

F+E-Vorhaben des BfN

„WildesOffenland“

Bedeutung und Implementierung von „Störungen“ für den Erhalt von Offenlandökosystemen in ansonsten nicht gemanagten (Schutz-) Gebieten

FKZ 3515850500

Laufzeit Oktober 2015 bis Dezember 2017

Literaturrecherche zu Störungsregimen und Megaherbivoren

Prof. Dr. Alexander Peringer & MSc. Kiowa Alraune Schulze

Universität Kassel

Fachgebiet Landschafts- und Vegetationsökologie

Prof. Dr. Gert Rosenthal



U N I K A S S E L | A R C H I T E K T U R
V E R S I T Ä T | S T A D T P L A N U N G
L A N D S C H A F T S P L A N U N G

Inhalt

Abbildungsverzeichnis.....	3
Tabellenverzeichnis.....	3
1 Zusammenfassung.....	4
2 Hintergrund.....	5
3 Herangehensweise und Begriffsklärungen.....	5
4 Methode.....	7
5 Ergebnisse.....	12
6 Empfehlungen fürs weitere Vorgehen.....	17
7 Erläuterungen zu den Citavi-Projekten und Excel-Datenblättern.....	19

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Zeigt die fünf Parameter, die nach Turner et al. (1998) und Pickett & White (1985) ein Störungsregime charakterisieren.	7
Abbildung 2. Zeigt den schematischen Ablauf der Literatursuche. Es sei vermerkt, dass nach Durchlauf der Phasen 3 & 4, sowie nach der Synthese eine weitere noch spezialisierte Suche erneut beginnen könnte.	8

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Liste der natürlichen Störungsarten und ihrer möglichen Effekte in Ökosystemen.	6
Tabelle 2. Liste der Lebensraumtypen offener und geschlossener Ökosystemtypen, die im Fokus der Literaturrecherche stehen werden.	7
Tabelle 3. Schlüsselwörter aus den einzelnen Hauptgruppen, die in der Sucheingeabe verwendet werden.	9
Tabelle 4. Zeigt die Kriterien der allgemeinen (Excel-)Analysetabellen (oben) und der detaillierten (unten), die für die Analysephase angelegt wurden und vor allem der späteren Parametrisierung dienen sollen. Darunter Tabelle mit den Erläuterungen zu den Kriterien.	11
Tabelle 5. Zeigt die Anzahl an Studien pro Lebensraumtyp (LRT) mit nützlichen Ergebnissen für die Parametrisierung. Hier die verwendeten englischen Bezeichnungen für die LRT während der Recherche. In Klammern: Nachahmung von natürlichen Störungen. Table lists the number of references with useful information for parameterization for each habitat type.	12

1 Zusammenfassung

Das Forschungsvorhaben befasst sich mit den Auswirkungen natürlicher Störungen zum Erhalt und zur Genese von Offenlandlebensräumen. Diese Untersuchungen werden modellgestützt in Simulationen zur Sukzessionsdynamik in Offenland- und Waldlebensräumen untersucht. Im ersten Teil des Vorhabens, dient eine Literaturrecherche der Erfassung der qualitativen und quantitativen Eigenschaften von natürlichen Störungsregimen. Sowie der Ermittlung von möglichen Sukzessionsdynamiken in natürlich gestörten Lebensräumen. Ziel der Literaturrecherche ist es, deskriptive oder numerische Daten über eine Auswahl bestimmter natürlicher Störungsregime in Lebensräumen zu erhalten, welche für die späteren Parametrisierungen im Simulationsmodell benötigt werden. Von Oktober bis Dezember 2015 wurde eine Literaturrecherche durchgeführt für welche hauptsächlich das ISI Web of Science, die dnl-online und Google-Scholar als Datenbanken verwendet wurden. Basierend auf bestimmten Auswahlkriterien wurde in einem vierstufigen Verfahren, die Literatur selektiert und analysiert. Auswahlkriterien waren z.B. ein natürliches Störungsregime, Erscheinungsjahr, naturnahes Weidesystem. Insgesamt wurden 42 Referenzen von anfangs 183 gesammelten Referenzen als nützlich eingestuft. Die Studien beinhalten qualitative oder quantitative Ergebnisse, welche der Parametrisierung dienlich sein können. Somit wurden für jeden der Offenland- und Waldlebensräume mindestens vier nützliche Referenzen gefunden. Außer für den Lebensraum Küste, für welche die Daten einer Studie als ausreichend eingeschätzt wurden, um sie als Grundlage und Abstraktion für die Parametrisierung zu verwenden. Während der Recherche ist deutlich geworden, dass die Untersuchungen zu natürlichen Störungen besonders in Europa eher selten sind und besonders in Bezug auf Offenlandlebensräume. So war Feuer ausgeführt als kontrolliertes Brennen, die am häufigsten untersuchte Art der „natürlichen Störung“ z.B. in Heiden, Trockenrasen. Untersuchungen zu Wildfeuern oder Bibern stammen hauptsächlich aus den USA. Schließlich beziehen sich die Ergebnisse und Erkenntnisse der Studien: in Offenlandlebensräumen selten mit (alternativen) Sukzessionspfaden oder (natürlichen) Störungsauswirkungen; in Waldlebensräumen vor allem mit dem Regenerationspotential des ursprünglichen Baumbestands oder bestimmter Zielarten (Nutzwald-Aspekt). Es besteht aber Forschungsbedarf an Untersuchungen, die objektiv nur die Vegetationsentwicklung durch natürliche Störungen untersuchen, außerhalb einer freien Sukzession (Nutzungsaufgabe) oder Renaturierungsmaßnahme.

2 Hintergrund

Mit Hilfe der Literaturrecherche sollen die Sukzessionspfade in Offenlandökosystemen in Mitteleuropa und vor allem die progressiven Sukzessionen (Verbuschung, Verwaldung) verstanden werden. Ziel ist es, Kenntnis über Sukzessionsgeschwindigkeiten, (Dauer-)Stadien und stabilisierender Faktoren zu gewinnen. Sowie ihrer Wirkung auf Offenlandzielarten / Populationen (Persistenz) und den zu erwartenden Endgesellschaften.

Die natürlichen Störungsregime stehen im Fokus. Welche Ausprägungen und Wirkungen unterschiedliche natürliche Störungsarten in unterschiedlichen Offenlandökosystemen (und Landschaften) Mitteleuropas hervorrufen. Außerdem welche Auswirkungen Interaktionen zwischen natürlichen Störungen und Megaherbivoren (Huftieren) oder Biber in diesen Offenlandökosystemen haben.

Zusammengefasst, werden Daten und Informationen benötigt, um diese Faktoren zu beschreiben:

- ✓ Sukzessionsgeschwindigkeiten, Sukzessionsstadien, stabilisierende Auswirkungen
- ✓ Störungsauswirkungen auf Art-, Populations- und Gesellschaftsebene
- ✓ Störungsauswirkungen in Offenlandlebensräumen (und Waldlebensräumen)
- ✓ Auswirkungen der Interaktionen natürlicher Störungen und Megaherbivoren

3 Herangehensweise und Begriffsklärungen

Für die Entwicklung und Bearbeitung der Literaturrecherche ist es notwendig die Bedeutung kontextabhängiger Begriffe zu klären und diese dabei festzulegen. Für die folgenden Begriffe war dies notwendig: **a) (natürliche) Störung** und **b) Störungsregime**. Desweiteren fand eine Auswahl an **c) Lebensraumtypen** offener und geschlossener Ökosysteme basierend auf dem Vorläuferprojekt zur Wildniskulisse (Rosenthal et al 2015) statt. Darüber hinaus sollte im Zusammenhang mit dem Vorhaben auf jeden Fall Einigkeit in der Verwendung und Bedeutung der Begriffe: Renaturierung/Wildnis und Redynamisierung/Initialmaßnahme bestehen (s. Abschnitt 5).

a) (Natürliche) Störung: Entsprechend der Definition von Pickett & White (1975) wird eine Störung als ein spontan auftretendes Ereignis verstanden, welches systemare Auswirkungen auf das Ökosystem hat. Das heißt, es kommt zu Veränderungen der Ressourcenverfügbarkeit, wie z.B. Biomasseverlust, Nährstoffeintrag, Vegetationsstruktur. Hier ist ein wichtiger Zusatz im Rahmen des Forschungsvorhabens, dass die Störung auf *natürliche* Weise auftritt und nicht anthropogen abhängig ist. Störungen wie Feuer oder Überschwemmungen können zur Redynamisierung initial eingesetzt werden, aber könnten sich später auch auf eigene Weise entwickeln. Die *Natürlichkeit* des Störungsereignisses und auch der Unterschied zur Normallandschaft, wird also dadurch charakterisiert, dass sie:

- ✓ vom Menschen unabhängig auftritt
- ✓ in ihrer eignen Frequenz und Intensität
- ✓ in einer anderen Räumlichkeit, weil unbestimmtes Ausmaß an Störungsfläche

Demzufolge werden die Auswirkungen von großen Pflanzenfressern wie Hirsch, Wisent, Wildpferd nicht als Störungsereignis allein betrachtet, denn ihr Gehölzverbiss oder Fraß tritt nicht spontan oder diskret auf, sondern findet kontinuierlich statt (siehe White & Jentsch 2001). Hingegen stellt der Biber ein Störungsereignis dar, auch wenn er teilweise seine Biberwiese bis zu einem Jahrzehnt bewohnen könnte. Die Anwesenheit des Bibers stellt eine großflächige (spontane) systemare Veränderung dar, die nur so lange Permanenz hat, wie der Biber präsent ist.

Für die Recherche werden die folgenden Störungsarten in Betracht gezogen, welche unter Anderen folgende Effekte hervorrufen können in den genannten Ökosystemtypen (Tabelle 1).

Tabelle 1. Liste der natürlichen Störungsarten und ihrer möglichen Effekte in Ökosystemen.

Natürliche Störung	Effekte	Ökosystemtypen
Flut Überschwemmung Sturmflut	Sedimentation Erosion Vernässungen	Feuchtgebiete Auenwald Küste
Sturm Windwurf	Erosion Versandungen Vegetationslücken Insekten-Kalamitäten	Wald Binnendünen Küste
Lawinen	Vegetationslücken Vernässungen Verschüttung	Wald
Feuer	Nährstoffveränderungen Vegetationslücken	Moore Binnendünen Wald
Biber	Überschwemmung Trockenlegung Altbaum-Herbivorie	Auen Auenwald

b) Störungsregime: Entsprechend Turner et al. (1998), umfasst der Begriff Störungsregime die Gesamtheit der qualitativen und quantitativen Eigenschaften einer natürlichen Störung. Turner et al (1998) beruft sich auf Pickett & White (1985) und beschreibt fünf Komponenten, die ein Störungsregime ausmachen: Frequenz, Größe, Intensität, Schwere, und seine Rückstände. Ein entscheidender Unterschied zwischen Intensität und Schwere ist, dass Intensität als physisch auftretende Kraft (Temperatur, Windgeschwindigkeit) und Schwere als Wirkung auf z.B. Organismen zu verstehen ist (Abbildung 1).

Um das Verhalten und die Effekte einer Störung verstehen und in Parametern beschreiben zu können, werden in der Analyse der Studien für jede untersuchte Störungsart ihre Eigenschaften und Auswirkungen gesammelt. Entsprechend der fünf Komponenten eines Störungsregimes (Turner et al. 1998), werden Daten dazu gesammelt, mit welcher Frequenz, Intensität und (Störungs-)Flächengröße eine Störung auftrat. So wie auch welche Auswirkungen sie auf die Vegetationsdynamik hatte oder auf die Landschaftsstruktur (siehe Methode).

Term	Definition
Frequency	Mean number of events occurring at an average point per time period, or decimal fraction of events per year; mean time between disturbances is obtained from the inverse of frequency.
Size	Area disturbed, which can be expressed as mean area per event.
Intensity	Physical energy of the event per area per time (for example, heat released per area per time period for fire, or wind speed for storms); characteristic of the disturbance rather than the ecological effect.
Severity	Effect of the disturbance event on the organism, community, or ecosystem; closely related to intensity, because more intense disturbances generally are more severe.
Residuals	Organisms or propagules that survive a disturbance event; also referred to as biotic legacies. Residuals are measure of severity, and thus (at least within one disturbance) an index of intensity.

Adapted from White and Pickett (1985).

Abbildung 1. Zeigt die fünf Parameter, die nach Turner et al. (1998) und Pickett & White (1985) ein Störungsregime charakterisieren.

- c) **Lebensraumtypen:** Außerdem wurde sich auf eine Auswahl an Lebensraumtypen offener und geschlossener Ökosysteme basierend auf dem Vorläuferprojekt zur Wildniskulisse für den methodischen Ansatz geeinigt. Im Abschnitt Methode wird gezeigt wie diese Lebensraumtypen für die Literatursuche genauer beschrieben werden, z.B. durch dominante Pflanzenarten. Es sei vermerkt, dass die Bezeichnung dieser Lebensraumtypen der Suche angepasst wird, d.h. die Sucheingabe Binnendünen (*inland dunes*) und natürliche Störungen ist erfolgsversprechender als explizit nach Sandtrockenrasen zu suchen (siehe Methoden).

Tabelle 2. Liste der Lebensraumtypen offener und geschlossener Ökosystemtypen, die im Fokus der Literaturrecherche stehen werden.

Offenland			Geschlossen
<i>Trockene Gebiete</i>	<i>Feuchtgebiete</i>	<i>Halboffen</i>	<i>Wald</i>
Sandtrockenrasen Kalkmagerrasen Borstgrasrasen	Küsten Moore Pfeifengraswiesen Brenndoldenwiesen	Heiden	Laubwald Nadelwald Auenwald

4 Methode

Die Literaturrecherche teilt sich in vier Hauptphasen, welche an die Vorgehensweise einer Meta-Analyse erinnern. Vom 19.10.2015 bis 09.11.2015 erfolgten die Identifikation und Selektion, und anschließend erfolgten bis zum 11.12.2015 die Abstraktions- und Analysephasen. Für die Suche wurden die Literaturdatenbanken ISI Web of Science, dnl-online (BfN) und Google-Scholar verwendet. Hier sei kurz erwähnt, dass das ISI Web of Science im Gegensatz zu den beiden anderen Datenbanken, auf eine große Bandbreite international wissenschaftlicher Publikationen (hpts. *peer reviewed* Studien) hinweist. Durch Google-Scholar kann man teilweise auf eine ähnliche Auswahl an soliden Studien

treffen, jedoch werden hier bei der Suche ebenfalls auch unseriöse und populistische Artikel vorgeschlagen. Allerdings ermöglichen die Verwendung von Google-Scholar und dnl-online, auf deutschsprachige Studien aufmerksam gemacht zu werden, welche vorwiegend in Form eines Kapitels in Endberichten, Büchern oder Tagungsskripten vorliegen.

Die gesamte Literatur wurde in drei aufeinander aufbauenden Citavi-Projekten gesammelt. Welche nach denen im nächsten Abschnitt entsprechenden Phasen benannt sind (WildnisOffen_LitSearch, WildnisOffen_LitAbstract, WildnisOffen_LitAnalysis).

Die vier Phasen der Literaturrecherche:

- I. Identifikation
- II. Selektion
- III. Abstraktion
- IV. Analyse
- V. (Synthese)

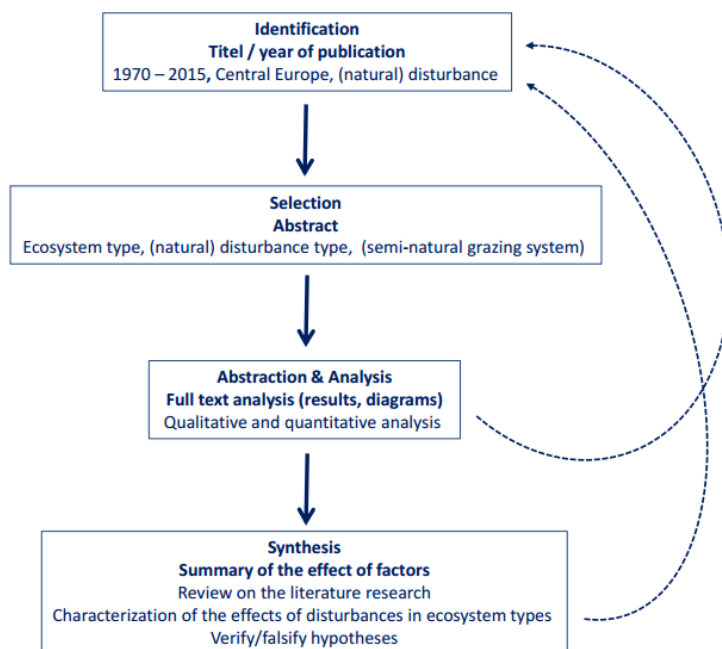


Abbildung 2. Zeigt den schematischen Ablauf der Literatursuche. Es sei vermerkt, dass nach Durchlauf der Phasen 3 & 4, sowie nach der Synthese eine weitere noch spezialisierte Suche erneut beginnen könnte.

(I) Die Identifikation ist der erste Schritt in der Suche. Hier wird anhand bestimmter Kombinationen von Schlüsselwörtern Literatur zunächst nur gesammelt. Die Schlüsselwörter wurden entsprechend nach drei Hauptgruppen kategorisiert, die kontextrelevant sind zur Beantwortung der Fragestellungen (siehe Tabelle 3).

Hauptgruppen der Schlüsselwörter:

1. Störung / Disturbance
2. Ökosystem / Ecosystem
3. Vegetationsdynamik / Vegetation Dynamics
4. (Management)

Diese Schlüsselwörter werden in der Suche logisch kombiniert, das heißt zum Beispiel nach Störungsart und Ökosystemtyp: meadow*, alluvial, flood oder grassland*, pine*, fire. Im ersten Suchschritt erfolgt die Auswahl anhand des Titels, Erscheinungsjahres (und ggf. den vom Autor vorgegebenen Schlüsselbegriffen). Hierbei werden nur Studien berücksichtigt, welche im Zeitraum von 1970 bis 2015 erhoben wurden.

Dabei sei erwähnt, dass der Sucherfolg auch von der Komplexität der Kombinationen abhängt: so kann eine Suchbegriffskombination zu speziell oder zu generell gefasst sein. Es ist daher empfehlenswert von einer generellen Suchanfrage zu einer spezialisierten zu kommen. Anhand der Trefferzahl, Schlagwörter im Titel sowohl derer vom Autor vorgegebenen und Repetitionsrate an Studien, erkennt man in welche Richtung die Suchbegriffe verändert/optimiert werden müssen.

Tabelle 3. Schlüsselwörter aus den einzelnen Hauptgruppen, die in der Sucheingabe verwendet werden.

Disturbance	Ecosystem		Vegetation Dynamics	(Management)
disturbance*	open*	forest*		wild*
fire	(semi-)	woodland	succession*	conservation*
flood	mosaic	mosaic	(regressive)	national park
		(mixed-)	(progressive)	
storm*	grassland*	deciduous		restoration
(wind) storm	(dry-)	coniferous	encroachment	regeneration
windthrow	matgrass		enforestment	renaturation
	<i>Nardus</i>	beech	reforestation	retention
avalange	(grey-) hairgrass	<i>Fagus*</i>		
	<i>Corynephorus</i>	(<i>sylvestris</i>)	erosion	biodiversity*
beaver	bentgrass		sedimentation	
<i>castor fiber</i>	<i>Agrostis</i>	oak	drift*	
		<i>Quercus*</i>		
FFH-Numbers	dunes*	(<i>petraea,</i>	patch*	
(Bfn Search)	(inland-)	<i>robur</i>)	mosaic	
6230	<i>Corynephorus</i>		large-scale	
2330	<i>Agrostis</i>	alder	small-scale	
6210		<i>Alnus*</i>		
6410	meadow*	ash*		
6440	alluvial	<i>Fraxinus*</i>		
7210	<i>Molinia</i>	(<i>excelsior</i>)		
	peat*			
		Pine		
	fens*	<i>Pinus*</i>		
	calcareous	(<i>sylvestris</i>)		
	<i>Cladium</i>			
	<i>Caricium</i>	Spruce		
		<i>Picea*</i>		
		(<i>abies</i>)		

(II) In dem sich anschließenden Schritt der Selektion, wurde anhand der Zusammenfassung (Abstracts) und der von den Autoren vorgegebenen Schlüsselbegriffe selektiert. Entscheidend war hier, ob es sich um eine Studie über die Auswirkungen einer natürlichen Störungsart handelt (siehe Tabelle 1) oder aber falls es sich um eine künstliche Anwendung (Nachahmung) einer natürlichen Störung handelt, die angewandte Methode trotzdem übertragbare Ergebnisse über den Störungseffekt auf die Vegetation liefert. Das war z.B. der Fall bei Studien über die Auswirkungen von Feuer, wenn diese kontrolliertes

Brennen angewendet haben. Desweiteren wurde anhand des Lebensraum oder Ökosystemtyps entschieden, denn wenn die Studie nicht in Zentral Europa erhoben wurde, so musste entschieden werden, ob ihre Ergebnisse zur Vegetationsdynamik übertragbar sein könnten bzgl. Pflanzengesellschaft, Kontinentalität, Klima. Außerdem wurde darauf geachtet, dass falls ein Weidesystem im Studiengebiet vorkommt, es sich hierbei um ein *naturnahes Weidesystem* handelt. Das bedeutet, es ist ein ganzjähriges und extensives Weidesystem ohne Zufütterung. Dessen Huftierarten der ursprünglichen Pflanzenfresser-Gemeinschaft Mitteleuropas entspricht: Rotwild (Hirsch, Reh), Schwarzwild, Wisent, Wildpferd (Przewalski, Konik) und ggf. Heckrind.

(III) & (IV) Dann erfolgt die erste inhaltliche Analyse der ausgewählten Studien, die Abstraktion und Exzerption der Ergebnisse (Analyse). Die Studien werden explizit nach bestimmten Schlüsselinformationen hin untersucht, die später zur Beantwortung der Arbeitshypothesen und Parametrisierung benötigt werden. Diese Daten werden in zwei Excel-Mappen jeweils für offene und geschlossene Lebensräume gesammelt. In jeder Excel-Mappe findet sich zunächst eine allgemeine Liste der Studien und ihrer Rahmeninformationen und die detaillierte Ergebnissammlung erfolgt dann in dem Lebensraumtyp zugeordnetem Datenblatt.

Tabelle 4. Zeigt die Kriterien der allgemeinen (Excel-)Analysetabellen (oben) und der detaillierten (unten), die für die Analysephase angelegt wurden und vor allem der späteren Parametrisierung dienen sollen. Darunter Tabelle mit den Erläuterungen zu den Kriterien.

ID	Reference	Study site			Landscape		Disturbance	Herbivore		Comment	Evaluation
		Country	Natural Area / Climate	Study period	Open	Closed		Grazing System	Wild		

I D	Landscape		Vegetation			Disturbance				Succession				Remarks
	Open	Closed	Alliance	Herb/Grasses	Tree/Shrub	Type	Frequency	Intensity	Area	Progressive	Regressive	Stabilization	Genesis	

Kriterien	Erläuterung zu den Kriterien der Analysetabellen
ID	Laufnummer
Reference	Quellenangabe
Study site	In welchem Land die Studie erhoben wurde, ggf. welche Kontinentalität und Klima das Studiengebiet prägen und über den Untersuchungszeitraum.
Landscape	Gibt an, um einen Lebensraumtyp des offenen oder geschlossenen Lebensraums es sich handelt.
Disturbance	Untersuchte Störungstypen
Herbivore	Wird ein Weidesystem oder werden Wildtiere erwähnt, dann auch ggf. Weide- und Wildtierdichten.
Comment	Handelt es sich um ein Reviewartikel.
Evaluation	Bewertung 1: sehr nützliche Studie (Empirie, Daten, Tendenzen), Bewertung 2: gering nützliche Daten, aber informative Diskussion, oder Studie ist zu theoretisch.
Vegetation	Vorkommende Pflanzengesellschaften, dominierende oder kennzeichnende Pflanzenarten im Untersuchungsgebiet.
Disturbance	Störungstyp und seine Frequenz (Häufigkeit), Intensität (z.B. Temperatur, Geschwindigkeit), Störungsgröße (zerstörte Fläche).
Succession	Entwicklung bestimmter Arten oder des Artenreichtums, stabilisierende Auswirkungen auf Arten oder Strukturen, Entwicklung neuer Strukturen, Toleranzen von Arten gegenüber der Störung.
Remarks	Weitere Tendenzen, die in der Studie erwähnt werden, aber keiner der Kategorien entsprechen. Allerdings Sukzessionstendenzen zum Beispiel beschreiben oder interessante Beobachten über das Störungsereignis. Daneben ggf. persönliches Kommentar zur Bewertung der Studie.

5 Ergebnisse

Aus der durchgeführten Literaturrecherche ergeben sich aktuell 42 Referenzen, deren Ergebnisse nützliche Daten und/oder Beobachtungen für die Parametrisierung von Störungsregimen mit dem Modell WoodPaM beinhalten. Es sei nochmals betont, dass besonders numerische Daten zu Sukzessionsdynamiken, Vegetationsentwicklungen oder deskriptive (Sukzessions-)Tendenzen hauptsächlich im Fokus standen bei der Selektion und Analyse der Studien, die für die Parametrisierung benötigt werden. In den vier aufeinander folgenden Arbeitsphasen, ergaben sich aus der allgemeinen Suche auf den Literaturdatenbanken 183 Referenzen, nach der Selektion 134 und schließlich nach der genauen inhaltlichen Analyse 42. Allerdings gibt es noch 34 Referenzen unter den 134, welche in einer Vorabauswahl als weniger relevant eingestuft, aber noch nicht inhaltlich analysiert wurden und die gegeben falls doch verwendbare Ergebnisse liefern könnten.

Es wurden zu jedem Störungstyp Studien gefunden. Aber es wurden nicht zu jedem Lebensraumtyp Studien über die Auswirkungen natürlicher Störungsereignisse gefunden. Zum Beispiel ergab die Suche auf den drei Datenbanken keinen Erfolg für die beiden Lebensraumtypen „Pfeifengraswiese“ und „Borstgrasrasen“ oder aber in der Abstraktionsphase, stellte sich die Studien als irrelevant heraus. Darüber hinaus ergab die Suche, dass es insgesamt vergleichsweise zu den Lebensräumen Binnendünen (*inland dunes*, wie Sandtrockenrasen), Moore, Laub- und Nadelwald mehr Studien gibt, die die Auswirkungen natürlicher Störungen untersuchen als in den anderen Lebensraumtypen.

Allgemein betrachtet kommt eine Vielzahl an Studien über Störungsereignisse in offenen Lebensräumen u. A. aus den Niederlanden, Deutschland, Ungarn und in Waldlebensräumen aus der Schweiz, Norwegen und den USA.

Tabelle 5. Zeigt die Anzahl an Studien pro Lebensraumtyp (LRT) mit nützlichen Ergebnissen für die Parametrisierung. Hier die verwendeten englischen Bezeichnungen für die LRT während der Recherche. In Klammern: Nachahmung von natürlichen Störungen. Table lists the number of references with useful information for parameterization for each habitat type.

Habitat type		Disturbance type				
		Storm	Fire	Flood	Avalanche	Beaver
Open	Inland dunes	(2)	1	1		
	Coastal dunes	1				
	Semi-natural grassland	(2)	2			
	<i>Nardus</i> grassland					
	<i>Molinia</i> grassland					
	Heath		4	1		
	Fen / mire / bog	2	2			1
	Alluvial meadows			6		
Closed	Deciduous forest	4	1		1	2
	Riparian forest					1
	Coniferous forest	4	4		1	

In Hinblick auf die Störungstypen und ihrer Auswirkungen in Offenland- und Waldlebensräumen, kann man basierend auf den analysierten Studien Folgendes feststellen:

- Unabhängig von Offenland- oder Waldlebensräumen erwähnen die Autoren, dass nach dem Störungsereignis die Artenvielfalt (zunächst) zunimmt.
- Unabhängig von den natürlichen Störungen und Lebensräumen, lösen natürliche Störungen sowohl progressive, regressive und stabilisierende Entwicklungen aus. Häufiger werden allerdings progressive Entwicklungen in den Studien dokumentiert.
- In Studien zu Offenlandlebensräumen finden sich selten Angaben zu regressiven/progressiven Gehölzwachstum. Sukzessionstendenzen beziehen sich hier eher auf krautige Arten.
- Quantitative Angaben zu Offenland, d.h. Flächenangaben zu Vegetationslücken (gaps) oder Freiflächen sind äußerst selten und beschränken sich hauptsächlich auf Studien halboffenen/Waldlebensräumen (Ascoli & Bovio (2010, *heath*), Schmidt et al. (2012) and Fischer et al. (2011) *deciduous forest*),
- Von Interaktionen mit wilden Megaherbivoren oder Ganzjahres-Beweidung wurde nicht berichtet. Außer in den Studien von Nummi & Kuuluvainen (2013) wird kurz das Zusammenwirken von Elch und Biber als Herbivoren und ihrer nicht zu unterschätzenden Auswirkungen auf die Baumstruktur (Alt- und Jungbäume) in einer Biberwiese erwähnt; Vacchiano et al. (2015) erwähnen sowohl in- wie direkte Auswirkungen (Nahrungsressourcen, Habitatstrukturen) eines Lawinenereignisses für vorkommende Hirsche und Rehe oder auch Schmidt et al. (2012, *deciduous forest* und Rehe).
- In einer Vielzahl von Studien wird zusätzlich vermerkt, dass Trockenstress in Kombination mit dem Störungsereignis oder aber in den Folgejahren einen eventuell stärkeren Einfluss auf die Regeneration auf Artebene hatte als die Störungsfolgen allein. Sowohl nach Flut-, Feuer- oder Sturmereignissen, z.B. Tschöpe & Tielberger (2010, *inland dunes*), Gläser et al. (2009, *alluvial meadow*), Velle et al (2014, *heath*), or Brown et al. (2014, *coniferous forest*).

Tendenzen der Störungsauswirkungen am Beispiel von drei Lebensraumtypen

Die Ergebnisse der unterschiedlichen Studien je Lebensraumtyp können natürlich nicht zu einer allumfassenden Aussage zusammengefasst werden, weil sie sich u. A. in ihrem Studiengebiet/Standortbedingungen, angewandten Methoden und Störungsarten unterscheiden. Allerdings kann man versuchen anhand der einzelnen Ergebnisse und Beobachtungen Tendenzen abzuleiten, welche auch für die Parametrisierung nötig sind. (Genauere Angaben je Studie in den Exceltabellen).

Beispiel: Alluvial meadows / Feuchtwiesen

Vegetation in den Studiengebieten u. A. Seggen, Röhricht, Binsen, Grünlandarten

Länder: Niederlande, Deutschland, Luxemburg

Untersuchte Störungsarten: Flut und auch „künstliche Flut“ (Verpflanzung, Labor)

Soweit angegeben erfolgte in den acht Studien das Flutereignis, ob künstlich oder natürlich, entweder nur ein einziges Mal oder unregelmäßig, wie z.B. in unterschiedlichen Dekaden. Van Eck et al (2004) und Gläser et al (2009) geben die Dauer der Flutereignisse mit 25 – 80 Tage und letztere 21 – 56 Tage an. Es zeigt sich, dass es durch die Flutungen zu Sedimentationen und Entwicklungszunahmen unterschiedlicher, neuer Ufertypen kommt, wie Prellufern, natürliche Ufer, Flusswatt (Bornmann et al (2011), van Eck et al (2005)). Außerdem wird eine Zunahme an Strukturvielfalt auf Habitatsebene beobachtet (Schaich et al (2010)). In unterschiedlichen Studien wird ein progressives Ausbreiten von Seggenrieden und Röhrichten berichtet, sowie auch eine Zunahme an rote Liste Arten (Schaich & Kornold (2006), Bornmann et al (2011), Gläser et al (2009)). Nur Schaich & Kornold (2006) erwähnen eine leichte Zunahme von den Gehölzen *Crataegus monogyna* und *Quercus robur*. Neben diesen progressiven, werden auch regressive Sukzessionen beobachtet, die sich aber hauptsächlich auf den Rückgang einzelner Arten beziehen. Wie z.B. den Rückgang und Verlust von Grünlandarten, besonders mesophiler Arten. Ebenfalls stellten Gläser et al (2009) auch einen Rückgang flutungstoleranter Arten fest, wie *Agrostis stolonifera*, *Alopecurus aequalis*. Van Eck et al (2005) stellten fest, dass Keimlinge getötet und Keimung unterbunden werden durch Sanddepositionen und Sedimentationen. Nach van Eck et al (2004) gibt es einige flutungstolerante Grünlandarten, wie *Elytrigia repens*, *Potentilla anserina*, *Rumex crispus* und die Mehrzahl der Grünlandarten überlebt eine Woche anhaltende Flutung. Allerdings nimmt ihre Biomasse mit zunehmender Flutungsdauer ab.

Bormann, Helge; Niedringhaus, Rolf; Peppeler-Lisbach, Cord; Tolksdorf-Lienemann, Eva; Eckhoff, Richard (2011): Naturnahe Gestaltung von Auen – die Ausdeichung „Aper Tief“. In: *Wasser Abfall* 13 (6), S. 19–26. DOI: 10.1365/s35152-011-0060-x. # 189

Gläser et al. 2009: Auswirkungen des Elbehochwassers 2002 auf die Auengrünlandvegetation an der Mittleren Elbe. # 193

Schaich, Harald; Szabó, Isabel; Kaphegyi, Thomas A.M. (2010): Grazing with Galloway cattle for floodplain restoration in the Syr Valley, Luxembourg. In: *Journal for Nature Conservation* 18 (4), S. 268–277. DOI: 10.1016/j.jnc.2009.12.001. # 191

Schaich & Kornold 2006: Auenrenaturierung und extensive Beweidung in Luxemburg Evaluation einer Naturschutzmaßnahme in der Syr-Aue. # 190

van Eck, W.H.J.M.; van de Steeg, H. M.; Blom, C.W.P.M.; Kroon, H. de (2005): Recruitment limitation along disturbance gradients in river floodplains. In: *J Veg Sci* 16 (1), S. 103. DOI: 10.1658/1100-9233(2005)016[0103:RLADGI]2.0.CO;2. # 201

van Eck et al. (2004): Is tolerance to summer flooding correlated with distribution patterns in river floodplains? A comparative study of 20 terrestrial grassland species. # 200

van Eck, W. H. J. M.; Lenssen, J. P. M.; van de Steeg, H. M.; Blom, C. W. P. M.; Kroon, H. de (2006): Seasonal Dependent Effects of Flooding on Plant Species Survival and Zonation. A Comparative Study of 10 Terrestrial Grassland Species. In: *Hydrobiologia* 565 (1), S. 59–69. DOI: 10.1007/s10750-005-1905-7. # 199

Vervouren et al. 2003: Extreme flooding events on the Rhine and the survival and distribution of riparian plant species. # 196

Beispiel: semi-natural grasslands / (Kalk)-Magerrasen, Trockenrasen

Vegetation in den Studiengebieten u. A. Mesobromion, Gentiano-Koelerietum

Länder: Ungarn, Deutschland

Untersuchte Störungsarten: Feuer (natürlich und kontrolliert)

In den fünf Studien finden die Feuerereignisse bis auf eine Studie regelmäßig statt, was daran liegt, dass es sich um kontrolliertes Brennen handelt. Es fehlt jedoch leider an Angaben zur genauen Störfächengröße. Zwar wird eine Zunahme an freien Flächen und Vegetationslücken durch das Feuerereignis beobachtet, aber auch hierzu gibt es keine numerischen Angaben (Deak et al (2014), Bornkamm (2006)). Das regelmäßige Auftreten von Feuer ruft entsprechend der vorkommenden Pflanzengemeinschaften unterschiedliche Sukzessionsdynamiken auf Artebene hervor. Interessanterweise wird in unterschiedlichen Studien die Feuertoleranz von *Brachypodium pinnatum* erwähnt (Deak et al (2014), Bornkamm (2006), Schreiber et al (2013)). Deak et al (2014) beobachteten eine zunehmende Ausbreitung von *Calamagrostis epigejos* nach Feuer. Die Versuche von Schreiber et al (2013) zeigen das jährliches und zwei-jährliches Feuer unterschiedliche Auswirkungen haben: jährliches Feuer unterbindet das Gehölzaufkommen bis auf *Vaccinium myrtillus*, *Genista sagittalis*, *Prunus spinosa*, *Rubus idaeus*, Aufkommen sich vegetativ ausbreitender Pflanzenarten und krautige Pflanzenarten nehmen zu. Hingegen treten bei zwei-jährlichen Feuer Gehölze wie *Quercus robur*, *Q. rubra* und *Acer pseudoplatanus* (Schreiber et al (2014)). Feuertolerante (krautige) Arten haben gemeinsam, dass sich über unterirdische Ausläufer ausbreiten oder dass ihre Samen hartschalig sind (Mehrjährige, *Fabacea*). *Robinia pseudoacacia*, *Populus alba*, *Rosa canina* und *Quercus robur* werden als feuertolerante Gehölze bewertet (Deak et al (2014), Bornkamm (2006)).

Bornkamm, Reinhard (2006): Fifty years vegetation development of a xerothermic calcareous grassland in Central Europe after heavy disturbance. In: *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 201 (4), S. 249–267. DOI: 10.1016/j.flora.2005.06.012. # 128

Deak et al 2014: Grassland fires in Hungary–Experiences of nature conservationists on the effects of fire on biodiversity. # 33

Kahmen, S.; Poschlod, P. (2004): Plant functional trait responses to grassland succession over 25 years. In: Journal of Vegetation Science 15 (1), S. 21–32. DOI: 10.1111/j.1654-1103.2004.tb02233.x. # 75

Ödman, Anja Madelen; Schnoor, Tim Krone; Ripa, Jörgen; Olsson, Pål Axel (2012): Soil disturbance as a restoration measure in dry sandy grasslands. In: Biodivers Conserv 21 (8), S. 1921–1935. DOI: 10.1007/s10531-012-0292-4. # 147

Prévosto, Bernard; Kuiters, Loek; Bernhardt-Römermann, Markus; Dölle, Michaela; Schmidt, Wolfgang; Hoffmann, Maurice et al. (2011): Impacts of Land Abandonment on Vegetation. Successional Pathways in European Habitats. In: Folia Geobot 46 (4), S. 303–325. DOI: 10.1007/s12224-010-9096-z. # 9

Schreiber, Karl-Friedrich; Brauckmann, Hans-Jörg; Broll, Gabriele; Krebs, Stephan; Poschlod, Peter (2013): Artenreiches Grünland - 35 Jahre Offenhaltungsversuche Baden-Württemberg. 2. Auflage, Verlag Regionalkultur, 424 Seiten. (# nicht digital)

Beispiel: Deciduous forest / Laubwald

Vegetation in den Studiengebieten u. A. Galio odorati-Fagetum, *Quercus* spp., *B. pendula*

Länder: USA, Schweiz, Deutschland, Österreich

Untersuchte Störungsarten: Sturm, Lawine, Feuer

Die Sturmereignisse in den Studien traten einmalig oder unregelmäßig auf. Bis auf Schmidt et al (2012) mit 180 km/h, wurden keine Angaben zu Windgeschwindigkeiten gemacht, außer noch Cannon & Brewer (2013), deren Sturmereignis allerdings ein Tornado war. Nach bestimmten Zeitabständen zum Sturmereignis wird von unterschiedlichen Sukzessionsstadien berichtet. Fischer et al (2002) beobachtet eine Zunahme an *Rubus ideaus* nach fünf und nach 10 – 15 Jahren eine Entwicklung hin zum (Birken)-Pionierwald. Schmidt et al. (2012) verzeichnet nach 4 – 13 Jahren eine Zunahme von ca. 60% an Sträuchern und erst nach 13 Jahren regenerieren sich die Baumarten. Zudem beobachtet er eine Zunahme u. A. von *Acer pseudoplatanus*, *Carpinus betulus*, *Rubus ideaus* und eine Art Dauer-Zwischenstadium von *Urtica-Rubus* in hoch zerstörten Flächen. Die Stürme führten zu einer Zerstörung der Strauchschicht und Kronenschicht, im Falle des Tornados mit einer Reduktion von 76 auf 24.7%. Die kombinierte Wirkung von Feuer und Sturm löste eine Mortalität von 71% aller Jungbäume aus (Cannon & Brewer (2013)). Auch in Hinblick auf die Auswirkungen des Lawinenereignisses (Fischer et al (2011)), zeichnet sich die Buche mit einer hohen Störungstoleranz aus. Ebenfalls zeigen Eichen und die späte Traubenkirsche eine hohe Regenerationsfähigkeit nach Feuer, weil sie mit sehr langen Trieben wieder ausschlugen (Cannon & Brewer (2013)).

Cannon, Jeffery B.; Brewer, J. Stephen (2013): Effects of Tornado Damage, Prescribed Fire, and Salvage Logging on Natural Oak (*Quercus* spp.) Regeneration in a Xeric Southern USA Coastal Plain Oak and Pine Forest. In: *Natural Areas Journal* 33 (1), S. 39–49. DOI: 10.3375/043.033.0105. # 103

Eisenring, Michael; Rezbanyai-Reser, Ladislaus; & Gigon, Andreas (2013): The influence of the storm «Lothar» on the diversity of nocturnal Macrolepidoptera (Lepidoptera: «Macroheterocera») and the forest vegetation near Brugg, Switzerland. # 185

Fischer, Anton; Fischer, Hagen; Lehnert, Ulrike (2011): Katastrophe oder Chance? Schneelawinen und Biodiversität im Bergmischwald 85, S. S. 47-49. # 171

Fischer, Anton; Lindner, Marcus; Abs, Clemens; Lasch, Petra (2002): Vegetation dynamics in central european forest ecosystems (near-natural as well as managed) after storm events. In: *Folia Geobot* 37 (1), S. 17–32. DOI: 10.1007/BF02803188. # 58

Schmidt, Wolfgang; Heinrichs, Steffi (2012): 13 Jahre nach dem Sturm – Vegetationsentwicklung im BuchenNaturwald „Königsbuche“ (südwestliches Harzvorland, Niedersachsen)*. # 187

6 Empfehlungen fürs weitere Vorgehen

- Es sollte auf jeden Fall Einigkeit darüber bestehen, welche Bedeutung die folgenden Begriffe im Wildniskontext besitzen:
 - Renaturierung versus Wildnis
 - Redynamisierung versus oder gleich Initialmaßnahme
 - Gibt es favorisierte (Untersuchungs-)Landschaften, wie Auen, Wald, Liegenschaften?
- Auf Grundlage der Review-Artikel von: Jentsch et al. (2003), Ödman et al. (2012), Deak et al. (2014), Kahmen & Pochlod (2004) für Offenlandslebensräume und von Nummi & Kuuluvainen (2013), Wright (2009), Gromtsev (2002) für Waldlebensräume sollte anhand des Literaturverzeichnis eine spezialisierte Suche weitergeführt werden. Allerdings auch anhand der anderen Studien, welche als sehr nützlich bewertet worden sind.

Darüber hinaus ist es empfehlenswert anstelle einer weiteren zeitintensiven Literaturrecherche, gezielt vorhandene Datenbanken über Toleranzwerte bzgl. Feuer, Wildtierverschiss/Wildtierauswirkungen, Stürme (E.V. Komarek Fire Ecology Database, Mountland-Projekt, BioFlor, European Severe Weather Database (ESWD usw. zu verwenden.
- Es hat sich während der Literaturrecherche gezeigt, dass Untersuchungen über natürliche Störungen nach Störungsereignissen wie Flut und Feuer einen starken Fokus auf die Auswirkungen der unterirdischen Diasporenbank oder nach Feuer auf die biochemischen Veränderungen im Boden setzen. Schließlich stellt Wasser einen sekundären Ausbreitungsvektor dar und kann die die Sauerstoff- und Lichtverhältnisse verändern; durch Feuer kommt es zu Veränderungen in der Nährstoffverteilung im

Boden. Beide Aspekte sollten Berücksichtigung finden, auch wenn WoodPaM derart Dynamiken nicht simulieren kann.

- Recherche nach Studien zu freier Sukzession in auserwählten (Aue, Moore, Wald) Offenland- und Waldlebensräumen. Hierbei muss allerdings festgelegt sein, ob es sich um Renaturierungsflächen oder Flächen handelt, in welchen freie Sukzession einfach nur durch Nutzungsaufgabe zugelassen wird. Derart Vorüberlegungen zu den Kriterien sind wichtig für die fokussierte Literatursuche und Selektion.

7 Erläuterungen zu den Citavi-Projekten und Excel-Datenblättern

Die Citaviprojekte mit den Referenzen in den unterschiedlichen Phasen:

WildnisOffen_LitSearch (I), WildnisOffen_LitAbstract (a,b) (II) und WildnisOffen_LitAnalysis (III, IV). In diesen Projekten werden die Referenzen nach den Hauptkategorien (Lebensraumtypen) und Unterkategorien (Störungen) sortiert. In WildnisOffen_LitSearch befinden sich unter den 183 Artikeln auch welche, die allgemeine Grundlagen über Wildnismanagement thematisieren oder hoch theoretische Grundlagen-Artikel, diese werden in der Kategorie „Management“ gesammelt.

Außerdem erfolgte in den beiden letzten Projekten entsprechend bestimmter Schlagwörter und Gruppen eine weitere Sortierung. Für einige Studien sind unter „Zitate, Abbildungen, Kommentare“ Abbildungen, Tabellen oder interessante Zitate aus der jeweiligen Studie angelegt. Ebenfalls erfolgt hier auch eine zusätzliche Kennzeichnung nach Relevanz mittels einer roten (hoch relevanten) und blauen (mittel relevanten) Markierung im Citavi-Projekt WildnisOffen_LitAbstract_ **a**. In WildnisOffen_LitAbstract_ **b** sind die 34 Artikel mittlerer Relevanz (blaue Markierung) extra aufgeführt, diese wurden noch nicht analysiert. In WildnisOffen_LitAnalysis sind alle 48 analysierten Referenzen aufgeführt unter denen sich die 42 relevantesten befinden.

Ordnungsschema in Excel

All-Ref_Wood oder All-Ref_Open listen umfassend die Rahmeninformationen zu den analysierten Referenzen in der jeweiligen Arbeitsmappe. In All-Ref_Wood, die der Waldlebensräume und in All-Ref_Open, die der Offenlandlebensräume. Auf den anschließenden Datenblättern je Mappe, finden sich zu jedem Lebensraumtyp dann detaillierte Angaben zu den Studien (s. Methode, Tabelle 4).