„BGB – Begrünung von Geleise-Banketten und Vegetationskontrolle ohne Herbizide auf dem Schienennetz der SBB“

# Synthesis and results of the 1st Workshop

30th of August 2018, WylerPark, Bern

Autoren: Markus van der Meer, Serge Buholzer

**Please note:**
In order to reduce the translation effort, the main text is hold in English and the main results summarised in German and French.

INHALT / CONTENU / CONTENT


1 Deutsche Zusammenfassung 2

2 Résumé Français 3

3 Background 4

4 Workshop Themes 5

4.1 Renouncing herbicides 5

4.1.1 General statements 5

4.1.2 Major inputs of the participants 6

4.2 Greening 7

4.2.1 Vegetation and substrates 7

4.2.2 Requirements for the greening of railway rights-of-way 8

4.2.3 3 Development of suitable seed mixtures 9

5 Conclusions 10

6 Attachments 12



**Impressum**

| | |
|---|---|
| Herausgeber: | Agroscope<br>Reckenholzstrasse 191<br>8046 Zürich<br>www.agroscope.ch |
| Leitung: | Serge Buholzer; serge.buholzer@agroscope.admin.ch ; +41 (0)58 468 72 31 |
| Auskünfte: | Markus van der Meer; markus.vandermeer@agroscope.admin.ch ; +41 (0)58 462 17 00 |

# 1. Deutsche Zusammenfassung

Eisenbahnunternehmen stehen weltweit unter Druck, ein «Ökologisierung» ihrer Betriebe zu erreichen. Insbesondere steht der Einsatz von Herbiziden im Gleisbereich im Fokus öffentlichen und politischen Missfallens. Die SBB sucht deshalb nach alternativen, umweltverträglichen Kontroll- und Pflegemethoden. Im Rahmen eines Vorprojektes werden mittels Literaturanalyse und Experten-Einschätzungen Machbarkeit, Möglichkeiten, Chancen und Risiken einer Begrünung von Gleis-Banketten erörtert und Pflanzarten, Pflanzengemeinschaften respektive Ansaat-Mischungen für Feldversuche empfohlen. In einem ersten Workshop 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.

## Schlussfolgerungen

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 vom Workshop 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 umzurüsten. 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 Bankette. Eine engere Zusammenarbeit mit den Verantwortlichen bei der SNCF ist eingeleitet.

Ausblick auf den zweiten Workshop

Aufgabe des zweiten Workshops wird sein, vermutlich geeignete Pflanzen und Mischungen festzulegen, welche in Feldversuchen getestet werden sollen. Dem voran werden Geländeaufnahmen gehen, um möglichst vielfältige in situ Situationen widerzuspiegeln.

# 2 Résumé français

A l'international, les entreprises de chemins de fer se voient confrontées à une pression publique et politique croissante pour une gestion écologique et durable de l'ensemble de leur entreprise. En particulier, les herbicides utilisés sur les voies ferrées et leur abords immédiats sont de plus en plus discutés. Pour cela, les CFF cherchent des alternatives techniques, mécaniques, thermiques mais aussi biologiques afin de remplacer ces herbicides.
Un pré-examen consistant en une analyse de littérature et une expertise approfondie évalue faisabilité, possibilités, chances et risques d'une végétalisation des pistes de services ferroviaires (« banquettes ») puis recommandera des espèces ou des mélanges de plantes appropriés à cette végétalisation. Un premier workshop a réuni 22 experts de différentes disciplines : monitoring de biodiversité, technique, production de semences, construction (ferroviaire), herbologie, néobiota, végétalisation des toitures, architecture paysagiste, recherche agronomique, écologie urbaine ainsi que des invités de la SNCF française. La discussion s'est portée sur des espèces et communautés de plantes potentiellement intéressantes, des substrats d'origine naturelle et artificielle ainsi que des interventions techniques potentiellement nécessaires. Une liste détaillée des exigences de la végétalisation des pistes ainsi que des critères graduels de sélection ont été élaborés.

## Conclusions

Questions formulées

Le workshop a répondu à bon nombre de questions mais en a aussi soulevées de nouvelles. Beaucoup de conditions cadres ont été discutées, dont certaines requérant des interventions techniques. Suite aux résultats du workshop, nous sommes de l'avis qu'une végétalisation peut s'avérer être une méthode prometteuse pour éviter l'emploi d'herbicides sur les pistes de service ferroviaires.

Plantes – contributions WS 1 – expertise – littérature

Il sera possible de désigner des espèces, communautés et/ou mélanges de plantes prometteuses qui pourront être évalués en essais sur le terrain.

Substrats

*Pistes existantes* : Il sera important de coordonner plantes et substrats.

*Pistes neuves/rénovées* : Il sera important de choisir des substrats – ballasts naturels, mattes, terres commerciales, pierrailles modifiées (béton ou tuiles concassés) - adaptés aux communautés désirées.

Interventions techniques (scellage partielle)

*Pistes existantes* : Eu égard aux coûts, il ne sera guère possible de modifier à court ou moyen terme des kilomètres de pistes. Cependant cette variante serait à examiner par des ingénieurs en construction.

*Pistes neuves/rénovées* : Il devrait y avoir possibilité de réalisation, surtout que les pistes sont sujettes à rénovation environ tous les 40 ans. L'entretien des talus ferroviaires adjacents est un élément clé pour réussir une végétalisation des pistes.

Interventions complémentaires (applications industrielles)

Il existe une série d'interventions apparentées qui cependant s'éloignent de la végétalisation en soi et pour cela ne pourront être poursuivies au sein de ce pré-examen : méthodes de construction inhibitrices de croissance, mycodégradation, allélochimiques, phyto-toxines, huiles essentielles, bio-herbicides etc.

De nombreuses interventions – p.ex. calorifiques (eau et feu) – sont connues depuis longtemps. Certaines ont déjà été testées sur le terrain par les CFF. Cependant, elles n'ont jusqu'ici pu prévaloir sur l'utilisation du glyphosate en tant que méthode efficace et économique. Ceci non seulement dans les systèmes ferroviaires (tramway, chemins de fer) mais dans tous les domaines où un développement de végétation spontanée peut poser entrave aux objectifs humains. Quelques interventions, tels que l'eau chaude, la robotique et les constructions inhibitrices de croissance sont réévaluées par les CFF dans des projets parallèles au sein du plan d'action «Alternative Herbizid».

Sécurité d'application

Tolérer une végétation dans certaines sections de rail ou même les végétaliser volontairement est «terre vierge» au niveau de la construction et de la recherche. Il n'existe pas de réglementations ou de standards de qualité. De telles réglementations devraient être développées en parallèle aux essais sur terrain. Les standards de la végétalisation des toitures peuvent servir d'exemple. Il faudra probablement respecter des aspects botaniques et de construction.

Activités internationales

La SNCF a lancé une thèse de doctorat examinant plusieurs mélanges de semis pour la végétalisation des pistes de service. Une collaboration plus étroite a été entamée.

Perspective sur le second workshop

Devoir du second workshop sera de définir des semis aptes à être testés sur le terrain. Des relevés de terrain préalables seront nécessaires afin de refléter plusieurs situations réelles.

# 3 Background

Worldwide, railway companies are confronted with an increasing pressure to reach an enhanced ecological management. Particularly the use of herbicides on the tracks, rights-of-way and verges is increasingly in the scope of public and political disapproval. Therefore, the SBB (Swiss Federal Railways) are testing a series of alternatives to herbicides. One of the strategies to be evaluated is the installation of desired vegetation on the rights-of-way (fig. 1), with the aim to control the establishment of spontaneous weeds and the dispersal of invasive species without infringing security guidelines (track stability) or altering the use of rights-of-way (maintenance and escape paths). First literature analyses showed that this strategy seems to never have been deepened before. has never been considered seriously before. Any implementation will require a foregoing scientific and technic examination.

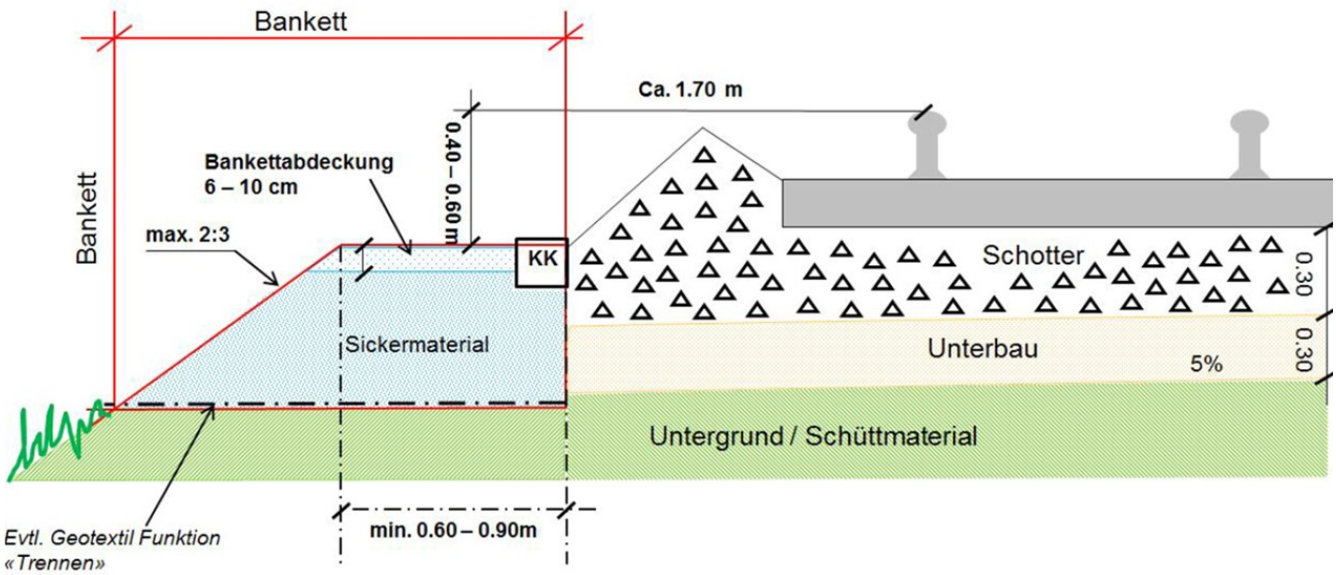



Figure 1: Rights-of-way (DE: Bankett, FR: piste) where a greening could be implemented.

For that purpose, a pre-project is running in the second half of 2018. The pre-project involves an expert panel meeting twice and implements a literature analysis. The aim of the first workshop was to evaluate the possibilities, chances and risks of installing desired vegetation close to the railway tracks. Twenty-two persons attended the first workshop (Bern, 30.th of August). The panel was composed by experts of several disciplines and professions: biodiversity-monitoring, technique, seed production, construction, herbology, neobiota, roof greening, landscape architecture, agronomic research, technique, urban ecology etc. and guests from the French railways SNCF.

The SBB opened the workshop with an overview on several projects being tested in the frame of the major project “Alternative Herbizid” and with specifications required for the implementation of greening the rights-of way. Agroscope followed with detailing chances and risks of a greening and rendering preliminary results of the literature analysis. Then all participants presented their inputs in short speeches from about 5-10 minutes. The moderators collected the main statements and formed three work-groups who discussed specific themes. These discussions were in conclusion of the workshop summarised, presented to and shortly discussed with the whole panel.

The inputs and discussions were gripping and although most participants came from different disciplines, a common line could be recognised. The present report summarises the inputs of the stakeholder, the participants and the literature survey in relation to the discussions and the results obtained.

# 4 Workshop Themes

## 4.1 Renouncing herbicides

### 4.1.1 General statements

The idea of renouncing or at least reducing herbicide use on of the tracks was welcome.

The in situ state of the rights-of-way remained unclear. In Switzerland, rights-of-way have a lifetime of about 40 years before being renovated. In this time, the superficial substrate can be sharply modified. Where rights-of-way are replaced in even longer intervals or under severe climatic conditions, the former grit or gravel can be weathered to sand. It will be necessary to compile at least some different states under local conditions to get a better image of the situation in situ.

A major statement is: It will not work without maintenance. Every greening, involving or not technical measures, will need attendance in a form or another. The amount will depend of the chosen vegetation (species or communities) and the nearby structures (overall the verges) will have to be included in the maintenance plan. A part of the rights-of-way in sensu strictu, a greening could also be implemented railway structures which are cruised only at low speeds or in railway yards etc. (fig.2). The implemented greening has to comply with security requirements. It is not seldom - even in wealthy states - that trees settle on the railway tracks themselves (fig. 3), which has to be impeded.

Figure 2: Perspectives for the implementation of greening – low-speed section, railway yards (Sources of downloaded graphical material see attachment).

Figure 3. Weed level: 'Increasing problem' Biomass value 13. Weeding measures should be initiated during the season..

Figure 4. Weed level: 'Non-acceptable' Biomass value 26. Weeding measures using herbicides only is no longer possible. Mechanical weeding measures or cleansing of embankment must be carried out

Figure 3: Different stages of vegetation settled on the track lines. (Source: Maintenance of railway embankments-how to use the Yara N-sensor for prognosis of weed control measures - Fredrik Fogelberg and Anders Larsolle; 2011).

The idea of using desired vegetation to inhibit the installation of spontaneous vegetation, noxious weeds or invasive alien plants is not new in agriculture and gains more attention in other areas also:

*Cover crops and living mulches - Hartwig, Nathan L.; Ammon, Hans Ulrich; 2017*

> "The idea of using a living mulch as a ''designated weed'' and learning to live with it is very appealing when compared with the constant battle of learning to fight an ever-changing weed spectrum."

*Burlington Northern Santa Fe Railway Vegetation Control Program - Gary A Nyberg; 2001*

> "An area that is often overlooked is revegetation of rights-of-way after construction or utility work has been performed. We all do a great deal of dirt work each year, when the soil has been disturbed or scarified for any reason, it becomes a fertile seedbed for noxious weeds. The invasive species will be the first to grow as ground cover. Because weed seeds travel by a variety of methods including air, water, wind, vehicle tires, and their growth is encouraged by the lack of competing vegetation, bare areas can quickly be overrun with noxious weeds. It is important to reseed these areas to protect them from noxious weeds. The initial cost will easily be recovered from the savings of not having to control the noxious weeds."

### 4.1.2 Major inputs of the participants

- The actual state of greening cannot be an objective, being the result of decennia of herbicide application.
- It is possible to individually shape a native plant community in collaboration with qualified experts.
- Seed rather than fight: establish a selected vegetation on service tracks and theirs pathways
- There are scarcely stable environments that would not need an intensive maintenance (several times a year). Even on raw soils, woody plants and forbs will prevail in course of time.
- Vegetation control is a dynamic system => technical solutions and biological approaches have to be harmonized.
- Reinforce the compensatory value and the ecological functionalities of an installation of the type of extensive roof-top greenings.
- Greening strategies work – thanks to the limiting factor water.
- Decontamination of the track beds/rights-of-way by mycodegradation (herbicide residues and per extension all dead organic substances (self-cleaning of the tracks)).
- Lacking definitions of substrate thickness and other quality requests led and still lead to bad implementations with reduced ecological effects.
- Railway rights-of-way can be compared with the gravel-strip separating roads and bike lanes.

## 4.2 Greening

### 4.2.1 Vegetation and substrates

A greening of the rights-of-way will require different properties from the plant themselves but also from maintenance. Edges and cracks along concrete elements are often the first places to be colonized by (woody) plants and the verges are source of seed dispersal. These elements and sections require special maintenance attention and might need development of efficient technical equipment and machinery.

**Highly competitive plants, e.g.**

- Fast growing
- Fast covering the soil
- Allelopathic
- Cover crops (agricultural)

*Botanical experts, literature search*

**Mosses and polster**

*This point stays open, as no expert was present*

**Analogy to natural plant communities**

- Adapted overall to drought and lack of nutrients
    - Xeric grassland
    - Mixtures of seed-producers

*All attending experts*

**Maintenance**

- Control and follow up of the establishment/development
- Mowing
- Mulching
- Rolling

In analogy to the maintenance of:

- Turf tracks: Mostly lawn (also with herbs) or sedum
- Roof tops: Mostly xeric flora or sedum
- Parking places … etc.

Some participants' ideas for plants with different qualities:

Mat forming plants of different habitats e.g. Portulaca oleracea L

Xerix, lawny pionier flora: pionier flora of rocky soils, with characteristic local and height-dependent species composition

Festuca rubra

Sedum sp.

Thymus sp.

Commercial mixtures of seed-producers: roof-top herbs, lean turf (oligotrophic), gravel flora

The literature search connects different flora-lists. It starts with mapping the plants described in each article, then the major theme (railway flora, cover crop, roof, turf track, etc.) and connects this with different ecological or physiological properties (height, competitive power etc.) described in other articles and standard references (fig. 4). Further, the literature identifies a range of applied greening in tramway turf tracks, roof tops, roads and parking places (attachment). In a first step the literature search shall be unbiased and impartial, collecting all available information; these information will be assessed in a second step and shall amend the experts' evaluation.

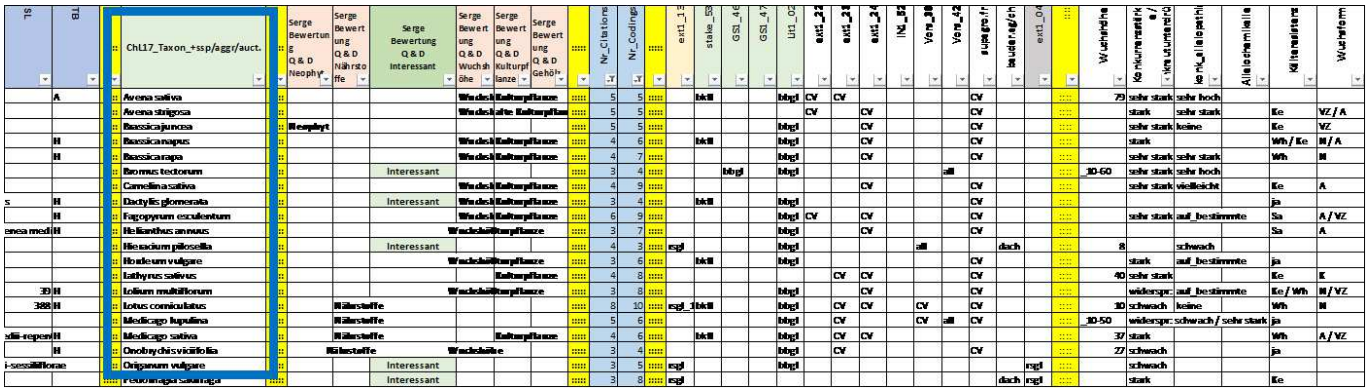



Figure 4: Mapping different properties of a plant species (taxon, blue box on the right) found in different literature articles and standard references.

A decisive point of establishing the desired vegetation are kind and thickness of the substrate. Substrates can be of natural or artificial origin. There is a great amount of substrates, e.g. moraine, commercial earths, crushed concrete, sandy grit, etc. The choice of the correct substrate should be locally defined. Lacking definitions – also of the substrates' thickness - still lead to unsatisfactory implementations with reduced ecological value. In turn, a well-

chosen substrate ensures the achievement of settlement and the success in impeding the growth of invasive plants. However, in terms of greening the railway rights-of-way, the costs will be a decisive factor.

### 4.2.2 Requirements for the greening of railway rights-of-way

**Input of the SBB and additional input of the participants**

- Native species (autochthon) AND
- No weed infestation of agricultural surfaces
    - Impede the growth of invasive alien species
    - No place for neophytes
    - Impede the growth of noxious agricultural or forestall weeds
    - Impede the growth of woody plants
    - Which species can be tolerated, which not?
    - Whole range of different habitats
    - Swiss ecotypes
    - Differentiate invasive alien plants, woody plants and agricultural weeds (e.g. cirsium vulgare, equisetum arvense, rubus fruticosus aggr. etc.).
- Availability of seeds (commerce)
    - Several mixtures available by suppliers
    - It might prove difficult to get seeds of some appropriate plants, if they are not yet used commercially.
- No negative influence of the water permeability AND
- No growth in the track-gravel
    - No impact on the tracks' geometry
    - Define a tolerance for the greening of the tracks
    - No interference to the draining by biomass or fine material
    - Limiting growth factor => water!
    - Decomposition of dead, humic material
- Good practicability and no pitfall
    - 10 cm height maximum
    - Growth height 10-15 cm
    - Growth height 30-50 cm
    - Reduce the root space at few cm depth by technical means
- Inexpensive maintenance, without use of herbicides
    - 1 or 2 interventions per year
    - More effort compared to herbicides
    - Necessity, kind and intensity of the maintenance different in different climatic regions
    - None to one cut per year
- Highly competitive against unwished vegetation
    - perennial competitive cover
    - easy and fast to establish
    - sowing of annual, low «soil-coverer», mosses
    - lowly competitive in neighbouring surfaces
    - regenerative
- (functional) biodiversity
    - not palatable (remark: for bigger mammals like deer or rabbits danger to be killed by trains)
    - optimise the value for the entomofauna (pollinators)
- Site conditions (soil, precipitation, exposition)
    - Resistant to climatic adversity
    - Favour the annual total drying of the soil
    - Part of silt and clay in the substrate < 10%, part of humus < 5%
    - Manipulation of the plant community through the substrate
    - Manipulation of the vegetation by sealing (desiccation)
    - Protection against avulsion and erosion with high precipitations
    - Specially fit to nutrient-poor conditions
    - Filling a mini-soil with nutrient substrate

### 4.2.3 Development of suitable seed mixtures

The route network of the SBB in Switzerland encompasses 7000 km. On these, the rail tracks cross very different biogeographic regions with local characteristics and site conditions. It will therefore be necessary to develop several ideas fitting to each region and specific conditions which fulfil the defined requirements (fig. 5).

During the workshop, three directions have been discussed:

1. **Species / Taxons**: Four experts in botany or herbology discussed taxons and could as result of a brainstorming, identify a series of species, which would probably fit the requirements (Table 1). The presented list below is not finalised, and was not yet assessed in detail but shall serve as example for the ongoing process. The feasibility was estimated positively. In addition some plant communities should be investigated more in detail referred to the categorisation of Delarze et al. 2015 [TypoCH - Lebensräume der Schweiz (no English translation of the communities]:

   - Alysso-Sedion: Wärmeliebende Kalkfels-Pionierflur / Végétation des dalles calcaires de basse altitude
   - Sedo-Verronicion: Wärmeliebende Silikatfels-Pionierflur / Végétation des dalles siliceuses de basse altitude
   - Xerobromion: Mitteleuropäischer Trockenrasen / Pelouse sèche médio-européenne
   - Mesobromion: Mitteleuropäischer halbtrockenrasen / Pelouse mi-sèche médio-européenne
   - Polygonion avicularis : Trockene Trittflur / Endroit piétiné sec

   Table 1: First example of a list of plants which possibly fit the requirements of the righty-of-way greening. – Please note, that this list is not yet concluding and will be elaborated during the project's follow-up.

| | | |
|---|---|---|
| Acinos arvensis (Lam.) Dandy | | Myosotis discolor Pers. |
| Arabis hirsuta aggr. | | Myosotis ramosissima Rochel |
| Bromus tectorum L. | | Myosotis stricta aggr. |
| Carex montana aggr. | | Petrorhagia saxifraga (L.) Link |
| Erodium cicutarium aggr. | | Potentilla verna aggr. |
| Erodium moschatum (L.) L'Hér. | | Prunella laciniata (L.) L. |
| Erodium pilosum (Thuill.) Jord. | | Prunella vulgaris aggr. |
| Filago arvensis L. | | Saponaria ocymoides L. |
| Filago minima (Sm.) Pers. | | Saxifraga tridactylites L. |
| Filago pyramidata aggr. | | Sedum acre L. |
| Filago vulgaris Lam. | | Sedum album L. |
| Globularia cordifolia aggr. | | Teucrium botrys L. |
| Hieracium pilosella aggr. | | Teucrium botrys L. |
| Hippocrepis comosa L. | | Teucrium montanum L. |
| Hypochaeris radicata L. | | Thymus serpyllum aggr. |
| Lysimachia nummularia L. | | Trifolium campestre Schreb. |
| Medicago minima (L.) L. | | Vulpia myuros (L.) C. C. Gmel. |

2. **Intensive greening**: Participants of different disciplines discussed the possibilities of establishing a closed vegetation cover. The feasibility was estimated positively, the vegetation cover resulting in a (lawn) turf. Mulching might be more efficient than mowing because of the difficulty of the removal of plant material from the rights-of-way. A helpful strategy could be to establish a barrier between the rights-of-way and the embankments.
3. **Extensive greening**: Participants of different disciplines discussed the possibilities of establishing a scarce, jagged vegetation cover. The feasibility was controversially estimated as possible.
   There was an animated discussion about the possibility to create roof-top-situations on the railway rights-of way. This will probably be only possible on newly built or renovated rights-of-way. To convert existing, viable rights-of-way would probably be too cost intensive. It is to retain, that the rights-of-way need a root-zone, a root protection sheet and a drainage. Only a geotextile would probably not be enough, as some plants (e.g. Japanese knotweed) would perforate it within few months. It is also important to remind, that plants will try to search water outside of the planned root zone; this has to be impeded. If the rights-of-way are not flat, the substrates have to hold at a defined angle in order to avoid avulsion. Also an appropriate maintenance of the surroundings, overall the verges, is a key-element for avoiding the intrusion of seeds. The successful

establishment of a greening can last 3-4 years. Grass concrete blocks were ad hoc judged as too expensive and therefore as not realisable.
The possibility of establishing scarce vegetation on existing rights-of-way. This discussion could not be concluded, as time run out. A target-mixture has to be elaborated as initial aid and it needs a management plan. Basically two strategies can be implemented: a) fast establishing (e.g. Portulaca oleracea) and b) slowly establishing and attended (e.g. thyme); whereas the slower version would probably be the more persistent.
Finally it was also proposed to let spontaneous vegetation come up and to observe which species will grow. There is to say, that this variant would anyway be a necessary no-treatment- procedure in field trials.

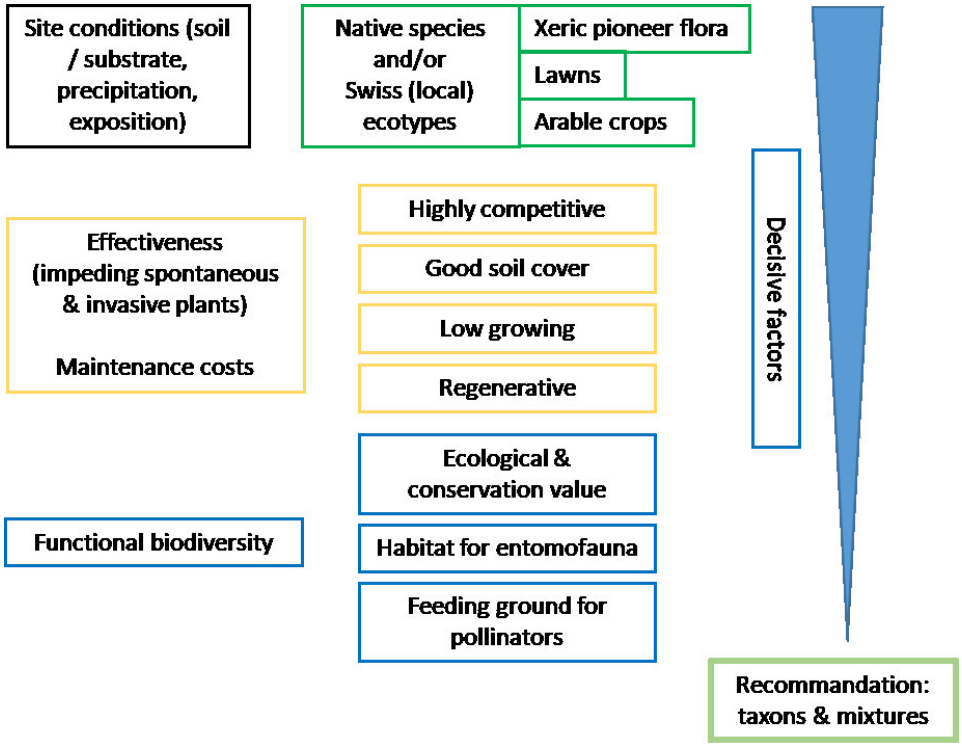



Figure 5: Requirements narrowing down the choice of species available for the greening of railway rights-of-way.

# 5. Conclusions

Leading question
The Workshop answered several questions and some new raised. A lot of determining factors were highlighted and discussed especially those involving technical/constructional measures. With regards to the workshop's results, we are confident that a greening of the railway rights-of-way will be an efficient intervention when aiming to reduce the use of herbicides.

Vegetation
The panel was quite sure, that it will be possible to identify some promising plants and plant communities which can be tested in field trials.

Substrates
In situ each situation has to find its own solutions by means of technical implementation. This will e.g. depend of the age of the rights-of-way – which in Switzerland have a lifetime of about 40 years - and the development of the root-substrate built with the years; for these, seed mixtures should be adapted to the environmental conditions, first of all the substrates. Rights-of-way that are newly established or renovated could be planned involving more technical components and the in situ "right" choice of substrates (e.g. natural gravels or boulders, vegetation-mats, commercial earths, crushed concrete or bricks etc.).

Technical measures (partial sealing)
It will for financial reasons scarcely be possible to implement technical substrates in a near or medium term perspective on thousands of kilometres on existing rights-of-way. These variants have to be reserved to sections that

are planned to be renovated or newly built. The management of the adjoining verges is crucial for a successful greening of the rights-of-way.

Subsequent measures (industrial/constructional applications)
There are a series of other measures that would be worth to be examined, but which leave the narrower description of the project and therefore will not be pursued in this frame: construction inhibiting plant growth, mycodegradation, allelochemicals, phyto-toxins, essential oils etc.
Many of these interventions have been known for long time (e.g. heat-treatments with water or fire) and have already been tested in field trials by the SBB. However, these interventions could not prevail on the use of glyphosate as efficient and economic method. This not only in the rail- and tramways but in all sectors where the development of a spontaneous vegetation could become a disruptive factor for human objectives. Some of these interventions - hot water, robotic and growth inhibiting construction - are re-assessed in other projects of the SBB in the frame of the action plan «Alternative Herbizid».

Application safety
Establishing a greening in parts of the railway tracks is technical and scientific “virgin territory”. Hereof, there exist no guidelines or quality standards. Such guidelines and standards should be developed in parallel with the intended field trials. Standards of the rooftop greening could serve as orientation. They probably will have to consider vegetation and constructional aspects.

Activities in neighbouring countries:
The French railway company SNCF is testing a set of different seed mixtures in the frame of a PhD thesis in different regions in France. A closer collaboration is planned.

Outlook on the second workshop:
The task will be to define specific species and mixtures. Previously, some sites will be prospected in order to reflect different in situ conditions.

# 6. Attachments

1. Anwendungssicherheit – Richtlinien, QS-Standards (Beispiele)
   Application safety – guidelines
   Sécurité d'application
2. Begrünung im Nahverkehr «Rasengleis»
   Turf lanes (tramway)
   Végétalisation en tramway
3. Anwendungen im Rasengleis (Nahverkehr)
   Applications on turf lanes
   Applications en tramway
4. Schichtung Rasengleis (Nahverkehr)
   Stratification of turf lanes
   Stratification en tramway
5. Schichtung begrünter Flachdächer
   Stratification of greened roof-tops
   Stratification des toits végétalisés
6. Rasengitter
   Grass concrete blocks
   briques perforées en losanges
7. Mulche
   Mulchs
8. (agrar-) industrielle Anwendung - Aufwuchshemmende Massnahme
   (agro-) industrial interventions – growth inhibiting measures
   Interventions (agro-) industrielles - constructions inhibitrices de croissance
9. (agrar-) industrielle Anwendung – Allelochemikalien, ätherische Öle
   (agro-) industrial interventions – allelochemicals, essential oils
   Interventions (agro-) industrielles – allélochimiques, huilles essentielles
10. Historischer Rückblick – Vegetationskontrolle im Gleisbereich
    Historical retrospect – vegetation control on railway tracks
    Retrospective historique – contrôle de la vegetation sur les rails ferroviaires
11. Bahnbegleitflora
    Railway vegetation
    Végétation ferroviaire
12. Bahnhöfe und Fernbahnen
    Railway stations and long-distance train paths
    Gares ferroviaires et trafic à longue distance
13. Begrünung des Banketts - Begrünte Bankette
    Greening of the rights-of-way – green rights-of-way
    Végétalisation des pistes – pistes vertes
14. Allelopathie
    Allelopathy
    Allélopathie
15. Biodiversität
    Biodiversity
    Biodiversité
16. URL der aus dem Internet bezogenen Bilder
    URL of downloaded images
    Lien des images téléchargées

## 1 Anwendungssicherheit – Richtlinien, QS-Standards (Beispiele)

Schweizerische Fachvereinigung Gebäudebegrünung
- Mehrere Publikationen
- Kostenpflichtig CHF 35.-- bis 150.--

http://www.sfg-gruen.ch/index.php?page=454

Stadt Zürich Amt für Hochbauten
- Vorgaben Dachbegrünungen (Checkliste)
- Download als PDF gratis

https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/gsz/angebote_u_beratung/beratung/dachbegruenungen.html#checkliste_dachbegruenungen

Leitfaden für naturgemässe Begrünungen
- Mit Unterstützung des BAFU, verschiedener Kantone und NGO's hat Ö+L einen umfassenden Leitfaden für die Praxis naturgemässer Begrünungen erstellt.
- Download als PDF gratis
- **!! Anhang: Schweizerische, deutsche und österreichische Gesetze, Verordnungen und Normen, welche für Begrünungen relevant sind.**

http://agrarökologie.ch/begruenungen_leitfaden.php

Viele weitere …

Zusätzlich: bestehende SBB-Richtlinien zu Bankettbau und Herbizidanwendung.

**!! Im Sinne einer Absicherung für das BGB-Projekt, sollten solche Richtlinien parallel zu den Feldversuchen entwickelt werden.**

**Input SNCF, Ehmig & Couvrechef:**

## 2 Begrünung im Nahverkehr «Rasengleis»

Ist international zunehmend verbreitet

**Deutschland**: HANDBUCH Gleisbegrünung - Planung • Ausführung • Pflege // Grüngleisnetzwerk; 2014
**Frankreich**: Diversification en végétalisation de tramway // Plante & Cité; 2013

Deutschland: Final Conference URBAN TRACK - Green Tram Tracks //
http://www.urbantrack.eu/images/site/publications/FinalConference/presentations/07_ASP_Grassed%20Track.pdf
Frankreich: Französische Planungsleitbilder für Straßenbahnsysteme im Vergleich zu Deutschland // Christoph Groneck; 2007
Japan: Green Transport: The Grass Tramway of Kagoshima //
https://www.urbanghostsmedia.com/2013/06/green-transport-grass-tramway-kagoshima/
Österreich: GREEN TRACK – ENVIRONMENTAL PERFORMANCE EVALUATION FOR 'GREEN' TRAMWAY SUPERSTRUCTURE
http://master.grad.hr/cetra/ocs/index.php/cetra/cetra2012/paper/viewFile/65/50
Schweden: Cooler microclimate with green tracks
http://www.klimatanpassning.se/en/cases/green-tracks-in-norrkoping-1.112875
Spanien: Turf Track for Light Rail Systems // Novales, Margarita; Conles, Emilio; 2012

**Vegetation vorwiegend:**
- **Sedum-Mischungen**
- **Reiner Rasen**
- **Gräser und Kräuter Mischungen**

English version:
Handbook Track Greening
http://www.gruengleisnetzwerk.de

2 Feldstudien in mehreren Städten:
https://www.plante-et-cite.fr/projet/fiche/26/diversification_en_vegetalisation_de_tramway/n:25

## 3 Anwendungen im Rasengleis (Nahverkehr)

HANDBUCH Gleisbegrünung - Planung • Ausführung • Pflege
Grüngleisnetzwerk, 2014

Abbildung 7: Gezielter Einsatz gleisbegleitender Wiesenstreifen in München (Foto: [34])

Abbildung 8: Gezielter Einsatz gleisbegleitender Wiesenstreifen in München (Foto: [34])

Projektbericht / Rasengleissysteme
Strailastic; 2008
*Sicherheit: Fussgänger betreten Rasen eher als Schotter !!*

Végétalisation de tramway –Site d'Angers
Plante & Cité, 2013

**Figure 1 : vue de 6 parcelles le 15 septembre 2011**

## 4 Schichtung Rasengleis (Nahverkehr)

Integrierter Umweltschutz in der Textilindustrie:
Einsatz neuartiger **Textil-Matten als Vegetationstragschicht in Gleisbett-Naturierungen**
zur Emissionminderung und Retention von Niederschlagswasser, TV1
Fuchs; Mählmann
2004

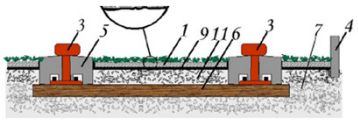



*Abbildung 3: Querschnitt durch das Gesamtsystem einer textilbasierten Gleisbettnaturierung insbesondere für die Oberbauform „Querschwelle im Schotterbett" (1: textile Vegetationstragschicht; 2/2' extrem grobe durchwurzelte Kettengewirkstruktur; 3 Schiene; 4 Gleisbord; 5 Profilkörper; 6 Schwelle; 7 Schotterbett; 9 Wurzelschutzschicht; 11 Füllkörper)*

Im Folgenden werden die Ergebnisse zur Konstruktion und textiltechnologischen Ausführung der textilen Vegetationstragschicht (Abbildung 4) dargestellt.

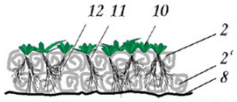



*Abbildung 4: Längsschnitt durch eine textile Vegetationstragschicht für die Gleisbettnaturierung ( 2/2' strangartig gelnautschte Vliesstoffstreifen; 8 Pflanzen/Sedum; 9 Wurzelschutzfolie; 10/10' Porenstruktur zwischen und innerhalb der Vliesstoffbahnen zur Wasser- und Nährstoffspeicherung)*

**Turf Track** for Light Rail Systems
Novales, Margarita; Conles, Emilio
2012

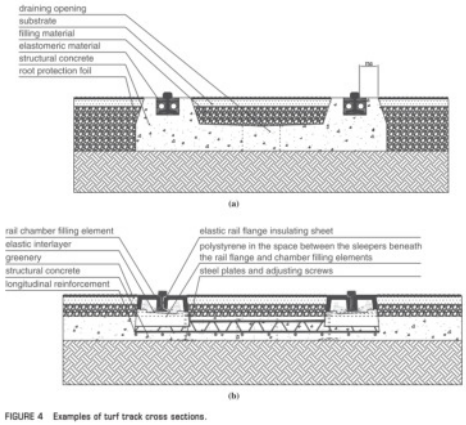



FIGURE 4 Examples of turf track cross sections.

Solch komplexe Schichtungen sind wohl nur bei Neubau/Erneuerung andenkbar und vorab eine Kostenfrage (die noch abzuklären wäre).

## 5 Schichtung begrünter Flachdächer

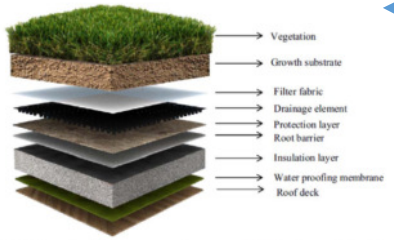



Fig. 1. Schematics of different green roof components [18]. (For interpretation of the references to color in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

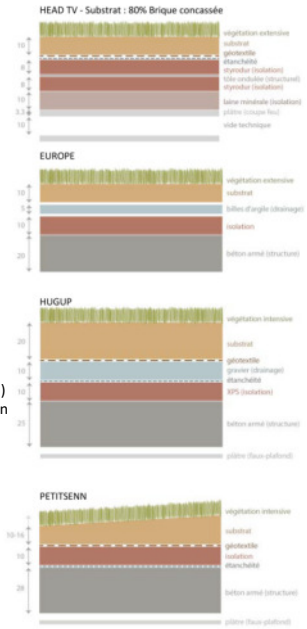
Green roofs and facades: A comprehensive review

Besir, Ahmet B.; Cuce, Erdem
2018

https://www.optigruen.de/

Rapport final du projet "toitures végétalisées" (TVEG) dans l'agglomération genevoise

Sophie Rochefort; Patrice Prunier; Pascal Boivin; Reto Camponovo
2016



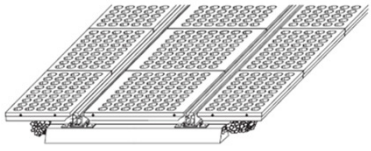

Solch komplexe Schichtungen sind wohl nur bei Neubau/Erneuerung andenkbar und vorab eine Kostenfrage (die noch abzuklären wäre).

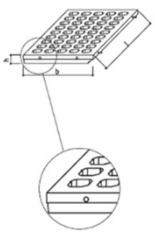
## 6 Rasengitter

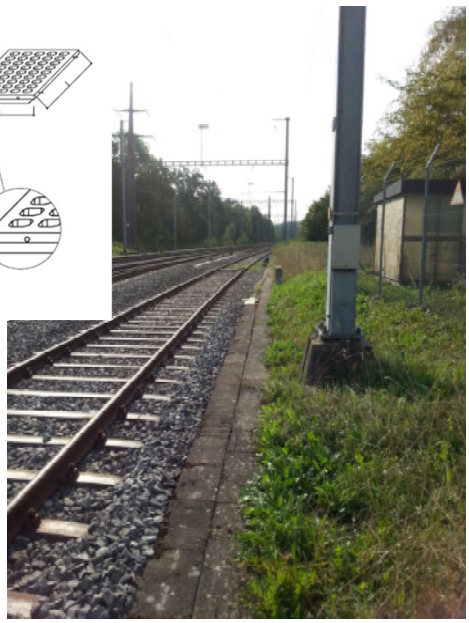
**Rasengleiseindeckplatten (RGP)**

Die von RAILBETON entwickelten Rasengleisplatten (RGP) ermöglichen das Befahren von begrünbaren Gleisanlagen mit Rettungs- und Havariefahrzeugen im Innenstadtbereich. Möglich sind Radlasten R ≤ 50 kN.
Die Streustromisolierung der Gleisanlagen ist gewährleistet. Vorhandene Querschwellengleise können nachträglich begrünt werden.
Hochlochaussparungen in der Größe 105 x 105 mm werden mit Parkplatzrasen auf Oberboden oder mit Stauden auf Sedum begrünt.

Eindeckungsbeispiel:







Rasengitter / -eindeckplatten aus Kunststoff oder Beton könnten anstelle von «vollen» Gehwegplatten Verwendung finden.

Begrünung: Rasen- oder Kräutermischungen

Pflege: Mähen (wie oft / Jahr??)

Kosten hoch, daher nur bei Neubau / Renovierung

Photo: MvdM - Regensdorf

## 7 Mulche

Analog Trennstreifen zwischen Strassenfahrbahn und Fahrradweg.
Gängiges Verfahren

Begrünung: Mulch verhindert Ansiedlung (viele Baumrinden wirken wuchshemmend = allelopathisch auf Gräser und Kräuter, insbesondere auch invasive Arten)

Pflege: ??? -

Kosten: ??? – Rindenmulche werden auch in der Landwirtschaft verwendet => sollte erschwinglich sein.

Photo: MvdM – Regensdorf – Wehntalerstrasse
Photo Mulch – Dwld Internet

A new method to evaluate the weed-suppressing effect of mulches: a comparison between spruce bark and cocoa husk mulches
B W ARENTOFT, A ALI, J C STREIBIG & C ANDREASEN; 2012

Zurbuchen: Präsentation an WS1

## 8 (agrar-) industrielle Anwendung - Aufwuchshemmende Massnahmen

WS1: Raffini & Deprade

**«Mycodégradation»**

- Abbau abgestorbener organischer Substanz durch Pilze (regionale Stämme) bis aufs Atom.
- Pilze bauen Herbizid-Rückstände ab
- Pilze bauen alle anderen Schadstoffe ab
- Pilze bauen alle anderen unerwünschten Stoffe, inklusive Humus, ab.

⇒ Theoretisch eine Wunderwaffe gegen unerwünschte Pflanzen, da ihnen der Nährboden entzogen wird.

⇒ Allenfalls aber auch Probleme mit Eisenbahnschwellen aus Holz oder anderen im Gleisbau verwendeten Materialien.

WS1: Buser

**«Aufwuchshemmende Baumethoden»**

- Prävention – sauberes Material
  - nicht verdichtet
  - Ohne Pflanzensamen und –rückstände
  - Ohne Herbizid-Belastung
  - Eventuell sterilisiert
- Aufwuchshemmende Massnahmen
  - optimale Entwässerung,
  - Wurzelsperren (Folien, Beton, Bitumen)
  - Einwuchssperren
  - sauberen Einbau

Siehe zur Problematik der Umweltbelastung auch:
Railway tracks-habitat conditions, contamination, floristic settlement-a review
Wilkomirski et al; 2012

## 9 (agrar-) industrielle Anwendung – Allelochemikalien, ätherische Öle

Potential Ecological Roles of **Artemisinin** Produced by Artemisia annua L.
Karina Knudsmark Jessing & Stephen O. Duke & Nina Cedergreeen; Review, 2014

Potential of **Hydroxamic Acids** in the Control of Cereal Pests, Diseases, and Weeds
Hermann M. Niemeyer and Francisco J. Perez; 1995

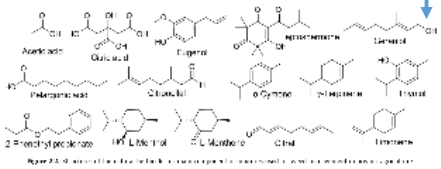
Soil **hypha-mediated movement** of allelochemicals: arbuscular mycorrhizae extend the bioactive zone of **juglone**
Michaela Achatz et al; 2014

Wirkung von **Neem-Produkten** auf höhere Pflanzen und ihre mögliche Nutzung zur Reduzierung der Seitentriebe von Kulturpflanzen sowie zur Unkrautbekämpfung – eine Bestandsaufnahme
Hans-Peter Malkomes; 2006

Allelopathic Interactions and **Allelochemicals**: New Possibilities for Sustainable Weed Management
H. P. Singh , Daizy R. Batish & R.K. Kohli; 2010

Synergistic Antifungal, Allelopatic and Anti-Proliferative Potential of **Salvia officinalis L., and Thymus vulgaris L. Essential Oils**
Ersilia Alexa et al.; 2018

**Natural products** in crop protection
Franck E. Dayan *, Charles L. Cantrell, Stephen O. Duke; 2009

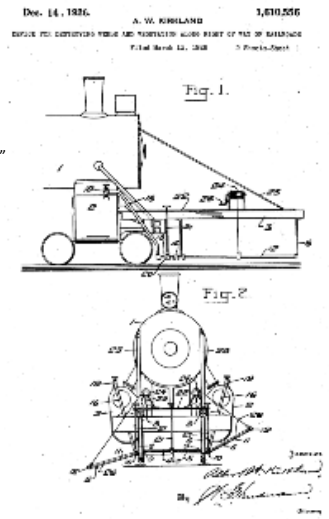


Phytoraf – **Ernterückstand** als vielfältige Rohstoffquelle
J. Gostner, F. Überall; In: Biobased Future - 2 – 2014

- "Ein klassisches Beispiel für allelopathische Wirkung ist die Substanz **Juglon**, welche vom Echten Walnussbaum (**Juglans regia**) abgegebenen wird. Diese gelangt von den Blättern über Auswaschung in den Boden und wird dort von Bodenmikroben in ihre aktive Form überführt. Juglon wirkt bereits in sehr geringen Konzentrationen hemmend auf die Keimung anderer Pflanzen."
- "wurde ein **Sondierungsprojekt** zur Gewinnung von Allelochemikalien aus Restbiomassen (RBM) durchgeführt"
- "Das von uns etablierte Verfahren ermöglicht die Anreichung von Allelochemikalien aus RBM des Feldbaus"
- "Auffindung neuer Wirkungen, welche Potential bergen für eine pharmazeutische oder auch agrarindustrielle Anwendung"

## 10 Historischer Rückblick – Vegetationskontrolle im Gleisbereich

Device for destroying weeds and vegetation along right of way of railroads
Kirkland, Albert W; 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."

Burlington Northern Santa Fe Railway Vegetation Control Program
Gary A Nyberg; 2001

It's interesting, though, that even with all the advances we've made and with all that we've learned about vegetation control, many of the basic principles remain unchanged, even from 50 years ago. The following was taken from the **1948** Railway Engineering & Maintenance Encyclopedia on weed control.
*Economy of Modern Methods*
*"The committee on Economics of Railway Labor has studied the economics of modern methods and equipment including: **weed burners, mowing machines, discers, and scarifiers**, and chemicals for weed eradication; and **in its thorough 1936 report** points out that each of these instrumentalities not only has demonstrated considerable savings over the cost of hand weeding, but also has conserved the labor of section forces for productive work on the track at a time of year when that work is most needed."*
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.

**Abbrennen/Abflammen - Mähen - Scheibengeräte - Vertikutierer - Dampf**

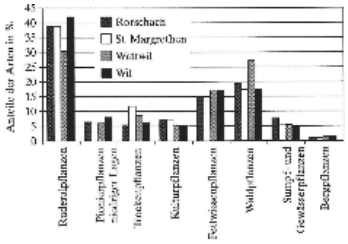
## 11 Bahnbegleitflora

- Es gibt erstaunlich wenige (verfügbare/auffindbare) Vegetationsaufnahmen im Bahnbereich.
- Regionale Floreninventare erwähnen, dass Pflanzen im Bahnbereich beobachtet wurden, sind aber nicht präzise bezüglich der Lokalisierung im Gleisbereich. Die Anmerkungen müssen einzeln heraus gelesen werden (z.B. «Notes floristiques vaudoises 2013»).

- Flora und Vegetation der Bahnhöfe Mitteleuropas, Brandes, Dietmar;1983: *«Die Bearbeitung der schweizerischen Bahnhöfe begann mit den klassischen Arbeiten von THELLUNG (1907, 1911, 1919) und SCHNYDER (1914) sehr erfolgversprechend. Neuere Untersuchungen fehlen jedoch weitgehend, lediglich der Bahnhofsflora von Chiasso wurde ein kleines Büchlein gewidmet (SCHICK 1980).»*

| | | |
|---|---|---|
| Vors_24 | review | AUS, Victoria |
| GS1_02 | monitoring | Austria |
| GS1_45 | review | Austria |
| GS1_41 | monitoring | Czech Republic |
| GS1_42 | review | Finland |
| GS1_25 | comparative | France |
| Lit1_03 | monitoring | France |
| GS1_03 | review | Germany |
| GS1_44 | review | Germany |
| Lit1_01 | review | Mitteleuropa |
| WoS1_48 | monitoring | Poland |
| Lit1_02 | monitoring | Switzerland |
| GS1_43 | review | United Kingdom |

Flora auf Bahnhöfen der Nordostschweiz
Tinner, U, Schumacher, H; 2004




Anteile der Arten mit den verschiedenen ökologischen Gruppen

Britain's Railway Vegetation
C. Sargent; 1984 (umfassendstes gefundenes Werk)

## 12 Bahnhöfe und Fernbahnen

Lineare Strukturen, die als Verbreitungsweg invasiver Arten aber auch als Refugium bedrohter Arten gelten.

Straßen, Kanäle und Bahnanlagen als lineare Strukturen in der Landschaft sowie deren Bedeutung für die Vegetation
Dietmar Brandes; Friedrich Oppermann; 1995

«„ferroviatische Migration"»
«Die Bedeutung der „Eisenbahn als Verbreitungsmittel von Pflanzen" wurde bereits 1883 von HOLLER erkannt. Bahnhöfe sind Einfallstore adventiver Arten, sie stellen Habitatinseln und gleichzeitig usbreitungszentren dar (BRANDES 1983 u. 1993).»
«In der Regel erfolgt sie mit den Zügen von Bahnhof zu Bahnhof, also sprunghaft.»
«Vom Fahrtwind begünstigt, wanderten in diesen Streifen Amaranthus retroflexus, Salsola ruthenica und Kochia scoparia ssp. densiflora (Abb. 9) schnell über große Entfernungen. Heute erfolgt der Transport der Arten hauptsächlich agestochor, sogar mit dem Bremssand (!) der Triebfahrzeuge.»

*********

Can linear transportation infrastructure verges constitute a habitat and/or a corridor for biodiversity in temperate landscapes? A systematic review protocol
Arzhvaël Jeusset et al; 2016

“Yet, the potential of habitat or corridor of their verges (road and railway embankments, strips of grass under power lines or above buried pipelines, or waterway banks) for biodiversity remains controversial. In a context of decreasing natural habitats, the potential of anthropogenic areas for contributing to wildlife conservation should be considered. Moreover, how linear transportation infrastructure verges should be managed in order to favor biodiversity is a crucial question”

## 13 Begrünung des Banketts - Begrünte Bankette

Die gezielte Begrünung der Bankette mit gewünschter Vegetation ist absolutes «Neuland», auch international.
Jedoch ist die Null-Toleranz-Strategie bei weitem nicht in allen Ländern praktiziert; und auch in der CH nicht überall …

Allelopathy: A Potential Tool in the Development of Strategies for Biorational Weed Management
Ascard, J; Hatcher, PE; Melander, B; Upadhyaya, MK; 2007

## 14 Allelopathie

Allelopathie ist zwar ein altbekanntes Phänomen, welches aber in der Wissenschaft seit Jahrzehnten sehr kontrovers diskutiert wird. V.a. weil die hohe Komplexität der Wirkungsweisen dazu führt, dass unter Feldbedingungen schwer nachweisbar ist, welcher Konkurrenz-Faktor wirkt (wenn überhaupt). Fakt ist jedoch, dass eine Reihe von Pflanzen über Wurzeln und Laub Wirkstoffe absondern, welche den Zweck haben, das Wachstum anderer Pflanzenarten zu behindern.

Die Suche nach Experten zu Allelopathie-Forschung in der **Schweiz** ausserhalb des landwirtschaftlichen Bereiches …
Niemanden gefunden, der aktuell konkret daran forschen würde !! Allenfalls Allelopathie als Erklärung für den Erfolg von Neophyten.

- WSL: Text aus den 90ern / Kräuter wirken wuchshemmend auf Fichten
- Uni NE: Wechselwirkung Pflanze versus (Boden-)Fauna (Wurzelexsudate)
- ETH: Abstract zu allelopathisch wirksamen Algen auf Wasserflora
- Uni BE: «Warum seltene Pflanzen selten sind» (Konkurrenzschwach, empfindlich für allelopathisch wirksame Pflanzen, speziell Neophyten
- Uni BE / SNF: Allelopathie als Grund für Konkurrenz-Bonus der Neophyten

**International** gibt es einige Untersuchungen zur Eindämmung von Neophyten mittels einheimischer Pflanzen

- Allelopathy of a native grassland community as a potential mechanism of resistance against invasion by introduced plants - Ning, Lei; Yu, Fei-Hai; van Kleunen, Mark; 2016
- Potential Ecological Roles of Artemisinin Produced by Artemisia annua L. - Knudsmark Jessing, Karina; Duke, Stephen O.; Cedergreeen, Nina; 2014
- Effects of Verticillium nonalfalfae on Ailanthus altissima and associated indigenous and invasive tree species in eastern Austria - Maschek, O.; Halmschlager, E.; 2018
- Home and away: biogeographical comparison of species diversity in Thymus vulgaris communities - Jacqueline A. Nielsen et al; 2017

## 15 Biodiversität

WESTHOFF (1964) describes the railways in the Netherlands as refuges for wild plants, and in the U.S.A. (e.g. CURTIS 1959:306) they represent a last refuge for the disappearing prairie vegetation.
On the railway vegetation and flora between Esbo and Inga, S. Finland - Niemi, Åke; 1969

Sur le Plateau suisse, où l'emprise humaine sur la nature est de plus en plus prépondérante, certains milieux se sont raréfiés au point de disparaître ou de se trouver très isolés. Les talus de route ou de voies ferrées sont devenus des milieux de substitution pour certaines unités de végétation qui tendent à s'éteindre.
La valorisation des talus ferroviaires - Aubert, John; Burri, Antoine; Le Baron, Jean-Yves; 2004

## 16 URL der aus dem Internet bezogenen Bilder

**Report - Figure 2 / Folie Perspektiven: Niedrigtempo-Strecken, Rangierbahnhöfe, usw**

http://www.tobiaspfau.de/de/media-00001467-00000509.html
https://www.x-rail.ch/MOB/Streckennetz/Montbovon%20-%20Chateau%20d%27Oex/Bilder/LaChaudanne_G015.jpg
http://www.airliners.de/flughafen-muenchen-express-zuege/43661
https://de.123rf.com/photo_79787574_zweige-der-eisenbahn-im-rangierbahnhof-güterwagen.html

**Attachment 7 Mulche**
https://earthtonesgreenery.com/products/pine-bark-mulch

**Attachment 14 Begrünung des Banketts - Begrünte Bankette**
https://www.flickr.com/photos/96964423@N03/35856898606
http://www.abs48.com/gesamtprojekt/projektorganisation-und-partner/projektpartner
http://www.gus-ag.ch/project-4-2/

**Fotos ohne Quellenangabe:**
Markus van der Meer oder Serge Buholzer