



Einsatz von Sedum-Matten zur Begrünung von Schottern, Gleisen und Gehwegen in SBB Arealen

Tastversuche (2021–2023)

Autorinnen und Autoren

Markus van der Meer¹, Julie Steffen², Patrice Prunier²,
Serge Buholzer¹

¹ Agroscope, Zürich-Reckenholz

² Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève (HEPIA), HES-SO Haute Ecole Spécialisée de Suisse Occidentale

Auftraggeber

SBB CFF FFS



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF
Agroscope

Weitere Partner



Impressum

Herausgeber	Agroscope Reckenholzstrasse 191 8046 Zürich www.agroscope.ch
Auskünfte	Serge Buholzer, serge.buholzer@agroscope.admin.ch
Fotos	Serge Buholzer, Markus van der Meer
Titelbild	Markus van der Meer
Download	www.agroscope.ch/science
Copyright	© Agroscope 2024
ISSN	2296-729X
DOI	https://doi.org/10.34776/as195g

Haftungsausschluss :

Die in dieser Publikation enthaltenen Angaben dienen allein zur Information der Leser/innen. Agroscope ist bemüht, korrekte, aktuelle und vollständige Informationen zur Verfügung zu stellen – übernimmt dafür jedoch keine Gewähr. Wir schliessen jede Haftung für eventuelle Schäden im Zusammenhang mit der Umsetzung der darin enthaltenen Informationen aus. Für die Leser/innen gelten die in der Schweiz gültigen Gesetze und Vorschriften, die aktuelle Rechtsprechung ist anwendbar.

Inhalt

Zusammenfassung	4
Résumé	5
Summary	6
Riassunto	7
1 Hintergrund und Zielsetzung des Versuches	8
1.1 Untersuchungsziele	8
1.2 Tastversuch mit Sedum-Matten	8
1.3 Sedum-Matten im urbanen Raum	8
1.4 Sedum-Pflanzen: Verbreitung und Eigenschaften	9
2 Versuchsanlage und Standortfaktoren	10
2.1 Verwendete Sedum-Matten	10
2.2 Untersuchte Einflussfaktoren	10
2.3 Beschreibung der Untersuchungsstandorte und Substrate	10
2.3.1 Übersicht Anzahl eingesetzte Sedum-Matten	11
2.3.2 Untersuchungsstandort und Substrat in Cornaux	11
2.3.3 Untersuchungsstandort und Substrat in Cousset	11
2.3.4 Untersuchungsstandort und Substrat in MuttENZ	12
3 Methodenbeschreibung der Vegetationsaufnahmen	12
4 Resultate der Vegetationserhebungen auf den Sedum-Matten	12
4.1 Entwicklung der Deckung von Sedum-Arten und Spontanvegetation	12
4.1.1 Abnahme der Deckung von Sedum-Arten und Zunahme der Spontanvegetation	12
4.1.2 Einfluss des Standortes auf die Entwicklung der Deckung von Sedum-Arten und Spontanvegetation	13
4.1.3 Einfluss des Bodensubstrates auf die Deckung von Sedum-Arten und der Spontanvegetation	14
4.1.4 Einfluss von wurzelhemmenden Vliesunterlagen, Grundvegetation und Tritt auf die Deckung der Sedum-Arten und Spontanvegetation	16
4.2 Entwicklung der Deckung der einzelnen Sedum-Arten und der Spontanvegetation	16
5 Diskussion	18
5.1 Fazit	18
6 Literaturverzeichnis	20
7 Anhang	21

Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund steigender gesellschaftlicher Ansprüche an die Nachhaltigkeit engagiert sich die SBB in verschiedenen Bereichen für den Umweltschutz und die Biodiversitätsförderung an der Bahnanlage und den angrenzenden Bahnborden. Mit dem Aktionsplan «NoHerbie – Alternativen Herbizid» sucht die SBB nach Möglichkeiten, den Einsatz von Herbiziden auf ein Minimum zu reduzieren und gleichzeitig den Schutz und die Förderung von Pflanzen und Tieren zu stärken. Auch in anderen Bereichen von Siedlungen und Verkehr wird diesen Aspekten vermehrte Aufmerksamkeit geschenkt. Eine erfolgreiche Methode ist die Anwendung von Vegetationsmatten mit Sedum-Pflanzen zur Begrünung von Dächern und Strassenbahntrassen, welche sich positiv auf das Klima und die Biodiversität auswirkt und gleichzeitig die Gewässerbelastung durch Pestizide reduzieren kann. Im Handel werden Sedum-Matten mit verschiedenen Arten der Gattung Mauerpfeffer eingesetzt. Diese wintergrünen Stauden mit einer Wuchshöhe von 5-10 cm sind mit ihren sukkulenten, d.h. Wasser speichernden Blättern gut gegen Hitze und Trockenheit resistent.

Es stellt sich die Frage, ob sich Sedum-Matten auch zur Begrünung des Gleisbereichs und des Banketts eignen könnten. Dazu wurde in den Jahren 2021-2023 an drei Bahnhöfen der SBB ein Tastversuch angelegt. Die Sedum-Matten wurden auf verschiedenen Bodensubstraten und mit unterschiedlicher Begehungsfrequenz auf ihre Widerstandsfähigkeit getestet. Anders als auf Flachdächern und teilweise Strassenbahntrassen, und entgegen den Empfehlungen der Lieferanten, wurden die Sedum-Matten weder gewässert noch gedüngt. Damit sollten praxisnahe Bedingungen geschaffen werden, wie sie im Unterhalt des SBB-Schienennetzes vorherrschen.

Die Widerstandsfähigkeit der Sedum-Arten war unter den gegebenen Bedingungen sehr gering. So ging die Deckung der Sedum-Arten von anfänglich 100% nach drei Jahren auf durchschnittlich 30% zurück, wobei Schotterunterlagen das Absterben von Sedum Arten etwas stärker beschleunigten als Mergelunterlagen. Gleichzeitig wurden die Matten von Spontanvegetation besiedelt. Am Ende des Versuchs lag die durchschnittliche Deckung der Spontanvegetation bei 5%. Die Besiedlung erfolgt auf verschiedenen Wegen: i) Überwuchs durch rankende Pflanzen aus der angrenzenden Böschung, ii) Eintrag von Samen aus der Umgebung und iii) Durchwachsen der Matten aus dem Substrat. Die Besiedlung mit Spontanvegetation war auf Schotter etwas höher als auf Mergel.

Sedum-Arten sind sehr trittempfindlich. Schon bei mittlerer Trittbelastung waren die Sedum-Matten wenige Monate nach Installation vollständig zerstört.

Unter den eingesetzten Sedum-Arten war der Weisse Mauerpfeffer (*Sedum album*) die dominanteste Art, während die anderen einheimischen Arten Ende Versuch 2023 alle eine Deckung von weniger als 1% aufwiesen. Das Kaukasus-Fettkraut (*Sedum spurium*), ein invasiver Neophyt, war die einzige Art, die auf einzelnen Matten an Deckung zulegen konnte.

Mit Sedum bewachsene Vegetationsmatten sind in der gewählten Ausbringungsform – ohne weitere technische Eingriffe bei der Verlegung und ohne Pflegeaufwand – nicht für den Einsatz im Gleisbereich, im Schotter und im Bankett der SBB geeignet.

Résumé

Dans le contexte des exigences croissantes de la société en matière de durabilité, les CFF s'engagent dans différents domaines pour la protection de l'environnement et la promotion de la biodiversité au niveau des installations ferroviaires et des remblais de voie. Avec le plan d'action «NoHerbie - Alternatives aux herbicides», les CFF cherchent des possibilités de réduire au maximum l'utilisation d'herbicides tout en renforçant la protection et la promotion des plantes et des animaux. Dans d'autres domaines des infrastructures et des transports, une attention accrue est également accordée à ces aspects. Une méthode efficace consiste à utiliser des nattes de végétation garnies de plantes de sédums pour végétaliser les toits et les voies de tramway, ce qui a un effet positif sur le climat et la biodiversité tout en réduisant la pollution des eaux par les pesticides. Dans le commerce, les nattes de sédums sont proposées avec différentes espèces du genre sédum, par exemple le poivre des murailles. Ces plantes vivaces au feuillage persistant, d'une hauteur de 5 à 10 cm, résistent bien à la chaleur et à la sécheresse grâce à leurs feuilles succulentes, c'est-à-dire qui retiennent l'eau.

La question se pose de savoir si les nattes de sédums pourraient également être utilisées pour recouvrir les abords des voies et les banquettes. A cet effet, un essai a été réalisé dans trois gares CFF entre 2021 et 2023. La résistance des nattes de sédums a été testée sur différents substrats de sol et à différentes fréquences de passage. Contrairement aux toits plats et parfois aux voies de tramways et contrairement aux recommandations des fournisseurs, les nattes de sédums n'ont été ni arrosées ni fertilisées. Il s'agissait de créer des conditions proches de la pratique, telles qu'elles prévalent dans l'entretien du réseau ferroviaire des CFF.

La résistance des espèces de sédums s'est avérée très faible dans les conditions données. Ainsi, le recouvrement des différentes espèces a passé de 100 % au début à 30 % en moyenne après deux ans, les supports en gravier accélérant un peu plus la disparition des plantes de sédums par rapport aux revêtements en marne. Parallèlement, les nattes ont été colonisées par une végétation spontanée. A la fin de l'essai, le recouvrement moyen de la végétation spontanée était de 5 %. La colonisation a pris différentes formes: i) envahissement par des plantes grimpantes provenant du talus adjacent, ii) apport de graines provenant des environs et iii) pénétration des nattes à partir du substrat. La colonisation par la végétation spontanée a été légèrement plus élevée sur les graviers que sur la marne.

Les espèces de sédums sont très sensibles au piétinement. Même avec une fréquence de passage moyenne, les nattes de sédums étaient complètement détruites quelques mois après leur installation.

Parmi les espèces de sédums utilisées, l'orpin blanc (*Sedum album*) était l'espèce la plus dominante, alors que les autres espèces indigènes présentaient toutes un recouvrement inférieur à 1 % à la fin de l'essai 2023. L'orpin bâtard (*Sedum spurium*), une néophyte envahissante, était la seule espèce dont la couverture a augmenté sur certaines nattes.

Dans la forme d'application choisie – à savoir sans autres interventions techniques lors de l'installation et sans entretien - les nattes de sédums ne sont pas adaptées à une utilisation dans la zone des voies ferrées, sur le ballast de graviers et les banquettes des CFF.

Summary

In view of society's increasing demands for sustainability, the Swiss Federal Railways (SBB) is committed to protecting the environment and promoting biodiversity throughout its rail network and on adjacent railway property. With its 'No Herbicide - Alternative Herbicide' action plan, SBB is looking for ways to reduce the use of herbicides to a minimum, while strengthening the protection and promotion of flora and fauna. Increased attention is also being paid to these aspects in other areas of settlement and transport. One successful method is the use of vegetation mats with Sedum plants (stonecrop) on green roofs and tram lines, which has a positive effect on the climate and biodiversity while reducing water pollution from pesticides. Commercially, Sedum mats are used with various species of stonecrops. These wintergreen perennials, which grow to a height of 5-10 cm, are resistant to heat and drought due to their succulent, i.e. water-storing, leaves.

A pertinent question whether Sedum mats could also be used to green the grounds of railway stations. A trial was carried out at three SBB stations from 2021 to 2023. The Sedum mats were tested for their resistance to different soil substrates and to different levels of foot traffic. Unlike on flat roofs and in some cases on tram tracks, and contrary to the recommendations of the suppliers, the Sedum mats were neither watered nor fertilised. The aim was to create practical conditions similar to those encountered in the maintenance of the SBB rail network.

The resistance of the Sedum species was very low under the given conditions with coverage decreasing from an initial 100% to an average of 30% after three years, with gravel substrates accelerating the death of the Sedum species slightly more than marl substrates. Furthermore, the mats were colonised by spontaneous vegetation. At the end of the experiment, the average cover of spontaneous vegetation was 5%. Colonisation took place in several ways: i) overgrowth by climbing plants from the adjacent slope, ii) introduction of seeds from the surrounding area and iii) growth through the mats from the substrate. Spontaneous colonisation was slightly higher on gravel than on marl.

Sedum species are very sensitive to trampling. Even under moderate trampling, the five tested Sedum mats were completely destroyed a few months after installation.

Among the Sedum species used, white stonecrop (*Sedum album*) was the most dominant species, while the other native species all had a cover of less than 1% at the end of trial 2023. Caucasian butterwort (*Sedum spurium*), an invasive neophyte for Switzerland, was the only species able to increase its cover, at least on individual mats.

Sedum-covered vegetation mats are not suitable for use in train stations in the selected application form without the need for further technical intervention during installation or extensive without maintenance.

Riassunto

Di fronte alle crescenti esigenze di sostenibilità da parte della società, le FFS si impegnano in diversi ambiti per la protezione dell'ambiente e la promozione della biodiversità nelle installazioni ferroviarie e nelle aree limitrofe alle ferrovie. Con il piano d'azione «NoHerbie – alternative agli erbicidi», le FFS cercano le possibilità di ridurre al minimo l'impiego di erbicidi rafforzando nel contempo la protezione e la promozione della flora e della fauna. A questi aspetti viene rivolta una crescente attenzione anche in altri ambiti degli insediamenti e dei trasporti. Un metodo efficace consiste nell'utilizzare tappeti vegetali guarniti di varietà di Sedum per rinverdire i tetti e le vie dei tram. Tale metodo ha un impatto positivo sul clima e sulla biodiversità e, nel contempo, può ridurre l'inquinamento delle acque dovuto ai pesticidi. In commercio si utilizzano tappeti di Sedum con varie specie di stonecrop. Queste piante perenni raggiungono un'altezza di 5–10 cm e sono molto resistenti al calore e alla siccità grazie alle loro foglie succulente, cioè in grado di trattenere l'acqua.

La domanda è se questi tappeti di Sedum sono idonei a rinverdire anche gli spazi adiacenti ai binari. Per questo è stato condotto un test in tre stazioni delle FFS tra il 2021 e il 2023. La resistenza dei tappeti di Sedum è stata testata su diversi substrati e con diverse frequenze di transito dei convogli. A differenza dei tetti piani e delle tranvie, e contrariamente alle raccomandazioni dei fornitori, i tappeti di Sedum non sono stati né innaffiati né concimati. Si volevano creare così condizioni simili alla realtà, come nel caso della manutenzione della rete ferroviaria delle FFS.

Nelle suddette condizioni la resistenza delle varietà di Sedum è molto bassa. La copertura con questo tipo di piante è dunque passata dal 100 % al 30 % in media in tre anni, e si è constatato che i substrati di ghiaia accelerano la morte delle specie di Sedum rispetto ai substrati di marna. Nel contempo i tappeti sono stati colonizzati da vegetazione spontanea. Alla fine dell'esperimento, la copertura media della vegetazione spontanea era pari al 5 %. La colonizzazione avviene in diversi modi: i) invasione di piante rampicanti provenienti dalla vicina scarpata, ii) apporto di semi dall'ambiente e iii) penetrazione dei tappeti dal substrato.

Le varietà di Sedum sono molto sensibili al calpestio. I tappeti di Sedum erano completamente distrutti pochi mesi dopo l'installazione, anche in condizioni di medio calpestio.

Tra le varietà utilizzate, la borracina bianca era quella dominante (*Sedum album*), mentre le altre specie indigene presentavano tutte una copertura inferiore all'1 % alla fine del test. La borracina caucasica (*Sedum spurium*), considerata una neofita invasiva, è stata l'unica varietà la cui copertura è aumentata su alcuni tappeti.

Nel metodo di applicazione scelto, senza altri interventi tecnici nell'installazione e senza manutenzione, i tappeti vegetali ricoperti di Sedum non sono idonei all'utilizzo nell'area dei binari, sulla ghiaia e nelle banchine ferroviarie.

1 Hintergrund und Zielsetzung des Versuches

Im Bahnverkehr wurde im Gleisbereich während Jahrzehnten eine Null-Toleranz bezüglich Pflanzenbewuchs verfolgt. Hauptgründe sind die Gleisstabilität zu gewährleisten, die uneingeschränkte Funktionsfähigkeit der Bahninfrastruktur wie Weichen, Signale oder Fahrleitungen zu erhalten, sowie zur Sicherheit des Bahnpersonals und der Passagiere, Fluchtwege bei Unglücken stolperfrei zu halten. Seit den 90er Jahren wird dies vorwiegend mit dem Einsatz von Totalherbiziden (Glyphosat) erreicht. Auch wenn die Anwendungsmenge durch gezielte Einzelpflanzenbehandlung in den letzten Jahren deutlich gesenkt werden konnte, steht die SBB unter starkem öffentlichem Druck, den Einsatz weiter zu senken, zumal beim Wirkstoff Glyphosat der Verdacht auf eine krebserregende Wirkung bei Menschen festgestellt wurde. Die SBB hat deshalb im Jahr 2018 den Aktionsplan «NoHerbie - Alternativen Herbizid» ins Leben gerufen. Es geht darum, umweltfreundlichere Alternativen für die Vegetationskontrolle auf Gleisanlagen zu finden. Dabei stehen nichtchemische Methoden wie thermische, mechanische oder elektrische Verfahren im Vordergrund. Auch bauliche Maßnahmen, um unerwünschtes Pflanzenwachstum zu vermeiden, werden evaluiert.

Erfahrungen mit der Verwendung von Rasen- und Sedum-Matten bestehen in der Dachbegrünung und im Strassenbahnverkehr. Es gibt jedoch keine Erfahrungen bei Eisenbahnunternehmen, weder im Gleisbereich noch im angrenzenden Bankett oder Gleiszwischenflächen.

1.1 Untersuchungsziele

- Wie wirkt sich Trockenheit auf kaum Wasser speichernden Schottern auf die Sedum-Pflanzen und deren Deckung aus?
- Wie konkurrenzfähig sind Sedum-Pflanzen auf Vegetationsmatten gegenüber aus der Umgebung oder dem Substrat eindringender spontaner Vegetation?
- Welchen Effekt haben vegetationsundurchlässige Vliese als Aufwuchs hemmendes Material auf die Durchwurzelung des Untergrundes und die Entwicklung der Sedum-Pflanzen?
- In welchem Umfang widerstehen respektive regenerieren sich die Sedum-Pflanzen auf den Vegetationsmatten bei unterschiedlichen Begehungsintensitäten auf Dienstwegen?

1.2 Tastversuch mit Sedum-Matten

In Ergänzung des Begrünungsprojektes «Grüner Teppich – gezielte Begrünung von Banketten und Randbereichen» [1-3] (Agroscope 2019 – 2023) wurde für eine Dauer von drei Jahren in einem Tastversuch von 2021 bis 2023 an drei von sieben Untersuchungsstandorten im Zwischengleisbereich und im Gleis insgesamt 40 Sedum-Matten à 2 m² auf verschiedenen Unterlagen installiert und die Entwicklung der Deckung von Sedum-Arten und anderen Pflanzen beobachtet. Im Versuch wurden die Faktoren Untergrundmaterial (Kies, Mergel / Schotter), Wurzel-Vlies als Schutzschicht und Trittsintensität, sowie Einfluss vorhandener Grundvegetation untersucht. Die Sedum-Matten wurden weder gewässert, gejätet noch gedüngt. Als Zielwert wurde eine minimale Deckung von 80 % mit Sedum-Arten definiert.

1.3 Sedum-Matten im urbanen Raum

Auf Dächern und Strassenbahntrassen (Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.) werden die Matten auf eine Substratschicht gelegt, welche nochmals mit Drän-, Filter- und Durchwurzelungsschutz-Schichten unterlegt sind. Diese werden auf einen Füllkörper gelegt unter welchem sich die Schwellen und das Schotterbett befinden. Einmal



Abbildung 1: Einsatz von Sedum auf Dächer und in Strassenbahngleisen.

installiert, benötigen die grünen Gleise ein Minimum an Unterhalt, sprich Düngung und Kontrolle der spontanen Vegetation, eventuell auch Bewässerung.

Strassenbahnwagons sind leicht und fahren langsam; der kleinräumig getaktete Betrieb erlaubt, Unterhaltsarbeiten relativ einfach in die Planung zu integrieren. Begrünungen im Stadt- und Stadtrandgebiet bieten vielfältige Vorteile, zum Beispiel bezüglich Stadtökologie und Schallreduktion [4-7]. Bei angepasster Pflege können sowohl Rasen- als auch Sedum-Gleise ein hohes Alter erreichen und das Stadtbild dauerhaft aufwerten. Insbesondere Sedum-Gleise ertragen längere Trockenperioden, nach denen die Sedum-Arten sich wieder gut vermehren [8, 9]. Grüne Gleise erfahren deshalb seit Ende des 20. Jahrhunderts weltweit einen Boom [10].

Im Vergleich zu Strassenbahnen stehen Eisenbahnen vor mehreren Herausforderungen: deutlich höhere Zirkulationsgeschwindigkeiten der Züge, ungleich höheres Gewicht der Wagen und Wagenkompositionen, 24-stündiger Betrieb und erschwertes Arbeiten im Gleis. Die Anforderungen bezüglich Personensicherheit und an die Gleisstabilität sind damit deutlich höher als im Strassenbahnverkehr. Hinzu kommen ein grosses Schienennetz und weite Flächen auf Bahnhöfen.

Gewählte Begrünungen sollten deshalb möglichst kostengünstig bei der Erstellung und im Unterhalt sein. Ein grossflächiges Auslegen von Sedum-Matten mit einem für Tramgleise üblichen Unterbau ist zu kostspielig. Deshalb sollte in diesem Tastversuch geprüft werden, wie sich Sedum-Matten ohne weitere technische Eingriffe bei der Verlegung und ohne Pflegeaufwand verhalten.

1.4 Sedum-Pflanzen: Verbreitung und Eigenschaften

Die Gattung Sedum ist eine Pflanzengattung mit weltweit etwa 420 Arten. Im Handel sind vorwiegend die deutschen Trivialnamen Mauerpfeffer und Fetthennen gebräuchlich. Sedum-Arten sind einjährige oder ausdauernde krautige Pflanzen, seltener Halbsträucher, die mehr oder weniger stark sukkulent sind. Es sind meist Faserwurzeln vorhanden. Besonders die dickfleischigen Laubblätter speichern Wasser. Sie werden oft als trockenheitsresistent, sonnenliebend und genügsam beschrieben.

Sedum-Pflanzen können sich nach längeren Trockenperioden wieder ausbreiten. Sie können schöne Blatt- und Blütenteppiche bilden und ansprechende Farbakzente setzen. Viele Arten gelten zudem als bienenfreundlich und werden aufgrund dieser Eigenschaften als Zierpflanzen in Parks und Gärten sowie in der Dachbegrünung erfolgreich eingesetzt. Sedum-Teppiche gewinnen zunehmend an Bedeutung in der Gleisbegrünung des städtischen öffentlichen Nahverkehrs.

In der Schweiz kommen 27 Sedum-Arten und Unterarten vor [11]. Von diesen sind 19 Arten indigen, eine archeophytisch und sieben neophytisch. Unter den neophytischen sind *Sedum spurium* M. Bieb. und *Sedum stoloniferum* S. G. Gmel. besonders hervorzuheben, da sie auf der Liste «Gebietsfremde Arten in der Schweiz» BAFU 2022 als invasiv deklariert sind; des Weiteren ist *Sedum hybridum* L. ein in der Schweiz noch selten vorkommender Neophyt mit unklarem Verbreitungspotential. Unter den indigenen Arten sind viele regional oder nur lokal verbreitet (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Auf den eingesetzten Matten wurden folgende Arten regelmässig gefunden *Sedum album* L., *Sedum sexangulare* L., *Sedum acre* L., *Sedum rupestre* L., *Sedum hybridum* L. und *Sedum spurium* M. Bieb.



Abbildung 2: Vier indigene Sedum-Arten der Schweiz. Oben: *Sedum hispanicum* L. und *Sedum sexangulare* L. Unten: *Sedum acre* L. und *Sedum album* L.

Quelle: <https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Sedum>

2 Versuchsanlage und Standortfaktoren

2.1 Verwendete Sedum-Matten

Die in diesem Projekt verwendeten Sedum-Matten hatten eine Normgrösse von 1 x 2 Metern und bestanden aus trockenheitsverträglichen Sedum-Arten, welche auf kompostierbaren Kokosmatten gezogen wurden. Gemäss Beschreibung sollte die sofortige Bedeckung des Bodens das Auflaufen von Unkräutern verhindern; Wurzelunkräuter sollten jedoch vorgängig restlos beseitigt werden. Die Matten eignen sich für sehr trockene Lagen, sollten bei Neuerrstellung nach Angaben der Produzenten bis zur Verwurzelung der Pflanzen im Substrat feucht gehalten und anschliessend nach Bedarf gedüngt werden.

Aufgrund von Lieferengpässen der Schweizer Partnerfirma für die bestellten inländischen Matten wurden verfügbare Matten aus Deutschland geliefert. Die Lieferung erfolgte sehr spät in der Saison, so dass die Matten trotz der unten aufgeführten Mängel verwendet werden mussten:

- Die gelieferten Sedum-Matten wurden mit einem Kunststoff-Netz verstärkt geliefert, was auf lange Sicht zu einer Verunreinigung im Bahnareal führt und bei der Entsorgung der Matten berücksichtigt werden musste.
- Die Zusammensetzung der Sedum-Arten widersprach unseren Vorgaben, da sie auch Neophyten enthielten. Darum wurde ein Kontrollgang mit A. Möhl von Info Flora im Herbst 2021 durchgeführt und ein Zwischenbericht zum Vorkommen der neophytischen Sedum-Arten verfasst (siehe Anhang). Auf allen verlegten Sedum-Matten wurde die invasive Art *Sedum spurium* M. Bieb. gefunden und auf einem kleineren Teil der Sedum-Matten wurde zudem *Sedum hybridum* L. gefunden.

Da die Testflächen kleinräumig waren und eine Ausbreitung primär nicht zu befürchten war, wurde beschlossen, den Tastversuch durchzuführen und die Entwicklung der neophytischen Arten zu überwachen. Nach Abschluss des Versuches wurden alle Sedum-Matten in der Verbrennungsanlage entsorgt.

2.2 Untersuchte Einflussfaktoren

Im Zentrum der Fragestellung steht die Eignung von Sedum-Matten, wie sie auf Flachdächern und Strassenbahnbereich eingesetzt werden, als bodendeckende Begrünung im Gleisbereich. Dort verwendet die SBB primär Schotter, im Nebengleisbereich verschiedene Kies- und Mergel-Substrate. Da sich im Zwischen- und Nebengleisbereich unterschiedlich viel Spontanvegetation etablieren kann sollte untersucht werden, ob sich diese auf die Entwicklung der Sedum-Arten auf darüber liegenden Sedum-Matten auswirkt. Ausserdem kann je nach Situation im Bahnareal die Begehungsfrequenz durch Bahnpersonal stark variieren. Neben diesen beiden Faktoren wollten wir auch prüfen, wie sich der Einsatz einer wasserdurchlässigen Sperrschicht mittels eines Wurzel-Vlies unter den Matten auf die Entwicklung der Sedum-Arten und die Durchwurzelung des Untergrundes auswirkt. Mit dem Wurzel-Vlies sollte die Durchwurzelung ins Substrat verhindert werden.

Darum wurden an drei verschiedenen Untersuchungsstandorten folgende Faktoren auf ihre Wirkung auf die Resilienz der Sedum-Arten untersucht:

- Verschiedenkörniges Bodensubstrat → Schotter vs. Kies/Mergel
- Unterschiedliche Deckungsgrad vorhandener Spontanvegetation → mit Pflanzen vs. frei von Pflanzen
- Schutz des Bodensubstrates vor tiefer Durchwurzelung → mit Wurzel-Vlies vs. ohne Wurzel-Vlies
- Einfluss von regelmässiger Begehung durch Bahnpersonal → mit Tritt vs. ohne Tritt

2.3 Beschreibung der Untersuchungsstandorte und Substrate

Um die Anforderungen der SBB bezüglich des kostenarmen Unterhaltes zu erfüllen, wurden die Matten nach Installation weder gewässert, gedüngt oder gejätet. An drei Standorten in Cousset, Muttenz und Cornaux wurden 40 Matten mit insgesamt 80 m² gelegt: Ein Viertel respektive Fünftel der Matten wurde mit einem widerstandsfähigen Vlies unterlegt (125 g/m², Dicke 0.39 mm, Zugfestigkeit 7.85 kN/m) (Tabelle 1). Jede Matte wurde verankert, um eventuelle

Verwehungen zu verhindern. Zur Eruierung der Wetterverhältnisse wurden die Daten der jeweils nächstgelegenen Wetterstation von MétéoSuisse ausgewertet: für Cornaux die Station Cressier, für Cousset Payerne und für MuttENZ Basel-Binningen. Alle Matten wurden am 04.05.2021 installiert; im Oktober 2023 wurde der Versuch beendet.

2.3.1 Übersicht Anzahl eingesetzte Sedum-Matten

Tabelle 1: Übersicht der Verteilung der 40 eingesetzten Sedum-Matten nach Standort, Substrat, Wurzel-Vlies und Vegetation als Untergrund. Drei Verfahren: Mit oder ohne Vegetation auf dem Untergrund // mit oder ohne Wurzeln hemmendes Vlies zwischen Untergrund und Matte // mit oder ohne Tritt durch Passanten.

Belag	Vegetation	Vlies	Cornaux	Cousset	MuttENZ	Total
Mergel	mit Vegetation	kein Vlies		1		1
		mit Vlies		1		1
	ohne Vegetation	kein Vlies	4	3	6	13
		mit Vlies	1	1	1	3
Schotter	mit Vegetation	kein Vlies	4			4
		mit Vlies	1			1
	ohne Vegetation	kein Vlies	4	3	2	9
		mit Vlies	1	1	1	3
		mit Tritt			5	5
Total			15	10	15	40

2.3.2 Untersuchungsstandort und Substrat in Cornaux

In Cornaux liegen die Versuchsflächen im nördlichen Bereich des gesperrten Areals des Rangierbahnhofes. Es ist ausschliesslich für Bahn-Mitarbeitende der SBB und der Raffinerie Cressier zugänglich. Züge zirkulieren mit höchstens 30 km/h. Insgesamt wurden 15 Matten à 2 m² ausgebracht. Die Matten wurden auf unterschiedlichen Substraten verlegt (Tabelle 1; Details siehe Anhang 1):

- 5 Sedum-Matten liegen auf vegetationsfreiem Schotter. Davon wurde eine Matte mit einem Wurzel-Vlies unterlegt, um die Durchwurzelung des Substrates (Schotter) zu verhindern.
- 5 Sedum-Matten liegen auf Schotter mit Vegetation. Davon wurde eine Matte mit einem Wurzel-Vlies unterlegt, um die Durchwurzelung des Substrates (Schotter) zu verhindern.
- 5 Sedum-Matten liegen auf vegetationsfreiem Mergel. Davon wurde eine Matte mit einem Wurzel-Vlies unterlegt, um die Durchwurzelung des Substrates (Kies) zu verhindern.

2.3.3 Untersuchungsstandort und Substrat in Cousset

In Cousset liegen die Versuchsflächen auf dem für Privatpersonen gesperrten Bahnhofsareal, zwischen dem Perron im Süden und einem Fussgänger- und Dienstweg im Norden, der nicht vom Bahnareal abgezaunt ist. Züge zirkulieren mit höchstens 80 km/h. Es wurden 10 Matten à 2 m² ausgebracht verlegt (Tabelle 1, Details siehe Anhang 2):

- 4 Sedum-Matten liegen auf vegetationsfreiem Schotter im Gleis hinter einem Prellbock (nicht befahren). Davon wurde eine Matte mit einem Wurzel-Vlies unterlegt, um die Durchwurzelung des Substrates (Schotter) zu verhindern.
- 4 Sedum-Matten liegen auf vegetationsfreiem Mergel. Davon wurde eine Matte mit einem Wurzel-Vlies unterlegt, um die Durchwurzelung des Substrates (Mergel) zu verhindern.
- 2 Sedum-Matten liegen auf Mergel mit Spontanvegetation. Davon wurde eine Matte mit einem Wurzel-Vlies unterlegt, um die Durchwurzelung des Substrates (Mergel) zu verhindern.

2.3.4 Untersuchungsstandort und Substrat in MuttENZ

In MuttENZ liegen die Versuchsflächen auf dem gesperrten Areal des Rangierbahnhofes. Es ist ausschliesslich für Mitarbeitende der SBB zugänglich. Züge zirkulieren mit höchstens 30 km/h. Die Matten wurden entlang desselben Rangiergleises installiert, jedoch an zwei Punkten in circa 300 m Entfernung voneinander. Insgesamt wurden 15 Matten à 2 m² ausgebracht verlegt (Tabelle 1, Details siehe Anhang 3):

- 5 Sedum-Matten liegen auf vegetationsfreiem Schotter auf einem Dienstweg, um die Tritttoleranz der Sedum-Matten zu prüfen. Davon wurde eine Matte mit einem Wurzel-Vlies unterlegt, um die Durchwurzelung des Substrates (Schotter) zu verhindern. Alle fünf Matten mussten schon nach 6 Monaten entsorgt werden, da die Deckung der Sedum-Arten unter 10% sank (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).
- 3 Sedum-Matten liegen auf vegetationsfreiem Schotter ohne Trittbelastung. Davon wurde eine Matte mit einem Wurzel-Vlies unterlegt, um die Durchwurzelung des Substrates (Schotter) zu verhindern.
- 7 Sedum-Matten liegen auf vegetationsfreiem Mergel ohne Trittbelastung. Davon wurde eine Matte mit einem Wurzel-Vlies unterlegt, um die Durchwurzelung des Substrates (Kies) zu verhindern.

3 Methodenbeschreibung der Vegetationsaufnahmen

Alle Sedum-Matten hatten zum Zeitpunkt der Ausbringung im Mai 2021 eine Deckung von 100 % mit Sedum-Arten. Für die Datenanalysen wurde jeweils im Herbst der Jahre 2021, 2022 und 2023 eine Vegetationsaufnahme auf allen ausgebrachten Matten durchgeführt. Es wurden alle auf der Matte wurzelnden Gefässpflanzen auf Artebene bestimmt und ihre Deckung in Prozent geschätzt. Zusätzlich wurde die Deckung der Moose und die Deckung von einwachsenden, rankenden Arten erhoben. Diese waren Efeu (*Hedera helix*), Waldrebe (*Clematis vitalba*) und Brombeeren (*Rubus fruticosus*). Alle Erhebungen wurden fotografisch dokumentiert.

Für die vorliegende Datenanalyse wurden die Erhebungen von 2021 und 2023 verwendet. Die erhobenen Daten zur Deckung von Moosen und einwachsenden Pflanzen wurden nicht analysiert.

4 Resultate der Vegetationserhebungen auf den Sedum-Matten

Das Versuchsdesign wurde aus Kostengründen bewusst einfach gehalten und lässt keine differenzierten statistischen Analysen zu.

4.1 Entwicklung der Deckung von Sedum-Arten und Spontanvegetation

4.1.1 Abnahme der Deckung von Sedum-Arten und Zunahme der Spontanvegetation

Wie in der Methode beschrieben, wurden die Sedum-Matten im Frühjahr 2021 ausgelegt. Zu diesem Zeitpunkt hatten alle Matten eine Deckung von 100 % mit Sedum-Arten. Während 60 % der Matten bei der Ausbringung keine Spontanvegetation aufwiesen, konnte bei den anderen Matten nur zwei Arten gefunden werden. Von beiden Arten, dem Einjährigen Rispengras (*Poa annua*) und dem Gemeinen Greiskraut (*Senecio vulgaris*) wurden jeweils nur ein oder zwei Individuen pro Matte gefunden.

Die 5 Sedum-Matten in MuttENZ, die starkem Tritt durch Bahnpersonal ausgesetzt waren, mussten schon nach wenigen Monaten entsorgt werden, weil die Deckung der Sedum-Arten unter 10 % sank. Die erhobenen Daten dieser fünf Matten wurden nicht weiter in den Analysen berücksichtigt (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Bei den restlichen Matten sank die mittlere Deckung der Sedum-Arten über alle Standorte nach vier Monaten (Sept. 2021) auf 72 % und erreichte bis 2023 eine mittlere Deckung von 30 %, was einer hoch signifikanten Abnahme entspricht. Dem gegenüber stieg die mittlere Deckung der Spontanvegetation, die sich auf den Matten etablieren konnte von Herbst 2021 bis 2023 von 0.5 % auf über 5.3 % signifikant an (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

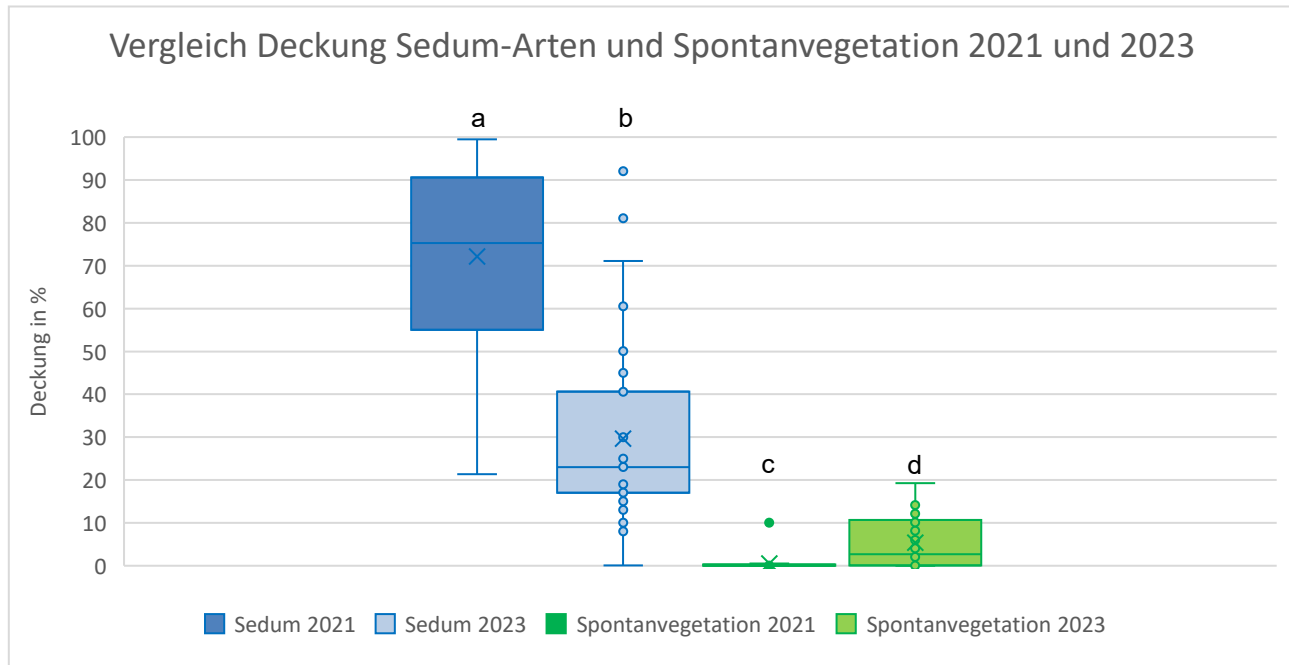


Abbildung 3: Vergleich der Deckungen von Sedum-Arten und Spontanvegetation in den Jahren 2021 und 2023: Deckung Sedum-Arten blau Box; Deckung spontane Vegetation grüne Box

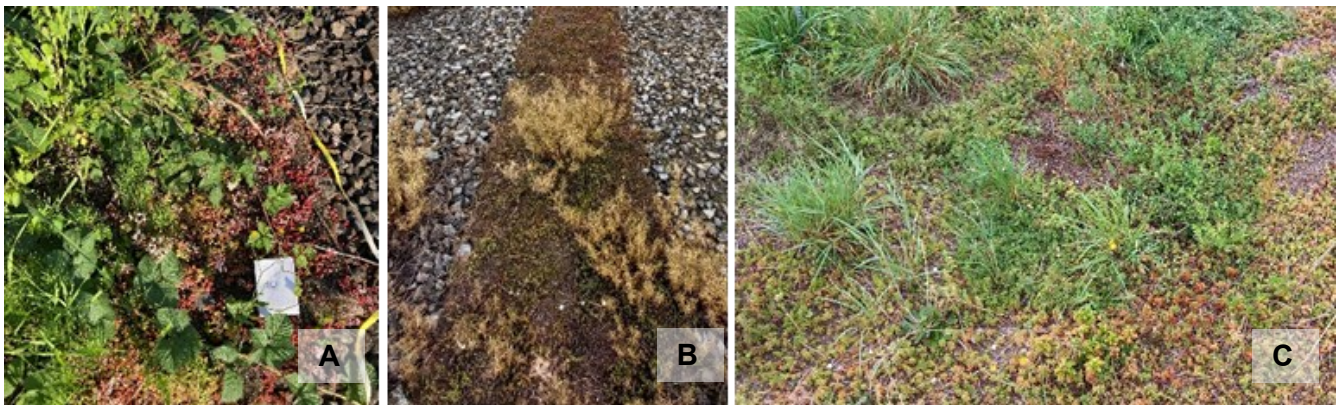


Abbildung 4: Besiedlung der Matten durch spontane Vegetation A) Einwuchs aus der Böschung in Muttenez; B) Durchwuchs aus dem Schotter in Cornaux; C) Spontane Besiedlung in Cousset auf Mergel.

Bei der Besiedelung durch Spontanvegetation scheint das Vorhandensein einer Grundvegetation und die Nähe zu vorhandener natürlicher Vegetation einen Einfluss auf die Zusammensetzung der Arten wie auch auf die Dichte der Spontanvegetation auf den Matten zu haben (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

4.1.2 Einfluss des Standortes auf die Entwicklung der Deckung von Sedum-Arten und Spontanvegetation

4.1.2.1 Veränderung der Sedum-Arten:

Die drei Standorte unterschieden sich bezüglich Wetter und Bodentemperatur nur geringfügig [12]. Zum Zeitpunkt der Ersterhebung im Herbst 2021 konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Standorten festgestellt werden, obschon sich die Matten in Cousset besser präsentierten und im Schnitt 84% Deckung mit Sedum-Arten aufwiesen. Im letzten Untersuchungsjahr 2023 unterschied sich die Deckung der Sedum-Arten in Cornaux signifikant von jener in Cousset, während sich die Deckung der Sedum-Arten in Muttenez nicht von den beiden anderen

Standorten unterschied. Die Abnahme der Sedum-Arten war auf allen drei Standorten bis 2023 hoch signifikant und teilweise drastisch. Einzig in Cousset konnten sich insbesondere Sedum-Arten auf drei Matten (Deckungen 71%, 81% bzw. 92%) und in Muttenz auf einer Matte mit 60% einigermassen halten.

4.1.2.2 Veränderung der Spontanvegetation:

Auch die Besiedelung mit Spontanvegetation unterschied sich im Herbst 2021 nicht zwischen den Standorten. Im Herbst 2023 nahm die Spontanvegetation an allen Standorten signifikant zu, wobei die Zunahme in Muttenz am stärksten ausfiel (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

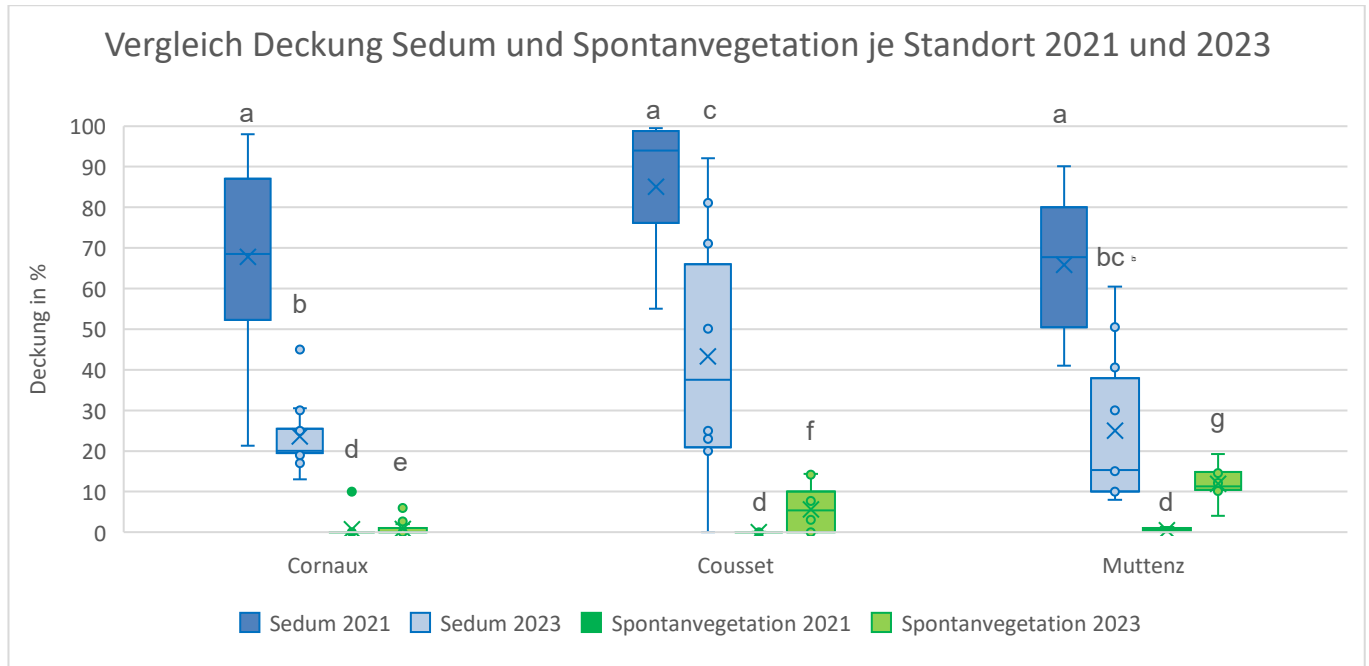


Abbildung 5: Vergleich der Deckungen von Sedum-Arten und Spontanvegetation in den Jahren 2021 und 2023 abhängig vom Standort: Cornaux links, Cousset Mitte und Muttenz rechts. Deckung Sedum-Arten blaue Box; Deckung spontane Vegetation grüne Box

4.1.3 Einfluss des Bodensubstrates auf die Deckung von Sedum-Arten und der Spontanvegetation

4.1.3.1 Veränderung der Sedum-Arten:

Bereits nach vier Monaten konnte im September 2021 eine signifikant stärkere Abnahme von Sedum-Arten auf Schotter als auf Mergel festgestellt werden. Bis im Herbst 2023 war der Unterschied allerdings nicht mehr signifikant, was auf die starke Streuung der Deckung von Sedum-Arten auf Mergel zurückgeführt werden kann. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**

4.1.3.2 Veränderung der Spontanvegetation:

Dagegen wurden die Matten auf Mergel signifikant besser von Spontanvegetation besiedelt, obwohl der Rückgang von der Bedeckung durch Sedum-Arten in der Tendenz geringer war als auf Schotter. Dies lässt sich mit der starken Besiedlung der Matten in Muttenz und mit der starken Zunahme in Cousset erklären (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

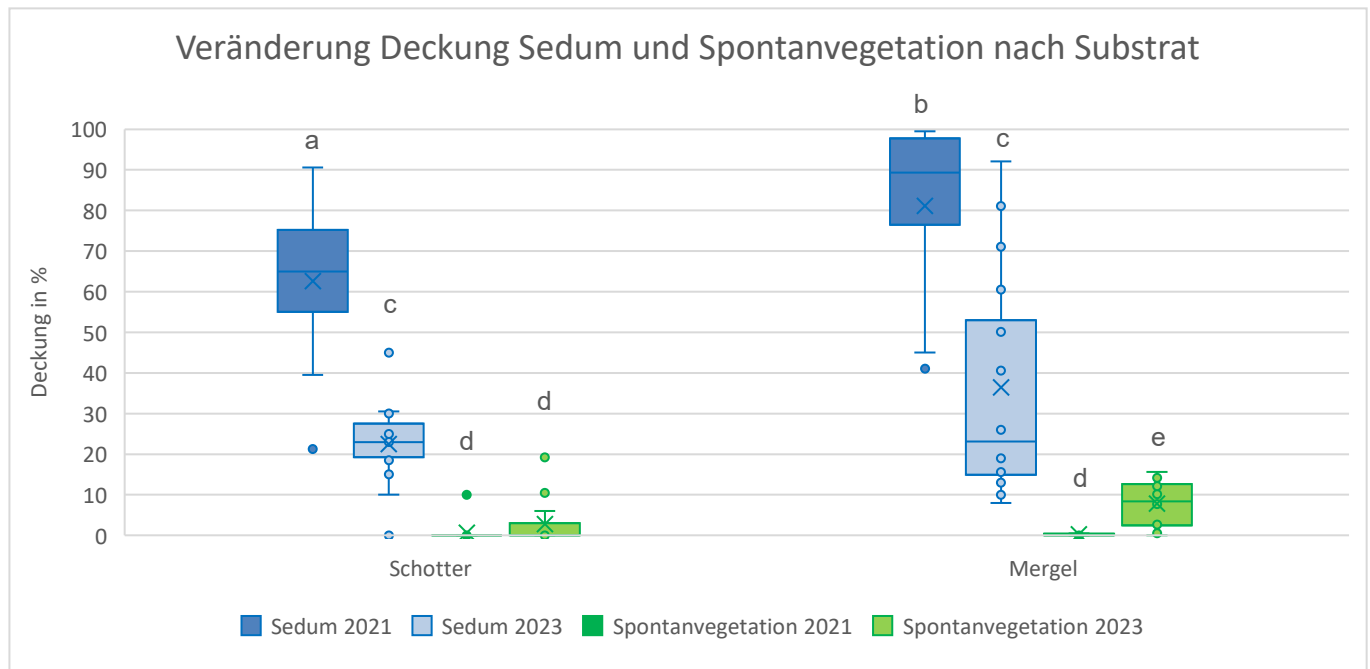


Abbildung 6: Vergleich der Deckungen von Sedum-Arten und Spontanvegetation in den Jahren 2021 und 2023 abhängig vom Substrat: Schotter links, Mergel rechts. Deckung Sedum-Arten blaue Box; Deckung spontane Vegetation grüne Box



Abbildung 7: Cousset - Entwicklung der Sedum-Matten im nicht befahrenen Gleis hinter dem Prellbock. Von links nach rechts: im Mai 2021, im Mai 2022 und im Oktober 2023.



Abbildung 9: Zustand der Matten in den Zwischengleisbereichen auf Mergel in Cornaux (links) und Cousset (rechts) im Mai 2023



Abbildung 8: Cornaux – Entwicklung der Matten 1 – 5 im Zwischen-gleisbereich auf Schotter. Von links nach rechts: im Mai 2021, im Mai 2022 und im Mai 2023

Ein Jahr nach Installation waren die auf Schotter installierten Matten in Cousset schon stark degradiert (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Bei Projektschluss waren nur noch spärlich Sedum-Pflanzen auf den Schwellen erhalten. Die Kokosmatten waren derart degradiert, dass der Schotter durchdrang, respektive das Wurzel-Vlies bar lag.

Ein ähnliches Bild ergibt sich in Cornaux bei allen zehn auf Schotter gelegten Matten (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Auch hier ist innert einem Jahr ein drastischer

Rückgang der Sedum-Vegetation zu beobachten.

Die auf Mergel installierten Matten zeigen im dritten Versuchsjahr sowohl in Muttens als auch in Cornaux und Cousset einen leicht besseren Besatz mit Sedum-Pflanzen als die Matten auf Schotter. Allerdings ist auch ein signifikant höherer Besatz mit Spontanvegetation zu verzeichnen (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**)

4.1.4 Einfluss von wurzelhemmenden Vliesunterlagen, Grundvegetation und Tritt auf die Deckung der Sedum-Arten und Spontanvegetation

4.1.4.1 Wurzelhemmende Vliesunterlagen:

Es wurden für den Tastversuch nur bei einem Fünftel, also insgesamt acht Sedum-Matten, eine wurzelhemmende Vliesunterlage eingesetzt. Es konnte kein signifikanter Einfluss der Wurzel-Vliese auf die Entwicklung von Sedum-Arten oder die Besiedelung mit Spontanvegetation in den Matten festgestellt werden (Daten nicht gezeigt). Auch ohne schützendes Wurzel-Vlies konnte nach drei Jahren nur eine geringe Bewurzelung der Kiesunterlage beobachtet werden, die primär von der Spontanvegetation ausging. Hierzu wurden keine spezifischen Untersuchungen gemacht.

4.1.4.2 Vorhandene Grundvegetation:

Auch das Vorhandensein einer Grundvegetation auf welche die Sedum-Matten gelegt wurden, hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Abnahme der Sedum-Arten oder die Zunahme der Deckung von Spontanvegetation (Daten nicht gezeigt).

4.1.4.3 Einfluss von Tritt:

Die 5 Matten, die in Muttenz in einem stärker begangenen Bereich auf Schotter verlegt wurden, waren bereits ein halbes Jahr nach Installation vom Tritt stark beeinträchtigt. Nach einem Jahr sank die mittlere Deckung der Sedum-Arten unter 10 %, und auch die Kokosmatten waren grösstenteils durchgescheuert. Die Reste dieser Matten wurden deshalb im Juni 2022 entfernt. Diese Matten wurden aus der Datenanalyse ausgeschlossen (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Das gleiche konnte für weniger stark begangenen Bereich auf Mergel beobachtet werden, wo die Sedumdecke bei Projektabschluss grösstenteils zerstört war; auf dem Bild ist zu erkennen, dass die Matten in diesem Falle eher gleisseitig begangen wurden, um den Einwuchs aus der Böschung zu umgehen (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, rechts).



Abbildung 10: Zustand der begangenen Matten in Muttenz. Links und Mitte: im stärker begangenen Bereich auf Schotter im September 2021 und im Juni 2022. Rechts im weniger begangenen Bereich auf Mergel im Oktober 2023.

4.2 Entwicklung der Deckung der einzelnen Sedum-Arten und der Spontanvegetation

Von den in 2021 gefundenen 6 Sedum-Arten waren in 2023 nur noch 5 nachgewiesen worden. Die häufigste Art war *Sedum album*, die auf allen Matten in beiden Untersuchungsjahren die höchste Deckung aufwies und im Durchschnitt bei 28% Deckung lag (in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** nicht gezeigt). Von den anderen einheimischen Arten wies einzig *Sedum sexangulare* zu Beginn noch eine leicht erkennbare Deckung auf. Die anderen Arten waren meist mit weniger als 1 % Deckung kaum vorhanden. Schon nach drei Untersuchungsjahren nahm die Deckung aller einheimischen Arten teilweise drastisch ab. *Sedum hispanicum* konnte nicht mehr nachgewiesen werden, *Sedum acre* verschwand auf 10 von 16 Matten. Dem gegenüber konnte *Sedum spurium*, der invasive Neophyt, als einzige Art in der Deckung signifikant zulegen, obwohl auch diese Art auf 6 von 28 Matten verschwand (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

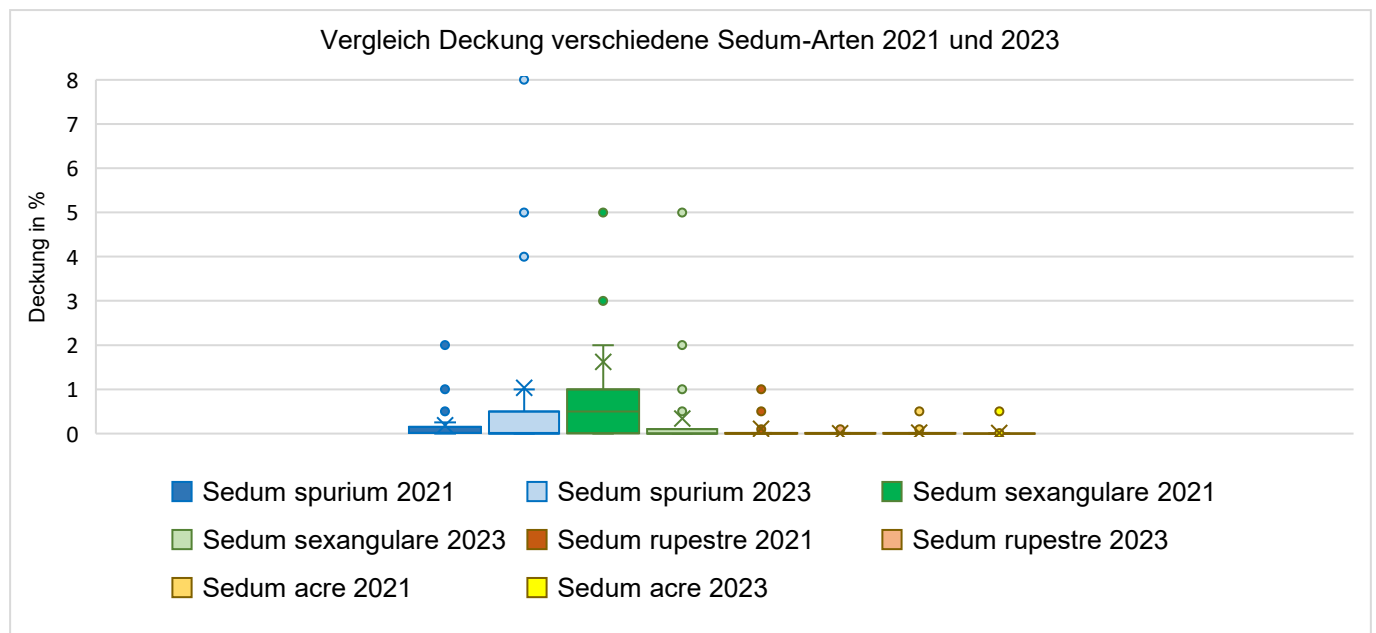


Abbildung 11: Vergleich der Deckung von 4 Sedum-Arten in den Jahren 2021 und 2023

Bei der Spontanvegetation wurden keine Analysen zu den einzelnen Arten gemacht, da die Lage und der Standort einen grossen Einfluss auf Sameneinflug und einwachsende Arten hatten. In Cousset gab es in unmittelbarer Nähe eine wiesenartige Spontanvegetation. Auch in Muttenz gab es in den Bahnböschungen eine wiesenartige Spontanvegetation, die aber mit rankenden Arten wie Efeu, Waldrebe und Brombeere belastet war. In Cornaux wurden die Matten in unmittelbarer Nähe zu einem Bestand mit Rosmarin-Weidenröschen (*Epilobium dodonaei*) gelegt. Dieses ist typisch für die Lebensräume der Alluvionen mit krautiger Pioniervegetation und trockenwarmen Kalkschuttfuren. In jüngeren Jahren tritt sie auch vermehrt in Bahnarealen wie etwa vor dem Hauptbahnhof in Zürich auf. In Muttenz war die Zunahme des Schmalblättrigen Greiskrautes aufgefallen. Dieser invasive Neophyt konnte sich schon nach drei Jahren in Muttenz auf allen Matten etablieren. An den anderen beiden Standorten fehlte diese Art in der Umgebung.

5 Diskussion

Die gelieferten Sedum-Matten entsprachen nicht den Anforderungen, wie sie bei der Bestellung gestellt wurden. Da aber die Ware bereits viel später geliefert wurde als vereinbart, mussten wir von einer Rückweisung absehen um den Versuch nicht zu gefährden. Beanstandet wurde, dass die Trägerunterlagen nicht mit rein organischen Stoffen, sondern mit einem Plastiknetz verstärkt waren. Zudem bestand die Artenzusammensetzung auch aus nicht einheimischen Arten. Insbesondere *Sedum spurium* wird in der Schweiz als invasiver Neophyt eingestuft und wird gemäss Freisetzungsverordnung ab 1. September 2024 nicht mehr 'inverkehrgebracht' werden dürfen. Das heisst konkret, dass das Verkaufen, Tauschen, Schenken, Vermieten, Verleihen und Zusenden zur Ansicht, sowie die Einfuhr für den Umgang in der Umwelt verboten sein werden (FrSV Art. 3 und Art. 15 ff). Darum wurden alle Sedum-Matten nach Abschluss des Versuches getrocknet und in einer Verbrennungsanlage entsorgt. Es ist davon auszugehen, dass auch einheimische Sedum-Matten den hohen Anforderungen im Bahnareal nicht gewachsen wären.

Die Standortauswahl in Cornaux, Cousset und Muttenz eignete sich dank der unterschiedlichen Standortfaktoren wie Lage und Alter der Anlagen, Wetter und Samendruck der Spontanvegetation, sowie Zugang für die Untersuchungen und unterschiedliche Trittbelastung sehr gut für diesen Tast-Versuch. Auch wenn die Anzahl von 40 eingesetzten Sedum-Matten aus Kostengründen für diesen Tastversuch eher klein war, konnten zu allen Forschungsfragen datenbasiert klare Antworten gefunden werden.

Am stärksten wirkte sich die Trittbelastung durch Bahnpersonal auf die Deckung der Sedum-Arten aus. Auf diesen Matten konnte auch keine Besiedlung mit Spontanvegetation festgestellt werden. Alle 5 Sedum-Matten in Muttenz, die starkem Tritt ausgesetzt waren, mussten schon nach einer Saison entsorgt werden, weil die Deckung der Sedum-Arten unter 10 % sank und die Matten zerfranst und auseinanderfielen. Sedum-Matten sind für regelmässig begangene Gleisbereiche ungeeignet, da die Sedum-Arten eine zu geringe Trittvtrglichkeit aufweisen.

Auf Schotterunterlagen sank die Deckung der Sedum-Arten mit einer Ausnahme auf 20%-30%. Dabei hatte auch eine vorhandene Grundvegetation keinen Einfluss auf diese Entwicklung. Auch auf Mergel-Unterlagen nahm die Deckung der Sedum-Arten signifikant ab, wenn auch in der Tendenz etwas weniger als auf Schotter-Unterlagen. Dafür nahm die Deckung der Spontanvegetation auf Mergel deutlich stärker zu. Auch wenn Schotterflächen wenig oder kaum begangen werden, eignet sich dieses Substrat nicht für eine Begrünung mit Sedum-Matten. Der Bodenschluss ist zu gering, sodass die Matten rasch austrocknen. Aber auch Mergelunterlagen, die einen etwas besseren Bodenschluss und damit Wasserverfügbarkeit ermöglichen, eignen sich nicht für die Begrünung mit Sedum-Matten, zumal die Besiedlung mit Spontanarten nicht verhindert werden kann.

Wenn das Bodensubstrat bereits eine gewisse Deckung mit Spontanarten aufweist, nimmt zwar die Deckung der Sedum-Arten weniger stark ab als ohne eine Grundvegetation, der Unterschied ist jedoch nicht signifikant. Der Einsatz von Sedum-Matten auf Flächen mit einem hohen Besatz an Spontanvegetation macht deshalb wenig Sinn. Auf die Entwicklung von Spontanvegetation auf den Matten selbst hat das Vorhandensein einer Grundvegetation jedoch keinen Einfluss.

Der Einsatz von Wurzel-Vlies gegen eine unerwünschte Durchwurzelung der Kiesschicht bringt keine nennenswerten Vorteile, weder für die Erhaltung der Sedum-Arten noch die Verhinderung der Besiedlung mit Spontanarten.

Unter den Sedum-Arten konnte sich der Weisse Mauerpfeffer *Sedum album* am besten behaupten. Die anderen einheimischen Arten sanken schnell auf eine sehr geringe Deckung von weniger als 1 %. Dem gegenüber war die einzige Art, die sich zumindest auf einem Teil der Matten erfolgreich ausbreiten konnte und eine signifikante Zunahme der Deckung verzeichnete das invasive Kaukasus-Fettkraut (*Sedum spurium*). Es zeigt sich einmal mehr, warum solche konkurrenzstarken und stresstoleranten Arten gerne für kommerzielle Zwecke eingesetzt werden. Aber genau diese Vorteile begründen ihre potentielle Schädlichkeit für die Umwelt.

5.1 Fazit

Unabhängig von Standort, Substrat, Wurzel-Vlies als Unterlage, Vorhandensein einer Grundvegetation oder Trittbelastung, sank auf allen 40 Sedum-Matten mit zwei Ausnahmen die Deckung der Sedum-Arten in nur drei Jahren durchschnittlich auf unter 30 % Deckung, was deutlich unter dem Zielwert von 80 % liegt. Gleichzeitig nahm die Deckung der Spontanvegetation in dieser Zeit signifikant zu.

Bei vielen Anbietern von Sedum-Matten wird empfohlen, nach der Installation bis zur Verwurzelung im Substrat gegen drohende Austrocknung zu wässern und zwei bis drei Mal im Jahr zu düngen. Beides wäre in der praktischen Anwendung auf Bahngelände nicht umsetzbar und wurde demzufolge im Tastversuch nicht getestet. Ohne Pflege und insbesondere Wässerung vor allem in der Startphase können sich die Sedum-Arten in Gleisbereichen kaum halten. Dies unterscheidet die Eisenbahngleise von Strassenbahnen und Flachdächern, welche gut bewässert, gedüngt und gepflegt werden können.

Wir können die Anwendung von Sedum-Matten ohne den im Nahverkehr üblichen Unterbau und begleitende Pflegemassnahmen für die Begrünung von Gleisbereichen, Zwischengleisbereichen und Banketten deshalb nicht empfehlen.

6 Literaturverzeichnis

- 1 Agroscope (2024): Alternativen zum Einsatz von Glyphosat an Bahnhöfen und im Schienennetz der SBB; URL: <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/umwelt-ressourcen/biodiversitaet-landschaft/oekologischer-ausgleich/tapisvert.html>
- 2 Markus van der Meer, Serge Buholzer (2019): Vorprojekt «Begrünung von Geleise-Banketten und Vegetationskontrolle ohne Herbizide» Bericht zur Machbarkeitsstudie 2018; Agroscope Science | Nr. 90 / 2019; ISBN 978-3-906804-83-5
- 3 Markus van der Meer, Patrice Prunier, Julie Steffen, Muriel Ehmig, Pierre-André Frossard, Serge Buholzer (2021): Grüner Teppich – gezielte Begrünung von Banketten und Randbereichen - 2020 – Zwischenevaluation / Évaluation intermédiaire; Agroscope Science | Nr. 119 / 2021. <https://doi.org/10.34776/as119gf>
- 4 Yoshito Tamai, Humika Satou, Rijal Hom Bahadur, Shiro Wakui, Kentaro Iijima (2020): Environmental Heat Relaxation Effect by Railroad Track Greening with Non-Irrigation System; Journal of Japanese Society of Turfgrass Science, 48 (2). 149-155. https://doi.org/10.11275/turfgrass.48.2_149
- 5 Ewa Trzaskowska (2011). The possibility to reconcile the conflict between the preservation of synanthropic vegetation and the development of cities; Acta Agrobotanica. 64. 235-242. 10.5586/aa.2011.065.
- 6 Christoph Groneck (2007): Französische Planungsleitbilder für Straßenbahnsysteme im Vergleich zu Deutschland; Wuppertal, Univ., Diss., 2007; URL: <https://elekpub.bib.uni-wuppertal.de/urn/urn:nbn:de:hbz:468-20070643>; last visit 29.01.2024
- 7 Christoph Groneck (2016): Die moderne französische Straßenbahn - Impulse für ÖPNV und Stadtentwicklung in Europa; Informationen zur Raumentwicklung Heft 4. 2016
- 8 Margarita Novales, Emilio Conles (2012): Turf Track for Light Rail Systems; Transportation Research Record, 2275(1), 1-11. <https://doi.org/10.3141/2275-01>
- 9 Sebastian Pfautsch, Vanessa Howe (2018): Green Track for Parramatta Light Rail – a Review; Western Sydney University, 80 p. <https://doi.org/10.26183/5c05fc021efb3>
- 10 Grüngleisnetzwerk, Christel Kappis, Hendrikje Schreiter, Karsten Reichenbacher (2014): Handbuch Gleisbegrünung - Planung, Ausführung, Pflege; PMC Media House; Trackmedia; ISBN 978-3-96245-045-8
- 11 Info Flora (2023): Checklist 2017; URL: <https://www.infoflora.ch/en/flora/taxonomy.html#checklist>; last visit 26.06.2024
- 12 Markus van der Meer, Patrice Prunier, Julie Steffen, Laurent Huber, Fabienne Mörch, Pierre-André Frossard, Serge Buholzer (2024 in Vorbereitung): Grüner Teppich – gezielte Begrünung von Banketten und Randbereichen Abschlussbericht 2019-2023; Agroscope Science

7 Anhang

Anhang 1: Beschreibung des Versuchsstandortes in Cornaux

Die Lage ist fast ungestört (Koordinaten: 2'568'558, 1'209'971; Abbildung 12). Die Matten 1-10 lagen auf einem bis zu 13 m breiten Zwischengleichbereich mit Schotter, der allenfalls zur Vegetationskontrolle begangen wird. Die Matten 11-15 lagen in einem 2-3 m breiten Zwischengleisbereich auf Mergel (Netstaler). Dieser wird zwar als Dienstweg genutzt, aber die Matten konnten umgangen werden. Mit einem Warnschild wurde auf den Versuch und die eingeschränkte Bewirtschaftung hingewiesen (Abbildung 13).



Abbildung 12: Cornaux Anordnung der Sedum-Matten
Schotter: Matten 1 - 10; Die Matten 6 – 10 liegen auf einer Fläche mit mittlerem Bewuchs von Spontanvegetation
Kies: Matten 11 – 15.
Ohne Vlies grüne Flächen, Mit Vlies weiss schraffierte Flächen
(© swisstopo: www.geo.admin.ch)



Abbildung 13 : Hinweistafel für das Bahnpersonal. Im Hintergrund die Matten 11 – 15
13: Warntafel in Cornaux

Anhang 2: Beschreibung Versuchsstandort in Cousset

Die Lage ist mehrheitlich ungestört. Die Matten lagen im westlichen Bereich des Bahnhofgeländes (Koordinaten 2'564'900, 1'185'338; Abbildung 14). Der Weg entlang des Gleises wird vorwiegend durch Fussgänger genutzt, auch durch Spaziergänger mit Hunden. Auch wenn das Gleis nicht durch einen Zaun abgegrenzt wird, ist eine Störung der Matten unwahrscheinlich. Die Matten 1 – 4 wurden hinter einem Prellbock im Gleis auf Schotter platziert (Abbildung 15). Das Rangiergleis ist kaum genutzt. Nötige Dienst-Begehungen im Zwischengleisbereich konnten die Matten umgehen.

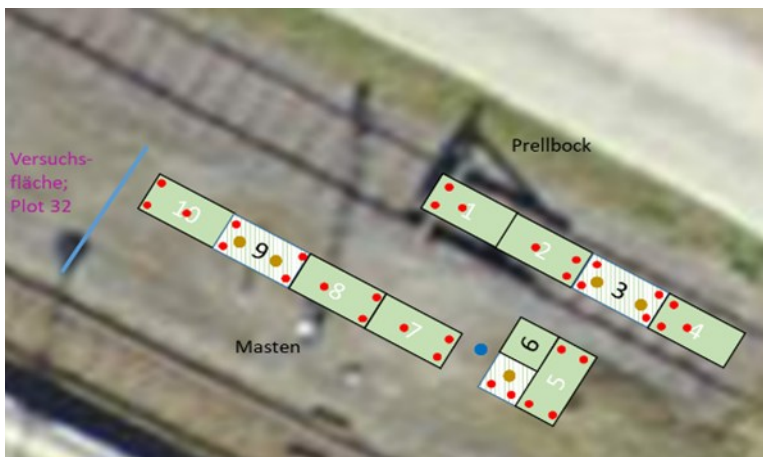


Abbildung 14: Anordnung der Sedum-Matten in Cousset
Schotter: Matten 1 - 4; Kies: Matten 5 – 10. Ohne Vlies grüne Flächen, Mit Vlies schraffierte Flächen Rote Punkte: Verankerung der Matten
(© swisstopo: www.geo.admin.ch)



Abbildung 15: Sedum-Matten in Cousset auf Schotter zwischen den Gleisen hinter Prellbock mit den Matten 1 – 4.

Anhang 3: Beschreibung Versuchsstandort in MuttENZ

Das Rangiergleis wird in diesem Bereich sowohl zum Rangieren als auch als Abstellgleis genutzt (Koordinaten 2'615'938, 1'264'974; Abbildung 16 und Abbildung 17). Die Dienstwege führen zum Dienstgebäude im Norden und über die Passerelle im Süden zu weiteren Dienstgebäuden sowie dem Personenbahnhof. Dadurch entsteht eine erhöhte Durchgangsfrequenz als normalerweise für Dienstwege üblich. Das Substrat (Schotter) ist für Dienstwege eher selten, die Platzierung der Matten schien jedoch anhand der höheren Begehungsfrequenz geeignet für den Test der Trittverträglichkeit (Matten 11 – 15 Abbildung 16).

Östlich und südlich der Versuche finden sich keine Infrastruktureinrichtungen. Die Dienstwege entlang der Gleise führen von Ost nach West zu den Dienstgebäuden und von/nach Norden zu einem Lagerareal welches mit einer Dienststrasse verbunden ist (Abbildung 17). Die Begehung in diesem Bereich (Matten 1-10) ist daher deutlich niedriger als bei den Matten 11-15.

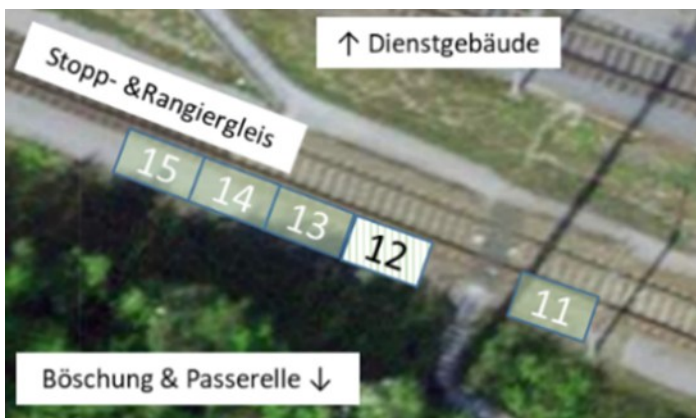


Abbildung 16: MuttENZ: Erste, stärker begangene Lage
Schotter: Matten 11 – 15.
Ohne Vlies grüne Flächen, Mit Vlies schraffierte Flächen
(© swisstopo: www.geo.admin.ch)



Abbildung 17: MuttENZ: Wenig begangene Lage
Schotter: Matten 4, 5 und 10
Mergel: Matten 1 - 3 und 6 - 9).
Ohne Vlies grüne Flächen, Mit Vlies weiss schraffierte Flächen
(© swisstopo: www.geo.admin.ch)