11880	10569	

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Vogelwarte - Zeitschrift für Vogelkunde](#)

Jahr/Year: 2017

Band/Volume: [55_2017](#)

Autor(en)/Author(s): Utschick Hans

Artikel/Article: [Erfolgsmonitoring einer Auenredynamisierung mit indikativen Vogelgemeinschaften auf verschiedenen Landschaftsebenen 1-27](#)