

# Veränderungen von Nahrungsnischen von Auwaldvögeln nach Auenrenaturierung

Hans Utschick

---

Utschick H 2014: Shifts in food niches of riparian birds following riverine forest renaturation. Vogelwarte 52: 19-48.

Renaturation of the Danube river forest (section Neuburg – Ingolstadt, right riverside only) started in June 2010 by a steady flooding of a new constructed chute with river water and applying artificial “ecological floods” following Danube river flood-water dynamics. For the monitoring of renaturation effects bird communities are used. Yet in 2010 altered bird distributions indicated successful renaturation at habitat and landscape scale, due to more stable soil water dynamics after flooding.

At microhabitat scale foraging birds should have positively altered space use patterns mainly at forest sites with sustainable higher soil water supply, and within these sites in those vegetation strata (litter, soil vegetation, shrubs, undergrowth, stems, crowns) or specific tree species strata (stem and crown strata in vertical and horizontal dimensions), where food abundance changed due to the more stable soil water resources. Indeed, in all seasons foraging activities increased in scrubs and undergrowth (mostly during breeding season and by zoo-frugivorous guilds like warblers and leaf warblers), in lower crown strata of old trees (mainly in late summer and autumn) and in outer crown strata (especially tits). At sites with high soil water levels (margins of chutes, basins) the increase was stronger than at more dryer sites and higher on tree species typical for riverine forests (willow *Salix sp.*, poplar *Populus sp.*, alder *Alnus sp.*, ash *Fraxinus excelsior*) than on hardwood species (maple *Acer sp.*, pine *Pinus sylvestris*). At the dryer sites bird activities increased during the vegetation period especially in outer and central crown areas of big ash and oak trees (*Quercus sp.*), mainly indicated by insectivorous bark climbers like Nuthatch (*Sitta europaea*), Middle Spotted Woodpecker (*Dendrocopos medius*) and Short-toed Treecreeper (*Certhia brachydactyla*), on ash in high crown strata too (especially indicated by mainly herbivorous species like Chaffinch (*Fringilla coelebs*) or Bullfinch (*Pyrrhula pyrrhula*)). Foraging activities on maple and pine mostly decreased. Along the chute the bird distributions are also influenced by higher forest maturity within a use-free buffer strip combined with corridor effects of the contributing new water habitat. Only within the inner tree crowns till now resources seem to be not influenced.

Due to the renaturation the differences between space use patterns of foraging birds at wet or dry riverine forest sites were reduced for guilds preferring highly productive undergrowth and crown areas characterized by twigs and leaves, while differences increased for guilds mainly using branches and stems.

Birds indicate, if groundwater depth (mean 2.13 m) is reduced (up to 45 cm in average; near chutes and water bodies up to 1.32 m), that at wetter sites mainly woods with short roots are able to intensify biomass production, while at dryer sites trees with deep root systems can do so. From this it is obvious, that depending on site humidity and vegetation or tree strata higher productivity in specific strata firstly lead to increased plant resources (buds, leaves, fruits, tree seeds), and secondly to more arthropods and birds, finally causing due to arthropod movements increased biomass in neighbouring strata or sites. Especially between late summer and early spring this produced more food resources for birds within the total riverine forest. Space use patterns of birds are suitable to indicate very fast and accurate to distinct sites the success of river forest renaturation.

✉ HU: Lehrstuhl für Tierökologie, TU München, Hans-Carl-von-Carlowitz-Pl. 2, 85354 Freising, Deutschland.  
E-Mail: hans.utschick@lrz.tum.de

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 sieben wertvollsten Auenabschnitten Bayerns (Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 2003) und sind auch deutschlandweit von großer Bedeutung, haben aber nach Donauregulierung und Staustufenbau stark an Wert verloren (Wasserwirtschaftsamt Ingolstadt 2010). Im Rahmen eines vom Bundesamt für Naturschutz und dem Land Bayern finanzierten und am Aueninstitut Neuburg angesiedelten Projekts „Dynamisierung der Donauauen zwischen Neuburg und Ingolstadt“ sollen

diese Auwälder im Bereich der Staustufen Bergheim und Ingolstadt (Fluss-km 2464 bis 2472) durch eine autotypische Dynamisierung des Wasserregimes revitalisiert werden. Dies erfolgt seit dem Frühsommer 2010 einerseits über die Einspeisung von bis zu 5 m<sup>3</sup>/s Donauwasser in das 8 km lange, neu angelegte Umgehungsgewässer „Ottheinrichbach“ mit mehreren Querverbindungen zur Donau, wodurch die Grundwassersituation verbessert und die für Auedynamik besonders wichtigen Flutrinnensysteme (Puhlmann & Jährling 2003) reaktiviert werden sollen. Des Weiteren haben „Ökolo-

gische Flutungen“ der Au stattgefunden, bei denen, sobald die Wasserführung in der Donau mindestens  $600 \text{ m}^3/\text{s}$  beträgt, auf über 50 ha Auwald Hochwasser simuliert und damit der Erhalt bzw. die Rückentwicklung naturnaher Auwaldstrukturen gewährleistet werden soll. Bei donautypischen Hochwasserwellen sind Überflutungszeiten von 5 – 7 Tagen zu erwarten. In einem 40 m breiten Streifen um das Umgehungsgewässer wurde auch die forstliche Nutzung eingestellt.

Der Erfolg dieser Maßnahmen wird in einem E+E-Begleitprojekt „MONDAU“ (MONitoring DonauAuen; siehe Stammel et al. 2011) geprüft, das auch Reaktionen der Vogelfauna einbezieht (Teilprojekt 6). Dazu wurde von Juli 2007 bis Juni 2008 und von März 2012 bis Februar 2013 das Nahrungssuchverhalten der Avizönose in einem auenmorphologischen Gradienten dokumentiert, der die hydrologische Situation in dieser Altaue nachzeichnet. Ergebnisse aus Punktkartierungen ergaben, dass zumindest Teile der Vogelzönose sehr schnell (innerhalb weniger Wochen) auf renaturierungsbedingte Veränderungen im Bodenwasserhaushalt reagiert haben, und dass dieser Prozess nachhaltig ist (Utschick et al. 2012).

Ziel dieser Arbeit ist es, mittels Nahrungsnischenanalysen (Veränderungen beim Nahrungssuchverhalten von Auwaldvögeln) vor und nach der Auenrenaturierung zu analysieren, in welchen ökosystemaren Kompartimenten die Vogelreaktionen auf die Renaturierung abgelaufen sind, wie diese vom renaturierten Wasserhaushalt abhängt, ob sich daraus erfolgreiche Auenrenaturierung belegen lässt (Monitoring), welche Vogelgilden besonders stark reagieren und welche Konsequenzen dies in ökosystemaren Vergleichen zwischen Altauen und rezenten Auwäldern hat.

## 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 1200 ha umfassenden, zur Revitalisierung vorgesehenen Teils der Donauaue. Durch das im Nordwesten angrenzende Stauwehr Bergheim (Staustufenbau 1967) mit erosionsbedingter Donaeintiefung 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 walddgeschichtlich bedingt ein Schirm aus sehr starken Eichen *Quercus robur* kommt, der maßgeblich für die Einstufung des Gebietes als Natura2000-Lebensraum verantwortlich war (Donauauen mit Gerolfinger Eichenwald). 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. Bis auf nach Auskiesung Grundwasser führende Auweiher und kleine, nur bei länger anhaltenden Donauhochwässern durch anstei-

gendes Grundwasser temporär gefluteten Rinnen und Mulden sowie den das Gebiet umfließenden, aus dem Donaumoos kommenden Zeller Kanal war das Untersuchungsgebiet vor Renaturierung gewässerfrei.

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

### Probeflächen

Abb. 1 zeigt die Verteilung der an einem Feuchtegradienten orientierten 20 Probeflächen (Ableitung aus einem Geländemodell von F. Haas, KU Eichstätt, 2007). Dieser Gradient beinhaltet temporär zu Nässe tendierende Standorte am neuen Umgehungsgewässer (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 Umgehungsgewässers und im Osten des Untersuchungsgebiets, während die südlichen Teile eher von der großflächigen Grundwasserdynamik des Donautales beeinflusst werden. 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 Grundwasserspiegelahebungen 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 werden über 5 „Replikate“ berücksichtigt, die den donaunahen Bereich direkt unterhalb des Bergheimer Wehres, feuchtere Gebietsteile weiter donauabwärts bzw. weiter südlich, den zentralen Auenbereich sowie den vom angrenzenden Agrarland beeinflussten Auenrand abdecken. Um eine Vernetzung der im MONDAU-Projekt vorgesehenen Forschungsbereiche zu gewährleisten, mussten 9 der 20 Probeflächen auf je 2 Probekreise verteilt werden (vgl. Abb. 1), vor allem im zu Beginn nur schwach ausgeprägten feuchten Sektor, da hier das Angebot an geeigneten Probepflanzen stark eingeschränkt war.

### Vogelbestandsaufnahmen

Die Vogelbestandsaufnahmen erfolgten von Juli 2007 bis April 2008 und von April 2012 bis Januar 2013 im April (Brutzeitaspekt), Juli/Oktobre und Januar (Winteraspekt). Die niedrigeren Juli- und Oktoberzahlen wurden zum Sommer-/Herbstaspekt zusammengefasst, um vergleichbare Datenmengen zu erhalten. In Anlehnung an Böhm & Kalko (2009) wurden von - durch sehr alte Starkeichen charakterisierten - Probeflächenzentren aus im 50 m -Radius jeweils 40 min lang alle Nahrungsaktivitäten in 18 Vegetations- und Baumstraten erfasst (Abb.2). Dazu wurden nahrungssuchende Vögel mit dem Auge im Zehntelsekundentakt bezüglich Baumart und vertikaler Zonierung (in Baumkronen auch horizontaler Abstand vom Stamm) lokalisiert (bei stationärer Nahrungssuche maximal eine Minute lang). Kartiert wurde nur bei ausreichend

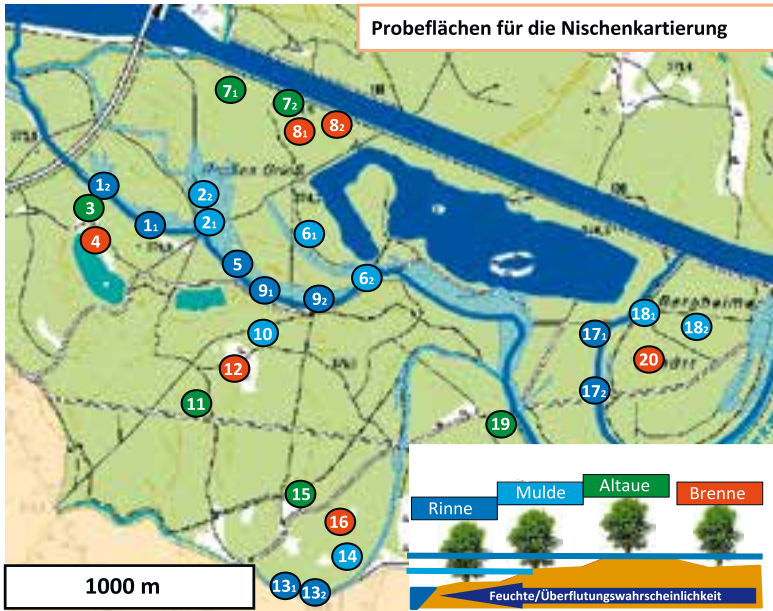


Abb. 1: Untersuchungsgebiet mit Donau, Auenweihern, durch die Renaturierung neue entstandenen Rinnen (dunkelblau), von ökologischen Flutungen erreichbaren Flächen (hellblau, punktiert), nur bei Starkhochwasser gefluteten Altauen (grün), Brennen (farblos) und Probe-flächen für die Nahrungsnischenkartierung im auenmorphologisch definierten Feuchtegradienten (Rinnen dunkelblau, Mulden hellblau, Altauen grün, Brennen rot).– Study 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), gravel lenses (white), and spots used for sampling of space use patterns by foraging birds located at chutes (dark blue), basins (light blue), dry, loamy stands (dark green) and dry gravel lenses (red).

gutem Kartierwetter (nicht bei starkem Wind oder anhaltenden Niederschlägen). 2012/2013 wurden die Daten durch zusätzliche Nachweise nahrungssuchender Vögel verdichtet, die als Nebenprodukt im Rahmen einer zeitnormierten Gitterfeldkartierung anfielen (zehnminütige mobile Erfassung entlang einer 100 m langen Begehungslinie durch den Probekreis; vgl. Methodik in Leso & Kropil 2007).

### Statistische Bearbeitung

Die statistische Bearbeitung erfolgte in R–2.11.1 (R Development Core Team, 2010). Präferenzunterschiede für Baumarten oder Vegetationsstraten wurden mit t- und Wilcoxon-Test (Mittelwertvergleiche) auf Signifikanz geprüft, Veränderungen in der Raumstratennutzung (Verteilungsmuster) mit dem CHI<sup>2</sup>-Test bzw. mittels „nonmetric multidimensional scaling“ (NMDS; vegan package, Oksanen et al. 2006). Dies erfolgte sowohl für die gesamte Avizönose als auch für saisonal dominierende Vogelarten. Zudem wurde die Avizönose unter Berücksichtigung von bevorzugten Nahrungssubstraten, -orga-

nismen, -habitaten und –suchstrategien gutachtlich in Nahrungsgilden untergliedert. 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 Indikatorclustern (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.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Nutzungsintensität von Auwald nach Renaturierung im Brut-, Sommer-/Herbst- und Winteraspekt

In den beiden Untersuchungszeiträumen gelangen in 120 Beobachtungsstunden (davon 2012/13 800 min zur Datenverdichtung) 4960 Nachweise nahrungssuchender Vögel, 1645 davon zum Brutzeit-, 1725 zum Sommer-/Herbst- und 1594 zum Winteraspekt (Tab. 1). Betroffen waren 37 Vogelarten (Anhang 1), von denen aber nur Blaumeise (948), Buntspecht (852), Kleiber (685), Kohlmeise (632), Sumpfmehse (313), Schwanzmeise (304), Mittelspecht (218), Gartenbaumläufer (129), Fitis (118), Buchfink (109) und Gimpel (100) nennenswerte Kontingente abdeckten. Seltener Arten werden überwiegend nur als Mitglieder in Nahrungsgilden behandelt (vgl. Anhang 1), wobei die Zuordnung unter Berücksichtigung von Nahrungssubstraten bzw. -organismen, Nahrungshabitat und Nahrungssuchverhalten erfolgte (vgl. z. B. Leso 2001; Leso & Kropil 2007).

Ohne die Datenverdichtung waren die Nachweis-zahlen von 2007/08 (1859) und 2012/13 (1925) im Jahresaspekt sehr ähnlich, bei leicht rückläufigen Zah-

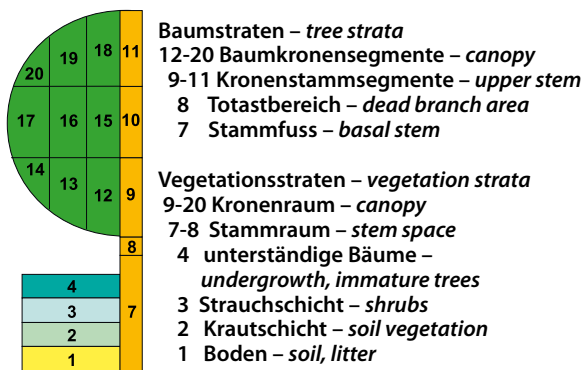


Abb. 2: Klassifizierung von Vegetations- und Baumstraten. – Classification of vegetation and tree strata.

**Tab. 1:** Nachweise nahrungssuchender Vögel in den Untersuchungsjahren 2007/08 und 2012/13 vor und nach Auenrenaturierung im Jahres-, Brutzeit-, Sommer-/Herbst- und Winteraspekt. Daten für 2012/13 verdichtet (siehe Methoden). Vogelarten- und Gildenbezug siehe Anhang 1. – *Samples of foraging birds in 2007/08 and 2012/13 before and after implementing renaturation for all seasons, breeding season, late summer/autumn and winter. Data from 2012/13 enriched (see methods). For bird species and guild references see appendix 1.*

Nahrungsgilden <i>food guilds (food habitat/behaviour and food preferences)</i>	n	Jahresaspekt total		Brutzeit apr.		Sommer/Herbst jul./oct.		Winter jan.	
		2007/08	2012/13	2008	2012	2007	2012	2008	2013
vegetarische Baumvögel (arboricol-herbivor)	269	118	151	44	65	38	43	36	43
Fluginsektenfresser in Baumkronen (arboricol-aereal-zoovor)	63	2	61	0	0	2	61	0	0
Wirbellose-/Fruchtfresser an Gehölzen (arboricol-zoo-frugivor)	312	85	227	52	128	33	54	0	45
allesfressende Baumvögel (arboricol-omnivor)	2260	675	1585	323	529	239	576	113	480
stammkletternde Wirbellose-/Samenfresser (corticol-omnivor)	1537	757	780	235	105	166	340	356	335
stammkletternde Wirbellosefresser (corticol-zoovor)	411	142	269	65	60	35	81	42	128
Wirbellose-/Fruchtfresser am Boden (terricol-zoo-frugivor)	35	32	3	10	0	8	3	14	0
Wirbellosefresser im bodennahen Bereich (terricol-zoovor)	77	48	29	22	7	26	20	0	2
<b>Avizönose (total)</b>	<b>4960</b>	<b>1859</b>	<b>3105</b>	<b>751</b>	<b>894</b>	<b>547</b>	<b>1178</b>	<b>561</b>	<b>1033</b>

len in der Brutzeit (751, 686) und deutlich mehr Nachweisen in Sommer/Herbst (547, 631) bzw. Winter (561, 608), was auf 2012/13 höhere Vogeldichten hinweist. Dies unterstreichen auch die Ergebnisse aus der Datenverdichtung (Tab. 1), mit der bei 25 % mehr Beobachtungszeit die Datenbasis 2012/13 um 61 % (Brutzeit 30 %, Sommer/Herbst 87 %, Winter 70 %) verbessert werden konnte.

### 3.2 Nutzung von Auwaldstraten an unterschiedlich feuchten Standorten

2012/2013, zwei Jahre (Brutzeitaspekt) bzw. drei Jahre (Sommer-Herbst-, Winteraspekt) nach Einspeisung von Donauwasser am 9.6.2010, haben sich die Nahrungsnischen aller Vogelgilden und vieler Vogelarten gegenüber 2007/2008 jahreszeitenübergreifend hochsignifikant verändert (Chi<sup>2</sup>-Test über 18 Vegetations- und Baumstraten; vgl. Tab. 2). Ganzjährig gilt dies vor allem für „arboricole“ (baumbewohnende), bevorzugt Gehölze nutzende „omnivore“ (allesfressende) Meisen wie Blau-, Sumpf- oder Schwanzmeise (Kohlmeise nur im Sommer/Herbst) oder Stammkletterer wie Kleiber und Buntspecht, die zur Brutzeit vor allem animalische und im Winter vermehrt Pflanzensamen aufnehmen. Lediglich im trockenen Auensektor (besonders in Altauen), und hier vor allem im Winter, änderten sich die Nutzungsmuster wenig. Bei corticolen (Rinde nutzenden) Arten mit höheren Anteilen tierischer Nahrung wie dem Gartenbaumläufer oder den übrigen Spechtarten sind die Veränderungen noch eindeutiger, wobei der Mittelspecht zumindest in der Brutzeit auch

im trockenen Sektor reagiert hat. Eher herbivor-arboricole (pflanzenfressend-baumbewohnende) Arten wie Buchfink oder Gimpel (Samen-, Knospenfresser etc.) haben ihr Raumnutzungsverhalten nur im feuchteren gewordenen Sektor (Rinnen und Mulden) verändert, und hier in „nassen“ Rinnen stärker als in „feuchten“ Mulden. Bei Artengruppen mit relativ kleinen Datensätzen wie den aereal-zoovoren Schnäppern (Fluginsektenjagd im äußeren Kronenraum) oder den zoo-frugivoren (Beutetiere und Früchte fressenden) Arten des Laubsänger- oder Grasmückentyps waren dagegen auffällige Nischenveränderungen häufig nicht signifikant (am ehesten noch im Ganzjahres- bzw. beerenreichen Sommer-/Herbstaspekt), bei überwiegend bodennah nahrungssuchenden Arten wie Drosseln, Star, Rotkehlchen, Zaunkönig im Sommer-/Herbstaspekt (außer in Altauen).

Somit wird deutlich, dass sich Qualität bzw. Quantität des Nahrungsangebots, auf das die Vogelzönose bei der Wahl ihrer bevorzugten Nahrungsgebiete und -straten reagiert haben dürfte, durch die Renaturierung mit ihrem nachhaltigem Wassereintrag in eine nach Staufstufenbau seit 45 Jahren sehr trocken gewordene Altaue positiv verändert hat, vor allem im jetzt besser wasser-versorgten Feuchtsektor um den neuen Ottheinrichbach. In den nach wie vor trockenen Altauen und Brennen haben dagegen die auch hier etwas kleiner gewordenen Grundwasserabstände nur teilweise ausgereicht, um die für Nahrungsnischen relevanten Produktions- und Vegetationsstrukturparameter entscheidend und flächendeckend zu verändern.

**Tab. 2:** Veränderungen in der Nutzung von 18 Vegetations- und Baumstraten (vgl. Abb. 2) durch Nahrungsgilden und Vogelarten nach Auenrenaturierung an verschiedenen feuchten Auenstandorten (Feuchtkategorien) im Jahres-, Brutzeit-, Sommer-/Herbst- und Winteraspekt.  $\chi^2$ -Test: \*\*\*p < 0,001, \*\*p < 0,005, \*p < 0,05, ° p < 0,1, ns = nicht signifikant. – *Shifts of space use patterns of guilds and bird species based on 18 vegetation and tree strata (see fig. 2) before and after renaturation implements at sites with different water conditions for all seasons (red), breeding season (green), late summer/autumn (yellow) and winter (blue). ns = not significant.*

Jahr (total)	apr	Gebiet total		Rinne chute		Mulde bassin		Altaue dry/loam		Brenne dry/gravel	
jul + oct	jan										
Avizönose – community	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
arboricol-herbivor	**	*	***	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	
	*	ns	*	***	ns	*	ns		ns		
arboricol-aereal-zoovor	***	ns									
	***									*	
arboricol-zoo-frugivor	***	***	*		*			ns		*	*
	ns	ns									
arboricol-omnivor	***	***	ns	**	***	***	*		***	*	
	***	***	***	***	***	***	*		***		
corticol-omivor	***	***	***	*	***	ns	***	***	***	**	
	***	***	ns	***	**	***	**	***	***	***	***
corticol-zoovor	**	***	*	ns	**	***	ns	ns	***	***	
	***	ns	*	***	*	***	ns		*		
terricol-zoo-frugivor	ns	ns									
	ns		°		*		ns		ns		
terricol-zoovor			**		*				°		
	ns		°		**				°		
Buchfink	***	ns	*	**		ns		ns			
Gimpel	°				***						
		ns				*		ns			
Grauschnäpper	**		ns								
Mönchsgrasmücke	***										
	***										
Zilpzalp	ns	*	ns						*		
	*								*		
Fitis	***	***								***	
Blaumeise	***	***	ns	*	***	***	**	***	**	*	*
	**	**	***	***	°	***	*	ns	*	*	
Sumpfmeise	*	*	***	**	**		ns		*		
	***	ns	°	***	*	*	*	ns	***		
Schwanzmeise	***	*	ns		*	ns	ns	**	ns		
	ns	***	ns	*	ns	***	ns		**		
Kohlmeise	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	*	ns	**	ns	*	ns	ns		*	ns	
Buntspecht	***	*	***	*	***	ns	***	***	***	***	***
	***	***		***	*	***	*	***	***	***	***
Kleiber	***	***	ns	*	***	**	***	***	ns	ns	
	***	***		***	*	*	°	***	**	*	
Gartenbaumläufer	ns	**	ns		**		***		ns		
		*		ns		**					
Mittelspecht	ns	*	*		***	***	ns	**	*	°	
	***	ns	**	*	*	***	ns	ns	ns	ns	ns

### 3.3 Standortsabhängige Präferenzen für Baumarten und Unterwuchs vor und nach Auenrenaturierung

Die Raumpräferenzen nahrungssuchender Vögel haben sich in verschiedenen Vegetationsschichten wie Bodenvegetation, Strauchschicht und Unterstand oder baumartenspezifisch in Stamm oder Kronenraum in den verschiedenen Feuchtektategorien der Auenlandschaft sehr unterschiedlich verändert (Abb. 3, Online-Anhang 2a). So wurden nach der Renaturierung zu allen Jahreszeiten, selbst im Winter, wenn die Vögel in der Aue fast nur noch im Stamm- und Kronenraum nach Nahrung suchen (Unterschiede zu Brutzeit und Sommer/Herbst für das ganze Untersuchungsgebiet sowie für Rinnen- und Brennenstandorte signifikant), in Rinnen und Mulden Sträucher und junge, unterständige Bäume signifikant häufiger besucht, während diese in Altauen und auf Brennen gegenüber den Baumkronen an Bedeutung verloren. Die Nutzung von vegetationsarmen Flächen (Rohböden an Gewässern, Schotterwege, Laubstreu) und Bodenvegetation (Kraut-/Grasschicht) blieb dagegen im Jahresaspekt auf niedrigem Niveau weitgehend konstant und nahm lediglich im Brutzeitaspekt im Feuchtsektor zu (zum Teil eine Folge des hier neu angeschwemmten Totholzes und der Ufererosion).

Im Jahresaspekt auffällig sind in der gesamten Aue nach Renaturierung gestiegene Nutzungsintensitäten an der Esche, vor allem im Winteraspekt (für Rinne und Brenne signifikant) und im Sommer/Herbst. Im Brutzeitaspekt sank allerdings die Attraktivität der Esche als Nahrungsbaum tendenziell. Stark zugenommen hat auch die Nutzung von Baumarten der Weichholzaue (Erlen, Pappeln, Weiden etc.), die den Großteil des Restlaubholzes stellen (Birke oder Hainbuche nur vereinzelt). Hier wurde die Nutzung vor allem im Sommer-/Herbst in der gesamten Aue und besonders stark im Feuchtsektor intensiviert (in Rinnen signifikant), selbst auf Brennen, auf denen die Nutzungsintensität im Brutzeitaspekt signifikant sank und damit im Jahresaspekt Präferenzverschiebungen kompensiert werden. Im Winter stiegen die Nutzungsraten an

Weichlaubholz vor allem in der Altaue. Beim Bergahorn nahm die Nutzung im Jahresaspekt in Rinnen und Mulden tendenziell ab. Besonders stark geschah dies im Winteraspekt in Rinnen und im Brutzeitaspekt signifikant auf Brennen. Eichen (besonders in Altauen) und Kiefern (besonders auf Brennen) sind im Winter für nahrungssuchende Vögel signifikant wichtiger als zur Brutzeit. Beide Baumarten haben nach der Renaturierung an Bedeutung verloren, die weitgehend auf Brennen und Rinnen beschränkte Kiefer zu allen Jahreszeiten im gesamten Untersuchungsgebiet, die Eiche im Jahresaspekt (Abb. 3), besonders außerhalb der Brutzeit und hier vor allem in der Altaue (Online-Anhang 2a). Eichen wurden an Rinnen nach der Renaturierung besonders im Winter intensiver genutzt, in Mulden und Brennen in der Brutzeit. Besonders deutlich sind die verringerten Nutzungsraten bei sehr starken Eichen erkennbar (auch hier besonders im Winter in der Altaue). Eventuell ist dies aber eine Folge der Entnahme zahlreicher Starkeichen durch den Forstbetrieb.

Abb. 4 fasst die Ergebnisse zusammen. Intensiviert wurde die Nahrungssuche vor allem in feuchter gewordenen Rinnen und Mulden bzw. im gesamten Gebiet an Baumarten der Feucht- und Weichholzaue wie Esche, Erlen, Pappeln und Weiden, während die Nutzungsraten an typischen Arten der Alt- oder Trockenaue wie Eiche, Kiefer und auch Bergahorn zumindest im Jahresaspekt zurückgingen. Ganzjährige intensivere Nutzung gab es an Eichen auf rinnennahen Standorten, vermutlich bei dieser Baumart an diesem Standort aber eher eine Folge von Struktureffekten (neuer Lebensraumtyp „Gewässer“ mit Spenderfunktion für die Arthropodengemeinschaften benachbarter Vegetationseinheiten). Im Feuchtsektor (Rinnen, Mulden) haben sich die Nahrungsangebote vor allem für die Nutzer von Sträuchern und jungen, unterständigen Bäumen verbessert, die nach Renaturierung von Grundwasseranstiegen und stabileren Wasserhaushalten profitiert haben, weniger für die Nutzer von Altbäumen mit tief-

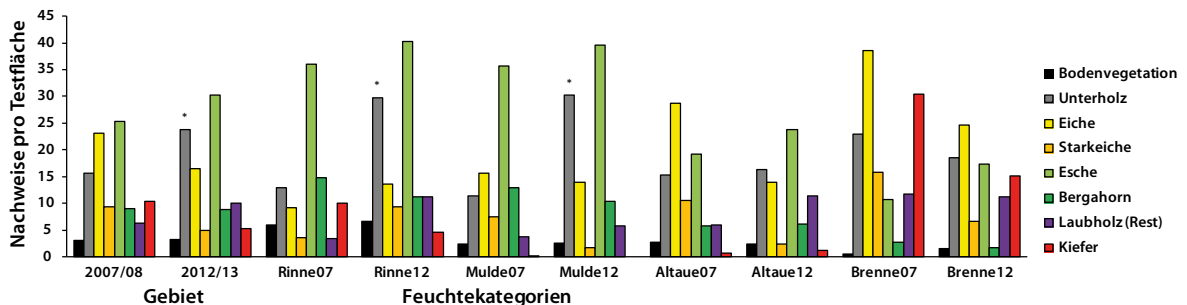


Abb. 3: Nutzungsintensitäten in Boden- und Bodenvegetation, Strauchschicht und Unterstand sowie Baumarten (Stamm- und Kronenraum) durch nahrungssuchende Vögel vor und nach Auenrenaturierung (2007/2008, 2012/2013; ohne Datenverdichtung) im Jahresaspekt. \* = Veränderung signifikant (t-Test bzw. Wilcoxon-Test;  $p < 0,1$ ). – *Bird activities for litter/soil vegetation, scrubs/undergrowth, oak, very old oak trees, ash, maple, willow/poplars/alder and pine before and after renaturation implements (without data enrichment; see method) for all seasons. \* = differences significant.*

n Nachweise – counts			Gebiet total		Baumart/Schicht tree species/ vegetation strata	Rinne chute		Mulde basin		Altaue dry		Brenne gravel	
			3784			1048	923		771		1042		
Jahr- total	apr <sup>2</sup>	312			Kiefer pine								
n = 3784	n = 1433			*									!
jul/oct <sup>3</sup>	jan <sup>3</sup>	324			Bergahorn maple								!
n = 1176	n = 1175												
Veränderungsfaktor		792			Eiche oak								
>1,2				o									
0,8 – 1,2		1113			Esche ash								
< 0,8				!									*
keine Daten – no data		325			(Weich-)Laubholz other leaf trees								o
t-Test (*p < 0,05, ! p < 0,1)				!									
o Wilcoxonstest (p < 0,05)		790		*	Unterholz undergrowth	o		*					
<sup>2 3</sup> zwei bzw. drei Jahre				*		o			!				
nach Renaturierung years to renaturation		128			Bodenvegetation soil vegetation							!	

**Abb. 4:** Präferenzveränderungen von Vogelzönosen nach Auenrenaturierung im Jahres-, Brutzeit (apr), Sommer-/Herbst (jul/oct) und Winteraspekt (jan). 2 bzw. 3 Jahre nach Renaturierung wird meist ganzjährig verstärkt in feuchter gewordenen Rinnen und Mulden an Sträuchern und unterständigen, auentypischen Gehölzen wie Weichlaubholzarten oder Esche nach Nahrung gesucht, während die Nutzungsraten im trockenen Auensektor zumindest an Kiefer und Eiche zurückgehen. – *Shifts in space use patterns of foraging birds following renaturation for all seasons (total), breeding season (apr), late summer/autumn (jul/oct) and winter (jan). Bird activities increased due to wetter conditions within chutes and basins especially in the undergrowth and on riverine forest tree species (ash, other leaf trees) and decreased at dry sites and on hardwood trees (pine, maple).*

greifendem Wurzelwerk. Im Trockensektor (Altaue, Brennen) deuten die vor allem außerhalb der Brutzeit höheren Nutzungspräferenzen an Esche, Weichlaubholz und Bergahorn auf umgekehrte Entwicklungen hin (verbesserte Wasserversorgung von Altbäumen, Grundwasseranhebung erreicht noch nicht Wurzelraum des Jungwuchses). Somit haben sich aufgrund der Renaturierungsmaßnahmen die Nahrungsbedingungen für Vogelzönosen verbessert, und dies an Rinnenstandorten in allen Vegetationsschichten und bei allen Baumarten (in der Vegetationsperiode selbst bei Bergahorn und Kiefer). In Mulden trifft dies für den Unterwuchs und feuchtauentypische Baumarten zu, in Altauen/Brennen im Stamm- und Kronenraum durch eine verbesserte Wasserversorgung von Altbäumen vor allem im Sommer-/Herbst und dadurch höherem Nahrungsangebot im Winter. Die Stratennutzung hat sich dabei im Brutzeitaspekt auf allen Standorten stärker zu bodennahen Gehölzen und Außenkrone, im Sommer/Herbst zu bodennahen Vegetationsschichten und zur Unterkrone und im Winteraspekt zur Zentralkrone verschoben (Abb. 5).

Standortabhängig verändert haben sich auch die Präferenzen der verschiedenen Nahrungsgilden (Abb. 6) bzw. dominanten Vogelarten (Online-Anhang 2b) für Vegetationsschichten (Boden und Bodenvegetation, Strauchschicht) sowie Baumarten (Stamm- und Kronenraum). Bei den überwiegend Pflanzenteile verzehrenden Vogelarten wurde in Rinnen intensiv von Unterholz und Esche zu Laubholz und Ahorn gewechselt,

in der Mulde vom Unterholz in die Bodenvegetation und im Trockensektor vom Laubholz zur Esche. Dies deutet an, dass in Rinnen die Frucht- und Samenstandproduktion besonders an Laubholz und Bergahorn, in Mulden in der Bodenvegetation (Disteln etc.) stark angestiegen ist, während die für Vögel nutzbare Pflanzenproduktivität an Esche und Eiche im Trockensektor stärker zugelegt hat als im Feuchtsektor (vermutlich v.a. bei Knospen bzw. Eicheln). Für Kleiber (Online-Anhang 2b) und Buntspecht haben sich im Trockensektor die Nahrungsbedingungen im oberen, äußeren Kronenraum vor allem der Eschen verbessert, während in Feuchtsektor starke Präferenzverschiebungen zwischen Baumarten und Baumstraten stattfanden (vgl. Signifikanzen in Tab. 5 und Online-Anhang 2c). Auch Mittelspecht und Gartenbaumläufer (Online-Anhang 2b; Nahrung v.a. Rindenarthropoden) bevorzugten in den Altauen vermehrt Eschen statt Eichen. Im Feuchtsektor wechselten die beiden Arten aber von der Esche zur Eiche, während auf Brennen vor allem die sehr starken Eichen an Bedeutung gewannen. Bei den arboricolomnivoren Meisen auffällig sind ein standortsübergreifender Rückzug vom Bergahorn (besonders im Feuchtsektor) und eine dafür verstärkte Nutzung von Weichlaubholz (Abb. 6). Nur in Mulden wurden Unterholz und Eschen nach der Renaturierung intensiver in die Nahrungssuche einbezogen, vor allem durch die sehr häufige Kohlmeise (Online-Anhang 2b). Die Sumpfkohlmeise ist dagegen in Rinnen von bodennaher Nahrungssuche (Distelsamen) bzw. in Mulden von anderen

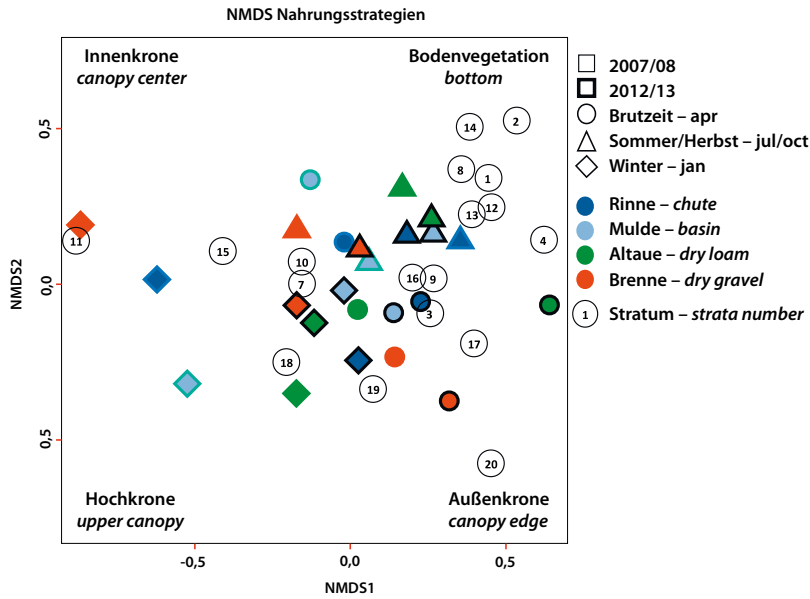


Abb. 5: Multiple Skalierung (NMDS) der renaturierungsbedingten Veränderungen in Vegetations- und Baumstratenpräferenzen der Vogelgemeinschaft im Brutzeit-, Sommer-/Herbst- und Winteraspekt. Stratenkennung siehe Abb. 2. Horizontale und vertikale Schichtung werden diagonal zueinander abgebildet. Im Brutzeitaspekt verschoben sich die Nutzungsschwerpunkte zum bodennahen Gehölzraum und zum äußeren Kronenraum (Straten 3, 4, 17, 19, 20), im Sommer/Herbst zu unteren Vegetationsschichten und Unterkronen, im Winter aus der stammnahen Hochkronen (11, 18) in die Zentralkronen. – *Non metric multidimensional scaling (NMDS) of bird activities within the 18 vegetation strata (see fig. 2) for the breeding season (circles), summer/autumn (triangles) and winter (rhombs) in 2007/08 and 2012/13 (bold frames). Horizontal and vertical dimensions influence diagonally. In 2012/13 birds preferred during the breeding season lower woody strata and more marginal canopy segments (3, 4, 17, 19, 20) than before renaturation, in summer/autumn lower vegetation strata and lower canopy segments (1, 2, 8, 12 – 14), in winter more mid canopy segments instead of the upper canopy centre (11, 18).*

Baumarten auf die Esche umgeschwenkt. In Altauen bevorzugt sie nach der Renaturierung stärker den bodennahen Bereich (Online-Anhang 2b).

### 3.4 Vertikale Präferenzverschiebungen bei Nahrungsgilden und Vogelarten im Vegetationsprofil

Tab. 3 zeigt die Veränderungen in der Nutzung von vertikalen Nahrungsnischen (Vegetationsprofile) nach Auenrenaturierung. Im Ganzjahresaspekt erscheinen die Nischenverschiebungen eher gering, werden aber

deutlich intensiver, wenn die Reaktionen auf die Jahreszeiten umgebrochen werden. In den vier Auenkategorien kam es dabei jahreszeitabhängig zu ganz unterschiedlichen Entwicklungen.

Nach Renaturierung präferierten nahrungssuchende Vögel in ihrer Gesamtheit (Avizönose) tendenziell bodennähere Schichten (vor allem Strauchschicht und unterständige Bäume), besonders im feuchten Auen-sektor (Rinne, Mulde). In der trockenen Altaue und auf Brennen (hier nicht im Winter) kam es eher zu einer stärkeren Nutzung des Kronenraums. Wieder scheinen

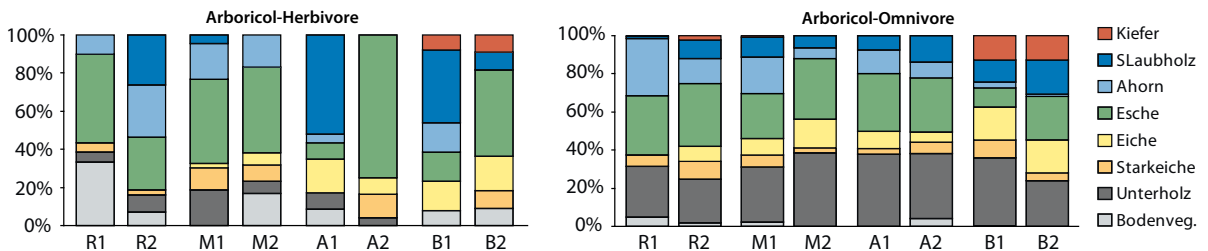


Abb. 6: Präferenzverschiebungen von Vogelgilden für Baumarten und bodennahe Vegetationsschichten in Rinnen (R), Mulden (M), Altauen (A) und Brennen (B) vor und nach Renaturierung im Jahresaspekt. 1 = 2007/08, 2 = 2012/13.– *All season shifts of bird preferences for tree species and lower vegetation strata following renaturation within chutes (R), basins (M), dry loamy sites (A) and dry gravel sites (B) from 2007/08 (1) to 2012/13 (2). Labels from bottom to top: litter/soil vegetation, scrubs/undergrowth, very old oak trees, oak, ash, maple, willow/poplars/alder, pine.*



Strauchschicht und junge Laubbäume aufgrund der infolge Renaturierung verbesserten Wasserversorgung (geringere Grundwasserabstände, stabilere Wasserhalte, seltenere Trockenstressphasen etc.) in Rinnen- und Muldenlagen produktiver und damit für Vögel attraktiver geworden zu sein.

Besonders auffällig sind Nischenverschiebungen bei den zoo-frugivoren Gehölvögeln wie Grasmücken oder Laubsängern, die vor allem in der Brutperiode ihre Nahrungssuche stark in die bodennahe Vegetation verlagert haben (Tab. 3). Dies gilt im Feuchtsektor (besonders in Mulden) zumindest in der Brutzeit auch für den Gimpel,

während die übrigen überwiegend arboreal-herbivoren Vogelarten vermehrt den Kronenraum aufsuchten (vgl. Abb. 7), besonders im Sommer/Herbst, in Rinnen auch im Winter. Ganzjährig gesehen gilt dies vor allem für Rinnen und Altauen (Probekreise mit vielen starkkronigen Baumindividuen). Rinnen waren vor Renaturierung bodenfeucht, stauden-, strauch- und jungwuchsreich und wiesen damit für Samen- und Knospenfresser ein reichhaltiges Nahrungsangebot auf, das baubedingt zumindest vorübergehend verloren ging. Hier sind die Herbivoren komplett in den Kronenraum der bachbegleitenden Großgehölze gewechselt (Abb. 7).

**Tab. 3:** Vertikale Stratenpräferenzverschiebung nahrungssuchender Vogelgilden und -arten im Vegetationsprofil (1=Boden, 2=Krautschicht, 3=Strauchschicht, 4=unterständige Bäume, 5=Stammraum, 6=Kronenraum; vgl. Abb. 2) im Jahres-, Brutzeit-, Sommer-/Herbst- und Winteraspekt. Intensität der Nahrungsnischenveränderungen: +++ sehr stark, ++ stark, + mäßig, gering. Chi<sup>2</sup>-Test: \*\*\*p < 0,001, \*\* p < 0,005, \*p < 0,05, °p < 0,1. Gilden/Arten bzw. Feuchtkategorien ohne signifikante Veränderungen unberücksichtigt. Anordnung nach Höhe der Mittelwertverschiebungen (gewichteter arithmetisches Mittel der sechs Vegetationsstraten). – *Vertical shifts of space use patterns following renaturation based on vegetation strata (1 = soil / litter, 2 = soil vegetation, 3 = scrubs, 4 = undergrowth/immature trees, 5 = basal stems of old trees/dead branches, 6 = canopy; see fig. 2) for all seasons, breeding season, late summer/autumn and winter. Shift intensity: +++very high, ++high, +moderate, low. Community (red cells), site categories (blue cells; colour gradient from dark chutes to light dry gravel sites), guilds and species (colours guild-specific) only included if showing significant shifts. The ordination follows the shifts of the weighted mean heights from vegetation strata.*

Nutzung nach Renaturierung	Jahr total	Brutzeit apr	Sommer/Herbst jul + oct	Winter jan
höher+++		Sumpfmiese**	arbicol-herbivor*	
höher++		Schwanzmiese**		arbicol-herbivor*
höher+		Kohlmeise°	Rinnenvögel***	
		corticol-zoovor°	Blaumiese*	
höher	Buntspecht**	arboricol-omnivor**	Avizönose**	Altauvögel***
	arboricol-omnivor***	Blaumiese***	Muldenvögel**	Buntspecht**
	Altauvögel***	Brennenvögel***	Altauvögel***	corticol-omnivor*
	arboricol-herbivor**	Altauvögel***	Brennenvögel**	Sumpfmiese°
	Kohlmeise**			Rinnenvögel***
	Sumpfmiese**			corticol-zoovor*
	Blaumiese*			
tiefer	Kleiber*	Avizönose***		Muldenvögel***
	corticol-zoovor°	corticol-omnivor***		Avizönose***
	Avizönose***	Buntspecht°		Brennenvögel***
	Rinnenvögel***			arboricol-omnivor**
	Muldenvögel***			Schwanzmiese***
	Schwanzmiese***			
tiefer+	Gimpel*	Rinnenvögel***	corticol-zoovor**	
		Muldenvögel***	Kohlmeise**	
		Kleiber***		
tiefer++	arb-zoo-frugivor**	Fitis°	Sumpfmiese**	
tiefer+++	Mönchsgrasmücke***	Zilpzalp*	zoovor-aereal**	

Während in der Brutzeit ähnlich wie die ins Unterholz abtauchenden Laubsänger auch omnivore Stammkletterer wie Kleiber und Buntspecht ihre Nutzungsschwerpunkte von den Baumkronen nach unten in den Stammraum verlagerten (Tab. 3), verstärkten im Trockensektor (Altaue, Brenne) besonders „omnivore“ Baumvögel wie Schwanz-, Sumpf-, Blau- und Kohlmeise die Nutzung im Kronenraum (vgl. auch Abb. 7). Zoovore Stammkletterer orientierten sich dagegen nur in Altauen- und Muldenbeständen stärker nach oben. Da Meisen größere und vor allem peripherere Kronenteile intensiver nutzen als Stammkletterer dürfte dies bedeuten, dass sich im April, bei einem jahreszeitbedingt für Arthropoden- und Samenfresser noch relativ geringem Nahrungsangebot, die Nahrungssituation in Altauen im gesamten Kronenraum, auf Brennen nur am Kronenrand und in Mulden und Rinnen grundsätzlich, besonders aber im Unterholz und Stammraum, verbessert hat, wobei in Rinnen noch Spenderhabitatfunktionen des neu angelegten Auenbaches hinzu kommen.

Im Sommer/Herbst, wenn sehr viel Nahrung zur Verfügung steht, wurden im Gegensatz zur Brutzeit in der gesamten Aue und besonders an Rinnen nach Renaturierung verstärkt Stamm- und Kronenräume mit genutzt, wobei zu beachten ist, dass sich die Vögel in diesen Jahreszeiten prinzipiell stärker an bodennahen Vegetationsschichten konzentrieren als zur Brutzeit oder im Winter (vgl. Abb. 8). Deutliche gegenläufige Verschiebungen hin zur Strauchschicht und zum Unterstand gab es bei den Schnäppern (zoovor-aerial), die vor Renaturierung fast nur im Trockensektor auftraten, während sie nach Etablierung des Ottheinrichbachs die ufernahen Tiefkronen von Starkbäumen und bachbegleitenden Jungwuchs als Ansitzwarten bevorzugten. Nach der Renaturierung traten sie zudem vermehrt in Mulden auf, waren dort aber höher eingemischt als an den Rinnen. Auch die corticol-zoovoren Stammkletterer sowie Kohl- und Sumpfmeise orientierten sich stärker zu Stammraum, Unterholz und Bodenvegetation hin, während die Blaumeise noch häufiger als zur Brutzeit Baumkronen aufsuchte (Tab. 3), in Mulden und Altaue allerdings nur im Winter (Abb. 7). Lediglich an der Rinne (nicht Sommer/Herbst) und auf Brennen (nur im Winter) nutzte die Art auch vermehrt bodennahe Gehölz- und Stammstraten. Bei den corticol-zoovoren Arten war diese Abwanderung in tiefer gelegene Vegetationsstraten mit großen Nachweiszahlen besonders in Rinnen und auf Brennen auffällig (Abb. 7). Deren Waldbestände sind lückiger als die in Mulden und Altauen mit dadurch hellerem Stammraum, der auch noch reich an Totholz ist und so bodennah vermehrt Insekten anlockt (Lichtschachteffekt; Utschick 1991). Auf Brennen war diese Gilde im Sommer/Herbst vor der Renaturierung fast ausschließlich im Kronenraum nachweisbar, im Winter in Rinnen und Altauen aufgrund der dort höheren Totholz- und Starkbaumdichten (an Rinnen zum Teil die Folge der forstlichen Nutzungsaufgabe in einem 40 m

breiten Waldstreifen entlang des Ottheinrichbachs). Nach der Renaturierung nutzten die Stammkletterer im Winter in den bewirtschaftungs- bzw. standortsbedingt kleinkronigeren Waldbeständen der Mulden und Brennen fast nur noch den Kronenraum und nicht mehr den Stamm- und Unterholzraum wie vor der Renaturierung, während die Nischen in Altauen und Rinnen relativ stabil blieben (Abb. 7). Kohl- und Sumpfmeise bevorzugten nach der Renaturierung im Sommer und Herbst bodennähere Vegetationsstraten (Tab. 3), die Kohlmeise aber nur in Rinnen und Mulden, die Sumpfmeise gegenläufig in Altauen und Brennen, während sie im Feuchtsektor verstärkt in den Kronenraum wechselte. Im Winter, wenn die Sumpfmeise fast nur noch in Baumkronen auftritt, war diese Verschiebung besonders stark (Abb. 7). In der Brutzeit waren nahrungssuchende Sumpfmeisen fast nur im rinnennahen Kronenraum nachweisbar, nur 2007/08 auch im Kronenraum von Altauen und Brennen. Die Kohlmeise sucht im Vergleich zu den anderen Meisenarten deutlich bodennäher nach Nahrung und hat nach Renaturierung nur zur Brutzeit und im Trockensektor ihre Nahrungssuche stärker in Baumkronen verlagert (Abb. 7), wobei die unteren Kronensektoren bevorzugt werden (vgl. 3.6). Die Schwanzmeise bevorzugt im Sommer/Herbst im Gegensatz zu den meisten anderen Meisenarten Außenkronen, v.a. in den lückenreichen Waldbeständen an Rinnen und auf Brennen (Abb. 7; vgl. auch Jenni & Widmer 1996).

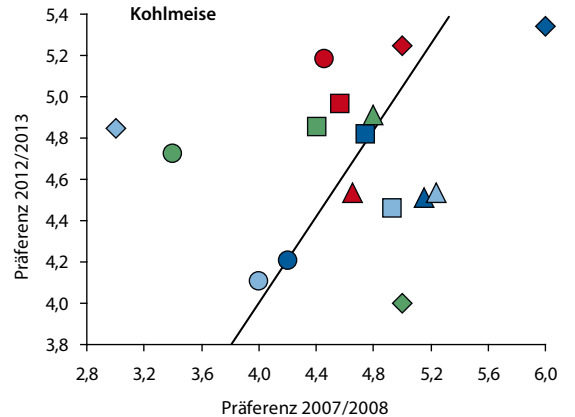
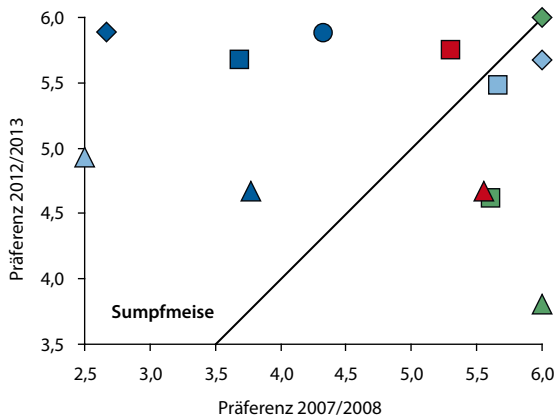
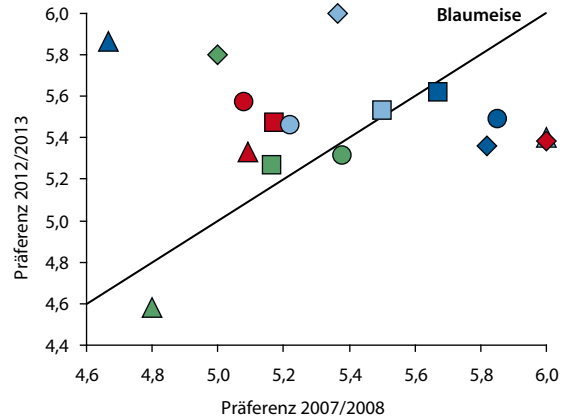
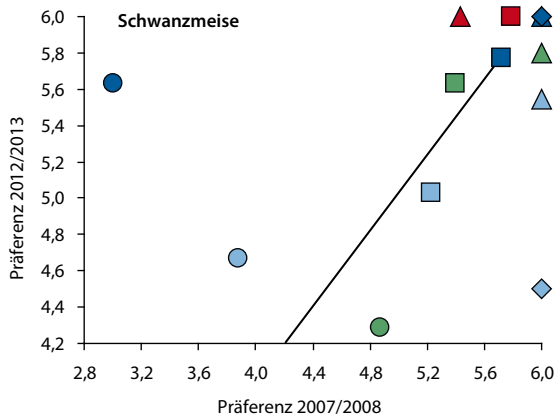
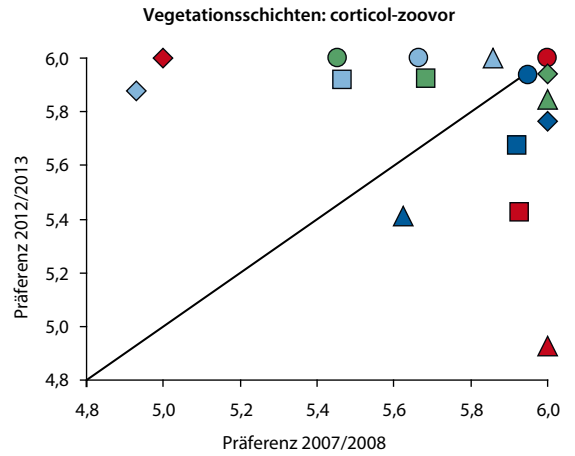
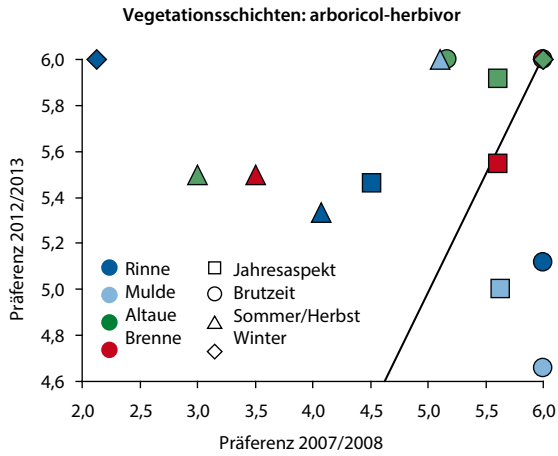
Im Winter sorgen ein geringer werdendes Angebot an Samen und größeren Arthropoden selbst im Auwald für eine angespannte Nahrungssituation. Kleinere Nahrungseinheiten und weit verstreute Nahrungsquellen zwingen zu ganztägiger Nahrungssuche. Diese wurde nach der Renaturierung vor allem in Baum- und Kronenstraten intensiviert (Tab. 3), besonders in der Altaue und an wasserführenden Rinnen (Stammkletterer, Sumpfmeise), während die Schwanzmeise besonders in Mulden nach Renaturierung vermehrt in Strauchschicht und Unterstand nachgewiesen wurde (Abb. 7). In der Brutperiode kam es dagegen im Feuchtsektor zu einer Verschiebung in höhere Straten (besonders in Rinnen, in Altauen gegenläufig). Dies deutet darauf hin, dass im

**Abb. 7:** Verschiebung von vertikalen Schichtenpräferenzen im Vegetationsprofil (siehe Tab. 3) in Rinnen, Mulden, Altauen und Brennen unter Jahreszeiteinfluss. Oberhalb der Trennlinien 2012/13 vermehrte Nutzung in Stamm- und Kronenraum, unterhalb in Bodenvegetation und Unterholz. – *Vertical shifts of space use patterns following renaturation based on vegetation strata (see tab. 3) for all seasons (squares), breeding season (circles), late summer/autumn (triangles) and winter (rhombs) in chutes (dark blue), basins (light blue), dry loamy sites (green) and dry gravel sites (red). Symbols above the line indicate shifts upwards into tree strata, below downwards into low vegetation strata.*

Feuchtsektor eine bei jungen Gehölzen renaturierungsbedingt höhere Produktivität auch noch im Winter im Feinastbereich für eine Verbesserung des Nahrungsangebots sorgt (Kleininsekten, Weidensamen etc.), während sich die Nahrungssituation im Feinastbereich von Großbäumen nur in der Brutzeit verbessert hat, falls deren Standorte feuchter geworden sind.

### 3.5 Veränderungen bei der Nutzung von Baumkronensegmenten nach Auenrenaturierung

Bei fast allen Nahrungsgilden und dominanten Vogelarten kam es standorts- und jahreszeitabhängig zu signifikanten Nischenverschiebungen an den dominierenden Baumarten (Straten 7 – 20; vgl. Abb. 2) des untersuchten Auengebiets (Online-Anhang 2c; vgl. auch Abb. 4).



### 3.5.1 Baumartenspezifische Nutzungs- veränderungen im Untersuchungsgebiet

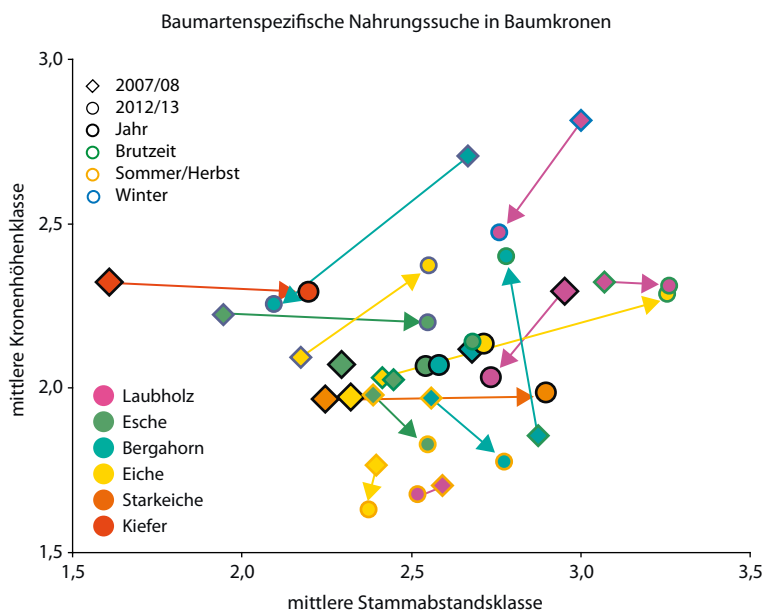
In den Neuburger Donauauen bevorzugten die Vögel bei der Nahrungssuche an verschiedenen Baumarten unterschiedliche Kronensegmente (Abb. 8), die sich vor allem in ihrem Grob- und Feinstrukturen, dem Knospenangebot, der strahlungsabhängigen Laubdichte und Blattgrößenverteilung sowie der Phyto-masseproduktion mit ihren Auswirkungen auf die Nahrungsketten unterscheiden. Kiefer und Weichlaubholz werden ganzjährig gesehen vor allem oberkronig genutzt (Straten 18 – 20; vgl. Abb. 2), die Kiefer allerdings im stammnahen, Weichlaubholz im äußeren Kronenraum. Bei Esche und Eiche konzentrieren sich die Vögel eher auf zentrale Kronensegmente bzw. besuchen den gesamten Kronenraum relativ gleichmäßig. An Eichen werden tiefkronige Bereiche intensiver abgesehen als an Eschen, bei sehr starken Eichen auch vermehrt stammfernere. An Ahorn gehen die Vögel im Vergleich zur Esche stärker in periphere Kronensegmente (Abb. 8).

Durch die Renaturierung haben sich diese Kronensegmentpräferenzen zum Teil stark verändert. Besonders auffällig ist dies beim (Weich)Laubholz, an dem die Vögel zur Brutzeit bei jetzt weniger unter Wasserstress leidenden Bäumen noch stärker in die äußeren Kronenteile gingen, während im Winter bei dann besonders hohen Nachweiszahlen (und damit auch im Jahresaspekt) der zentrale Kronenraum interessanter wurde (Abb. 8). Relativ stark sind auch die Präferenzänderungen beim Bergahorn, der jetzt in der Brutzeit vermehrt in oberen und in Winter in zentraleren, stammnäheren Kronenbereichen reichhaltige Nah-

rungsquellen für Vögel anzubieten scheint. Im Jahresaspekt haben sich dagegen hier die Nutzungsmuster kaum verändert. Wie bei Esche und Eiche ist auch beim Bergahorn im Sommer/Herbst ein noch stärkere Bevorzugung der untersten Kronenteile erkennbar, bei Esche und Eiche im Winter auch eine Verschiebung der Nahrungsnischen von eher stammnahen in zentrale Kronenbereiche und in der Brutzeit wie beim Laubholz besonders am Eiche ein starker Trend zur Außenkrone. Dies bedeutet, dass sich die Nahrungsbedingungen zur Brutzeit und im Sommer/Herbst besonders in den schon vor Renaturierung optimalen Kronensegmenten verbessert haben, während sich im Winter eher die Nahrungsnische vergrößert hat (er-giebige Nahrungsquellen jetzt nicht mehr nur im oberen Kronenbereich). Ähnliches gilt zumindest im Jahresaspekt auch für die Nutzung an Kiefern und Starkeichen (Abb. 8).

### 3.5.2 Baumartenspezifische Nutzungsänderungen an unterschiedlich feuchten Standorten

Dass sich dabei auch die Nutzungsmuster in den unterschiedlichen Feuchtekategorien angenähert haben zeigt Abb. 9. Vergleicht man die Nutzungsschwerpunkte im Kronenraum des Auwalds vor und nach der Renaturierung, dann werden nicht nur die in Abb. 8 festgestellten Nischenverschiebungen im Brutzeit-, Sommer-/Herbst- und Winteraspekt deutlich, sondern einheitlichere Nutzungsschwerpunkte unabhängig davon, ob die Nahrungsbäume in Rinnen, Mulden, Altauen oder auf Brennen stocken. Im Jahresaspekt hat sich die durchschnittliche Position nahrungssuchender Vögel im Kronenraum in den gesamten Aue weiter nach außen ver-



**Abb. 8:** Bevorzugung von Baumkronensegmenten (12-20; vgl. Abb.2) durch an Baumarten des Auwaldes nahrungssuchende Vögel und Mittelwertverschiebung der Nahrungsnischen nach Auenrenaturierung im Jahres-, Brutzeit-, Sommer-/Herbst- und Winteraspekt. Stammabstandsklasse: 1 = Stammkrone, 2 = Innenkrone, 3 = Zentralkrone, 4 = Außenkrone. Kronenhöhenklasse: 1 = Tief-/Unterkrone, 2 = Mittelkrone, 3 = Hoch-/Oberkrone. – Shifts of canopy space use patterns based on means of canopy strata categories in willows, poplars, alder (violet), ash (green), maple (blue), oak (yellow), very old oak (orange) and pine (red) before (rhombi) and after renaturation (circles) for all seasons (frame black), breeding season (frame green), late summer/autumn (frame orange) and winter (frame blue). Classification (see fig. 2): horizontal strata (1 = 9-11, 2 = 12,15,18, 3 = 13,16,19, 4 = 14,17,20), vertical strata (1 = 9,12-14, 2 = 10,15-17, 3 = 11,18-20).

schoben, und dies in Rinnen und Mulden stärker als in Brennen und Altauen. Neben einer besonders im Feuchtsektor starken Verlagerung der Nahrungsnischen in Strauchschicht und Unterstand (Abb. 4) ist es hier im Kronenraum zur Außenverschiebung gekommen. Feuchtkategorienabhängig gab es aber durchaus Schwerpunktverschiebungen in der Kronennutzung. So sind die Präferenzveränderungen besonders in Mulden (v.a. Brutzeitaspekt) aber auch Rinnen (v.a. Winteraspekt) viel prägnanter als auf Brennen. In der Altaue sind sie auffällig gering (Abb. 9). Nicht dem Trend gemäß verhält sich nur die Nutzung auf Brennen im Sommer-/Herbstaspekt (leichte Tendenz zu höheren Kronensegmenten).

Welche komplexen Veränderungen die Renaturierung bei der Nahrungssuche im Kronenraum ausgelöst hat lässt sich besonders gut am (Weich)Laubholz demonstrieren, indem man Standorts- und Jahreszeiteffekte kombiniert (Abb. 10). Standortsübergreifend überlagern sich die in den einzelnen Jahreszeiten genutzten Kronensegmente kaum. Diese sind aber (besonders in horizontaler Hinsicht) im Winter sehr viel größer als im Sommer/Herbst und in der Brutzeit sehr klein. Nach der Renaturierung gab es in Rinnen bzw. Mulden massive Nischenverschiebungen nach außen/oben bzw. unten/außen und es war verstärkte Nahrungssuche an Weichlaubholz nachweisbar (in Rinnen 2007/08 nur Nachweise in der Brutzeit, 2012/13 auch in Sommer-/Herbst und Winter; in Mulden zunächst nur im Winter, danach ganzjährig). In den Altauen und Brennen kam es dagegen zu gegenläufigen Effekten, dies allerdings nur außerhalb der Brutzeit.

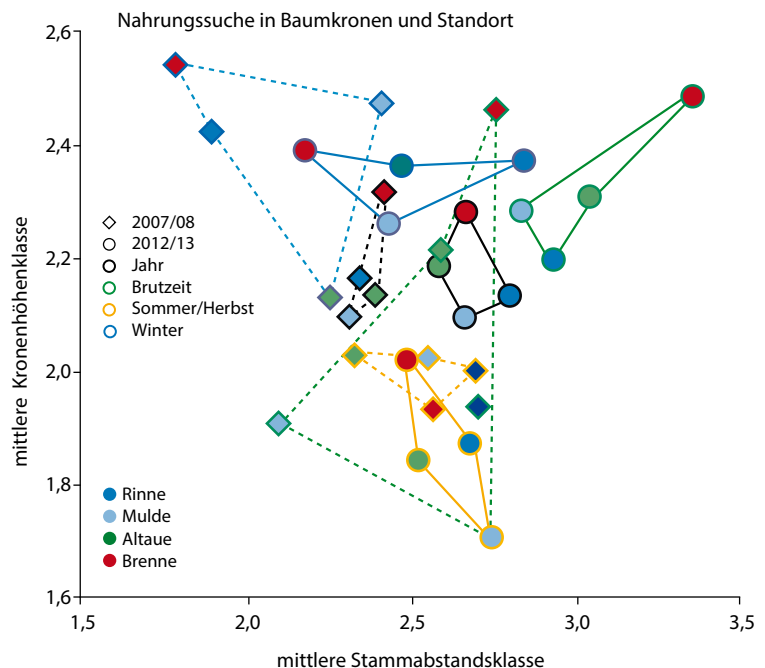
In Abb. 10 sind auch die Reaktionen an den Hauptbaumarten Esche, Ahorn und Eiche dargestellt. Am

Bergahorn hat sich die Nutzung in der Brutzeit nach oben und außerhalb der Brutzeit nach unten verlagert, im Winter auch deutlich nach innen. Am stärksten fällt diese Reaktion in Rinnen und Mulden aus. In den Altauen wurde der Bergahorn vor Renaturierung vor allem in der Vegetationsperiode, danach vor allem in Sommer/Herbst und Winter aufgesucht. Hier verschoben sich die Präferenzen außerhalb der Brutzeit von stammnahen, oberen Kronenteilen zu zentralen, unteren und in der Brutzeit, wenn fast nur noch Außenkronen besucht wird, an den oberen Kronenrand. Auf Brennen beziehen sich die Daten auch auf den nur hier auftretenden Feldahorn.

An der Eiche hat die Renaturierung auf allen Standorten ganzjährig, bei insgesamt niedrigeren Nutzungsraten (Abb. 3), zu einer Nutzungsverlagerung aus zentralen in peripherere (Brutzeit, Winter) bzw. höhere (Winter) Kronenteile geführt. Nur im Sommer/Herbst, wenn vor allem in der stammnahen Unterkrone nach Nahrung gesucht wurde, waren die durchwegs schwachen Reaktionen standörtlich unterschiedlich. In der stammnahen Innenkrone scheinen sich die Nahrungsangebote verschlechtert zu haben.

An der Esche, dem wichtigsten Nahrungsbaum in der Aue, ist ganzjährig und in allen Jahreszeiten eine Verlagerung der Nahrungsaktivitäten in äußere, im Sommer/Herbst auch untere Kronenteile nachweisbar (Abb. 10). Im Winter, wenn sich die Nahrungssuche auch an der Esche weitgehend auf obere Kronenteile konzentriert, gilt dies besonders stark für Rinnen. Aber auch in Mulden suchen die Vögel nach Renaturierung peripherer nach Nahrung, während sie umgekehrt in der Altaue und auf Brennen im Winter vermehrt zentralere Kronenteile auf-

**Abb. 9:** Mittelwertverschiebung der bevorzugt zur Nahrungssuche genutzten Baumkronensegmente vor und nach Auenrenaturierung an unterschiedlich feuchten bzw. feuchter gewordenen Standorten (Feuchtkategorien) im Jahres-, Brutzeit-, Sommer-/Herbst- und Winteraspekt. Zur Stratenklassifizierung vgl. Abb. 8. – Shifts of space use patterns based on means of tree crown strata categories (all tree species) following renaturation at chutes (dark blue), basins (light blue), dry loamy sites (green) and dry gravel sites (red). For strata classification and season symbology see fig 8. Seasonal shifts from 2007/08 (broken) to 2012/13 (solid) grouped by lines.



suchen, im Jahresaspekt in Altauen auch bodennähere. Am intensivsten und sehr komplex sind die Raumpräferenzänderungen aber in der Brutzeit. Hier haben sich nach Renaturierung im Feuchtsektor sehr ähnliche Kronensegmentnutzungen mit verstärkter Orientierung nach oben und außen entwickelt. In der Altaue wurde dagegen die Nahrungssuche gegenläufig in stammnähere, unterkronige Bereiche verlagert. Die starke Außenverschiebung auf Brennen darf wegen der dort geringen Eschenvorkommen nicht überbewertet werden (bei keiner Gilde oder Art signifikant; vgl. Online-Anhang 2c). Im Sommer-/Herbstaspekt hat sich das Nahrungssuchverhalten nur in Mulden stark verändert. Eschen scheinen somit nach Renaturierung in Rinnen (Winter) und Mulden (Sommer/Herbst) vor allem in gut belichteten zentralen und peripheren Kronenregionen, in Altauen (Brutzeit) in schattigen, unteren Kronenbereichen nahrungsreicher geworden zu sein.

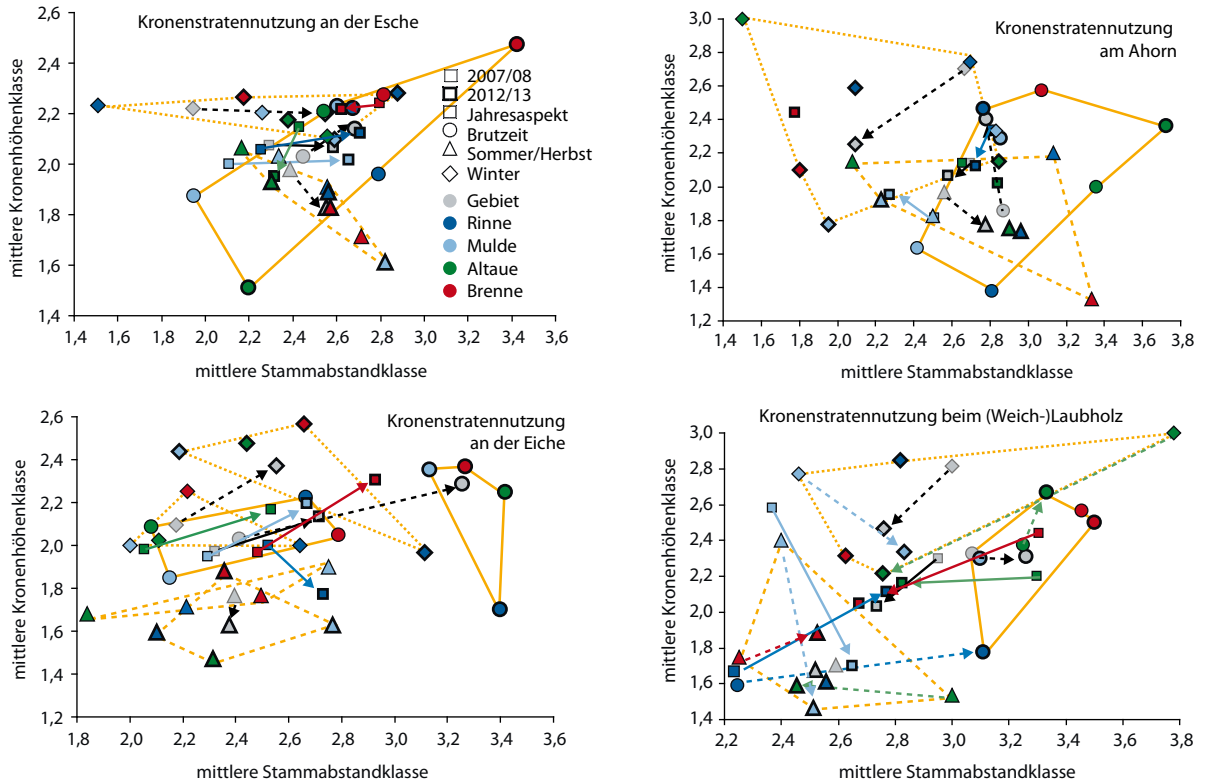
Eine Zusammenfassung signifikanter unterschiedlicher baumarten- und standortspezifischer Baumkronennutzungen durch nahrungssuchende Vögel sowie der durch die Renaturierung ausgelösten Präferenzverschiebungen für Kronensegmente versucht für den Jahresaspekt Tab. 5 (Brutzeit-, Sommer-/Herbst- und Winteraspekt siehe Online-Anhang 2d). Deutlich zu sehen ist, dass es außer beim Bergahorn mit seinen saisonal gegenläufigen Entwicklungen (Abb. 10) bei allen Baumarten zu einer Verlagerung der Nutzungsschwerpunkte nahrungssuchender Vögel in die äußeren und unteren Kronenbereiche gekommen ist, wobei bei der Eiche eher obere Kronenregionen, bei Laubholz und Kiefer untere Kronensegmente an Bedeutung gewonnen haben. Standortlich unterschiedliche Reaktionen gab es bei der Esche (im Feuchtsektor nach außen, in der Altaue nach innen), der Kiefer (in Rinnen nach oben, in Brennen nach unten) und vor allem bei der Eiche (in den im Kronenraum eher offenen Mulden und Brennen nach oben, besonders in Rinnen nach unten), wobei bei sehr starken, meist totastreichen Eichen die Unterschiede am größten waren.

Im **Brutzeitaspekt** (Online-Anhang 2d) sind nach der Renaturierung starke standortsabhängige Verschiebungen der Nutzungsschwerpunkte erkennbar, die nur beim Bergahorn zu stammnahen Hochkronen, sonst zu äußeren und unteren Kronenregionen tendieren. In Mulden gewann dabei eher der obere Kronenrand an Bedeutung (besonders bei Laubholz und Eiche), in Rinnen die unteren Kronenteile (nur an Laubholz die äußeren). In der Altaue gab es nur an Eichen (nach außen) und Esche (nach unten) deutliche Reaktionen, auf Brennen nur an Kiefer und Eiche. Bei den Starkeichen auffällig war die nach Renaturierung sehr starke Präferenz für stammnahe Unterkronen.

Im Sommer-/Herbstaspekt (Online-Anhang 2d) hat die Renaturierung relativ wenig geändert, auf Brennen gar nichts. In der Altaue ist allerdings eine baumartenübergreifende Verschiebung der Nahrungsnischen in

**Tab. 5:** Signifikante Veränderungen der Baumkronennutzung nahrungssuchender Vögel nach Renaturierung im Jahresaspekt in Abhängigkeit von Standort und Baumart. Anordnung nach Reaktionsintensität in horizontaler bzw. vertikaler Dimension (nach +-Symbol; horizontale und vertikale Verschiebungen durch Schrägstrich getrennt). Ohne Farbe: hinter dem Baumnamen standortsunabhängige Nutzungsänderung bei einer Baumart nach Renaturierung; unter dem Baumnamen Kronennischenunterschiede zu anderen Baumarten (Eiche = Ei, Starkeiche = Ex, Esche = Es, Ahorn = Ah (Bergahorn), (Weich)Laubholz = L, Kiefer = Ki) zur Rekonstruktion absoluter Nischenpositionen (vgl. Abb. 8, Abb. 10). Farbig: oben Nutzungsunterschiede an einer Baumart vor und nach Renaturierung in Rinnen (R) = blau, Mulden (M) = (hell)blau, Altauen (A) = grün und auf Brennen (B) = orange; darunter Nutzungsunterschiede im Standortvergleich.  $\chi^2$ -Test: \*\*\*p < 0,001, \*\*p < 0,005, \*p < 0,05, ° p < 0,1. Bei rot markierten Signifikanznutzungen nach Renaturierung sowie im Baumarten- oder Standortvergleich stammnäher bzw. tiefer, sonst peripherer bzw. höher. Beispiel: An Laubholz in Mulden nutzen die Vögel nach Renaturierung (+) hochsignifikant vermehrt untere Kronensegmente. Im Vergleich zu Rinnen (R) werden Weichlaubholzkronen in Mulden basaler, im Vergleich zu Altauen (A) und Brennen (B) stammnäher und basaler genutzt. - *Tree species specific shifts of space use patterns following renaturation based on tree crown strata categories for all seasons at chutes, basins, dry loamy sites and dry gravel sites (cell colours see headline). Shift intensity: +++very high, ++high, +moderate, low. Relations only included if showing significant shifts (significance symbols separated from names by +, for horizontal and vertical relations by /). Cells without colour: behind tree name tree specific shift within the test area; below differences in mean canopy strata category compared with other tree species (Eiche, Ei = oak, Starkeiche, Ex = very old oak, Esche, Es = ash, Ahorn, Ah = maple, Laubholz, L = willows, poplars, alder, Kiefer, Ki = pine) for reconstructing real niche positions (see fig. 8, fig. 10). Coloured cells: above shifts due to renaturation, below differences in mean canopy strata category between sites with different soil water conditions (R = chute, M = basin, A = dry loamy sites, B = dry gravel sites). Red marked-significance symbols indicate (behind tree name) shifts to inner and lower crown segments after renaturation or (below tree name) more central-lower activities in relation to the tree species or the site category in the lower line, not marked symbols reverse shifts or intensities. The ordination follows the niche shift intensity of the horizontal and vertical main feeding positions of birds in the canopy.*

Rinne chute		Mulde basin		Altaue dry		Brenne gravel		Jahr total			
Nutzung nach Renaturierung	innen +++	innen ++	innen +	innen	gleich	außen	außen+	außen ++	außen +++	außen +++	außen +++
höher +++											Kiefer+***/* M**/B***/*
höher ++								Starkeiche+***/* R*/°M**/*B***/*			
höher +								Starkeiche+***/* R**/*A***/*B**/*!			
höher					Ahorn+/* R**/*A***/*B/*°			Eiche+***/* R**/*A***/*B**/*!			
höher					Ahorn Ei/°Ex/*A***/*Es*/L°/ ***Ki***/			Esche+***/* /***Ah*/L***/*Ki***/			
gleich					Ahorn R/** M*/B/*°	AhornM** /°A/**		Eiche+***/* R**/*A***/*B**/*!			
tiefer		Ahorn+*** /°M°/*** A/*			Esche R*/°M***/*A*/°	Kiefer R**/*		Esche+***/* R*/°A*/B***/*			Laubholz+***/ M/°A*/B*/°
tiefer +					Laubholz+/* R*/°M***/*	Kiefer B/°					
tiefer ++											
tiefer +++					Laubholz+*** /R*/° M**/*°						



**Abb. 10:** Baumartenspezifische, standortsabhängige Mittelwertverschiebung bei bevorzugt zur Nahrungssuche genutzten Baumkronensegmenten (12 – 20; vgl. Abb. 2) nach Auenrenaturierung im Jahres-, Brutzeit-, Sommer-/Herbst- und Winteraspekt. Stratenklassifizierung siehe Abb. 8. –Tree species specific shifts of space use patterns based on means of canopy strata categories before (normal frame) and after (bold frame) renaturation at the test area (grey), chutes (dark blue), basins (light blue), dry loamy sites (green) and dry gravel sites (red). All season aspects with squares. For strata classification and season symbology see fig 8. Top left ash, right maple. Bottom left oak, right willows, poplars, alder. Seasons grouped by lines.

die Kronenperipherie klar erkennbar, im Feuchtsektor für die Baumarten der Feuchtaue (Weichlaubholz, Esche) eine Verschiebung in die stammnahe Unterkrone. In Rinnen und Mulden reagierten die Vögel dabei an verschiedenen Baumarten sehr unterschiedlich. Während sich hier das Nutzungsregime an Eiche kaum veränderte und nur an Starkeichen vor allem in Mulden verschoben wurde waren die Veränderungen an Laubholz und Bergahorn gegenläufig (Laubholz in Rinnen v.a. in der Hochkrone, in Mulden in der stammnahen Unterkrone; Bergahorn umgekehrt).

Im Winteraspekt (Online-Anhang 2d) ist ebenfalls die nach Renaturierung stärkere, baumartenspezifische Nutzung äußerer und unterer Kronenregionen gut belegbar. Standortqualitäten scheinen in dieser Jahreszeit nur noch eine untergeordnete Rolle zu spielen. Besonders auffällig ist dies bei der Eiche, an der sich die Nutzung außer in Rinnen sehr stark in die oberen, äußeren Kronenteile verlagert hat und nur in Mulden an Starkeiche zur stammnahen Unterkrone. An Laubholz und Bergahorn kam es nur in Mulden und in der Altaue zu gleichgerichteten Nischenverschiebungen, an Kiefer in Rinnen.

### 3.5.3 Standortabhängige Stratenpräferenzverschiebungen von Nahrungsgilden und Vogelarten im Kronenraum

Für den Kronenraum werden in Tab. 6 baumartenübergreifend die vor und nach Renaturierung signifikant unterschiedlichen Stratenutzungen durch nahrungssuchende Vögel (standortsspezifische Zönosen, Gilden, Arten) nach der Intensität ihrer Nischenverschiebungen in horizontaler und vertikaler Kronendimension zusammengefasst. Im Jahresaspekt wird bestätigt, dass sich nach der Renaturierung die Raumnutzung der Vögel stärker in äußere Kronensegmente mit deutlicher Tendenz zum unteren Kronenrand hin verlagert hat, und dies besonders auf Brennen und im Feuchtsektor. Vor allem für corticole Gilden und Arten gewannen die äußeren Kronensegmente an Bedeutung, wobei bei den eher zoovoren Stammkletterern der Gartenbaumläufer stärker in die Außenkrone vordrang als der Mittelspecht. Bei den eher omnivoren Rindenabsuchern hat sich der Kleiber sehr stark nach oben orientiert, der Buntspecht nach unten. Relativ wenig veränderten sich dagegen im Jahresaspekt die Nutzungsmuster bei den omnivoren Gehölzvogelarten in Altauen (nur bei der





Nutzung nach Renaturierung	Sommer/Herbst (jul+oct)							
	innen+++	innen+	innen	gleich	außen	außen+	außen++	außen+++
höher+++	cort-zoo**/**							
höher+								Eichelhäher***/°
höher			Brennenvögel**/**				arb-herb*/*	
							Buntspecht***/**	
gleich		Schwanzmeise°						
tiefer	Mittelspecht*/*							cort-omn/**
tiefer+			Rinnenvögel*/***	Altauenvögel/*	Avizönose*/***			
tiefer++				Muldenvögel/**				
			Blaumeise°/**	arb-omn/**	Kohlmeise*/**	Kleiber*/*		
tiefer+++				Grauschnäpper/*			Sumpfmeise/**	

Nutzung nach Renaturierung	Winter (jan)						
	innen+++	innen+	gleich	außen	außen+	außen++	außen+++
höher+++						Kleiber**/**	
höher+		Muldenvogel**/**			Altauenvögel*/**		
höher						cort-omn*/***	
gleich	Schwarzspecht*					Blaumeise*	Mittelspecht°
tiefer		arb-herb*/**					cort-zoo**/**
		Buntspecht***/**					Rinnenvögel**/**
tiefer+							Avizönose***/°
tiefer++				arb-omn**/**			Brennenvögel**/**
tiefer+++					Schwanzmeise***/**		Gartenbaumläufer*/**

abweichen bzw. sich gegenseitig kompensieren, wenn sich die zur Brutzeit, im Sommer/Herbst und im Winter bevorzugt genutzten Kronenräume stark unterscheiden. Letzteres bedeutet, dass durch die Renaturierung nicht nur bestimmte Kronenteile besonders nahrungsreich geworden sind, sondern ganzjährig gesehen große Teile des Kronenraums. Dies gilt vermutlich vor allem für die im zentralen Bereich von Tab. 6 positionierten Arten, Gilden und Vogelgemeinschaften wie arboricole Omnivoren (besonders Blaumeise), arboricole Herbivoren wie den Eichelhäher, den Mittelspecht und die Vogelgesellschaften in der Altaue. Für die gesamte Avizönose ergaben sich Nischenverschiebungen in der

Brutzeit zum äußeren-oberen, im Sommer/Herbst zum unteren (nur in Altauen und Mulden auch tendenziell zum äußeren) und im Winter zum äußeren, unteren Kronenrand hin. Ganzjährig gesehen hat damit nur die stammnahen Innenkrone nicht von der Renaturierung profitiert.

In den verschiedenen Feuchtektategorien zeigten die Vogelgemeinschaften im Brutzeitaspekt relativ ähnliche Reaktionen (Tab. 6), mit im Feuchtektor besonders kräftiger Nischenverschiebung nach oben (in Mulden weiter außen als in Rinnen) und schwächeren Reaktionen in der Altaue. Auch im Sommer/Herbst-Aspekt trat die standortübergreifende Nischenverschiebung

nach unten nur auf den Brennen nicht ein. Im Winter hat in den waldlückenreichen Rinnen und Brennen eine starke Verschiebung zur unteren Außenkrone stattgefunden, in den geschlossenen Waldbeständen der Altauen und Mulden zur Oberkrone (in Mulden eher zum Stamm, in Altauen zum Außenrand hin).

Auf Gilden- und Artenniveau hat die vogelreichste Gilde, die arboricolen Omnivoren mit der Leitart Kohlmeise, in der Brutzeit mit einer stärkeren Bevorzugung höherer Kronenstraten bzw. außerhalb der Brutzeit des unteren Kronenraums reagiert. Blau-, Sumpf- und Schwanzmeise verlagerten dagegen jahreszeitabhängig die Nutzungsschwerpunkte in den Kronen unterschiedlich, wodurch sich letztendlich für diese Arten mit Ausnahme der Innenkrone die Nahrungsqualität im gesamten Kronenraum verbessert zu haben scheint (Tab. 6). Ähnliches gilt für die arboricolen Herbivoren, allerdings mit im Vergleich zur Blaumeise gegenläufigen Kronen-

raum-Präferenzverschiebungen. Sommervogel wie die arboricolen zoo-frugivoren Laubsänger (Brutzeit) oder der Grauschnäpper (Sommer/Herbst) haben ihren Nahrungsnischen dagegen deutlich in bodennahe Gehölzschichten (vgl. Tab. 3) einschließlich des unteren Kronenraums (Tab. 6) verlagert. Für die kletternden Gilden und Arten scheint sich dagegen besonders im äußeren Kronenraum das Nahrungsangebot verbessert zu haben (Arthropoden im Feinastbereich), für die eher zoovoren Arten im Sommer/Herbst und für Spechte im Winter auch in der Stammkrone (Rinden- und Holzarthropoden). Gartenbaumläufer, Kleiber, Buntspecht, Mittelspecht und Schwarzspecht reagierten dabei sehr unterschiedlich, wobei der Buntspecht nach Renaturierung in der Vegetationsperiode weiter nach oben und außen rückte, während der Kleiber stärker zu unteren Kronenbereichen tendierte. Im Winter rückte der Kleiber dann stark nach oben-außen, der Buntspecht nach

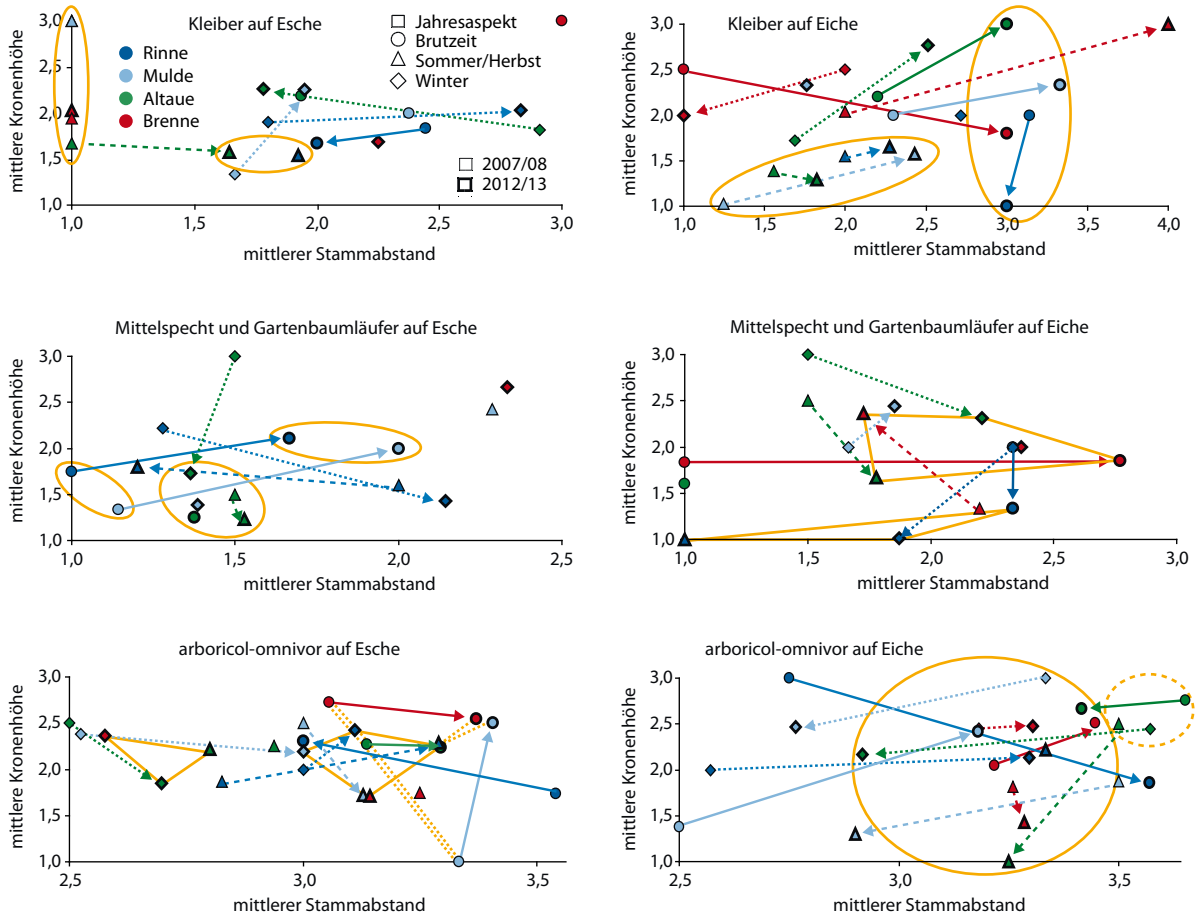


Abb. 11: Standorts- und baumartenspezifische Schwerpunkte und Schwerpunktveränderungen von Nahrungsnischen im Kronenraum im Jahres-, Brutzeit-, Sommer-/Herbst- und Winteraspekt bei besonders reaktiven Baumarten-Vogelarten-Komplexen. – *Tree species specific shifts of space use patterns by Nuthatch (top), Middle Spotted Woodpecker and Short-toed Treecreeper and arboricol-omnivor species (bottom) based on means of canopy strata categories before (normal frame) and after (bold frame) renaturation at chutes (dark blue), basins (light blue), dry loamy sites (green) and dry gravel sites (red). For strata classification and season symbology see fig 8. Important shifts are grouped.*

unten-innen (Tab. 6). Abb. 11 vergleicht beispielhaft die standortspezifischen Kronennischenveränderungen besonders reaktiver Vogelarten- und -gilden an Esche und Eiche. Die Ergebnisse bei Kleiber, Mittelspecht und Gartenbaumläufer deuten darauf hin, dass Rindenarthropoden nach Renaturierung im Feuchtsektor auf Esche besonders im Mittel- und Feinastbereich des unteren bis mittleren Kronenraumes bzw. in Altauen im Grob- und Mittelastbereich des unteren Kronenraumes zugenommen zu haben, während dies auf Eiche in Rinnen im untersten Grobastbereich und im Trockensektor im unteren bis zentralen Mittel- und Feinastbereich erfolgte. Arboricol-omnivore Vogelarten mit in der Vegetationsperiode überwiegend tierischer, im Winter pflanzlicher Kost bevorzugen peripherere Kronenbereiche als die Stammkletterer. Vor Renaturierung nutzte diese dominante Gilde Eschen in der Brutzeit bevorzugt an feuchten Standorten und hier am unteren bzw. äußeren Kronenrand, danach Eschen in der gesamten Aue unter Bevorzugung der oberen Kronenränder. Außerhalb der Brutzeit wurden dagegen im Feuchtsektor zunehmend zentrale Kronensegmente bevorzugt, im Trockensektor unverändert stammnahe. Bei der Nutzung von Eichen ist bei omnivoren Baumvögeln außerhalb der Brutzeit in der Altaue eine Verlagerung des Nutzungsschwerpunkts vom oberen, äußeren Kronensegment in den gesamten äußeren Kronenraum auffällig (Abb. 11).

## 4. Diskussion

### 4.1 Erfassungsmethoden

Bei den Vogelaufnahmen wurden nur Beobachtungen berücksichtigt, in denen Vögel Nahrungsaufnahmen oder erkennbar auf Nahrungssuche waren. Dazu musste zwingend Sichtkontakt bestehen, was besonders bei dichter Belaubung und in geschlossenen Beständen schwierig war. Vor allem im Sommeraspekt (Juli) entstanden so bei zeitnormierten Aufnahmen nur kleine Datensätze, wobei der obere Kronenraum tendenziell unterrepräsentiert war. Zur besseren Vergleichbarkeit phänologischer Effekte wurden daher Juli- und Oktoberaufnahmen zum Sommer-/Herbstaspekt zusammengefasst.

Zudem ist davon auszugehen, dass in Rinnen und auf Brennen wegen der großen Waldlücken (Gewässer, Trockenrasen) Sichtkontakte einfacher waren als in Altauen und Mulden bzw. im Kronenraum wegen des geringeren Schlussgrades in Mulden und Brennen einfacher als in Rinnen und Altauen. Andererseits bestätigen Vergleiche zwischen gut und schlecht einseharen Probeständen die im Sommer-/Herbstaspekt intensivere Nahrungssuche in unteren Vegetationsstraten, weshalb angenommen werden darf, dass die Daten alle Vegetations- und Baumstraten repräsentativ berücksichtigen.

Nachdem 2007/2008 bei stationären Beobachtungen an den Probekreismittelpunkten die Datenbeschaffung

nicht effektiv genug war wurden 2012/2013 zusätzlich im Rahmen einer Gitterfeldkartierung als Nebenprodukt anfallende Daten zu nahrungssuchenden Vögeln verwendet. Dazu wurden die Begangslinien von 6,25 ha großen Gitterfeldern so gelegt, dass die Probekreise durchquert wurden. Bei Auftreten nahrungssuchender Vögel wurde die Gitterfeldkartierung zur Datenaufnahme kurzzeitig unterbrochen. Durchschnittlich fielen dafür rund 10 Minuten pro Probekreis an (Erhöhung des Zeitrahmens um 25 %). In den mobilen Zusatzaufnahmen war die Datendichte mit 1,5 Beobachtungen/min erheblich höher als in den Punktaufnahmen (0,6/min). Diese Zusatzdaten fanden nur bei der Bestimmung von vertikalen und horizontalen Nischendimensionen Verwendung, nicht bei Mittelwertvergleichen von Straten- oder Baumartenpräferenzen vor und nach Renaturierung. Unschärfere Standortsbezüge infolge vermehrter Nachweise an den Probekreisrändern sind bei den nur rund 0,8 ha großen Testflächen vernachlässigbar.

Verharrte ein nahrungssuchender Vogel länger als eine Minute am gleichen Ort (meist hackende Buntspechte oder Kleiber), dann wurde die Aufnahme nach 6 Zeiteinheiten á 10 sec abgebrochen. Vor allem Spechte können viele Minuten darauf verwenden, große Holzinsektenlarven freizulegen. Ohne Zeitlimit hätten daher vor allem Buntspecht und Kleiber den Datensatz dominiert und verzerrt.

### 4.2 Rahmenbedingungen und renaturierungsbedingte Veränderungen von Nahrungsnischen im Untersuchungsgebiet

Die Ergebnisse zeigen, dass sich im Renaturierungsgebiet zwischen 2007/2008 und 2012/2013 die Nahrungsnischen vieler Auwaldvögel verändert haben. Dies kann sowohl durch Umwelteinflüsse wie unterschiedliche Witterungsverläufe in den beiden Untersuchungsjahren als auch Eingriffe in das Auenökosystem (Renaturierung, forstliches Waldmanagement) ausgelöst worden sein. Bei den Renaturierungsmaßnahmen muss dabei zwischen bau- und anlagebedingten Folgen unterschieden werden. Baubedingt wurden ab Ende 2009 ehemals nur kleinflächig oberflächenfeuchte, jungwuchs-, strauch- und staudenreiche Auenrinnen in Rohbodenstandorte umgewandelt und anschließend mit Donauwasser geflutet. Anlagebedingt entstand so ein im Untersuchungsgebiet neuer Lebensraumtyp „Auenbach“ mit Ausstrahlung in angrenzende Auentile und lokaler Anreicherung von Weichlaubholz zunächst nur in der Verjüngung (A. Schwab in Bayerisches Fernsehen 2013). Schon anlagebedingt ist bei Auenweihern oder Seen im 50 m – Band um das Gewässer mit höheren Artenzahlen und Vogeldichten zu rechnen (Macdonald et al. 2006).

Außerdem wurden durch permanent zuströmendes, zum Teil versickerndes Oberflächenwasser Grundwasserspeicher gefüllt, wodurch sich Grundwasserabstände verringert haben und die Wasserversorgung von

Wurzelräumen verbessert wurde. Vor der Renaturierung standen in dieser Trockenaue Pflanzen zeitweise unter kräftigem Wasserstress. Dem Feuchtgradienten folgend sollte daher bei vor Renaturierung relativ geringen Grundwasserabständen vor allem die Bodenvegetation, bei mittleren flachwurzelnde Sträucher bzw. Jungwuchs und unterständige Bäume und bei großem Grundwasserabstand Bäume mit tiefgreifendem Wurzelraum (Altbestand) profitiert haben. Die Grundwasserabstände folgen im Prinzip dem Geländere relief und sind in Rinnen und Mulden (Feuchtsektor) im Prinzip kleiner als in Altauen und Brennen (Trockensektor).

Durch die Auenrenaturierung ausgelöste ökosystemare Veränderungen sollten daher in Rinnen vor allem vom neuen Lebensraumtyp ausgehen sowie Weichlaubholz, die Bodenvegetation und Flachwurzler betreffen, in Mulden besonders Gehölze in Strauchschicht und Unterstand, in Altauen die führende Baumschicht. Baumarten der Feuchtaue wie Weichlaubholz und Esche sollten gegenüber Baumarten der Trockenaue wie Kiefer oder Bergahorn konkurrenzstärker werden, die Eiche vor allem im trockenen Auensektor. Gewässerbedingt (infolge Emergenzen, Korridoreffekten, zunehmenden Epiphytenfluren infolge gestiegener Luftfeuchte etc.) sollten in Rinnen die Arthropodendichten besonders in unteren Gehölzraumschichten ansteigen. Verringerter Wasserstress sollte in allen Auenteilern die Phytoproduktion anregen, was zunächst zu höherer Laub- und Knospenbiomasse vor allem in kleinkronigen, jungen Gehölzen bzw. bei starken Bäumen im Feingäst der Außenkronen führen sollte, dies bei geringem Kronenschluss (Mulden, Brennen) intensiver als in der dunkleren Altaue. Mit einer größeren Laubbiomasse steigen auch Detritusbiomasse und die Dichte von Makroinvertebraten in Streuschicht und bodennahen Gehölzen, was bei hier bevorzugt Nahrung suchenden Vogelarten zu Fitnessgewinnen führt (Seagle & Sturtevant 2004). Von den Blattinhaltsstoffen her sind dabei unterständige Gehölze für Herbivoren attraktiver als die Baumkronen, besonders solche auf feuchten Rinnen- und Muldenstandorten (Forkner & Marquis 2004). In der Folge sollte es sehr rasch vor allem im Unterstand und im äußeren Kronenraum zu steigenden Befallsraten durch herbivore Arthropoden kommen, was über die darauf aufbauenden Nahrungsketten zunächst im äußeren Kronenraum, dann durch Dispersion im gesamten Gehölzraum des Untersuchungsgebiets zu steigender Arthropodenbiomasse führen sollte. Mittelfristig sollte auch vermehrt Holz zuwachsen (breitere Jahresringe, längere Jahrestriebe). Bei den als Vogelnahrung besonders relevanten Nachtfaltern (vgl. z. B. Robinson & Holmes 1982) stiegen in den Innauen die Dichten vor allem dort, wo Staustufenbau über vorübergehend höhere Grundwasserstände zu intensivem Wachstum von Jungwald geführt hat (Utschick 1989). In den unmittelbar benachbarten, sehr trockenen Alzauen (Restwasserfluss) waren die Nachtfalterdichten

im Nahbereich von Fluss und Auenbächen höher als in der übrigen Aue und niedriger als in den Innauen (Sage & Utschick 1997).

Forstwirtschaftliche Nutzungen betrafen im Untersuchungszeitraum vor allem Eichen (Einschlag zahlreicher Starkeichen auch in den Probekreisen und dadurch lokal relevante Reduzierung des Eichenanteils) und Eschen (plenterartige Nutzung mit dadurch vor allem in Mulden im Oberstand lichten, im Unterstand dicht geschlossenen Waldbeständen). Bei weniger Eichen ist auch mit weniger Nachweisen nahrungssuchender Vögel zu rechnen, außer, die Präferenz für diese Baumart steigt mit ihrer Seltenheit. Zudem kann es durch die Einschläge zu für herbivore Arthropoden ungünstigen chemischen Reaktionen der verbliebenen Eichen und damit sinkenden Nutzungsraten durch Vögel gekommen sein (Forkner & Marquis 2004), zumal bei so niedrigen Eichenanteilen wie in den Neuburger Donauauen nicht mit größeren Vorkommen von Eichenspezialisten zu rechnen ist (Müller & Goßner 2007). Starke Besonnung reduziert zudem die Arthropodendichte an Eichen, besonders im Hochsommer (Jeffries et al. 2006). Bei Eschen steigt dagegen durch die Auflichtung die Produktion an Stammholz- und vor allem Kronenbiomasse, besonders in nach einem Eingriff stärker belichteten mittleren und unteren Außenkronenbereichen.

Vom Wetter her war der Kartierzeitraum 2007/2008 etwas windiger, 2012/13 in der Vegetationsperiode sonniger, aber nur geringfügig wärmer. Niederschläge betrafen im ersten Untersuchungsjahr besonders die Brut-saison, im zweiten den Sommer und Herbst. Deutlich verschieden waren allerdings die beiden Winter: 2007/2008 warm, trocken und sonnig, 2012/2013 kalt und schneereich (Klimastation Karlshuld). Zumindest im Jahresaspekt sowie für die Vegetationsperiode dürfte das Wetter daher kaum zu Veränderungen von Nahrungsnischen geführt haben. Falls sich die bevorzugten Nahrungsräume wetterbedingt in den beiden Wintern unterscheiden sollten, dann wären als Folge unterschiedlich intensiver, tageszeitlicher vertikaler Temperaturveränderungen im Waldbestand 2007/2008 Vögel vermehrt im Kronenraum zu erwarten, 2012/2013 im bodennahen Gehölzraum (Utschick 2006). Dies könnte eingetreten zu sein (vgl. Tab. 3), allerdings nur auf Bergahorn und Weichlaubholz (vgl. Abb. 8), und hier vor allem in Waldbeständen mit lichtem Kronenraum (Mulden, Brennen; vgl. Abb. 9).

Weitere Rahmenbedingungen für Nahrungsnischen betreffen Nahrungssubstrate und Nahrungsorganismen (Pflanzenteile wie Knospen, Beeren, Früchte, Samen; Arthropodenbiomasse in unterschiedlichen Größerkategorien; Mobilität und Jahreszyklen von Beutetieren) und Wald- bzw. Landschaftstrukturen. So sind die Waldbestände in den Probekreisen der Rinnen und Altauen in der Regel relativ reich an Starkkronen mit geschlossenem Kronenraum, während standortsbedingt

in Brennen und bewirtschaftungsbedingt in Mulden die Bestände im Oberstand schmalkroniger, lichter und gestufter sind. Außerdem ist der Deckungsgrad des Gehölzraums in den Waldbeständen der Altauen und Mulden deutlich höher als in den durch Magerwiesenklaven und Gewässer aufgelockerten Brennen und Rinnen mit dadurch höherem Beutetierangebot in den baumbestockten Flächen (Waldrandeffekte, Lichtschachteffekte; Weber et al. 2009, Utschick & Müller 2010, Utschick et al. 2012). Die Waldbestände in Rinnen sind biber- und bewirtschaftungsbedingt auch naturnäher und totholzreicher als auf anderen Standorten, was zu höheren Vogeldichten geführt haben sollte (besonders bei der Blaumeise; vgl. Böhm & Kalko 2009).

Wenn Vögel über Veränderungen ihrer Nahrungsnischen Renaturierungserfolge feinkalig indikativ belegen sollen sind zudem deren morphologische Anpassungen an die Nahrungssuche im Vegetations- und Gehölzraum zu beachten. Je nach Größe, Gewicht, Fuß-, Flügel- und Schnabellänge bzw. -form sind Vogelarten oder Nahrungsgilden in unterschiedlichen Vegetationschichten, Stamm- oder Baumkronensegmenten konkurrenzfähiger (Miles & Ricklefs 1984, Alatalo 1987, Osiejuk 1996) und nutzen dann gezielt Nahrungsstrate, die für diese Straten typisch sind. Die Nischen von den Grobastbereich nutzenden Arten sind dabei meist breiter als die von auf Außenkronen spezialisierten Arten (Walther 2002). Eventuell spielen dabei auch Tarneffekte von Rückengefiederfarben eine Rolle, die bei Blau-, Schwanz- und Sumpfmäusen an Weichlaubholz und Esche zur Bevorzugung des Zweigraums, bei Baumläufern der Grobborke und bei Kohlmeise und Kleiber auf Buche des Stamm- und Grobstraums geführt haben könnten (Bursell & Dyck 2003).

Im Untersuchungsgebiet ist von den häufigeren Vogelarten, die sich für Nahrungsanalysen im Freiland eignen, der Buntspecht besonders prädestiniert für eine ruhige Kletterjagd nach Holzarthropoden in Stämmen und Starkästen (Stamm mit Innenkrone; vgl. Böhm & Kalko 2009), während der nervösere Mittelspecht deutlich weniger hackt und eher als Spezialist für Rindenarthropoden an breiten Ästen des unteren Kronenraumes besonders von Eichen gilt (Osiejuk 1996). Der Kleiber sucht ebenfalls überwiegend Rinde auf Arthropoden ab, hackt aber auch viel und kann wegen der geringeren Größe zudem dünne Äste im äußeren Kronenraum nutzen (neben Arthropoden auch Baumsamen). Seine Nische ist ganzjährig erheblich breiter als die der Specht- und vor allem Baumläuferarten (Leso & Kropil 2007), konkurriert aber in zentralen Kronensegmenten mit Mittelspecht und Buntspechtweibchen (Osiejuk 1998) bzw. im Stamm- und Unterkronenbereich mit dem Gartenbaumläufer (Osiejuk 1996).

Bei den Meisen ist die relativ schwere Kohlmeise an dünnen Zweigen des Kronenrandes weniger effektiv als Blau- und Schwanzmeise und daher eher in grobstämmigen, unteren Kronensegmenten sowie im bodennahen

Gehölzraum konkurrenzfähig (Masello et al. 2013), während für die kleinere Blaumeise der gesamte, auch obere Gehölzraum nutzbar ist und die Art wie die Schwanzmeise häufig hängend Nahrung sucht (Moreno & Carrascal 1993). Die Nahrungsnische der Sumpfmäuse liegt zwischen der von Kohl- und Blaumeise, wobei sich diese Art im Untersuchungsgebiet im Spätherbst und Winter stark auf Distelsamen konzentriert hat. Bei den eher herbivoren Arten ist der Gimpel stärker auf Knospennahrung und damit den äußeren Kronenraum fixiert als der Buchfink (vor allem im Sommer ähnliche Nische wie die Meisen; Leso & Kropil 2007), der Eichelhäher aufgrund seiner Größe eher auf mittelstarken Äste zentralerer Kronenteile mit Samenproduktion.

Zu beachten ist auch die Veränderung der Nahrungsnischen im Jahreskreislauf. Während die Nischen zu Beginn der Vegetationsperiode (Brutzeitaspekt) durch noch knappe Ressourcen bestimmt und vom Vorhandensein von für die Reproduktion notwendigen Habitatstrukturen überprägt werden ist im Sommer/Herbst das Nahrungsangebot in der Regel kein limitierender Faktor mehr und die Vögel erreichen in Auwäldern ihre höchsten Dichten (Hubalek 1999), wobei sie sich in den nahrungsreichsten Arealen und Straten eines Gebiets konzentrieren und bei der Nahrungssuche im Laubwerk kürzere Strecken zurücklegen (Robinson & Holmes 1982). So weisen Meisen nach Vollbelaubung deutlich engere Nahrungsnischen als vor Laubaustrieb auf, im Astbereich Nahrung suchende Spechte dagegen breitere (Leso & Kropil 2007). Baumpräferenzen und Phänologie können sich dabei überlagern (z. B. im Prinzip Bevorzugung von Eiche, aber während des Blattaustriebs verstärkte Nutzung des Bergahorns; vgl. Böhm & Kalko 2009). Dass Vögel dabei sehr schnell und intensiv auf sich verändernde Dichten pflanzenfressender Arthropoden im Gehölzraum reagieren beständigen Ausnetzungsversuche (Böhm et al. 2009), mit in produktiven Wäldern bei intensiver Blattentwicklung deutlich höheren Vogelkonzentrationen und Pickraten als in weniger produktiven (Van Bael & Brawn 2005). Vor allem im nahrungsarmen Spätwinter (Januar) verwischen in meist gemischten Wintervogeltrupps konkurrenzbedingte Unterschiede zwischen den Nahrungsnischen der beteiligten Arten (Alatalo et al. 1987), auch wenn jede Art durch ihre speziellen Fähigkeiten in unterschiedlichen Vegetationsstraten besonders erfolgreich Ressourcen identifiziert und dadurch innerhalb meist großer Tages-Streifgebiete für den Trupp verfügbar macht (vgl. z. B. Alatalo 1987; Alatalo et al. 1987; Henderson 1989).

Bei diesen jahreszyklischen Vorbedingungen ist zudem zu beachten, dass Vögel bei der Nahrungssuche unterschiedliche Vegetationsschichten und an verschiedenen Baumarten unterschiedliche Stamm- und Kronensegmente bevorzugen, die sich in ihrem Holzstärken, Grob- und Feinaststrukturen, Knospen- und Laubverteilung, pflanzliche Biomasseproduktion und darauf aufbauend Konsumentenaktivitäten (Nahrungsketten)

unterscheiden. So stellt in der Brutzeit das sich früher begründende Unterholz und der äußere, feinästige Kronenbereich für Arten, die auch dünne Äste und Zweige absuchen können, mehr und hochwertigere Ressourcen zur Verfügung als der Hauptstamm oder zentralere und stammnahe Kronenteile, zunächst in Form von Knospen und Kleinarthropoden, später in Form von frischem Laub mit im Verlauf der Brutsaison ständig steigenden Herbivorendichten, Prädatoren- und Antagonistenzahlen sowie Beutetiergrößen. Für Vögel besonders wichtig ist hier die Biomasseverteilung von Raupen (vgl. z. B. Tremblay et al. 2003), die im Prinzip der Laubbiomasseverteilung folgt (Marshall & Cooper 2004). Im Sommer/Herbst erreicht auch die Bodenvegetation ihr größtes Volumen und bietet dadurch den im August auch im unteren Gehölzraum in maximaler Dichte vorhandenen Arthropoden, Schnecken etc. optimale Substrat- und Lebensraumstrukturen, wobei im Herbst eine in Auen reich und flächig fruktifizierende Strauchschicht das Angebot noch erweitert. Eine intensive Konzentration nahrungssuchender Vögel auf von August bis Oktober besonders hohe Fruchtangebote vor allem in bodennahen Gehölzschichten belegen auch Stiebel & Bairlein (2008b), wobei sich die Fruchtfresser in dieser Zeit in dichtem Unterholz länger aufhalten als in offeneren Gehölzstrukturen (Stiebel & Bairlein 2008a).

Auch in tropischen Bergwäldern konzentrieren sich z. B. Fruchtfresser und Insektivoren in der produktiven Regenzeit bodennah an jungen Gehölzen in Außenwaldrändern, in der Trockenzeit in strukturreichen, älteren Waldbeständen (Restrepo & Gomez 1998). Zudem kommt es bei vielen potentiellen Beutetieren zu intensiven Dispersionsprozessen mit Umverteilungen in Borken- und Laubverstecke. Im Winter stellen dagegen Baumkronen, vor allem die oberen Kronenteile, die entscheidenden Nahrungsräume dar, besonders für Nutzer kleiner Arthropoden, im Spätwinter auch Knospen. Da insektivore Vögel Großinsekten (Raupen, Käfer, Spinnen, Blattwanzen) Kleininsekten vorziehen (Philpott et al. 2004) sind im Spätwinter - außer bei den Holzinsekten - die Bestände an größeren Arthropoden weitgehend abgeweidet oder überwintern subterran in unzugänglichen Stadien, während in Baumkronen vor allem an sonnigen Tagen Kleinarthropoden anscheinend weiterhin verbreitet, relativ gut zu entdecken und zu erbeuten sind (Utschick 2006). Da Kleinarthropoden zudem an feinstrukturierte Baumkompartimente wie etwa den Zweigraum von Außenkronen besser angepasst sind als Großarthropoden sollte dieser Bereich im Winter relativ nahrungsreich sein. Ergebnisse aus Überwinterungsquartieren von auf Kleininsekten spezialisierten Laubsängern (Ghosh et al. 2011) und die Abb. 8, 9 und 10 bestätigen dies prinzipiell.

Wenn Arten oder Gilden ihre Nutzungsschwerpunkte innerhalb ihres Nahrungsraums im Jahreszyklus gegenläufig verändern, dann ist dies beim gewählten Auswer-

tungsverfahren im Jahresaspekt allein nicht erkennbar. Komplexe Reaktionen dieser Art kennzeichnen besonders gut an hochdynamische Systeme angepasste Arten, in Auwäldern z. B. die Schwanzmeise (enge Nahrungsnischen, die sich saisonal deutlich unterscheiden; vgl. auch Leso & Kropil 2007). Solche saisonalen Verschiebungen in Nahrungsketten von Auen führen zu höheren Konsumentendichten sowohl im Wald- als auch Gewässerraum (Fausch et al. 2002).

Nischenveränderungen nach Auenrenaturierung geben somit Hinweise auf durch die Renaturierung veränderte Nahrungsangebote in bestimmten Vegetations- und Baumstraten. Ist eine Abhängigkeit wahrscheinlich, dann kann die Raumnutzung nahrungssuchender Vögel in Monitoring-Verfahren genutzt werden, um den Erfolg von Renaturierungsmaßnahmen feststellen.

#### 4.3 Veränderungen von Nahrungsnischen nach Auenrenaturierung

Nach der Renaturierung haben flächig alle Vogelgilden ihre Nahrungssuche in Rinnen und Mulden ganzjährig intensiviert, und dies vor allem im bodennahen Gehölzraum (Abb. 4). Bei überwiegend herbi- oder frugivoren Arten war dies stärker auf den Feuchtsektor beschränkt als bei den zoo- und omnivoren Gilden. Besonders auffällig war die gestiegene Bedeutung von Strauchschicht und unterständigen Bäumen (häufig Weichlaubholz; hier auffällig starke Reaktion der Schwanzmeise im Winter) beim Gimpel (Knospenspezialist), bei den Grasmücken (Kleininsekten, Beeren; Mönchsgrasmücke in Baumkronen eher im unteren Kronenraum; vgl. Böhm & Kalko 2009) und den Laubsängern sowie in der Brutzeit bei Meisen (Rinden-, Zweig- und Laubarthropoden; vgl. Tab. 6).

Im Trockensektor war dagegen intensivere Nahrungssuche eher bei Rindenabsuchern wie dem Mittelspecht nachweisbar, zumindest lokal. Dabei wurde der Kronenraum stärker bevorzugt als vor der Renaturierung, in Altauen ganzjährig, auf Brennen nur in der Vegetationsperiode. Dies gilt auch für die sonst im Trockensektor kaum reaktiven Herbivoren, wobei Buchfink, Stieglitz oder Grünfink auch im Feuchtsektor vermehrt in den Kronenraum wechselten (zumindest in Herbst und Winter; Tab. 3). Zu dieser Reaktion kam es im Brutzeitaspekt auch bei den relativ häufig am äußersten Kronenrand nahrungssuchenden Schwanz- und Blaumeisen (Kleininsekten, Weidenkätzchen, Blütenpollen), im Winteraspekt nur bei der Blaumeise (Abb. 7).

Veränderungen bei der vertikalen Einnischung von Kleiber und Buntspecht lassen vermuten, dass in Rinnen und Mulden Rindenarthropoden zu Brutzeit besonders im bodennahen Stammraum, in Altauen dagegen eher im Kronenraum und besonders im Winter zugenommen haben (Tab. 3), vermutlich bei einem hier ebenfalls gestiegenen Angebot an Baumsamen. Im Brutzeitaspekt signalisieren im Trockensektor auch Meisen höhere Rindenarthropodendichten, wobei in Brennen vorwie-

gend periphere, in Altauen auch zentrale Kronenräume vermehrt genutzt wurden (Tab. 3). Im Sommer-/Herbstaspekt scheint dagegen die Arthropodenbiomasse besonders in Unterholz und Bodenvegetation von Rinnen und auf Brennen zugenommen zu haben. Dies deuten zumindest hier hohe Nachweiszahlen von Mittelspecht, Gartenbaumläufer, Kohl- und Sumpfmeise an (Online-Anhang 2b), auch wenn die Meisen im Herbst zunehmend auf pflanzliche Nahrung umstellen. Eventuell greifen hier auch Effekte, die vor allem das Vorkommen größerer, mobiler Insekten begünstigen. Dies können Lageeffekte (Habitatwechsler aus Magerasen und Gewässerlebensräumen in den Auwald) sein oder Struktureffekte (große Waldlücken, aufgehellter Stammraum, Totholzeintrag durch Anschwemmung sowie Lichtschachteffekte (vgl. Utschick 1991) infolge Totholzreicherung nach Nutzungsverzicht um Rinnen oder Biberfällungen. Zu totholzbedingt steigenden Spechtdichten nach Einstellung der Auwaldnutzung siehe auch Kreuziger (1999). Im Winter 2013 wechselten Mittelspecht und Gartenbaumläufer trotz des 2012/2013 ungünstigeren Winterwetters auch in Mulden und Brennen zur Nahrungssuche vermehrt in den Kronenraum (Abb. 6). Die in Mulden und Brennen im Vergleich zu Rinnen und Altauen im Mittel kleineren Kronen scheinen somit nach Renaturierung insektenreicher geworden zu sein. Ursachen dafür könnten sowohl eine höhere Produktivität der Bäume in der Vegetationsperiode als auch Dispersionseffekte innerhalb des sehr heterogenen Auwaldgebiets sein (Großkronen als Spenderbiotope). Auch Kohlmeisen suchen im Winter in Mulden und auf Brennen eher in Bäumen nach Nahrung, während sie in Altauen vermehrt Unterholz, in Rinnen Unterkronen starker Bäume nutzen (Abb. 7; Art insgesamt tiefer als andere Meisen oder Kletterer; vgl. Masello et al. 2013).

In Rinnen nahm die Attraktivität bodennaher Gehölz- und Vegetationsschichten schwächer zu als in Mulden, da hier durch den Ottheinrichbach Strauchvegetation, Jungwuchs und Hochstauden verloren gingen. Dies hat vor allem bei der außerhalb der Brutzeit auf Distelsamen spezialisierten Sumpfmeise in Mulden und Altauen (hier nur lockere und ungleichmäßig verteilte Distelbestände) zur verstärkten Nahrungssuche in bodennahen Vegetationsschichten geführt, während sie in Rinnen wie die meisten anderen Vogelarten auch im Kronenraum häufiger wurde (Abb. 7). Analog hat auch in winterlichen Altauen die Nutzung von häufig unterständigem Weichlaubholz durch diese Art zugenommen.

Dafür, dass vor allem im rinnennahen Bereich des neu angelegten Auenbaches das Angebot an Arthropoden, besonders von größeren Fluginsekten, zugenommen hat, sprechen zudem die hier nach Renaturierung deutlich höheren Dichten an Grau- und Halsbandschnäppern, die besonders den bachbegleitenden Jungwuchs und den unteren Kronenbereich von Uferbäu-

men als Ansitzwarten für ihre Jagd nutzten. Zu erwarten war dies vor allem im unteren Kronenraum auch bei Borken starker Bäume als Tagesversteck nutzenden Arthropoden bzw. bei Stratenwechslern, was besonders am bodennahen Stamm und den Starkästen der Unterkrone zu Arthropodenverdichtungen geführt haben dürfte.

Im Baumartenspektrum der Auen sind die Nutzungsintensitäten besonders an den für Feuchtauen typischen Baumarten gestiegen (Weichlaubholz, Esche), während sie an Baumarten der Trockenaue (Kiefer, Bergahorn) eher abnahmen. Zugenommen hat vor allem die Nutzung an Esche (Jahresaspekt; vgl. Abb. 3), besonders stark und standortsübergreifend im Winter (Online-Anhang 2a), im Sommer/Herbst nur in Rinnen und auf Brennen (corticole Omnivoren). Im Feuchtsektor stieg dabei die Eschennutzung durch Pflanzen- und Rindenarthropodenfresser sowohl in Stamm- als auch Kronenraum, im Trockensektor nur im Kronenraum (Abb. 11), bei zoovoren Arten eher im Winter, bei Herbivoren eher im Sommer/Herbst. Schwanzmeisen reagierten vor allem auf Brutzeit- und Winter-Veränderungen der Eschenqualitäten in Muldenlagen, Sumpfmeisen im Feuchtsektor und Blaumeisen in Altauen (hier auch im Sommer/Herbst). Die Kohlmeise scheint Esche vor allem an Innenwaldrändern intensiver zu nutzen (Einfluss von Gewässerkorridoren und Magerwiesenekklaven auf Rinnen- und Brennengehölze). Das Verhalten der Schwanzmeise und herbivorer Arten deutet dabei darauf hin, dass in Altauen vom reduzierten Wasserstress besonders großkronige, reife Eschenbestände im oberen, äußeren Kronenraum (höhere Produktivität bei Knospen, kleinen Baumsamen, Zweig- und Laubarthropoden etc.) profitiert haben, im Feuchtsektor dagegen v.a. jüngere Bäume (besonders auffällig beim Weichlaubholz und bei der Kohlmeise). Außerhalb der Vegetationsperiode scheint dadurch auch das Nahrungsangebot für Rindenabsucher im zentralen Grobastbereich von Unterkronen in Altauen stark gestiegen zu sein (Abb. 11).

Das im Untersuchungsgebiet spärliche Weichlaubholz hat ebenfalls stark an Bedeutung gewonnen (Abb. 3), in Altauen vor allem in Winter (stärkste Reaktion Sumpfmeise) und ganzjährig sowie in der Brutzeit besonders im Feuchtsektor (reichhaltigeres Pollen-, Samen- und Insektenangebot; stärkste Reaktion Blaumeise), hier im Wesentlichen auf Kosten des Bergahorns (Abb. 3). In Mulden und Altauen ist nach der Brutzeit Weichlaubholz für den Kleiber viel attraktiver geworden (Astarthropoden, Samen), für den Buntspecht nur im Feuchtsektor und für den Mittelspecht nur in Rinnen (Jahresaspekt). Artspezifische Präferenzen für eher seltene Baumartenbeimischungen sind bei Arthropoden fressenden Auwald-Vogelgemeinschaften typisch (Gabbe et al. 2002).

Die Bedeutung der auf Rinnen und Brennen beschränkten Kiefer sank nach der Renaturierung deutlich, was darauf hinweist, dass sich die Konkurrenzfä-



higkeit dieser für Grenzstandorte typischen Art gegenüber stärker von guten Wuchsbedingungen abhängigen Baumarten vermutlich als eine Folge kleineren Grundwasserabstände verschlechtert hat. Auch beim Bergahorn ist die Attraktivität für nahrungssuchende Vögel eher gesunken, zumindest im Brutzeit- und Winteraspekt (Abb. 4). Vor der Renaturierung wurde er nur im Feuchtsektor intensiver in die Nahrungssuche einbezogen wird (Abb. 3), im Winter fast ausschließlich auf Rinnenstandorten (v.a. Buchfink). Nach der Renaturierung wurden nur noch rinnennahe Bergahorne intensiver genutzt (vermehrt durch den Buntspecht), allerdings lediglich in der Vegetationsperiode (nicht mehr im Winter). In den Mulden scheint der Bergahorn dagegen besonders im Sommer-/Herbst Probleme bekommen zu haben (stark gesunkene Nutzungsraten infolge geringerer Produktivität bei nachhaltig höheren Grundwasserständen?). Außerhalb von Rinnen nahm im Winter zwar die Nutzung von Ahornen geringfügig zu (in Mulden v.a. Kohlmeise und Kleiber, in Altauen Blaumeise und Kleiber), eventuell aufgrund von in der ganzen Eschenaue höheren Arthropodendichten mit entsprechenden Dispersionseffekten. An Ahorn relativ häufig ist nach der Renaturierung eigentlich nur noch die Schwanzmeise, bei im Jahreszyklus stark wechselnden Nutzungsmustern.

Nach der Renaturierung scheint die Nahrungssuche an Eiche im ganzen Untersuchungsgebiet, vor allem in Altauen, außerhalb der Brutzeit auch in Mulden, zurückgegangen zu sein (Abb. 3, Abb. 4). Dies gilt besonders für die dominierenden Meisenarten. Da auch die Eiche von einem stabileren Wasserhaushalt profitieren sollte ist dies wenig plausibel. Noch in Auswertung befindliche Jahrringuntersuchungen dürften steigenden Holzzuwachs infolge des renaturierungsbedingt günstigeren Wasserhaushalts belegen (MONDAU). Die reduzierten Nutzungsintensitäten an Eiche gehen daher vermutlich auf ein durch Holzeinschläge reduziertes Eichenangebot zurück (Eichenverluste besonders auf Probeflächen in Altauen und Mulden). In den Rinnen (keine forstliche Nutzung mehr) sind die Nutzungsraten an Eiche ganzjährig gestiegen (Abb. 4), desgleichen in Mulden und Brennen im Brutzeitaspekt, hier besonders die Nutzung zwischen- und unterständiger Eichen mit noch unterentwickeltem Wurzelraum (Abb. 3) durch Fitis, Kohl-, Sumpf- und Blaumeise. Bei Buntspecht und besonders im Winter auch Mittelspecht und Gartenbaumläufer sind im Feuchtsektor die Präferenzen für die Eiche sogar stärker gestiegen als die für die Esche. Selbst in den Altauen war der Kleiber nach Renaturierung häufiger an Eiche anzutreffen als vorher, im Feuchtsektor besonders im Sommer/Herbst auch der Eichelhäher, im Jahresaspekt die Schwanzmeise. Dass Schwanzmeisen zumindest in der Vegetationsperiode sehr flexibel auf Arthropodenverteilungen reagieren und dabei Eichen eine wichtige Rolle spielen belegen Atienza & Illera (1995). Daher haben sehr wahrschein-

lich auch Eichenzönosen auf allen Standorten von der Renaturierung profitiert.

Von Standorts- und vertikalen Vegetationsgradienten her entsprechen die Reaktionen der Vögel somit ziemlich genau dem, was auf der Basis der zur Auenrenaturierung ausgewählten Maßnahmen nach dem in 4.2 skizzierten Szenario zu erwarten wäre. So haben sich die Nahrungsbedingungen für Vogelzönosen allgemein verbessert, und dies an Rinnenstandorten in allen Vegetationsschichten und bei den meisten Baumarten, in Mulden eher in Gehölzschichten des Unterholzes, im Feuchtsektor bei den für Feuchtauen typischen Baumarten, in der Altaue vor allem bei Eiche und Esche und im Trockensektor eher im Stamm- und Kronenraum älterer Bäume. Durch eine Stabilisierung des Auenwasserhaushalts kam es zu einer von Vegetationsstruktur und Baumartentoleranz abhängigen Steigerung von Produzenten- und Konsumentenaktivitäten, die vermutlich über Dispersionseffekte im gesamten Untersuchungsgebiets zur Aufwertung von Vogellebensräumen geführt haben. Solche Effekte sind in Bereichen mit Gewässern oder Offenlandklaven (Rinnen, Brennen) besonders stark.

Bei einer noch stärkeren Auflösung der Nischendimensionen nur für den Kronenraum (ober- und zwischenständiger Bäume) sollte es möglich sein, auch feinkalierte Auswirkungen der Renaturierungsmaßnahmen in ökosystemaren Prozessen zu erkennen und diese für ein Monitoring mit Vögeln als Indikatorgruppe zu verwenden.

Vogelarten bevorzugen baumartenspezifisch und saisonal unterschiedliche Kronensegmente, an Weichlaubholz z. B. im Winter den oberen, in der Brutzeit den äußeren und im Sommer/Herbst den unteren Kronenrand. Wie in Abb. 8 erkennbar verschoben sich nach der Renaturierung außer bei Weichlaubholz und Bergahorn bei allen Baumarten die Nutzungsschwerpunkte in der Vegetationsperiode weiter nach außen bzw. unten, selbst im Winter, wenn Vögel sich stark auf den oberen Kronenraum konzentrieren. Dies bedeutet zum einen, dass sich die Nahrungsbedingungen zur Brutzeit und im Sommer/Herbst besonders in den schon vor Renaturierung optimalen Kronensegmenten verbessert haben, zum anderen, dass sich im Winter die Nahrungsnische eher vergrößert hat (ergiebige Nahrungsquellen jetzt nicht mehr nur im oberen bzw. äußeren Kronenbereich). Eschen scheinen nach Renaturierung in Rinnen und Mulden vor allem in gut belichteten peripheren bis zentralen und in Altauen in schattigen, unteren Kronenbereichen nahrungsreicher geworden zu sein, in Altauen besonders zur Brutzeit, in Mulden im Sommer/Herbst und in Rinnen im Winter. Auf Brennen hat sich die Nahrungsbasis an Eschen zur Brutzeit ganz außen und in der restlichen Jahreszeit eher in zentralen Kronenteilen verbessert.

Nach Renaturierung waren zudem im Brutzeit- und Winteraspekt die Raumnutzungsmuster in Baumkronen

von Rinnen, Mulden, Altauen oder Brennen viel ähnlicher als vorher (Abb. 9). Relativ an Bedeutung verloren haben bei Esche und Eiche nur Stammkrone und stammnaher, oberer Grobstbereich (Abb. 10), besonders im Feuchtsektor (Tab. 5). Die Unterkronen starker Alteichen haben dagegen vor allem im Feuchtesektor an Bedeutung gewonnen. Besonders grobborkige, ausladende, schattige Eichenkronensegmente scheinen wegen ihrer Schutzfunktionen gegen Fressfeinde auch für größere Arthropoden attraktiver geworden zu sein und wurden so zu bevorzugten Nahrungsplätzen z. B. für Mittelspecht, Gartenbaumläufer, Kleiber oder Buntspecht (Tab. 5), vor allem im Sommer/Herbst (Abb. 11). Die einzelnen Arten dieser kletternden Gilde reagierten dabei saisonal durchaus unterschiedlich (Tab. 6), wobei nur die meist Stammkrone und Starkäste behackenden Arten (Buntspecht/Schwarzspecht) mit hohem Holzsektenanteil im Nahrungsspektrum zu unteren Kronenteilen tendierten, während die Verteilung der anderen Arten höhere Rindenarthropodendichten an mittelstarken und dünnen Ästen vermuten lassen.

Damit scheinen Rindenarthropoden nach Renaturierung im Feuchtsektor auf Esche besonders im Mittel- und Feinstbereich des unteren bis mittleren Kronenraumes, in Altauen im Grob- und Mittelastbereich des unteren Kronenraumes zugenommen zu haben, auf Eiche in Rinnen im untersten Grobstbereich und im Trockensektor im unteren bis mittleren Mittel- und Feinstbereich (Abb. 11). Da Rinden im Grobst- und Stammbereich überwiegend von im bodennahen Stammraum aktiven Arthropoden als Lebensraum besiedelt werden, während in der Außenkrone vor allem Knospen- und Laubproduktion die Arthropodenverteilung beeinflussen, deutet dies darauf hin, dass die Esche vor allem in Mulden durch einen verbesserten Grundwasseranschluss produktiver geworden ist, während sich dieser in den Eschenbeständen der Altauen weniger intensiv auswirkt, dafür aber die Arthropodenzönosen von den in großen Teilen des Renaturierungsgebiets verbesserten Produktionsbedingungen profitieren (Dispersionseffekte). Die Eiche hat dagegen eher im Trockensektor mit erhöhter Produktivität reagiert. Die intensivere Nutzung des Stamm- und Grobstbereichs von an Rinnen stehenden Eichen ist auf die Korridor- und Spenderhabitatfunktionen des Ottheinrichbachs zurückzuführen.

Die saisonal unterschiedliche Verlagerung von Nutzungsschwerpunkten bei den Meisenarten lassen vermuten, dass sich deren Nahrungsnischen nach der Renaturierung vergrößert haben (bei Kohlmeise stärkste Reaktion im Mulden, bei der Schwanzmeise im Feuchtsektor und in der Brutzeit) und damit ähnlicher wurden (vor allem bei Blau- und Sumpfmehle). Aus den Nischenveränderungen lässt sich ableiten, dass Kronenproduktivität und Belaubungsdichte im Feuchtsektor (v.a. Esche in Mulden) und hier vor allem in der Außenkrone (Feinäste, Knospen, Laub, Produktionseffekte)

stark zugenommen haben, besonders im Brutzeitaspekt. Dies gilt sowohl für Esche als auch Eiche, wobei die Esche außerhalb der Brutzeit in Altauen eher im zentralen Kronenbereich nahrungsreicher geworden zu sein scheint (Grobäste, Rindenstrukturen, Baumabhängige; Struktureffekte bei infolge gestiegener Produktivität höheren Arthropodendichten). Darauf weisen zumindest Reaktionen der arboricolen Omnivoren (Abb. 11) und besonders der Blaumeise hin. Bei der Eiche wurde der zentrale und äußere Kronenraum besonders im Feuchtsektor erheblich attraktiver und es verschwanden standorttypische Unterschiede bei der Eichenkronennutzung vor allem bei den arboricolen Omnivoren. Dies ist eventuell in der Vegetationsperiode eine Folge von nach Renaturierung gebietstypischen anstatt standortsspezifischen Arthropodenverteilungen bzw. ähnlicherem Knospen- und Samenangebot aufgrund der besseren Wasserversorgung auch in Altauen. Der Bergahorn hat in Altauen im Brutzeit- (Produktivität) und Winteraspekt (Knospenangebot) an Bedeutung gewonnen, im Feuchtsektor jedoch verloren (geringere Produktivität infolge zu hoher Wasserstände?).

Inwieweit Kronenauflichtungen infolge des Eschensterbens (Lenz et al. 2012; MONDAU) auf die Arthropodenverteilung in Eschenkronen Einfluss nehmen wäre noch zu prüfen. Insgesamt scheint aber sowohl die Esche als auch die Eiche in Altauen und Mulden nach Renaturierung produktiver geworden zu sein, dies allerdings mit schädlingsbedingt verfrühtem Laubfall.

#### 4.4 Ökosystemare Veränderungen im Untersuchungsgebiet infolge der Renaturierungsmaßnahmen

Vögel haben über Abundanzveränderungen im Untersuchungsgebiet nachweislich und sehr schnell renaturierungsbedingte Veränderungen im Bodenwasserhaushalt relativ flächenscharf indiziert (Utschick et al. 2012), die später durch Grundwassermodelle belegt wurden (MONDAU). Nach den obigen Ergebnissen indizieren Vögel zusätzlich standorts-, baumarten- und baualtersabhängig flächenscharf günstigere Wachstumsbedingungen infolge eines nach Renaturierung stabileren Bodenwasserhaushalts, mit zunehmender Pflanzenproduktivität dispersionsbedingt flächig steigende Arthropodendichten und kleinräumig Einflüsse von zusätzlichen Auengewässern.

Untersuchungsergebnisse zum Zuwachsverhalten und zu Blattverlusten von Eiche, Esche und Bergahorn in den Neuburger Donauauen bestätigen dies (MONDAU). Die Eiche wächst hier auf den besser wasserversorgten Standorten an Rinnen und in Mulden besser und ist vitaler als im Trockenauwald der Altaue oder auf Brennen. Zudem sind die Wuchsleistungen nach Abkopplung der Auen von der Donau infolge des Staufstufenbaus 1967 nachhaltig stark gesunken (Jahrringe). Ähnliches findet sich bei der im Untersuchungsgebiet

dominierenden Esche, während der Bergahorn eher auf trockeneren Auenstandorten Vorteile hat und hier derzeit sehr vital ist. Selbst in Mulden ist der Bergahorn vitaler geworden. Die Esche ist nach der ersten Flutung 2010 zunächst ebenfalls deutlich vitaler geworden, vor allem in Altauen, hat aber 2012 verstärkt Probleme mit *Hymenoscyphus pseudoalbidus* bekommen (MONDAU)

Harner & Stanford (2003) belegen zudem, dass versickerndes Flusswasser sich z.T. sehr schnell in subterranean Aquiferen bewegt, die häufig dem Verlauf ehemaliger Abflussrinnen folgen. Bereiche mit aufquellendem Grundwasser haben, induziert durch den Metabolismus von Mikroorganismen des Interstitials schotterreicher Flussbetten, höhere gelöste N- und P-Konzentrationen als Oberflächengewässer. Dies hat zur Folge, dass Bäume im Aufquellbereich bei gleichem Alter doppelt so dick sind wie im Versickerungsbereich, und dass die Blätter von 10jährigen Bäumen im Aufquellbereich stickstoffreicher sind. Für diese produktiven Vorteile verantwortlich ist vermutlich vor allem eine tiefgründige Anreicherung von nährstoffreichen und wasserspeichernden Feinsedimenten, verbunden mit stabileren Grundwasserhältnissen und dadurch selteneren Stressphasen. Junge Bäume reagieren dabei am stärksten und ihre Blätter sind hier besonders reich an Nährstoffen.

In Auenteilern mit vormals großem Grundwasserabstand sollten vor allem in 1 – 2 m Tiefe wurzelnde Auegehölze von steigenden und stabileren Grundwasserständen profitieren und deshalb von nahrungssuchenden Vögeln stärker bevorzugt werden als etwa die Bodenvegetation. Ähnliches gilt bei höheren Grundwasserabständen für Gehölze mit größerem Wurzelraum. In feuchteren Bereichen mit Grundwasserabständen von unter 1 m beginnt mittlerweile auch die Bodenvegetation mit Feuchtezeigern die verbesserten Bodenwasserbedingungen zu indizieren (MONDAU). In der Altaue reagiert die Bodenvegetation dagegen nicht. Am Unteren Inn bewirkten durch Staustufenbau ausgelöste Grundwasseranstiege um bis zu 3 m auch nach 6 Jahren noch keine wesentlichen Veränderungen in der Vegetation angrenzender Auwälder (Pfadenhauer & Eska 1985).

Im Umgebungsgewässer selbst war bereits 2 Monate nach Flutung eine starke Zunahme beim Makrozoobenthos, vor allem Eintags-, Stein- und Köcherfliegen, nachweisbar (MONDAU), wovon besonders die Schnäpperarten stark zu profitieren scheinen (massive Zunahme besonders des Grauschnäppers 2010 und 2011 am Umgebungsgewässer).

Dass sich einströmendes Flusswasser in Trockenaunen sehr rasch unterirdisch verbreitet belegen auch Pegelmessungen (Pegelanstieg von bis zu 60cm nach Flutung des Ottheinrichbachs in einem 150 m entfernten Auenweiher innerhalb weniger Tage; Stammel et al. 2011) sowie eine nachhaltige Vervielfachung vor

allem pflanzenfressender Wasservogel (Blässhuhn, Kolbenente, Graugans) im nur 50 m entfernten Albenschüttweiher mit aufquellendem, nährstoffreichem Flusswasser, wenn über den Ottheinrichbach bei „Ökologischen Flutungen“ Hochwasser simuliert wird. Dass dabei große Wassermengen versickern belegen Messungen, nach denen anfänglich von in den Ottheinrichbach eingeleiteten 3 m<sup>3</sup>/sec nur 2/3 in der Donau wieder ankamen bzw. sich bei den ersten ökologischen Flutungen mit bis zu 10 eingeleiteten m<sup>3</sup>/sec die Wassermenge im Ottheinrichbach alle 3 km halbierte (MONDAU). Kurz nach der ersten Flutung waren auch Grundwasseranstiege um bis zu 20 cm sowie einen Anstieg der Bodenfeuchte um 1 – 2 % in 50 cm Tiefe nachweisbar (MONDAU). 2011 war der Grundwasserabstand in feuchteren, bachnahen Bereichen durchschnittlich 45cm geringer als vor der Renaturierung (MONDAU). Bis Anfang Februar 2013 haben neun „Ökologische Flutungen“ in über 15 Tagen fast 37 Mio m<sup>3</sup> Wasser in einen nur etwa 8 km langen und maximal 1,5 km breiten Auwaldgürtel eingespeist (MONDAU). Bei gefüllten Grundwasserspeichern ist zudem zu erwarten, dass starke, länger anhaltende Donauhochwässer intensiver und weiträumiger in die Aue ausstrahlen. Zumindest standen anders als in den Vorjahren 2011 während eines Januar-Hochwassers weite Auenbereiche flächig unter Wasser. Im Juni 2013 hat erstmals nach der Renaturierung ein sehr starkes, nur zum Teil kontrollierbares Hochwasser die Auen durchströmt. Seine Auswirkungen auf den Renaturierungserfolg werden derzeit untersucht.

## 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. Auf Habitat- und Landschaftsebene belegen bereits 2010 geänderte Vogelverteilungen eine erfolgreiche Renaturierung, die vermutlich auf einem stabileren Bodenwasserhaushalt beruht.

Auf Mikrohabitatebene sollten die Vögel ihre Raumnutzungsmuster vor allem auf durch Renaturierung beeinflussten Auenstandorten verändert haben, und hier besonders in jenen Lebensraumstraten (Vegetationsschichten bzw. Baumarten und vertikalen bzw. horizontale Stamm- und Kronenstraten), in denen ihre Nahrungsorganismen infolge gestiegener und stabilerer Grundwasserstände häufiger geworden sind. Tatsächlich wurde die Nahrungssuche ganzjährig vor allem im Bereich von Strauchschicht und unterständigen Bäumen (besonders in der Brutzeit und bei zoofrugivoren Gruppen wie Grasmücken und Laubsänger) bzw. bei oberständigen Bäumen in den unteren (besonders im Sommer/Herbst) und äußeren Kronensegmenten intensi-

viert (besonders Meisenarten), und dies vor allem auf feuchter gewordenen Rinnen- und Muldenstandorten bzw. an typischen Baumarten der Feuchtaue wie Weichlaubholz oder Esche. In trockenen Altauen wurden dagegen in der Vegetationsperiode vermehrt Außen- und Zentralkronen von Eschen und starken Eichen genutzt (besonders durch Rindenarthropodenjäger wie Kleiber, Mittelspecht oder Gartenbaumläufer), an Esche auch Hochkronen (besonders durch eher herbivore Arten wie Buchfink oder Gimpel), während die Nutzungsraten an Baumarten des Landwaldes (Bergahorn, Kiefer) in der Regel sanken. Dies wurde an Rinnen von Wechselwirkungen zwischen dem hier nutzungsfreiem Wald und dem neu angelegtem Auengewässer (Spender- und Korridoreffekte) überlagert. Lediglich in der Stamm- und Innenkrone scheinen sich die Nahrungsangebote (noch?) nicht nachhaltig verändert zu haben.

Als Folge der Renaturierung verringerten sich bei den bevorzugt im hochproduktiven, belaubtem Gehölzbereich nahrungssuchenden Vogelarten zudem die standortsspezifischen Unterschiede in der Stratennutzung von Baumkronen, während sie sich bei den meisten der stärker im Stamm- und Astbereich Nahrung suchenden Arten vergrößerten. Die Vögel zeigen damit an, dass bei mittleren Grundwasserständen von 2,13 m und nach Renaturierung um bis zu 45 cm steigenden mittleren Grundwasserständen (im Nahbereich des Ottheinrichbachs oder Auengewässern bis um 1,32 m) an feuchteren Standorten vor allem flachwurzelnde Gehölze von der Wiedervernässung profitiert und darauf mit einer Produktionssteigerung reagiert haben, an trockenen Standorten dagegen nur Gehölze mit großem Wurzelraum. Daraus kann abgeleitet werden, dass es standorts- und vegetationsstratenabhängig zu einer höheren Knospen-, Laub- und Samenbiomasse und in der Folge auch der Biomasse von Konsumenten (meist Arthropoden) gekommen ist, mit anschließender Dispersion in angrenzende Kronenstraten und Standorte. Dies hat besonders in Sommer/Herbst und Winter zu einem verbesserten Nahrungsangebot im gesamten Auenraum geführt hat. Vögel können somit über veränderte Raumnutzungsmuster bei der Nahrungssuche sehr schnell und relativ flächenscharf den Erfolg von Auenrenaturierungen belegen.

### 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 und einem unbekanntem Gutachter für richtungsweisende Diskussionsbeiträge.

### Literatur

- Alatalo R 1987: Body size, interspecific interactions and use of foraging sites in tits (Paridae). *Ecol.* 68: 1773-1777.
- Alatalo R, Eriksson D, Gustafsson L & Larsson K 1987: Exploitation competition influences the use of foraging sites by tits: experimental evidence. *Ecol.* 68: 284-290.
- Atienza JC & Illera JC 1995: Relación entre el uso del espacio del mito (*Aegithalos caudatus*) y la disponibilidad de artrópodos durante el periodo primavera-verano. *Donana Acta vertebr.* 22: 5-18.
- Bayerisches Fernsehen 2013: <http://www.br.de/fernsehen/bayerisches-fernsehen/sendungen/faszination-wissen/faszination-wissen110.html> (Zugriff 01.07.2013).
- Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 2003: Landesweite naturschutzfachliche Bewertung der Auen im Rahmen des Auenprogramms Bayern. [http://www.bayern.de/lfu/tat\\_bericht](http://www.bayern.de/lfu/tat_bericht) (Online, Zugriff 12.12.2003).
- Böhm SM & Kalko EKV 2009: Patterns of resource use in an assemblage of birds in the canopy of a temperate alluvial forest. *J. Ornithol.* 150: 799-814.
- Böhm SM, Wells K & Kalko EKV 2009: Herbivorie in den Baumkronen: Vögel und Fledermäuse kontrollieren pflanzenfressende Arthropoden und damit den Verlust an Phytomasse. *Vogelwarte* 47:321.
- Bursell J & Dyck J 2003: Background matching and evolution of cryptic colours of selected passerines in deciduous woodlands. *Lundiana* 4: 51-59.
- Dufrêne M. & Legendre P 1997: Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecol. Monographs* 67:345-366.
- MONDAU: E+E-Begleitvorhaben Monitoring auenökologischer Prozesse und Steuerung von Dynamisierungsmaßnahmen. Zwischenberichte 2010 - 2013, KU Eichstätt, unpubl.
- Forkner RE & Marquis RJ 2004: Uneven-aged and even-aged logging alter foliar phenolics of oak trees remaining in forested habitat matrix. *For. Ecol. Mgmt.* 199: 21-37.
- Fausch KD, Power ME & Murakami M 2002: Linkages between stream and forest food webs: Shigeru Nakano's legacy for ecology in Japan. *Trend in Ecology & Evolution* 17: 429-434.
- Gabbe AP, Robinson SK & Brawn JD 2002: Tree-species preferences of foraging insectivorous birds: implications for floodplain forest restoration. *Conserv. Biol.* 16: 462-470.
- Ghosh M, Singh P & Mohan D 2011: Seasonal variation in foraging ecology of three species of overwintering Leaf Warblers (genus *Phylloscopus*) in the Himalayan foothills. *J. Ornithol.* 152: 869-877.
- Harner M & Stanford J 2003: Differences in cottonwood growth between a losing and a gaining reach of an alluvial floodplain. *Ecol.* 84: 1453-1458.
- Henderson IG 1989: The exploitation of tits *Parus spec.*, Long-tailed Tits *Aegithalos caudatus* and Goldcrests *Regulus regulus* by Treecreepers *Certhia familiaris*: a behavioural study. *Bird Study* 36: 99-104.
- Hubalek Z 1999: Seasonal changes of bird communities in a managed lowland riverine ecosystem. *Folia Zool.* 48: 203-210.
- Jeffries JM, Marquis RJ & Forkner RE 2006: Forest age influences oak insect herbivore community structure, richness, and density. *Ecol. Appl.* 16: 901-912.

- Jenni L & Widmer F 1996: Habitatnutzung von Kleinvögeln in der Herbstzugzeit im Neuenburgersee. *Orn. Beob.* 93: 221-248.
- Klimastatistik Karlsruhe [http://www.am.rlp.de/Internet/AM/inetntrBY.nsf/cuhome.xsp?src=GSSGT0B084&p1=title%3DKarlsruhe+~url%3D%2FInternet%2FAM%2FNotesBAM.nsf%2FXP\\_ABC\\_All%2F265A737DC4BD537BC1257393002A4EBA%3FOpenDocument&p3=186397Z4DJ](http://www.am.rlp.de/Internet/AM/inetntrBY.nsf/cuhome.xsp?src=GSSGT0B084&p1=title%3DKarlsruhe+~url%3D%2FInternet%2FAM%2FNotesBAM.nsf%2FXP_ABC_All%2F265A737DC4BD537BC1257393002A4EBA%3FOpenDocument&p3=186397Z4DJ).
- Kreuziger J 1999: Starke Reduzierung forstwirtschaftlicher Maßnahmen und ihre Auswirkungen auf die Spechte in einem der größten Auwaldgebiete Deutschlands (NSG Kühkopf-Knoblochsau, Kreis Groß-Gerau). *Zeitschr. f. Vogelkde u. Nat.sch. Hessen, Vogel und Umwelt* 10: 21-38.
- Lenz H, Pöllner B, Straßer L, Nannig A & Petercord R 2012: Eindämmung des Eschentriebsterbens. *LWF aktuell* 89: 30-32.
- Leso P 2001: Contribution to knowledge of bird foraging relationships in selected east Slovakia natural oak forests condition. *Tichodroma* 14: 42-49.
- Leso P & Kropil R 2007: A comparison of three different approaches for the classification of bird foraging guilds: an effect of leaf phenophase. *Folia Zool.* 56: 51-70.
- Macdonald SE, Eaton B, Machtans CS, Paszkowski C & Hannon S 2006: Is forest close to lakes ecologically unique? Analysis of vegetation, small mammals, amphibians, and songbirds. *For. Ecol. Mgmt.* 223: 1-17.
- Marshall MR & Cooper RJ 2004: Territory size of a migratory songbird in response to caterpillar density and foliage structure. *Ecol.* 85: 432-445.
- Masello JF, Quillfeldt P, Koschkar S, Thorn SO, Herbst B, Mattern T, Mader V, Lanzen J, Daum L, Wolters V & Gottschalk T 2013: Vertikale Segregation von Singvögeln am Hoherodskopf, Mittelhessen. *Vogelwarte* 51: 281-282.
- Miles DB & Ricklefs E 1984: The correlation between ecology and morphology in deciduous forest passerine birds. *Ecol.* 65: 1629-1640.
- Müller J & Goßner M 2007: Single host trees in a closed forest canopy matrix: a highly fragmented landscape? *J. Appl. Entomol.* 131: 613-620.
- Moreno E & Carrascal LM 1993: Leg morphology and feeding postures in four *Parus* species: an experimental ecomorphological approach. *Ecol.* 74: 2037-2044.
- Oksanen J, Kindt R, Legendre P & O'Hara B 2006: The Vegan Package. <<http://cc.oulo.fi/~jarioksa>>.
- Osiejuk TS 1996: Locomotion patterns in wintering bark-foraging birds. *Orn. Fennica* 73: 157-167.
- Osiejuk TS 1998: Study on the intersexual differentiation of foraging niche in relation to abundance of winter food in Great Spotted Woodpecker *Dendrocopos major*. *Acta Orn.* 33: 135-141.
- Pfadenhauer J & Eska G 1985: Auswirkungen der Innstaustufe Perach auf die Auenvegetation. *Tuexenia, N.S.*, 5: 447-453.
- Philpott SM, Greenberg R, Bichier P & Perfecto I 2004) Impacts of major predators on tropical agroforest arthropods: comparisons within and across taxa. *Oecologia* 140: 140-149.
- Puhlmann G & Jährling KH 2003: Erfahrungen mit „nachhaltigem Auenmanagement“ im Biosphärenreservat „Flusslandschaft Mittlere Elbe“. *Natur u. Landschaft* 78: 143-149.
- R Development Core Team 2010: R: A Language and Environment for Statistical Computing. [Online] R Foundation for Statistical Computing, 2010. <http://www.R-project.org>.
- Restrepo C & Gomez N 1998: Responses of understory birds to anthropogenic edges in a neotropical montane forest. *Ecol. Appl.* 8: 170-183.
- Robinson SK & Holmes RT 1982: Foraging behavior of forest birds: the relationships among search tactics, diet, and habitat structure. *Ecol.* 63: 1918-1931.
- Sage W & Utschick H 1997: Nachtfalter (Macroheterocera) im NSG "Untere Alz" und ihre Bedeutung für die Pflege- und Entwicklungsplanung. *Ber. ANL.* 21: 149 - 177.
- Seagle S & Sturtevant BR 2004: Forest productivity predicts invertebrate biomass and Ovenbird (*Seiurus aurocapillus*) reproduction in Appalachian landscapes. *Ecol.* 86: 1531-1539.
- 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.
- Stiebel H & Bairlein F 2008a: Frugivorie mitteleuropäischer Vögel I: Nahrung und Nahrungserwerb. *Vogelwarte* 46: 1-23.
- Stiebel H & Bairlein F 2008b: Frugivorie mitteleuropäischer Vögel II: Einfluss des Fruchtangebots auf die räumliche und zeitliche Habitatnutzung frugivorer Vogelarten. *Vogelwarte* 46: 81-94.
- Tremblay I, Thomas DW, Lambrechts MM, Blondel J & Perret P 2003: Variation in Blue Tit breeding performance across gradients in habitat richness. *Ecol.* 84: 3033-3043.
- Utschick H 1991: Beziehungen zwischen Totholzreichtum und Vogelwelt in Wirtschaftswäldern. *Forstwiss. Cbl.* 110: 135-148.
- Utschick H 1989: Veränderungen in der Nachtfalterfauna (Macroheterocera) im Auenwald der Innstaustufe Perach 1976 - 1988. *Nachr.bl. Bay. Entomol.* 38: 51-62.
- Utschick H 2006: Baum- und Stratenpräferenzen nahrungssuchender Waldvogelarten in Waldbeständen unterschiedlicher Baumartenzusammensetzung. *Ornithol. Anz.* 45: 1-20.
- Utschick H, Michl S & Heitland W 2012: Indikationspotenzial von Auwaldvögeln für das Monitoring von Auenrenaturierungen. *Ornithol. Anz.* 51: 97-134.
- Utschick H & Müller J 2010: Nutzungstypendiversität und Vogeldichten in einer südbayerischen Kulturlandschaft. *Ornithol. Beob.* 107: 1-24.
- Van Bael SA & Brawn JD 2005: The direct and indirect effects of insectivory by birds in two contrasting Neotropical forests. *Oecologia* 145: 658-668.
- Walther BA 2002: Grounded ground birds and surfing canopy birds: variation of foraging stratum breadth observed in Neotropical forest birds and tested with simulation models using boundary constraints. *Auk* 119: 658-675.
- Wasserwirtschaftsamt Ingolstadt 2010: Dynamisierung der Donauauen - Historische Entwicklung. [http://www.wwa-in.bayern.de/projekte\\_und\\_programme/donauauen/historie/index.htm](http://www.wwa-in.bayern.de/projekte_und_programme/donauauen/historie/index.htm). (Online, Zugriff 07.10.2010).
- Weber M, Utschick H & Heitland W 2009: Einfluss eines Fichtenwaldbrands auf den Bruterfolg von höhlenbrütenden Kleinvögeln. *Ornithol. Anz.* 48: 111-125.

Zu diesem Artikel gibt es weiteres Online-Material auf der Internetseite der DO-G unter

<http://www.do-g.de/index.php?id=169>

**Anhang 1:** Nachweise nahrungssuchender Vogelarten in den Untersuchungsjahren 2007/08 und 2012/13 vor und nach Beginn der Auenrenaturierung (2010) im Jahres-, Brutzeit-, Sommer-/Herbst- und Winteraspekt. Daten für 2012/13 verdichtet (siehe Methode). n = Beobachtungssummen. G = Nahrungsgilde (1 = arboricol-herbivor, 2 = arboricol-aereal-zoovor, 3 = arboricol-zoo-frugivor, 4 = arboricol-omnivor, 5 = corticol-omnivor, 6 = corticol-zoovor, 7 = terricol-zoo-frugivor, 8 = terricol-zoovor). T = Trophie (4 = zoovor, 5 = zoo-frugivor, 6 = zoo-herbivor, 7 = herbi-zoovor). H = Nahrungshabitat (2 = Rohboden, Gewässer, 3 = Streu, Bodenvegetation, 4 = Hochstauden, Unterholz, 5 = Stamm, Innenkrone, 6 = ganzer Gehölzraum, 7 = Kronenraum, 9 = ohne Präferenz). V = Suchstrategie (5 = Ansitz, Pirsch, Ausfall, 6 = Klettern, 7 = Hüpfen, Kurzflug, 8 = Laufen). – *Numbers of foraging birds in 2007/08 and 2012/13 before and after renaturation implements (2010) for all seasons, breeding season, late summer/autumn and winter. Data from 2012/13 enriched (see methods). n = observations. G = feeding guild, T = food web level, H = feeding habitat (2 = gravel, water bodies, 3 = litter, soil vegetation, 4 = reeds, scrubs, undergrowth, 5 = tree stems, thick branches, 6 = all scrub and tree strata, 7 = canopy, 9 = without feeding habitat preferences), V = feeding strategies (5 = perching/hawking, 6 = climbing, 7 = hopping, hovering, short flights, 8 = walking).*

Art <i>species</i>	n	Nahrungsgilde <i>guild characters</i>				Jahresaspekt <i>all seasons</i>		Brutzeit <i>apr</i>		Sommer/ Herbst <i>jul/oct</i>		Winter <i>jan</i>	
		G	T	H	V	2007/08	2012/13	2008	2012	2007	2012	2007/08	2012/13
Amsel <i>Turdus merula</i>	15	7	5	3	7	14	1	5	0	5	1	4	0
Blaumeise <i>Cyanistes caeruleus</i>	948	4	6	6	7	285	663	191	327	58	191	36	145
Buchfink <i>Fringilla coelebs</i>	109	1	7	6	7	40	69	38	54	2	15		
Buntspecht <i>Dendrocopos major</i>	852	5	6	5	6	429	423	126	67	66	198	237	158
Eichelhäher <i>Garrulus glandarius</i>	31	1	7	9	7	20	11			19	11	1	
Fitis <i>Phylloscopus trochilus</i>	118	3	4	6	7	34	84	34	84				
Gartenbaumläufer <i>Certhia brachydactyla</i>	129	6	4	5	6	59	70	32	7	10	5	17	58
Gartengrasmücke <i>Sylvia borin</i>	10	3	5	6	7	0	10			0	10		
Gebirgsstelze <i>Motacilla cinerea</i>	9	8	4	2	8	4	5			4	5		
Gimpel <i>Pyrrhula pyrrhula</i>	100	1	7	6	7	38	62	6	11	7	10	25	41
Goldammer <i>Emberiza citrinella</i>	2	1	7	3	7	2	0			2	0		
Grauschnäpper <i>Muscicapa striata</i>	42	2	4	6	5	2	40			2	40		
Grünfink <i>Carduelis chloris</i>	8	1	7	4	7	8	0			8	0		
Grünspecht <i>Picus viridis</i>	16	6	4	3	6	3	13	2	0	1	13		
Halsbandschnäpper <i>Ficedula albicollis</i>	21	2	4	6	5	0	21				21		
Haubenmeise <i>Lophophanes cristatus</i>	46	4	6	6	7	3	43	0	8	3	31		4
Kernbeisser <i>Coccothraustes coccothr.</i>	2	1	7	7	7	0	2					0	2
Kleiber <i>Sitta europaea</i>	685	5	6	5	6	328	357	109	38	100	142	119	177
Kleinspecht <i>Dendrocopos minor</i>	13	6	4	6	6	2	11	2	0				11
Kohlmeise <i>Dendrocopos minor</i>	632	4	6	6	7	187	445	82	134	96	203	9	108
Mittelspecht <i>Dendrocopos medius</i>	218	6	4	6	6	69	149	28	53	20	63	21	33
Mönchsgrasmücke <i>Sylvia atricap.</i>	64	3	5	6	7	28	36	13	8	15	28		
Pirol <i>Oriolus oriolus</i>	4	3	4	7	7	0	4			0	4		
Rotkehlchen <i>Erithacus rubecula</i>	40	8	5	4	7	34	6	18	2	16	4		
Schwanzmeise <i>Aegithalos caudatus</i>	304	4	6	7	7	98	206	31	43	23	86	44	77
Schwarzspecht <i>Dryocopus martius</i>	33	6	4	5	6	7	26	1	0	2	0	4	26
Singdrossel <i>Turdus philomelos</i>	8	7	5	3	7	6	2	3	0	3	2		
Star <i>Sturnus vulgaris</i>	2	7	5	3	8	2	0	2	0				
Stieglitz <i>Carduelis carduelis</i>	17	1	7	6	7	10	7			0	7	10	0
Sumpfmehse <i>Poecile palustris</i>	313	4	6	6	7	88	225	18	17	46	64	24	144
Tannenmeise <i>Periparus ater</i>	15	4	6	6	7	14	1	1	0	13	1		
Wacholderdrossel <i>Turdus pilaris</i>	10	7	5	3	7	10	0					10	0
Waldbaumläufer <i>Certhia familiaris</i>	2	6	4	5	6	2	0			2	0		
Weidenmeise <i>Poecile montanus</i>	2	4	6	6	7	0	2					0	2
Wintergoldhähnchen <i>Regulus regulus</i>	58	3	4	7	7	1	57	0	7	1	5	0	45
Zaunkönig <i>Troglodytes troglodytes</i>	28	8	4	4	7	10	18	4	5	6	11	0	2
Zilpzalp <i>Phylloscopus collybita</i>	58	3	4	6	7	22	36	5	29	17	7		

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 2014

Band/Volume: [52\\_2014](#)

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

Artikel/Article: [Veränderungen von Nahrungsnischen von Auwaldvögeln nach Auenrenaturierung 19-48](#)