

Potenziale zur Produktion erneuerbarer Energien bei Transportunternehmen

Umsetzung der Energiestrategie 2050
im öffentlichen Verkehr
ESöV2050



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



Quelle Bild: www.klima-wandel.com

Version 1.0 / 7. März 2017

Impressum

Auftraggeber	UVEK / BAV Bundesamt für Verkehr Abteilung Sicherheit Kontakt: Tristan Chevroulet	
Auftragnehmer	Amstein + Walthert AG Zürich Bereich Nachhaltigkeit und Erneuerbare Energien Kontakt: Thomas Blindenbacher	
Autoren	Stefan Braendle Nathalie Benkert Nora Herbst	
Begleitgruppe	Tristan Chevroulet	BAV
	Stefan Schnell	BAV
	Francois Bauer	Planair SA
Versionen	Version 0.28 (Entwurf)	1.11.2016
	Version 1.0	30.01.2017
Freigegeben	T. Blindenbacher	Visum <i>BLIN</i>
Bezeichnung	BLIN/105079.00/ESöV_Potenziale_ProduktionEE_Schlussbericht_final.docx	

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren – innen dieses Berichts verantwortlich.

Zusammenfassung

Die Transportunternehmen des öffentlichen Verkehrs sollen gemäss Auftrag des Bundesrats an das BAV ihren Beitrag zur Produktion erneuerbarer Energien im Rahmen der Energiestrategie 2050 leisten. In dieser Studie wurde über Recherche und Umfragen festgestellt, dass sich einige TU bereits intensiv mit diesem Thema beschäftigen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bei vielen TU das Engagement vorhanden ist, sich mit der Eigenproduktion von erneuerbaren Energien auseinanderzusetzen. Das Wissen zur Umsetzung fehlt aber oft, und die Wirtschaftlichkeit von Projekten wird als grösstes Hemmnis zur kurzfristigen Umsetzung von bestehenden Potenzialen betrachtet. Unterstützung ist deshalb willkommen.

Eine Potenzialabschätzung und Hochrechnung über den ganzen Bereich des öffentlichen Verkehrs, weitgehend auf bestehenden Potenzialstudien basierend, zeigt im Bereich Wärme ein technisches Potenzial von 133 GWh/a auf. Unter den heutigen Rahmenbedingungen wirtschaftlich umsetzbar sind ca. 99 GWh/a. Die Haupt-Chancen liegen bei der Verwendung von Abfallholz und Energieholz aus eigenen Wäldern, sowie bei der Substitution fossiler Energieträger durch Wärmepumpen im Gebäudebereich.

Im Bereich Strom konnte bei vier Anwendungen¹ kein technisches sondern nur ein theoretisches Potenzial von insgesamt 242 GWh/a ermittelt werden. Liessen sich Rangier- und Schienenflächen inkl. angrenzende Grünflächen mittels Solarstromanwendungen nutzen (Visionen Solarstrom), würde sich das theoretische Potenzial auf 1'000 GWh/a erhöhen. Die Summe der technischen Potenziale aller anderen Anwendungen beträgt 202 GWh/a. Mit den heutigen Rahmenbedingungen sind davon 132 GWh/a wirtschaftlich umsetzbar, mehrheitlich mittels Windkraftanlagen, Kleinwasserkraft, einem geplanten Holzheizkraftwerk und Solarstromanlagen auf Werkstätten, Lager und Depots.

Der Gesamtenergieverbrauch des öffentlichen Verkehrs beträgt ca. 4 TWh. 50% davon oder 2 TWh sind heute bereits erneuerbar. Mit dem in dieser Studie ermittelten theoretischen Gesamtpotenzial Produktion Strom und Wärme von 1.34 TWh könnten $\frac{2}{3}$ des aktuellen nicht erneuerbaren Gesamtenergieverbrauchs des öffentlichen Verkehrs abgedeckt werden. Dies ohne Berücksichtigung des Potenzials von Effizienzmassnahmen.

Im Rahmen der Studie werden insgesamt 19 Massnahmen zur Unterstützung der Umsetzung bei den TU vorgeschlagen. Diese reichen vom Errichten einer Fach- und Anlaufstelle, einer Veranstaltungs- und Austauschplattform über finanzielle Unterstützung bei Energiekonzepten und Pilotprojekten bis zur Einführung eines Labels oder Zertifikats für vorbildliche TU.

¹ Windkraft bei Bergstationen, Solarstrom Lärmschutzwände, P&R und Werkhofüberdachung

Résumé

Conformément à la demande du conseil fédéral à l'OFT dans le cadre de la stratégie énergétique 2050, les entreprises de transport public doivent contribuer à la production d'énergie renouvelable. Dans cette étude, basée sur un travail de recherche et de sondage, il ressort que ces entreprises se préoccupent déjà largement de cette problématique. Toutefois, on peut dire de façon synthétique que celles-ci manquent de solutions au stade de la réalisation. En outre, la rentabilité de tels projets est souvent considérée comme un frein à leur réalisation à court terme. C'est pourquoi un accompagnement doit être mis en œuvre.

Une estimation du potentiel ainsi qu'un calcul approximatif basé sur les études existantes dans le domaine des transports publics, montrent une possibilité technique de 133 GWh/a de production de chaleur. Dans les conditions actuelles, on estime qu'environ 99 GWh/a peuvent être produits par des projets rentables. Les principales solutions consistent en l'utilisation de déchets issus du bois et de l'utilisation du bois issu des forêts appartenant aux entreprises de transport public. De plus, le remplacement des énergies fossiles par l'utilisation des pompes à chaleur dans les bâtiments représente un potentiel supplémentaire intéressant.

Pour la production électrique, le potentiel théorique a été estimé à 242 GWh/a à l'aide de quatre applications². En couvrant les rails et les surfaces de triage (ainsi que les surfaces vertes adjacentes) avec des panneaux photovoltaïques, le potentiel théorique s'élèverait à 1'000 GWh/a supplémentaires. La somme des autres applications potentielles représente 202 GWh/a. Sous les conditions actuelles, seule la production de 132 GWh/a s'avère rentable. Ces projets représentent principalement la réalisation d'éoliennes, de petites usines hydroélectriques, d'une centrale au bois, la pose de panneaux photovoltaïques sur les toits des ateliers.

La consommation énergétique totale des transports publics représente 4 TWh/a. 50% de celle-ci, soit 2 TWh/a, est issue de sources renouvelables. Cette étude évalue le potentiel théorique de production d'électricité et de chaleur à 1.34 TWh/a. En d'autres termes, les 2/3 de l'énergie non renouvelable (1.34 TWh/a) consommée par les sociétés de transport publics pourraient ainsi potentiellement être issues de sources renouvelables - et ceci, sans prendre en compte le potentiel d'économie d'énergie.

Dans le cadre de cette étude, 19 mesures pour accompagner les sociétés de transport public dans la réalisation de ces travaux sont présentées. Celles-ci vont de la mise en place d'un centre de compétence, en passant par la réalisation d'une plateforme d'échanges et d'évènements pour l'attribution aides financières à l'élaboration de concepts énergétiques, jusqu'à l'introduction de labels et/ou certificats pour les sociétés de transport public exemplaires.

² Energie éolienne dans les stations de montagne, électricité solaire des murs anti-bruit, P&R et toiture des ateliers.

Abstract

Under a mandate from the Federal Council to the Federal Office for Transport BAV, the public transport companies in Switzerland should contribute to the production of renewable energies in the context of the EnergyStrategy2050. In this study it was determined by investigation and surveys that some companies are already dealing with this subject. It can be concluded that many public transport companies show their commitment to engage with own production of renewable energy. But there is a lack of know-how for implementation and more support would be appreciated. The economic feasibility of projects is named as the largest barrier for a realisation of existing potentials.

An estimation of potentials in the renewable heat sector, based mostly on existing potential studies, shows a technical potential of 133 GWh/a. Under the present frame conditions 99 GWh/a are economically feasible. The bulk part belongs to the usage of wood waste from railroad tie and own forest and the substitution of fossil fuels by heat pumps in the building sector.

In the sector of renewable electricity for four applications³ only a theoretical potential of overall 242 GWh/a could be determined. If marshalling yards and rail surfaces including adjacent green areas could be used for photovoltaic production in future (Visions Solar Electricity), the theoretical potential would increase to 1'000 GWh/a. The technical potential of all other applications adds up to 202 GWh/a. Under current frame conditions 132 GWh/a of this potential can be realised economically, mainly wind energy, small hydropower, a planned wood fired power station and solar electricity on workshops, storages and depots.

The total energy consumption of public traffic is approx. 4 TWh/a. 50% or 2 TWh/a of it are already covered by renewable energies today. With a theoretical and technical potential of renewable heat and electricity totally amounting to 1.34 TWh/a as identified by this study, $\frac{2}{3}$ of the actual energy consumption of the public transport sector could be covered. This is without taking into account the potential of energy efficiency measures.

Within the scope of this study 19 measures to support the implementation of projects are proposed. They range from establishing a drop-in and specialist center, an event and exchange platform to financial support for energy concepts and pilot projects as well as labels and certificates for exemplary public transport companies.

³ Wind Energy at top stations, Solar Electricity on noise protection walls, Park&Ride and maintenance area canopies

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Résumé	4
Abstract	5
Glossar und Abkürzungen.....	7
1 Einleitung und Ziele der Studie	8
1.1 Ausgangslage.....	8
1.2 Die Ziele	8
2 Bestandesaufnahme Status Quo	9
2.2 Bestehende Studien und Strategien	10
2.3 Qualitative Befragung.....	11
2.4 Quantitative Datenerhebung	19
3 Technologien und ihre Potenziale	25
3.1 Wärme	25
3.2 Strom	35
3.3 Konklusion	52
4 Massnahmen: Empfehlungen an das BAV	53
5 Anhang	56
5.1 Auswertung Experteninterviews mit den Verbänden	56
5.2 Best Practice Beispiele.....	61
5.3 Erläuterungen zu den Massnahmen	65
5.4 Methodik Potenziale	70
5.5 Vorgaben für Standardisierte Potenzialanalyse Erneuerbare Energien für TU	78
5.6 Literaturverzeichnis	80

Glossar und Abkürzungen

Lit.Verz. (Nummer)	Verweis auf Literaturverzeichnis
AGr EE	Arbeitsgruppe Energieeffizienz SBS
ASTRA	Bundesamt für Strassen
BAV	Bundesamt für Verkehr
Best Practice	Erfolgsmodell
BFE	Bundesamt für Energie
BOGG	Busbetrieb Olten Gösgen Gäu
BR	Bundesrat
CO ₂ -Reduktion	Reduktion der Treibhausgase zum Klimaschutz
EIV	Einmalvergütung, Förderinstrument des Bundes zur Beteiligung an den Investitionskosten von kleinen Solarstromanlagen
ESöV 2050	Energiestrategie 2050 im öffentlichen Verkehr
FHNW	Fachhochschule Nordwestschweiz
GWh/a	Gigawattstunden pro Jahr: jährlich produzierte oder verbrauchte Energiemenge Wärme oder Strom
KBOB	Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren
KG-VBE	Koordinationsgruppe Energie-Vorbild Bund
KEV	Kostendeckende Einspeisevergütung, Förderinstrument des Bundes zur Vergütung von ins Netz eingespeistem erneuerbaren Strom
kW _p	Kilowatt peak: Angabe der installierten Leistung von Solarstromanlagen
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PAG	Postauto AG
PV	Photovoltaik → Solarstrom
PVA	Photovoltaik-Anlage → Solarstromanlage
RBS	Regionalverkehr Bern-Solothurn
SBS	Verband Seilbahnen Schweiz
TU	Transportunternehmen
VCS	Verkehrsclub Schweiz
zhaw	Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften
50Hz-Netz	Öffentliches Stromnetz in der Schweiz

1 Einleitung und Ziele der Studie

1.1 Ausgangslage

1.1.1 Energiestrategie 2050 im öffentlichen Verkehr

Der ÖV, der rund 1.5% des schweizerischen Gesamtenergieverbrauchs ausmacht, war bislang von konkreten Zielsetzungen zur Energieproduktion und Effizienzsteigerung ausgenommen. Eine Ausnahme sind die beiden bundesnahen Unternehmen SBB und die Schweizerische Post, welche sich als Teil der Koordinationsgruppe Vorbildfunktion Bund im Energiebereich (KG-VBE) bis 2020 eine Energieeffizienzsteigerung von 25% vorgenommen haben. Die SBB und die Post haben bis 2014 bereits eine Energieeffizienzsteigerung von 16% resp. 20% (Basisjahr 2006) erreicht. Der Anteil erneuerbarer Energien an ihrem Verbrauch lag 2014 bei 74% (SBB) resp. 18% (Post).

Der Bundesrat hat diese Lücke erkannt und deshalb das BAV beauftragt, die Energiestrategie 2050 im öffentlichen Verkehr (ESöV 2050) auszuarbeiten. Grundsätzlich hat das BAV drei Arbeitsbereiche definiert, welche schwerpunktmässig bearbeitet werden sollen:

- Grundsätze: Anreize und Verpflichtungen schaffen
- Information und Kommunikation: Austausch fördern
- Praxis : Förderung des technisch-betrieblichen Fortschritts (insbesondere durch Förderung von Forschungs- und Pilotprojekten)

1.1.2 Bestehende Arbeiten TU und KG-VBE

Neben den beiden bundesnahen Unternehmen, SBB und Schweizerische Post, sind weitere TU (Bahn- und Schifffahrtsgesellschaften, städtische Verkehrsbetriebe und verschiedene Seilbahnen) im Bereich der Produktion und Nutzung erneuerbarer Energien aktiv. Einige TU werden bereits heute zu einem hohen Anteil mit erneuerbarer Energie (meist Strom) versorgt.

Diese Projekte sind nicht einheitlich, sondern unternehmensspezifisch ausgestaltet und bearbeitet worden und es fehlt deshalb eine Übersicht.

Die Mitglieder der KG-VBE erarbeiten gegenwärtig Potenzialanalysen zur Produktion und Nutzung von erneuerbarer Energie im Bereich Wärme und im Bereich Strom. In der KG-VBE sind von den TU die SBB und die Post vertreten, welche die entsprechenden Arbeiten bereits an die Hand genommen haben.

Die in diesen Arbeiten ermittelten Potenziale wurden in die vorliegende Studie integriert. Die Zahlen der SBB dienen in einigen Fällen als Basis für Hochrechnungen. Die Daten der Post konnten nicht verwendet werden, da sie summarisch für den ganzen Konzern und nicht nur für den Bereich der Postauto AG erhoben wurden.

1.2 Die Ziele

Ziel dieser Studie ist es unter anderem die Interessen und Bedürfnisse der TU besser zu kennen. Mit einer (nicht abschliessenden) Bestandsaufnahme soll mehr Klarheit über bestehende Massnahmen und Projekte der TU geschaffen werden.

Die Potenzialanalyse soll aufzeigen in welchen Bereichen zusammengefasst über den ganzen öffentlichen Verkehr die wichtigsten Potenziale zur Produktion erneuerbarer Energie aus eigenen Ressourcen liegen. Daraus werden Massnahmenvorschläge zur Umsetzung durch das BAV abgeleitet.

2 Bestandesaufnahme Status Quo

Um die Unterstützung durch das BAV zielorientiert und bedarfsgerecht ausgestalten zu können, soll eine Übersicht über den Stand der Arbeiten, Auswertungen, Realisierungen, Lücken, Hemmnisse, Bedürfnisse und Unterstützungsbedarf bei den TU erstellt werden.

Um nebst der Literaturrecherche weitere Grundlageninformationen zu erhalten wurden Experteninterviews, eine Online-Umfrage und eine Datenerhebung durchgeführt.

2.1.1 Vorgehen und Methodik

Experteninterviews mit den Verbänden

Es wurden qualitative leitfadengestützte Experteninterviews durchgeführt um Informationen über die Produktion von erneuerbaren Energien bei TU zu gewinnen. Die Auswahl der Experten wurde in Abstimmung mit dem BAV getroffen. Ziel war VertreterInnen der wichtigsten Verbände zu befragen. Es wurden fünf VertreterInnen von Verbänden telefonisch zum Thema Potenzial für die Produktion erneuerbarer Energien bei TU befragt. Der Leitfaden war in folgende Themen gegliedert: Motivation, Studien, Aktivitäten und Massnahmen, Technologien.

Um möglichst viele Informationen zu erhalten entschied man sich für einen Leitfaden mit offenen Fragen. Die Antworten wurden in ein Raster abgefüllt bzw. die den einzelnen Fragekategorien zugeordnet, damit die Aussagekraft der Ergebnisse klar und gross ist. Die Ergebnisse dienen unter anderem dazu, die Online-Umfrage für die TU erstellen zu können.

Da die Interviewaussagen der Experten bei der Auswertung anonymisiert wurden, werden keine Angaben über die Namen der ausgewählten Experten gemacht.

Online-Umfrage mit den Transportunternehmungen

Um Informationen von möglichst vielen TU zu erhalten, wurde ein Online-Fragebogen erstellt. Damit die Stichprobe entsprechend gross ausfiel, wurden alle TU, die in der Datenbank des BAV vorhanden sind, angeschrieben und gebeten an der Umfrage teilzunehmen.

Es handelte sich bei der Umfrage um einen standardisierten Fragebogen bei welchem die Befragten zwischen vorgegebenen Antworten auswählen konnten. Es gab nur wenige offene Fragen.

Die Themen waren dieselben, wie bei den Experteninterviews. Je nach Antwort wurden die TU entsprechend weitergeleitet. Die Fragenverzweigungslogik, erlaubt je nach Antwort vertiefter nachzufragen oder zum nächsten Thema überzuleiten.

Datenerhebung

Nebst den qualitativen Ergebnissen aus den Experteninterviews und der Online-Umfrage war das Ziel konkrete Daten zu erheben um eine Potentialabschätzung durchführen zu können. Dazu wurden unter anderem Stromkosten und Flächen von Gebäuden und Infrastrukturanlagen mit einem standardisierten Formular erfragt.

2.2 Bestehende Studien und Strategien

2.2.1 KG-VBE

Im Rahmen der KG-VBE hat Weisskopf&Partner für Skyguide 2015 eine Musterpotenzialanalyse ^{Lit.Verz. (1)} erstellt. Darin werden objektbezogen für die zwei grössten Objekte im Bereich Wärme die Potenziale für Solarthermie, Holzfeuerungen, weitere Biomasse, Biogas, Substitution Erdgas zu Biogas, Umweltwärme (Wärmepumpen), - Nah-/Fernwärmeanschlüsse und Abwärmenutzung betrachtet (Bottom-Up). Im Bereich Strom sind es die Potenziale Photovoltaik, Wasserkraft, Windenergie (Grossanlagen >50 kW_p) und Biomasse. Betrachtet werden die technischen und wirtschaftlichen Potenziale.

Weiter wurden verschiedene vertrauliche Studien zu den Potenzialen einzelner Energieträger von den SBB zur Verfügung gestellt⁴. Resultate daraus werden in den Kapiteln 3.1 und 3.2 unter den einzelnen Energieträgern und Anwendungen beschrieben.

Die Post als Gesamtunternehmen hat 2015 intern eine Potenzialanalyse Erneuerbare Energie ^{Lit.Verz. (2)} erstellt. Diese betrachtet nur theoretische Potenziale und gibt keinen Aufschluss über die verschiedenen Betriebszweige (z.B. Postauto als TU). Es wird ein theoretisches Potenzial für Wärme und Strom, inkl. Substitution von 47,5 GWh/a angegeben.

2.2.2 Verband Seilbahnen Schweiz

Der Verband Seilbahnen Schweiz SBS hat 2010 ein "*Handbuch Energiemanagement Bergbahnen*" ^{Lit.Verz. (3)} herausgegeben. Darin werden strukturiert nach Themen energierelevante Massnahmen erläutert. Im Kapitel "Energieproduktion sind neben Energierückgewinnung durch Rekuperation und Abwärme auch die Produktion Wasserkraft, Solarstrom, Solarwärme, Windenergie und Erdwärme behandelt.

2.2.3 Transportunternehmen

Verschiedene Transportunternehmen haben ihre eigenen Strategiepapiere und Studien zur Verfügung gestellt. Im Folgenden eine kurze Zusammenfassung.

RBS Regionalverkehr Bern Solothurn

In einem internen Strategiepapier ^{Lit.Verz. (4)} werden die in der Unternehmensstrategie 2012 -2018 formulierten Selbstverpflichtungen konkretisiert. Dazu gehören:

1. Verringerung des Energieverbrauchs, Energieeffizienzsteigerung
2. Umstieg Energieträger, Erhöhung Anteil erneuerbarer Energieträger
3. CO₂-Reduktion, nicht eliminierbare Emissionen können durch den Kauf von Zertifikaten kompensiert werden.

In einer Medienmitteilung vom 22.2.2016 ^{Lit.Verz. (5)} gibt RBS an, dass ab 2016 der Traktionsstrom zu 100% aus erneuerbaren Energien bezogen wird.

Stanserhornbahn

Die Stanserhornbahnen habe eine umfassende Energiestudie ^{Lit.Verz. (6)} mit Bestandesaufnahme, Quantifizierung der Potenziale, Massnahmen und Empfehlungen erstellen lassen. Dabei werden die Themen Energieeffizienz und Produktion erneuerbarer Energien gesamtheitlich betrachtet. Massnahmen im Bereich Betriebsoptimierung, Effizienzsteigerung durch technische und betriebliche Massnahmen und die Erhöhung der Produktion erneuerbarer Energien geben konkrete Handlungsanweisungen.

⁴ Die Potenzialstudien der SBB wurden weitgehend als Basis für die Hochrechnung auf den ganzen ÖV-Sektor verwendet.

Weisse Arena AG Flims/Laax: Greenstyle

Die Weisse Arena verfolgt eine sehr ambitionierte Nachhaltigkeitsstrategie, die unter der Marke Greenstyle (7) vermarktet wird. Ziel ist eine 100% nachhaltige Selbstversorgung. Unter dem Titel "finding infinity" ^{Lit.Verz.} (8) besteht ein Energiekonzept mit Bestandesaufnahme, Potenzialanalyse und zeitlich definierten Massnahmen. Ziel ist die 100% Eigenversorgung mit Strom und Wärme.

BOGG Busbetrieb Olten Gösigen Gäu: Photovoltaik auf Depot Wangen

Der Busbetrieb Olten Gösigen Gäu BOGG hat 2013 für seine Betriebszentrale mit Depot in Wangen eine Machbarkeitsstudie ^{Lit.Verz.} (9) für Solarstromanlagen auf dem Flachdach und dem Werkhofgelände erstellt. Dabei wurde eine Anlagengrösse von 415kW_p für die Flachdächer und 615kW_p für die Freiflächen (mit SolarWings, einer früheren Variante des Solarfaltdaches) ermittelt. Für die Flachdächer wurden damals Stromgestehungskosten von 0.20 Fr./kWh, für die Variante Solarwings von 0.36 Rp/kWh. Berechnet. Das Projekt wurde bis heute nicht umgesetzt.

BLS: Solarpotenzialkataster

Die BLS liess 2013 von Meteotest eine Potenzialstudie zur Eignung ihrer Dächer für Solarstrom erstellen ^{Lit.Verz.} (10). Es wurden 290 Dächer analysiert. 64% davon weisen hohe Sonneneinstrahlung auf. Eine Aufteilung in Verwaltungsgebäude und Werkstätten, Depots und Lager wurde nicht gemacht. Hingegen ist eine Aufteilung in Schräg- und Flachdächer und in Grössen Kategorien vorhanden.

Aufgrund der Auswertung wurden 11 Dachflächen mit hohem technischen Potenzial ausgewählt und detailliert beschrieben. Ein wirtschaftliches Potenzial wurde nicht angegeben.

Kriterien:

- Fläche > 350 m² → PV-Anlage > 50 kW_p
- Mittlere Einstrahlung > 1'200 kWh/m²/Jahr

2.3 Qualitative Befragung

2.3.1 Experteninterviews mit den Verbänden

Generell kann zusammengefasst werden, dass die Fachverbände, entgegen der Meinung der TU, der Ansicht sind, dass im Bereich Produktion erneuerbarer Energien nur wenige Aktivitäten (Potenzialanalysen oder Projekte) laufen. Die detaillierte Auswertung der Experteninterviews befindet sich im Anhang 5.1 (siehe Seite 56).

2.3.2 Online-Umfrage bei den Transportunternehmungen

Um von den TU direkt zu erfahren, was sie im Bereich Produktion erneuerbarer Energien unternehmen, wurden sie zur Teilnahme an einer Online-Umfrage eingeladen. Nebst der Umfrage wurden sie gebeten ein Datenblatt mit Kennzahlen zu Gebäuden und Energie auszufüllen.

334 TU wurden angeschrieben, 112 Antworten sind eingegangen, davon waren 100 Antworten verwendbar.⁵ Dies entspricht einer erfreulichen Rücklaufquote von rund 30%.

Kategorie

Die ersten Fragen dienten zur administrativen Erfassung und Einordnung der TU. Die meisten TU, welche mitgemacht haben, zählen unter anderem zur Kategorie Autobus (Mehrfachantworten waren zugelassen). Dicht gefolgt von den Seilbahnen und den Eisenbahnen. Dies ist nicht sehr erstaunlich, da es in diesen Katego-

⁵ 12 Antworten waren fehlerhaft, z.T. mehrfach Teilnahmen der gleichen Person etc.

rien viele Anbieter hat und am meisten Adressen/Kontaktpersonen in der Datenbank verfügbar waren.

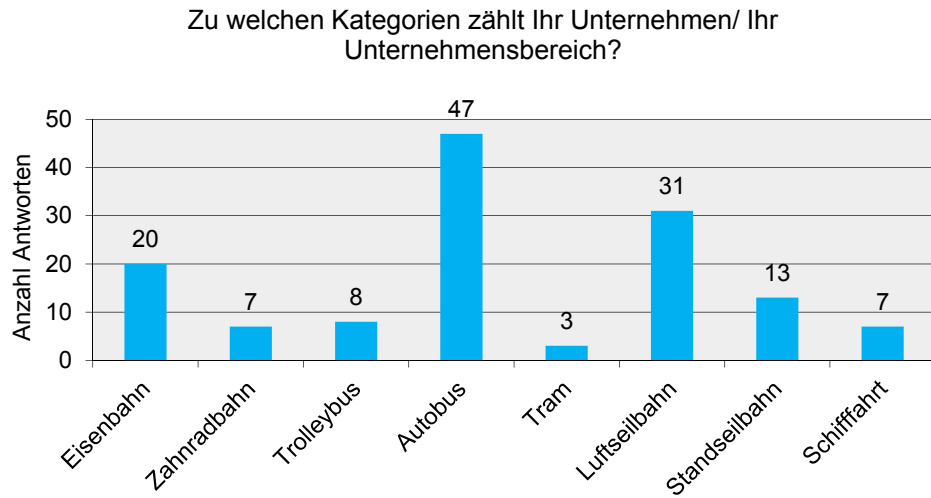


Abbildung 1: Kategorie/Sektor der TU

"Bewusstsein"

Als nächstes wurde ermittelt, inwiefern sich die TU mit dem Thema erneuerbare Energien bzw. der Produktion von erneuerbaren Energien auseinandersetzen. Über die Hälfte der TU befasst sich mit dem Thema. Anhand der Antworten wurden die TU gemäss der Verzweigungslogik in der Umfrage weitergeleitet. Diejenigen TU, welche sich mit dem Thema erneuerbare Energie befassen wurden vertieft befragt zur Organisation, den Zielen, der Strategie und Projekten. Die anderen TU gelangten direkt zur Frage nach den Anreizfaktoren (vgl. Abbildung 8).

Organisation und Strategie

Die meisten TU gaben an, dass die Thematik (erneuerbare) Energie auf Stufe Geschäftsführung und Geschäftsleitung angesiedelt ist. Zum Teil auch im technischen Bereich der Unternehmung.

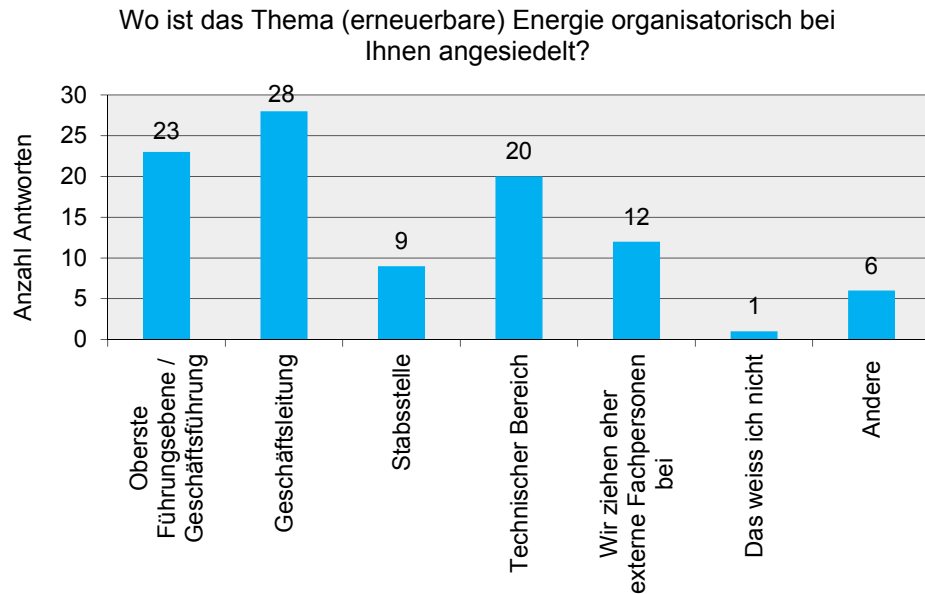


Abbildung 2: Organisation

Zielsetzungen seitens Bestellern/Aktionären/Eignern bezüglich der Produktion von erneuerbaren Energien müssen die wenigsten TU erreichen. Lediglich 12 TU gaben an, dass Sie "externe" Ziele erreichen müssen. Die Ziele sind sowohl qualitativer als auch quantitativer Natur und stehen zum Teil im Zusammenhang mit der Energiestrategie des Bundes.

19 TU haben eine eigene Strategie zur Produktion von erneuerbaren Energien, dabei werden grösstenteils konkrete qualitative Ziele verfolgt. 5 der 19 TU gaben an quantitative Ziele zu verfolgen.

Aktivitäten

Es gibt diverse übergeordnete Aktivitäten, welche die Produktion erneuerbarer Energien vorantreiben. Diese sind jedoch nicht bei allen TU bekannt. Die bekanntesten Aktivitäten sind Wissens- und Erfahrungsaustausche sowie Fachveranstaltungen. Diese Angabe deckt sich mit den Antworten von den VertreterInnen der Verbände (vgl. Abbildung 29)

Kennen Sie übergeordnete, koordinierte Aktivitäten (d.h. über mehrere TU), welche die Produktion von erneuerbaren Energien unterstützen und vorantreiben?

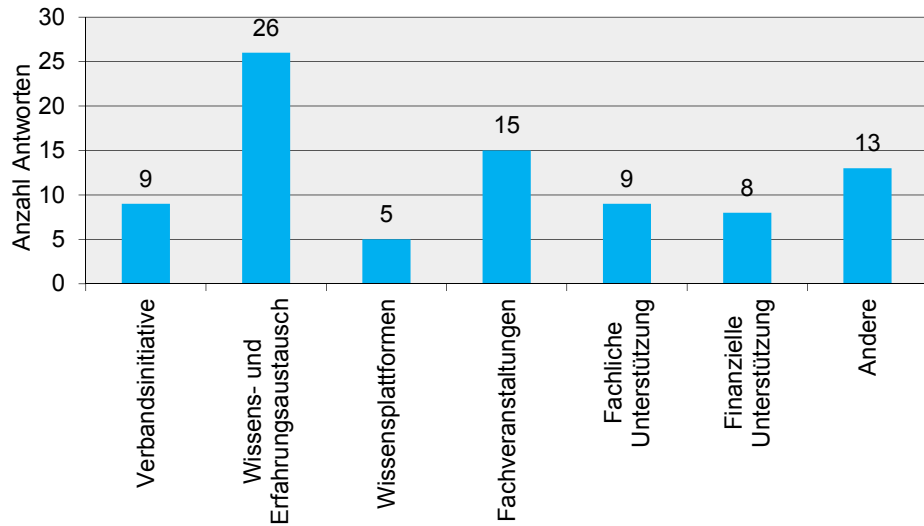


Abbildung 3: Übergeordnetet Aktivitäten

Potenzialanalysen

Nur einzelne TU haben Potenzialanalysen zur Produktion von erneuerbaren Energien durchgeführt.

Haben Sie bereits Potenzialanalysen zur Produktion von erneuerbaren Energien durchgeführt? Oder ist die Erarbeitung von Analysen im Gang?

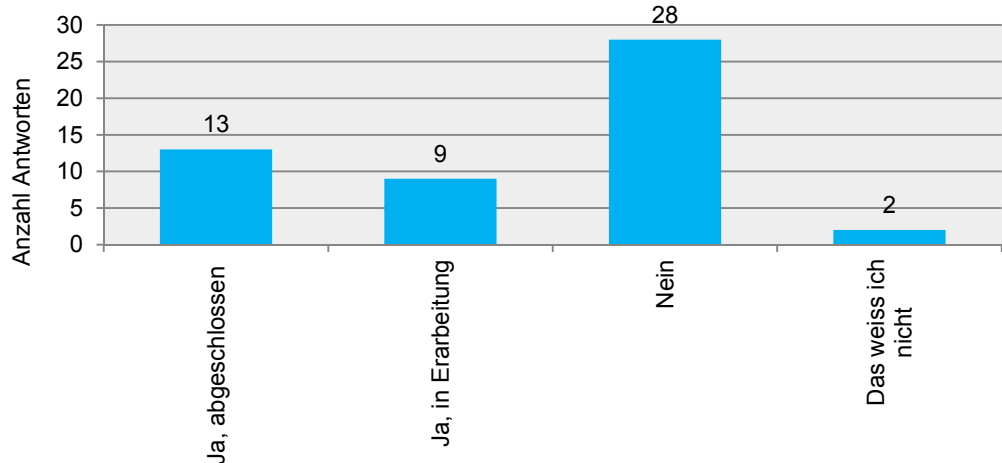


Abbildung 4: aktueller Stand Potenzialanalysen

Die meist genannte erfasste Potenzialart, welche ermittelt wurde ist das theoretische Potenzial. Dies verdeutlicht, dass Potenzialstudien für die Produktion von erneuerbaren Energien bei den TU noch am Anfang stehen. Am häufigsten wurde das Potenzial für die Produktion von Strom mittels Photovoltaikanlagen erfasst.

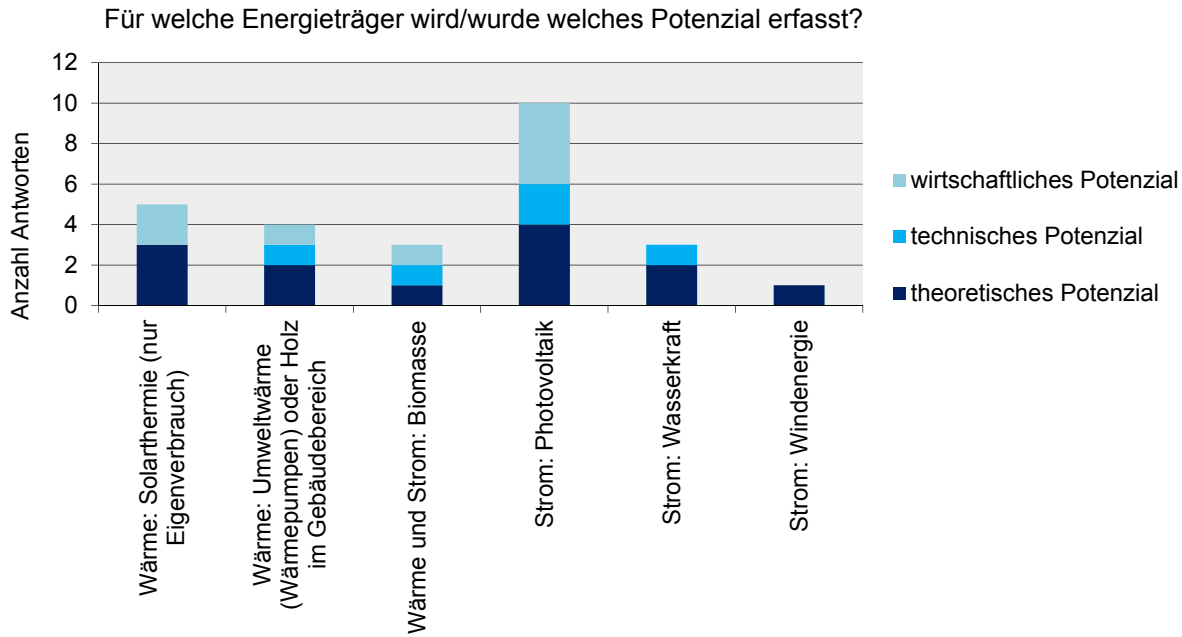


Abbildung 5: erfasste Potenzialart für Energieträger

Projekte

Rund 10 TU haben diverse Projekte, wie Machbarkeitsstudien, Projektplanungen oder die Erstellung von Anlagen in den letzten Jahren umgesetzt. Auch hier (vgl. Abbildung 6) zeigt sich, dass am meisten Projekte im Bereich PV umgesetzt worden sind. 7 TU geben an, dass die Anlagen ihrem Unternehmen gehören. Die Anlagen wurden grösstenteils eigenfinanziert und die vor Ort produzierte Energie wird meistens selber genutzt. Die Hälfte der realisierten Anlagen profitieren von der KEV oder ist auf der KEV-Warteliste.

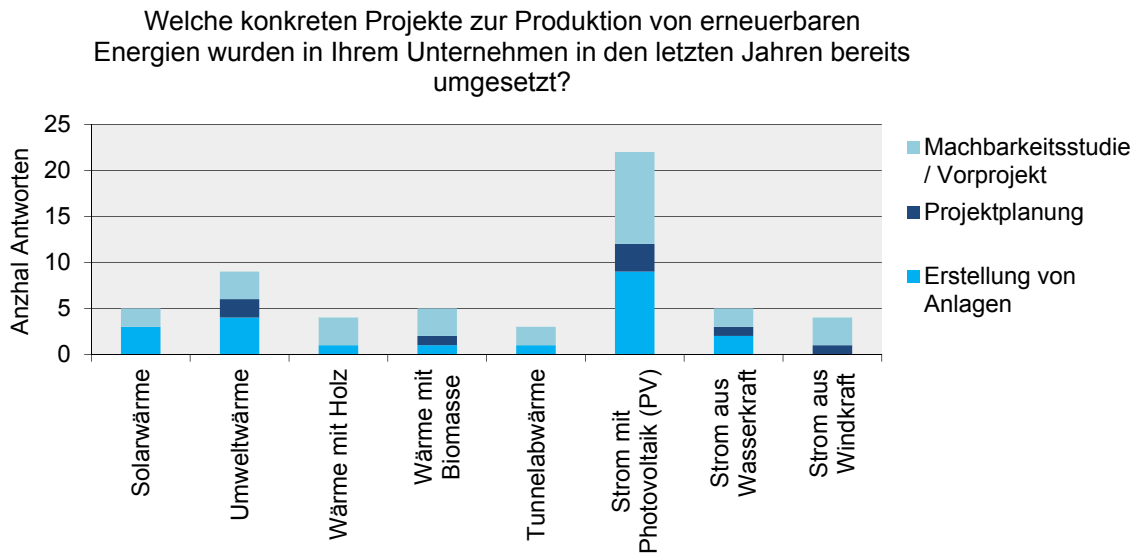


Abbildung 6: Umgesetzte Projekte

Die ermittelten Potenziale wurden grösstenteils noch nicht ausgeschöpft (vgl. Abbildung 7). Mögliche Gründe dafür liefern die nachfolgenden Fragen zu Anreizfaktoren, Hemmnissen und Erfolgsfaktoren (vgl. Abbildung 8bis Abbildung 10).

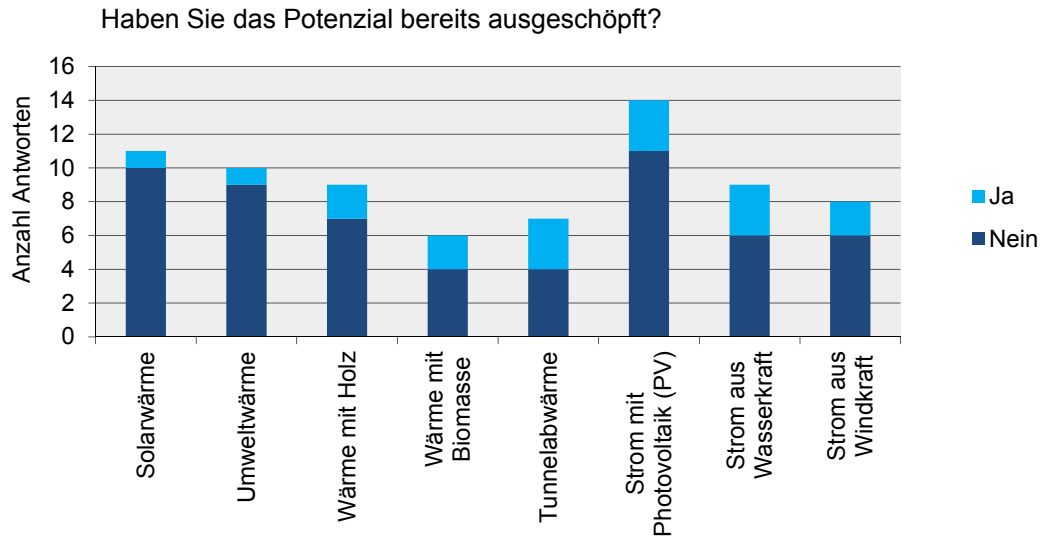


Abbildung 7: ausgeschöpfte Potenziale

Anreizfaktoren

Gemäss den TU sind die wichtigsten Anreizfaktoren um Anlagen zur Produktion erneuerbarer Energien zu erstellen Image, Finanzielle Anreize und Vorbildfunktion. Des Weiteren wurden das Bekenntnis zur Zertifizierung ISO 14001 und der Umweltschutz als Anreizfaktoren genannt.

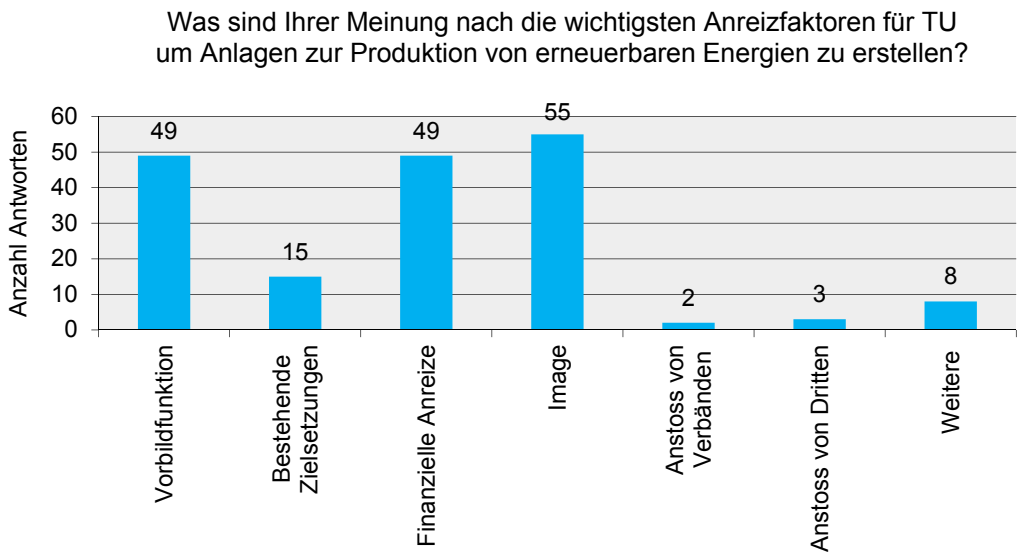


Abbildung 8: Anreizfaktoren für die Erstellung von Anlagen

Erfolgsfaktoren und Hemmnisse

Nebst den Anreizen braucht es weitere Faktoren, damit Projekte erfolgreich umgesetzt werden können. Einer der wichtigsten Faktoren ist die Wirtschaftlichkeit. Neben der Wirtschaftlichkeit sind die finanzielle Unterstützung für die Umsetzung und einfache Bewilligungsverfahren entscheidend (vgl. Abbildung 9).

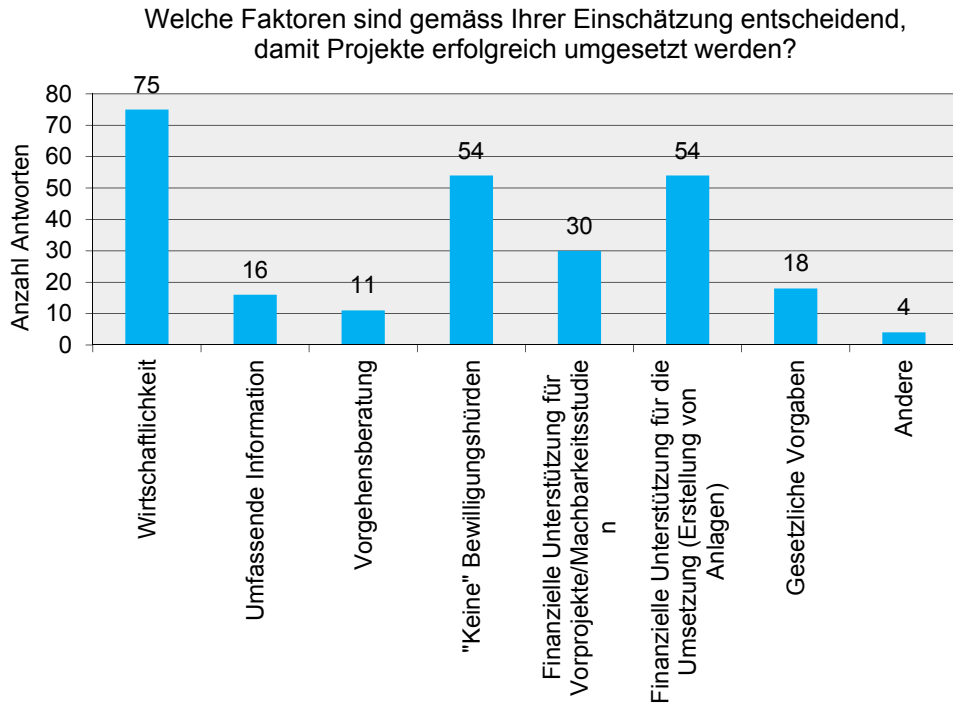


Abbildung 9: Faktoren für eine erfolgreiche Projektumsetzung

Die Hemmnisse, welche einer erfolgreichen Projektumsetzung im Weg stehen sind mangelnde Wirtschaftlichkeit, fehlende finanzielle Mittel und weil das Thema nicht im Bereich der Kernkompetenz liegt.

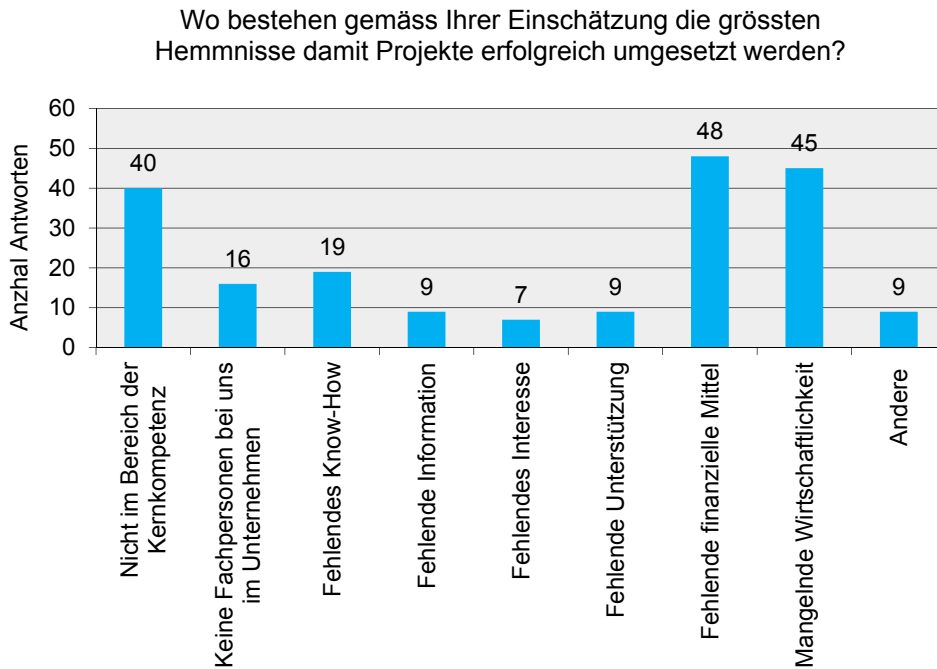


Abbildung 10: Hemmnisse für Projektumsetzung

Handlungsbedarf und Unterstützung

Eine Möglichkeit um die Produktion erneuerbarer Energie voranzutreiben ist die technische Entwicklung zu fördern. Pilotanlagen sowie Forschung und Entwicklung sind ein Instrument dafür. Insbesondere bei Pilotanlagen sehen die TU Handlungsbedarf. 44 TU gaben an, dass sie sich für die Umsetzung von Pilot- und Demonstrationsanlagen interessieren.

Für das BAV von grossem Interesse ist zu Wissen welche Unterstützung sich die TU wünschen. Deshalb wurde in der Umfrage ermittelt welche Form von Unterstützung durch das BAV sinnvoll und erwünscht ist (vgl. Abbildung 11). Finanzierungsbeihilfen wurden am häufigsten angekreuzt. Finanzielle Unterstützung seitens BAV würden die TU begrüssen. Auch weitere Unterstützungsformen wie Informations- und Wissenstransfer oder kostenlose Beratung scheinen sinnvoll und erwünscht.

Bei der Frage nach konkreten Unterstützungsangeboten haben einige TU angegeben, dass die Koordination mit dem BFE sinnvoll wäre und darauf hingewiesen, dass das Thema erneuerbare Energien eher beim BFE erwartet wird. Eine weitere Bemerkung lautete, dass nachhaltig produzierte Energie (Biogas, elektrische Energie) vom Treibstoffzoll oder anderen Abgaben befreit werden sollte.

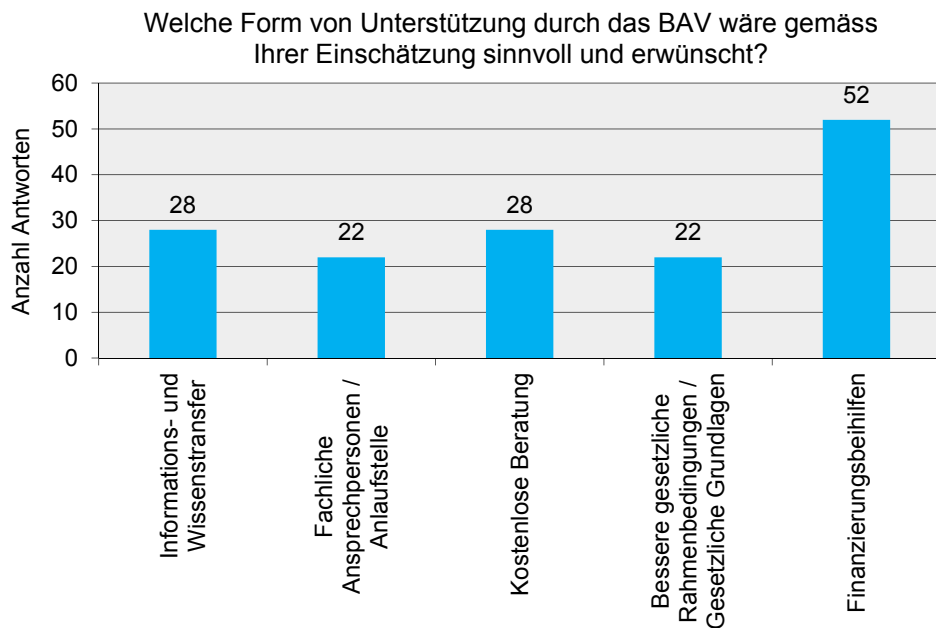


Abbildung 11: Unterstützung durch das BAV

26 TU bekundeten Interesse an der Teilnahme an einem Workshop zur "Ausarbeitung von konkreten Unterstützungsangeboten für Transportunternehmen" mit anderen TU und Vertretern des BAV.

2.3.3 Konklusion zur qualitativen Befragung

Engagement vorhanden

Das Interesse und der Wille sich mit dem Thema Produktion von erneuerbaren Energien auseinanderzusetzen sind da. Dies zeigt auch die grosse Rücklaufquote der Online-Umfrage.

Das Wissen fehlt

Aktuell haben erst wenige TU (oft nur die Grossen) Potenzialanalysen und Anlagen erstellt. Dass nicht mehr Potenzialanalysen durchgeführt werden liegt unter anderem an den fehlenden Ressourcen (finanziell und personell) und daran, dass das Thema nicht in der Kernkompetenz der TU liegt. Das Wissen fehlt.

Wirtschaftlichkeit als Fragezeichen

Einer der wichtigsten Faktoren ist die mangelnde Wirtschaftlichkeit. Dies ist sicher ein Grund dafür, dass nur wenige Anlagen realisiert werden.

Unterstützung begrüsst

Das BAV kann mit finanziellen Beihilfen (Unterstützung Pilotanlagen, Subventionen) und Wissenstransfer (Beratung, Information) die TU sinnvoll unterstützen.

2.4 Quantitative Datenerhebung

Ziel der der Datenerhebung war, für eine Potenzialabschätzung dienliche Zahlen zu erheben, die ohne allzu grossen Aufwand bei den TU vorhanden sein sollten. Es ging dabei in erster Linie um die Abfrage von Stromkosten und Flächen von Gebäuden und Infrastrukturanlagen.

Da nicht alle gewünschten Angaben auf alle TU zutreffen, wurden diese in 4 Sektoren eingeteilt:

- Eisenbahn (inkl. Zahnradbahnen)
- Bus und Tram (öffentlicher Strassenverkehr)
- Seilbahnen (inkl. Standseilbahnen)
- Schifffahrt

Die Anfrage ging an alle 334 TU, die zur Online-Befragung eingeladen wurden. Insgesamt 61 Datenblätter sind eingegangen, mit folgender Verteilung:

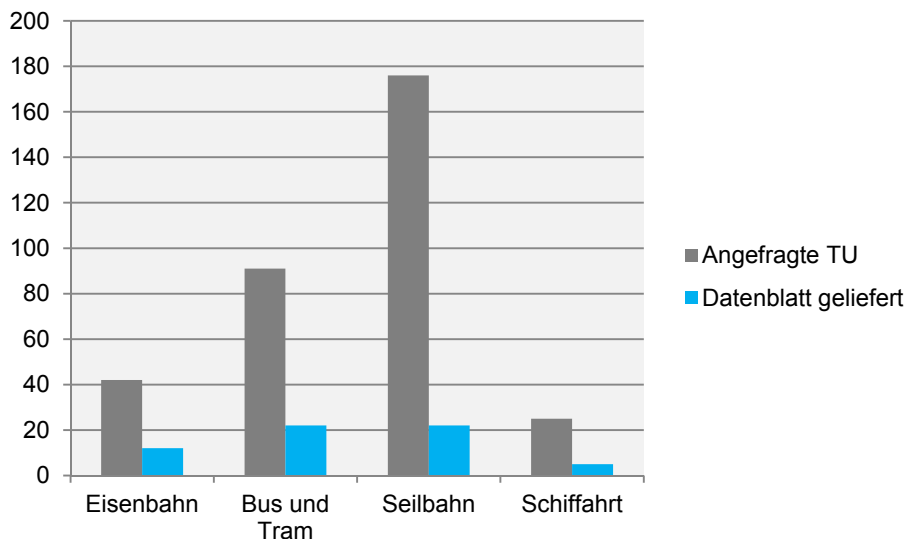


Abbildung 12: Rücklauf Datenblätter

Bezogen auf die Grösse der TU, auf Basis der Vollzeitstellen, sind 73% in der Datenumfrage vertreten.

Es wurde bereits in der Anfrage zur Teilnahme darauf hingewiesen, dass auch unvollständig ausgefüllte Datenblätter eingereicht werden dürfen, um zu verhindern, dass gar keine Datenblätter abgegeben werden. Es war deshalb abzusehen, dass die Angaben in den Datenblättern sehr lückenhaft sein würden. Dies

betraff nicht nur die kleinen TU sondern auch die grossen TU mit über 1000 Vollzeitstellen. Die Auswertungen der Daten sind aus diesem Grund mit teilweise grossen Lücken und Standardabweichungen versehen.

2.4.1 Stromkosten

Interessiert haben im Hinblick auf das wirtschaftliche Potenzial erneuerbarer Stromproduktion die Stromkosten des 50Hz-Netzes und des Traktionsstroms. Die TU mussten die energieabhängigen Stromkosten (Energie+ Netznutzung+ Abgaben) ohne Leistungskomponente für 2015 angeben.

Die grossen TU im Eisenbahnbereich, sind in mehreren Kantonen tätig und beziehen ihre Energie aus dem 50Hz-Netz von verschiedenen Stromversorgern zu unterschiedlichen Tarifen. Mit dieser Begründung haben sie darauf verzichtet, Angaben zu ihren Stromkosten zu machen oder nur die Tarife eines Versorgers angegeben, so auch das grösste Schweizer Eisenbahnunternehmen.

Es sind grosse Unterschiede in den Stromkosten festzustellen. Die folgende Grafik zeigt dies auf.

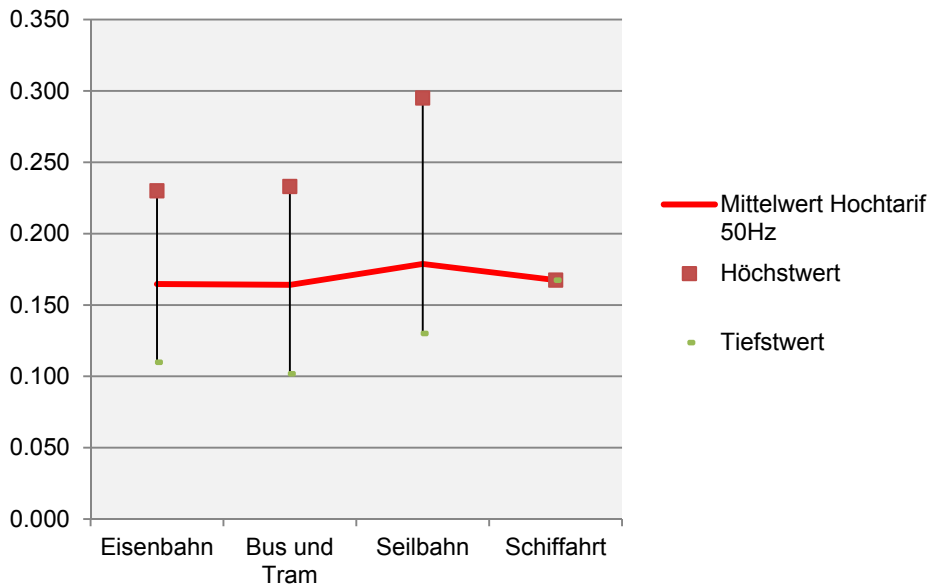


Abbildung 13 Streuung Stromkosten Hochtarif in den verschiedenen Sektoren

Bei den Eisenbahnen waren 17% der Werte in den erhaltenen Datenblättern plausibel und verwertbar. In den anderen Bereichen lag dieser Wert zwischen 4% und 8%. Da die Resultate dieser Erhebung zur Ermittlung des wirtschaftlichen Potenzials von Solarstromanwendungen im Eigenverbrauch dienen, wurde für das 50-Hz-Netz nur den Hochtarif berücksichtigt, da über 70% der Solarstromproduktion in den Hochtarifzeiten anfällt. Der mittlere Strompreis gemäss Datenerhebung beträgt 0.169 Fr./kWh.

Mittlere Stromkosten 50 Hz	0.169	Fr/kWh
-----------------------------------	--------------	---------------

Für den Traktionsstrom ergibt sich folgendes Bild:

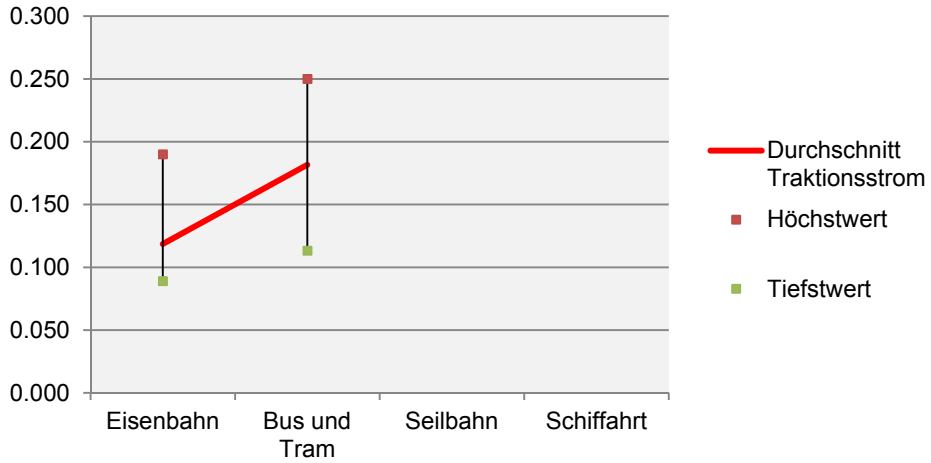


Abbildung 14 Kosten Traktionsstrom aus Datenerhebung

Da im Bereich Seilbahnen die Stromkosten des Traktionsstroms in den meisten Fällen nicht von den allgemeinen Stromkosten abweichen, wurde auf eine separate Erhebung verzichtet.

Den höchsten Bahnstromtarif gibt ein privates TU mit grösstenteils eigener Stromproduktion an. Der Mittelwert für den Sektor Eisenbahn liegt mit 0.119 Fr/kWh in der Nähe des Strompreises gemäss "Verordnung des BAV zur Eisenbahn-Netzzugangsverordnung" Lit.Verz. (11).

Für die weitere Verwendung eines Bahnstromtarifs für wirtschaftliche Potenziale wurde in Absprache mit dem BAV den im "Leistungskatalog Infrastruktur 2017" Lit.Verz. (12) angegebene Tarif von 0.12 Fr./kWh verwendet.

Stromkosten Bahnstrom 16.7 Hz	0.12	Fr/kWh
--------------------------------------	-------------	---------------

2.4.2 Infrastrukturdaten

Als Grundlage zur Abschätzung der verfügbaren Flächen zur Solarstromnutzung wurden verschiedene Infrastrukturflächen abgefragt.

Nur 10% der TU haben Angaben geliefert. Dies mit folgender Verteilung:

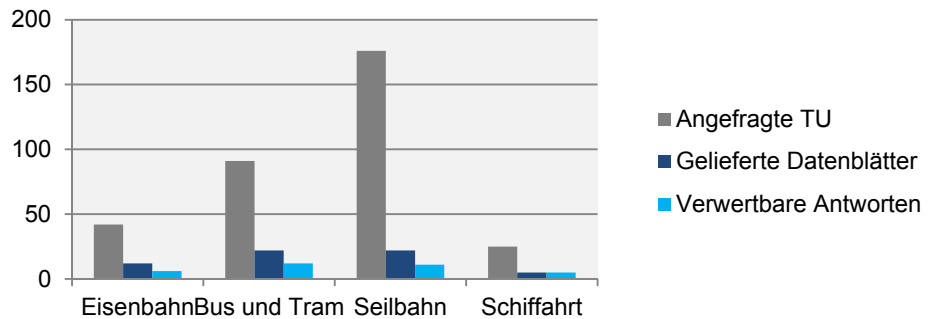


Abbildung 15 Anzahl Antworten zu Gebäudegrundflächen

Grundflächen Verwaltungsgebäude

Es wurden zuerst die Grundflächen der Verwaltungsgebäude der drei grössten TU, die Daten geliefert haben, summiert. Diese beträgt 107'500m². Gewichtet über die Grösse (Anzahl Vollzeitstellen) sind damit bereits 61% der TU abgedeckt. Für die kleineren TU wurde die Grundfläche pro Mitarbeiter aus den verfügbaren Angaben gemittelt und über die Gesamtanzahl Beschäftigte (Grundlage LITRA Verkehrszahlen 2015 Lit.Verz. (13)) hochgerechnet. Der ermittelte Wert von 278'000 m² wird für die Potenzialabschätzung unter 3.2.1 verwendet.

Grundflächen Werkstätten

Viele Antworten waren mit der Bemerkung "grobe Abschätzung" versehen und sind deshalb mit einer gewissen Vorsicht zu verwenden.

Analog zu den Grundflächen der Verwaltungsgebäude wurden die angegebenen Grundflächen der Werkstätten, Lager und Depots pro Kategorie aufsummiert und über die Vollzeitstellen gewichtet. Danach wurden die Gesamtflächen über die Gesamtanzahl Beschäftigte hochgerechnet. Dies ergibt eine Gesamtfläche von ca. 1.5Mio m². Dieser Wert wird für die Potenzialabschätzung unter 3.2.1 weiterverwendet.

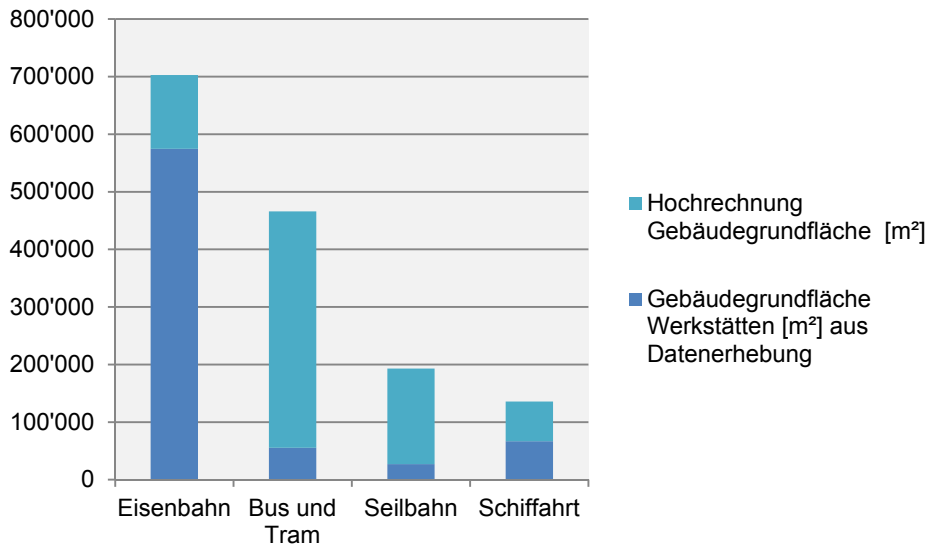


Abbildung 16 Gebäudegrundflächen Werkstätten

Grundflächen Werkhöfe

Analog zur Grundfläche Werkstätten wurden die Grundflächen der Werkhöfe ermittelt. Die Hochrechnung der Werkhofflächen ergibt einen Wert von 1.95Mio m². Dieser Wert wird für die Potenzialabschätzung unter 3.2.1 weiterverwendet.

Anteil Heizung mit fossilen Energieträgern

Es wurde abgefragt, welchen Anteil der Bruttogeschossfläche mit fossilen Energieträgern beheizt wird. Im Folgenden die Mittelwerte in den einzelnen Sektoren.

Anteil Bruttogeschossfläche beheizt mit fossilen Energieträgern (Heizöl/Gas, fossile Fernwärme)

	Eisenbahn	Bus und Tram	Seilbahn	Schifffahrt
Verwaltung	83%	85%	80%	80%
Werkstätten/Lager/Depots	56%	74%	79%	60%

Es besteht ein sehr grosses Potenzial zur Substitution durch erneuerbare Energien. Bei dem Werkstätten/Lager/Depots ist der Wert tiefer, da auch unbeheizte Bruttogeschossflächen mitberücksichtigt wurden.

Waldfläche

Zur Ermittlung der Eigenproduktion Wärme wurde abgefragt, ob die TU im Besitz von Waldflächen sind.

Die SBB verfügt über 1600ha Wald, meist Schutzwald. In den insgesamt 59 ausgewerteten Datenblättern (ohne SBB) geben 6 weitere TU an, Wald zu besitzen, vor allem Eisenbahnunternehmen. Einige TU können ihre Waldfläche aber nicht quantifizieren. Die gesamte angegebene Waldfläche beträgt 276 ha.

Warmwasser für Fahrzeugwäsche

Mit grosser Übereinstimmung geben die TU an, für die Fahrzeugwäsche nur kaltes Wasser zu verwenden.

2.4.3 Bestehende Produktion erneuerbare Energien

Es wurde abgefragt, welche Energiemengen die TU heute bereits selber produzieren. Es ist nicht ausgeschlossen, dass keine Werte angegeben wurden, weil sie nicht bekannt sind, obwohl ein TU über eigene Anlagen zur Produktion verfügt.

Es sind auch Produktionsanlagen bei TU bekannt, die nicht an der Umfrage teilgenommen haben. Deshalb ist diese Übersicht weder abschliessend noch vollständig.

Solarwärme

Da die meisten Solarwärmeanlagebetreiber ihren jährlichen Energieertrag nicht erfassen, wurde die installierte Fläche Solarwärmekollektoren erfragt. Kein TU hat diese Frage beantwortet.

Jährlich produzierter Solarstrom

Insgesamt wird angegeben, dass 2015 rund 1.77GWh Solarstrom produziert wurden. Dabei ist nicht berücksichtigt, dass Dritte auf Dächern von TU Solarstrom produzieren, da die TU diese Produktionsdaten nicht kennen. Die grösste Solarstromproduzentin ist die SBB.

Es ergibt sich aus der Umfrage folgende Verteilung über die Sektoren:

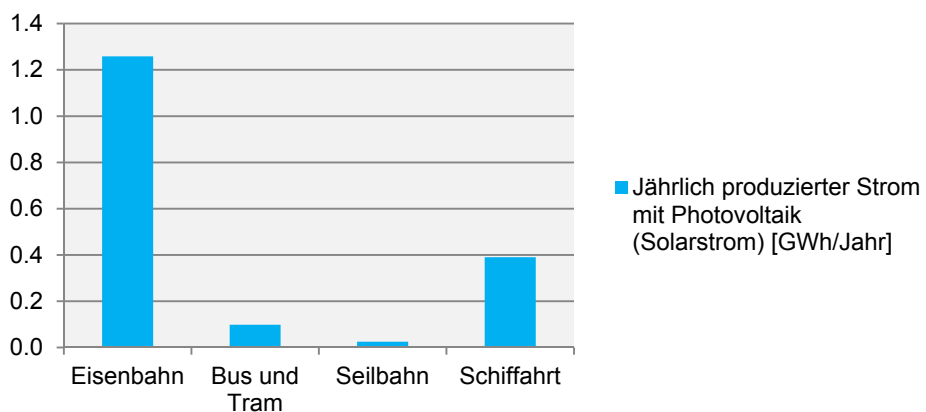


Abbildung 17 Jährlich produzierter Solarstrom

Jährlich produzierter Strom aus Wasserkraft

Der Hauptanteil liegt hier wie bekannt im Sektor Eisenbahn mit der SBB und den Privatbahnen. Ein Seilbahnunternehmen hat ebenfalls eine Produktion aus Wasserkraft von 0.6 GWh/a gemeldet. Die Summe der angegebenen jährliche Produktion aus Wasserkraft beträgt rund 2'000 GWh.

Jährlich produzierter Strom aus Windkraft

Kein TU hat diese Frage beantwortet.

2.4.4 Potenziale

Mit Ausnahme der SBB konnten nur sehr wenige TU ihre Gesamt-Potenziale für die Produktion Erneuerbare Energien angeben. Gewisse Arbeiten zu Teilpotenzialen sind vorhanden (z.B. Solarpotenzialkataster der BLS), ebenfalls einige Machbarkeitsstudien zu konkreten Objekten, eine umfassende Sichtweise über alle Energieträger und Anwendungen fehlt aber weitgehend.

3 Technologien und ihre Potenziale

Pro Energieträger und Technologie sind hier, soweit möglich und sinnvoll, folgende Aspekte aufgeführt⁶:

- aktuelle Situation
- realisierte Projekte⁷
- Potenzialinformationen, soweit verfügbar⁸
- Konkrete Handlungsempfehlungen

3.1 Wärme

3.1.1 Solarwärme

Solare Wärme für die Fahrzeugreinigung

Die Umfrage bei den TU hat ergeben, dass für die Fahrzeugreinigung nur kaltes Wasser verwendet wird, abgesehen von einigen Hochdruckreinigungsanlagen. Es ist kein Potenzial zur Verwendung von Solarwärme zur Erwärmung von Wasser vorhanden.

bisher keine Projekte; keine Potenziale; keine Handlungsempfehlung

Solare Wärme bei der SBB, Brauchwarmwasser

Bei Solarthermie zur Erzeugung von Brauchwarmwasser, ist von zentraler Bedeutung, ob Abnehmer für Warmwasser mit ganzjährig relativ hohem Verbrauch vorhanden sind. Das Potenzial für Solarthermie wurde deshalb nur bei grossen Warmwasserverbrauchern wie Mensen und Restaurants analysiert. Auf die Untersuchung von solarer Heizungsunterstützung wurde verzichtet.

	Potenzialbeschreibung Solarwärme bei der SBB	Techn. [GWh/a]	Wirts. [GWh/a]	
SBB	Das Potenzial für Solarthermie wird bei SBB Bottom-up aus den Massnahmenlisten der bestehenden Zielvereinbarungen (KMU- und Energie-Modell) und den Nachhaltigkeitskonzepten zusammengetragen.	3	0,6	Wärme

Tabelle 1 *Potenzial Solarwärme SBB*

Massnahmen werden innerhalb der KG-VBE diskutiert

⁶ Eine Kurzzusammenfassung zuhanden der TU findet sich in einem separaten Dokument.

⁷ Die detaillierte Beschreibung der Projekte befindet sich im Anhang

⁸ Abhandlung über die Potenzialdefinitionen und Systemgrenzen: siehe Anhang

Solarwärme für Bergrestaurants und Hotels im Besitz von TU

In Bergrestaurants steigt der Verbrauch von Warmwasser bei hoher Belegung und diese ist wetterabhängig. Das Produktionsprofil von Solarwärme zur Warmwasseraufbereitung deckt sich deshalb gut mit dem Verbrauchsprofil. Es besteht zwar eine gewisse Konkurrenz der verfügbaren Solarflächen mit der Solarstromproduktion, eine Solarwärmanlage benötigt aber grundsätzlich 4-5 mal weniger Fläche zur Erbringung desselben Energieertrags. Der Grundsatz "Zuerst so viel Solarwärme wie nötig und dann soviel Solarstrom wie möglich" kann dieses Dilemma entschärfen. Verschiedene Gastronomiebetriebe und Hotels im Besitz von Bergbahnen setzen bereits auf Solarwärme.

Best Practice: CABriO Stanserhornbahn > vgl. Anhang

Best Practice: Plusenergie-Hotel Muottas Muragl > vgl. Anhang

	Potenzialbeschreibung Solarwärme für Bergrestaurants und Hotels	Techn. [GWh/a]	Wirts. [GWh/a]	
Andere TU	Technische oder wirtschaftliche Potenziale konnten nicht ermittelt werden, da Grundlagen zur Anzahl und den Besitzverhältnissen von Restaurants fehlen. Durch die hohen Einstrahlungen auch im Winter sind diese aber grundsätzlich sehr gut geeignet um einen grossen Teil ihres Warmwasser- und Heizbedarfs mittels Solarwärme abzudecken.	n.a.	n.a.	

Tabelle 2 Potenzial Solarwärme Bergrestaurants

Handlungsempfehlung BAV

- Best-Practice Beispiele kommunizieren
- Unterstützung bei der Erarbeitung von umfassenden standardisierten Energiekonzepten (siehe 4 Massnahmen: Empfehlungen an das BAV)
- Potenziale Solarwärme aus standardisierten Potenzialanalysen erheben (siehe 5.5).

Handlungsempfehlung TU

Bei Neu- und Umbauten von Hotels, Restaurants und anderen Anlagen mit hohem Wärmebedarf Solarwärme als Energieträger mitberücksichtigen, auch zur Regeneration von Erdsondenfeldern.

3.1.2 Biomasse

Holz (aus eigenem Wald) für Holzfeuerungen

Die SBB verfügt über 1600ha Wald, meist Schutzwald. Werden 70% dieser Waldfläche⁹ im Rahmen einer nachhaltigen Bewirtschaftung genutzt, errechnet sich ein Wärmepotenzial von 23.9 GWh_{Lit.Verz.} (14). Dies entspricht weitgehend den Potenzialzahlen der SBB für das Potenzial von Holzfeuerungen. Die SBB könnte Ihr Potenzial also weitgehend aus eigenen Wäldern decken.

Die gesamte angegebene Waldfläche der weiteren TU beträgt 276 ha (siehe 2.4).

	Potenzialbeschreibung Holz aus eigenem Wald	Techn. [GWh/a]	Wirts. [GWh/a]	
SBB	Das Potenzial für Holzfeuerung wird bei SBB in einem ersten Schritt Bottom-up aus den Massnahmenlisten der bestehenden Zielvereinbarungen (KMU- und Energie-Modell) und Nachhaltigkeitskonzepte zusammengetragen. Anschliessend wird ausgehend von diesen Potenzialen und dem in Zielvereinbarungen und Nachhaltigkeitskonzepten abgedeckten Energieverbrauch auf das gesamte Potenzial für SBB-Immobilien hochgerechnet.	25	21.3	Wärme
Andere TU	Wenn davon ausgegangen wird, dass 70% der gemeldeten Waldfläche im Besitz von TU energetisch nutzbar ist, ergibt sich ein theoretisches Wärmepotenzial von 4'128 MWh. Dieses entspricht dem technischen Potenzial. Ein wirtschaftliches Potenzial kann hingegen nicht angegeben werden.	4.13		Wärme
	Total	29.13		Wärme

Tabelle 3 *Potenzial Holz aus eigenem Wald*

Handlungsempfehlung BAV

- Potenziale der energetisch nutzbaren Waldflächen aus standardisierten Potenzialanalysen erheben

Handlungsempfehlung TU

- Möglichkeiten zur energetischen Verwertung von Holz aus eigenen Wäldern zur Substitution fossiler Energieträger abklären (falls vorhanden)

⁹ Annahme aufgrund der Tatsache dass es sich vorwiegend um Schutzwald handelt und verschiedene TU angeben, dass die Bewirtschaftung teilweise schwierig bis unmöglich ist.

Holz aus der Verwertung von Bahnschwellen



2014 wurde von Durena im Auftrag der SBB eine Studie zur energetischen Verwertung von Bahnschwellen Lit.Verz. (15) erstellt. Im Bahntechnik-Center Hägendorf fallen jährlich 15'000-18'000t alte Bahnschwellen an. Diese werden heute per Bahn zur energetischen Verwertung nach Schweden transportiert.

Die Machbarkeitsstudie schlägt ein Holzheizkraftwerk am Standort Hägendorf vor. Mittels Dampfturbinenprozess sollen rund 20% des Brennwertes in ca. 9 GWh/a Strom umgesetzt werden. Dier kann "naturemade" zertifiziert oder über die KEV ans Netz abgegeben werden. Ein Heisswasserkessel zur Spitzenabdeckung im Winter und während der Revisionsphase des Dampfkessels im Sommer soll ebenfalls mit Altholz befeuert werden. Die Wärme soll an ein Fernwärmenetz übertragen werden, wo sie in benachbarten Gebieten zur Wärmeversorgung oder auch für Kühl- und Klimaanlage in Industrie und Gewerbe genutzt werden soll. Für die gewählte Lösung wurden Wärmegegostehungskosten von 17 Rp./kWh abgeschätzt, d.h. es handelt sich um ein wirtschaftliches Potenzial.

In der Studie werden vertiefte Wirtschaftlichkeitsanalysen und die Zusammenarbeit mit einem Contractor vorgeschlagen.

	Potenzialbeschreibung Holz aus Bahnschwellen	Techn. [GWh/a]	Wirts. [MWh/a]	
SBB	Werte aus der Machbarkeitsstudie SBB	40 9	40 9	Wärme Strom
Andere TU	Zur Ermittlung des Gesamtpotenzials wurde in der Datenumfrage erhoben, ob alle in der Schweiz anfallenden Bahnschwellen über das BTC Hägendorf entsorgt werden. Verschiedene TU geben an, dass sie ihre Bahnschwellen anderweitig verwerten (teilweise in KVA und über Entsorger). Die Materialflüsse konnten nicht weiter verfolgt werden. Für die Potenzialberechnung wurden die Angaben der SBB über die Schienenkilometer Normal- und Schmalspur hochgerechnet.	23.7 6.2	23.7 6.2	Wärme Strom
	Total	63.7 15.2	63.7 15.2	Wärme Strom

Tabelle 4 *Potenzial Verwertung Bahnschwellen*

Handlungsempfehlung BAV

- Bei SBB-Projektumsetzung die anderen TU darauf aufmerksam machen, dass in der Schweiz eine zentrale energetische Verwertung möglich ist.

Handlungsempfehlung TU

- Bahnschwellen möglichst energetisch verwerten.

Biomasse aus den Fäkalien der Bahnwagen

Fäkalien aus Bahnwagen werden in den Unterhaltsanlagen der jeweiligen Bahnbetreiber abgesaugt und über die öffentliche Kanalisation entsorgt. Die öffentlichen Kläranlagen übernehmen so die energetische Verwertung in ihren Biogasanlagen für Klärschlammverwertung.

Eine Recherche zu Literatur oder Projekten zur direkten Verwertung in Biogasanlagen hat kein Resultat ergeben.

	Potenzialbeschreibung Biomasse aus Fäkalien Bahnwagen	Techn. [GWh/a]	Wirts. [GWh/a]	
	Keine Potenziale vorhanden			

Tabelle 5 *Potenzial Biomasse aus Fäkalien*

Biomasse Grüngut Bahnborde

Entlang der SBB-Bahngleise (Böschungen etc.) fällt in der Schweiz jährlich rund 20'000 m³ Schnitt(grün-)gut an, welches bis heute liegengelassen wird. Bei regelmässigerem Schnitt könnte diese Menge auch erhöht werden.

Eine Studie der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften ZHAW im Auftrag der SBB Lit.Verz. (16) hat 2009 das energetische Potenzial zur Vergärung und Produktion von Biogas untersucht. Eine wichtige Schlussfolgerung ist, dass sich der Grünschnitt, aus den von den SBB und ihren Partnern bewirtschafteten Flächen, für eine Biogasproduktion gut eignet.

Die ökonomische Betrachtung macht aber deutlich, dass der Abtransport und die Verwertung in jedem Fall mit erheblichen Kosten verbunden sind. Als einfachste und derzeit kostengünstigste Variante hat sich die Co-Vergärung in landwirtschaftlichen Betrieben mit bestehenden Biogasanlagen ergeben.

	Potenzialbeschreibung Biomasse Grüngut Bahnborde	Techn. [GWh/a]	Wirts. [MWh/a]	
SBB	Werte aus Studie SBB (experimentell ermittelt, nicht repräsentativ)	1.9 1.44		Wärme Strom
Andere TU	Für eine Abschätzung des Gesamtpotenzials wurden diese Werte über die Schienenkilometer Normal- und Schmalspur linear hochgerechnet.	1.3 1.0		Wärme Strom
	Total	3.2 2.4		Wärme Strom

Tabelle 6 *Potenzial Biomasse Grüngut Bahnborde*

Handlungsempfehlung BAV

- Vorgehensberatung für TU zur energetischen Verwertung von Grüngut unterstützen

Handlungsempfehlung TU

- Eigenes Potenzial zur energetischen Verwertung von Grüngut und Logistik abklären

3.1.3 Umweltwärme

Wärmepumpen zur Beheizung von Gebäuden

Die Technologie zur Beheizung von Gebäuden mittels Erdsonden und Wärmepumpen ist in der Schweiz gut etabliert und bereits ein wichtiger Bestandteil zur Substitution von fossilen Energieträgern. Sie ist grundsätzlich auch auf Verwaltungsgebäude, Bahnhöfe und Betriebsgebäude von TU übertragbar.

Im Zusammenhang mit energetischen Sanierungsmassnahmen am Gebäude (Wärmedämmung, kontrollierte Lüftung) macht Substitution fossiler Energieträger durch den Einsatz von Wärmepumpen vielfach Sinn.

Die Energiestädte verwenden für Ihre kommunalen Gebäude einen freiwilligen Gebäudestandard für Neubau und Sanierungen (*Gebäudestandard 2015*) ^{Lit.Verz.} (17). Dieser definiert klar die zu verwendenden Baustandards und Normen und könnte grundsätzlich auch von TU übernommen werden.

Weiter bestehen bereits die "*KBOB Empfehlung Gebäudetechnik*" ^{Lit.Verz.} (18). Im Teil 6 "*Energieträger*" wird die Priorisierung der Energieträger behandelt. Diese Empfehlung ist bereits Teil des Werkzeugkoffers "*Gebäude und erneuerbare Energien*" von "*Energie Vorbild Bund*" (www.energie-vorbild.admin.ch)

	Potenzialbeschreibung Wärmepumpen Gebäudeheizung	Techn. [GWh/a]	Wirts. [GWh/a]	
SBB	Das Potenzial für die Nutzung von Umweltenergie in Immobilien wird bei SBB in einem ersten Schritt Bottom-up aus den Massnahmenlisten der bestehenden Zielvereinbarungen (KMU- und Energie-Modell) und Nachhaltigkeitskonzepte zusammengetragen. Anschliessend wird ausgehend von diesen Potenzialen und dem in Zielvereinbarungen und Nachhaltigkeitskonzepten abgedeckten Energieverbrauch auf das gesamte Potenzial im Gebäudepark der SBB hochgerechnet.	15.6	10.3	Wärme
Andere TU	Da der Energieverbrauch Wärme der TU nicht bekannt ist (statistisch wird nur der Stromverbrauch erhoben), ist keine weitere Hochrechnung möglich. Die TU geben an, dass im Schnitt über 80% ihrer Gebäude noch fossil beheizt werden. Potenzial ist vorhanden.	n.a.	n.a.	

Tabelle 7 Potenzial Wärmepumpen Gebäudeheizung

Handlungsempfehlung BAV

- Gebäudestandard für TU kommunizieren (als freiwillige Massnahme)
- Die KBOB Empfehlung Gebäudetechnik kommunizieren (als freiwillige Massnahme)
- Fördermassnahmen für TU mit finanzieller Unterstützung (analog z.B. Kt. St.Gallen)
- Unterstützung bei der Erarbeitung von umfassenden standardisierten Energiekonzepten (siehe 4)

Handlungsempfehlung TU

- Gebäudestandard unter Einbezug der Produktion von erneuerbare Energien (z.B. Gebäudestandard 2015 von Energiestadt) (17) einführen.
- Verwendung der KBOB-Empfehlungen Gebäudetechnik

Geothermische Weichenheizung

Eine eben abgeschlossene Potenzialstudie im Auftrag des BAV ^{Lit.Verz.} (19) ermittelte das Potenzial für den Ersatz von Elektrisch oder mit Gas beheizten Weichenheizungen. Die Weichenheizungen in der Schweiz haben einen mittleren Jahresenergieverbrauch von 60 GWh/a.

Kommerziell stehen als Alternative zwei verschiedene Systeme zur Verfügung:

- -Konventionelle Erdwärmesonde mit Wärmepumpe (Anbieter Tiple-S GmbH und ESA Grimma, beide D)
- Gravitationswärmerohr mit CO₂ als Arbeitsmedium (Anbieter Pintsch Aben Geotherm D)

Pilotanlagen sind in der Schweiz noch keine vorhanden.

	Potenzialbeschreibung Geothermische Weichenheizung	Techn. [GWh/a]	Wirts. [GWh/a]	
SBB	40% der Weichenheizungen liegen in Verbotszonen für Erdwärmesonden. Wenn in Anlehnung an den Neubaumarkt im Gebäudebereich längerfristig ca. 25% aller bestehenden WHZ in der CH durch geothermische WHZ ersetzt würden, könnten unter verschiedenen Annahmen rund 12.6 GWh an Energie für den WHZ-Bereich eingespart werden.	8		Wärme
Andere TU	Bemerkung: Verteilung SBB und andere TU über Anzahl Weichenheizungen aus Potenzialstudie.	4.6		Wärme
	Total	12.6		Wärme

Tabelle 8 *Potenzial Geothermische Weichenheizung*

Handlungsempfehlung BAV

- Förderung von F&E-Projekten (pragmatischer, ingenieurmässiger Ansatz)
- Förderung von Demonstrationsanlagen
- Förderung von Erfahrungsaustausch
- Erstellung von Planungshilfen (Handbuch)

Handlungsempfehlung TU

- Bei Neubau oder Sanierung von konventionellen Weichenheizungen P&D-Projekt für geothermische Weichenheizung in Erwägung ziehen.

Abwärmenutzung Bahntunnels

Es wurden bereits eine Vielzahl von Drainagewasser-Nutzungen umgesetzt. Dazu gehören:

- Eisenbahntunnel Furka / Wärmeverbund Oberwald
- Eisenbahntunnel Ricken / Wärmeverbund Kaltbrunn
- Lötschberg-Basistunnel /Tropenhaus Frutigen
- Eisenbahntunnel Hauenstein / Wärmeverbund Olten
- Eisenbahntunnel Vereina / Wärmeverbund Klosters

Die SBB untersuchte in einer Studie die Nutzung von Tunnelwärme, welche in Form von Drainage-Wasser, Felswärme und Tunnelluft anfällt. Untersucht wurden Tunnels, die länger als 500 Meter sind und deren Abwärme-Nutzung innerhalb des Zeitraumes 2015 - 2020 umgesetzt werden könnte. Das Potenzial wird nur für Portale nahe bei potenziellen Wärmebezügern betrachtet (Siedlungen, Industriegebiete, Verwaltungskomplexe). Die Analyse ergibt, dass die Abwärme folgender Tunnels potenziell genutzt werden könnte: Ceneri-Basistunnel, Simplontunnel und CEVA/Tunnel de Pinchat.

	Potenzialbeschreibung Abwärmenutzung Bahntunnels	Techn. [GWh/a]	Wirts. [GWh/a]	
SBB	Unter dem wirtschaftlichen Potenzial wird nur CEVA/Tunnel de Pinchat ausgewiesen, da hierfür die Wärmegestehungspreise bereits bekannt sind. Für die anderen zwei Tunnels kann kein wirtschaftliches Potenzial angegeben werden.	3.6	2.4	Wärme
Andere TU	Bereits genutzt oder projektiert: Furkatunnel, Vereinatunnel,	n.a.	n.a.	

Tabelle 9 *Potenzial Abwärme Bahntunnels*

Handlungsempfehlung BAV:

- Verbreitung von Best-Practice-Beispielen (Faktenblatt BFE)
- Förderung von Erfahrungsaustausch bei der Projektkoordination
- Vertiefende Studien über die Wärmeleistung und die Kosten des Einbaus von Absorbersystemen und der Zuleitung zum Wärmeverbraucher
- Feldmessungen zur Ermittlung von Temperaturprofilen in bestehenden mittelländischen Tunnels als Planungsgrundlage

Erstellung und Betrieb von Wärmeverbänden gehört nicht zum Kerngeschäft von TU. Sie werden Tunnelwärme in der Regel weder selbst erzeugen noch Dritte damit bedienen, können aber die Rolle eines Projektinitiators übernehmen.

Handlungsempfehlung TU:

- Sich bei Kommunen, Energiestädten und Wärmeversorgern oder möglichen Direktabnehmern vermittelnd für die Nutzung von Drainagewasser aus eigenen Tunnels einsetzen.
- Dritten die Möglichkeit bieten, Geothermieanlagen mit Absorbersystemen in Tunnels zu erstellen und zu betreiben.

- Voraussetzung für erfolgreiche Projekte sind aber eine langfristige, koordinierte Planung
- Bei eigenen Projekten (z.B. Tiefenbahnhöfen) die Nutzung von Geothermieabsorbern für eigene Wärmeabnehmer prüfen.

3.1.4 Abwärmenutzung Klima/Kälteanlagen

Zur Überwachung und Steuerung des Bahnbetriebs sind Rechenzentren sowie dezentrale Elektroanlagen entlang der Bahnlinien erforderlich. Die Geräte in diesen Anlagen erzeugen eine erhebliche Wärmelast, die im Sommer abgeführt werden muss. Bisher werden dafür meist Klimaanlage eingesetzt. Gerade bei dezentralen Anlagen könnte Geocooling eine interessante und kostengünstige Alternative darstellen. Dabei wird über eine Erdsonde oder ein Erdregister Wärme in das Erdreich abgeführt. Im Winter kann das System bei Bedarf auch zur Beheizung genutzt werden. Die SBB testet zurzeit dieses System in vier Pilotanlagen.

Lit.Verz. (20)

	Potenzialbeschreibung Abwärmenutzung Klima/Kälteanlagen	Techn. [GWh/a]	Wirts. [GWh/a]	
SBB	Das Potenzial für Abwärmenutzung wird bei SBB Bottom-up aus den Massnahmenlisten der bestehenden Zielvereinbarungen (KMU- und Energie-Modell) und den Nachhaltigkeitskonzepten zusammengetragen.	2.5	0.6	Wärme
Andere TU	Da über die Umfragen keine Daten bezüglich Abwärmepotenzial ermittelt werden konnten, wird auf eine Potenzialabschätzung verzichtet.			

Tabelle 10 *Potenzial Abwärme Klima/Kälteanlagen*

Handlungsempfehlung BAV

- Potenziale der energetisch nutzbaren Abwärme aus standardisierten Potenzialanalysen erheben (siehe 5.5).

Handlungsempfehlung TU

- Möglichkeiten für Abwärmenutzung zur Substitution fossiler Energieträger abklären (falls vorhanden)

3.1.5 Zusammenfassung Bereich Wärme

Zur Produktion erneuerbarer Wärme besteht ein technisches Gesamtpotenzial von 133 GWh/a. Die Aufteilung in die einzelnen Energieträger und Anwendungen ist in der folgenden Grafik dargestellt.

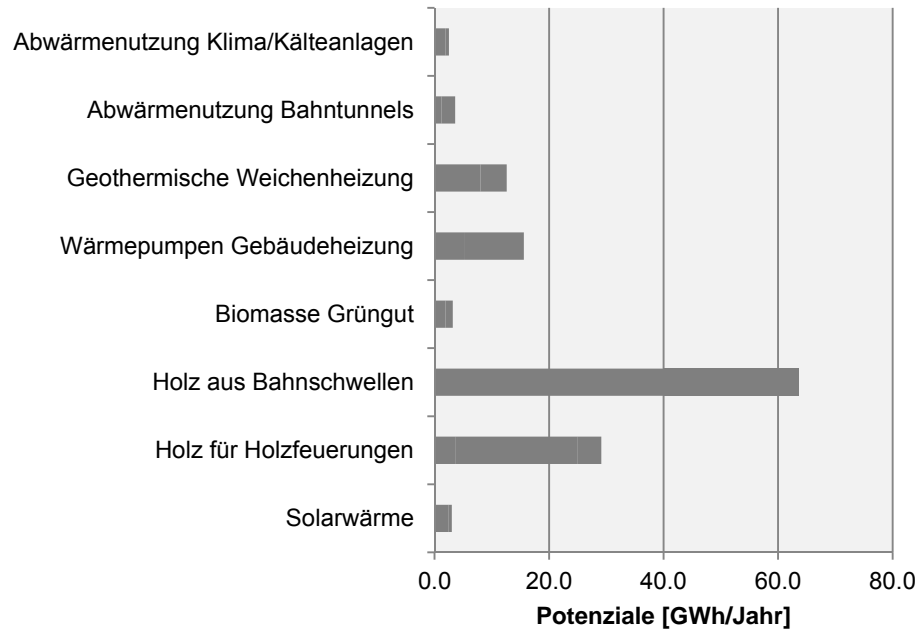


Abbildung 18 Technische Potenziale Erneuerbare Wärme

Um die wirtschaftlichen Potenziale als Teilmenge der technischen Potenziale und gleichzeitig eine Unterscheidung zwischen den Potenzialen der SBB und der weiteren TU darzustellen wurde folgende Abbildung gewählt:

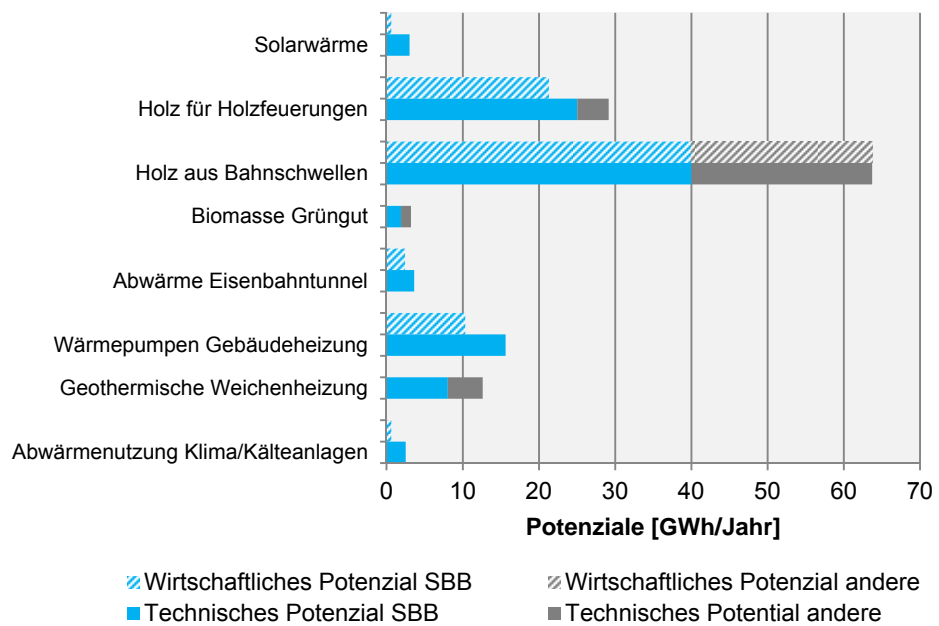


Abbildung 19 Übersicht Potenziale Erneuerbare Wärme

Das wirtschaftliche Potenzial ergibt sich zum grössten Teil aus der energetischen Nutzung von Bahnschwellen und beträgt 98.9 GWh/a.

3.2 Strom

3.2.1 Solarstrom

Eine Studie von Dr. Eicher+Pauli AG im Auftrag der SBB unter dem Arbeitstitel "100 Solardächer auf SBB-Gebäude" Lit.Verz. (21) ermittelte 2009 mittels Bottom-up-Methode die technischen Solarstrompotenziale von Industriebauten (Werkstätten, Güterschuppen), Perrondächern > 400m², Railcity- und Mehrbahnhöfen im Besitz der SBB. Die Dachflächen von Verwaltungsgebäuden wurden nicht mitberücksichtigt.

Es wurden zwei Geschäftsmodelle betrachtet:

- Zurverfügungstellung der Dachflächen an externe Solarstromproduzenten
- Gründung einer Tochtergesellschaft zur Bewirtschaftung der eigenen Solarflächen

Für kleinere TU kommt eher das erste Modell in Frage. Für eigene Investitionen in Solarstromanlagen ist heute ein hoher Eigenverbrauchsanteil notwendig, da der Solarstrom nur noch in Ausnahmefällen kostendeckend ins öffentliche Netz verkauft werden kann. Die kostendeckende Einspeisevergütung KEV kommt wegen der Überbuchung für neu zu projektierende Anlagen kaum mehr in Frage.

Eine Zusammenarbeit mit einem Energieversorgungsunternehmen kann durchaus sinnvoll sein. Synergien sind vor allem möglich und auch bereits umgesetzt bei kommunalen oder städtischen TU, die dieselben Eigner wie die Energieversorger haben.

Da Solarstromanlagen für den Eigenverbrauch kurz- bis mittelfristig umsetzbar sind, wurden nicht nur technische, sondern auch die wirtschaftlichen Potentiale abgeschätzt. Dazu wurde ein EXCEL-Tool zur Berechnung der Stromgestehungskosten für Solarstromanlagen erstellt (siehe 5.4.3 Anhang)

In der TU-Umfrage wurden die Stromkosten abgefragt. Die Resultate finden sich unter 2.4.

Bei folgenden Bedingungen kann von einem wirtschaftlichen Potenzial ausgegangen werden:

- Die Solarstromgestehungskosten über die Lebensdauer einer Anlage liegen unter den Einkaufspreisen für Energie+Netzgebühren+Abgaben aus dem öffentlichen Netz. Die Leistungspreise tangieren die Wirtschaftlichkeit kaum, da bei schlechten Strahlungsverhältnissen weiterhin Strom aus dem Netz bezogen werden muss.
- Hoher Eigenverbrauchsanteil. Der Eigenverbrauchsanteil gibt an, welcher Teil des lokal produzierten Solarstroms selbst verbraucht wird. Er ist saisonabhängig und abhängig vom Verhältnis der installierten PV-Leistung und dem Gesamtstromverbrauch.

Auf den Einsatz von Batteriespeichern zur Erhöhung des Eigenverbrauchs wurde in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung verzichtet, da diese bei den heutigen Kosten in den meisten Fällen noch nicht wirtschaftlich sind. Durch Economy of Scale-Effekte ist aber, wie geschehen bei den Solarstrommodulen, auch bei den elektrischen Speichern in den nächsten Jahren mit massiven Kostensenkungen zu rechnen.

Die meisten Technologien ermöglichen, dass bereits heute in Solarstromanlagen investiert wird und in einer zweiten späteren Phase Batteriespeicher dazu gebaut werden können sobald sie ihre Wirtschaftlichkeit, sei es durch Kostensenkung oder durch Förderung, in der Schweiz erreicht haben.

Solarstrom Dachflächen und Fassaden Verwaltung

Hier besteht für alle TU die über eigene Verwaltungsgebäude verfügen ein grosses Potenzial.

Best Practice: Verwaltungsbau Flumroc > vgl. Anhang

Potenziale

In der SBB-Studie Lit.Verz. (21) wurden die Verwaltungsgebäude nicht berücksichtigt. Daher besteht kein Bottom-Up-Ansatz zur Berechnung des Solarstrompotenzials.

Aus den Angaben der Gebäudegrundflächen der TU in der Datenerhebung wurden die Potenziale der drei grössten TU individuell berechnet. Unter Annahme eines Nutzungsgrads von 25% für die Dachflächen und dem Ertrag von mehrheitlich Ost-West ausgerichteten Flachdachanlagen wurden die theoretischen Jahreserträge ermittelt. Für die restlichen TU wurde unter Verwendung basierend auf einem ermittelten mittleren Flächenbedarf pro Vollzeitstelle eine Hochrechnung durchgeführt.

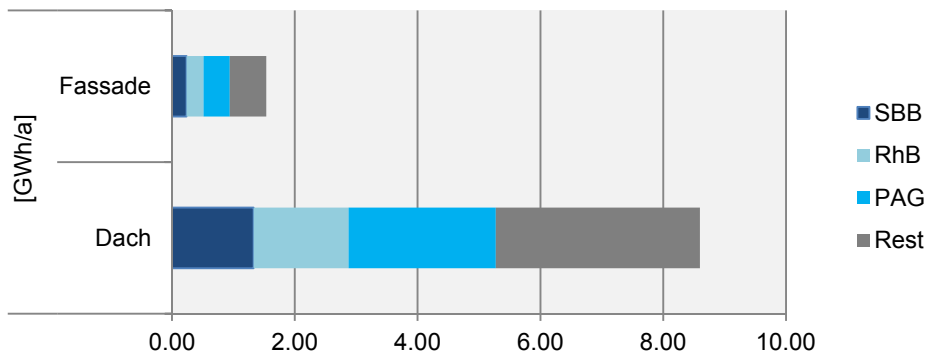


Abbildung 20 Theoretisches Potenzial Solarstrom Verwaltungsgebäude

Wirtschaftliches Potenzial

Aus dem theoretischen Potenzial kann nicht direkt ein wirtschaftliches Potenzial abgeleitet werden. Eine Berechnung gemäss 2.4 ergibt für Flachdachanlagen Stromgestehungskosten von 17.8 Rp./kWh. Diese liegen im Bereich der ermittelten mittleren Stromkosten im 50Hz-Netz von 16.9 Rp/kWh. Bei hohem Eigenverbrauchsanteil können solche Anlagen also durchaus wirtschaftlich sein. In Analogie zu den konsolidierten Potenzialanalysen der SBB, wo anstatt ein wirtschaftliches Potenzial ein realistisches Potenzial mit einem angenommenen Faktor ausgewiesen wird, wurde die Annahme getroffen, dass 25% des theoretisch ermittelten Potenzials wirtschaftlich umsetzbar ist.

	Potenzialbeschreibung Solarstrom Verwaltungsgebäude	Theor. [GWh/a]	Wirts. [GWh/a]	
SBB	Ertragsabschätzung aufgrund der angegebenen Gebäudegrundflächen. Wirtschaftliches Potenzial	1.33	0.33	Dach
	25% vom theoretischen Potenzial	0.24	0.06	Fassade

Andere TU	Ertragsabschätzung aufgrund der angegebenen Gebäudegrundflächen. Hochrechnung auf alle TU über mittlerer Flächenbedarf/Vollzeitstelle. Wirtschaftliches Potenzial 25% vom theoretischen Potenzial.	7.27	1.81	Dach
		1.3	0.32	Fassade
	Total	10.13	2.53	Strom

Tabelle 11 *Potenzial Solarstrom Vewaltungsgebäude*

Handlungsempfehlung BAV

- Unterstützung bei der Erarbeitung von umfassenden standardisierten Energiekonzepten (siehe 4)

Handlungsempfehlung TU

- Ermitteln des Potenzials Solarstrom mittels Bottom-up- Methode
- Machbarkeits- und Wirtschaftlichkeitsabklärung unter Berücksichtigung vom Eigenstromanteil vorzugsweise in Zusammenhang mit energetischen Sanierungsmassnahmen am konkreten Gebäude

Solarstrom Dachflächen Werkstätten/Lager/Depots

Solarstromanlagen auf grossen zusammenhängenden Dachflächen können in den meisten Fällen wirtschaftlich betrieben werden wenn ein hoher Eigenverbrauchsanteil erzielt werden kann.

Best Practice: Projekt SBB Speditionslager Chiasso > vgl. Anhang

Best Practice: PV-Anlagen IBAarau und Aar Bus+Bahn > vgl. Anhang

Best Practice: Photovoltaikanlage Worb > vgl. Anhang

Potenziale

Die SBB-Studie Lit.Verz. (21) geht unter Berücksichtigung einer Mindestanlagen-grösse von 30 kW_p (min. 300m²) von einem technischen Potenzial von 18 GWh/a aus.

Die in 2.4 ermittelte totale Gebäudegrundfläche von 1.5 Mio. m² wurde in Relation zur Gebäudegrundfläche der Werkstätten der SBB gesetzt und mit diesem Faktor das technische Potenzial der SBB hochgerechnet.

Wirtschaftliches Potenzial

Die Stromgestehungskosten für Flachdachanlagen 50 kW liegen im Bereich von 17 Rp/kWh. Bei hohem Eigenverbrauchsanteil sind solche Anlagen heute wirtschaftlich zu betreiben. In Übereinstimmung mit den "realistischen Potenzialen" aus der SBB-Studie wurde ein Faktor von 0,5 für das wirtschaftliche Potenzial angenommen.

	Potenzialbeschreibung Solarstrom Werkstätten/Lager/Depots	Techn. [GWh/a]	Wirts. [GWh/a]	
SBB	Wert aus Potenzialstudie SBB	18	9	Strom
Andere TU	Hochrechnung über Gesamtfläche Werkstatt/Lager Depot	58.7	29.4	Strom
	Total	76.7	38.4	Strom

Tabelle 12 *Potenzial Solarstrom Werkstätten/Lager/Depots*

Die technischen und wirtschaftlichen Potenziale sollten Bottom-Up pro TU aufgrund der individuellen Situation im Gebäudebereich, bei den Stromkosten und dem möglichen Eigenverbrauchsanteil ermittelt werden.

Handlungsempfehlung BAV

- Unterstützung bei der Erarbeitung von umfassenden standardisierten Energiekonzepten (siehe 4)

Handlungsempfehlung TU

- Potenziale Solarstromnutzung aus standardisierten Potenzialanalysen erheben (siehe 5.5).
- Machbarkeits- und Wirtschaftlichkeitsabklärung unter Berücksichtigung von energetischen Sanierungsmassnahmen am konkreten Gebäude

Solarstrom Perrondächer

Perrondächer eignen sich gut zur Solarstromproduktion; Betriebserfahrungen sind positiv; ein erhöhter Reinigungsaufwand durch Bremsstaub sollte aber berücksichtigt werden.

Best Practice Projekt Perrondach Hauptbahnhof Zürich > vgl. Anhang

Potenziale

Die SBB-Studie ^{Lit.Verz.} (21) geht unter Berücksichtigung von einer Mindestperronfläche von 400m² und einer aktiven Fläche von 50% der nutzbaren Dachfläche von einem technischen Potenzial von 23 GWh/a aus.

Mittels Hochrechnung über die Schienenkilometer auf den ganzen Sektor Eisenbahn ergibt sich ein Gesamtpotenzial von 40GWh/a.

Nicht berücksichtigt wurden Perronflächen von TU des öffentlichen Strassenverkehrs da die zur Verfügung stehenden Flächen dort meistens zu klein sind.

Wirtschaftliche Potenziale

Der grössere Reinigungsaufwand erhöht die Betriebskosten. Für die Berechnung der Stromgestehungskosten wurden die Betriebskosten deshalb um 2.3 Rp. erhöht ^{Lit.Verz.} (22). Daraus resultieren Stromgestehungskosten von 19 Rp/kWh für eine Anlage mit 30kWp und unter Berücksichtigung von erhöhten Installationskosten.

Damit liegen diese im oberen Bereich der mittleren Stromkosten von 16.9Rp +20%. Analog zur Studie der SBB wurde ein Faktor von 0,5 für das wirtschaftliche Potenzial angenommen.

	Potenzialbeschreibung Solarstrom Perrondächer	Techn. [GWh/a]	Wirts. [GWh/a]	
SBB	Wert aus Potenzialstudie SBB	23	11.5	Strom
Andere TU	Hochrechnung über Schienenkilometer	17	8.5	Strom
	Total	40	20	Strom

Tabelle 13 *Potenzial Solarstrom Perrondächer*

Handlungsempfehlung BAV

- Unterstützung bei der Erarbeitung von umfassenden standardisierten Energiekonzepten (siehe 4)

Handlungsempfehlung TU

- Potenziale Solarstromnutzung aus standardisierten Potenzialanalysen erheben (siehe 5.5).

Solarstrom Railcity SBB

Railcity- und Mehrbahnhöfe befinden sich im Besitz der SBB. Weitere Potenziale sind nicht vorhanden.

Potenziale

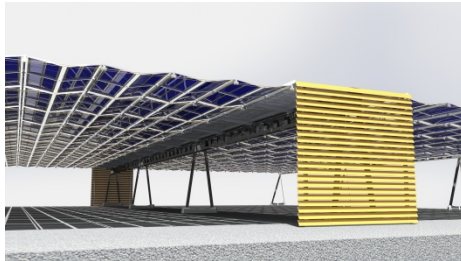
Die SBB-Studie geht von einem technischen Potenzial von 3.34 GWh aus. Wegen Einschränkungen der Nutzungsflexibilität und des Denkmalschutzes wird in der Studie für das "realistische" wirtschaftliche Potenzial ein Faktor von 0.3 angenommen.

	Potenzialbeschreibung Railcity SBB	Techn. [GWh/a]	Wirts. [GWh/a]	
SBB	Wert aus Potenzialstudie SBB	3.34	1	Strom

Tabelle 14 *Potenzial Solarstrom Railcity SBB*

Solarstrom P&R-Parkplätze und Werkhöfe

Die Verwendung der Flächen von Werkhofarealen und Park & Ride-Flächen zur Solarstromnutzung scheiterte bis anhin an den Einschränkungen bei der Doppelnutzung und an der Wirtschaftlichkeit bedingt durch kosten- und materialintensive Aufbauten zur Erreichung von statischen Vorschriften für Schnee- und Windlast.



21 Fotos dhp technology GmbH

Eine neue interessante Möglichkeit bietet sich mit dem Produkt HORIZON von dhp technology GmbH in Grüşch GR. Das Startup-Unternehmen hat das Konzept Solarwings/Urban Plant weiterentwickelt und steht vor der Umsetzung der ersten Projekte: ein Parkplatz einer Bergbahn und ein Werkgelände eines Eisenbahnunternehmens, die aber noch nicht genannt werden möchten.

Die Leichtbaumodule werden mittels bewährter Seilbahntechnik automatisch ein- und ausgefahren und sind so geschützt bei zu starkem Wind über 20m/s, Hagel, Schneefall, und Vandalismus während den Nachtstunden. Die Anlagen können extrem materialminimiert gebaut werden, da sie weder auf Wind-, noch auf Schneebelastung ausgelegt werden müssen.

Somit können auch Anlagen in schneereichen und strahlungsintensiven Bergregionen ohne die bei Flach- und Schrägdächern übliche Schneeproblematik betrieben werden. Durch die wenigen Stützen und die lichte Höhe von 4.3 m ist ein Waren- und Fahrzeugverkehr unterhalb der Solarfläche fast uneingeschränkt möglich. Bei Standflächen ergibt sich als weiterer Vorteil die Beschattung von Fahrzeugen im Sommer.

Potenzial

Aus Statistikdaten zu den P&R-Parkplätzen und der Datenerhebung wurden die zur Verfügung stehenden Flächen hochgerechnet. Es resultieren theoretische Potenziale.

Wirtschaftliches Potenzial

Die Stromgestehungskosten wurden anhand von Projektwerten für zwei Pilotprojekte berechnet und liegen zwischen 20.5 und 22.1 Rp/kWh. Damit ist die Direkt-einspeisung ins Bahnnetz mit den heutigen Investitionskosten nicht wirtschaftlich, ausser für von der öffentlichen Hand unterstützte Pilotprojekte. Bei hohem Eigenverbrauchsanteil, z.B. bei Werkstätten von TU könnte bei Einspeisung ins 50 Hz-Netz eine Wirtschaftlichkeit erreicht werden. Auf die Angabe eines wirtschaftlichen Potenzials wird aber verzichtet.

	Potenzialbeschreibung Solarstrom P&R-Parkplätze und Werkhöfe	Theor. [GWh/a]	Wirts. [GWh/a]	
Alle TU	Überdachung von P&R Parkplätzen mittels Faltdach	30.4		Strom
	Überdachung von Werkhöfen mittels Faltdach	83		Strom
	Total	113.4		Strom

Handlungsempfehlung BAV

- Finanzielle Unterstützung für Pilotanlagen (nicht amortisierbare Mehrkosten)

Handlungsempfehlung TU

- Parkplätze und Werkhöfe im Rahmen einer standardisierten Potenzialanalyse als Solarstromflächen mitberücksichtigen.
- Pilotprojekte auf eigenen Flächen in Betracht ziehen, bei P&R optimaler Weise in Kombination mit Stromtankstellen.

Solarstrom Lärmschutzwände

Gemäss Standbericht Lärmsanierung SBB 2015 ^{Lit.Verz. (23)} sind 90% der projektierten Lärmschutzwände bereits gebaut ohne, dass die Integration von Solarstrommodulen berücksichtigt wurde. Bezüglich Potenzialen stellt sich also vorerst die Frage, ob bestehende Lärmschutzwände für ein Retrofit geeignet sind.

In einem Interview mit TNC Consulting in Feldmeilen (Th. Nordmann / Th. Vontobel ^{Lit.Verz. (24)} wurden diese Fragen geklärt. Die Firma kann als Pionier in der Entwicklung von Lösungen für Lärmschutzwände bezeichnet werden und hat mit der Anlage an der N13 in Domat/Ems schon vor über 20 Jahren die Möglichkeiten aufgezeigt. TNC Consulting hat 2010 für die ASTRA eine Potenzialstudie für Solarstromanlagen auf Lärmschutzwänden entlang von Nationalstrassen ^{Lit.Verz. (25)} erstellt. Eine Potenzialstudie im Bereich Schiene ist nicht vorhanden, wurde aber gemäss Aussagen von TNC Consulting dem BAV bereits offeriert.

Als Einschränkung für Anlagen an Bahngleisen sollten diese in Ein- und Ausfahrten von Bahnhöfen wegen Verschmutzung durch Flugrost nur auf der gleisabgewandten Seite mit Südausrichtung angebracht werden.

Retrofit ist grundsätzlich möglich, entweder durch angebaute Anlagen, die aus statischen Gründen die Oberkante der bestehenden Lärmschutzwand nicht überragen, oder durch den Ersatz von bestehenden Beton-Elementen durch bifaciale PV-Elemente (Best Practice Projekt Münsingen).

Wichtig ist, darauf hinzuweisen, dass hier nur standardisierte Normlösungen in einem grösseren Volumen produziert zu annehmbaren Stromgestehungskosten führen können. Ein Vorteil gegenüber Anlagen auf Lärmschutzwänden bei Nationalstrassen ist, dass der Strom mittels geeigneter Wechselrichter direkt ins Bahnstromnetz eingespeist werden kann. Das Verlegen von langen Zuleitungen ist somit nicht erforderlich.

Best Practice Projekt Solarstromanlage Wallisellen > vgl. Anhang

Best Practice: Bifaciale Solarstromanlage Münsingen > vgl. Anhang

Potenziale

Unter Verwendung der bifacialen Technologie wurde ein theoretisches Potenzial für die Installation auf 50 % der bestehenden und geplanten Lärmschutzwände abgeschätzt.

Wirtschaftliches Potenzial

Wirtschaftliche Umsetzung ist nur durch Economy of Scale erreichbar und unter den heutigen Rahmenbedingungen nicht gegeben. Kosten sind in der Literatur nicht angegeben; auch die ASTRA Studie verzichtet auf die Angabe von wirtschaftlichen Potenzialen. Um Anschlüsse an das 50 Hz-Netz zu vermeiden müsste diese Anwendung Stromgestehungskosten im Bereich von 12 Rp/kWh zur Direkteinspeisung ins Bahnstromnetz erreichen können. Es ist momentan kein wirtschaftliches Potenzial auszumachen.

	Potenzialbeschreibung Lärmschutzwände	Theor. [GWh/a]	Wirts. [GWh/a]	
Alle TU	50% der Lärmschutzwände (Neubau und Retrofit)	8.2	-	Strom

Tabelle 15 Potenzial Lärmschutzwände

Handlungsempfehlung BAV

- Da für den grössten Teil der Lärmschutzwände die SBB Bauherr ist, macht nur ein koordiniertes Vorgehen mit der SBB Sinn.
- Ev. Potenzialstudie für technisches Potenzial in Auftrag geben (Analog ASTRA)
- Proof of concept für standardisierte Normanlage technisch (Pilot) / wirtschaftlich (erreichbar durch economy of scale)

Handlungsempfehlung TU

- Koordiniertes Vorgehen mit dem BAV zur Abklärung des Potenzials und weiterer Massnahmen
- Bei Unterhaltszyklus Einsatz PV prüfen

3.2.2 Wasserkraft

Ausbau Kleinwasserkraft in Fliessgewässern

Im Auftrag der SBB hat econcept 2015 eine " *Potenzialanalyse Kleinwasserkraft*" Lit.Verz. (26) erstellt. Untersucht wurde das Potenzial in den bestehenden Konzessionsgebieten der SBB sowie in der Nähe von SBB-Grundstücken.

Ohne grosse Hemmnisse könnten 24 GWh/a umgesetzt werden. Für die SBB werden 215 GWh/a an theoretischem Potenzial ausgewiesen wobei mehr als 80% davon auf Grundstücken besteht, welche zwar der SBB gehören, das Unternehmen aber keine Wasserrechte besitzt.

Best Practice: Jungfraubahnen Ausbau Kraftwerk Lütschental > vgl. Anhang

Potenzial

Die Jungfraubahnen geben an, dass die Projektierung für ein zusätzliches Kleinwasserkraftwerk abgeschlossen ist und bereits eine KEV-Zusage besteht. Die Jahresproduktion wird bei 3.4 GWh/a liegen.

Die Zahlen der SBB lassen sich aus naheliegenden Gründen nicht auf den ganzen ÖV-Bereich hochrechnen, da die SBB mit ihren bestehenden Wasserkraftkonzessionen eine Sonderstellung einnimmt.

	Potenzialbeschreibung Kleinwasserkraft	Techn. [GWh/a]	Wirts. [GWh/a]	
SBB	Wert aus Potenzialstudie SBB	24	24	Strom
Andere TU	Angabe eines TU	3.4	3.4	Strom
	Total	27.4	27.4	Strom

Tabelle 16 *Potenzial Kleinwasserkraft*

Handlungsempfehlung BAV

- Erhebung der Potenziale Bottom Up im Rahmen von standardisierten Potenzialstudien TU

Handlungsempfehlung TU

- Potenzial Wasserkraftproduktion im Rahmen einer Potenzialanalyse erfassen

Speicherseen für Beschneigung

Gemäss der Studie " Technische Beschneigungsanlagen vom BFE ^{Lit.Verz. (27)} beträgt der Energieverbrauch der technischen Beschneigungsanlagen in der Schweiz rund 60 GWh/a. Neben Effizienzmassnahmen wie als eine der möglichen Massnahmen folgendes vorgeschlagen:

Das Wassersystem könnte für Stromgewinnung (analog den 69 Trinkwasserkraftwerken im Kanton GR) ausgebaut werden. Dazu wären rund 200 Meter Höhendifferenz (ergibt bis 20 bar) notwendig. Zudem müsste eine entsprechende Konzession vorliegen.

Eine weitere Voraussetzung ist eine hochgelegene Wasserfassung oder ein hochgelegener Speichersee mit natürlichem Zufluss und Wasserüberschuss da eine Stromproduktion nur während der Zeit der Beschneigung (200-500h/a) kaum wirtschaftlich wäre.

Best Practice: Sinfonia d'Aua Flims / Weisse Arena ^{Lit.Verz. (28)} > vgl. Anhang

Potenzial

Potenziale können bei dieser Anwendung keine ausgewiesen werden. Vielen Bergbahnen ist aber klar geworden, dass bei weiterer Klimaerwärmung Speicherseen die Funktion der Gletscher übernehmen müssen. Daraus ergeben sich für die Zukunft interessante Synergien zur Stromproduktion und zur Beschneigung.

	Potenzialbeschreibung Wasserkraft aus Speicherseen für Beschneigung	Techn. [GWh/a]	Wirts. [GWh/a]	
Berg- bahnen	Es konnte kein Potenzial ermittelt werden	-	-	

Tabelle 17 Potenzial Wasserkraft aus Speicherseen für Beschneigung

Handlungsempfehlung BAV

- Weiterverfolgung des Themas in Koordination mit Seilbahnen Schweiz und BFE

Handlungsempfehlung TU

- Zusammenarbeit mit Energieversorgern suchen zur umweltverträglichen und energieeffizienten Nutzung der Ressourcen und Schaffung von Synergien.

3.2.3 Windenergie

Grosswindanlagen über 1 MW

Eine Studie der zhaw im Auftrag der SBB ^{Lit.Verz.} (29) hat das Potenzial von Grosswindanlagen (1.2 MW.) auf SBB-eigenen Grundstücken untersucht. Aus 9'900 Einzelarealen erscheinen nach einer Multikriterienanalyse acht Standorte als geeignet. Das technische Potenzial wird nicht angegeben. Kriterium für das wirtschaftliche Potenzial war die 2014 geltende KEV-Einspeisevergütung von 0.2 Fr/kWh. Für vier Standorte konnte so ein wirtschaftliches Potenzial ausgewiesen werden. Der mittlere Jahresertrag dieser vier Standorte beträgt 9 GWh mit einer grossen Unsicherheit von +6/ -4 GWh wegen fehlenden Windmessungen.

Best Practice: Windpark Vorab Flims Electric / Weisse Arena > vgl. Anhang

Potenzial

Es sind nur Ertragspotenziale für die eruierten Anlagenstandorte aus der SBB-Studie und vom Projekt Vorab vorhanden. Die Berichte zum Projekt der SBB mit einer Vertikalwindanlage in der Linthebene verzichten auf Ertragsangaben. Ob und in welchem Umfang weitere Potenziale für Grosswindanlagen an denen sich TU beteiligen, machbar sind, ist offen. Im Sinne eines Überblicks wird hier das Potenzial angegeben, das nach heutigem Wissensstand bereits ermittelt wurde.

	Potenzialbeschreibung Grosswindanlagen	Techn. [GWh/a]	Wirts. [GWh/a]	
SBB	Wert aus Potenzialstudie SBB	9	9	Strom
Andere TU	Angabe eines TU	18	18	Strom
	Total	27	27	Strom

Tabelle 18 *Potenzial Grosswindanlagen*

Handlungsempfehlung BAV

- Weitere Verfolgung der Aktivitäten mit Beteiligung von TU

Handlungsempfehlung TU

- Beteiligung bei Grosswindprojekten im Einflussbereich in Erwägung ziehen

Mittlere Windkraftanlagen zwischen 50 und 500kW

Im Rahmen einer Zertifikatsarbeit im Rahmen des CAS Erneuerbare Energien Lit.Verz. (30) wurde 2010 an der FHNW das Potenzial von Kleinwindkraftanlagen bei Bergbahnen in den Kantonen GR und VS untersucht. Aufgrund der hohen Windgeschwindigkeiten eignen sich 1130 potenzielle Standorte. Für die Ertragsberechnung wurden Kleinwindkraftanlagen mit 5,5 kW Leistung verwendet

Beim Einsatz von grösseren Anlagen bei Bergbahnen müssten folgende Punkte detaillierter abgeklärt werden:

- Situation im Bewilligungsverfahren: Für Windturbinen mit einer Gesamthöhe über 25m ist eine Abstimmung mit der regionalen und kantonalen Richtplanung erforderlich
- Landschaftsschutz: Es braucht eine Diskussion darüber ob mittlere Windanlagen im bereits durch Bergbahnen überbauten Gebieten eine Beeinträchtigung im Sinne des Landschaftsschutzes darstellen. In diesem Zusammenhang ist auch wichtig wie das "Nationale Interesse" im neuen Energiegesetz im Rahmen des ersten Massnahmenpakets zur Energiestrategie 2050 abschliessend definiert wird.
- Max. Gewicht der Anlagen zur Transportierbarkeit mit Bergbahnen: Hier würden sich vor Ort montierbare Windanlagen anbieten.

Potenzial

Das technische Potenzial aus der Studie mit den Kleinanlagen beträgt 6.7 GWh/Jahr. Skaliert auf Anlagen mit 100 kW Leistung unter Annahme derselben Anzahl Vollaststunden ergäbe sich ein Potenzial von ca. 120 GWh für die untersuchten Standorte. Da es sich um eine Top-Down-Berechnung handelt, wird es als theoretisches Potenzial angegeben.

	Potenzialbeschreibung Mittlere Windanlagen 50-500kW	Theor. [GWh/a]	Wirts. [GWh/a]	
Bergbahnen	Potenzial für Bergstationen hochgerechnet aus FHNW-Studie	120	-	Strom

Tabelle 19 *Potenzial Mittlere Windanlagen 50-500kW*

Potenziale zur Eigenstromversorgung können von Bergbahnen nur genutzt werden wenn die rechtliche Situation klar ist und vereinfachte kostengünstige Bewilligungsverfahren angewendet werden können.

Handlungsempfehlung BAV

- Abklärung der rechtlichen Grundlagen / Bewilligungsverfahren mit dem Ziel eines vereinfachten Bewilligungsverfahrens für Bergbahnen
- Potenzialstudie Bottom-up für technisches /wirtschaftliches Potenzial für mittlere Windanlagen 50 - 500 kW für den Sektor Bergbahnen erstellen

Handlungsempfehlung TU

- Bau einer Pilotanlage in Erwägung ziehen

3.2.4 Verstromung Biomasse

Siehe 0 Potenzial Verwertung Bahnschwellen / Biomasse Grüngut Bahnborde

3.2.5 Visionen Solarstrom

Solarstrom Rangierflächen

Das unter "Solarstrom P&R-Parkplätze und Werkhöfe" erwähnte Solar-Faltdach HORIZON überdacht Gleisanlagen für Langsamverkehr (Rangier/Abstellflächen) und macht daraus ein Solarkraftwerk, ohne dass die Fläche eine Einschränkung erfährt. Durch die maximalen Stützenabstände von 17 und 25 Metern kann die Tragstruktur auf den Strommasten abgestützt werden. Das Solarfaltdach schützt durch Schatten die Geleise, Züge, Güter und Personen vor UV-Strahlung und Überhitzung. Abends zieht sich das Faltdach zurück und ist die Nacht hindurch vor Vandalismus geschützt.

Vorteile:

- Aufwertung der Gleisanlagen durch die Doppelnutzung zur Solarstromproduktion
- Schutz der Geleise, Züge, Güter und Personen vor UV-Strahlung durch Schatten
- Keine betriebliche Einschränkung auf der Gleisfläche
- Keine Einschränkung des Unterhalts
- Direkte Einspeisung des Solarstromes in das Bahnnetz

Potenziale

Die SBB verfügt über verschiedene grossflächige Rangierareale: Basel SBB RB (Rangierbahnhof Basel-Muttenz in Muttenz, Buchs SG, Rangierbahnhof Limmattal (RBL), Lausanne Triage, Chiasso Smistamento

Insgesamt haben die TU über 3.3 Mio. m² Rangierflächen abgeschätzt; 3.2 Mio. m² davon durch die SBB. Aufgrund dieser Zahlen ergibt sich ein theoretisches Potenzial von 225 GWh/a. Die tatsächlich verwendbare Fläche im gesamten Schienennetz wird noch einiges höher sein. Das BAV verfügt aber über keine Daten dazu. Auf eine Hochrechnung wurde verzichtet

Wirtschaftliches Potenzial

Bei einer konsequenten Umsetzung der Faltdach-Technologie und einem resultierenden Economy of Scale Effekt besteht die Möglichkeit, dass die Stromgestehungskosten in naher Zukunft in den Bereich des Bahnstromtarifs von 12 Rp./kWh rücken. Weiteres Material- und damit Kostenoptimierungspotenzial ist möglich durch die Verwendung der Fahrleitungsmasten für die Aufhängung, sollte dies die statischen Untersuchungen zulassen.

	Potenzialbeschreibung Solarstrom Rangierflächen	Theor. [GWh/a]	Wirts. [GWh/a]	
SBB	Ertrag berechnet aus Angabe Rangierfläche SBB	217.7		Strom
Andere TU	Ertrag berechnet aus Angaben weiterer TU	7.3		Strom
	Total	225		Strom

Tabelle 20 *Potenzial Solarstrom Rangierfläche*

Handlungsempfehlung BAV

Für eine Umsetzung des Potenzials sind noch einige Entwicklungen und Untersuchungen zu tätigen.

Statik	Entwicklung einer skalierbaren Tragwerksstruktur für die Mitnutzung der Strommasten über den Gleisanlagen
Elektrik	Entwicklung einer Wechselrichtertechnologie zur direkten Versorgung des Bahnnetzes mit Solarstrom
Sicherheit	Untersuchung der Sicherheit im Umfeld von Fahrleitungen
Faltdach	Untersuchung der Umwelteinflüsse auf das Faltdach über einer Gleisanlage

Solarstrom Bahnböschungen und Schienenebenenflächen



Abbildung 22 Solarstromanlage Neumarkt-Bühl

Eine in ihrer Art einmalige 1,2 MW große Photovoltaik-Anlage ist neben der ICE-Strecke Nürnberg-Regensburg errichtet worden. Investor in dem Ortsteil ist die Kreisstadt selbst. Vor dem bereits existierenden Erdwall im Norden der Gleise werden Gestelle gebaut, um den Wall zu erhöhen. Blendarme Solarmodule sollen die Bahn-Lokführer nicht irritieren. Die 744 m lange PVA kostet 4,1 Mio. €.

Potenzial

Aus der SBB-Studie Lit.Verz. (16) "*Energetische Verwertung von Grüngut*" wurden die Grünflächen entlang den SBB-Gleisen als Berechnungsgrundlage genommen. Unter der Annahme einer Verfügbarkeit von 25% dieser Fläche (Ausrichtung) und einer Hochrechnung auf das gesamte Schienennetz ergibt sich ein theoretisches Potenzial von 961 GWh/a.

Wirtschaftliches Potenzial

In unseren Nachbarländern werden Freiflächenanlagen im grossen Stil und mit sehr attraktiven Stromgestehungskosten umgesetzt. Eine Studie des ISE Fraunhofer prognostiziert für 2018 Stromgestehungskosten von weniger als 0.08 EUR/kWh bei grösseren Freiflächenanlagen in Süddeutschland. Einer Einspeisung in das Bahnstromnetz sollte aus wirtschaftlichen Gründen in Zukunft nichts im Weg stehen.

	Potenzialbeschreibung Vision Solarstrom Bahnborde	Theor. [GWh/a]	Wirts. [GWh/a]	
Eisenbahn	Abschätzung über die Grünflächen aus SBB-Studie hochgerechnet auf das gesamte Schienennetz mit 25% Nutzungsgrad	384	-	Strom

Tabelle 21 *Potenzial Solarstrom Bahnborde*

Handlungsempfehlung BAV

- Aufgrund des grossen Potenzials empfiehlt sich eine Potenzialstudie Bottom-up für technisches und wirtschaftliches Potenzial.
- Untersuchung der Auswirkung von dezentraler Solarstromeinspeisung ins Bahnstromnetz und dessen Leistungsgrenze

Solarstrom Schienenfläche

Es bestehen bereits jetzt Ideen, benutzte Strassenflächen zur Produktion von Solarstrom zu nutzen. Die Firma Colas, Tochtergesellschaft eines grossen französischen Baukonzerns, hat mit *Wattway* (31) ein Solarmodul entwickelt, das den harschen Bedingungen von Strassen standhalten soll.



Abbildung 23 Fotos Wattway

Ein ähnliches System könnte in Zukunft zur Produktion von Solarstrom auch auf die Schienenflächen installiert werden. Es müssten in einem ersten Schritt einige Rahmenbedingungen genauer untersucht werden, zum Beispiel:

- Instandhaltungszyklen von Schienenstrecken? → Module, die einfach ab- und wieder aufgebaut werden können / bevorzugter Einsatz auf Nebenstrecken
- Reinigung? → Selbstreinigungseigenschaften der Oberflächen / Automatische Reinigung
- Beschädigung? → Robuste Module, siehe Anwendung Strasse, Einzelmodulmonitoring
- Beschattung? → Einzel-Power-Tracking der Module
- Einspeisung? → PV-Wechselrichter für Einspeisung direkt in das Bahnstromnetz
- Betriebskosten ? → Wirtschaftlichkeitsberechnung unter Berücksichtigung obiger Rahmenbedingungen

Potenzial

Bei einer Belegung von 25% der Schienenfläche ergibt sich folgendes theoretisches Produktionspotenzial:

	Potenzialbeschreibung Solarstrom Schienenfläche	Theor. [GWh/a]	Wirts. [GWh/a]	
Eisenbahn	Ertrag berechnet aus Schienenfläche Normalspur	115		Strom
	Ertrag berechnet aus Schienenfläche Schmalspur	35		Strom
	Total	150		Strom

Tabelle 22 Potenzial Solarstrom Schienenfläche

Handlungsempfehlung BAV

- Vertiefte Machbarkeitsabklärungen
- Ev. Potenzialstudie Bottom-up für technisches Potenzial erstellen

3.2.6 Zusammenfassung Bereich Strom

Zur Produktion von erneuerbarem Strom besteht ein technisches Gesamtpotenzial von 202 GWh/a. Zusätzlich wurde ein theoretisches Potenzial von 242 GWh/a ermittelt. Das wirtschaftliche Gesamtpotenzial liegt bei 132 GWh/a.

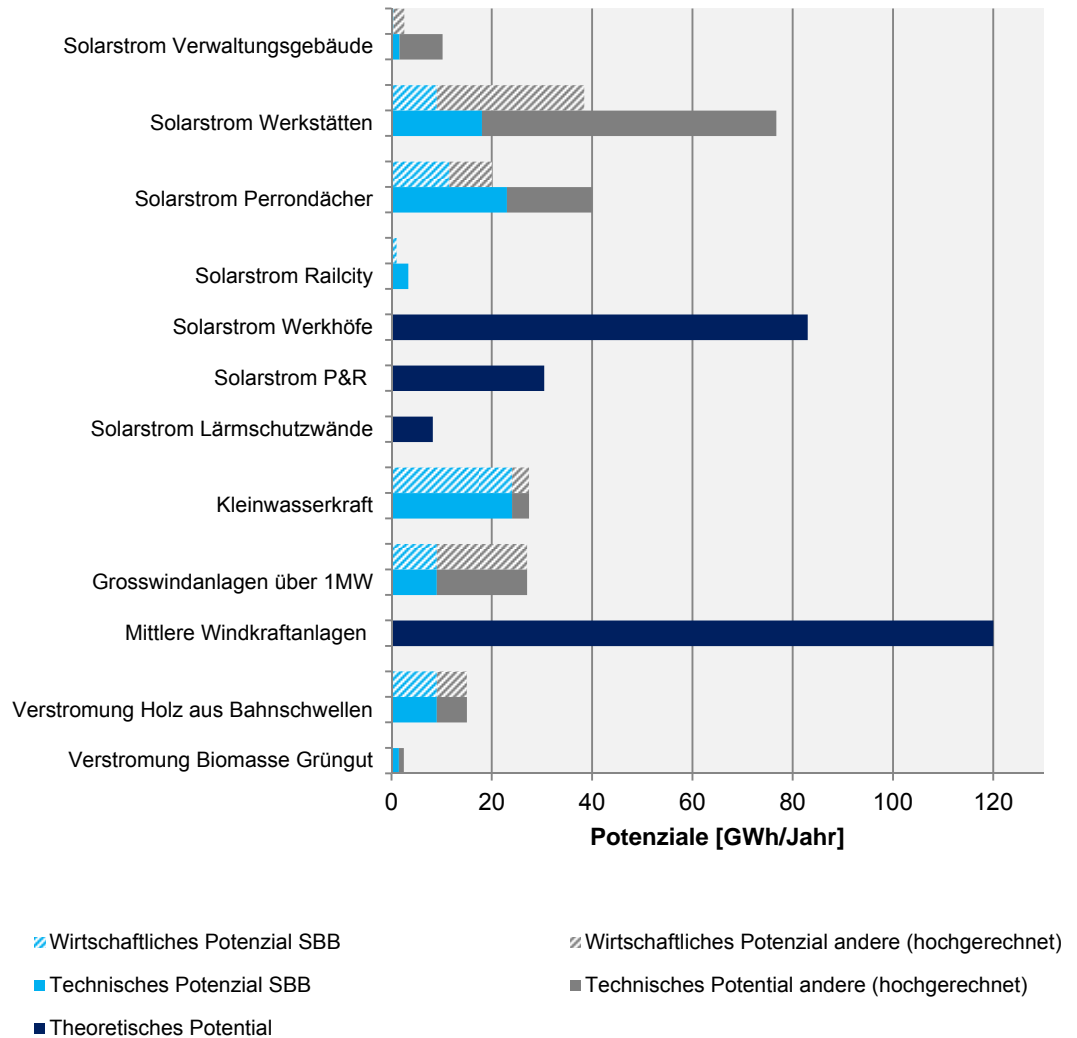


Abbildung 24 Theoretische, technische und wirtschaftliche Potenziale erneuerbarer Strom (ohne Visionen)

Unter Einbezug der Visionen ergibt sich folgende Potenzialverteilung:

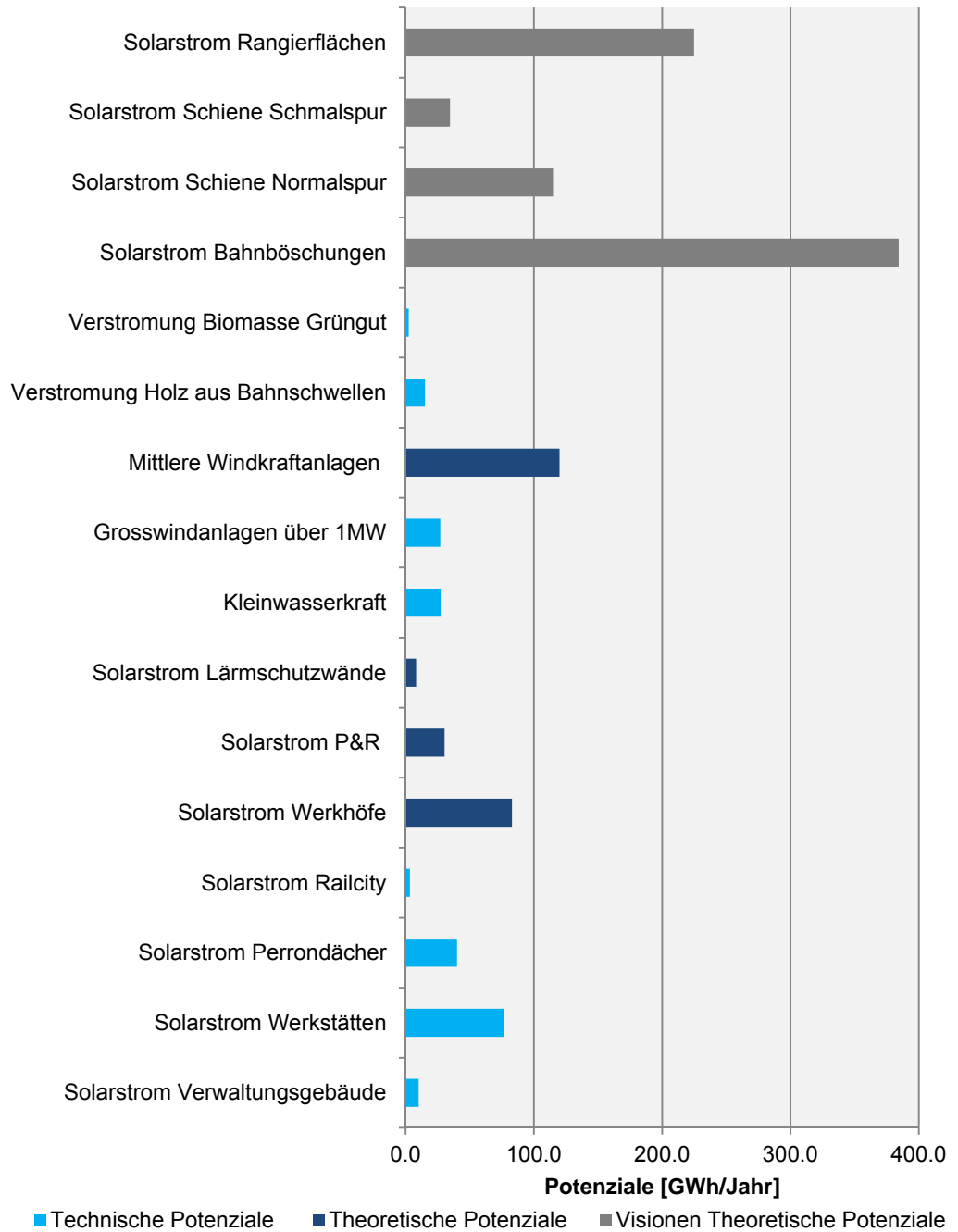


Abbildung 25 Potenziale inkl. Visionen

3.3 Konklusion

Zusammenfassung		Nur Theor.	Techn.	Wirts.	Visionen	Total
		[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]
Alle TU	Gesamtpotenzial Wärme		133.3	98.9		
	Gesamtpotenzial Strom	241.6	202.2	131.5	758.9	
Total		241.6	335.5	230.4	758.9	1336

Tabelle 23 Potenziale Zusammenfassung

Im Bereich Wärme ist ein technisches Potenzial von 133 GWh/a ausgewiesen. Unter den heutigen Rahmenbedingungen wirtschaftlich umsetzbar sind ca. 99 GWh/a. Als Vergleich: Der aktuelle Wärmebedarf in der Schweiz für Heizung und Warmwasser beträgt ca. 85'000 GWh/Jahr. Der gesamte heutige Wärmebedarf der TU ist nicht bekannt.

Im Bereich Strom konnte bei vier Anwendungen nur ein theoretisches Potenzial ermittelt werden. Dieses beträgt 242 GWh/a. Liessen sich Rangierflächen und Schienenflächen inkl. angrenzende Grünflächen mittels Solarstromanwendungen nutzen, ergäbe sich ein zusätzliches theoretisches Potenzial von 759 GWh (Visionen Solarstrom). Die Summe der technischen Potenziale aller anderen Anwendungen beträgt 202 GWh/a. Mit den heutigen Rahmenbedingungen sind davon 132 GWh/a wirtschaftlich umsetzbar.

Mit dem ermittelten und weitgehend theoretischen Gesamtpotenzial inkl. Visionen könnten 1.34 TWh/a erneuerbarer Strom produziert werden. Der öffentliche Verkehr könnte also 6% an die Ausbauziele für Neuen Erneuerbaren Strom von 22.8 TWh/a gemäss Energieperspektiven 2050 Lit.Verz. (32) beisteuern.

Der Gesamtenergieverbrauch des öffentlichen Verkehrs beträgt ca. 4 TWh. Etwa 50%, davon oder 2 TWh sind heute bereits erneuerbar. Mit dem in dieser Studie ermittelten theoretischen Gesamtpotenzial Produktion Strom und Wärme von 1.34 TWh könnten $\frac{2}{3}$ des aktuellen nicht erneuerbaren Gesamtenergieverbrauchs des öffentlichen Verkehrs abgedeckt werden. Dies ohne Berücksichtigung des Potenzials von Effizienzmassnahmen.

4 Massnahmen: Empfehlungen an das BAV

Die erlangten Erkenntnisse aus den Umfragen und der Potentialabschätzung bildeten die Grundlage für die Formulierung von Massnahmen. Zusätzlich wurde ein Workshop mit Vertretern von TUs durchgeführt und mögliche Massnahmen diskutiert. Die Massnahmenliste wurde anschliessend aufgrund von neuen Erkenntnissen aus dem Workshop ergänzt (Tabelle 24 gekennzeichnet mit "Massnahme aus dem Workshop"). Die zum Zeitpunkt des Workshops bereits bestehenden Massnahmen wurden von den Teilnehmern mit Punkten bewertet¹⁰.

Die Massnahmenliste ist umfassend und wurde *als Vorschlag* zuhanden des BAV formuliert. Mit der Umsetzung kann das BAV die TU unterstützen deren Beitrag an die Energiestrategie 2050 des Bundes zu leisten und das vorhandene Potenzial auszuschöpfen. Einen detaillierten Beschrieb zu den Massnahmen befindet sich in Kapitel 5.3 Erläuterungen.





Tabelle 24: Massnahmenliste

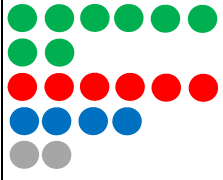

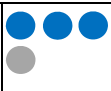
M1	Vermittlung von Fachwissen und Kommunikation		
MN-Nr.	Massnahmentitel	Idee	Punkte ¹¹
M1.1	Regelmässige Kommunikation bestehender Programme an TU	Programme bekannter machen Projekte auslösen	Massnahme aus dem Workshop ¹²
M1.2	Eine Ansprechperson beim Bund (BAV) für die TU definieren	Klare Strukturen bieten Vertrauen schaffen	Massnahme aus dem Workshop ¹²
M1.3	Aufbau und Betrieb einer Fach- und Anlaufstelle	Anlaufstelle für Fragen aller Art anbieten	
M1.4	Aufbau und Betrieb eines Beratungsangebots	Erste (kostenlose) Unterstützung bei der Planung und Umsetzung Weiterführendes (kostenpflichtiges) Beratungsangebot	
M1.5	Aufbau eines Expertenpools	Kontaktliste von Experten mit spezifischem Know-How zu den TUs zur Verfügung stellen	Massnahme aus dem Workshop ¹²
M1.6	Aufbau und Betrieb einer Veranstaltungs- und Austauschplattform	Fachwissen vermitteln Wissenstransfer fördern Kontakte vermitteln	
M1.7	Publikation und Kommunikation von guten Umsetzungsbeispielen	Vorgehensweisen aufzeigen	

¹⁰ Jeder Teilnehmer erhielt drei Punkte, welche er der aus seiner Sicht wichtigsten Massnahme zuordnen konnte.

¹¹ Grün = Vertreter Eisenbahnunternehmen, Rot = Vertreter Seilbahnunternehmen, Blau = Vertreter Bus-/Tramunternehmen, grau = Vertreter Bundesamt (BAV/BFE)

¹² Die Massnahmenliste wurde aufgrund von neuen Erkenntnissen aus dem Workshop mit weiteren Massnahmen ergänzt. Da die Massnahmen erst nach dem Workshop formuliert wurden, konnten sie nicht bewertet werden.

M2			
Zur Verfügung stellen von Hilfsmitteln			
MN-Nr.	Massnahmentitel	Idee	Punkte¹¹
M2.1	Leitfaden für standardisierte Energiekonzepte für TU (inkl. standardisierte Potentialbeurteilung)	Hilfestellung bieten Qualitätssicherheit schaffen	
M2.2	Vorlagen und Merkblätter zum Vorgehen und zu Abläufen beim Vermieten von Dachflächen an Dritte	Prozesse vereinfachen Hilfestellung bieten	Massnahme aus dem Workshop ¹²
M3			
Förderprogramme und finanzielle Unterstützung			
M3.1	Finanzielle Unterstützung für die Erstellung von Energiekonzepten	Einstiegshürden vermindern Anreiz setzen	
M3.2	Finanzielle Unterstützung von Pilot-, Demonstration- und Leuchtturmprojekten auf Basis der nichtamortisierbaren Mehrkosten (analog BFE)	Technische Entwicklung fördern Investitionshürden abbauen	
M3.3	Finanzielle Unterstützung von "normalen" Anlagen	Investitionshürden abbauen	Massnahme aus dem Workshop ¹²
M3.4	Investitionskostenbeihilfe in Anlehnung an die EIV	Investitionshürden abbauen	
M3.5	EIV/KEV für das Bahnstromnetz	Investitionshürden abbauen	Massnahme aus dem Workshop ¹²

M4	Bewilligungshürden, Leistungsvereinbarungen, Abläufe		
MN-Nr.	Massnahmentitel	Idee	Punkte¹¹
M4.1	Abbau von bestehenden Bewilligungshürden, Vereinfachen der Bestimmungen und Abläufe, Verkürzen von Verfahren	Prozesse vereinfachen Hürden abbauen	
M4.2	Anpassen der Leistungsvereinbarung mit den TU, Ergänzungen zu Produktion erneuerbaren Energien	Legitimation schaffen Verpflichtung generieren	Massnahme aus dem Workshop ¹²
M4.3	Anpassen von Abläufen beim BAV (Massnahmenlisten) bspw. im Bereich der Perrondacherneuerung	Produktion erneuerbare Energien in Abläufe integrieren	Massnahme aus dem Workshop ¹²
M5	Zentrale Datenbank Energiekennzahlen		
M5.1	Zentrale Datenbank zu Energiekennzahlen der TU (Wärme und Strom)	Entwicklung aufzeigen	
M6	Label / Zertifikate für vorbildliche TU		
M6.1	Label / Zertifikate für vorbildliche TU	Anreize schaffen Vermarktung ermöglichen	

5 Anhang

5.1 Auswertung Experteninterviews mit den Verbänden

Die erste Frage, welche den Verbandsvertretern gestellt wurde, zielte darauf ab zu erfahren ob sich die TU mit dem Thema erneuerbare Energien insbesondere der Produktion von erneuerbare Energien befassen. Gemäss den VerbandsvertreterInnen ist dies bei bis zu einem Viertel der TU der Fall, sie produzieren Wasserkraft und vor allem Solarstrom mit PV-Anlagen.

Zielvorgaben der Besteller / Aktionäre

Ob die TU bezüglich Produktion von erneuerbaren Energien Zielsetzungen von ihren Bestellern/Aktionären erreichen müssen war den VertreterInnen nicht bekannt.

Zum Teil haben die TU eine eigene Strategie zur Produktion von erneuerbaren Energien (vgl. Abbildung 26).

Haben die TU eine eigene Strategie für die Produktion von erneuerbaren Energien?

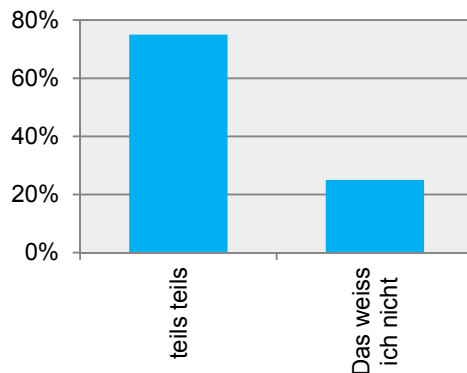


Abbildung 26: Strategie Produktion erneuerbarer Energien

Organisation

Organisatorisch ist das Thema im Infrastrukturbereich, in einer Stabstelle, im technischen Bereich (Mittlere Kaderstufe Technik) oder der Geschäftsleitung angesiedelt. Erwähnt wurde, dass der RBS eine eigene Fachstelle Nachhaltigkeit führt.

Anreizfaktoren

Als wichtigster Anreizfaktor um die Produktion von erneuerbaren Energien auszubauen haben die VertreterInnen finanzielle Anreize genannt (vgl. Abbildung 27). Weiter wurden standardisierte Baukastenlösungen und Initiativen wie der vom

VCS lancierte Solarpass genannt.

Was sind Ihrer Meinung nach die wichtigsten Anreizfaktoren für die TU um Anlagen zur Produktion von erneuerbaren Energien zu erstellen?

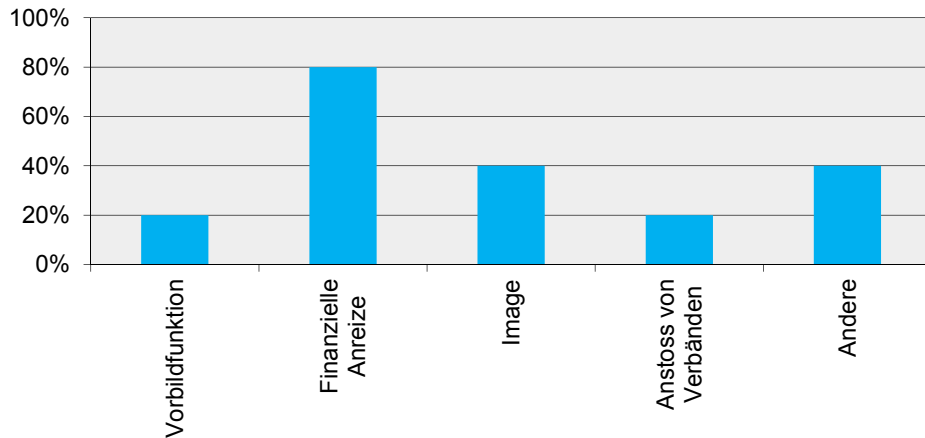


Abbildung 27: Anreizfaktoren für die Produktion erneuerbarer Energien

Potenzialanalysen

Bezüglich übergeordneten Studien zur Erfassung von Potenzialen zur Produktion von erneuerbaren Energien haben die VerbandsvertreterInnen nur einen konkreten Bericht genannt: An der der Fachhochschule Nordwestschweiz wurde im Rahmen einer CAS Zertifikatsarbeit das Potenzial von Kleinwindkraftanlagen bei Bergbahnen (30) genannt.

Ob bei einzelnen TU Potenzialanalysen durchgeführt wurde ist nicht bekannt oder wird als unwahrscheinlich eingeschätzt (vgl. Abbildung 28).

Wurden bei den TU bereits Potenzialanalysen zur Produktion von erneuerbaren Energien durchgeführt?

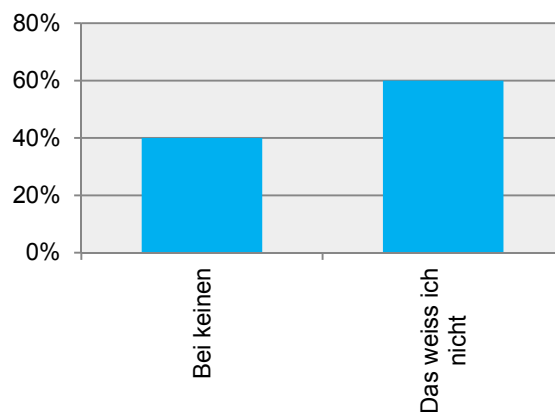


Abbildung 28: Potenzialanalysen bei TU

Aktivitäten

Es gibt bereits einige übergeordnete Aktivitäten, mit dem Ziel die Produktion von erneuerbaren Energien voranzutreiben. Insbesondere der Wissens- und Erfahrungsaustausch wird gepflegt.

RailPlus befasst sich innerhalb seiner Arbeitsgruppe "Infrastruktur" mit dem Thema erneuerbare Energien.

Der SBS hat für seine Mitglieder ein "Handbuch Energiemanagement Bergbahnen" mit Handlungsempfehlungen zu Erneuerbare Energieproduktion erstellt.

Der VöV unterhält seit 2015 eine Arbeitsgruppe Energieeffizienz (AGr EE). Zu Ihrem Aufgabengebiet gehört:

- Koordination von Entwicklung, Umsetzung und Weiterentwicklung von Ideen für EE-Projekte zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Nutzung erneuerbarer Energien in den TU
- Sammeln von Technik- und Prozess-Know How zur Umsetzung der Energiestrategie.
- Erarbeitung von praxisnahen Beispielen für die Projektleiter von energierelevanten Projekten.
- Weiterverbreitung der Grundlagen und Erkenntnisse in der Branche
- Eine Wissens- und Erfahrungsaustauschplattform für die Bahntechnik- und Betriebs-Fachspezialisten im Bereich Energieeffizienz (Share-Point – SBB / Extranet VöV)

Gibt es übergeordnete, koordinierte Aktivitäten, welche die Produktion von erneuerbaren Energien unterstützen und vorantreiben?

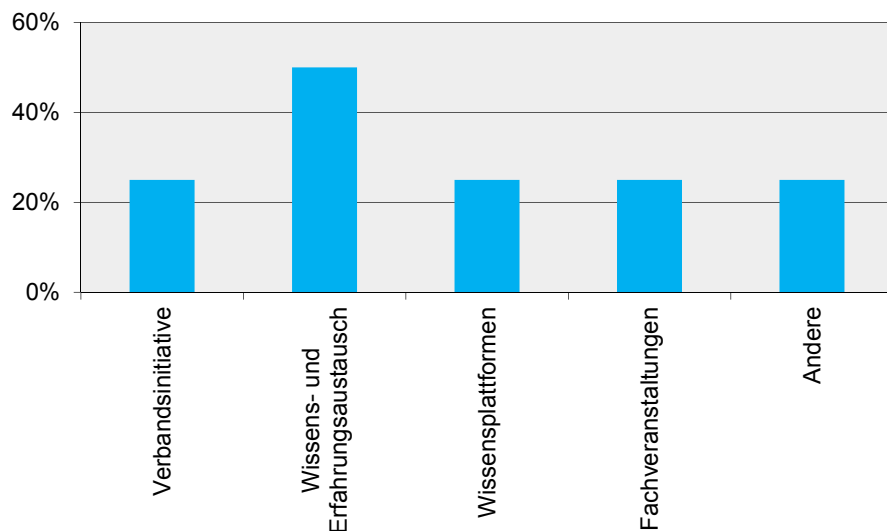


Abbildung 29: Übergeordnete Aktivitäten

Erfolgsfaktoren und Hemmnisse

Als Faktoren für die Umsetzung wurde unter "Andere" Grundsätzliche positive Signale vom Bund und eine gute Vernetzung genannt.

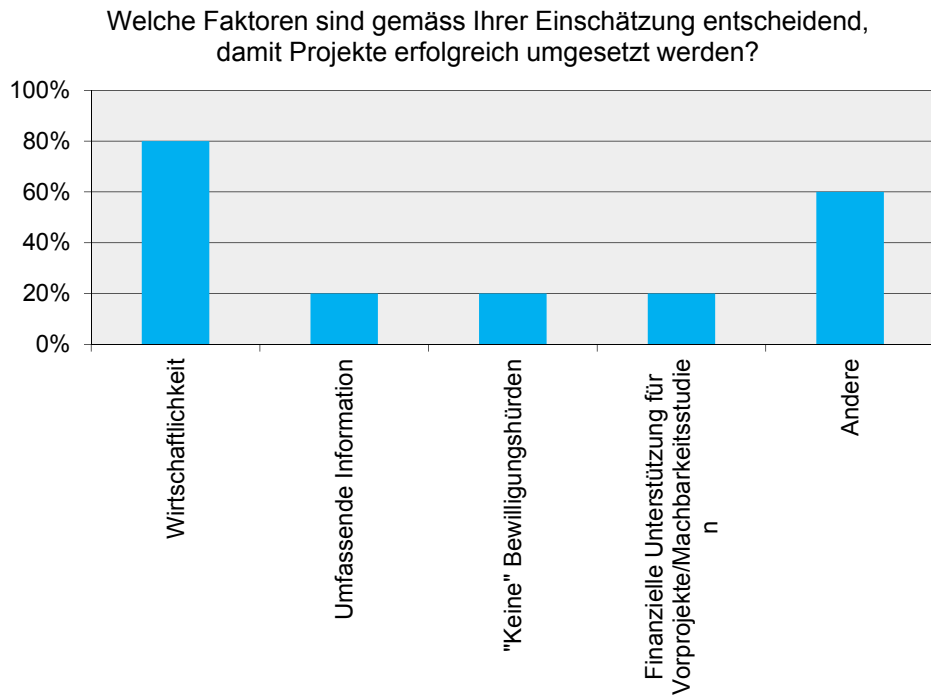


Abbildung 30: Faktoren für die erfolgreiche Umsetzung von Projekten

Dies spiegelt sich auch in den Hemmnissen wider. Die mangelnde Wirtschaftlichkeit ist das grösste Hemmnis, damit Projekte umgesetzt werden. Weitere Hemmnisse sind fehlende Ressourcen, Bewilligungshürden und restriktive Auflagen ausserhalb der Bauzonen, fehlende Informationen, mangelndes Know-how und fehlende finanzielle Mittel.

Es wurde auch erwähnt, dass bei vielen TU "noch" kein Bedarf besteht, das Image durch nachhaltige Projekte zusätzlich zu verbessern, da der ÖV grundsätzlich ein gutes Image hat. Weiter gibt es wichtigere vom BAV geforderte Prioritäten wie die Sicherheit.

Handlungsbedarf und Unterstützung

Handlungsbedarf besteht bei der Unterstützung von Pilotanlagen, der Unterstützung von F&E Projekten und optimierten Planungsverfahren. Es gibt einige TU, die sich für die Umsetzung von Pilot- und Demonstrationsprojekten interessieren würden.

Um die Hemmnisse abzubauen könnte das BAV Unterstützung bieten, diese könnte gemäss den VertreterInnen folgendermassen aussehen (vgl. Abbildung 31):

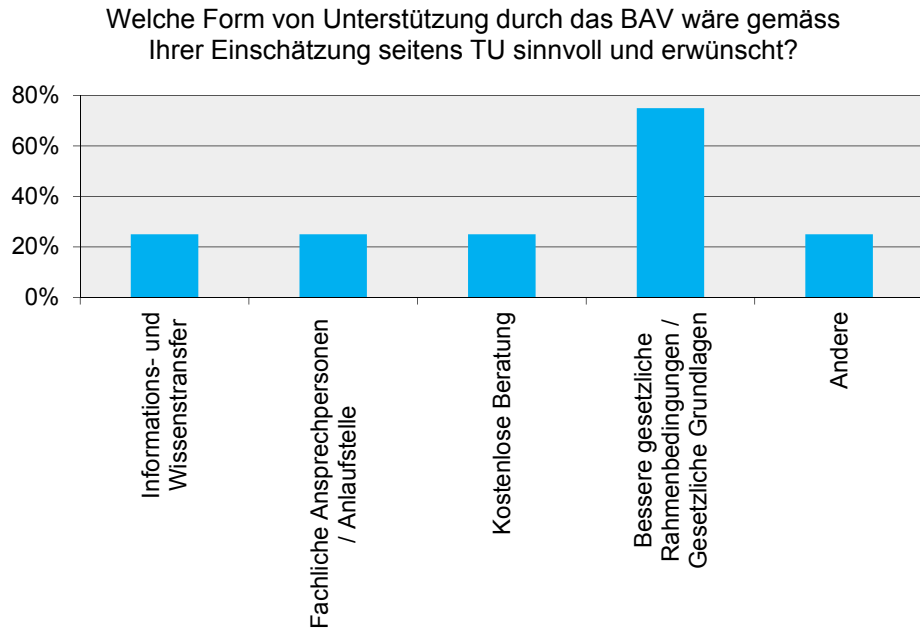


Abbildung 31: Unterstützung durch BAV

Nebst dem BAV könnten auch die Verbände Unterstützung anbieten, beispielsweise in Form von Informations- und Wissenstransfer, mit fachlichen Ansprechpersonen, kostenloser Beratung, einer Internetplattform, Bedarfsanalysen und dem Vermitteln von Partnern.

Für die technische Entwicklung bei der Produktion von erneuerbaren Energien besteht Handlungsbedarf, insbesondere die Unterstützung von Pilotanlagen wird als wichtig eingestuft (vgl. Abbildung 32).

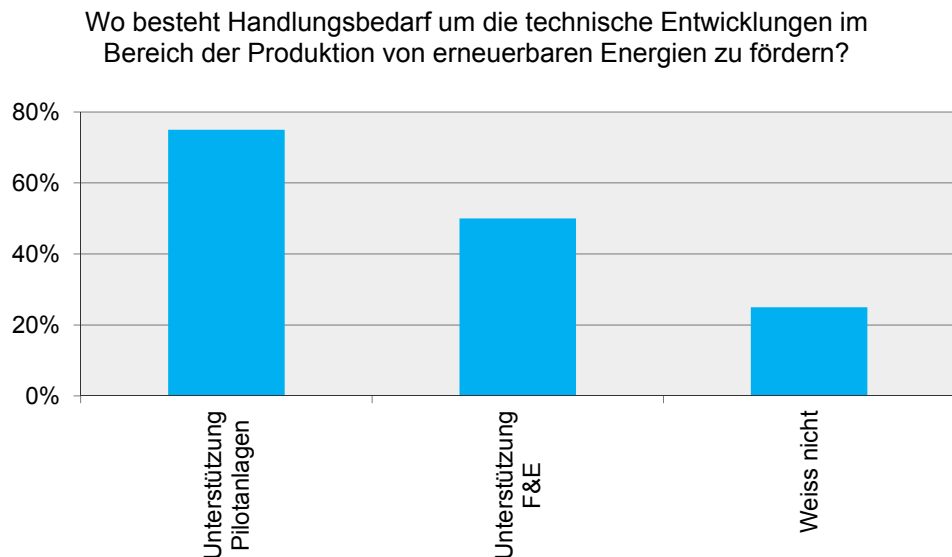


Abbildung 32: Förderung von technischer Entwicklung

Als Chancen für eine vermehrte Nutzung in Erneuerbare Energien wurden genannt:

- Zusammenarbeit mit Energieversorgungsunternehmen,
- Einbezug der Bevölkerung in Investitionen
- Zentralisierung des Stromeinkaufs für seine Mitglieder
- Miteinander am Berg führt zum Erfolg.
- Nachhaltige Regionen unter Einbezug aller Stakeholder.

5.2 Best Practice Beispiele

5.2.1 Best Practice Wärme

Best Practice: CabriO Stanserhornbahn

Die CabriO®-Stanserhorn-Bahn engagiert sich seit Jahren für eine nachhaltige Entwicklung auf dem Berg. Schrittweise sanierte sie ihre Gebäude und die Stanserhorn-Bahn. Dabei nutzt sie erneuerbare Energien und die passive Solarenergie durch eine intelligente Solararchitektur für das Bergrestaurant, welches aus lokalem Holz gebaut ist. Die 56 m²-Solarthermieanlage erzeugt rund 25'000 kWh/a. Die 24.7 kW starke PV-Anlage produziert 22'000 kWh/a. Zusammen mit der Wärmerückgewinnung generieren die Bahnen rund 60'000 kWh/a oder ca. 11% des Gesamtenergiebedarfs. 2014 sanierten die Bahnen die Gebäudehülle der Talstation und schlossen sie an das lokale Holzschnitzel-Fernwärmenetz an. Die Bahn hat für diese Massnahmen den Solarpreis 2015 erhalten. Lit.Verz. (33)

Best Practice Projekt: Plusenergie-Hotel Muottas Muragl

Sonnenkollektoren (Flach- und Röhrenkollektoren) produzieren Solarwärme für Warmwasser und Heizung. Überschüssig erzeugte Wärmeenergie wird im Erdsondenfeld gespeichert und wenn benötigt, über eine Wärmepumpe wieder entnommen. Der Energiebedarf des Hotelgebäudes wird zu 100% durch Solarenergie gedeckt. Lit.Verz. (34)

5.2.2 Best Practice Strom

Best Practice: Verwaltungsbau Flumroc



Abbildung 33 Fotos Flumroc

Das Verwaltungsgebäude der Flumroc AG wurde 2013 saniert. Die sorgfältig integrierte PV-Fassadenanlage erzeugt zusammen mit der 71 kW_p-Dachanlage 114'000 kWh/a, was einer Eigenenergieversorgung von 115% entspricht.

Die vorbildliche Wärmedämmung, die Solarfassade und die monokristalline PV-Dachanlage verwandeln das „energiefressende“ Verwaltungsgebäude in einen wegweisenden Plus-Energie-Verwaltungsbau, mit einem Solarstromüberschuss für die angrenzende Flumroc-Fabrik. Lit.Verz. (35)

Dieses Beispiel zeigt, dass ein ganzheitlicher Ansatz, unter Berücksichtigung von baulichen Effizienzmassnahmen erfolgreiche Resultate liefern kann. Siehe auch 3.1.

Best Practice: Projekt SBB Speditionslager Chiasso

Auf den Dächern der SBB Speditionslagerhäuser in Chiasso entsteht gemäss der SBB die drittgrösste Solaranlage der Schweiz. Vor dem Einbau der Module erneuert die SBB die 24 000 Quadratmeter Fläche der Dächer vollständig.

Die alte Dachbedeckung wird ersetzt und die neue Photovoltaikanlage installiert. Die Firma AGERE SA aus Chiasso ist beauftragt, die Solarzellen zu installieren und die Anlage zu bewirtschaften. Mitbeteiligt ist die AGE SA, das Elektrizitätsunternehmen von Chiasso. Lit.Verz. (36)

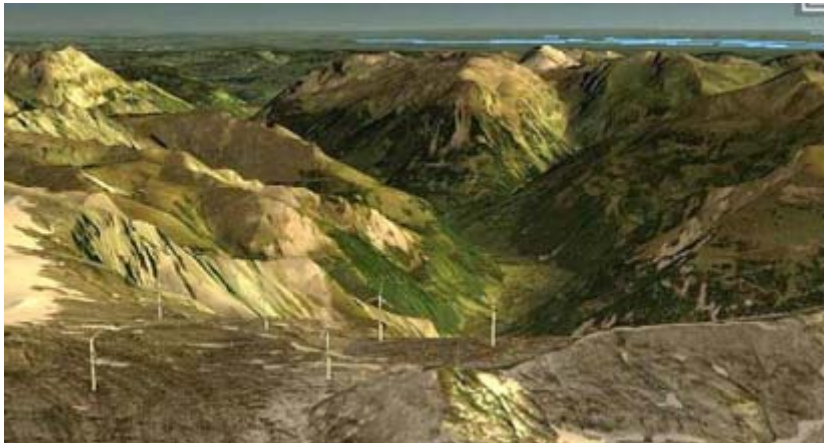
Best Practice: PV-Anlagen IBAarau und Aar Bus+Bahn

Die Planung und Installation von Photovoltaikanlagen hat sich zu einem zukunftsweisenden Standbein der IBAarau entwickelt. Sie realisiert eigene Grossanlagen aber auch Sonnendächer im Auftrag von Industrie, Gewerbe sowie öffentlichen und privaten Immobilienbesitzern. Zusammen mit AAR Bus+Bahn haben die IBAarau auf dem Dach der Busgarage Telli eine 580 Quadratmeter grosse Photovoltaik Anlage installiert, welche jährlich rund 100'000 Kilowattstunden erneuerbaren Strom produzieren wird. Lit.Verz. (37)

Best Practice: Photovoltaikanlage Worb

Nach der Busgarage in Worblaufen im Jahr 2013 wurde im Herbst 2015 auch die Werkstatt Worboden zur Stromproduzentin: Auf dem Dach wurde im September und Oktober eine Photovoltaikanlage mit einer Fläche von 1 776 Quadratmeter montiert. Pro Jahr sollen die 1 086 Solarmodule rund 312 000 Kilowattstunden Strom produzieren. Lit.Verz. (38)

Best Practice: Windpark Vorab Flims Electric / Weisse Arena



34 Foto ZVG

2013 haben die Weisse Arena zusammen mit dem lokalen EW Flims Electric und der BKF die Machbarkeit für Windpark im Vorabgebiet abgeklärt. Geplant sind sechs Windturbinen mit einem Jahresertrag von insgesamt 18 GWh. Rund zwei Drittel dieser gewonnenen Energie sind für den Betrieb der Bergbahnen vorgesehen. Diese reiche aus, um sämtliche Bahnen und Beschneigungsanlagen zu versorgen. Der Rest, also rund ein Drittel, soll ins Netz eingespeist werden Lit.Verz. (39).

Die BKW sind in der Zwischenzeit aus dem Projekt ausgestiegen. Laut dem Geschäftsführer von Flims Electric soll es aber zusammen mit der Weissen Arena AG in den nächsten 2 Jahren zur Umsetzung kommen.

Best Practice: Perrondach Hauptbahnhof (HB) Zürich

Die Photovoltaikanlage (PV) auf dem SBB-Perrondach des HB Zürich, gegenüber dem Landesmuseum verfügt über eine installierte Leistung von 50 kWp mit einem Jahresertrag von rund 42'000 kWh/a. Die ADEV-Solarstrom AG in Liestal ist Eigentümerin der PV-Anlage. Die SBB stellt das Perrondach und das SBB-Netz bereit und die EWZ-Solarstrombörse übernimmt den Solarstrom.



Abbildung 35 Foto energiebüro

Best Practice: Solarstromanlage Wallisellen



36 Foto TNC Consulting GmbH

Mit der fünften der sechs geplanten Versuchsfelder für integrierten Photovoltaik-Schallschutz wurde an der Bahnstrecke Wallisellen - Dübendorf zum ersten Mal die Anwendung entlang einer Bahnlinie erprobt. Die Anlage mit einer Gesamtleistung von 9.6 kWp und einer Länge von 72 m soll jährlich etwa 7'700 kWh Strom produzieren. Durch die Verwendung von insgesamt 45 Kleinwechselrichtern wird eine hohe Modularität erreicht, was einen weiteren Schritt Richtung Serienfertigung von PV-Schallschutzanlagen darstellt Lit.Verz. (40).

Best Practice: Bifaciale Solarstromanlage Münsingen



37 Foto TNC Consulting GmbH

Entlang der wichtigen und stark frequentierten Nord-Süd Bahn Transversalen Bern-Lötschberg ist von der Gemeinde Münsingen die weltweit erste bifaciale Photovoltaik Schallschutz Anlage an einer Bahnlinie im Bahnhofsbereich Münsingen in Auftrag gegeben worden. Der produzierte Solarstrom wird zu Gunsten der Ökostrombörse Münsingen eingespeist und verkauft. Die Anlage weist eine Leistung von 12.85kW_p auf. Der prognostizierte Ertrag beträgt 6750 kWh/a Lit.Verz. (41).

Best Practice: Jungfraubahnen Ausbau Kraftwerk Lütschental



38 Fotos Jungfraubahn AG

Aufgrund des Alters der vorhandenen Maschinen wurde 2008 der Neubau der Produktionsanlage lanciert. Die Arbeiten des Projekts „G55“ konnten im 2011 erfolgreich abgeschlossen werden. Neu sind zwei vertikal angeordnete, 6-düsige Peltonturbinen in Betrieb, welche gemeinsam eine installierte Leistung von 11.5 MW aufweisen. Anstelle von ca. 35 GWh/a können neu ca. 55 GWh/a elektrische Energie erzeugt werden.

Best Practice: Sinfonia d'Aua Flims / Weisse Arena



39 Fotos Flims Electric

Sinfonia d'aua ist ein technisches Kulturprojekt unter der Federführung der Flims Electric AG und entstand in enger Zusammenarbeit mit der Gemeinde Flims und der Weissen Arena AG. Umweltschonende Stromproduktion in sechs Kleinwasserkraftwerken im Verbund mit Speicherseen zur Beschneigung im Winter eröffnen gemäss Aussagen vom EW-Direktor Martin Maron Möglichkeiten für die Zukunft, Speicherung und Stromproduktion aus Wasserkraft sinnvoll zu verbinden Lit.Verz. (28).

5.3 Erläuterungen zu den Massnahmen

Im Folgenden werden die Massnahmen aus Kapitel 4 erläutert:

M1 Vermittlung von Fachwissen und Kommunikation

M1.1 Regelmässige Kommunikation bestehender Programme an TU

Problem:

Die bereits bestehenden Programme zur Förderung von erneuerbaren Energien sind bei den TU noch zu wenig bekannt¹³.

Massnahme:

Regelmässige Kommunikation und Bewerbung bestehender Programme an TU

M1.2 Eine Ansprechperson beim Bund (BAV) für die TU definieren

Problem:

Für die TU sind die Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten bei den Bundesämtern oftmals nicht genau ersichtlich. Von den TU wird **eine** Ansprechperson beim Bund für diese Themen gewünscht¹³. Diese Person soll beim BAV angestellt sein¹³.

Massnahme:

Definition einer Ansprechperson beim BAV in Absprache mit dem BFE

M1.3 Aufbau und Betrieb einer Fach- und Anlaufstelle

Problem:

Die Produktion von erneuerbaren Energien liegt nicht in der Kernkompetenz der TU. Oftmals fehlt im Unternehmen eine entsprechende Fachperson oder auch das nötige Know-how.

Massnahme:

Das Angebot einer Fach- und Anlaufstelle umfasst mindestens eine Webseite mit allgemeinen Informationen und Kontakten für TU sowie eine Hotline. Mit einer neutralen Fach- und Anlaufstelle für Fragen im Bereich der Produktion von erneuerbaren Energien (und ggf. der Energieeffizienz) kann Know-how vermittelt und die TU durch Fachpersonen direkt unterstützt und beraten werden.

Weitere mögliche Angebote sind beispielsweise kostenlose Inputberatungen, Organisation von Veranstaltungen, Workshops, Aufbereitung von Best-Practice-Beispielen (vgl. weitere Massnahmen). Die Fach- und Anlaufstelle könnte auch durch externe Fachpersonen betrieben werden.

M1.4 Aufbau und Betrieb eines Beratungsangebots

Problem:

Die Produktion von erneuerbaren Energien liegt nicht in der Kernkompetenz der TU. Oftmals fehlt im Unternehmen eine entsprechende Fachperson oder auch das nötige Know-how.

Massnahme:

Mit einem Beratungsangebot können die TU entsprechend unterstützt werden. Das Beratungsangebot könnte aus einer kostenlosen Inputberatung und einer kostenpflichtigen Vertiefungsberatung bestehen. Die kostenlose Inputberatung (bspw. im Rahmen von 1-2 Stunden) könnte den Unternehmen für verschiedene Anliegen (bspw. Erarbeitung einer übergeordneten Strategie, Vorgehen bei der Erstellung einer PV-Anlage, Finanzierungsmöglichkeiten von Anlagen) zur Verfü-

¹³ Gemäss Aussagen im Workshop vom 11.11.2016

gung stehen. Bei umfassenderen Beratungen gehen die Kosten zu Lasten des TU.

M1.5 Aufbau eines Expertenpools

Problem:

Die TU stehen (insbesondere bei der Erstellung von PV-Anlagen) aufgrund von spezifischen Anforderungen (z.B. Sicherheitsvorschriften oder zusätzlichen Reinigungsbedarf von Anlagen) vor zusätzlichen Herausforderungen. Geeignete Fachpersonen für den Bau von Anlagen zu finden stellt sich als Problem dar¹³.

Massnahme:

Mit der Erstellung und Publikation einer Kontaktliste von Experten mit spezifischem Know-How zu den TU kann diesem Problem entgegengewirkt werden.

M1.6 Aufbau und Betrieb einer Veranstaltungs- und Austauschplattform

Problem:

Mit den Experteninterviews und der Onlineumfrage konnten diverse Themen identifiziert werden, in welchen das Know-how bei den TU noch verbessert werden und wo Hilfestellungen von Nutzen sein könnten. Bei der Vernetzung und dem Austausch von Wissen unter den TU besteht Verbesserungspotential.

Massnahme:

Das BAV könnte (in Abstimmung zu bereits bestehenden Veranstaltungen) Workshops und Veranstaltungen zu verschiedenen Themen und für verschiedene Zielgruppen anbieten:

- Entwickeln einer Strategie für die Verbesserung der Vorbildfunktion und des Images durch die vermehrte Produktion von erneuerbaren Energien für die oberste Führungsebene der TU
- Möglichkeiten zur Finanzierung von Anlagen, Informationen zu Förderprogrammen für die technischen Verantwortlichen
- Potenzialanalysen für TU: Inhalt, Vorgehen, Mehrwert für technisch Verantwortliche, Führungsebene
- Erfahrungsaustausch unter den TU zur Planung und Erstellung von Anlagen für technisch Verantwortliche
- Weitere

M1.7 Publikation und Kommunikation von guten Umsetzungsbeispielen

Problem:

Es werden heute noch relativ wenig Projekte tatsächlich umgesetzt, Abläufe und Vorgehen sind noch nicht etabliert und gute Beispiele zu wenig bekannt.

Massnahme:

Mit der Publikation von guten Umsetzungsbeispielen können Hürden abgebaut und Abläufe und Vorgehen kopiert, resp. adaptiert werden.

M2 Zur Verfügung stellen von Hilfsmitteln

M2.1 Leitfaden für standardisierte Energiekonzepte für TU (inkl. standardisierte Potentialbeurteilung)

Problem:

Gemäss der Onlineumfrage erheben die meisten TU viele energierelevante Daten nicht. Somit sind keine Grundlagen zu ihrem Energieverbrauch vorhanden. Ebenfalls fehlen Grundlagen um Entscheide für den Bau von Anlagen oder der Verbesserung der Energieeffizienz herbeiführen zu können.

Massnahme:

Ein umfassendes Energiekonzept bietet eine solide Grundlage um auf strategischer Führungsebene die richtigen Weichen stellen zu können.

Ein Energiekonzept sollte umfassen:

- Strategische Ausrichtung und Zielsetzungen im Bereich erneuerbare Energien und Energieeffizienz
- Bestandsaufnahme / Bilanzierung des energetischen Ist-Zustandes eines TU basierend auf End- und Primärenergie
- Standardisierte Potenzialanalyse für die Produktion erneuerbarer Energien mit Angabe von Energiegestehungskosten
- Potenzialanalyse für Effizienzmassnahmen mit Angabe von Energieeinsparungskosten
- eine mit dem TU abgestimmte und zeitlich definierte Massnahmenplanung in den Bereichen :
 1. kurzfristige Betriebsoptimierungsmassnahmen
 2. Substitution fossiler Energieträger
 3. Verbesserung des erneuerbaren Strommixes
 4. Erhöhung der Produktion erneuerbarer Energien
 5. Effizienzmassnahmen
 6. Aufbau eines standardisierten Monitorings der jährlichen Energieverbräuche nach Energieträger und der Produktion erneuerbarer Energien (z.B. Verwendung des Online-Tools Energiebuchhaltung Enercoach von Energiestadt)

M2.2 Vorlagen und Merkblätter zum Vorgehen und zu Abläufen beim Vermieten von Dachflächen an Dritte

Problem:

Die Vermietung von Dachflächen gestaltet als aufwändig, da rechtliche, organisatorische und finanzielle Fragestellungen geklärt werden müssen.

Massnahme:

Mit der Publikation von Vorlagen und Merkblättern zur Vermietung von Dachflächen können eine Hilfestellung angeboten und Hürden abgebaut werden.

M3 Förderprogramme und finanzielle Unterstützung

Finanzielle Anreize werden neben der Vorbildfunktion und dem Image als einer der wichtigsten Anreizfaktoren für die Erstellung von Anlagen zur Produktion von erneuerbaren Energien genannt. Aufgrund der tiefen Energiepreise für fossile Energieträger und Strom stehen die erneuerbaren Energien momentan wieder stärker unter Druck. Mit einem geeigneten Förderprogramm kann dieser Problematik entgegengewirkt werden.

Für die folgenden Bereiche wird der Aufbau einer finanziellen Förderung vorgeschlagen:

M3.1 Finanzielle Unterstützung für die Erstellung von Energiekonzepten

Problem:

Die Mittel zur Erstellung von Energiekonzepten werden oftmals nicht bereitgestellt, da die Erstellung und den Betrieb von Energieerzeugungsanlagen nicht im Aufgabengebiet der TU liegen.

Massnahmen:

Eine finanzielle Unterstützung für die Erstellung von Energiekonzepten kann diese Hürden vermindern.

M3.2 Finanzielle Unterstützung von Pilot-, Demonstration- und Leuchtturmprojekten auf Basis der nichtamortisierbaren Mehrkosten (analog BFE)

Problem:

Neue Technologien zur Umsetzung von interessanten Potenzialen haben vielfach am Anfang das Problem, Erstkunden einem erhöhten Investitionsrisiko auszusetzen. Durch die Unterstützung von Pilotanlagen zur Weiterentwicklung bis zur Marktreife kann dieses Risiko gesenkt werden. Pilot-, Demonstration- und Leuchtturmprojekte haben eine Vorbildwirkung und beabsichtigen eine möglichst grosse Bekanntheit. Sie sollen eine Signalwirkung haben für Folgevorhaben von weiteren TU.

Massnahmen:

Finanzielle Unterstützung von Pilot-, Demonstration- Und Leuchtturmprojekten

M3.3 Finanzielle Unterstützung von "normalen" Anlagen

Problem:

Die Marktdurchdringung stellt sich nach der Förderung von Pilot-, Demonstration- und Leuchtturmprojekte oftmals als Herausforderung dar. Spezielle Rahmenbedingungen bei den TU (Sicherheitsanforderungen, erhöhter Reinigungsbedarf) erzeugen zusätzliche Kosten, die ein Hindernis bei der Umsetzung darstellen.

Massnahmen:

Finanzielle Unterstützung von "normalen" Anlagen

M3.4 Investitionskostenbeihilfe in Anlehnung an die EIV

Problem:

Speziellen Rahmenbedingungen bei den TU (Sicherheitsanforderungen, erhöhter Reinigungsbedarf) erzeugen zusätzliche Kosten, die ein Hindernis bei der Umsetzung darstellen.

Massnahmen:

Eine Investitionskostenbeihilfe für den ÖV-Bereich analog zur Einmalvergütung des Bundes EIV kann das wirtschaftliche Potenzial zur Produktion von erneuerbaren Energien dort erhöhen wo die EIV/KEV nicht greift.

M3.5 KEV für das Bahnstromnetz

Problem:

Die KEV deckt den Bereich des Bahnstromnetzes nicht ab.

Massnahmen:

Einführung einer EIV/KEV für das Bahnstromnetz.

M4 Bewilligungshürden, Leistungsvereinbarungen, Abläufe

M4.1 Abbau von bestehenden Bewilligungshürden, Vereinfachen der Bestimmungen und Abläufe, Verkürzen von Verfahren

Problem:

Im Rahmen der Workshops wurden Bewilligungshürden, komplizierte Abläufe und lange Verfahren mehrfach als Hindernis für die Erstellung von Anlagen erwähnt. Für eine erfolgreiche Umsetzung von Projekten ist es gemäss der Einschätzung der TU entscheidend, die Bewilligungshürden so gering wie möglich zu halten.

Massnahmen:

- Vertiefte Analyse der aktuell bestehenden Bewilligungshürden, Abläufe und Verfahren
- Prüfen der Möglichkeiten zur Verringerung dieser Hürden
- Anstossen der entsprechenden Prozesse zur Anpassung der bestehenden Regelungen und Abläufe und ggf. Angebot für geeignete Unterstützung/Beratung der TU.

M4.2 Anpassen der Leistungsvereinbarung mit den TU, Ergänzungen zu Produktion erneuerbaren Energien

Problem:

Die TU haben keinen Leistungsauftrag für die Erstellung von Anlagen zur Produktion von erneuerbaren Energien und entsprechend in der Regel auch keine Ressourcen und Fachkräfte.

Massnahmen:

Anpassen der Leistungsvereinbarung mit den TU, Ergänzungen zu Produktion erneuerbaren Energien

M4.3 Anpassen von Abläufen beim BAV (Massnahmenlisten) bspw. im Bereich der Perrondacherneuerung

Problem:

Bestimmte Prozesse und Abläufe sind beim BAV standardisiert. In diesen Abläufen ist die Erstellung von Anlagen zur Produktion von erneuerbaren Energien nicht integriert.

Massnahmen:

- Zusammenstellen der relevanten Abläufe, Massnahmenlisten
- Überprüfen der Prozesse zur Anpassung der Abläufe, Massnahmenlisten
- Integration der Erstellung von Anlagen in die Abläufe (bspw. bei Perrondacherneuerung)

M5 Zentrale Datenbank Energiekennzahlen

M5.1 Zentrale Datenbank zu Energiekennzahlen der TU

Problem:

Gemäss der Onlineumfrage erheben die meisten TU viele energierelevante Daten nicht. Auch gibt es kein Monitoring zur Produktion von erneuerbaren Energien bei den TU. Somit kann auch die Wirkung von Massnahmen nicht nachgewiesen werden.

Massnahmen:

Aufbau einer umfassenden Datenerhebung zur Erfolgskontrolle und zur Steuerung der Massnahmen

Das BAV legt eine Datenbank an in der die folgenden Daten abgelegt werden:

- Energieverbrauch Wärme und Strom aller TU
- Produktionsdaten erneuerbare Energien
- Potenziale der einzelnen erneuerbaren Energieträger aus den standardisierten Potenzialanalysen
- Potenziale der Effizienzmassnahmen aus den standardisierten Potenzialanalysen
- Weitere

Verwendung der Daten

Die Bottom-Up-Daten dienen dem BAV zur Definition der Stossrichtung für finanzielle Förderung, zur Erfolgskontrolle der Förderung und zum Monitoring des Absenkpfad des Primärenergieverbrauch im Sektor des öffentlichen Verkehrs.

M6.1 Label / Zertifikate für vorbildliche TU

Problem:

Die Anstrengungen der TUs können nur beschränkt aufgezeigt und damit für Marketingzwecke verwendet werden. Damit fehlen Anreize für ein breites Engagement.

Massnahmen:

Entwicklung eines Label / Zertifikat für vorbildliche TU aufgrund von einfachen Kriterien, die erfüllt sein müssen.

5.4 Methodik Potenziale

5.4.1 Potenzialdefinition

Analog zur Musterpotenzialstudie der KG-VBE Lit.Verz. (1) werden die Potenziale wie folgt definiert:

- **Theoretisches Potenzial:** Das theoretische Potenzial beschreibt das innerhalb einer gegebenen Region innerhalb eines bestimmten Zeitraumes theoretisch physikalisch nutzbare Energieangebot.
- **Technisches Potenzial:** Das technische Potenzial ist der Anteil des theoretischen Potenzials, welcher unter Berücksichtigung der technischen Restriktionen nutzbar ist.
- **Wirtschaftliches Potenzial:** Das wirtschaftliche Potenzial ist der Anteil des technischen Potenzials, den man erhält, wenn die Gestehungskosten in der Bandbreite der Gesamtkosten konkurrierender Systeme liegen. "In der Bandbreite liegen" wird so definiert, dass die Kosten alternativer Energieträger bis zu 20% über den momentanen Kosten liegen dürfen. Die Kostenschätzungen sind grob und weisen eine Genauigkeit von ca. ±30% auf. Die Stromgestehungskosten werden analog der Kostendeckenden Einspeisevergütung KEV berechnet:

$$\text{Stromgestehungskosten} = \frac{\text{Betriebskosten} + \text{Kapitalkosten (Annuitäten)}}{\text{Mittlere Energieproduktion}}$$

mit folgenden Werten für die Solarstromproduktion:

Parameter	Wert	Einheit
Mittlere PV-Produktion	950	kWh/kW*Jahr
Lebensdauer und Amortisationszeit	25	Jahre
Unterhaltskosten	3.5	Rp/kWh*Jahr
Kapitalrendite pro Periode	4.5	%

Ein EXCEL-Tool zur Berechnung der Stromgestehungskosten für Solarstromanlagen wurde im Rahmen dieser Studie erarbeitet und dem BAV zur Verfügung gestellt. .

5.4.2 Bestimmung der Potenziale und Systemgrenze

In der vorliegenden Studie geht es um die Abschätzung von Potenzialen und Know-how zur Produktion von erneuerbaren Energien bei den TU unter Berücksichtigung

sichtigung sämtlicher verfügbarer Infrastrukturen, Anlagen und Gebäuden. Effizienzthemen, zu denen auch die Rekuperation von Antriebsenergie gehört, und die reine Nutzung von erneuerbaren Energieträgern wurden nicht betrachtet.

Es wurden die Resultate aus bestehenden Potenzialstudien (SBB) im ÖV-Bereich zur Produktion/Umwandlung erneuerbarer Energien zusammengetragen und die Resultate nach Möglichkeit auf den ganzen ÖV-Sektor hochgerechnet.

Analog zur KG-VBE wurde wo möglich das technische und das wirtschaftliche Potenzial betrachtet. Theoretische Potenziale sind dort angegeben, wo in der Literatur keine technischen Potenziale zu finden waren oder man auf Abschätzungen angewiesen war. Die Bottom-Up Erfassung von technischen Potenzialen war nicht Aufgabe dieser Studie.

Es wurden Potenziale der folgenden Energieträger untersucht:

Energiepotenziale Wärme

- Solarwärme (nur Eigenverbrauch, Warmwasser für Fahrzeug-Reinigung)
- Biomasse Holz: Holzfeuerungen (nur wenn Holz aus Besitz des TU)
- Weitere Biomasse (nur wenn Biomasse aus Besitz des TU)
- Biogas (nur wenn Biomasse aus Besitz des TU)
- Umweltwärme (Wärmepumpen, wenn Ersatz von fossilen Energieträgern und Geothermische Weichenheizung)
- Abwärmenutzung (Tunnelwärme)
- Abwärme aus Klima/Kälteanlagen

Energiepotenziale Strom

- Solarstrom (Photovoltaik)
- Wasserkraft
- Windenergie (Windanlagen > 50 kW)
- Biomasse (nur wenn Biomasse aus Besitz des TU)

Wo möglich wurden technischen Potenziale aus bestehenden Potenzialstudien verwendet und mit geeigneten Faktoren (Kennzahlen) auf den ganzen ÖV-Sektor hochgerechnet.

Im Folgenden sind diejenigen Potenziale erwähnt, bei denen eigene Berechnungen oder Hochrechnungen zur Bestimmung der Gesamtpotenziale gemacht wurden. Die Art der jeweiligen Hochrechnung und die Resultate für die einzelnen Energieträger und Anwendungen sind im Kapitel 3 erläutert.

Berechnung Potenzial Verwertung Bahnschwellen

aus Statistik BAV			Wärme	Strom	
Schienen Normalspur SBB	2939000	m	40.00	9.0	GWh/a
Schienen Normalspur sonstige	808000	m	8.8	2.0	GWh/a
Schienen Schmalspur	1370000	m	14.9	4.2	GWh/a
Total nicht SBB	2178000	m	23.7	6.2	GWh/a

Korrekturfaktor Schmalspur: 0.8

Berechnung Biomasse Bahnborde

	aus Statistik BAV		Wärme	Strom	
Schienen Normalspur SBB *	2939000	m	1.89	1.436	GWh/a *
Schienen Normalspur sonstige	808000	m	0.42	0.316	GWh/a
Schienen Schmalspur	1370000	m	0.88	0.7	GWh/a
Total nicht SBB	2178000	m	1.30	0.99	GWh/a

Korrekturfaktor Schmalspur: 0.8 alpiner Korrekturfaktor, weniger Biomasse vorhanden, kürzere Vegetationszeiten

*Zahlen aus konsolidierter Potenzialstudie KG-VBE

Berechnung Potenzial Weichenheizung

aus Studie 065			Wärme	
Weichenheizungen SBB	6683		63.6%	8.02 GWh/a
Weichenheizungen Rest untersucht	1916		18.2%	2.3 GWh/a
Weichenheizungen Rest nicht untersucht	1901		18.1%	2.3 GWh/a
Total Weichenheizungen	10500			12.6 GWh/a

Berechnung Potenzial PV Verwaltungsgebäude

	Gebäudegrundfläche	Mitarbeiter	m ² /Mitarbeiter
SBB	43000	26940	1.6
RhB	50000 m ²	1309	38.2
PAG	77519 m ²	2939	26.4
Mittelwert aus Datenauswertung			7.7
Vollzeitstellen ÖV gemäss Zahlen LITRA 2013		45150	
Differenz		<u>13962</u>	

Hochrechnung auf gesamten Sektor

Parameter:	Gebäudegrundfläche	
SBB	43000 m ²	15%
RhB	50000 m ²	18%
PAG	77519 m ²	28%
Rest	<u>107507</u> m ²	<u>39%</u>
Total	278026 m ²	100%

Modul : Monokristallin

Leistung STC	300 W	
Dimensionen	1.96 m	0.99 m
Leistung/m ² :	155 <u>W/m²</u>	
Verhältnis Fassade/ Dach*:	36%	
Nutzungsgrad Dach	25%	
Nutzbare Dach/Fassadenfläche	69507 m ²	
Nutzbare Fassadenfläche	24824 m ²	
Mittlerer Jahresertrag Dach	800.0 kWh/kW _p	124 kWh/m ²

Mittlerer Jahresertrag Fassade	400.0 kWh/kW _p	62 kWh/m ²
Jahresertrag Dach	8.60 GWh/a	
Jahresertrag Fassade	1.5 GWh/a	
Gesamtpotenzial Strom	10.1 GWh/a	Theor.Potenzial

* aus <http://www.solarfassade.info>

Theoretisches Potenzial Solarstrom Verwaltungsgebäude

[GWh/a]	Dach	Fassade
	1.33	0.24 GWh/a
SBB	1.55	0.28 GWh/a
RhB	2.40	0.43 GWh/a
PAG	3.32	0.59 GWh/a
Rest	7.27	1.30 GWh/a
Total o SBB	8.60	1.54 GWh/a
Total	10.1	GWh/a

Berechnung Potenzial PV Werkstätten

	Technisches Potenzial Solarstrom	Gebäudegrundfläche
SBB	18 GWh/a	459'000
Rest		1497377
Differenz		<u>1038377</u>

Hochrechnung auf gesamten Sektor

Parameter:	Potenzial SBB	
Hochrechnungsfaktor Gebäudegrundfläche	3.3	
Jahresertrag Werkstätten SBB	18.0 GWh/a	
Jahresertrag restliche TU	58.7 GWh/a	
Gesamtpotenzial Strom	76.7 GWh/a	Techn.Potenzial hochgerechnet

Berechnung Potenzial PV Perrondächer

	Technisches Potenzial Solarstrom	Schienenkilometer
SBB	23 GWh/a	2'939 km
Rest		2178 km
Differenz		<u>5117</u>

Hochrechnung auf gesamten Sektor

Parameter:	Potenzial SBB	
Hochrechnungsfaktor Schienenkilometer	0.7	
Jahresertrag Perrondächer SBB	23.0 GWh/a	
Jahresertrag restliche TU	17.0 GWh/a	
Gesamtpotenzial Strom	40.0 GWh/a	Techn.Potenzial hochgerechnet

Berechnung Potenzial PV P&R

	Anzahl		Senkrechtparkfel- der Norm VSS
P&R aus Statistik BAV	32462	Stk	11.75 m ²
Nutzungsfaktor	50%		

Modul : Faltdach Horizon

Leistung Pilotanlage P&R	550	kW _p	
Dimensionen	250	Parkplätze	
Leistung/Parkplatz	2.20	kW _p	
Mittlerer Jahresertrag "Horizon"	852	kWh/kW _p	
Ertrag / Parkplatz	1875	kWh/a	
Gesamtpotenzial Strom	30.4	GWh/a	Theor. Potenzial

Berechnung Potenzial PV Werkgelände

Parameter:	Werkhofffläche	
Flächen gemeldet	952048	m ²
Flächen hochgerechnet	<u>1000193</u>	m ²
Total	1952240	m ²
Annahme Nutzbare Fläche	50%	

Modul : Faltdach Horizon

Leistung Pilotanlage P&R	96	kW _p	
Dimensionen	963	m ²	
Leistung/Fläche	0.10	kW _p /m ²	
Mittlerer Jahresertrag "Horizon"	852	kWh/kW _p	
Ertrag / m ²	85	kWh/a*m ²	
Jahresertrag Werkhofffläche gemeldet	40.5	GWh/a	
Jahresertrag Werkhofffläche hochge- rechnet	42.5	GWh/a	
Gesamtpotenzial Strom	83.0	GWh/a	Theoretisches Potenzial

Berechnung Potenzial PV Lärmschutzwände

aus Standbericht Lärmsanierung Nr.32 SBB 2015

Lärmschutzwände gebaut	252839	m
Lärmschutzwände geplant	27247	m
	280086	m

Modul Bicacial Solarworld BiSun

Leistung STC	270	W	
Leistung Bifacial	313.0%		
Dimensionen	1.68	m	1.00 m
Ertrag Münsingen Prognose	115	m	6750 kWh/a
	1	m	58.70 kWh/a
Verfügbarkeit	50%		

Gesamtpotenzial: **8.22 GWh** Theoretisches
Potenzial

Berechnung Potenzial PV Schienen Normalspur

aus Statistik BAV

Schienen Normalspur SBB	2939000 m	90.15 GWh/a
Schienen Normalspur sonstige	808000 m	<u>25 GWh/a</u>
Total	3747000 m	

Modul Monokristallin

Leistung STC / Modul	300 W	
Dimensionen	1.96 m	0.99 m
Ertrag 5° geschätzt	800 kWh/kW _p *a	
Anzahl Module	1915644 Stk	
Verfügbarkeit	25%	
Gesamtpotenzial:	114.94 GWh/a	Theoretisches Potenzial

Berechnung Potenzial PV Schienen Schmalspur

aus Statistik BAV

Schienen Schmalspur	1370000 m
---------------------	-----------

Modul Monokristallin

Leistung STC	200 W	
Dimensionen	1.58 m	0.81 m
Ertrag 5° geschätzt	800 kWh/kW _p *a	
Anzahl Module	867089 Stk	
Verfügbarkeit	25%	
Gesamtpotenzial:	34.68 GWh	Theoretisches Potenzial

Berechnung Potenzial PV Bahnböschung

aus Studie Grüngutverwertung

Grünflächen SBB (IVEG)	2094 ha
	20940000 m ²

Modul Monokristallin

Leistung STC	300 W	
Dimensionen	1.96 m	0.99 m
Fläche Modul	2.13 m ²	
Ertrag 25° geschätzt	750 kWh/kW _p *a	
Anzahl Module	9810778 Stk	
Verfügbarkeit	10%	
Gesamtpotenzial SBB:	221 GWh/a	

Hochrechnung auf gesamtes Schienennetz

Parameter:	Schienenkilometer	
Schienenkilometer SBB	2939 km	
Schienenkilometer sonstige	808 km	
Schienenkilometer Schmalspur	1370 km	
Hochrechnungsfaktor	1.74	
Gesamtpotenzial	384 GWh/a	Theoretisches Potenzial

Berechnung Potenzial PV Rangierflächen

Parameter:	Rangierflächen	
Flächen gemeldet SBB	3200000 m ²	
Flächen gemeldet andere	<u>107315 m²</u>	
Total	3307315 m ²	
Annahme Nutzbare Fläche	80%	
Modul : Faltdach Horizon		
Leistung Pilotanlage P&R	96 kWp	
Dimensionen	963 m ²	
Leistung/Fläche	0.10 kWp/m ²	
Mittlerer Jahresertrag "Horizon"	852 kWh/kW _p	
Ertrag / m ²	85. kWh/a*m ²	
Jahresertrag Werkhoffläche gemeldet	217.6 GWh/a	
Jahresertrag Werkhoffläche hochgerechnet	7.3 GWh/a	
Gesamtpotenzial Strom	224.9 GWh/a	Theoretisches Potenzial

5.4.3 Berechnung Stromgestehungskosten für wirtschaftliche Potenziale

Parameter für Berechnung KEV

Parameter	Wert	Einheit
Mittlere PV-Produktion	950 kWh/kW*Jahr	
Lebensdauer und Amortisationszeit	25 Jahre	
Unterhaltskosten	3.5 Rp/kWh*Jahr	
Kapitalrendite pro Periode	4.5%	

Von den Standardwerten abweichende Parameter sind in den folgenden Berechnungen rot markiert

		Verwaltung Werkstätten Perrondächer		
Anlagengrösse	kW _p	15	30	30
Anlagenkosten	/kW _p	Fr. 1'800	Fr. 1'700	Fr. 1'850
Energieertrag	kWh/Jahr	12750	25500	28500
Investitionskosten		Fr. 27'000	Fr. 51'000	Fr. 55'500
Lebensdauer	Jahre	25	25	25
Kapitalrendite		4.5%	4.5%	4.5%
Unterhaltskosten	kWh/a	Fr. 0.035	Fr. 0.035	Fr. 0.058
Produktionsprognose	kWh/kW _p *a	850	850	950
Kapitalkosten		Fr. 1'820.85	Fr. 3'439.39	Fr. 3'742.87
Betriebskosten	/Jahr	Fr. 446	Fr. 893	1'653
Stromgestehungskosten		Fr. 0.178	Fr. 0.170	Fr. 0.189

		P&R	Werkhöfe
Anlagengrösse	kW _p	550	144
Anlagenkosten	/kW _p	Fr. 2'309	Fr. 2'292
Energieertrag	kWh/Jahr	473231	135000
Investitionskosten		Fr. 1'270'000	Fr. 330'000
Lebensdauer	Jahre	25	25
Kapitalrendite		4.5%	4.5%
Unterhaltskosten	kWh/a	Fr. 0.040	Fr. 0.040
Produktionsprognose	kWh/kW _p *a	860	937.5
Kapitalkosten		Fr. 85'647.57	Fr. 22'254.88
Betriebskosten	/Jahr	Fr. 18'929	Fr. 5'400
Stromgestehungskosten		Fr. 0.221	Fr. 0.205

5.5 Vorgaben für Standardisierte Potenzialanalyse Erneuerbare Energien für TU

Masseinheit

Alle Energieproduktionspotenziale Wärme und Strom werden in GWh/a (Gigawattstunden pro Jahr) angegeben.

Potenzialdefinition Es gibt viele verschiedene Arten und Stufen von Potenzialen. Drei wichtige Potenzialstufen sind nachfolgend definiert:

- Theoretisches Potenzial: Das theoretische Potenzial beschreibt das innerhalb einer gegebenen Region innerhalb eines bestimmten Zeitraumes theoretisch physikalisch nutzbare Energieangebot.
- Technisches Potenzial: Das technische Potenzial ist der Anteil des theoretischen Potenzials, der unter Berücksichtigung der technischen Restriktionen nutzbar ist.
- Wirtschaftliches Potenzial: Das wirtschaftliche Potenzial ist der Anteil des technischen Potenzials, den man erhält, wenn die Energiegestehungskosten in der Bandbreite der Gesamtkosten konkurrierender Systeme liegen. "In der Bandbreite liegen" wird so definiert, dass die Kosten alternativer Energieträger bis zu 20% über den momentanen Kosten liegen dürfen.

In der standardisierten Potenzialanalyse werden nur zwei davon betrachtet, nämlich das **technische** und das **wirtschaftliche Potenzial**. Das theoretische Potenzial wird nicht betrachtet. Es sind die **technischen** Potenziale zu eruieren.

Triage pro Anwendung Geeignete Einstiegsfragen sollen sicherstellen, ob grundsätzlich ein Potenzial vorhanden ist (z.B. "Besteht ein Wärmebedarf für Solarwärme, der noch nicht mit anderen erneuerbaren Energien abgedeckt ist?")

Technisches Potenzial Das Technische Potenzial muss Bottom-Up pro Objekt oder Fläche ermittelt werden.

Wirtschaftliches Potenzial Aktuelle Energiegestehungskosten pro Anwendung sollen im Anhang des Leitfadens in einer Kennzahlentabelle angegeben werden. Diese soll bei Bedarf fortlaufend aktualisiert werden. Alternativ können aktuelle Energiegestehungskosten innerhalb der Potenzialstudie ermittelt werden. Es muss sichergestellt werden, dass die Potenzialanalyse so aufgebaut ist, dass sich mit einfachen Mitteln durch Aktualisierung der Kennzahlen ein aktualisiertes wirtschaftliches Potenzial ableiten lässt. Optimalerweise wird dafür ein Excel-Tool programmiert.

Folgende Potenziale sollen berücksichtigt werden:

Energiepotenziale Wärme

Solarwärme für Warmwasser und Heizungsunterstützung

Biomasse Holz

- o Holzfeuerungen
- o Energieholz aus eigenem Wald
- o Energetische Verwertung Bahnschwellen

Weitere Biomasse

- o Biogas aus Grüngut aus dem Unterhalt der Infrastruktur

Umweltwärme

- Wärmepumpen, wenn Ersatz von fossilen Energieträgern
- Geothermische Weichenheizung
- Tunnelwärme
- Abwärme aus Klima/Kälteanlagen

Energiepotenziale Strom

Flächen für Solarstrom (Photovoltaik)

- Dächer und Fassade Stations- und Verwaltungsgebäude
- Dächer Werkstätten/Lager/Depots
- Perrondächer
- Parkplätze und Werkhöfe
- Lärmschutzwände

Wasserkraft

- Kleinwasserkraft in Fließgewässern
- Speicherseen für Beschneiungsanlagen

Windenergie

- Grosswindanlagen über 1 MW
- Mittlere Windanlagen zwischen 50 und 500kW

Biomasse (siehe auch Energiepotenziale Wärme)

Verstromung Biomasse (in eigenen Anlagen oder aus eigener Biomasse)

- Turbinen in Heizkraftwerken
- BHKW in Biogasanlagen

5.6 Literaturverzeichnis

1. **Weisskopf Partner GmbH.** *skyguide Potenzialanalyse erneuerbare Energien und Abwärmenutzung.* Zürich : KG VBE, 2015.
2. **Post Immobilien Management und Services AG , Markus Bernath.** *Potenzialanalyse erneuerbare Energien .* s.l. : DIE POST, 2015.
3. **Dr. Ing. Roland Zegg, Thomas Küng, Roman Grossrieder.** *Handbuch Energiemanagement Bergbahnen.* Bern/Chur : SBS Seilbahnen Schweiz, 2010.
4. **DN.** *Nachhaltigkeit bei RBS.* s.l. : RBS, 2016.
5. **RBS Schulz-Dübi, Christine.** *Der RBS fährt 100 % erneuerbar.* Worblauen : RBS, 2016.
6. **ee3, Daniel Marty, Erich Zahnd.** *EConcept Stanserhornbahn.* s.l. : ee3, 2013.
7. **WeisseArena.** *Greenstyle.* [Online] [http://www.laax.com/de/skiurlaub-schweiz/greenstyle-iamprosnow/..](http://www.laax.com/de/skiurlaub-schweiz/greenstyle-iamprosnow/)
8. *Infinity Finding.* s.l. : Weisse Arena AG.
9. **Holinger Solar, Beat Börlin.** *Photovoltaik-Potential auf BOGG-.* s.l. : BOGG, 2013.
10. **Meteotest.** *Solarpotenzialkataster BLS.* Bern : s.n., 2013.
11. **BAV.** *Verordnung des BAV zur Eisenbahn-Netzzugangsverordnung .* s.l. : BAV, 2016. 742.122.4.
12. **Netzdesign, SBB Infrastruktur –Fahrplan und. Leistungskatalog Infrastruktur 2017.** Bern : SBB AG, 2017.
13. **LITRA.** *Verkehrszahlen 2015.* Bern : s.n., 2015.
14. **BFE.** *Bilanzierungstool für Gemeinden und Regionen.*
15. **Durena AG, Niklaus Güpfert.** *Machbarkeitsstudie.* Lenzburg, Zürich : SBB, 2014.
16. **ZHAW, Andreas Marti, Florian Brack, Prof. Dr. Urs Baier .** *Machbarkeitsstudie „Energetische Verwertung von .* Wädenswil : SBB, 2009.
17. **Energie Schweiz für Gemeinden / OKI Fachgruppe Energie.** Energiestadt. [Online] 2015.
http://www.energiestadt.ch/fileadmin/user_upload/Energiestadt/de/Dateien/Instrumente/2_Kommunale-Gebaeude/Gebaeudestandard/Gebaeudestandard_2015.pdf.
18. **KBOB.** *Empfehlung .* s.l. : KBOB, 2014.
19. **AG, Grüniger Plus GmbH / Geowatt.** *Potenzial geothermischer Weichenheizungen in der Schweiz.* Bern : BAV, 2016.
20. **Dr. Rémy Chrétien, geelhaarconsulting gmbh.** *Potenzialstudie Erdwärmenutzung in Bahntunnels .* Bern : Im Auftrag der SBB, 2013.
21. **Dr. Eicher+Pauli AG .** *100 Solardächer auf SBB-Gebäuden.* Luzern : SBB, 2009.
22. **zhaw, Basler+Hoffmann.** *Betriebskosten von PV-Anlagen.* s.l. : BFE, 2015.
23. **BAV.** *Lärmsanierung der Eisenbahnen Standbericht 2015.* Bern : Bundesamt für Verkehr (BAV) , 2015.
24. **TNC Consulting, Th.Nordmann / TH.Vontobel TNC.** *Situation PV auf Lärmschutzwänden bei Bahnanlagen.* Feldmeilen, 12. Juli 2016.
25. **TNC Consulting AG, Thomas Nordmann, Thomas Vontobel, Ralph Lingel.** *Potential von Photovoltaik an Schallschutzmassnahmen entlang von Nationalstrassen.* Feldmeilen : ASTRA, 2010.
26. **econcept.** *Potenzialanalyse Kleinwasserkraft .* Zürich : SBB, 2015.
27. **Basler & Hofmann, Thomas Lang,.** *ENERGETISCHE BEDEUTUNG DER ECHNISCHEN PISTENBESCHNEIUNG UND POTENTIALE FÜR ENERGIEOPTIMIERUNGEN.* Zürich : Bundesamt für Energie in Zusammenarbeit mit Seilbahnen Schweiz SBS, 2009.
28. *Sinfonia d'Aua.* [Online] Flims Electic AG. [http://wasserweltenflims.ch/wasser-in-flims/stromproduktion/.](http://wasserweltenflims.ch/wasser-in-flims/stromproduktion/)
29. **zhaw.** *Windenergienutzung auf Arealen der SBB.* s.l. : zhaw, 2014.

30. **FHNW Yvonne Balduin, Patrick Blétry, Nadja Maria Frick, René Röthlisberger.** *Potenzial von Kleinwindkraftanlagen*. s.l. : FHNW, 2010.
31. **Colas.** *Wattway*. [Online] <http://www.wattwaybycolas.com/en>.
32. **BFE, Bundesamt für Energie.** *Energieperspektiven 2050 Zusammenfassung*. Bern : BFE, 2013.
33. *Energiekonzept CabriO® Stanserhorn-Bahn*,. s.l. : Schweizer Solarpreis 2015, 2015.
34. *Energiekonzept Muottas Muragl*. St.Moritz : Engadin St. Moritz Mountains AG.
35. **Solaragentur.** Flumroc. [Online] 2014. <https://www.solaragentur.ch/node/317>.
36. **SBB.** Solarenergie von den Dächern der SBB Speditionslagerhäuser. [Online] 2016. https://www.sbb.ch/sbb-konzern/medien/medienmitteilungen.newsdetail.2015-3-3003_3.html.
37. **IBAAarau.** Partnerschaft IBAAarau – AAR bus+bahn. [Online] [Zitat vom: 17. 08 2016.] http://www.aar.ch/medien/pdf/2013-08-22_-_Medienmitteilung_Partnerschaft_IBA-AAR-definitiv.pdf.
38. **RBS.** *Geschäfts- und Nachhaltigkeitsbericht 2015*.
39. *Medienmitteilung Projekt Windpark Vorab*. s.l. : BKW AG, 2013.
40. **TNC Consulting.** *10 kWp Photovoltaik-Schallschutz Versuchsfeld Wallisellen*. s.l. : TNC Consulting.
41. —. *Bifaciale Photovoltaik Schallschutz Anlage im SBB Bahnhof Münsingen*. s.l. : TNC Consulting, 2008.