LWG Landespflege

Bayerische Landesanstalt für
Weinbau und Gartenbau

„Begrünung von Mittelstreifen an 2-bahnigen Bundesfernstraßen"

Endbericht

Kooperationsprojekt der Obersten Baubehörde (OBB) im Bayer. Staatsministerium des Innern mit der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau Veitshöchheim, Abt. Landespflege (LWG) zur Erprobung alternativer Begrünungssysteme im Fernstraßenbau

www.lwg.bayern.de

Endbericht

„Begrünung von Mittelstreifen an 2-bahnigen Bundesfernstraßen“

Kooperationsprojekt der Obersten Baubehörde (OBB) im Bayer. Staatsministerium des Innern mit der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau Veitshöchheim, Abt. Landespflege (LWG) zur Erprobung alternativer Begrünungssysteme im Fernstraßenbau

Projektleiter: LLD Jürgen Eppel

Projektbearbeiter: Dipl. Biol. Kornelia Marzini

Veitshöchheim, 31. März 2014

Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau
Abteilung Landespflege, An der Steige 15, 97209 Veitshöchheim
e-mail: poststelle@lwg.bayern.de

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG 5

2. PROJEKTZIEL 6

3. MATERIAL UND METHODEN 7

3.1 Beschreibung der Versuchsstandorte 7
3.1.1 Standort Nesselwang 7
3.1.2 Standort Aschaffenburg 8
3.1.3 Standort Veitshöchheim 9

3.2 Verwendete Substrate 15
3.2.1 Versuchsaufbau Vorversuch Substratermittlung: 15
3.2.2 Ergebnis 17

3.3 Versuchsdurchführung 19
3.3.1 Sätechnik 20

3.4 Untersuchungsmethodik 24
3.4.1 Bestandsstruktur: 24
3.4.2 Visueller Eindruck 24
3.4.3 Deckung auf der Parzelle 25
3.4.4 Vitalität der Pflanzen 25
3.4.5 Dominanz 26
3.4.6 Verjüngung 26

4. ERGEBNISSE 27

4.1 Nesselwang 27
4.1.1 Deckung 29
4.1.2 Visueller Eindruck 33
4.1.3 Vitalität 36
4.1.4 Bestandsstruktur 38
4.1.5 Dominanz 41
4.1.6 Verjüngung 43

4.2 Aschaffenburg 44
4.2.1 Deckung 45
4.2.2 Visueller Eindruck 49

4.2.3 Vitalität ... 52
4.2.4 Bestandsstruktur ... 55
4.2.5 Dominanz ... 55
4.2.6 Verjüngung ... 57

4.3 Referenzstandort Veitshöchheim ... 58
4.3.1 Deckung ... 59
4.3.2 Visueller Eindruck ... 61
4.3.3 Vitalität ... 65
4.3.4 Bestandsstruktur ... 66
4.3.5 Dominanz ... 66
4.3.6 Verjüngung ... 67

5. ZUSAMMENFASSENDER ÜBERBLICK ÜBER DIE MISCHUNGEN ... 69

5.1 Nesselwang ... 70

5.2 Aschaffenburg ... 72

5.3 Veitshöchheim ... 74

6. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE ... 78

7. EMPFEHLUNG FÜR DIE PRAXIS ... 80

8. KURZFASSUNG ... 81

8.1 Versuchsanlass ... 81

8.2 Referenzstandortauswahl ... 82

8.3 Ergebnis ... 83

9. LITERATUR ... 84

1. Einleitung

Mittelstreifen im Straßenbau dienen der baulichen Trennung von Richtungsfahrbahnen und der Unterbringung baulicher und verkehrstechnischer Einrichtungen. Für Mittelstreifen zweibahniger Straßen mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit $V_{zul} \geq 50$ km/h sind nach RPS (FGSV, 2009) aufgrund des Gefährdungsbereiches grundsätzlich durchgängige Schutzeinrichtungen vorzusehen. Nach RAA (FGSV, 2008) sind bei der Neuausstattung von hochbelasteten Autobahnen im Mittelstreifen „starre“ Systeme, d.h. Fahrzeugrückhaltesysteme mit geringen Querverschiebungen beim Anprall eines Fahrzeuges, zu bevorzugen, da diese u.a. auch gesamtwirtschaftliche Vorteile bieten. Dies hat dazu geführt, dass bei Neubaumaßnahmen verstärkt geprüfte Betonschutzwand-Systeme nach DIN EN 1317 zum Einsatz kommen, die je nach Anforderung als einreihige oder zweireihige Schutzeinrichtung im Mittelstreifen ausgeführt werden.

Bei zweireihiger Ausführung ergeben sich zwischen den beiden Wänden Abstandflächen, die auch vegetationstechnisch genutzt werden können, zumal nach RPS (FGSV, 2009) im Fernstraßenbau dann i.d.R. Mittelstreifenbreiten von ≥ 2,00 m vorzusehen sind. Bei Auffüllung der zwischen 0,8 und 1,15 m hohen Betonschutzwände entstehen Vegetationsflächen, die als lineare Hochbeete Begrünungsoptionen im Mittelstreifen bieten. Die Verfüllung geschieht in der Regel mit Siebschutt, der optional mit Oberboden angedeckt wird. Der Standort ist damit sehr gut drainiert. Die Standorteigenschaften sind daher als trocken bis sehr trocken einzustufen. Die Begrünung dieser Hochbeete gestaltet sich daher in der Folge äußerst schwierig. Neben sicherheitsbedingten Auflagen betreffend Wuchsstärke, Wuchshöhe und Pflegeintensität des zu verwendenden Pflanzmaterials, schränken nutzungsbedingte Einwirkungen durch z.B. Fahrtwind und Salzgischt die Artenauswahl am Extremstandort zusätzlich ein. Eine oft geforderte bzw. geplante „attraktive“ Bepflanzung mit blühenden Stauden, Kräutern oder Kleingehölzen birgt - ausgenommen Windblütler – zudem die Gefahr eines verstärkten Insektenflugs in sich und wirkt somit auch für Vögel anziehend, was sowohl aus Sicht des Naturschutzes als auch aus Gründen der Verkehrssicherheit als eher problematisch anzusehen ist.

2. Projektziel

Die vorliegenden Normen und technischen Regelwerke des Straßenbaus fokussieren hauptsächlich auf bau- und sicherheitstechnische Parameter, was sich für den Mittelstreifen hauptsächlich in der Dimensionierung, im Aufbau und in den Anforderungen an die Werkstoffe für Schutzeinrichtungen niederschlägt. Eine vegetationstechnische Gestaltung, z.B. als verfülltes Hochbeet bei zweireihiger Ausführungsvariante mit geschlossenen Schutzwänden, wird zwar thematisiert, aber hinsichtlich zu verwendender Substrate, Verfüllhöhen und insbesondere der angedachten Begrünungsmaßnahmen nicht konkretisiert. An dieser Stelle soll mit dem geplanten Praxisversuch Lückenschluss betrieben werden. Ausgehend vom Istzustand des Verkehrsbauwerks soll beispielhaft an drei regional unterschiedlichen Referenzstandorten in Bayern ein Begrünungsprojekt für Mittelstreifen in Form von Ansaaten auf Hochbeeten durchgeführt werden.

In Erweiterung der praxisüblichen Begrünungsmischungen durch gräserbetonte Landschaftsrasen, sollen dauerhafte Begrünungen mit kräuterbetonten Mischungsvarianten erprobt werden. Erwartet werden Aussagen zur Auswahl und Zusammensetzung geeigneter Artenmischungen, zur Substratzusammensetzung und Behandlung für die Ansaat sowie zur Etablierung, Entwicklung und Pflege der Zielvegetation.

3. Material und Methoden

3.1 Beschreibung der Versuchsstandorte

3.1.1 Standort Nesselwang

Der Versuchsstandort liegt im niederschlagsreichen Voralpengebiet auf ca. 824 m NN, mit einem mittleren jährlichen Gesamtniederschlag von 1272 mm und einer Jahresdurchschnittstemperatur von 6,9 °C.

Die Abbildung 1 zeigt vergleichend die Summe der Jahresniederschläge während des Versuchsszeitraums 2011 bis 2013. Am Standort Nesselwang fielen in beiden Jahren doppelt so viele Niederschläge als bei Aschaffenburg und Veitshöchheim, blieben aber geringfügig unter dem jährlichen Mittel. Im Jahr 2013 erfolgte noch einmal eine Verringerung der Niederschläge für den Standort Nesselwang, wohingegen Aschaffenburg und Veitshöchheim mehr Niederschläge als in den Vorjahren erhielt.

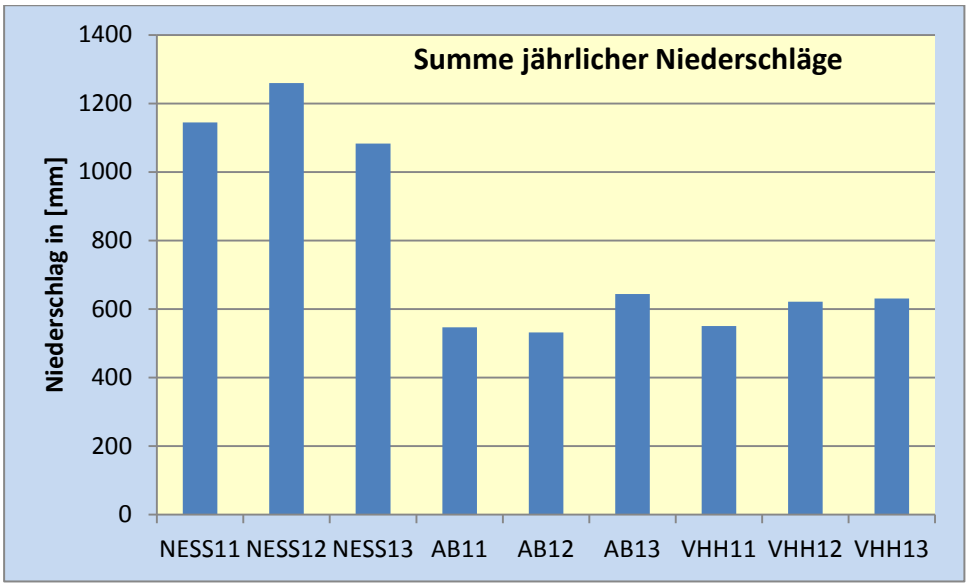


Abbildung 1: Summe der Jahresniederschläge an den Versuchsstandorten während des Untersuchungszeitraums 2011-2013. Agrarmeteorolische Daten, Stationen Kempten, Großostheim und Veitshöchheim: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.

Die Versuchsflächen liegen an der A7 zwischen Kempten und Pfronten im Streckenabschnitt der Überführung Hebern-Heimen bei Streckenkilometer 116 + 000 bis 116 + 280. Der Streckenabschnitt verläuft hier in West-Ost Richtung.

Das Hochbeet des Mittelstreifen ist mit Kies aus den eiszeitlichen Gletscherablagerungen in einer Schichtdicke von ca. 90 cm verfüllt.

Die Ansaat erfolgte am 30.05. und 01.06.2011.

3.1.2 Standort Aschaffenburg

Zur besseren Vergleichbarkeit der Versuchergebnisse wurde an der A3 ein Streckenabschnitt mit ebenfalls Ost-West-Verlauf gewählt. Die Versuchsflächen liegen zwischen Würzburg und Aschaffenburg im Streckenabschnitt Unterführung Glattbach - Damm bei Streckenkilometer 214,200 bis 214,460 km auf 160 mm NN.

Mit einem durchschnittlichen Jahresniederschlag von 713 mm und einer mittleren Jahresdurchschnittstemperatur von 8,5 °C, steht der Standort Aschaffenburg für die niederschlagsarmen und wärmbegünstigten Gebiete.

Die Füllung des Hochbeetes besteht aus recyceltem Bausschutt und Buntsandsteinverwitterungsboden in einer Schichtdicke von ca 90 cm.

Bild 1: Siebschuttfüllung des Mittelstreifens bei Aschaffenburg Der Standort Aschaffenburg wurde am 16. und 17. Mai 2011 eingesät.

3.1.3 Standort Veitshöchheim

Parallel zu den 2 Praxisstandorten wurde an der LWG zur vergleichenden Untersuchung (auch als „Rückstellprobe“) Referenzparzellen in gleicher Anzahl (2x4x3 = 24 Parzellen) aber kleinerer Flächengröße (Parzellengröße ca. 5 m²) angelegt. Die Versuchsbehälter wurden mit Kalkschotter 0/32 mm verfüllt, um den Hochbeetcharakter nachzuempfinden.

Bild 2: Ansicht der Versuchsfläche im Landschaftsgarten der LWG in Veitshöchheim im November 2012

Der durchschnittliche Jahresniederschlag liegt in Veitshöchheim zwischen 600 mm und 650 mm. Mit einer mittleren Jahresdurchschnittstemperatur von 8 °C und der geringen Verfüllhöhe der Schotterkästen, steht die Versuchsanlag für extreme Standortbedingungen.

Bedingt durch die geringen Niederschläge und den hohen Temperaturwerten entwickelten sich die Ansaaten nur sehr langsam. Zum vorgesehenen Boniturzeitpunkt Juli 2011waren noch keine bewertbaren Bestände vorhanden. Die letzte Sichtung im November 2011(Bild 2) zeigte immer noch eine sehr spärliche Vegetation, die allerdings auf die feuchten Klimaverhältnisse des Winters mit einer Zunahme an gekeimten Arten reagierte.

Beschreibung der Mischungen

Die Kriterien der Auswahl der Pflanzen und Charaktere, der zu konzipierenden Mischungen, wurden vom Auftraggeber wie folgt definiert.

- optisch ansprechend
- hoher Deckungsgrad
- salzverträglich >> Einfluss von Streugischt
- Berücksichtigung von regionalen klimatischen Standortfaktoren
- unter Rahmenbedingungen des Betriebs zu unterhalten,
  d.h. nach Einwachsen im Regelfall 1 Pflegegang, keine Bewässerung

Dementsprechend wurden drei Mischungen entwickelt, die den anspruchsvollen Vorgaben folgen sollen.

Mischung 1

Diese Mischung wurde aus Pflanzen zusammengesetzt, die vorrangig das Kriterium „optisch attraktiv“ erfüllen und dem trockenen Standortcharakter angepasst sind. Weiterhin lag der Focus auf Arten mit tiefstreichenden Wurzelsystemen, die den Anschluss an das Erdreich im Unterbau finden sollen.

Tabelle 1: Kräuterreiche Mischung mit höherwüchsigen Arten

Optisch attraktive Mischung/hohe Bodendeckung		
gestaffelt		
Gräser	**%**	
Festuca nigrescens	10,00	trockentolerant, horstwüchsig, bildete dichte Rasennarben
Festuca rubra ssp. rubra	10,00	bis in den Winter grün, Lückenschließer,
Festcua rubra ssp. trichophylla	10,00	bis in den Winter grün, Lückenschließer,
Melica ciliata	5,00	Rohbodenpionier, trockenresistent
Festuca ovina ssp. vulgaris	5,00	ausdauerndes Untergras, dürreresistent, Rohböden,
Festuca ovina ssp. tenuifolia	5,00	ausdauerndes Untergras, dürreresistent, Rohböden,
Koeleria pyramidata	5,00	trockentolerant, horstwüchsig
Poa pratensis	10,00	gute Regenerationsfähigkeit aus unterirdischen Ausläufern,
Poa pratensis ssp. angustifolia	10,00	trockentolerant, Rohböden geeignet
	70,00	
Kräuter		
Achillea millefolium	0,50	zuverlässige Entwicklung, Rohbodenpionier
Agrimonia eupatoria	2,50	Wurzeltiefe155 cm Breite des Wurzelsystems:138 cm
Anchusa officinalis	0,50	Ruderalpflanze, zügige Entwicklung
Buphtalmum salicifolia	0,50	Wurzeltiefe:120 cm, Breite des Wurzelsysstems 137 cm,
Campanula rapunculoides	0,50	Bodenverfestigung durch Rhizome
Centaurea cyanus	1,00	schnelle Entwicklung, Blüht im ersten Jahr
Centaurea jacea ssp. angustifolia	1,00	trockenheitsangepasst
Cichorium intybus	0,80	Ruderalpflanze, zügige Entwicklung, Wurzeltiefe 112 cm,
Daucus carota	0,60	Pionierpflanze, Wurzeltiefe, 80 cm,
Galium album	0,50	trockenheitsangepasst
Galium verum	1,00	Bodenfestiger durch Kriechtriebe u. kräftige Wurzeln
Geranium pyrenaicum	0,50	Ruderalart, niederwüchsig, optisch attraktiv
Hipochoeris radicata	0,50	Rosettenpflanze, niederwüchsig
Inula conyza	0,30	trockenheitsangepasst
Knautia arvensis	0,50	Tiefwurzler: 164 cm
Leontodon autumnalis	0,60	Ruderalart, niederwüchsig, optisch attraktiv, spät-blühend,
Leontodon hispidus	0,70	trockentolerant
Linum usitatissimum	1,00	schnelle Entwicklung, Blüht im ersten Jahr
Lotus corniculatus	1,00	schnelle Entwicklung, Leguminose
Medicago lupulina	1,00	trockenheitsangepasst, niederwüchsig, Leguminose
Papaver rhoeas	1,00	schnelle Entwicklung, Blüht im ersten Jahr
Pimpinella saxifraga	1,00	Tiefwurzler: 273 cm
Plantago lanceolata	1,00	Wurzelsystem: mitteldicht, mitteltief, trockentolerant
Plantago media	0,70	Wurzelsystem: mitteldicht , mitteltief bis tief, trockentolerant
Potentilla recta	0,80	trockentolerante Ruderalart
Rumex acetosa	1,00	Wurzeltiefe: 106 cm
Sanguisorba minor	2,50	wertvoller Böschungsfestiger, gut vor Austrocknung geschützt
Silene alba	1,00	Ruderalart, widerstandsfähig, Schnellentwickler
Silene nutans	0,50	trockenheitsangepasst
Silene vulgaris	2,00	Rohbodenpionier, trockentolerant
Stachys recta	2,00	Tiefwurzler 180 cm, dichtes Wurzelsystem
Stellaria graminea	0,80	Niedrigwüchsig, 80 cm tief wurzelnd
Thymus pulegioides	0,20	Polsterbildung, trockentolerant
	30,00	

Mischung 2

Mischung 2 wurde aus Pflanzen zusammengesetzt mit den Eigenschaften niederwüchsig und trockentolerant. Tiefstreichende Wurzelsysteme waren auch hier Voraussetzung für den Einsatz, um unter niederschlagsarmen Witterungsperioden überdauern zu können.

Tabelle 2: Kräuterreiche Mischung mit dem Focus auf niedrigem Wuchs

Geringer Pflegeaufwand/hohe Bodendeckung		
gestaffelt		
Gräser	**%**	Melica und Koeleria wegen Wuchshöhe ausgeschlossen
Festuca nigrescens	10,00	s.v.
Festuca ovina ssp. tenuifolia	5,00	s.v.
Festuca ovina ssp. vulgaris	5,00	s.v.
Festuca rubra ssp. rubra	15,00	s.v.
Festuca rubra ssp. trichophylla	10,00	s.v.
Poa pratensis	15,00	s.v.
Poa pratensis ssp. angustifolia	10,00	s.v.
	70,00	
Kräuter		
Achillea millefolium	0,90	s.v.
Anthemis tinctoria	0,50	Trockentolerant, Rohböden
Anthyllis vulneraria	1,50	Wurzeltiefe: 168 cm, niederwüchsig, Polsterbildung, Rohböden
Armeria maritima ssp. elongata	0,20	Wurzeltiefe:80 cm niederwüchsig, trockenlolerant, auf Rohböden
Asperula cynanchica	0,50	niederwüchsig, Polsterbildung,
Astragalus glycyphyllos	3,00	Tiefwurzler, Kriechtriebe, niederwüchsig, trockentolerant
Campanula rotundifolia	0,20	niederwüchsig, trockentolerant, Rohböden
Centaurea cyanus	1,00	s.v.
Cerastium arvense	0,50	niederwüchsig, Polsterbildung,
Chrysanthemum segetum	1,00	Schnellentwickler
Clinopodium vulgare	0,50	trockentolerant, Spätblüher
Dianthus carthusianorum	0,80	niederwüchsig, Polsterbildung, Wurzeltiefe: 148 cm, trockentolerant
Dianthus deltoides	0,80	niederwüchsig, Polsterbildung, trockentolerant
Geranium sanguineum	1,50	trockentolerant,
Geum urbanum	1,00	niederwüchsig, Schnellentwickler, Ruderalart, salzverträglich
Hieracium pilosella	0,20	trockentolerant, Rohböden, niedrwüchsig,
Hippocrepis comosa	1,00	Wurzeltiefe: 161 cm, geringe Massenwüchsigkeit, Bodenfestiger
Leontodon hispidus	0,60	s.v.
Leontudon autumnalis	0,70	s.v.
Linaria vulgaris	1,00	Ruderalart, salzverträglich, niederwüchsig
Lotus corniculatus	1,00	s.v.
Matricaria recutita	0,50	Schnellentwickler, salzverträglich
Medicago falcata	2,00	Wurheltiefe 425 cm, vorzüglicher Bodenfestiger,
Medicago lupulina L.*	0,50	s.v.
Papaver rhoeas	1,00	s.v.
Petrorhagia prolifera	0,50	Rohböden, niederwüchsig, trockentolerant
Petrorhagia saxifraga	0,50	Wurzelsystem: mitteltief, mitteldicht, Tiefe: 106 cm, niederwüchsig
Plantago lanceolata	1,00	s.v.
Potentilla argentea	0,60	Wurzeltiefe: 110 cm, niederwüchsig,
Potentilla verna	0,60	niederwüchsig, Polsterbildung, Frühblüher
Primula veris	1,20	niederwüchsig, Rosettenpflanze, Frühblüher, trockentolerant
Sedum acre	0,10	niederwüchsig, Polsterbildung, trockenresistent,
Sedum refelexum	0,10	niederwüchsig, Polsterbildung, trockenresistent,
Silene vugaris	1,00	s.v.
Stellaria graminea	0,80	s.v.
Teucrium chamaedrys	0,90	Pionierart zur Besiedlung von Lücken, Wurzeltiefe: 162 cm,
Thymus pulegioides	0,30	s.v.
	30,00	

Mischung 3

Für die M3 kamen in erster Linie salztolerante Pflanzen zum Einsatz. Die Palette von Pflanzen, die salz- und trockentolerant sind, ist eher schwach entwickelt. Daher wurde unter den Ruderalarten nach ergänzenden Alternativen gesucht, die während des Winters vollständig einziehen und eine schnelle Regenerationsfähigkeit im Frühjahr besitzen.

Tabelle 3: Käuterreiche Mischung aus Ruderalarten mit hoher Salzverträglichkeit.

Geringer Pflegeaufwand/hohe Bodendeckung		
Ruderalarten-salztolerant		
Gräser	**%**	
Festuca nigrescens	10,00	s.v.
Festuca rubra ssp. rubra	10,00	s.v.
Festcua rubra ssp. trichophylla	10,00	s.v.
Melica ciliata	5,00	s.v.
Festuca ovina ssp. vulgaris	5,00	s.v.
Festuca ovina ssp. tenuifolia	5,00	s.v.
Koeleria pyramidata	5,00	s.v.
Poa pratensis	10,00	s.v.
Poa pratensis ssp. angustifolia	10,00	s.v.
	70,00	
Kräuter		
Anagallis arvensis	0,50	salztolerant, niederwüchsig
Bellis perennis	1,00	Rohböden, niederwüchsig, salztolerant
Berteroa incana	0,80	Ruderalart, salztolerant
Camelina sativa	3,00	einjährig, Schnellentwickler,
Capsella bursa-pastoris	1,00	Schnellentwickler, Wurzeltiefe: 90 cm, Pionierpflanze
Cardaria draba	1,00	Wurzeltiefe: 100 cm, Kriechpionier, salztolerant
Centaura cyanus	1,00	Schnellentwickler, Wurzeltiefe: 60 cm, Pionierpflanze
Cerastium holosteoides	0,50	Polsterbildung
Cichorium intybus	1,50	s.v.
Daucus carota	0,80	s.v.
Dianthus armeria	1,00	einjährig, Schnellentwickler, trockentolerant
Echium vulgare	2,00	Robodenpionier, Wurzeltiefe: 250 cm,
Erodium cicutarium	1,00	Wurzeltiefe: 150 cm, Kriechpionier, salztolerant
Galeopsis tetrahit	1,00	Rohböden, Wurzeltiefe: 60 cm, salztolerant
Geranium robertianum	0,50	Robodenpionier
Hipochoeris radicata	1,00	s.v.
Leontodon autumnale	0,60	s.v.
Matricaria recutita	0,50	s.v.
Papaver rhoeas	1,00	s.v.
Pastinaca sativa	1,00	salztolerant, typische Straßenbegleitvegetation
Picris hieracioides	0,50	Rohbodenpionier, trockentolerant
Plantago lanceolata	1,00	s.v.
Plantago major	1,00	salzverträglich, niederwüchsig, Straßenbegleitvegetation
Polygonum aviculare	1,00	Rohbodenpionier, Wurzeltiefe: 80 cm, salzverträglich, niederwüchsig,
Rumex acetosa	0,80	bevorzugt Anflug auf bereits bestehender Mittelstreifenvegetation
Sisymbrium officinale	1,00	Pionierpflanze
Taraxacum officinale	1,50	Tiefwurzler, Pionierpflanze, salzverträglich
Trifolium arvense	1,50	Rohbodenpionier, trockentolerant, niederwüchsig
Viola tricolor	1,00	einjährig, Schnellentwickler
	30,00	

Alle kräuterreichen Mischungen wurden mit einer Saatstärke von 5 g/m² ausgesät.

Mischung 4

Als Vergleichsmöglichkeit wurde die Regelsaatgutmischung (RSM) 7.2.2, Landschaftsrasen mit Kräutern für Trockenlagen gewählt, die nach guter fachlicher Praxis zum Einsatz gekommen wäre und mit einer Saatstärke von 20 g/m² eingesät wurde.

Tabelle 4: Regelsaatgutmischung (RSM) mit nur 3.1 % Kräuteranteil

RSM 7.2.2 Landschaftsrasen - Trockenlagen mit Kräutern	
	%
Festuca ovina duri.	41,90
Festuca rubra com.	15,00
Festuca rubra rubra	15,00
Festuca trichophylla	10,00
Lolium perenne	15,00
Achillea millefolium	0,20
Centaurea jacea	0,10
Centaurea scabiosa	0,10
Daucus carota	0,10
Dianthus carthusianorum	0,20
Galium album	0,10
Galium verum	0,10
Leontodon spec.	0,10
Leucanthemum vulgare	0,20
Piminella saxifraga	0,10
Plantago lanceolata	0,10
Salvia pratensis	0,20
Sanguisorba minor	0,10
Anthyllis vulneraria	0,20
Lotus corniculatus	0,20
Medicago lupulina	0,20
Onobrychis viciifolia	0,80

3.2 Verwendete Substrate

Die Betonleitwände werden in der Regel entweder mit dem anstehende Ober- bzw. Rohboden oder mit Siebschutt verfüllt. Die Wuchs- bzw. Startbedingungen für die einzusäenden Pflanzen sind daher sehr unterschiedlich und unter Umständen auch vegetationsfeindlich. Im Blickwinkel der Versuchsanstellung lag daher die Verbesserung und Harmonisierung der Startbedingungen für die Pflanzen.

Zu diesem Zweck wurden in einem Vorversuch geeignete Substrate im klimagesteuerten Gewächshaus ermittelt.

3.2.1 Versuchsaufbau Vorversuch Substratermittlung:

Aufbau: In Saatgutkisten mit den Maßen 60 x 40 x 23 cm wurde ein zweischichtiger Bodenaufbau vorgenommen:

10 cm Schotter 0/32 mm, leicht verdichtet mit Handstampfer
3 cm Saatbett in 8 Varianten, planiert als Vegetationstragschicht für die folgende Nassansaat

Variante 1: ohne Saatbett
Variante 2: VulkaTec Rasentragschicht(-substrat) 0/4 mm
Variante 3: VulkaTec Rasentragschicht(-substrat) 0/8 mm
Variante 4: Vulkaplus extensiv 0/12 mm
Variante 5: Vulkaplus intensiv 0/16 mm
Variante 6: Vulkatec Staudenanzuchtsubstrat extensiv 0/5 mm
Variante 7: Oberboden Herkunft Aschaffenburg
Variante 8: Oberboden Herkunft Kempten

Untersucht wurden 5 Substrate, die als handelsfertige Mischungen verfügbar sind.

Die Auswahlkriterien waren:

- nicht aufgedüngt, ggf. mit Prüfzeugnis nach FLL-Empfehlungen für Begrünbare Flächenbefestigungen (Var. 2,3) bzw.
- FLL-Dachbegrünungsrichtlinie (Var. 4,5).

Die Nassansaat erfolgte am 21.03.2011 mit schnell keimendem Gräser-Kräuter-saatgut:

Artenzusammensetzung:(Aufwandmenge: 3 g/m²)

35 Gew.-% Festuca rubra ssp. rubra
35 Gew.-% Poa angustifolia
20 Gew.-% Sanguisorba minor
10 Gew.-% Silene vulgaris

Trägerstoff und Kleber:

Tilco-Anspritzfertig (Alginat mit Tonmineralien und Biokleber (Cellulose)) 100 g/m²

Oscorna Animalin (organischer Dünger N 6/P 9/K 0,5 + 65 M-% Organische Substanz) 75 g/m²

Messungen und Bonituren:

Anzahl Keimlinge Gräser	1 x wöchentlich
Anzahl Keimlinge Kräuter	1 x wöchentlich
Schätzung Bodendeckung	nach 4 Wochen

3.2.2 Ergebnis

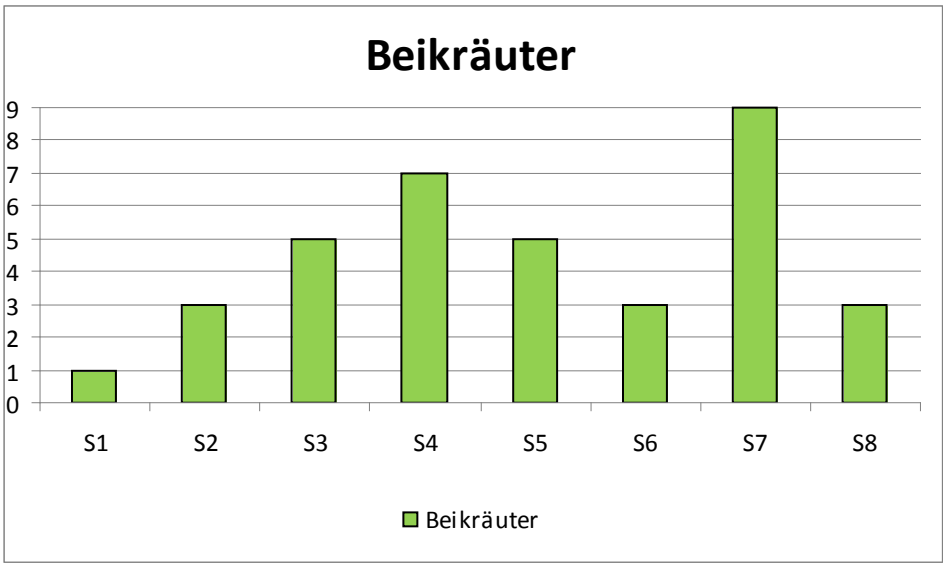


Abbildung 2: Bonitur der Beikräuter zur Ermittlung der Diapsporenbelastung der verwendeteten Substrate: Boniturschlüssel: 1 = kein Beikraut, 3 = vereinzelt, 5 = mäßig, 7 = viel, 9 = unterdrückend.

Die Bonitur der Beikräuter ergab den geringsten Beikrautdruck für die VulkaTec Rasentragschicht 0/4 mm bei gleichzeitig bestem Auflaufergebnis für Gräser und sehr gutem Erfolg für Silene vulgaris

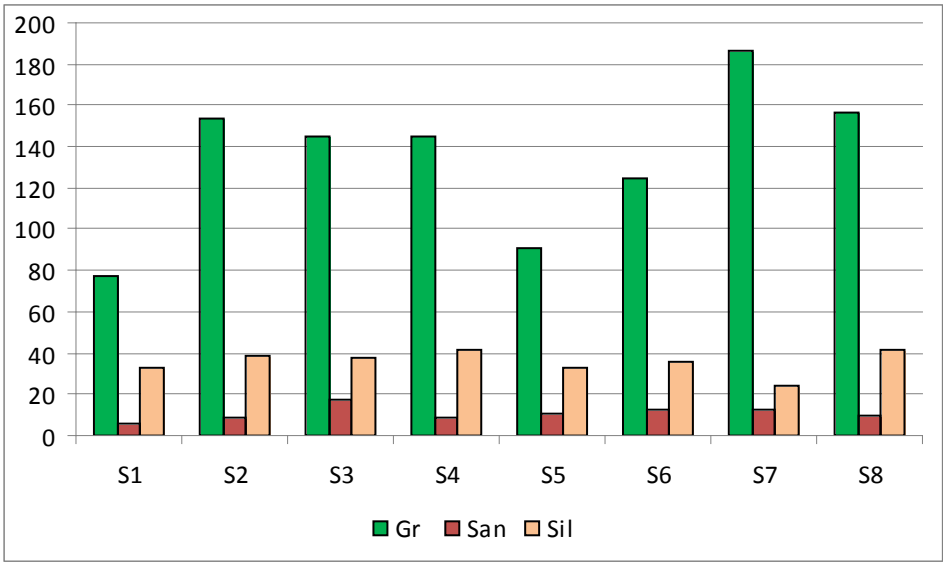


Abbildung 3: Ergebnis der mittleren Anzahl der Keimlinge von Gräsern (Gr), Sanguisorba minor (San) und Silene vulgaris (Sil) pro Anzuchtkiste.

Bild 3: VulkaTec Rasenstragschicht 0/4 mm: Bestes Ergebnis im Vorversuch mit Saatgutkisten zur Ermittlung eines geeigneten Saatbettsubstrates: Kaum Beikrautdruck und gleichmäßiges Keimverhalten der eingesetzten Pflanzen.

3.3 Versuchsdurchführung

Trotz der Praxisanwendung sollen die wissenschaftlichen Grundsätze im Versuchswesen eingehalten werden. Dies bedingt u.a. eine Mindestanzahl der Wiederholungen von Versuchsparzellen (hier mindestens 3), um statistisch abgesicherte Versuchsergebnisse abliefern zu können. Der Versuch ist als 2-faktorieller Versuch mit 4 bzw. 2 Varianten konzipiert. Da die Vegetationsentwicklung im Mittelpunkt der Ergebnissicherung steht ist eine Mindestlaufzeit von 3 Vegetationsperioden angedacht. Die Flächenvorbereitung und Ansaat (Bild 4,5 und 6) wurde im Frühjahr durchgeführt, die Jahre 2011, 2012 und 2013 dienen der Begutachtung der Vegetationsentwicklung.

Für die Durchführung des praxisnahen Exakt-Versuchs wurden folgende Rahmenbedingungen festgelegt:

- Anzahl Versuchsstandorte: 3
    - Autobahnabschnitt bei Nesselwang
    - Autobahnabschnitt bei Aschaffenburg
    - Referenzstandort Landschaftsgarten LWG Veitshöchheim
- Anzahl Versuchsfaktoren: 2
    - Faktor A: Ansaatmischung: 4 Varianten:
        - M1 = Optisch attraktiv/hohe Bodendeckung/gestaffelt
        - M2 = Geringer Pflegeaufwand/hohe Bodendeckung/gestaffelt
        - M3 = Geringer Pflegeaufwand/hohe Bodendeckung/Ruderalarten-salztolerant
        - M4 = RSM 7.2.2 Landschaftsrasen - Trockenlagen mit Kräutern
    - Faktor B: Substrat: 2 Varianten
        - 1 = ohne Saatbett (Nassansaat direkt auf bauseits verfülltem Rohboden)
        - 2 = mit Saatbett (Nassansaat auf Rasenerde 0/4 mm in 3-5 cm Schichtdicke über Rohboden)
- Anzahl der Wiederholungen: 3
- Anzahl der Versuchsparzellen pro Standort: 24
- Länge einer Einzelparzelle: 10 m
- Länge eines Sichtungsabschnittes: 240 m
- Länge aller Sichtungsabschnitte: 720 m

Bild 4: Versuchsanlage Aschaffenburg: Im Vordergrund liegt die Versuchsparzelle mit Saatbett vor der Anspritzbegrünung

3.3.1 Sätechnik

Das Saatgut wurde per Anspritzbegrünung ausgebracht. Zur Verhinderung der Saatguttrift durch Fahrtwind, insbesondere verursacht durch den Schwerlastverkehr, wurde cellulosehaltiges Trägermaterial und Bodenhilfstoff der Anspritzmasse beigefügt.

Zur Ermittlung einer optimalen Rezeptur wurde im Kleinversuch die Ausbringungstechnik geprüft und die Saatbetteigenschaften der Zuschlagstoffe gesichtet.

Das Ergebnis der Sichtung ergab folgende Rezeptur.

Die Mengenanteile für die Anspritzbegrünung pro 25 m² Versuchsparzelle setzen sich zusammen aus:

125 g Saatgut

25 l Wasser

2500 g Tilco Bodenhilfstoff zur Verhinderung der Wind- und Wassererosion

1875 g organischer Langzeit - Volldünger

625 g Cellugrün, -Cellulosehaltiges Fasergranulat; Trägermittel zur Festigung und Abdeckung der Samen zusätzlicher Schutz gegen Ausschwemmung.

Nach 20 minütiger Quellzeit ist die Anspritzbrühe gebrauchsfertig (Bild 5).

Bild 5: Die Anspritzbrühe wird mit einem Rührgerät zur Vermeidung von Klumpen bzw. für eine homogene Saatgutverteilung verrührt.

Da die Versuchsparzellen direkt aneinander angrenzen, musste während der Anspritzung mit mobilen Trennwänden (Bilder 6,7) gearbeitet werden, um Randeffekte durch vertriftetes Saatgut zu vermeiden.

Bild 6: Anspritzbegrünung. Durch mobile Trennwände wurde die Saatguttrift auf benachbarte Versuchsparzellen vermieden.

Bild 7: Links Parzelle vor der Anspritzung, rechte Nachbarparzelle bereits angesät.

3.4 Untersuchungsmethodik

Als Bewertungskriterien wurden laut den Formulierungen der DIN 18917 und 18918, Abnahmefähigkeit, Deckung und Bestandstruktur verwendet. Die Bonituren wurden um die Parameter Vitalität, Dominanz, optischer Eindruck und Artenzahl erweitert, da eine optimale Durchwurzelung der Bodenschichten nur mit gut ausgebildeten Individuen gewährleistet ist und im Sinne einer nachhaltigen Mischungsetablierung auch alle Arten einer ausgesäten Mischung auf der Fläche sich nachweisen lassen sollten. Die Bonitur wurde einmal jährlich, im Frühsommer, durchgeführt.

3.4.1 Bestandsstruktur:

Die Bewertung der Bestandsstruktur soll Aufschluss geben über die gleichmäßige Verteilung der Vegetation auf den Parzellen. Da eine geschlossene Pflanzendecke Ziel der Vegetationsentwicklung sein soll, sind Aussagen über Dynamik und Erfolg der Besiedlung wichtige Parameter für die Bewertung der jeweiligen Mischung.

Boniturschlüssel:

1 = punktuell, überwiegend freie Fläche
3 = größere Teilbereiche bewachsen, viel freie Fläche
5 = inhomogen, größere offene Stellen
7 = homogen, offene Stellen, gleichmäßig verteilt
9 = homogener, geschlossener Bestand

3.4.2 Visueller Eindruck

Da in der Regel eine optisch ansprechende Begrünung Ziel jeder Begrünungsmaßnahme ist und die Entwicklung eines optisch attraktiven Bestandes Gegenstand der vorgegebenen Zielsetzung war, wurde auch der visuelle Eindruck bewertet:

Boniturschlüssel:

1 = Gefällt mir nicht, Eindruck mangelhaft
3 = Sagt mir nichts, Eindruck ausreichend
5 = Gefällt mir, Eindruck befriedigend
7 = Gefällt mir gut, Eindruck gut
9 = Gefällt mir sehr gut, Eindruck sehr gut

3.4.3 Deckung auf der Parzelle

Eine zügige Bestandsentwicklung mit einer abnahmefähigen Deckungsleistung der Vegetationsdecke steht bei Baumaßnahmen im Vordergrund der Ansprüche an die Bestände. Nicht zuletzt, da im Rahmen der Gewährleistung im Landschaftsbau das Erreichen von 50 % projektiver Deckung als Maßstab einer erfolgreichen Eingrünung gelten. Zur Bewertung der Bestandsentwicklung wurde die projektive Deckung in Prozentwerten geschätzt

3.4.4 Vitalität der Pflanzen

Zur Beurteilung der Dauerhaftigkeit eines Bestandes ist die Beobachtung der Vitalität der einzelnen Arten wichtig. Diese Bewertung ermöglicht, im Falle des Versagens der eingesetzten Mischungen, aus den mit guten Boniturwerten registrierten Arten eine neue Mischung zusammenzusetzen.

1 = Pflanze abgestorben
3 = Pflanze kümmert, starke Mängel
5 = geringes Wachstum und Mangelerscheinungen
7 = normales Wachstum, leichte Mängel
9 = normales Wachstum, keine Mängel

3.4.5 Dominanz

Im Sinne einer ausgewogenen und nachhaltigen Bestandsentwicklung ist die Beurteilung der einzelnen Arten hinsichtlich ihres Konkurrenzverhaltens sinnvoll. Dominante Arten mit verdrängenden Eigenschaften verschärfen durch ihr Konkurrenzverhalten die extremen abiotisch Standortfaktoren. Die damit verbundene Reduzierung der Artenvielfalt vermindert die Pufferkapazität des Bestandes auf extreme Witterungsereignisse. Andererseits sind vorwüchsige Arten für den Gerüstaufbau eines Bestandes und zur Ausbildung einer robusten Vegetationsnarbe wichtig. Die kombinierte Betrachtung mit den Boniturwerten der Bestandstruktur, soll Hinweise auf eventuelle Korrekturen in den Mischungszusammensetzungen geben.

1 = nicht vorhanden
3 = vereinzelt
5 = auffällig
7 = flächig
9 = bestandsbildend

3.4.6 Verjüngung

Als Parameter für Nachhaltigkeit und Regeneration wurde das Verjüngungspotential der Mischungen ab dem 3. Standjahr an Hand der vorgefundenen Jungpflanzen bewertet. Dazu wurde die Häufigkeit und Artenspektrum von Jungpflanzen je Parzelle bonitiert.

Häufigkeit:

1 = keine
3 = vereinzelt
5 = mäßig
7 = häufig
9 = viel

4. Ergebnisse

4.1 Nesselwang

Während des gesamten Versuchszeitraum waren die Parzellen ausreichend mit Wasser versorgt. Der durchschnittliche Niederschlag während der drei Jahre Standzeit betrug 1162,5 (1261 mm langjähriges Mittel) und die mittlere Monatstemperatur lag bei 8,1 °C (langjähriges Mittel 7,6 °C). Damit war es deutlich wärmer und trockener als im langjährigen Mittel. Trotzdem verlief die Etablierung aller Mischungen bei ausgeglichenen Feuchteverhältnissen und moderaten Temperaturen an diesem Standort am erfolgreichsten (Bilder 8-11). Schließlich erhielt Nesselwang die doppelte Regenmenge als Aschaffenburg und Veitshöchheim. Die Trockenperiode im Juli und August des 3. Standjahres (Abb. 4) hatte auf die Vegetation, vorrangig den Kräutern, keine Auswirkung, da die ausgewählten Arten, auf Grund spezieller Wurzeleigenschaften, hervorragend auf Trockenstress adaptiert sind. In der Gräsergruppe mussten allerdings selbst nach drei Standjahren, vornehmlich in der RSM, schlechte Vitalitätsnoten (s. Abb. 8) vergeben werden.

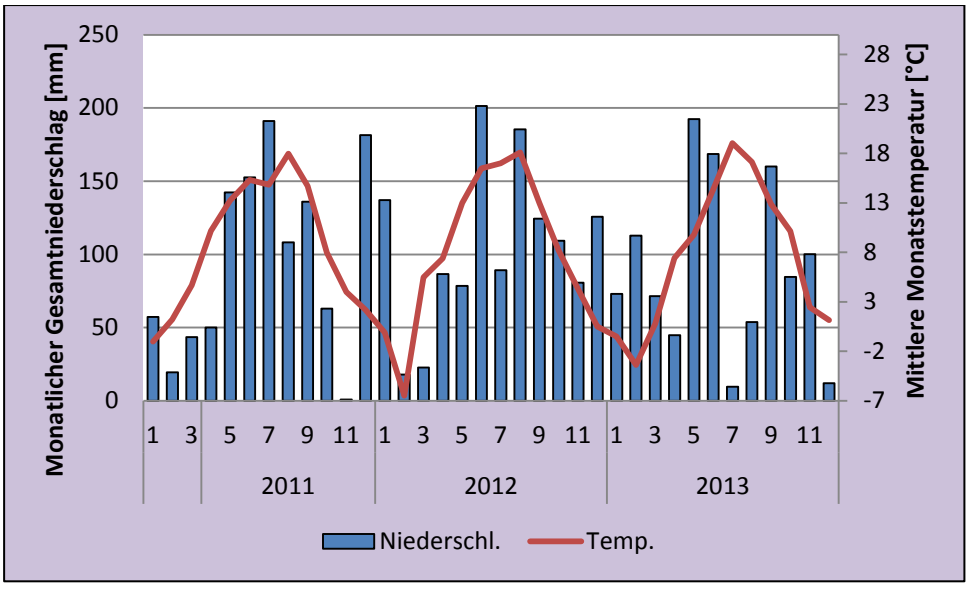


Abbildung 4: Witterungsverlauf bei Nesselwang während des Versuchszeitraums. Mit Ausnahme des 3. Standjahres 2013, waren die Saatflächen während der heißen Sommermonate gut mit Niederschlägen versorgt.

Bild 8: Der Standort Nesselwang im August 2011 mit Saatbett, mit Ausbildung eines Gradienten.

Bild 9: Die gleiche Ansicht im Juli 2013 zeigt die Zunahme der Deckung der M1 mit weitgehend homogenem Bestandsaufbau.

Bild 10: Sehr viel deutlicher ist eine Gradientausbildung 2011 im Kies zu erkennen.

Bild 11: Ansicht 2013: Auch auf dem Kiesbett ist die Vegetationsfläche weitgehend homogen aufgebaut.

4.1.1 Deckung

Die Deckungsnoten zeigen bei allen Mischungen, außer M3, eine stetige Verbesserung der Deckungswerte (Abb 5). Die etablierten Stauden der Mischungen 1 und 2 trugen maßgeblich zur stetigen Deckungszunahme bei. Wie Abb 6 zeigt, übernehmen die krautigen Arten, vor allem bei der M2, den Hauptanteil an der Deckung, obwohl sie mit 30 % Gewichtsanteil in der Saatgutmischung über weniger als die Hälfte des Saatgutpotentials verfügten als der Gräseranteil (Bild 14).

Eindeutig ist der positive Einfluss des Auflagesubstrats zu erkennen. Am besten schneidet die RSM (Bild 12) mit über 80 % Deckung auf Saatbett ab (auf Kies ca. 60 %). Bei den Kräutermischungen bestätigt sich die bereits im ersten Jahr zu erkennende Frohwüchsigkeit der M2 (Bild 13). Mit 70 % Deckungsanteilen ist sie die erfolgreichste Kräutermischung, weit dahinter liegt M1 mit 52 % und M3 mit 40 % Deckung. Bei letzterer Mischung wurde im Vergleich zum Vorjahr ein Deckungsrückgang von fast 10 % festgestellt.

Ursache hierfür ist der hohe Anteil an zweijährigen Kräutern, die sich ab dem 2. Standjahr über Samen neu regenerieren müssen. Da u.a. die Leitart Natternkopf im Herbst des 2. Jahres nach der Blüte abstirbt, können sich die Deckungswerte bestenfalls auf dem gegebenen Niveau halten (Abb 6) (auf reinem Kies), bzw nimmt die Deckung sogar ab (mit Saatbett). Die Strategie, wegen vermuteter hoher Salzfracht, einen Wuchsvorteil durch die. Überwinterung im geschützten Samenmantel zu erhalten, war nicht von Erfolg gekrönt. Für die eingesetzten Ruderalarten war der Standort Nesselwang ungünstig (vgl.dazu Aschaffenburg und Veitshöchheim Abb. 14 u. 21), hier fehlte vermutlich die Wärme. Bei den etablierten Arten der Mischungen 1,2 und 4 konnte keine Beinträchtigung durch Salzfracht festgestellt werden.

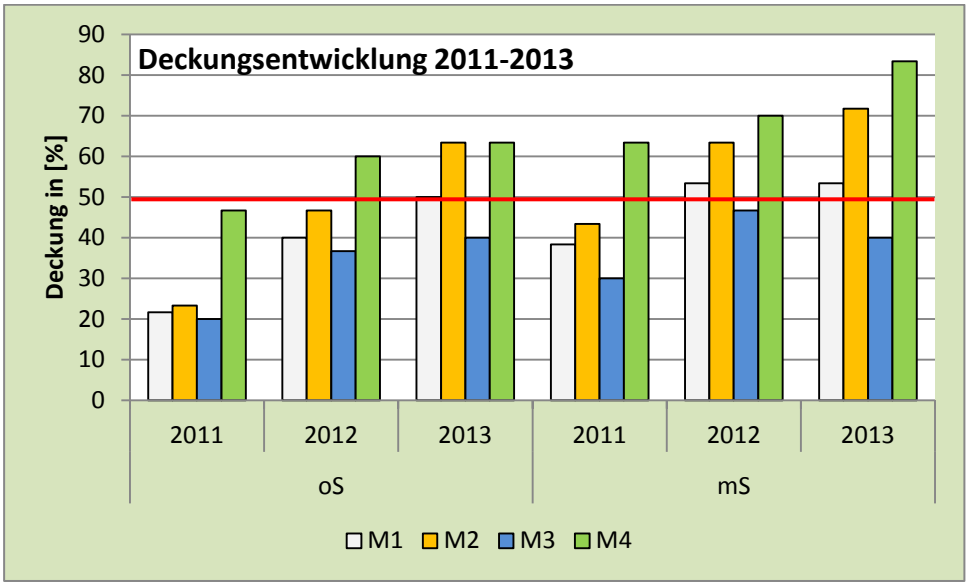


Abbildung 5: Mit Substratauflage verläuft die Besiedlung der Parzelle, mit Ausnahme von M3, am besten.

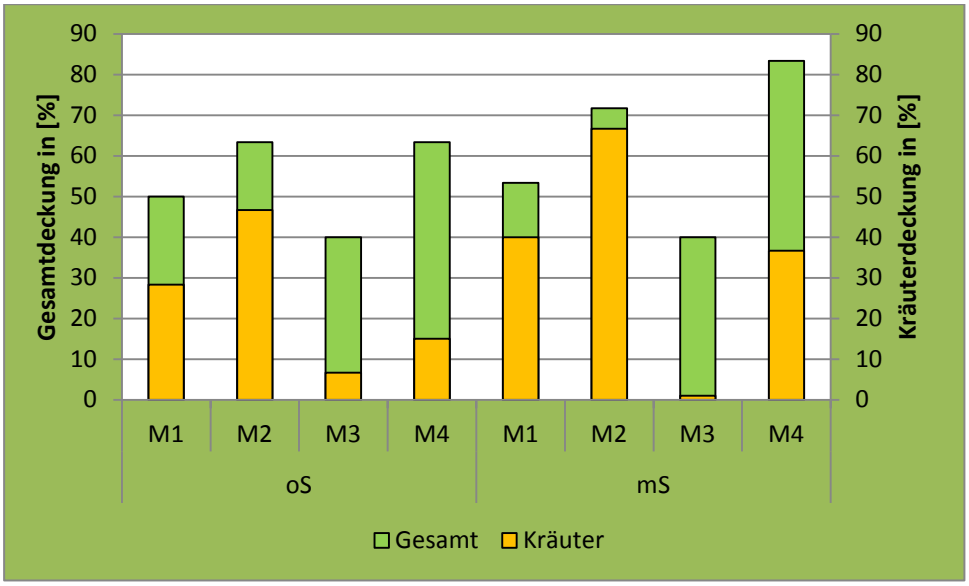


Abbildung 6: Anteil der Kräuter an der Gesamtdeckung in Abhängigkeit von Mischung und Saatbett. Auffälig ist der hohe Kräuteranteil bei M2 mit Substratauflage.

Die fördernde Wirkung der Substratauflage zeigt sich in den höheren Deckungswerten bei allen Mischungen (Abb.6) und besonders eindrucksvoll am Beispiel der Deckungsentwicklung bei der RSM. Hier erzielten die Wildstauden mit einem Gewichtsprozenanteil von ca. 3 % im Saatgut, fast 40 % der Gesamtdeckung auf der Fläche.

Bild 12: Versuchsparzelle mit RSM 7.2.2 auf Substratbett. Auffällig ist der hohe Deckungsanteil durch die Leguminosen, *Medicago lupulina, Anthyllis vulneraria* und *Onobrychis viciifolia*.

Bild 13: Die positiven Eigenschaften der Substratauflage zeigen sich auch bei der Mischung M2.

Bild 14: Parzelle auf Kies. Die guten Deckungswerte der M2 werden 2013 vor allem durch Medicago falcata erzielt, der auf dem mageren, trockenen Standort überreich blüht.

4.1.2 Visueller Eindruck

Die Kräutermischungen bieten im 3. Standjahr ein abwechslungsreiches Erscheinungsbild, das sich durch bunte, filigrane Strukturen harmonisch in das Landschaftsbild einfügt. In der Beurteilung des Blühaspektes schneiden M1, M2 und M3 ohne Substratauflage auffällig besser ab (Abb. 7), während für die Mischung M4 die Substratauflage ohne Wirkung bleibt. Ihr Aussehen ist in beiden Varianten unattraktiv und eintönig (Bilder 16 und 17).

Blühstark, wuchsfreudig und mit hoher Fernwirksamkeit, so zeigte sich die Mischung M2 als Spitzenreiter der getesteten Mischungen. Auf reinem Kies erhielt sie in der Bewertung die Bestnote 9 (Bild 18). Unter Einflusss der Substratauflage neigen die etablierten Leguminosen, besonders *Anthyllis vulneraria*, zur Dominanz (Bild 19). Nicht ganz so blühstark und durch weiße Blüten geprägt (Bild 15), entwickelte M1 ebenfalls auf dem kiesigen Substrat hübsche Blütenstände, die allerdings erst aus der Nähe ihre Wirkung entfalteten. Mit Substratauflage ist keine Konstraststeigerung möglich gewesen.

Die Mischung M3 blüht mit Substratauflage nur verhalten, da der optisch hoch wirksame Natternkopf, im Gegensatz zu Parzellen ohne Substratauflage, kaum in Erscheinung tratt (Bilder 20 u.21).

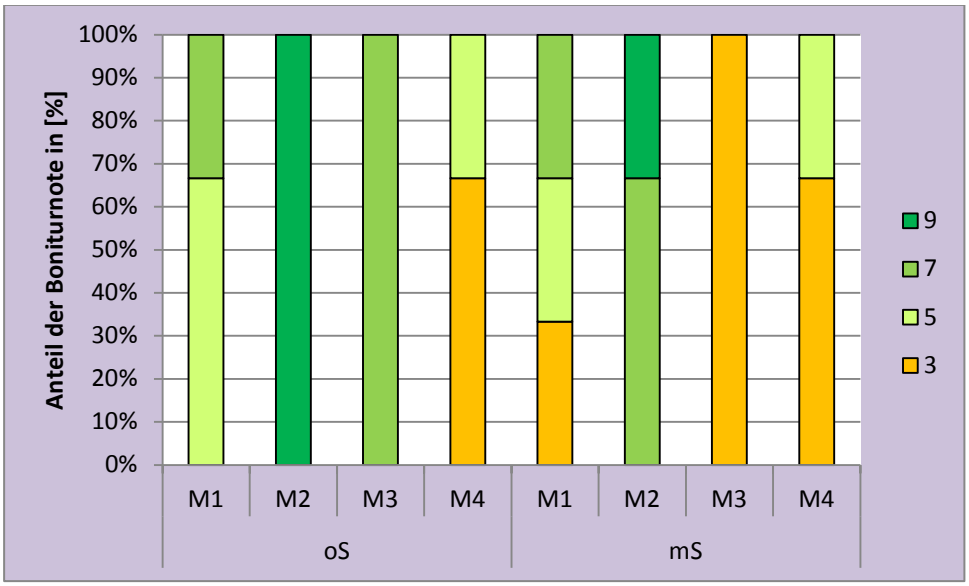


Abbildung 7: Bewertung des optischen Eindrucks der eingesetzten Mischungen 2013.

Bild 15: Haupsächlich Silenen prägen das Bild der M1 aufKies.

Bild 16: Ansicht der M4 im Jahr 2013. ohne Saatbett, haupsächlich geprägt von Medicago lupulina.

Bild 17: mit Saatbett.

Bild 18: Die M2 erzielte in der optischen Bewertung auf Kies eine sehr gute Note.

Bild 19: auf Substratbett wird der Wundklee sehr dominant

Bild 20: Blühaspekt der M3 mit guter Bewertung auf Kies

Bild 21: und mangelhaft auf Substratauflage.

4.1.3 Vitalität

In der Vitalitätsbewertung der Mischungen bleibt die Substratauflage, wie bereits 2012 festgestell, weiterhin ohne Einfluss. Auch beim differenzierten Blick auf die Pflanzengruppen Gräser und Kräuter wird diese Bewertung bestätigt (Abb.8).

Beide Artengruppen wachsen unbeeiflusst von der Substratauflage. Für die Gräser bedeutet dies, dass über 70 % der Boniturnoten mit und ohne Saatbett für starke Mängel stehen. Besonders schlecht schneiden die Gräser der RSM ab, die zum Boniturzeitpunkt erhebliche Trockenschäden aufwiesen. Im Vergleich zum Vorjahr konnten keine abgestorbenen Individuen mehr festgestellt werden. Ebenso konnte zum ersten mal die Bewertungsstufe 7 (gut) in geringen Prozentsätzen vergeben werden . Augenscheinlich hat hier eine gute Regeneration stattgefunden. Trotzdem liegt die Bewertungsstufe für die Gräser der RSM auf Saatbett zu 100 % bei der Note mangelhaft. Hier scheint die Konkurrenz um Wasser, verursacht durch die hohe Individuendichte (vgl. Abb. Deckung 83 %), für den schlechten Zustand der Gräser verantwortlich zu sein. Die besseren Boniturwerte der Mischungen M1-M3 lassen die Vermutung zu, dass die Ursache in der der hohen Saatstärke der RSM von 20 g/m² liegt (vgl. M1-M3: 5 g/m²), wobei die Wurzelsystheme der Gräser keinen Anschluss an den tiefer liegenden Feuchtehorzizont finden (Bilder 22/23).

Im Gegensatz dazu konnten für die Kräuter mehrheitlich gute bis sehr gute Boniturwerte vergeben werden. Dies gilt nach wie vor für die M2, wo für *Medicago falcata* und *Anthyllis vulneraria* in den Abschnitten mit Substratauflage die Bestnote vergeben wurde (Bilder 24/25). Beide Arten zeichnen sich durch hohe Trockentoleranz und einem tiefstreichendem Wurzelsysthem aus. Insgesamt erschienen die Kräuter der M2 vom Sonderstandort gänzlich unbeindruckt und überzeugten durch normales Wachstum. Einige Arten der Mischungen 1 und 3 wurden mit starken Mängeln bewertet. Dies betrifft vorranging Hippochoeris radicata, Daucus carota und Sanguisorba minor. Für diese drei Arten scheint sich die Höhenlage, kombiniert mit der Trockenheit des Sonderstandorts als wachstums-hemmend auszuwirken. Die Höhenlage scheint auch für *Echium vulgare* aus der M3 nicht optimal zu sein. Er wird durchgängig mit leichten Mängeln bewertet und erreicht nicht einmal die Hälfte des Sprosswachstums im Vergleich zu den Individuen der Trockenstandorte Aschaffenburg und Veitshöchheim

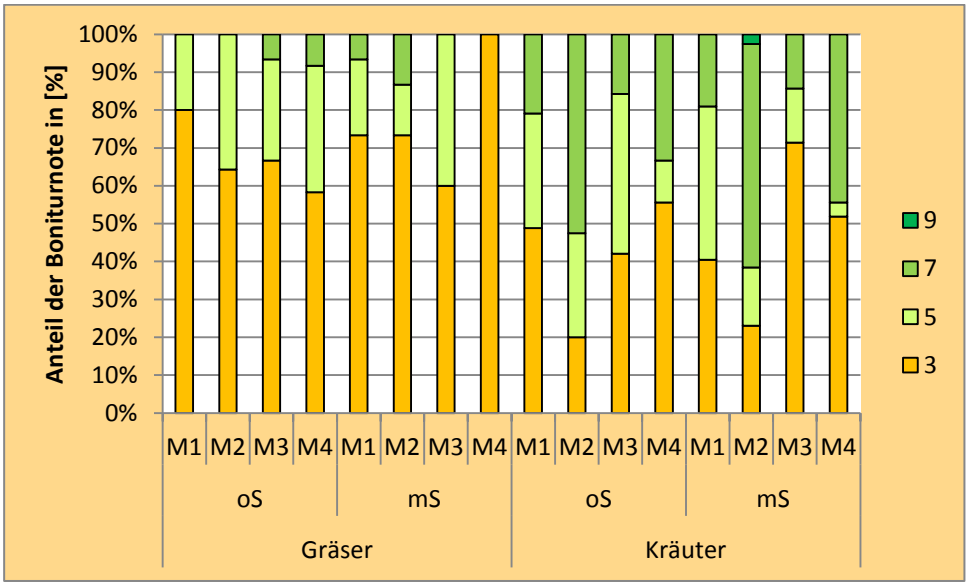


Abbildung 8: Nach wir vor erreichen die Kräuter bessere Vitalitätswerte. Eine mögliche Einflussnahme der Sutbstratauflage ist nicht ersichtlich.

Bild 22: Trockenschäden bei M4 im Jahr 2013 auf reinem Kiesbett

Bild 23: und mit Saatbett.

Bild 24: Dianthus carthusianorum und Medicago falcata, die Leitarten der M2, zeigen auf Kies keine Mängel

Bild 25: und mit Substratauflage sind sie ausgesprochen frohwüchsig.

4.1.4 Bestandsstruktur

Homogene Bestände, am besten mit Narbenschluss (Boniturnote 9), sind die Voraussetzung um die Ansiedlung unerwünschter Baum- und Straucharten zu unterbinden. Dieses Ziel konnte auf keiner Parzelle erreicht werden. Nur auf den Parzellen mit Saatbett wurde bis zum Boniturzeitpunkt ein homogener Bestand mit (noch) offener Vegetationsdecke (Boniturnote 7, Abb. 9, Bilder 30-33) gebildet. Bei den Parzellen ohne Substratandeckung wurden besonders für die M1 inhomogene Bestände mit größeren offenen Stellen gefunden. Die Abschwemmung des Saatguts durch ein Starkregenereignis unmittelbar nach der Einsaat im Jahr 2011, verursachte vor allem auf dem reinen Kiesmaterial eine Gradientbildung. Dieser Gradient ist in manchen Bereichen noch sichtbar (Bilder 26-29), wird aber von allen Mischungen zufriedenstellend ausgeglichen, wobei die M1 offensichtlich wesentlich langsamer in der Reaktion ist und hat auch im 3. Standjahr noch zu keinen homogenen Bestand gefunden.

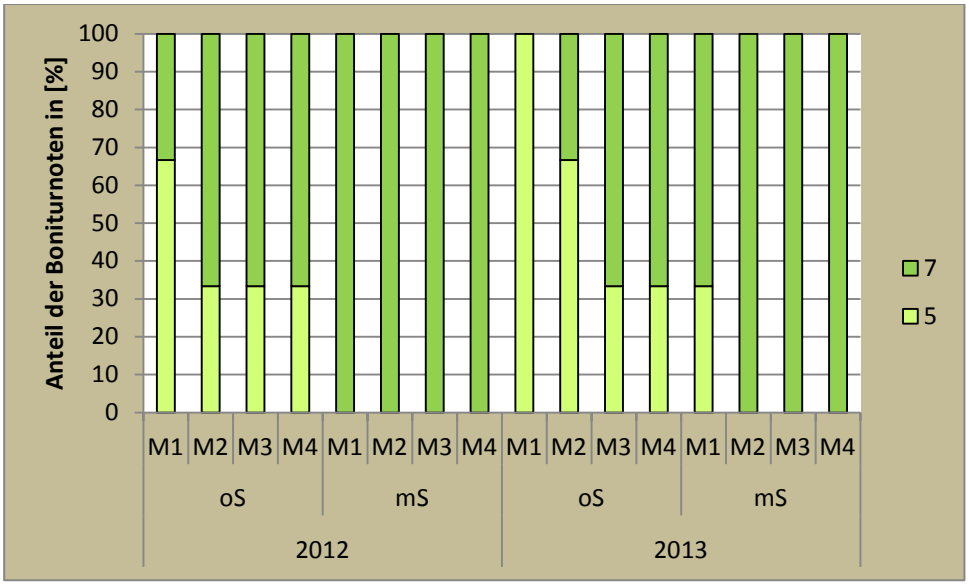


Abbildung 9: Fast alle Mischungen bildeten auf Saatbett homogene Bestände.

Bild 26 bis 29: von links oben nach rechts unten: Die Mischungen M1-M4 auf Kies, M1

Bild 27: M2

Bild 28: M3

Bild 29: M4

Bild 30 bis 33 von links oben nach rechts unten: Die Mischungen M1- M4 auf Sutbstratauflage: M1.

Bild 31: M2

Bild 32: M3

Bild 33: M4

4.1.5 Dominanz

Die Bewertung der Dominanz (Abb.10) erlaubt einen Blick auf die Bestandzusammensetzung. Der grobe Überblick zeigt, dass in allen Mischungen in der Artengruppe der Kräuter mindestens 50 % der Arten sich nicht etabliert haben. Die Bestände werden von ca. 20 % der Kräuterarten gebildet, wobei interessanterweise bei der trägeren M1 die meisten Arten gefunden wurden. Die wenigsten Arten konnten sich bei der Ruderalmischung etablieren, hier werden noch ca. 75 % der Arten vermisst. Die Mischungen 2 und 4 liegen zwischen diesen Eckwerten. Ein Einfluss des Saatbetts auf die Dominanz und die Etablierungsrate konnte nicht festgestellt werden. Im Vergleich zum Vorjahr veränderten sich die Boniturwerte der etablierten Stauden leicht, d.h. dominante Arten wurden nur bei M2 auf Saatbett festgestellt (vgl. Punkt 4.1.2). Vorwüchsige und verdrängende Tendenzen sind bislang nicht festzustellen. Die etablierten Arten bildeten ausgewogene Bestände.

Die Gräsergruppe zeigt ebenfalls keine Reaktion auf das Saatbett. Die Untersschiede sind auch hier unter den Mischungen zu sehen. Die geringste Verlustquote besitzt die RSM mit 20 % fehlender Arten. In den hinteren Rängen liegen mit ca. 45 % nicht etablierter Gräser die Mischungen 1 und 3, die beide mit der gleichen Artenkombination ausgestattet sind. Die M2 liegt mit 28 % nicht etablierter Gräser auch hier zwischen den beiden Eckwerten. Auch hier bleibt festzustellen, dass keine der Gräserarten zur Dominanz gelangte und die Gräsermatrix ausgewogen ausgestaltet ist.

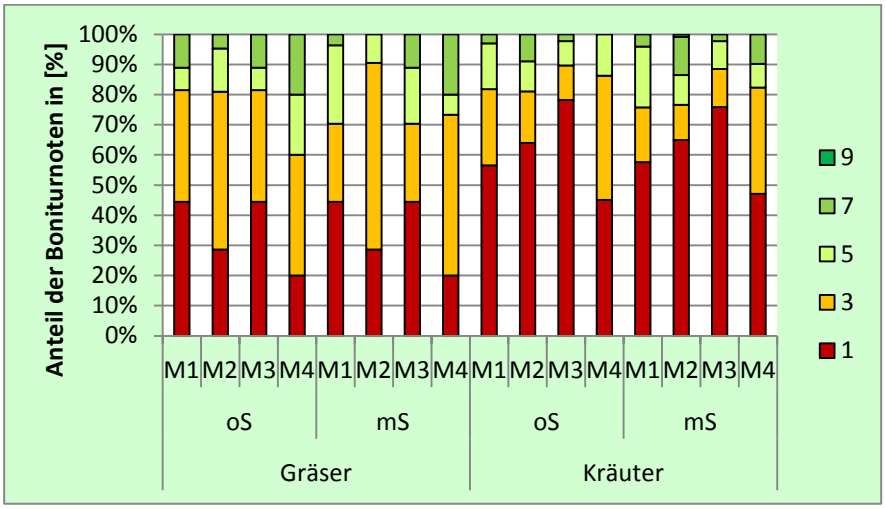


Abbildung 10: Nur ein geringer Anteil der gesäten Arten prägt die Bestände.

4.1.6 Verjüngung

Ein wichtiges Indiz für standortgerechte Artenauswahl und Maß für Nachhaltigkeit ist die Bonitur der Jungpflanzen, die sich ab dem 3. Standjahr aus dem Samenpotential der etablierten Arten entwickeln sollten. Auf allen Parzellen wurden Jungpflanzen gefunden, allerdings mit erheblichen, mischungsspezifischen Unterschieden:

Die Graphik (Abb.11) zeigt eindeutig, dass die M2 ein hohes Regenerationspotential besitzt und man davon ausgehen kann, dass sich diese Mischung erfolgreich an diesem Standort halten wird. Interessanterweise wurden viele Jungpflanzen auf Parzellen ohne Substratauflage gefunden. Dies gilt auch für die beiden anderen Kräutermischungen.

Besonders *Anthyllis vulneraria* und *Dianthus carthusianorum* produzierten viele Jungpflanzen.

Die Regenerationsfähigkeit der RSM ist mit und ohne Saatbett als mangelhaft einzustufen.

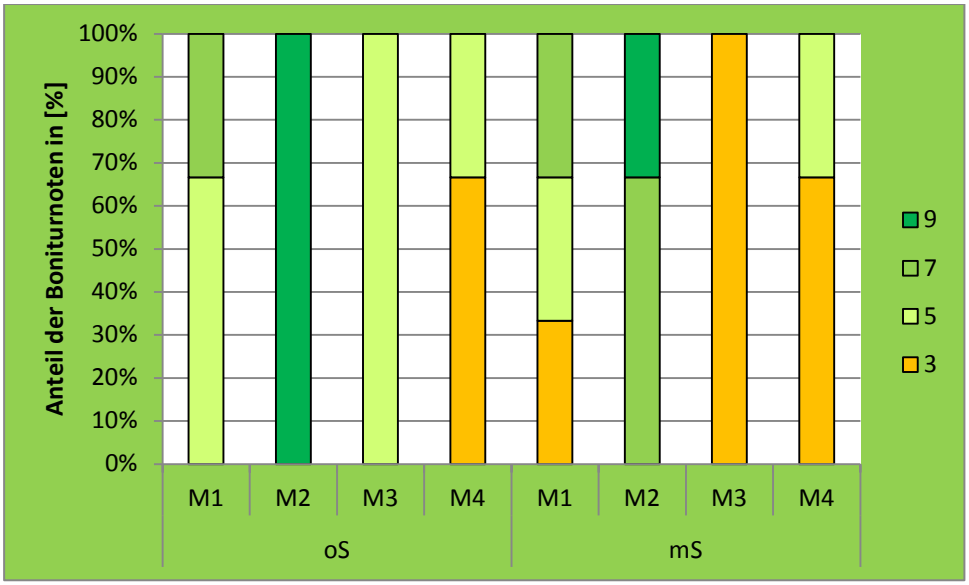


Abbildung 11: Die M2 besitzt ohne Substratauflage das höchste Verjüngungspotential

4.2 Aschaffenburg

Mit mittleren Temperaturwerten von 10,8 °C und einem durchschnittlichen Niederschlag von 574,1 mm (697 mm langjähriges Mittel) während des Untersuchungszeitraums, war Aschaffenburg der trockenste und wärmste Standort. Nur während der Wintermonate von Dezember bis Februar waren die Wasserverhältnisse ausgeglichen (Abb.12). In den drei Vegetationszeiträumen herrschte extremer Wassermangel, der durch den Hochbeetcharakter und der Siebschuttfüllung noch verstärkt wurde. Entsprechend lückig und ist das Erscheinungsbild der Parzellen, wobei das bestandsprägende Artenspektrum anders als bei Nesselwang von den Ruderalarten gestellt wird (Bild 35).

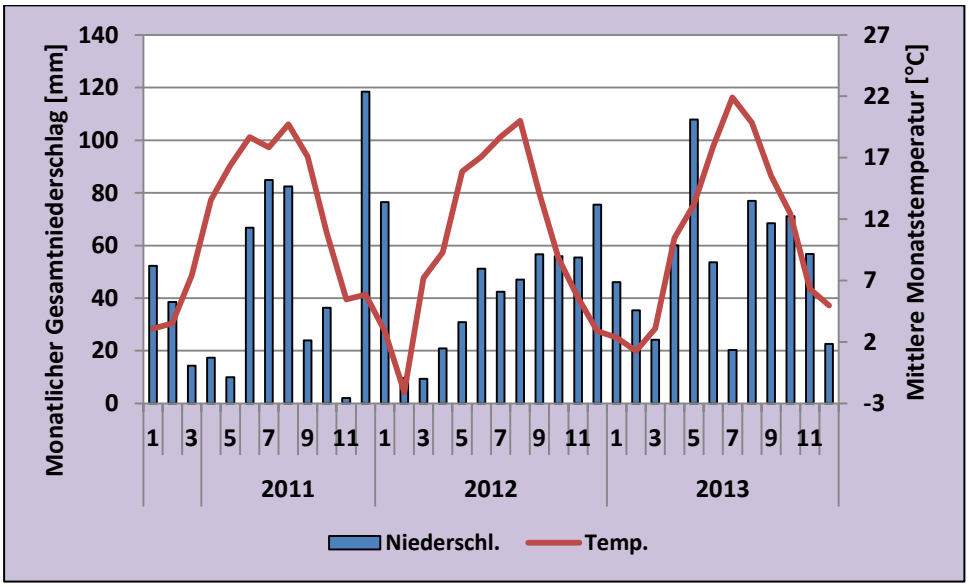


Abbildung 12: Während des gesamten Versuchszeitraums mussten die Pflanzen in der Vegetationszeit mit hohen Temperaturen und geringen Niederschlägen kämpfen.

Bild 34: Ansicht der Versuchsanlage mit Substratauflage am Standort Aschaffenburg im September 2011

Bild 35: und im Juni 2013.

4.2.1 Deckung

Die Entwicklung der Deckung (Abb. 13) zeigte keine Unterschiede zwischen Substratauflage und reiner Siebschuttfüllung. Die extrem schlechten Deckungswerte des ersten Jahres von unter 10 % für die Kräutermischungen und maximal 40 % für die RSM erreichen schließlich im 3 Standjahr abnahmefähige Werte von 50 %. Einzig die RSM erzielte abnahmefähige Werte bereits im 2. Standjahr. Immerhin sind die Zuwächse der Mischungen unter den extremen Standortbedingungen mit und ohne Substratbett beachtenswert. Der positive Einfluss der Substratauflage lässt sich nur für die Stauden erkennen (Abb. 14). Hier beträgt der Anteil bei allen Kräutermischungen ca. 50 % der Gesamtdeckung. Der Deckungsanteil durch die Kräuter ist bei der RSM vernachlässigbar (Bild 37).

Im Gegensatz zum Standort Nesselwang gehört hier die ruderale Mischung M3 zu den erfolgreichen Kräutermischungen. Gemeinsam mit dem Favoriten M2 erreichte sie den abnahmefähigen Zustand. Interessanterweise übernehmen ruderale Kräuter auf Parzellen mit Substratauflage den Haupanteil der Deckungsleistung (Abb.14), während auf reinem Siebschutt die Gräser dominieren. *Berteroa incana*, neben *Echium vulgare* eine Leitart in dieser Mischung und Spezialist für trocken-warme-Gebiete, wächst vital und trägt maßgeblich zur Deckung bei (Bild 36).

Bild 36: Die Graukresse blüht hübsch und ist auf trockenen Standorten ausgesprochen vital.

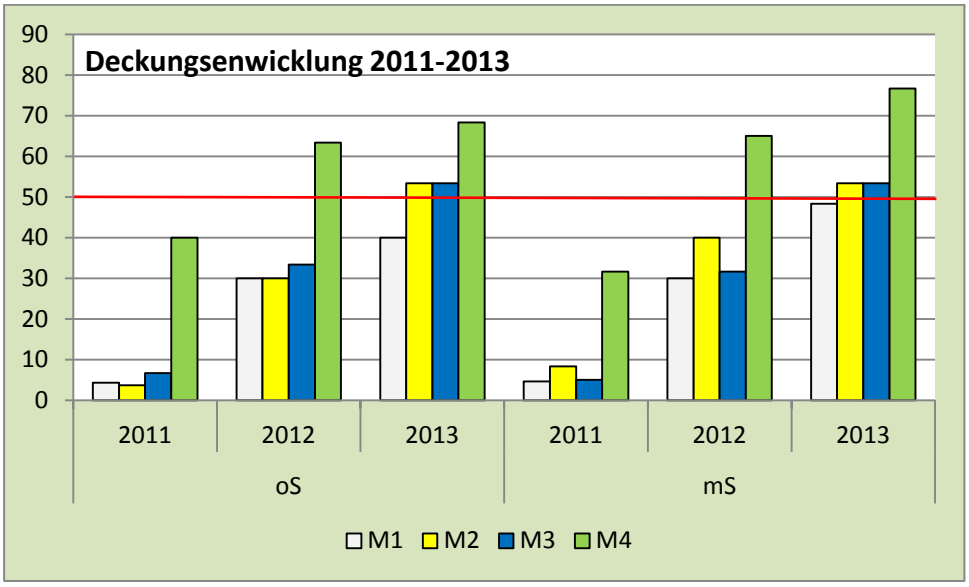


Abbildung 13: Die M4 (RSM) bleibt während dies Versuchszeitraums vorwüchsig. Allerdings erzielen die Mischungen M1-M3 gute Zuwächse.

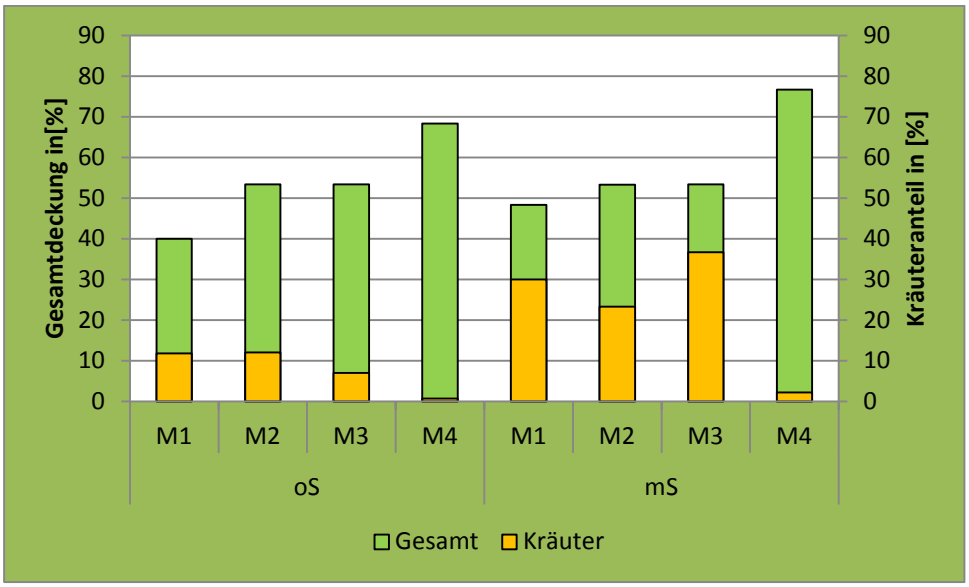


Abbildung 14: Im Gegensatz zur Gesamtdeckung ist der Anteil der Kräuter unter Einfluss der Substratauflage bei M1 – M3 signifikant. Für M4 spielen sie keine Rolle.

Bild 37: Bild 37 M4 (RSM 7.2.2) gute Deckung durch Gräser, doch optisch nicht überzeugend.

4.2.2 Visueller Eindruck

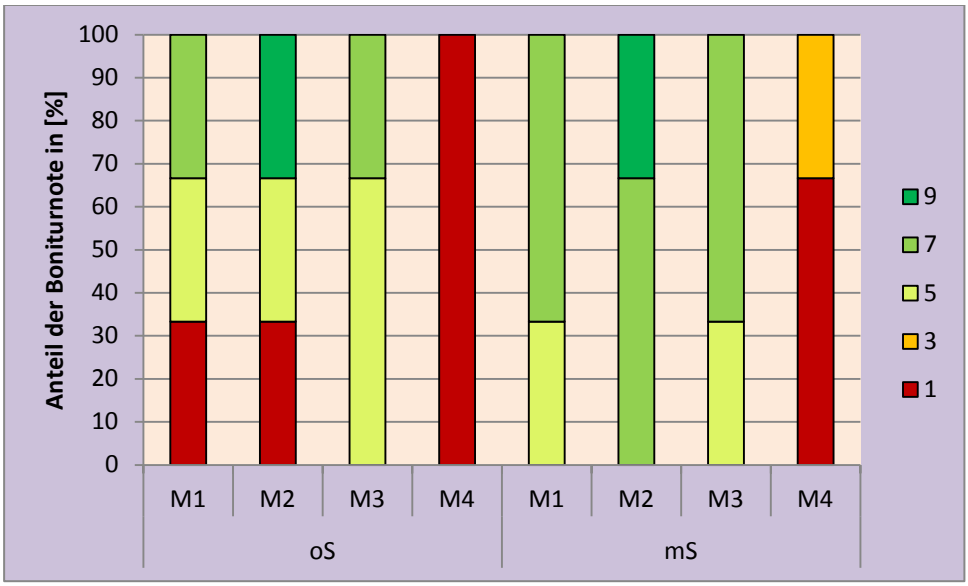


Abbildung 15. Die Mischungen 1, 2 und 3 entwickeln mit Saatbett einen attraktiven Blühaspekt.

Im Unterschied zum Standort Nesselwang brachte die Bewertung des optischen Eindrucks für die Kräutermischungen 1, 2 und 3 deutlich bessere Ergebnisse auf den Parzellen mit Saatbett (Abb. 15). In den Abschnitten ohne Saatbett waren die Bestände auf Grund fehlender Arten und kümmerlicher Individuen in der Entwicklung zurück und der Blühaspekt damit sehr dürftig. Dies gilt besonders für die M1, die grundsätzlich eine langsamere Entwicklungsdynamik besitzt (Bild 38). Besonders gute Werte erreichte die M2 auf Saatbett (Bild 39) mit guten bis sehr guten Boniturnoten. Die ruderale M3 entwickelte unabhängig vom Saatbett blühstarke Aspkete (Bild 40). Mit imposanten Individuen von Echium vulgare übernimmt diese die Rolle der Fernwirksamkeit (vgl.M2 bei Nesselwang).

Für die gräserlastige RSM konnte keine Auswirkung durch die Substratandeckung beobachtet werden. Die monoton gelb-braune Ausprägung konnte trotz besserer Deckungswerte gegenüber den wesentlich lückigeren Gräser/Kräutermischungen nicht überzeugen (Bild 41).

Bild 38: Die M1 konnte ihren weißen Blühaspekt zumindest auf einer Parzelle ohne Substratauflage zum Ausdruck bringen.

Bild 39: Die Mischung M2 hat auf dem extremen Standort. den Charakter einer Dachbegrünung

Bild 40: Die Mischung M3 bietet eine strukturreiche Ansicht mit imposanten Individuen von Natternkopf und Graukresse. Die beiden Arten fühlen sich auf dem trocken-heißen Standort pudelwohl.

Bild 41: Monochrom braun-gelb ist das Erscheinungsbild der gräserlastigen RSM im Vordergrund. Sie bietet wenig Reize im Vergleich zu den, wenn auch lückigen Gräser/Käutermischungen im Hintergrund (M3). Ihr optischer Ausdruck ist auch unter dem Einfuss des Saatbetts nicht steigerbar.

4.2.3 Vitalität

Für alle Mischungen und den Artengruppen Gräser und Kräuter ist der Anteil der Pflanzen mit starken Mängeln auf den Parzellen ohne Sustratauflage deutlich höher (Abb.16). Gleichzeitig ist aber in allen Mischungen der Anteil der Stauden ohne Mangel auf diesen Parzellen auch am höchsten (zwischen 6 % und 40 %).

Bei den Gräsern konnte ohne Saatbett (Bild 42) keine mängelfreien Bestände festgestellt werden. Für sie entspannte sich die Situation leicht auf den Parzellen mit Substratauflage. In der Mischung M3 sind knapp 6 % der Gräser sogar mängelfrei. Die Gräser profitieren augenscheinlich von der Substratauflage.

Umgekehrt reagierten die Wildstauden auf die Substratauflage. Der Anteil der Boniturnote “mängelfrei” lag bei M2 und M3 nur bei 20 %. Für guten Boniturnoten zeichnen sich bei M3 vor allem *Echium vulgare* und *Berteroa incana* verantwortlich die beide als Rohbodenpioniere und ausgesprochene Tiefwurzler auf diesem Standort sehr gut wachsen (Bild 43). In der Mischung M2 sind dies Petrorhagia

saxifraga, Medicago falcata und *Dianthus carthusianorum*. Für die M1 erzielten *Silene nutans* und *Silene vulgaris* zusammen mit *Silene latifolia* beste Boniturnoten.

Die genannten Arten haben ihren Verbreitungsschwerpunkt in trocken-warmen Klimaten auf Böden mit leicht ruderalem Charakter. Damit sind sie bestens für den Einsatz am Standort Mittlelstreifen geeignet.

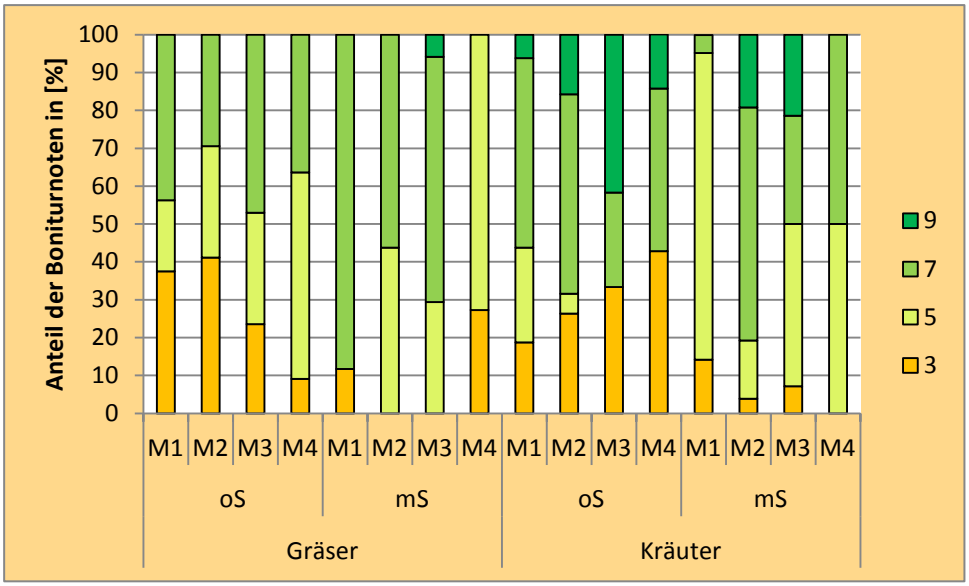


Abbildung 16: Große Gegensätze bei den Stauden: Ohne Saatbett ein relativ hoher Anteil von schlechten und sehr guten Boniturnoten. Vom Saatbett scheinen die Gräser zu profitieren.

Bild 42: Häufig sind auf den Parzellen Bereiche mit Gräsern zu finden, die in der Vitalität gestört sind.

Bild 43: Die prachtvollen Individuen von Natternkopf, Graukresse, Karthäusernelke und Taubenkropfleimkraut bereichern den Mittelstreifen.

4.2.4 Bestandsstruktur

Homogene geschlossene Bestände sind im 3. Standjahr auch bei Aschaffenburg nicht realisierbar gewesen. Die beste Bewertung (homogen, offen) erhielten die Mischungen M2 und M3 auf Parzellen ohne Substratauflage (Abb.17) und sind damit auf Augenhöhe mit der Mischung M4 (RSM), die auf allen Parzellen unabhängig vom Substratbett homogene Bestände bildete, die in erster Linie durch den hohen Gräseranteil erzielt wurden.

Wie bereits im 2. Standjahr festgestellt, entwickelte sich die Mischung M1 im Vergleich wesentlich langsamer. Diese Eigenschaft ist auch im 3. Standjahr noch unverändert vorhanden, was sich in einer inhomogene Pflanzenverteilung mit größeren offene Stellen ausdrückt.

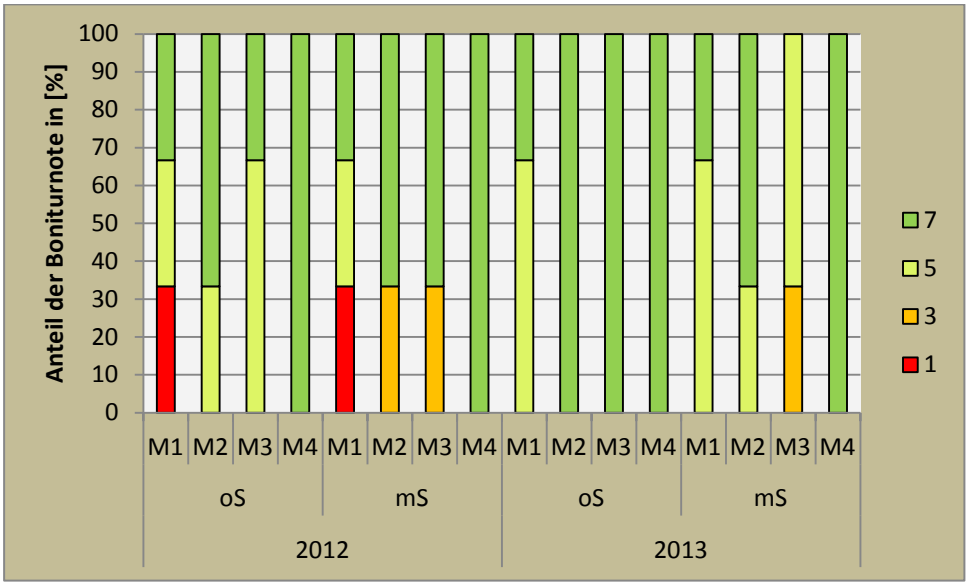


Abbildung 17: Mit Saatbett bildeten die Mischungen 1 - 3 nur teilweise homogene Bestände.

4.2.5 Dominanz

Die Auswertung der Graphik (Abb 18) zeigt, dass das Saatbett bei der Artengruppe der Kräuter und nur für die Mischungen M1 und M2 einen geringfügig positiven Einfluss auf die Etablierung der Arten hatte. Hier etablierten sich bis zu 5% mehr Stauden als ohne Saatbett.

Genau umgekehrt und ebenfalls nur für die Mischungen M1 und M2 stellt sich der Einfluss des Saatbetts auf die Etablierung der Gräser dar. Hier wurden in der Größenordung von ca. 5 % weniger Gräserarten nachgewiesen.

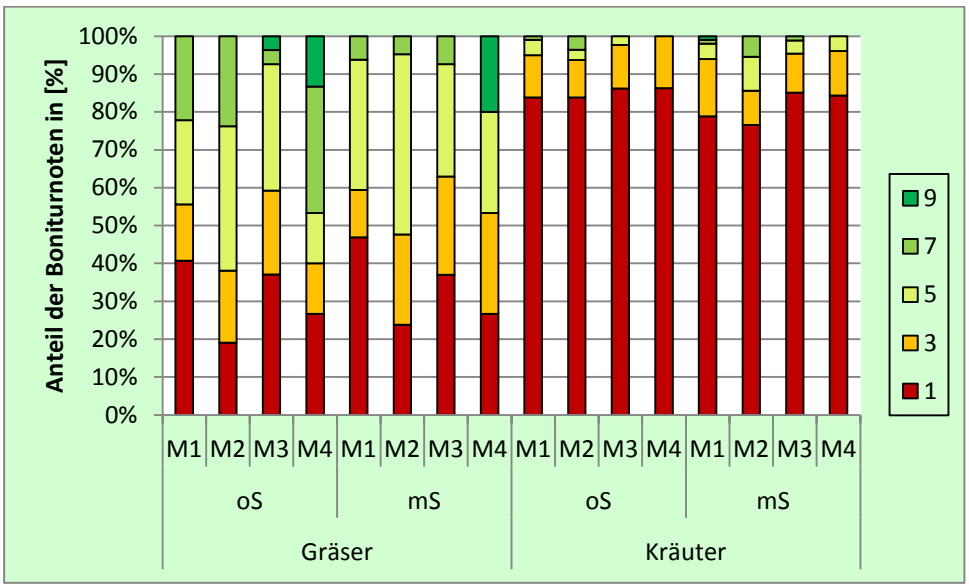


Abbildung 18: Nur wenige Kräuterarten sind prägend an der Bestandsbildung beteiligt. Bei den Gräsern ist dieser Anteil wesentlich höher.

In der Artengruppe der Kräuter werden die Bestände ohne Saatbett von durchschnittlich 15 % der Arten gebildet, wobei ein leichter positiver Einfluss des Saatbetts (20%) feststellbar ist. Auch hier zeigt sich die RSM als weitgehend unbeeinflusst. Die meisten Arten treten nur vereinzelt in Erscheinung. Hauptsächlich werden die Mischungen von blühenden Kräutern mit mäßig häufigem Erscheinen gegprägt. Nur in der M1 auf Saatbett gelangte *Achillea millefolium* zur Dominanz.

Die etablierten Gräserarten treten mehrheitlich bei allen Mischungen in mindestens auffälliger Bestandsdichte auf. Wobei sich hier in erster Linie die Vertreter der Schwingelgruppe als verantwortlich zeichnen.

4.2.6 Verjüngung

Im Unterschied zu Nesselwang produzierten nicht alle Mischungen Jungpflanzen und das höchste Verjüngungspotential wurde auf Parzellen mit Saatbett vorgefunden. Spitzenreiter ist interessanterweise die Mischung M1 (Abb.19), knapp gefolgt von M3. Deren optischen Leitarten *Echium vulgare (Bild 45)* und *Berteroa incana* (Bild 44) auch in der Verjüngung höchstes Potential besitzen. Zwar optisch weniger auffällig aber mit sehr gutem Verjüngungspotential zeigen sich in der M1 die Gruppe der *Silenen* und *Achillea millefolium*.

Auf Parzellen mit der M2 vermehrten sich nur wenig Arten mit geringen Jungpflanzenzahlen. Ohne Saatbett erzeugte die RSM keine Jungpflanzen, auf Saatbett geschieht dies nur mit geringem Prozentsatz. Für die RSM besteht damit die Gefahr, dass sie sich mit den Jahren zurückbaut.

Bild 44: hohes Verjüngungspotential von Bertroa incana

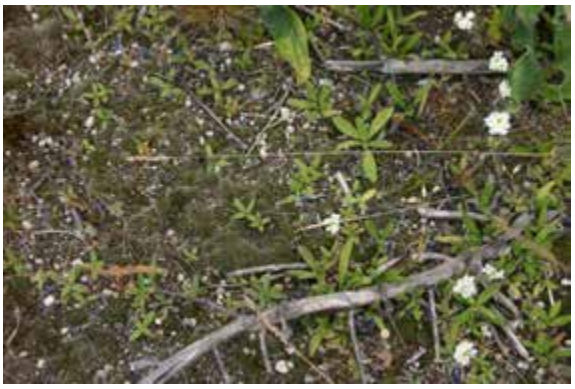


Bild 45: und Echium vulgare an trocken-heißen Standorten

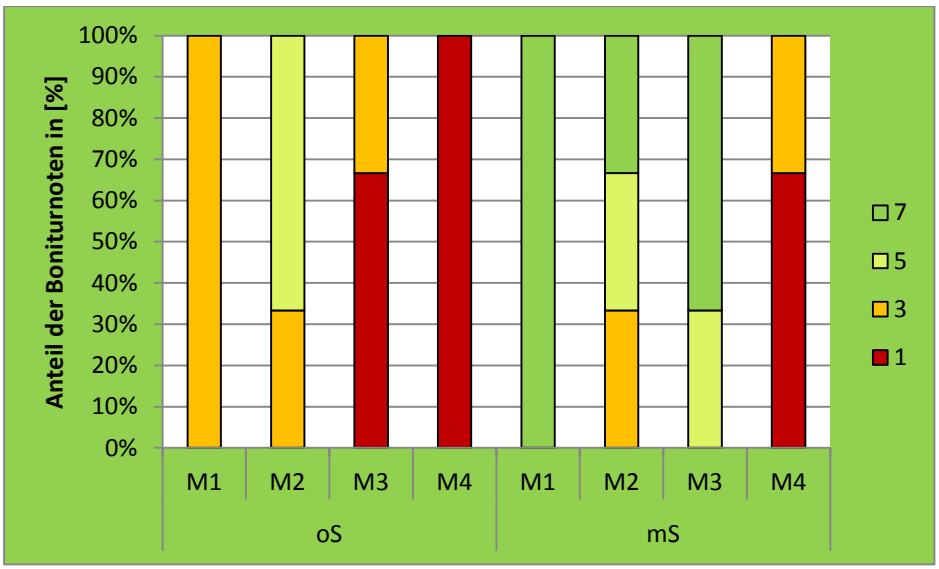


Abbildung 19: Die M1 besitzt auf Saatbett das höchste Verjüngungspotential

4.3 Referenzstandort Veitshöchheim

Der durchschnittliche Jahresniederschlag betrug während des Untersuchungszeitraums 575,8 mm und die mittlere Jahrestemperatur lag bei 9,7 °C. Das Diagramm (Abb 20) zeigt deutlich die extreme Belastung des Standorts durch hohe Temperaturen und geringe Niedeschläge während der Sommermonate. Verstärkt wurde das Szenario durch die geringe Wasserhaltekapazität des Kalkschotters und der Pflasterfläche unter den Kästen. Gerade in den ersten beiden Standjahren waren Frühjahr und Frühsommer, und damit die wichtigste Wachstumszeit, ausgesprochen trocken. Regeneration und Weiterentwicklung konnten erst im Herbst bzw. im zeitigen Frühjahr bei positiver Wasserbilanz stattfinden

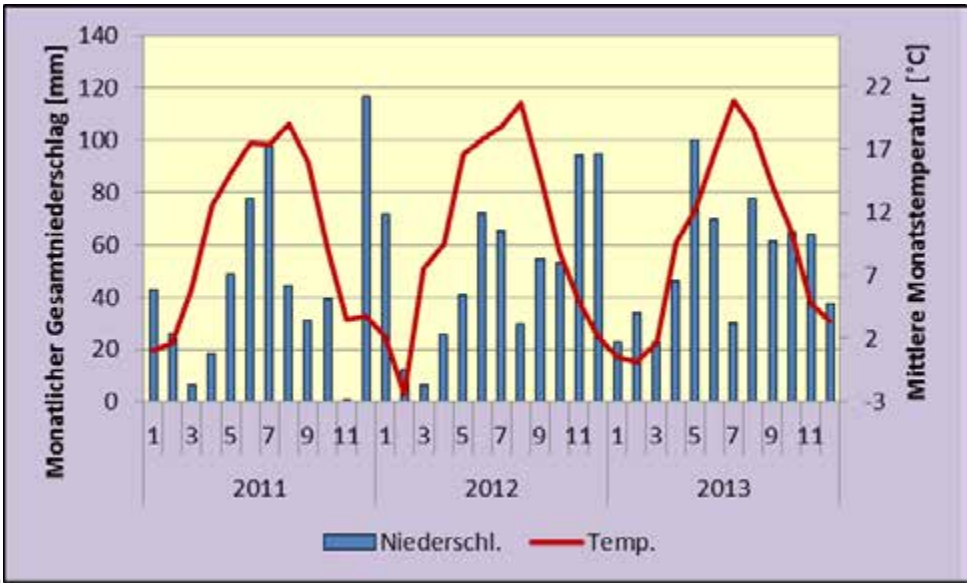


Abbildung 20: Der Witterungsverlauf verdeutlicht die hohe Belastung der Pflanzen durch geringe Niederschläge und hohe Temperaturwerte während der Sommermonate.

Bild 46: Ansicht des Referenzstandortes Veitshöchheim Ende Mai 2013.

4.3.1 Deckung

Im Unterschied zu den Standorten Nesselwang und Aschaffenburg enwickelten sich die Saatflächen in Veitshöchheim zeitverzögert erst unter Einfluss der Winterfeuchte im Zeitraum Dezember-Januar 2011/2012 (Bild 2). Die Graphik (Abb. 21)zeigt daher die Enwicklung der Deckung ab dem Vegetationszeitraum 2012. Somit befindet sich die vorgefundene Vegetation erst im 2.Standjahr (Bild 46).

Der positive Einfuss des Saatbetts macht sich vor allem in der Gesamtdfeckung für die Mischung M3 (72%) und der RSM (M4: 65 %) bemerkbar. Die Mischungen M1 und M2 sind auf die Unterstützung der Substratauflage nicht angewiesen und entwickeln sich auf reinem Kalkschotter besser (Bild 47). M2 erreicht hier im 2.Standjahr den abnahmefähigen Zustand mit 55 % der Flächendeckung und M1 bleibt knapp darunter mit 45 % Deckung. Der Blick auf die Verteilung der Prozentpunkte zwischen Gräser und Stauden zeigt deutlich, dass die Gräser auf blankem Schotter den Kräutern unterlegen sind. Dies ist besonder auffällig bei der Mischung M2 (Abb.22), hier spielen die Gräser eine untergeordnete Rolle,

desgleichen bei M1. Die gräserlastige M4 ist für reinen Kalkschotter nicht geeignet, sie erreicht nur 25 % der Deckung, wobei der Anteil der Stauden im Vergleich zu Nesselwang und Aschaffenburg auffällig (15 % o.S. und 33 % m.S.) hoch ist.

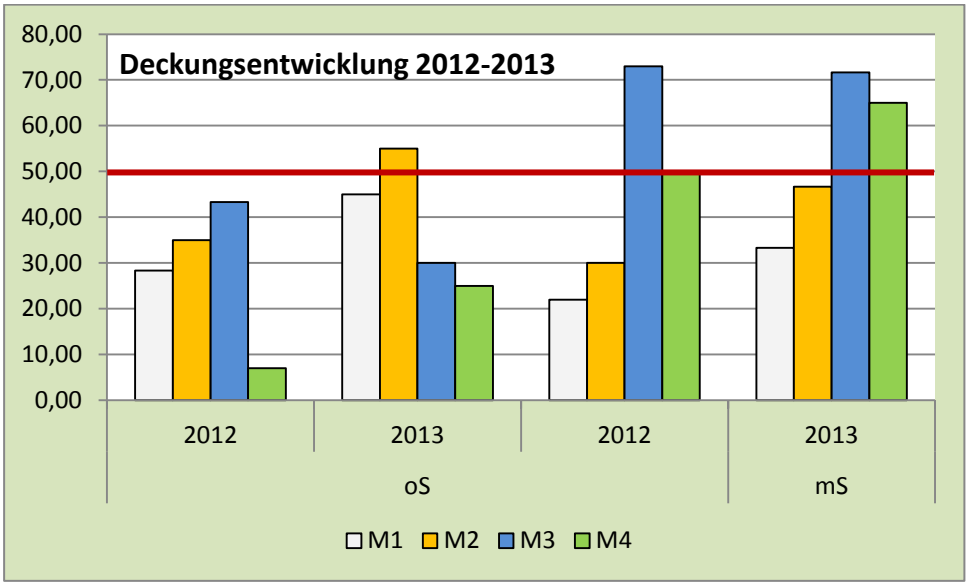


Abbildung 21: Die Mischung M2 ist Spitzenreiter in der Kastenanlage Veitshöchheim mit über 70 % Deckungsanteilen.

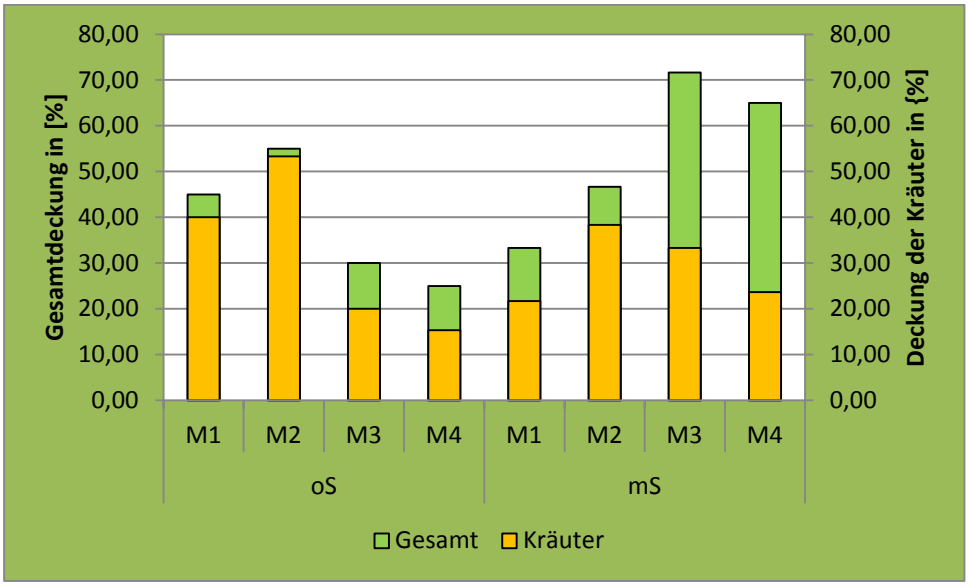


Abbildung 22: Der Erfolg der Mischungen M1 und M2 auf reinem Kalkschotter ist in erster Linie den Wildstauden zu verdanken.

Bild 47: Medicago falcata (M2)ist auf reinem Kalkschotter ausgesprochen wuchsfreudig.

4.3.2 Visueller Eindruck

Im 2. Standjahr lässt sich bei der Verfüllung mit Kalkschotter noch der leicht positive Einfluss des Saatbetts auf den Blühaspekt nachweisen. In der Bewertung schnitten die Mischungen unter Subtrateinwirkung mit einem Hauch Vorsprung etwas besser ab (Abb. 23). Die Kräutermischungen, auch hier waren es die Mischungen 2 und 3, bildeten in beiden Varianten hübsche Blühaspekte (Bilder 49,51, 52), wohingegen die M4(Bild 50) nicht überzeugen konnte. Die Blüte der M1 wurde in erste Linie von Silenen gestaltet, deren Blühaspekt, wie auch an den beiden anderen Standorten, durch ihre Zartheit keine Fernwirkung besaß (Bild 48). Alle Kräutermischungen punkten durch die wesentlich höhere Artenvielfalt und dem damit verbundenen Strukturreichtum.

Bild 48: M1 mit Saatbett, mit Silene nutans, Silene vulgaris und Cichorium intybus kurz vor der Blüte.

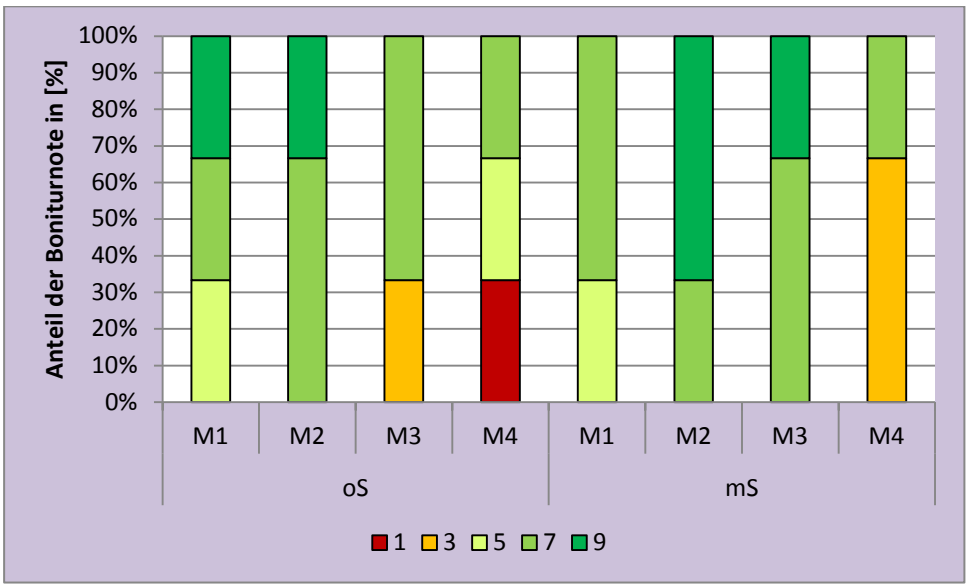


Abbildung 23: Mit Saatbett können sich auch auf Kalkschotter durchaus attraktive Bestände entwickeln (M2, M3).

Bild 49: M2 mit Saatbett, Medicago falcata und Anthyllis vulneraria breiten sich aus.

Bild 50: Bild 50: RSM (M4) auf einer Parzelle mit Substratbett: gräserlastig und nicht vital.

Bild 51: Die M3 mit Echium vulgare im Vordergrund.

Bild 52: Die Trockenheitspezialisten Anchusa officinalis, Medicago falcata und Dianthus carthusianorum schaffen es, auf reinem Kalkschotter hübsche Bestände zu bilden.

4.3.3 Vitalität

Die Vitaliätsbewertung ergibt für die Kräuter aller Mischungen mehrheitlich erheblich bessere Bewertungsnoten, unabhängig vom Saatbett (Abb24). Ein großer Anteil der aufgelaufenen Arten kommt mit dem trockenen, nährstoffarmen Kalkschotter bestens zurecht und wächst ohne Mängel. Dementgegen wuchsen alle Gräser mit Mangelerscheinungen. Viele Gräser waren zum Boniturzeitpunkt vertrocknet. Vermutlich wird sich ein gewisser Anteil über die Wintermonate wieder regnerieren, allerdings kümmern diese Individuen an Grenze ihrer Wachstumsmöglichkeit dahin, ohne nennenswerte Leistungen hinsichtlich Deckung oder Narbenschluss übernehmen zu können.

Wie bei Nesselwang und Aschaffenburg leisten auch in Veitshöchheim die gleichen auflauffreudigen und robusten Wildstauden ihre Dienste in der Besiedlung von Extremstandorten. Innerhalb der drei Versuchsstandorte steht die Versuchsanlage Veitshöchheim für verschärfte Standortbedingungen und fordert von den Pflanzen eine große Hitze- und Trockenheitstoleranz. Vor diesem Hintergrund sind die guten Bewertungsnoten dieser Wildstauden ein wichtiger Hinweis für zukünftig einzusetzende Mischungen, um eine nachhaltige Sicherung und Begrünung von Extremstandorten zu gewährleisten.

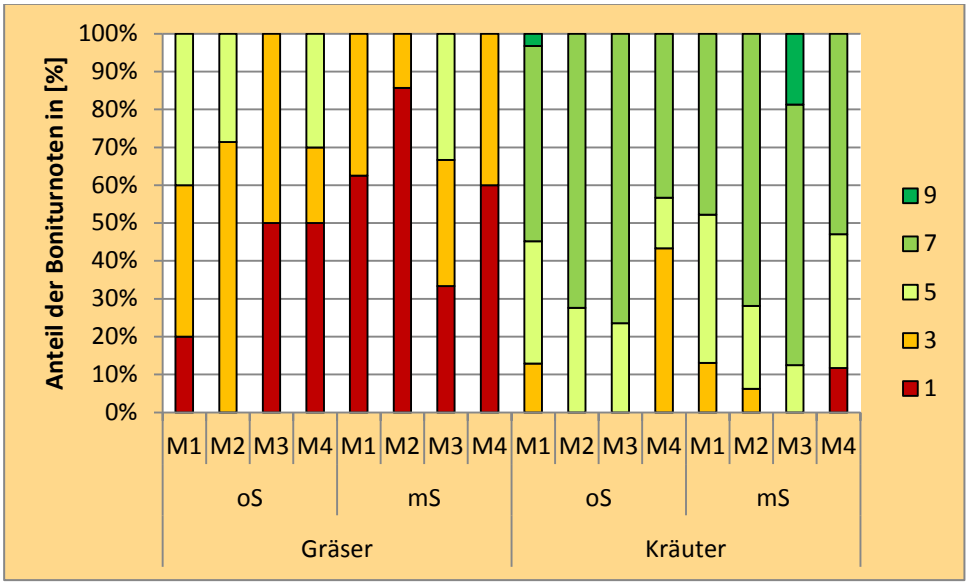


Abbildung 24: Die etablierten Kräuter wachsen in den Schotterkästen unabhängig vom Saatbett weitgehend mängelfrei. Ein großer Teil der Gräser ist zum Boniturzeitpunkt vertrocknet.

4.3.4 Bestandsstruktur

Im2. Standjahr ist der Einfluss des Saatbetts weitgehend aufgebraucht. Für M4 konnte auf Saatbett keine Weiterentwicklung in Richtung Bestandsschluss festgestellt werden, dagegen ohne Saatbett einen erheblichen Fortschritt, weg vom punktuellen Bewuchs hin zum homogenen, offenen Bestand (Abb. 25).

Die Mischung M1 behält ihre langsame Eigendynamik bei. Ohne Saatbett ist keine Weiterentwicklugn erkennbar und mit Saatbett eine geringfügige Verbesserung der Bestandsstruktur feststellbar.

M2 enwickelte sich auf Saatbett nicht weiter, ohne Saabett ist eine leichte Verbesserung erkennbar. M3 verbesserte ich leicht auf beiden Varianten.

Unabhängig von ihrer Entwicklungsdynamik erhielten die Mischungen M3 und M4 auf Parzellen mit Substratauflage die Bewertungsnote 7 (homogener, offener Bestand).

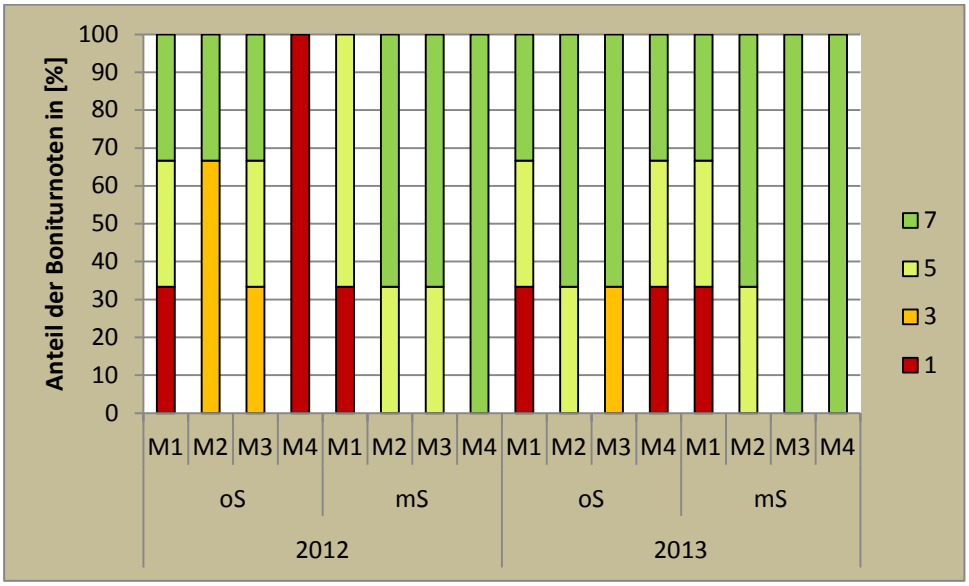


Abbildung 25: Die M4 ist für Schotterflächen, ohne Saatbett als Starthilfe, nicht geeignet.

4.3.5 Dominanz

Die Bewertung der Dominanz für die Kastenanlage ergibt, dass die Bestandsdecke der aufgelaufenen Arten ähnlich dünn ausgeprägt ist, wie an den beiden anderen Standorten. Nur ein kleiner Anteil der Arten kann daraus, mischungsspezifisch und unabhängig von der Substratauflage, mit höheren Individuenzahlen aufwarten.

Bei den Kräutern fehlen zwischen 66 % und 81 % der Arten. Trotz guter Deckungswerte fehlen bei der M3 die meisten Arten. Bei den Mischungen 4 und 1 konnten die meisten Arten registriert werden, wobei das Saatbett wenig Einfluss ausübte (Abb.26).

Spitzenreiter in der Gesamtbewertung der Kräuter, - relativ hohe Etablierungsrate und hoher Anteil mäßig bis vieler Individuen pro Art-, ist die M2.

In der Gräsergruppe fehlten auffällig viele Arten bei den Gräser/Kräutermischungen, wobei unter Saatbetteinfluss die Verluste geringer waren. Mit Saatbett entwickelten sie bei allen Mischungen auffällige bis bestandsbildende Eigenschaften, wobei die RSM hervorzuheben ist, hier gelangten auf Saatbett 30 % der bewerteten Gräser zur flächenhaften Ausbreitung und ist damit Spitzenreiter in der Gräserbewertung. Allerdings erscheint bei dieser Mischung eine sehr hoher Anteil der gekeimten Gräser auf Kalkschotter nur mit vereinzelten Individuen.

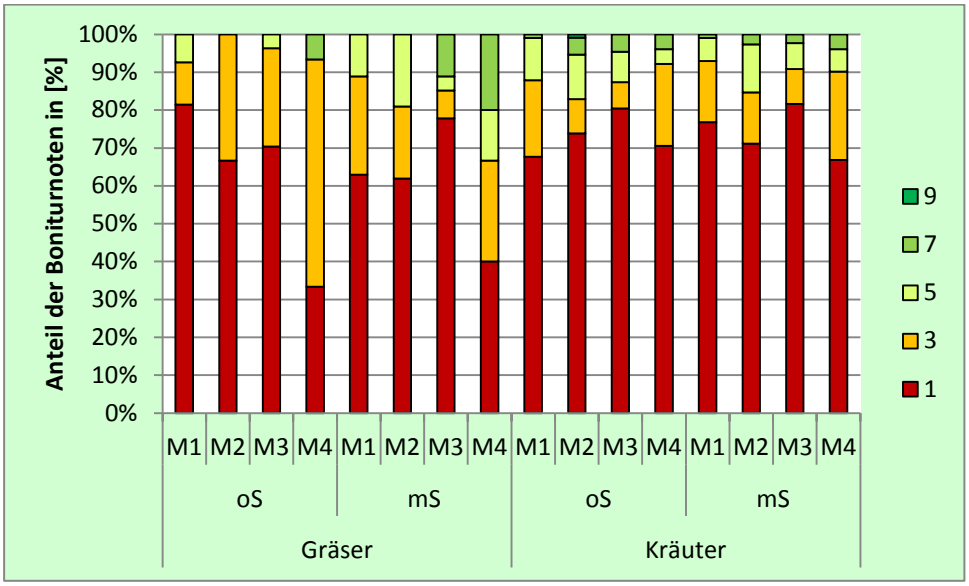


Abbildung 26: Eine Substratauflage ist für die Entwicklung des Rasencharakters der RSM zwingend notwendig.

4.3.6 Verjüngung

Für die Verjüngung ist an diesem Standort die Substratauflage nicht relevant. Das Verjüngungspotential wird in erster Linie vom Inventar der Mischungen geprägt. Allerdings ist hier zu berücksichtigen, dass die pflanzlichen Individuen ein Jahr jünger sind als an den Vergleichsstandorten. Ähnlich wie bei Aschaffenburg, produzierte die

M3 mit den Schnellentwicklern *Echium vulgare* und *Berteroa incana* viele Jungplanzen, allerdings auf Flächen mit reinem Kalkschotter (Bild53). Für die trocken-heißen Rohbodenstandorte scheinen damit die beiden Arten unverzichtbar.

Die übrigen Mischungen produzierten nicht durchgängig auf allen Parzellen Jungpflanzen (Abb.27), wobei hier das Altersstadium der Pfanzen berücksichtigt werden sollte. Die Stauden sind an diesem Standort in ihrer Entwicklung noch etwas zurück, und produzieren noch wenig Samen.

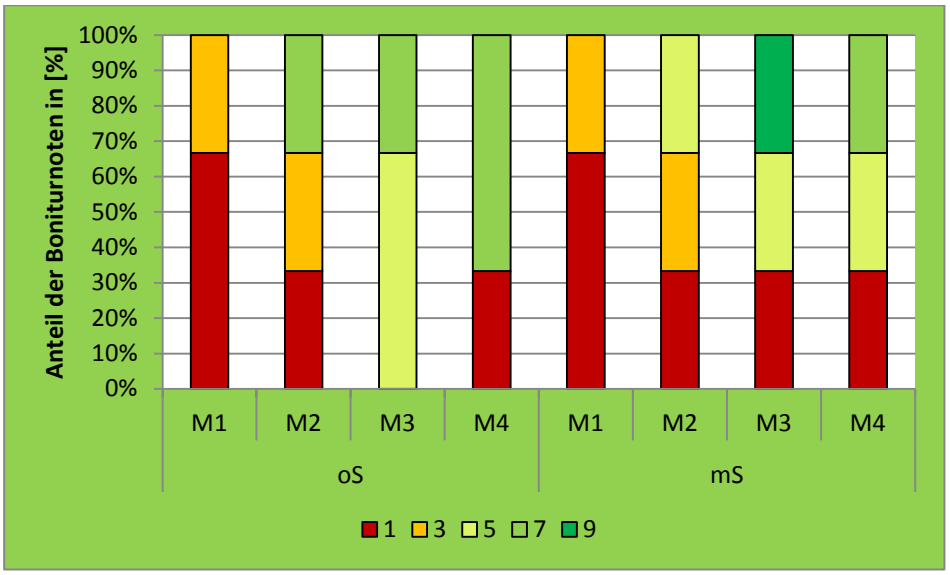


Abbildung 27: Die Mischung M3 besitzt auf extemen Standorten ein hohes Verjüngungspotential.

Bild 53: Bild 53 Viele Jungpflanzen von Echium vulgare sind im Kalkschotter zu finden.

5. Zusammenfassender Überblick über die Mischungen

Die nachfolgenden Grafiken erlauben einen zusammenfassenden Überblick über die Bewertungen der einzelnen Parameter.

Die Graphiken auf der linken Spalte zeigen die Ergebnisse der Mischungen auf Parzellen ohne Substratauflage, die Graphiken auf rechte Spalte zeigen die Ergebnisse der Parzellen mit Substratauflage.

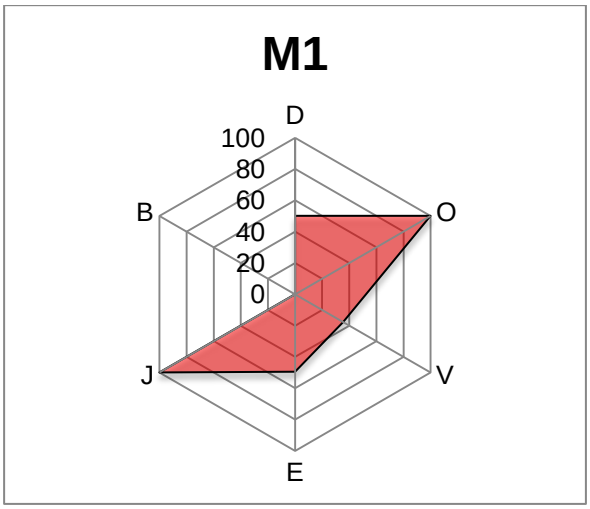
Die Skalierung der Achsen verdeutlicht den errechneten prozentualen Anteil der erzielten positiven Boniturnoten bei den Kriterien O,V,E,J und B (O = visueller Eindruck, V = Vitaltiät, E = Etablierungsrate, J = Verjüngungsrate, B = Bestand-struktur). Bei der Darstellung der Deckung D wurden die geschätzten Deckungswerte verwendet.

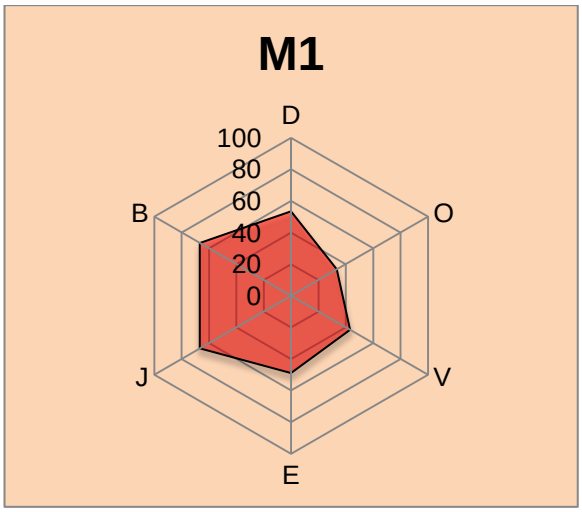
Zur Unterstützung der optischen Interpretation der Grafiken, sind in der folgenden Tabelle die Mittelwerte der prozentual erreichten positiven Bewertungen aller Parameter pro Mischung aufgelistet. Die Spitzenwerte sind rot gekennzeichnet (s. auch Grafiken).

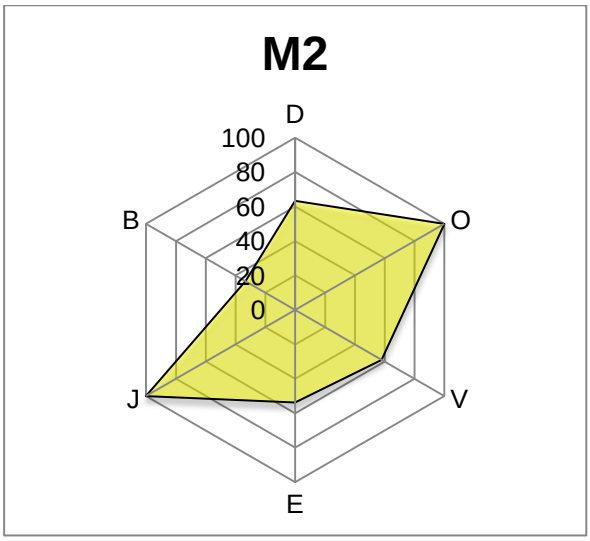
Tabelle 5: Überblick über die Mittelwerte der prozentual erreichten positiven Bewertungen der Mischungen an den jeweiligen Standorte mit und ohne Substratauflage (mS, oS).

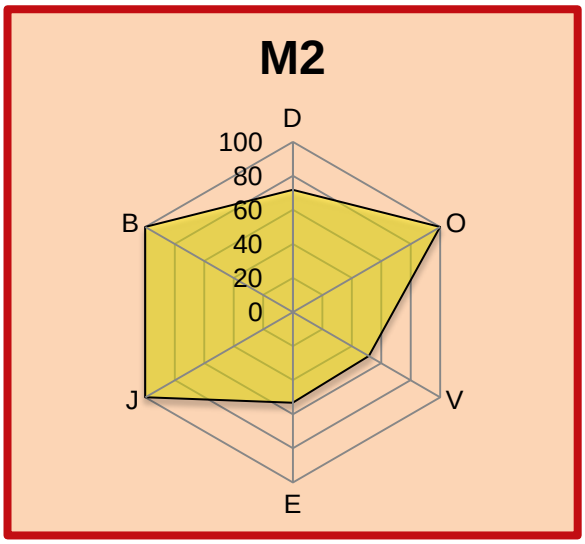
Standort	VHH		Ness		AB	
Mischung	oS	mS	oS	mS	oS	mS
M1	44,55	41,7	55,8	57,8	41,6	68,8
M2	56,5	54,5	68	**79,5**	66,9	**72,4**
M3	56,3	**70,9**	65,2	35,7	60,6	64,8
M4	47,45	59,3	51,2	56,8	47,65	53,5

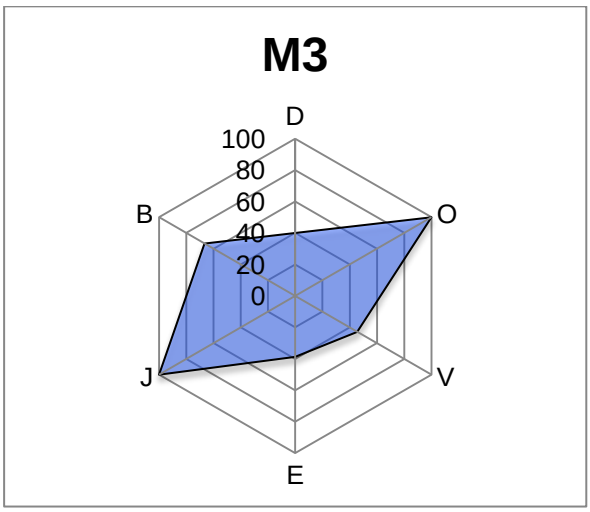
5.1 Nesselwang

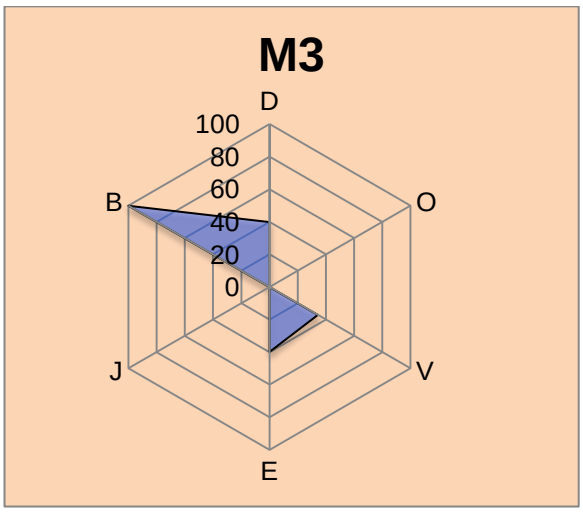


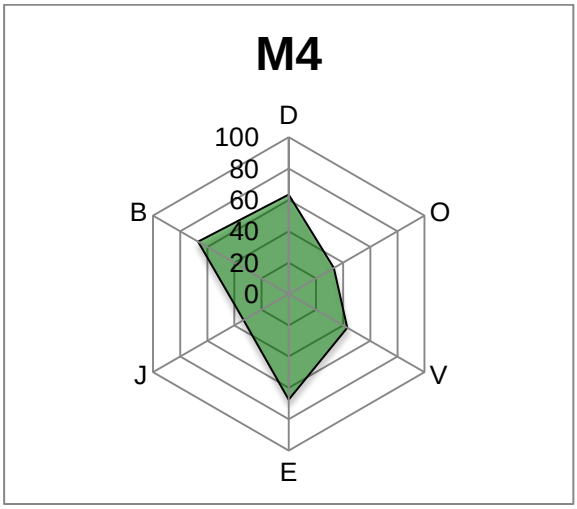












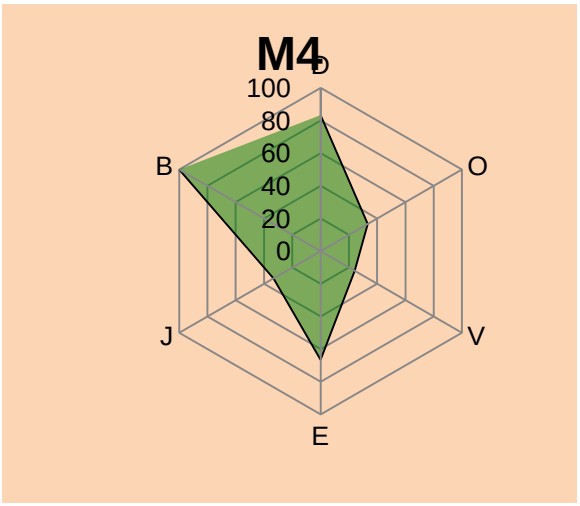
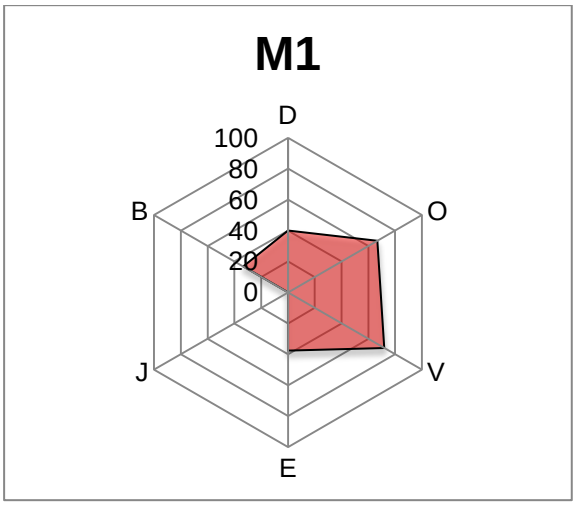
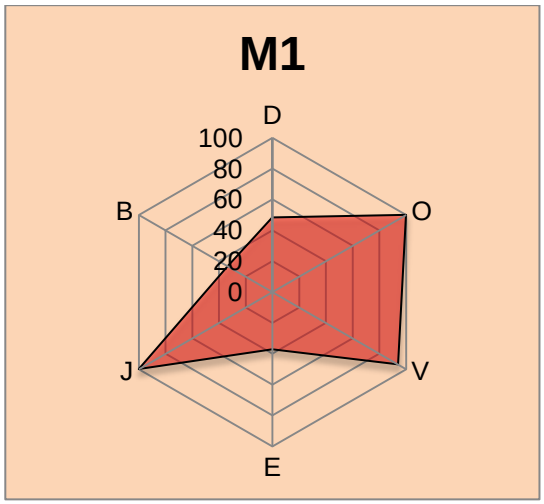


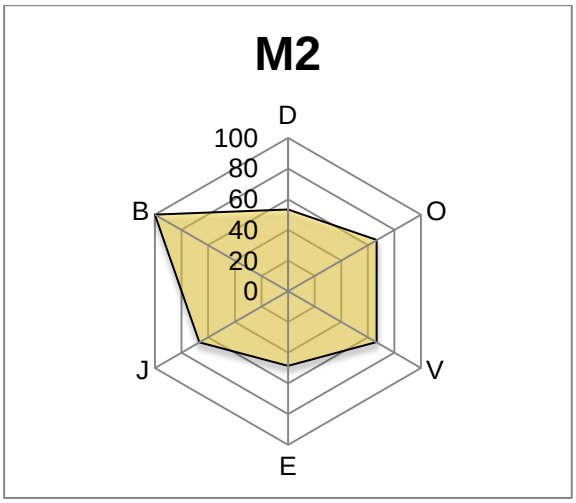
Abbildung 28: Am Standort Nesselwang erzielte die Mischung M2 die besten Bewertungen (rote Umrandung).

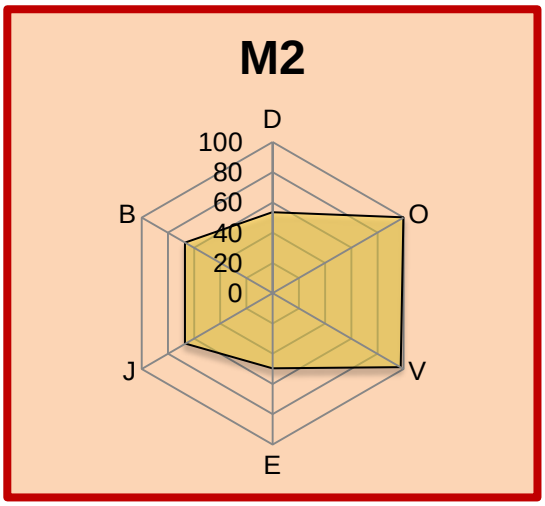
D = Deckung, O = visueller Eindruck, V = Vitaltiät,
E = Etablierungsrate, J = Verjüngungsrate,
B = Bestandstruktur

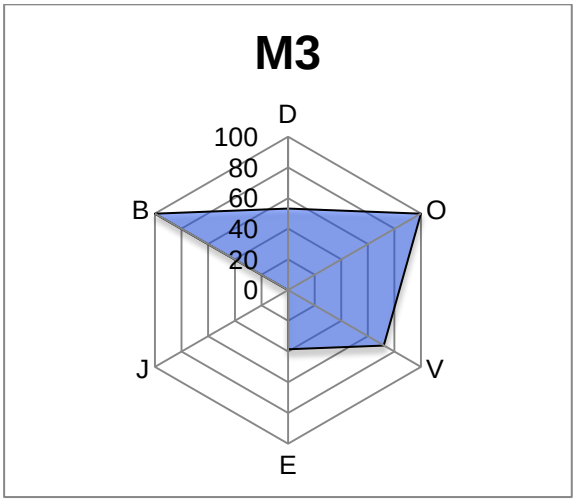
5.2 Aschaffenburg

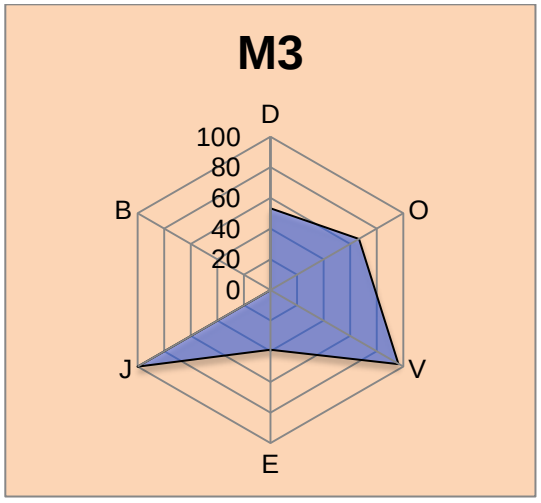


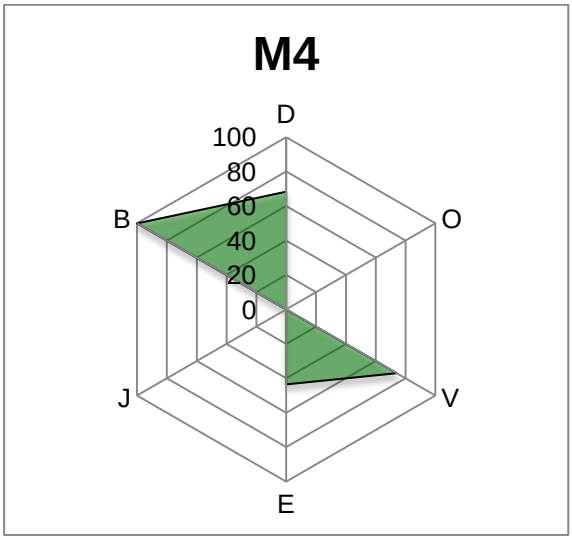












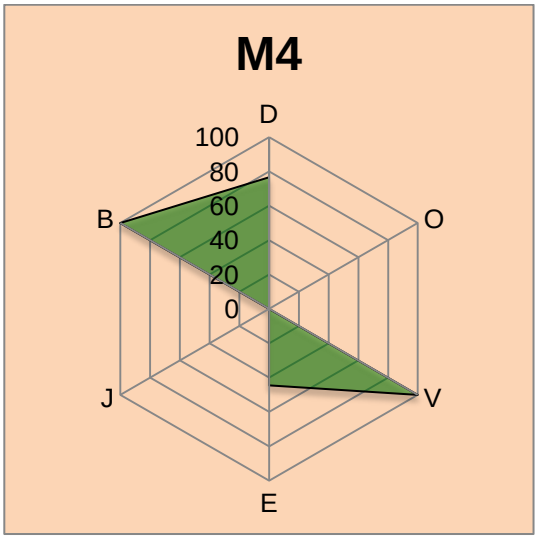
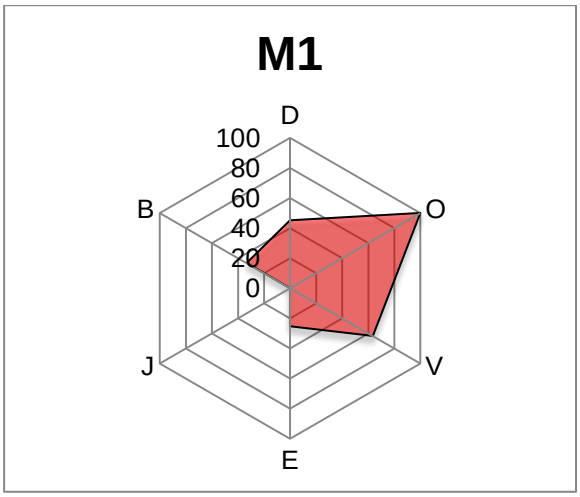
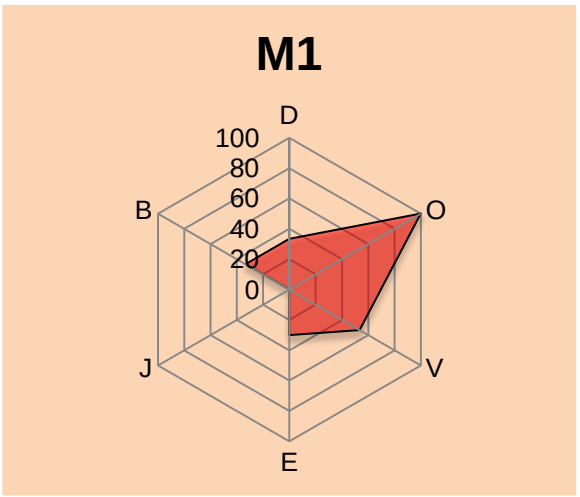


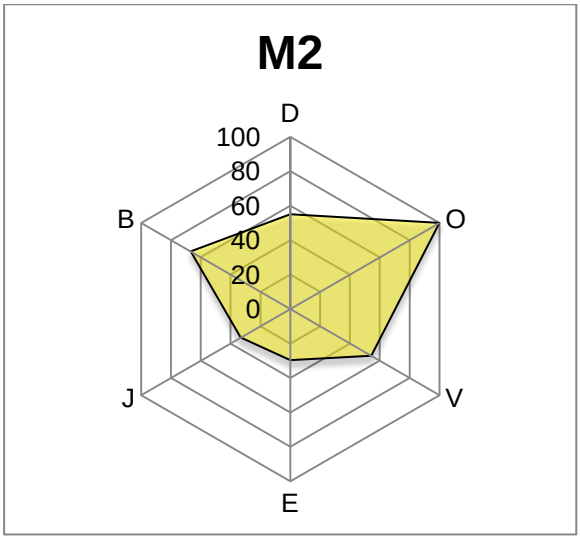
Abbildung 29: Am Standort Aschaffenburg war die Mischung M2 auf Substratbett ebenfalls Testsieger.

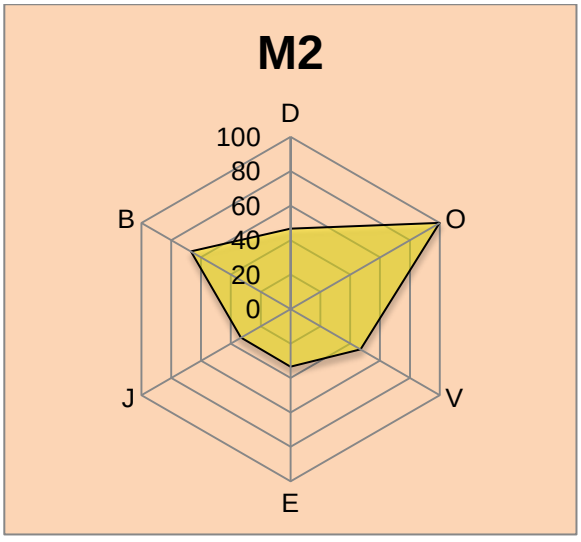
D = Deckung, O = visueller Eindruck, V = Vitaltiät,
E = Etablierungsrate, J = Verjüngungsrate,
B = Bestandstruktur

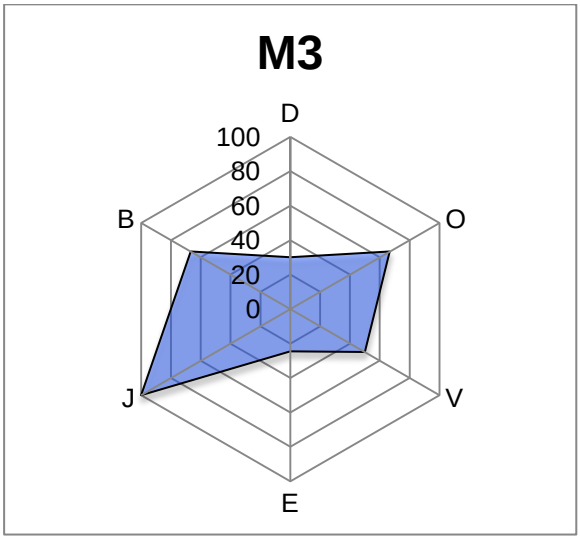
5.3 Veitshöchheim

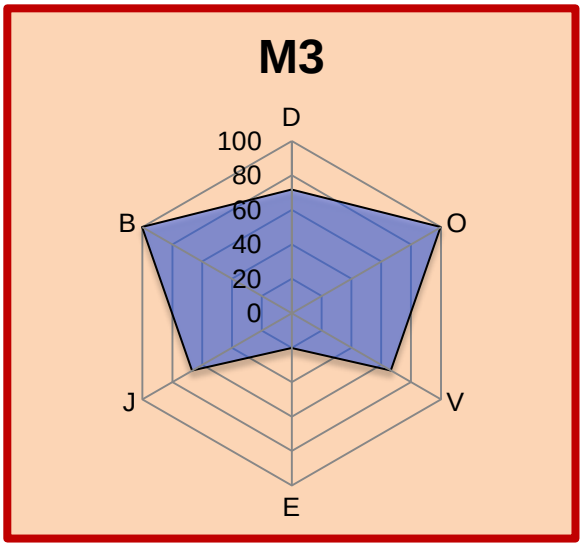


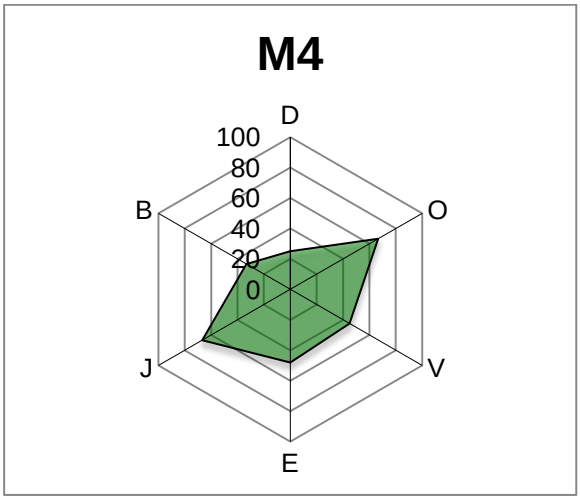












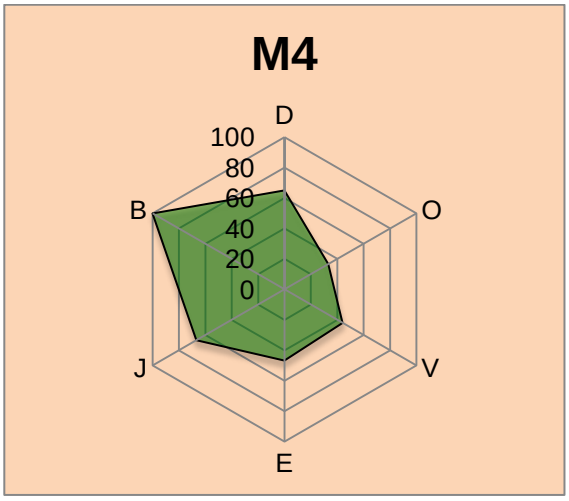


Abbildung 30: Am Extremstandort Veitshöchheim erreicht die Mischung M3 die beste Bewertung.

D = Deckung, O = visueller Eindruck, V = Vitaltiät,
E = Etablierungsrate, J = Verjüngungsrate,
B = Bestandstruktur

Fazit

Die erfolgreichste Mischung an den Autobahnstandorten ist die Mischung M2. Der Extremstandort Veitshöchheim zeigt, dass eine Beimischung der Arten aus der Ruderalmischung M3 bei besonders trockenen Klimaten und grobem Schotter eine Bereicherung ist. Daher empfiehlt es sich, die Mischung M2 in ihrer Anpassung an besonder trocken-heiße Standort zu ergänzen. Da bei der M2 nur knapp 60 % der eingesetzten Arten nachgewiesen werden konnten, ist eine Ergänzung mit den besten Arten aus M3 und den robustesten Arten der M1 zielführend (s. Tab.6).

Tabelle 6: Tabelle der erfolgreichsten Kräuterarten

Standort	Nesselwang		Aschaffenburg		Veitshöchheim	
Bauweise	mS	oS	mS	oS	mS	oS
Achillea millefolium					x	
Anthemis tinctoria	x	x	x	x	x	
Anthyllis vulneraria	x	x	x		x	x
Berteroa incana	x	x	x	x	x	
Centaurea cyanus	x	x	x	x		
Centaurea angustifolia	x	x	x			
Cichorium intybus	x	x	x	x		x
Daucus carota	x	x	x	x		
Dianthus armeria	x	x	x	x		
Dianthus carthusianorum	x	x	x	x	x	x
Dianthus deltoides	x	x	x			
Echium vulgare			x	x	x	x
Erodium cicutarium	x	x	x	x		
Leontodon autumnalis	x	x				
Leontodon hispidus	x	x				
Lotus corniculaus	x	x	x	x	x	x
Medicago falfalcata	x	x	x	x	x	x
Medicago lupulina	x	x			x	x
Onobrychis vciifolia	x	x	x		x	x
Papaver rhoeas	x	x	x	x		
Pastinaca sativa			x		x	x
Petrorhagia prolifera	x	x	x	x		
Petrorhagia saxifraga	x	x	x	x	x	
Plantago lanceolata	x	x	x	x		x
Plantago media	x	x	x	x		x
Potentilla recta			x	x		
Sanguisorba minor	x	x			x	x
Sedum acre	x		x		x	
Silene latifolia ssp.alba	x		x	x		
Silene nutans	x	x	x	x	x	
Silene vulgaris	x	x	x	x	x	
Stachys recta	x	x				x
Cenataurea cyanus	x	x	x	x		
Camelina sativa	x	x				

Mittelstreifenmischung

Die folgende Mischung basiert auf den gewonnen Erfahrungen der drei Untersuchungsstandorte:

Tabelle 7: Die neue Mittelstreifenmischung mit breiter Standortamplitude.

Mittelstreifenmischung	
Gräser	**%**
Festuca nigrescens	10,00
Festuca ovina ssp. tenuifolia	5,00
Festuca ovina ssp. vulgaris	5,00
Festuca rubra ssp. rubra	15,00
Festuca rubra ssp. trichophylla	10,00
Poa pratensis	15,00
Poa pratensis ssp. angustifolia	10,00
	70,00
Kräuter	
Achillea millefolium	0,90
Anthemis tinctoria	0,80
Anthyllis vulneraria	1,50
Berteroa incana	1,00
Camelina sativa	1,00
Centaurea cyanus	1,50
Cichorium intybus	1,50
Clinopodium vulgare	0,50
Dianthus armeria	1,00
Dianthus carthusianorum	0,90
Dianthus deltoides	1,00
Echium vulgare	2,00
Leontodon hispidus	0,60
Leontodon autumnalis	0,60
Lotus corniculatus	1,00
Medicago falcata	3,00
*Medicago lupulina L.**	0,50
Onobrychis arenaria	2,00
Papaver rhoeas	1,20
Petrorhagia prolifera	0,50
Petrorhagia saxifraga	0,70
Plantago lanceolata	0,80
Sedum acre	0,10
Sedum reflexum	0,10
Silene alba	1,10
Silene nutans	1,00
Silene vugaris	1,20
Stachys recta	1,50
Thymus pulegioides	0,50
	30,00

6. Zusammenfassung der Ergebnisse

Die besten Ergebnisse wurden, wie zu erwarten, am niederschlagsreichen Standort Nesselwang registriert, während die Pflanzen bei Aschaffenburg und Veitshöchheim in den ersten beiden Jahren durchweg Probleme hatten, eine ausreichende Deckung zu erzielen. Die M2 erreichte bei Nesselwang in der Kombination mit Saatbett im 2. Jahr Deckungswerte über 60 % und lag im 3. Standjahr bei über 70 %. An den Standorten Aschaffenburg und Veitshöchheim erreichte M2 erst im 3. Standjahr Deckungswerte über 50 %.

Bei der Versuchsanlage Veitshöchheim kam es, bedingt durch extreme Trockenheit und der äußerst geringen Feuchthaltekapazität des Kalkschotters, zu einem Totalausfall im ersten Standjahr. Allerdings holte der Kräuteranteil bei allen Mischungen, unter Einfluss der Winterfeuchte, im 2. Jahr weitgehend auf. Für die Praxis bedeutet dies, dass der Mittelstreifen mit kräuterreichen Mischungen unabhängig von der Jahreszeit eingesät werden kann. Die Keimung der Pflanzen erfolgt erst, wenn sich ausreichend Feuchte im Substrat angereichert hat.

Die positive Wirkung des Saatbetts konnte für das Kriterium Deckung bei Nesselwang für alle Mischungen außer M3 nachgewiesen werden. Der positive Einfluss ist bei Aschaffenburg bei allen Mischungen zu erkennen. In Veitshöchheim reagierten nur M3 und M4 positiv auf die Substratauflage.

Für die gräserorientierte RSM (M4) ist die Substratauflage sowohl in der Startphase als auch in der weiteren Entwicklung förderlich. Die Reaktion der Gräser/Kräutermischungen auf das Saatbett ist wesentlich komplexer und hängt mit den unterschiedlichen Wuchsstrategien und differenzierten Standortansprüchen der verwendeten Kräuterarten zusammen.

Auch bei der Bewertung des optischen Eindruckes erzielten die Gräser/Kräutermischungen an allen Standorten mit Saatbett die besseren Noten. Eine Ausnahme ist hier die M2 bei Nesselwang, hier erzielte sie beste Werte auf reinem Kies. Für die RSM ist in dieser Hinsicht das Saatbett ohne Belang.

In der Vitalitätsbewertung erzielen die Mischung auf Saatbett deutlich bessere Boniturnoten bei Aschaffenburg, während für Nesselwang die besseren

Vitalitätswerte ohne Substratauflage erreicht wurden. Für Veitshöchheim sind keine signifikanten Unterschiede zu erkennen.

Die Ausbildung einer homogenen Bestandstruktur wird durch die Ausbringung einer Substratauflage an den Standorten Veitshöchheim und Nesselwang gefördert, mit Ausnahme der M1 in Veitshöchheim. Aschaffenburg lässt sich in diese Tendenz nicht einordnen. Die Mischungen 2 und 3 bildeten hier homogene Bestände bevorzugt auf Flächen ohne Saatbett.

Dichte, geschlossene Bestände wurden an keinem Standort vorgefunden. Die Gräser konnten ihre Leitfunktion, im vorgenannten Sinne nicht nachkommen. Dafür waren deren Vitalitätswerte zu schlecht. Für die Kräuter kristallisierten sich bereits im 2.Standjahr *mit Echium vulgare, Anthemis tinctoria , Berteroa incana, Medicago falcata* und der Gruppe der *Silenen* die ersten Leitarten heraus, die für den Extremstandort Mittelstreifen geeignet sind (Tab 6).

Von den 91 Arten, die in 3 unterschiedlichen Kombinationen angesät wurden, konnten sich je nach Mischung und Bauweise, auf dem schwierigen Terrain nur 20 - 40 % der Kräuter und 60 -80 % der Gräser etablieren.

Aus den bisherigen Beobachtungen lassen sich nach drei Jahren Standzeit abschließend die Mischungen nach folgenden Charaktereigenschaften klassifizieren:

Mischung 1:
Langsame Entwicklung, sehr lückige Bestände, viele Arten fehlen.

Mischung 2:
Schnelle Entwicklung, vorherrschend mit robusten Stauden, üppige Blütenfülle, erfolgreichste Mischung.

Mischung 3:
Schnelle Entwicklung, Bestand hauptsächlich aus zweijährigen Arten aufgebaut, hohe Reproduktionrate der zweijährigen Arten.

Mischung 4:
Schnelle Entwicklung, Grasreinbestand, Entwicklungspotential ist zweifelhaft, kaum Verjüngungspotenial.

7. Empfehlung für die Praxis

- Der Einbau eines Saatbetts ist auf dem grob strukturierten Rohboden vorteilhaft. (empfohlenes Substrat: VulkaTec Rasenstragschicht 0/4)
- Ausbringung per Anspritzbegrünung mit cellulosehaltigem Trägermaterial, Bodenhilfstoffe sind der Anspritzmasse beizufügen.
- Rezeptur für .25 m²:
    - 125 g Saatgut
    - 25 l Wasser
    - 2500 g Tilco Bodenhilfstoff zur Verhinderung der Wind- und Wassererosion
    - 1875 g organischer Langzeit - Volldünger
    - 625 g Cellugrün, -Cellulosehaltiges Fasergranulat; Trägermittel zur Festigung und Abdeckung der Samen zusätzlicher Schutz gegen Ausschwemmung.
    - nach 20 minütiger Quellzeit gebrauchsfertig
- Zur Einsaat wird eine überarbeitete Version der Mischung M2, in der Saatstärke 5 g/m² empfohlen, s.Tab. 7.
- Die Mischung kann unabhängig von der Jahreszeit, ganzjährig eingesät werden**.**

8. Kurzfassung

8.1 Versuchsanlass

Bei der Neuausstattung von hochbelasteten Autobahnen sind nach RAA (FGSV, 2008) im Mittelstreifen „starre“ Systeme, d.h. Fahrzeugrückhaltesysteme mit geringen Querverschiebungen beim Anprall eines Fahrzeuges, zu bevorzugen. Dies hat dazu geführt, dass verstärkt geprüfte Betonschutzwand-Systeme nach DIN EN 1317 zum Einsatz kommen, die je nach Anforderung als einreihige oder zweireihige Schutzeinrichtung ausgeführt werden. Bei zweireihiger Ausführung ergeben sich zwischen den beiden Wänden im Mittelstreifen Abstandflächen, die auch vegetationstechnisch genutzt werden können. Bei Auffüllung der zwischen 0,8 und 1,15 m hohen Betonschutzwände entstehen Vegetationsflächen, die dann als lineare Hochbeete Begrünungsoptionen im Mittelstreifen bieten. Die Begrünung dieser Hochbeete gestaltet sich jedoch in der Praxis äußerst schwierig. Neben sicherheitsbedingten Auflagen betreffend Wuchsstärke, Wuchshöhe und Pflegeintensität des zu verwendenden Pflanzmaterials, schränken nutzungsbedingte Einwirkungen durch z.B. Fahrtwind und Salzgischt die Artenauswahl am Extremstandort zusätzlich ein.

Eine vegetationstechnische Gestaltung, z.B. als verfülltes Hochbeet bei zweireihiger Ausführungsvariante mit geschlossenen Schutzwänden, wird zwar in den technischen Regelwerken thematisiert, aber hinsichtlich zu verwendender Substrate, Verfüllhöhen und insbesondere der angedachten Begrünungsmaßnahmen nicht konkretisiert. An dieser Stelle soll mit dem geplanten Praxisversuch Lückenschluss betrieben werden. Ausgehend vom Istzustand des Verkehrsbauwerks soll beispielhaft an drei regional unterschiedlichen Referenzstandorten in Bayern ein Begrünungsprojekt für Mittelstreifen in Form von Ansaaten auf Hochbeeten durchgeführt werden.

In Erweiterung der praxisüblichen Begrünungsmischungen durch gräserbetonte Landschaftsrasen, sollten dauerhafte Begrünungen mit kräuterbetonten Mischungsvarianten erprobt werden.

Die Kriterien der Auswahl der Pflanzen und Charaktere der zu konzipierenden Mischungen waren wie folgt definiert.

- optisch ansprechend: Mischung M1, M2,
- hoher Deckungsgrad: Mischung M1,M2
- salzverträglich >> Einfluss von Streugischt: Mischung M3
- Berücksichtigung von regionalen klimatischen Standortfaktoren:Mischung M1,M2, M3
- unter Rahmenbedingungen des Betriebs zu unterhalten, d.h. nach Einwachsen im Regelfall ein Pflegegang, keine Bewässerung: Mischung M2, M3

Dementsprechend wurden drei Mischungen (M1, M2, M3) entwickelt, die den anspruchsvollen Vorgaben folgen sollen.

8.2 Referenzstandortauswahl

Der Versuchsstandort Nesselwang liegt im niederschlagsreichen Voralpengebiet auf ca. 824 m NN und erhält im Jahresmittel doppelt so viele Niederschläge als Aschaffenburg und Veitshöchheim. Das Hochbeet des Mittelstreifens ist mit Kies aus den eiszeitlichen Gletscherablagerungen in einer Schichtdicke von ca. 90 cm verfüllt.

Mit einem durchschnittlichen Jahresniederschlag von 713 mm und einer mittleren Jahresdurchschnittstemperatur von 8,5 °C, steht der Standort Aschaffenburg für die niederschlagsarmen und wärmbegünstigten Gebiete. Das Hochbeet ist mit Siebschutt und Buntsandsteinverwitterungsboden verfüllt.

Parallel zu den 2 Praxisstandorten wurde an der LWG zur vergleichenden Untersuchung (auch als „Rückstellprobe“) Referenzparzellen in gleicher Anzahl angelegt. Die Versuchsbehälter wurden mit Kalkschotter 0/32 mm verfüllt, um den Hochbeetcharakter nachzuempfinden. Durch die geringe Verfüllhöhe der Schotterkästen und den geringsten Niederschlägen innerhalb der Versuchsstandorte, steht die Versuchsanlage für extreme Standortbedingungen.

8.3 Ergebnis

Von den 91 Arten, die in 3 unterschiedlichen Kombinationen angesät wurden, konnten sich je nach Mischung und Bauweise, auf dem schwierigen Terrain nur 20 - 40 % der Kräuter und 60 -80 % der Gräser etablieren.

Insgesamt erwies sich der Einbau eines Saatbetts sowohl für die Deckungsentwicklung, wie auch für die optische Erscheinung an beiden Standorten und damit für niederschlagsarme und –reiche Standorte, als vorteilhaft. Die besten Ergebnisse wurden, wie zu erwarten, beim niederschlagsreichen Nesselwang registriert, während die Pflanzen bei Aschaffenburg und Veitshöchheim in den ersten beiden Jahren durchweg Probleme hatten, eine ausreichende Deckung zu erzielen. Die Mischung 2 erreichte bei Nesselwang in der Kombination mit Saatbett im 2. Jahr Deckungswerte über 60 % und lag im 3. Standjahr bei über 70 %. An den Standorten Aschaffenburg und Veitshöchheim erreichte M2 erst im 3. Standjahr Deckungswerte über 50 %.

Bei der Versuchsanlage Veitshöchheim kam es, bedingt durch extreme Trockenheit und der äußerst geringen Feuchthaltekapazität des Kalkschotters, zu einem Totalausfall im ersten Standjahr. Allerdings holte der Kräuteranteil bei allen Mischungen, unter Einfluss der Winterfeuchte, im 2. Jahr weitgehend auf. Für die Praxis bedeutet dies, dass der Mittelstreifen mit kräuterreichen Mischungen unabhängig von der Jahreszeit eingesät werden kann. Die Keimung der Pflanzen erfolgt erst, wenn sich ausreichend Feuchte im Substrat angereichert hat.

Die erfolgsreichste Mischung an allen Standorten ist die Mischung 2. Sie bezaubert durch hübsche Blühaspekte und überzeugt durch gute Deckungswerte, die sie mit max. 60 % des eingesetzten Arteninventars erreicht. Zur Optimierung der Deckungsentwicklung und weiteren Bereicherung wird die Mischung 2 mit den erfolgreichsten Arten aus Mischung 1 und 3 ergänzt. In ihrer überarbeiteten Fassung sollte die Mischung 2 für den Einsatz am Mittelstreifen gerüstet sein.

9. Literatur

BAUBERATUNG ZEMENT (Hrsg.), 2004: Betonschutzwände; in: Zement-Merkblatt Straßenbau S 22 9.2004

DIN Taschenbuch 81: Landschaftsbauarbeiten VOB/STLB-Bau , Beuth Verlag GmbH 2011.

FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- U. VERKEHRSWESEN e. V. (FGSV) (Hrsg.), 2009: Richtlinien für passiven Schutz an Straßen durch Fahrzeug-Rückhaltesysteme (RPS)

FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- U. VERKEHRSWESEN e. V. (FGSV) (Hrsg.), 2008: Richtlinien für die Anlage von Autobahnen (RAA)

GÜTEGEMEINSCHAFT BETONSCHUTZWAND U. GLEITFORMENBAU e.V. (Hrsg.), 2009: Betonschutzwände nach DIN EN 1317; Stand 09/2010

INITIATIVE BETONSCHUTZWAND (Hrsg.), 2008: Betonschutzwände im Mittelstreifen – was ist wichtig?; in: Infobrief 1/2008, S. 2-4

INITIATIVE BETONSCHUTZWAND (Hrsg.), 2009: RPS 2009 – und nun?; in: Infobrief 1/2009, S. 1-2

INITIATIVE BETONSCHUTZWAND (Hrsg.), 2009: Baugrund und Fundamentierung für Betonschutzwände; in: Infobrief 1/2009, S. 4-7

Kutschera, L., Lichtenegger, E. (1982): Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen Bd.1. Gustav Fischer Verlag

Kutschera, L., Lichtenegger, E. (1992): Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen Bd.2. Gustav Fischer Verlag

Regel-Saatgut-Mischungen Rasen 2010: Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau (FLL) 2010.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kräuterreiche Mischung mit höherwüchsigen Arten 11

Tabelle 2: Kräuterreiche Mischung mit dem Focus auf niedrigem Wuchs 12

Tabelle 3: Käuterreiche Mischung aus Ruderalarten mit hoher Salzverträglichkeit. 13

Tabelle 4: Regelsaatgutmischung (RSM) mit nur 3.1 % Kräuteranteil 14

Tabelle 5: Überblick über die Mittelwerte der prozentual erreichten positiven Bewertungen der Mischungen an den jeweiligen Standorte mit und ohne Substratauflage (mS, oS). 69

Tabelle 6: Tabelle der erfolgreichsten Kräuterarten 76

Tabelle 7: Die neue Mittelstreifenmischung mit breiter Standortamplitude. 77

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Summe der Jahresniederschläge an den Versuchsstandorten während des Untersuchungszeitraums 2011-2013. Agrarmeteorolische Daten, Stationen Kempten, Großostheim und Veitshöchheim: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. 7

Abbildung 2: Bonitur der Beikräuter zur Ermittlung der Diapsporenbelastung der verwendeteten Substrate: Boniturschlüssel: 1 = kein Beikraut, 3 = vereinzelt, 5 = mäßig, 7 = viel, 9 = unterdrückend. 17

Abbildung 3: Ergebnis der mittleren Anzahl der Keimlinge von Gräsern (Gr), Sanguisorba minor (San) und Silene vulgaris (Sil) pro Anzuchtkiste. 17

Abbildung 4: Witterungsverlauf bei Nesselwang während des Versuchszeitraums. Mit Ausnahme des 3. Standjahres 2013, waren die Saatflächen während der heißen Sommermonate gut mit Niederschlägen versorgt. 27

Abbildung 5: Mit Substratauflage verläuft die Besiedlung der Parzelle, mit Ausnahme von M3, am besten. 30

Abbildung 6: Anteil der Kräuter an der Gesamtdeckung in Abhängigkeit von Mischung und Saatbett. Auffälig ist der hohe Kräuteranteil bei M2 mit Substratauflage. 30

Abbildung 7: Bewertung des optischen Eindrucks der eingesetzten Mischungen 2013. 33

Abbildung 8: Nach wir vor erreichen die Kräuter bessere Vitalitätswerte. Eine mögliche Einflussnahme der Sutbstratauflage ist nicht ersichtlich. 37

Abbildung 9: Fast alle Mischungen bildeten auf Saatbett homogene Bestände. 38

Abbildung 10: Nur ein geringer Anteil der gesäten Arten prägt die Bestände. 42

Abbildung 11: Die M2 besitzt ohne Substratauflage das höchste Verjüngungspotential 43

Abbildung 12: Während des gesamten Versuchszeitraums mussten die Pflanzen in der Vegetationszeit mit hohen Temperaturen und geringen Niederschlägen kämpfen. 44

Abbildung 13: Die M4 (RSM) bleibt während dies Versuchszeitraums vorwüchsig. Allerdings erzielen die Mischungen M1-M3 gute Zuwächse. 47

Abbildung 14: Im Gegensatz zur Gesamtdeckung ist der Anteil der Kräuter unter Einfluss der Substratauflage bei M1 – M3 signifikant. Für M4 spielen sie keine Rolle. 47

Abbildung 15. Die Mischungen 1, 2 und 3 entwickeln mit Saatbett einen attraktiven Blühaspekt. 49

Abbildung 16: Große Gegensätze bei den Stauden: Ohne Saatbett ein relativ hoher Anteil von schlechten und sehr guten Boniturnoten. Vom Saatbett scheinen die Gräser zu profitieren. 53

Abbildung 17: Mit Saatbett bildeten die Mischungen 1 - 3 nur teilweise homogene Bestände. 55

Abbildung 18: Nur wenige Kräuterarten sind prägend an der Bestandsbildung beteiligt. Bei den Gräsern ist dieser Anteil wesentlich höher. 56

Abbildung 19: Die M1 besitzt auf Saatbett das höchste Verjüngungspotential 57

Abbildung 20: Der Witterungsverlauf verdeutlicht die hohe Belastung der Pflanzen durch geringe Niederschläge und hohe Temperaturwerte während der Sommermonate. 58

Abbildung 21: Die Mischung M2 ist Spitzenreiter in der Kastenanlage Veitshöchheim mit über 70 % Deckungsanteilen. 60

Abbildung 22: Der Erfolg der Mischungen M1 und M2 auf reinem Kalkschotter ist in erster Linie den Wildstauden zu verdanken. 60

Abbildung 23: Mit Saatbett können sich auch auf Kalkschotter durchaus attraktive Bestände entwickeln (M2, M3). 62

Abbildung 24: Die etablierten Kräuter wachsen in den Schotterkästen unabhängig vom Saatbett weitgehend mängelfrei. Ein großer Teil der Gräser ist zum Boniturzeitpunkt vertrocknet. 65

Abbildung 25: Die M4 ist für Schotterflächen, ohne Saatbett als Starthilfe, nicht geeignet. 66

Abbildung 26: Eine Substratauflage ist für die Entwicklung des Rasencharakters der RSM zwingend notwendig. 67

Abbildung 27: Die Mischung M3 besitzt auf extemen Standorten ein hohes Verjüngungspotential. 68

Abbildung 28: Am Standort Nesselwang erzielte die Mischung M2 die besten Bewertungen (rote Umrandung). 71

Abbildung 29: Am Standort Aschaffenburg war die Mischung M2 auf Substratbett ebenfalls Test-sieger. 73

Abbildung 30: Am Extremstandort Veitshöchheim erreicht die Mischung M3 die beste Bewertung. 75

Bilderverzeichnis

Bild 1: Siebschuttfüllung des Mittelstreifens bei Aschaffenburg Der Standort Aschaffenburg wurde am 16. und 17. Mai 2011 eingesät. 8

Bild 2: Ansicht der Versuchsfläche im Landschaftsgarten der LWG in Veitshöchheim im November 2012 9

Bild 3: VulkaTec Rasenstragschicht 0/4 mm: Bestes Ergebnis im Vorversuch mit Saatgutkisten zur Ermittlung eines geeigneten Saatbettsubstrates: Kaum Beikrautdruck und gleichmäßiges Keimverhalten der eingesetzten Pflanzen. 18

Bild 4: Versuchsanlage Aschaffenburg: Im Vordergrund liegt die Versuchsparzelle mit Saatbett vor der Anspritzbegrünung 20

Bild 5: Die Anspritzbrühe wird mit einem Rührgerät zur Vermeidung von Klumpen bzw. für eine homogene Saatgutverteilung verrührt. 22

Bild 6: Anspritzbegrünung. Durch mobile Trennwände wurde die Saatguttrift auf benachbarte Versuchsparzellen vermieden. 23

Bild 7: Links Parzelle vor der Anspritzung, rechte Nachbarparzelle bereits angesät. 23

Bild 8: Der Standort Nesselwang im August 2011 mit Saatbett, mit Ausbildung eines Gradienten. 28

Bild 9: Die gleiche Ansicht im Juli 2013 zeigt die Zunahme der Deckung der M1 mit weitgehend homogenem Bestandsaufbau. 28

Bild 10: Sehr viel deutlicher ist eine Gradientausbildung 2011 im Kies zu erkennen. 28

Bild 11: Ansicht 2013: Auch auf dem Kiesbett ist die Vegetationsfläche weitgehend homogen aufgebaut. 28

Bild 12: Versuchsparzelle mit RSM 7.2.2 auf Substratbett. Auffällig ist der hohe Deckungsanteil durch die Leguminosen, *Medicago lupulina, Anthyllis vulneraria* und *Onobrychis viciifolia*. 31

Bild 13: Die positiven Eigenschaften der Substratauflage zeigen sich auch bei der Mischung M2. 32

Bild 14: Parzelle auf Kies. Die guten Deckungswerte der M2 werden 2013 vor allem durch Medicago falcata erzielt, der auf dem mageren, trockenen Standort überreich blüht. 32

Bild 15: Haupsächlich Silenen prägen das Bild der M1 aufKies. 34

Bild 16: Ansicht der M4 im Jahr 2013. ohne Saatbett, haupsächlich geprägt von Medicago lupulina. 34

Bild 17: mit Saatbett. 34

Bild 18: Die M2 erzielte in der optischen Bewertung auf Kies eine sehr gute Note. 35

Bild 19: auf Substratbett wird der Wundklee sehr dominant 35

Bild 20: Blühaspekt der M3 mit guter Bewertung auf Kies 35

Bild 21: und mangelhaft auf Substratauflage. 35

Bild 22: Trockenschäden bei M4 im Jahr 2013 auf reinem Kiesbett 37

Bild 23: und mit Saatbett. 37

Bild 24: Dianthus carthusianorum und Medicago falcata, die Leitarten der M2, zeigen auf Kies keine Mängel. 37

Bild 25: und mit Substratauflage sind sie ausgesprochen frohwüchsig. 37

Bild 26 bis 29: von links oben nach rechts unten: Die Mischungen M1-M4 auf Kies, M1 39

Bild 27: M2 39

Bild 28: M3 39

Bild 29: M4 39
Bild 30 bis 33 von links oben nach rechts unten: Die Mischungen M1- M4 auf Sutbstratauflage: M1. 40
Bild 31: M2 40
Bild 32: M3 40
Bild 33: M4 40
Bild 34: Ansicht der Versuchsanlage mit Substratauflage am Standort Aschaffenburg im September 2011 45
Bild 35: und im Juni 2013. 45
Bild 36: Die Graukresse blüht hübsch und ist auf trockenen Standorten ausgesprochen vital. 46
Bild 37: Bild 37 M4 (RSM 7.2.2) gute Deckung durch Gräser, doch optisch nicht überzeugend. 48
Bild 38: Die M1 konnte ihren weißen Blühaspekt zumindest auf einer Parzelle ohne Substratauflage zum Ausdruck bringen. 50
Bild 39: Die Mischung M2 hat auf dem extremen Standort. den Charakter einer Dachbegrünung 51
Bild 40: Die Mischung M3 bietet eine strukturreiche Ansicht mit imposanten Individuen von Natternkopf und Graukresse. Die beiden Arten fühlen sich auf dem trocken-heißen Standort pudelwohl. 51
Bild 41: Monochrom braun-gelb ist das Erscheinungsbild der gräserlastigen RSM im Vordergrund. Sie bietet wenig Reize im Vergleich zu den, wenn auch lückigen Gräser/Käutermischungen im Hintergrund (M3). Ihr optischer Ausdruck ist auch unter dem Einfuss des Saatbetts nicht steigerbar. 52
Bild 42: Häufig sind auf den Parzellen Bereiche mit Gräsern zu finden, die in der Vitalität gestört sind. 54
Bild 43: Die prachtvollen Individuen von Natternkopf, Graukresse, Karthäusernelke und Taubenkropfleimkraut bereichern den Mittelstreifen. 54
Bild 44: hohes Verjüngungspotential von Bertroa incana 57
Bild 45: und Echium vulgare an trocken-heißen Standorten 57
Bild 46: Ansicht des Referenzstandortes Veitshöchheim Ende Mai 2013. 59
Bild 47: Medicago falcata (M2)ist auf reinem Kalkschotter ausgesprochen wuchsfreudig. 61
Bild 48: M1 mit Saatbett, mit Silene nutans, Silene vulgaris und Cichorium intybus kurz vor der Blüte. 62
Bild 49: M2 mit Saatbett, Medicago falcata und Anthyllis vulneraria breiten sich aus. 63
Bild 50: Bild 50: RSM (M4) auf einer Parzelle mit Substratbett: gräserlastig und nicht vital. 63
Bild 51: Die M3 mit Echium vulgare im Vordergrund. 64
Bild 52: Die Trockenheitspezialisten Anchusa officinalis, Medicago falcata und Dianthus carthusianorum schaffen es, auf reinem Kalkschotter hübsche Bestände zu bilden. 64
Bild 53: Bild 53 Viele Jungpflanzen von Echium vulgare sind im Kalkschotter zu finden. 68