

# Vorschläge für die syntaxonomische Gliederung der Waldgesellschaften in der badisch-elsässischen Rheinaue

– Hans-Gerd Michiels, Richard Boeuf und Richard Hauschild –

## Zusammenfassung

Mittels numerischer Analysen werden 1104 kombinierte standorts- und vegetationskundliche Aufnahmen entlang der badisch-elsässischen Rheinaue in 20 Gruppen klassifiziert und ökologisch interpretiert. In einem numerischen Vergleich mit früher publizierten Aufnahmen verschiedener Autoren wird die floristische und ökologische Nähe zu bereits definierten syntaxonomischen Einheiten geprüft. Aufgrund der Ergebnisse werden Vorschläge für eine syntaxonomische Neugliederung der Auewälder der badisch-elsässischen Rheinaue unterbreitet. Im Bereich der Weichholz- und der Übergangsaue tritt das *Salicetum albae* auf, für das drei Subassoziationen vorgeschlagen werden. Auch die Wälder der Tiefen Hartholzaue mit Stiel-Eiche und Ulmen müssen aufgrund ihrer floristischen Ähnlichkeit zu den Weichholz-Auewäldern des *Salicetum albae* gestellt werden. An Stelle des als „*nomen ambiguum*“ identifizierten *Quercus-Ulmetum* Issler 1924 ist auf den sandig-lehmigen und lehmigen Standorten der Mittelren und Hohen Hartholzaue das *Ulmo-Fraxinetum* (Tx. apud Lohmeyer 1952) nom. invers. Oberd. 1953 als gebietstypische Waldgesellschaft anzusprechen. Das *Ulmo-Fraxinetum* bildet am Oberrhein in Abhängigkeit von den hydrologischen Standortbedingungen drei Subassoziationen aus. Auf mäßig frischen bis trockenen Sanden und Kiesen der Altaue der südlichen Oberrheinebene stellt das *Carici albae-Tilietum cordatae* in zwei Subassoziationen eine Schlusswaldgesellschaft dar. In den Räumen der überflutungs- und grundwasserfernen Altaue nördlich Breisach/Marckolsheim treten zudem Gesellschaften von *Fagus sylvatica* auf.

## Abstract: Proposals for the syntaxonomic classification of the alluvial floodplain forests in the Upper Rhine Valley (Germany)

A total of 1104 ecological and phytosociological relevés from the floodplain of the Upper Rhine Valley, south-western Germany, were analysed using multivariate methods. Twenty sample groups were classified and ecologically described. Their floristic und ecological relationship to further specified syntaxonomic units was investigated using a second multivariate approach. The results are the basis for a new proposal for the classification and syntaxonomy of the floodplain forests in the Upper Rhine Valley. On the lower floodplain levels, the *Salicetum albae* occurs, which we propose to subdivide into three subtypes. Even the forests on the lower hardwood floodplain levels can be accommodated in this association. In place of the *Quercus-Ulmetum* Issler 1924, which is treated here as a '*nomen ambiguum*', the *Ulmo-Fraxinetum* (Tx. apud Lohmeyer 1952) nom. invers. Oberd. 1953 was reinstated as the principal forest community on sandy and loamy soils of the Upper Rhine floodplain. Three different subtypes are distinguishable depending on inundation and water capacity of the soils. When inundation of the floodplain ceases, the *Carici albae-Tilietum cordatae* is the late successional forest community on the sandy and gravelly soils of the most southern part of the Upper Rhine Valley. In the area north of Breisach and Marckolsheim, *Fagus sylvatica* communities occur on ancient flooded sites far away from recent inundation and ground water.

**Keywords:** Floodplain forests, numerical classification, *Salicetum albae*, *Ulmo-Fraxinetum*, *Carici-Tilietum*, Upper Rhine Valley.

## 1. Einleitung

Das *Quercus robori -Ulmetum minoris* Issler 1924 wird in der überwiegenden Zahl der Beschreibungen und Karten der natürlichen Waldgesellschaften der Stromauen Deutschlands als die charakteristische Waldgesellschaft der Hartholzaunen dargestellt (z. B. TRAUTMANN et al. 1973, OBERDORFER 1992, RENNWALD 2000, SCHMIDT et al. 2002, WALENTOWSKI et al. 2004). Die Synopsis der Waldgesellschaften der Schweiz folgt dieser Betrachtungsweise

nicht, sondern ordnet die dortigen Hartholzauewälder dem *Ulmo-Fraxinetum* Tx. apud Lohmeyer 1952 nom. invers. OBERD. 1953 zu (KELLER et al. 1998). In Frankreich erfolgt bisher die Benennung der Hartholzauewälder durch die Bearbeiter nicht einheitlich. Nachdem CARBIENER (1974) das *Quercu-Ulmetum* für die Hartholzauewälder am Oberrhein eingeführt und dabei das *Fraxino-Ulmetum* als Namen verworfen hatte, wurde von SCHNITZLER (1996) die geographische Gültigkeit dieser Zuordnung noch auf die Hartholzauewälder an der Loire erweitert. RAMEAU & SCHMITT (2000) behandeln hingegen *Quercu-Ulmetum* und *Fraxino-Ulmetum* als gleichrangige Synonyme und sehen ihre Vorkommen in Frankreich auf die Flusssysteme von Rhein und Rhône beschränkt.

BOEUF et al. (2005b; siehe auch HAUSCHILD et al. 2006) weisen in ihrer Studie zur Ökologie und Syntaxonomie der Wälder in der badisch-elsässischen Rheinaue nach, dass der Begriffsinhalt des *Quercu-Ulmetum*, bereits ausgehend von den späteren Arbeiten ISSLERS selbst, im Laufe der Zeit einer erheblichen Beugung unterlag. Die Erstbeschreibung der Gesellschaft im Jahre 1924 erfolgte durch Vegetationsaufnahmen auf Trockenstandorten der elsässischen Rheinaue, die bereits damals lange Zeit von der Hydrodynamik der Überflutungsauie entfernt lagen. ISSLER hatte diese Wälder ursprünglich dem *Carpinion*-Verband zugerechnet. In der Konsequenz seiner historischen Entwicklung muss das *Quercu-Ulmetum* Issler 1924 als „*nomen ambiguum*“ verworfen werden (BOEUF et al. 2005b). Die seitherige Syntaxonomie der Hartholzauewälder Mitteleuropas, die bei einer überaus weiten Fassung des Eichen-Ulmenwaldes aus standortkundlicher Sicht nicht befriedigte, kann deshalb nicht mehr aufrecht erhalten werden. Ausgehend von der multivariaten Analyse umfangreicher Standorts- und Vegetationsdaten aus der südlichen Oberrheinaue und einem numerischen Vergleich mit relevanten bereits beschriebenen syntaxonomischen Einheiten werden hier Vorschläge unterbreitet und begründet, wie die Waldgesellschaften der badisch-elsässischen Rheinaue abgegrenzt, untergliedert und benannt werden können. Die Ergebnisse leisten darüber hinaus einen allgemeinen Beitrag zur Beschreibung der Ökologie und Syntaxonomie der dealpinen<sup>1</sup> Auewaldgesellschaften entlang der großen Fließgewässer Süddeutschlands, der Schweiz und Ost-Frankreichs.

## 2. Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfasst die badisch-elsässische Rheinaue zwischen Kembs / Neuenburg im Süden und Lauterbourg / Rastatt im Norden. Linksrheinisch wird diese Auenzone als „Ried blond“ bezeichnet (SCHNITZLER 1988). Es handelt sich um den Abschnitt, der vor der Rheinkorrektur von Tulla noch vollständig im Bereich des verzweigten Rheinarmsystems lag. Westlich angrenzend liegen ältere Auenterrassen, die bereits seit 2.000–3.000 Jahren nicht mehr der Auedynamik unterliegen, aber dennoch einen Teil der holozänen Rheinaue bilden (SCHIRMER & STRIEDTER 1985, STRIEDTER 1988). Hier konnten bereits pedogene Prozesse (Entkalkung, Verbraunung) ablaufen. Diese älteren Auenterrassen („Ried brun, Ried noir“) werden in der vorliegenden Untersuchung nicht berücksichtigt. Auf diesen Flächen kommen Buchenwald-, Erlen-Eschenwaldgesellschaften und auch Erlenbruchwälder vor (HAUSCHILD 1999). Vergleichbar alte Auenterrassen wurden auf der

---

Mit dem Begriff „dealpin“ werden hier die Auewaldökosysteme der Alpenvorländer charakterisiert. Die dealpinen Auewälder erhalten durch das fließende Wasser Bezüge aus dem Diasporenreservoir der Pflanzen des Alpenraumes. Sie sind geprägt durch ein nivales Hydroregime (sommerliche Wasser-Hochstände durch Gletscherschmelze). Das Fließgefälle im Längsschnitt der alpennahen Flüsse ist gewöhnlich so hoch, dass es zur Entstehung sogenannter Furkationszonen mit einer vieladrigen Verzweigung des Fließgerinnes kommt. Das Substrat bilden vorwiegend kiesige und sandige Sedimente. Charakteristisch für dealpine Auewaldökosysteme sind demzufolge auch wenig gericfte, karbonatführende Böden. Zu den Flusssystemen mit dealpinen Auewäldern zählen neben dem Oberrhein u.a. auch die Rhône, die Donau ab der Illermündung bis etwa Wien und die Drau.

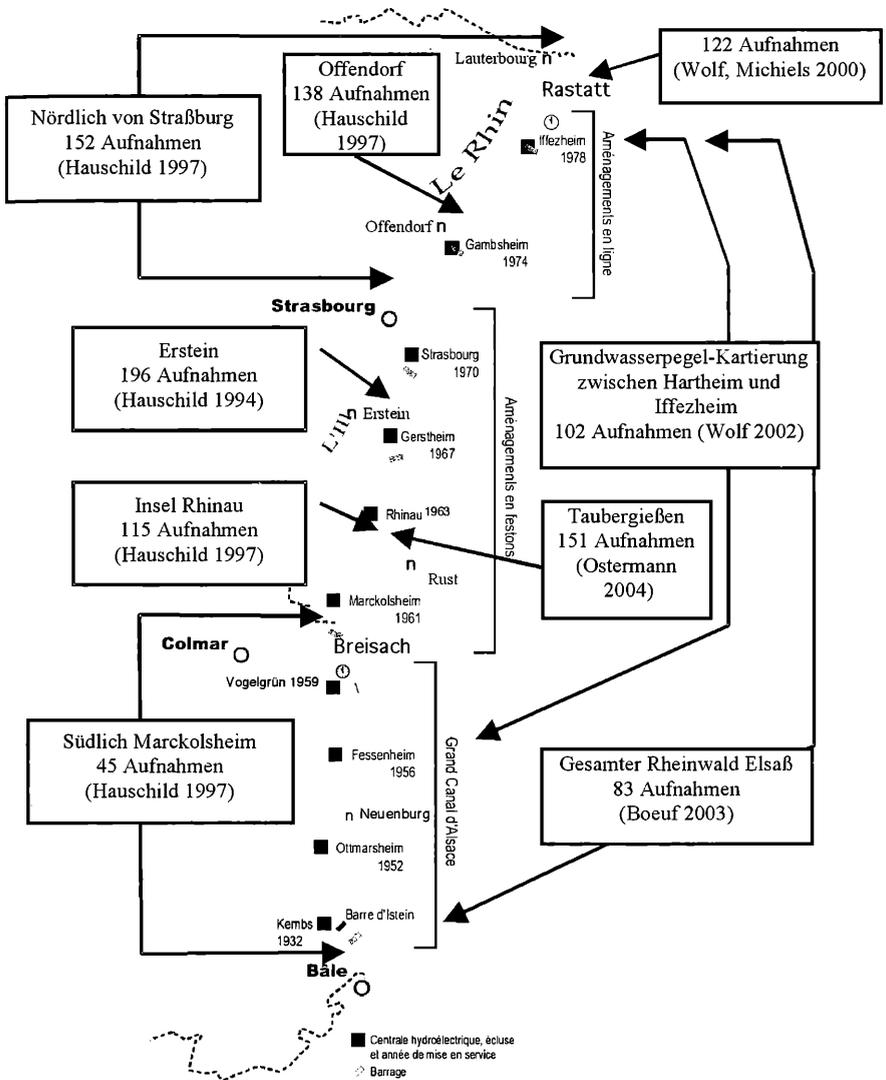


Abbildung 1: Untersuchungsgebiet und Lage der Vegetationsaufnahmen (nach BOEUF et al. 2005b, verändert).

Figure 1: Study area and location of relevés (according to BOEUF et al. 2005b, modified).

badischen Seite der holozänen Rheinaue bisher nicht gefunden. Bereiche mit kalkfreien Substraten finden sich hier nur auf den Schwemmfächern der Schwarzwaldzuflüsse des Rheins (u. a. Dreisam, Elz, Kinzig, Murg).

Der Rhein war ursprünglich im Längsschnitt des Untersuchungsgebietes in zwei Flusslauftypen unterteilt (GALLUSER & SCHENKER 1992). Im südlichen Teil, bis auf die Höhe von Rhinau / Kappel, liegt die Furkationszone mit einem durchschnittlichen Gefälle von 1‰, in der sich der Rhein vor der Korrektur in mehrere Arme aufgegabelt hatte. Weiter nördlich bis Karlsruhe schließt sich mit einem geringeren Gefälle von 0,5 – 0,8‰ eine Übergangszone an. In diesem Abschnitt formte der Rhein bereits vor der Phase des Flussausbaus größere Flussschlingen (Mäander). Allerdings bildete er, parallel zum Hauptarm, weiterhin kleinere Seitenarme aus. Nördlich daran anschließend folgt die eigentliche Mäanderzone mit

noch geringerem Fließgefälle (0,3%), die jedoch außerhalb des engeren Untersuchungsgebietes liegt. Im heutigen Ausbauzustand ist der größte Teil der Rheinniederung der nicht mehr überfluteten Altaue zuzurechnen. Nur kleinere Teile gehören zur sogenannten Überflutungsau der Staubereiche, in der das Hochwassergeschehen reduziert ist und der Grundwasserspiegel durch die Stauhaltungen keine atypischen Tiefstände mehr erfährt. Lediglich die nördlich der Staustufe Iffezheim vorkommende Freie Überflutungsau des Rheins bietet noch einigermaßen naturnahe hydrologische Verhältnisse mit periodischen Überflutungen und schwankenden Grundwasserständen (HENRICHFREISE & HÜGIN 1992, MICHIELS & ALDINGER 2002).

Entlang der Süd-Nord-Achse des Rheins ist auch eine Veränderung der Korngrößenzusammensetzung der Sedimente festzustellen. Mit der Abflachung des Gefälles verringert sich die Fließgeschwindigkeit und damit die Schleppkraft für das mitgeführte Geschiebe. Im südlichen Oberrheingebiet herrschen die grobkörnigen, kiesigen und sandigen Sedimente vor, im nördlichen Teil überwiegen die feinkörnigeren, feinsandig-lehmigen Alluvien. Bei den Böden der untersuchten Waldflächen handelt sich um wenig entwickelte, alluviale Ablagerungen mit hohem Kalkgehalt (zwischen 19–23%). In überschwemmten Lagen (vor allem nördlich von Iffezheim) finden sich kleinflächig Auenrohböden. In den ausgedehnten Gebieten kommen, je nach Grundwassereinfluss, Auengley und Auenpararendzina vor.

Im Gebiet herrscht ein schwach subkontinentales Klima mit einer durchschnittlichen, mittleren Jahrestemperatur von über 10 °C. Im Sommer fallen die hohen Temperaturen mit hohen Niederschlagssummen zusammen. Die jährliche Niederschlagshöhe variiert jedoch beträchtlich. Auf Grund des Regenschattens der Vogesen liegt bei Breisach die mittlere Jahresniederschlagsmenge bei rund 640 mm. Bei Straßburg werden schon 730 mm und noch weiter nördlich, bei Stattmatten / Söllingen, im Einflussbereich der Saverner Pforte, werden 840 mm gemessen. Die ungünstige Wasserhaushaltssituation im Raum südlich von Breisach wird durch den hohen Grundwasserflurabstand (> 5 m) und durch die Dominanz grobkörniger Sedimente (Grobsand, Kies) verschärft. Weiter nördlich dazu sind die Unterschiede der Niederschlagsmengen in Bezug auf die Vegetation weniger wirksam, weil das Grundwasser im Durchschnitt hoch ansteht (Grundwasserflurabstand < 3m), die vorherrschenden feinkörnigen Sedimente eine hohe Wasserspeicherkapazität haben und damit auch der Kapillaranstieg des Grundwassers erhöht ist.

### 3. Material und Methoden

#### 3.1. Neue Standorts- und Vegetationsaufnahmen aus der badisch-elsässischen Rheinaue

Aus dem Untersuchungsraum liegen 1104 Vegetationsaufnahmen aus dem Zeitraum von 1994 bis 2002 vor, die im Rahmen verschiedener Projektarbeiten erhoben wurden und die nur z. T. bisher publiziert sind (OSTERMANN 2004). Eine Übersicht über die Lage der Aufnahmeorte und die Bearbeiter gibt Abbildung 1; die Aufnahmen decken das Spektrum der funktionalen Aue-Kompartimente im Längsprofil des Rheins ab (Altaue, Überflutungsau der Staubereiche und Freie Überflutungsau).

Bei allen 1104 Aufnahmepunkten wurde die Vegetation (Baum-, Strauch- und Krautschicht) mit den Deckungswerten der Braun-Blanquet-Skala erhoben. Weiterhin wurden für jeden Aufnahmepunkt folgende Standortparameter unmittelbar im Gelände ermittelt bzw. aus verfügbaren Unterlagen abgeleitet: Mittlere jährliche Überflutungsdauer, aktueller Grundwasserflurabstand zum Aufnahmezeitpunkt, Bodenartenschichtung in dm-Stufen bis 1m Tiefe, Hydromorphiemerkmale (Rostflecken) im Boden sowie Lichteinfall im Bestand. Die Angaben zur Überflutung stammen von Überflutungsmodellen der Gewässerdirektion Südlicher Oberrhein/Hochrhein, von Geländebeobachtungen der Sedimentation nach Hochwasserereignissen oder aus der Verschneidung von topographischen Karten und Pegeldata. Die mittlere jährliche Grundwasserhaltung wurde aus den Hydromorphiemerkmalen der Böden in Verbindung mit den Beobachtungsreihen benachbarter Grundwasserpegel abgeleitet. Die Variable „Licht im Bestand“ ist bei der Vegetationsaufnahme gutachtlich in 4 Klassen von dunkel bis sehr hell geschätzt

worden. Da alle Standortvariablen für jede Vegetationsaufnahme erhoben wurden, ist eine gemeinsame statistische Auswertung dieser zwei Informationsebenen möglich. Wiederholungsaufnahmen sind durchführbar, da für die Aufnahmezentren entweder direkt gemessene Koordinatenwerte (Rechts- und Hochwerte) an der FVA vorliegen oder sie ein Teil eines regelmäßigen, an geographische Koordinaten eingehängten Aufnahmernetzes sind. Im folgenden werden die hier beschriebenen Aufnahmen als „FVA/ONF-Aufnahmen“ bezeichnet.

### 3.2. Aufnahmematerial anderer Autoren

Von 17 weiteren Autoren wurde das veröffentlichte Aufnahmematerial von syntaxonomischen Einheiten, die mit den wichtigsten pflanzensoziologischen Einheiten der Auewälder, insbesondere dem *Quercu-Ulmetum* und dem *Salicetum albae*, in Zusammenhang stehen, als Stetigkeitstabelle in eine Datei im Excel-Format eingelesen. Dabei finden auch die Holotypen von insgesamt 7 Assoziationen Berücksichtigung. Diese insgesamt 1918 Aufnahmen stammen zum größten Teil vom Oberrhein (u.a. DISTER 1980a, OBERDORFER 1953, REIF 1996, SCHNITZLER 1988), aber auch aus anderen Flusssauen wie der Isar, der Donau, dem Main und der Rhône. Eine Übersicht gibt Tabelle 1. Zusammen mit den FVA/ONF-Aufnahmen sind damit 3022 Vegetationsaufnahmen für die weiterführende statistische Auswertung und Interpretation verfügbar.

### 3.3. Verfahren der Auswertung

In der statischen Auswertung wurden zwei Methoden der multivariaten Analyse angewendet: die Cluster- und die Korrespondenzanalyse (DCA). Die verwendeten Programmpakete sind PC-Ord (MC CUNE & MEFFORD 1999) und Statistica (Statsoft Inc. 2001). Bei den durchgeführten hierarchischen Clusteranalysen wurden die Abstände eines Objektes zu einer Gruppe entweder nach der „Average-linkage-Methode“ mit dem Ähnlichkeitskoeffizienten nach SOERENSEN (1948) oder nach WARD (1963) mit der Euklidischen Distanz berechnet. Die Average-linkage-Methode berechnet jeweils den Schwerpunkt der Cluster und fusioniert dann die beiden Cluster mit der geringsten Distanz. Diese Methode ist gegenüber der Minimum-Varianz- und der Ward-Methode vor allem bei Clustern unterschiedlicher Größe, wie sie aus unserem Aufnahmematerial resultieren, besonders geeignet. Gegenüber anderen Verfahren der Gruppenbildung (z. B. TWINSPAN) hat die Clusteranalyse den Vorteil, dass auch bei mehreren wirksamen Standortgradienten ökologische Hintergründe gut erkennbar werden (siehe dazu: EWALD 2001).

Im ersten Auswerteschritt wurde mit den 1104 Aufnahmen der FVA/ONF eine Clusteranalyse gerechnet (Group Average / Soerensen (Bray-Curtis)). Grundlage war die floristische Tabelle mit den Deckungswerten der Braun-Blanquet-Skala, die in prozentuale Werte umgerechnet wurden ( $r = 1\%$ ;  $+ = 3\%$ ;  $1 = 5\%$ ;  $2 = 15\%$ ;  $2m = 7,5\%$ ;  $2a = 10\%$ ;  $2b = 20\%$ ;  $3 = 37,5\%$ ;  $4 = 62,5\%$ ;  $5 = 87,5\%$ ). Das Ergebnis der Clusteranalyse liefert Aufnahme-Gruppen, deren Ähnlichkeit durch ihre Lage im Dendrogramm ausgedrückt wird. In unserem Fall haben wir den Datensatz zuerst in wenige (3–4), relativ große Gruppen geteilt und die floristische Zusammensetzung und die Standortmerkmale dieser Gruppen analysiert. Dies geschah zum einen durch Berechnung der mittleren Deckungswerte der Arten sowie der Mittelwerte und der Standardabweichung der Standortvariablen, zum anderen durch die Betrachtung der Streuung der Aufnahmen im Ordinationsdiagramm der Korrespondenzanalyse (vgl. Abb. 3). Wenn bei den Auswertungen eine Gruppe noch als inhomogen eingeschätzt wurde, z. B. weil ihre Aufnahmen im Ordinationsdiagramm über einen großen Bereich streuten, so wurden von dieser Gruppe die nächsten beiden Untergruppen aus der Clusteranalyse gewählt (weiter links im Dendrogramm liegend) und wiederum wie beschrieben analysiert. Dieser iterative Prozess führte schließlich zur Herausbildung von 20 Aufnahme-Gruppen, die standortsökologisch und nach ihrer floristischen Zusammensetzung ausreichend homogene Situationen widerspiegeln (Abb. 2). Einige isoliert stehende, bereits auf der 1. Auswertestufe klassifizierte Gruppen, die aber nur 1 bis max. 4 Aufnahmen enthalten, wurden von der weiteren Auswertung ausgenommen.

Die Korrespondenzanalyse wurde dazu parallel für die Gesamtzahl der 1104 FVA/ONF-Vegetationsaufnahmen durchgeführt, wobei die Zugehörigkeit einer Aufnahme zu einer der 20 Gruppen, die bei der Clusteranalyse gebildet worden waren, für die weitere Interpretation als Variable mitgeführt wurde. Im Streudiagramm der über die Korrespondenzanalyse berechneten Koordinaten der Aufnahmen sind auch die assoziierten Standortvariablen (Sekundärvariablen) enthalten, die als Vektoren im floristischen Raum berechnet und dargestellt werden (Abb. 3). Als weitere Grundlage für Interpretationen sind die

Tabelle 1: Zusammenstellung der analysierten Syntaxa verschiedener Autoren

Table 1: Index of the analysed syntaxonomic units

Nr.	Abkürzung	Syntaxonomische Bezeichnung	Veröffentlichung	Anzahl Aufn.
1	QU-Dis-Cory55	Eichen-Hasel-Gesellschaft	Dister 1980a	55
2	QU-Dis-typ13	<i>Quercus-Ulmetum</i> Issler 1924	Dister 1980a	13
3	QU-Dis-imp4	<i>Quercus-Ulmetum</i> Issler 1924 - U.G. von <i>Impatiens noli-tangere</i> (Carpinion) - Dister 1980 - Hessische Rheinaue	Dister 1980a	4
4	S-Dister5	<i>Salicetum albae</i> Issler 1926	Dister 1980a	5
5	QU-Is-68-3	<i>Quercus-Ulmetum</i> Issler 1924 - Holotypus	Issler 1924	3
6	S-Issler4	<i>Salicetum albae</i> Issler 1926 -Holotypus	Issler 1926	4
7	FP-Jurko11	<i>Fraxino excelsioris-Populetum albae</i> Jurko 1958 - Polen - Slowakei - Holotypus	Jurko 1958	11
8	QU-Ob-L-cor38	<i>Quercus robor-Ulmetum minoris</i> Issler 1924 <i>corydaletosum</i> - Maintal	Kappen & Schulze 1979	28
9	FU-K-Da10	<i>Fraxino-Ulmetum</i> Oberdorfer 1953 - Knapp 1944 - Donau - Holotypus	Knapp 1944	10
10	FU-K-Elb5	<i>Fraxino-Ulmetum</i> Oberdorfer 1953 - Knapp 1944 - Elbe - Holotypus	Knapp 1944	5
11	FU-Moor14	<i>Fraxino-Ulmetum</i> Oberdorfer 1953	Moor 1958	14
12	CT-MG-a1-9	<i>Carici albae-Tilietum cordatae</i> Müller et Görs 1958 - Bodensee - Holotypus	Müller & Görs 1958	9
13	CT-MGA2-6	<i>Carici albae-Tilietum cordatae</i> Müller et Görs 1958 (Hügin 1956) - Holotypus	Müller & Görs 1958	6
14	PF-Ob307Bb29	<i>Pruno padi-Fraxinetum excelsioris</i> Oberdorfer 1953	Oberdorfer 1953	29
15	S-Ob-ph158	<i>Salicetum albae</i> Issler 1926 <i>phragmitetosum</i>	Oberdorfer 1953	158
16	S-Ob-typ84	<i>Salicetum albae</i> Issler 1926 <i>typicum</i>	Oberdorfer 1992	84
17	FU-Ob.R27	<i>Fraxino-Ulmetum</i> Oberdorfer 1953 - Holotypus	Oberdorfer 1953	27
18	QU-Ob-L-cal-ff81	<i>Quercus-Ulmetum</i> Issler 1924 - <i>caricetosum albo-flaccae</i> - <i>Ulmus laevis</i> -Rasse	Oberdorfer 1992	81
19	QU-Ob-A-ca36	<i>Quercus-Ulmetum</i> Issler 1924 - <i>caricetosum albo-flaccae</i> - alpine Rasse	Oberdorfer 1992	36
20	QU-Ob-A-cal273	<i>Quercus-Ulmetum</i> Issler 1924 - <i>caricetosum albo-flaccae</i> Rasse mit <i>Asarum europaeum</i> , <i>Aconitum napellus</i> - Rasse - Donau, Alpenvorland	Oberdorfer 1992	273
21	QU-Ob-Al-ph7	<i>Quercus-Ulmetum</i> Issler 1924 - <i>phalaridetosum</i> , alpine Rasse	Oberdorfer 1992	7
22	QU-Ob-As-ph-16	<i>Quercus-Ulmetum</i> Issler 1924 - <i>phalaridetosum</i> Rasse mit <i>Asarum europaeum</i> , <i>Aconitum napellus</i> - Rasse - Donau, Alpenvorland	Oberdorfer 1992	16
23	QU-Ob-L-typ214	<i>Quercus-Ulmetum</i> Issler 1924 - <i>typicum</i>	Oberdorfer 1992	214
24	QU-Ob-As-typ146	<i>Quercus-Ulmetum</i> Issler 1924 - <i>typicum</i> - <i>Asarum europaeum</i> , <i>Aconitum napellus</i> - Rasse - Donau, Alpenvorland	Oberdorfer 1992	146
25	Ormbas-Pau-Rho9	Ulmen-Gesellschaft - Rhône	Pautou 1975	9
26	FUtyp-Pau-Rho27	<i>Fraxino-Ulmetum</i> Oberdorfer 1953 - Rhône	Pautou 1975	27
27	FU-P-Rhône20	<i>Fraxino-Ulmetum</i> Oberdorfer 1953 - Rhône	Pont 1978	20
28	UF-Ram50	<i>Ulmus minoris-Fraxinetum angustifoliae</i> Rameau & Schmitt 1980 -Holotypus - Saône	Rameau & Schmitt 1980	50
29	CT-Reif23	<i>Carici-Tilietum</i> (Issler 1924) Müller et Görs 1958	Reif 1996	23
30	QU-Re8	<i>Quercus robor-Ulmetum minoris</i> Issler 1924	Reif 1996	8
31	S-Reif6	<i>Salicetum albae</i> Issler 1926	Reif 1996	6
32	S-Reif10	<i>Salicetum albae</i> Issler 1926	Reif 1996	10
33	S-Reif14	<i>Salicetum albae</i> Issler 1926	Reif 1996	14
34	StC-Reif27	<i>Stellario holostea-Carpinetum betuli</i> Oberdorfer 1957	Reif 1996	27
35	CT-Sch54	<i>Carici-Tilietum</i> Müller et Görs 1958	Schnitzler 1988	54
36	FP-Sch-alie6	<i>Fraxino-Populetum</i> Jurko 1958 <i>allietosum ursinae</i>	Schnitzler 1988	6
37	FP-Sch-car19	<i>Fraxino-Populetum</i> Jurko 1958 <i>caricetosum albae</i>	Schnitzler 1988	19
38	FP-Sch-hye23	<i>Fraxino-Populetum</i> Jurko 1958 <i>equisetosum hyemale</i>	Schnitzler 1988	23
39	FP-Sch-frac9	<i>Fraxino-Populetum</i> Jurko 1958 <i>fraxinetosum excelsioris</i>	Schnitzler 1988	9
40	FP-Sch-sal14	<i>Fraxino-Populetum</i> Jurko 1958 <i>salicetosum alba</i>	Schnitzler 1988	14
41	FP-Sch-typ53	<i>Fraxino-Populetum</i> Jurko 1958 <i>typicum</i>	Schnitzler 1988	53
42	LP-Sch7	<i>Ligustro vulgare-Populetum nigrae</i> Schnitzler 1988 - Rhin supérieur - Holotypus	Schnitzler 1988	7
43	QU-Sch-imp23	<i>Quercus-Ulmetum</i> Issler 1924 - <i>impatientetosum noli-tangere</i>	Schnitzler 1988	23
44	QU-Sch-typ30	<i>Quercus-Ulmetum</i> Issler 1924 <i>typicum</i>	Schnitzler 1988	30
45	QU-Sch-alie25	<i>Quercus-Ulmetum</i> Issler 1924 <i>allietosum ursinae</i>	Schnitzler 1988	25
46	S-Phil-6	<i>Salicetum albae</i> Issler 1926 - Russheim	Phillipi 1978	6
47	S-L&T-18	<i>Salicetum albae</i> Issler 1926 - Taubergiessen	Lohmeyer & Trautmann 1974	18
48	S-Sch-cor14	<i>Salicetum albae</i> Issler 1926 <i>cornetosum</i>	Schnitzler 1988	14
49	S-Sch-pop7	<i>Salicetum albae</i> Issler 1926 <i>populetosum</i>	Schnitzler 1988	7
50	UC-Sch-ar16	<i>Ulmus minoris-Carpinetum betuli</i> Hadač 1935 - <i>aretosum maculati</i>	Schnitzler 1988	16
51	UC-Sch-ca3	<i>Ulmus minoris-Carpinetum betuli</i> Hadač 1935 - <i>caricetosum albae</i>	Schnitzler 1988	3
52	AC-Sch82	<i>Ailno glutinosae-Carpinetum betuli</i> Issler 1924	Schnitzler 1988	82
53	FU-Se-Isa12	<i>Fraxino-Ulmetum</i> Oberdorfer 1953 - Isar	Seibert 1962	12
54	FU-Se-Isa5	<i>Fraxino-Ulmetum</i> Oberdorfer 1953 - Isar	Seibert 1962	5
55	FU-SO-Ho12	<i>Fraxino-Ulmetum</i> Oberdorfer 1953 - Soó 1943 - Ungarn - Holotypus	Soó 1952	12
56	FU-V-Da48	<i>Fraxino-Ulmetum</i> Oberdorfer 1953 - Volk 1938/1939 (n.p.) - Donau - Holotypus	Volk & Br.-Bl. 1938/1939	48

20 Aufnahme-Gruppen auch in zwei pflanzensoziologische Tabellen (Beilage) der üblichen Form überführt worden, in einem Fall als Tabelle der mittleren Deckungsgrade der Arten (Tab. 3), im zweiten Fall als Stetigkeitstabelle (Tab. 4, gekürzt). Die Namengebung der Gefäßpflanzen folgt OBERDORFER (1990), die der Moose FRAHM & FREY (1983).

Das Aufnahmematerial der bereits veröffentlichten Syntaxa und die FVA/ONF – Aufnahmen, also insgesamt 3027 Vegetationsaufnahmen, wurden im nächsten Auswertabschnitt gemeinsam analysiert (Programm: Statistica). Mittels einer weiteren Korrespondenzanalyse (DCA) erfolgte die Identifizierung von 4 Achsen, die sich als wesentlich zur Erklärung der Variationen im Datensatz darstellen. Die anschließend durchgeführte Clusteranalyse hatte dann die Koordinaten der Aufnahmen auf diesen 4 Achsen als Kriterium der Gruppierung und Hierarchisierung der Ähnlichkeitsbeziehungen vorgegeben. Dieses Verfahren hat gegenüber einer unmittelbaren Clusterbildung aus den Rohdaten den Vorteil, dass die Berechnung der Cluster auf die wesentlichen Merkmale konzentriert bleibt und das „Rauschen“ im Datensatz minimiert wird.

## 4. Ergebnisse

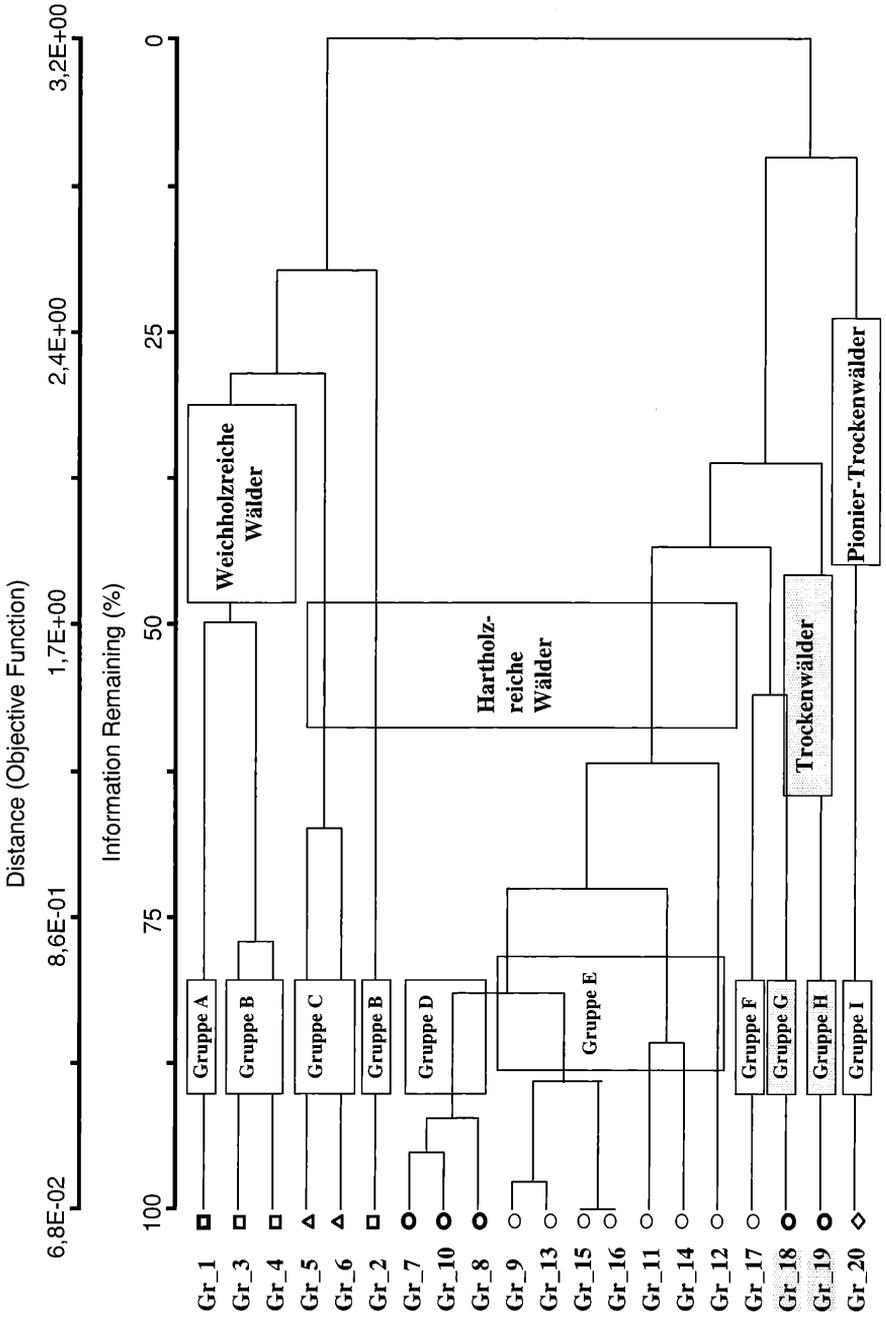
### 4.1. Analyse der Aufnahmen aus der badisch-elsässischen Rheinaue (FVA/ONF-Aufnahmen)

#### 4.1.1. Ergebnisse der multivariaten Analysen

**Clusteranalyse:** Die 20 berechneten Gruppen werden auf sehr unterschiedlichen hierarchischen Niveaus miteinander aggregiert, d. h. es fanden sich im Datensatz sehr deutliche Unterschiede in den Ähnlichkeitsbeziehungen (Abb. 2). Auf hohem Niveau ähnliche Gruppen finden bereits sich im linken Drittel des Dendrogramms verknüpft, wogegen voneinander entfernt liegende, weniger ähnliche Gruppen erst im rechten Drittel des Dendrogramms verbunden werden. Die weitere Beschreibung und Interpretation dieser Gruppen und ihrer Ähnlichkeitsbeziehungen erfolgen in Kapitel 4.1.2. Die Anzahl der Aufnahmen pro Gruppe variiert sehr stark zwischen im Minimum 6 Aufnahmen und im Maximum 156 Aufnahmen. Die 20 Gruppen werden hier in der Folge als „Ökologische Aufnahmegruppen“ bezeichnet.

**Korrespondenzanalyse:** Die graphische Darstellung der Korrespondenzanalyse zeigt eine kontinuierliche Verteilung der Aufnahmen im Raum (Abb. 3). Es gibt keine klar abgrenzbaren Gruppen und keine Klumpungen von Aufnahmen. Das bedeutet, dass in dem Untersuchungsgebiet Rheinaue der Übergang von einer Vegetationseinheit zur nächsten Einheit fließend sein muss und dass eindeutige, klare Abgrenzungen nicht möglich sind. Dieses Ergebnis ist wichtig für die weitere syntaxonomische Bearbeitung des Aufnahmematerials. Bei der Bildung von Klassen muss berücksichtigt werden, dass nur der Schwerpunkt der Klassen beschrieben werden kann, und dass es an ihren Rändern relativ große Überlappungsbereiche gibt. Die Gesamtheit der Aufnahmen bildet die Form eines Dreiecks. Entlang der ersten Achse (Länge des Gradienten = 5,32) werden die größten Veränderungen in der floristischen Zusammensetzung aufgespannt (von 0 bis 600 SD [SD = Standardeinheiten x 100]). Der senkrecht dazu stehende zweite Gradient (Achse 2; von 0 bis 400 SD) verliert von links nach rechts seine Wirksamkeit, d. h. die Unterschiede in der Artenzusammensetzung beruhen an seinem rechten Rand allein auf dem ersten Gradienten. Im Folgenden werden die beiden Gradienten mit den vorliegenden Standortvariablen interpretiert.

In Abbildung 3 sind die wichtigsten Standortvariablen als Vektoren abgebildet. Entlang dieser Geraden nehmen die Werte dieser Standortvariablen zu. Je länger der Vektor ist, desto höher ist die Bedeutung dieser Variable für die Interpretation des Datensatzes. Aufnahmen, die ganz rechts stehen, sind durch eine hohe Überflutungsdauer mit geringem Grundwasserflurabstand charakterisiert. Auf der anderen Seite des Gradienten der 1. Achse stehen Aufnahmen mit großem Grundwasserflurabstand und fehlender bis geringer Überflutungsdauer. Im oberen, linken Teil des Streudiagramms liegt der Schwerpunkt von grundwasserfernen, kiesigen und trockenen Standorten. Dem gegenübergestellt, am anderen Ende dieses zweiten Gradienten entlang der 2. Achse, befinden sich die grundwasserfernen, aber tiefgründigen und frischen Standorte. Der Substratgradient der 2. Achse wird durch den Einfluss des Wasserhaushaltsgradienten der 1. Achse partiell relativiert. Dadurch entsteht die



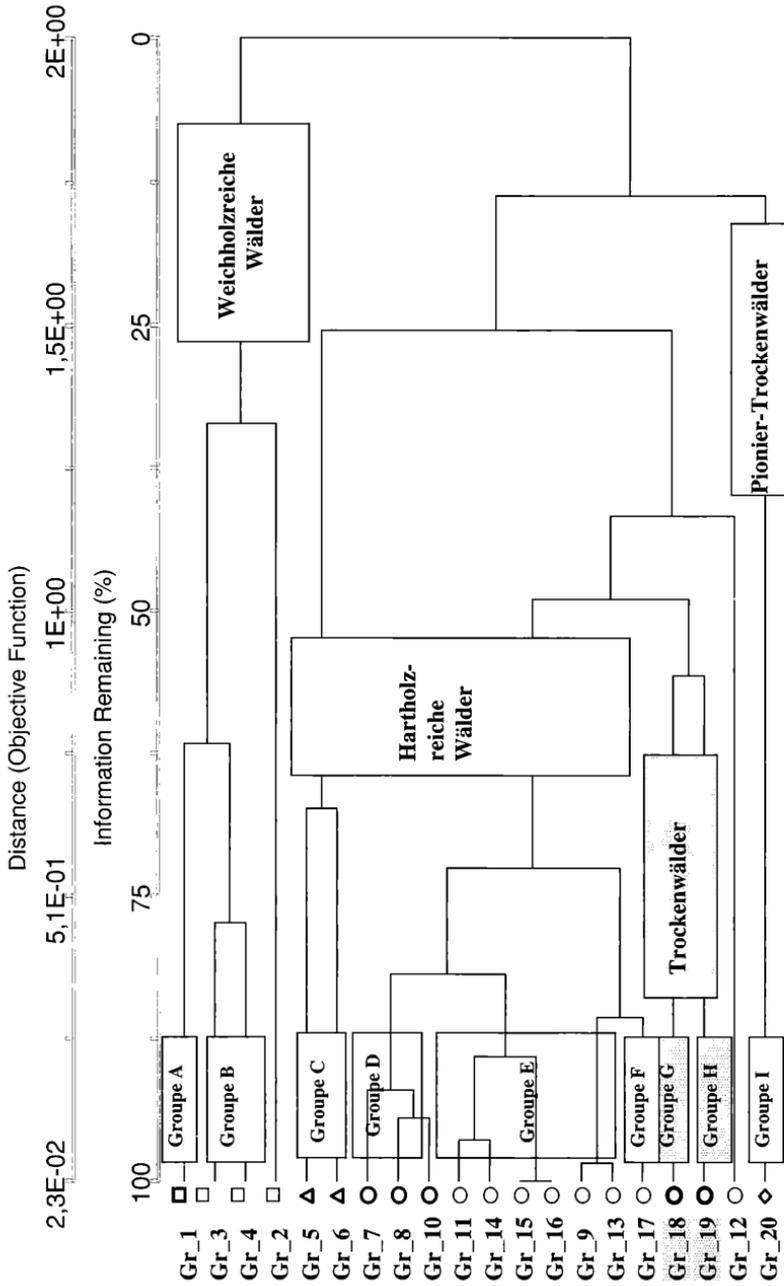


Abbildung 2: Clusteranalyse von 20 Aufnahmegruppen. Analyse der Deckungstabelle (oben) und der Stetigkeitstabelle (unten). (Linkage Methode: Group Average. Distanzbestimmung: Soerensen [Bray-Curtis]).

Figure 2: Cluster analysis with 20 sample groups based on the tables with cover (above) or frequency (below). (Linkage method: Group Average. Distance measure: Sørensen [Bray-Curtis]).

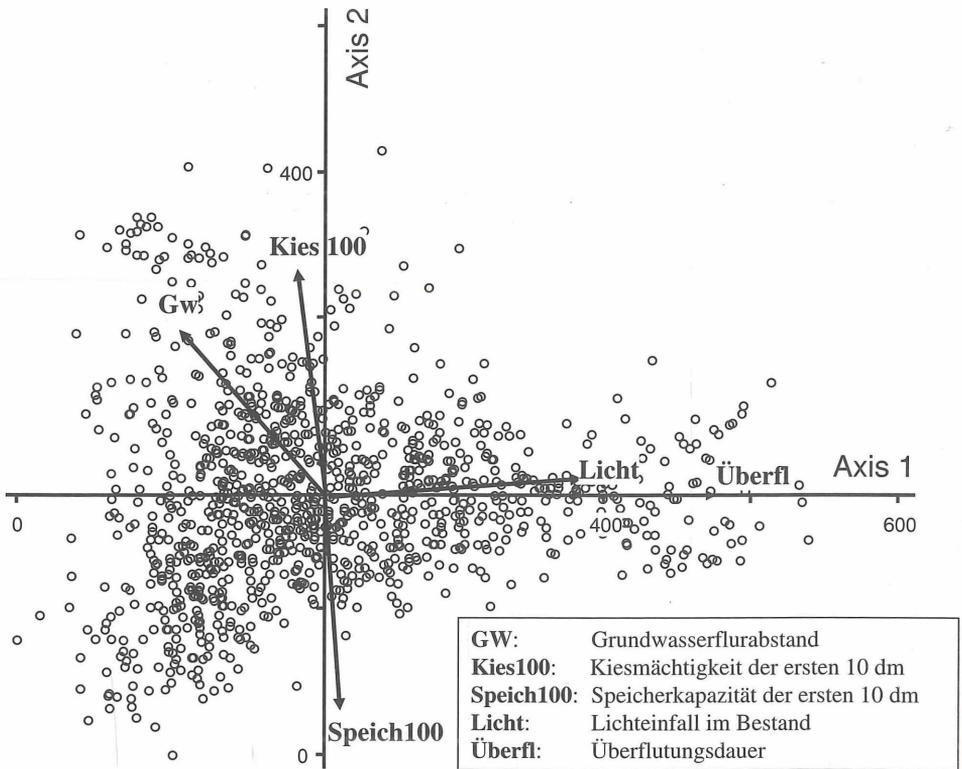


Abbildung 3: Korrespondenzanalyse (DCA) mit 1104 Vegetationsaufnahmen und den wichtigsten Standortvariablen (Gradientlänge der 1. Achse: 5,32; Erklärte Varianz der beiden ersten Achsen: 14,7 % der Gesamtvarianz).

Figure 3: Detrended Correspondence Analysis (DCA) incorporating 1104 relevés and the principal ecological factors (length of gradient of axis 1: 5.32; variance explained by the two main axes: 14.7 % of the total variance).

Dreiecksform der Verteilung des Gesamtdatensatzes, da auf den nassen Standorten die Bodenart nicht mehr determinierend auf die Vegetationszusammensetzung wirkt. Der Vektor der Kiesmächtigkeit (Kies100) neigt sich allerdings mehr dem Vektor des Grundwasserflurabstandes (GW) zu. Auf der anderen Seite liegt der Vektor der Speicherkapazität (Speich100) näher am Vektor Überflutungsdauer (Überfl) und ist weiter vom Vektor Grundwasserflurabstand entfernt. Das bedeutet, dass die Mehrzahl der kiesigen Standorte eher trocken liegt, und tiefgründige, feinkörnige Standorte mit hoher Speicherkapazität stärker unter Grundwassereinfluss stehen und länger überflutet werden.

Die wichtigsten Faktoren, die das analysierte Datenmaterial der deutsch-französischen Rheinauwälder gliedern und damit die wesentlichen Einflüsse auf die Vegetationszusammensetzung darstellen, sind somit die Überflutungsdauer, der Grundwasserflurabstand sowie die Kiesmächtigkeit bzw. gegenläufig dazu die Wasser-Speicherkapazität der ersten 100 cm Bodentiefe.

Im Streudiagramm (Abb. 4a, 4b) sind die in der Clusteranalyse gebildeten 20 ökologischen Gruppen abgebildet. Durch die Positionierung entlang der beschriebenen Gradienten werden die Schwerpunkte des ökologischen Verhaltens dieser Gruppen im Überblick sichtbar. Jeweils parallel zur 1. Achse, also entlang des Überflutungsgradienten und bei fixiertem Wert der Kies-/Schlickmächtigkeit, sind die Gruppen auch als Sukzessionsreihe interpretierbar, die sich aufgrund nachlassender Dauer und Höhe von Überflutungen vollziehen kann, wenn keine weitere Sedimentation oder Erosion von Bodenmaterial mehr erfolgt.

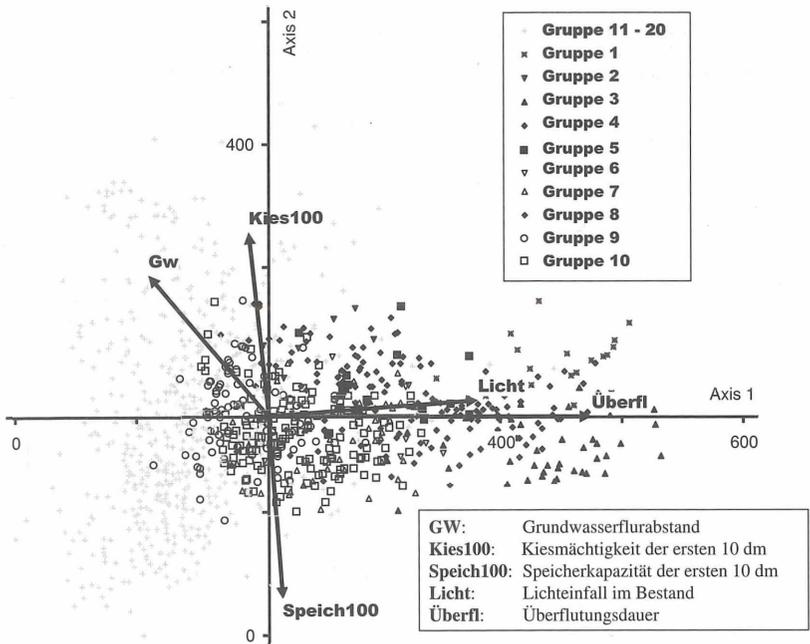


Abbildung 4a: DCA mit 1104 Aufnahmen und 7 Standortvariablen. Visualisierung der Clustergruppe 1 (Ökologische Aufnahmegruppen 1–10) im Streudiagramm.

Figure 4a: DCA incorporating 1104 relevés and seven ecological factors: ordination diagram of the Cluster Group 1 (Sample groups 1–10).

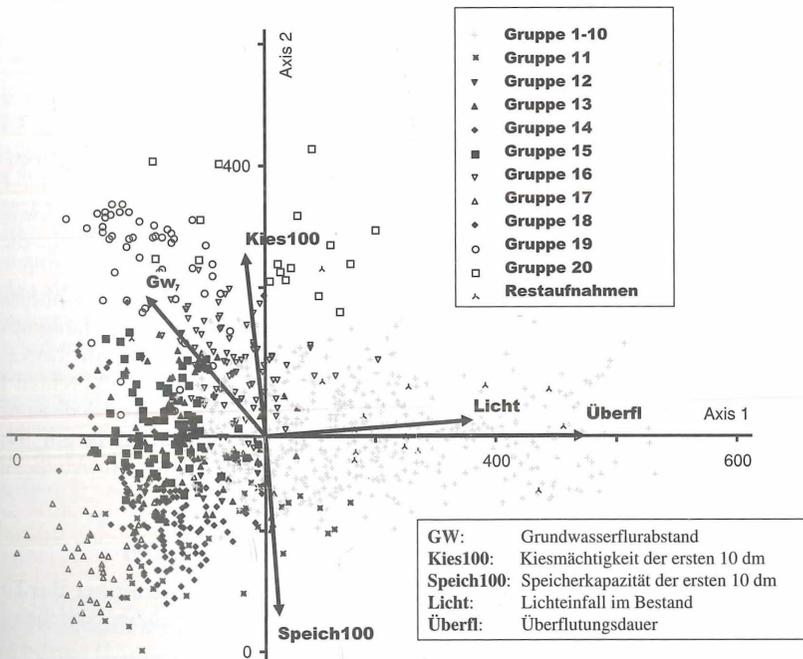


Abbildung 4b: DCA mit 1104 Aufnahmen und 7 Standortvariablen. Visualisierung der Clustergruppe 2 (Ökologische Aufnahmegruppen 11–20) im Streudiagramm.

Figure 4b: DCA incorporating 1104 relevés and seven ecological factors: ordination diagram of the Cluster Group 2 (Sample groups 11–20).

## 4.1.2. Die soziologisch-ökologischen Aufnahmegruppen

Die Beschreibung der 20 ökologischen Aufnahmegruppen erfolgt auf der Basis der Ergebnisse der Clusteranalysen (Abb. 2) und der Ordination mittels DCA (Abb. 4a, 4b). Für die Aufnahmegruppen wurde zusätzlich eine Stetigkeitstabelle (Tab. 4, gekürzt) und eine Tabelle der Deckungswerte erarbeitet (Tab. 3); der Tabellenkopf der letzteren enthält die Mittelwerte der erhobenen Standortvariablen. Für die anschließende vergleichende Analyse mit den von anderen Autoren beschriebenen Syntaxa (Tab. 1) sind weiterhin die 20 ökologischen Aufnahmegruppen zu 9 soziologisch-ökologischen Obergruppen verdichtet worden. Wesentliches Kriterium für die Zusammenfassung war neben der floristischen Gesamthähnlichkeit, die durch die Clusteranalyse charakterisiert wird, die Lage der Gruppen auf den festgestellten standörtlichen Gradienten (Überflutungsregime, Grundwasserlage, Bodenwasser-Speicherkapazität) und den damit verbundenen sukzessionalen Gradienten (Entfernung zur funktionalen Aue mit Überflutung und Sedimentation/Erosion). Es werden dabei solche Gruppen zusammengefasst, die nach ihren Standorten und ihrer sukzessionalen Stellung ähnlich positioniert sind, und deren floristischen Unterschiede damit als Folgen menschlicher Kulturtätigkeit und Wald-Nutzungsformen interpretiert werden müssen, die zur Ausbildung von Sylvofazies der Waldgesellschaften geführt haben.

In der Grobgliederung zeigt sich eine Differenzierung in Gruppen der Weichholz- und Übergangsauewälder, letztere bei Weichholz-Dominanz schon mit Beteiligung von Arten der Hartholzaue, und in die Gruppen der eigentlichen Hartholzauewälder. Die standortkundliche Zuordnung zu einer Auewaldstufe folgt der Gliederung von MICHIELS & ALDINGER (2002, vgl. Tab. 2), die der Überflutungstoleranz der Baumarten zentrales Gewicht zumisst (vgl. KRAMER & HUBER 1987, SPÄTH 2002, BIEGELMAIER 2002).

### 4.1.2.1. Gruppen der Weichholz- und Übergangsauewälder

#### 4.1.2.1.1. Obergruppe A (*Salicetum albae typicum*)

##### Gruppe 1: Silberweiden-Bestände nasser Standorte (19 Aufnahmen)

Die Gruppe umfasst Bestände der Weichholzaue ohne oder nur mit geringer Beteiligung von Arten der Hartholzauen. *Salix alba* dominiert nach mittlerer Deckung und Frequenz, beigemischt ist etwas *Populus nigra*. In der Strauchschicht kommt in geringer Stetigkeit *Viburnum opulus* vor; andere Straucharten - so auch *Cornus sanguinea* - sind nahezu bedeutungslos. In der Krautschicht ist *Phalaris arundinacea* dominant, daneben tritt eine Gruppe von Nässezeigern auf, von denen *Galium palustre*, *Iris pseudacorus* und *Symphytum officinale* überdurchschnittlich hohe Stetigkeit und Deckung erreichen. Gleiches gilt für die nitrophilen Arten *Urtica dioica* und *Rubus caesius* sowie *Poa trivialis*.

Die Gruppe liegt in der grundwassernahen, wechsellässigen bis nassen Weichholzaue mit periodischer, lange anhaltender Überflutung. Das Substrat ist vorwiegend lehmig mit hoher nutzbarer Feldkapazität, es kommen aber auch sandig-kiesige Horizonte vor. Im Ordinationsdiagramm (Abb. 4a) zeigt sich die Gruppe 1 insgesamt gut abgesetzt am rechten Pol des Überflutungsgradienten, entlang der Substratachse liegt sie stärker im Grobsedimentbereich als Grp. 3; Überschneidungen treten zu Grp. 4 auf. In der Clusteranalyse auf mittlerem Ähnlichkeitsniveau Zusammenfassung mit den Grp. 3 und 4, auf niederem Ähnlichkeitsniveau mit der Grp. 2.

#### 4.1.2.1.2. Obergruppe B (*Salicetum albae cornetosum*)

Die Obergruppe fasst die Gruppen 2, 3 und 4 zusammen. Sie beinhaltet Bestände der Weichholzaue mit eindringenden Hartholzauearten sowie der weichholzreichen Tiefen Hartholzaue.

##### Gruppe 2: Stieleichen-Bestände nasser Standorte (6 Aufnahmen)

Es handelt sich um *Quercus robur*-Bestände mit *Fraxinus excelsior* in mittlerer Frequenz und Deckung und nur wenig *Salix alba*. Die Gruppe hat viele Nässezeiger ähnlich Grp. 1, bezeichnend ist aber die absolute Dominanz von *Carex acutiformis*.

Grundwassernahe Lage, Überflutung geringer als bei Grp. 1 und 3, vermutlich aber mit zeitweiligem Druckwasseraufstieg. Das Speichervolumen des Bodens ist sehr hoch. In der Ordination bildet sich eine sehr zerstreute Lage der 6 Aufnahmen in einem Bereich größerer Überflutungsferne. Ökologisch sind die wenigen Aufnahmen schwer zu interpretieren. Vermutlich handelt es sich um grundwassernahe, inzwischen aber weniger lange und weniger hoch überflutete Flächen ehemaliger Weichholzaunen, die mit Eiche aufgeforstet wurden. Die Entwicklung zu einer Waldgesellschaft der Hartholzauze ist wegen der anhaltenden Grundwassernahe blockiert. In der Clusteranalyse (Stetigkeit) (Abb. 2) zeigt sich die Gruppe deutlich isoliert, auf niedrigem Ähnlichkeitsniveau wird sie mit den Grp. 1, 3 und 4 zusammengefasst. Nach dem Ergebnis der Clusteranalyse mit Deckungswerten besteht auch eine schwache Beziehung zu den Gruppen 5 und 6.

#### Gruppe 3: Straucharme Hybridpappel-Bestände feuchter Standorte (39 Aufnahmen)

Die Gruppe beinhaltet Hybrid-Pappel-Bestände mit gelegentlicher Beimischung von *Salix alba*, *Ulmus laevis* und den Sträuchern *Cornus sanguinea*, *Viburnum opulus*, *Prunus spinosa* und *Euonymus europaeus*. In der Krautschicht dominieren *Urtica dioica*, *Impatiens glandulifera*, *Ranunculus ficaria* und *Poa trivialis*. *Phalaris arundinacea* ist mit hoher Stetigkeit vertreten, erreicht aber nur weniger hohe Deckungsgrade als in Grp. 1.

Ähnlich Grp. 1 an lange überflutenden Orten vorkommend, aber durch tieferliegende Grundwasserhaltung und weniger Nässezeiger von dieser verschieden und darin Grp. 4 ähnlich. Die Substrate sind tiefgründig lehmig mit hoher Wasser-Speicherkapazität. In der Kombination von diesen Merkmalen separieren sich die Aufnahmen der Gruppe im Ordinationsdiagramm deutlich. In der Clusteranalyse auf hohem Ähnlichkeitsniveau mit Grp. 4 zusammengefasst, auf mittlerem mit Grp. 1, auf niederem mit Grp. 2.

#### Gruppe 4: Strauchreiche Silberweiden-Bestände feuchter Standorte mit Beteiligung von Baumarten der Hartholzauze (72 Aufnahmen)

Es handelt sich um Waldbestände von *Salix alba* mit wenig *Populus alba* und *P. nigra*, *Alnus incana* sowie eindringenden Arten der Hartholzauze: *Fraxinus excelsior*, *Quercus robur*, *Ulmus minor* und *U. laevis*. Hohe Strauchdeckung mit *Cornus sanguinea* und *Sambucus nigra*. In der Krautschicht Maximum der Deckung von *Urtica* sowie *Ranunculus ficaria*-Submaximum, auch *Poa trivialis*, *Glechoma hederacea*, *Impatiens glandulifera* und *Galium aparine* erreichen durchschnittliche Deckungsgrade von mehr als 10 %.

Die Standortmerkmale weisen auf ein Überflutungsgeschehen hin, das gegenüber dem der Grp. 1 und 3 reduziert ist, denn das Niveau einer Tiefen Hartholzauze nach MICHIELS & ALDINGER (2002) wird zumindest teilweise schon erreicht. Die mittlere Grundwasserhaltung entspricht der Wasserhaushaltsstufe „feucht“, die oberflächennahe Lage von Rostflecken im Boden deutet auf längeranhaltende Grundwasser-Hochstände hin. Die Substrate sind sandig-lehmig über sandigem bis kiesigem Unterboden. Im Ordinationsdiagramm (Abb. 4a) ist die überleitende Stellung zu den Hartholzauzen im Schwerpunkt der Gruppe gut erkennbar, es besteht allerdings ein breiter Überschneidungsbereich mit den Aufnahmen der Grp. 3 und 1. Auf hohem Ähnlichkeitsniveau mit Grp. 3 gruppiert, auf mittlerem mit Grp. 1, auf niederem mit Grp. 2. Strauchreiche Silberweidenbestände mit Pappeln, Eichen und Ulmen können sukzessional bei Abschwächung der Überflutungen aus Beständen der Grp. 1 bzw. 3 hervorgehen.

### 4.1.2.2. Gruppen der Hartholzauewälder

#### 4.1.2.2.1. Obergruppe C (*Ulmo-Fraxinetum alnetosum*)

Aus der Zusammenfassung der Gruppen 5 und 6 gebildet. Standörtlich und floristisch sind die beiden Gruppen sehr ähnlich, die Unterschiede sind wahrscheinlich als Folge unterschiedlicher Nutzungsformen zu sehen (Grp. 5: Pappel-Hochwald, Grp. 6: Eichen-Eschen-Weiden-Mittelwald mit *Alnus incana*-Unterstand). Es handelt sich jeweils um grundwassernahe Bestände ehemaliger Weichholzaunen, die sich – nun ganz oder fast überflutungsfrei – zu feuchten, grundwassergeprägten Wäldern der Hartholzauzestufe weiterentwickelt haben.

#### Gruppe 5: Schwarzerlen-Eschen-Pappel-Bestände feuchter Standorte (19 Aufnahmen)

Vorherrschende Esche in Mischung mit der besonders bezeichnenden Schwarzerle und Ulmen, daneben auffällig viele Arten der Weichholzaue wie *Salix alba*, *Populus nigra*, *P. alba* und *P. x canadensis*. Strauchschicht gut entwickelt, mit hoher Stetigkeit von *Prunus padus*, *Cornus sanguinea*, *Crataegus monogyna*, *Prunus spinosa* und *Ligustrum vulgare*. In der krautigen Vegetation starke Dominanz von *Carex acutiformis*, welche die Deckungswerte der übrigen Arten limitiert.

Auf feuchten, grundwassernahen Standorten situiert, bei aber nur geringer oder keiner Überflutung. Daher in der Auewaldstufengliederung für die Badische Rheinaue nach MICHELIS & ALDINGER (2002), welche die Auewaldstufen nach der mittleren jährlichen Überflutungsdauer ausweist, in der Hohen bis Obersten Hartholzaue oder in der Altaue gelegen. Die Bestände könnten in der Sukzession nach Wegfall der Überflutung aus Beständen der Grp. 4 hervorgegangen sein. In der Ähnlichkeitsanalyse auf mittlerem Niveau mit Grp. 6 verbunden, nur auf niederem Niveau mit den übrigen Gruppen der Hartholzaue (nach Stetigkeit) bzw. der Weichholzaue (nach Deckung).

#### Gruppe 6: Schwarzerlen-Eschen-Stieleichen-Bestände feuchter Standorte (9 Aufnahmen)

Die Baumschicht der Bestände ist ähnlich der Grp. 5 zusammengesetzt, allerdings sind statt der Pappeln *Alnus incana* und *Quercus robur* beigemischt; in der Strauchschicht zusätzlich hohe Anteile von *Sambucus nigra*. Hohe Stetigkeit (> 40%) zeigen *Phalaris arundinacea*, *Iris pseudacorus* und *Carex acutiformis*. Diese Arten sowie *Impatiens glandulifera* weisen auch die höchsten mittleren Deckungsgrade auf. Die Beteiligung von *Brachypodium sylvaticum*, *Equisetum hyemale*, *Carex sylvatica*, *Circaea lutetiana* und *Hedera helix* differenziert gegenüber den stärker von Überflutung geprägten Wäldern.

Die Vorkommen liegen ebenso wie bei Grp. 5 auf feuchten, grundwassernahen Böden mit mittlerer Speicherkapazität. Nur noch geringe oder keine Überflutung. In der Ordination (Abb. 4a) ähnlich gestreut wie Grp. 5 und mit dieser teilweise in Durchdringung liegend. In der Clusterbildung auf mittlerem Ähnlichkeitsniveau mit Grp. 5 verbunden, darüber hinaus nur schwach mit den übrigen Gruppen assoziiert.

#### **4.1.2.2.2. Obergruppe D (*Ulmo-Fraxinetum impatientetosum*)**

Zusammenfassung der Gruppen 7, 8 und 10 auf Standorten in der Mittleren (bis Hohen) Hartholzaue. *Fraxinus excelsior* tritt hier mit höchster Artmächtigkeit auf, daneben werden auch *Quercus robur* oder *Populus x canadensis* örtlich dominant; mit jeweils geringerer Deckung vertreten sind *Populus alba*, *Ulmus laevis* und *U. minor*, *Salix alba*, *Populus nigra*, *Alnus incana*, kaum *Acer pseudoplatanus*. *Clematis vitalba*, *Corylus avellana*, *Lonicera xylosteum* sind hier bereits vorhanden. Charakteristisch ist die Mischung von Arten der tieferen Stufen der Überflutungsaue mit nur begrenzt überflutungstoleranten Pflanzen.

#### Gruppe 7: Eschen-Stieleichen-(Grauerlen)-Bestände grundfeuchter Standorte (43 Aufnahmen)

*Fraxinus excelsior*-Bestockung mit *Quercus robur* und *Alnus incana*, *Populus nigra*, *Salix alba*, *Acer pseudoplatanus* und den *Ulmus*-Spezies; gut entwickelte Strauchschicht aus vorwiegend *Cornus sanguinea*, aber auch *Crataegus monogyna* und *Corylus*. In hoher Stetigkeit (> 40 %) *Impatiens glandulifera*, die Arten der *Urtica*-Grp. (*Urtica dioica*, *Ranunculus ficaria*, *Poa trivialis*, *Galium aparine*), *Brachypodium sylvaticum* und *Carex sylvatica*. Hohe mittlere Deckungswerte (> 5%) erreichen *Ranunculus ficaria*, *Poa trivialis*, *Urtica dioica*, *Carex sylvatica*, *Allium ursinum* und *Glechoma hederacea*. Auch *Lonicera xylosteum*, *Hedera helix* und *Polygonatum multiflorum*, als weniger überflutungstolerante Arten, treten auf dieser Auewaldstufe schon gelegentlich auf.

Pionierholzreicher Waldtyp der Mittleren Hartholzaue auf lehmigen Standorten, geht nicht auf die Hohe Hartholzaue wie Grp. 10, dabei etwas grundwassernäher und stärker überflutet. Im Ordinationsdiagramm (Abb. 4a) standörtlich weitgehende Überlappung mit der Grp. 10, bildet aber innerhalb deren Punkt-Schwarm einen eigenen Bereich. Die Clusteranalyse zeigt auf hohem Niveau eine Verbindung zu den Gruppen 8 und 10 und weiterhin

zu den Grp. 11, 14, 15 und 16, sowie auf mittlerem Niveau zu 9, 13 und 17 sowie ferner den übrigen Aufnahmen der Hartholzaue mit Ausnahme der Gruppen 5 und 6.

#### Gruppe 8: Strauchreiche Pappel-Mischbestände mäßig frischer Standorte (86 Aufnahmen)

Vorwiegend Hybrid-Pappel-Bestände, zusammen mit *Populus nigra* und *P. alba*, *Salix alba* sowie *Fraxinus excelsior* und *Ulmus minor*; Strauchschicht aus in sehr hoher Deckung vorherrschender *Cornus sanguinea*. Hohe Stetigkeit (> 40%) haben *Urtica dioica*, *Brachypodium sylvaticum*, *Carex sylvatica*, *Glechoma hederacea*. Hohe mittlere Deckung besitzen *Ranunculus ficaria*, *Solidago gigantea*, *Clematis vitalba*, *Aegopodium podagraria* und wiederum *Glechoma hederacea*. Auffällig ist die hohe Konkurrenzkraft der Nitrophyten wie *Solidago gigantea*, *Galium aparine* und *Aegopodium podagraria*; gegenüber der Grp. 7 zeigen zudem auch *Clematis vitalba* und *Lonicera xylosteum* erhöhte Präsenz.

Im Standortsspektrum auf betont sandig-kiesige Standorte mit geringer Speicherkapazität konzentriert, dabei im Gelände erhöht und grundwasserfern liegend. Periodisch treten Überflutungen auf, die in extremen Hochwasserjahren mehrere Wochen anhalten können; dieses Überflutungsregime entspricht der Mittleren Hartholzaue gemäß MICHIELS & ALDINGER (2002), mit Übergängen zur Hohen Hartholzaue. Das Ordinationsdiagramm (Abb. 4a) zeigt einen deutlich von den übrigen Gruppen abgesetzten Schwerpunkt und nur teilweise Überlappung mit den Grp. 10 und 7. In der standortkundlichen Interpretation repräsentiert die Gruppe einen Waldtyp der Mittleren Hartholzaue auf kiesigen Standorten, mit durch das grobe Substrat verlangsamter verlaufender Entwicklung zur Hohen Hartholzaue. Als dynamische Vorstadien kommen die Grp. 1 und 4 in Betracht. Die Clusteranalyse zeigt auf höchstem Niveau eine Zusammengehörigkeit mit Grp. 10 und dem zunächst mit Grp. 7.

#### Gruppe 10: Eschen-Stieleichen-Silberpappel-(Traubenkirschen-)Bestände grundfeuchter Standorte (156 Aufnahmen)

*Fraxinus-Quercus*-Bestände mit deutlich höherem Schlussgrad der Baumschicht und weniger Pionierbaumarten als bei Grp. 8, nur *Populus alba* ist gelegentlich vorhanden. Strauchschicht mit hoher Deckung entwickelt, vorherrschend sind *Cornus sanguinea*, *Crataegus monogyna*, *Prunus spinosa* und *P. padus* sowie *Ligustrum vulgare*. In der Krautschicht regelmäßig *Urtica dioica*, Arten der *Glechoma*-Grp., *Brachypodium sylvaticum* und *Carex sylvatica*, bei Dominanz von *Urtica dioica*, *Ranunculus ficaria*, *Poa trivialis*, *Carex sylvatica*, *Brachypodium sylvaticum*, *Hedera helix*, der *Glechoma*-Grp. (hier im Maximum, mit *Glechoma hederacea*, *Circaea lutetiana* und *Impatiens nolitangere*) und *Allium ursinum*.

Die Gruppe besiedelt grundfeuchte Standorte der Mittleren (in der Entwicklung zur Hohen) Hartholzaue; vorwiegend lehmige Böden mit sandigem oder kiesigem Untergrund. Im Ordinationsdiagramm (Abb. 4a) weite Streuung und Überlappung mit Grp. 7, zum Achsenzentrum hin auch Grp. 9 und 16. In der sukzessionalen Stellung als Folgegesellschaft nach Grp. 8 oder 4 (bei Abnahme der Überflutungsintensität) oder auch 7 (bei erhöhtem Schlussgrad der Baum- und Strauchschicht unter sonst unveränderten Standortbedingungen) möglich. Auf höchstem Ähnlichkeitsniveau mit Grp. 8 in der Clusteranalyse zusammengefasst.

#### 4.1.2.2.3. Obergruppe E (*Ulmo-Fraxinetum typicum*)

Es handelt sich hierbei um die zusammengefassten Gruppen 9 und 11–16 auf den flächenmäßig sehr verbreiteten Standorten in der Hohen/Obersten Hartholzaue und in der Altaue mit entweder nur geringer episodischer Überflutung oder gar keiner Überflutung mehr. *Fraxinus excelsior* und *Quercus robur* sind am häufigsten in der Baumschicht dominant. Die Weichholzpioniere *Salix alba* und *Populus nigra* sind kaum mehr vertreten, ebenso wenig die Nitrophyten und die überflutungstoleranten Pflanzen der tiefen Auwaldstufen. In der Verjüngung findet sich überwiegend eine Dominanz von *Fraxinus* und *Acer pseudoplatanus*. Nach ihrer standörtlichen und floristischen Nähe können diese Bestände auf der Ebene einer Subassoziation zusammengefasst werden. Standortbedingte Abweichungen werden –

z. T. nur schwach ausgeprägt auf der Ebene der Variante gesehen. Wesentliche der hier beschriebenen Unterschiede, für die sich in den Standortmerkmalen keine Ursachen finden lassen, resultieren aus den Variationen der Nutzungsgeschichte der Bestände.

Gruppe 9: Eschen-Stieleichen-Silberpappel-Bergahorn-Bestände grundfeuchter Standorte (86 Aufnahmen)

*Fraxinus excelsior* herrscht vor, mit Beimischung von *Quercus robur*, *Ulmus minor* und *U. laevis*, *Acer pseudoplatanus* und *Populus alba*. Artenreiche Strauchschicht von hoher Deckung, insbesondere bei *Cornus sanguinea* und *Crataegus monogyna*, aber auch weniger überflutungstoleranten Arten wie *Lonicera xylosteum*. In der ebenfalls sehr artenreichen Krautschicht tritt mit hoher Stetigkeit (> 40%) eine große Gruppe mesophiler Waldpflanzen auf, außerdem auch *Carex acutiformis* und *Angelica sylvestris*. Höchste mittlere Deckungswerte (> 5%) erreichen *Brachypodium sylvaticum*, *Carex sylvatica*, *Hedera helix*, *Glechoma hederacea*, *Allium ursinum* sowie einige Moose: *Plagiomnium undulatum*, *Fissidens taxifolius* sowie *Eurhynchium swartzii* bzw. *E. striatum*.

Die Gruppe besiedelt mäßig grundwassernahe, grundfeuchte Standorte, die entweder aktuell noch periodisch von Hochwasserspitzen überflutet werden, oder die in der Altaue liegen, wobei sich der Aspekt der historischen Überflutungsaue durch die Grundwassernähe oder die Bewirtschaftungsform erhalten hat. Die Speicherkapazität der Böden ist durch erhöhten Sandanteil unterdurchschnittlich. Im Ordinationsdiagramm (Abb. 4a) im Zentrum der Achsen angeordnet, liegt der Schwerpunkt der Gruppe in der Hohen Hartholzaue. In der Sukzession kommt als Vorstadium Grp. 10 in Betracht, in der Folge kann die Entwicklung zu den Grp. 14, 15 oder 16 weiterführen. In der 1. Stufe der Clusteranalyse zusammen mit Grp. 10 gruppiert, dann auf der 2. Stufe auf höchstem Ähnlichkeitsniveau mit Grp. 13 und weiter auch mit Grp. 17 zusammengefasst.

Gruppe 11: Eschen-Stieleichen-Silberpappel-Bergahorn-Buchen-Bestände frischer Standorte (39 Aufnahmen)

Bestockung aus *Fraxinus excelsior*, *Fagus sylvatica* und *Tilia cordata* mit *Quercus robur* und *Populus alba*; *Acer pseudoplatanus* und *Prunus padus* bleiben vorwiegend in der 2. Baumschicht. In der Strauchschicht neben *Ligustrum*, *Lonicera*, *Corylus* auffallend hohe Beteiligung von *Sambucus nigra*. Vor die übliche Begleitflora der Hartholzaue tritt eine ausgeprägte *Allium*-Dominanz. Noch bestehende Anklänge an die Überflutungsaue stellen die Vorkommen von *Ranunculus ficaria* und *Urtica* her.

Die Gruppe findet sich überwiegend auf der elsässischen Seite. Grundwasserfern, liegt sie teilweise im Bereich der Hohen Hartholzaue, überwiegend aber in der Altaue. Gegenüber Grp. 12 zeigen die Böden deutlich höhere Lehmenteile und daraus resultierend hohe Speicherkapazität. In der Ordination (Abb. 4b) starke Überlappung mit Grp. 14, greift aber im Gegensatz zu dieser auf die Überflutungsaue über. In der Altaue dynamischer Übergang zu Grp. 17. Nach der Clusteranalyse in der 1. Stufe der Auswertung mit Grp. 12 assoziiert, bei der folgenden Auswertung auf hohem Niveau in Verbindung zu den übrigen Aufnahmen der Hartholzaue (Nr. 7–17) stehend.

Gruppe 12: Eschen-Stieleichen-Linden-Bestände mäßig frischer Standorte (12 Aufnahmen)

*Fraxinus-Quercus*-Bestände mit erheblicher Beimischung von *Tilia cordata*, *Fagus sylvatica* und *Acer campestre* in der 2./3. Baumschicht. Maximum von *Hedera helix* in der Baumschicht. Die Strauchschicht ist gut entwickelt, bei schwacher Dominanz von *Corylus avellana* vor *Ligustrum vulgare*, *Lonicera xylosteum* und *Cornus mas*. Hohe Stetigkeit in der Krautschicht erreichen *Solidago gigantea*, *Brachypodium sylvaticum*, *Clematis vitalba*, *Carex sylvatica*, *Viola reichenbachiana*, *Polygonatum multiflorum*, *Paris quadrifolia*, *Glechoma hederacea*, *Circaea lutetiana* und *Allium ursinum*.

Nur auf französischer Seite vorkommend, besiedelt die Gruppe grundwasserferne Standorte der Altaue. Im Boden überdurchschnittlich hohe Sandanteile mit kiesigem Unterboden, Speicherfähigkeit daher unterdurchschnittlich. Im Ordinationsdiagramm (Abb. 4b) Schwerpunkt nahe dem Achsenzentrum, etwas überlappend mit 13 und 15. Eine dynamische

Fortentwicklung der Bestände ist in Richtung der Grp. 15 und vielleicht auch der Grp. 17 möglich. Im Ergebnis der Ähnlichkeitsanalyse in der 1. Stufe der Auswertung mit Grp. 11 assoziiert, in der 2. Stufe (nach Stetigkeit) isolierte Stellung der Gruppe und Vereinigung erst auf niedrigem Niveau mit den übrigen Gruppen der Hartholzau (7-17); die Isolierung erklärt sich aus dem pflanzensoziologischen Tabellenbild nicht. In der Ähnlichkeit der Deckungswerte fügt sie sich hingegen in die übrigen Gruppierungen der Hartholzau ein.

#### Gruppe 13: Ahorn-Hainbuchen-Bestände mäßig frischer Standorte (74 Aufnahmen)

Edellaubbaumreiche Bestände mit *Acer pseudoplatanus* und *A. platanoides*, *Fraxinus* und *Carpinus betulus*, Deckung der Strauchschicht unterdurchschnittlich. Hohe Stetigkeit (> 40%) in der Krautschicht haben *Brachypodium sylvaticum*, *Clematis vitalba*, *Tamus communis*, *Anemone nemorosa*, *Carex sylvatica*, *Viola reichenbachiana*, *Hedera helix*, *Paris quadrifolia*, *Glechoma hederacea*, *Circaea lutetiana*, *Allium ursinum* und *Carex acutiformis*; von diesen Arten werden nach ihrer mittleren Deckung *Brachypodium sylvaticum*, *Carex sylvatica*, *Hedera* und *Glechoma* dominant.

Die Gruppe kommt überwiegend auf der badischen Seite vor. Es handelt sich um grundwasserferne, weitgehend überflutungsfreie Standorte mit mittlerer Speicherfähigkeit des Bodens. Sie geht im Ordinationsdiagramm (Abb. 4b) in den Grp. 14 + 15 auf, fehlt aber auf den besonders tiefgründig lehmigen Abschnitten des Standortgradienten. In der Clusteranalyse auf hohem Niveau mit den Aufnahmen des Hartholzaukomplexes verbunden; besonders Nähe besteht zu den Grp. 9 und Grp. 17.

#### Gruppen 14 und 15: Hasel-Ahorn-Eschen-Bestände und Hasel-Stieleichen-Bestände mäßig frischer Standorte (124 bzw. 87 Aufnahmen)

Bestände aus *Fraxinus excelsior*, *Quercus robur*, *Acer pseudoplatanus* und *A. campestre*; es lassen sich eine *Fraxinus*-*Acer*-Sylvofazies (Grp. 14) von einer *Quercus*-Sylvofazies (Grp. 15) unterscheiden. Starkes *Corylus*-Maximum mit mittlerer Deckung von ca. 50%, in der *Quercus*-Sylvofazies auch mit *Ligustrum*, *Lonicera*, *Crataegus* und *Cornus sanguinea*. Hohe Stetigkeit und Deckung in der Krautschicht zeigen neben der Naturverjüngung von *Fraxinus* und *Acer* noch *Brachypodium sylvaticum*, *Anemone nemorosa*, *Carex sylvatica*, *Convallaria majalis*, *Hedera helix* und *Allium ursinum*. In Grp. 14 *Allium*-Dominanz, in Grp. 15 mehr *Equisetum hyemale* und erste Vorkommen von *Carex alba*.

Die Vorkommen liegen überwiegend auf der elsässischen Seite. Dabei handelt es sich um grundwasserferne Standorte ohne oder nur mit sehr geringer episodischer Überflutung (Oberste Hartholzau und Altaue). Das Substrat ist sandig-lehmig bis schwach kiesig, die Speicherfrische ist bei Grp. 14 etwas höher als bei Grp. 15. Im Ordinationsdiagramm sind die beiden Untergruppen im Schwerpunkt gut abgegrenzt, haben aber einen Überlappungsbereich. Sukzessional weist die Grp. 14 eindeutig auf den Buchenwald (Grp. 17), während Grp. 15 sich in Teilen auch in Richtung der mesophilen Seggen-Eichen-Winterlindenwälder (Grp. 18) weiterentwickeln könnte. Die Clusteranalyse hat die Grp. 14 und 15 in der 1. Stufe der Analyse noch zusammengefasst, auf der 2. Stufe erfolgte die Zuordnung zunächst zu den Grp. 11 bzw. 16 und weiter auf hohem Ähnlichkeitsniveau zu den übrigen Aufnahmen der Hartholzau (Grp. 7-10, 12-13, 17).

#### Gruppe 16: Strauchreiche Stieleichen-Eschen-Pappel-Bestände mit Waldrebe mäßig frischer Standorte (90 Aufnahmen)

Sehr strauchreiche *Quercus robur*-Bestände, neben *Fraxinus excelsior* auch Beteiligung von *Populus alba* und *P. nigra*. Mit hoher Stetigkeit und Deckung *Cornus sanguinea*, *Crataegus monogyna*, *Ligustrum vulgare*, *Lonicera xylosteum* und *Corylus avellana*. In der Krautschicht dominieren *Brachypodium sylvaticum*, *Clematis vitalba*, *Carex sylvatica*, *Aegopodium podagraria* und *Hedera helix*, *Equisetum hyemale* ist überdurchschnittlich häufig.

Standörtlich handelt es sich um grundwasserferne, sand- oder kiesgründige Schlickböden mit relativ geringer Speicherkapazität. Der Überflutungseinfluss ist gering oder fehlend (Hohe Hartholzau bis Altaue). In der Ordination gut abgegrenzte Gruppe nahe dem Achsenzentrum, entlang des Wasserspeichergradienten im Bereich schwacher Wasserversorgung

positioniert. Die sukzessionale Weiterentwicklung weist in Richtung der Gruppen 14, 15 und 18. In der Clusteranalyse auf höchstem Ähnlichkeitsniveau mit Grp. 15 geklumpt, weiter auf hohem Niveau mit den übrigen Gruppen der Hartholzau (Nr. 7 - 17) außer Grp. 12, mit dieser sowie den Gruppen 18 und 19 ist sie nur auf mittlerem Niveau verbunden.

#### 4.1.2.2.4. Obergruppe F (*Allium-Fagus-Gesellschaft*)

Gruppe 17: Buchen-Bestände frischer Standorte (41 Aufnahmen)

Deutliche *Fagus sylvatica*-Dominanz, mit wenig Beimischung von *Quercus robur* und *Carpinus betulus*. Insgesamt relativ straucharm. In der Krautschicht ähnlich den übrigen Aufnahmen der Hartholzau, allerdings mit etwas weniger Nitrophyten. Hohe Deckung besitzen in der Krautschicht neben dem vorherrschenden Buchen-Jungwuchs *Brachypodium sylvaticum*, *Convallaria majalis*, *Viola reichenbachiana*, *Hedera helix* und *Allium ursinum*.

Grundwasserferne Lage und keine oder geringe Überflutung, damit Standorte der Altaue oder Obersten Hartholzau. Auf grundwasserfernen, lehmigen Böden, durch den Dichtschluss der Buche lichtarm. Im Ordinationsdiagramm (Abb. 4b) gut abgegrenzt, nur teilweise Überlappung mit den Grp. 11, 12, 14 und 15. Im Gebiet auf den aktuellen Wuchsorten als Schlusswald zu betrachten. Nach der Ähnlichkeitsanalyse auf hohem Niveau mit den Aufnahme-Grp. 7 bis 16 assoziiert, und erst auf späterem Niveau mit den Grp. 18 und 19.

#### 4.1.2.2.5. Obergruppe G (*Carici-Tilietum caricetosum sylvaticae*)

Gruppe 18: Winterlinden-Bestände mäßig frischer Standorte (14 Aufnahmen)

Bestände mit *Tilia cordata*-Dominanz, mit etwas *Quercus robur*, *Carpinus betulus* und *Acer campestre*. In der Strauch- und Krautschicht noch mit mesophilen Arten wie *Corylus avellana*, *Brachypodium sylvaticum*, *Anemone nemorosa*, reichlich *Convallaria majalis*, *Viola reichenbachiana*, *Hedera helix* und *Allium ursinum*. *Carex alba* erreicht hier die höchsten Deckungswerte und befindet sich im Optimum.

Die Gruppe umfasst Standorte der überflutungs- und grundwasserfernen Altaue südlich Breisach/Marckolsheim. Die Böden sind im Oberboden lehmig über Sand oder Kies im tieferen Unterboden. Überwiegend auf der elsässischen Seite vorkommend, aber von der süd-badischen Rheinaue auch bekannt. Im Ordinationsdiagramm (Abb. 4b) deutlich abgesetzte Gruppe, die den negativen Pol des Überflutungsgradienten einnimmt und entlang des Substratgradienten im mittleren Bereich liegt. In der Clusteranalyse zunächst Zusammenfassung auf mittlerem Ähnlichkeitsniveau mit Grp. 19 (Stetigkeit) bzw. Grp. 17 (Deckung), danach auf mittlerem Niveau mit den Aufnahmegruppen 7–16.

#### 4.1.2.2.6. Obergruppe H (*Carici-Tilietum typicum*)

Gruppe 19: Stieleichen-Winterlinden-Mischbestände mäßig trockener Standorte (51 Aufnahmen)

Lichte *Quercus robur*-Bestände, mit wenig *Fraxinus excelsior*, *Tilia cordata*, *Ulmus minor* und der fast ausschließlich auf diese Gruppe beschränkten *Pinus sylvestris*. Sehr strauchreich mit *Cornus sanguinea*, *Corylus avellana*, *Clematis vitalba*, *Crataegus monogyna*, *Ligustrum vulgare*, *Lonicera xylosteum*, *Prunus spinosa*, *Viburnum lantana* und *Berberis vulgaris*; *Lonicera*, *Berberis*, *Viburnum lantana* und *Ligustrum* haben hier ihr Deckungs-Maximum. Neben den ebenfalls mit hoher Stetigkeit und Deckung vorkommenden *Brachypodium sylvaticum*, *Anemone nemorosa*, *Convallaria majalis*, *Hedera helix* und *Glechoma hederacea* sind *Melica nutans*, *Carex alba*, *Carex flacca* und *Brachypodium pinnatum* besonders charakteristisch; *Carex alba* bildet ausgedehnte Rasen.

Sehr grundwasserferne, flachgründige, sandig-kiesige Standorte der Altaue besiedelnde Gruppe, vor allem südlich Breisach/Marckolsheim vorkommend. Die Standorte sind schon mindestens seit mehreren Jahrzehnten überflutungsfrei. Im Ordinationsdiagramm randliche, klar abgesetzte Gruppe. Auf den Böden mit sehr geringer Speicherkapazität handelt es sich um einen Schlusswald, für eine dynamische Verbindung kommen nur Teile der Grp. 20 als Vorstadium in Betracht.

Nach der Ähnlichkeit der Artenstetigkeit Zusammenfassung auf mittlerem Niveau mit Grp. 18, dahinter ebenfalls noch auf mittlerem Niveau mit den Aufnahmegruppen 7 – 17. Nach den Deckungswerten noch stärker isolierte Position.

#### 4.1.2.2.7. Obergruppe I (*Populus-Hippophae-Gebüsch*)

##### Gruppe 20: Pappel-Weiden-Sanddorn-Pioniergebüsche (17 Aufnahmen)

Artenreiches Gebüsch bis niedriger, 8 - 15 m hoher Pionierwald, insbesondere von *Populus nigra*, *P. alba*, *Hippophae rhamnoides*, *Salix elaeagnos*, *S. purpurea*, *Ligustrum vulgare*, *Robinia pseudacacia*, *Cornus sanguinea*.

Standörtlich auf extrem rohen, trockenen Kiesen der Inseln im südlichen Oberrhein, Überflutung episodisch durch stark strömende Hochwässer. In der Ähnlichkeitsanalyse sehr isolierte Stellung, erst auf niedrigem Niveau mit den übrigen Aufnahmegruppen assoziiert.

#### 4.1.3. Interpretation der Ergebnisse der 1. Auswertestufe

Die kombinierte Auswertung von Clusterbildung und Ordination zeigt, dass die aktuellen Standortsverhältnisse als ein wichtiger, aber nicht als alleiniger Grund für floristische Ähnlichkeitsbeziehungen in den Auewäldern betrachtet werden können. Bei der numerischen Analyse wird die heutige Bestandesstruktur, die wesentlich aus der Anbaugeschichte der Bestände resultiert, als erheblicher Einflussfaktor auf diese Ähnlichkeitsbeziehungen identifiziert, durch den der Einfluss des Standorts (= Wasserhaushalts) bis zu einem gewissen Grad überlagert wird. Eng mit dem Standort verbunden ist zudem ein dynamischer Gradient erkennbar, ausgehend von dem Zeitpunkt, an dem sich die Standortsverhältnisse zum letzten Mal bedeutsam verändert haben (z. B. durch Ausdeichung) oder auch ein singuläres Ereignis (Hochwasser) die Sukzession zurücksetzte. Auf diese Entwicklungsdynamik konnte die Waldbewirtschaftung ebenfalls einwirken, entweder verlangsamen durch Begünstigung von Baumarten früher Pionierphasen mittels Stockausschlagwirtschaft, oder aber beschleunigend durch künstliche Einbringung von Baumarten schlusswaldnaher Stadien (Buche, Bergahorn). Über die wirksamen Standorts- und Sukzessionsgradienten hinweg erfolgte somit eine starke Überprägung der Bestände durch menschliche Nutzungen. Damit ist erklärbar, dass eine eindeutige Zuordnung pflanzensoziologisch angesprochener Waldgesellschaften zu den Auewaldstufen der forstlichen Standortskunde im Regelfall nicht möglich ist.

## 4.2. Vergleichende Analyse der sozio-ökologischen Aufnahmegruppen der Rheinaue mit den bisher beschriebenen Syntaxa

Die erste Stufe der für alle Syntaxa durchgeführten Korrespondenzanalyse gliedert zunächst das *Quercu-Ulmetum corydaletosum* sensu OBERDORFER (1992) und dann das *Ulmo-Fraxinetum angustifoliae* Rameau et Schmitt 1980 aus. Auch das *Alno-Carpinetum* Schnitzler 1988 und das *Pruno-Fraxinetum* Oberdorfer 1953 zeigen sich so deutlich isoliert, dass eine zweite Stufe der Analyse nur noch für die übrigen 61 syntaxonomischen Einheiten mit 2813 Aufnahmen berechnet wurde.

Bei dieser 2. Stufe der Analyse repräsentieren die ersten 4 Achsen die wesentliche Information (bei 38% erklärter Varianz, mit der Folge 16%, 10%, 7%, 5%, ohne Abb.):

– Die erste Achse ist eine hygrisch-trophische; sie korrespondiert mit der Länge der Überflutungsdauer. Das trophische Niveau wird durch den Nährstoffeintrag bei Überflutung mitbestimmt. Auf dieser Achse ordnen sich die Weidenwälder am linken Pol an, mit den differenzierenden Arten *Polygonum minus*, *P. mite*, *Rorippa amphibia* und den meso- bis hygrophilen Ubiquisten *Rumex obtusifolius*, *Galium palustre*, *Phalaris arundinacea* und *Salix alba*. Die ersten drei genannten Arten gehören zu den Zweizahn-Uferfluren (*Bidention tripartitae* Nordhagen 1940). Am rechten Pol liegen Hartholzauewälder der Altaue; sie werden durch *Ligustrum vulgare*, *Corylus avellana*, *Brachypodium sylvaticum*, *Viola reichenbachiana* und *Fraxinus excelsior* gekennzeichnet.

– Die zweite Achse ist ebenfalls hygrisch-trophisch-strukturell bedingt. Sie erbringt eine Differenzierung der Silberweidenwälder [(S-Di 5), (S-Re-14), (S-Phil-6), (S-Re-10), (S-Op-158)] auf der einen Seite und bildet auf der anderen Seite xerotolerante Hartholzbestände [CT-Sch54), (CT-Re-23), (QU-Is-68-3)] ab. Auf den negativen Koordinaten liegen nitrophile Pflanzen wie *Galium aparine*, *Poa trivialis*, *Urtica dioica*, *Symphytum officinale*, *Impatiens glandulifera*, *Calystegia sepium* und *Festuca gigantea*. Auf der positiven Achsenhälfte finden sich einerseits Arten des *Bidention* (*Atriplex hastata*, *Rumex maritimus*, *Polygonum persicaria*, *Rorippa palustris*, *R. amphibia*) und andererseits mesoxerocline bis xerocline Pflanzen wie *Viburnum lantana*, *Carex alba*, *C. flacca*, *Polygonatum multiflorum*, *Tilia cordata*, *Melica nutans*, *Berberis vulgaris*.

– Auch die 3. Achse folgt noch einem hygrischen Gradienten, sie stellt im negativen Abschnitt das *Carici-Tilietum* Müller et Görs 1958 und die FVA/ONF Obergruppen H und I der *Ulmus laevis*-Rasse des *Quercu-Ulmetum* sensu OBERDORFER (1992) gegenüber; letztere liegt aber nahe dem Achsenschnitt mit der 1. Achse und damit am Scharnier zwischen den Auewäldern der Überflutungsau und der Altaue. Im positiven Quadranten steht dieser Gesellschaft hingegen das *Salicetum albae* sensu REIF (1996) gegenüber. Unter den Pflanzensippen bilden so die mesohydroclinen bis hydroclinen Arten *Stachys sylvatica*, *Festuca gigantea*, *Sambucus nigra*, *Circea lutetiana*, *Prunus padus*, *Fraxinus excelsior* einerseits den Gegensatz zu mesoxerophilen bis xerophilen Pflanzen wie *Carex flacca*, *Viburnum lantana*, *Euphorbia cyparissias*, *Carex ornithopoda*, andererseits stehen sie auch entfernt zu besonders hygrophilen Arten wie *Agrostis stolonifera*, *Rorippa sylvatica* und *Lythrum salicaria*.

– Die 4. Achse schließlich wird von der geographischen Lage und Meereshöhe der Aufnahmen bestimmt. Sie definiert die geographischen Rassen der Gesellschaften. Auf dem negativen Abschnitt gruppieren sich die Formationen der Hartholzaue in der montanen Höhenform mit *Asarum europaeum* sensu Oberdorfer (1992), sie stehen, unabhängig vom Wasserhaushaltsgradienten, den Aufnahmen des oberrheinischen Tieflandes gegenüber. Für den untersuchten Raum lassen sich als differenzierende Arten der submontan-montanen Höhenform *Pulmonaria obscura*, *Viola mirabilis*, *Aegopodium podagraria*, *Cirsium oleraceum*, *Aconitum napellus* und *Asarum europaeum* erkennen, wogegen die Lianen *Clematis vitalba* und *Hedera helix* sowie die Baumarten *Ulmus laevis*, *Populus alba*/*P. canescens* und *P. nigra* hier für die planar-kolline Höhenform des Hartholzauewaldes stehen.

Die im nächsten Schritt durchgeführte Clusteranalyse erfolgte auf der Basis der in der Korrespondenzanalyse für die Syntaxa berechneten Koordinaten auf den ersten 4 Achsen. Die graphische Darstellung in Abb. 5 erlaubt die Diskussion der Beziehung der einzelnen Syntaxa zueinander; Holotypen von Waldgesellschaften sind in Fettdruck, die FVA/ONF-Obergruppen durch Unterstreichung hervorgehoben. Folgende Ergebnisse sind als wesentlich herauszustellen:

1. Die Sortierung folgt erkennbar dem hygrischen Gradienten (Überflutung, Grundwasser, Bodenwasser-Speicherkapazität). Die 9 Obergruppen der FVA/ONF-Aufnahmen verteilen sich über das gesamte Spektrum dieses Gradienten; sie sind vom *Salicetum albae* bis zum *Carici-Tilietum* entlang dieses Gradienten mit bereits beschriebenen Syntaxa assoziiert.
2. Eine Gruppe von Silberweidenwäldern separiert sich bereits auf niedrigem Ähnlichkeitsniveau von den Wäldern der Hartholzaue. Es schälen sich 3 (–4) Untertypen dieser Silberweidenwälder heraus. Das *Salicetum albae* sensu DISTER (1980a) steht sehr isoliert.
3. Weichholzreiche Ausbildungen der Waldgesellschaften, die als Phasen oder Stadien einer Sukzession auftreten können und von manchen Autoren als eigenständige Gesellschaften betrachtet wurden, wie z. B. das *Fraxino-Populetum* sensu SCHNITZLER (1988), manifestieren sich im Datensatz nicht.
4. Der Holotyp des *Fraxino-Populetum* Jurko 1958 steht entfernt zu allen definierten Untertypen des *Fraxino-Populetum* sensu SCHNITZLER (1988), welche hingegen eng mit dem *Quercu-Ulmetum* sensu SCHNITZLER (1988) verbunden sind.
5. Die von diversen Autoren als *Ligustro-Prunetum*, *Stellarario-Carpinetum* und *Ulmo-Carpinetum* klassifizierten Aufnahmen setzen sich im Datensatz nicht als eigenständig ab. Das

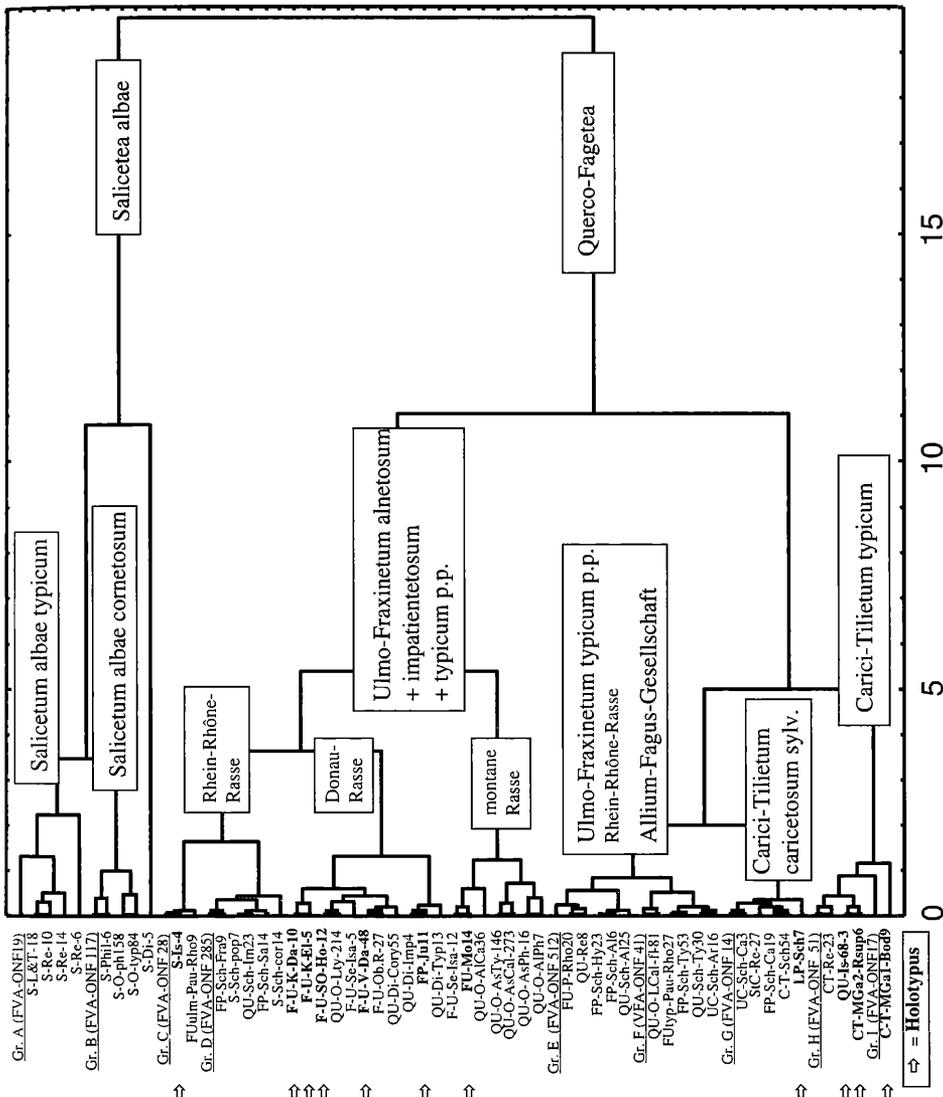


Abbildung 5: Clusteranalyse mit 61 Syntaxa (Linkage Methode nach Ward – Euklidisches Distanzmaß; Basis: Achsenwerte der ersten 4 Achsen einer Korrespondenzanalyse).

Figure 5: Cluster analysis of 61 syntaxonomical units (Linkage method according to Ward – Euclidean distance, based on the coordinates on the four main axes of a DCA).

*Ligustro-Prunetum* Schnitzler 1988 besitzt keine eigenen Charakter- und Differenzialarten und liegt nahe bei den Gesellschaften der mesoxerophilen Wälder. Nach der Struktur der Bestände zu urteilen handelt es sich um Auflichtungsphasen innerhalb einer (sekundären) Sukzession. Das *Stellario holosteae-Carpinetum betuli* sensu REIF (1996) ist in der Rheinaue ebenfalls nahe bei den Wäldern des *Carici-Tilietum* angesiedelt und kann als mesophile Ausbildung dieser Gesellschaft gesehen werden, verarmt an *Carex alba* und mit erhöhten Anteilen von *Fraxinus excelsior*, *Acer pseudoplatanus*, *Allium ursinum*, *Arum maculatum*, *Carex sylvatica* und *Paris quadrifolia*. Für das *Ulmo-Carpinetum* standen trotz intensiver Recherche keine Originalaufnahmen des Holotypus zur Verfügung. Ein Teil der Aufnahmen von SCHNITZLER (1988) liegt nahe bei den in diesem Abschnitt schon beschriebenen mesoxerophilen Wäldern, ein anderer Teil steht eng bei ihrem eigenem *Quercu-Ulmetum typicum*.

6. Der Holotyp des *Fraxino-Ulmetum* Oberd. 1953 entspricht nicht dem *Quercu-Ulmetum* sensu ISSLER (1924), ebensowenig die von SCHNITZLER (1988) als *Quercu-Ulmetum* definierten Aufnahmen. Das *Quercu-Ulmetum* nach OBERDORFER (1992) gruppiert sich, mit Ausnahme der Subassoziation *caricetosum albo-flaccae* der Gebietsausbildung von *Ulmus laevis*, nahe beim *Fraxino-Ulmetum* von Knapp, Volk, Soó, Moor und Seibert.

7. Der Holotyp des *Quercu-Ulmetum* Issler 1924 ist auf höchstem Niveau mit dem *Carici-Tilietum* Müller et Görs 1968 assoziiert. Das *Quercu-Ulmetum* ist demnach als ein „nomen ambiguum“ gemäß Art. 36 des Nomenklaturcode (WEBER et al. 2001) zu behandeln.

8. Im Bereich der Hartholzauen steht die geographische Herkunft der Aufnahmen in der Hierarchie der Klassifikation teilweise über den Subassoziationen. Es sind 3 geographische Rassen erkennbar: Rhein/Rhône-Gebietsausbildung, Donau-Gebietsausbildung und eine Gebietsausbildung des montanen Alpenvorlandes (vgl. OBERDORFER 1992).

## 5. Diskussion der Ergebnisse und Vorschläge für eine neue syntaxonomische Gliederung der Auewälder am Oberrhein

### 5.1. Wälder der Weichholzaue (Abb. 5, Tab. 2, 3)

Für die Weichholzaue lassen sich 4 Untertypen der Silberweidenwälder feststellen:

Ein Untertyp, von DISTER (1980a) beschrieben, umfasst die Weichholzaue mit ausgeprägten Wasserstandsschwankungen, wie sie heute nur noch auf der freien Fließstrecke des Rheins nördlich der Stauhaltung Iffezheim vorkommt. Er wird durch Arten des *Bidention* differenziert. In der multivariaten Analyse erscheint dieser Untertyp sehr isoliert, möglicherweise könnte er sogar eine eigenständige Assoziation rechtfertigen.

Ein zweiter Untertyp schließt 4 der analysierten syntaxonomischen Gruppen ein. Er beinhaltet 19 Aufnahmen FVA/ONF (Tab. 3/A), die 18 Aufnahmen (S-L&T-18) aus Tabelle 1 von SCHNITZLER (1988), die von LOHMEYER & TRAUTMANN (1974) aus dem Taubergießen stammen, und 24 Aufnahmen (S-Re-10 und S-Re-14) von REIF (1996). Floristisch ist er durch die Dominanz der Hochgräser *Phalaris* und *Phragmites* gekennzeichnet.

Ein weiterer Untertyp enthält 6 Aufnahmen (S-Re-6) von REIF (1996). Mit der Abwesenheit von *Phragmites* und Anteilen von *Bidention*-Arten steht er floristisch zwischen den Untertypen 1 und 2.

Der 4. Untertyp ist nach der Anzahl der Aufnahmen der weitaus bedeutendste. Er umfasst 6 Aufnahmen (S-Phil-6) der Tabelle 1 bei SCHNITZLER (1988), die ursprünglich von PHILIPPI (1978) aus der Mäanderzone des Rheins erarbeitet wurden, 242 der Aufnahmen [(S-O-ph158), (S-O-typ84)] bei OBERDORFER (1992) sowie 117 Aufnahmen FVA/ONF (Tab. 3/B). Es handelt sich hierbei nicht um reine Weichholzwälder, sondern es sind bereits Arten der Hartholzaue beteiligt. Neben der häufigen *Cornus sanguinea* kommen u. a. *Quercus robur*, *Ulmus laevis*, *U. minor* und *Fraxinus excelsior* vor. Es sind somit Wälder eingeschlossen, die die Entwicklung zur Hartholzaue bereits begonnen haben.

Nach den Ergebnissen unserer Analyse sind daher die Wälder der unteren Stufen der Hartholzaue (Übergangsaue und Tiefe Hartholzaue nach MICHELS & ALDINGER 2002) nicht bei den *Quercu-Fageteta*, sondern den *Salicetea albae* anzugliedern.

Tabella 2: Vorschlag für die syntaxonomische und ökologische Klassifizierung der 1104 FVA/ONF-Aufnahmen  
 Table 2: Proposal for the ecological and syntaxonomic classification of the 1104 FVA/ONF relevés

9 sozio-ökologische Obergruppen	Assoziation/ Subassoziation	20 ökologische Gruppen	Variante / Phase	Vorherrschende Sylvofazies	Bodenarten-Horizontfolge	Wasserhaus- haltsstufe	Auewaldstufe (Michiels u. Aldinger 2002)
A	<b>Salicetum albae typicum</b>	Gruppe 1		Silberweide mit Schwarzpappel; <i>Viburnum opulus</i>	Schlick / Sand	nass	WHA
B	<b>Salicetum albae cornetosum</b>	Gruppe 2	Ranunculus repens-Variante	Stieleiche, mit etwas Esche; <i>Viburnum opulus</i>	Schlick / Sand	nass	THA/MHA
		Gruppe 3	Reine Variante	Hybrid-Pappel; Strauchschicht gering entwickelt	Schlick	feucht	ÜA/THA
		Gruppe 4	Reine Variante	Silberweide mit wenig Flatter- oder Feldulme, Schwarzpappel; Strauchschicht gut entwickelt (v.a. <i>Cornus sanguinea</i> )	Schlick	feucht	ÜA/THA
C	<b>Ulmo-Fraxinetum alnetosum glutinosae</b>	Gruppe 5	<i>Carex acutiformis</i> -Variante	Schwarzerle, Hybrid- und Silberpappel	Schlick	feucht	AA (HHA)
		Gruppe 6	<i>Impatiens glandulifera</i> -Variante	Stieleiche-Esche-Schwarzerle; Optimum der Grauerle und von <i>Sambucus nigra</i>	Schlick / Sand / Kies	feucht (-grundfeucht)	AA (HHA)
D	<b>Ulmo-Fraxinetum impatientetosum</b>	Gruppe 7	Reine Variante, <i>Alnus incana</i> -Phase	Esche-Stieleiche mit Grauerle, Silberweide und Bergahorn	Schlick	grundfeucht	MHA
		Gruppe 10	Reine Variante, <i>Prunus padus</i> -Phase	Esche-Stieleiche-Silberpappel; Optimum der Traubenkirsche, strauchreich ( <i>Cornus sanguinea</i> )	Schlick	grundfeucht	MHA, HHA
		Gruppe 8	Populus-Variante	Hybridpappel; Silberpappel; mit dichter Strauchschicht ( <i>Cornus sanguinea</i> )	Schlick / Sand / Kies	mäßig frisch	MHA
E	<b>Ulmo-Fraxinetum typicum</b>	Gruppe 9	Plagiomnium-Variante	Esche-Stieleiche-Silberpappel mit Traubenkirsche, Bergahorn, Feldulme; strauchreich ( <i>Cornus sanguinea</i> , <i>Crataegus monogyna</i> )	Schlick / Kies	grundfeucht (mäßig frisch)	HHH (OHA, AA)
		Gruppe 12	Reine Variante	Esche-Stieleiche-Linde; <i>Corylus</i> , <i>Hedera-Optimum</i>	Schlick / Sand / Kies	mäßig frisch	AA, OHA, HHA
		Gruppe 13	Reine Variante	Berg-, Spitzahorn, Hainbuche, Esche; straucharm	Schlick / Kies	mäßig frisch bis frisch	AA, (OHA, HHA)
		Gruppe 11	<i>Allium ursinum</i> -Variante, Populus-Phase	Esche-Stieleiche-Silberpappel, Traubenkirsche, Bergahorn, Buche; Strauchschicht mit <i>Prunus spinosa</i> , <i>Cornus sanguinea</i>	Schlick	frisch	HHH, OHA, AA
		Gruppe 14	<i>Allium ursinum</i> -Variante, <i>Corylus</i> -Phase	Esche mit Bergahorn; <i>Corylus</i> -Optimum	Schlick	frisch	AA, (OHA, HHA)
		Gruppe 16	Equisetum hyemale-Variante, Populus-Phase	Stieleiche-Esche-Silberpappel, Feldulme; Strauchschicht mit <i>Ligustrum</i> , <i>Lonicera</i> , <i>Cornus sanguinea</i> , <i>Crataegus monogyna</i>	Schlick / Sand / Kies	mäßig frisch	HHH (OHA, AA)
		Gruppe 15	Equisetum hyemale-Variante, <i>Corylus</i> -Phase	Stieleiche; strauchreich; <i>Corylus</i> -Dominanz, <i>Ligustrum</i> , <i>Lonicera</i> , <i>Crataegus monogyna</i> , <i>Cornus sanguinea</i>	Schlick / Sand / Kies	mäßig frisch	AA, (OHA, HHA)
F	<b>Allium-Fagus-Gesellschaft</b>	Gruppe 17		Rotbuche; Buchen-Jungwuchs dominant in der Kraut- und Strauchschicht	Schlick (/ Sand)	frisch	AA, OHA
G	<b>Carici-Tilietum caricetosum sylvaticae</b>	Gruppe 18		Winterlinde, mit <i>Corylus</i>	Schlick / Sand / Kies	mäßig frisch	AA
H	<b>Carici-Tilietum typicum</b>	Gruppe 19		Stieleiche-Winterlinde mit Feldulme, strauchreich ( <i>Crataegus monogyna</i> , <i>Ligustrum vulgare</i> )	Sand / Kies	mäßig trocken	AA
I	<b>Populus-Hippophae-Gebüsch</b>	Gruppe 20	Pionierphase	Pionierbusch mit <i>Hippophae rhamnoides</i> , <i>Populus nigra</i> , <i>Salix elaeagnos</i>	Kies	trocken / sehr trocken	
Überflutungsdauer: Tage / Vegetationszeit (1. April - 30. September)				Überflutungsdauer südlich Iffezheim*	Überflutungsdauer nördlich Iffezheim**		
WHA: Weichholzaue				> 5 (- 35)	60 - > 140	* Hauschild (2006a)	
UA: Übergangsaue				> 5 (- 25)	33 - 60	** Michiels u. Aldinger (2002)	
THA: Tiefe Hartholzaue				> 5 (-15)	15 - 33		
MHA: Mittlere Hartholzaue				2 - 5	4 - 15		
HHA: Hohe Hartholzaue				1 - 2	1 - 4		
OHA: Oberste Hartholzaue				< 1	< 1		
AA: Altaue				-	-		

Aufnahmen von Weidenbeständen mit *Cornus sanguinea* und mit *Populus nigra* [(S-Sch-pop7), (S-Sch-cor14)], die von SCHNITZLER (1988) zum *Salicetum albae* gestellt wurden, werden hingegen in der Ähnlichkeitsanalyse zu den länger überschwemmten Hartholzauewäldern gruppiert [(QU-Sch-Im23), (FP-Sch-Sa14), (FP-Sch-Fra9) und FVA/ONF-OGp. D]. Die Gruppierung der Weichholzauewälder zeigt zudem, dass der von ISSLER (1926) übernommene Holotyp des *Salicetum albae* (S-Is-4) nicht dort angegliedert ist, sondern bei den grundwassernahen Hartholzauewäldern. Ähnliche Bestände am Rhein werden hier als *Ulmo-Fraxinetum alnetosum* (Tab. 3/C), an der Rhône als „Orme basse“-Gesellschaft beschrieben (PAUTOU 1975).

Die uneinheitliche Ansprache und Zuordnung durch die Autoren verdeutlicht die enge räumliche und dynamische Durchdringung der Waldtypen im Übergang von der Weichholz- zur Hartholzaue. Aufbauend auf den Analyseergebnissen schlagen wir vor, um zukünftig Doppeldeutigkeiten zu vermeiden, das *Salicetum albae* auf Weichholzauewälder zu beschränken, denen die Bodenvegetation der Hartholzauen (weitgehend) fehlt. *Salix alba* dominiert, vergesellschaftet sind regelmäßig *Populus nigra* sowie *Cardamine amara*, *C. pratensis*, *Galium palustre*, *Lycopus europaeus*, *Lysimachia nummularia*, *Ranunculus repens*, *Scutellaria galericulata*, *Solanum dulcamara*. Die Gesellschaft wird typisiert als *Salicetum albae* Issler 1926 em. Lohmeyer et Trautmann 1974. Es sind drei Subassoziationen zu unterscheiden (Differenzialarten in Klammern):

– *rorippetosum amphibibiae* Dister 1980 subass. nov.

[*Rorippa amphibia*, *Polygonum minus*, *P. mite*, *P. hydropiper*, *Atriplex hastata*, *Rumex maritimus*]

– *typicum* Lohm. et Trautmann 1974 (Tab. 3/A, Beilage)

– *cornetosum* Schnitzler 1988 em. Philippi 1978

[*Ulmus laevis*, *U. minor*, *Populus alba*, *Fraxinus excelsior*, *Acer campestre*, *Cornus sanguinea*, *Sambucus nigra*, *Ranunculus ficaria*, *Carex acutiformis*, *C. remota*, *C. strigosa*, *Galium aparine*, *Glechoma hederacea*, (*Brachypodium sylvaticum*)]

Im Aufnahmемaterial FVA/ONF (Tab. 3/B) lässt die Grp. 4 eine angenähert naturnahe Zusammensetzung des *Salicetum cornetosum* in der Übergangsaue und der Tiefen Hartholzaue vermuten. Die Grp. 3 ist durch die Hybridpappel-Bestockung geprägt, während Grp. 2 von der Hydrodynamik der Aue nur noch wenig beeinflusst ist.

## 5.2. Wälder der Hartholzaue (Abb. 5, Tab. 2, 3)

### 5.2.1. *Ulmo minoris-Fraxinetum excelsioris*

Für die Typisierung des Großteils der Hartholzauewälder dealpiner Flußsysteme wird das *Fraxino-Ulmetum* (Tx. apud. Lohmeyer 1952) Oberdorfer 1953 wieder eingesetzt. Als gültiger Name wird gemäß der Art. 10 und 42 des Nomenklaturcode (WEBER et al. 2001) *Ulmo minoris-Fraxinetum excelsioris* (Tx. apud. Lohmeyer 1952) nom. invers. Oberd.1953 vorgeschlagen. *Fraxinus excelsior* ist in den vorliegenden Vegetationsaufnahmen die nach Stetigkeit und mittlerer Deckung dominante Baumart. Die Waldgesellschaft schließt sowohl Waldbestände der aktuellen Überflutungsaue ein als auch solche der Altaue, die sich in einer langfristigen Entwicklung zu terrestrischen Waldgesellschaften befinden.

Als Charakter- und Differentialarten können angelehnt an OBERDORFER (1992) und MOOR (1958) gelten: *Populus alba*, *P. canescens*, *Ulmus minor*, *Malus sylvestris* und *Equisetum hyemale*; dazu gehören regional am Oberrhein auch noch *Acer pseudoplatanus*, *Alnus incana*, *Clematis vitalba*, *Corylus avellana*, *Ligustrum vulgare*, *Prunus padus*, *Rubus caesius*, *Aegopodium podagraria*, *Allium ursinum*, *Carex acutiformis*, *Circaea lutetiana*, *Deschampsia cespitosa*, *Dipsacus pilosus*, *Festuca gigantea*, *Galium aparine*, *Plagiomnium undulatum* und *Primula elatior*.

Die natürliche Beteiligung von *Quercus robur* am *Ulmo-Fraxinetum* bleibt vorerst fraglich, da sich kaum eine natürliche Regeneration der Alt-Bestände beobachten lässt (DEILER

2003, KÜHNE 2004). Seit die Ulmen durch die Ulmenwelke nur noch im Unterwuchs auftreten, bestimmt vor allem *Fraxinus excelsior* die Walddynamik, gefolgt von *Prunus padus*, *Populus alba* und oberhalb der Mittleren Hartholzaue auch von *Acer pseudoplatanus* (HAUSCHILD 2006a).

Das *Ulmo-Fraxinetum* verbleibt als zentrale Assoziation im *Ulmenion minoris* Oberd. 1953. Wie OBERDORFER (1992) betrachten die Verfasser *Ulmus laevis* als Differenzialart einer planar-kollinen Rhein-Rhône-Gebietsausbildung der Gesellschaft. Es lassen sich mit dem untersuchten Material 3 Subassoziationen unterscheiden:

– *alnetosum glutinosae* Oberd. 1957 em. Boeuf et al. 2005 (Tab. 3: 5–6)

Diff.-Arten: *Alnus glutinosa*, *Phragmites australis*, *Phalaris arundinacea*, *Calystegia sepium*, *Iris pseudacorus*, *Impatiens glandulifera*, *Stachys palustris*, *Symphytum officinale*.

– *impatientetosum glanduliferae* Carbiener et al. 1985 (Tab. 3: 7–8, 10)

Diff.-Arten: *Poa trivialis*, *Ranunculus ficaria*, *Impatiens noli-tangere*, *Alliaria petiolata*, (gemeinsam mit „*alnetosum*“: *Impatiens glandulifera*, *Galium aparine*, *Urtica dioica*).

– *typicum* Oberd. 1953 (Tab. 3: 9, 11–16)

Gegenüber den beiden vorigen Subassoziationen sind kennzeichnend: *Tamus communis*, *Convallaria majalis*, *Hedera helix*, *Paris quadrifolia*, *Anemone nemorosa*, *Polygonatum multiflorum* und *Viola reichenbachiana*.

Während die Abgrenzung der dealpinen Auewaldgesellschaft des *Ulmo-Fraxinetum* von westeuropäischen und submediterranen Hartholzauewäldern von BOEUF et al. (2005b) bereits diskutiert wurde, bleiben für den süddeutschen Raum noch Fragen offen, die im Rahmen dieser Studie nicht bearbeitet werden konnten. Eine solche ist die Verbreitung des *Ulmo-Fraxinetum* im submontanen Alpenvorland. Nach dem Tabellenbild steht das *Aceri-Fraxinetum* sensu SEIBERT (1969) und PFADENHAUER (1969) auf den höheren Auenterrassen des bayerischen Jungmoränengebietes dem *Ulmo-Fraxinetum typicum* sehr nahe, so dass eine Zusammenfassung in Betracht kommt. Dies entspricht der Gliederung der Schweizer Auewaldgesellschaften, die von MOOR (1958) begründet und von KELLER et al. (1998) noch einmal bestätigt wurde. MOOR (1958) hat die oft zweifelhafte diagnostische Trennung von *Ulmus minor* und *U. glabra* zu recht beanstandet und beide Arten als charakteristische Bestandteile seines *Fraxino-Ulmetum* benannt. Zweifellos können die Ulmen dabei nach ihrer regionalen Stetigkeit und Abundanz für die Definition von Höhenformen bzw. Gebietsausbildungen herangezogen werden. *Ulmus glabra* kommt zwar in der planaren Oberrheinaue vor, ist hier aber deutlich seltener als *Ulmus minor*.

Auch bei der *Cornus sanguinea*-Höhenform des *Alnetum incanae* (OBERDORFER 1992, SEIBERT 1962) ist noch zu prüfen, ob sie sich als Phase einer submontanen Höhenform des *Ulmo-Fraxinetum* eingliedern lässt. Damit könnte das im Schwerpunkt montan-hochmontan verbreitete *Alnetum incanae* des süddeutschen Raumes schärfer definiert und abgegrenzt werden (vgl. SCHWABE 1985). Bei OBERDORFER (1992) wird das submontane *Alnetum incanae* als Stadium in der Entwicklung zum (*Quercu-Ulmetum*-)Hartholzauewald gesehen; das dort genannte standörtliche Spektrum und die floristische Komposition passen genau zu den hier am Beispiel der Rheinaue beschriebenen dealpinen Auewaldkomplexen. Denn auch in den planaren Auewäldern am südlichen Oberrhein ist *Alnus incana* vor der Rheinkorrektur im 19. Jhd. noch bestandesbildend aufgetreten (MICHIELS 2000).

### 5.2.2. *Carici albae-Tilietum cordatae*

Waldtypen auf mäßig frischen bis trockenen Standorten der Altaue sind teilweise dem *Carici albae-Tilietum cordatae* (Issler 1924) Müller et Görs 1958 zuzuordnen. Die Assoziation tritt in der warmen, besonders niederschlagsarmen elsässischen Rheinaue südlich Marckolsheim als Schlusswaldgesellschaft auf. In den übrigen Teilen der badisch-elsässischen Rheinaue stockt sie auf Standorten, die auch für ein *Carici-Fagetum* tauglich wären bzw. auf denen eine dynamische Entwicklung zum *Carici-Fagetum* nach heutiger Einschätzung nicht auszuschließen ist. Die charakteristische Artenkombination wurde bereits von

ISSLER (1924) und MÜLLER & GÖRS (1958) beschrieben: *Acer campestre*, *Carpinus betulus*, *Quercus robur*, *Tilia cordata*, *Ulmus minor*, *Staphylea pinnata*, *Tamus communis*, *Carex alba*. Im Sinne von OBERDORFER (1992) ist die Assoziation in das *Carpinion betuli* Issler 1931 em. Oberd. 1957 einzuordnen. Im eigenen Aufnahmемaterial lassen sich 2 Subassoziationen und 1 Pionierphase unterscheiden:

– *typicum* (Issler 1924) Müller et Görs 1958 (Tab. 3: 19)

Diese Subassoziation nimmt die trockenen, sandig-kiesigen und rein kiesigen Standorte ein; der geographische Schwerpunkt liegt im südlichen Teil der Oberrheinaue zwischen Basel und Markolsheim, weiter nach Norden dünne die Vorkommen aus und verschwinden dann völlig.

Diff.-Arten: *Pinus sylvestris*, *Viburnum lantana*, *Berberis vulgaris*, *Rhamnus cathartica*, *C. flacca*, *C. ornithopoda*, *C. digitata*, *Viola mirabilis*, *V. hirta*, *V. riviviana*, *Euphorbia cyparisias*, *Dactylis glomerata*, *Brachypodium pinnatum*, *Galium mollugo*.

– *caricetosum sylvaticae* Boeuf et al. 2005 (Tab. 3: 18)

Auf Böden mit erhöhter Wasserspeicherkapazität, also tiefgründigen Sanden, sandigen Lehmen oder kiesgründigen Lehmen.

Diff.-Arten: *Fraxinus excelsior*, *Cornus mas*, *Allium ursinum*, *Anemone nemorosa*, *Aegopodium podagraria*, *Carex sylvatica*, *Paris quadrifolia*, *Viola reichenbachiana*, *Helleborus foetidus*.

– *Populus nigra*-Phase (Tab. 3: 20)

Pioniergebüsch bis Pionierwald sandig-kiesiger bis grobkiesiger Böden, sekundär durch Bodenumlagerung entstanden und langfristig zum *Carici-Tilietum typicum* als Schlusswald tendierend. Der aktuelle Status dieser Gruppierung bleibt unsicher, ein Anschluss an eine Gebüschgesellschaft kommt in Betracht. Beziehungen bestehen zum *Salicetum elaeagnodaphnoidis* (Br. Bl. et Volk 1940) Moor 1958 [= *Salicetum elaeagni* (Hag. 1916) Jenik 1955] und zum *Hippophae rhamnoidis* subsp. *fluvialis-Salicetum elaeagni* Br. Bl. in Volk 1939.

Diff.-Arten: *Populus nigra*, *Salix elaeagnos*, *Hippophae rhamnoides*, *Viburnum lantana*, *Agrostis gigantea*.

Auch beim *Carici-Tilietum* zeigen sich Übergänge zu (sub)montanen Waldgesellschaften des Alpenvorlandes, im Falle der Subassoziation nach *Carex sylvatica* insbesondere zu den von OBERDORFER (1992) in das *Adoxo-Aceretum caricetosum albae* gestellten Beständen. Diese Beziehungen bleiben ebenfalls noch abzuklären.

### 5.2.3. *Fagus sylvatica*-Gesellschaften

Die Analyseergebnisse erbringen eine deutliche Eigenständigkeit der Buchenwälder im Aufnahmемaterial der FVA/ONF. Landschaftshistorische Untersuchungen belegen die Anwesenheit der Buche in der holozänen Rheinaue schon für das 17. Jhdt. (VOLK 2000b). In Hinblick auf die Standorts- und Vegetationsgeschichte der Rheinaue (MICHIELS 2000, VOLK 2000a, 2000b, 2001) müssen die heutigen Buchenwälder ohne Ausnahme aus Pflanzungen hervorgegangen sein. In ihren Beständen auf den grundwasserfernen, mäßig trockenen bis frischen Standorten der Altaue und der Obersten Hartholzaue, die nur episodisch kurze Zeit und in geringer Höhe überflutet wird, zeigt sich die Buche heute in der Konkurrenz überlegen und reproduziert sich gut. Die künstliche Einbringung hat damit eine Entwicklung zu klimazonalen Buchenwaldgesellschaften eingeleitet, die sich langfristig auf den überflutungsfreien Flächen auch ohne menschliche Einwirkung hätte vollziehen können, wenn sie für *Fagus*-Diasporen erreichbar gewesen wären. Weil *Fagus sylvatica* in den heutigen Beständen der Altaue aber meistens noch fehlt, wird die Waldentwicklung auf diesen Standorten vorerst von *Acer pseudoplatanus* und *Fraxinus excelsior* bestimmt. Diese Wälder wurden bereits oben mit der *Acer*-Sylvofazies des *Ulmo-Fraxinetum typicum* (Tab. 3: 13) beschrieben.

Das hier einbezogene Aufnahmемaterial der Buchenwälder wurde durch die Clusteranalyse einheitlich zu der Grp. 17 FVA/ONF zusammengefügt. Nach Einschätzung der Verfasser werden sich aber bei einer zukünftigen auf die Buchenwälder zentrierten Auswertung zwei Typen herausarbeiten lassen:

– eine Waldgesellschaft mäßig frischer und frischer Standorte, die im wesentlichen durch die OGrp. F (Tab. 3: 17) repräsentiert wird. Für die Bodenvegetation ist die Dominanz von *Allium ursinum* und *Carex sylvatica* bezeichnend. Ihre syntaxonomische Position bleibt noch zu klären.

– eine Waldgesellschaft der mäßig trockenen, sandig-kiesigen Böden, die im Aufnahme-material noch nicht befriedigend herausgearbeitet werden konnte, die sich aber erkennbar dem *Cephalanthero-Fagion* Tx. 1955 annähert. Möglicherweise kann sie dem *Carici-Fagetum* Moor 1952 angegliedert werden. GEISSERT (1984) beschreibt aus dem Elsass Buchenwälder auf Rheinalluvionen mit Beteiligung von *Staphylea pinnata*, *Orchis purpurea*, *Viola alba*, *Bromus benekini*, *Carex flacca*, *C. ornithopoda*, *C. digitata*, *Cephalanthera damasonium* und sehr selten auch *C. rubra*. Den Verfassern sind auch von den älteren Auenterrassen des Alpenvorlandes (Alz bei Garching/Oberbayern, Argen bei Wangen/Westallgäu) Buchenwälder mit dominanter *Carex alba* bekannt.

#### 5.4. *Robinia pseudoacacia*-Gesellschaft

Es sei noch darauf hingewiesen, dass sich aus dem Aufnahmekollektiv eine Gruppe von 4 Aufnahmen aus *Robinia*-Beständen der Altaue auf hohem Niveau ausdifferenziert. Diese Gruppe wird neben dem Vorkommen mesophiler Pflanzen besonders durch nitratbedürftige Arten gekennzeichnet (*Sambucus nigra*, *Galium aparine*, *Urtica dioica*, *Geum urbanum*), die sonst in den Wäldern der Überflutungsaue charakteristisch sind. Auf eine weitergehende Darstellung auf der Basis des geringen Aufnahmемaterials wird hier verzichtet.

#### Danksagung

Diese Arbeit entstand im Rahmen eines grenzüberschreitenden deutsch-französischen Forschungsprojektes zum Thema „Erhaltung der ökologischen Vielfalt der Rheinauwälder“. Die Durchführung lag beim Office National des Forêts - Service d'Appui Technique Strasbourg und der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg in Freiburg. Das Projekt wurde durch das Interreg III-Programm der Europäischen Union gefördert. Die Autoren danken dem Sekretariat Interreg der Région Alsace und der Direction Régionale de l'Environnement Alsace für ihre finanzielle und administrative Unterstützung.

#### Literatur

- BACKHAUS, K. (1996): Multivariate Analysemethoden: eine anwendungsorientierte Einführung. 8. Aufl. – Berlin; Heidelberg (Springer): XXXIV+591 S.
- BARDAT, J., BIRET, F., BOTINEAU, M., BOULETT, V., DELPECH, R., GÉHU, J.-M., HAURY, J., LACOSTE, A., RAMEAU, J.-C., ROYER, J.-M., ROUX, G. & TOUFFET, J. (2004): Prodrôme des végétations de France. – Publ. sc. du Muséum national d'Histoire naturelle: 171 S. Paris.
- BEEKMANN, F. (1980): La dynamique d'une forêt alluviale rhénane et le rôle des lianes. – Coll. Phytosoc IX. Strasbourg 1980 – La végétation des forêts alluviales: 475–502.
- BIEGELMAIER, K.-H. (2002): Auswirkungen des Hochwassers im Mai/Juli 1999 im Rheinauwald auf der Gemarkung Sasbach-Jechtingen. – AFZ/Der Wald 15: 801–803.
- BOEUF, R., DURAND, E. & HAUSCHILD, R. (2005a): Approche phytoécologique des milieux forestiers alluviaux rhénans. – Actes du colloque Floodplains Strasbourg 2002 (sous presse).
- BOEUF, R. & HAUSCHILD, R. (2000): Typologie des stations forestières de la vallée rhénane entre St. Louis et Lauterbourg (ried blond). – Doc ONF-CRPF, Reg. Alsace, Min-Agriculture: 113 S. + Tab.
- BOEUF, R., MICHIELS, H.-G. & HAUSCHILD, R. (2005b): Problématique du Querco-Ulmetum Issler 1924 devenu nomen ambiguum – Propositions sur la syntaxonomie de la forêt rhénane du Rhin supérieur. – Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest N.S.T 36 : 233–296.
- BÜCKING, W. (1989): Naturwaldreservate der badischen Rheinaue. Konzept der Zustandserfassung und Ausblick auf die künftige Entwicklung. – Mitt. Bad. Landesverb. Naturkunde u. Naturschutz. N.F. 14 : 957–979.
- & REINHARDT, W. (1985): Vegetationskundliche Forschung im neuen Bannwald im Naturschutzgebiet Taubergießen. – Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 59/60: 143–174.
- CARBIENER, R. (1970): Un exemple de type forestier exceptionnel pour l'Europe occidentale: la forêt du lit majeur du Rhin au niveau du fossé rhénan (*Fraxino-Ulmetum* Oberd. 53) intérêt écologique et biogéographique. Comparaison à d'autres forêts thermophiles. – Vegetatio 20 (1–4): 97–148.

- (1974): Die linkrheinischen Naturräume und Waldungen der Schutzgebiete von Rhinau und Dautensand (Frankreich): eine pflanzensoziologische und landschaftsökologische Studie. – In: Das Taubergießengebiet. Natur- und Landschaftsschutzgebiete Bad.-Württ. 7: 438–535. Ludwigsburg.
- (1980): Résumé de quelques aspects de l'écologie des complexes forestiers alluviaux d'Europe, Introduction au colloque – Coll. Phytosoc IX. Strasbourg 1980 – La végétation des forêts alluviales: d-i.
- , SCHNITZLER, A. & WALTER, J.-M. (1985): Problèmes de dynamique forestière et de définition des stations en milieu alluvial. – Coll. Phytosoc XIV. Nancy – Phytosociologie et foresterie: 656–686.
- CORNIER, Th. (2003): Typologie et synthèse synsystématique de la végétation alluviale de la Loire entre le Charolais et l'Anjou. – *Vers.* 2003–3 pdf: 91p
- DEILER, A.-F. (2003): Régénération des espèces ligneuses dans les forêts alluviales rhénanes à bois dur en Alsace: dynamique, stratégies, facteurs. – Thèse de doctorat – ULP ENGEES:153 S. + Anhang.
- WALTER, J.-M. & TRÉMOLIÈRE, M. (2001): Effects of Flood Interruption on Species Richness, Diversity and Floristic Composition of Woody Regeneration in the Upper Rhine Alluvial Hardwood Forest. – *Regulated Rivers, Research & Management* 17: 393–405.
- DIERSCHKE, H. (1980): Zur syntaxonomischen Stellung und Gliederung der Ufer- und Auenwälder Südeuropas. – Coll. Phytosoc IX. Strasbourg 1980 – La végétation des forêts alluviales: 115–128 + Tab.
- DISTER, E. (1980a): Geobotanische Untersuchungen in der hessischen Rheinaue als Grundlage für die Naturschutzarbeit. – Diss. Univ. Göttingen: 170 S.
- (1980b): Bemerkungen zur Ökologie und soziologischen Stellung der Auenwälder am nördlichen Oberrhein (hessische Rheinaue). – Coll. Phytosoc IX. Strasbourg 1980 – La végétation des forêts alluviales: 343–364.
- DRESCHER, A. & FAISSL, C. (2006): Dealpine und demontane Auen im südöstlichen Mitteleuropa. – *Waldschutzgebiete Bad.-Württ.* 10: 53–68. Freiburg.
- DURAND, E. (1998): Contribution à la connaissance de l'histoire des forêts du Rhin en réserve naturelle d'Erstein du XVIII<sup>e</sup> à 1960. – *Doc ONF*: 46 S. + Anhang.
- (2003): Evolution historique des forêts rhénanes de la Ville de Strasbourg au XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles: Contenance, Aménagement et gestion, Composition et structures des forêts. – *Doc ONF-CUS*: 125 S. + Anhang.
- EWALD, J. (2001): Der Beitrag pflanzensoziologischer Datenbanken zur vegetationsökologischen Forschung. – *Ber. Reinhold-Tüxen-Ges.* 13: 53–69.
- FRAHM, J.P. & FREY, W. (1983): *Moosflora*. – Ulmer, Stuttgart: 522 S.
- GALLUSER, W. & SCHENKER, A. (1992): *Die Auen am Oberrhein*. – Basel (Birkhäuser Verlag): 192 S..
- GEISSERT, F. (1984): Quatrième journée: 9 juillet 1983: La plaine au nord de Strasbourg et la forêt de Haguenau. – *Bull. Soc. Bot. Centre Ouest N.S. T* 15: 227–234.
- HAUSCHILD, R. (1996): Pré-étude en vue d'une typologie des stations forestières de la basse plaine rhénane (Alsace). – *CRPF Lorraine – Alsace / ONF*.
- (1997): Catalogue des types de stations forestières de la basse plaine rhénane (Alsace). – *CRPF Lorraine-Alsace/ONF*.
- (2006a): Dynamik des Auewaldes im Waldschutzgebiet Taubergießen. – *Waldschutzgebiete Bad.-Württ.* 10: 95–115. Freiburg.
- (2006b): Multivariate Analyse von Vegetation und Standort im Auewald am südlichen Oberrhein. – *Mitt. Ver. Forstl. Standortkunde Forstpflanzenzüchtung* 44: 21–38.
- , MICHELS, H.-G. & BOEUF, R. (2006): Das *Quercus-Ulmetum* Issler 1924 als „nomen ambiguum“ Waldschutzgebiete Bad.-Württ. 10: 19–38. Freiburg.
- & WOLF, W. (2002): Vegetationsaufnahmen in der südlichen Oberrheinebene zwischen Hartheim und Kehl in der Nähe von Grundwassermessstellen. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. – Unveröff. Aufnahmematerial.
- HENRICHFREISE, A. & HÜGIN, G. (1992): Vegetation und Wasserhaushalt des rheinnahen Waldes. – *Schriftenr. Vegetationskd.* 24: 48 S. Bonn-Bad Godesberg.
- HERMY, M. (1980): A numerical approach to the phytosociology of riverine woods to the south of Bruges (Flanders, Belgium) – Coll. Phytosoc IX. Strasbourg 1980 – La végétation des forêts alluviales: 227–258.
- HÜGIN, G. (1962): *Wesen und Wandlung der Landschaft am Oberrhein*. – Ulmer, Stuttgart: 64 S.
- (1980): Die Auewälder des südlichen Oberrheintales und Ihre Veränderung und Gefährdung durch den Rheinausbau – Coll. Phytosoc IX. Strasbourg 1980 – La végétation des forêts alluviales: 677–706.

- (1981): Die Auewälder des südlichen Oberrheintales. Ihre Veränderung und Gefährdung durch den Rheinausbau. – *Landschaft + Stadt* 13 (2): 72–91.
- ISSLER, E., (1924): Les Associations végétales des Vosges méridionales et de la plaine rhénane avoisinante. Première partie: Les forêts. A. Les associations d'arbres feuillus. Diagnoses phytosociologiques – *Bull. Soc. Hist. Nat. Colmar* 27: 1–67.
- (1926): Les Associations végétales des Vosges méridionales et de la plaine rhénane avoisinante. Première partie: Les forêts (fin). Documents sociologiques. – *Bull. Soc. Hist. Nat. Colmar*, 29: 1–109.
- (1931): Les associations silvatiques haut-rhinoises. Classification sociologique des Forêts du département du Haut-Rhin à l'exclusion du Sundgau et du Jura alsacien. – *Bull. Soc. Bot. France T* 73 (1926): 62–141 + carte.
- JURKO, A. (1958): Pôdne Ekologické Pomery a Lesné Spoločenstvá Podunajskej Nížiny. – Vydavateľstvo Slovenskej Akadémie vied Bratislava:157–163.
- KAPPEN, L. & SCHULZE, E.D. (1979): Die Auwaldreste des Mains im Garstädter Holz und Elmuß bei Schweinfurt (Unterfranken). – *Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. N.F.* 21: 181–195. Göttingen.
- KEGLER, H.-H., FREI, K., HANKE, U. & KÄTZLER, W. (1999): Der Bannwald Hechtsgraben – Ergebnisse der Forstlichen Grundaufnahmen 1981 und 1994. – *Ber. Freiburger Forstliche Forschung* 15: 39 S.
- KELLER, W., WOHLGEMUTH, T., KUHN, N., SCHÜTZ, M. & WILLDI, O. (1998): Waldgesellschaften der Schweiz auf floristischer Grundlage. – *Mitt. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch.* 73 (2): 91–357.
- KIRSCHLEGER, F. (1852–1862): *Flore d'Alsace et des contrées limitrophes* 3 vol. édit. – Huder, Strasbourg – Masson, Paris.
- KNAPP, R. (1944): Vegetationsaufnahmen von Wäldern der Alpenostrand-Gebiete (Auen- u. Quellwälder). – Vervielf. Manuskript.
- KRAMER, W. & HUBER, E. (1987): Erläuterungen zu den Standortskarten der Rheinauewäldungen zwischen Mannheim und Karlsruhe – Zur Geschichte der Auewäldungen im oberrheinischen Tiefland. – *Schriftenr. Landesforstverwaltung Bad.-Württ.* 65: 339 S.
- KRAUSE, W. (1974): Das Taubergießengebiet. Beispiel jüngster Standortsgeschichte in der Oberrheinaue. – *Natur- Landschaftsschutzgeb. Bad.-Württ.* 7: 147–172.
- KÜHNE, Ch. (2004): Verjüngung der Stieleiche (*Quercus robur* L.) in oberrheinischen Auenwäldern. – *Diss. Univ. Göttingen, Fakultät für Forstwiss.:* 164 S.
- LOHMEYER, W & TRAUTMANN, W. (1974): Zur Kenntnis der Waldgesellschaften des Schutzgebietes „Taubergießen“ Erläuterungen zur Vegetationskarte. – *Das Taubergießengebiet, eine Rheinauenlandschaft. Natur- und Landschaftsschutzgeb. Bad.-Württ.* 7: 422–437.
- MC CUNE, B. & MEFFORD, M.J. (1999): *PC-Ord for Windows. Multivariate Analysis of Ecological Data, version 4.25.* – MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.
- MICHIELS, H.-G. (2000): Der natürliche Wald – ein Leitbild für den naturnahen Waldbau in der Oberrheinaue? – *Mitt. Ver. Forstl. Standortskunde Forstpflanzenzüchtung* 40: 23–34.
- & ALDINGER, E. (2002): Forstliche Standortsgliederung in der badischen Rheinaue – *AFZ/Der Wald* 15: 811–815.
- MOOR, M. (1958): Pflanzengesellschaften schweizerischer Fluäuen. – *Mem. inst. Suisse rech. Forest.* 34: 221–360.
- MÜLLER, TH. & GÖRS, S. (1958): Zur Kenntnis einiger Auenwaldgesellschaften im württembergischen Oberland. – *Beitr. Naturk. Forsch. Südwestd. Dtl.* 17: 88–165.
- OBERDORFER, E. (1953): Der europäische Auenwald. – *Beitr. naturkundl. Forsch. Südwestdeutschland* 12 (1): 22–69.
- (1967): Systematische Übersicht der westdeutschen Phanerogamen- und Gefäßkryptogamen-Gesellschaften. – *Schriftenr. Vegetationskd.* 2: 7–62.
- (1990): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 6. Aufl. – Ulmer, Stuttgart: 1050 S.
- (1992): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. 2. Aufl., Band IV. – Gustav Fischer Verlag, Stuttgart: 282 S. + 580 S. Tab.
- OSTERMANN, R. (2004): Vegetationsdynamik in Bannwäldern des Taubergießengebietes (Überflutungsau der Staubreiche). – *Waldschutzgebiete Bad.-Württ.* 4: 78 S. + Tab. im Anhang. Freiburg.
- PAUTOU, G. (1975): Contribution à l'étude écologique de la plaine alluviale du Rhône entre Seyssel et Lyon. – Thèse: 375 p.
- (1980): La dynamique de la végétation dans la vallée du Rhône entre Genève et Lyon. – *Coll. Phytosoc IX. Strasbourg 1980 – La végétation des forêts alluviales:* 81–91.
- , GIREL, J. & MAMAN L. (1985): Le rôle des processus allogéniques dans le déroulement des successions végétales: l'exemple de la plaine alluviale du Rhône entre Genève et Lyon. – *Coll. Phytosoc XIII Bailleul – Végétation et géomorphologie:* 655–667.

- PFADENHAUER, J. (1969): Edellaubholzreiche Wälder im Jungmoränengebiet des bayerischen Alpenvorlandes. – Diss. Bot. 3, Lehre: 212 S.
- PHILIPPI, G. (1978): Die Vegetation des Altrheingebietes bei Russheim. – Der Russheimer-Altrhein. Natur- Landschaftsschutzgeb. Bad.-Württ. 10: 103–267. Ludwigsburg.
- (1980): Végétation riveraine du Pays de Bade. – Coll. Phytosoc IX. Strasbourg 1980 – La végétation des forêts alluviales: 731–738.
- (1982): Änderungen der Flora und Vegetation am Oberrheingraben. – Natur und Landschaft am Oberrhein. – Veröff. Pfälzische Ges. zur Förderung der Wissenschaft 70: 87–105. Speyer.
- RAMEAU, J.-C. & SCHMITT, A. (1980): Les forêts alluviales de la plaine de Saône. – Coll. Phytosoc IX. Strasbourg 1980 – La végétation des forêts alluviales: 93–113 + Tab.
- RASTETTER, V. (1974): La végétation de l'île du Rhin entre le pont de Vogelgrun et l'usine hydroélectrique de Kembs. – Bull. Soc. Ind. Mulhouse 757: 103–111.
- (1979): L'île du Rhin entre Huningue et Ottmarsheim. – Bull. Soc. Ind. Mulhouse 775: 53–56.
- REIF, A. (1996): Die Vegetation der Trockenaue am Oberrhein zwischen Müllheim und Breisach. – Ber. Naturf. Ges. Freiburg i Br. 84/85: 81–150 + Tab.
- , ZIMMERMANN, R. & SPÄTH, V. (2000): Vegetation der Auenwälder am südlichen Oberrhein. – In: Landesanstalt f. Umweltschutz (Hrsg.): Vom Wildstrom zur Trockenaue – Natur und Geschichte der Flusslandschaft am südlichen Oberrhein. – Verlag Regionalkultur, Rastatt: 117–152 + Tab.
- RENNWALD, E. (Bearb.) (2000): Verzeichnis und Rote Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands. – Schriftenr. Vegetationskd. 35: 800 S. + 1 CD. Bonn-Bad Godesberg.
- ROULIER, C. (1998): Typologie et dynamique de la végétation des zones alluviales de Suisse. – Thèse Institut de botanique Laboratoire d'écologie végétale et de phytosociologie – Université de Neuchâtel, 2 vol.: 138 S. + Tab.
- SANCHEZ-PEREZ, J.-M., TREMOLIERES, M. & CARBIENER, R. (1991): Une station d'épuration naturelle des phosphates et nitrates apportés par les eaux de débordement du Rhin: la forêt alluviale à frêne et orme. – C.R. Ac. Sciences Paris Série III, 312: 395–402.
- SCHIRMER, W. & STRIEDTER, K. (1985): Alter und Bau der Rheinebene nördlich von Straßburg. 22. – Wiss. Tagung Freiburg (1985), Deutsche Quartärvereinigung Hannover: 13 S.
- SCHNITZLER, A. (1988): Typologie phytosociologique, écologie et dynamique des forêts alluviales du complexe géomorphologique ello-rhénan (plaine rhénane centrale d'Alsace). – Thèse U.E.R. Sciences de la vie et de la terre, U.L.P. Strasbourg.
- (1996): Les forêts alluviales des lits majeurs de l'Allier et de la Loire moyenne entre Villeneuve/Allier et Charité/Loire. Etude phytosociologique, Diagnostic de naturalité et propositions de Renaturation. – Doc. Phytosoc. N.S. XVI: 25–44 + Tab. Camerino.
- , CARBIENER, R. & SICARD, B. (1990): Catalogue des stations forestières du Ried ello-rhénan. – CRPF Lorraine-Alsace / ONF.
- SCHMIDT, P.A., HEMPEL, W., DENNER, M., DÖRING, N., GNÜCHTEL, A., WALTER, B. & WENDEL, D. (2002): Potentielle Natürliche Vegetation Sachsens mit Karte 1: 200.000. – Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.) – Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege Dresden: 230 S.
- SCHWABE, A. (1985): Monographie *Alnus incana*-reicher Waldgesellschaften in Europa. – Phytocoenologia 13 (2): 197–302.
- SEIBERT, P. (1962): Die Auenvegetation nördlich der Isar und ihre Beeinflussung durch den Menschen. – Landschaftspf. Vegetationskd. 3: 124 S. München.
- (1969): Über das *Aceri-Fraxinetum* als vikariierende Gesellschaft des Galio-Carpinetum am Rande der bayerischen Alpen. – Vegetatio 17: 165–175. Den Haag.
- (1987): Der Eichen-Ulmen-Auwald (*Quercus-Ulmetum* Issl. 24) in Süddeutschland. Natur u. Landsch. 62: 347–352. Stuttgart.
- SOERENSEN, T. (1948): A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. – Kong. Danske Videns. Selsk. Biol. Skr. 5 (4): 1–34.
- SOÓ, R. (1951): Les associations végétales de la moyenne Transsylvanie. – Ann. Hist. Nat. Musei Nat. Hung. 1: 1–71. Budapest.
- SPÄTH, V. (2002): Hochwassertoleranz von Waldbäumen in der Rheinaue. – AFZ/Der Wald 15: 807–810.
- STATSOFT INC. (2001): Statistica: Kurzeinführung. – Tulsa, USA: 142 S.
- STRIEDTER, K. (1988): Holozäne Talgeschichte im Unterelsass. – Diss. Univ. Düsseldorf: 234 S.
- TRAUTMANN, W., KRAUSE, A., LOHMEYER, W., MEISEL, K. & WOLF, G. (1973): Vegetationskarte der Bundesrepublik Deutschland 1 : 200.000 – Potentielle natürliche Vegetation – Blatt CC 5502 Köln. – Schriftenr. Vegetationskd. 6: 172 S., Bonn-Bad Godesberg.

- VAN DE WINCKEL, R. (1980): Le Wyhlerwald, l'architecture et la dynamique d'une forêt alluviale rhénane sauvage. – Coll. Phytosoc IX. Strasbourg 1980 – La végétation des forêts alluviales: 503–542.
- VOLK, H. (2000a): Neue Ergebnisse der Auewaldforschung am Rhein. – Angew. Landschaftsök. 37: 23–32.
- (2000b): Die Rheinauwälder vor und nach der Rheinkorrektion. – Mitt. Ver. Forstl. Standortkunde Forstpflanzenzüchtung 40: 35–61.
- (2001): Auewaldforschung am Rhein – welche Wälder sind auetypisch? – Natur und Landschaft 76 (12), 520–530.
- (2002): Zur Natürlichkeit der Esche (*Fraxinus excelsior* L.) in Flussauen Mitteleuropas. – Forstwiss. Centralblatt 121: 128–137.
- VOLK, O. H. & BRAUN-BLANQUET, J. (1938/1939): Soziologische und ökologische Untersuchungen an der Auenvegetation im Churer Rheintal und Domleschg. – Jahrb. Nat. Ges. Graubündens 76: 1–51.
- WALENTOWSKI, H., EWALD, J., FISCHER, A., KÖLLING, C. & TÜRK, W. (2004): Handbuch der natürlichen Waldgesellschaften Bayerns. – Verlag Geobotanica, Freising: 441 Seiten.
- WARD, J. H. (1963): Hierarchical grouping to optimize an objective function. – Journ. American Statistical Ass. 58 (301): 236–244.
- Weber, H.E., Moravec, J. & Theurillat, J. P. (2001): Internationaler Code der Pflanzensoziologischen Nomenklatur (IPCN). – Synopsis Pflanzenges. Deutschl. Sonderheft 1: 1–61. Göttingen.
- WENDELBERGER, G. (1980): Die Auenwälder der Donau in Österreich. – Coll. Phytosoc IX. Strasbourg 1980 – La végétation des forêts alluviales: 19–54.
- YON, D. (1980): Evolution des forêts alluviales en Europe, facteurs de destruction et éléments stratégiques de conservation. – Coll. Phytosoc IX. Strasbourg 1980 – La végétation des forêts alluviales: 1–18.

Dr. Hans-Gerd Michiels

Richard Hauschild

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA), Abt. Waldökologie  
Wonnhaldestr. 4

D-79100 Freiburg

Hans-Gerhard.Michiels@forst.bwl.de

Richard.Hauschild@forst.bwl.de

Richard Boeuf

Office National des Forêts (ONF)

– Direction Territoriale Alsace – Service d'Appui Technique

14, rue du Maréchal Juin

F- 67084 Strasbourg

Richard.Boeuf@onf.fr

Eingang des Manuskriptes am 07.08.2006, endgültig angenommen am 03.11.2006.



Tabelle 4: Syntaxonomische und ökologische Klassifizierung der 1104 FVA/ONF-Aufnahmen: Stetigkeit der Arten (selektiv gekürzter Auszug)  
Table 4: Ecological and syntaxonomic classification of the 1104 FVA/ONF relevés: frequency of species (selective, abridged version)

Syntaxa	Salicetum albae corymbosum				Ulmo-Fraxinetum alnetosum glutinosae		Ulmo-Fraxinetum impatiendetosum			Ulmo-Fraxinetum typicum						Allium-Fagete-Gesellschaft	Carietum-Tilietum caricetosum sylvaticae	Carietum-Tilietum typicum	Populetum-Hippophaete-Gebüsch		
	A	B			C		D			E						F	G	H	I		
Ökologische Aufnahmegruppen	1	2	3	4	5	6	7	8	10	9	16	11	12	13	14	15	17	18	19	20	
Anzahl Aufnahmen	19,0	6,0	39,0	72,0	19,0	9,0	43,0	86,0	156,0	86,0	90,0	39,0	12,0	74,0	124,0	87,0	41,0	14,0	51,0	17,0	
<b>Baum-/Straucharten</b>																					
Salix alba	B	89	50	13	78	21			19	35	17	5	2	3							
Viburnum opulus	S	26	67	10	14	26			9	5	4	10	8	3		18	2				6
Populus x canadensis	B	3		95		3			1					3		1					
Populus x hybrida	B	11			22	32	11	5	47	8		7	8	8	4	2	6				
Alnus glutinosa	B	5		13	19	37	67	12	16	19	9	1	3	8	1	2	2				
Fraxinus excelsior	B	5	33	5	18	63	67	77	36	97	90	57	72	83	57	94	54	32	43	12	6
Fraxinus excelsior	S	11	17	3	6	47	11	33	21	44	24	38	41	67	61	28	37	39	14	16	6
Fraxinus excelsior	K	11	50	13	13	47	22	53	20	47	76	48	69	25	70	69	64	95	57	24	12
Cornus sanguinea	S	16	50	21	65	58	89	77	95	94	88	89	49		68	38	70	12	7	86	53
Crataegus monogyna	S	11	50		8	26	33	49	43	61	85	82	33	33	69	68	82	49	36	96	53
Populus nigra	B	21			24	16		35	35	17	16	24			17	9	1	10		22	65
Quercus robur	B	11	100			5	67	53	26	60	34	86	46	100	36	59	89	39	50	80	12
Quercus robur	S					5					1			33	5	1	1	5		39	
Quercus robur s. spec.	S	11	33	5	3	5		5	9	4	29	8	8		36	4	18	29	41	24	6
Euonymus europaeus	S		17	8	3	21	11	7	12	12	23	10	10		14	6	10	12		10	6
Populus alba	B			3	7	21		2	14	26	27	12	18	8	9	10	7	5		6	18
Alnus incana	B			8	10		78	26	21	26	17	17	10		5	23	23		7	4	
Ulmus laevis	B		17	10	3	11			7	13	7	8	3	8	3	7	3			2	
Ulmus minor	B			3	7	16	11	9	26	18	16	23	13	8	9	4	7			20	
Ulmus minor	S	5		5	10	26	22	16	42	29	40	31	13	25	27	8	20		7	47	
Ulmus minor	K					16		7	16	12	44	13	21	17	22	18	7		7	29	
Sambucus nigra	S				29	5	56	33	34	24	48	13	26		7	3	6			2	
Prunus padus	B	5		3	10	5	22	9	12	46	13	9	26		9	9	2	2	7	2	
Prunus padus	S			3	7	47	56	19	30	58	60	23	51	75	42	21	23	17	7	8	6
Prunus padus	K	5			7	26	22	23	12	15	67	11	18	75	31	8	20	12	14	2	
Acer pseudoplatanus	B			3	3	16	22	26	12	10	27	14	33	8	57	25	10	29	7	8	
Acer pseudoplatanus	S	3	3	3	3	5	11	28	10	12	38	9	51	25	55	40	17	41	14	4	
Acer pseudoplatanus	K	11	17	13	7	21	11	47	17	24	57	27	4	56	8	70	50	25	68	36	6
Corylus avellana	S		17			11	22	26	28	33	49	42	44	83	53	98	99	66	57	39	6
Clematis vitalba	S				3			19	35	21	23	43	33	50	34	26	20	2		27	41
Carpinus betulus	B							7		4	5	2	13	17	43	9	8	29	21	10	6
Acer platanoides	B			3		11		5	3		5	3		34	3	5	15			2	
Acer campestre	B		33					2	1	2	2	3	17	3	42	21	5	36	2	2	
Betula pendula	B	5						5	6		5	20	3	25	14	13	11	2	29	20	35
Ligustrum vulgare	S					37	22	14	28	37	49	64	21		65	15	56	39	50	82	53
Lonicera xylosteum	S				3	11		12	27	17	50	90	26		61	35	66	46	50	94	41
Fagus sylvatica	B					11	5				3	2	36	8	8	3	9	100		8	
Fagus sylvatica	S										2		13	58	9	1	1	46		4	
Fagus sylvatica	K										3	6	18		5	3	2	80		7	2
Tilia cordata	B	5		8	4	11		12	2	1	3	9	23	58	16	8	21	5	100	37	6
Rhamnus cathartica	B	5									6	2			3					10	24
Robinia pseudoacacia	B			3				2		1		6	2		1	1	7			10	41
Cornus mas	S			3								6	15	8	12	1	1			21	2
Berberis vulgaris	S										9	6			4	2	5	2	21	31	6
Pinus sylvestris	B										1	1			4			2		24	
Pinus sylvestris	S										2	5			15	18		2		69	35
Viburnum lantana	S										15	1			12	3	14	2		8	76
Salix elaeagnos	S											1								8	76
Hippocrepis emerusoides	S																			4	65
<b>Krautige Arten, Farne u. Moose</b>																					
Callitriche platycarpa	K	21																			
Stellaria media	K	11																			
Bidens sp.	K	32	17	3																	
Lycopus europaeus	K	21	17	3	22			2		1		1									
Rorippa amphibia	K	32	50	10																	
Polygonum mite	K	26	33	13	6			11	2		1										
Galium palustre	K	58	67	18	3	11	11	2			1	1									
Cardamine amara	K	16	8	14							2	1	1								
Camunula pratensis	K	5	50	15	8			2	1	1		4	2		1	1	2				
Ranunculus repens	K	37	83	13	10			2		1											18
Mentha aquatica	K	16	67	5	1					1											
Myosotis palustris	K	47	50	10	10			11													
Scutellaria galericulata	K	16	33		3			11													
Carex gracilis	K	21	50	8	1																
Solanum dulcamara	K	5	33	5							1										
Aster tradescantii	K	5	33	8																	
Lysimachia vulgaris	K	32	33	28	4	21			1	1	5				1	1				10	
Lysimachia nummularia	K	42	67	13	14	26	11	12	3	3	9	1	3							2	
Rumex sanguineus	K	42	50	56	18			22	12	1	5				1					7	2
Lythrum salicaria	K	26	17	10	10	16								8							
Phragmites australis	K	32	50	21	40	32	11				1	2									6
Phalaris arundinacea	K	100	83	64	44	42	67	21	5	1	3	2	3		4						
Stachys palustris	K	11	67	13	4	11	11							8							
Calyptegia sepium	K	42	17	15	8	26	22	2	2					8	1						
Symphytum officinale																					