



Vorprojekt «Begrünung von Geleise-Banketten und Vegetationskontrolle ohne Herbizide»

Bericht zur Machbarkeitsstudie 2018

Autoren

Markus van der Meer und Serge Buholzer

Auftraggeber

SBB

Impressum

Herausgeber	Agroscope Reckenholzstrasse 191 8046 Zürich www.agroscope.ch
Projektleitung	Serge Buholzer serge.buholzer@agroscope.admin.ch Tel. +41 (0)58 468 72 31
Auskünfte	Markus van der Meer markus.vandermeer@agroscope.admin.ch Tel. +41 (0)58 462 17 00
Übersetzung	Sprachdienst Agroscope
Titelbild	Markus van der Meer
Fotos	Serge Buholzer, Markus van der Meer
Download	www.agroscope.ch/science
Copyright	© Agroscope 2019
ISSN	2296-729X
ISBN	978-3-906804-83-5

Inhalt

Zusammenfassung	4
Résumé	5
Summary	6
1 Einleitung	7
2 Literaturanalyse	10
2.1 Überblick und Fazit.....	10
2.2 Vorgehen.....	11
2.3 Vegetation und Vegetationsmanagement im Gleisbereich.....	13
2.3.1 Bahnbegleitflora	13
2.3.2 Bahnhöfe und Fernbahnen als Verbreitungswege – Neophyten versus Biodiversität.....	13
2.3.3 Herbizid-Einsatz und Alternativen	13
2.4 Schweizer Taxone	15
3 Erster Workshop – Erarbeitung von Grundlagen	17
3.1 Wichtigste Schlussfolgerungen.....	17
3.2 Hauptaussagen der Teilnehmenden	18
3.3 Anforderungen an die Begrünung von Gleisbanketten.....	19
3.3.1 Input der SBB und Ergänzungen der Teilnehmer.....	19
4 Feldbegehungen	20
4.1 Etwilen TG, stillgelegter Rangierbahnhof.....	21
4.2 Muttenz BL, Rangierbahnhof	23
4.3 Rheinfelden AG und Spontanaufnahmen	24
4.4 Villeneuve St. Georges – SNCF, Paris, Frankreich, (ehemaliger) Rangierbahnhof.....	25
5 Zweiter Workshop – Erarbeitung eines geeigneten Versuchsdesigns und möglicher Saatmischungen	26
6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen zum Hauptprojekt	29
6.1 Standorte, Verfahren und Wiederholungen.....	29
6.2 Internationale Zusammenarbeit	30
6.3 Nationale Zusammenarbeit.....	33
7 Ausblick	33
8 Literaturverzeichnis	35
9 Anhang	38
Fotogalerien der Feldbegehungen	45
Fotogalerie Etwilen	45
Fotogalerie Muttenz.....	48
Fotogalerie Rheinfelden	56
Fotogalerie Villeneuve	58
Fotogalerie Spontanaufnahmen	60
Tabellenverzeichnis	62
Abbildungsverzeichnis	62

Zusammenfassung

Vorprojekt «Begrünung von Geleise-Banketten und Vegetationskontrolle ohne Herbizide»

Bericht zur Machbarkeitsstudie 2018

Hintergrund: Bahnunternehmen stehen weltweit unter öffentlichem und politischem Zugzwang, ihre Betriebe zu ökologisieren. Einschränkungen des Herbizideinsatzes, insbesondere von Glyphosat, zur Kontrolle der Vegetation in gleisnahen Bereichen verschieben die Kostenbalance zugunsten alternativer Kontrollmethoden. Dies kann aber nur unter Wahrung der Verkehrs- und Personensicherheit geschehen. Nebst mehreren anderen Projekten hat die SBB die vorliegende Machbarkeitsstudie zur Begrünung der Gleisbankette mittels einheimischer Pflanzenarten zur Eindämmung spontaner Vegetation in Auftrag gegeben. Sie beruht auf einer Literaturstudie zum Stand der Forschung und zur Bewertung einzelner Pflanzenarten sowie auf der Evaluierung durch Experten verschiedenster Fachrichtungen, die in zwei Workshops stattgefunden haben.

Ergebnisse: Die Literaturstudie ergab, dass diese Forschungsrichtung im Bahnverkehr technisches und wissenschaftliches Neuland ist. Es gibt jedoch viele Erfahrungen aus verwandten Bereichen – vorab aus dem Strassenbahnverkehr und der Dachbegrünung – die als Referenz genutzt werden können. Mittels Erstellung einer umfassenden Liste der Schweizer Taxone konnten Pflanzen bestimmt werden, welche die Bedingungen für eine Begrünung gleisnaher Bereiche wahrscheinlich erfüllen. Die Expertenrunde kam im ersten Workshop zum Schluss, dass eine Begrünung möglicherweise erfolgreich sein könne und aufgrund möglicher positiver Umwelteinflüsse auch wünschenswert sei, dass aber bestimmte Sicherheitsrisiken durch die Auswahl der Begrünungsstrategien auszugrenzen seien; hierzu gehört z. B., dass das Wurzelwerk nicht die Gleisstabilität beeinträchtigt, dass Zwergsignale frei gehalten werden müssen und dass die Begehbarkeit der Bankette als Flucht- und Unterhaltsweg gewährleistet bleiben. Mehrere Vorschläge potentiell geeigneter Pflanzenmischungen wurden im zweiten Workshop besprochen und einsetzbare Taxone bestimmt.

Methoden und Output: Basierend auf den Resultaten des zweiten Workshops und dem im Kostenvoranschlag für das Gesuch an das BAV (Bundesamt für Verkehr) vorgegebenen Kostenrahmen empfiehlt die Expertenrunde umfassende Tests in Feldversuchen. Die Feldversuche sollen von 2019–2023 stattfinden. Vorgeschlagen werden drei *In-situ*-Standorte unter realen Bedingungen, ein *Ex-situ*-Standort und ein Standort unter erschwerten Bedingungen. An diesen Standorten sollen drei Verfahren in acht Wiederholungen mittels zweier Vegetationsaufnahmen pro Jahr evaluiert werden. Ein erster Zwischenbericht wird Ende 2020 fällig.

Résumé

Avant-projet «Végétalisation des accotements des voies ferrées et contrôle de la végétation sans herbicides»

Rapport d'étude de faisabilité 2018

Contexte : Les compagnies ferroviaires du monde entier subissent des pressions publiques et politiques pour rendre leur exploitation plus écologique. Les restrictions sur l'utilisation d'herbicides, en particulier le glyphosate, pour lutter contre la végétation dans les abords des voies ferrées déplacent l'équilibre des coûts en faveur de méthodes de lutte alternatives. Cependant ceci ne peut être réalisé qu'en respectant la sécurité du trafic et des personnes. En plus d'une série d'autres projets, les CFF ont commandité la présente étude de faisabilité portant sur la végétalisation des accotements des voies ferrées avec des espèces indigènes en vue de réprimer le développement de la végétation spontanée. Elle repose sur une étude de littérature concernant l'état de la recherche et l'évaluation de diverses espèces végétales ainsi que sur l'estimation d'experts issus de diverses disciplines, estimation ayant eu lieu dans le cadre de deux ateliers.

Résultats : L'étude de littérature a démontré que, dans le trafic ferroviaire, la recherche est quasiment nulle aux niveaux techniques et scientifiques. Cependant il existe de nombreuses expériences dans des domaines voisins – surtout dans le domaine de la végétalisation des voies de tramways et des toitures – qui peuvent servir de référence. L'établissement d'une liste détaillée des taxons suisses a permis d'identifier des plantes qui remplissent probablement les exigences pour la végétalisation des accotements des voies ferrées. Au cours du premier atelier, les experts ont conclu qu'une végétalisation aurait de bonnes chances de réussite et serait même souhaitable en raison d'influences favorables sur l'environnement, mais que certains risques sécuritaires doivent être exclus par le choix des stratégies de végétalisation: p.ex. il faut faire en sorte que les racines ne déstabilisent pas les voies ferrées, que les signaux nains restent visibles et que les accotements des voies ferrées restent facilement accessibles en tant que voie de service ou d'évacuation. Au cours du second atelier, plusieurs propositions de mélanges de plantes potentiellement adaptés ont fait l'objet de discussions et des taxons utilisables ont été définis.

Méthodes et output: Sur la base des résultats du second atelier et du devis pour la demande auprès de l'OFT (Office fédéral des transports), les experts recommandent des tests approfondis en effectuant des essais sur le terrain. Ceux-ci se dérouleront de 2019 à 2023. Les experts recommandent d'effectuer des tests sur trois sites *in situ* en conditions réelles, sur un site *ex situ* et sur un site offrant des conditions plus difficiles. Sur ces sites, trois méthodes seront évaluées en huit répétitions au moyen de deux relevés de végétation par an. Un premier rapport intermédiaire sera présenté à la fin de 2020.

Summary

The Revegetation of Railway Verges and Herbicide-Free Vegetation Control: A Preliminary Project

Report on the 2018 Feasibility Study

Background: Worldwide, railway companies are being faced with increasing pressure to reduce the environmental impact of their operations. Restrictions on the use of herbicides – especially glyphosate – for the control of lineside vegetation are tipping the cost balance in favour of alternative control methods. The use of such methods, however, is contingent on their not jeopardising personal and operational safety. The SBB (Swiss Federal Railways) are therefore testing a number of alternative strategies to herbicide use. One such strategy discussed in the present feasibility study is to plant desirable indigenous vegetation on the rights-of-way in order to suppress spontaneous weed growth and the dispersal of invasive species without infringing safety guidelines (track stability) or altering the use of rights-of-way (maintenance and escape paths). The study is based on an analysis of the literature on the current status of research and on the assessment of individual plant taxons, as well as on the evaluations of experts from a wide range of disciplines resulting from two different workshops.

Results: The literature study revealed this research subject to be virgin territory in a technical and scientific sense, although ample experience exists in related fields – mainly, the tramway greenturfs and the greening of roofs – that can be used as a reference point. Compiling a comprehensive list of the Swiss taxons allowed us to identify a series of plants which most likely fulfil the conditions for greening railway verges. The expert panel of the first workshop concluded that a greening of the rights-of-ways could be successful as well as offering potential ecological advantages, provided that safety risks could be avoided: roots must not be allowed to affect track stability, dwarf signals must remain visible, and the accessibility of the rights-of-ways as maintenance and escape lanes must be ensured. In the second workshop, several possible plant mixtures were discussed and appropriate taxons defined.

Methods and Output: Based on the findings of the second workshop and on the cost framework specified by the BAV (Federal Office of Transport), the expert panel recommends comprehensive tests in field trials to take place between 2019-2023. Three in-situ field sites with real-life conditions, one ex-situ site and one site testing more-difficult conditions are proposed, with three different treatments (plant mixtures) to be evaluated in eight replications by means of two botanical surveys per annum. A first interim report will be delivered by the end of 2020.

1 Einleitung

Der Einsatz von Herbiziden steht zunehmend im Fokus öffentlichen und politischen Missfallens. Das seit Beginn der 1990er Jahre weltweit meisteingesetzte Herbizid Glyphosat, dessen Einsatz sich binnen 20 Jahren mehr als verzehnfacht hat (Abb.1), geriet in den Verdacht, krebserregend zu sein. Dieser Verdacht erzeugte eine breite öffentliche, politische und wissenschaftliche Diskussion [1-3], in deren Zuge die Gefährlichkeit des Glyphosats weder endgültig be- noch widerlegt werden konnte. In der Schweiz wurde dem Pestizid Unbedenklichkeit bescheinigt [4]. In Frankreich und Deutschland wurde ein Verbot fürs erste vertagt, jedoch wurde empfohlen, seinen Gebrauch stark einzuschränken respektive nach Alternativen zu suchen [5, 6]. Es kann sein, dass Glyphosat in Europa möglicherweise schon vor 2022 verboten wird.

Auch im Bahnverkehr wird im Gleisbereich die Entwicklung spontaner Vegetation mittels Herbiziden kontrolliert. Die genutzten Produkte haben sich im Lauf der Jahrzehnte von Bodenherbiziden mit breiter Wirkung in selektivere Blattherbizide gewandelt und die Gesamtmenge eingesetzter Herbizide ist grundsätzlich gesunken respektive rückläufig, was dem aktuellen Schweizer Trend entspricht (Abb. 1) [7-10].

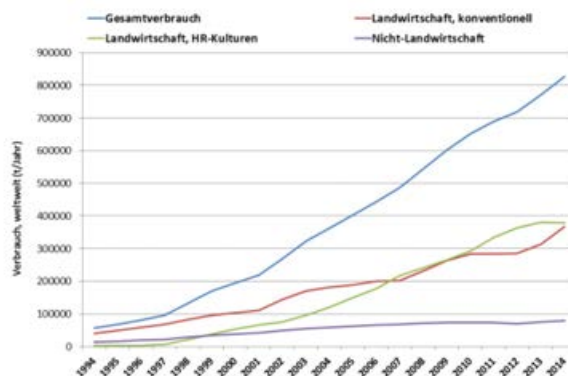
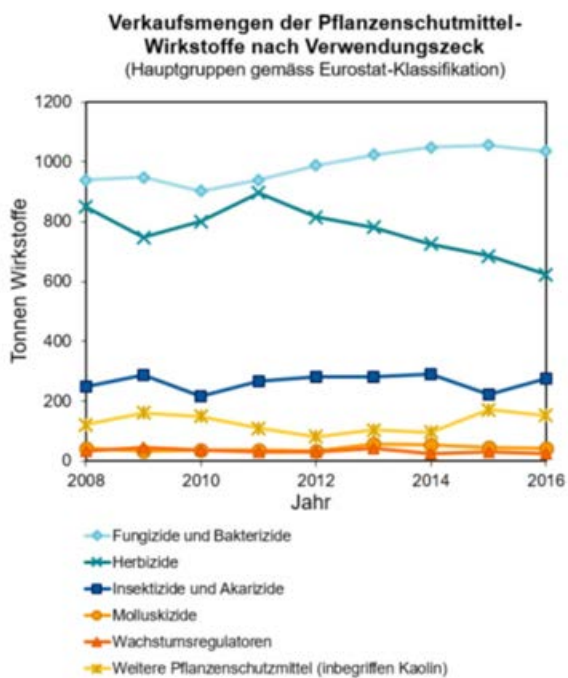
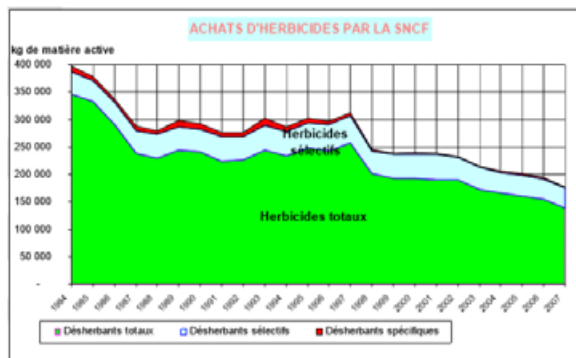
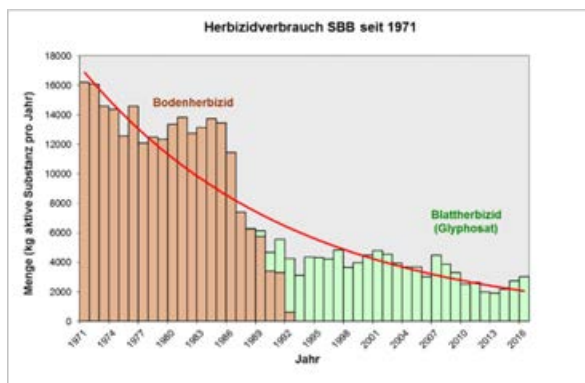


Abbildung 1: Oben: Entwicklung des Herbizidverbrauchs bei den SBB (links, [10]) und der SNCF (rechts, [7]). Unten links: Trend des Pflanzenschutzmitteleinsatzes in der Schweiz [8]. Unten rechts: Anstieg des Glyphosatverbrauchs [9]. // Développement de l'usage d'herbicides chez les CFF et les SNCF (haut), trend de l'usage de produits de protection des plantes (en-bas, gauche) et développement de l'utilisation du glyphosate (en-bas, droite). // Development of the herbicide use with the SBB and the SNCF (above), trend of the use of plant protection substances in Switzerland (beneath left) and development of the glyphosate use worldwide.

Glyphosat ist heute in der Schweiz das einzige zugelassene Herbizid im Gleisbereich. Aufgrund der aktuellen Diskussion stehen Eisenbahnunternehmen weltweit unter Druck, eine weitere «Ökologisierung» ihrer Betriebe zu erreichen, insbesondere durch die Entwicklung nachhaltiger Alternativen [10-17]. Die SBB sucht im Rahmen des Gesamtprojektes «Alternativen Herbizid» nach alternativen, umweltverträglichen Kontroll- und Pflegemethoden, möglichst ohne Ausweichen auf ein anderes synthetisches Herbizid. Nebst technisch-baulichen oder mechanisch-thermischen Massnahmen, welche in weiteren Projekten untersucht werden (Heisswasser, aufwuchshemmende Baumaterialien, Elektrizität, Robotik u.v.m.), wird eine Begrünung, zumindest von Teilbereichen, ins Auge gefasst.

Jahrzehntlang wurde im engeren Bereich der Gleise eine Null-Vegetation Strategie verfolgt; in erster Linie um die Nutzungsdauer der Fahrbahn nicht zu reduzieren, die Unterhaltskosten der Fahrbahn nicht zu erhöhen, und um die Betriebssicherheit zu gewährleisten (z.B. [18, 19]). Diese Strategie erreichte jedoch meist nur eine Annäherung und lässt sich immer schwieriger und mit zunehmendem Aufwand aufrechterhalten. Auch ist die hartnäckige Ausbreitung von Neophyten (Schwarze Liste Schweiz [20]), kombiniert mit restriktiveren Bestimmungen zum Herbizid-Einsatz, ein mit zunehmenden Bekämpfungskosten verbundenes Problem [21-23]. Nicht zuletzt deshalb kam seitens der zuständigen SBB-Fachleute die Idee auf, Begrünungen auch einiger Gleisbereiche zu tolerieren, frei nach dem Motto «Lenken statt Bekämpfen», also eine Vegetationsdecke zulassen, die einerseits die Betriebssicherheit gewährleistet, andererseits die Besiedlung der Gleisbereiche durch spontane, problematische Vegetation verhindert und dennoch kostengünstig bleibt.

Tabelle 1: Chancen und Risiken einer Begrünung der Gleisbankette // Chances et risques d'une végétalisation des pistes. // Opportunities and risks of a greening of the rights-of-way

Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gewässer- und Grundwasserschutz ▪ Schonung der Biodiversität <ul style="list-style-type: none"> ○ Pflanzen, Insekten, Amphibien ▪ Förderung der Artenvielfalt ▪ Habitat-Vernetzung ▪ Image-Pflege 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Technische Ansprüche nicht erfüllt <ul style="list-style-type: none"> ○ Beeinträchtigung der Gleise und des Bankettes ○ Verunkrautung, Begehrbarkeit, Entwässerung ○ Aufwändiger Unterhalt → zu teuer ▪ Förderung von 'Unkräutern' <ul style="list-style-type: none"> ○ Ausbreitung Unkräuter und Neophyten ○ Erhöhter Druck durch Schädlinge und Krankheiten für Produktion ○ Fallen für Insekten und Tiere ▪ Imageverlust

Im Bereich des Bahnverkehrs scheint dies absolutes Neuland zu sein. Den Autoren ist lediglich eine frühere Studie aus den 1990er Jahren bekannt, welche die mögliche Begrünung von Gleisbanketten in Betracht zieht; leider wurde dies nicht weiterverfolgt [24]. Auch in der fachspezifischen Bahnliteratur wies nur ein Text Bauvorschläge für ein «Rasengleis im Fernverkehr» auf [25]. Inspirationen können jedoch im Bereich des Parkplatz- und Strassenbaus geholt werden, sowie bei den seit längerem geförderten Begrünungsstrategien im urbanen Raum, insbesondere der Dachbegrünung und dem Strassenbahn-Nahverkehr. Aufgrund geringerer Belastungen und niedriger Fahrgeschwindigkeiten ist es im Nahverkehr technisch möglich, eine mittels Steuerung der Substrat-Mächtigkeit gelenkte Vegetationsdecke einfach zu etablieren und zu halten. Nebst der publikumswirksamen Ästhetik habe grüne Gleise im urbanen Raum mehrere günstige Umwelteffekte. Deshalb werden sie weltweit gefördert und die zur Begrünung genutzten Pflanzenarten und -mischungen fortlaufend in regionalen und nationalen Forschungsprojekten untersucht [26-31]. Dabei steigen auch die Anforderungen an die Begrünungen und sie werden durch weitere umweltrelevante Aspekte, z.B. die Biodiversitätsförderung, ergänzt. Im Bahnverkehr sind die Ansprüche an die Betriebssicherheit deutlich höher, weshalb eine zielgerichtete Forschung

zu Chancen und Risiken (Tab. 1), Machbarkeit und Umsetzung von Begrünungen nötig ist. In einem ersten Schritt soll vorliegendes Vorprojekt diese Machbarkeit der Begrünung von Gleisbanketten prüfen und einen Entwurf für ein umfassendes Forschungsprojekt liefern.

Die Bankette (Abb. 2) liegen zwischen dem Schotter mit den eigentlichen Gleisen und der Böschung, welche per se auch begrünt ist und je nach Standort mehr oder weniger intensiv gepflegt wird. Die Bankette dienen als Unterhalts- und Fluchtwege und müssen deshalb begehbar sein. Bankette müssen die Entwässerung der Schotterbereiche (Abb. 2, Bereiche A und B) sicherstellen weshalb sie aus Sickermaterial bestehen, welches mit einer 10-15 cm mächtigen Schotter- und/oder Kiessandschicht abgedeckt wird [32].

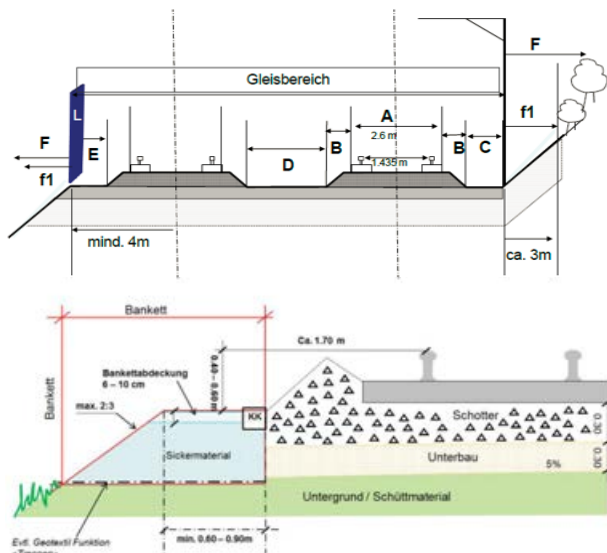


Abbildung 2: Bankett - der Bereich für welchen nach Begrünungs-Strategien gesucht wird; oben C und E, unten rote Umrandung, sowie der Zwischengleisbereich D [33] // piste A,E; intervalles, D // rights-of-way, A,E; between tracks, D.

Die vorliegende Machbarkeitsstudie besteht aus zwei Teilen:

1. Literaturanalyse: Erfassen bestehender Literatur zur Vegetationskontrolle, respektive zur Begrünung von Gleisbereichen, Erfassen der Schweizer Bahnbegleitflora, Erfassen konkurrenzstarker Pflanzen, Herausfiltern einer umfassenden Liste geeigneter Pflanzenarten.
2. Experten-Konzepte: In einem ersten, breit angelegten Workshop wurden diverse Begrünungsstrategien und deren Rahmenbedingungen erörtert und ein Anforderungskatalog an die Pflanzenarten erstellt. In einem zweiten, enger gefassten Workshop wurden konkrete Pflanzenarten und -mischungen besprochen, welche im anschließenden Forschungsprojekt für Feldversuche angewandt werden können.

Aus der Bearbeitung dieser Kernbereiche hat sich schnell ergeben, dass ergänzende Informationen nötig sind. So wurde:

- a) anlässlich mehrerer Feldbegehungen, die ein besseres Bild der realen in-situ Bedingungen liefern sollten, eine Fotodokumentation erstellt.
- b) die Notwendigkeit einer breiteren Zusammenarbeit auf nationaler und internationaler Ebene festgestellt.
- c) konstatiert, dass Begrünungen auch z.B. in Rangierbahnhöfen auf Gehwegen und Zwischengleisbereichen angelegt werden könnten.

Im Folgenden werden diese Punkte vertieft besprochen.

2 Literaturanalyse

2.1 Überblick und Fazit

Zur Klärung in welchem Umfang bereits Wissen vorhanden ist und wie umfassend eine Literatursuche nötig sein werde, wurde vor der Machbarkeitsstudie eine erste stichprobenartige Versuche im „Web of Science“, im Internet und auf Google Scholar durchgeführt. Es wurden mehrere Tausend Treffer erzielt, deren inhaltliche Relevanz geprüft und erfasst werden musste. Diese stellen jedoch nur einen kleinen Auszug des potentiell verfügbaren Materials dar. Als erstes Fazit wurde geschlossen, dass:

- Die künstliche Etablierung einer konkurrenzstarken Begrünung, speziell im Bereich des Banketts, «Neuland» sei und die SBB damit eine Vorreiter-Rolle übernehmen würden.
- Mechanische und andere Alternativen zur Vegetationskontrolle im Gleisbereich schon seit dem frühen 20. Jahrhundert untersucht wurden.
- Die SBB schon früher zusammenfassende Berichte zu alternativer Vegetationskontrolle in Auftrag gegeben hatte, jedoch ohne Begrünungen zu thematisieren (z.B. [34] zitate 14).
- Das Thema – ohne Herbizide auszukommen, bzw. ein Glyphosat-Verbot – nicht nur im deutschsprachigen Raum aktuell zu sein scheint.

Es wurde deshalb empfohlen, eine gründliche Literaturanalyse zu erstellen, welche wissenschaftliche und graue Literatur zusammenstellt. Als zu suchende Themen wurden konkurrenzstarke Pflanzen, verwandte Fachgebiete (Dachbegrünung, Nahverkehr...) sowie Berichte zur Vegetationspflege und -kontrolle von Bahnunternehmen bestimmt. Da sich der Fokus auf Vegetation und Begrünung richten sollte, wurde die Suche nach Herbiziden explizit ausgegrenzt. Da die Versuche vermuten liess, dass Begrünungsstrategien im Gleisbereich nicht sehr häufig zu finden sein werden, Belege zu früher durchgeführten Versuchen zu alternativen

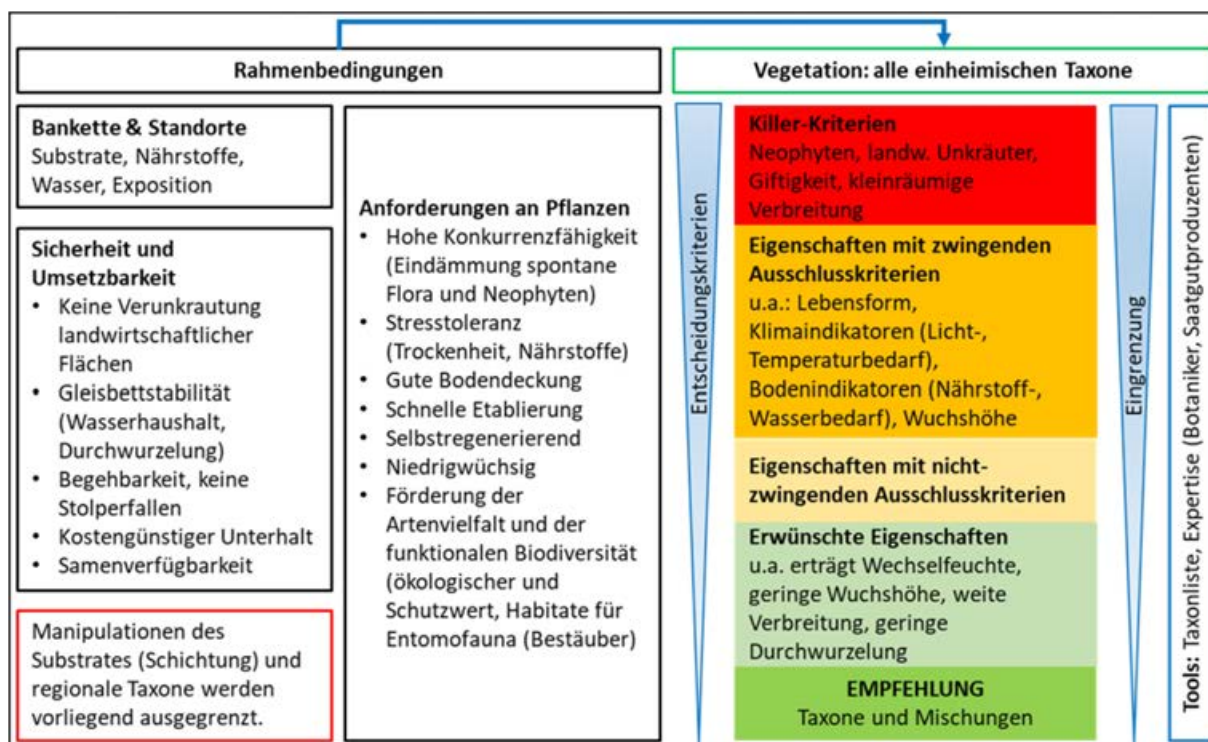


Abbildung 3: Entwicklung für die Bankettbegrünung geeigneter Ansaaten: Rahmenbedingungen und Ausschlussverfahren. // Développement de mixture appropriées: contraintes et critères d'exclusion. // Development of suitable seed mixture: constraints and procedure of exclusion.

Vegetationskontrollmethoden jedoch von Interesse seien, wurden Begriffe zu mechanisch/thermischen Verfahren in die Suche aufgenommen, aber nicht systematisch weiterverfolgt.

Die Literatursuche wurde in zwei Schritten durchgeführt: i) eine systematische Suche nach bestimmten Suchbegriffen (Web of Science, Google Scholar, Google), ii) eine nicht systematische Suche im Internet nach ergänzenden Begriffen. Ergänzt wurde dies durch die Ergebnisse der Versuche und durch Stakeholder-Input. Im Weiteren wurde eine thematische Trennung zwischen Vegetationsmanagement im Gleisbereich, Vegetation im Gleisbereich, konkurrenzstarken Pflanzen und Schweizer Taxonen vorgenommen.

Output der Literatursuche sind drei untereinander über eine interne ID verknüpfbare Dateien: 1) Eine Literaturverwaltungsdatei (EndNote) welche alle heruntergeladenen Publikationen enthält; 2) Eine Übersichtstabelle, welche alle Basis- und geordneten Informationen zu den Publikationen enthält und 3) Die Taxonliste, welche alle verfügbaren Kenngrößen der Pflanzen im Sinne der Bankettbegrünung als negative oder positive Eigenschaften bewertet. Der Output 1) wird der SBB zur Verfügung gestellt; der Output 2) wird vorliegendem Bericht als Zusatzdatei beigelegt; der Output 3) darf aus urheberrechtlichen Gründen nicht veröffentlicht werden.

Zweck der Taxonliste ist, eine Positivliste zur Begrünung der Bankette geeigneter Pflanzenarten zu bilden und als Referenz für die Experten-Inputs zu dienen. Mit ihr kann das Ausschlussverfahren (Abb. 3) unter tausenden Taxonen vereinfacht werden. Einschränkend muss festgehalten werden, dass die systematische Suche wissenschaftlicher Literatur zeitbedingt auf Google Scholar und Web of Science beschränkt werden musste und nicht auf weitere Literaturdatenbanken (Wiley, ScienceDirect, etc.) ausgeweitet werden konnte. Eine weitere Einschränkung ist die öffentliche Verfügbarkeit umfassender Listen zu Pflanzeigenschaften: Viele Informationen der Taxonliste mussten aus verschiedenen Quellen kompiliert werden. Nichtsdestotrotz deckt der Output der Literatursuche alle für das Hauptprojekt nötigen Informationen ab und stellt mit der Taxonliste ein über den Rahmen des vorliegenden Projektes hin nutzbares Werkzeug zur Verfügung.

2.2 Vorgehen

Systematische Literatursuchen sind ein relativ junger Wissenschaftszweig, der sich angesichts der in den beiden vergangenen Jahrzehnten explodierenden Fachliteratur zum Ziel setzt, nützliche Übersichten in Form von öffentlich verfügbaren «Systematic Maps» zu bestimmten Themen zu erstellen [35-37]. Eine vollständige Systematic Map zu erstellen ist sehr zeitaufwändig, weshalb die vorliegende Suche nur die Grundlinien berücksichtigt. Zu diesen gehört die Entwicklung einer strukturierten Fragestellung (mögliches Beispiel in Anhang 1 A), die Definition bestimmter Suchbegriffe (Anhang 1 B), der stufige Aus-/Einschluss der Texte erst anhand des Titels, dann des Abstracts und anschliessend des gesamten Textes. Die systematische Suche fand bis Mitte Juli 2018 ohne Einschränkung der Publikationsdaten statt. Die Inhalte der Texte wurden in einer Datenbank gesammelt und nach Kenngrößen gruppiert. Letztere bestehen aus den Basisinformationen zum jeweiligen Text und aus thematisch relevanten Informationen.

Als Basisinformationen wurden erfasst: Lauf-Nr (ID), Autor, Titel, Publikationsjahr, Abstract, URL und die Datenquelle.

Thematisch wurden festgehalten: Nutzungs-System; Referenz-Typ; für wissenschaftliche Untersuchungen Studien-Design, Land, Dauer, Anzahl Standorte, Anzahl Verfahren, statistisch ausgewertet?, Artenliste verfügbar?; übergeordnetes Thema; Vegetation - Thema, Vegetation – Bereich; Konstruktion - Thema, Konstruktion – Bereich; Kommentare

Diese Kenngrößen werden mit Codes versehen, welche eine engere Gruppierung erlauben (Zusatzdatei). Im Sinne der Vollständigkeit werden die aus der weiteren Auswertung ausgeschlossenen Publikationen mit Angabe des Ausschlussgrundes gezeigt. Als Resultat steht

2.3 Vegetation und Vegetationsmanagement im Gleisbereich

2.3.1 Bahnbegleitflora

Es gibt erstaunlich wenige öffentlich verfügbare respektive auffindbare Vegetationsaufnahmen im Bahnbereich. Das umfassendste gefundene Werk ist «Britain's Railway Vegetation» [38]. Brandes stellt 2012 in seiner «Bibliographie zur Eisenbahnvegetation» [39] zur Schweiz fest: «Die Bearbeitung der schweizerischen Bahnhöfe begann ... 1907 ... sehr erfolgversprechend. Neuere Untersuchungen fehlen jedoch weitgehend ...». Im Rahmen des vorliegenden Berichtes wurden vier [24, 40-42] Publikationen gefunden, welche Schweizer Bahnbegleitflora auflisten; leider wird in diesen selten präzisiert, in welchem Gleisbereich (Gleis, Bankette/Unterhaltswege, Böschungen; Abb. 2) die kartierten Pflanzen angetroffen wurden. Die Beiträge der Stakeholder zur Literatursuche lassen vermuten, dass weitere interne Berichte der Bahnbetriebe umfassende Vegetationsaufnahmen beinhalten, welche aber nie zusammengeführt und publiziert wurden. Solch eine Zusammenstellung wäre im Hinblick auf künftige Untersuchungen wünschenswert.

2.3.2 Bahnhöfe und Fernbahnen als Verbreitungswege – Neophyten versus Biodiversität

Der Vegetation dient die lineare Struktur der Bahngleise als idealer Verbreitungsweg, die flächigen Bahnhöfe als Ansiedlungs- und Ausbreitungs-Zentren. Dies wurde schon im 19. Jahrhundert erkannt (Holler 1883 in [43, 44] zitate 19) und wird als «ferroviatische Migration» bezeichnet. Diese Ansicht wurde aber auch kontrovers besprochen. Die Habitats- und Korridorfunktion linearer Transportwege für Insekten wurde kürzlich umfassend analysiert; gemäss Vorpublikation müsste dies auch für die Flora geschehen [45, 46]. Durch diese Eigenschaft besteht die Gefahr der Ausbreitung unerwünschter Arten, insbesondere invasiver Neophyten [42, 47-49], die zunehmend - nicht nur in Bahnanlagen - zum Problem werden. Bahnanlagen bieten jedoch auch Habitate und Refugien für wertvolle Arten [38, 50-53]. Sie leisten somit einen Beitrag an die Artenvielfalt und die Förderung der Biodiversität. Diese Eigenschaft könnte durch eine gezielte Begrünung der Bankette zusätzlich gefördert werden.

2.3.3 Herbizid-Einsatz und Alternativen

Herbizide wirken kurzfristig schnell und effizient – auf längere Zeit gesehen, ist diese Wirkung aber nicht von Dauer [19, 54] und sie müssen regelmässig angewandt werden. Jahrzehntlang wurden sie flächig im Bereich des Gleisbettes ausgebracht. In dieser flächigen, maschinell machbaren Ausbringung lag der Schlüssel zur Wirtschaftlichkeit der Herbizide, da sie eine starke Einsparung menschlicher Arbeitskraft ermöglichten (z.B. [55]). Die SBB setzen schon seit Jahren auf die kostenintensivere manuelle Spritzung von Einzelpflanzen. Doch die Ausbildung von Resistenzen und die Verbreitungsformen bestimmter Pflanzen, insbesondere einiger invasiver Neophyten, begrenzen heutzutage die Wirksamkeit der Herbizide (siehe hierzu auch Abschnitt «Feldbegehungen»). Damit wird die Kosten/Wirksamkeits-Balance zugunsten alternativer, umweltschonenderer Methoden verschoben. Und trotz hoher Wirksamkeit: In der Bahnbetriebs-Praxis wird die angestrebte Null-Toleranz beim Bewuchs, vorab auf den Banketten und anderen Unterhaltswegen, oftmals nicht erreicht. Um dies zu eruieren reicht eine kurze Bilder-Internet-Suche mit den Stichworten «Gleis, Bahn, Vegetation» (Abb. 6) [56-58]).

Restriktive Auflagen zum Herbizid-Einsatz in Bahnanlagen schränken die flächige zugunsten einer punktuellen, manuellen Einzelpflanzenbehandlung ein [34, 59]. Damit konnte die jährlich applizierte Herbizidmenge im Bahnbereich kontinuierlich gesenkt werden und macht heute nur gerade 1 % des Schweizerischen Gesamtverbrauches aus [60] (Abb. 1). Entlang von Strassen, Wegen und Plätzen ist in der Schweiz der Einsatz von Herbiziden sogar gänzlich verboten.

Die Suche nach alternativen Vegetationskontrollmethoden ist wohl so alt wie der Bahnbetrieb selbst. Unter vielzähligen Publikationen zu diesem Thema sei an dieser Stelle Nyberg 2001 [55] hervorgehoben. Er stellt unter Berufung auf Berichte aus den 1930er und 1940 Jahren, welche Abbrennen, Abflammen, Mähen, Scheibengeräte, Vertikutierer, Dampf und Chemikalien als

mögliche Vegetationskontrollmethoden nennen, fest: *«Even though the equipment has changed over the years and we’ve made vast improvements in our weed control technology, we still face the fundamental challenge of reducing the time our maintenance forces spend on weed control and increase their ability to focus on important work of maintaining track and facilities. Sometimes it does seem that the more things change the more they stay the same»*. Als Beispiel zeigt Box 1 die Verwendung von Dampf/Heisswasser zu Beginn des 20. Jahrhunderts und heute.

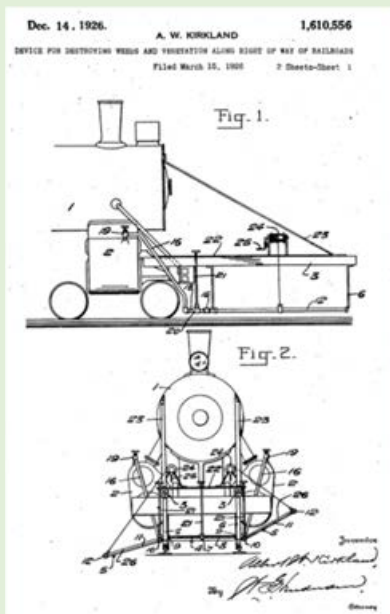
Box 1: Vegetationskontrolle mit Dampf oder Heisswasser [33, 55].

Kirkland schreibt zu seinem Patent (1926):

«My invention relates to the killing or destruction of weeds and other vegetation along the tracks or right-of-way of rail ways, more: particularly steam railroads, and it has for its object to provide a con in action and may be attached to say a steam engine or locomotive from which may be derived the steam that will be directed against the weeds or vegetation for their destruction in clearance of the roadway along the tracks.»

SBB: moderne Vision einer Heisswasserzug-Komposition (2018)

«Die Kosten eines Heisswasser-Spritzzugs werden auf < 400 CHF / Gleiskilometer abgeschätzt, was nur leicht über den aktuellen Kosten für den Glyphosateinsatz liegt.»



Heutzutage wird die Prüfung von Alternativen um Verfahren ergänzt, welche Aufwuchs hemmende Bauweisen, Bioherbizide («biological control»), allelopathisch wirksame Pflanzen (Box 2), künstliche Intelligenz, Geopositionierung oder eine Kombination beider sowie Elektrik und Heisswasser, ultraviolettes oder infrarotes Licht, Mikrowellen oder Laser verwenden [12, 14, 15, 61-63].



Abbildung 6: Entwicklung spontaner Vegetation auf Banketten und Unterhaltswegen (Quellen: [56-58] zitate 25). // Development of spontaneous vegetation on rights-of-way. // Développement de la végétation sur les pistes.

2.4 Schweizer Taxone

Um für eine Begrünung der Bankette in Frage kommende Pflanzenarten zu definieren braucht es – nebst den Experteneinschätzungen – ein unabhängiges Bewertungsinstrument. Dieses musste im Rahmen der Machbarkeitsstudie erstellt werden. Als primäre Grundlagen wurden die Checklist 17 von Info Flora und die Flora Indicativa [20, 74] genutzt. Die beiden Listen wurden untereinander und mit den in der Literatursuche genannten Arten abgeglichen, sodass ein Total von 7302 Taxonen (Pflanzensystematik: der Art über- und untergeordnete Abstufungen) zusammenkam. Davon besitzen nur die wenigsten Eigenschaften, welche für eine Begrünung der Bankette mit künstlichen Substraten, - magere, eher trockene Bedingungen - in Frage kämen. Zusätzlich muss eine Reihe für den Bahnbetrieb spezifischer Sicherheitsbestimmungen berücksichtigt werden und schliesslich soll die Begrünung auch eine Eindämmung der Neophyten-Verbreitung und einen Beitrag an die Biodiversitätsförderung erbringen.

Unter allen Taxonen müssen einerseits negative Eigenschaften ausgegrenzt, andererseits positive Eigenschaften hervorgehoben werden, sodass sowohl eine Negativ- als auch eine Positivliste entsteht (Abb. 3). Die Checklist 17 erlaubt, Neophyten auszugrenzen. Die Flora Indicativa stellt für jedes Taxon eine breite Palette an Eigenschaften bereit, welche eine progressive Ausgrenzung (Giftigkeit, Wurzeltiefe, alpine & subalpine Verbreitung, Wuchsform als Baum, Strauch, Liane, oder Parasit u.v.m.) respektive eine Hervorhebung positiver Eigenschaften (geringer Humus- oder Nährstoffbedarf, Vorkommen in trockenheitsliebenden Pflanzengesellschaften, gute Mahdverträglichkeit etc.) ermöglichen. Dies erlaubte eine deutliche Eingrenzung. Weiter wurde eine Reihe relevanter Kenngrössen (Schweizer Unkraut, Wuchshöhe, Bodendeckung, Verbreitung) definiert, welche aus verschiedenen Quellen kompiliert wurden.

Der Ausschlussprozess ergab, dass 5031 Taxone sicher auszuschliessen sind. Weitere Taxone weisen strenge (971) oder weiche (187) Ausschlussindikatoren auf; diese sind im Einzelfall zu diskutieren. Fünf Moosarten würden die Bedingungen der Bankett-Begrünung erfüllen; Moose scheiden aber aufgrund der Ansiedlungs- und Unterhaltsproblematik aus. Auf der Positivliste verbleiben somit 99 Taxone: 73 Arten, 12 Unterarten und 14 Aggregate.

Schliesslich wurde die Taxonliste mit den Ergebnissen der Literatursuche ergänzt. So ergeben sich diverse Filtermöglichkeiten nach ausgewählten Kriterien. Einige Beispiele:

- Die Filterung und Prüfung der 523 in der Literatur als Bahnbegleitflora genannten Taxonen schliesst 89 Neophyten und 38 landwirtschaftliche Unkräuter aus. Weitere 298 unterliegen strengen Ausschlusskriterien und 82 wären aufgrund weicher Ausschlusskriterien zu prüfen. Auf die Positivliste gelangen 43 Taxone. Unter den Taxonen mit weichen Ausschlusskriterien respektive gewünschten Eigenschaften werden laut Literatur 18 im

Box 2: Allelopathie und Allelochemikalien [61, 64-73]

Allelopathische Pflanzen sind aufgrund ihrer unkrautverdrängenden Eigenschaften schon seit der römischen Antike bekannt. Bis ins 2. Viertel des 20. Jahrhunderts wurden allelopathisch wirkende Pflanzen in der Landwirtschaft weltweit eingesetzt. Die Wechselwirkung zwischen Boden, Kulturpflanze, „Unkräutern“ und allelopathischen Pflanzen sind komplex. Entsprechende Untersuchungen sind schwierig und können schnell zu trügerischen Ergebnissen (pro oder contra) führen. Schlüssige Empfehlungen konnten in der Landwirtschaft bislang nicht getroffen werden. Die Forschung auf dem Gebiet wird heutzutage vorwiegend in Entwicklungsländern gefördert. Eine Suche mit dem Stichwort «allelopathy» erzielt allein im Web of Science mehr als 6000 Treffer. Es werden vorwiegend zwei Wege verfolgt:

- a) Identifizierung von Pflanzen, welche eine gute Unkraut-Unterdrückung aufweisen, sich schnell ansiedeln und möglichst mehrjährig sind.

Die im Rahmen dieser Vorstudie vorgenommene Literaturstudie weist mehr als 100 Arten aus, deren allelopathische Wirkung oftmals erfolgreich untersucht wurde.

- b) Identifizierung extrahierbarer Moleküle allelopathischer Pflanzen (z.B. Momilactone B; Sorgoleone; Benzoxazinoids).

Im Gegensatz zu (Bio-)Herbiziden wirken sie aber nicht abtötend, sondern aufwuchs- oder keimhemmend. Allelochemikalien haben dementsprechend auch ein grosses wirtschaftliches Potential.

Rasengleis und 8 als landwirtschaftliche Zwischenfrucht genutzt; 11 werden als konkurrenzstark genannt (Anhang 3).

- Die Filterung der bei 110 Taxonen beurteilten Kompetitivität ergibt 13 Arten, welche nur weiche Ausschlusskriterien oder erwünschte Eigenschaften besitzen (Tab. 2). An diesem Beispiel lassen sich auch Grenzen der Nutzung standardisierter Werte, wie sie in der Flora indicativa aufgeführt sind aufzeigen und weshalb es nötig ist, potentielle Taxone auch durch ein Expertengremium prüfen zu lassen: Ausser der eventuell einschränkenden Wuchshöhe kann z.B. *Medicago lupulina* auch eine starke Nährstoffanreicherung bewirken, *Potentilla reptans* ist eine kriechende Pflanze, welche Stolperfallen bilden könnte und *Vaccinium myrtillus* ist ein eher auf moorigen (sauren) Böden bis zu 60 cm hoch wachsender Zwergstrauch. Gründe, weshalb diese drei Taxone für die Bankettbegrünung eher ausscheiden.
- Die Filterung der 90 als Bodendecker ausgewiesenen Taxone ergibt 40 Neophyten. Bei 6 sind weiche Ausschlusskriterien zu prüfen, 5 befinden sich auf der Positivliste. Davon wird ein Taxon als kompetitiv bewertet, 3 werden im Rasengleis verwendet und 4 treten als Bahnbegleitflora auf.
- Die Filterung der 45 Taxone, welche im Rasengleis verwendet werden, ergibt 6 Neophyten und 14 weitere auszuschliessende Taxone. Aufgrund weicher Ausschlusskriterien sind 17 zu überprüfen und 6 kommen auf die Positivliste. Davon werden 5 als Bahnbegleitflora genannt.

Tabelle 2: Filterung der Taxonliste nach Kompetitivität und Hervorhebung positiver, im Bankettbereich erwünschter Merkmale. // filtrer la liste des taxons suivant la compétitivité // filtering the taxonlist on competitiveness.

112		Taxone mit in der Literatur ausgewiesenen kompetitiven Eigenschaften	
AUSSCHLUSS	42	Neophyten oder nicht in der Schweiz vorkommend	
	6	Landwirtschaftliche Unkräuter	
	44	Killer-Kriterien: Verbreitung, Wuchshöhe, Giftigkeit	
	7	Weitere strenge Kriterien	
Zu prüfen: eventuelle Nachteile		Vorteile in der Positivliste	
11	Kriterien	2	Kriterien
<i>Geranium pusillum</i>	Unkraut im angrenzenden Ausland	<i>Lysimachia nummularia</i>	Wuchshöhe bis 30cm + Bodendecker
<i>Hordeum murinum</i>	Verbreitung	<i>Plantago lanceolata</i>	Lichtbedarf
<i>Hordeum vulgare</i>	Wurzeltiefe		
<i>Lolium perenne</i>	WuHö-Min_ <30 / _Bis_ 51-120		
<i>Malva moschata</i>	WuHö-Bis_ NN / _Max_ >=50		
<i>Medicago lupulina</i>	WuHö-Bis_ <=30 / _Max_ >50		
<i>Petrorhagia saxifraga</i>	Wurzeltiefe		
<i>Potentilla reptans</i>	WuHö-Bis_ NN / _Max_ >=50		
<i>Sanguisorba minor</i>	Wurzeltiefe		
<i>Trifolium repens</i>	Wurzeltiefe		
<i>Vaccinium myrtillus</i>	Temperaturbedarf, Zwergstrauch, benötigt stark saure Böden		

Das Fazit dieser Analysen ist: Es gibt in der urbanen Begrünung (z.B. Rasengleis, Gründach, Parkplätze) zahlreiche Vorbilder für mögliche Ansaaten. Für die Verwendung im Gleisbankett gibt es jedoch weitere einschränkende Rahmenbedingungen und damit Anforderungen an die Pflanzen, welche sich von jenen der verwandten Systeme deutlich unterscheiden, weshalb die dort verwendeten Ansaaten nicht einfach übernommen werden können. Es ist nötig, speziell auf die Gleisbankette zugeschnittene Ansaaten zu entwickeln. Es gibt eine grosse Auswahl verschiedenster Pflanzen, welche für eine Begrünung der Bankette – und auch der Zwischengleisbereiche und Unterhaltswege in (Rangier-)Bahnhöfen – in Frage kommen. Es könnten viele regional oder schweizweit einsetzbare Verfahren entwickelt werden. Die Auswahl im Hauptprojekt wird sich aber auf wenige Verfahren einschränken müssen. Es empfiehlt sich daher, mögliche Begrünungsverfahren akkurat zu testen.

3 Erster Workshop – Erarbeitung von Grundlagen

3.1 Wichtigste Schlussfolgerungen

Ziel des ersten Workshops war, eine breiter angelegte Plattform zu schaffen, welche Vertretern diverser Fachgebiete einen Wissens- und Informationsaustausch, sowie ein gemeinsames Brainstorming bieten sollte (Anhang 4). So kamen insgesamt 22 Fachleute diverser Fachrichtungen zusammen: Biodiversitäts-Monitoring, Technik, Saatgut-Produktion, (Gleis-)Bau, Herbologie, Neobiota, Dachbegrünung, Landschaftsarchitektur, Agrarforschung, Stadtökologie sowie Gäste der französischen SNCF. Diskutiert wurden mögliche Pflanzen und Pflanzengemeinschaften, natürliche und künstliche Substrate und eventuell nötige technische Eingriffe. Es wurden eine detaillierte Anforderungsliste an die Begrünung und Kriterien zur schrittweisen Selektion geeigneter Arten/Mischungen erarbeitet. Der Workshop hat zu folgenden Schlussfolgerungen geführt.

Fragestellung

Der Workshop hat Fragen beantwortet, aber auch neue aufgeworfen. Es wurden sehr viele Rahmenbedingungen erfasst und besprochen, v.a. auch solche, die technische Anwendungen involvieren. Wir sind aufgrund der Resultate des Workshops der Ansicht, dass eine Begrünung der Geleise Bankette eine erfolgsversprechende Methode zur Vermeidung von Herbiziden im Geleise-Bankett sein kann.

Pflanzen - aus WS1-Beiträgen, Experteneinschätzung und Literaturanalyse

Es wird möglich sein, vielversprechende Pflanzenarten, -gesellschaften und -mischungen zu definieren, die in Feldversuchen zur Bankett-Begrünung getestet werden können.

Substrate

Bestehende Bankette: Es wird wichtig sein, die Pflanzen auf die bestehenden Substrate abzustimmen.

Neubau/Erneuerung: Es wird wichtig sein, für die gewünschten Pflanzengesellschaften möglichst geeignete Substrate zu wählen (natürliche Schotter/Gerölle, vorgefertigte Matten, kommerzielle Erden, modifizierte Gesteine (z.B. zerstoßener Beton oder Ziegel), etc.).

Technische Massnahmen (Teil-Versiegelung)

Bestehende Bankette: Es wird aus Kostengründen kaum möglich sein, Bankette kilometerweise kurz- oder mittelfristig umzubauen. Diese Variante wäre aber von Konstruktions-Technikern zu prüfen.

Neubau/Erneuerung: Hier dürfte es Möglichkeiten der Umsetzung geben, zumal die Gleisanlagen ca. alle 40 Jahre erneuert werden. Das Management der angrenzenden Bahnborde ist ein zentraler Faktor für eine erfolgreiche Begrünung der Geleise-Bankette.

Weiterführende Massnahmen (industrielle Anwendungen)

Es gibt eine Reihe weiterer Massnahmen, welche aber im Rahmen des BGB-Projektes nicht weiterverfolgt werden können, da sie den engeren Bereich der Begrünung verlassen: aufwuchshemmende Bauweisen, Mycodegradation, Allelochemikalien, Phyto-Toxine, essentielle Öle, Bio-Herbizide usw.

Viele dieser Verfahren sind schon seit langem bekannt und einige wurden durch die SBB bereits in Feldversuchen getestet. Bisher konnten sich diese Verfahren aber nicht gegen den Einsatz von Glyphosat als kostengünstige und effiziente Methode durchsetzen. Dies nicht nur im Bereich der Nah- und Fernbahnen, sondern in allen Bereichen, in denen spontane Vegetationsentwicklung ein Problem für menschliche Zielsetzungen werden kann. Einige Ansätze wie Heisswassertechnik, Robotertechnik oder aufwuchshemmende Materialien im Rahmen von Neubau/Erneuerung werden in anderen Projekten von der SBB im Rahmen des Aktionsplans «Alternative Herbizid» (erneut) geprüft.

Anwendungssicherheit

Das Zulassen, respektive Etablieren, von Vegetation im Gleisbereich ist Neuland. Es gibt diesbezüglich keine Richtlinien oder Qualitäts-Standards. Parallel zu Feldversuchen sollten solche Richtlinien entwickelt werden. Als Orientierung könnten Standards der Dachbegrünung dienen. Wahrscheinlich müssen sowohl botanische wie auch bauliche Aspekte berücksichtigt werden.

Aktivitäten im Ausland

Die SNCF prüft im Rahmen einer Dissertationsarbeit verschiedene Saatmischungen zur Begrünung der Geleise und deren Bankette. Eine engere Zusammenarbeit mit den Verantwortlichen bei der SNCF ist eingeleitet.

3.2 Hauptaussagen der Teilnehmenden

- Der aktuelle Zustand der Begrünung kann kein Ziel sein, da er das Resultat jahrzehntelanger Herbizid Anwendung ist.
- Die individuelle Gestaltung einer einheimischen Pflanzengesellschaft in Zusammenarbeit mit ausgewiesenen Fachpersonen ist möglich.
- Ansäen statt bekämpfen: Etablierung einer erwünschten Vegetation auf Unterhaltswegen.
- Es gibt kaum stabile Lebensräume, die keine intensiven Pflegeeingriffe benötigen (x-fach jährlich) . Selbst auf Rohböden setzen sich langfristig Gehölze und hochwüchsige Stauden durch.
- Vegetationskontrolle ist ein dynamisches System => technische Lösungen und biologische Ansätze müssen aufeinander abgestimmt werden.
- Verstärkung des Kompensationswertes und der ökologischen Funktionen einer Gestaltung in Anlehnung an eine extensive Dachbegrünung.
- Begrünungsmöglichkeiten funktionieren, dank dem limitierenden Faktor Wasser!
- Dekontamination respektive Selbstreinigung der Gleisbette / Bankette (Abbau der Herbizidrückstände und per extensio aller organischen Stoffe durch Mikrobiota).
- Fehlende Definitionen zu bspw. Schichtdicken und weiteren Qualitätsanforderungen führten und führen zu schlechten Ausführungen mit reduzierten ökologischen Wirkungen.
- Geleise-Banketten sind mit einem Schotterstreifen zwischen der Strasse und dem Radweg zu vergleichen.
- Die potentiellen Auswirkungen der Klimaerwärmung müssen soweit möglich in Betracht gezogen werden.

3.3 Anforderungen an die Begrünung von Gleisbanketten

Die Begrünung der Bankette verlangt verschiedenste Eigenschaften von den eingesetzten Pflanzenarten (-gesellschaften; Taxone) selbst, ist aber auch abhängig von der jeweiligen Beschaffung des Substrates, der Klima-, Lage- und Wittereinflüsse vor Ort und benötigt sicher Pflegemassnahmen.

Anforderungen an die Pflanzenarten sind schnelles Wachstum, hoher Bodendeckungsgrad und möglichst allelopathische Effekte – drei wesentliche Faktoren welche die Konkurrenzfähigkeit der Arten ausmachen. Ansaat-Mischungen sollten sich an natürlichen Pflanzengesellschaften trockener Standorte orientieren, da diese in sich stabil sind. Moose und Polster sind ein weiterer Ansatz, der aber nicht weiterverfolgt werden konnte.

Im Verlauf des Workshops wurden verschiedene Ideen zu geeigneten Pflanzengesellschaften, Arten für intensive und extensive Begrünung entwickelt und im Workshop 2 vertieft (siehe Kapitel 6).

Art und Mächtigkeit der Substrate spielen eine entscheidende Rolle für den Ansiedlungserfolg. Substrate können natürlichen oder künstlichen Ursprungs sein. Idealerweise würde das jeweils korrekte Substrat lokal gewählt. Insbesondere in der Dachbegrünung führen mangelhafte Richtlinien respektive Empfehlungen zur Substratmächtigkeit leider regelmässig zum Scheitern der gesetzten Ziele und somit nur geringem ökologischen Nutzen. Es ist davon auszugehen, dass die Variabilität der Materialien und Auflagedicke bei Dachbegrünungen weit grösser ist, als bei Geleise-Banketten, für die es durchaus Normen gibt. Dennoch ist mit einer hohen Vielfalt an Standortbedingungen zu rechnen.

Die Pflege wird sich an den bekannten Massnahmen im Nahverkehr-Rasengleis, der Dachbegrünung oder der Parkplatz-Pflege orientieren müssen - z.B. Mähen, Mulchen, Walzen – und wird eine Bestandeskontrolle insbesondere während der Etablierungszeit brauchen. Handkehrum stellt ein sorgfältig ausgewähltes Substrat die erfolgreiche Ansiedlung und auch die Verdrängung unerwünschter invasiver Arten sicher.

Aus diesen Überlegungen heraus – dem Zusammentragen mehrerer biotischer und abiotischer Einflüsse sowie menschlicher Eingriffe - wurde im Workshop 1 folgende umfassende Kriterienliste erstellt, welche eine Begrünung der Bankette erfüllen muss.

3.3.1 Input der SBB und Ergänzungen der Teilnehmer

- Einheimische Arten (autochthon) UND
- Keine Verunkrautung der landwirtschaftlichen Nutzflächen
 - Das Wachstum invasiver fremder Arten verhindern.
 - Kein Platz für Neophyten
 - Das Wachstum schädlicher land- oder forstwirtschaftlicher Unkräuter verhindern.
 - Das Wachstum von Gehölzen verhindern.
 - Welche Arten können toleriert werden, welche nicht?
 - Gesamte Bandbreite unterschiedlicher Habitate
 - Schweizer Ökotypen
 - Unterscheiden zwischen invasiven Pflanzen, Gehölzen und Unkräutern (z.B. *Cirsium vulgare*, *Equisetum arvense*, *Rubus fruticosus* aggr. etc.).
- Pflanzenarten
 - Resistent gegenüber klimatischen Widrigkeiten
 - Speziell geeignet für magere Standorte, karge Böden
 - Schutz vor Abschwemmungen oder Erosion bei starken Niederschlägen
- Saatgutverfügbarkeit (Handel)
 - Mehrere Mischungen bei mehreren Anbietern vorhanden
 - Es könnte sich als schwierig erweisen, Saatgut geeigneter Pflanzen zu erhalten, wenn diese nicht kommerziell genutzt werden.

- Keine Beeinträchtigung der Wasserdurchlässigkeit UND
- Kein Einwuchs in das Schotterbett
 - Kein Einfluss auf die Gleisgeometrie
 - Definition einer Toleranz für den Bewuchs der Gleise [Anmerkung: Gleise (Schotter) werden nie aktiv begrünt, allenfalls ein bestimmtes Ausmass an spontaner Vegetation toleriert.]
 - Keine Beeinträchtigung der Entwässerung durch Biomasse / Feinmaterial
 - Limitierender Wachstumsfaktor: Wasser
 - Zersetzung abgestorbenen humosen Materials
- Uneingeschränkt einzusehen, zugänglich und begehbar; keine Stolperfallen
 - Idealerweise 10-15 cm maximale Wuchshöhe der Pflanzen
 - Wuchshöhe 30-50 cm kann infrage kommen, sofern die effektive Höhe durch das nährstoffarme Substrat niedriger gehalten werden kann.
 - Wurzelraum mit technischen Mitteln auf wenige cm Tiefe beschränken
- Kostengünstig kontrollierbar, ohne Einsatz von Herbiziden
 - 1 bis 2 Pflegemassnahmen im Jahr
 - Mehraufwand im Vergleich zu Herbiziden
 - Notwendigkeit, Art und Intensität der Pflege je nach Klimaregion
 - Kein bis 1 Schnitt pro Jahr
- Konkurrenzstark gegen Fremdbewuchs
 - Mehrjährige konkurrenzfähige Bedeckung
 - Einfach und schnell zu etablieren
 - Ansaat einjähriger niedriger "Bodendecker", Moose
 - Konkurrenzschwach in benachbarten Flächen
 - Regenerationsfähig
- (Funktionelle) Biodiversität
 - Nicht anziehend für grössere Säugetiere (Hase, Reh etc.) um zu vermeiden, dass sie von den Zügen getötet werden.
 - Optimierung des Wertes für die Entomofauna (Bestäuber)
- Standortbedingungen (Boden, Niederschläge, Exposition); Steuerung der Pflanzengesellschaft über das nährstoffarme und trockene Substrat
 - Anteil Schluff und Ton des Substrats < 10% und Humusgehalt < 5%
 - Kein aktiver Nährstoffeintrag
 - Jährliches, totales Austrocknen des Bodens begünstigen
 - Wasserentzug: Steuerung des Bewuchses durch die Abdichtung

4 Feldbegehungen

Nach dem ersten Workshop erwies es sich als notwendig, Bankette, deren Substrate und Vegetationsbedeckung vor Ort zu sehen und den Experten-Gremien eine genauere Beschreibung respektive Fotodokumentation liefern zu können. Zusammen und/oder in Absprache mit der SBB wurden Feldbegehungen in Etwilen TG, MuttENZ BL, Rheinfelden AG und schliesslich am Versuchsstandort der SNCF in Villeneuve-St-Georges (FR) durchgeführt. Zusätzlich haben die Autoren an verschiedenen Orten leicht zugängliche Gleisbereiche zur Ergänzung der Fotodokumentation genutzt.

Während der Besuche wurden jeweils die Gesamtsituation vor Ort, die Substrate und die Vegetation betrachtet. Wo möglich wurde mit den Fachleuten vom Unterhalt über die Unterhaltsmassnahmen und die Schwierigkeiten vor Ort diskutiert. Die Besuche haben deutlich gemacht, dass es kleinräumig sehr grosse Unterschiede im Substrat geben kann, auch wenn die Anlagen ungefähr gleich alt sind. Zum Beispiel können einzelne Abschnitte deutlich mehr Humus enthalten als andere oder die Vegetationsbedeckung ändert abrupt sowohl im Bedeckungsgrad als

auch in der Artenzusammensetzung. Im Weiteren wurde klar, dass die Standorte des Hauptprojektes auch anhand von Sicherheitskriterien ausgewählt werden sollten, so dass für die Feldaufnahmen nötigen Besuche möglichst im Selbstschutz durchgeführt werden können.

Für die Versuchsanordnung ergibt sich damit die Notwendigkeit, Standorte zu bestimmen, welche über eine möglichst lange zusammenhängende Strecke eine gleichbleibende Ausprägung des Substrates und der bestehenden Vegetationsbedeckung aufweisen. Zudem wird es empfehlenswert sein, die Begrünungsverfahren zur Kontrolle auch auf neu angelegten Banketten (maximal ein Jahr alt, möglichst ohne Vorbesiedelung) und/oder ex-situ unter kontrollierten Bedingungen anzulegen.

Die angetroffene Vegetation wurde vor Ort bestimmt, falls unbekannt zur späteren Bestimmung gesammelt. Auf eine vollständige Vegetationsaufnahme musste aus Zeitgründen verzichtet werden. Festgehalten werden kann, dass die Vegetation der jeweiligen Standorte grossräumig ähnlich war, sich kleinräumig aber sehr unterschiedlich entwickelt. In jedem Standort wurden einheimische Arten und Neophyten beobachtet. Unter den einheimischen Arten befinden sich sowohl indifferente Arten als auch solche, welche unter Aspekten des Artenschutzes oder der Biodiversitätsförderung als erhaltens- oder förderungswert eingestuft werden können. Deutlich wurde aber auch, dass sowohl flächige als auch lineare Bahnstrukturen Neophyten Ansiedlungs- und Verbreitungsmöglichkeiten bieten und dass die bisherige Vegetationskontrolle – sprich die Herbizid-Applikation – nicht ausreicht, um deren Ansiedlung und Verbreitung zu verhindern. Im Folgenden werden die besuchten Orte beschrieben; zu jedem Ort ist am Ende des Berichtes eine Fotogalerie angehängt.

4.1 Etwilen TG, stillgelegter Rangierbahnhof



Besuch des Geländes des ehemaligen Rangierbahnhofes in Etwilen TG am 04.10.2018 (Quelle Kartenhintergrund: swissimage © swisstopo).

Die Vegetation wird zweimal jährlich, im Frühling und im Herbst mit Glyphosat in Einzelstockbehandlung bekämpft. Gemäss Mitteilung des örtlichen Anlageverantwortlichen Natur der SBB findet jährlich im Frühjahr eine Pflege mit Herbizid Applikation auf allen SBB Gleisen statt und im Herbst primär auf den Bahnhofsarealen. Die Arbeiter sind mit Rückenspritzen mit Rotationsdüsen ausgerüstet, die feine unverdünnte Glyphosat-Tröpfchen in einem engen Spritzfeld auf die Einzelpflanzen versprühen. Teilweise wird auch versuchsweise von fahrbaren Geräten, die mit Pflanzen-Sensoren ausgestattet sind, von den Geleisen aus verdünntes Glyphosat appliziert. Behandelt werden die Schotterbereiche und das Bankett auf einer Breite von ca. 40 cm, die Zwischengleisbereiche wenn sie kleiner als 4 m sind und die ganze Breite der Bankettbereiche innerhalb von Lärmschutzwänden.

Als Problemunkräuter werden der Acker-Schachtelhalm genannt, da dieser nicht auf Glyphosat anspricht, und Rubus-Arten, weil sie schnellwüchsig sind und mit ihren langen Trieben als

Stolperfallen eine Gefahr für das Personal darstellen. Moose werden nicht bekämpft, können jedoch eine Ausrutschgefahr darstellen.

Bei den invasiven Neophyten ist lediglich *Ambrosia* schweizweit melde- und bekämpfungspflichtig. Alle anderen Arten werden auf kantonaler Ebene mit unterschiedlicher Priorität bekämpft, was dazu führen kann, dass eine Art bis zur Kantonsgrenze bekämpft und jenseits der Grenze offenbar geduldet wird.

Allgemein sind die Anlageverantwortlichen zunehmend mit Einschränkungen durch Sicherheitsbestimmungen konfrontiert. Die Möglichkeiten mit fahrbaren Geräten zu arbeiten hängt von der Frequenz der vorbeifahrenden Züge ab und ist weitgehend auf Nachtarbeit beschränkt. Dies macht die Pflegearbeit aufwändig.

Das Substrat zwischen den Gleisschottern ist über das ganze Gelände hinweg ein Gemenge aus kleinerem Schutt und Feinsand (zementartig) in und auf dem sich je nach Vegetationsschicht unterschiedlich viel Humus gebildet hat; unter Moosen liegen dem Substrat bis zu 5 cm Humus. Der Untergrund ist aus ungewaschenem Wandkies gebaut.

Der Gleisschotter ist aufgrund der Trockenheit im grobkörnigen Schotter und dank der Herbizidapplikation weitestgehend, aber nicht gänzlich, vegetationsfrei. Die Gehwege zwischen den Gleisen sind sehr unterschiedlich dicht von Pflanzen und Moosen besiedelt. Die Wechsel der Vegetationsdecke und –dichte geschehen abrupt; Gründe für diese Wechsel gehen teilweise auf Zwischenlager von Schienen und anderen Materialien zurück, weil in diesen Bereichen die Herbizid-Applikation stark eingeschränkt war. An anderen Stellen liessen sich die Unterschiede im Bewuchs bisher nicht erklären. Auf Luftbildern heben sich die helleren (fast) vegetationsfreien Flächen deutlich von den dunkleren unterschiedlich stark besiedelten Flächen ab.

Im Wesentlichen ist die Vegetation des Geländes ziemlich einheitlich, wenngleich kleinräumig unterschiedlich. Moose prägen die meisten bedeckten Flächen und bilden bis zu mehreren Zentimetern dicke Polster. Insgesamt ist die Vegetationszusammensetzung eher artenarm. Mäusegerste (*Hordeum murinum*), Nachtkerze (*Oenothera biennis*) und Schneckenhopfenklee (*Medicago lupulina*) erscheinen häufig auf dem ganzen Areal. Andere Arten kommen eher vereinzelt vor. Weniger erfreuliche Gäste sind Schachtelhalm und Waldrebe (*Clematis vitalba*), die lange, kletternde Lianen bildet.

4.2 Muttenz BL, Rangierbahnhof



Besuch des Geländes des Rangierbahnhofes Muttenz (RBM) am 31.10.2018. (Quelle Kartenhintergrund: swissimage © swisstopo).

Ein Rundgang führte – nach Erläuterung der Sicherheitsmassnahmen – über das Gelände des Rangierbahnhofes.

Angetroffen wurden Anlagen mit unterschiedlichem Alter, von frisch angelegt (3-6 Monate) bis sehr alt (> 50, gar 70 Jahre). In Rangierbahnhöfen sind Bankette eher selten. Typisch sind Gehwege unterschiedlicher Breite; kennzeichnend sind auch mehrere Meter breite Zwischenbereiche. Typischerweise werden nur die Gleisrandbereiche (40 cm ab Schotterrand) mit Herbiziden behandelt, die meisten anderen Flächen werden gemulcht und/oder gejätet; in den Zwischenbereichen sowie in Schienenlagern wird die Vegetation teilweise gar nicht bekämpft. Ein häufig verwendetes Substrat ist ein Kalksteinschotter (0 – 15 mm), der sogenannte «Netztaler», in einer eher geringen Auflage von ca. 2-3 cm. Aufbau und Entwicklung der Substrate wurden an verschiedenen Stellen geprüft. Auffällig war, dass auch in Muttenz – wie in Etwilen – derselbe Bereich mit demselben Substrat plötzliche Veränderungen in der Vegetationsbesiedlung (Arten und Dichte) aufweisen kann, deren Ursache nicht ad hoc ersichtlich ist.

Angeschaut wurde v.a. die Vegetationsentwicklung mit besonderem Augenmerk auf (invasive) Neophyten (Tab. 3). In vielen Bereichen haben sich Moose angesiedelt. Kennzeichnend war, dass sich auf den Moosteppichen kaum weiterer Einwuchs von Gefässpflanzen zeigte, die Moose also ein hohes Verdrängungspotential haben. Moose stehen leider im Ruf, bei Nässe glitschig zu sein und damit eine Ausrutschgefahr darzustellen; die Prüfung der Begehrbarkeit vor Ort erwies sich aber als sehr zufriedenstellend. Die Moose waren sehr gut begehbar, teils sogar fester als der reine Feinschotter, der unter der Schuhsohle rollt.

Tabelle 3: Beispiel der in Muttenz beobachteten Flora. // exemples de plantes observées à Muttenz (gauche plantes non-problématiques ou précieuses; droite: plantes problématiques). // Examples of the flore observed in Muttenz (left: valuable and unproblematic plants; right: problematic plants).

Unproblematische / Wertvolle Pflanzen		Problematische Pflanzen
<i>Erodium sp.</i>	<i>Epilobium dodonei</i>	<i>Senecio inaequidens</i>
<i>Hypericum sp.</i>	<i>Setaria viridis</i>	<i>Ailanthus altissimus</i>
<i>Clematis vitalba</i>	<i>Mercurialis annua</i>	<i>Buddleja davidii</i>
<i>Medicago falcata</i>	<i>Portulaca oleracea</i>	<i>Cotoneaster horizontalis</i>
<i>Amaranthus albus</i>	<i>Linaria vulgaris</i>	<i>Conyza canadensis</i>
<i>Hieracium pilosella</i>	<i>Chaenorhinum minus</i>	<i>Rubus fruticosus aggr.</i>
<i>Vinca cf. minor</i>		

4.3 Rheinfeldern AG und Spontanaufnahmen

Im Anschluss an den Besuch des Rangierbahnhofes Muttenz wurde ein Streckenabschnitt bei Rheinfeldern, Aargau, vom Bahnhof bis Bahnstation Rheinfeldern-Auhafen besucht. Diese Strecke ist über mehrere Kilometer hinweg auf dem Bankett begehbar und rechtsseitig durch eine Schallmauer begrenzt. Die maximal gefahrene Geschwindigkeit ist 120 Km/h. Substrat und Bankettbewuchs sind über längere Strecken hinweg einheitlich. Auf dem Bahnhofsgelände sind die mittels Herbizid vegetationsfrei gehaltenen Streifen entlang der Gleise deutlich erkennbar (siehe Fotogalerie). Entlang der Lärmschutzwand besteht die Bankettoberfläche vorwiegend aus grobem Schotter, welcher abschnittsweise mehr oder weniger bewachsen und humos durchzogen ist. Auffallend sind die in regelmässigen Abständen erstellten Reptilien-Refugien und –Passagen entlang der Lärmschutzwand. Zwischen deren Ende und der Bahnstation Auhafen befindet sich ein längerer Abschnitt, auf welchem die Böschungsvegetation in das Bankett einwächst, was eine deutliche humose Überlagerung der Substrate zur Folge hat.

Ergänzend zu den in den vorangehenden Abschnitten genannten Ortschaften wurden regelmässig leicht zugängliche Gleisbereiche und Bankette ohne weitere Beurteilungen fotografiert. Diese Aufnahmen sind in der Fotogalerie mit Angabe des Ortes und einem kurzen Kommentar versehen dargestellt. Im Weiteren kann eine Bilder-Internet-Suche empfohlen werden, z.B. mit den Suchbegriffen «Bahn UND Vegetation»; diese liefert sehr ästhetische und eindruckliche Bilder.

4.4 Villeneuve St. Georges – SNCF, Paris, Frankreich, (ehemaliger) Rangierbahnhof



Geländebegehung Rangierbahnhof Villeneuve-St-Georges, Paris, Frankreich (SNCF) am 15.11.2018 (Quelle Kartenhintergrund: swissimage © swisstopo).

Der Rangierbahnhof, der mit 170 ha einer der grössten in Europa war, wurde 2011 grösstenteils stillgelegt. Heute wird er noch niederfrequent, vorwiegend zu Unterhalts- und Reparaturzwecken sowie als Abstellbahnhof, genutzt. Die SNCF plant im Rahmen einer Dissertation einen Begrünungsversuch auf circa 2,5 ha (blauer Pfeil). Zweck des Besuches in Villeneuve-St-Georges war, Unterschiede und Schnittstellen zwischen den Projekten der SBB und der SNCF zu identifizieren und die Möglichkeiten einer Zusammenarbeit zu eruieren. Darauf wird im Abschnitt «internationale Zusammenarbeit» detailliert eingegangen. Im Gegensatz zu den Schweizer Ortschaften wurde in Villeneuve lediglich die Gesamtsituation vor Ort betrachtet.

5 Zweiter Workshop – Erarbeitung eines geeigneten Versuchsdesigns und möglicher Saatmischungen

Der zweite Workshop (07.12.2018) wurde in kleinem Rahmen mit Saatgutproduzenten und Botanikern verschiedener Fachgebiete (Biodiversität, Taxonomie, Neobiota, Phytosoziologie, Herbologie) durchgeführt (Anhang 4). Nebst den Organisatoren der SBB und Agroscope Reckenholz waren Vertreter der HEPIA, von Info Flora, der Agroscope Changins, der Otto Hauenstein Samen AG und von fenaco Genossenschaft – UFA Samen Wildblumen anwesend. Dem Gremium wurden Beobachtungen der Feldbegehungen vorgestellt - kleinräumig unterschiedliche Deckungsgrade der Vegetation, ähnliche aber durchs Band nicht gleiche Substrate insbesondere mit unterschiedlich starker Humusanreicherung (siehe Kap. 5). Als weiterer Punkt wurden die Ergebnisse der Literaturstudie subsummiert und die Taxonliste vorgestellt (siehe Kap. 3).

Seitens der externen Teilnehmer wurden mehrere Pflanzen und Pflanzenmischungen vorgestellt:

A) 27 Komponenten (Kräuter und Gräser)

Die Mischung zeichnet sich aus durch Wuchshöhen zwischen 10-30 cm, einer Eignung für die Erstbegrünung karger, magerer Standorte (z.B. reine Kiesflächen ohne Organik) und einem geringen Pflegeaufwand (ausser Neophyten-Bekämpfung).

B) 42 Komponenten (Wildblumen, Gräser)

Universelle Mischung welche an den verschiedensten Standorten erfolgreich einsetzbar ist (feucht – trocken, sonnig – halbschattig). Der Pflegebedarf liegt bei 1-2 Schnitten im Jahr und Neophyten-Bekämpfung).

C) 44 Komponenten (Wildblumen, Gräser)

Die Mischung besitzt eine geringe Wuchshöhe, gute Begehrbarkeit, gute Bodenbedeckung und ist konkurrenzstark. Sie entwickelt sich rasch, ist mehrjährig und regenerationsfähig mit geringem Pflegeaufwand. Die Mischung wird bis in die Böschung hinein eingesetzt. Sie muss zweimal pro Jahr geschnitten werden.

D) 29 Komponenten (Kräuter und Gräser)

Die Mischung besteht aus kleinwüchsigen Pflanzen mit einem guten Deckungsgrad, welche einen sich selbst erhaltenden Bestand bilden. Pfahlwurzler wurden vermieden, damit der tiefere Substratbereich nicht gestört wird. Die Pflege liegt bei maximal einem (evtl. keinem) Schnitt pro Jahr oder alle zwei Jahre.

E) 39 Komponenten (Wildblumen und Gräser)

Die Mischung zeichnet sich durch niedriges Wachstum aus. Die Gräser dienen der Bodendeckung. Auf mageren Standorten bleibt diese Mischung über Jahre hinweg stabil. Sie wird zum Beispiel auch im Rasengleis eingesetzt (Stadt Zürich).

F) Pflanzengesellschaften *Plantagini-Cynodontetum* & *Bromo-Erigeretum canadensis* - mit *Cynodon dactylon* und *Bromus tectorum*

Diese Gesellschaften besitzen viele der für die Bankettbegrünung erwünschten Eigenschaften, werden aber auch oft von Neophyten begleitet.

G) Top-30-Liste

Für diese Liste wurden Arten berücksichtigt, welche sich in Dachbegrünungen als stresstolerant erwiesen hatten, aber ohne Pioniere welche teilweise auch Halbschatten ertragen. Hepia hat einige Arten selbst kommentiert: Zu den wegen ihrer Wuchseigenschaften spannenden Arten, gehören *Sanguisorba minor*, *Anthyllis carpatica*, *Galeopsis angustifolia*. Auch *Festuca laevigata* ist sehr gut geeignet aber eine Bergart, die wohl nicht im Mittelland verbreitet werden sollte.

Thymus pulegioides ist sehr konkurrenzstark, bildet dichte Bestände mit zahlreichen Blüten, was Bestäubern, insbesondere Bienen, zugutekommt.

Dieser Input wurde auf Ebene der Taxone einerseits durch die Taxonliste, andererseits das Gremium selbst kritisch geprüft (Abb. 3). Von 101 eingebrachten Pflanzenarten wurden 29

verworfen, weil sie eins oder mehrere der ausschlaggebenden Auswahlkriterien nicht erfüllten; bei zweien ist das Gremium geteilter Meinung. Schliesslich wurden 70 Taxone als geeignet für die Komposition von Mischungen akzeptiert. Als Fazit dieser Prüfung kann festgehalten werden, dass alle eingebrachten Mischungen bedingt akzeptiert werden können: In der Tat enthält jede vorgeschlagene Mischung Taxone, welche wesentliche Kriterien (Abschnitt 4.3) nicht erfüllen. Für die Feldversuche wird zu bestimmen sein, welche dieser 70 Taxone in Mischungen zusammengestellt werden können und ob es weitere geeignete Taxone gibt. Eine Entscheidung wird vor Beginn des Hauptprojektes gefällt.

Offene Diskussionsrunde:

- Allgemein wurde diskutiert, ob der Fokus nicht auf weniger Arten liegen müsse; dem wurde gegenübergestellt, dass der Einsatz vieler Arten die Flexibilität bei sich ändernden Umweltbedingungen (z.B. trockene versus nasse Jahre, bzw. Standorte) erhöht.
- Es können aber auch situativ verschiedene Strategien angedacht werden: i) einjährige Arten als initial Mischung, ii) kompetitive Arten um die Entwicklung unerwünschten Grüns zu blockieren oder iii) Kombinationen dieser. Anders formuliert: Dynamisch mit wenigen Arten vs. statisch mit vielen Arten.
- In Bezug auf Mischung C) wurde bemerkt, dass es sich um ein Rasengleis handle. De facto einen Nahverkehrszug, welcher auf einer Meterspur (analog Tram) mit durchschnittlicher Geschwindigkeit von 22 Km/h und Höchstgeschwindigkeit von 60 Km/h verkehrt. Zur Beurteilung der Eignung für den Bahnverkehr fehlten Angaben zum Aufbau der Substrate. Die Vorstellung von Mischung E) führte zu einer weiteren Besprechung der Vorteile der Tram-Rasengleise (Biodiversität, Wohlfühl-Effekt der Passanten etc.) aber auch der einfacheren Pflegebedingungen im Rasengleis inklusive der Möglichkeit der Bewässerung oder Düngung.
- Es wurde weiter bemerkt, dass in den Mischungen einige Arten sind, die bei erhöhter Wasser- oder Nährstoffverfügbarkeit deutlich höher wachsen. Dies könnte sich für die Sichtbarkeit der Signale im Bahnverkehr, insbesondere der am Boden befindlichen «Zwergsignale» als problematisch erweisen. Je nach Distanz, auf welche diese Signale sichtbar sein müssen, könne um die Signale herum auch eine versiegelte Oberfläche angedacht werden.
- Die Höhe des Wachstums einer einzelnen Pflanze kann situativ auch von der Dichte des Bestandes abhängen (Konkurrenz um Licht).
- Die Diskussion kam auch auf Moose, welche bei den Feldbegehungen oftmals angetroffen wurden. Trotz vieler im Sinne der Bankettbegrünung positiver Eigenschaften, sind die gezielte Ansaat und der gezielte Erhalt von Moosen aus Erfahrungen von botanischen Gärten quasi ein Ding der Unmöglichkeit; für die Ansaat (Sporen) z.B. fehlen geeignete Techniken.
- Auch wurde die Frage erörtert, warum Leguminosen gemäss Kriterienliste grösstenteils ausgeschlossen seien. Ein Haupteinwand war, dass die Nährstoffanreicherung Dank Knöllchenbakterien die Sukzession beschleunigen und damit die Ansiedlung spontaner, insbesondere holziger Vegetation fördern könnte. Hierzu wurde auch die «Lebensdauer» der Bankette aufgeworfen, welche 40 Jahre und mehr betragen sollte.
- Eine weitere Frage beschäftigte sich mit Gewichtung der Artenvielfalt bei der Komposition der Mischungen. Grundsätzlich ist solch eine Förderung erwünscht, rangiert aber hinter den Kriterien Sicherheit (Gleisstabilität, Begehbarkeit), Ansiedlungserfolg und Konkurrenzstärke. Es kann sicher festgehalten werden, dass die Begrünung per se Habitats schafft und gegenüber der bisherigen Vegetations-Kontrolle mittels Herbiziden eine deutliche Förderung der Biodiversität darstellt.
- Der Etablierungserfolg ist laut Produzenten gut gewährleistet: Selten müsse eine Nachsaat stattfinden.

Nach der Schilderung der in-situ Bedingungen und der Erörterung in Frage kommender Mischungen respektive Taxone wurde auch die Versuchsanlage mit dem Gremium erörtert. Die ausführliche Diskussion kann an dieser Stelle nur summarisch wiedergegeben werden. Jedoch warf insbesondere die Frage, was denn als Verfahren bezeichnet werden solle, Fragen auf. Bei dieser Frage ist zu entscheiden, ob die Ansaat (Mischung) als Verfahren gilt. Wenn ja, braucht es mehr Wiederholungen (mindestens 10) mit jeweiliger Bestimmung der Nährstoff-Gehalte. Bietet sich jedoch die Möglichkeit, die Ansaat auf einem (optisch) homogenen Substrat auszubringen, kann man auf Nährstoffanalysen weitestgehend verzichten. In beiden Fällen wäre es jedoch von Vorteil, einen Querschnitt des Banketts öffnen zu können. Weiter wurde festgestellt, dass die Steuerung der Vegetation idealerweise über moderne Substrate und Substratmächtigkeiten durch eine entsprechende Schichtung des Bankettes geschehe; dies könnte allerdings nur auf neu anzulegenden Banketten geschehen und ist im Rahmen des vorliegenden Projektes nicht umsetzbar.

Festgehalten wurde:

1. Es braucht mindestens drei, besser vier Standorte; zwei reichen zwecks Vergleichbarkeit kaum – und sollte ein Standort aus irgendwelchen Gründen ausfallen – gar nicht aus.
2. Die biogeographische Gross-Region muss dieselbe sein (Mittelland); auch hier wegen der Vergleichbarkeit. (Verschiedene biogeographische Regionen z.B. Mittelland, Voralpen, Südschweiz würden verschiedene Ansaaten bedingen).
3. Die Personen-Sicherheit (Untersuchende) ist ein ausschlaggebendes Kriterium für die Standortwahl.
4. Als Verfahren gilt: Eine Ansaat (Mischung) + Substrat (Nährstoffe)
5. Ansaaten (Mischungen): Drei, besser wären vier
6. Wiederholungen pro Verfahren (dienen der statistischen Absicherung): mindestens vier, besser acht. (Sollte «ein Verfahren = eine Ansaat» definiert werden, dann 10.)
7. In-situ sollten alte Bankette ausgewählt werden. Diese spiegeln die reale Situation eher wieder, als frisch erstellte/renovierte. Bestehende Vegetation muss dann allerdings vor der Versuchsanlage entfernt werden (Herbizid oder Jäten oder oberflächliche, manuelle Bodenbearbeitung), um den Konkurrenzdruck bestehender Pflanzengesellschaften zu eliminieren.
8. Ex-situ sollte im Sinne einer Null-Kontrolle - eine Anlage (eventuell zwei) erstellt werden, welche unter kontrollierten «semi-field»-Bedingungen die Situation auf neu erstellten Banketten simuliert. Diese Null-Kontrolle ist wichtig, um Erfolg respektive Misserfolg einer Ansaat erklären zu können.
9. Zwergsignale sollten aus Gründen der Sicherheit auf vegetationslosem Untergrund stehen. Eine Versiegelung wäre prüfenswert.
10. Für die einzelnen Verfahren müssen Bodenproben genommen werden, um beim evaluieren allfällige Unterschiede erklären zu können. Neben dem Nährstoffgehalt sollten auch die Körnungslinie des «durchwurzelbaren» Bodenprofils genommen werden.

6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen zum Hauptprojekt

6.1 Standorte, Verfahren und Wiederholungen

Die Anforderungen an die Standorte, die ausschlaggebende Beschaffenheit des Substrates, die Zusammensetzung der Verfahren und die nötige Anzahl Verfahren wurden im Verlaufe des Vorprojektes wiederholt in verschiedenen Panels besprochen. Ausgehend von der Idealvorstellung, dass die Standorte jede biogeographische Region der Schweiz widerspiegeln sollen und dass die wissenschaftliche Aussagekraft grösser ist, je mehr Standorte untersucht werden, wurde die Versuchsanlage im Laufe des Vorprojektes fokussiert.

Bedingungen an einen Standort:

- Zugänglichkeit und Sicherheit der Untersuchenden.
- Repräsentative Abdeckung des Schweizer Mittellandes als Region mit dem dichtesten Schienennetz (Abb. 8).
- Die Substrate sollten möglichst homogen sein.
- Die Fläche sollte ausreichen, um die verschiedenen Verfahren mit einer wissenschaftlich aussagekräftigen Anzahl Wiederholungen anzulegen. Ideal wären 10 m² für eine Untersuchungsfläche. Bei 3 Mischungen plus einer Kontrolle und 8 Wiederholungen sind das mindestens 320 m². Die Gesamtlänge der Untersuchungsfläche hängt von der Breite der Test-Bankette ab.
- Es braucht mindestens drei Standorte, um die wissenschaftlich belegte Aussagekraft der Studie zu sichern.

Anforderungen an die Verfahren:

- Die Ansaaten müssen den im ersten Workshop formulierten Anforderungen entsprechen (cf. Abschnitt «Anforderungen an die Begrünung von Geleise-Banketten»).
- Die Verfahren müssen zwecks Vergleichbarkeit an allen Standorte dieselben sein.
- Ansaaten können aus einzelnen Taxonen oder Mischungen bestehen. Idealerweise lehnt sich die Zusammensetzung von Mischungen an natürlich vorkommende Pflanzengesellschaften an.
- Die gewählten Taxone müssen die Prüfung durch die Taxonliste und die Besprechung im Experten-Gremium bestehen.
- Es müssen mindestens drei, besser vier Saadmischungen getestet werden.

Anforderungen an die Wiederholungen:

- Die Wiederholungen müssen die statistische Aussagekraft der Ergebnisse sicherstellen.
- Jede Wiederholung muss ca. 10 m² gross sein.
- Die Anzahl der Wiederholungen wird aus Kostengründen auf 8 festgelegt.

Kontrollen:

- Als Null-Kontrolle sollte eine ex-situ Anlage erstellt werden, welche ein neuangelegtes Bankett, frei von Humusanreicherung und Samenbank, simuliert.
- Als Belastungskontrolle sollte ein Test unter erschwerten in-situ Bedingungen stattfinden.

Dauer:

- 2019 – 2023: Fünf Jahre entsprechen - in Abhängigkeit der nötigen Etablierungs- und Wachstumszeiten – eine Mindestlaufzeit für Projekte, welche die Entwicklung einer Begrünung beurteilen sollen.

Die Relevanz des Projektes – die Begrünung der Bankette – scheint auf den ersten Blick, angesichts einer gängigen Bankettbreite von 0.6-1 Metern, zweitrangig. Wird dies jedoch auf die Länge des Streckennetzes hochgerechnet, ergeben sich relevante Grössen [19]. Mit Berücksichtigung der (Rangier-)Bahnhofsflächen ergeben sich respektable Flächen, die im

Zusammenhang mit den in der Einleitung besprochenen Chancen und Risiken der Bankettbegrünung (Tab. 1) zu beachten sind.

Die Substrate sind in bestehenden Banketten vorgegeben. Idealerweise würden sie aus den im ersten Workshop erörterten Materialien und Schichtungen bestehen, was aber allenfalls bei Neuanlagen/Renovationen möglich ist.

Mit Ausblick auf eine eventuelle Umsetzung der Untersuchungsergebnisse muss gesagt werden, dass die Kosten für Installation und Pflege einer Begrünung sicher auch einen entscheidenden Einfluss auf deren Umsetzung haben werden. Dieser Aspekt kann im Rahmen des Vorprojektes nicht weiterverfolgt werden und muss schliesslich den Ingenieuren, Technikern und Entscheidungsträgern der SBB überlassen werden. Für den Ersatz der Herbizide gilt abzuschätzen, wie sich die verschiedenen Methoden langfristig (über Jahrzehnte) gegeneinander aufrechnen:

- Begrünung: Niedrige Installationskosten mit höheren Pflegekosten.
- Bauliche aufwuchshemmende Massnahmen: Hohe Installationskosten mit geringen Pflegekosten.
- Zerstörende Massnahmen (Robotik, Heisswasser, etc.): Anschaffung der Maschinen und Materialien versus Applikations-, Betriebs- und Unterhaltskosten.

6.2 Internationale Zusammenarbeit

Auch international stehen Bahnbetriebe unter wachsendem Druck, den Herbizid-Einsatz im Bahnverkehr zu reduzieren oder gar gänzlich einzustellen. Alternativen zu den synthetischen Herbiziden werden weltweit geprüft (cf. Abschnitt Literatursuche). Jedoch hat – soweit den Autoren und der SBB bekannt – nur die französische SNCF auch ein Projekt lanciert, welches Begrünungs-Strategien im Gleisbereich prüft.

Deshalb wurden die für das französische Projekt zuständigen Mitarbeiterinnen der SNCF zum ersten Workshop eingeladen und später wurde das Untersuchungsgebiet in der Gare de Triage Villeneuve-St-George besucht. Zweck des Besuches war, Unterschiede und Schnittstellen (Tab. 5) zwischen den Projekten der SBB und der SNCF zu identifizieren und die Möglichkeiten einer Zusammenarbeit zu eruieren.

Trotz ähnlicher Zielsetzungen und einiger Schnittstellen unterscheiden sich beide Projekte in wesentlichen Merkmalen. Die Zusammenarbeit wird deshalb nur niedrigschwellig möglich sein. Vorerst geplant sind ein Erfahrungsaustausch und das Ausbringen einer Schweizer Saatmischung in Villeneuve-St-Georges. Den SNCF bringt dies ein zusätzliches Verfahren und der SBB einen Test der Mischung unter erschwerten Bedingungen.

Vergleich der Versuche der SNCF und der SBB - Unterschiede und Schnittstellen

Die SNCF betrachtet ausschliesslich die Vegetation und ihre Entwicklung. Mögliche Problemfelder (Wasserhaushalt, Wurzelwachstum etc.) für den Gleisaufbau werden explizit ausgeschlossen respektive durch andere Verantwortliche untersucht.

Die SBB wird im Hauptprojekt bei der Auswahl von geeigneten Pflanzen speziell darauf achten, dass diese mit ihrer Durchwurzelung den Wasserhaushalt der Bankette nicht beeinflussen. Eine direkte Untersuchung ist im Rahmen des Projektes nicht vorgesehen, es wird aber empfohlen, die Versuchsflächen nach Ablauf des Projektes für Folgeuntersuchungen zu erhalten.

Die Dissertation der SNCF wird eine Begrünung des gesamten Gleisbereiches insbesondere des Schotters anstreben. Am Versuchsstandort befinden sich zwischen den Gleisen auch keine Zwischenbereiche oder Unterhaltswege: Der knappe Abstand zwischen den Gleisen ist durchgehend mit Schotter befüllt. Hierbei ist anzumerken, dass die Schotterkörper des Versuchsgeländes 50 Jahre und älter sind und teilweise so stark verwittert sind, dass sie in einzelnen Bereichen eher Sand- als Schotterflächen bilden (siehe Fotogalerie).

Das SBB Projekt untersucht explizit die Möglichkeit, Gleis-Bankette im engeren Sinn zu begrünen, eventuell mit einer Übertragbarkeit auf Unterhaltswege oder Zwischenbereiche im (Rangier-)Bahnhofsgebiet. Die Schotterflächen sollen explizit nicht begrünt werden. Auch das Einwachsen der Vegetation aus den Banketten in die Schotterbereiche ist für die SBB unerwünscht. Die zu testenden Begrünungsverfahren werden dementsprechend ausgearbeitet. Nebst den Versuchsflächen in Villeneuve-St-Georges, wird die SNCF ab 2020 frankreichweit in 23 sogenannten «infrapôles» je ein regional angepasstes Verfahren testen. Diese Mischungen werden von Saatgutproduzenten zusammen mit Ansaat- und Pflegeanleitungen für jeden einzelnen infrapôle entwickelt und vor Ort vom zuständigen Unterhaltungsdienst gepflegt.

Die SBB konzentrieren die Untersuchungen auf das Schweizer Mittelland. An drei Standorten sollen mindestens drei Verfahren in mehreren Wiederholungen getestet und zusätzlich eine Ex-situ-Anlage erstellt werden. Die Mischungen werden in Zusammenarbeit mit Saatgutproduzenten und Botanik-Experten entwickelt und mithilfe einer Literaturanalyse geeicht.

Die Versuchsflächen der SNCF sind stark bewachsen, teils schon verbuscht. Vor der Versuchsanlage sollen die Flächen ohne Verwendung von Herbiziden (Rodung) von der Vegetation komplett befreit werden.

Die SBB sucht bezüglich Bewuchs und Substrate in sich möglichst homogene Bankette aus. Wenn nötig werden die Versuchsflächen vor der Versuchsanlage manuell und/oder chemisch von spontaner Vegetation befreit.

Die Erfassung möglicher Einflüsse der Umgebung auf die Versuchsflächen (Biodiversitätsaufnahmen und Umwelt-Impacts), respektive umgekehrt, ist in beiden Projekten nicht geplant; allenfalls durch ergänzende Untersuchungen durchführbar.

Tabelle 4: Schnittstellen und Unterschiede zwischen dem Schweizer und dem Französischen Begrünungsprojekt. // Interface et différences entre les projets de végétalisation Suisse et Français. // Interface and differences between the Swiss and the French greening projects.

Thema	SNCF - Dissertation M. Ehmig	SBB - BGB-Projekt Agroscope
Schnittstellen		
Untersuchungsgegenstand: Herbizid-Verzicht mittels gezielter Begrünung Vegetationsentwicklung Eignung bestimmter Taxone (Arten) oder Pflanzengesellschaften bestimmen. Vergleich der Umsetzbarkeit Vergleich der Rezeption bei den regionalen Verantwortlichen Möglicherweise Test einer BGB-Mischung im Triage Villeneuve		
Unterschiede		
Gleisbereich	Fahrbahn Bereiche A, B, C, (D), E	Bankette (per extensio Unterhaltswege und Zwischenbereiche) Bereiche C, D, E
Substrate	Schotter (Vergrusste Schotter)	Feinkies auf Sand und Wandkies
Vorprojekt	2017: Studentischer Praktikumsbericht Thema beschreiben Dauer: ½ Jahr	2018: Machbarkeits-Studie (vorliegender Bericht) Expertengremium, Workshops, Geländebegehungen, Literaturanalysen Dauer: ½ Jahr
Hauptprojekt	Dissertation 2018: Vorbereitungen 2019: Versuchsanlage Dauer: 3 Jahre Untersuchungszeitraum: 2 Jahre	Wissenschaftliche Untersuchung 2019: Versuchsanlage Dauer: 5 Jahre Untersuchungszeitraum: 5 Jahre
Standorte	2019: Triage Villeneuve 2020: Frankreichweit ca. 20 // je 1 pro «infrapôle» (Verwaltungseinheiten)	2019: Schweizer Mittelland 3
Begrünungsverfahren – Entwicklung	Saatgutproduzenten unter Beteiligung von M. Ehmig	Gremium: Saatgutproduzenten, Botaniker, Umweltexperten
Begrünungsverfahren - Typen	Mischungen	Mischungen Einzelpflanzen
Begrünungsverfahren - Anzahl	Triage Villeneuve: mehrere Verfahren Infrapôles: Je Standort: 1; Insgesamt: ca. 20 verschiedene	Je Standort dieselben insgesamt 3
Begrünungsverfahren - ex-situ	Nicht berücksichtigt	1 Standort mit im Materialaufbau simulierter Neuanlage
Auswirkungen der Vegetation auf das Gleisbett	Nicht berücksichtigt Nicht untersucht.	Berücksichtigt bei Auswahl der Taxone/Gesellschaften Nicht untersucht.
Wechselwirkung mit der Umgebung	Nicht berücksichtigt Eventuell gesondert untersucht	Nicht berücksichtigt Keine Untersuchung geplant

6.3 Nationale Zusammenarbeit

Im Laufe des Vorprojektes hat sich gezeigt, dass zur gegenseitigen Eichung und Absicherung Erfahrung verschiedener Fachrichtungen und Fachspezialisten auf nationaler Ebene nötig sein werden. Geplant ist, dass die Institutionen und Unternehmen, welche im Workshop 1 und Workshop 2 wesentlich zur Weiterentwicklung des Vorprojektes beigetragen haben, auch während des Hauptprojektes eingebunden bleiben (Abb. 7). Vertieft werden soll die Zusammenarbeit zwischen Agroscope als Bundesforschungsanstalt und der HEPIA als Hochschule [75]. Auch wird in dieser Konstellation eine Zusammenarbeit zwischen Deutsch- und Westschweiz intensiv gefördert. Als unabhängige beratende Instanz zu allen botanischen Fragen ist Info Flora involviert. Agroscope Changins wird unter dem Aspekt der Herbolgie-Expertise eingebunden. Schliesslich werden die Saatgutproduzenten einerseits das Saatgut bereitstellen, andererseits ihre Erfahrung mit der Implementierung von Begrünungen einbringen. Alle genannten Beteiligten sind auch in die Entwicklung der Test-Verfahren eingebunden.

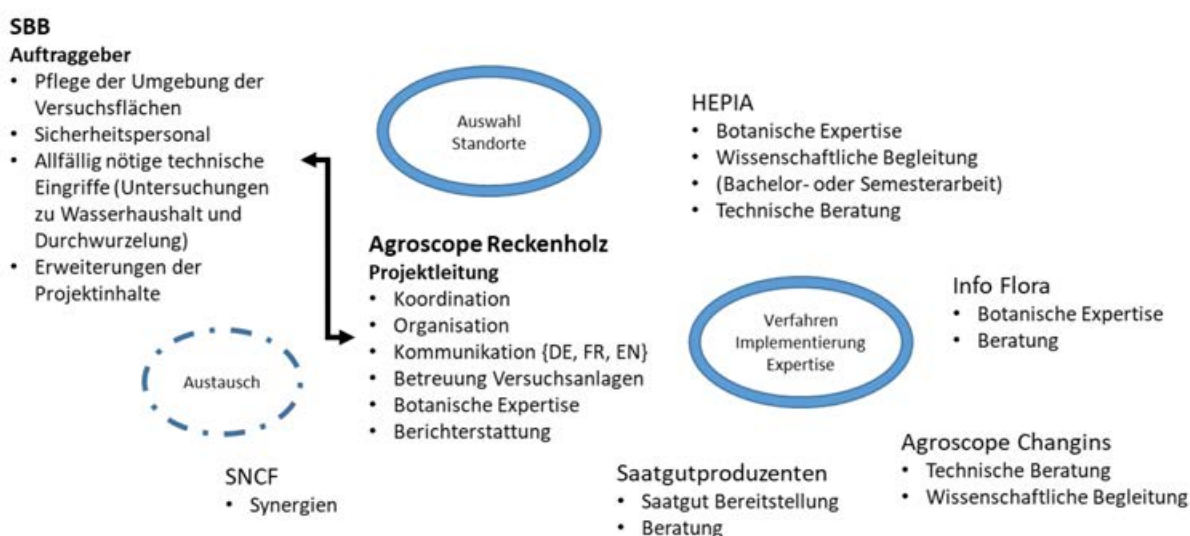


Abbildung 7: Skizze der Partnerschaften und Zusammenarbeit mit summarischer Schilderung der jeweiligen Zuständigkeiten (Stand Dezember 2018). // Esquisse des partenariats et collaborations projetés. // Scheme of the planned partnerships and collaboration.

7 Ausblick

Das übergeordnete SBB-Projekt «Alternativen Herbizid» setzt einen engmaschigen Zeitplan, der für Begrünungsprojekte aufgrund des Wachstumsverhaltens der Pflanzen eher unüblich ist. So wird schon nach dem 2. Versuchsjahr ein Zwischenbericht fällig. Die Entwicklung der mit den Mischungen angestrebten Pflanzengemeinschaften der Ruderalstandorte kann unter natürlichen Bedingungen mehrere Jahre dauern. Insbesondere einige vielversprechende Arten brauchen 2-4 Jahre Betreuung bis zur erfolgreichen, dann aber sehr dauerhaften und konkurrenzstarken Etablierung. Die Lebensdauer von Banketten beträgt circa 40 und mehr Jahre, in denen die Begrünungen den vorgegebenen Ansprüchen genügen sollten. Die Gesamtlaufzeit des Projektes scheint mit fünf Jahren (2019 – 2023) also eher knapp angesetzt. Jedoch werden die vorgeschlagenen Mischungen auf drei in-situ Standorten des Schweizer Mittellandes – als dichtest durch Bahnen befahrene biogeographische Region (Abb. 8) - und in ausreichender Wiederholung getestet (Tab. 5). Dies wird erlauben, aussagekräftige und richtungsweisende Einschätzungen zu generieren, womit greifbare Resultate erwarten werden dürfen.

Tabelle 5: Zusammenfassung der geplanten Versuchsanlage. // Résumé du concept de recherche planifié. // Summary of the planned trial design.

Standorte bei/in	Genf	Yverdon	Biel/Bienne	Basel	Frankreich
Lokalisation	Ex-situ	In-situ	In-situ	In-situ	In-situ
Verfahren	3	3	3	3	1
Wiederholungen (Durchschnitt)	8	8	8	8	1
Funktion	Kontrolle	Test	Test	Test	Kontrolle



Abbildung 8: Schienennetz der Schweizer Bahnbetriebe in den fünf Schweizer biogeographischen Regionen (Quelle: <https://map.geo.admin.ch>). // Réseau des chemin de fer Suisses dans les cinq régions biogéographiques. // Swiss railways network in the five biogeographic regions. (Quelle Kartenhintergrund: map.geo.admin.ch)

Die Versuchsanordnung in situ kann nicht auf dem Reissbrett erfolgen: Zum Festlegen der Versuchsanordnung muss jeder Standort besucht und die einzelnen Testflächen (Wiederholungen der Verfahren) vor Ort festgelegt werden. Damit ist auch die definitive Auswahl der eingesetzten Mischungen verknüpft. Wenn das Projekt zum Schluss kommt, dass eine Begrünung der Bankette implementiert werden könnte, sind alte Bankette eher die Standardsituation. Deshalb wird von einer Steuerung der Vegetation über die im ersten Workshop vorgeschlagenen modernen Substrate und Substratmächtigkeit, also durch eine entsprechende Schichtung des Bankettes welche nur bei Neuanlagen/Renovationen geschehen könnte, abgesehen. Sowohl die Standorte als auch die Verfahren werden im Frühjahr 2019 definitiv festgelegt und die Mischungen ausgebracht.

Seitens der Projektleitung wird den Sicherheitsaspekten i) Destabilisierung des Schotterbetts und von Kunstbauten durch Wurzelbildung und verändertem Wasserabfluss, ii) Einschränkung der Sicht auf Strecke und Signale und iii) Beeinträchtigung von Flucht- oder Gehwegen durch potentielle Rutsch- und Stolperfallen, durch die Auswahl der Taxone Rechnung getragen. Zwecks langfristiger Gewährleistung dieser Sicherheitsaspekte, werden die Versuchsflächen über den projektierten Zeitrahmen hinaus wahrscheinlich für weiterführende Untersuchungen erhalten bleiben.

8 Literaturverzeichnis

1. **Glyphosat: Umstrittene Mutter aller Herbizide** [<https://www.bauernzeitung.ch/news-archiv/2018/glyphosat-umstrittene-mutter-aller-herbizide>]
2. **Kein Persilschein für Glyphosat** [<https://www.konsumentenschutz.ch/tag/glyphosat/>]
3. **BAFU-Grenzwerte ohne Wert für gefährlichste Pestizide?** [<http://www.aefu.ch/themen/chemikalien/pestizide/>]
4. **Glyphosat** [<https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/lebensmittel-und-ernaehrung/lebensmittelsicherheit/stoffe-im-fokus/glyphosat.html>]
5. **Glyphosat-Verbot in Frankreich vorerst gescheitert** [<https://www.nzz.ch/international/glyphosat-verbot-in-frankreich-vorerst-gescheitert-id.1389722>]
6. **Koalition bei Glyphosat-Ausstieg doch einig** [<https://www.n-tv.de/politik/Koalition-bei-Glyphosat-Ausstieg-doch-einig-article20387864.html>]
7. infra, SNCF: **Les traitements chimiques de la végétation des voies ferrées par la SNCF.** 2009.
8. **Verkaufsmengen der Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe** [<https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/nachhaltige-produktion/pflanzenschutz/pflanzenschutzmittel/verkaufsmengen-der-pflanzenschutzmittel-wirkstoffe.html>]
9. **Entwicklung des weltweiten Verbrauchs von Glyphosat** [<https://www.lfl.bayern.de/ips/unkraut/192703/index.php>]
10. Gunter A: **Vegetationskontrolle SBB - Auffrischungskurs FABE PSM.** 2017.
11. Sattelberger R: *Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Biozid-Produkten im nicht-land-und forstwirtschaftlichen Bereich.* Umweltbundesamt; 2001.
12. Rask AM, Kristoffersen P: **A review of non-chemical weed control on hard surfaces.** *Weed Research* 2007, **47**:370-380.
13. Torstensson L: **Use of herbicides on railway tracks in Sweden.** *Pesticide outlook* 2001, **12**:16-21.
14. Nyberg RG: **Automating condition monitoring of vegetation on railway trackbeds and embankments.** Edinburgh University Press, 2016.
15. Nash CE: **CONTROLLING UNWANTED VEGETATION THAT IMPACTS RAILROAD INFRASTRUCTURE.** 1998.
16. Leake C: **UIC International Workshop Weed control on Railways : what future for herbicides ?** 2016.
17. British_Columbia_Railway_Company: **Integrated Vegetation Management Plan 2008-2013.** 2007.
18. Koch B: **Handbuch Eisenbahninfrastruktur - Umweltschutz.** In. Edited by Fendrich L, Fengler W. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2013: 897-984
19. Below M, Gaechter F: **Vegetation control at UIC railways.** *RAIL INTERNATIONAL* 2004, **35**.
20. **Info Flora - Downloads** [<https://www.infoflora.ch/de/allgemeines/downloads.html>]
21. Lattrell B: **PA-haltige Pflanzen auf nicht landwirtschaftlich genutzten Flächen.** 2015.
22. Bischoff W, Cueni J, Peisl-Gaillet Y, Kolly D: **Bekämpfung invasiver Neophyten: beschränkte Mittel zielgerichtet einsetzen (Essay).** *Schweiz Z Forstwes* 165 (2014) 6: 132–139 2014, **165**:132–139.
23. Mueller-Schaerer H, Lommen S: **Section 6: Outlook and future activities.** In *Ambrosia in Germany - Can the Invasion Be Halted? Volume 445.* Edited by Starfinger U, Solter U, Verschwele A; 2014: 148-155: *Julius-Kuhn-Archiv*].
24. Koch B: **Pilotprojekt "Grüne Bankette" auf der Strecke Riedwil - Wynigen (BE).** 1992.
25. Darr E, Fiebig W: **Feste Fahrbahn - Konstruktion und Bauarten für Eisenbahn und Straßenbahn.** *VDEI-Schriftenreihe; Verband Deutscher Eisenbahn-Ingenieure eV (VDEI)* 2006.
26. Grüngleisnetzwerk: **Wirkung und Funktion Grüner Gleise.** 2012.
27. Plante_&_Cité: **Végétalisation de tramway –Site d'Angers.** 2013.
28. Plante_&_Cité: **Végétalisation du tramway de la Communauté Urbaine de Bordeaux.** 2013.

29. Fuchs, Mählmann: **Integrierter Umweltschutz in der Textilindustrie: Einsatz neuartiger Textil-Matten als Vegetationstragschicht in Gleisbett-Naturierungen zur Emissionminderung und Retention von Niederschlagswasser, TV1.** 2004.
30. Grüngleisnetzwerk: **HANDBUCH Gleisbegrünung - Planung • Ausführung • Pflege.** 2014.
31. Strailastic: **Projektbericht / Rasengleissysteme.** 2008.
32. AG S: **Ausführungs- und Qualitätsvorschriften (AQV) für Bankette (FB 400-0204).** 2017.
33. Gmünder M, Damo M: **Begrünte Bankette.** 2018.
34. Speiser B: **Abschätzung der möglichen Auswirkungen der Vegetationskontrolle bei Bahngleisen auf die Bioproduktion.** 2014.
35. James KL, Randall NP, Haddaway NR: **A methodology for systematic mapping in environmental sciences.** *Environmental Evidence* 2016, **5**:1-13.
36. Collaboration_for_Environmental_Evidence: **Guidelines for Systematic Review and Evidence Synthesis in Environmental Management. Version 4.2.** In *Collaboration for Environmental Evidence*; 2013.
37. Clapton J, Rutter D, Sharif N: **SCIE Systematic mapping guidance.** In; 2009
38. Sargent C: **Britain's Railway Vegetation.** *Environmental Conservation* 1984, **12**:193-194.
39. Brandes D: **Bibliographie zur Eisenbahnvegetation.** *Technische Universität Carolo-Wilhelmina, Universitätsbibliothek, Braunschweig, Retrieved* 2012, **8.**
40. Ciardo F, Hoffer-Massard F, Bornand C: **Notes floristiques vaudoises 2013.** *Bulletin du Cercle vaudois de botanique* 2012, **42**:112-135.
41. Bornand C, Hoffer-Massard F: **Espèces nouvelles dans le sud-ouest de la Suisse.** *Bulletin du Cercle vaudois de botanique* 2004, **33**:99-122.
42. Tinner U, Schumacher H: **Flora auf Bahnhöfen der Nordostschweiz.** *Botanica Helvetica* 2004, **114**:109-126.
43. Brandes D, Oppermann F: **Straßen, Kanäle und Bahnanlagen als lineare Strukturen in der Landschaft sowie deren Bedeutung für die Vegetation.** 1995.
44. Brandes D: **Flora und Vegetation der Bahnhöfe Mitteleuropas.** *Phytocoenologia* 1983:31-115.
45. Vilemeyer et al.: **Can linear transportation infrastructure verges constitute a habitat and/or a corridor for insects in temperate landscapes? A systematic review.** *Environmental Evidence* 2018, **7**:5.
46. Jeusset et al.: **Can linear transportation infrastructure verges constitute a habitat and/or a corridor for biodiversity in temperate landscapes? A systematic review protocol.** *Environmental Evidence* 2016, **5**:5.
47. Wilkomirski B, Galera H, Sudnik-Wójcikowska B, Staszewski T, Malawska M: **Railway tracks-habitat conditions, contamination, floristic settlement-a review.** *Environment and Natural Resources Research* 2012, **2**:86.
48. Wołkowycki D, Banaszuk P: **Railway routes as corridors for invasive plant species. The case of NE Poland.**; 2016.
49. Penone C, Machon N, Julliard R, Le Viol I: **Do railway edges provide functional connectivity for plant communities in an urban context?** *Biological Conservation* 2012, **148**:126-133.
50. Jandová L, Sklenář P, Kovář P: **Changes of Grassland Vegetation in Surroundings of New Railway Flyover (Eastern Bohemia, Czech Republic). Part I: Plant Communities and Permanent Habitat Plots.** 2009, **2**:35.
51. Niemi Ak: **On the railway vegetation and flora between Esbo and Inga, S. Finland.** 1969.
52. Aubert J, Burri A, Le Baron J-Y: **La valorisation des talus ferroviaires.** 2004.
53. Lachat T, Pauli D, Gonseth Y, Klaus G, Scheidegger C, Vittoz P, Walter T: **Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Ist die Talsohle erreicht?;** 2010.
54. Lym RG: **Integration of biological control agents with other weed management technologies: Successes from the leafy spurge (Euphorbia esula) IPM program.** *Biological Control* 2005, **35**:366-375.
55. Nyberg GA: **Burlington Northern Santa Fe Railway Vegetation Control Program.** 2001.

56. **Bahnhof Zittau, Gleise Richtung Tschechien und ins Zittauer Gebirge am Hauptbahnhof Zittau, Grenzbahnhof**
[<https://www.flickr.com/photos/96964423@N03/35856898606/>]
57. **Foto -** [<http://www.abs48.com/gesamtprojekt/projektorganisation-und-partner/projektpartner>]
58. **Maschinelle Böschungspflege** [<http://www.gus-ag.ch/project-4-2/>]
59. Ammann M: **Richtlinie Chemische Vegetationskontrolle auf und an Gleisanlagen.** BAV; 2016.
60. **SBB versprühen jährlich 5500 l Glyphosat**
[<https://www.schweizerbauer.ch/pflanzen/pflanzenschutz/sbb-verspruehen-jaehrlich-5500-l-glyphosat-31284.html>]
61. Ascard J, Hatcher P, Melander B, Upadhyaya M: **Allelopathy: A Potential Tool in the Development of Strategies for Biorational Weed Management.** *Non-chemical Weed Management* 2007:155.
62. Green S: **A review of the potential for the use of bioherbicides to control forest weeds in the UK.** *Forestry: An International Journal of Forest Research* 2003, **76**:285-298.
63. Fogelberg F, Larsolle A: **Maintenance of railway embankments-how to use the Yara N-sensor for prognosis of weed control measures.** In *9 th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control Samsun, Turkey.* 2011: 87-90.
64. Gfeller A, Chombart S, Bouchart M-A, Chevalley Y, Monnier A, Tschuy F, Wirth J: **Nouvelles avancées en allélopathie.** 2014.
65. Knudsmark Jessing K, Duke SO, Cedergreen N: **Potential Ecological Roles of Artemisinin Produced by Artemisia annua L.** *Journal of Chemical Ecology* 2014, **40**:100-117.
66. Willis RJ: **The historical bases of the concept of allelopathy.** *Journal of the History of Biology* 1985, **18**:71-102.
67. Willis RJ: *The history of allelopathy.* Heidelberg: Springer-Verlag GmbH; 2007.
68. Cheema ZA, Farooq M, Wahid A: *Allelopathy: current trends and future applications.* Springer Science & Business Media; 2012.
69. Achatz M, Morris EK, Müller F, Hilker M, Rillig MC: **Soil hypha-mediated movement of allelochemicals: arbuscular mycorrhizae extend the bioactive zone of juglone.** *Functional Ecology* 2014, **28**:1020-1029.
70. Gostner J, Überall F: **Phytoraf – Ernterückstand als vielfältige Rohstoffquelle.** *Biobased Future* 2014, **Nummer 2 – Juli 2014.**
71. Dayan FE, Cantrell CL, Duke SO: **Natural products in crop protection.** *Bioorganic & Medicinal Chemistry* 2009, **17**:4022-4034.
72. Delabays N, Bohren C: **L'allélopathie et son utilisation en agriculture biologique.** *Journées Techniques Nationales Fruits & Légumes et Viticulture Biologiques* 2006.
73. Tesio F, Ferrero A: **Allelopathy, a chance for sustainable weed management.** *International Journal of Sustainable Development & World Ecology* 2010, **17**:377-389.
74. Landolt E, Bäumler B, Erhardt A, Hegg O, Klötzli F, Lämmli W, Nobis M, Rudmann-Maurer K, Schweingruber FH, Theurillat J-P, et al: *Flora indicativa. Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen.* 2010.
75. **HEPIA - Institut Terre-Nature-Environnement** [<https://www.hesge.ch/hepia/rad/intne/>]

9 Anhang

Anhang 1: Mögliche Fragestellung zur Vegetationskontrolle ohne Herbizide einer vertieften systematischen Literaturanalyse gemäss Konvention einer Systematic Map oder einer Systematic Review. // Question possible pour une étude de littérature approfondie suivant les règles d'une «systematic map». // Possible question for a deeper literature study according to the guidelines of a systematic map.

A) Question	What evidence exists on the efficacy of alternatives to glyphosate for vegetation control and on controlled use of greening strategies in railroad track benches?
Population	Railway, Tramway, (Roof), (Road)
Intervention	All kinds of vegetation control (but for herbicides) and greening strategies (taxons, allelopathy, vigour, concurrence)
Comparator	A) Vegetation control methods versus herbicide or no-treatment and B) growth development of greening strategies
Outcome	Quantified efficacy of vegetation control and/or feasibility of greening strategies (soil coverage, track security, walk-on-stability)
B) Search Terms	(railway OR railroad OR track OR train OR tramway) AND (vegetation) AND (control) AND (steam OR flaming OR greening OR mechanical OR mulch) <i>In English, German, French and in different compositions</i>

Anhang 2 A: Auszug der im Rahmen der Literatursuche anhand der in den Publikationen gemachten Aussagen erstellten Bewertungstabelle zu den Eigenschaften der jeweils untersuchten Arten. // Extrait des déclarations faites au sujet des espèces décrites dans la littérature. // Extract of the statements made in literature concerning single plant species.

Wuchshöhe	Konkurrenzstärke / inkrautunterdrücku	konk_allelopathisch	Allelochemikalien	Kälteresistenz	Wuchsform	Wurzel	Perennität	Bodenbedeckung	Begehbarkeit	Wuchsgeschwindigkeit (Lebensraum,	Pflege_Mahd	Pflege_Andere	Landw. Unkraut	Bienenweide	Refugium (Insekten)	Litze-/trockenresister	---lbstansamend/austr	Besonderheiten	Bewertung in Tram- Rasengleisen	Trittoleranz	Schnitttoleranz
6	nein_schwach							sehr gut		nein						ja			eher schlecht		
	nein_keine																				
	ja_se	ja_se	Ailanthone																		
		nein_schwach/vielleicht																			
		ja_hq	precocene I, precocene II, and stigmast-5,22-diene-3 beta-ol																		
		ja_mittel																			
		nein	glucosinolates and flavonoid glycosides																		
		nein	glucosinolates and flavonoid glycosides																		
50-15	ja_se	ja_se	Artemisinin																		

Anhang 2 B: Beispiel zur Codierung der aus der Literatur gezogenen Informationen anhand der Kenngrößen Allelopathie und Konkurrenzstärke. // Example de la codification des informations tirées de la littérature. // Example of the codification of information taken from the literature.

Allelopathische Wirkung	Konkurrenzstärke / Unkrautunterdrückung	Bewertung
sehr hoch	sehr stark	hochsignifikant
hoch	stark	signifikant
mittel	NA	leicht signifikant
niedrig	NA	nicht signifikante Verminderung
schwach/vielleicht	schwach	nicht signifikant - sehr geringe Verminderung
keine	keine	kaum Abweichung
Widerspr.: XXXX		Widersprüchliche Resultate in verschiedenen Untersuchungen

Anhang 3: 120 der 523 in der Literatur als Schweizer Bahnbegleitflora genannten Taxone - weiche Ausschlusskriterien und Positivliste, sowie ihre in der Literatur genannte Verwendung im Rasengleis oder als landwirtschaftliche Zwischenfrucht und ihre Kompetitivität (aufgeteilt in Konkurrenzstärke und allelopathische Eigenschaften). // Evaluation de 120 des 523 taxons cités dans la littérature Suisse comme accompagnant les voies ferroviaires. // Evaluation 120 of the 523 taxons cited as railroad companions in Swiss literature.

Taxon	Bewertung mittels Taxonliste		Verwendung, Eigenschaft (Literatur)				
	Zu prüfen aufgrund weicher Ausschlusskriterien	Auf der Positivliste & Hauptvorteil	Nr_Rasengleis	Nr_Zwischenfrucht	Konkurrenzstark	Allelopathisch	Kompetitivität
<i>Ajuga reptans</i>		Wuchshöhe bis 30cm					
<i>Alliaria petiolata</i>	Wuchshöhe						
<i>Amaranthus blitum</i>	Wuchshöhe						
<i>Anagallis arvensis</i>	Landw. Unkraut im nahen Ausland						
<i>Anemone nemorosa</i>		Wuchshöhe bis 30cm					
<i>Anthemis tinctoria</i>	Wuchshöhe		x				
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Wuchshöhe		x				
<i>Anthyllis vulneraria</i>	Wuchshöhe						
<i>Arabidopsis thaliana</i>	Landw. Unkraut im nahen Ausland						
<i>Arabis hirsuta</i>	Wuchshöhe						
<i>Arenaria serpyllifolia</i>		Wuchshöhe bis 30cm					
<i>Asplenium ruta-muraria</i>	Temperaturverträglichkeit						
<i>Asplenium trichomanes</i>		Wuchshöhe maximal bis 50 cm					
<i>Barbarea vulgaris</i>	Wuchshöhe						
<i>Bellis perennis</i>		Wuchshöhe bis 30cm					
<i>Bromus hordeaceus</i>	Wuchshöhe						
<i>Campanula rotundifolia</i>	Wurzeltiefe						
<i>Cardamine hirsuta</i>	Landw. Unkraut im nahen Ausland						
<i>Cardamine impatiens</i>	Wuchshöhe						

Taxon	Bewertung mittels Taxonliste		Verwendung, Eigenschaft (Literatur)				
	Zu prüfen aufgrund weicher Ausschlusskriterien	Auf der Positivliste & Hauptvorteil	Nr_Rasengleis	Nr_Zwischenfrucht	Konkurrenzstark	Allelopathisch	Kompetitivität
<i>Carex caryophylla</i>		Wuchshöhe bis 30cm					
<i>Carex digitata</i>		Wuchshöhe bis 30cm					
<i>Carex hirta</i>	Wuchshöhe						
<i>Carex pairae</i>	Wuchshöhe						
<i>Carex spicata</i>	Wuchshöhe						
<i>Centaurea jacea</i>	Wuchshöhe		x				
<i>Cerastium fontanum subsp. Vulgare</i>		Wuchshöhe maximal bis 50 cm					
<i>Cerastium glomeratum</i>		Lichtbedarf					
<i>Cerastium semidecandrum</i>	Verbreitung						
<i>Chaenorrhinum minus</i>		Wuchshöhe bis 30cm					
<i>Chenopodium polyspermum</i>	Wuchshöhe						
<i>Cichorium intybus</i>	Wuchshöhe						
<i>Clinopodium vulgare</i>	Wuchshöhe						
<i>Corydalis cava</i>		Wuchshöhe bis 30cm					
<i>Crepis capillaris</i>	Wuchshöhe						
<i>Crepis vesicaria subsp. taraxacifolia</i>	Wuchshöhe						
<i>Cruciata laevipes</i>	Verbreitung						
<i>Cynosurus cristatus</i>	Wuchshöhe						
<i>Dianthus armeria</i>	Wuchshöhe						
<i>Dianthus carthusianorum</i>	Wuchshöhe		x				
<i>Eragrostis minor</i>		Wuchshöhe bis 30cm					
<i>Eragrostis pilosa</i>	Verbreitung						
<i>Erodium cicutarium</i>	Landw. Unkraut im nahen Ausland						
<i>Fragaria vesca</i>		Wuchshöhe bis 30cm + Bodendecker					
<i>Galeopsis angustifolia</i>	Verbreitung						
<i>Galium verum</i>	Wuchshöhe						
<i>Geranium columbinum</i>		Lichtbedarf					
<i>Geranium pusillum</i>	Landw. Unkraut im nahen Ausland					x	x
<i>Geranium pyrenaicum</i>	Wuchshöhe						
<i>Geranium robertianum</i>		Lichtbedarf					
<i>Geranium robertianum subsp. Purpureum</i>		Wuchshöhe bis 30cm					
<i>Geranium rotundifolium</i>	Landw. Unkraut im nahen Ausland						
<i>Geum urbanum</i>	Wuchshöhe						
<i>Glechoma hederacea</i>		Wuchshöhe bis 30cm					
<i>Herniaria glabra</i>	Verbreitung						
<i>Hieracium aurantiacum</i>	Wuchshöhe						

Taxon	Bewertung mittels Taxonliste		Verwendung, Eigenschaft (Literatur)				
	Zu prüfen aufgrund weicher Ausschlusskriterien	Auf der Positivliste & Hauptvorteil	Nr_Rasengleis	Nr_Zwischenfrucht	Konkurrenzstark	Allelopathisch	Kompetitivität
<i>Hieracium pilosella</i>		Wuchshöhe bis 30cm	x				
<i>Hippocrepis comosa</i>	Boden-Reaktionszahl						
<i>Hordeum distichon</i>	Verbreitung						
<i>Hordeum murinum</i>	Verbreitung				x	x	x
<i>Hordeum vulgare</i>	Wurzeltiefe			x	x	x	x
<i>Hypochaeris radicata</i>	Wuchshöhe						
<i>Kickxia elatine</i>	Verbreitung						
<i>Lapsana communis</i>	Wuchshöhe						
<i>Leontodon autumnalis</i>		Lichtbedarf					
<i>Leontodon hispidus</i>	Wuchshöhe						
<i>Leucanthemum vulgare</i>	Wuchshöhe		x				
<i>Linaria vulgaris</i>	Wuchshöhe		x				
<i>Lolium perenne</i>	Wuchshöhe		x	x	x		x
<i>Lotus corniculatus</i>	Wurzeltiefe		x	x			
<i>Luzula campestris</i>		Wuchshöhe maximal bis 50 cm					
<i>Lysimachia nummularia</i>		Wuchshöhe bis 30cm + Bodendecker			x		x
<i>Malva moschata</i>	Wuchshöhe				x		x
<i>Malva neglecta</i>	Landw. Unkraut im nahen Ausland						
<i>Medicago lupulina</i>	Wuchshöhe			x	x		x
<i>Melica nutans</i>		Bodenfeuchte					
<i>Muscari racemosum</i>	Verbreitung						
<i>Myosotis sylvatica</i>	Verbreitung						
<i>Ononis repens</i>	Wurzeltiefe						
<i>Origanum vulgare</i>	Wuchshöhe		x				
<i>Petrorhagia prolifera</i>	Verbreitung						
<i>Plantago lanceolata</i>		Lichtbedarf	x		x		x
<i>Plantago major</i>	Landw. Unkraut im nahen Ausland						
<i>Poa pratensis</i>	Wuchshöhe			x			
<i>Portulaca oleracea</i>	Landw. Unkraut im nahen Ausland						
<i>Potentilla anserina</i>		Lichtbedarf					
<i>Potentilla argentea</i>	Verbreitung						
<i>Potentilla reptans</i>	Wuchshöhe			x	x		x
<i>Potentilla sterilis</i>		Wuchshöhe bis 30cm					
<i>Primula acaulis</i>		Wuchshöhe bis 30cm					
<i>Primula elatior</i>		Wuchshöhe bis 30cm					
<i>Prunella vulgaris</i>		Wuchshöhe bis 30cm + Bodendecker	x				

Taxon	Bewertung mittels Taxonliste		Verwendung, Eigenschaft (Literatur)				
	Zu prüfen aufgrund weicher Ausschlusskriterien	Auf der Positivliste & Hauptvorteil	Nr_Rasengleis	Nr_Zwischenfrucht	Konkurrenzstark	Allelopathisch	Kompetitivität
<i>Ranunculus acris subsp. Friesianus</i>	Wuchshöhe						
<i>Ranunculus bulbosus</i>		Lichtbedarf					
<i>Ranunculus ficaria</i>		Wuchshöhe bis 30cm					
<i>Ranunculus repens</i>	Landw. Unkraut im nahen Ausland						
<i>Reseda lutea</i>	Wuchshöhe		x				
<i>Rorippa sylvestris</i>	Wuchshöhe						
<i>Sagina procumbens</i>	Landw. Unkraut im nahen Ausland						
<i>Sanguisorba minor</i>	Wurzeltiefe		x		x	x	x
<i>Saxifraga tridactylites</i>		Wuchshöhe bis 30cm					
<i>Scabiosa columbaria</i>	Wuchshöhe						
<i>Sedum album</i>		Wuchshöhe bis 30cm + Bodendecker	x				
<i>Sedum hispanicum</i>		Wuchshöhe bis 30cm					
<i>Sedum sexangulare</i>		Wuchshöhe bis 30cm	x				
<i>Sedum telephium</i>	Wuchshöhe						
<i>Senecio viscosus</i>	Wuchshöhe						
<i>Setaria pumila</i>	Wuchshöhe			x			
<i>Silene vulgaris</i>	Wurzeltiefe		x				
<i>Stachys recta</i>	Wuchshöhe						
<i>Stellaria graminea</i>	Wuchshöhe						
<i>Thlaspi perfoliatum</i>		Wuchshöhe maximal bis 50 cm					
<i>Trifolium campestre</i>		Lichtbedarf					
<i>Trifolium dubium</i>		Wuchshöhe maximal bis 50 cm					
<i>Trifolium repens</i>	Wurzeltiefe		x	x	x		x
<i>Tussilago farfara</i>	Landw. Unkraut im nahen Ausland						
<i>Valerianella locusta</i>		Wuchshöhe bis 30cm					
<i>Veronica chamaedrys</i>		Wuchshöhe bis 30cm					
<i>Veronica serpyllifolia</i>		Wuchshöhe bis 30cm					
<i>Viola reichenbachiana</i>		Wuchshöhe bis 30cm					
<i>Vulpia myuros</i>		Lichtbedarf					

Anhang 4: Teilnehmerliste der Workshops // Participants des workshops // Participants of the workshops.

Unternehmen	Name	Vorname	Fachgebiet	WS 1	WS 2
Agridea	Jäger	Mareike	Moderatorin	X	
Agroscope, Changins	Bohren	Christian	Herbologie	X	
Agroscope, Changins	Wirth	Judith	Allelopathie Agrar-Bereich, Herbologie		X
Agroscope, Reckenholz	Buholzer	Serge	Biodiversitäts-Monitoring, Neobiota	X	X
Agroscope, Reckenholz	Bütikofer	Timo	Betreuung Gäste	X	
Agroscope, Reckenholz	Jacot-Amman	Katja	Saatgut, Polster, Moose	X	
Agroscope, Reckenholz	van der Meer	Markus	Literaturrecherche	X	X
fenaco Genossenschaft, UFA-Samen Wildblumen	Probst	Tobias	Dachbegrünung, Saatgut	X	X
HEPIA - inTNE - écologie végétale	Frossard	Pierre-André	Begrünung Siedlungsbereich	X	X
HEPIA - inTNE - écologie végétale	Prunier	Patrice	Dachbegrünung		X
HEPIA - inTNE - plantes & pathogènes	Raffini	François	Landschaftsarchitekt	X	
Info Flora	Moehl	Adrian	Botanische Expertise	X	X
nateco AG	Buser	Hans	Biologie	X	
Otto Hauenstein Samen AG	Billing	Bernhard	Saatgut, Rasen	X	X
Otto Hauenstein Samen AG	Trüb	Roger	Saatgut, Rasen	X	X
Plante & Cité Suisse	Deprade	Clément	Landschaftsarchitekt	X	
SBB	Damo	Matthias	Altlasten, Umwelt und Nachhaltigkeit	X	
SBB	Gmünder	Marianne	Fachspezialistin Natur	X	X
SBB	Uhrich	Detlef	Gartenbautechniker, Anlageverantwortlicher Natur	X	
SNCF	Couvrechef	Claire	Vegetationskontrolle	X	
SNCF	Ehmig	Muriel	Vegetationskontrolle	X	
Umweltbüros Hintermann & Weber	Bühler	Christoph	Biodiversität, Neobiota	X	
ZHAW	Brenneisen	Stephan	Dachbegrünung, botanische Untersuchungen	X	
Zurbuchen Bodenschutz GmbH	Zurbuchen	Peter	Begrünungen, Strassenbau, Bodenschutz	X	

Anhang 5: Input der Teilnehmer am Workshop 2. Bewertung des Expertengremiums von 101 Taxonen welche für verschiedene Mischungen vorgeschlagen wurden. // Les taxons discutés au second workshop et leur évaluations par le panel d'experts. // The taxons discussed at the second workshop and their evaluation by the expert panel.

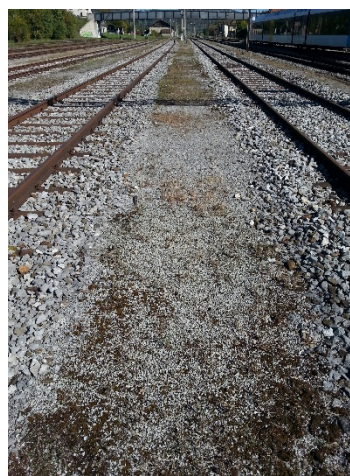
Taxon	Beurteilung
<i>Achillea millefolium</i>	geeignet
<i>Acinos arvensis</i>	geeignet
<i>Agrostis stolonifera</i>	geeignet
<i>Ajuga reptans</i>	geeignet
<i>Anthemis tinctoria</i>	ausgeschlossen
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	geeignet
<i>Anthyllis vulneraria subsp. carpatica</i>	geeignet
<i>Aphanes arvensis</i>	geeignet
<i>Arabis hirsuta</i>	geeignet
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	geeignet
<i>Asperula cynanchica</i>	ausgeschlossen
<i>Bellis perennis</i>	geeignet
<i>Bromus erectus</i>	geeignet
<i>Bromus tectorum</i>	geeignet
<i>Campanula rotundifolia</i>	geeignet
<i>Cardamine pratensis</i>	geeignet
<i>Carex flava</i>	ausgeschlossen
<i>Centaurea jacea</i>	geeignet
<i>Chaenorhinum minus</i>	geeignet
<i>Cynosurus cristatus</i>	ausgeschlossen
<i>Daucus carota</i>	geeignet
<i>Dianthus carthusianorum</i>	geeignet
<i>Erodium cicutarium</i>	geeignet
<i>Festuca guestfalica</i>	geeignet
<i>Festuca laevigata</i>	geeignet
<i>Festuca ovina aggr.</i>	ausgeschlossen
<i>Festuca rubra subsp. commutata</i>	geeignet
<i>Festuca rubra subsp. rubra</i>	geeignet
<i>Festuca trichophylla</i>	ausgeschlossen
<i>Filipendula vulgaris</i>	ausgeschlossen

Taxon	Beurteilung
<i>Fragaria vesca</i>	geeignet
<i>Galeopsis angustifolia</i>	geeignet
<i>Galium mollugo</i>	geeignet
<i>Galium verum</i>	geeignet
<i>Geranium pusillum</i>	geeignet
<i>Glechoma hederacea</i>	geeignet
<i>Gypsophila repens</i>	ausgeschlossen
<i>Helianthemum nummularium</i>	ausgeschlossen
<i>Helianthemum nummularium subsp. obscurum</i>	ausgeschlossen
<i>Hieracium aurantiacum</i>	ausgeschlossen
<i>Hieracium murorum aggr.</i>	geeignet
<i>Hieracium pilosella</i>	geeignet
<i>Hieracium piloselloides</i>	geeignet
<i>Hippocrepis comosa</i>	geeignet
<i>Hypochaeris radicata</i>	geeignet
<i>Juncus bufonius</i>	geeignet
<i>Kickxia elatine</i>	ausgeschlossen
<i>Koeleria macrantha</i>	ausgeschlossen
<i>Koeleria pyramidata</i>	unentschieden
<i>Lamium amplexicaule</i>	ausgeschlossen
<i>Leontodon autumnalis</i>	geeignet
<i>Leontodon hispidus</i>	geeignet
<i>Leontodon saxatilis</i>	ausgeschlossen
<i>Leucanthemum praecox</i>	ausgeschlossen
<i>Leucanthemum vulgare</i>	geeignet
<i>Lolium perenne</i>	geeignet
<i>Lotus corniculatus</i>	geeignet
<i>Lotus pedunculatus</i>	ausgeschlossen
<i>Malva neglecta</i>	ausgeschlossen
<i>Medicago lupulina</i>	geeignet
<i>Medicago minima</i>	geeignet
<i>Muscari racemosum</i>	geeignet
<i>Myosotis arvensis</i>	ausgeschlossen

Taxon	Beurteilung
<i>Ononis spinosa</i>	ausgeschlossen
<i>Origanum vulgare</i>	geeignet
<i>Petrorhagia prolifera</i>	ausgeschlossen
<i>Petrorhagia saxifraga</i>	ausgeschlossen
<i>Plantago lanceolata</i>	geeignet
<i>Plantago media</i>	geeignet
<i>Poa compressa</i>	geeignet
<i>Poa pratensis</i>	geeignet
<i>Polygonum aviculare</i>	ausgeschlossen
<i>Portulaca oleracea</i>	ausgeschlossen
<i>Potentilla argentea</i>	ausgeschlossen
<i>Potentilla verna</i>	geeignet
<i>Primula veris</i>	geeignet
<i>Prunella grandiflora</i>	ausgeschlossen
<i>Prunella vulgaris</i>	geeignet
<i>Pseudolysimachion spicatum</i>	ausgeschlossen
<i>Ranunculus bulbosus</i>	geeignet
<i>Reseda lutea</i>	geeignet
<i>Sagina procumbens</i>	geeignet
<i>Salvia pratensis</i>	unentschieden
<i>Sanguisorba minor</i>	geeignet
<i>Saponaria ocyroides</i>	geeignet
<i>Sedum acre</i>	geeignet
<i>Sedum album</i>	geeignet
<i>Sedum sexangulare</i>	geeignet
<i>Sedum telephium</i>	ausgeschlossen
<i>Silene nutans</i>	geeignet
<i>Silene vulgaris</i>	geeignet
<i>Taraxacum officinale aggr.</i>	geeignet
<i>Teucrium chamaedrys</i>	geeignet
<i>Thymus pulegioides</i>	geeignet
<i>Trifolium campestre</i>	geeignet
<i>Trifolium dubium</i>	geeignet
<i>Trifolium montanum</i>	geeignet
<i>Valerianella ramosa</i>	ausgeschlossen
<i>Veronica chamaedrys</i>	geeignet
<i>Veronica officinalis</i>	geeignet
<i>Viola tricolor</i>	geeignet

Fotogalerien der Feldbegehungen

Fotogalerie Etwilen



Etwilen Fotos 1: Abrupte Wechsel der Vegetationsdecke. Fotos links und Mitte vom selben Standpunkt mit Blick jeweils nach West und Ost. Luftbild – (Quelle Kartenhintergrund: swissimage ©swisstopo).



Etwilen Fotos 2: Moose als meist verbreitete Vegetationsdecke, Rosetten der Nachtkerze.



Etzwilen Fotos 3: Mäusegerste (*Hordeum murinum*), Nachtkerze (*Oenothera biennis*) und Schneckenhopfenklee (*Medicago lupulina*)



Etzwilen Fotos 4: Schachtelhalm (*Equisetum arvense*) und Waldrebe (*Clematis vitalba*)



Etzwillen Fotos 5: Weitere Beispiele weniger häufig vertretener Pflanzen: von links nach rechts 1: Acker-Gauchheil (*Anagallis arvensis*); 2: Wilde Möhre (*Daucus carota*); 3: Scharfes Berufkraut (*Erigeron acris*); 4: Bocksbart (*Tragopogon cf. orientalis*); 5: Kriechendes Fingerkraut (*Potentilla reptans*). // Weitere nicht abgebildete Arten: Kanadisches Berufkraut (*Conyza canadensis*); Wald- Storchschnabel (*Geranium robertianum*) und Pyrenäen-Storchschnabel (*Geranium pyrenaicum*).

Fotogalerie Muttenz



Muttenz Fotos 1: Typisches Bankett – sehr geeignet als Versuchsfläche, da es eine lange Ausdehnung mit einheitlichem, auch ähnlich besiedeltem, Substrat hat. Es ist zudem ein im Rangierbahnhof wenig genutzter Abschnitt und Bedarf deshalb wahrscheinlich weniger strenger Sicherheitsmassnahmen als stark befahrene Strecken.



Muttenz Fotos 2: Unterschiedlich ausgeprägte Substrate



Muttenz Fotos 3: Gehwege und Zwischenbereiche (1)



Substratwechsel:

Im Vordergrund 8 bis 10-jähriger Netztaler

Im Hintergrund 50 bis 70-jähriger Sand



Junge Sanierung (3-6 Monate). Die angesiedelten Pflanzen dürften teilweise durch das Material hochgedrückt haben (tiefe Verwurzelung). Gelb blühend der invasive Neophyt Schmalblättriges Greiskraut (*Senecio inaequidens*).

Muttenz Fotos 4: Gehwege und Zwischenbereiche (2)



Muttenz Fotos 5: Entwicklung von Moosen



Muttenz Fotos 6: Pflanzenwachstum auf Holzschwellen links Junge Birke, rechts Raps



Muttenz Fotos 7: Lagerung von Schienen und weiteren Geräten/Materialien. Teilweise von Problempflanzen wie Brombeere (Stolperfallen) oder Neophyten wie Götterbaum und Sommerflieder besiedelt.



Muttenz Fotos 8: Pflanzenarten (1) - - von oben links => unten rechts: Niederliegende Wolfsmilch (*Euphorbia humifusa*), Gewöhnlicher Reiherschnabel (*Erodium cicutarium*), Grüne Borstenhirse (*Setaria viridis*), Kleines Liebesgras (*Eragrostis minor*), Waldstrochenschnabel (*Geranium robertianum*), Kleiner Wiesenknopf (*Sanguisorba minor*), Gewöhnliches Leinkraut (*Linaria vulgaris*), Pappel (*Populus nigra*)



Muttenz Fotos 9: Pflanzenarten (2) – von oben links => unten rechts: Königskerze (*Verbascum* sp.), Brombeere (*Rubus fruticosus*); Neophyten: Fächer-Steinmispel (*Cotoneaster horizontalis*), Schmalblättriges Greiskraut (*Senecio inaequidens*), Götterbaum (*Ailanthus altissima*), Sommerflieder (*Buddleja davidii*).

Fotogalerie Rheinfelden



Bahnhof Rheinfelden: Mit Herbizid behandelter Streifen entlang der Gleisschotter.



Bankett mit entwickelter Vegetation.



Bankett mit Schotterfüllung



Bankett mit entwickelter Vegetation



Auf der gegenüberliegenden Seite.





Abschliessendes Stück bei Rheinfelden-Augarten mit deutlich humos überlagertem Substrat und Einwuchs aus der Böschung

Rheinfelden Fotos 1: Bankette & Nebenbereiche



Rheinfelden Fotos 2: Bodenbedeckung und Pflanzenarten

Unten: Langhaariges Habichtskraut (*Hieracium pilosella*), Saat-Luzerne (*Medicago sativa*)

Fotogalerie Villeneuve



Beginn der Versuchsflächen (Blick von Norden) – Die Zufahrt teilt sich in 12 einzelne Gleise auf.



Einwuchs von Büschen (Sommerflieder) auf den Gleisen. Die Zwischengleisbereiche kommen nur am Beginn der Versuchsfläche vor.



Die Versuchsfläche dehnt sich über circa 750 m aus - bis zur Brücke im Hintergrund (blauer Pfeil). Enge Anordnung der Gleise ohne Zwischenbereiche.

Teilweise totale Vergrusung der Schotter, sodass sich Sandflächen bilden.

Zu beachten: Die helleren Schotter, die in jüngerer Zeit flickenhaft nachgefüllt wurden.





Massiver Bewuchs und Verbuschung des Geländes



Ausbreitung von rankenden Pflanzen (Brombeere).



Eventuell aufgrund der Wuchshöhe und des flächigen Wuchses für Begrünungszwecke interessante Art



Unterschiedlichste Pflanzentypen



Noch in Nutzung befindlicher Bereich des Rangierbahnhofes.



Villeneuve Fotos 1: Gesamtsituation, Substrate und Vegetation

Fotogalerie Spontanaufnahmen



Regensdorf, Böschstrasse; anstelle eines Banketts wird der Kabelkanal doppelt geführt. Die Böschungsvegetation kriecht auf die Gleise.



Regensdorf, Bahnhof (Althardstrasse in Kurve Richtung Watt); Bankett und Unterhaltsweg.



Baden, Bahnhof; Unterhaltsweg. Vegetation siedelt sich an Kanten an und breitet sich dann flächig aus.



Zürich Affoltern, Griebuck – Rietbuck; Kabelkanal liegt (evtl wegen Bauarbeiten) auf einem bemoosten Bankett.



Altburg, Bahnübergang Burghofstrasse; der Kabelkanal trennt Gleise und Böschung.





Zürich Affoltern, Bahnübergang Blumenfeldstrasse, links- und rechtsgleisig, Blick nach Osten; Kabelkanal trennt Gleise und Unterhaltsweg. Die Vegetation ist auf jeder Seite unterschiedlich ausgeprägt.



Zürich Affoltern, Bahnübergang Blumenfeldstrasse; Kanten als Ausgangspunkt der Besiedlung und massive Entwicklung.



Dijon (FR), vorgelagerter Rangierbereich und kurz vor Einfahrt in den Bahnhof
Spontanaufnahmen Fotos 1: Vegetation auf Banketten und Gehwegen

Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1:** Chancen und Risiken einer Begrünung der Gleisbankette // Chances et risques d'une végétalisation des pistes. // Opportunities and risks of a greening of the rights-of-way 8
- Tabelle 2:** Filterung der Taxonliste nach Kompetitivität und Hervorhebung positiver, im Bankettbereich erwünschter Merkmale. // filtrer la liste des taxons suivant la compétitivité // filtering the taxonlist on competitiveness. 16
- Tabelle 3:** Beispiel der in Muttenz beobachteten Flora. // exemples de plantes observées à Muttenz (gauche plantes non-problématiques ou précieuses; droite: plantes problématiques). // Examples of the flore observed in Muttenz (left: valuable and unproblematic plants; right: problematic plants). 24
- Tabelle 4:** Schnittstellen und Unterschiede zwischen dem Schweizer und dem Französischen Begrünungsprojekt. // Interface et différences entre les projets de végétalisation Suisse et Français. // Interface and differences between the Swiss and the French greening projects. 32
- Tabelle 5:** Zusammenfassung der geplanten Versuchsanlage. // Résumé du concept de recherche planifié. // Summary of the planned trial design. 34

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1:** Oben: Entwicklung des Herbizidverbrauchs bei den SBB (links, [10]) und der SNCF (rechts, [7]). Unten links: Trend des Pflanzenschutzmitteleinsatzes in der Schweiz [8]. Unten rechts: Anstieg des Glyphosatverbrauches [9]. // Développement de l'usage d'herbicides chez les CFF et les SNCF (haut), trend de l'usage de produits de protection des plantes (en-bas, gauche) et développement de l'utilisation du glyphosate (en-bas, droite). // Development of the herbicide use with the SBB and the SNCF (above), trend of the use of plant protection substances in Switzerland (beneath left) and development of the glyphosate use worldwide. 7
- Abbildung 2:** Bankett - der Bereich für welchen nach Begrünungs-Strategien gesucht wird; oben C und E, unten rote Umrandung, sowie der Zwischengleisbereich D [33] // piste A,E; intervoies, D. // rights-of-way, A,E; between tracks, D. 9
- Abbildung 3:** Entwicklung für die Bankettbegrünung geeigneter Ansaaten: Rahmenbedingungen und Ausschlussverfahren. // Développement de mixture appropriées: contraintes et critères d'exclusion. // Development of suitable seed mixture: constraints and procedure of exclusion. 10
- Abbildung 4:** Erstellen einer Tabelle mit den codierten Parametern. // Elaborer une table avec des paramètres codés. // Building a table with coded parameters. 12
- Abbildung 5:** Codierung der untersuchten, respektive Verwendungsbereiche der speziellen Eigenschaften der in der Literatur beschriebenen Arten. Z.B.: Bahnbegleitflora, Verwendung im Rasengleis, als landwirtschaftliche Zwischenfrucht oder die Konkurrenzfähigkeit. // Codification des spécifications d'une espèce décrite dans la littérature (p.ex. accompagnant les voies ferrées, culture intermédiaire ou compétitive.). // Codification of characteristic features of species described in the literature (e.g. accompanying railroads, cover crop or competitiveness. 12
- Abbildung 6:** Entwicklung spontaner Vegetation auf Banketten und Unterhaltswegen (Quellen: [56-58] zitate 25). // Development of spontaneous vegetation on rights-of-way. // Développement de la végétation sur les pistes. 14
- Abbildung 7:** Skizze der Partnerschaften und Zusammenarbeit mit summarischer Schilderung der jeweiligen Zuständigkeiten (Stand Dezember 2018). // Esquisse des partenariats et collaborations projetés. // Scheme of the planned partnerships and collaboration. 33
- Abbildung 8:** Schienennetz der Schweizer Bahnbetriebe in den fünf Schweizer biogeographischen Regionen (Quelle: <https://map.geo.admin.ch>). // Réseau des chemin de fer Suisses dans les cinq régions biogéographiques. // Swiss railways network in the five biogeographic regions. (Quelle Kartenhintergrund: map.geo.admin.ch) 34