

## Vegetations- und standortkundliche Untersuchungen in Sukzessionswäldern auf der Insel Usedom

### *Vegetation and soil conditions of pre-forests on the isle of Usedom*

Birgit Litterski, Annett Küstner & Ulrich Hampicke

#### **Abstract**

*The vegetation and ecological conditions of five pre-forests on the island of Usedom (Mecklenburg-Vorpommern), developed on former fields through spontaneous succession, were investigated. The establishment of different successional forests under identical climatic conditions was caused mainly by soil conditions. Based on species groups and dominating trees, Vaccinium myrtillus-Pinus sylvestris-, Vaccinium myrtillus-Oxalis acetosella-Populus tremula-, Oxalis acetosella-Betula pendula- and Festuca gigantea-Acer pseudoplatanus-Pre-Forests were distinguished. The birch forest exhibits the best development among deciduous woodland species. Species of nutrient poor and acid conditions are rarer than species with preference to nutrient and base rich conditions and the pre-forests are characterized by different distribution of indicator species, as shown in an analysis of the Ellenberg ecological indicator values.*

*The sandy, moderately moist soils are characterized by different soil reaction and nutrient gradients. Pre-Forests with deciduous trees show narrow C/N-relations and different pH values. In the pine pre-forests differences in nitrogen contents are reflected in the vegetation.*

*The agricultural use ended between 1955 and 1970. The date of cessation of agricultural use and the degree of nitrogen accumulation may be important for the ensuring course of succession.*

*As shown in the investigation methods and results of forests site diagnostics are a main basis for characterization of successional forests. Anthropogenic changes if site conditions lead to different developments, which need continuously inspection of vegetation and site conditions in the middle European countryside.*

**Keywords:** successional forest, pre-forest, vegetation, soil, humus, environmental factors

#### **Zusammenfassung**

Auf der Insel Usedom (Mecklenburg-Vorpommern) wurden vegetations- und standortkundliche Untersuchungen in fünf Vorwäldern, die sich nach Aufgabe der Ackernutzung durch spontane Sukzession entwickelten, durchgeführt. Es konnte gezeigt werden, dass sich unter den gegebenen klimatischen Verhältnissen insbesondere in Abhängigkeit von den Bodenverhältnissen verschiedene Bestände etablieren können.

Aufgrund der auftretenden Formengruppen und dominierenden Baumarten konnten zwei Blaubeer-Kiefern-Vorwälder sowie je ein Blaubeer-Sauerklee-Pappel-, Sauerklee-Birken-

und Riesenschwingel-Berg-Ahorn-Vorwald ausgewiesen werden. Die beste Verjüngung von Arten mesophiler Laubmischwälder tritt im Birken-Vorwald auf. Die Analyse der Zeigerwerte von Ellenberg zeigt, dass insgesamt sowohl Arten stickstoffarmer als auch bodensaurer Standorte deutlich weniger vertreten sind als Arten stickstoff- und basenreicher Böden und dass Unterschiede zwischen den einzelnen Beständen auftreten.

Die überwiegend durch schluffige Sande gekennzeichneten, mäßig frischen Standorte weisen Unterschiede in den pH-Werten und der Stamm-Nährkraftstufe auf. Die Vorwälder mit Laubbaumarten sind durchweg durch enge C/N-Verhältnisse sowie die Humusform mullartiger Moder gekennzeichnet und weisen in pH-Werten und der Basensättigung Unterschiede auf. In den Blaubeer-Kiefern-Vorwäldern treten deutliche Unterschiede in den Stickstoffgehalten der Auflagehumusformen auf, die sich in der Vegetation widerspiegeln.

Die Nutzungsaufgabe erfolgte zwischen etwa 1955 und 1970, für den Verlauf der Sukzession kann, aufgrund der zunehmenden Akkumulation von Stickstoff, auch der Zeitpunkt der Nutzungsaufgabe relevant sein.

Mit der vorliegenden Untersuchung wird gezeigt, dass die im Rahmen der forstlichen Standorterkundung erarbeiteten Methoden und Ergebnisse auch für die Charakterisierung der Sukzessionswälder eine wichtige Grundlage darstellen. Unter den gegenwärtigen, anthropogen veränderten Standortbedingungen sind zum Teil andere Entwicklungen als die bisher im Rahmen der forstlichen Standortkartierung aufgezeigten Vegetationsentwicklungen möglich. Eine Weiterführung kombinierter vegetations- und standortkundlicher Arbeiten unter den aufgrund des Landnutzungswandels veränderten Bedingungen der mitteleuropäischen Kulturlandschaft ist erforderlich.

**Schlüsselwörter:** Sukzessionswald, Vorwald, Vegetation, Boden, Humus, Umweltfaktoren

## 1 Einleitung

In Zukunft können auf Grund veränderter Agrarpolitik, demographischer Wandlungen und aus anderen Gründen erhebliche Flächen aus landwirtschaftlicher Nutzung ausscheiden, insbesondere auf schwach produktiven Standorten. Hierfür sind rechtzeitig Nutzungskonzeptionen zu entwickeln. In Regionen mit erwünschter Waldmehrung erfolgt diese herkömmlich durch Aufforstung. Wegen der teils extrem niedrigen Rendite der Holzerzeugung ist der Einsatz öffentlicher Mittel für diesen Zweck fragwürdig. Bei der Waldmehrung können die Nicht-Holz-Leistungen des Waldes im Vorder-

grund stehen. Diese können durch Bestände, die auf dem Wege der kostenlosen oder zumindest kostengünstigen Sukzession gebildet werden, unter Umständen ebenso gut erhalten werden.

Aus diesem Grund widmete sich ein von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördertes Projekt (vgl. HAMPICKE et al. 2008) dem vernachlässigten Gebiet der Waldbegründung durch Sukzession. Die wichtigsten umweltrelevanten Projektziele erstreckten sich auf

- die Untersuchung bestehender Sukzessionswälder unterschiedlichen Alters hinsichtlich ihrer naturschutzfachlich, ökonomisch und forstwirtschaftlich relevanten Eigenschaften,
- die ökonomische und naturschutzfachliche Einschätzung von Varianten kostengünstiger Waldmehrung,
- die Bereitstellung von Informationen über die nicht-marktfähigen Leistungen von Sukzessionswäldern,
- die Beratung der Öffentlichkeit über Leistungen und Grenzen von Sukzessionswäldern.

Im Rahmen dieses Projektes erfolgte die an dieser Stelle vorgestellte Untersuchung, die sich der Vegetation und den Standortverhältnissen ausgewählter Sukzessionswälder widmet und der Frage, welche Sukzessionswälder sich nach vorangegangener ackerbaulicher Nutzung in Abhängigkeit von den Standortverhältnissen einstellen, nachgeht. Besondere Beachtung wird dabei der Analyse der aktuellen Vegetation mit Hilfe von Formengruppen und den Humusformen gewidmet. Da die Humusform sowohl für die Baumartenwahl bei der Walderneuerung als auch für Bestockungszieltyp im Nutzungsalter relevant ist (LFG 1999), ist davon auszugehen, dass sie auch für die Abschätzung des Verlaufs von Sukzessionen von Wichtigkeit ist.

## 2 Untersuchungsflächen

Untersucht wurden fünf Flächen mit Sukzessionswäldern auf der Insel Usedom (Landkreis Ostvorpommern, Mecklenburg-Vorpommern). Alle fünf Untersuchungsgebiete sind im Östlichen Vorpommerschen Küstenland, einem durch mäßig küstenfeuchtes Klima gekennzeichnetem Wuchsgebiet des nordostdeutschen Tieflandes, gelegen (vgl. KOPP & SCHWAN-ECKE 1994). Es handelt sich durchweg um Wälder, die sich durch natürliche Sukzession auf ehemaligen Ackerstandorten entwickelt haben. Alle betrachteten Standorte sind ehemalige Sandäcker, deren Nutzung zwischen 1950 und 1970 aufgegeben wurde. In den derzeit etablierten Beständen dominiert jeweils eine Baumart in der Baumschicht, dies sind *Pinus sylvestris*, *Populus tremula*, *Betula pendula* oder *Acer pseudoplatanus* (Tab. 1).

Die Fläche 1, direkt an den Ort Loddin und eine magere, regelmäßig gemähte Fläche angrenzend, weist einen durch Touristen stark beeinflussten Kiefernwald im Alter von ca. 60 Jahren auf. Die Fläche 2, ebenfalls mit Kiefernwald, befindet sich am Fuß des Glaubensberges nahe Pudagla. Der Kiefern-Sukzessionswald, unterbrochen von Robinien-Beständen und Resten einer Bebauung, grenzt an eine Kiefern-Aufforstungsfläche, an einen Weg und die daran angrenzende Erlen-Sukzessionsfläche am Schmollen-See. Die Fläche weist unterschiedliche Altersstadien auf, es traten ca. 40 bis 110 Jahre alte Bestände auf. Untersucht wurde ein ca. 25 m

hoher, vermutlich 50 bis 60 Jahre alter Bestand innerhalb des Kiefernwaldes. Bei der Fläche 3 handelt es sich um eine kleine Fläche, die sich ebenfalls auf dem Glaubensberg bei Pudagla befindet. Der Bestand grenzt an Laubwald und einen Kiefernforst sowie eine Waldwiese, auf die sich *Populus tremula* ausbreitet. Der Birken-Sukzessionswald (Tab. 1, Fläche 4) ist am Weg nach Sellin unweit von Benz gelegen. Auffällig sind hier die ehemalige Waldgrenze eines benachbarten Laubmischwaldes mit weit ausladenden Eichen, unter denen sich keine Gehölze ansiedelten, und die Verjüngung zahlreicher Baumarten im Sukzessionsbestand. Die Fläche grenzt an den Laubmischwald, Grünland und eine Straße. Fläche 5 weist einen durch natürliche Sukzession herausgebildeten Bestand mit Berg-Ahorn (*Acer pseudoplatanus*) bei Alt Sallenthin auf (Tab. 1), der an Acker, Laubwald und eine Straße grenzt.

## 3 Methodik

### 3.1 Vegetationsuntersuchungen

Die Untersuchungen zur Vegetation erfolgten mittels Vegetationsaufnahmen nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (1928), wobei die modifizierte Skala von REICHELDT & WILMANN (1973) angewendet wurde (vgl. DIERSCHKE 1994). In jedem der untersuchten Sukzessionsbestände wurde eine Vegetationsaufnahme angefertigt, die Aufnahmefläche betrug 100 m<sup>2</sup> (Fläche 2 bis 5) bzw. 150 m<sup>2</sup> (Fläche 1). Die Aufnahmen wurden am 19. Juni 2007 (Fläche 1, 4, 5) und 10. Juli 2007 (Fläche 2 und 3) angefertigt. Die Aufnahmen wurden tabellarisch zusammengestellt und durch Angabe der Formengruppen (LFG 1999) und der Zeigerwerte (ELLENBERG et al. 1992) ergänzt. Die Bestimmung und Nomenklatur der Gefäßpflanzen erfolgte nach JÄGER & WERNER (2005), die der Moose nach FRAHM & FREY (1983).

### 3.2 Bodenuntersuchungen

Auf den Vegetationsaufnahmeflächen wurden zum Zeitpunkt der Aufnahmen Oberbodenproben (Mischproben, 0 bis 30 cm) mit Hilfe eines Ackerlandbohrers entnommen. Die auf den Untersuchungsflächen vorkommenden Bodenarten wurden mittels Fingerprobe unter Bezug auf FORSTLICHE STANDORTSAUFNAHME (1996) angesprochen.

Der luftgetrocknete Boden wurde mit einem Mörser zerkleinert und mit einem 2 mm-Sieb in Skelettanteil, Wurzelreste sowie Feinboden getrennt. Die Bestimmung des pH-Wertes des Feinbodens erfolgte in 0,01 M CaCl<sub>2</sub>.

Der Schwerpunkt der Bodenuntersuchungen lag in der Analyse der Humusformen. Dazu wurden in den untersuchten Waldbeständen an jeweils fünf Stellen auf einer Fläche von 2 x 2 m Bodenproben als Mischproben zusammengestellt. Die Proben wurden an den Standorten mit Auflagehumusformen (Nr. 1 und 2) aus den O-Horizonten, bei Standort 1 insbesondere aus dem Oh-Horizont, entnommen. Die oberflächlich vorhandene Streuschicht (L) und der Of-Horizont wurden vor Entnahme der Probe entfernt. Bei den Mineralbodenhumusformen (Nr. 3–5) erfolgte nach Beseitigung der Streuschicht die Entnahme von oberflächennahem humushaltigem Material. Sie erfolgte am Standort 3 aus den obersten 5 mm, wobei am Hangfuß mit der Probennahme begonnen wurde und die weiteren Proben dann am Hang aufsteigend entnommen wurden. Am Standort 4 erfolgte die

**Tab. 1:** Charakteristik und Lage der Untersuchungsflächen mit Sukzessionswäldern.**Tab. 1:** Characterization and position of investigated areas with successional forests.

	Nächstgelegener Ort	Dominierende Baumart	Größe	Nutzungsaufgabe	Nördlicher Breitengrad	Östlicher Längengrad	Forstl. Abteilung
1	Loddin	<i>Pinus sylvestris</i>	8,2 ha	1955	54°02'03''	14°01'01''	3303a
2	Pudagla	<i>Pinus sylvestris</i>	5,0 ha	1960?	53°57'52''	14°04'21''	3259 d2
3	Pudagla	<i>Populus tremula</i>	0,5 ha	?	53°57'55''	14°04'25''	3259
4	Benz	<i>Betula pendula</i>	0,6 ha	1960	53°56'35''	14°05'22''	3203Nc1
5	Alt Sallenthin	<i>Acer pseudoplatanus</i>	0,4 ha	1970	53°56'48''	14°06'19''	3201Nc3

Probennahme aus dem unter den zum Teil verfilzten Auflagehorizont vorhandenen deutlich humosen Mineralboden, am Standort 5 aus dem obersten Zentimeter des ca. 2–3 cm mächtigen Ah-Horizonts. Die Entnahme erfolgte in Anlehnung an die beschriebene Methodik (FORSTLICHE STANDORTSAUFNAHME 1996) möglichst sorgfältig mit Hilfe eines Spatens, bei geringen organischen Auflagen mit Hilfe eines Taschenmessers. Die Entnahme der Humusproben erfolgte am 12. November 2007.

Die Proben wurden anschließend im Labor des Instituts für Botanik und Landschaftsökologie analysiert, wobei methodisch dem HANDBUCH FORSTLICHE ANALYTIK (2005) gefolgt wurde. Die Proben wurden im Trockenschrank bei 60 °C getrocknet und anschließend grob mit der Schlagkreuzmühle gemahlen und in einem 2 mm-Sieb gesiebt. Zur Bestimmung des pH-Werts wurde die gesiebte Humusprobe in einem Becherglas mit 0,01 M CaCl<sub>2</sub>-Lösung im Volumenverhältnis Probe:Lösung = 1:2,5 verrührt. Am darauf folgenden Tag erfolgte nach nochmaligem Umrühren der Probe die Messung mit einer Glaselektrode.

Ein Teil des Bodens wurde mittels Rotor-Schnellmühle (Pulverisette 14, Fa. Fritsch) für die C/N-Analyse staubfein gemahlen, bei 100 °C im Trockenschrank getrocknet, eingewogen und im Elementar-Analysator (elementar Vario EL, Hanau) am Botanischen Institut Greifswald analysiert. Das Gerät ermittelt absolute Gesamtgehalte an Kohlenstoff (C<sub>t</sub>) und Stickstoff (N<sub>t</sub>) und berechnet mittels vorher ermittelter Einwaage die prozentualen Anteile der Elemente. Das C/N-Verhältnis (C<sub>org</sub>/N<sub>t</sub>) wurde durch Division aus den ermittelten C<sub>t</sub>- und N<sub>t</sub>-Gehalten berechnet, wobei die prozentualen Werte verwendet wurden. Dies ist möglich, da bei den niedrigen gemessenen pH-Werten davon ausgegangen werden kann, dass C<sub>org</sub> und C<sub>t</sub> nahezu identisch sind.

Die Basensättigung wurde nach Kappen-Adrian bestimmt (vgl. HANDBUCH FORSTLICHE ANALYTIK 2005). Die Summe der basisch austauschbaren Kationen (S-Wert), zu der Ca-, Mg-, Na- und K-Ionen zählen (vgl. SCHEFFER 2002), wurde durch Extraktion mit 0,1 M Salzsäure ermittelt. Die Summe der löslichen und austauschbaren Kationen (H-Wert), zu denen Al-, Fe und freie H-Ionen zählen, wurde durch Extraktion mit einem schwach alkalischen Borat-Calciumchlorid-Gemisch bestimmt. Die Gesamtsumme der löslichen und austauschbaren Kationen (T-Wert) ergibt sich rechnerisch als Summe der analytisch ermittelten Werte für S und H. Die Bestimmung der effektiven Kationenaustauschkapazität mit NH<sub>4</sub>Cl oder der potentiellen Austauschkapazität mit BaCl<sub>2</sub> führen nicht zu vergleichbaren Ergebnissen (HANDBUCH FORSTLICHE ANALYTIK 2005), was den Vergleich mit anderen Ergebnissen erschwert. Der V-Wert (Basensättigungsgrad) ergibt sich ebenfalls rechnerisch [V(%)=S/T\*100].

## 4 Theoretischer Hintergrund der forstlichen Standortkartierung

In der forstlichen Standorterkundung wird zwischen Stamm- und Zustands-Eigenschaften unterschieden (KOPP & SCHWAN-ECKE 1994, LFG 1999). Mit der Stamm-Nährkraft wird das stark von der Bodenform bestimmte Nährstoffpotential eines Waldbodens gekennzeichnet, es werden die fünf aufgeführten Nährstoffstufen (Reich, Kräftig, Mittel, Ziemlich arm und Arm) unterschieden. Diese können durch hochgestellte Ziffern von 1 bis 5 noch jeweils differenziert werden. Dabei liegt zum Beispiel M<sup>1</sup> nahe der Nährkraftstufe K und M<sup>5</sup> nahe der Nährkraftstufe Z (LFG 1999). Bei der Stamm-Feuchte werden auf mineralischen, unvernässten Standorten drei Feuchtestufen unterschieden (1: frisch, 2: mäßig frisch, 3: trocken). Die Stamm-Vegetationsformen werden aus den erfassten Zustandsreihen der Vegetation abgeleitet, wobei unterstellt wird, dass ein Gleichgewicht zwischen Standorteigenschaften und Vegetation natürlich ist und der harmonische Gleichgewichtszustand als Stamm-Vegetationsform bewertet wird. Die Stamm-Vegetationsform ist eine standortbezogene, streng gefasste Variante der potenziell natürlichen Vegetation (KOPP et al. 2002). Auch Vorwald- und Zwischenwald-Vegetationsformen wurden als Waldentwicklungsstadien mit den Stamm-Vegetationsformen zusammengeführt, wobei auch hier eine annähernd natürliche Gleichgewichts-Humusform unterstellt wird (KOPP et al. 2002). Stamm-Eigenschaften sind relativ unveränderlich und schwer beeinflussbar. Es gibt aber auch irreversible Naturraumveränderungen, die zu einer Veränderung der Stamm-Eigenschaften führen. KOPP (2003a) führt als Beispiel die Überformung bewegten Reliefs durch Ackernutzung mit lateraler Substratverlagerung von den Kuppen in die Mulden an.

Die Zustands-Vegetationsform spiegelt die aktuelle Leistungsfähigkeit eines Standorts wider, sie wird mit Hilfe von Formengruppen der Bodenvegetation charakterisiert. Die aktuelle Nährkraft des Bodens, ausgedrückt über die Humusform, wird als Zustands-Nährkraft bezeichnet. Die einzelnen Humusformen werden hinsichtlich ihrer Nährkraft nach laboranalytischen Kennwerten einer von sieben Stufen zugeordnet (vgl. Tab. 2). Zum Teil werden im Bereich der Humusform Mull auch die Stufen sieben und acht, wobei die in Tabelle 2 nicht berücksichtigte Stufe 8 die carbonathaltigen Standorte mit sehr hoher Basensättigung, hohen pH-Werten und engen C/N-Verhältnis umfasst, unterschieden (vgl. SCHULZE 1996). Die analytischen Kennwerte beziehen sich auf den Ah-Horizont beim Mull, die oberen 2 cm beim mullartigen Moder und die O-Horizonte bei den übrigen Humusformen. Mager- und Hungerrohhumus werden nicht über die angeführten laboranalytischen Kennwerte, sondern über die Bodenvegetation getrennt.

Von Bedeutung ist die Unterscheidung der Stickstoffstufe, die durch das C/N-Verhältnis ermittelt werden kann und der Säure-Basenstufe, die mit Hilfe der Basensättigung und des pH-Wertes eingeschätzt wird. Bei harmonischen Humusformen bewegen sich sowohl die Kennwerte für die Stickstoffstufe als auch die Kennwerte für die Säure-Basenstufe in den für die betreffende Humusform festgelegten Wertespannen. Bei disharmonischen Humusformen, die durch Eintrag von Chemikalien bedingt sein können, liegen die Kennwerte für die Stickstoff- und Säure-Basenstufe in verschiedenen Bereichen (vgl. LFG 1999, KOPP & SCHWANECKE 1994). Auf extrem nassen oder trockenen Standorten kann Disharmonie auch eine natürliche Eigenschaft sein (KOPP 2003a).

Gewöhnlich stehen auch die Formengruppen der Bodenvegetation (vgl. Tab. 2), die für die Kartierung der Feuchtestufen der Humusformen verwendet werden, in Einklang mit den Humusformen (Gleichlauf der Vegetation). Fremdstoffeinträge beeinflussen nicht nur die Humusformen, sondern erschweren auch deren Kartierung mit Hilfe der Bodenvegetation. Bodenpflanzen reagieren beispielsweise oftmals erheblich verzögert auf den Stickstoffeintrag, es ist deshalb häufig zu beobachten, dass das Stickstoffniveau im Oberboden bereits der Nährkraftstufe „ziemlich arm“ entspricht, die Bodenvegetation jedoch nach wie vor der Blaubeer-Formengruppe (entsprechend Nährkraftstufe „arm“) zuzuordnen ist (LFG 1999). Ein Nachlauf der Vegetationsentwicklung liegt dann vor, wenn die Nährkraftstufe nach dem Analysenbefund um ein oder zwei Stufen höher (bei Stickstoff- oder Basenentrophierung) bzw. bei Versauerung niedriger liegt, als die Vegetationsform zeigt (LFG 1999). Vegetationsnachlauf lässt auf einen schnellen Verlauf des Wandels schließen, zu berücksichtigen ist die Wandlungsbereitschaft des Bodens. Für den Wandel der Stickstoffstufe hängt sie vom Humusvorrat, bei der Säure-Basenstufe vom Sorptionsvermögen und dem Basenvorrat ab, zudem sind die Ausgangs-Humusform und die Ausgangs-Säure-Basenstufe relevant (KOPP 2003a).

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Vegetation

Die untersuchten Flächen sind durch hohe Deckungen von je einer Baumart in der Baumschicht gekennzeichnet. In der mit *Pinus sylvestris* bestandenen Fläche 1 trat zudem *Sorbus aucuparia* in der zweiten Baumschicht auf. Auffällig ist auf der mit *Betula pendula* bestandenen Untersuchungsfläche 4 die zweite Baumschicht, die durch vier Baumarten der Carpino-Fagetea (*Acer pseudoplatanus*, *Fagus sylvatica*, *Fraxinus excelsior*, *Quercus robur*) gebildet wird (Tab. 3).

In der Strauchschicht treten zum Teil nitrophile Sträucher (*Rubus* sp., *Sambucus nigra*) auf, zum Teil sind aber auch Verjüngungs- und Entwicklungstendenzen erkennbar. Dabei sind die mit Kiefern bestandenen Flächen durch Arten wie *Quercus robur*, *Sorbus aucuparia* und *Frangula alnus*, die mit *Betula pendula* bestandene Fläche durch das Auftreten von beispielsweise *Acer campestre*, *Acer pseudoplatanus* und *Fraxinus excelsior* in der Strauchschicht gekennzeichnet. In den Flächen 3 (*Populus tremula*) und 5 (*Acer pseudoplatanus*) ist eine Strauchschicht kaum entwickelt (vgl. Tab. 3).

In der Kraut- und Moosschicht treten überwiegend weit verbreitete Arten auf. Auf den durch Kiefernwälder gekennzeichneten Untersuchungsflächen 1 und 2 treten zahlreiche Arten

Tab. 2: Kennzeichnung harmonischer Humusformen (Quelle: LFG 1999, SCHULZE 1996).

Tab. 2: Characterization of harmonical humus forms (source: LFG 1999, SCHULZE 1996).

Name der Humusform	Stufe	Kurzform	Horizontfolge	C/N	Nährkraft	Basensättigung (V-Wert %)	pH <sub>KCL</sub>	Einschätzung der Säure-Basenstufe	Charakteristische Formengruppen auf mäßig frischen Standorten
Mineralbodenhumusformen									
Mull	7	Mu	Ol-Ah	11,6–14,7	reich	≥ 46	≥ 4,8	basenreich	Lungenkraut-FG
Mullartiger Moder	6	MM	Ol-Of-Ah	14,2–18,5	kräftig	30–46 (–48)	5,0–4,0	ziemlich basenreich	Riesenschwengel-FG
Auflagehumusformen									
Moder	5	Mo	Ol-Of-Ah	17,8–23,8	mittel	18–30 (–32)	4,2–3,2	mäßig basenhaltig	Sauerklee-FG
Rohhumusartiger Moder	4	RM	Ol-Of-Oh-Ah	22,7–31,2	ziemlich arm	10–18 (–20)	≤ 3,4	ziemlich basenarm	Kräuter-Blaubeer-FG
Rohhumus	3	Ro	Ol-Of-Oh-Ah	29,4–41,4	arm	6–10 (–12)	≤ 3,2	basenarm	Blaubeer-FG
Magerrohhumus	2	Ma	Ol-Of-Oh-Ah	≥ 38,4	sehr arm (d)	6–10 (–12)	≤ 3,2		Zypressenmoos-FG
Hungerrohhumus	1	Hu	Ol-Of-Oh-Ah	≥ 38,4	extrem arm	6–10 (–12)	≤ 3,2		Flechten-FG

**Tab. 3:** Vegetationsaufnahmen der Untersuchungsflächen mit Angabe der Formengruppen (nach LFG 1999) und der Zeigerwerte (nach ELLENBERG et al. 1992).

**Tab. 3:** Relevés of investigated areas with annotation of form groups (according to LFG 1999) and ecological values (according to ELLENBERG et al. 1992).

Fläche	1	2	3	4	5	Formengruppe	L	T	K	F	R	N
Deckung Baumschicht in %	70	45	50	50	70							
Deckung 2. Baumschicht in %	2			7								
Deckung Strauchschicht in %	8	5	<1	10	<1							
Deckung Krautschicht in %	15	60	70	95	70							
Deckung Mooschicht in %	70	50	20	1	<1							
Anzahl Arten	19	17	24	37	20							
B: <i>Pinus sylvestris</i>	4	3	-	-	-			x	7	x	x	x
<i>Betula pendula</i>	-	-	-	3	-			x	x	x	x	x
<i>Quercus robur</i>	-	-	-	-	-			6	6	x	x	x
<i>Populus tremula</i>	-	-	3	-	-			5	5	5	x	x
<i>Acer pseudoplatanus</i>	-	-	-	-	4			x	4	6	x	7
B2: <i>Sorbus aucuparia</i>	2a	-	-	-	-			x	x	x	4	x
<i>Fraxinus excelsior</i>	-	-	-	1	-			5	3	x	7	7
<i>Acer pseudoplatanus</i>	-	-	-	1	-			x	4	6	x	7
<i>Fagus sylvatica</i>	-	-	-	1	-			5	2	5	x	x
<i>Quercus robur</i>	-	-	-	1	-			6	6	x	x	x
S: <i>Rubus</i> sp.	1	-	-	2a	-							
<i>Quercus robur</i>	1	r	-	-	-			7	6	6	x	x
<i>Sorbus aucuparia</i>	1	1	-	-	-			6	x	x	x	4
<i>Sambucus nigra</i>	-	-	-	-	r			7	5	3	5	x
<i>Acer pseudoplatanus</i>	-	-	-	+	-			4	x	4	6	x
<i>Prunus padus</i>	-	-	-	r	-							
<i>Frangula alnus</i>	-	1	-	-	-			6	6	5	8~	4
<i>Corylus avellana</i>	r	-	-	-	-			6	5	3	x	x
<i>Populus tremula</i>	-	-	+	-	-			6	5	5	5	x
K: <i>Quercus robur</i>	+	1	+	1	+			7	6	6	x	x
<i>Betula pendula</i>	-	r	-	-	-			7	x	x	x	x
<i>Acer pseudoplatanus</i>	-	-	-	+	1			4	x	4	6	x
<i>Prunus padus</i>	-	-	+	-	-							
<i>Fagus sylvatica</i>	-	-	r	-	r			3	5	2	5	x
<i>Acer platanoides</i>	-	-	r	-	-			4	6	4	x	x
<i>Fraxinus excelsior</i>	-	-	r	+	r			4	5	3	x	7
<i>Acer campestre</i>	-	-	-	+	-			5	6	4	5	7
<i>Adoxa moschatellina</i>	-	-	-	-	+	Lungenkraut-		5	x	5	6	7
<i>Galium aparine</i>	-	-	r	1	+	Riesenschwingel-		7	6	3	x	6
<i>Polygonatum multiflorum</i>	-	+	-	+	-	Riesenschwingel		2	x	5	5	6
<i>Urtica dioica</i>	-	-	-	-	r	Riesenschwingel-		x	x	x	6	7
<i>Geranium robertianum</i>	+	-	r	1	1	Riesenschwingel-		5	x	3	x	x
<i>Impatiens noli-tangere</i>	-	-	-	+	3	Riesenschwingel-		4	5	5	7	7
<i>Galeobdolon luteum</i>	-	-	r	-	-	Riesenschwingel-		3	5	4	5	7
<i>Geum urbanum</i>	-	-	-	1	2b	Riesenschwingel-		4	5	5	5	x
<i>Moehringia trinerva</i>	r	-	-	+	-	Sauerklee-		4	5	3	5	6
<i>Dryopteris filix-mas</i>	-	-	-	2a	-	Sauerklee-		3	x	3	5	5
<i>Anemone nemorosa</i>	-	-	-	-	+	Sauerklee-		x	x	3	5	x

<i>Convallaria majalis</i>	-	+	-	-	-	Sauerklee-	5	x	3	4	x	4
<i>Holcus mollis</i>	-	-	+	-	-	Sauerklee-	5	5	2	5	2	3
<i>Dactylis glomerata</i>	-	+	+	1	-	Sauerklee-	7	x	3	5	x	6
<i>Arrhenatherum elatius</i>	-	-	-	2b	-	Sauerklee-	8	5	3	x	7	7
<i>Polypodium vulgare</i>	-	-	r	-	-	Sauerklee-	5	5	3	4	2	2
<i>Poa pratensis</i>	-	-	-	-	+	Sauerklee-	6	x	x	5	x	6
<i>Fragaria vesca</i>	-	-	-	+	-	Sauerklee-	7	x	5	5	x	6
<i>Achillea millefolium</i>	-	-	-	r	-	Sauerklee-	8	x	x	4	x	5
<i>Agrostis stolonifera</i>	-	-	-	+	-	Sauerklee-	8	x	5	7~	x	5
<i>Deschampsia flexuosa</i>	2a	4	3	1	-	Blaubeer-	6	x	2	x	2	3
<i>Melampyrum pratense</i>	+	-	-	1	-	Blaubeer-	x	x	3	x	3	2
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	+	-	-	r	-	Blaubeer-	x	x	x	x	5	x
<i>Lonicera periclymenum</i>	+	-	-	1	-	Blaubeer-	6	5	2	x	3	4
<i>Sorbus aucuparia</i>	+	+	+	r	-		6	x	x	x	4	x
<i>Hieracium umbellatum</i>	-	+	2b	-	-		6	6	x	4	4	2
<i>Agrostis capillaris</i>	-	-	+	-	-		7	x	3	x	4	4
<i>Hieracium pilosella</i>	-	-	+	-	-		7	x	3	4	x	2
<i>Galium mollugo</i>	-	-	r	-	-		7	6	3	4	7	?
<i>Galeobdolon argentatum</i>	-	-	+	-	-							
<i>Hedera helix</i>	1	2a	+	-	r		4	5	2	5	x	x
<i>Carex arenaria</i>	+	-	-	-	-		7	6	2	3	2	2
<i>Rubus</i> sp.	-	1	-	-	-							
<i>Ribes</i> sp.	1	-	-	-	-							
<i>Anthriscus sylvestris</i>	-	-	+	+	2a		7	x	5	5	x	8
<i>Solidago virgaurea</i>	-	+	1	r	-		5	x	x	5	x	4
<i>Conyza canadensis</i>	-	-	-	-	r		8	6	x	4	x	5
<i>Heracleum spondylium</i>	-	-	-	+	+		7	5	2	5	x	8
<i>Juncus effusus</i>	-	-	-	r	-		8	5	3	7	3	4
M: <i>Atrichum undulatum</i>	-	-	-	-	+	Sauerklee-	6	x	5	6	4	
<i>Plagiomnium affine</i>	-	-	-	2m	-	Sauerklee-	5	4	5	5	5	
<i>Scleropodium purum</i>	4	-	-	-	-	Blaubeer-	6	4	5	4	5	
<i>Pleurozium schreberi</i>	-	4	-	-	-	Blaubeer-	6	3	5	4	2	
<i>Dicranum scoparium</i>	-	+	-	-	-	Flechten-	5	x	5	4	4	
<i>Brachythecium rutabulum</i>	-	-	2b	2m	+		5	x	5	4	x	
<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>	1	-	-	-	-		7	3	6	6	5	

der als Anzeiger für Rohhumus geltenden Blaubeer-Formengruppe (z. B. *Deschampsia flexuosa*, *Lonicera periclymenum*, *Melampyrum pratense*, *Scleropodium purum*, *Pleurozium schreberi*) auf, mehrere dieser Arten treten auch im Birkenwald auf der Untersuchungsfläche 4 auf (Tab. 3). Es treten Unterschiede zwischen den beiden Blaubeer-Kiefernwäldern auf. Während auf der Fläche 2 das etwas anspruchslosere Laubmoos *Pleurozium schreberi* dominant auftritt und *Deschampsia flexuosa* eine hohe Deckung aufweist, tritt auf der Fläche 1 *Scleropodium purum* dominant auf und *Deschampsia flexuosa* mit geringerer Deckung.

Arten der für die Humusform mullartiger Moder charakteristischen Riesenschwengel-Formengruppe (z. B. *Galium aparine*, *Geum urbanum*, *Geranium robertianum*, *Impatiens noli-tangere*, *Urtica dioica*) und der für die Humusform Moder kennzeichnenden Sauerklee-Formengruppe (z. B. *Dryopteris*

*filix-mas*, *Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata*, *Moehringia trinervia*) charakterisieren insbesondere die mit Laubwäldern bestandenen Untersuchungsflächen 3 bis 5. Einige wenige Arten dieser Gruppen treten vereinzelt auch in den Kiefernwäldern auf, sind aber für die Ausweisung der für die Humusform rohhumusartiger Moder charakteristischen Kräuter-Blaubeer-Formengruppe nicht in ausreichender Häufigkeit bzw. Deckung vorhanden (vgl. Tab. 3). Reaktions- und Stickstoffzahl nehmen tendenziell von der Riesenschwengel zur Blaubeer-Formengruppe hin ab.

Die Bestände am Standort 1 und 2 können als Blaubeer-Kiefern-Vorwald bezeichnet werden, nur wenige Arten der beiden anderen Gruppen treten mit zudem geringer Deckung auf. Für den Pappel-Vorwald (Standort 3) wird aufgrund der hohen Deckung von *Deschampsia flexuosa* sowie der etwas stärkeren Beteiligung von Arten der Sauerklee- und

**Tab. 4:** Verteilung von Zeigerarten auf den untersuchten Flächen.

**Tab. 4:** *Distribution of ecological values on the investigated areas.*

Fläche	1	2	3	4	5
Anzahl der Arten mit Stickstoffzahl 1 bis 3	3	2	5	2	-
Anzahl der Arten mit Stickstoffzahl 4 bis 6	2	3	4	12	3
Anzahl der Arten mit Stickstoffzahl 7 bis 9	2	-	4	13	10
Anzahl der Arten mit Reaktionszahl 1 bis 3	4	2	3	3	-
Anzahl der Arten mit Reaktionszahl 4 bis 6	6	5	4	7	2
Anzahl der Arten mit Reaktionszahl 7 bis 9	-	-	4	7	4

Riesenschwingel-Formengruppe die Bezeichnung Blaubeer-Sauerklee-Pappel-Vorwald gewählt. Der Birken-Vorwald am Standort 4 weist die meisten Arten mit den zudem höchsten Deckungen aus der Sauerklee-Formengruppe auf. Es sind außerdem Arten der Blaubeer- und Riesenschwingel-Formengruppe vertreten. Die Bezeichnung Sauerklee-Birken-Vorwald wird der Situation am besten gerecht. Im Bestand auf der Fläche 5 überwiegen Arten der Riesenschwingel-Formengruppe, während Arten der Blaubeer-Formengruppe ganz ausfallen, findet sich sogar eine Art der anspruchsvollen Lungenkraut-Formengruppe. Der Vorwald wird als Riesenschwingel-Berg-Ahorn-Vorwald ausgewiesen.

Betrachtet man die Zeigerwerte aller in den Aufnahmen auftretenden Arten, so fällt auf, dass insgesamt sowohl Arten stickstoffarmer als auch bodensaurer Standorte deutlich weniger vertreten sind, als Arten stickstoff- und basenreicher Böden. Viele Arten verhalten sich zudem indifferent. Hinsichtlich des Spektrums der Zeigerwerte weisen die fünf untersuchten Standorte deutliche Unterschiede auf, die in Tabelle 4 zusammenfassend dargestellt sind. Basenzeiger (Reaktionszahl 7 bis 9) fehlen auf den beiden mit Blaubeer-Kiefern-Vorwald bestandenen Flächen 1 und 2, während Arten stickstoffreicher Standorte (Stickstoffzahl 7 bis 9) nur auf der Fläche 2 fehlen. Auf die standörtlichen Unterschiede zwischen beiden Flächen geht Abschnitt 5.2 ein. Es fällt zudem auf, dass sowohl Säurezeiger (Reaktionszahl 1 bis 3) als auch Arten stickstoffarmer Standorte (Stickstoffzahl 1 bis 3) im Riesenschwingel-Berg-Ahorn-Vorwald (Fläche 5) fehlen. Arten stickstoffreicher Standorte (Stickstoffzahl 7 bis 9) überwiegen im Riesenschwingel-Berg-Ahorn-Vorwald und stellen auch im Sauerklee-Birken-Vorwald einen hohen Anteil der auftretenden Arten dar.

## 5.2 Boden

Die Bestimmung des pH-Werts im Oberboden zeigt, dass deutliche Unterschiede zwischen den Flächen auftreten. Einen ziemlich geringen pH-Wert von 3,4 weist die Fläche 1 (Loddin) auf, einen mittleren pH-Wert weisen die Flächen 2 und 3 (Pudagla) auf, während die Flächen 4 (Benz) und 5 (Alt Sallenthin) durch einen deutlich günstigeren pH-Wert von 4,3 gekennzeichnet sind. Hinsichtlich der Bodenart sind die Untersuchungsflächen überwiegend durch schluffige Sande (Su) gekennzeichnet, auf einer Fläche tritt die Bodenart sandiger Sand (Ss) auf (Tab. 5).

Die Angaben zur Stamm-Nährkraftstufe und Stamm-Feuchtestufe wurden vom Forstamt Pudagla mitgeteilt, sie entstammen den Datenerhebungen im Rahmen der forstlichen Standorterkundung und sind in Tabelle 5 aufgeführt. Zumeist wurden die Untersuchungsflächen nicht im Rahmen der forstlichen Standorterkundung erfasst, die Stamm-Eigenschaften wurden aus angrenzenden Flächen abgeleitet.

Alle fünf untersuchten Standorte sind mäßig frische Standorte mit der Stamm-Feuchtestufe 2. Sie unterscheiden sich aber in Hinblick auf die Stamm-Nährkraftstufe. Es treten die Stamm-Nährkraftstufen Ziemlich arm, Mittel und Kräftig auf (vgl. Tab. 5).

Nachfolgend seien die laboranalytischen Kennwerte der Humusformen dargestellt (vgl. Tab. 6). Bei den pH-Werten der Humusformen zeigt sich besonders deutlich der Unterschied zwischen den Kiefernwaldstandorten mit Auflagehumusformen (Standort 1 und 2, pH-Werte von 2,7 bis 3,1) und den Laubwald-Standorten mit Mineralbodenhumusformen (Standorte 3 bis 5, pH-Werte von 4,5 bis 6,3). Zudem wird deutlich, dass Unterschiede im Relief, wie sie an den Standorten 3 und 4 auftraten, zu einer stärkeren Varianz der pH-Werte führen (Tab. 6).

Die Gesamtsumme der löslichen und austauschbaren Kationen (T-Wert) variiert an den Standorten mit Auflagehumusformen von 124 bis 136 mmol<sub>c</sub>/100 g Boden (Fläche 1) bzw. 80 bis 113 mmol<sub>c</sub>/100 g Boden (Fläche 2). Wir gehen davon aus, dass die Austauschkapazität bei unseren Böden vorwiegend organischer Natur ist und durch Bindung an organische Huminstoffe bedingt ist. Sie ist am Standort 1, der Kohlenstoffgehalte von etwa 40 % aufweist, deutlicher höher als am durch Kohlenstoffgehalte von etwa 30 % gekennzeichneten Standort 2. An den Standorten mit Mineralbodenhumusformen variiert der T-Wert von 26 bis 79 mmol<sub>c</sub>/100 g Boden. Die organischen Kohlenstoffgehalte sind mit Werten von etwa 3 bis 18 % deutlich niedriger (Tab. 6). Die Kohlenstoffgehalte weisen darauf hin, wie stark der Humus im Boden mit dem Mineralkörper vermischt ist. Der Kohlenstoffgehalt der organischen Substanz (Humus) liegt meist bei 50 % (SCHEFFER 2002), in unseren Untersuchungen sind immer, ansteigend von Fläche 1 bis 5, auch mineralische Anteile enthalten. Da es sich um Sandböden handelt, ist die Austauschkapazität des mineralischen Anteils entsprechend gering.

Die Basensättigung, ausgedrückt als prozentualer V-Wert, variiert an den Standorten 1 und 2 von 9 bis 14, die damit als basenarm (b3) bis ziemlich basenarm (b4) charakterisiert werden können. Der Standort 3 ist basenreich (b7), die Basensättigung variiert von 49 bis 60. Standort 4 ist mit einer Varianz von 41 bis 70 durch basenreiche (b7) oder ziemlich basenreiche Bedingungen (b6) gekennzeichnet. Standort 5

**Tab. 5:** Kennzeichnung des Bodens.

**Tab. 5:** *Characterization of soil.*

Untersuchungsfläche	1	2	3	4	5
pH-Wert im Oberboden	3,4	3,8	3,7	4,3	4,3
Bodenart	Su	Ss	Su	Su	Su
Stamm-Nährkraftstufe	Z <sup>3</sup>	M	M	K	K
Stamm-Feuchtestufe	2	2	2	2	2

**Tab. 6:** Übersicht über die ermittelten laboranalytischen Kennwerte.**Tab. 6:** *Synopsis of the determined analytical indices.*

Fläche	Nr.	S-Wert	H-Wert	T-Wert	V-Wert	N <sub>t</sub>	C <sub>org</sub>	C/N	pH-Wert
		mmol <sub>c</sub> /100g Boden			%	%	%		
1 Loddin Blaubeer-Kiefern-Vorwald	A	12	124	136	9	1,4	38,8	28,1	2,8
	B	11	113	124	9	1,3	39,4	30,3	2,8
	C	17	108	125	14	1,4	39,7	27,9	3,0
	D	15	109	125	12	1,3	40,6	30,4	2,9
	E	11	120	131	9	1,3	39,7	31,6	2,8
2 Pudagla Blaubeer-Kiefern-Vorwald	A	13	81	94	14	0,8	27,0	31,8	3,0
	B	13	84	97	13	0,9	25,9	29,4	3,0
	C	10	96	106	9	0,8	27,3	35,0	2,7
	D	11	103	113	9	1,0	33,6	32,7	2,8
	E	10	70	80	13	0,9	25,7	28,8	3,1
3 Pudagla Blaubeer-Sauerklee- Pappel-Vorwald	A	32	33	65	49	0,8	14,4	17,7	4,9
	B	31	32	63	49	0,8	14,4	19,1	5,0
	C	28	28	56	50	0,7	11,4	17,4	5,2
	D	32	29	61	52	0,8	13,4	17,6	5,6
	E	47	32	79	60	0,9	17,6	19,7	5,8
4 Benz Sauerklee-Birken- Vorwald	A	18	24	42	42	0,4	7,0	18,9	4,7
	B	14	12	26	54	0,2	3,1	17,6	5,7
	C	26	11	37	70	0,3	4,7	17,3	6,3
	D	21	31	52	41	0,5	10,9	20,0	4,8
	E	19	24	43	43	0,4	7,1	17,1	4,9
5 Alt Sallenthin Riesenschwingel-Berg- Ahorn-Vorwald	A	15	20	36	43	0,3	5,1	17,8	4,9
	B	17	23	40	42	0,4	6,1	15,8	4,8
	C	16	25	41	40	0,4	6,6	15,5	4,8
	D	20	31	50	39	0,7	11,7	17,0	4,6
	E	18	31	48	36	0,5	8,9	16,3	4,5

ist relativ einheitlich und ziemlich basenreich (b6), wobei die V-Werte von 36 bis 43 % schwanken. Auch bei der Basensättigung unterscheiden sich Kiefern- und Laubwald-Standorte sehr markant und weisen die Standorte 3 und 4 die größte Varianz auf (vgl. Tab. 6).

Am Standort 1 variiert das C/N-Verhältnis von 28,1 bis 31,6, damit ist die Humusform als rohhumusartiger Moder (n4) anzusprechen. Am Standort 2 ist das C/N-Verhältnis etwas weiter, es variiert von 28,8 bis 35,0 (Standort 2) und liegt damit überwiegend im unteren Bereich der für Rohhumus (n3) typischen Wertespanne (vgl. Tab. 6). An den Standorten 3 und 4 variiert das C/N-Verhältnis von 17,4 bis 19,7 (Standort 3) bzw. 17,1 bis 20,0 (Standort 4). Insgesamt kann die Humusform als mullartiger Moder (n6) charakterisiert werden, wobei einige Werte bis in die für Moder (n5) charakteristische Spanne reichen. Am Standort 5 liegen alle Werte (C/N: 15,5 bis 17,8) im Bereich der für mullartigen Moder (n6) typischen Wertespannen.

Betrachtet man die prozentualen Stickstoffanteile, so fällt auf, dass der Standort 1 die höchsten Werte aufweist. Sie liegen mit 1,3 bis 1,4 % deutlich höher als auf der ebenfalls mit Blaubeer-Kiefern-Vorwald bestandenen Fläche 2, die Werte von 0,8 bis 1,0 % aufweist (Tab. 6).

Die Untersuchungen zeigen zudem, dass deutliche Beziehungen zwischen der Basensättigung und dem pH-Wert bestehen. Dies weist darauf hin, dass Einschätzungen zur Säuren-Basenstufe in gewissem Maße, wie in Tabelle 2 dargestellt, schon mit Hilfe des relativ einfach zu bestimmenden pH-Wertes möglich sind. Allerdings zeigt ein Vergleich mit der in SCHEFFER (2002, S. 118) dargestellten Abbildung, dass die Beziehungen in Abhängigkeit von den Bodenverhältnissen variieren können.

Die Analyse der Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte zeigt, dass sich die Auflagehumusformen (Untersuchungsfläche 1 und 2) deutlich von den Mineralbodenhumusformen unterscheiden. Innerhalb der jeweiligen Humusformen bestehen annähernd lineare Beziehungen zwischen den Kohlenstoff- und Stickstoffgehalten.

Zusammengefasst lässt sich auf der Basis der ermittelten Werte (vgl. Tab. 6) und der aufgeführten Kennwerte (vgl. Tab. 2) die in Tabelle 7 dargestellte Einschätzung treffen.

## 6 Diskussion

Durch die im Rahmen des Projektes durchgeführten Studien wird deutlich, dass sich in Abhängigkeit von den Standort-



**Tab. 7:** Ermittelte Zustands-Eigenschaften der untersuchten Flächen.**Tab. 7:** *Determined features of investigated areas.*

	Vegetation		Stickstoffstufe	Säure-Basenstufe	
1	v3	Blaubeer-Kiefern-Vorwald	n4 (n3)	Rohhumusartiger Moder (z)	b3 (b4) basenarm
2	v3	Blaubeer-Kiefern-Vorwald	n3 (n4)	Rohhumus (a)	b4 (b3) ziemlich basenarm
3	v3/5	Blaubeer-Sauerklee-Pappel-Vorwald	n6 (n5)	Mullartiger Moder (k)	b7 basenreich
4	v5	Sauerklee-Birken-Vorwald	n6 (n5)	Mullartiger Moder (k)	b6 (b7) ziemlich basenreich
5	v6	Riesenschwingel-Berg-Ahorn-Vorwald	n6	Mullartiger Moder (k)	b6 ziemlich basenreich

verhältnissen eine Vielzahl von Baumarten durch spontane sekundäre Sukzession etablieren kann. Kennzeichnendes Merkmal der Sukzession auf Ackerflächen scheint nach den bisherigen Untersuchungen die rasche Besiedlung durch eine Baumart zu sein, in Abhängigkeit von den Standortverhältnissen erfolgen die Verjüngung und das Auftreten weiterer Gehölze.

Bei den im Verlauf von sekundären Sukzessionen sich etablierenden Vorwaldgesellschaften zeigt sich eine größere Vielfalt als bei den im Rahmen der Darstellung von Stamm-Vegetationsformen aufgeführten Vorwald-Beständen [vgl. LFG 1999 (Entwurf Kopp & Jeschke 1992)]. Während jene (vgl. LFG 1999, S. 337 ff.) zwischen Birken-, Birken-Kiefern- und Kiefern-Birken-Vorwald in Abhängigkeit von Klima-, Stamm-Feuchte- und Stamm-Nährkraft-Stufe differenzieren und der Kiefer lediglich im Bereich der Stamm-Nährkraftstufe Arm Bedeutung beimessen, zeigen unsere Untersuchungen der sekundären Sukzession auf ehemaligen Sandäckern eine breitere Amplitude der Kiefer sowie das Auftreten weiterer Vorwaldarten (z. B. *Acer pseudoplatanus*).

KOPP (2003b) bezeichnet Vorwälder, die sich nach Aufgabe der Nutzung auf Acker- oder Grünlandflächen entwickeln, als Regradationsvorwälder. In einer Darstellung, die sich auf das (binnen-) feuchte Küstenklima bezieht, (KOPP 2003b, S. 28) wird postuliert, dass sich diese Regradationsvorwälder bei Abweichungen von ein bis vier Nährkraftstufen von der Stamm-Nährkraft einstellen. Bei geringen Abweichungen um eine Stufe unterscheidet KOPP (2003b, S. 28) in Abhängigkeit von der Stamm-Nährkraftstufe folgende Regradationsvorwälder:

Reich	Riesenschwingel-Birken-Regradationsvorwald
Kräftig	Sauerklee-Birken-Regradationsvorwald
Mittel	Sauerklee-Drahtschmielen-Birken-Regradationsvorwald
Ziemlich Arm	Drahtschmielen-Kiefern-Birken-Regradationsvorwald
Arm	Heide-Kiefern-Regradationswald.

In den von uns im mäßig küstenfeuchten Klima durchgeführten Untersuchungen der sekundären Sukzessionswälder befinden sich am Standort 1, 4 und 5 in Hinblick auf die Nährkraft die Zustands- und Stamm-Eigenschaften des Bodens weitestgehend in Einklang. Bei den nahe beieinander gelegenen Standorten 2 und 3 gibt es Abweichungen, die aber wohl Folge der im reliefreichen Gebiet stark wechselnden Stamm-Eigenschaften sind. Es ist wahrscheinlich, dass diese beiden Gebiete nicht durch die Stamm-Nährkraftstufe M, sondern durch eine jeweils andere Stamm-Nährkraftstufe gekennzeichnet sind. Möglicherweise hat sich in Folge der

Ackernutzung in der reliefreichen Landschaft eine Veränderung der Stamm-Eigenschaften ergeben.

Betrachtet man die Vegetationsentwicklung, so zeigen sich einige interessante Gesichtspunkte. Auf der Fläche 5 befinden sich alle erhobenen Parameter in Einklang. Es liegt die Vermutung nahe, dass Fremdstoffeinflüsse (Basen- und Stickstoffeutrophierung) in gleichem Maße wirkten und nach der Aufgabe der Ackernutzung (1970) sich auf dem kräftigen Standort der Riesenschwingel-Berg-Ahorn-Vorwald in Einklang zu den gegebenen, gleichlaufend veränderten Standortverhältnissen etablieren konnte.

Auf Fläche 4, bei der es sich ebenfalls um einen kräftigen Standort handelt, entwickelte sich, in Übereinstimmung mit den Aussagen von KOPP (2003b), ein Sauerklee-Birkenvorwald. Die ackerbauliche Nutzung wurde hier bereits 1960 aufgegeben. Folgt man der forstlichen Standortlehre, so weist die Vegetationsentwicklung einen um eine Stufe ärmeren Zustand auf, als die Standorteigenschaften. Möglicherweise spielt der Zeitpunkt der Nutzungsaufgabe eine Rolle für die unterschiedliche Entwicklung und es kam bei stickstoffärmeren Ausgangsbedingungen zur Entwicklung des Birken-Vorwaldes, der sich jetzt bei gegebener höherer Stickstoff- und Säure-Basenstufe in Richtung eines anspruchsvolleren Laubwaldes entwickelt. Diese Entwicklung wird durch die Arten in der zweiten Baumschicht und bereits auftretende Arten der Riesenschwingel-Formengruppe deutlich.

Der kurzlebige Pappel-Vorwald auf Fläche 3 fällt aus der Reihe und lässt kaum verallgemeinerungswürdige Aussagen zu. Eine hohe Varianz der betrachteten Humusparameter trat insbesondere bei den Standorten 3 und 4 auf, diese weisen Reliefunterschiede auf und sind auch in der Vegetation stärker als die anderen untersuchten Standorte durch ein Auftreten von Arten verschiedener Formengruppen gekennzeichnet.

Die zwei untersuchten Blaubeer-Kiefern-Vorwälder sind entweder in Hinblick auf die Säure-Basenstufe oder in Hinblick auf die Stickstoffstufe als basenarm bzw. arm einzuschätzen, bei beiden Wäldern zeigen sich Übergänge in die nächsthöhere Stufe. Auftretende Unterschiede in der Kraut- und Mooschicht der Kiefernwälder stehen im Einklang mit den laboranalytischen Kennwerten. Insbesondere die höheren Stickstoffgehalte widerspiegeln sich in der Vegetation auf Fläche 1.

Es zeigte sich, dass bisherige Darstellungen (vgl. z. B. KOPP 2003b) die Birke, zweifelsohne eine wichtige Pionierbaumart, überbewerten. Möglich sind bei Auftreten geeigneter Baumarten in der Nähe auch Sukzessionen, die mit einem Riesenschwingel-Berg-Ahorn-Vorwald beginnen. Die Untersuchungen zeigten zudem, dass im Bereich der Nährkraftstufen ziemlich arm und arm Blaubeer-Kiefern-Vorwälder auftreten und die Birke nicht unbedingt von Bedeutung ist.

Zweifelsohne spielen auch in der näheren Umgebung vorhandene Spenderbäume eine Rolle bei der Besiedlung von Freiflächen.

Relevant ist in Zusammenhang mit den durchgeführten Untersuchungen auch der sehr rasche Zustandswandel in den Wäldern des nordostdeutschen Tieflandes, auf den KOPP (2003a) detailliert eingeht. Während in den 1950er Jahren noch große Flächen der bewaldeten Naturräume Flechten- bis Blaubeer-Kiefernbestände aufwiesen, im nordostdeutschen Tiefland waren dies allein 0,8 Mio. ha von insgesamt 1,7 Mio. ha, begannen in den 1970er Jahren die durch Hungerrohhumus und Flechten-Kiefernbestand gekennzeichneten Vegetationsformen, die als stärkste Degradationsstufen bewertet wurden, zu verschwinden (KOPP 2003a).

Die vorgelegte Studie zeigt, dass die erhobenen exakten Standortdaten zum Verständnis der im Rahmen sekundärer Sukzessionen in unterschiedlichen Zeiträumen ablaufenden Vegetationsentwicklungen beitragen können. Wie von PRACH & ŘEHOUNKOVÁ (2006) betont, kann nur ein weiterführender Vergleich von exakten, regionalen Einzeluntersuchungen über eine geographisch breitere Skala zwischen spezifischen und generellen Entwicklungsmustern differenzieren.

## Danksagung

Die Arbeiten erfolgten im Rahmen des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Projektes „Sukzessionswälder als Flächennutzungsalternative“. Herr Dr. Röhe (Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz, Schwerin) organisierte eine Umfrage zu Sukzessionswäldern unter den Forstämtern und stellte uns die Ergebnisse freundlicherweise zur Verfügung. Bei der Durchführung der Untersuchungen unterstützten uns Mitarbeiter des Forstamtes Pudagla (Usedom) und Herr U. Möbius (Universität Greifswald). Herr Dr. D. Kopp (Tewsumos), Herr Dr. L. Jeschke (Greifswald) und Frau Dr. H. Barth (Greifswald) gaben uns Anregungen für die standortkundliche Betrachtung. Gedankt sei auch den beiden Gutachtern für Hinweise zum Manuskript.

## Literatur

- BRAUN-BLANQUET, J. (1928): Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. In: SCHOENICHEN, W. (Hrsg.): Biologische Studienbücher 7, Springer, Berlin: 330 S.
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie. Grundlagen und Methoden. Ulmer Verlag, Stuttgart: 683 S.
- ELLENBERG, H., WEBER, H.E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W., PAULISSEN, D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 2. Aufl., Verlag Erich Goltze, Göttingen: 258 S.
- FORSTLICHE STANDORTSAUFNAHME (1996): Forstliche Standortsaufnahme. Begriffe, Definitionen, Einteilungen, Kennzeichnungen, Erläuterungen. Bearbeitet und zusammengestellt vom „Arbeitskreis Standortkartierung“ in der „Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung“. 5. Aufl., IHV-Verlage, Eching bei München: 352 S.
- FRAHM, J.-P., FREY, W. (1983): Moosflora. Ulmer, Stuttgart: 522 S.
- HAMPICKE, U., KÜSTNER, A., LITTERSKI, B., SCHÄFER, A. (2008): Sukzessionswälder als Flächennutzungsalternative. Abschlussbericht zum Projekt, gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt: 118 S. und Anhänge.
- HANDBUCH FORSTLICHE ANALYTIK (2005): Handbuch Forstliche Analytik. Grundwerk. Eine Loseblatt-Sammlung der Analysemethoden im Forstbereich. Hrsg. vom Gutachterausschuss Forstliche Analytik.
- JÄGER, E.J., WERNER, K. (2005): Exkursionsflora von Deutschland. Bd. 4, Gefäßpflanzen: Kritischer Band. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg: 980 S.
- KOPP, D. (2003a): Zusammenwirken von Standort und Vegetation bei der Erkundung von Waldnaturräumen im nordostdeutschen Tiefland. Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung **42** (1): 1-49.
- KOPP, D. (2003b): Der Entwicklungsaspekt bei der Erkundung der Waldvegetation und ihrer Standorte am Beispiel des nordostdeutschen Tieflandes. Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung **42** (2): 19-32.
- KOPP, D., SCHWANECKE, W. (1994): Standortlich-naturräumliche Grundlagen ökologischer Forstwirtschaft. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin: 248 S.
- KOPP, D., JESCHKE, L., BAUMGART, B., LINKE, C. (2002): Bestimmung der Naturnähe von Waldnaturräumen im nordostdeutschen Tiefland auf der Grundlage der Standortserkundung und Forsteinrichtung. Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung **41**: 187-241.
- LFG (1999): Forstliche Standortkartierung in Mecklenburg-Vorpommern. Teil B: Standortformen und -gruppen. Bearbeitung: Landesamt für Forsten und Großschutzgebiete Mecklenburg-Vorpommern, Malchin: 484 S.
- PRACH, K., ŘEHOUNKOVÁ, K. (2006): Vegetation succession over broad geographical scales: which factors determine the patterns? Preslia **78**: 469-480.
- REICHEL, G., WILMANN, O. (1973): Vegetationsgeographie. Westermann, Braunschweig: 210 S.
- SCHAEFFER, F. (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. Scheffer/Schachtschabel. 15. Aufl., neubearb. und erw. von BLUME, H.-P., BRÜMMER, G.W., SCHWERTMANN, U., HORN, R., KÖGEL-KNABNER, I., STAHR, K., AUERSWALD, K., BEYER, L., HARTMANN, A., LITZ, N., SCHEINOST, A., STANJEK, H., WELP, G., WILKE, B.-W. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin: 593 S.
- SCHULZE, G. (1996): SEA 95 – Anleitung für die forstliche Standortserkundung im nordostdeutschen Tiefland (Standortserkundungsanleitung). Teil A, Standortformen, Selbstverlag: 300 S.

submitted: 04.11.2008

reviewed: 10.02.2009

accepted: 12.06.2009

## Autorenanschriften:

PD Dr. Birgit Litterski, Annett Küstner,  
Prof. em. Dr. Ulrich Hampicke  
Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald  
Institut für Botanik und Landschaftsökologie  
Grimmer Str. 88  
D-17489 Greifswald