



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich



Bericht basierend auf gleichnamiger Masterarbeit

Anreize für eine energetische und/oder stoffliche Verwertung von Biomasse aus der Strassenrand- und Böschungspflege im Kanton Bern

Verfasserin: Nadine Meier

Begleitung: Prof. Dr. Irmi Seidl
Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald,
Schnee und Landschaft

Dr. Astrid Bjørnsen Gurung
Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald,
Schnee und Landschaft

31. Oktober 2017

Vorwort

Biomasse ist die wohl vielseitigste und älteste erneuerbare Energiequelle. Verschiedene Biomassearten wie Holz, Rasenschnitt, Grünschnitt, Gülle oder biogene Abfälle können zur Wärme- und Stromerzeugung genutzt werden. In der Schweiz ist der Beitrag der Biomasse zur Gesamtenergieproduktion mit 5 Prozent noch gering. Über 80 Prozent der Bioenergie stammt aus der Verbrennung von Holz und von erneuerbaren Anteilen im Abfall. Das Potenzial der Biomasse ist aber bei weitem nicht ausgeschöpft: Biogene Abfälle wie Ernterückstände, Gülle und Mist könnten in Zukunft wichtige Quellen für die Energieproduktion darstellen. Beim Unterhalt von Naturschutzflächen, Verkehrsachsen sowie öffentlichen und privaten Grünflächen fallen ebenfalls Mengen in der Grössenordnung von mehreren tausend Tonnen an. Dieses Schnittgut bietet sich daher als Wertstoff für eine energetische Verwertung an, nicht zuletzt auch, da das Schnittgut aus naturschutzfachlicher Sicht abgeführt werden sollte, um einen übermässigen Eintrag von Nährstoffen in die Biotope und das Verkleben des Bodens durch die Streuauflage zu verhindern. Diese naturschutzfachliche Problematik veranlasste Christian Gnägi, Projektleiter von Pro Natura Bern, dazu, eine Anfrage an die WSL zu richten, ob eine Forschungsarbeit zum Themenbereich Strassenbegleitgrün auf Berner Kantonsstrassen – Naturschutz – energetische Nutzung – durchgeführt werden könnte. Die vorliegende Arbeit basiert auf einer Masterarbeit an der ETH, mit dem gleichnamigen Titel „Anreize für eine energetische und/oder stoffliche Verwertung von Biomasse aus der Strassenrand- und Böschungspflege im Kanton Bern“ und ist ein Resultat davon.

Zusammenfassung

Die Schweizer Energiestrategie 2050 sieht die Förderung "neuer" erneuerbarer Energien vor, wozu auch die Biomasse gehört. Neben dem etablierten Energieträger Holz könnte laut einer Studie von Müller, Holderegger und Bürgi auch nicht verholzte Biomasse wie Rasenschnitt, Gülle, biogene Haushalts- und Industrieabfälle energetisch verwertet werden. Beim Unterhalt von Verkehrsachsen fallen ebenfalls beträchtliche Mengen an Biomasse an, die energetisch verwertet werden können.

Die vorliegende Arbeit hat das Ziel, Anreize und Optimierungsvorschläge in der bisherigen Unterhalts- und Entsorgungspraxis der Kantonsstrassenränder und -böschungen im Kanton Bern zu erarbeiten, damit die Strasseninspektorate das Schnittgut von den Flächen entfernen und einer energetischen und/oder stofflichen Verwertung zuführen, auch deshalb, weil das Mulchen negative Auswirkungen auf die Biodiversität hat.

Mithilfe eines Fragebogens wurden Daten zur Unterhaltspraxis, den Schnittmengen, den Entsorgungs- oder Verwertungswegen sowie zur Zusammensetzung der Unterhaltskosten erhoben. Der Fragebogen ging an die Strasseninspektoren, die für die Kantonsstrassenrand- und Böschungspflege verantwortlich sind. In Experteninterviews mit einigen ausgewählten Strasseninspektoren wurden detailliertere Informationen erfragt.

Im Kanton Bern wird derzeit knapp ein Viertel des anfallenden Schnittguts stofflich oder energetisch verwertet. Als Hauptgrund für die unvollständige, geringe energetische und stoffliche Verwertung gelten die strengen Budgetvorgaben des Kantons. Durch den grossen Spardruck müssen sowohl Abstriche in der ökologischen Grünpflege als auch bei der zugeführten Menge zur energetischen und/oder stofflichen Verwertung gemacht werden. Zudem spielen die langen Transportwege eine entscheidende Rolle, warum nicht mehr Schnittgut energetisch/stofflich verwertet wird. Auch die Entsorgungsgebühren der Verwertungsanlagen werden als zu hoch angesehen. Handlungsoptionen, die zu einer vermehrten Zuführung des Strassenbegleitgrüns zur energetischen und/oder stofflichen Verwertung führen, bestehen in den Bereichen Organisation, Unterhaltspraxis und Anlagentechnik. Im zuletzt genannten Bereich sind der Bau von werkhofseigenen Kleinbiogasanlagen auf Basis der Trockenfermentation oder von nahegelegenen Feldrandkompostieranlagen Optionen, damit mehr Schnittgut energetisch oder stofflich verwertet wird.

In Bezug auf Feldrand- und Platzkompostieranlagen und werkhofseigenen Biogasanlagen mit angefügtem Blockheizkraftwerk müssten entsprechende Potenzial- und Vorstudien durchgeführt werden. Ein Pilotprojekt könnte zeigen, ob diese anlagentechnischen Massnahmen wirtschaftlich interessant sind.

Danksagung

Grosser Dank gilt allen Personen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Ich danke Frau Prof. Dr. Irmi Seidl und Frau Dr. Astrid Björnsen-Gurung, die mich und meine Arbeit betreut haben.

Ein spezieller Dank gilt den Strasseninspektoren Adrian Steffen, Christof Ott, Georges Troxler und Thomas Kerner. Sie haben sich trotz vollem Terminkalender Zeit für mich genommen und mir im persönlichen Gespräch viele Fragen beantwortet. Ein grosses Dankeschön geht an alle Strasseninspektoren, die sich die Zeit genommen haben, meinen Fragebogen auszufüllen. Ein besonderer Dank gilt auch Herrn Christian Gnägi, der diese Arbeit ins Rollen brachte und die Teilnahme an den Strasseninspektoren-Tagungen und Weiterbildungen möglich machte.

Ich danke meiner Mutter Esther, die viele Stunden Korrektur gelesen hat. Nicht zuletzt gebührt meiner ganzen Familie Dank, da sie während des Studiums immer für mich da waren.

Inhaltsverzeichnis

I	Abbildungsverzeichnis	III
II	Tabellenverzeichnis	IV
1	Einleitung	1
	1.1 Problemstellung	1
	1.2 Zielsetzung und Fragestellungen	3
	1.3 Räumliche Eingrenzung und Zuständigkeiten	5
2	Methoden	7
	2.1 Datenerhebung	7
	2.1.1 Expertenbefragung mittels eines Fragebogens	7
	2.1.2 Experteninterviews	9
3	Grundlagen	11
	3.1 Funktionen des Strassenbegleitgrüns	11
	3.2 Relevante Bereiche des Strassenbaus	12
	3.2.1 Strassenkörper	12
	3.2.2 Strassenrandzonen und ihr Bewuchs	13
	3.3 Lebensraum Strassenböschungen	15
	3.3.1 Ökologisch wertvolle Lebensräume	16
	3.3.2 Die Problematik der invasiven Neophyten	18
	3.4 Intensiv- und Extensivbereiche entlang von Strassen	19
	3.5 Maschinelle Pflorgetechniken	20
	3.5.1 Mulchen	20
	3.5.2 Mähen	22
	3.6 Biomasse- und Energiepotenzial des Strassenbegleitgrüns	23
4	Fallstudienregion Kanton Bern	25
	4.1 Zuständigkeitsbereich des Unterhalts von Kantonsstrassen	25
	4.2 Unterhalt der Kantonsstrassenränder und -böschungen	27
	4.2.1 Zusammensetzung der Flächentypen und Schnittzeitpunkte	28
	4.2.2 Bisherige Unterhaltspraxis der Strasseninspektorate	30
	4.2.3 Bisherige Entsorgungspraxis der Strasseninspektorate	35
	4.2.4 Finanzielle Aspekte der bisherigen Unterhalts- und Entsorgungspraxis	40
	4.3 Handlungsoptionen gemäss Strasseninspektoren	43

5	Massnahmenvorschläge	44
5.1	Organisatorische Massnahmenvorschläge	46
5.2	Unterhaltspraktische Massnahmenvorschläge	47
5.3	Anlagentechnische Massnahmenvorschläge	48
5.3.1	Schnittgutverwertung in einer werkhofseigenen Biogasanlage	49
5.3.1.1	Prozesse in einer Biogasanlage	50
5.3.1.2	Verarbeitungskapazitäten und weitere Schnittgutquellen	51
5.3.1.3	Finanzielle Förderung von Biogasanlagen	51
5.3.2	Schnittgutverwertung in Feldrand- und Platzkompostieranlagen	53
5.3.2.1	Voraussetzungen für Kompostieranlagen	54
5.3.2.2	Kompostieranlagen mit Landwirten	55
6	Weitere Forschungsfragen	56
7	Literatur	58
III	Anhang	64

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Logistikkette in der Strassenrand- und Böschungspflege	5
Abbildung 2: Darstellung eines Strassenkörpers	12
Abbildung 3: Typische Strassenrandzonen	13
Abbildung 4: Standortbedingungen an Strassenböschungen	15
Abbildung 5: Ruderalflur und Ruderalvegetation	16
Abbildung 6: Magerwiesen	16
Abbildung 7: Nasswiese im Odenwald	17
Abbildung 8: Schematische Darstellung des Intensiv- und Extensivbereichs	19
Abbildung 9: Mulchvorgang mit einem Schlegelmulcher	20
Abbildung 10: Schlegelmähwerk und Schlegelmulchgerät mit Auslegerarm.....	21
Abbildung 11: Durchschnittliche Biogaserträge verschiedener Substrate	23
Abbildung 12: Die vier Obergerienieurkreise des Kantons Bern.....	25
Abbildung 13: Organigramm Tiefbauamt des Kantons Bern.....	26
Abbildung 14: Zusammensetzung der zu unterhaltenden Flächentypen.....	28
Abbildung 15: Schnittzeitpunkte je Flächentyp	29
Abbildung 16: Schnittzeitpunkte der Intensivbereiche	30
Abbildung 17: Maschineneinsatz auf Intensivflächen.....	31
Abbildung 18: Schnitt des Intensivbereichs mit einer Mulchmaschine	32
Abbildung 19: Schnittzeitpunkte der Extensivbereiche	33
Abbildung 20: Maschineneinsatz auf Extensivflächen	34
Abbildung 21: Entsorgung und Verwertung des Strassenbegleitgrüns	35
Abbildung 22: Menge der verwerteten und gemulchten Biomasse im Vergleich.....	36
Abbildung 23: Entsorgungs- und Verwertungspraxis Mittelland Süd	37
Abbildung 24: Entsorgungs- und Verwertungspraxis Oberaargau.....	38
Abbildung 25: Einsparpotenziale in den verschiedenen Kostenkategorien	41
Abbildung 26: Kostenspektrum für die maximal tolerierbare Entsorgungsgebühr.....	42
Abbildung 27: Anzahl der biogenen Entsorgungsanlagen im Kanton Bern	44
Abbildung 28: Übersicht der Entsorgungsanlagen für biogene Abfälle im Kanton Bern...	45
Abbildung 29: Funktionsweise einer Biogasanlage	49
Abbildung 30: Kleinbiogasanlage in modularem Aufbau	50
Abbildung 31: Feldrandmiete	53
Abbildung 32: Schema der Bestandteile einer Platzkompostieranlage	54

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Funktionen des Strassenbegleitgrüns	11
Tabelle 2: Biogaserträge von Grünschnitt in Abhängigkeit der Schnitthäufigkeit	24
Tabelle 3: Anteile der Kostenkategorien an den Gesamtkosten.....	40

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Der Bundesrat und das Parlament haben im Jahr 2011 den Entscheid für den schrittweisen Ausstieg aus der Kernenergie gefällt. Dieser Entscheid sowie die Entwicklungen der internationalen Energiepolitik bedingen einen Umbau des Schweizer Energiesystems. In der Schweiz orientiert sich die Umsetzung dieses Plans an der «Energiestrategie 2050».

Diese Strategie sieht unter anderem die Förderung "neuer" erneuerbarer Energien vor, wozu auch die Biomasse gehört. Neben dem etablierten Energieträger Holz könnte auch nicht verholzte Biomasse wie Rasenschnitt, Gülle, biogene Haushalts- und Industrieabfälle energetisch verwertet werden (Müller, Holderegger & Bürgi, 2016). Die Energiestrategie schreibt zudem vor, die Biomasse zuerst als hochwertige Produkte wie Nahrungsmittel oder Baustoffe zu nutzen. Die dabei anfallenden Neben- und Abfallprodukte sollen energetisch wie auch stofflich bestmöglich weiterverwertet werden (Bundesamt für Energie, 2015).

Beim Unterhalt von Naturschutzflächen, Verkehrsachsen sowie öffentlichen Grünflächen fallen grosse Mengen an Biomasse an. Müller, Holderegger und Bürgi (2016) haben eine Potenzialabschätzung zur Energienutzung aus Landschaftspflegegrün publiziert. Auf den Kanton Zürich bezogen schätzen sie das Biomasse- und Energiepotenzial entlang von Kantonsstrassen auf 3'835 Tonnen Frischmaterial und 8'800 GJ/a Energie. Der Bericht identifiziert das Mulchen von Strassenbegleitgrün¹ – Schnittgut auf der Fläche belassen – als die am häufigsten angewandte, vergleichsweise einfache und kostengünstige Unterhaltungsmethode. Aus naturschutzfachlicher Sicht sollte das anfallende Schnittgut aber abgeführt werden, um einen übermässigen Eintrag von Nährstoffen in die Biotope und ein Verkleben des Bodens durch die Streuauflage zu verhindern. Die energetische aber auch stoffliche² Verwertung von Strassenbegleitgrün ist sinnvoll, da dieses im Rahmen der gängigen Unterhalts- und Entsorgungspraxis sowieso anfällt und dessen Verwertung somit als Co-Leistung der Pflege von Biodiversität betrachtet werden.

¹ Unter Strassenbegleitgrün werden Bäume, Sträucher, Wiesen und Grünflächen, die Bestandteil der Verkehrsanlagen sind, verstanden (Thüringer Landesamt für Bau und Verkehr, o. J.).

² Das Mulchen wird hier nicht zur stofflichen Verwertung gezählt.

Grosse Mengen an krautiger Biomasse aus der Strassenrand- und Böschungspflege, die sich für eine energetische und/oder stoffliche Verwertung eignen, fallen auch im Kanton Bern an. Die vorliegende Masterarbeit legt die Fallstudienregion Bern aus folgendem Grund fest:

Pro Natura Bern fördert nach C. Gnägi (persönliche Kommunikation, 10. März 2017) in Zusammenarbeit mit dem Tiefbauamt des Kantons Bern ³ Kartierungen von Strassenböschungen und Massnahmen, die einen naturnahen Unterhalt der Strassen gewährleisten. Im Jahr 2015 startete in den Strasseninspektoraten Oberaargau und Burgdorf ⁴ ein Pilotprojekt zur Kartierung artenreicher Böschungen von Kantonsstrassen. Die daraus abgeleiteten Pflegeempfehlungen sollen die naturnahe Strassenrand- und Böschungspflege verankern und zur Erhöhung des ökologischen Wertes der Böschungen beitragen (Gnägi, 2015). Aus diesem Projekt heraus wurde vom Projektleiter von Pro Natura Bern, Christian Gnägi, eine Anfrage an die WSL gerichtet, eine Forschungsarbeit zum Thema „Anreize für einen naturnaheren Unterhalt der Kantonsstrassenränder und -Böschungen mit Zuführung des Strassenbegleitgrüns zur energetischen und/oder stofflichen Verwertung“ zu starten. Das Strassenbegleitgrün soll aus naturschutzfachlichen Gründen von den Strassenböschungen entfernt und energetisch und/oder stofflich verwertet werden.

Diese Masterarbeit soll dazu beitragen, Prozesse in der Kantonsstrassenrand- sowie -Böschungspflege zu optimieren und die Kosten des Unterhaltes zu minimieren. Die Arbeit soll zudem Optimierungen oder Anreize aufzeigen, damit das Strassenbegleitgrün entlang der Kantonsstrassen vermehrt der energetischen und/oder stofflichen Verwertung zugeführt wird, anstatt es – für die Biodiversität nachteilig – für die Mulchung zu verwenden.

³ Gemäss Strassengesetz vom 4. August 2008, BSG 732.11, fällt der Bau, Betrieb und Unterhalt der Kantonsstrassen in den Zuständigkeitsbereich des Kantons respektive des Tiefbauamtes des Kantons Bern.

⁴ Das Tiefbauamt des Kantons Bern ist in vier Oberingenieurkreise gegliedert. Jeder Oberingenieurkreis besteht aus zwei bis drei Strasseninspektoraten, welche für den Betrieb und Unterhalt der Kantonsstrassen verantwortlich sind.

1.2 Zielsetzung und Fragestellungen

Die vorliegende Masterarbeit hat das übergeordnete Ziel, Anreize und Optimierungsvorschläge in der bisherigen Unterhalts- und Entsorgungspraxis der Kantonsstrassenränder und -böschungen zu erarbeiten, damit die Strasseninspektorate das Schnittgut von den Flächen entfernen und einer energetischen und/oder stofflichen Verwertung zuführen.

Im Gegensatz zur Arbeit von Müller, Holderegger und Bürgi (2016), in der vor allem Biomasse- und Energiepotenziale von verschiedenen Grünraumtypen bestimmt wurden, liegt der Fokus in dieser Arbeit einerseits auf der Dokumentation der bisherigen Unterhaltspraxis für Kantonsstrassenränder und -böschungen, andererseits auf der Identifikation von möglichen Anreizen und Optimierungen, die eine Verhaltensänderung der Bewirtschafter stimulieren könnten. Die Bewirtschafter sollen sowohl ökologisch-naturschützerische Anliegen berücksichtigen als auch das Strassenbegleitgrün vermehrt der energetischen und/oder stofflichen Verwertung zuführen. Die Resultate dieser Arbeit sind vor allem für das Tiefbauamt, die Oberingenieurkreise sowie Strasseninspektorate des Kantons Bern interessant, da diese für die Strassenrand- und Böschungspflege entlang der Kantonsstrassen zuständig sind. Wenn Optimierungspotenziale bestehen, könnte die bisherige Unterhalts- und Entsorgungspraxis zugunsten des Natur- und Klimaschutzes angepasst werden.

Konkret werden in dieser Arbeit folgende Fragestellungen bearbeitet:

- Welche Kategorien oder Typen von Strassenbegleitgrün fallen beim Unterhalt von Kantonsstrassen im Kanton Bern und in welchem Umfang an?
- Wie und zu welchen Anteilen wird das Strassenbegleitgrün der Kantonsstrassen im Kanton Bern entsorgt/verwertet (z. B. stoffliche Verwertung in der Landwirtschaft als Tierfutter, als Mulch, Kompostierung oder energetische Verwertung)?
- Bei welcher Kostenschwelle führen die Strasseninspektorate das Strassenbegleitgrün vermehrt der energetischen und/oder stofflichen Verwertung zu?
- Welche anderen Faktoren beeinflussen den Entscheid, Strassenbegleitgrün vermehrt der energetischen und/oder stofflichen Verwertung zuzuführen (z. B. Transportwege, Qualität, Menge, Zeitmanagement, Personal, Motivation, fehlende Anlagen, aufwändige Aufbereitung oder Interesse der Anlagen den Grünschnitt zu verwerten)?
- Wie und wo können Prozesse im System optimiert und Kosten minimiert werden, damit das Strassenbegleitgrün vermehrt der energetischen und/oder stofflichen Verwertung zugeführt wird?
- Welche Folgerungen und Empfehlungen können aus den Erkenntnissen zuhanden der Strasseninspektorate und kommunalen Werkhöfe abgeleitet werden?

1.3 Räumliche Eingrenzung und Zuständigkeiten

Die Zuständigkeiten für den Unterhalt der Strassenränder und der Strassenböschungen sind (C. Gnägi, persönliche Kommunikation, 10. März 2017) aufgrund der Grösse des Kantons hierarchisch und dezentral organisiert. Die Nationalstrassen im Kanton werden vom Bundesamt für Strassen unterhalten, die Gemeindestrassen von den kommunalen Werkhöfen. Die Kantonsstrassen sind Sache des Kantons. Die Masterarbeit beschränkt sich auf die Kantonsstrassen. Als weitere Abgrenzung werden nur die Flächen, die durch die Strasseninspektorate unterhalten werden, in die Analyse miteinbezogen. Durch Landwirte und Spezialunternehmen unterhaltene Flächen werden ausgeklammert.

Der Anteil dieser Flächen variiert in den einzelnen Strasseninspektoraten. Laut C. Gnägi (persönliche Kommunikation, 22. September 2017) sind im Berner Mittelland rund 80 Prozent der Strassenböschungen besetzt: Etwa 30 Prozent durch Infrastrukturbauten und etwa 50 Prozent durch die angrenzende Landwirtschaft genutzt. In dünn besiedelten Gebieten ist der Anteil der Landwirtschaft wahrscheinlich höher. Abbildung 1 zeigt die Kette des Unterhaltes von Kantonsstrassenrändern und -böschungen.

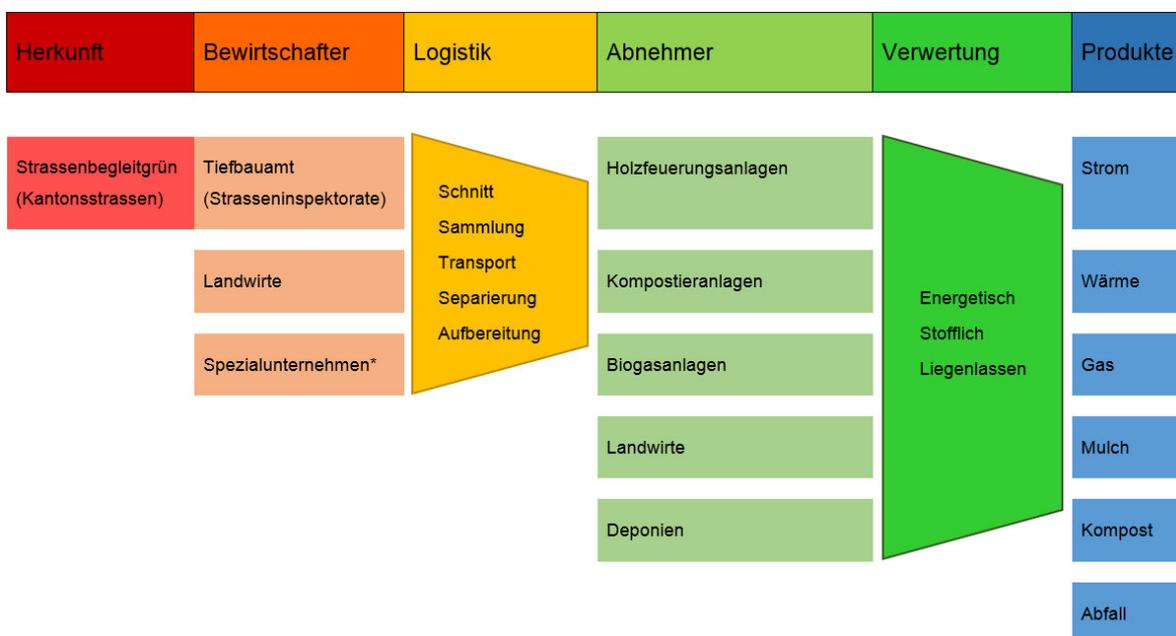


Abbildung 1: Logistikkette in der Strassenrand- und Böschungspflege der Kantonsstrassen im Kanton Bern, eigene Darstellung (* Spezialunternehmen = Häckseldienste und externe Forstunternehmen).

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf den Optimierungspotenzialen von Seiten der Anlieferer von Strassenbegleitgrün, da Optimierungspotenziale von Seiten der Abnehmer schwierig zu evaluieren und die Entsorgungsgebühren relativ starr vorgegeben sind, auch wenn grundsätzlich die Steigerung der energetischen und/oder stofflichen Verwertung von Strassenbegleitgrün auf Seiten der Anlieferer wie auf Seiten der Abnehmer möglich ist. Die Arbeit untersucht die bisherige Unterhalts- und Entsorgungspraxis sowie mögliche Optimierungspotenziale in den Prozessen Schnitt bis Entsorgung/Verwertung.

Für die Erhebung von Grundlagendaten wurden zwei empirische Methoden angewandt: Eine Befragung der Strasseninspektoren mittels eines Fragebogens sowie Experteninterviews. Beide Methoden werden in Kapitel 2 genauer erläutert. In Kapitel 3 werden Begriffe definiert und Grundlagenwissen zur Strassenrand- und Böschungspflege vermittelt. Kapitel 4 analysiert die erhobenen Daten, während in Kapitel 5 Anreize und Vorschläge für Optimierungen diskutiert werden, die die Zuführung von Strassenbegleitgrün zur energetischen und/oder stofflichen Verwertung fördern würden.

2 Methoden

2.1 Datenerhebung

Die dem Tiefbauamt des Kantons Bern zugehörigen Strasseninspektorate veröffentlichen keine Informationen zur Unterhaltspraxis, zu den anfallenden Schnittmengen, den Entsorgungs- oder Verwertungswegen sowie zu den Unterhaltskosten. Aufgrund der spärlichen Datenlage stellen Befragungen der verantwortlichen Strasseninspektoren eine wichtige Informationsquelle dar. Sie sind im Kanton Bern für den Unterhalt der Kantonsstrassen – darunter die Strassenrand- und Böschungspflege – zuständig. Weitere Informationen hierzu können dem Kapitel 4.1 *Zuständigkeitsbereich des Unterhalts von Kantonsstrassen* entnommen werden.

2.1.1 Expertenbefragung mittels eines Fragebogens

Zur Datenerhebung der Unterhaltspraxis, der Schnittmengen, der Entsorgungs- oder Verwertungswege sowie der Zusammensetzung der Unterhaltskosten wurde eine postalische Befragung durchgeführt. Der Fragebogen ist dem Anhang (S. 65) zu entnehmen. Ein Fragebogen eignet sich speziell für Forschungsprobleme, über die noch wenig bekannt ist, was im Bereich der energetischen und/oder stofflichen Verwertung von Strassenbegleitgrün entlang von Kantonsstrassen im Kanton Bern der Fall ist (Schwarzbauer, 2010).

Der Fragebogen wurde zehn der elf verantwortlichen Strasseninspektoren am Strasseninspektoren-Ausbildungstag in Interlaken ausgehändigt. Ausgeklammert wurde das Strasseninspektorat «Service pour le Jura bernois», dessen Strasseninspektor nicht an der Veranstaltung teilnahm. Der Fragebogen wurde von neun Strasseninspektoren zurückgesendet, das entspricht einer Rücklaufquote von 90 Prozent. Der Fragebogen umfasste 20 eigens konzipierte Fragen, da zum Thema energetische und/oder stoffliche Verwertung von Strassenbegleitgrün noch keinerlei Forschung betrieben wurde und Grundlegendaten erhoben werden mussten.

Der Fragebogen gliederte sich in fünf Themenbereiche. Im ersten Teil des Fragebogens wurden Daten zur Person und zum Strasseninspektorat erhoben. Im zweiten Teil wurde der Einfluss verschiedener Faktoren wie die Distanz zur nächsten Verwertungsanlage auf die Bereitschaft, das Strassenbegleitgrün der energetischen und/oder stofflichen Verwertung zuzuführen, erhoben. Als Antwortformat wurde eine Skala mit fünf Stufen von "1 = Stimme gar nicht zu" bis "5 = Stimme sehr zu" inklusive der Antwortmöglichkeit «Weiss nicht» verwendet. Im dritten Teil des Fragebogens wurden Fragen zum technischen Unterhalt gestellt. Hierzu zählten Fragen zur Schnitthäufigkeit und zum Maschineneinsatz, zu anfallenden Mengen, zur bisherigen Entsorgungspraxis und Entsorgungsorten, zur prozentualen Zusammensetzung der zu unterhaltenden Flächentypen sowie deren Schnitthäufigkeit. Im vierten Teil wurden finanzielle Aspekte abgefragt. Die prozentualen Anteile der Personalkosten, Maschinenkosten, Transportkosten und Entsorgungsgebühren wurden für verschiedene Entsorgungswege erhoben, ebenso die Kostenschwelle, ab der die Strasseninspektoren das Strassenbegleitgrün vermehrt der energetischen und/oder stofflichen Verwertung zuführen würden. Der fünfte Teil war allfälligen Anmerkungen, Bitten und Kommentaren gewidmet.

Überwiegend wurden geschlossene und halboffene Antwortformate vorgegeben. Bei den geschlossenen Fragen musste der Befragte die zutreffende Antwort mittels Ankreuzen auswählen. Bei den halboffenen Fragen musste der Befragte eine Antwortoption ankreuzen und die Antwort ausschreiben. Teilweise wurden offene Antwortformate in den Fragebogen integriert, um qualitative Informationen – beispielsweise Gründe von vergeblichen Bemühungen, das Strassenbegleitgrün der energetischen und/oder stofflichen Verwertung zuzuführen – zu erheben (Pilshofer, 2001). Bei den offenen Antwortformaten konnte der Befragte seine Antwort frei formulieren. Ziel der offenen Fragen war, bereits bestehende Ideen oder Ansätze, wie das System optimiert und Kosten minimiert werden können, sowie Optimierungsmöglichkeiten, die die Zuführung von Strassenbegleitgrün zur energetischen und/oder stofflichen Verwertung fördern würden, zu erheben.

Die Auswertung der Daten erfolgte mit Excel. Mit dem Fragebogen wurden Grundlegendaten erhoben, zu diesem Zweck wurden ausschliesslich deskriptive statistische Methoden zur Beschreibung und Auswertung der Daten benutzt. Die Zusammenfassung der Daten erfolgte in Form von Grafiken und Tabellen oder durch die Errechnung des Mittelwerts oder der Summe. Die Daten wurden mittels Diagrammen oder Häufigkeitstabellen grafisch aufbereitet, um das umfangreiche Datenmaterial zu präsentieren.

2.1.2 Experteninterviews

Experteninterviews wurden als Ergänzung zur postalischen Befragung durchgeführt. Vier ausgewählten Strasseninspektoren wurden Fragen vorgelegt, auf die sie in eigener Sprache antworten konnten. Als Experten gelten Personen, die aufgrund langjähriger Erfahrung über bereichsspezifisches Wissen verfügen (Mieg & Näf, 2005). Die Strasseninspektoren wurden basierend auf den Antworten aus dem Fragebogen, die Anlass zu weiterer Diskussion gaben, ausgewählt. Sie waren alle männlich, etwa 45 bis 65 Jahre alt und stammten aus einem praxisorientierten, tiefbau- oder naturnahen Berufsfeld. Es kann angenommen werden, dass alle Strasseninspektoren bereits einige Jahre im Amt sind. Die Kontaktaufnahme mit den vier Strasseninspektoren erfolgte schriftlich. Im Anschrieb wurde das Ziel des Interviews ausführlich geschildert. Alle angeschriebenen Experten stimmten dem Expertengespräch zu. Die Experteninterviews fanden, wenn nicht anders vereinbart, in einem Besprechungszimmer der Werkhöfe statt. Die Gesprächsdauer betrug 60 bis 90 Minuten. Die Ergebnisse der Experteninterviews wurden handschriftlich protokolliert.

Das Ziel der Experteninterviews war die Klärung unklarer Angaben aus den Fragebögen und das Einholen fehlender Angaben und weitergehender Informationen. Interviewleitfäden (siehe Anhang, S. 81) dienten für den Interviewer als Vorbereitung für die Experteninterviews. Diese bringen ein themenfokussiertes Gespräch in Gang, ohne starre Antwortkategorien vorzugeben. Der Interviewleitfaden dient als eine hilfreiche Stütze, um sicherzustellen, dass die Fragen vollständig und hinreichend spezifisch behandelt werden. Interviewleitfäden enthalten sämtliche wichtigen Fragen und definieren, wie das Interview samt Überleitungen erfolgen soll (Mieg & Näf, 2005). Für jeden Strasseninspektor wurde ein eigener Interviewleitfaden zusammengestellt. Einige Fragen waren identisch für alle Strasseninspektoren, andere Fragen wiederum waren spezifisch auf den entsprechenden Strasseninspektor zugeschnitten.

Die Interviewleitfäden setzten sich aus 12 bis 20 Fragen zusammen. Mithilfe der Formatierung wurden Schlüsselfragen und Eventualfragen markiert (Mieg & Näf, 2005). Der erste Teil des Experteninterviews bestand aus einer oder mehreren Einstiegsfragen. Mit den Einstiegsfragen wurden fehlende Angaben aus dem Fragebogen eingeholt. Der Hauptteil des Experteninterviews wurde in vier Überthemen unterteilt – Maschineneinsatz, Entsorgung und Verwertung, Kosten, Zusatzfragen. Die wichtigsten Fragen wurden zu Beginn eines Überthemas gestellt.

Die Überthemen Entsorgung und Verwertung sowie Kosten boten Ansatzpunkte für spezifischere Fragen, beispielsweise warum nur ein Teil des Schnittguts vergärt oder kompostiert wird oder welche Erfahrungen die Strasseninspektoren hinsichtlich der bisherigen Entsorgungspraxis gemacht haben. Auch boten sich Fragen in der Richtung an, wie das Schnittgut den Verwertungsanlagen zugeführt wird, welche Maschinen hierfür eingesetzt werden oder welche Einsparpotenziale in den Bereichen Personal, Maschinen und Transport bestehen.

In den Experteninterviews gab es offene und geschlossene Frageformate. Offene Fragen beschränken den Interview-Partner nicht in seinen Antworten und geschlossene Fragen geben Antwortkategorien vor und dienen zur Klärung von Fragen, auf die eine eindeutige Antwort gewünscht wird (Mieg & Näf, 2005). Als Einstiegsfragen dienten geschlossene Fragen. Die fehlenden Informationen aus dem Fragebogen sollten mit einer eindeutigen Antwort eingeholt werden. Bei einigen Fragen wurden ergänzende Informationen gezielt erfragt, bei anderen stand das explorative Erfragen im Fokus. Die Informationen aus dem Experteninterview werden zusammen mit den erhobenen Daten aus dem Fragebogen in Kapitel 4 analysiert und dargestellt.

3 Grundlagen

3.1 Funktionen des Strassenbegleitgrüns

Das Strassenbegleitgrün übernimmt verschiedene Funktionen (Tabelle 1). Verkehrstechnisch dient es beispielsweise der optischen Führung und macht den Verlauf einer Strasse besser erkennbar, damit unübersichtliche Stellen wie Kuppen oder Kurven vom Fahrzeuglenker deutlicher wahrgenommen werden. Das Strassenbegleitgrün dient zudem als Sicht- und Blendschutz und schützt die Verkehrsteilnehmer vor Schneesverwehungen oder Steinschlag. Die ingenieurbiologische Funktion des Strassenbegleitgrüns ist die Befestigung der Strassenböschungen. Das Wurzelwerk der Vegetation stabilisiert das Erdreich und vermindert damit die Erosion (Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, 2016).

Tabelle 1: Funktionen des Strassenbegleitgrüns (Landesbetrieb Strassenbau und Verkehr Schleswig-Holstein, 2015).

Funktionen	
Verkehrstechnisch	<ul style="list-style-type: none"> • Optische Führung • Abschirmung, Blendschutz und Sichtschutz • Schneeschutz • Auffangschutz (Steinschlag, ...)
Ingenieurbiologisch	<ul style="list-style-type: none"> • Erosionsschutz • Befestigung von Einschnitten und Böschungen
Landschaftsgestalterisch	<ul style="list-style-type: none"> • Einbindung der Strasse in die Landschaft • Gestaltung von Rastanlagen
Landschaftsökologisch	<ul style="list-style-type: none"> • Biotopverbund • Schaffung von Lebensräumen

3.2 Relevante Bereiche des Strassenbaus

Der Kanton Bern, wie die ganze Schweiz, verfügt über ein hierarchisch gegliedertes Strassennetz. Gemäss Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern [BVE] (o. J.) stellen die Nationalstrassen die Verbindung zu anderen Kantonen und dem benachbarten Ausland her, die Kantonsstrassen nehmen den überregionalen und regionalen Verkehr auf. Die Gemeindestrassen leiten den Verkehr innerhalb von Gemeinden und zwischen Nachbargemeinden.

3.2.1 Strassenkörper

Der Gesamtaufbau der Strasse wird als Strassenkörper bezeichnet, dieser gliedert sich in Oberbau, Unterbau und Untergrund. Für die Sicherstellung der Entwässerung wird der Oberbau mit einem Quergefälle angelegt. Der Strassenkörper besteht deshalb aus gut entwässernden Schottern, Kiesen und Sanden (Plath, 2016). Abbildung 2 zeigt die schematische Darstellung eines Strassenkörpers.

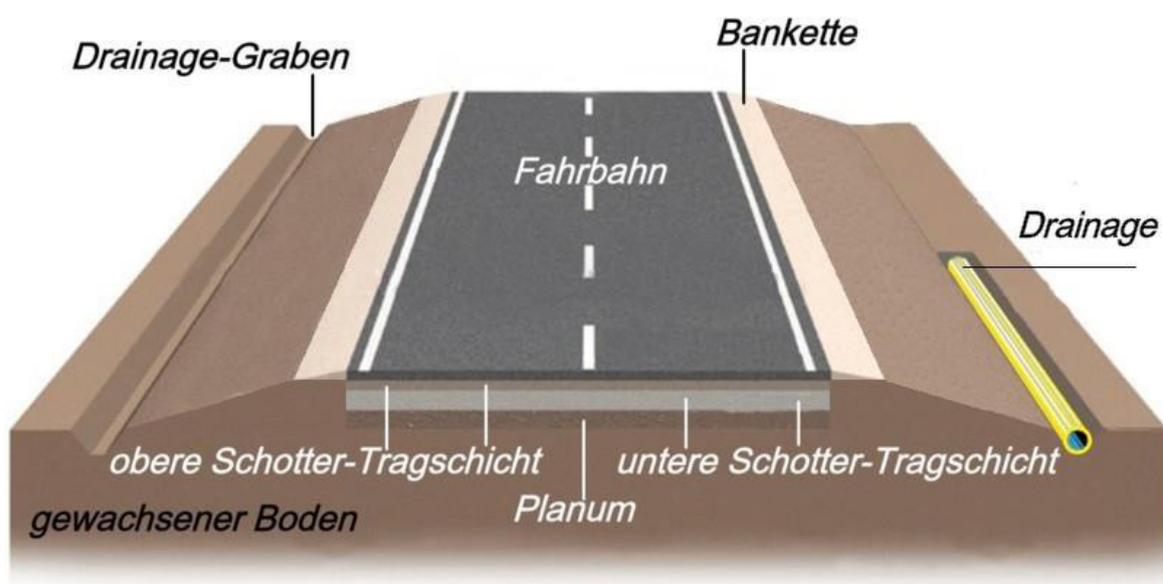


Abbildung 2: Darstellung eines Strassenkörpers mit der Fahrbahn, den Tragschichten, Banketten und Drainagen (Alphasoil, 2016).

3.2.2 Strassenrandzonen und ihr Bewuchs

Abhängig von der Lage und der Entfernung zur Strasse werden verschiedene Strassenrandzonen definiert: Die Bankettzone, die Graben- oder Muldenzone, die Böschungzone und der Aussenbereich. Aufgrund der lokalen Gegebenheiten und der angrenzenden Nutzflächen gibt es nicht «die eine» typische Strassenrandzonierung. Beispiele verschiedener Strassenrandzonen sind in Abbildung 3 dargestellt. Die Linie am unteren Rand definiert den gesamten Strassenrandabschnitt mit seinen verschiedenen Zonen.

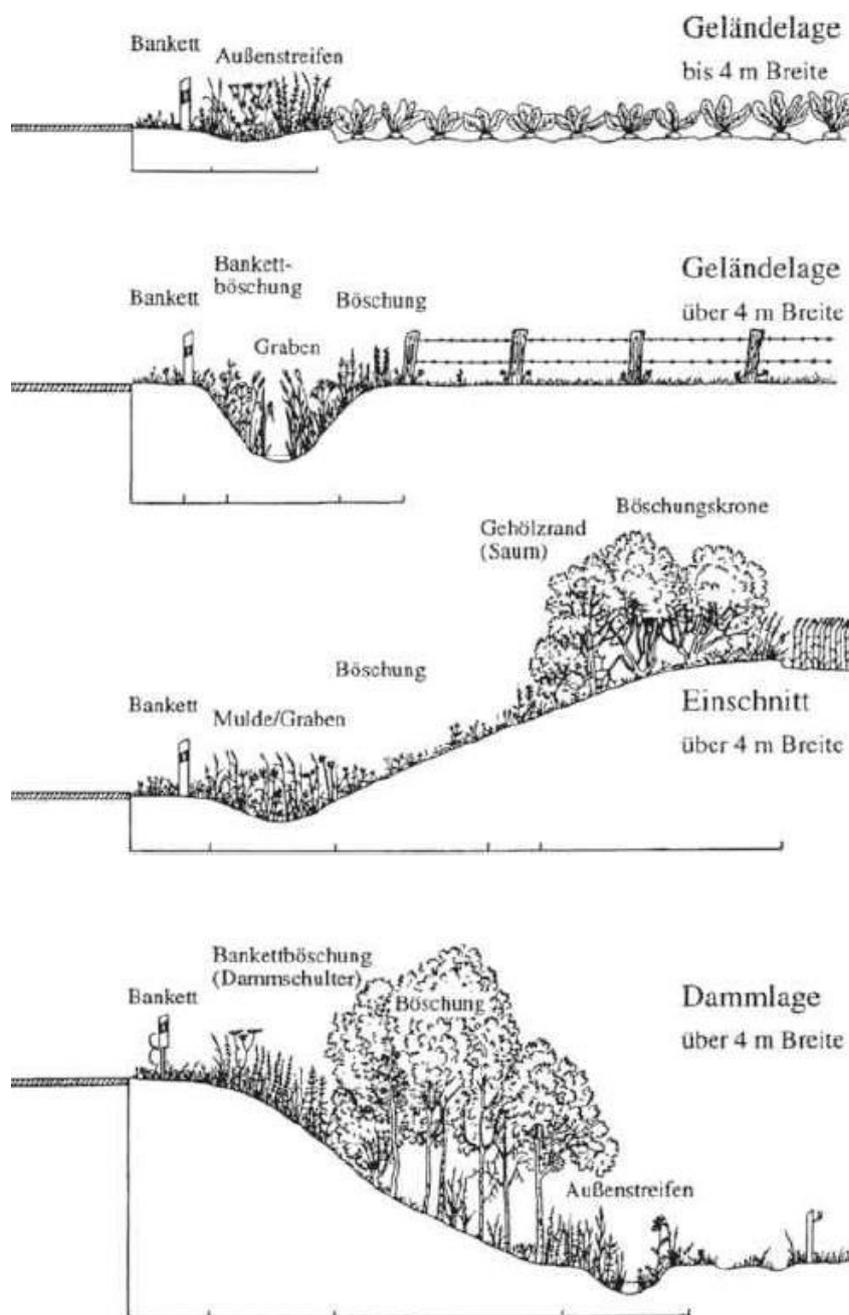


Abbildung 3: Typische Strassenrandzonen (Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, 2016).

Die Bodenverdichtung und der Abfluss hoher Niederschlagsmengen von der Fahrbahn verursachen in der Bankettzone häufig auftretende Staunässe, zudem sind die Schadstoffbelastung und die mechanischen Einwirkungen hoch. Die Bankettzone stellt aus den oben genannten Gründen den extremsten Standort entlang von Strassen dar. Die Grabenzone zeichnet sich ebenfalls durch eine periodische Staunässe aus. Aufgrund der mächtigen Oberbodenauflage und der hohen Bodenfeuchte sind Grabenzonen die fruchtbarsten Standorte.

In der Bankett- und Grabenzone kommen aus verkehrssicherheitstechnischen Gründen keine Gehölze vor. Die Böschungszone aber kann sich aus Grasflächen wie auch aus Gehölzen zusammensetzen. Die Böschungszone bildet den natürlichen Übergang zu den angrenzenden Nutzflächen. Die Exposition und Neigung der Strassenböschung sowie die Mächtigkeit des Oberbodens bestimmen das Wärmeklima und die Wasserversorgung. Besonders trockene Böschungen sind steil geneigt, flachgründig und stark besonnt. Die Versorgung mit Nährstoffen ist von den angrenzenden Nutzflächen abhängig. Handelt es sich dabei um intensiv genutzte Agrarflächen, kann die Versorgung mit Stickstoff durch Düngereinträge sehr hoch sein (Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, 2016).

3.3 Lebensraum Strassenböschungen

Strassenböschungen werden von vielen Faktoren beeinflusst, die sie zu Extremstandorten machen (Abbildung 4). Dazu gehören die Wasser- und Nährstoffversorgung, die Boden- und Lufttemperatur, die Bodenbeschaffenheit, die verschiedensten Immissionen sowie die Art und Intensität der Pflege (Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, 2016).

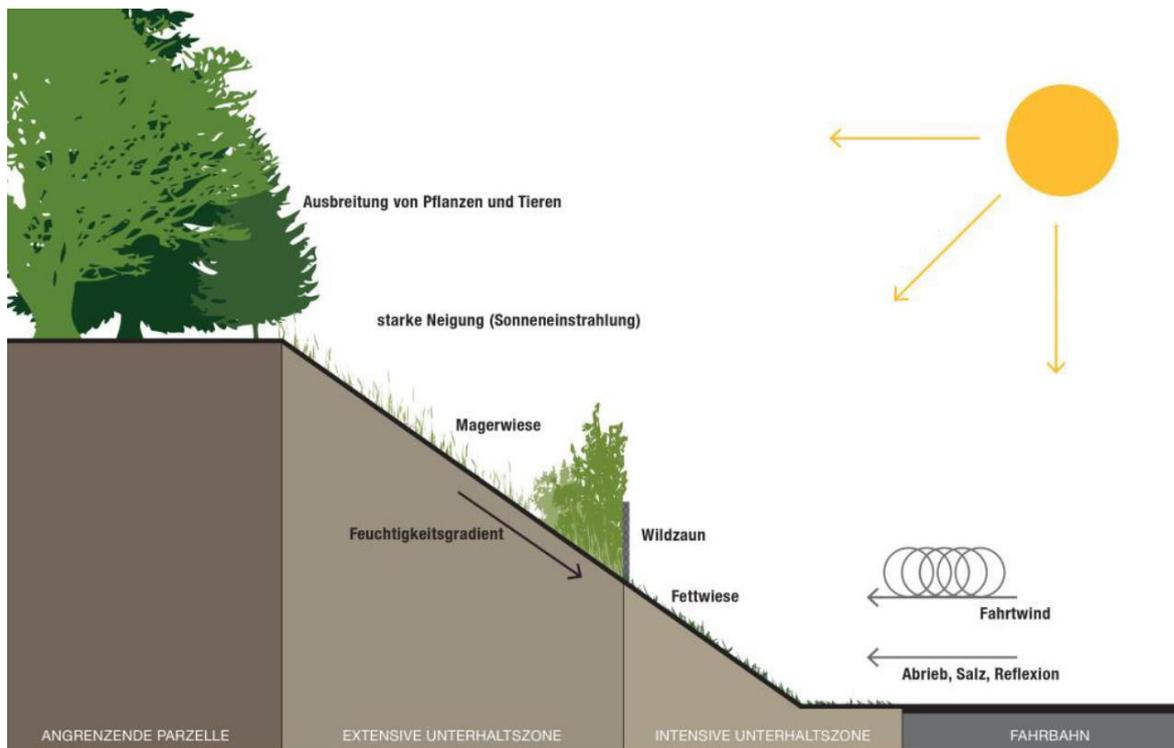


Abbildung 4: Standortbedingungen an Strassenböschungen (Bundesamt für Strassen, 2015).

Trotz der anscheinend widrigen Rahmenbedingungen weisen Strassenränder und Strassenböschungen oft seltene Lebensraumtypen wie Ruderalfluren, Magerwiesen sowie Feucht- und Nasswiesen auf. Sie übernehmen in strukturarmen und intensiv genutzten Gebieten zudem eine wichtige Rolle als Lebensräume und Vernetzungselemente (Bundesamt für Strassen, 2015). Das Strassenbegleitgrün vernetzt isolierte Lebensräume insofern als Böschungen, Hecken und andere Gehölzflächen als Ausbreitungskorridore fungieren (Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, 2016). Strassenböschungen sind zweifellos Extremstandorte, eine grosse Artenvielfalt wird vom Laien daher meist nicht erwartet. Tatsächlich eignen sich die dortigen Lebensbedingungen für zahlreiche Spezialisten, weswegen Strassenböschungen eine hohe Artenvielfalt hervorbringen können. Aufgrund des hohen Potenzials an Biodiversität sind die Verkehrsbegleitflächen Teil der Biodiversitätsstrategie Schweiz (Gnägi, 2016).

3.3.1 Ökologisch wertvolle Lebensräume

Ruderalfluren, Magerwiesen sowie Feucht- und Nasswiesen sind besonders wertvolle Lebensräume hinsichtlich seltener oder spezialisierter Arten wie Insekten – Wildbienen, Schmetterlinge, Käfer, Libellen – sowie Amphibien und Reptilien und seltenen Pflanzenarten wie Orchideen, Lilien und Nelken. Sind eine oder mehrere dieser nachfolgend beschriebenen Lebensraumtypen auf einer Strassenböschung sichtbar, sollten sie nach Gnägi (2015) aus naturschutzfachlicher Sicht unbedingt ausgeschieden und naturnah gepflegt werden.

Eine Ruderalflur, siehe Abbildung 5, ist eine ungenutzte und der Sukzession unterworfen Fläche, die vom Menschen geschaffen oder durch den Menschen stark verändert wurde. Beispiele für Ruderalfluren sind Ackerbrachen, Aufschüttungen, Schuttflächen, Wegränder und Strassenränder (Biegel, 2017).



Abbildung 5: Links: Ruderalflur (Stadt Zürich, 2014); Rechts: Ruderalvegetation (Prunier, 2014).

Als Magerrasen werden extensiv genutzte, trockene, sehr nährstoffarme Standorte bezeichnet. Magerwiesen sind durch schwache Düngung aus Magerrasen hervorgegangen, sie werden typischerweise bewirtschaftet und gemäht (Abbildung 6). Der Bodenaufbau von Magerwiesen ist flachgründig und kiesig bis sandig. Das Wasser versickert oder fliesst rasch ab, das Klima ist warm und der Standort gut besonnt (Grün Stadt Zürich, 2010).



Abbildung 6: Magerwiesen (Roesti, 2010); (Verein Naturnetz, 2013).

Feucht- und Nasswiesen kommen auf wechselfeuchten, feuchten, nassen, staunassen oder zeitweise überfluteten Standorten vor. Die Vegetation ist massgeblich vom Standortfaktor Wasser geprägt und zeichnet sich durch Pflanzenarten aus, die mit einem ungünstigen Bodenwasserhaushalt zurechtkommen. Das sind beispielsweise feuchtigkeitstolerante, nährstoffliebende Futterwiesengräser und Kräuter sowie Nässezeiger wie Seggen und Binsen (Abbildung 7). Viele Tierarten nutzen diesen Lebensraum zur Nahrungsaufnahme oder Fortpflanzung. Feucht- und Nasswiesen gehören aus diesem Grund zu den lebendigsten Lebensräumen Mitteleuropas (Kapfer, 1995).



Abbildung 7: Nasswiese im Odenwald (Demuth, 1987).

3.3.2 Die Problematik der invasiven Neophyten

Neophyt ist die Bezeichnung für eine Pflanze, die seit der Entdeckung Amerikas absichtlich oder versehentlich eingeschleppt wurde und in der Folge verwildert ist. Die meisten Neophyten haben sich als gebietsfremde Pflanzen gut in die Umwelt integriert und die einheimische Flora bereichert (Jörg, 2017). Einige Neophyten in der Schweiz sind aufgrund ihrer effizienten Verbreitungsstrategien sehr konkurrenzstark und werden zunehmend zum Problem für die einheimische Flora, schutzwürdige Lebensräume, Gewässer, Verkehrsanlagen, Infrastrukturen und für die menschliche Gesundheit. Die Regulierung und Bekämpfung von invasiven Neophyten ist aufwändig, kostenintensiv und selten erfolgreich (Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Bern, o. J.). In der Schweiz gelten 17 Arten als potenziell schädliche invasive Neophyten, das entspricht etwa 10 Prozent der in der Schweiz vorkommenden Neophyten (Jörg, 2017).

Ein Pilotprojekt der Abteilung Naturförderung des Kantons Bern zeigte, dass die problematischen Pflanzen auch bei Fachleuten weitgehend unbekannt, die Verbreitungsmuster und Bedrohungslagen unterschiedlich und daher regionsspezifische Massnahmen erforderlich sind. Die Bekämpfung von invasiven Neophyten ist eine Verbund-Aufgabe auf mehreren Ebenen, die Strasseninspektoren sind angehalten, die invasiven Neophyten entlang der Kantonsstrassen sachgemäss zu entfernen und entsorgen. Aber auch andere Bereiche wie der Wasserbau, Naturschutz, die Landwirtschaft sowie Bund, Kanton und Gemeinde haben die Aufgabe, die Verbreitung der invasiven Neophyten einzudämmen (Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Bern, o. J.).

3.4 Intensiv- und Extensivbereiche entlang von Strassen

In der Strassenrand- und Böschungspflege wird zwischen einem Intensiv- und einem Extensivbereich unterschieden, da die Pflegeintensität und Häufigkeit der Pflegemassnahmen variiert (Abbildung 8).

Der nur wenige Meter breite Intensivbereich erstreckt sich zwischen Fahrbahn und Böschung. Der Unterhalt wird ausschliesslich nach betrieblichen Gesichtspunkten durchgeführt. Der Intensivbereich zeichnet sich durch einen niedrigen und dicht gehaltenen Bewuchs aus, da aus Gründen der Verkehrssicherheit und des Wasserabflusses stärkere Pflegeeingriffe und häufigere Schnitte notwendig sind.

Zum Intensivbereich gehören Bankette, Mulden, Gräben sowie Trenn- und Mittelstreifen (Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, 2016). Die Intensivbereiche sind artenarm, da Fahrtwind, Salzeintrag und Abrieb die Lebensbedingungen erschweren (Bundesamt für Strassen, 2015).

Zum Extensivbereich gehören alle anderen Flächen wie Strassenböschungen und Aussenbereiche (Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, 2016). Die Extensivbereiche sind artenreicher, da die Anforderungen an die Verkehrssicherheit weniger starke Eingriffe, Schnitthäufigkeiten und Schnitthöhen, in die Vegetation erfordern (Bundesamt für Strassen, 2015).

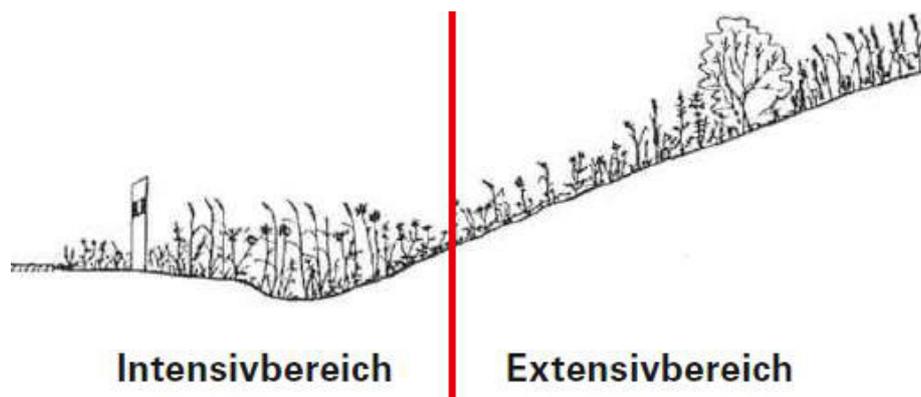


Abbildung 8: Schematische Darstellung des Intensivbereichs – Strassenbankett und Extensivbereichs einer Strassenböschung (Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, 2016).

3.5 Maschinelle Pflorgetechniken

Ein Optimierungsbereich für die naturnahe Pflege und die Eignung des Schnittguts für die energetische Verwertung liegt in der Wahl der richtigen Maschine. In den folgenden Kapiteln werden die maschinellen Pflorgetechniken «Mähen» und «Mulchen» beleuchtet.

3.5.1 Mulchen

Mulch bezeichnet unverrottetes organisches Material, das in der Landwirtschaft oder der Landschaftspflege durch das Zerkleinern von Pflanzenmaterial anfällt (Mohr, 2014). Als Mulchen wird das gleichzeitige Abmähen und Zerkleinern von Gras- oder Gehölzaufwuchs, inklusive dem Verbleib des Schnittguts auf Strassenböschungen, bezeichnet (Deuker, 2014).

Ein Mulcher ist eine Maschine, die das Pflanzenmaterial in einem Arbeitsgang abschlegt und zerkleinert und als Mulchgut auf der Fläche verteilt (Abbildung 9). Infolge der Zerkleinerung besitzt das Mulchgut eine grosse spezifische Oberfläche und ist deshalb für Organismen leicht umsetzbar. Ob es zur Ausbildung einer Streuschicht und damit zu einer Nährstoffanreicherung kommt, hängt von verschiedenen Faktoren wie der Stärke der Streuauflage, dem Mulchtermin und der Witterung ab (Döring, 2005).



Abbildung 9: Mulchvorgang mit einem Schlegelmulcher (Vogt GmbH, 2015).

Häufig werden in der Strassenrand- und Böschungspflege Schlegelmulchgeräte eingesetzt, denn sie lassen sich neben Front- und Heckgerät auch als Auslegergerät einsetzen. Die Schlegel sind gelenkig an der waagrechten Drehachse angebracht und können somit Hindernissen ausweichen (Abbildung 10).



Abbildung 10: Links: Schlegelmähwerk eines Schlegelmulchers (Proplanta, o. J.); Rechts: Schlegelmulchgerät mit Auslegerarm (Unimog Huber GbR, 2017).

Der Einsatz von Mulchgeräten bringt grosse Nachteile mit sich. Mulchgeräte zerkleinern nicht nur Pflanzenmaterial, sondern alles, was in das Schneidewerk gelangt, egal ob Flaschen, Dosen, Plastiktüten oder Kleintiere. Sie verursachen durch den Sog der rotierenden Elemente grosse Schäden, indem Tiere in Bodennähe angesaugt und getötet werden (Schiess-Bühler, Frick, Stäheli & Furi, 2011). Werden Strassenränder bereits im Mai oder Juni – auf der Höhe der Blütezeit – gemulcht, bedeutet dies den Tod für den Sommerflor und viele Kleintiere (Gnägi, 2015). Die Düngerwirkung des Mulchguts fördert zudem nitrophile Ruderalpflanzen wie Brennnesseln und Löwenzahn, welche die Pflanzen, die an magere Böden angepasst sind, verdrängen.

Das Mulchgut, das an Ort und Stelle gelassen wird, hat aber nicht nur für die Artenvielfalt Folgen. Ein grosser Nachteil hinsichtlich des Unterhaltes mit einem Mulchgerät ist, dass nitrophile Pflanzen dichter wachsen und der Arbeitsaufwand sich über die Jahre steigert (Buer, 2016). Überdies ist die Entfernung des Mulchguts aufgrund der pappigen Konsistenz schwierig und mit hohen Kosten verbunden. Wenn die Strassenunterhaltskosten gesenkt und Schnittgut vermehrt der energetischen Verwertung zugeführt werden soll, ist die gängige Praxis mit dem Mulcher nicht zu empfehlen.

3.5.2 Mähen

Im Unterschied zu Mulchgeräten legen Mähgeräte das Pflanzenmaterial unbearbeitet in Schwaden ab (Schiess-Bühler et al., 2011). In der maschinellen Mähtechnik wird zwischen Geräten mit oszillierenden und mit rotierenden Messern unterschieden. Ein präziser Schnitt wird durch Messerbalkenmähwerke mit oszillierenden Messern erreicht. Die Mähklingen bewegen sich dabei im Scherenschnitt hin und her. Messerbalkenmähwerke sind leicht und aus diesem Grund bodenschonend. Die Messerbalken werden üblicherweise an einem Motormäher angebracht (Frick, 2006).

Ein Mähgerät hat gegenüber eines Mulchers den Vorteil, dass sich das produzierte Schnittgut maschinell leichter mit einer Heuraupe, einem Bandheuer oder von Hand aufsammeln oder sich mit dem Laubbläser in andere Parzellen ausblasen lässt. Ein Messerbalkenmäher hat zudem geringere Auswirkungen auf bodenlebende Organismen sowie Organismen, die sich oberhalb des Schnitthorizontes aufhalten.

Laut Biodiversitätsstrategie des Bundes ist unter naturnaher Pflege von Strassenböschungen eine an die standortspezifische Biodiversität angepasste Pflege zu verstehen. Die Mähtechnik, der Schnittzeitpunkt und die Schnitthäufigkeit wirken sich auf die Zusammensetzung der Artengemeinschaft aus. Wenn das Ziel eine möglichst vielfältige Artenzusammensetzung ist, dann muss sich die Pflege an diese Anforderungen anpassen (Pro Natura Bern, 2015).

3.6 Biomasse- und Energiepotenzial des Strassenbegleitgrüns

Untersuchungen zeigen, dass Strassenbegleitgrün für die anaerobe Vergärung geeignet ist (Abbildung 11). Somit ergeben sich Potenziale für eine energetische Verwertung von Grünschnitt entlang von Kantonsstrassen, die mit einem Methangehalt in der Grössenordnung von 60 Prozent Biogaserträge von über 150 Nm³/t Frischsubstanz erzielen können. In den Strasseninspektoraten des Kantons Bern wird aber mehr als die Hälfte des anfallenden Schnittguts, inklusive Mulchgut, liegengelassen. Dieses sollte nicht nur aus naturschutzfachlicher Sicht abgeführt werden. Das Abführen des Schnittguts führt auch zu einer Ausmagerung und zu geringerer Wüchsigkeit. Damit können die Anzahl der Schnitte reduziert und die Kosten für den Unterhalt gesenkt werden (Gnägi, 2016). Nicht zuletzt birgt das liegengelassene Schnittgut ungenutztes energetisches Potenzial.

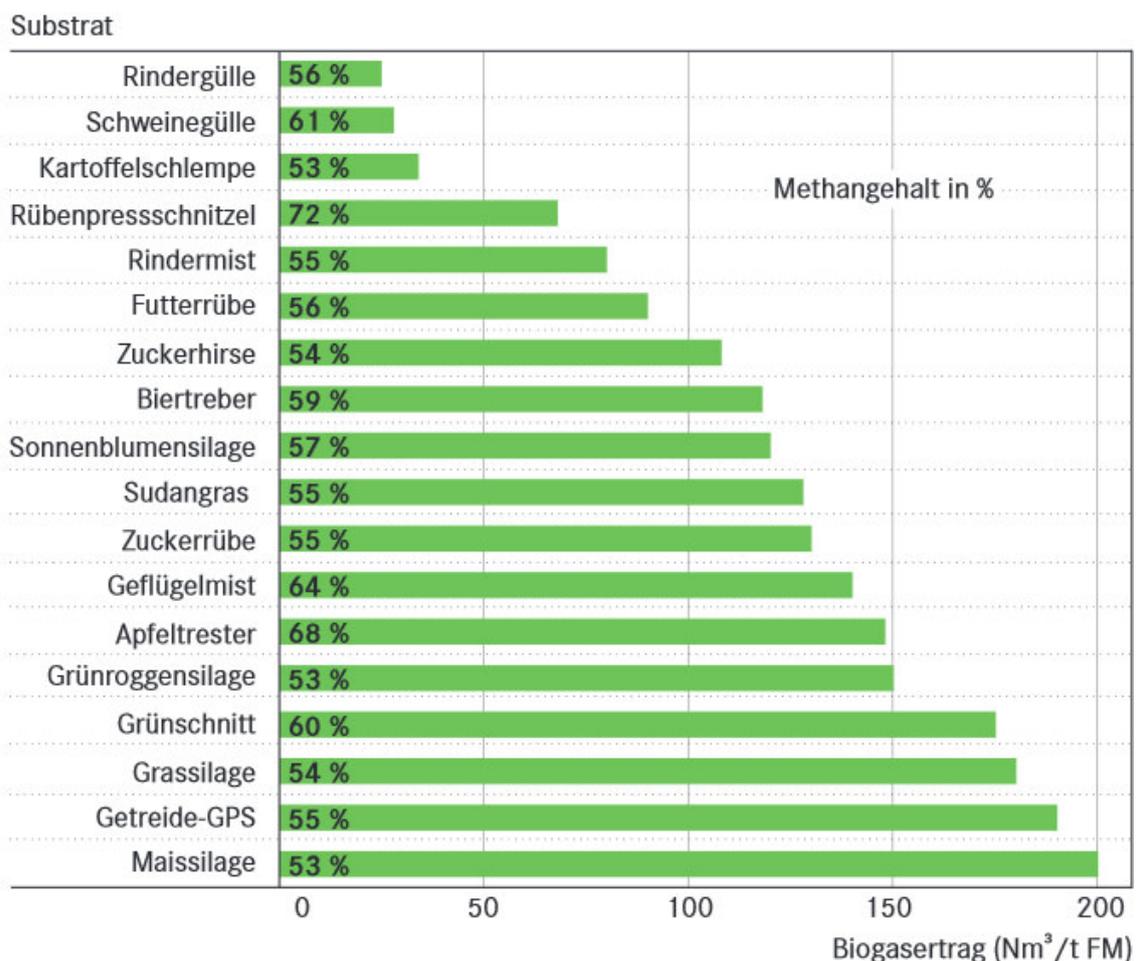


Abbildung 11: Durchschnittliche Biogaserträge verschiedener Substrate von Rindergülle bis Maissilage in m³ Biogas/t Frischsubstanz (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, 2012).

Ein zu häufiger Schnitt wirkt sich sowohl auf eine vielfältige Artengemeinschaft als auch auf die Gaserträge in der anaeroben Vergärung aus (Tabelle 2). Der Biogasertrag nimmt mit häufigem Mähen ab, da der Wassergehalt hoch und der Anteil an Zuckern und Rohproteinen gering ist (Müller, Holderegger & Bürgi, 2016). Der erste Schnitt nach Ende der Blüte eignet sich bezüglich der Gaserträge am besten für die anaerobe Vergärung. Erfolgen ein zweiter und ein dritter Schnitt, bringen diese niedrigere Gaserträge hervor.

Tabelle 2: Biogaserträge von Grünschnitt in Abhängigkeit der Schnitthäufigkeit aus der Datenbank der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (Strobl & Keymer, 2016).

Wiesengras	TM* [%]	FM** Nm ³ /t	CH ₄ *** [%]
1. Schnitt: Beginnende Blüte	20.0	105.1	53.2
1. Schnitt: Ende Blüte	22.0	112.5	52.7
1. Schnitt: Im Schossen	16.0	90.3	54.6
2. Schnitt: Beginnende Blüte	20.0	99.6	53.8
2. Schnitt: Im Schossen	17.0	89.1	54.9
3. Schnitt	18.0	92.2	54.2

* TM = Trockenmassegehalt in Prozent, ** FM = Gasertrag in Norm-Kubikmeter pro Tonne Frischmasse, *** CH₄ = Methangehalt des Gases in Volumenprozent

Zusätzlich weist Schnittgut von Intensivflächen einen niedrigeren Ligninanteil auf als Schnittgut von Extensivflächen, wobei letzteres einen positiven Effekt auf die Gaserträge hat (Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe, 2012). Gemäss Müller, Holderegger und Bürgi (2016) ist Lignin durch Mikroorganismen in der anaeroben Vergärung nicht aufschliessbar und steht für die Biogasproduktion somit nicht mehr zur Verfügung. Insgesamt hängt der Gasertrag wesentlich vom Erntezeitpunkt ab, denn mit zunehmender Vegetationsdauer nimmt der Anteil an lignifiziertem Kohlenstoff zu. Durch die fortgeschrittene Lignifizierung ist Strassenbegleitgrün von Naturschutzflächen – Feuchtwiesen, Nasswiesen, Halbtrockenrasen und Trockenrasen – weniger wertvoll als Strassenbegleitgrün von Normalflächen, auf denen schon früh im Jahr und häufigere Schnitte erfolgen (Pinterits, Melcher & Bogner, 2014).

4 Fallstudienregion Kanton Bern

4.1 Zuständigkeitsbereich des Unterhalts von Kantonsstrassen

Im Strassengesetz (SG) und der Strassenverordnung (SV) sind die Aufgaben und Verantwortlichkeiten des Kantons und der Gemeinden beim Bau, Betrieb und Unterhalt der Kantonsstrassen festgelegt.

Der Bau, Betrieb und Unterhalt der Kantonsstrassen fällt nach Art. 38, Abs. 1 des Strassengesetzes vom 4. August 2008, BSG 732.11 in den Zuständigkeitsbereich des Kantons respektive des Tiefbauamtes. Das Tiefbauamt des Kantons Bern (2010) erstellt, betreibt und unterhält das 2108.5 km lange Kantonsstrassennetz, sorgt für ein sicheres und verfügbares Strassennetz und ist in vier Oberingenieurkreise (siehe Abbildung 12) gegliedert.

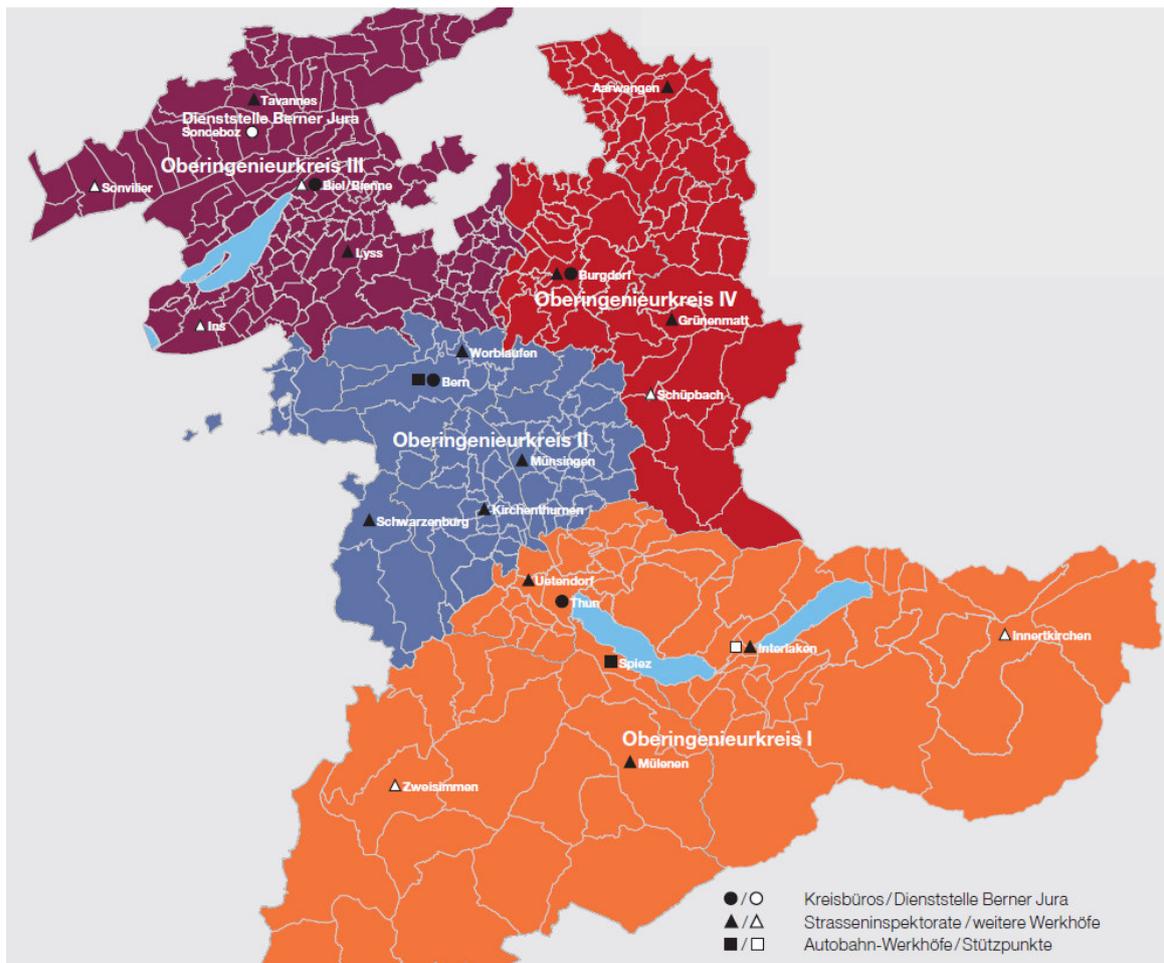


Abbildung 12: Die vier Oberingenieurkreise des Kantons Bern: Oberland, Mittelland, Seeland/Berner Jura sowie Emmental/Oberaargau (Tiefbauamt des Kantons Bern, 2010).

Der Kantonsoberingenieur ist den Kreisoberingenieuren und ein Kreisoberingenieur je einem Oberingenieurkreis vorständig. Dem Kreisoberingenieur unterstehen Abteilungen wie Strassenbau, Wasserbau sowie Betrieb und Unterhalt der Kantonsstrassen. Für den Betrieb und Unterhalt sind die Strasseninspektorate zuständig. Jeder Oberingenieurkreis besteht aus zwei bis drei Strasseninspektoraten (Abbildung 13). Insgesamt zählt der Kanton Bern elf Strasseninspektorate (Tiefbauamt des Kantons Bern, 2010).

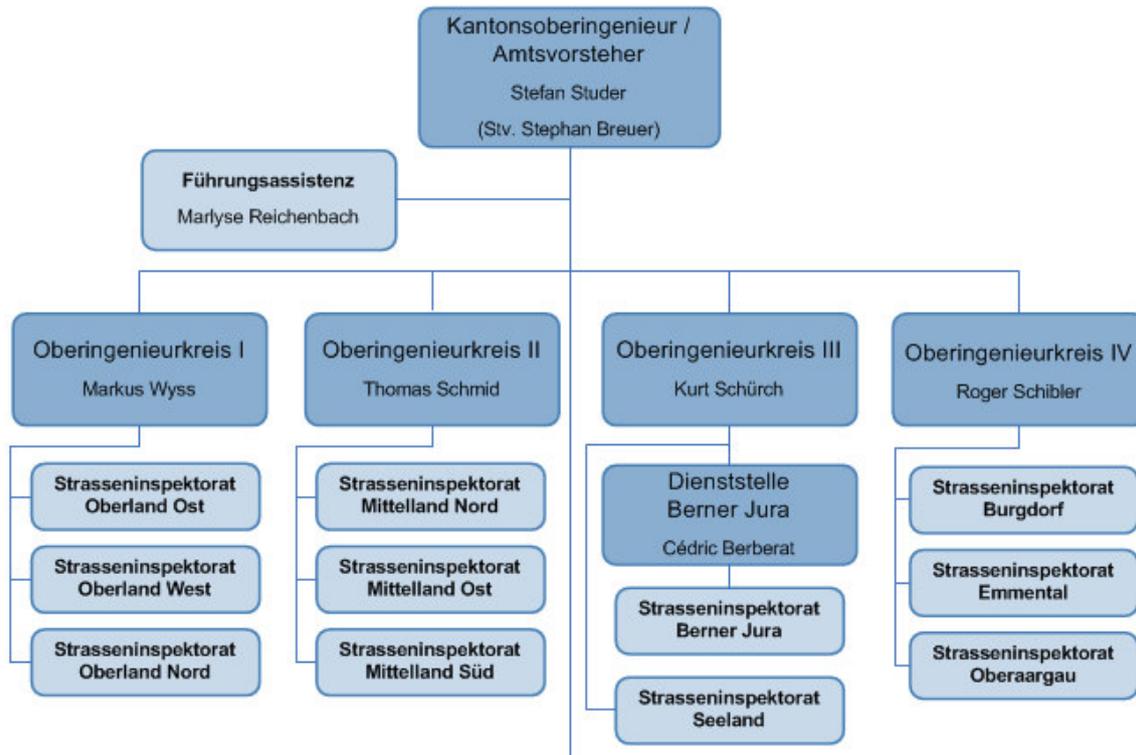


Abbildung 13: Organigramm Tiefbauamt des Kantons Bern (Tiefbauamt des Kantons Bern, 2017).

4.2 Unterhalt der Kantonsstrassenränder und -böschungen

Ein verbindliches, einheitliches Pflegekonzept für Strassenränder und Strassenböschungen existiert im Kanton Bern bisher nicht. Der Kreisoberingenieur macht gewisse Vorgaben, die konkrete Umsetzung liegt aber bei den Strasseninspektoraten. Die Kernaufgabe der Strasseninspektorate ist der Unterhalt der Strassen mit den zur Verfügung gestellten Mitteln, wobei die Verkehrssicherheit oberste Priorität hat. Die elf Strasseninspektorate des Kantons Bern agieren also selbständig in ihrem zugeteilten Gebiet. Ein Erfahrungsaustausch findet aber beispielsweise an den Strasseninspektoren-Ausbildungstagen statt, die in der Regel dreimal jährlich stattfinden, oder auch an speziellen Fortbildungstagen. Absprachen hinsichtlich eines gemeinsamen Pflegekonzeptes, Anschaffungen von Maschinen oder Austausch von Personal finden gewöhnlich nicht statt.

Die von den Strasseninspektoraten zu unterhaltenden Flächen sind aufgrund der Besetzung durch Infrastrukturen, die Nutzung durch angrenzende Landwirte und Parzellierung fragmentiert. Für die energetische und/oder stoffliche Verwertung des Strassenbegleitgrüns kommen deshalb nur kleine, grossräumig zerstreute Mengen zusammen. Ein dezentrales Verwertungskonzept für die energetische Verwertung von Strassenbegleitgrün ist aufgrund der geringen und grossräumig zerstreuten Menge einem zentralen Verwertungskonzept vorzuziehen.

Gnägi (2016) hat in den beiden Strasseninspektoraten Oberaargau und Burgdorf sämtliche Kantonsstrassenböschungen kartiert. 80 Prozent der Flächen werden durch Infrastrukturen – Verbauungen, Gleiskörper, Geh- und Radwege sowie Siedlungsbauten – besetzt oder durch die angrenzende Landwirtschaft genutzt. Die Strasseninspektorate unterhalten überdies nur Parzellen, die den Kantonsstrassen zugehörig sind. Einige dieser Parzellen schliessen den Intensivbereich wie die Strassenbankette, nicht jedoch die angrenzende Strassenböschung mit ein.

4.2.1 Zusammensetzung der Flächentypen und Schnittzeitpunkte

Die Kantonsstrassenböschungen, die durch Gnägi (2016) kartiert wurden, bestehen zu $\frac{3}{4}$ aus nährstoffzeigenden Pflanzengesellschaften und nur zu $\frac{1}{4}$ aus Magerwiesen sowie Ruderalstandorten.

Im Fragebogen wurden die Strasseninspektoren gebeten, eine grobe Schätzung zur Zusammensetzung der vom Strasseninspektorat zu unterhaltenden Flächen abzugeben. Insgesamt haben acht Strasseninspektoren Angaben zur Zusammensetzung der Flächen gemacht. Gemäss der Aussagen der Strasseninspektoren (siehe Abbildung 14) machen Fettwiesen die Hälfte der zu unterhaltenden Flächen aus. Magerwiesen, Ruderalflächen sowie Feucht- und Nasswiesen sind seltene Habitats in den Strasseninspektoraten. Grosse Flächen bestehen auch aus Büschen und Gehölzstreifen. Diese Resultate entsprechen weitgehend denen der Kartierung der Kantonsstrassenböschungen durch Gnägi.

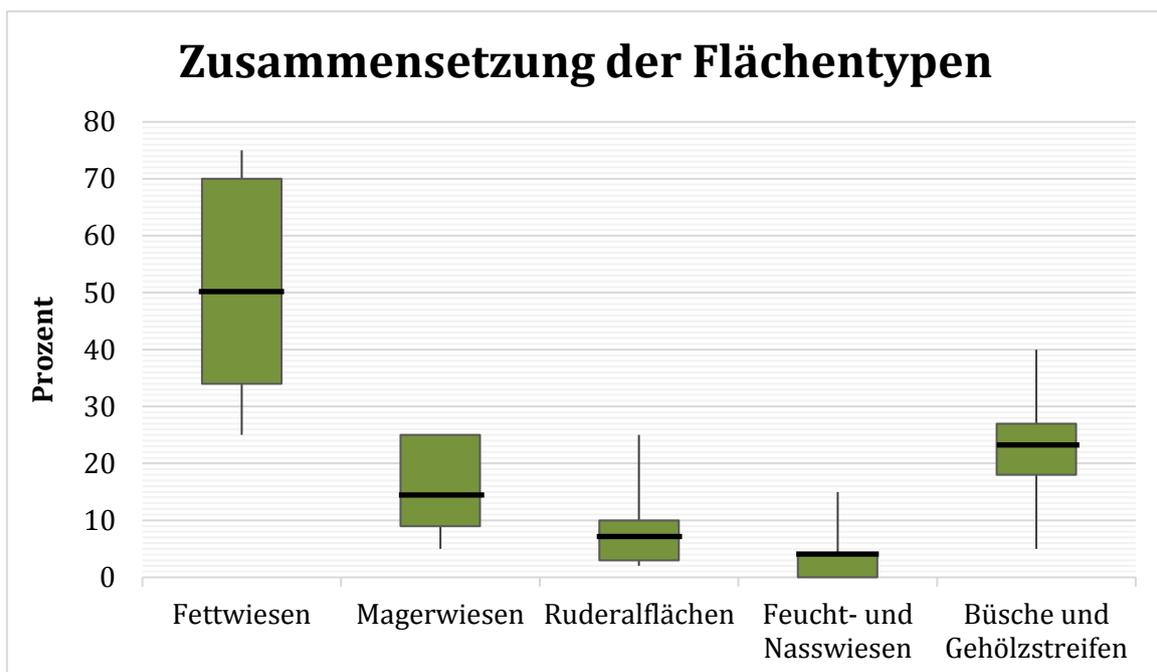


Abbildung 14: Durchschnittliche Zusammensetzung der zu unterhaltenden Flächentypen entlang der Kantonsstrassen im Kanton Bern nach Schätzung der Strasseninspektoren (N = 8) inklusive Streuung.

Die Fettwiesen werden in den meisten Strasseninspektoraten zweimal pro Jahr geschnitten (Abbildung 15). Die Schnitte finden in der Regel zwischen Mai und Oktober statt. Die Magerwiesen werden in den meisten Strasseninspektoraten nur einmal pro Jahr geschnitten, die Schnitte werden in der Regel zwischen Juli und Oktober ausgeführt.

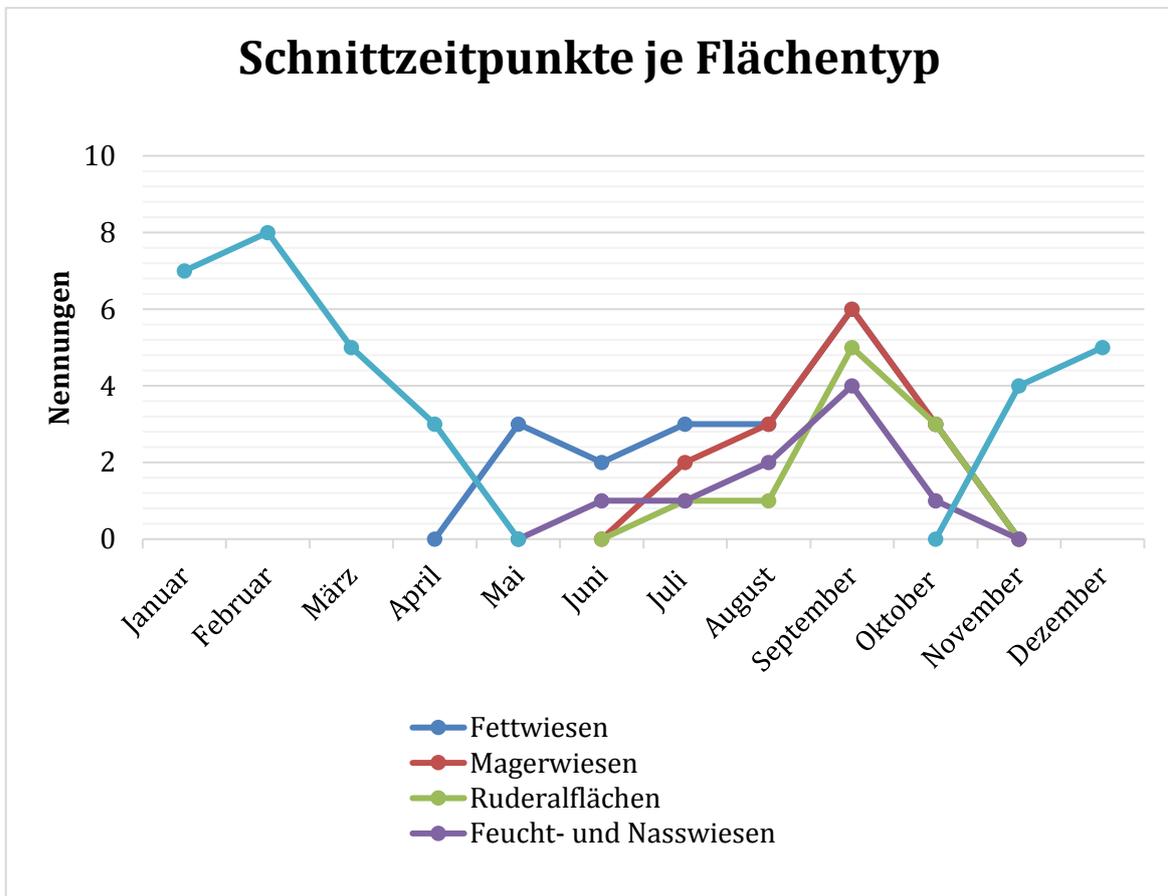


Abbildung 15: Schnittzeitpunkte je Flächentyp entlang der Berner Kantonsstrassen (Mehrfachnennungen waren möglich).

Wie die Magerwiesen benötigen auch die Ruderalflächen meist nur einen Schnitt pro Jahr. Feucht- und Nasswiesen werden ein- bis zweimal pro Jahr geschnitten. Büsche und Gehölzstreifen werden in den meisten Strasseninspektoraten nur einmal pro Jahr zurückgeschnitten. Die Gehölzpflege wird im Winter/Frühling angesetzt, da in den Sommermonaten Mäharbeiten bezüglich der Strassenbankette und Strassenböschungen anfallen, weil dann die Vegetation die Sicht behindert oder auf die Strasse hinauswächst.

4.2.2 Bisherige Unterhaltspraxis der Strasseninspektorate

Der Unterhalt von Strassenrändern und -böschungen richtet sich nach wirtschaftlichen, betrieblichen und sicherheitsrelevanten Vorgaben (Leugger & Buser, 2009). Aus Kostengründen muss der Unterhalt möglichst rationell und günstig erfolgen (Frick, 2006). Die Verkehrssicherheit hat dabei aber oberste Priorität.

Die Unterteilung der Strassenböschungen in einen Intensiv- und einen Extensivbereich scheint auch im Schweizer Kontext sinnvoll und wird von acht der Berner Strasseninspektoren bestätigt. Beide Bereiche werden unterschiedlich oft und teilweise mit anderen Massnahmen gepflegt. Der Intensivbereich, welcher neben Strassenbanketten auch Gräben und Mulden einschliesst, ist für die Berner Kantonsstrassen etwa 1 bis 1.5 m breit und wird in der Regel zweimal im Jahr geschnitten, von einem Strasseninspektorat zwei- bis dreimal. Das Strasseninspektorat Oberaargau schneidet den Intensivbereich nur einmal im Jahr. Solange die Vegetation die Sicht nicht behindert und nicht auf die Strasse hinauswächst, wird sie stengelassen. Die Schnittzeitpunkte für den Intensivbereich variieren von Mai bis Oktober. Abbildung 16 zeigt die genannten Schnittzeitpunkte anhand einer Häufigkeitstabelle. Der Intensivbereich wird in den meisten Strasseninspektoraten zwischen Mai und Juni sowie September und Oktober geschnitten, Mehrfachnennungen waren möglich.

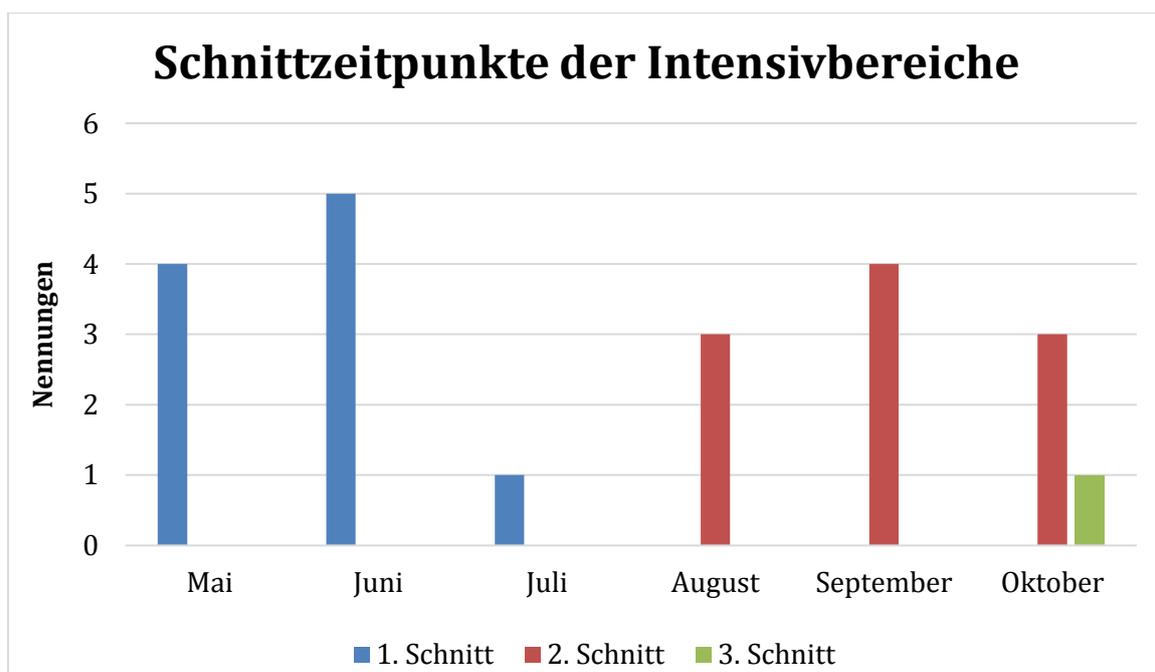


Abbildung 16: Schnittzeitpunkte der Intensivbereiche der Berner Kantonsstrassen, die in der Regel zweimal pro Jahr geschnitten werden (N = 9).

Für den Unterhalt der Intensivflächen werden drei Maschinentypen benutzt: Der Motorbalkenmäher wird in 7 (von 9), der Schlegelmulcher in 8 (von 9) und Freischneidegeräte wie die Motorsense werden in allen Strasseninspektoraten eingesetzt. Nur ein Strasseninspektorat benutzt statt eines Schlegelmulchers einen Sicherheitsmulcher. Traktorbalkenmäher, Scheiben- oder Trommelmäher sowie Saugmäher werden von keinem Strasseninspektorat verwendet. Der dominante Mulchmaschinentyp ist eindeutig der Schlegelmulcher, der auf dem Grossteil der Intensivflächen zum Einsatz kommt, siehe Abbildung 17. Nebst dem Schlegelmulcher werden Motorbalkenmäher und Freischneidegeräte wie Motorsensen angewendet.

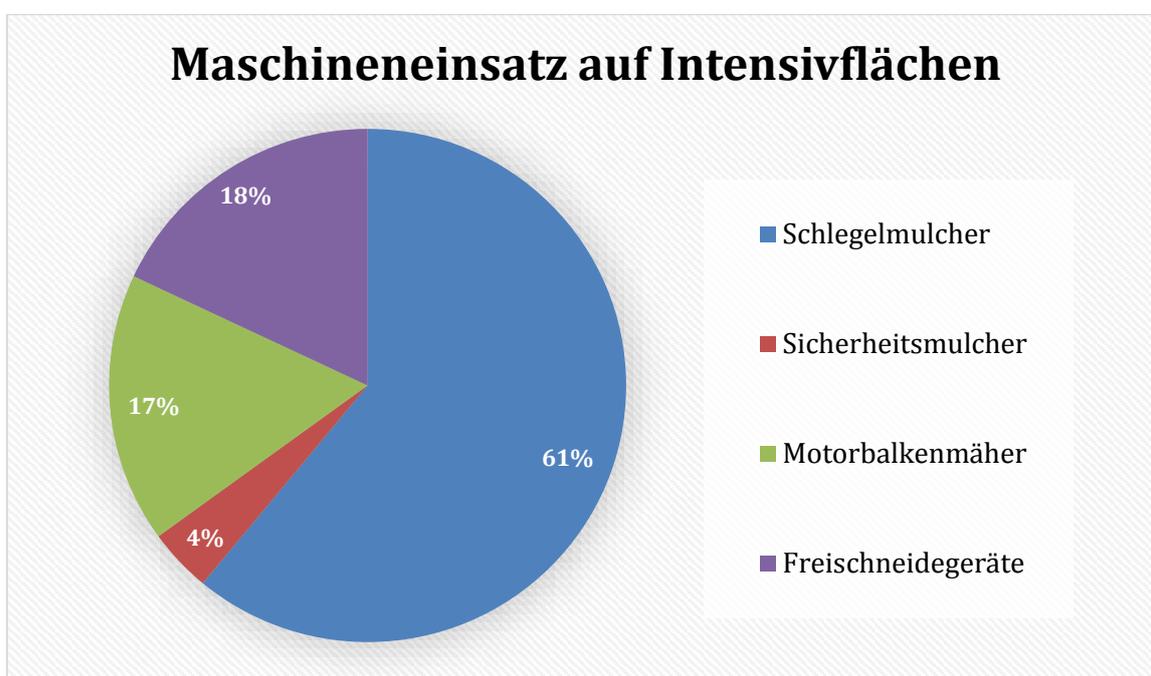


Abbildung 17: Maschineneinsatz auf Intensivflächen entlang der Kantonsstrassen im Kanton Bern gemäss Einschätzung der Strasseninspektoren (N = 9) (Mehrfachnennung waren möglich).

Motorbalkenmäher werden für wenig frequentierte Kantonsstrassen eingesetzt, vornehmlich also in landwirtschaftlichen Gebieten. Aufgrund von sicherheitstechnischen Aspekten werden im Strasseninspektorat Mittelland Süd beispielsweise auf Strassenbanketten an stark befahrenen Strassen Schlegelmulcher eingesetzt. Es kam in der Vergangenheit schon öfters zu Unfällen, da überholende Fahrzeuglenker den Maschinenlenker des Motorbalkenmähers nicht gesehen und angefahren haben. Der Maschinenlenker ist innerhalb der Führerkabine eines Schlegelmulchtraktors besser geschützt (Abbildung 18). Voraussetzung ist aber, dass die Strassenbankette wenige Hindernisse aufweisen. Im Strasseninspektorat Oberaargau werden Balkenmäher eingesetzt, wenn genügend Platz auf den Strassenbanketten vorhanden ist. An stark befahrenen Strassen, die dem Balkenmäher nur wenig Platz lassen, wird eine Mulchmaschine eingesetzt. Freischneidegeräte werden auf Strassenbanketten eingesetzt, um Hindernisse wie Leitplanken, Leitpfosten, Signalständer, Gartenzäune oder Baumalleen auszumähen.

Schnittgut, das mit dem Schlegelmulcher produziert wurde, wird in der Regel auf der Fläche belassen, da es zu klein zerschlagen ist und eine pappige Konsistenz aufweist. Der Aufwand, dieses Material aufzusammeln, ist den meisten Strasseninspektoraten zu gross. Als Konsequenz kann dieses Material nicht für die energetische Verwertung genutzt werden.



Abbildung 18: Schnitt des Intensivbereichs mit einer Mulchmaschine (Hell Landmaschinen, 2017).

Der Extensivbereich, die Strassenböschung, wird in acht Strasseninspektoraten normalerweise einmal im Jahr geschnitten. Je nach Standort und Bedarf wird aber auch häufiger geschnitten. Die Schnittzeitpunkte variieren von Juli bis November, der Schwerpunkt liegt zwischen September und Oktober. Abbildung 19 zeigt in einer Häufigkeitstabelle die Schnittzeitpunkte des Extensivbereichs, Mehrfachnennungen waren möglich. Flächen, die mit invasiven Neophyten besiedelt sind, werden aber früher geschnitten, meist Anfang Juli.

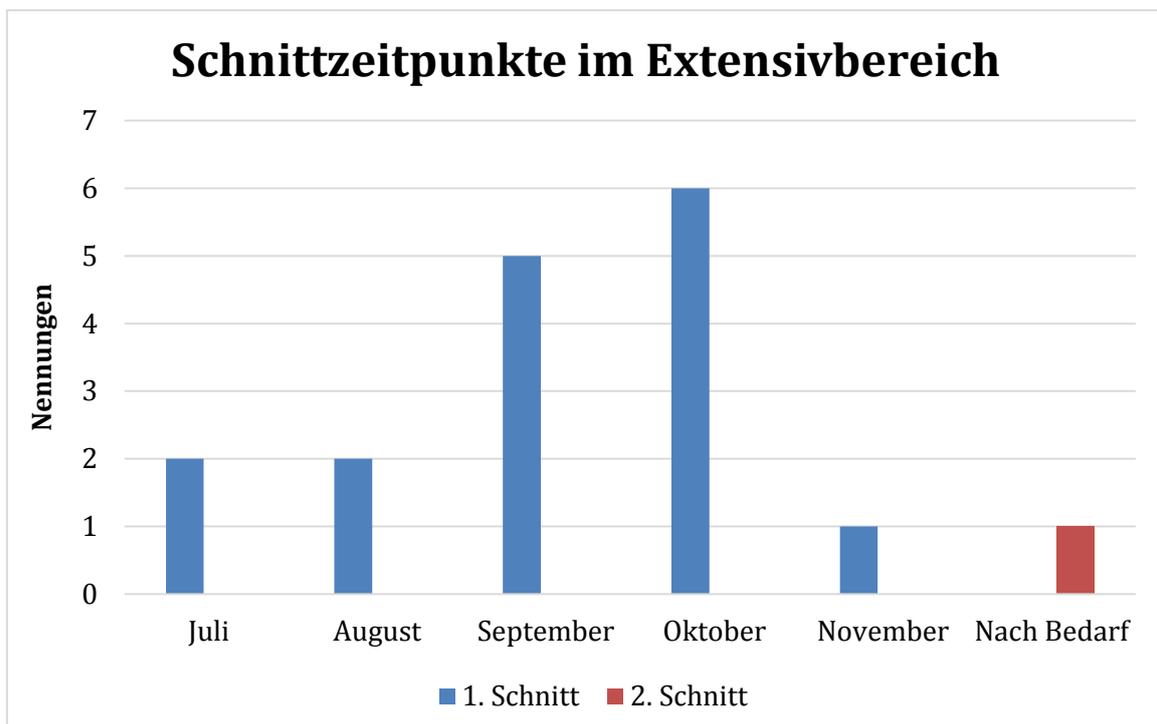


Abbildung 19: Schnittzeitpunkte der Extensivbereiche der Berner Kantonsstrassen, die in der Regel einmal pro Jahr geschnitten werden (N = 9) (Mehrfachnennungen waren möglich).

Für den Unterhalt der Extensivflächen werden die gleichen Maschinentypen benutzt wie für den Unterhalt der Intensivflächen: Der Motorbalkenmäher wird in 3 (von 9) Strasseninspektoraten, der Schlegelmulcher in 8 (von 9) Strasseninspektoraten und Freischneidegeräte wie die Motorsense in 7 (von 9) Strasseninspektoraten eingesetzt. In einem Strasseninspektorat kommt ein Sicherheitsmulcher zum Einsatz. Traktorbalkenmäher, Scheiben- oder Trommelmäher sowie Saugmäher werden von keinem Strasseninspektorat zum Unterhalt der Extensivflächen verwendet. Für die Mulchvariante ist der dominante Maschinentyp auch hier der Schlegelmulcher. Sichelmulcher werden nicht verwendet.

Für den Unterhalt der Extensivflächen werden aus zeitlichen, logistischen und ökonomischen Gründen dieselben Maschinentypen eingesetzt (Abbildung 20). Nebst dem Schlegelmulcher kommen Motorbalkenmäher und Freischneidegeräte wie Motorsensen zum Einsatz. Der Sicherheitsmulcher wird nur von einem Strasseninspektorat verwendet, gemittelt auf die Flächen aller Strasseninspektorate macht dies 10 Prozent aus.

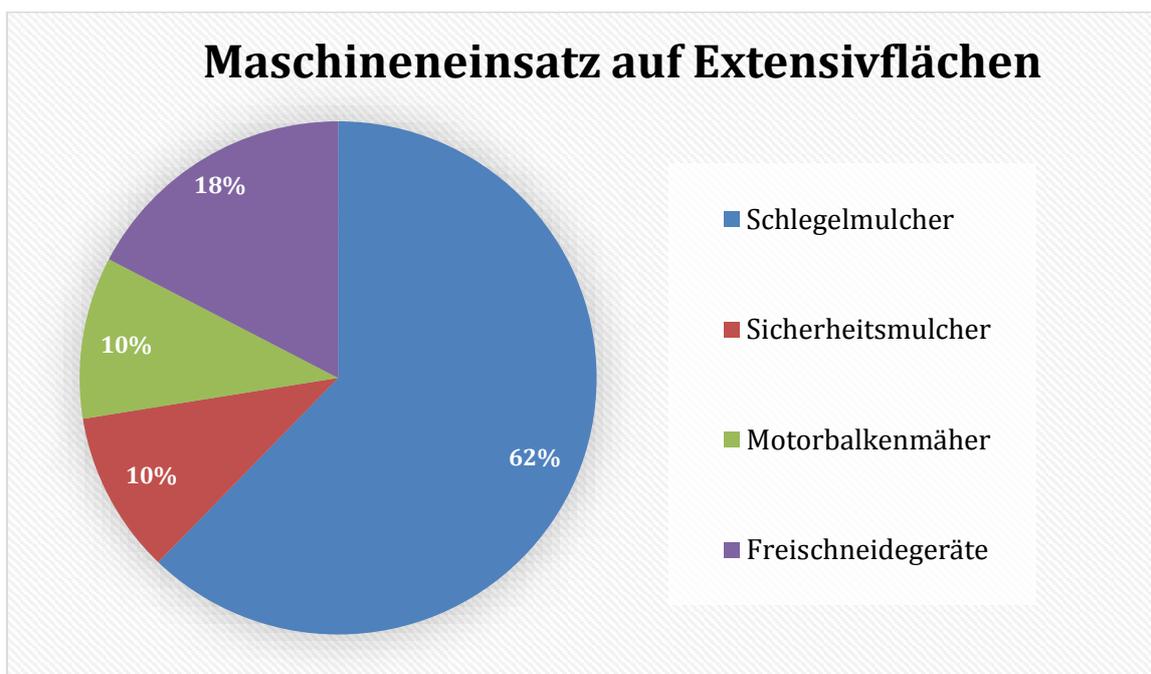


Abbildung 20: Maschineneinsatz auf Extensivflächen entlang der Kantonsstrassen im Kanton Bern gemäss Einschätzung der Strasseninspektoren (N = 9) (Mehrfachnennung waren möglich).

Der Motorbalkenmäher wird auf Strassenböschungen eher seltener eingesetzt als auf Strassenbanketten. Dies liegt daran, dass die Strassenböschungen meist zu steil für den Motorbalkenmäher sind. Die drei Strasseninspektorate, die einen Motorbalkenmäher für den Schnitt der Strassenböschungen benutzen, setzen ihn nur auf talseitigen und nicht allzu steilen Flächen ein. Ein Strasseninspektor verwendet in seinem Strasseninspektorat einen Sicherheitsmulcher und hat damit positive Erfahrungen gemacht. Laut dessen Aussage ist der Sicherheitsmulcher faunaschonender, das Mulchgut hat zudem eine andere Konsistenz als das Mulchgut, das von klassischen Mulchmaschinen produziert wird. Seltene oder ästhetisch besonders schöne Arten auf Böschungen werden mit einem Freischneidegerät ausgemäht, damit diese im nächsten Jahr wieder absamen können und erhalten bleiben.

4.2.3 Bisherige Entsorgungspraxis der Strasseninspektorate

In diesem Kapitel wird eruiert, welche Kategorien oder Typen von Strassenbegleitgrün beim Unterhalt von Kantonsstrassen im Kanton Bern anfallen und wie und zu welchen Anteilen das Strassenbegleitgrün entsorgt oder verwertet wird. Insgesamt gaben 8 (von 9) Strasseninspektoren eine grobe Schätzung zur jährlich entsorgten Biomasse ab. Insgesamt werden in 8 (der 11) Strasseninspektorate rund 732 Tonnen nicht verholzte Biomasse – Gras, Heu, Blumen, Unkraut und Blätter – entsorgt/verwertet. Die Menge, die gemulcht wird und auf der Fläche verbleibt, beträgt 1350 Tonnen. Die Menge an verholzter Biomasse wurde von allen neun Strasseninspektoren geschätzt, rund 373 Tonnen. Insgesamt fallen also 2455 Tonnen Biomasse an.

Das anfallende Schnittgut wird prozentual (Abbildung 21) wie folgt verwertet und entsorgt: Der Grossteil des Schnittguts wird auf der jeweiligen Fläche belassen. Deponiert wird nur ein Bruchteil des Schnittguts. Ein kleiner Teil wird kompostiert, noch weniger Schnittgut wird in einer Biogasanlage vergärt. Angrenzende Landwirte nutzen nur wenig des vom Strasseninspektorat geschnittenen Schnittguts als Futtermittel. Das stark verschmutzte Schnittgut wird in einer Kehrrichtverbrennungsanlage (KVA) verbrannt. Die verholzte Biomasse wird gehäckselt und in einer Schnitzelfeuerung verbrannt und nur ein Bruchteil der nicht verholzten Biomasse wird gehäckselt und im Gartenbau verwendet.

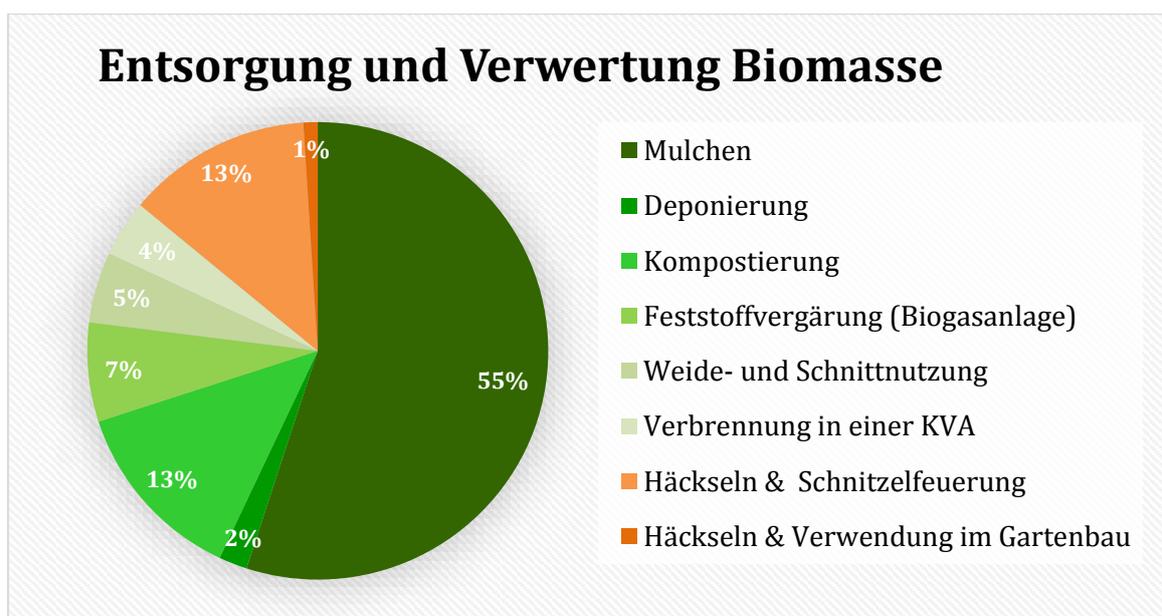


Abbildung 21: Entsorgung und Verwertung des Strassenbegleitgrüns (2455 Tonnen) in den Strasseninspektoraten des Kantons Bern gemäss Schätzungen der Strasseninspektorate (N = 9)
Grün: Nicht verholzte Biomasse, Orange: verholzte Biomasse.

Im Kanton Bern fallen rund 2455 Tonnen Biomasse an, davon 2082 Tonnen nicht verholzte Biomasse. Gegenwärtig werden nur 732 Tonnen energetisch oder stofflich verwertet, das entspricht gerade einmal 30 Prozent (Abbildung 22). Müller, Holderegger und Bürgi (2016) schätzen den theoretischen Biogasertrag für Strassenbegleitgrün auf 128 Nm³/t Frischsubstanz mit einem Methangehalt von durchschnittlich 50 Prozent⁵. Die Literaturwerte für Biogaserträge aus Strassenbegleitgrün variieren, da Grünschnitt qualitativ unterschiedlich sein kann (Pinterits, Melcher & Bogner, 2014).

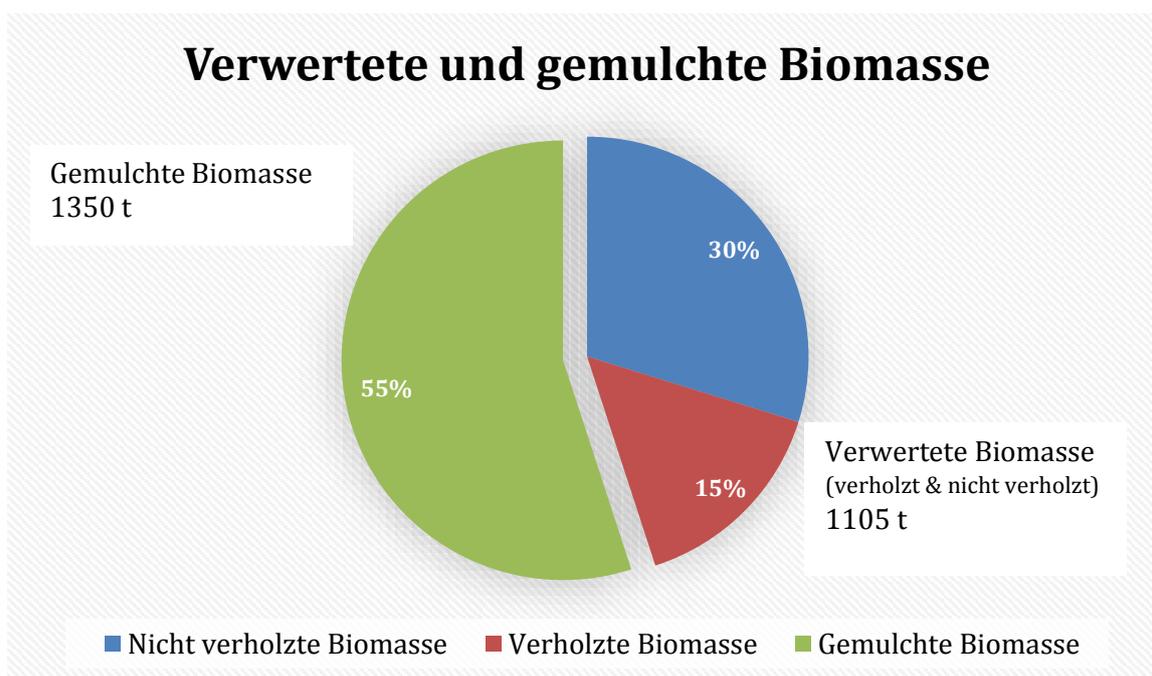


Abbildung 22: Menge der verwerteten und gemulchten Biomasse im Vergleich; nach Angaben der Strasseninspektoren (N = 8).

Die bisher verwertete nicht verholzte Biomasse von 732 Tonnen würde einen Energieertrag von 1'680'000 MJ oder von 467 MWh liefern, wenn es vollständig der anaeroben Vergärung zugeführt werden würde. Das Energiepotenzial des gemulchten Schnittguts läge bei etwa 3'200'000 MJ oder 862 MWh⁶. Ein durchschnittliches Einfamilienhaus verbraucht nach Angaben der Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (2017) in einem Jahr rund 4000 kWh. Mit der gesamthaft erzeugten Menge von 4'880'000 MJ oder 1'329 MWh könnten rund 330 Einfamilienhäuser ein Jahr lang mit Energie versorgt werden.

⁵ Dieser Durchschnittswert stammt vom Leiter Qualitätsmanagement der Axpo Power AG.

⁶ Nach Müller, Holderegger und Bürgi (2016) kann durch die Multiplikation der anfallenden Schnittmenge und des potenziellen Biogasertrages der Biogasertrag errechnet werden, durch die Multiplikation des Biogasertrages mit dem Heizwert der jährliche theoretische Energieertrag.
Rechnungsweg = Nm³/t FM * 0.5 * t * 35.89 MJ/Nm³.

Die Verwertungsprofile der einzelnen Strasseninspektorate unterscheiden sich teilweise erheblich. Der Kanton Bern zeichnet sich durch eine grosse landschaftliche Vielfalt aus, vom Berner Jura, über das offene Mittelland bis zu den Alpen des Berner Oberlands. Aufgrund der Topographie, des Klimas und der Bevölkerungsdichte sind die einzelnen Strasseninspektorate unterschiedlichen Anforderungen hinsichtlich der Strassenrand- und Böschungspflege ausgesetzt und passen folglich auch die Verwertung dementsprechend an.

Die Strasseninspektorate Mittelland Süd, Mittelland Ost sowie Oberland West weisen ähnliche Verwertungsprofile auf. Abbildung 23 zeigt exemplarisch das Verwertungskonzept des Strasseninspektorates Mittelland Süd. Schnittgut, das innerhalb von Ortschaften, entlang von Trottoirs, auf Verkehrsinseln und Kreiseln anfällt, muss abtransportiert werden, damit das Schnittgut nicht auf die Strasse oder in benachbarte Häuser und Geschäfte gelangt. Dieses Schnittgut wird von Hand mit einer Heugabel aufgesammelt, in einen Anhänger an einem Geländefahrzeug geladen und dann der nächstgelegenen Kompostieranlage zugeführt. In der Regel wird die verholzte Biomasse mit einer mobilen Anlage vor Ort gehäckselt und dann in einer Schnitzelfeuerung verbrannt. Sträucher und Äste werden teilweise in einer alten Kiesgrube deponiert. Ein kleiner Teil des Schnittguts wird durch angrenzende Landwirte genutzt. Entlang der Überlandstrassen wird das Schnittgut meist liegengelassen. Strassenwischgut, das stark verschmutzt ist, wird einem Unternehmer übergeben, der Kies und Sand mittels einer Separationsanlage aussiebt und das verbliebene Material wäscht. Der übriggebliebene Schlamm wird dann in einer Kehrrichtverbrennungsanlage verbrannt.

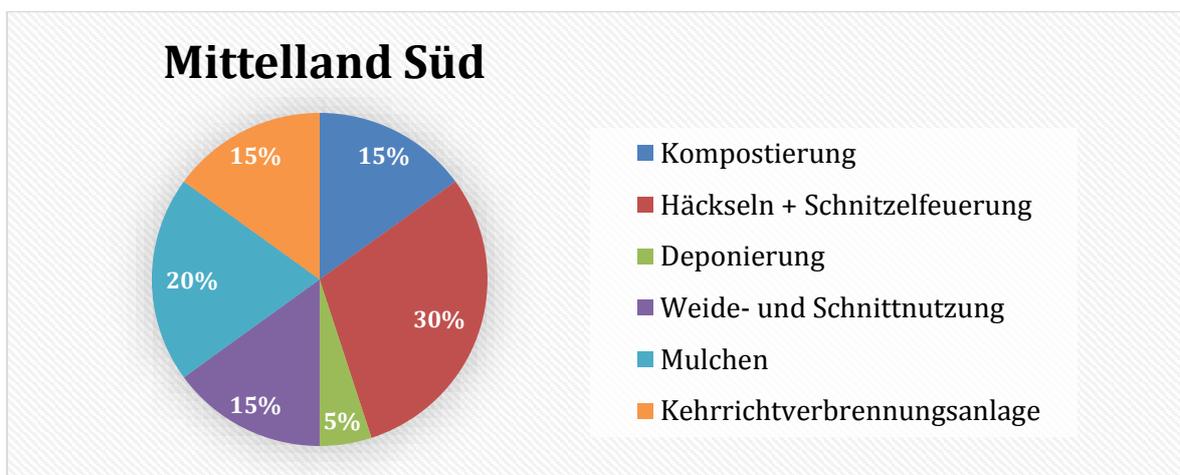


Abbildung 23: Entsorgungs- und Verwertungspraxis Strasseninspektorat Mittelland Süd gemäss Einschätzung des Strasseninspektorats.

Die Strasseninspektorate Oberaargau und Oberland Ost verfolgen ähnliche Verwertungskonzepte. Abbildung 24 zeigt das Verwertungskonzept des Strasseninspektorates Oberaargau. Das Strasseninspektorat Oberaargau verwertet den Grossteil des Schnittguts in einer Kompostieranlage und fast genauso viel in einer Biogasanlage. Im Experteninterview gab der Strasseninspektor an, dass sein Vorgänger alle Flächen mit einem Motorbalkenmäher gemäht und den Grossteil des anfallenden Schnittguts der energetischen und/oder stofflichen Verwertung zugeführt hat. Die Kosten für die Strassenrand- und Böschungspflege waren im Strasseninspektorat Oberaargau deswegen schon immer etwas höher als in den anderen Strasseninspektoraten. Solange keine weitere Budgetkürzung vorgenommen wird, wird diese Unterhalts- und Entsorgungspraxis so weitergeführt. Das Schnittgut, das der energetischen und stofflichen Verwertung zugeführt wird, wird mit einem Schiltrac – Geländewagen mit Ladewagen – aufgesammelt und dann in die nächstgelegene Verwertungsanlage gebracht.

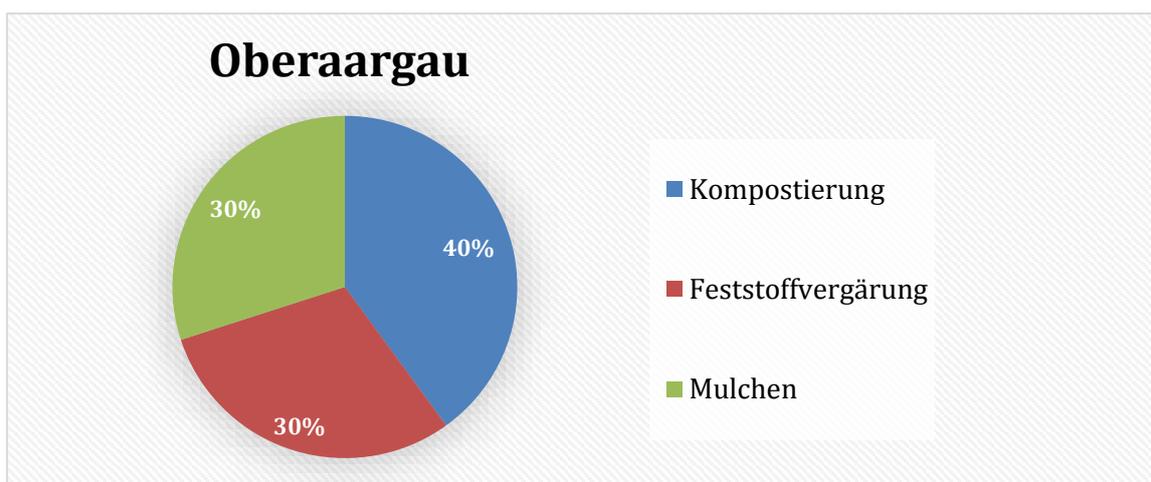


Abbildung 24: Entsorgungs- und Verwertungspraxis Strasseninspektorat Oberaargau gemäss Einschätzung des Strasseninspektorats.

Die Strasseninspektorate Seeland, Mittelland Nord und Burgdorf belassen fast das gesamte Schnittgut auf der Fläche. Im Strasseninspektorat Seeland wird 90 Prozent des Schnittguts gemulcht und 10 Prozent des Schnittguts aus der Gehölzpflege in einer Schnitzelfeuerung verbrannt. Verschiedene Gründe sprechen für das Mulchen so der Strasseninspektor: Der geringe Materialanfall, die geringe Materialqualität sowie der erhöhte Zeit- und Logistikaufwand im Zusammenhang mit der Aufbereitung, dem Transport und der Entsorgung des Strassenbegleitgrüns.

Der logistische, zeitliche und personelle Aufwand ist nach Angaben eines Strasseninspektors für das Mulchen ebenfalls deutlich geringer. Das Strasseninspektorat Oberaargau beispielsweise setzt vier Personen ein, wenn Strassenbankette und Strassenböschungen mit einem Motorbalkenmäher gemäht werden. Eine Person bedient den Balkenmäher, eine Person den Schiltrac – Geländewagen mit Ladewagen – eine Person mäht die Hindernisse aus und eine Person trägt das Schnittgut mit einem Rechen zusammen. Wenn die Flächen gemulcht werden, sind weniger Personen vor Ort. Eine Person bedient den Mulcher, eine Person mäht die Hindernisse aus und eine Person sammelt das auf die Strasse gelangte Schnittgut mit einer Strassenkehrmaschine auf und fährt zur nächst gelegenen Entsorgungsstelle.

Die Motivation, das Schnittgut einer energetischen und/oder stofflichen Verwertung zuzuführen, ist in den einzelnen Strasseninspektoraten unterschiedlich. Im Strasseninspektorat Mittelland Süd wird nur das Schnittgut der stofflichen Verwertung zugeführt, das aufgrund der Aufwirbelung in besiedelten Gebieten sowieso entfernt werden muss. Im Strasseninspektorat Oberland Ost wird dieses Schnittgut mit einem Laubbläser auf die Strasse geblasen, mit einer Kehrmaschine aufgesammelt und bei einem Unternehmer entsorgt, der dieses Material kurz zwischenlagert, reinigt und dann weiterverwertet. Wie dieses Material weiterverwertet wird, ist dem Strasseninspektor aber nicht bekannt.

Anders sieht dies im Strasseninspektorat Emmental aus. Der Strasseninspektor gibt im Experteninterview an, dass das Strasseninspektorat gegenüber den Gemeinden und den kommunalen Werkhöfen eine Vorbildfunktion hat. Aus diesem Grund werden rund 10 Prozent des Schnittguts in einer Kompostieranlage verwertet und rund 70 Prozent werden gemulcht. Ökologische Anliegen werden mit den zur Verfügung stehenden finanziellen und personellen Mitteln bestmöglich berücksichtigt.

Im Experteninterview gab der Strasseninspektor des Strasseninspektorats Mittelland Süd an, dass das Mulchgut generell liegengelassen wird, da es fein zerschlagen ist. Es wäre zu zeit- und kostenaufwändig, dieses aufzusammeln. Das Strasseninspektorat Oberland Ost ist eines der wenigen Strasseninspektorate, das einen Laubbläser benutzt, um das Schnittgut, das auf der Fläche belassen wird, in angrenzende Waldpartien oder in benachbarte Parzellen auszublasen. Der personelle, maschinelle und finanzielle Aufwand, dieses Schnittgut aufzusammeln, wäre ebenfalls zu gross. Weitere Gründe, warum der Grossteil des Schnittguts liegengelassen wird, sind die hohen Entsorgungsgebühren und die teilweise langen Anfahrtswege, die hohe Transportkosten verursachen würden.

4.2.4 Finanzielle Aspekte der bisherigen Unterhalts- und Entsorgungspraxis

Die Kosten der Strassenrand- und Böschungspflege, rund 3000 Franken pro Kilometer, sind im Vergleich zur Reinigung und zum Unterhalt der Strassen (8'000 CHF/km), zum Winterdienst (12'000 CHF/km) und zu den übrigen Kosten (11'000 CHF/km) gering (Tiefbauamt des Kantons Bern, 2010). Die Maschinen und das Personal verursachen in der Strassenrand- und Böschungspflege für alle Entsorgungswege die grössten Kosten, siehe Tabelle 3. Die Transportkosten und Entsorgungsgebühren stellen kleine Kostenfaktoren dar. Die Anteile der Kostenkategorien variieren in den einzelnen Strasseninspektoraten teilweise erheblich, insbesondere die Personal- und Maschinenkosten.

Tabelle 3: Anteile der Kostenkategorien an den Gesamtkosten in Prozent, gemittelt, nach Einschätzung der Berner Strasseninspektoren. In Klammern ist die Variation angegeben.

	Mulchen (N = 8) %	Deponierung (N = 7) %	Kompostierung (N = 5) %	Vergärung (N = 3) %
Personalkosten	58 (35-84)	58 (30-80)	64 (50-80)	53 (50-60)
Maschinenkosten	33 (13-60)	21 (6-35)	15 (6-20)	18 (13-20)
Transportkosten	6 (0-15)	12 (2-20)	12 (2-20)	17 (10-20)
Entsorgungskosten	3 (0-10)	11 (2-17)	9 (2-17)	12 (10-17)

Aus den Experteninterviews geht hervor, dass die Strassenrand- und Böschungspflege personell aufwändig ist. Im Normalfall sind während der Unterhaltszeit zwei bis sechs Arbeiter im Einsatz. Eine Person bedient die Maschine, eine Person schneidet mit einem Freischneidegerät Hindernisse wie Bäume, Leitplanken oder Alleen aus. Eine weitere Person sammelt das Schnittgut auf und eine oder mehrere Personen sind für die Signalisation entlang der Kantonsstrassen zuständig oder fungieren als Verkehrswache. Die Anzahl der eingesetzten Arbeiter hängt wesentlich vom Standort sowie der bisherigen Unterhalts- und Entsorgungspraxis ab. Ausschlaggebend sind dabei der Maschineneinsatz sowie die zu entsorgende Schnittmenge.

Die Strasseninspektoren wurden im Fragebogen gebeten, die Kostenkategorie anzugeben, in der sie die grössten Einsparpotenziale sehen (Abbildung 25). Die Mehrheit der Strasseninspektoren sieht in der Kostenkategorie «Entsorgungsgebühren» das grösste Einsparpotenzial, nicht aber in den Kategorien Personal oder Maschinen, in denen die grössten Kosten anfallen. Gemäss eines Strasseninspektors wurden die Prozesse in der bisherigen Unterhaltspraxis in punkto Personal und Maschinen aufgrund der strengen Budgetvorgaben des Kantons bereits so verfeinert, dass das Einsparpotenzial ausgeschöpft ist, die bisherige Unterhaltspraxis hat sich über Jahrzehnte etabliert. Ausserdem herrscht durch die Rationalisierung in vielen Strasseninspektoraten ein permanenter Personalmangel. Die Entsorgungsgebühren sind in den meisten Strasseninspektoraten bislang der günstigste Kostenpunkt, da nur wenig Schnittgut der energetischen und/oder stofflichen Verwertung zugeführt wird. Keine Einsparpotenziale werden nur von zwei Strasseninspektoren gesehen.

Dass zurzeit nicht mehr Schnittgut der energetischen und/oder stofflichen Verwertung zugeführt wird, liegt sicherlich zu einem grossen Teil an den zu hohen Entsorgungsgebühren sowohl für Biogasanlagen wie Kompostieranlagen. Lösungsansätze mit geringeren Entsorgungskosten würden sicherlich dazu führen, dass mehr Schnittgut der energetischen und/oder stofflichen Verwertung zugeführt wird.

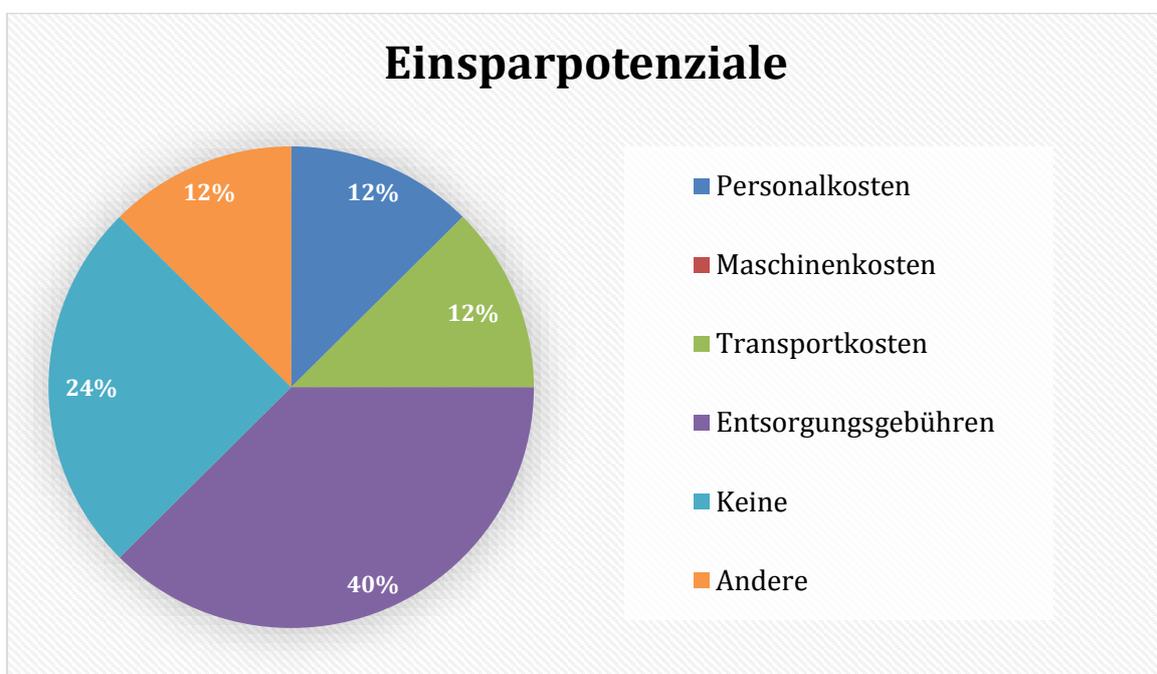


Abbildung 25: Einsparpotenziale in den verschiedenen Kostenkategorien gemäss Einschätzung der Berner Strasseninspektorate (N = 9).

Im Fragebogen und in den Experteninterviews wurde angegeben, dass die Entsorgungsgebühren bestimmen, wie viel Schnittgut schlussendlich verwertet wird. Aus diesem Grund wurde die maximal tolerierbare Entsorgungsgebühr, bis zu der das Schnittgut vermehrt der energetischen und/oder stofflichen Verwertung zugeführt werden würde, abgefragt. Sie beträgt im Durchschnitt 50 – 74 Franken pro Tonne Frischsubstanz (Abbildung 26). Zwei Strasseninspektoren tolerieren gar keine Mehrkosten, Kategorie „Keine“. Mit Mehrkosten ist keine Erhöhung der aktuellen Gesamtkosten gemeint. Die Entsorgungsgebühren der meisten Verwertungsanlagen liegen, nach Recherche der Verfasserin, bei über 100 Franken pro Tonne und damit deutlich über der maximal tolerierbaren Entsorgungsgebühr von 74 Franken.

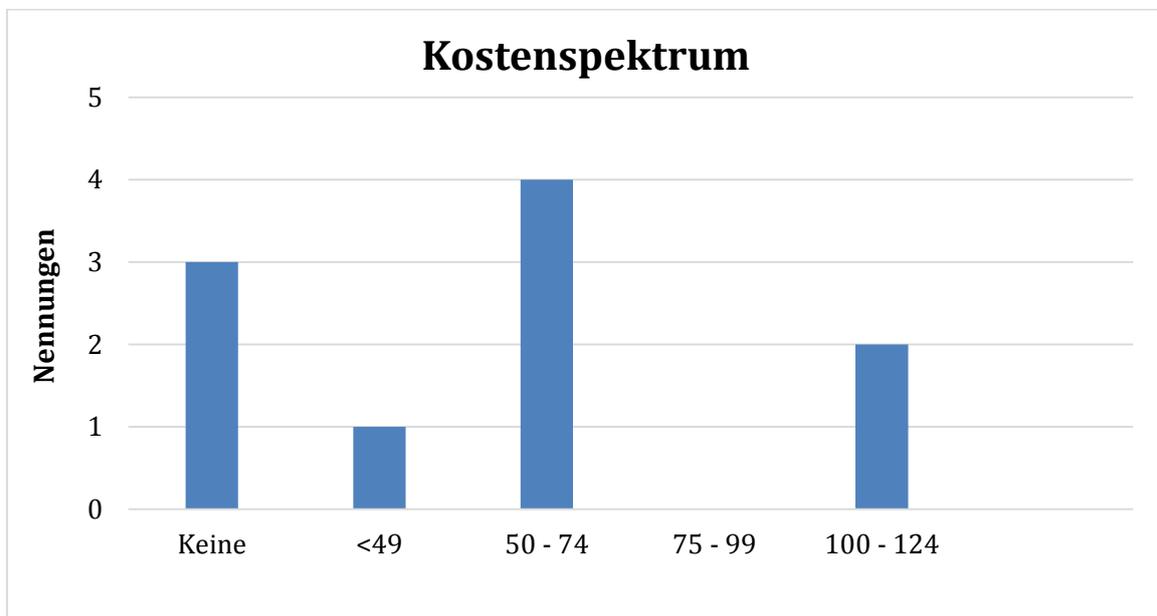


Abbildung 26: Kostenspektrum für die maximal tolerierbare Entsorgungsgebühr.

4.3 Handlungsoptionen gemäss Strasseninspektoren

Die Strasseninspektoren wurden im Interview oder Fragebogen gebeten, sich zu verschiedenen Anreizen, Instrumenten oder Ideen zu äussern, die die Zuführung von Strassenbegleitgrün zur energetischen und/oder stofflichen Verwertung erleichtern oder gar fördern würden. Ein Ergebnis ist, dass die Transportwege eine entscheidende Rolle spielen, warum nicht mehr Schnittgut der energetischen und/oder stofflichen Verwertung zugeführt wird. Ein Strasseninspektor führt auf, dass der Transport des Schnittguts zu aufwändig sei, da die Distanz bis zur nächsten Verwertungsanlage bis zu 100 Kilometer betrage. Auch zwei andere Strasseninspektoren betonen die Wichtigkeit von kurzen Transportwegen als Faktor, um mehr Schnittgut energetisch und/oder stofflich zu verwerten.

Ein weiterer Grund, warum nicht mehr Schnittgut der energetischen und/oder stofflichen Verwertung zugeführt wird, sind die finanziellen Mittel. Ein Strasseninspektor äussert, dass die energetische und/oder stoffliche Verwertung in einer biogenen Verwertungsanlage eine Frage der zur Verfügung stehenden Mittel sei. Der Kostendruck sei enorm und die ganze Entsorgungskette müsse günstiger werden. Im Experteninterview gibt ein Strasseninspektor an, dass durch den enormen Kostendruck nur das Schnittgut aufgesammelt und entsorgt/verwertet wird, das zwingend entfernt werden muss. Die Entsorgungsgebühren werden teils als horrend hoch wahrgenommen. Eine deutliche Senkung des Abnahmepreises würde einen hohen Anreiz für die energetische und/oder stoffliche Verwertung von Schnittgut darstellen, wobei auch die Gesamtkosten vom Schnitt bis zur Entsorgung von Belang sind. Könnte das Schnittgut kostengünstiger aufgesammelt und in eine nahe gelegene Verwertungsanlage mit niedrigen Entsorgungsgebühren gebracht werden, hält ein Strasseninspektor eine Verwertungsrate von 75 bis 80 Prozent für denkbar.

Verschiedene weitere Ideen zur Förderung der energetischen und/oder stofflichen Verwertung wurden genannt: Neben dem Betrieb einer kantonseigenen Kompostieranlage an einem zentralen Standort, wären auch werkhofseigene Blockheizkraftwerke, betrieben mit Biogas oder konventionellem Gas, eine Möglichkeit. Das Schnittgut könnte in einem Speicher nahe des Werkhofes zwischengelagert werden und die erzeugte Energie könnte die Gebäude des Werkhofes versorgen. Die Transportwege würden sich dadurch deutlich verkürzen. Eine weitere dezentrale Lösung wäre die Entsorgung und Verwertung in den kommunalen Werkhöfen. Diese Ideen werden in Kapitel 5 genauer betrachtet.

5 Massnahmenvorschläge

Um ökologische Wirksamkeit mit wirtschaftlicher Effizienz der kantonalen Strassenrand- und Böschungspflege in Einklang zu bringen, braucht es einen Ansätze, die weder die Verkehrssicherheit noch die bisherige Unterhaltspraxis wesentlich tangieren und gleichzeitig mit möglichst wenig Aufwand möglichst viel Gewinn für die Biodiversität erzielen. Zugleich soll die mögliche energetische/stoffliche Verwertung ausgeschöpft werden. Im Folgenden werden organisatorische (5.2), unterhaltspraktische (5.3) und anlagentechnische Massnahmenvorschläge (5.4), die zu einer naturnaheren Strassenrand- und Böschungspflege sowie gleichzeitig zu einer vermehrten Zuführung des Schnittguts zur energetischen und/oder stofflichen Verwertung führen, aufgezeigt.

Da die Entsorgung des Schnittguts in den meisten Verwertungsanlagen teuer ist, müssten die Entsorgungsgebühren spürbar gesenkt werden, damit mehr Schnittgut der energetischen und/oder stofflichen Verwertung zugeführt wird. Es würde auch mehr Schnittgut der energetischen und/oder stofflichen Verwertung zugeführt werden, wenn die Kosten in der bisherigen Unterhaltspraxis weiter gesenkt werden könnten oder den Strasseninspektoraten mehr Geld zur Verfügung stünde.

Potenzial für Kosteneinsparungen besteht vor allem in den Bereichen Transport und Entsorgung. Die absoluten Entsorgungskosten sind in den meisten Strasseninspektoraten bislang der günstigste Kostenpunkt, da nur wenig Schnittgut der energetischen und/oder stofflichen Verwertung zugeführt wird. Möglichkeiten für Kosteneinsparungen bestehen aber auch im Bereich Transport. Im Kanton Bern sind wenige Verwertungsanlagen vorhanden (Abbildung 27Abbildung 28 und Abbildung 28). Die Anfahrtswege zu den 20 Platz- und Feldrandkompostieranlagen und den zwölf Vergärungsanlagen sind aus diesem Grund für einige Strasseninspektorate und Gemeinden übermässig lang.

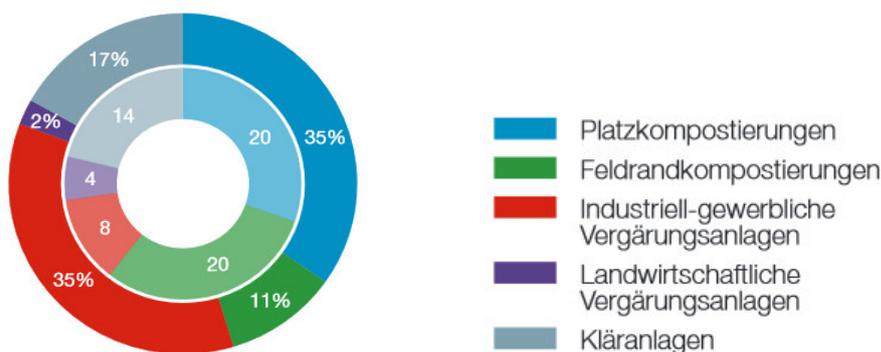
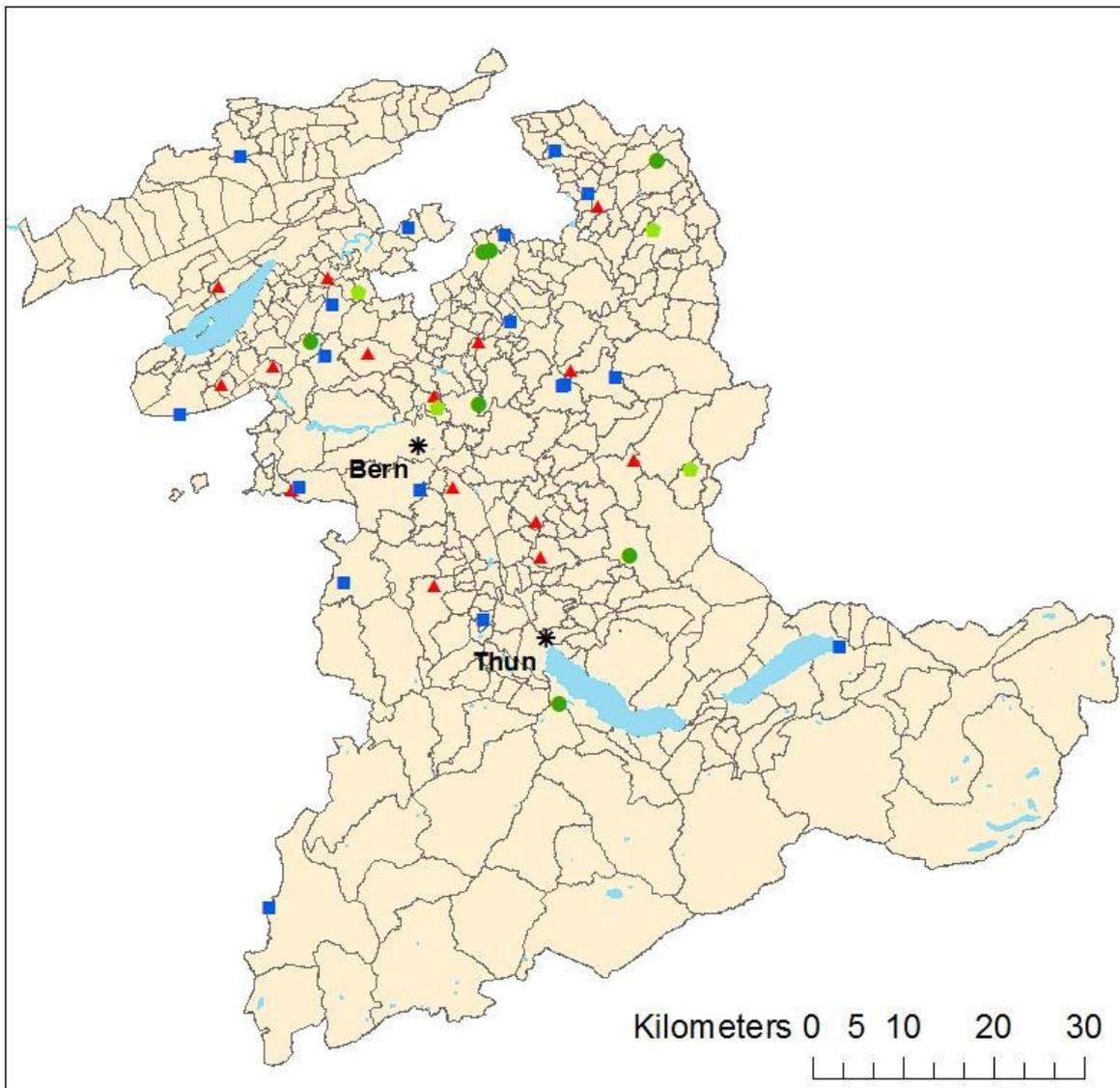


Abbildung 27: Anzahl der biogenen Entsorgungsanlagen im Kanton Bern – Kompostierung und anaerobe Vergärung (Regierungsrat des Kantons Bern, 2017).



Entsorgungsanlagen Kanton Bern

- ▲ KOA Feldrandkompostierung
- KOA Platzkompostierung
- Vergärungsanlage industriell
- ◆ Vergärungsanlage landwirtschaftlich
- * Bern und Thun



Abbildung 28: Übersicht der Entsorgungsanlagen für biogene Abfälle im Kanton Bern. Die Adressen der Anlagen wurden vom Amt für Wasser und Abfall Kanton Bern zur Verfügung gestellt. Zu den Grössen der Anlagen hat das Amt für Wasser und Abfall Kanton Bern genauere Informationen. KOA: Kompostieranlagen.

5.1 Organisatorische Massnahmenvorschläge

Die bestehende Situation hinsichtlich der Strassenrand- und Böschungspflege im Kanton Bern ist uneinheitlich und unübersichtlich. Strasseninspektorate, kommunale Werkhöfe und Landwirte agieren oft unabhängig voneinander, auch wenn teilweise Absprachen zwischen Strasseninspektoraten und Landwirten sowie Landwirten und kommunalen Werkhöfen bestehen. Eine engmaschige Zusammenarbeit und Absprachen zwischen den Beteiligten ist eine Voraussetzung für eine naturnähere Strassenrand- und Böschungspflege sowie für eine vermehrte Zuführung von Schnittgut zur energetischen und/oder stofflichen Verwertung, insbesondere wenn es darum geht, Erfahrungen mit neuen Maschinen und Pflorgetechniken auszutauschen sowie biogene Verwertungsanlagen in Betrieb zu nehmen und deren Wirtschaftlichkeit zu sichern.

Ein weiteres organisatorisches Problem ist, dass die Kosten der Kantons- und Gemeindestrassen im Kanton Bern nicht vollständig durch die Abgaben der Autofahrer gedeckt werden (Schäfer, 2014). Eine Studie des Luzerner Büros Interface bestätigt diese Aussage. Die Studie hatte den Zweck, die Ausgaben von Kanton und Gemeinden für den Bau, Betrieb und Unterhalt mit den Einnahmen aus den zweckgebundenen Abgaben der Autofahrer zu vergleichen (Graf, 2014). Bei der Gesamtbetrachtung wurde eine Lücke von weit mehr als 300 Millionen Franken festgestellt (Schäfer, 2014).

Der Verkehr verursacht aber auch eine Reihe von externen Kosten wie Umwelt-, Gesundheits- und Unfallkosten. Das Vorliegen von externen Effekten bedeutet, dass das Verursacherprinzip nicht vollständig umgesetzt wird. Der Preis der Mobilität ist zu günstig, gemessen an den Kosten, die bei voller Umsetzung des Verursacherprinzips von den Verkehrsteilnehmenden getragen werden müssten. Externe Natur- und Landschaftskosten fallen unter anderem durch die Luftverschmutzung oder Bodenschäden durch den Ausstoss von toxischen Stoffe an (Bundesamt für Raumentwicklung, 2016). Würden im Kanton Bern auch die externen Kosten des Strassenverkehrs für Lärm und Umweltverschmutzung einberechnet, läge das Defizit bei über 700 Millionen Franken (Schäfer, 2014). Diese externen Kosten müssen auf die Berner Autofahrer übertragen werden, damit ökologische Anliegen überhaupt finanziert werden können. Durch den hohen Kostendruck ist es den Berner Strasseninspektoraten zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich, die ökologischen Anliegen in genügendem Masse zu berücksichtigen. Wird dieses Defizit behoben, stehen den Strasseninspektoraten auch mehr finanzielle Mittel zur Verfügung, um Projekte im Natur- und Klimaschutz zu lancieren.

5.2 Unterhaltspraktische Massnahmenvorschläge

Wenn das Schnittgut in Zukunft vermehrt der energetischen Verwertung zugeführt werden soll, muss die gängige Praxis mit dem Mulcher überdacht werden, denn die Entfernung des Mulchguts ist aufgrund der pappigen Konsistenz schwierig und mit hohen Kosten verbunden. Über die Anschaffung eines Sicherheitsmulchers sollte in den einzelnen Strasseninspektoraten diskutiert werden, da dieses Mulchgut eine andere Konsistenz aufweist und eventuell leichter und kostengünstiger von den Strassenböschungen entfernt werden könnte. Durch den bisherigen Mulcher entstehen überdies Verletzungen der Bodennarbe und damit bevorzugte Keimherde für Unkräuter und Neophyten, deren Entfernung kostspielig ist (Gnägi, 2015).

Wollen die Strasseninspektorate das Schnittgut nicht abführen, könnte das Ausblasen des Mulchguts ins angrenzende Landwirtschaftsgebiet eine prüfungswerte Alternative sein. Hierbei wird vorne am Mulchgerät ein Gebläse angebracht (Gnägi, 2015). Voraussetzung dafür ist eine geringe Abfallverunreinigung und das Einverständnis der Landwirte. Bei dieser Variante fällt kein Material für die energetische oder stoffliche Verwertung an.

Hinsichtlich des Schnittzeitpunktes sollten ökologisch wertvolle Strassenböschungen erst Ende Oktober geschnitten werden, da Blumenwiesen eine Nahrungsgrundlage für viele Tiere, insbesondere Bienen, darstellen und die Aktivitätsperiode der meisten Tiere dann zu Ende ist (Gnägi, 2017). Ökologisch weniger wertvolle Strassenböschungen können bei beginnender oder nach Ende der Blüte geschnitten werden. Schnittgut des ersten Schnittes liefert den höchsten Biogasertrag, die Gaserträge sinken nach jedem Schnitt, siehe Tabelle 2.

5.3 Anlagentechnische Massnahmenvorschläge

Einige Ideen und Ansätze der Strasseninspektoren aus den Fragebögen sind vielversprechend. Insbesondere die Ideen einer werkhofeigenen Kompostier- oder Biogasanlage sind prüfenswerte Optionen, ebenso der dezentrale Ansatz von mehreren kleineren Kompostier- oder Biogasanlagen.

Eine Handlungsoption, die sowohl die Transport- als auch die Entsorgungskosten senken und die energetische Verwertung steigern könnte, ist die Verwertung des Schnittguts in einer werkhofeigenen Biogasanlage mit angefügtem Blockheizkraftwerk. Diese existieren in den Strasseninspektoraten bislang nicht und müssten folglich (5.3.1) erstellt werden. Nach Wissen der Verfasserin betreibt kein Schweizer Tiefbauamt oder Strasseninspektorat eine werkhofeigene Biogasanlage.

Eine Handlungsoption, die vor allem die Transportwege verringern würde, wäre die Verwertung des Schnittguts in nahegelegenen, schon bestehenden oder noch zu erbauenden, Feldrand- oder Platzkompostieranlagen (5.3.2). Für Feldrandkompostieranlagen fallen in der Regel etwas geringere Entsorgungsgebühren an (Müller, Holderegger & Bürgi, 2016). Bei dieser Option entfällt die energetische Verwertung.

5.3.1 Schnittgutverwertung in einer werkhofeigenen Biogasanlage

Eine werkhofseigene Kleinbiogasanlage auf Basis der Trockenfermentation nahe der kantonalen Werkhöfe könnte Material aus der Strassenrand- und Böschungspflege verwerten. Dieser Ansatz könnte sowohl die Entsorgungs- als auch die Transportkosten senken, da Transporte zu zentralisierten Einrichtungen vermieden werden, die Gärreste als organischer Dünger/Kompost⁷ weiterverkauft und der überschüssige Strom mit einem Erlös ins Stromnetz eingespeist werden können.

Anlagen auf Basis der Trockenfermentation verarbeiten Biomasse mit einem Trockenmassegehalt von über 15 Prozent. Der Vorteil der Trockenfermentation liegt in der grossen Bandbreite von Bioabfällen wie Speisereste, Grünschnitt oder Industrieabfälle, die verwertet werden kann (Abbildung 29) (Müller, Holderegger und Bürgi, 2016).

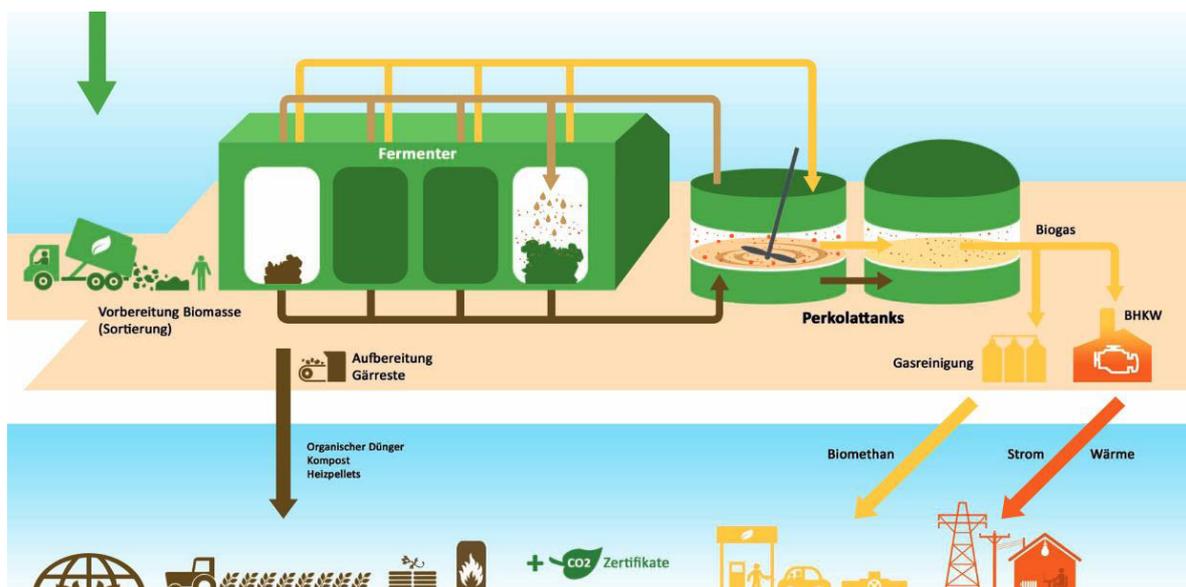


Abbildung 29: Funktionsweise einer Biogasanlage (Renergon International AG, 2015 a).

⁷ Die Qualität des Gärrestes hängt von der Schadstoffkonzentration im Strassenbegleitgrün ab. Im Kanton Bern wurde abhängig von der Verkehrsdichte eine kritische Distanz definiert, innerhalb derer das Schnittgut nicht der energetischen oder stofflichen Verwertung zugeführt werden darf. Bei Strassen mit einer Verkehrsdichte von mehr als 2000 Fahrzeugen pro Tag beträgt die kritische Distanz 2 bis 4 m. Bei Strassen mit einer Verkehrsdichte unter 2000 Fahrzeuge pro Tag wird keine kritische Distanz definiert. Die kritische Distanz wurde in dieser Masterarbeit ignoriert (Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft, 2006).

5.3.1.1 Prozesse in einer Biogasanlage

Das frische Substrat wird kontinuierlich in einen liegenden Fermenter eingebracht. Durch eine Rührwelle wird das frische Material in axialer Richtung durch den Reaktor befördert und durchmischt. Nach Ende der Verweildauer von drei bis vier Wochen wird am anderen Ende des Reaktors der Gärrest abgezogen, welcher die Form eines Dünnschlammes aufweist. Dieser wird gepresst, um die festen Bestandteile abzuseiden, aus welchen ein hochwertiger Kompost entsteht. Dieser Kompost kann weiterverkauft werden. Die Verweilzeit im Reaktor gewährleistet eine ausreichende Hygienisierung des Kompostes, insbesondere was die Keimfähigkeit von Samen und Rhizomen von Neophyten betrifft. Problematische Biomasse aus der Neophytenbekämpfung kann daher problemlos in einer anaeroben Biogasanlage vergärt werden, weil die Rhizome nach der Verweilzeit in der Biogasanlage nicht mehr keimfähig sind (Müller, Holderegger & Bürgi, 2016). Das Presswasser dient zum einen der Perkulation des Frischmaterials, um dieses mit den benötigten Mikroorganismen zu impfen und zum anderen kann das überschüssige Presswasser als Flüssigdünger in der Landwirtschaft eingesetzt werden. Hier müssten Absprachen mit den Landwirten bezüglich der Abnahme des Presswassers getroffen werden. Das entstandene Biogas wird dann vor Ort in einem Blockheizkraftwerk verstromt. Da die Wirkungsgrade dieser Anlagen bei etwa 40 Prozent liegen, entsteht viel Abwärme. Diese Abwärme kann den benötigten Wärmebedarf im Vergärungsprozess decken und/oder für die Heizung von Gebäuden eingesetzt werden (Müller, Holderegger & Bürgi, 2016).

Mehrere Firmen bieten mittlerweile Kleinbiogasanlagen mit modularem Aufbau an. Diese eignen sich besonders, wenn lokal nur geringe Mengen (<1000 t) an Biomasse oder organischen Abfällen anfallen, siehe Abbildung 30 (Renegon International AG, 2015 b).

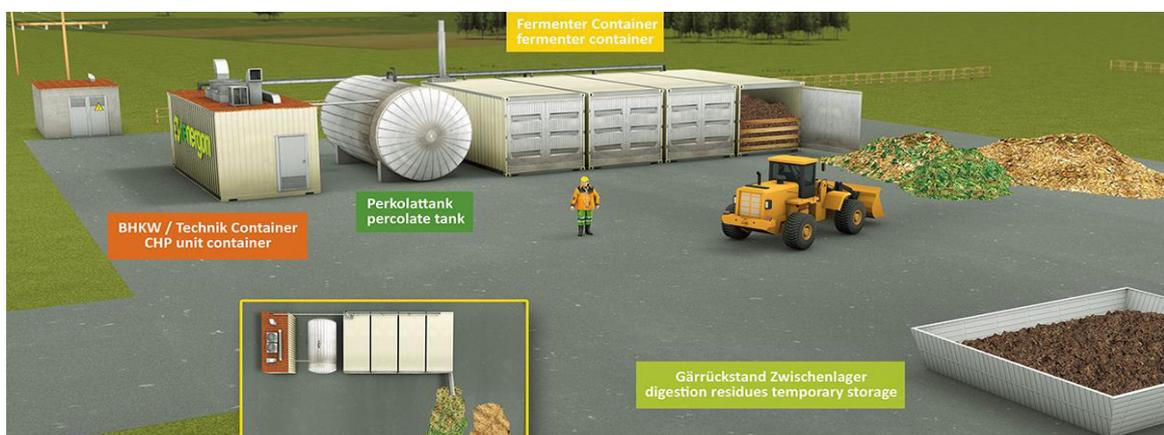


Abbildung 30: Kleinbiogasanlage in modularem Aufbau (Renegon International AG, 2015 b).

5.3.1.2 Verarbeitungskapazitäten und weitere Schnittgutquellen

Anlagen mit modularem Aufbau werden in Serie produziert und gewährleisten somit neben einer schnellen Installation eine einfache Handhabung. Solche Anlagen können kleinere Mengen von <1000 Tonnen pro Jahr vergären (Renegon International AG, 2015 b). Im Kanton Bern werden bislang 732 Tonnen nicht verholzte Biomasse der energetischen/stofflichen Verwertung zugeführt. Auch wenn die gemulchte Menge von 1350 Tonnen zusätzlich verwertet würde, würde die Menge nicht ausreichen, um eine solche Kleinbiogasanlage wirtschaftlich zu betreiben. Wenn werkhofseigene Biogasanlagen in den einzelnen Strasseninspektoraten realisiert werden sollen, dann braucht es zusätzlich Strassenbegleitgrün aus benachbarten Gemeinden sowie Produktionsrückstände aus gewerblich-industriellen Betrieben und Grünabfälle aus der kommunalen Sammlung, um die Anlage optimal auszulasten. Strassenbegleitgrün eignet sich zwar für die anaerobe Vergärung, aber organische Materialien wie Abfälle aus gewerblich-industriellen Betrieben und Grünabfälle aus der kommunalen Sammlung erzeugen höhere Gaserträge und sind daher als Co-Substrate unabdingbar (Müller, Holderegger & Bürgi, 2016).

5.3.1.3 Finanzielle Förderung von Biogasanlagen

Die Produktion von Biogas in Vergärungsanlagen wird in der Schweiz gegenwärtig durch die Kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) gefördert. Bis Ende 2022 können noch Anlagen ins Fördersystem aufgenommen werden, sofern sie schon angemeldet sind, neue Anlagen dürften kaum mehr gefördert werden, oder es werden Einmalvergütungen ausgezahlt, danach wird die KEV in ein Einspeisevergütungssystem mit Direktvermarktung umgestaltet. Ein Anlagenbetreiber wird sich einen Direktvermarkter suchen, der die produzierte Elektrizität auf dem Strommarkt verkauft. Zusätzlich zum so erwirtschafteten Markterlös wird der Anlagenbetreiber eine Einspeiseprämie – Differenz zwischen dem vom Bundesamt für Energie publizierten Referenzmarktpreis und dem Markterlös erhalten (Bundesamt für Energie, 2017). Alternativ besteht immer noch die Möglichkeit, den ökologischen Mehrwert des Stroms auf einer Ökostrombörse zu vermarkten. Andere staatliche Fördermittel stehen mit grosser Wahrscheinlichkeit nicht mehr zur Verfügung.

Finanzielle Unterstützung durch CO₂-Kompensationsfonds wie myclimate und die South Pole Group sowie Anträge für finanzielle Begehren bei der Stiftung Klimaschutz und CO₂-Kompensation (KliK) stellen zusätzliche Alternativen dar. Die Stiftung Klimaschutz und CO₂-Kompensation (o. J.) investiert die ihr im Rahmen ihres Kompensationsauftrags zufließenden Mittel in nachweislich wirksame Klimaschutzprojekte in der Schweiz. Die Verwertung von Schnittgut aus dem Strassenunterhalt würde nachweislich CO₂ einsparen, da die erzeugte Energie andernorts aus fossilen Energieträgern eingespart werden könnte.

Myclimate fördert in der Schweiz zwei kleinere landwirtschaftliche Biogasanlagen, da diese die Rentabilitätsschwelle nur sehr schwer erreichen. Dies liegt insbesondere an den hohen Anfangsinvestitionen, den geringen Einnahmen aus dem Wärmeverkauf und der Co-Substratentsorgung sowie der geringeren Biogasproduktion durch die Verwendung von Hofdünger. Dies wiederum führt zu hohen Stromgestehungskosten, die über dem durch die kostendeckende Einspeisevergütung garantierten Strompreis liegen. Einnahmen von CO₂-Zertifikaten aus dem freiwilligen Kompensationsmarkt, die bei diesen Projekten ausschliesslich für die Vermeidung von Methan vergeben werden, ermöglichen erst die Realisierung dieser Anlagen und garantieren einen rentablen Betrieb (myclimate, o. J.). Die South Pole Group unterstützt zurzeit keine Biogasanlagen in der Schweiz, aber in verschiedenen asiatischen Ländern. Eine finanzielle Unterstützung könnte aber dennoch möglich sein, da die South Pole Group in der Schweiz ein Förderprogramm zur Reduktion der Methanemissionen von Kläranlagen lanciert (South Pole Group, 2017).

In einem weiteren Schritt wäre daher zu prüfen, ob Biogasanlagen auf dem Areal von kantonalen Werkhöfen oder nahe von kantonalen Werkhöfen realisiert werden könnten. Abzuklären ist damit die Dimensionierung der Anlage, die Abschätzung der anfallenden Menge aus der kantonalen Strassenrand- und Böschungspflege sowie weiteren Mengen der kommunalen Werkhöfe, Industrien, Gewerbe sowie der kommunalen Grünabfälle. Zu eruieren ist auch, ob das Projekt von den umliegenden Gemeinden, Energieunternehmen, Industrien oder Gewerben gewünscht wird, ob eine gemeinsame Finanzierung vorgenommen wird und woher die nötigen finanziellen Mittel beschafft werden könnten. Zudem muss eine Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt werden.

5.3.2 Schnittgutverwertung in Feldrand- und Platzkompostieranlagen

Landwirte dürfen Grünabfälle des nahegelegenen Siedlungsgebietes auf einem Sammel- und Aufbereitungsplatz sammeln, aufbereiten, in Mieten auf ihren Feldern oder Wiesen kompostieren und als Dünger verteilen. Die Zusammenarbeit mehrerer Landwirte in einem einzigen Kompostierbetrieb ist aus raumplanerischen, aber auch ökonomischen Gründen, sinnvoll. Anlagen für die Kompostierung und den Verkauf des Kompostes können nach Art. 24b, Abs. 1^{bis} des Raumplanungsgesetzes vom 22. Juni 1979 zugelassen werden. Der Umfang des Kompostverkaufes darf das Mass eines Nebengewerbes aber nicht übersteigen (Bundesamt für Raumentwicklung, 2013).

Eine Feldkompostieranlage besteht aus einem Aufbereitungsplatz und/oder einem Sammelplatz sowie den dazugehörigen Mietenstandorten – aufgeschichtete Komposthaufen. Der Aufbereitungsplatz dient der Kontrolle, der Verarbeitung und dem Mischen der gesammelten kompostierbaren Abfälle (Amt für Umwelt des Kantons St. Gallen, 2017). Gemäss Widmer (2012) findet die eigentliche Kompostierung auf dem Feld in Mieten statt. Sie werden meist auf landwirtschaftlichen Nutzflächen entlang von Wegen angelegt, siehe Abbildung 31.



Abbildung 31: Feldrandmiete (Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft Kanton Zürich, 2017).

Eine Platzkompostieranlage besteht im Wesentlichen aus einem Annahme- und Aufbereitungsplatz (Nr. 8) in Abbildung 32, Rotteflächen (Nr. 6) und Lagerflächen (Nr. 7) für den Fertigkompost.

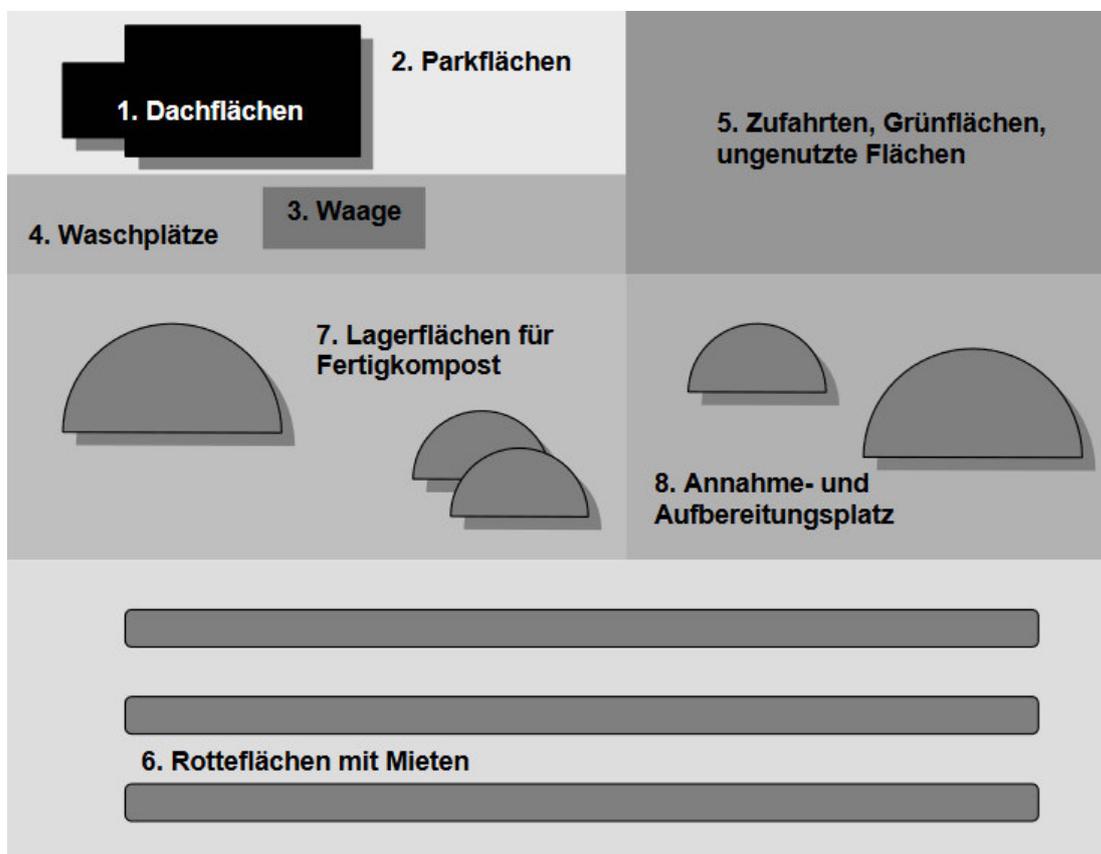


Abbildung 32: Schema der Bestandteile einer Platzkompostieranlage (Häni & Andrini, 2007).

5.3.2.1 Voraussetzungen für Kompostieranlagen

Für eine geplante Feldrand- und Platzkompostieranlage muss immer eine Bau- und Gewässerschutzbewilligung eingeholt werden. Zusätzlich ist eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) für Anlagen mit mehr als 1000 Tonnen Verarbeitungskapazität vorgesehen (Häni & Andrini, 2007). Feldrand- und Platzkompostieranlagen in der Landwirtschaftszone sind gemäss Art. 16a des Raumplanungsgesetzes vom 22. Juni 1979 nicht zonenkonform und bedürfen einer Ausnahmegewilligung gemäss Art. 24 ff. Im Kanton Bern wird nach gängiger Praxis des Amtes für Gemeinden und Raumordnung eine Ausnahmegewilligung nur für Kompostieranlagen bis maximal 1000 Tonnen Verarbeitungskapazität ausgesprochen. Anlagen mit grösserer Verarbeitungskapazität benötigen eine Überbauungsordnung.

5.3.2.2 Kompostieranlagen mit Landwirten

Unter den Landwirten ist ein Generationswechsel spürbar. Heute mähen Landwirte die Flächen der Strasseninspektorate nicht mehr mit und nehmen das Schnittgut auch seltener ab. Die Landwirte wollen keinen Zusatzaufwand, da viele von ihnen einem Nebenerwerb nachgehen. Da Anlagen für die Kompostierung und den Verkauf des Kompostes zugelassen werden, könnte eine Kooperation zwischen dem kantonalen Werkhof, den kommunalen Werkhöfen und Landwirten interessant sein, insbesondere da der Verkauf des Kompostes für den Landwirt einen Nebenerwerb darstellt.

Zu prüfen wäre, ob es Landwirte innerhalb eines Strasseninspektorates, idealerweise in verschiedenen Gemeinden, gäbe, die an einem solchen Nebenerwerb interessiert wären. Meist fallen für die Feldrandkompostierung geringere Entsorgungsgebühren an, als dies in grossen Kompostieranlagen der Fall ist (Müller, Holderegger & Bürgi, 2016). Die Anfahrtswege würden sich durch das Vorhandensein mehrerer Anlagen in mehreren Gemeinden deutlich verkürzen. Da diese Infrastruktur zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht gegeben ist, insbesondere da nur wenige Feldrand- und Platzkompostieranlagen bestehen (insgesamt 40 im ganzen Kanton Bern, siehe Abbildung 27), müssten Landwirte in der näheren Umgebung informiert und überzeugt werden. Allerdings ist mit möglichem Widerstand aus der Bevölkerung zu rechnen (Angst vor Geruchsemissionen).

Zu klären ist, ob diese Kompostieranlagen von den umliegenden Gemeinden, Industrien oder Gewerben sowie Landwirten gewünscht werden, ob diese Anlagen aus ökonomischen, ökologischen und sozialen Gründen realisiert werden können und vor allem, ob diese Lösungsoption für das Strasseninspektorat wirtschaftlich interessant ist.

6 Weitere Forschungsfragen

Die Unterhalts- und Entsorgungspraxis von Strassen und Strassenbegleitgrün in den einzelnen Strasseninspektoraten des Kantons Bern wurde in dieser Arbeit (Kapitel 1 bis 4) analysiert. Überdies wurden verschiedene Massnahmenvorschläge aufgezeigt (Kapitel 5). Aus dieser Masterarbeit ergeben sich weitere Ansatzpunkte und Forschungsfragen, da die energetische und/oder stoffliche Verwertung von Strassenbegleitgrün in der Schweiz ein noch relativ wenig beachtetes Thema ist.

In Bezug auf eine werkhofseigene Kleinbiogasanlage mit angefügtem Blockheizkraftwerk müssten entsprechende Potenzial- und Vorstudien durchgeführt werden, da noch kein Strasseninspektorat im Kanton Bern über eine solche Anlage verfügt und die Rentabilität somit unbekannt ist. Eine detaillierte Analyse der gesamthaft anfallenden und qualitativ geeigneten Menge in einem Strasseninspektorat, der Finanzierung, der Wirtschaftlichkeit und der Erträge aus dem Kompost- und Stromverkauf, gäbe einen ersten Anhaltspunkt. Die Durchführung einer Potenzial- und Vorstudie ist Sache der kantonalen und kommunalen Strasseninspektorate. Ein Pilotprojekt würde zeigen, ob diese anlagentechnische Massnahme wirtschaftlich interessant sein könnte.

Eine interessante Forschungsarbeit könnte sich auch zum Thema Geschäftsmodelle von bestehenden Biogasanlagen ergeben. Aufschlussreiche Informationen für zukünftige Projekte könnte eine Analyse der produzierten Energieform – Strom, Wärme, Gas – und wo die entsprechende Energieform genutzt wird, ob das Gas vor Ort in einem Blockheizkraftwerk verstromt wird oder ob es in eine bestehende Gasleitung eingespeist wird, liefern.

Überdies wäre zu eruieren, welche Materialien von einem Anlagenbetreiber angenommen werden können, ob es qualitative Unterschiede zwischen verschiedenen Biomassearten – Ernterückstände, Gülle, Rasenschnitt, Landschaftspflegematerial – gibt und ob gewisse Materialien aufgrund von Form, Struktur oder Qualität nicht verwertet werden können. Im Fall von Schnittgut aus dem Strassenunterhalt ist beispielsweise zu berücksichtigen, dass dieses abhängig von den Verkehrszahlen sowie Ort und Jahreszeit unterschiedlich mit Blei, Kupfer, Zink, Cadmium und verschiedensten organischen Schadstoffen belastet ist. Solcher Grünschnitt muss hinsichtlich seiner Eignung für eine Vergärung oder Kompostierung analysiert werden.

Da über die Eignung von belastetem Grünschnitt für die Vergärung oder Kompostierung noch nicht genug bekannt ist, könnte sich aus diesem Thema eine Forschungsarbeit ergeben, die sich auf die Erhebung von Schnittgutmengen aus dem Strassenunterhalt im Kanton Bern und deren Qualitäten mittels GIS und Labormessungen fokussiert. Mit diesen Daten könnte die effektiv nutzbare Menge für die Vergärung und Kompostierung weiter präzisiert werden.

Eine weitere Forschungsarbeit könnte sich dem Thema Verunreinigungen im Grüngut und deren Auswirkungen auf den Vergärungsprozess und die maschinelle Infrastruktur widmen. Es ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht ganz klar, ob Verunreinigungen die Gasausbeute beeinträchtigen oder ob sie beispielsweise korrosive Schäden an den Anlagen verursachen. Ebenso ist unklar, wie hoch die Konzentrationen der Schadstoffe im Kompost oder im Presswasser wirklich sind und ob diese unbedenklich in der Landwirtschaft als Dünger eingesetzt werden können.

Ebenso bietet das Thema Förderbedingungen und finanzielle Unterstützung für Biogasanlagen Forschungsbedarf. Die politischen und wirtschaftlichen Entwicklungen – beispielsweise die zukünftigen Budgetvorgaben des Kantons, die Entwicklungen der Anlagenpreise und Vergütungen werden wesentlich dazu beitragen, ob Biomasse aus der Strassenrand- und Böschungspflege vermehrt energetisch und/oder stofflich verwertet wird. Der Fokus könnte auf staatliche und öffentliche Unterstützungen gelegt werden. Das Potenzial von CO₂-Kompensationsmodellen, Finanzierung durch Genossenschaftsmodelle oder einer Eigenverbrauchslösung könnte untersucht werden.

Aus dieser wirtschaftlichen Betrachtung ergibt sich auch die Frage, wie hoch die Kosten einer naturnahen Strassenrand- und Böschungspflege sind. In dieser Masterarbeit wurde nicht eruiert, was eine naturnahe Strassenpflege kostet und welche Sparpotenziale sich aus einer naturnahen Strassenpflege ergeben. Diese Forschungsfragen könnten speziell für Pro Natura interessant sein, da es zum gegenwärtigen Zeitpunkt ein Unterhalts- und Pflegekonzept für den Kanton Bern erarbeitet.

7 Literatur

- Alphasoil. (9. März 2016). Strasse im Querschnitt nach herkömmlicher Makadam-Bauart mit unterem und oberem Schotterbett. Tragfähigkeiten nach MN/m² je nach Höhe der Schotter-Tragschichten. Bodenaustausch erforderlich [Grafik]. Abgerufen am 2. Mai 2017 von http://alphasoil.com/content/e197/index_ger.html
- Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft Kanton Zürich. (2017). Feldrandkompostierung – aerobe Verrottung biogener Abfälle [Foto]. Abgerufen am 7. August 2017 von http://www.awel.zh.ch/internet/baudirektion/awel/de/betriebe_anlagen_baustellen/abfallanlagen/kompostierung_vergaerung.html
- Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft [GSA]. (2006). Wohin mit dem Grünmaterial aus dem Strassenunterhalt? Abgerufen am 7. November 2017 von https://www.abfall.ch/informationen_merkblaetter/pdf/bve_gsa_abf_riweme_sb032.pdf
- Amt für Umwelt Kanton St. Gallen [AFU]. (2017). Anforderungen an die Feldrandkompostierung. Abgerufen am 1. August 2017 von http://www.umwelt.sg.ch/home/recht_und_verfahren/afu_mb_fm/abfall/_jcr_content/Par/downloadlist/DownloadListPar/download_7.ocFile/AFU182.pdf
- Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion Kanton Bern [BVE]. (o. J.). Strassen. Abgerufen am 28. März 2017 von <http://www.bve.be.ch/bve/de/index/strassen/strassen.html>
- Biegel, A. (2017). Ruderalflur (Ruderalfläche, Schuttflur). Abgerufen am 21. März 2017 von Deutsches Natur & Denkmal Forum [DNDF]: <https://www.dndf.de/ruderalflur.htm>
- Buer, F. (19 Juli 2016). Mulchmäher – Neuer Generalangriff auf die Artenvielfalt. Ein Beitrag von Dr. Friedrich Buer [Blogeintrag]. Abgerufen am 11. April 2017 von <http://www.umwelt-watchblog.de/mulchmaeher-neuer-generalangriff-auf-die-artenvielfalt-ein-beitrag-von-dr-friedrich-buer/>
- Bundesamt für Energie [BFE]. (29. Mai 2015). Energiestrategie 2050. Abgerufen am 27. Juli 2017 von <https://www.news.admin.ch/news/message/attachments/31931.pdf>
- Bundesamt für Energie [BFE]. (22. Mai 2017). Kostendeckende Einspeisevergütung: Informationen für Projektanten von Biomasse-, Windkraft-, Kleinwasserkraft- und Geothermieanlagen. Abgerufen am 9. August 2017 von http://www.bfe.admin.ch/themen/00612/02073/index.html?lang=de&dossier_id=02090
- Bundesamt für Raumentwicklung [ARE]. (6. Februar 2013). Merkblatt Feldrandkompostierung. Die raumplanungsrechtliche Beurteilung der bäuerlichen Kompostierung. Abgerufen am 7. August 2017 von <https://www.are.admin.ch/are/de/home/suche.html#Kompostierung>

- Bundesamt für Raumentwicklung [ARE]. (2016). Externe Kosten und Nutzen des Verkehrs in der Schweiz. Strassen-, Schienen-, Luft- und Schiffsverkehr 2010 bis 2013. Abgerufen am 7. August 2017 von <https://www.are.admin.ch/are/de/home/medien-und-publikationen/publikationen/verkehr/externe-kosten-und-nutzen-des-verkehrs-in-der-schweiz.html>
- Bundesamt für Strassen [ASTRA] (Hrsg.). (2015). Grünräume an Nationalstrassen. Methodologie zur Festsetzung von Biodiversitätsschwerpunkten. Abgerufen am 14. Juli 2017 von <https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/fachleute/dokumentation-nationalstrassen/standards/umwelt.html>
- Demuth, S. (1987). Nasswiese, *Juncetum acutiflori*, Wünschmichelbach, Odenwald [Foto]. Abgerufen am 7. August von http://rips-dienste.lubw.baden-wuerttemberg.de/rips/ripsservices/apps/uis/documentmanager/default.aspx?ffc=10&oac=229&object_id=3323
- Deuker, W. (2014). Mulchen. Abgerufen am 30. März 2017 von <http://deuker-landschaftspflege.de/oeffentliche-hand/gruenflaechenpflege/mulchen/>
- Döring, J. (2005). Hinweise zur Landschaftspflege. Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege (3. Aufl.). Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.). Abgerufen am 6. April 2017 von <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/13696>
- Elektrizitätswerke des Kantons Zürich [EKZ]. (2017). Stromverbrauch vergleichen. Abgerufen am 9. August 2017 von <http://www.ekz.ch/de/private/kontaktieren/stromverbrauch.html>
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe [FNR] (Hrsg.). (2012). Biogas. Abgerufen am 8. August 2017 von http://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/b/i/biogas_2012_c_web_1.pdf
- Frick, R. (2006). Ökologische Ausgleichsflächen – Bewirtschaftung und Pflege. *Schweizer Landtechnik*, 1, S. 10-13.
- Gnägi, C. (2015). Biodiversitätsförderung an Kantonsstrassen durch optimierte Pflege [unveröffentlichter Bericht]. Bericht Pilotprojekt Strasseninspektorat Oberaargau 2015 zuhanden von Roger Schibler, 20. Oktober 2015.
- Gnägi, C. (2016). Biodiversitätsförderung an Kantonsstrassen durch optimierte Pflege [unveröffentlichter Bericht]. Bericht Kartierung SI Oberaargau u. Burgdorf 2016 zuhanden von Roger Schibler, 8. Juli 2016.
- Gnägi, C. (21. Juni 2017). Ökologische Grünpflege [Vortrag]. Strassenböschungen effizient pflegen und ihr ökologisches Potenzial nutzen. Praxiskurs an der ZAR in Aarwangen.
- Graf, S. (26. Februar 2014). Studie zeigt: Die Autofahrer «saugen am Euter des Staates». *Berner Zeitung Online*. Abgerufen am 7. August 2017 von <https://www.bernerzeitung.ch/region/emmental-oberaargau/Studie-zeigt-Die-Autofahrer-saugen-am-Euter-des-Staates/story/21068553>

- Grün Stadt Zürich (Hrsg.). (2010). Pflegeverfahren. Ein Leitfaden zur Erhaltung und Aufwertung wertvoller Naturflächen. Abgerufen am 21. März 2017 von Stadt Zürich: https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/gsz/natur-_und_erlebnisraeume/stadtnatur/projekt_pflegeverfahren.html
- Häni, M. & Andrini, M. (2007). Grundlagen für die Planung von Kompostierungs- und Vergärungsanlagen. Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern (Hrsg.). Abgerufen am 1. August 2017 von https://www.bve.be.ch/bve/de/index/umwelt/umwelt/Abfall2.assetref/dam/documents/BVE/AWA/de/BA_AR/BA_GA_Grundlagen%20f%C3%BCr%20die%20Planung%20von%20Kompostierungs...pdf
- Hell Landmaschinen. (2017). Mulag Böschungsmäher [Foto]. Abgerufen am 27. Juli 2017 von <http://www.hell-landmaschinen.com/sommerprogramm/mulag-boeschungsmaeher>
- Jörg, E. (5. Oktober 2017). Invasive Neophyten (Gebietsfremde Pflanzen, Problempflanzen). Abgerufen am 15. Oktober 2017 von <http://www.neophyt.ch/>
- Kapfer, A. (1995). Streuwiesen und Nasswiesen. Abgerufen am 7. August 2017 von Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/50136/streuwiesen.pdf?command=downloadContent&filename=streuwiesen.pdf&FIS=200>
- Landesanstalt für Entwicklung der Landschaft und der ländlichen Räume Schwäbisch Gmünd [LEL]. (o. J.). Offenhaltung der Landschaft. Mulchen in der Landschaftspflege. Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg [MLR] (Hrsg.). Abgerufen am 11. April 2017 von <http://www.landwirtschaft-bw.info/pb/site/lel/node/2322784/Lde/index.html>
- Landesbetrieb Strassenbau und Verkehr Schleswig-Holstein. (2015). Umwelt. Grün am Strassenrand – nichts gedeiht ohne Pflege! Abgerufen am 13. April 2017 von Landesportal Schleswig-Holstein: http://www.schleswig-holstein.de/DE/Landesregierung/LBVSH/Aufgaben/Umwelt/dossier_umwelt.html?cms_docId=1837658&cms_notFirst=true
- Leugger, S. & Buser, H. (2009). Konzept naturschutzgerechter Böschungsunterhalt SBB. Schlussbericht. Abgerufen am 7. August 2017 von Bundesamt für Verkehr [BAV]: <https://www.bav.admin.ch/bav/de/home/themen/alphabetische-themenliste/umwelt/naturschutz.html>
- Mieg, H. A. & Näf, M. (2005). Experteninterviews in den Umwelt- und Planungswissenschaften. Eine Einführung und Anleitung (2. Aufl.). Zürich: Institut für Mensch-Umwelt-Systeme, ETH Zürich.
- Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.). (2016). Strassenbegleitgrün – Hinweise zur ökologisch orientierten Pflege von Gras- und Gehölzflächen an Strassen. Abgerufen am 20. März 2017 von https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/Broschueren/Strassenbegleitgruen_Hinweise_zur_oekologisch_orientierten_Pflege_von_Gras_und_Gehoelzflaechen_an_Strassen.pdf

- Mohr, B. (2014). Mulchen Neunkirchen. Abgerufen am 11. April 2017 von <http://www.baumtotal.de/mulchen-neunkirchen/>
- Müller, G., Holderegger, R. & Bürgi, M. (2016). Energie aus Landschaftspflegegrün. *WSL Berichte*, 38, S. 1-56.
- Myclimate. (o. J.). Biogasanlagen gegen Methanemissionen. Abgerufen am 15. Oktober 2017 von <https://www.myclimate.org/de/klimaschutzprojekte/projekt/schweiz-biogas-7157/>
- Pilshofer, M. (2001). Wie erstelle ich einen Fragebogen? Ein Leitfaden für die Praxis. Abgerufen am 4. April 2017 von https://www.ph-ludwigsburg.de/fileadmin/subsites/2d-sprt-t-01/user_files/Hofmann/SS08/erstellungvonfragebogen.pdf
- Pinterits, S., Melcher, D. & Bogner, D. (2014). Die Verwertung von Landschaftspflegeheu in Oberösterreich. Machbarkeitsstudie. Abgerufen am 8. August 2017 von https://www.land-oberoesterreich.gv.at/Mediendateien/Formulare/DokumenteAbt_N/Endbericht_Logo.pdf
- Plath. (2016). Tragschichten des Oberbaus im Wege- und Strassenbau. Abgerufen am 28. März 2017 von <http://plath-strassenbau-tiefbau.de/oberbau-tragschicht-gebundene-ungebundene.html>
- Pro Natura Bern (Hrsg.). (2015). Auf Biodiversität ausgerichtete Pflege: mehr Artenvielfalt mit weniger Aufwand. Abgerufen am 20. März von <https://www.pronatura-be.ch/Waldstrassenr%C3%A4nder>
- Proplanta. (o. J.). VEMAC Mulcher, Schlegelmulcher, Schlegelmäher, Mähwerk, Mäher [Foto]. Abgerufen am 14. Juli 2017 von http://m.proplanta.de/VEMAC-Mulcher-Schlegelmulcher-Schlegelmaeher-Maehwerk-Maeher_la-Bilder_128594481651811983_bi-2.html
- Prunier, P. (1. Juni 2014). Juncetum bufoni. La Plantay, FR [Foto]. Abgerufen am 2. Mai 2017 von <https://www.infoflora.ch/de/lebensraeume/phytosuisse/9-ruderalgesellschaften.html>
- Renegon International AG. (2015 a). Verfahren und Technik [Grafik]. Abgerufen am 1. August 2017 von <http://www.renegon.ch/media/techDE.pdf>
- Renegon International AG. (2015 b). Die Kleinbiogasanlage RSD Mini Solids. Abgerufen am 1. August 2017 von <http://www.renegon.ch/biogas-kleinanlage-rsd-mini>
- Regierungsrat des Kantons Bern (Hrsg.). (2017). Sachplan Abfall. Abgerufen am 7. August 2017 von https://www.bve.be.ch/bve/de/index/umwelt/umwelt/Abfall2/sachplan-abfall-2017.assetref/dam/documents/BVE/AWA/de/BA_AR/sachplanabfall2017/Sachplan%20Abfall.pdf
- Roesti, C. (24. Juni 2010). Magerwiese auf Strassenböschung – AT, Kärnten, Lavamünd [Foto]. Abgerufen am 2. Mai 2017 von <http://www.orthoptera.ch/arten/item/podisma-pedestris-pedestris>
- Schäfer, F. (26. Februar 2014). Ein Loch in der Berner Strassenrechnung. *Berner Zeitung Online*. Abgerufen am 7. August 2017 von <https://www.bernerzeitung.ch/region/kanton-bern/Ein-Loch-in-der-Berner-Strassenrechnung-/story/20028050>

- Schiess-Bühler, C., Frick, R., Stäheli, B. & Furi, R. (2011). Erntetechnik und Artenvielfalt in Wiesen (2. Auflage). Abgerufen am 20. März 2017 von AGRIDEA: <https://www.agridea.ch/de/publikationen/publikationen/umwelt-natur-landschaft/naturnahe-lebensraeume-im-wiesland/erntetechnik-und-artenvielfalt-in-wiesen/>
- Schwarzbauer, P. (2010). Datenerhebung [Vorlesungsfolien]. Abgerufen am 1. Mai 2017 von Universität für Bodenkultur Wien, Departement für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften: <http://www.wiso.boku.ac.at/mi/lehrveranstaltungen/lehmaterial/>
- South Pole Group. (2017). Fördergelder für Klimaschutz auf Schweizer Kläranlagen. Abgerufen am 15. Oktober 2017 von <https://www.southpole.com/de/projekte/swiss-biomass-projects--?viewType=map>
- Stadt Zürich. (4. Dezember 2014). Binzmühlebach und Bahndamm als Beispiel für die Kernräume Gewässer und Ruderal-/Trockenstandort [Foto]. Abgerufen am 2. Mai 2017 von https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/gsz/planung_u_bau/entwicklungs-_und_aufwertungsgebiete/entwicklungsgebiet_leutschenbach/oekologie_ernetzung.html
- Stiftung Klimaschutz und CO2-Kompensation [KliK]. (o. J.). Über uns. Abgerufen am 15. Oktober 2017 von <http://www.klik.ch/de/Stiftung/Ueber-uns.48.html>
- Strobl, M. & Keymer, U. (2016). Biogasausbeute mobil [Dataset]. Abgerufen am 9. August 2017 von <http://www.lfl.bayern.de/appl/biogas/ausbeute/index.html>
- Thüringer Landesamt für Bau und Verkehr [TLBV]. (o. J.). Strassenbegleitgrün. Abgerufen am 20. März 2017 von https://www.thueringen.de/th9/tlbv/abgeschlossene_bauprojekte/a4_a9_massnahmen_landschaftspflege/strassenbegleitgruen/
- Tiefbauamt des Kantons Bern (Hrsg.). (2010). Bericht 2010 – Tiefbauamt des Kantons Bern. Abgerufen am 20. März 2017 von https://www.bve.be.ch/bve/de/index/strassen/strassen/kantonsstrassen/substanzerhaltung.assetref/dam/documents/BVE/TBA/de/TBA_DP_Bericht_2010.pdf
- Tiefbauamt des Kantons Bern. (1. Februar 2017). Tiefbauamt Organigramm [Graphik]. Abgerufen am 7. August 2017 von http://www.bve.be.ch/bve/de/index/direktion/organisation/tba/organigramm.assetref/dam/documents/BVE/TBA/de/TBA_OG_Tiefbauamt.pdf
- Unimog Huber GbR. (2017). Unimog Frontmulcher Mulag FME 600 [Foto]. Abgerufen am 11. August 2017 von <http://www.bazar.at/galerie/unimoghuber/unimog-unimog-frontmulcher-mulag-fme-600-anzeigen-10468098.html>
- Verein Naturnetz. (14. November 2013). Blühende Magerwiese [Foto]. Abgerufen am 2. Mai 2017 von <http://www.naturnetz.ch/angebot/unterhalt-pflege/magerwiesen/>
- Vogt GmbH. (30. November 2015). Dragone Schlegelmulcher VP [Foto]. Abgerufen am 2. Mai 2017 von <http://www.vogtgmbh.com/wp-content/uploads/mulcher-dragone-vp.jpg>

Volkswirtschaftsdirektion Kanton Bern. (o. J.). Invasive Neophyten bedrohen Pflanzen, Tier und Mensch. Abgerufen am 15. Oktober 2017 von http://www.vol.be.ch/vol/de/index/natur/naturfoerderung/tiere_pflanzen/unerwuenschte_arten/neophyten.html

Widmer, D. (14. Dezember 2012). So gelingt die Feldrandkompostierung. *Zürcher Bauer Online*. Abgerufen am 31. Juli 2017 von <http://www.strickhof.ch/medium.php?id=176077&path=userfiles/CMS/176077-121214-z-rcher-bauer-so-gelingt-die-feldrandkompostierung.pdf>

Anhang



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Befragung der Strasseninspektoren des Kantons Bern

für die Masterarbeit «Anreize für eine energetische und/oder stoffliche Verwertung von Biomasse aus der Strassenrand- und Böschungspflege im Kanton Bern» von Nadine Meier

Involvierte Institutionen:

Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL

Beratungsbüro weg>punkt

Diese Befragung hat das Ziel, Informationen über die bisherige Unterhalts- und Entsorgungspraxis entlang der Kantonsstrassenböschungen im Kanton Bern zu sammeln. Dazu werden die verantwortlichen Strasseninspektoren des Kantons Bern befragt.



Herzlich Willkommen zur Umfrage

Ich studiere an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) in Zürich. Im Rahmen meiner Masterarbeit möchte ich herausfinden, wie und wo die Strassenrand- und Böschungspflege entlang von Kantonsstrassen im Kanton Bern optimiert und Kosten minimiert werden können. Mit dem damit erlangten Systemverständnis sollen Massnahmen oder Möglichkeiten diskutiert werden, wie, in welchem Rahmen und durch welche Anreize das Strassenbegleitgrün vermehrt energetisch und/oder stofflich genutzt werden könnte. Zusätzlich stellt sich die Frage, welche weiteren Faktoren – neben den Entsorgungsgebühren – einen Einfluss darauf haben, ob und in welchem Umfang Strassenbegleitgrün der Kantonsstrassen energetisch und/oder stofflich genutzt wird.

Nadine Meier

Hinweise zum Ausfüllen des Fragebogens

Ich danke Ihnen vielmals, dass Sie sich Zeit nehmen und mir bei meinem Projekt helfen.

- Die Angaben werden **vertraulich** behandelt.
- Bitte achten Sie auch darauf, dass Sie bei Fragen mit nur einer Antwortmöglichkeit auch nur **eine Antwort** ankreuzen.
- Bitte füllen Sie den Fragebogen **vollständig** aus.
- Bei verschiedenen Fragen werden Sie keine gänzlich präzisen Datenangaben machen können. Bitte **schätzen** Sie dann grob.
- Bei **Fragen** oder **Ergänzungen** erreichen Sie mich per Telefon (077 417 65 01) oder E-Mail (nameier@student.ethz.ch) und unter der Adresse: Nadine Meier, WSL, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf

Definitionen und Anmerkungen (bitte unbedingt lesen)

- **Stoffliche Verwertung:** Unter stoffliche Verwertung fallen die Kompostierung, das Mulchen, die Weide- und Schnittnutzung, das Häckseln und Verwenden im Gartenbau und die Deponierung. Für diese Arbeit relevant ist vor allem die Kompostierung. Wenn nicht anders vermerkt, wird unter **stofflicher Verwertung** immer die **Kompostierung** gemeint.
- **Energetische Verwertung:** Unter energetische Verwertung fallen die Feststoffvergärung (gewerblich-industrielle Biogasanlage), die Flüssigvergärung (landwirtschaftliche Biogasanlage), die Verfeuerung in einer Schnitzelfeuerung und die Verfeuerung in einer Kehrichtverbrennungsanlage. Für diese Arbeit relevant sind vor allem die Feststoff- und Flüssigvergärung. Wenn nicht anders vermerkt, werden unter **energetischer Verwertung** immer die **Feststoff- und Flüssigvergärung** gemeint.
- **Mulchen:** Liegenlassen des Schnittguts auf der Fläche
- **Intensivbereich:** In der Strassenrandpflege wird zwischen einem Intensiv- und Extensivbereich mit Intensiv- und Extensivflächen unterschieden, da hinsichtlich der Pflegeintensität und der Häufigkeit der durchgeführten Pflegemassnahmen Unterschiede bestehen. Der Intensivbereich mit den Intensivflächen ist nur wenige Meter breit und erstreckt sich zwischen Fahrbahn und Böschung. Der Unterhalt erfolgt meist von der Fahrbahn aus. Zum Intensivbereich gehören die Flächen der Bankette, Mulden, Gräben.
- **Extensivbereich:** Die Extensivflächen der Extensivbereiche befinden sich ausserhalb der Flächen, die in Bezug auf die Verkehrssicherheit intensiv gepflegt werden müssen. Dies sind Böschungen und Aussenbereiche.
- Die **Mengenangaben** beziehen sich immer auf **Tonnen Frischsubstanz**.

1. Ihre persönlichen Angaben (für allfällige Rückfragen)

Vorname: _____

Nachname: _____

E-Mail: _____

Telefon: _____

- Oberingenieurkreis:
- Oberingenieurkreis I: Oberland
 - Oberingenieurkreis II: Bern, Mittelland
 - Oberingenieurkreis III: Seeland, Berner Jura
 - Oberingenieurkreis IV: Emmental, Oberraargau

Strasseninspektorat: _____

2. Ihre Einschätzungen und Erfahrungen zum Thema

2.1 Wie sehr stimmen Sie folgenden Aussagen zu? (ein Kreuz pro Aussage)

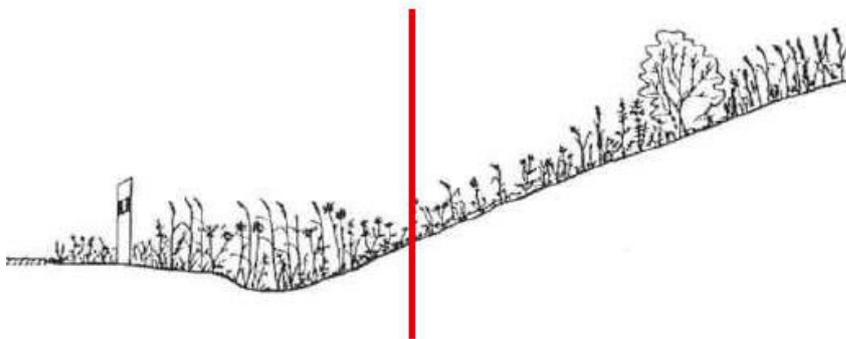
	Stimme gar nicht zu			Stimme sehr zu		Weiss nicht
	1	2	3	4	5	
Das Mulchen hat negative Auswirkungen auf die Biodiversität der Strassenränder.	<input type="checkbox"/>					
Die Distanz zur nächsten Verwertungsanlage ⁸ spielt für den Entscheid, Schnittgut abzutransportieren, eine Rolle.	<input type="checkbox"/>					
Wenn die anfallende Menge <u>geringer</u> als bisher wäre, würde das Schnittgut vermehrt zur Verwertungsanlage ¹ gebracht.	<input type="checkbox"/>					
Wenn die anfallende Menge <u>grösser</u> als bisher wäre, würde das Schnittgut vermehrt zur Verwertungsanlage ¹ gebracht.	<input type="checkbox"/>					
Wenn eine Verwertungsanlage ¹ zur Verwertung des Schnittguts innerhalb von einer halben Stunde erreichbar wäre, würde das Schnittgut vermehrt dorthin gebracht.	<input type="checkbox"/>					
Wenn mehr Personal zur Verfügung stünde, würde das Schnittgut vermehrt zur Verwertungsanlage ¹ gebracht.	<input type="checkbox"/>					
Wenn die Qualität des Schnittguts besser wäre, würde das Schnittgut eher von den Verwertungsanlagen ¹ abgenommen.	<input type="checkbox"/>					

⁸ Mit Verwertungsanlagen sind hier Anlagen zur Herstellung von Kompost oder von Biogas gemeint.

3. Technische Fragen zum Unterhalt

3.1 Gibt es Bereiche auf ein und derselben Böschung, die sich hinsichtlich Pflegeintensität und der Häufigkeit der durchgeführten Pflegemassnahmen unterscheiden (Intensivbereiche = Strassenbankette, Gräben und Mulden und Extensivbereiche = Strassenböschungen)?

Mit dieser Frage soll geklärt werden, ob der Bankettbereich (Intensivbereich) und die Strassenböschung (Extensivbereich) unterschiedlich oft und mit anderen Massnahmen gepflegt werden. Zum Intensivbereich gehören die Strassenbankette und allfällige Mulden und Gräben entlang von Strassenbanketten.



- Ja
- Nein

3.1.1 Wie breit ist der Intensivbereich auf **einer Strassenseite im Durchschnitt?**

Intensivbereich:

	Meter
--	-------

3.1.2 Wenn Ja, wie unterscheiden sich diese Flächen hinsichtlich der Schnitthäufigkeit und des Maschineneinsatzes?

Intensivbereich (Strassenbankette, Gräben und Mulden):

Schnitthäufigkeit

- Ein Schnitt im Monat _____ (z.B. März)
- Zwei Schnitte in den Monaten: _____ (z.B. März und Juli)
- Drei Schnitte in den Monaten: _____
- Andere, nämlich: _____

Maschineneinsatz

Auf wie viel % der Intensivflächen?

Mähen: Messerbalkenmäherwerk

- Motorbalkenmäher
- Traktorbalkenmäher

Kreiselmäher

- Scheibenmäher
- Trommelmäher
- Saugmäher

Mulchen: Rotationsmulchgerät

- Schlegelmulcher
- Sichelmulcher

Freischneidegerät (Motorsense, ...)

Andere, nämlich: _____

Extensivbereich (Strassenböschungen):

Schnitthäufigkeit

- Ein Schnitt im Monat: _____ (z.B. März)
- Zwei Schnitte in den Monaten: _____ (z.B. März und Juli)
- Drei Schnitte in den Monaten: _____
- Andere, nämlich: _____

Maschineneinsatz

Auf wie viel % der Extensivflächen?

- | | |
|---|----------------------|
| Mähen: Messerbalkenmähwerk | <input type="text"/> |
| <input type="checkbox"/> Motorbalkenmäher | |
| <input type="checkbox"/> Traktorbalkenmäher | |
| Kreiselmäher | <input type="text"/> |
| <input type="checkbox"/> Scheibenmäher | |
| <input type="checkbox"/> Trommelmäher | |
| <input type="checkbox"/> Saugmäher | |
| Mulchen: Rotationsmulchgerät | <input type="text"/> |
| <input type="checkbox"/> Schlegelmulcher | |
| <input type="checkbox"/> Sichelmulcher | |
| Freischneidegerät (Motorsense, ...) | <input type="text"/> |
| Forsttraktoren (Holzernte, ...) | <input type="text"/> |
| Andere, nämlich: _____ | <input type="text"/> |

Allfällige Anmerkungen:

3.2 Welche Mengen an Böschungsgrün aus dem Kantonsstrassenunterhalt fallen in Ihrem Strasseninspektorat jährlich an? (grob geschätzt)

Tonnen pro Jahr

Nicht verholzte Biomasse: (Gras, Heu, Blumen, Unkraut, Blätter, ...)	<input type="text"/>
Verholzte Biomasse: (Feldgehölz, Baum- und Strauchschnitt, ...)	<input type="text"/>
Total:	<input type="text"/>

3.3 Wie wird das Böschungsgrün bisher entsorgt/verwertet? (total 100%)

	Anteil in %	Anlagenstandort(e)
Kompostierung (Feldrand- und Platzkompostierung)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Feststoffvergärung (gewerblich-industrielle Biogasanlage)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Flüssigvergärung (landwirtschaftliche Biogasanlage)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Häckseln/Schnitzelfeuerung (Feldgehölz, Baum- und Strauchschnitt, ...)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Häckseln/Verwendung im Gartenbau (Feldgehölz, Baum- und Strauchschnitt, ...)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Deponierung (Feldrand, ...)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Weide- und Schnittnutzung (Nutzung durch Landwirte)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Mulchen (Auf Fläche liegen lassen)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Kehrrichtverbrennungsanlage (KVA) (Feldgehölz, Baum- und Strauchschnitt, ...)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Andere, nämlich:	<hr/>	

3.4 Wird das Böschungsrün, das der energetischen Verwertung zugeführt wird, zwischengelagert?

- Ja, wird bereits praktiziert
- Nein, die Zwischenlagerung wäre aber möglich
- Nein, die Zwischenlagerung ist nicht möglich

3.4.1 Wenn Ja, welche ungefähren Mengen werden zwischengelagert?

Tonnen pro Jahr

Nicht verholzte Biomasse:

(Gras, Heu, Blumen, Unkraut, Blätter, ...)

Verholzte Biomasse:

(Feldgehölz, Baum- und Strauchschnitt, ...)

Total:

3.4.2 Aus welchem Grund wird das Schnittgut zwischengelagert?

3.5 Wie ist die prozentuale Zusammensetzung der zu bewirtschaftenden Flächentypen ausserhalb des Bankettbereichs?

Wenn Sie die Zusammensetzung der Flächen nicht genau kennen, geben Sie eine grobe Schätzung ab.

	In %
Fettwiesen: (Intensivgrünland, nährstoffreich)	<input type="text"/>
Magerwiesen: (Trockenrasen, trocken, nährstoffarm)	<input type="text"/>
Ruderalflächen: (Schotterflächen, brachliegende Böden, ...)	<input type="text"/>
Feucht- und Nasswiesen: (Streuwiesen, Sumpfwiesen, nass)	<input type="text"/>
Büsche und Gehölzstreifen: (Feldgehölz, Sträucher, Bäume ...)	<input type="text"/>
Andere:	<input type="text"/>

3.6 Wie viele Schnitte fallen durchschnittlich in den zu unterhaltenden Flächentypen entlang der Kantonsstrassen pro Jahr an?

Fettwiesen

- Ein Schnitt im Monat: _____ (z.B. März)
- Zwei Schnitte in den Monaten: _____ (z.B. März und Juli)
- Drei Schnitte in den Monaten: _____
- Andere, nämlich: _____

Magerwiesen:

- Ein Schnitt im Monat: _____ (z.B. März)
- Zwei Schnitte in den Monaten: _____ (z.B. März und Juli)
- Drei Schnitte in den Monaten: _____
- Andere, nämlich: _____

Ruderalflächen:

- Ein Schnitt im Monat: _____ (z.B. März)
- Zwei Schnitte in den Monaten: _____ (z.B. März und Juli)
- Drei Schnitte in den Monaten: _____
- Andere, nämlich: _____

Nasswiesen:

- Ein Schnitt im Monat: _____ (z.B. März)
- Zwei Schnitte in den Monaten: _____ (z.B. März und Juli)
- Drei Schnitte in den Monaten: _____
- Andere, nämlich: _____

Büsche und Gehölzstreifen:

- Ein Schnitt im Monat: _____ (z.B. März)
- Zwei Schnitte in den Monaten: _____ (z.B. März und Juli)
- Drei Schnitte in den Monaten: _____
- Andere, nämlich: _____

4. Finanzielle Aspekte: Anteile unterschiedlicher Kostenkategorien

4.1 Was sind die jeweiligen Anteile der genannten Kostenkategorien für die vier Entsorgungswege? (grob geschätzt)

Entsorgungsweg 1 (E1)	Schnitt	Aufbereitung	Liegenlassen (Mulchen)
Entsorgungsweg 2 (E2)	Schnitt	Aufbereitung	Deponie
Entsorgungsweg 3 (E3)	Schnitt	Aufbereitung	Kompostierung
Entsorgungsweg 4 (E4)	Schnitt	Aufbereitung	Biogasanlage

Für alle vier Entsorgungswege gilt: Das Strassenbegleitgrün wird geschnitten, eventuell aufbereitet (gereinigt, zerkleinert, ...) und dann entweder liegengelassen (gemulcht), deponiert, kompostiert (Feldrand- und Platzkompostierung) oder energetisch in einer Biogasanlage (Feststoff- oder Flüssigvergärung) verwertet.

In %

	E1	E2	E3	E4
Personalkosten (Unterhaltsarbeiten, Administration ...)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Maschinenkosten (Miete, Montage, Reparatur, Reinigung, ...)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Transportkosten (Transport Schnittgut, ...)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Entsorgungsgebühren (Kompostierung, Vergärung, ...)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Andere: _____	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	100%	100%	100%	100%

**4.2 In welcher Kategorie sehen Sie die grössten Einsparpotenziale?
(nur eine Antwort)**

- Personalkosten (Unterhaltsarbeiten, Administration ...)
- Maschinenkosten (Miete, Montage, Reparatur, Reinigung, ...)
- Transportkosten (Transport Schnittgut, ...)
- Entsorgungsgebühren (Kompostierung, Vergärung, ...)
- Keine
- Andere: _____

**4.3 Bis zu welcher maximalen Entsorgungsgebühr [CHF/t] würden Sie das
Böschungsrain der energetischen und/oder stofflichen Verwertung
zuföhren, anstatt es liegen zu lassen?**

- 0 – 50 CHF
- 50 – 75 CHF
- 75 – 100 CHF
- 100 – 125 CHF
- 125 – 150 CHF
- 150 – 175 CHF
- 175 – 200 CHF
- Andere, nämlich: _____

4.4 Nennen Sie Möglichkeiten, Instrumente, Anreize oder andere Ideen, die die Zuführung von Strassenbegleitgrün zur energetischen und/oder stofflichen Verwertung erleichtern oder gar fördern würden:

4.5 Haben Sie sich schon vergeblich um eine energetische/stoffliche Entsorgung bemüht?

- Ja
 Nein

4.5.1 Wenn Ja (vergeblich), was waren die Gründe für das Scheitern?

Strasseninspektorat

Datum:

Ort:

Zeit:

Maschineneinsatz (6 Minuten)

- 1) Sie gaben im Fragebogen an, auf dem Intensivbereich sowohl einen Motorbalkenmäher, als auch einen Schlegelmulcher sowie Freischneidegeräte zu benutzen. Aus welchem Grund nutzen Sie verschiedene Maschinen und für welche Flächen setzen Sie die jeweilige Maschine ein? (4 Minuten)

- 2) Sie gaben im Fragebogen an, auf dem Extensivbereich einen Motorbalkenmäher, als auch einen Schlegelmulcher sowie Freischneidegeräte zu benutzen. Aus welchem Grund nutzen Sie verschiedene Maschinen und für welche Flächen setzen Sie die jeweilige Maschine ein? (2 Minuten)

Entsorgung und Verwertung (24 Minuten)

- 3) Sie kompostieren 15 Prozent des Schnittguts in einer Kompostieranlage. Warum haben Sie sich dazu entschieden, einen Teil des Schnittguts zu kompostieren? Was sind Ihre Erfahrungen? (5 Minuten)
- 4) Warum deponieren Sie 5 Prozent des Schnittguts? Wo deponieren Sie das Schnittgut? (4 Minuten)
- 5) Warum führen Sie 15 Prozent des Schnittguts einer Kehrrichtverbrennungsanlage zu? (4 Minuten)
- 6) Wie führen Sie das Schnittgut den Entsorgungs- und Verwertungsanlagen zu? Wie geht das Einsammeln vonstatten und mit welchen Maschinen sammeln Sie das Schnittgut ein? (5 Minuten)
- 7) Warum belassen Sie die restlichen 20 Prozent des Schnittguts auf der Fläche? Was sind die Gründe dafür? (6 Minuten)

Kosten (15 Minuten)

- 8) Könnten Sie sich Einsparpotenziale in den Bereichen Personal, Maschinen und Transport in den verschiedenen Entsorgungswegen vorstellen? Was sind die grössten Kostentreiber in den Bereichen Personal und Maschinen? (5 Minuten)

- 9) Warum machen die Personalkosten den Grossteil der Gesamtkosten aus? (5 Minuten)

- 10) Sie sehen die grössten Einsparpotenziale in der Kostenkategorie Entsorgungsgebühren. Warum in dieser Kategorie und nicht etwa in den Kategorien Personal- oder Maschinenkosten? (5 Minuten)

Zusatzfragen (15 Minuten)

- 11) Sie brachten die Idee einer kantonseigenen Kompostieranlage an einem zentralen Standort vor. Könnten Sie diese Idee genauer erläutern? (10 Minuten)

- 12) Können Sie mir beschreiben, was Werkhöfe sind und wie diese ihr Schnittgut entsorgen und verwerten? Gäbe es womöglich Synergien zwischen den Werkhöfen und den Strasseninspektoraten? (5 Minuten)