

70 Jahre Flora- und Vegetationsentwicklung auf der Habitat-Insel Bunker Valentin in Bremen-Farge

Beitrag 8
Zur Besiedlung des
Bunkers Valentin

Josef Müller & Heinrich Kuhbier

Summary: 70 years of flora and vegetation development on the bunker island Valentin Bremen-Farge. – The aim of the present study was to examine the mid stages of primary plant succession on the roof of a mighty world-war-bunker (2.5 ha, 30m high), abandoned since 1948 when colonization and succession started. However, only 50 years later observations could be initiated on the till then closed military area. During the last 20 years remarkable processes of colonization, establishment and extinction have been studied. Due to harsh environmental conditions (e.g. nutrient-poor cement sites and low water capacity on the compact xerothermic surface), a close vegetation canopy only exists in the doline-like bomb craters, where suitable conditions for colonization and establishment exist. Sparse vegetation covers many of the open areas. 171 plant taxa were observed during the last 20 years. Compared to primary sites on marine islands (e.g. Surtsey) the species richness of this „exotic“ concrete island is relatively high. Colonization and establishment processes are discussed with respect to the theory of island biogeography.

Zusammenfassung: Auf dem seit 1948 ungestörten Betondach des Bunkers Valentin (2,5 ha, 30 m hoch) wurde die Entwicklung von Flora und Vegetation seit den 1990er Jahren untersucht, mit dem Hauptaugenmerk auf dem mittleren Stadium der Primärsukzession. Dabei konnten wichtige Prozesse der Besiedlung, Etablierung und Extinktion studiert werden. Extreme Umweltbedingungen (z. B. Nährstoffarmut und geringe Wasserhaltekapazität auf dem exponierten Bunkerbeton) sind auch nach Jahrzehnten noch verantwortlich dafür, dass eine geschlossene Vegetationsdecke nur in geschützten Mulden und dolinenartigen Bombentrümmern zu finden ist. Nur spärliche Gefäßpflanzenvegetation existiert auf den offenen exponierten Betonflächen. 171 Pflanzentaxa wurden allein in den letzten 20 Jahren erfasst. Verglichen mit der Besiedlung von Meeresinseln (z. B. Surtsey) ist die Artenzahl auf der fremdartigen Betoninsel im Flachland erstaunlich hoch. Die Kolonisations- und Etablierungsprozesse werden im Hinblick auf die Inseltheorie diskutiert.

1 EINLEITUNG

Sukzessionen, wie Vegetationsentwicklungen auf zuvor unbesiedelten Substraten, gehören zu den faszinierendsten Themen der Ökologie. Indem Prozesse und Mechanismen der Dynamik über einen langen Zeitraum analysiert werden, tragen diese Studien zu einem tieferen Verständnis von Naturvorgängen bei.

Neu entstandene Inseln (z. B. Surtsey, FRIDRIKSSON 1975) sind in diesem Zusammenhang bevorzugte Studienobjekte für primäre Sukzessionen auf Neuland. Im Gegensatz zu sekundären Sukzessionen auf gestörten Flächen mit schon vorhandenen Diasporen im Boden müssen hier die Samen erst einwandern. Ebenso wie die mehr oder weniger weit vom Festland entfernten Meeresinseln kann auch die „Felsinsel“ im Flachland, hier der Bunker Valentin in der Wesermarsch mit seiner unbegreiflichen Geschichte (SCHARF & MÜLLER 2018), als Beispiel für Naturprozesse dienen, um Einwanderung, Besiedlung, Etablierung, Dauerhaftigkeit und Dynamik zu untersuchen –

und damit der Frage nachzugehen, wie die Natur sich des künstlichen, fast vollendeten Betonbunkers, eines Fremdkörpers im norddeutschen Flachland, bemächtigt. Damit bietet die über 30 m hohe isolierte „Felsinsel“ auch Gelegenheit, das Kommen und Gehen in der Natur, sowie Überleben der verschiedenen Organismen unter augenscheinlich lebensfeindlichen Bedingungen an Extremstandorten zu studieren. Einer der faszinierendsten Prozesse in der Ökologie wurde mit der Analyse von Artenzuwanderung und -aussterben auf Inseln beschrieben und als „Inseltheorie“ (MACARTHUR & WILSON 1967) bekannt.

Aufschlussreiche Ergebnisse über die Entwicklung von ungestörten Inselhabitaten waren mit zunehmendem Alter auch auf der jungen „Felsinsel“, dem Bunker Valentin, zu erwarten. Allerdings war der militärische Komplex bis 1990 auch für unbefangene botanische Untersuchungen gesperrt. Verborgen blieben damit die wichtigen, anfänglichen Zuwanderungen sowie erste Erfolge und das Scheitern der Etablierung neuer Arten auf den xerothermen Betonflächen. Mit

der Begehrbarkeit des Bunkerdachs ab 1990, detaillierten Untersuchungen ab 1996 und vielfachen Wiederholungskartierungen der Flora, konnten dennoch viele Aspekte zur Besiedlung von Inseln untersucht werden – gerade weil Primärsukzessionen auf Extremstandorten ungeachtet der „Zeitverzögerung“ eine weit über eine Forschergeneration hinausreichende Zeitskala besitzen.

Die Erfassung des Ist-Zustandes nach fast 50-jähriger Entwicklung bot die Möglichkeit, wichtige Fragen nach der Herkunft der Arten zu klären: Kommen diese von vergleichbaren Felssubstraten entfernter Mittelgebirge oder aus vergleichbarer urbaner Hartsubstratvegetation, z. B. von Mauern, Uferbefestigungen oder Ruderalfluren der Umgebung?

Nur mit wiederholten Untersuchungen zu beantworten bleiben – auch weit über den hier betrachteten 20-jährigen Untersuchungszeitraum hinaus – Fragen zur Zuwanderung, zum Artenwechsel, zur Konstanz und Dynamik der Bunkerbesiedler.

Auffällig tritt auf den ersten verwertbaren Fotografien der frühen 1960er Jahre bereits Gehölzbewuchs auf dem Bunkerdach zutage: Dieser müsste demnach aktuell schon mindestens 60 Jahre alt sein. Die Zuwanderung von Baumarten kann mithilfe von Jahrringanalysen weit in die Vergangenheit zurückverfolgt werden. Die Gehölzbesiedlung auf Beton, der arm an Feinerde ist, wirft auch Fragen zur Überlebensfähigkeit von Baum- und Straucharten auf: Sind jene augenfälligen Zeugen früherer Besiedlung noch vorhanden oder ist auch die Gehölzsukzession Ergebnis von kontinuierlicher Zuwanderung und periodischem Aussterben?

Einen ersten Überblick zu den Pflanzen auf dem Bunker gaben MÜLLER & al. (2008); im vorliegenden Beitrag sollen demgegenüber sowohl der größere Untersuchungszeitraum behandelt als auch die seit 1996 gefundenen Pflanzenarten nachgereicht werden. Die Gefäßpflanzen bilden zusammen mit den Bryophyten (KOPERSKI 2018) die Primärproduktion für andere Organismengruppen des Bunkerdach-Ökosystems; sie können daher für weitergehende Interpretationen hilfreich sein. Flechten wurden nur sporadisch, Algen und Cyanobakterien nicht untersucht.

Den Anfang botanischer Erkundung bildete die Biotopkartierung Bremen durch M.-S. Rohner (unpubl.), die 1990 das gesamte Bunkerareal umfasste, also auch Reste ehemaliger Betonbauwerke (Zementwerke, Bauvorbereitungsgewerke) im Bereich der später „Bunkerwildnis“ genannten ehemaligen Bauhütte. Auf den Erhebungsbögen wurde das ungestörte, ca. 2,5 ha große Bunkerdach selbst, obschon untersucht, nicht separat ausgewiesen. Explizit wurden durch Rohner in 1990 *Diplotaxis tenuifolia*, *Senecio inaequidens* und „zahlreich aufkommende Gehölze“ auf dem Dach genannt.

2 METHODEN

1996 und 1997 wurde das Bunkerdach im Sommer floristisch erkundet. Ab 2005 erfolgten jährlich mehrere Begehungen, während denen zu meist an drei Terminen (Frühjahr, Sommer und Herbst) die Flora des Bunkerdachs erfasst wurde. 2011 war das Bunkerdach ein Untersuchungsort während des GEO-Tages der Artenvielfalt (BROSCHART 2011).

Dendrochronologische Untersuchungen, d. h. Präparationen der Holzschnitte und Auszählung der Jahresringe, wurden im Institut für Holzfor schung der Universität Hamburg (Prof. Dr. Eckstein) durchgeführt. Dazu wurden die augenscheinlich ältesten Exemplare einiger Arten etwa 30 cm über Niveau gesägt und eine Probe entnommen. Bildarchivmaterial, bereitgestellt durch die Landeszentrale für Politische Bildung, Bremen, diente zur Auswertung der Vegetationsentwicklung in den ersten Jahrzehnten nach Beginn der Sukzession. Die Nomenklatur der Gefäßpflanzen folgt JÄGER (2011).

3 ERGEBNISSE

3.1 Lebensräume auf Beton, Vegetationsaspekte und Gefäßpflanzen 1996–2015

Noch heute sichtbarstes Zeichen, dass die Bunkerdecke zum einen nicht vollendet wurde, zum anderen nach Ende des Krieges auch nicht unbeschädigt als ebene Betonfläche liegen blieb, sind große und mitunter tiefe, dolinenartig ausgeprägte Bombentrichter (vgl. SCHARF & MÜLLER 2018 und Abb. 1). Wenige davon durchstoßen die Bunkerdecke völlig, deren größte wiederum (aus Sicherheitsgründen) ummauert und abgedeckt wurden. Die meisten sind aber nur zwischen 0,5 und 3,5 m tief, durchbrechen die 4 m dicke Bunkerdecke also nicht. In ihnen gedeihen die meisten der auf dem Dach wachsenden Gehölze, begünstigt durch tiefe Risse, moderates Mikroklima und Feinerde-(Staub-)Akkumulation (Abb. 1 [C]), die nach Ende des Bombardements die Ansiedlung von Gefäßpflanzen ermöglicht haben dürften. Am häufigsten vertreten sind heute *Acer* spp. (Ahorn) und *Fraxinus* (Esche). Auch die wenigen Farnpflanzen (*Asplenium ruta-muraria* und *Polypodium vulgare*) kommen nur in den Trichtern vor (Abb. 1 [C, 5]). Vertreter der Röhricht- und Ufervegetation (*Typha*, *Phragmites*, *Alisma plantago-aquatica*) säumen periodisch oder permanent wassergefüllte Tümpeltrichter (Abb. 1 [D]), Arten der Sumpfvegetation (*Carex*- und *Juncus*-Arten), *Valeriana officinalis* und *Callitriche* spp. sind nur in oder randlich von dauerfeuchten Mulden zu finden (Abb. 1 [D]).

Gegensätzlich hierzu erheben sich einige Beton aufbauten über die Dachfläche (Abb. 1 [A]). Auf ihnen, ursprünglich als Abschluss einer über 7 m hohen Deckenbewehrung begonnen, aber nicht

mehr vollendet, herrschen mikroklimatisch die trocken-wärmsten Bedingungen, dementsprechend offen ist auch nach 70 Jahren noch der Pflanzenbewuchs. Nur wenige trockenstolerante Arten (z. B. *Pilosella officinarum*, *Erodium cicutarium*, *Sedum acre*) sind hier zusammen mit lückigen Moosrasen ausgebildet (Abb. 1 [A, 2]). An den schattseitigen Mauerfüßen der Aufbauten gedeihen *Taraxacum officinale* (Abb. 1 [B, 1]) und mesophytische Gräser ebenso wie einige Gehölze. Diese können mitunter auch als „Spaltenwurzler“ (Abb. 1 [A, 3]) aus den Aufbauten sprießen, sobald tiefreichende, durch Frostsprengungen entstandene Spalten vorhanden sind. Die exponierten Dachareale (Abb. 1 [B]) auf Betongrus mit mehr oder weniger Beimischungen von Feinerde zieren Magerrasen, denen *Centaurea jacea* agg. (Abb. 2b), *Carduus nutans* (Abb. 1 [B, 4]) oder *Hieracium* spp. Farbe geben. Größere Feinerdeansammlungen, wozu die ausgedehnten Moosrasen, vor allem jene mit *Tortella inclinata* (KOPERSKI 2018) beitragen, werden von hochwüchsigeren Arten, z. B. *Calamagrostis epigejos* und stattlichen Exemplaren von *Crepis biennis*

(Abb. 2a) bewachsen. Die letztgenannte ist wie auch *Leucanthemum vulgare* eine Art der mäßig frischen Glatthaferwiesen.

Immer noch sind größere Bereiche der Dachoberfläche vollständig unbewachsen (Abb. 1 [A, 2]), abgesehen von Krustenflechten, eng und auf den ersten Blick betonfarben dem Substrat angeschmiegt (Abb. 2e). Auffallend sind im Frühjahr auf schwach verwittertem Betongrus und in lückigen Moosrasen große Ansammlungen von *Saxifraga tridactylites* (Abb. 1 [B, 9], Abb. 2c), denen andere Frühlingssephemere, *Cerastium semidecandrum*, das schon genannte *Erodium* sowie ganzjährig das sukkulente *Sedum acre* beigesellt sind. Insgesamt 171 Taxa konnten auf dem 2,5 ha großen, seit 1948 ungestörten Bunkerdach zwischen 1996 und 2015 notiert werden (Tab. 1)

Die floristisch-ökologische Betrachtung anhand der Zeigerwerte nach ELLENBERG & al. (1991) bestätigt den ersten Eindruck ökologischer Variabilität der Standorte auf dem inhomogenen Bunkerdach (Tab. 2): Dazu tragen vor allem die mehr oder minder tiefen, wassergefüllten oder periodisch trockenfallenden Tümpel-Trichter bei (Abb.

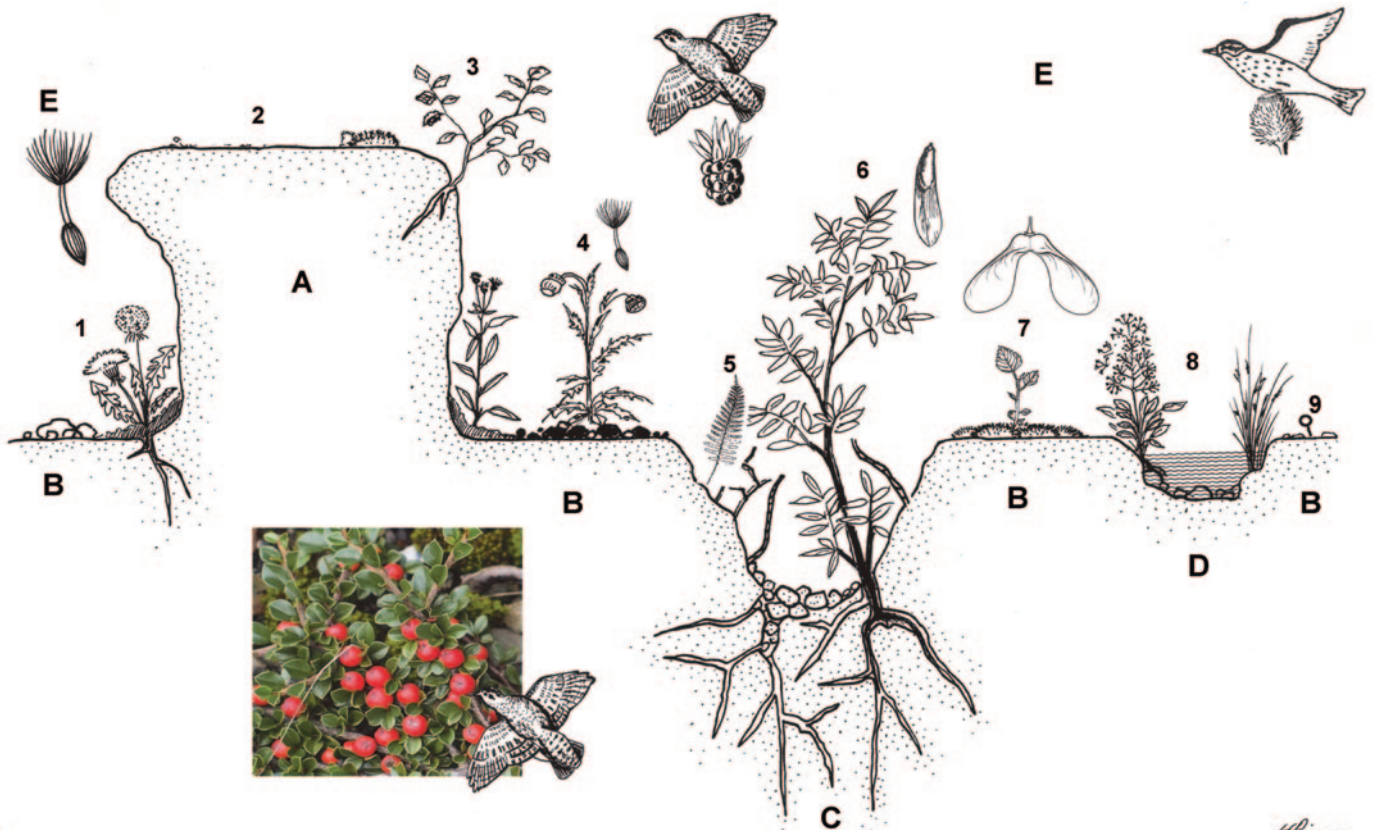


Abb. 1: Bunkerstruktur und Pflanzenlebensräume. A = exponierte Kuppenlage der Deckenerhöhung, B = verwitternder Betongrus mit Nickender Distel [4], C = dolinenartiger Bombentrichter mit tiefreichenden Betonrissen, D = permanent oder periodisch wassergefüllte Tümpel, E = Hauptausbreitungswege von Früchten und Samen über Wind und Vögel, die Eicheln, Klettfrüchte und beerenartige Stein- und Apfelfrüchte, z. B. Holunder oder Zwergmispel, eintragen (weitere Erläuterungen im Text, schematische Darstellung, überhöht). [Structure of the bunker surface and plant habitats. A = exposed and xerothermic surface on the crest of the roof-cover, B = weathering concrete with musk thistle (4), C = doline-like crater with deeper cracks in the concrete, D = permanently or periodically water-filled pools, E = main ways of propagule dispersal via wind and by birds, which introduce acorns, velcro fruits and different propagules of apple, elder and cotoneaster (further explanations in the text).] Zeichnung: H. Riemann, verändert nach MÜLLER & al. (2008).

1 [D]), ebenso wie im anderen Falle die exponierten Xerothermstandorte mit Magerrasen und den genannten Frühblühern, welche die vorhandene Winterfeuchte für den kurzen Reproduktionszyklus nutzen und während der Trockenzeit auf schwach verwittertem Beton als Samen über-

dauern können. Die 70 Jahre lang unbewachsenen, allenfalls Krustenflechten tragenden Betonflächen bieten dabei Gelegenheit, auf Dauerflächen sowohl Geschwindigkeit der Verwitterung als auch die zögerliche Besiedlung solcher Standorte auf kleinem Raum zu verfolgen (Abb. 2e).

Tab. 1: Gefäßpflanzenvorkommen auf Beton des Bunkerdachs 1996–2015 [List of the species, found during 1996–2015 on concrete of the bunker roof]

Jahr 1996 2006 2015				Jahr 1996 2006 2015				Jahr 1996 2006 2015			
Artenzahl											
99	101	133									
<i>Acer platanoides</i>	•	•	•	<i>Fallopia convolvulus</i> *				<i>Quercus robur</i>		•	•
<i>Acer pseudoplatanus</i>	•	•	•	<i>Festuca arundinacea</i>	•	•	•	<i>Ranunculus acris</i>		•	
<i>Achillea millefolium</i>			•	<i>Festuca ovina</i>	•	•	•	<i>Ranunculus repens</i>	•	•	•
<i>Agrostis coarctata</i>	•			<i>Festuca rubra</i>	•	•	•	<i>Ranunculus sceleratus</i>	•		•
<i>Agrostis gigantea</i>	•			<i>Festuca tenuifolia</i>		•	•	<i>Ribes rubrum</i>	•		
<i>Agrostis stolonifera</i>	•	•		<i>Festuca trichophylla</i>		•	•	<i>Rosa canina</i>	•	•	•
<i>Agrostis tenuis</i>	•		•	<i>Fraxinus excelsior</i>	•	•	•	<i>Rubus armeniacus</i>			•
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	•	•		<i>Galeopsis tetrahit</i>	•			<i>Rumex acetosa</i> *			
<i>Alopecurus geniculatus</i>	•		•	<i>Galinsoga parviflora</i>	•		•	<i>Rumex acetosella</i>		•	
<i>Arabidopsis thaliana</i>			•	<i>Galium album</i>		•		<i>Rumex crispus</i>		•	•
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	•	•	•	<i>Geranium pusillum</i>	•	•	•	<i>Sagina procumbens</i>	•		
<i>Arrhenatherum elatius</i>	•	•	•	<i>Geranium robertianum</i>		•	•	<i>Salix alba</i>	•	•	•
<i>Artemisia vulgaris</i>	•	•	•	<i>Glyceria fluitans</i>	•			<i>Salix aurita</i>		•	•
<i>Asplenium ruta-muraria</i>	•	•	•	<i>Heracleum sphondylium</i>		•		<i>Salix caprea</i>	•	•	•
<i>Betula pub. subsp. carpatica</i>	•	•	•	<i>Hieracium lachenalii</i>	•	•	•	<i>Salix cinerea</i>	•	•	•
<i>Betula pendula</i>	•	•	•	<i>Hieracium laevigatum</i>			•	<i>Salix multinervis</i>		•	•
<i>Brassica napus</i>			•	<i>Holcus lanatus</i>	•	•	•	<i>Salix smithiana</i>		•	
<i>Bromus hordeaceus</i>	•	•	•	<i>Hypericum perforatum</i>	•	•	•	<i>Sambucus nigra var. nigra</i>	•	•	•
<i>Bromus sterilis</i>	•	•	•	<i>Hypochoeris radicata</i>			•	<i>Sambucus nigra var. laciniata</i>	•	•	•
<i>Bromus tectorum</i>	•		•	<i>Juncus articulatus</i>	•	•	•	<i>Saxifraga tridactylites</i>			•
<i>Calamagrostis epigejos</i>	•		•	<i>Juncus compressus</i>	•			<i>Scorzoneroideis autumnalis</i>	•	•	•
<i>Callitriche obtusangula</i>			•	<i>Juncus effusus</i>	•			<i>Sedum acre</i>	•	•	•
<i>Cardamine hirsuta</i>			•	<i>Juncus inflexus</i>			•	<i>Sedum sexangulare</i>	•		
<i>Carduus crispus</i>			•	<i>Juncus tenuis</i>		•	•	<i>Senecio inaequidens</i>	•	•	•
<i>Carduus nutans</i>	•	•	•	<i>Leucanthemum vulgare</i>	•	•	•	<i>Senecio vulgaris</i>	•	•	•
<i>Carex demissa</i>		•		<i>Ligustrum vulgare</i>		•	•	<i>Setaria viridis</i> ²			•
<i>Carex hirta</i>	•		•	<i>Lolium perenne</i>	•	•	•	<i>Solanum dulcamara</i>	•		•
<i>Carex leporina</i>			•	<i>Lonicera periclymenum</i>		•	•	<i>Sonchus asper</i>			•
<i>Carex otrubae</i>	•			<i>Lycopus europaeus</i>	•	•	•	<i>Sonchus oleraceus</i>	•	•	•
<i>Carpinus betulus</i>			•	<i>Lythrum salicaria</i>		•	•	<i>Sorbus aucuparia</i>	•	•	•
<i>Centaurea jacea</i> ¹	•	•	•	<i>Mahonia aquifolium</i>		•		<i>Sorbus intermedia</i>			•
<i>Cerastium glomeratum</i>			•	<i>Malus domestica</i>	•	•	•	<i>Stellaria media</i>	•	•	•
<i>Cerastium holosteoides</i>	•	•	•	<i>Malva neglecta</i>			•	<i>Symphytum officinale</i>	•		
<i>Cerastium semidecandrum</i>	•	•	•	<i>Medicago lupulina</i>	•	•	•	<i>Tanacetum vulgare</i>	•	•	•
<i>Chenopodium album</i> *			•	<i>Muscari armeniacus</i>		•	•	<i>Taraxacum laevigatum</i> agg.	•	•	•
<i>Cirsium arvense</i>			•	<i>Myosotis arvensis</i>		•	•	<i>Taraxacum officinale</i>	•	•	•
<i>Cirsium vulgare</i>		•	•	<i>Oenothera biennis</i>	•	•	•	<i>Tragopogon pratensis</i>		•	•
<i>Conyza canadensis</i>	•		•	<i>Persicaria lapathifolia</i>	•			<i>Trifolium arvense</i>	•	•	•
<i>Cornus sanguinea</i>			•	<i>Persicaria hydropiper</i>	•			<i>Trifolium campestre</i>		•	•
<i>Cotoneaster divaricatus</i>			•	<i>Persicaria maculosa</i> *				<i>Trifolium dubium</i>	•	•	•
<i>Cotoneaster horizontalis</i>		•	•	<i>Phedimus spurius</i>	•		•	<i>Trifolium pratense</i>	•	•	•
<i>Cotoneaster salicifolius</i>		•	•	<i>Phleum pratense</i>	•			<i>Trifolium repens</i>		•	
<i>Crataegus laevigata</i> agg.			•	<i>Phragmites australis</i>	•	•	•	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	•		•
<i>Crataegus monogyna</i> agg.	•	•	•	<i>Pilosella officinarum</i>	•	•	•	<i>Tussilago farfara</i>	•	•	
<i>Crepis biennis</i>	•	•	•	<i>Pinus sylvestris</i>		•	•	<i>Typha angustifolia</i>	•	•	•
<i>Crepis capillaris</i>	•			<i>Plantago lanceolata</i>	•	•	•	<i>Valeriana officinalis</i>	•	•	•
<i>Dactylis glomerata</i>	•	•	•	<i>Plantago major</i>		•	•	<i>Veronica arvensis</i>		•	
<i>Daucus carota</i>	•	•	•	<i>Poa annua</i>			•	<i>Veronica hederifolia</i>			•
<i>Dianthus armeria</i>			•	<i>Poa compressa</i>	•	•	•	<i>Veronica persica</i>			•
<i>Diplotaxis tenuifolia</i>	•	•	•	<i>Poa palustris</i>	•			<i>Vicia angustifolia</i>			•
<i>Dryopteris filix mas</i>	•	•	•	<i>Poa pratensis</i>			•	<i>Vicia cracca</i>		•	•
<i>Echinochloa crus-galli</i> *			•	<i>Poa subcoerulea</i>	•	•	•	<i>Vicia hirsuta</i>		•	•
<i>Elymus repens</i>	•			<i>Poa trivialis</i>		•	•	<i>Viola arvensis</i>	•	•	•
<i>Epilobium adenocaulon</i>			•	<i>Polygonum aviculare</i> agg.	•			<i>Vulpia myurus</i>	•		
<i>Epilobium hirsutum</i>			•	<i>Polypodium vulgare</i> agg.		•	•				
<i>Equisetum arvense</i>	•	•	•	<i>Populus canadensis</i> *							
<i>Erodium cicutarium</i>	•	•	•	<i>Populus tremula</i>	•		•				
<i>Erophila verna</i>		•	•	<i>Populus trichocarpa</i>			•				
				<i>Prunella vulgaris</i>	•						

• = im betreffenden Zeitraum vorkommend,
* = nur in 2011 vorhanden, ¹ = incl. *Centaurea jacea* subsp. *gaudinii*, ² incl. *Setaria viridis* var. *weimmannii*

3.2 Floristische Bilanz

Bereits 1996/97 waren 99 Gefäßpflanzenarten auf dem Bunker vorhanden – knapp 50 Jahre nach Beginn der Besiedlung. Stieg die Artenzahl in den folgenden zehn Jahren auch kaum merkbar (Tab. 1), waren dennoch beträchtliche Schwankungen in der Artenzusammensetzung zu verzeichnen. Verantwortlich hierfür waren 35 neu eingewanderte Arten, aber auch 34 Arten, die – auch bei mehrfacher Begehung – gegenüber der ersten Erfassung nicht mehr gefunden werden konnten (Abb. 3). Damit stieg kumulativ die Artenzahl von 99 auf 134 (Abb. 3), ein vergleichbarer Anstieg resultierte in der nächsten Dekade in der aktuellen Taxonanzahl von 171. Verluste und Neuzuwanderung von Arten sind ebenfalls vergleichbar mit der ersten Beobachtungsdekade. Die stärkste Veränderung war nach den Untersuchungen in den „Zwischenjahren“ 2010/2011 in der ersten Hälfte der Dekade zu verzeichnen, wo 28 neue Arten neu gefunden wurden. Dass dies nicht, wie scheinbar naheliegend auf die Erfassungsintensität am 11. 6. 2011, dem „Tag der Artenvielfalt“, zurückzuführen ist, als fünf versierte Botaniker an der Erfassung beteiligt waren, verdeutlichen die zu diesem Termin gefundenen 92 Arten gegenüber den im Untersuchungszeitraum tatsächlich nachgewiesenen 132 Arten! Die methodische Notwendigkeit jahreszeitlich wiederholter Erfassungen erscheint damit belegt.

Die Frage der Einwanderung der 62 in allen Untersuchungs Jahren seit 1996 vorhandenen Arten kann nicht beantwortet werden, ebenso wenig jene, welche Art(en) den Bunker zuerst erreichte(n). Hingegen ist die Herkunft der Arten auf dem Bunkerdach mit einem Blick in die Flora der Region, also der detaillierten Arbeit von CORDES & al. (2006), geklärt: Alle Arten stammen aus der näheren oder weiteren Bunkerumgebung. Allein die Zuwanderung einer Unterart der Wiesen-Flockenblume, die am „ganzen Südrand der Alpen weit verbreitete“ (WAGENITZ 1987) *Centaurea jacea* subsp. *gaudinii*, ist ungeklärt, könnte indes mit der mangelnden Kenntnis ihrer Verbreitung im Gebiet zusammenhängen. Dagegen ist die Ausbreitung der Arten hinlänglich bekannt und damit die Frage „Wie kamen die Arten auf's Dach?“ Detailliert konnten MÜLLER & al. (2008) zeigen, dass über 50 % der Arten anemochor ausgebreitet, d. h. mit dem Wind eingeweht wurden, etwa 45 % wurden über Tiere, sei es am Gefieder haftend oder über Verdauungsausbreitung (z. B. Holunder, *Cotoneaster* spp., Brombeere) aus der Wesermarsch auf den 30 m hohen Bunker eingetragen (Abb. 1). Die Armenische Traubenhyazinthe (*Muscari armeniacus*) fand wahrscheinlich als Zwiebel aus umliegenden Gärten, wo sie als Zierpflanze kultiviert wird, mit Vögeln als Nestbaumaterial den Weg auf den Bunker.

Tab. 2: Zeigerarten für bestimmte Standortfaktoren auf dem Bunker Valentin [Indicator species for certain habitat factors on the bunker Valentin]

Lichtbedürftige- und trockenstolerante Taxa auf exponiertem Bunker-Beton	L F LD			Feuchte- und Nährstoffzeiger der Mulden und Tümpelränder	F N LD		
<i>Vulpia myuros</i>	8	2	1, w	<i>Callitriche palustris</i> agg.	11	7	a
<i>Sedum acre</i>	8	2	a	<i>Alisma plantago-aquatica</i>	10	8	a
<i>Saxifraga tridactylites</i>	8	2	1, w	<i>Phragmites australis</i>	10	7	a
<i>Poa compressa</i>	9	3	a	<i>Typha angustifolia</i>	10	7	a
<i>Asplenium ruta-muraria</i>	8	3	a	<i>Ranunculus sceleratus</i>	9	9	1, 2
<i>Diplotaxis tenuifolia</i>	8	3	a	<i>Lycopus europaeus</i>	9	7	a
<i>Senecio inaequidens</i>	8	3	a	<i>Salix cinerea</i>	9	4	h
<i>Erophila verna</i>	8	3	1, w	<i>Juncus articulatus</i>	9	2	a
<i>Bromus tectorum</i>	8	3	1, w	<i>Persicaria hydropiper</i>	8	8	1
<i>Taraxacum laevigatum</i> agg.	8	3	a	<i>Alopecurus geniculatus</i>	8	7	1
<i>Cerastium semidecandrum</i>	8	3	1, w	<i>Salix alba</i>	8	7	h
<i>Phehimus spurius</i>	8	3	a	<i>Valeriana officinalis</i>	8	5	a
<i>Trifolium arvense</i>	8	3	1				
<i>Muscari armeniacus</i>	7	3	a				
<i>Oenothera biennis</i>	9	4	2				
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	8	4	1, 2				
<i>Erodium cicutarium</i>	8	4	1?, w				
<i>Conyza canadensis</i>	8	4	1, w				
<i>Daucus carota</i>	8	4	2				
<i>Carduus nutans</i>	8	4	2				
<i>Trifolium campestre</i>	8	4	1, w				

Zeigerwerte nach ELLENBERG & al. (1991), L = Lichtzahl, F = Feuchtezahl, N = Stickstoff-(Nährstoff-)zahl, LD = Lebensdauer, 1 = einjährig, 2 = zweijährig, w = winterannuell, a = ausdauernd-mehrfährig

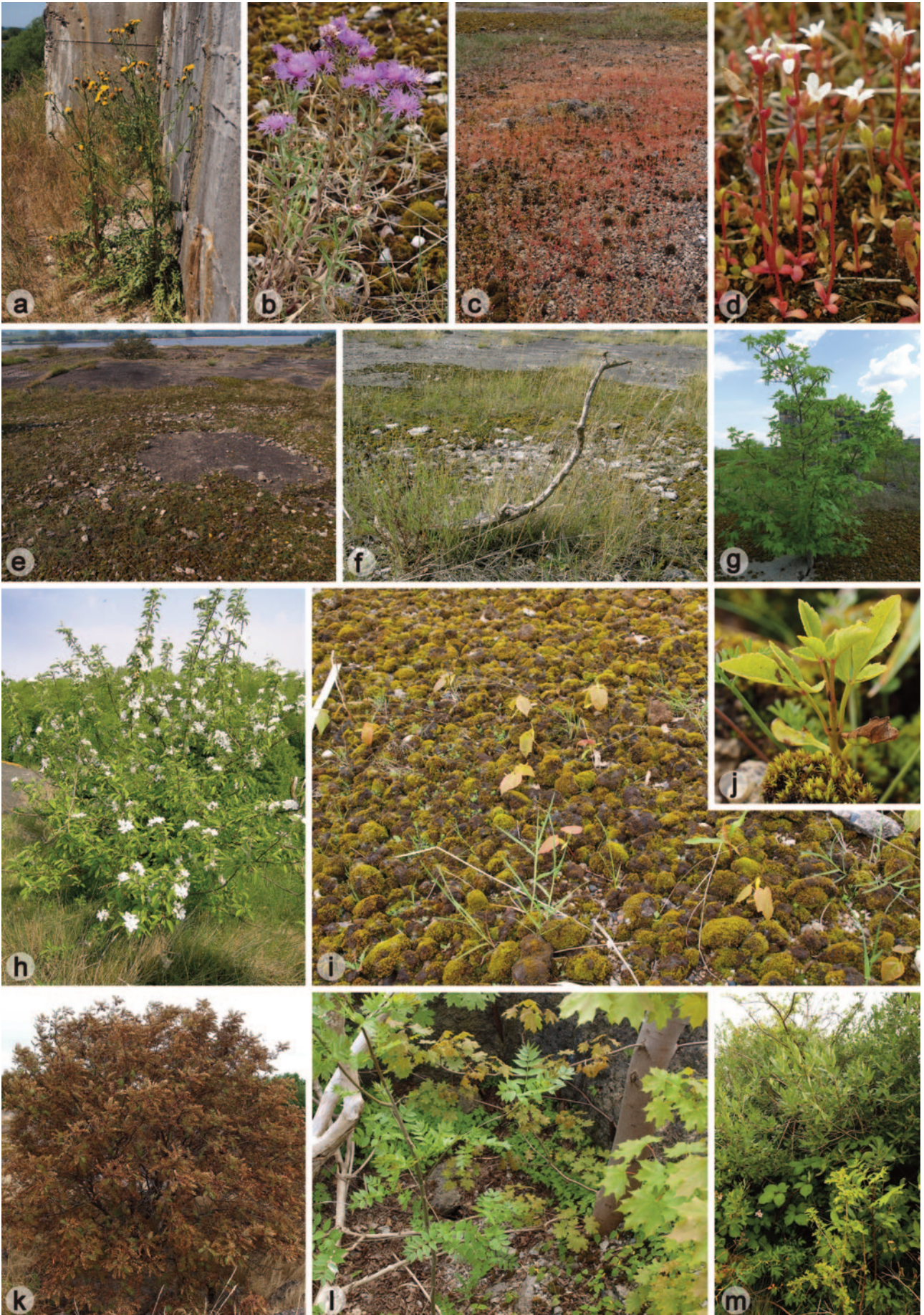
3.3 Gehölzentwicklung

Recherchen im Bildarchiv der Zentrale für Politische Bildung Bremen zeigen unverkennbar und exakt datiert schon 15 Jahre nach Beginn der ungestörten Vegetationsentwicklung auf dem Bunkerdach Gehölze, deren Wuchshöhe größer als 1 m war. Diese müssten also bei Beginn der detaillierteren Gehölzerfassung 2008–2010 ein Alter von etwa 60 und mehr Jahren erreicht haben. Zwar gibt es auffällig ältere Gehölzemplare von Eschen und Birken, auch höhere und schnellwüchsige Ahorn-Gehölze ebenso wie langsam wachsende Eichen, zumal unter der gegebenen Nährstoffarmut und starker Wechselfeuchte mit periodischer Trockenheit. Das anhand der präparierten Stammscheiben ermittelte Alter der zum Entnahmezeitpunkt augenscheinlich ältesten Bäume lag zwischen sechs und 38 Jahren (Tab. 3). Überraschend erreicht keiner der auf dem Bunkerdach vorkommenden Bäume das nach dem Archivbild vorausgesagte Alter auch nur annähernd. Eindrucksvoll weisen Gehölzbesiedlung

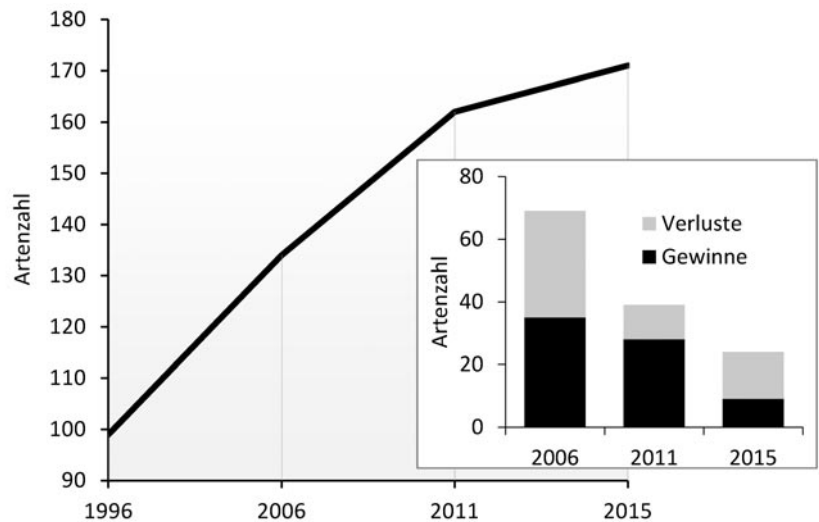
Tab. 3: Jahrringanalyse einiger Baumarten auf dem Bunkerdach. [Analysis of annual growth rings of several tree species on the bunker roof]

Art	Wuchshöhe	Entnahme-Jahr	Jahrringe	Etablierung ca.
<i>Acer</i> spp. *	2,9 m	2010	11	1998
<i>Fraxinus excelsior</i>	ca. 5 m	2010	35	1974
<i>Betula pendula</i>	ca. 5 m	2010	38	1972
<i>Pinus sylvestris</i>	1 m	2010	6	2003
<i>Quercus robur</i>	3,3 m	2008	11	1996

* = *A. pseudoplatanus* und *A. platanooides*. Die Proben entstammen jeweils dem vermutlich ältesten Exemplar der betreffenden Art.



und -entwicklung daher auf wiederkehrende Ereignisse von Etablierung und Extinktion hin. Bestätigt werden die Messergebnisse durch verdorrte und kümmerliche Baumreste (Abb. 2f), die auf frühere Besiedlung und Absterben hinweisen. Neben der räumlichen Variabilität gibt es die Gehölze betreffend auch eine hohe zeitliche Variabilität. Sehr früh, zu Beginn der 1960er Jahre, sind also offensichtlich bereits Gehölze etabliert gewesen, begünstigt durch tiefe, wasserführende Risse im Beton, v. a. in den dolinenartigen Bombentrichtern, wo Luftfeuchtigkeit, Schatten, Feinerdeansammlungen mitsamt höherer Wasserkapazität die Etablierung begünstigten. Dennoch müssen auch hier unter extremen Witterungsverhältnissen, zumal in geringer dimensionierten Spalten, das Wurzelwachstum und die Wasseraufnahme an existenzielle Grenzen gestoßen sein: Jüngstes Beispiel für wiederholtes Absterben ist der zuletzt abgestorbene 4 m hohe Schlitzblättrige Holunder (*Sambucus nigra* var. *laciniata*) in einem der tiefsten Trichter. Hohe Ahornpflanzen (*Acer pseudoplatanus* und *A. platanoides*) sind auf offener Betonfläche im „Stoß“ zweier Betonelemente verortet (Abb. 2g), deren Schicksal bleibt mit zunehmendem Alter zu beobachten. Geschehen ist dies mehrfach bei jungen Baumkeimlingen und Sämlingen (Abb. 1 [B, 7], Abb. 2j): Unter günstigen Feuchtebedingungen in den *Tortella*-Rasen im Frühjahr 2010 zahlreich keimend (im Durchschnitt 5 Sämlinge/m²), überlebte kein Ahorn- oder Eschen-Sämling die sommerlichen Trockenphasen im flachen Wurzelhorizont. Mehrfach konnten so in den letzten 20 Jahren erfolgreiche Keimlings- und Jugendentwicklung von Gehölzen beobachtet werden, denen aber zumeist keine dauerhafte Etablierung folgte. Während längerer Trockenperioden zeigen auch etablierte Gehölze eminente Trockenschäden, die in vorzeitiger Laubfärbung (z. B. bereits Anfang Juli 2008!; Abb. 2k) resultieren können. Die Auswirkungen der extremen Sommertrockenheit des Jahres 2018 zu beobachten, verspricht wichtige Erkenntnisse zum Verhalten der zuletzt auf dem Dach vorkommenden Pflanzenarten. In Anbetracht des sich in der Geschichte der Bunker-Besiedlung wiederholenden Absterbens größerer



Gehölze dürfte vor allem die monatelange Dürre des Sommers 2018 gravierende Strukturveränderungen in der Gehölzvegetation verursachen.

Am häufigsten kommen die beiden genannten Ahorn-Arten vor, daneben Esche, Eiche und Vogelbeere, unter den Sträuchern dominiert *Rosa canina*. Auch sie überwinden die Ausbreitungsbarriere von der Wesermarsch auf das Bunkerdach mithilfe des Windes oder zoogener Ausbreitung. Die Gehölzbesiedlung der letzten 20 Jahren ist durch eine deutliche Zunahme der Artenzahl charakterisiert (Tab. 4). Anschaulich gehen hieraus besonders 17 Neuetablierungen nach 1996 hervor. Nicht ausgeschlossen ist angesichts der dokumentierten Verluste, dass es sich dabei auch um Wiederansiedlungen zuvor erloschener Arten handeln könnte. An Eschen-Hangfuß-Mischwälder der Schlucht- und Steinschuttwälder erinnern üppig bewachsene Dolinen, die von Eschen-Ahorn-Beständen bewachsen sind, mitsamt vieler Sämlinge (Abb. 2i). Sie wachsen an ihren natürlichen Wuchsorten auf „ausgesprochen nährstoffreichen frisch-feuchten Kolluvialböden bei luftfeuchtem Innenklima“ (ELLENBERG 1996). In den tiefen Trichtern finden sie auf dem Bunkerdach vergleichbare Voraussetzungen. Gute Wuchsbedingungen resultieren auch in größeren Flach-

Abb. 3: Kumulative Artenzahlentwicklung 1996–2015, eingebettet Verluste und Gewinne. [Development of species richness, cumulative, 1996–2015, inserted species losses and gains.]

Abb. 2: Vegetationsaspekte auf dem Bunkerdach. a) *Crepis biennis* und *Arrhenatherum elatius* an besonnemtem Mauerfuß des Deckenaufbaus, b) daneben *Centaurea jacea* agg., c & d) *Saxifraga tridactylites*-Aspekt, e) offene Beton-Flächen neben schütterten Magerrasen-Moos-Aspekt (mit u. a. *Pilosella officinarum*), f) abgestorbenes Gehölz auf schwach verwittertem Beton, g) *Acer pseudoplatanus* im Spaltenriss, h) *Malus domestica*, i) Ahorn-Keimlinge im Mai in feuchten *Tortella*-Moospolstern, j) Eschen-Keimling, k) frühe Laubfärbung von *Sorbus aucuparia* Anfang Juli nach längerer Trockenheit, l) Trichter mit Eschen-Ahorn-Bestand, m) geschlossenes Gehölzaufkommen in großflächigen Bombentrichtern mit *Salix cinerea*, *Fraxinus excelsior*, *Crataegus monogyna* agg., *Rubus armeniacus* u. a. [Different impressions of the roof vegetation. a) *Crepis biennis* and *Arrhenatherum elatius* at a sunny site of the wall, b & c) *Saxifraga tridactylites*, e) open concrete sites with sparse cover of nutrient poor sward and mosses, f) dead remnants of a tree, indicating tree establishment in the past, g) Maple-species in a small crack, h) flowering apple-tree, i) seedlings of maple on moist *Tortella*-sward, j) seedling of ash, k) early deciduous foliage of *Sorbus aucuparia* in the beginning of July after longer periods of drought, l) Ash-maple-community in a deeper doline-like crater, m) dense cover of woody species in larger bomb craters, species see above.]

Tab. 4: Wandel der Gehölzartenzusammensetzung 1996–2015 [Change of woody species composition 1996–2015]

	Jahr	1996	2006	2015
	Artenzahl	16	24	30
<i>Acer platanoides</i>		•	•	•
<i>Acer pseudoplatanus</i>		•	•	•
<i>Betula pubescens</i> subsp. <i>carpatica</i>		•	•	•
<i>Betula pendula</i>		•	•	•
<i>Crataegus monogyna</i> agg.		•	•	•
<i>Fraxinus excelsior</i>		•	•	•
<i>Malus domestica</i>		•	•	•
<i>Populus tremula</i>		•		•
<i>Rosa canina</i>		•	•	•
<i>Salix alba</i>		•	•	•
<i>Salix caprea</i>		•	•	•
<i>Salix cinerea</i>		•	•	•
<i>Sambucus nigra</i> var. <i>nigra</i>		•	•	•
<i>Sambucus nigra</i> var. <i>laciniata</i>		•	•	•
<i>Sorbus aucuparia</i>		•	•	•
<i>Ribes rubrum</i>		•		
<i>Cotoneaster horizontalis</i>			•	•
<i>Cotoneaster salicifolius</i>			•	•
<i>Ligustrum vulgare</i>			•	•
<i>Lonicera periclymenum</i>			•	•
<i>Mahonia aquifolium</i>			•	
<i>Pinus sylvestris</i>			•	•
<i>Quercus robur</i>			•	•
<i>Salix aurita</i>			•	•
<i>Salix multinervis</i>			•	•
<i>Salix smithiana</i>			•	
<i>Carpinus betulus</i>				•
<i>Cotoneaster divaricatus</i>				•
<i>Crataegus laevigata</i> agg.				•
<i>Populus canadensis</i> *				
<i>Populus trichocarpa</i>				•
<i>Rubus armeniacus</i>				•
<i>Sorbus intermedia</i>				•
<i>Cornus sanguinea</i> – juv.				•

• = im betreffenden Zeitraum vorkommend,

* = Jungpflanze nur in 2011

mulden mit zahlreichen und tiefreichenden Betonspalten, wo sich eine üppige Gehölzvegetation entwickeln konnte (Abb. 2k).

4 DISKUSSION

Wesentliche Voraussetzungen für die Besiedlung von neuen Lebensräumen wie der Betoninsel, auf denen ähnlich wie auf Dünen, Gletschervorfeldern oder jungen Vulkaninseln (BURROWS 1990, MILES & WALTON 1993) noch keine Samen im Substrat vorhanden sind, bilden der Eintrag von Diasporen und deren Etablierung. Anders als auf weit entfernten Meeresinseln entfällt hier der Distanzeffekt als Ausbreitungsbarriere; die Besiedlung erfolgt demnach, wie vom Modell zur Inselbiogeografie (MACARTHUR & WILSON 1967) vorausgesagt, schneller. Waren auf Surtsey nach 45 Jahren Primärsukzession erst 69 Gefäßpflanzenarten vorhanden (MAGNÚSSON & al. 2009), so

konnten schon bei der ersten Erfassung 1996/97, also nach etwa derselben Zeitspanne, auf dem deutlich kleineren Bunkerdach 99 Arten notiert werden. Berücksichtigt man kontinuierliche Neuzuwanderungs- und Absterberaten, die seit den letzten 20 Jahren zu beobachten waren, dürfte die tatsächliche Anzahl der bis dahin auf der Bunkerinsel angekommenen Arten beträchtlich höher gewesen sein. Dementsprechend höher als die in den letzten 20 Jahren beobachteten 171 Taxa wäre auch die Gesamtzahl aller je die Betoninsel besiedelnden Arten nach annähernd 70 Jahren. Nur auf den ersten Blick überrascht die vergleichsweise höhere Anzahl der Surtsey besiedelnden Moosarten (75) gegenüber 40 auf dem Bunker (KOPERSKI 2018). Diese überwinden mittels ihrer leichten Sporen, vom Wind über weite Distanzen auf die größere Meeresinsel verweht, weitere Entfernungen als die schwereren Samen der meisten Gefäßpflanzen. Das bestätigt eindrucksvoll die Theorie von MACARTHUR & WILSON (1967), wonach Besiedlungsprozesse auf weiter entfernten, isolierten Inseln verlangsamt ablaufen, zumindest was die Samenpflanzen anbelangt. Die geringere Inselfläche (2,5 ha Bunkerdach vs. 171 ha Vulkaninsel) und die damit geringere Auftreffwahrscheinlichkeit von Samen spielt in Anbetracht der an Land gelegenen, leichter erreichbaren Bunkerinsel demgegenüber eine untergeordnete Rolle. Dieser stochastischen Komponente, mannigfacher Sameneintrag aus der Umgebung (“seed rain”), stehen auf besiedlungsfeindlichen Extremlebensräumen deterministische, also vorhersehbare Einschränkungen gegenüber: Nicht betont werden muss der limitierte, anfangs sogar fehlende Wurzelraum, die verminderte Wasserhaltekapazität des Substrats bei hoher sommerlicher Einstrahlung sowie die Gefahr längerer Trockenheit, wozu die windexponierte Lage (Evapotranspiration!) beiträgt. Erst mit Staub- und Feinerdeinwehungen bieten sich vor allem in den Betonrissen und den dolinenartigen, mikroklimatisch begünstigten Trichtern bessere Etablierungsmöglichkeiten für wurzelnde Pflanzen. Durch physikalische Verwitterungsprozesse sowie Detritus-, mithin Nährstoffanreicherung unter den etablierten Moospolstern können auch ebene, nährstoffarme Betonflächen von höheren Pflanzen besiedelt werden, vor allem durch Arten von Magerwiesen sowie Sand- und Felsrasen. Letztere sind in Anbetracht der Artenfülle mitteleuropäischer Felsgrus-Gesellschaften der trocken-warmen Standorte der Mittelgebirge auf dem Bunker indes erstaunlich gering vertreten, was wiederum ein Indiz für die pflanzengeografische Isolation der Bunkerinsel ist. *Saxifraga tridactylites*, *Sedum*-Arten, *Poa compressa* und einige Klassenkennarten der Sedo-Scleranthetea zieren das basische Betonsubstrat. Für die meisten der von KORNECK (1975) genannten zahlreichen Kennarten der Felsgrusgesellschaften ist die Ausbreitungsdistanz in die Wesermarsch offenkundig zu groß, zumal es in Tieflagen, wie ELLENBERG

(1996) betont, kaum noch Felsstandorte mit natürlichem Bewuchs gibt. Mauern sind für manche basiphytische Arten Ersatzstandorte, werden allerdings größtenteils durch Säuberungsaktionen gestört. Der sekundären Kolonisation von charakteristischen Arten über solche „Trittsteine“ in erreichbarer Bunkernähe sind mit deren Zerstörung allerdings enge Grenzen gesetzt.

Methodisch vorzuziehen sind wiederholte Untersuchungen im Jahresverlauf, nur so können sporadische Etablierungsereignisse, z. B. Frühjahrs- und Spätherbstaspekte erfasst werden. Um Fluktuationen, d. h. auch Extinktionseignisse zeitnah und kausal zu erkennen, sind regelmäßige Beobachtungen notwendig. Anders als vergleichbare Hartsubstratstandorte, z. B. Mauern (BRANDES 1998, HÖVELMANN 2002), bietet das ungleich größere Bunkerdach die seltene Möglichkeit Besiedlungsprozesse auf lange Zeit ungestörten Extremstandorten zu studieren. Nicht nur das Kommen und Gehen von Arten wird erfahrbare; verlässlich lässt sich ähnlich den Inseln im Meer auch der faszinierende Prozess der Eroberung unwirtlicher, nur scheinbar lebensfeindlicher Standorte durch Pflanzen, Pilze und Tiere verfolgen.

Verantwortlich für die erstaunlich hohe Phytodiversität auf der vergleichsweise kleinen Bunkerinsel ist neben der „Landnähe“ vor allem die Strukturvielfalt (Abb. 1; SCHARF & MÜLLER 2018), sie resultiert in bedeutsamen und heterogenen Kleinstrukturen, die wiederum verschiedenen pflanzlichen Lebensstrategien Raum bieten, wenn die Arten auf das Bunkerdach gelangen. Jüngstes Beispiel ist *Lythrum salicaria* (Blutweiderich), eine Art der feucht-nassen (Mädesüß-)Staudenfluren der Grabenufer, deren schleimhaarige Samen durch Vögel ausgebreitet werden. Sie konnte sich nur etablieren, weil neben trockenen Plateaustandorten auf dem Dach auch feuchte Mulden und Tümpelränder vorkommen. Es ist demnach keine Überraschung, wenn zukünftig weitere Arten der feuchten Wesermarsch auf dem Bunker zu finden sein werden.

5 FAZIT

Der Lebensraum Bunkerdach bietet auch nach 70 Jahren wertvolle Einblicke in die Neubesiedlung von anfangs völlig vegetationsfreien, „öden“ Standorten. Die Besiedlung erfolgt über Diasporen von Arten aus der Region, welche die Betoninsel erst mithilfe von Tier- und Windausbreitung erreichen können. Die ökologische Isolation des riesigen Betonklotzes macht den Bunker zu einem einzigartigen Forschungslabor an Land. Die beschriebenen natürlichen, biologischen Entwicklungsprozesse des Mahnmals Bunker Valentin sind noch lange nicht abgeschlossen, so dass das Studium der Besiedlung und der Sukzessionsprozesse ähnlich den Primärsukzessionen auf jungen Meeresinseln noch lange Jahre lohnende Erkenntnisse liefern wird.

DANK

Marie-Sofie Rohner, Berlin, verdanken wir die Einsicht in ihre Bunkeraufzeichnungen von 1990. Helmut Riemann (Überseemuseum Bremen) danken wir für die Zeichnung. Günter Gottschlich (Tübingen) übernahm die Revision von *Hieracium* spp., Gerhard Wagenitz † (Göttingen) jene von *Centaurea jacea* subsp. *gaudinii* und H. Scholz (†) die Bestimmung von *Setaria viridis* var. *weimannii*. Jesus Fernandez (Hochschule Bremen) verdanken wir das Protokoll vom GEO-Tag der Artenvielfalt, der Zentrale für Politische Bildung Bremen den Zugang zum umfangreichen Bildarchiv, Dieter Eckstein (Institut für Holzforschung der Universität, Hamburg) die exakten Jahrringanalysen, Dirk Schilling (Bundesanstalt für Immobilienaufgaben in Oldenburg, zuvor Marine-depot Bremen-Farge), die Betretungserlaubnis. Besonders danken wir Annette Kolb (Universität Bremen) für die gründliche Durchsicht des Manuskriptes.

LITERATUR

- BRANDES, D. (1998): Die Mauerflora der Stadt Braunschweig. – Braunschweiger Naturkundliche Schriften **5**: 629–639.
- BROSCHART, J. (2011): Bunker Valentin/Bremen – Krieg und Leben. – GEO **2011** (6, Beiheft): 6–7.
- BURROWS, C. J. (1990): Processes of vegetation change. – Unwin Hyman, London. 551 S.
- CORDES, H., J. FEDER, F. HELLBERG, D. METZING & B. WITTIG (2006): Atlas der Farn- und Blütenpflanzen des Weser-Elbe-Gebietes. – Hauschild, Bremen. 508 S.
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 5. Aufl. – Ulmer, Stuttgart. 1095 S.
- ELLENBERG, H., H. E. WEBER, R. DÜLL, V. WIRTH, W. WERNER & D. PAULISSEN (1991): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. – Scripta Geobotanica **18**: 1–248.
- FRIDRIKSSON, S. (1975): Surtsey – evolution of life on a volcanic island. – Butterworth, London. 198 S.
- HÖVELMANN, T. (2002): Mauervegetation im Stadtgebiet erhöht die Biodiversität. – Mitteilungen der Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten, Nordrhein-Westfalen **27**: 55–60.
- JÄGER, E. J. (2011): Rothmaler – Exkursionsflora von Deutschland. 20. Aufl. – Spektrum, Heidelberg. 930 S.
- KOPERSKI, M. (2018): Moose auf dem Dach des Bunkers Valentin in Bremen-Farge. – Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen **47**: 555–558.
- KORNECK, D. (1975): Beitrag zur Kenntnis mitteleuropäischer Felsgrus-Gesellschaften (Sedo-Scleranthetea). – Mitteilungen der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft **18**: 45–102.
- MACARTHUR, R. H. & E. O. WILSON (1967): The theory of island biogeography. Ed. 2. – Princeton University Press, Princeton. 202 S.
- MAGNÚSSON, B., S. H. MAGNÚSSON & S. FRIDRIKSSON (2009): Developments in plant colonization and succession on Surtsey during 1999–2008. – Surtsey Research **12**: 57–76.
- MILES, J. & D. H. W. WALTON (Hrsg.) (1993): Primary succession on land. – Blackwell, Oxford. 309 S.

- MÜLLER, J., H. KUHBIER, M. KOPERSKI, J. ALBERS & B. GRAUWINKEL (2008): Besiedlung einer „Fels-Insel“ im Flachland – Flora und Vegetationsentwicklung auf Bunker-Beton („Valentin“-Bunker) in Bremen. – Schriftenreihe des Landesmuseums Natur und Mensch **66**: 75–84.
- SCHARF, B. & J. MÜLLER (2018): Flora und Fauna des Bunkers Valentin in Bremen-Farge – Stand der Untersuchungen. – Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen **47**: 461–465.
- WAGENITZ, G. (Hrsg.) (1987): Illustrierte Flora von Mitteleuropa **6**(4): Compositae 2: *Matricaria* – *Hieracium*. 2. Aufl. – Parey, Hamburg. 1483 S.

Anschriften der Verfasser:

Josef Müller, Institut für Ökologie, Abt. Vegetationsökologie und Naturschutzbiologie,
FB 2, Universität Bremen, 28344 Bremen
E-Mail: muellerj@uni-bremen.de
Heinrich Kuhbier, Überseemuseum Bremen, Bahnhofplatz 13, 28195 Bremen

Eingereicht: 16.5.2017

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen](#)

Jahr/Year: 2013

Band/Volume: [47](#)

Autor(en)/Author(s): Müller Josef, Kuhbier Heinrich

Artikel/Article: [70 Jahre Flora- und Vegetationsentwicklung auf der Habitat-Insel Bunker Valentin in Bremen-Farge 545-554](#)