

Fachstelle Lärmschutz Kanton Zürich (FALS)

Photovoltaikanlagen auf Lärmschutzwänden

Potenzial im Kanton Zürich

Kurzfassung

Ausgangslage

Dringliches Postulat

Mit dem dringlichen Postulat vom 5. Dezember 2007 (KR-Nr. 327/2007) wird der Regierungsrat gebeten, Richtlinien für Photovoltaikanlagen auf Lärmschutzwänden festzulegen. Die Richtlinien sollen die Bedingungen für die Installation von Photovoltaikanlagen auf Lärmschutzwänden entlang von Verkehrsträgern definieren und weiter die Installation in gewissen Fällen für zwingend erklären.

Die Fachstelle Lärmschutz (FALS) des Kantons Zürich hat die Ernst Basler + Partner AG angefragt, eine Situationsanalyse und Potenzialabschätzung zu den Einsatzmöglichkeiten von Photovoltaikanlagen auf Lärmschutzwänden zu erarbeiten. Der Hauptfokus soll dabei auf den Staatsstrassen liegen. Diese befinden sich in der Hoheit des Kantons, weshalb er dort auch über die Kompetenzen bezüglich Lärmschutzwänden verfügt.

Vorgehen

Experteninterviews und GIS-basierte Potenzialanalyse

Einbezug bestehender und möglicher neuer Wände an Staatsstrassen

In Interviews mit Betreibern von Photovoltaikanlagen auf Lärmschutzwänden wurden bestehende Erfahrungen ausgewertet und daraus abgeleitet die Anforderungen an solche Anlagen beschrieben. Weiter wurde mit Hilfe eines Geografischen Informationssystems (GIS) das Potenzial für die Stromproduktion mittels Photovoltaikanlagen für das Kantonsgebiet berechnet. Dabei sind bestehende Wände und potenziell künftig gebaute Wände an Staatsstrassen berücksichtigt, welche aufgrund ihrer Ausrichtung über gute Sonneneinstrahlungsverhältnisse verfügen. Es wurden nur Wände einberechnet, welche über eine Mindestlänge von 30 Metern verfügen. Auf kürzeren Wänden ist eine wirtschaftliche Realisierung von Photovoltaikanlagen nicht möglich. Für die Städte Zürich und Winterthur wurden analoge Abschätzungen zum Potenzial mit Hilfe von Experteninterviews vorgenommen.

Resultate

Ausmasse bestehender und potenzieller Lärmschutzwände

Gegenwärtig bestehen 22 Lärmschutzwände an Staatsstrassen und im Kantonsbesitz mit einer Gesamtlänge von 4.7 km. Zudem existiert ein Potenzial für weitere 24 km neue Lärmschutzwände entlang von Staatsstrassen. Bei der Bestimmung dieser möglichen neuen Lärmschutzwände wurde berücksichtigt, dass Projekte für Lärmschutzwände wegen ihrer Unverträglich-

lichkeit mit dem bestehenden Ortsbild oft auf erhebliche Akzeptanzprobleme stossen.

Anforderungen an Photovoltaikanlagen auf Lärmschutzwänden

Photovoltaikanlagen auf Lärmschutzwänden weisen verschiedene Anforderungen auf. Wegen ihrer Exposition und Konstruktion sind nicht alle Lärmschutzwände als Standort für Photovoltaikanlagen geeignet. Die Anlagen dürfen beispielsweise nicht zu weit vom Netzeinspeisepunkt entfernt sein. Begrünte oder verschattete Wände sind untauglich. Bei aufgesetzten Photovoltaikmodulen ist auch der der Windeinfluss zu berücksichtigen. Zudem ist auf eine diebstahlsichere Befestigung zu achten und durch eine entsprechende Beschichtung der Oberflächen die Reinigung nach einer allfälligen Bespraying zu erleichtern.

Folgende Potenziale für die Stromproduktion in Photovoltaikanlagen auf Lärmschutzwänden wurden errechnet:

Tabelle 1:
Potenzial für Photovoltaik auf Lärmschutzwänden

	Ausdehnung	Produzierbarer Solarstrom (GWh / Jahr)	Geschätzte Kosten ¹ (CHF / kWh)
Potenzial auf bestehenden Lärmschutzwänden	Länge: 2.8 km	0.36	0.75
Potenzial auf neuen Lärmschutzwänden	Länge: 9.2 km	1.2	0.65 ²
		Total 1.6	

2.8 km der bestehenden und 9.2 km der potenziellen neuen Wände an Staatsstrassen sind im Kanton Zürich für Photovoltaikanlagen geeignet. Insgesamt lässt sich an diesen Wänden 1.6 GWh Strom pro Jahr produzieren. Mit dieser Menge könnten jährlich etwa 460 private Haushalte mit Strom versorgt werden.

Potenzial im Quervergleich

Die Grössenordnung des Solarstrom-Potenzials an Lärmschutzwänden im Kanton wird deutlich, wenn man die Zahl von 1.6 GWh vergleicht mit dem Potenzial auf Gebäudedachflächen im Kanton Zürich. Würden auf allen geeigneten Dachflächen von grossen Gebäuden (Grundfläche über 600 m²) im Kanton Photovoltaikanlagen erstellt, so könnte man insgesamt 840 GWh Strom pro Jahr produzieren, oder 246'600 Haushalte mit Strom versorgen.

¹ Die in der Tabelle angegebenen Kosten pro kWh Solarstrom sind Schätzungen. Im Einzelfall müssten die tatsächlichen Kosten genauer erhoben werden aufgrund der lokalen Gegebenheiten und der aktuellen Angebote auf dem Markt.

² Bei Nutzung der Synergieeffekte durch gleichzeitige Planung von LSW und PV-Anlage.

Tabelle 2:
Potenzial für Photovoltaik auf
grossen Gebäudedächern

	Ausdehnung	Produzierbarer Solarstrom (GWh/Jahr)	Geschätzte Kosten ³ (CHF / kWh)
Potenzial auf grossen Gebäudedächern (Grundfläche > 600 m ²)	Total Gebäudegrundfläche: 22 km ²	Total 840	0.7 (angebaut) – 0.8 (integriert)

Empfehlung

Förderstrategie für PV auf grosse Gebäude ausrichten

Das Potenzial für Solarstrom an Lärmschutzwänden ist viel geringer als auf Gebäudedachflächen. Eine Vorschrift zur Erstellung von Photovoltaikanlagen an Lärmschutzwänden an Staatsstrassen, wie sie im dringlichen Postulat 327/2007 vom Kantonsrat verlangt ist, wird daher nicht als sinnvoll erachtet. Wenn der Regierungsrat Photovoltaik im Kanton Zürich fördern möchte, so wird empfohlen, die entsprechende Strategie auf Anlagen auf Gebäudedachflächen zu konzentrieren. Da diese Gebäudeflächen im Gegensatz zu den Lärmschutzwänden an Staatsstrassen meistens in Privatbesitz sind, ist es nötig, Anreize zu schaffen.

Einbettung in Gesamtstrategie zu erneuerbaren Energien

Wenn es darum geht, mit dem Steuerfranken oder mit Abgaben auf dem Stromverbrauch das Maximum an erneuerbarer Energie zu nutzen, stehen andere erneuerbare Energien im Vergleich zur Photovoltaik deutlich im Vordergrund. Allerdings ist das Stromproduktionspotenzial mit Photovoltaik insgesamt wesentlich grösser als bei anderen erneuerbaren Energien, einmal abgesehen von der bestehenden Wasserkraftnutzung. Dem Kanton wird empfohlen, eine Förderung der Photovoltaik in einem grösseren energiepolitischen Zusammenhang zu betrachten. Geeignet dazu wäre die bald anstehende Erneuerung des Rahmenkredites für Fördermassnahmen gemäss § 16, Abs. 2 des Energiegesetzes.

bestehendes PV-Potenzial an LSW nutzen

Dem Kanton wird dennoch empfohlen, das bestehende Potenzial für Photovoltaikanlagen an Lärmschutzwänden so weit möglich an geeigneten Orten zu nutzen. Dabei ist darauf zu achten, die PV-Anlage bereits frühzeitig in die Planung zu integrieren, um positive Synergieeffekte und Kostensenkungen zu erreichen.

³ Die in der Tabelle angegebenen Kosten pro kWh Solarstrom sind Schätzungen. Im Einzelfall müssten die tatsächlichen Kosten genauer erhoben werden aufgrund der lokalen Gegebenheiten und der aktuellen Angebote auf dem Markt.

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage.....	1
1.1	Postulat des Kantonsrates	1
1.2	Inhalt des Berichts	1
1.3	Fokus und Abgrenzung	2
2	Photovoltaikanlagen auf Lärmschutzwänden	4
2.1	Bisherige Erfahrungen	4
2.1.1	80 kW Photovoltaikanlage an der A1 bei Safenwil.....	4
2.1.2	10 kW Photovoltaikanlage an der A1 bei Brütisellen	6
2.2	Anforderungen an Anlagen.....	7
3	Potenzial für Photovoltaik an Lärmschutzwänden im Kanton Zürich...	9
3.1	Methodik	9
3.1.1	Referenzanlage	9
3.1.2	Berechnung des Potenzials im Kantonsgebiet ohne Zürich und Winterthur	11
3.1.3	Abschätzung des Potenzials für Zürich und Winterthur	14
3.2	Resultat.....	15
4	Potenzial für Photovoltaik im Quervergleich	17
4.1	Potenzial für Photovoltaik auf Gebäuden im Kanton Zürich ...	17
4.1.1	Methodik	18
4.1.2	Resultate	18
4.2	Photovoltaik im Vergleich mit anderen erneuerbaren Energien	21
5	Empfehlung	23

Anhänge

- A1 Abkürzungsverzeichnis und Glossar
- A2 Informationsquellen
- A3 Postulat KR 327/2007

1 Ausgangslage

1.1 Postulat des Kantonsrates

Am 5. Dezember 2007 haben drei Mitglieder des Kantonsrats, Françoise Okopnik (Grüne), Sabine Ziegler (SP) und Lisette Müller-Jaag (EVP), dem Regierungsrat des Kantons Zürich ein dringliches Postulat eingereicht (KR-Nr. 327/2007)⁴. Darin wird dieser gebeten, Richtlinien festzulegen, welche die Bedingungen für die Installation von Photovoltaikanlagen auf Lärmschutzwänden entlang von Verkehrsträgern definieren und die Installation in gewissen Fällen für zwingend erklären. Das Postulat wurde am 14. Januar 2008 überwiesen.

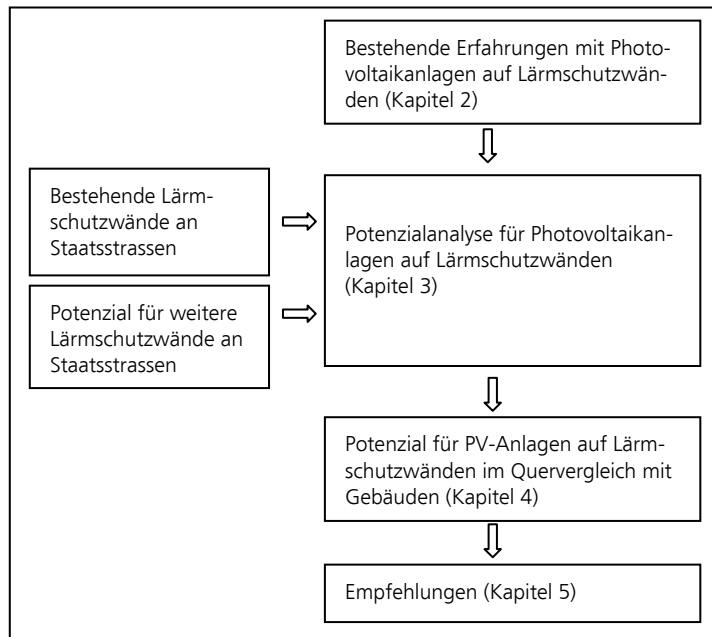
Die Fachstelle Lärmschutz (FALS) des Kantons Zürich hat die Ernst Basler + Partner AG angefragt, eine Situationsanalyse und Potenzialabschätzung zu den Einsatzmöglichkeiten von Photovoltaikanlagen auf Lärmschutzwänden zu erarbeiten. Der Hauptfokus soll dabei auf den Staatsstrassen liegen. Diese befinden sich in der Hoheit des Kantons, weshalb er dort auch über die Kompetenzen bezüglich Lärmschutzwänden verfügt.

1.2 Inhalt des Berichts

Der Bericht hält die bisherigen Erfahrungen mit Photovoltaikanlagen und Lärmschutzwänden sowie die Resultate der Potenzialabschätzung fest. Er dient dem Regierungsrat als Grundlage zur Beantwortung des Postulates.

⁴ Vgl. Anhang 3

Abbildung 1:
Berichtaufbau



In Kapitel 2 sind die bestehenden Erfahrungen mit Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) an Lärmschutzwänden (LSW) ausgewertet. Daraus abgeleitet werden die Anforderungen an die Ausgestaltung solcher Anlagen beschrieben.

Aufgrund der Anforderungen an PV-Anlagen auf Lärmschutzwänden wurde das Potenzial für Strom aus Photovoltaikanlagen an bestehenden und künftigen Lärmschutzwänden an Staatsstrassen im Kanton Zürich berechnet. Die Resultate sind in Kapitel 3 festgehalten.

In Kapitel 4 sind die Resultate der Potenzialanalyse im Quervergleich dargestellt. Das Potenzial für PV-Anlagen auf Lärmschutzwänden wird verglichen mit dem Potenzial für solche auf Gebäudedachflächen. Zudem wird das wirtschaftliche Potenzial von Photovoltaik in Bezug gesetzt zum Potenzial für Strom aus anderen erneuerbaren Energien.

Kapitel 5 umfasst die Schlussfolgerungen und die Empfehlungen zuhanden der FALS.

1.3 Fokus und Abgrenzung

Im Zusammenhang mit der Fragestellung des Postulates interessiert das Potenzial für Photovoltaik, also für die Stromproduktion aus Sonnenener-

gie. Nicht untersucht wird das Potenzial für Wärme aus Sonnenkollektoren oder für Strom aus anderen erneuerbaren Energien.

Für die Potenzialberechnung werden Staatsstrassen im Kanton Zürich untersucht. Die Bezeichnung Staatsstrassen gilt im Kanton ZH für die Strassen in kantonaler Hoheit. Es handelt sich dabei um die Hauptverkehrsstrassen und um drei Hochleistungsstrassen (Forchautobahn, Oberlandautobahn, Unterlandautobahn). Lärmschutzwände in Privatbesitz oder solche an Nationalstrassen⁵, Gemeindestrassen oder entlang von Eisenbahntrassen werden hier nicht betrachtet. Der Kanton verfügt nicht über die Kompetenz, um über den Bau von Photovoltaikanlagen auf diesen Lärmschutzwänden zu entscheiden.

⁵ Seit dem 1. Januar 2008 ist der Bund Eigentümer der Lärmschutzwände entlang von Nationalstrassen.

2 Photovoltaikanlagen auf Lärmschutzwänden

2.1 Bisherige Erfahrungen

Interviews mit Betreibern und
Literaturanalyse

Um die bereits bestehenden Erfahrungen mit Photovoltaikanlagen auf Lärmschutzwänden auszuwerten, wurden mit den Erstellern und Betreibern von zwei Anlagen entlang der Nationalstrasse A1⁶ Interviews geführt. Ausserdem wurde einschlägige Literatur⁷ ausgewertet.

2.1.1 80 kW Photovoltaikanlage an der A1 bei Safenwil

Demonstrationsanlage der IG-
Solar

Ausrichtung gegen Süden,
Neigungswinkel 44°

Im Sommer 1999 beantragte die IG-Solar beim Kanton Aargau, die geplante Lärmschutzwand entlang der A1 bei Safenwil mit einer Photovoltaikanlage auszurüsten. Die kurz davor gegründete IG-Solar wollte mit dieser Demonstrationsanlage zeigen, dass Lärmschutzwände für die Kombination mit Photovoltaikanlagen geeignet sind und ein wirtschaftlicher Betrieb möglich ist. Neben Förderbeiträgen von Bund und Kanton wurde die knapp 1 Mio. CHF teure Anlage durch private Aktionäre und durch einen Bankkredit finanziert.

Für das System entwickelte man eine Modulbauweise. Die PV-Module wurden in der Werkstatt auf die Schallschutzelemente vormontiert. Damit konnten die 91 mit PV-Modulen bestückten Schallschutzelemente in weniger als drei Tagen durch ein dreiköpfiges Montageteam vor Ort versetzt werden. Die Montage der Wechselrichter sowie die Verschaltung der Anlage wurde dann vor Ort ausgeführt. Die Ausrichtung der Lärmschutzwand ist genau gegen Süden, und die PV-Module sind mit einem Neigungswinkel von 44° montiert.

Solarzellenfläche: 619 m²;
Stromproduktion: 64'000 kWh

Für die 80 kW Anlage mit einer Solarzellenfläche von 619 m² wurde eine durchschnittliche Stromproduktion von 68'000 kWh pro Jahr erwartet. Die Anlage ist seit November 2000 in Betrieb und speist seitdem rund 64'000 kWh pro Jahr ins Netz (entspricht einem Ertrag von 103 kWh/m²). Gründe für den Minderertrag von ca. 6% sind hauptsächlich die Eigenverschattung der unteren PV-Module und die Verschattung durch vorbeifahrende LKWs. Zieht man die Förderbeiträge von den Investitionen ab, erge-

⁶ LSW mit PV-Anlagen entlang von Staatsstrassen bestehen im Kanton Zürich bis heute keine.

⁷ Frölich, Nordmann (2000): Erprobung von drei integrierten Photovoltaik-Schallschutz-Versuchsanlagen, Schlussbericht ans Bundesamt für Strassen (ASTRA), November 2000

ben sich spezifische Energiekosten von etwa 75 Rp./kWh, bei einem Betrieb über 25 Jahre und 5% Zins.

Geringe Unterhaltskosten

Der Unterhalt beschränkt sich im Wesentlichen auf die Fernüberwachung der Anlage und allfällige Störungsbehebungen (in der Regel seltener als drei bis fünf Mal pro Jahr). Alle fünf Jahre werden die Panels gewaschen. Diese Arbeiten können ohne Einschränkung des Verkehrs auf der Autobahn, von einer zur Lärmschutzwand parallel verlaufenden Strasse durchgeführt werden. Der Aufwand für den Unterhalt liegt zwischen CHF 500 und 1'000 pro Jahr. In den ersten acht Betriebsjahren mussten zwei von insgesamt 637 Panels und drei von insgesamt 24 Wechselrichtern ersetzt werden. Finanziell am meisten ins Gewicht fällt der Ersatz aller Wechselrichter nach etwa 12 bis 14 Betriebsjahren, das heisst in der Hälfte der Lebensdauer der PV-Panels von ca. 25 Jahren.

Abbildung 2:
PV-Anlage auf einer LSW entlang
der A1 bei Safenwil



Erkenntnisse:

Erkenntnisse aus der bisherigen
Erfahrung

- Die vormontierte Modulbauweise erwies sich als sehr effizient. Das Montieren der 91 Wandelemente dauerte nur zweieinhalb Tage.
- Die Entfernung von den Wechselrichtern zum Netzeinspeisepunkt ist mit über 250 Metern an der oberen Grenze.
- Wegen Eigenverschattung sollte auf die untere Modulreihe verzichtet werden. Die obere Modulreihe mit einer Modullänge von 1.3 Meter, hätte dann etwas vergrössert und dafür mit einem steileren Neigungswinkel (50°-60° anstatt 44°) montiert werden können.
- Die Verschattung durch vorbeifahrende LKWs wurde bei der Planung zuwenig berücksichtigt. Das Problem dabei ist weniger der vernachlässigbare Minderertrag, sondern das dauernde Ein- und Ausschalten der Wechselrichter, was sich negativ auf deren Lebensdauer auswirkt. Diese Problematik fällt jedoch bei den Hauptverkehrsstrassen aufgrund des geringeren LKW-Anteils etwas weniger ins Gewicht als bei den Nationalstrassen.

- Vandalismus war bis jetzt kein Problem. Dies könnte jedoch bei Anlagen an Hauptverkehrsstrassen anders sein, da diese für Fussgänger besser zugänglich sind.

2.1.2 10 kW Photovoltaikanlage an der A1 bei Brüttisellen

Pilot-Anlage der TNC Consulting
AG

Im Rahmen einer geplanten Lärmschutzwand an der A1 bei Brüttisellen wurde eine integrierte Photovoltaik-Schallschutz-Versuchsanlage realisiert. Das Projekt war als Wettbewerb ausgeschrieben und wurde zu je einem Drittel vom ASTRA, BFE und dem Stromsparerfond des EWZ finanziert. Die restlichen 10% der Kosten übernahm die Firma TNC Consulting AG, welche Initiatorin, Planerin, Besitzerin und Betreiberin der Anlage ist. Die PV-Anlage wurde im Februar 2000 in Betrieb genommen.

Ausrichtung südost,
senkrecht montierte Module

Die Lärmschutzwand ist 142° nach Südost ausgerichtet. Die PV-Module wurden auf der strassenzugewandten Seite montiert, wobei die Wand einen relativ grossen Abstand von der Fahrbahn (ca. 30 Meter) aufweist. Es wurden neuartige Dünnschicht-Module eingesetzt, welche in senkrechter Position direkt auf die Schallschutzkassetten montiert wurden.

Solarzellenfläche: 216 m²;
Stromproduktion: 3'000 kWh

Total beträgt die Solarzellenfläche 216 m². Wegen Problemen bei der Modulverschaltung (teilweise Überlappung der Module bei der Montage) musste die Leistung auf 8.2 kW reduziert werden. Durch die geringere Anlageleistung blieb auch der Ertrag mit durchschnittlich 3'000 kWh pro Jahr unter den Erwartungen.

Unterhalt

Einmal pro Woche werden die Messresultate ausgelesen (Fernauslesung), und zweimal im Jahr wird die Anlage vor Ort überprüft. Da die Module senkrecht montiert sind, entfällt eine Reinigung. Die Unterhaltskosten liegen bei etwa einem Prozent der Anlagekosten, wobei der grösste Teil davon die Rückstellungen für den Ersatz des Wechselrichters ausmachen. Dieser muss in der Hälfte der Lebensdauer der PV-Anlage ausgewechselt werden.

Erkenntnisse aus der bisherigen
Erfahrung

Erkenntnisse:

- Die vormontierte Modulbauweise erwies sich als sehr effizient. Das Montieren der Elemente dauerte nur drei Tage
- Die senkrechte Montage der PV-Module auf die Schallschutzkassetten ist zwar technisch einfach und sinnvoll, bei dieser Variante mit Dünnschichtlamellen war jedoch die mechanische Befestigung problematisch. Besser ist die Variante mit direkt auf das Blech laminierten Zellen.
- Jener Teil der Schallschutzwand mit den senkrecht montierten PV-Elementen ist schallreflektierend. Werden bei dieser Montageart die PV-Module auf der strassenzugewandten Seite montiert, kann dies Schallreflexionen hervorrufen. Dies kann problematisch sein, wenn auf

der gegenüberliegenden Strassenseite Häuser stehen, was insbesondere bei Hauptverkehrsstrassen häufig der Fall ist.

- Bei senkrechter Modulmontage besteht eine gewisse Gefahr durch Besprayung mit Graffiti. Bereits kurz nach dem Bau des ersten Teils der Wand wurde sie strassenseitig mehrmals besprayed, da die Wand aufgrund des Abstands von der Fahrbahn gut zugänglich ist.

2.2 Anforderungen an Anlagen

Spezifische Anforderungen an Anlagen auf LSW

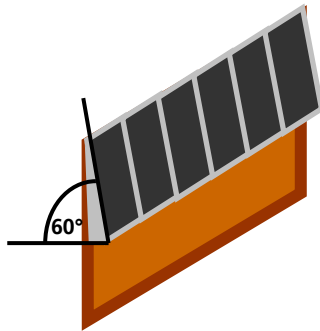
Aufgrund der bisherigen Erfahrungen lassen sich Anforderungen an eine Photovoltaikanlage auf einer Lärmschutzwand ableiten. Die Ansprüche sind nicht wesentlich anders, als wenn die Anlage auf oder an ein Gebäude montiert wird. Die Hauptkriterien wie geografischer Standort, Ausrichtung, Neigung, Verschattung bleiben die gleichen. Dennoch sind einige Anforderungen zu beachten, die speziell für PV-Anlagen auf Lärmschutzwänden gelten:

- Eine werkstattseitige Vormontage des Lärmschutzwandelements mit dem PV-Modul ist von grossem Vorteil.
- Die PV-Module müssen diebstahlsicher montiert werden.
- Eine spezielle Behandlung der Oberflächen der PV-Module (z.B. Teflonbeschichtung) erleichtert das Abwaschen von allfälligen Graffiti.
- Falls die PV-Module aufgesetzt und nicht integriert werden, sind zusätzliche Windkräfte zu berücksichtigen.
- Die Distanz von der PV-Anlage zum Netzeinspeisepunkt soll möglichst klein sein.
- Wegen der Verschattung durch vorbeifahrende LKWs müssen die PV-Module möglichst hoch montiert werden.
- Bei neuen Lärmschutzobjekten soll die Synergie zwischen LSW und PV besser genutzt werden. Das heisst, die lärmtechnischen Eigenschaften und die Stromerzeugung sollen von Beginn an in einem Element vereint werden.
- Die Zugänglichkeit für Instandhaltungsarbeiten muss gewährleistet sein.
- Wegen den Fixkosten (Initialisierung, Bewilligung, Netzanschluss) soll die Anlageleistung nicht unter 3 kW sein.
- Durch die Montage der PV-Module auf die Lärmschutzwand darf das Raumprofil der Strasse nicht beeinträchtigt werden. Deshalb darf bei

integrierter Montageart⁸ der Neigungswinkel in Abhängigkeit vom Abstand von der Fahrbahn nicht flacher als 60° sein.

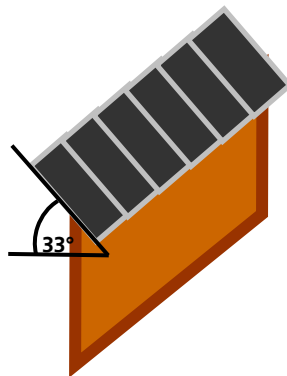
- Installationsdetails wie Erdung, Verwendung von UV-beständigen Materialien, Berücksichtigung von Windkräften usw. müssten in nachfolgenden Planungsphasen speziell berücksichtigt werden.

Abbildung 3:
Anlage mit integrierten PV-
Modulen



- Da bei aufgebauter Montageart die PV-Module auf die Lärmschutzwand aufgesetzt werden, haben sie bereits einen Abstand von der Fahrbahn von 2 bis 4 Meter (je nach Höhe der LSW) und können in einem flacheren und damit bezüglich Sonneneinstrahlung optimalen Winkel montiert werden. Den höchsten Wirkungsgrad hat die Anlage bei einem Winkel von 33°.

Abbildung 4:
Anlage mit aufgebauten PV-
Modulen



⁸ Das Finanzierungsprogramm der kostendeckenden Einspeisevergütung (KEV, vgl. Glossar) unterscheidet aufgebauete und integrierte Anlagen. Entsprechend der aufwendigeren Montageart werden integrierte Anlagen mit einem höheren Ansatz vergütet.

3 Potenzial für Photovoltaik an Lärmschutzwänden im Kanton Zürich

3.1 Methodik

Vertiefte Untersuchung des kantonalen Hoheitsgebiets, Abschätzungen für Zürich und Winterthur

Im Kanton Zürich können zwei Hoheitsgebiete für die Behandlung von Lärmschutzfragen unterschieden werden:

- a) Der Kanton ist zuständig für den Vollzug der Lärmschutzverordnung für das ganze Kantonsgebiet ohne die Städte Zürich und Winterthur.
- b) Die Städte Zürich und Winterthur sind selber zuständig für den Lärmschutz.

Für das methodische Vorgehen in dieser Studie bedeutet dies, dass zwei unterschiedliche Ansätze gewählt wurden:

- a) Zur Bestimmung des Potenzials für Photovoltaikanlagen an Lärmschutzwänden im Kanton wurde eine GIS-basierte Berechnung auf der Grundlage von Daten der FALS durchgeführt (Kap 3.1.2).
- b) Das Potenzial in den beiden Städten wurde abgeschätzt, basierend auf Interviews mit den betreffenden Lärm- und Energiefachstellen (Kap. 3.1.3).

3.1.1 Referenzanlage

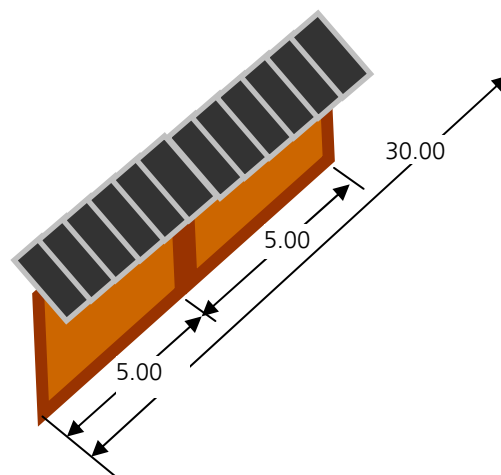
Photovoltaikanlagen an Lärmschutzwänden können sehr verschieden aussehen und diverse Parameter sind variabel. Aufgrund der bisherigen Erfahrungen mit PV-Anlagen an Lärmschutzwänden (vgl. Kapitel 2) wurde eine idealtypische Anlage definiert, welche an einer Hauptverkehrsstrasse realisiert werden könnte. Von dieser wurde für die Berechnung des Potenzials ausgegangen.

Die Referenzanlage besitzt folgende Kenngrößen:

Tabelle 3:
Referenzanlage für die
Potenzialberechnung

Länge der LSW:	30 m
Höhe der LSW:	3 m
Bau- und Montageart:	Vorfabrizierte Elementbauweise; PV-Module auf der Lärmschutzwand aufgesetzt (gilt nicht als <i>integrierte Anlage</i>)
Anzahl Elemente:	6 Stück à 5 m
Photovoltaikmodule:	Monokristallin
Gesamtfläche PV Module:	30 m ²
Systemwirkungsgrad:	11 % (Modul und Wechselrichter)
Ausrichtung:	0° gegen Süden
Neigungswinkel:	33°
Nennleistung:	3.4 kW
Wechselrichter:	1 Stück; 3.0 kW
Netzeinspeisepunkt:	50 m Distanz zum Wechselrichter
Ertrag:	3'224 kWh/a (bei Globalstrahlung 1'184 kWh/(m ² · a) auf Kollektorebene)
Anlagekosten:	Ca. 28'000 CHF (ohne Lärmschutzwand) Sowie ca. 3'000 CHF Netzanschlusskosten
Betriebs- und Unterhaltskosten:	Ca. 600 CHF/a

Abbildung 5: Darstellung einer
Referenzanlage mit aufgesetzten
PV-Modulen



3.1.2 Berechnung des Potenzials im Kantonsgebiet ohne Zürich und Winterthur

Schritt 1: Potenzial für LSW
Schritt 2: Potenzial für PV

Das Potenzial für Strom aus Photovoltaikanlagen an Lärmschutzwänden wurde in zwei Schritten bestimmt. Erstens wurde das Potenzial für Lärmschutzwände an Staatsstrassen bestimmt und zweitens das Potenzial für Photovoltaikanlagen an diesen Lärmschutzwänden berechnet.

Bestehende Lärmschutzwände

Aktuell 4.7 km LSW an
Hochleistungsstrassen des
Kantons

Gemäss Angaben der Fachstelle für Lärmschutz (FALS) existieren im Kanton Zürich derzeit 22 Lärmschutzwände mit einer Gesamtlänge von 4.7 km (ohne Zürich und Winterthur) in kantonaler Hoheit. Sie befinden sich alle an Hochleistungsstrassen. Es bestehen weitere Lärmschutzwände an kantonalen Hauptverkehrsstrassen, welche aber im Rahmen eines Baubewilligungsverfahrens von privaten Trägerschaften gebaut wurden. Sie fallen damit nicht in den Kompetenzbereich des Kantons und wurden nicht in die Untersuchung einbezogen.

Potenzielle Lärmschutzwände

Potenzial für 24 km weitere LSW
an Staatsstrassen

Der Kanton hat als Planungsgrundlage für die Budgetierung der Lärmsanierungen ein Inventar erstellt mit den sanierungsbedürftigen Strassenabschnitten, den sogenannten Sanierungsgefässen⁹. Gemäss diesem Inventar besteht ein Potenzial für 24 km Lärmschutzwände entlang von Staatsstrassen¹⁰. Für die Bestimmung der potenziellen Lärmschutzwände wurde berücksichtigt, dass die Akzeptanz der Anwohner für Wände gering ist. Aus städtebaulichen Gründen oder aufgrund der Unverträglichkeit mit dem bestehenden Ortsbild stossen neue Lärmschutzwände auf erhebliche Akzeptanzprobleme. Aufgrund bestehender Erfahrungen der FALS wurde von einer Realisierungswahrscheinlichkeit der Wände von 10% ausgegangen¹¹.

Potenzial für Photovoltaikanlagen

GIS-basierte Berechnung des
Potenzials

Die Potenzialanalyse wurde mit Hilfe eines Geografischen Informationssystems (GIS) durchgeführt. Die Ausrichtung der Lärmschutzwand wurde mit Daten zur erwartenden Sonneneinstrahlung kombiniert, unter Einbezug der Wetterverhältnisse und der Verschattung durch das Gelände. Nur Lärmschutzwände, die mit einer Ausrichtung nach Süden, Südwesten oder Südosten über besonders gute Sonneneinstrahlungsverhältnisse verfügen, sind berücksichtigt.

⁹ Vgl. Glossar

¹⁰ Da sich die Daten im Sanierungsgefäss auf Einzelanlagen pro Gebäude beziehen, können sich Teilstrecken von LSW überlappen. Dies wurde für die Modellierung des Potenzials für PV-Anlagen mit einem Korrekturfaktor von 0.8 berücksichtigt.

¹¹ im Sanierungsgefäss zugrunde gelegte Annahme der FALS

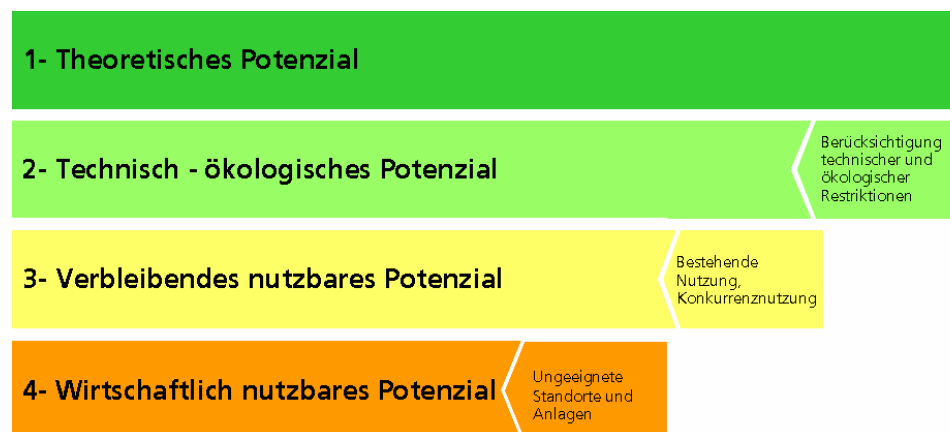
Annahmen

Dabei wurden folgende Annahmen getroffen:

- Ausserorts wo eine Lärmschutzwand realisiert werden kann, wird strassenseitig auch eine Photovoltaikanlage akzeptiert.
- Pro Meter Lärmschutzwand können 1 m² Photovoltaikpanels installiert werden.
- Photovoltaikanlagen sind prinzipiell nur auf der gegen die Strasse gerichteten Seite möglich. Die Rückseite der Wand kommt aufgrund einer Begrünung der Lärmschutzwand selbst oder einer Verschattung durch Gebüsch, Gebäude oder Häuser für Photovoltaiknutzung meistens nicht in Frage. Dennoch ist mit Fällen zu rechnen, wo auch auf der strassenabgewendeten Seite eine PV-Anlage realisierbar ist.
- Verschattungen von Wänden durch Gebäude auf der gegenüberliegenden Strassenseite sind vereinzelt möglich. Für die Potenzialberechnung wurde angenommen, dass etwa gleich viele Anlagen aufgrund von Verschattungen durch gegenüberliegende Gebäude nicht realisiert werden können, wie dafür auch auf der strassenabgewendeten Seite realisiert werden können.
- Zur Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit wurde von einer grundsätzlichen Mindestlänge der Lärmschutzwände von 30 m ausgegangen. Dieser Parameter wurde so gewählt, dass bei einer Vergütung, wie sie in der Energieverordnung für Photovoltaikanlagen vorgesehen ist, noch mit einem kostendeckenden Betrieb gerechnet werden könnte. Bei kürzeren Wänden wären die Investitionskosten für die Photovoltaiknutzung zu hoch. Bei Anlagen an Hochleistungsstrassen wurde aufgrund der zu erwartenden höheren Netzanschlusskosten aufgrund von grösseren Distanzen zum nächsten Netzeinspeisepunkt eine grössere Mindestlänge (100 m) angenommen.

Zur Bestimmung des Potenzials für Photovoltaikanlagen wurde ein Vorgehen gewählt, welches verschiedene Potenzialbegriffe unterscheidet (theoretisches Potenzial, technisch-ökologisches Potenzial, verbleibendes Potenzial, wirtschaftliches Potenzial). Abbildung 6 zeigt die stufenweise Reduktion des Potenzials auf.

Abbildung 6:
Potenzialbegriffe



In Tabelle 4 sind das methodische Vorgehen und die verschiedenen, für die Modellierung getroffenen Annahmen detailliert dargestellt.

Tabelle 4: Methodik zur Bestimmung des Potenzials für PV-Anlagen

Angebot Sonneneinstrahlung	1 Theoretisches Potenzial (GWh/Jahr)
	<p>Definition: Mittlere jährliche globale (d.h. diffuse und direkte) Sonneneinstrahlung im Kanton Zürich gemäss Datenbank Meteororm. Folgende Faktoren bestimmen das theoretische Potenzial:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Horizontschatten Gelände: Beeinträchtigung der Solarstrahlung aufgrund von Verschattung durch Gelände. - Wetterverhältnisse: z.B. Nebel, Bewölkung.
	2 Technisch-ökologisches Potenzial (GWh/Jahr)
Umwandlung in Strom	<p>Definition: Mittlere, jährliche, globale Sonneneinstrahlung, die im Kanton Zürich auf bestehende Lärmschutzwände oder potenziell geeignete und realisierbare Standorte für Lärmschutzwände an Staatsstrassen trifft. Folgende Faktoren bestimmen das technisch-ökologische Potenzial:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Regulatorische Vorgaben: Fokus auf bestehende Lärmschutzwände sowie gemäss LSV sanierungsbedürftige Gebiete mit zu hohen Lärmimmissionen unter Ausschluss der Kernzonen aus ortsbildschützerischen Gründen (Sanierungsgefässe). - Kompetenz Kanton: Selektion der Staatsstrassen (kantonale Hochleistungs- und Hauptverkehrsstrassen), Ausscheidung Nationalstrassen. Zur Berücksichtigung, dass auch sanierungsbedürftige Gebiete an Staatstrassen teilweise unter Lärmeinfluss von Nationalstrassen stehen und somit nicht vom Kanton lärmsaniert werden, wurde zudem ein genereller Reduktionsfaktor von 0.8 einbezogen. - Realisierungswahrscheinlichkeit: Faktor zur Reduktion auf die trotz Akzeptanzproblemen realisierbaren Lärmschutzwände in Sanierungsgefässen: 10%. - Ausrichtung LSW: Berücksichtigung der je nach Ausrichtung einer Lärmschutzwand unterschiedlichen Solarstrahlung (unter Festlegung einer durchschnittlichen Ausrichtung pro Sanierungsgefäss). - Konstruktion LSW: Ausscheidung von für PV-Anlagen ungeeignet konstruierten LSW (begrünt, verschattet, usw.). Es wird angenommen, dass jeweils nur zur Strasse hin PV-Panels möglich sind, (d.h. nur auf LSW, die auf der nördlichen Seite einer Strasse stehen), die Rückseite von südlich der Strasse stehenden Wänden jedoch in der Regel begrünt oder verschattet ist. - Abzug für Überlappungen: Die Daten für mögliche neue LSW im Sanierungsgefäss beziehen sich auf Einzelanlagen pro Gebäude. Teilstrecken von LSW sind dadurch im Datensatz doppelt gezählt. Dies wurde für die Modellierung des Potenzials für Photovoltaikanlagen mit einem Korrekturfaktor von 0.8 berücksichtigt. - Panelfläche: Annahme von 1 m² PV-Panel pro Laufmeter Lärmschutzwand (siehe Referenz-Anlage, Kap. 3.1). - Einstrahlungswinkel: optimaler Neigungswinkel von 33°.
	3 Verbleibendes, für Stromproduktion nutzbares Potenzial (GWh/Jahr)
	<p>Definition: Ergibt sich aufgrund des technisch-ökologischen Potenzials abzüglich der Sonnenenergie, die bereits durch PV-Anlagen auf LSW genutzt wird oder aufgrund anderweitiger Nutzung der LSW entfällt.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Abzug für Konkurrenz-Nutzungen: Annahme: bisher keine. - Abzug für bereits genutztes Potenzial: Nicht vorhanden (LSW, die bereits mit PV-Anlagen ausgerüstet und in Betrieb sind, gibt es keine).
	4 Wirtschaftliches Potenzial (GWh/Jahr)
<p>Definition: Strommenge, die auf Lärmschutzwänden mit PV-Panels produziert werden könnte. Die Parameter Ausrichtung und Mindestlänge der Anlage wurden so gewählt, dass bei einer Vergütung, wie sie in der Energieverordnung für Photovoltaikanlagen vorgesehen ist, noch mit einem kostendeckenden Betrieb gerechnet werden könnte (siehe Referenz-Anlage, Kap. 3.1).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Systemwirkungsgrad: 11% (Modul und Wechselrichter). - Ausrichtung: Nur Berücksichtigung von LSW, die aufgrund ihrer günstigen Ausrichtung (Südwest, Süd oder Südost) eine wirtschaftliche Stromproduktion erlauben. - Mindestlänge der Anlage: 30 m für Hauptverkehrsstrassen, 100m für Hochleistungsstrassen. 	

3.1.3 Abschätzung des Potenzials für Zürich und Winterthur

Für die Städte Zürich und Winterthur wurden Potenzialabschätzungen basierend auf Interviews mit Vertretern der betreffenden Lärm- und Energiefachstellen vorgenommen.

Interessenskonflikt zwischen
Gesundheits- und Ortsbildschutz
innerorts

Für die Erstellung von Lärmschutzwänden an Hauptverkehrsstrassen innerorts müssen verschiedene Interessenskonflikte gelöst werden. So bestehen erhebliche Akzeptanzprobleme, welche einer Realisierung von Wänden im Wege stehen können. Gerade in Städten, wo aufgrund der hohen Siedlungs- und Verkehrsdichte und den geringen Abständen zwischen Gebäuden und Strassen das Sanierungspotenzial besonders hoch ist, können nur wenige Wände auch wirklich realisiert werden.

Zürich: 1.5 km LSW mit
Potenzial für Photovoltaik

In der Stadt Zürich sind die realisierten Lärmschutzwände (mit einer Gesamtlänge von schätzungsweise maximal 1-2 km) derart gestaltet, dass sie für Photovoltaikanlagen ungeeignet sind. Sie sind entweder zu wenig hoch (in der Regel höchstens 2.5 m), begrünt oder von Bäumen respektive Gebäuden verschattet. Ausserdem sind die Wände meistens relativ kurz bzw. stark zerstückelt, da sie z.B. für Einfahrten unterbrochen sind. Für neue Wände kommen in Zürich prinzipiell alle verkehrorientierten Hauptverkehrsstrassen in Frage. Nicht berücksichtigt sind hierbei nationale Hochleistungsstrassen in Kompetenz des Bundes. Eine Hochrechnung der Wände, welche aufgrund einer Mindestlänge von 30 Metern, geeigneter Exposition und keiner Begrünung für Photovoltaikprojekte theoretisch/technisch geeignet sein könnten ergibt eine Gesamtlänge von rund 3 km potenzieller Lärmschutzwände. Zusätzlich einschränkend wirkt sich aus, dass die Wände ortsbildverträglich gestaltet werden müssen (Art. 14 LSV). Unter Berücksichtigung dieser Anforderung wird angenommen, dass sich etwa an der Hälfte der geeigneten Standorte Photovoltaik-Panels realisieren liessen, also auf einer Gesamtlänge von rund 1.5 km.

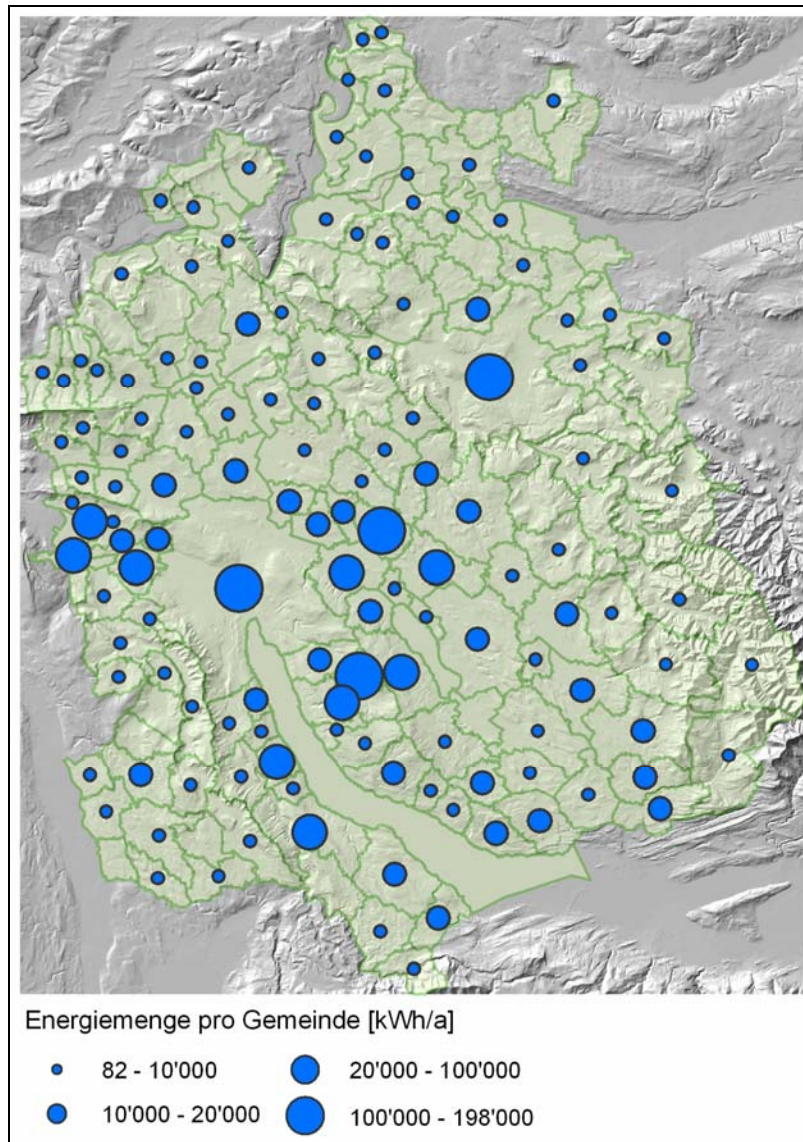
Winterthur: 1 km LSW mit
Potenzial für Photovoltaik

In Winterthur bestehen eine ca. 600 m lange, teilweise durch Bäume verschattete Lärmschutzwand sowie 10 bis 15 einzelne Wände, die jedoch kürzer sind als 30 m (angenommene Mindestlänge für Photovoltaikanlagen). Ausserdem werden an 50 Strassenzügen die Immissionsgrenzwerte überschritten. Pro Strassenzug wären im Durchschnitt etwa 100 m Lärmschutzwand denkbar. Es wird angenommen, dass höchstens 50 % davon auch realisiert werden. Weiter wird angenommen, dass wiederum 50 % von diesen potenziell realisierten Lärmschutzwänden begrünt oder verschattet sind. Basierend auf den angestellten Überlegungen wird das Potenzial für Lärmschutzwände mit Photovoltaikanlagen in Winterthur auf eine Länge von 1 km geschätzt.

3.2 Resultat

In der folgenden Karte wird das Potenzial zur Erzeugung von Solarstrom auf Lärmschutzwänden im Kanton Zürich dargestellt. Bezugsgrösse sind die einzelnen Gemeinden des Kantons.

Abbildung 7:
Photovoltaik-Potenzial auf
bestehenden und geplanten LSW
im Kanton Zürich



Sanierungsbedarf insbesondere
im Siedlungsgebiet

Die Karte widerspiegelt im Wesentlichen die Verteilung der Sanierungsgefässe über das Kantonsgebiet. Wo die Siedlungsdichte höher und das Strassennetz dichter ist, werden die Grenzwerte eher überschritten und der Sanierungsbedarf ist entsprechend höher.

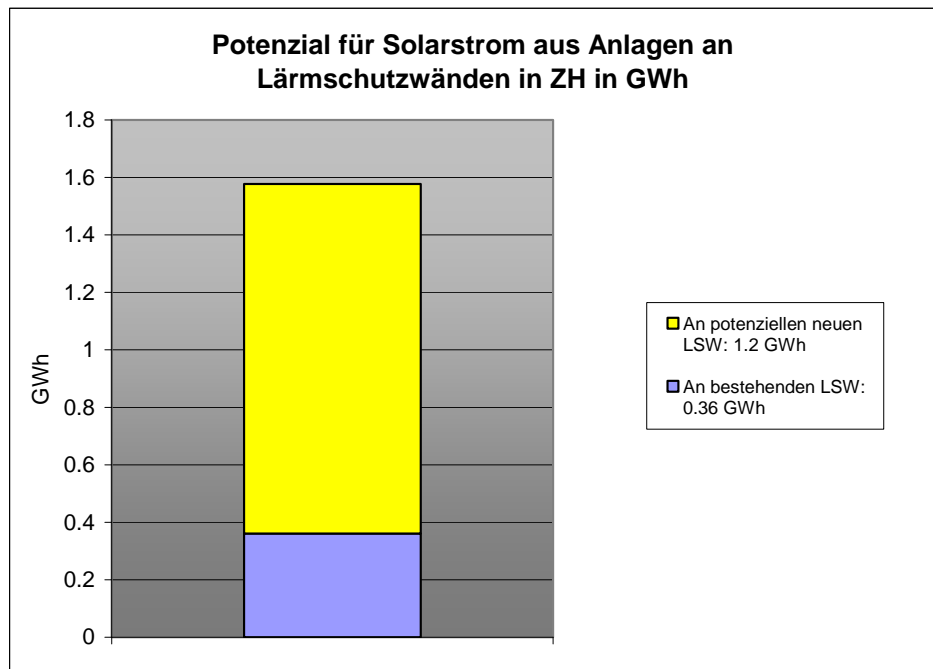
2.8 km bestehende und 9.2 km potenzielle neue Wände mit PV-Potenzial

Für die Produktion von Solarstrom geeignet sind bestehende Lärmschutzwände mit einer Gesamtlänge von ca. 2.8 km sowie neue Lärmschutzwände mit einer Gesamtlänge von 9.2 km. Von letzteren liegen 6.7 km¹² im Gebiet, für das der Kanton zuständig ist. Für die Städte Zürich und Winterthur werden die Gesamtlängen von geeigneten bestehenden und potenziellen neuen LSW auf 1.5 km respektive 1 km geschätzt (vgl. Kapitel 3.1.3). Dies entspricht einer Gesamtfläche für Solarzellen von 12'000 m².

1.6 GWh Potenzial zur Stromversorgung von 460 Haushalten

Davon ausgehend ergibt sich für das produzierbare Strompotenzial im Kanton Zürich ein Wert von insgesamt 1.6 GWh. Davon können 0.36 GWh an bestehenden Wänden produziert werden und 1.2 GWh an potenziellen neuen Wänden. Zum Vergleich: Damit liessen sich jährlich etwa 460 private Haushalte mit Strom versorgen (Annahme: mittlerer Stromverbrauch einer Wohnung mit drei Personen: 3'400 kWh)¹³.

Abbildung 8:
Potenzial für Strom aus PV-Anlagen an LSW im Kanton ZH



Vergleich mit Solarstromproduktion in ZH

1.6 GWh entspricht etwas weniger als der Hälfte des Solarstroms, der im Kanton ZH bisher jährlich produziert wird. Im Jahr 2006 betrug die Gesamtmenge des im Kanton Zürich produzierten Solarstroms etwa 4 GWh (AWEL 2006). Der gesamte Stromverbrauch im Kanton Zürich betrug im Jahr 2005 8'729 GWh (Statistisches Amt 2008).

Kosten

Werden an allen geeigneten Lärmschutzwänden Photovoltaikanlagen realisiert, müsste mit Anlagekosten von CHF 12 Mio. gerechnet werden. Dies unter der Annahme, dass die Kosten pro m² Photovoltaikfläche gleich wären wie bei der Referenzanlage mit einer Anlagenlänge von 30 m.

¹² gemäss den von der FALS bezeichneten Sanierungsgefässen

¹³ Vgl. <http://www.ekz.ch/internet/ekz/de/privatkunden/kundendienst/rechnung/stromverbrauch.html>

4 Potenzial für Photovoltaik im Quervergleich

Vergleich mit dem Potenzial von PV auf grossen Gebäudedächern und von anderen erneuerbaren Energien

Zur vergleichweisen Einordnung des mit Lärmschutzwänden produzierbaren Solarstroms wird im folgenden Kapitel ein Quervergleich gezogen mit anderen Anlagen zur Produktion von Solarstrom im Kanton Zürich. Das Potenzial für die Stromproduktion mit Photovoltaikanlagen im Kanton Zürich insgesamt wurde bereits in einer früheren Studie vom AWEL abgeschätzt (AWEL 2006). In Ergänzung dazu wurde in der vorliegenden Untersuchung der Fokus auf die Dachflächen von grossen Gebäuden gelegt. Diese werden als mögliche alternative Standorte zu den Lärmschutzwänden als besonders interessant erachtet. Zudem wird das Potential von Photovoltaik mit dem Potenzial von anderen erneuerbaren Energieträgern verglichen.

4.1 Potenzial für Photovoltaik auf Gebäuden im Kanton Zürich

Vorteile der Solarstromproduktion auf LSW

Die Stromproduktion von Photovoltaikanlagen an Lärmschutzwänden ist nur eine mögliche Anwendung der Photovoltaik. In der Literatur werden unter anderem folgende Vorteile der Solarstromproduktion auf Lärmschutzwänden genannt: Doppelte Landnutzung, grosses Potenzial, Serienfertigung von Lärmschutzwandelementen mit integrierten Photovoltaikpanels, Erleichterung des Planungsprozesses, da sich die Lärmschutzwand im Eigentum der öffentlicher Hand befindet, sowie ein einfacher Zugang für Konstruktion und Unterhalt (Nordmann und Clavadetscher 2005).

Vergleich mit Solarstromproduktion auf Gebäuden

Im Folgenden wird insbesondere die Photovoltaik-Nutzung auf Gebäuden derjenigen auf Lärmschutzwänden gegenübergestellt. Dabei geht es sowohl darum, die Grössen der mit den verfügbaren Flächen produzierbaren Strommengen zu vergleichen, als auch die Kosten der jeweiligen Stromproduktion. Zudem müssen weitere Faktoren berücksichtigt werden, in denen sich die Solarstromproduktion an Lärmschutzwänden von der Solarstromproduktion auf Gebäuden unterscheidet, wie zum Beispiel Sicherheitsfragen.

4.1.1 Methodik

Berücksichtigung von Gebäuden
> 600m²
(Grundfläche)

Zur Bestimmung des Stromproduktionspotenzials von Photovoltaikanlagen auf Gebäuden wurden nur grosse Gebäude berücksichtigt mit einer Grundfläche von mehr als 600 m². Weiter wurde angenommen, dass die insgesamt für Photovoltaiknutzung geeignete Dachfläche einem Drittel der Gebäudegrundfläche entspricht (Gutschner und Nowak 1998a). Mit einem Minderungsfaktor von 0.85 wurde berücksichtigt, dass die meisten Dächer nicht über einen idealen Neigungswinkel und über eine ideale Ausrichtung zur Nutzung der Sonnenstrahlung verfügen. Wie bei den Photovoltaikanlagen auf Lärmschutzwänden wurde wiederum ein Neigungswinkel von 33° und eine Ausrichtung Süd vorgegeben, und es wurde von einem Systemwirkungsgrad von 11% ausgegangen¹⁴. Es wurde ein Strahlungsdatensatz von Meteonorm¹⁵ verwendet, in dem je nach Standort Wetterverhältnisse und Horizontschatten berücksichtigt sind. Zudem wurde davon ausgegangen, dass keine Konkurrenznutzung der Dachflächen für Sonnenkollektoren für Wärmeproduktion besteht, da es sich um grosse Gebäude handelt, wo typischerweise der Warmwasserverbrauch pro Grundfläche kleiner ist als bei Einfamilienhäusern.

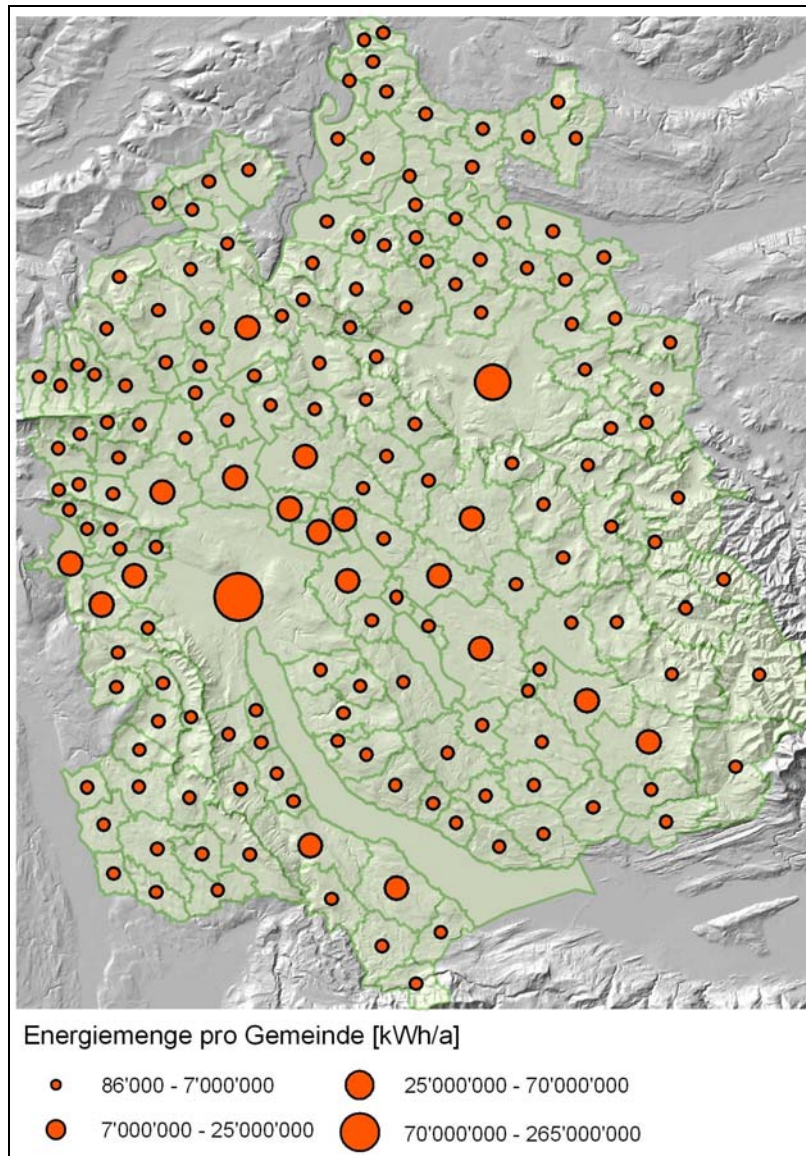
4.1.2 Resultate

In der folgenden Karte wird das Potenzial zur Erzeugung von Solarstrom auf Dächern von grossen Gebäuden (Grundfläche > 600 m²) im Kanton Zürich dargestellt. Bezugsgrösse sind wiederum die einzelnen Gemeinden des Kantons.

¹⁴ Vgl. Referenzanlage, Kapitel 3.1

¹⁵ Meteonorm-Datensatz, Meteotest, Bern

Abbildung 9:
Potenzial Solarstrom auf grossen
Dächern



840 GWh Potenzial zur
Stromversorgung von 246'000
Haushalten

Würden auf allen geeigneten grossen Gebäuden Solaranlagen realisiert, könnten auf einer Gebäudegrundfläche von insgesamt 22 km² mit einer Solarzellenfläche von 7.2 km² etwa 840 GWh Solarstrom produziert werden. Damit liessen sich 246'600 Haushalte mit Strom versorgen.

Dieser Wert ist kompatibel mit der früheren Abschätzung des Potenzials für Photovoltaik auf Gebäuden von 1000 GWh, bei der zwar neben den grossen auch kleinere Gebäude mitberücksichtigt wurden, dafür aber ein Abzug von 50% zur Berücksichtigung von Konkurrenznutzung durch Sonnenkollektoren gemacht wurde (AWEL 2006).

Kosten Bei einer Produktion von 840 GWh Solarstrom müsste bei heutigen Preisen bei einer Vergütung nach ins Stromnetz eingespeister Strommenge zur Deckung der Anlagekosten über 25 Jahre hinweg mit Kosten von ca.

CHF 510 Millionen pro Jahr gerechnet werden. Umgerechnet würde dies Mehrkosten von 13 Rappen pro kWh Strom entsprechen, der im Kanton Zürich verbraucht wird.

Realisierungswahrscheinlichkeit
nicht berücksichtigt

Analog zu den Lärmschutzwänden wurde auch hier zur Berechnung des wirtschaftlichen Potenzials davon ausgegangen, dass auf allen – unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren – geeigneten Gebäudedachflächen eine PV-Anlage gebaut würde. Im Unterschied zu den betrachteten Lärmschutzwänden, die im Eigentum des Kantons liegen, sind jedoch zur Ausschöpfung des Potenzials Anreize nötig, damit auf den zum grossen Teil privaten Dachflächen PV-Anlagen installiert werden.

Potenzial für Solarstrom im Quervergleich

Die Berechnung des Potenzials für Solarstrom aus Photovoltaikanlagen auf Lärmschutzwänden und solchen auf grossen Gebäudedachflächen ergibt folgende Resultate:

Tabelle 5:
Potenzial im Quervergleich

	Ausdehnung	Produzierbarer Solarstrom (GWh / Jahr)		Stromproduktionskosten ¹⁶ (CHF / kWh)
Potenzial auf bestehenden Lärmschutzwänden	Länge: 2.8 km	0.36	Total 1.6	0.75
Potenzial auf neuen Lärmschutzwänden	Länge: 9.2 km (davon 1 km in Winterthur, 1.5 km in Zürich, 6.7 km im übrigen Kantonsgebiet)	1.2		0.65 ¹⁷
Potenzial auf grossen Gebäudedächern (Grundfläche > 600 m ²)	Total Gebäudegrundfläche: 22 km ² (gesamtes Kantonsgebiet)	Total 840		0.7 (angebaut) – 0.8 (integriert)

höheres Potenzial und höhere
Kosten für Strom von LSW

Der Vergleich der Zahlen zum Potenzial von Solarstrom aus Photovoltaikanlagen an Lärmschutzwänden mit dem aus Anlagen auf Gebäudedächern zeigt, dass das Stromproduktionspotenzial insgesamt auf Gebäuden viel höher ist als an Lärmschutzwänden. Die Produktionskosten pro kWh Solarstrom auf Lärmschutzwänden liegen in der gleichen Grössenordnung wie auf Gebäuden.

Anlagen auf LSW: Bessere
Zugänglichkeit, einfachere
Installation, höhere Distanz zu
Netzeinspeisepunkt

Im Vergleich zur Installation einer Photovoltaikanlage auf einem Gebäudedach ist eine solche an einer Lärmschutzwand etwas einfacher durchzuführen, da Lärmschutzwände besser zugänglich sind und keine Integration ins Dach erfolgen muss. Auf der anderen Seite ist die Distanz zu einem Ein-

¹⁶ Die in der Tabelle angegebenen Kosten pro kWh Solarstrom sind Schätzungen. Im Einzelfall müssten die tatsächlichen Kosten genauer erhoben werden aufgrund der lokalen Gegebenheiten und der aktuellen Angebote auf dem Markt.

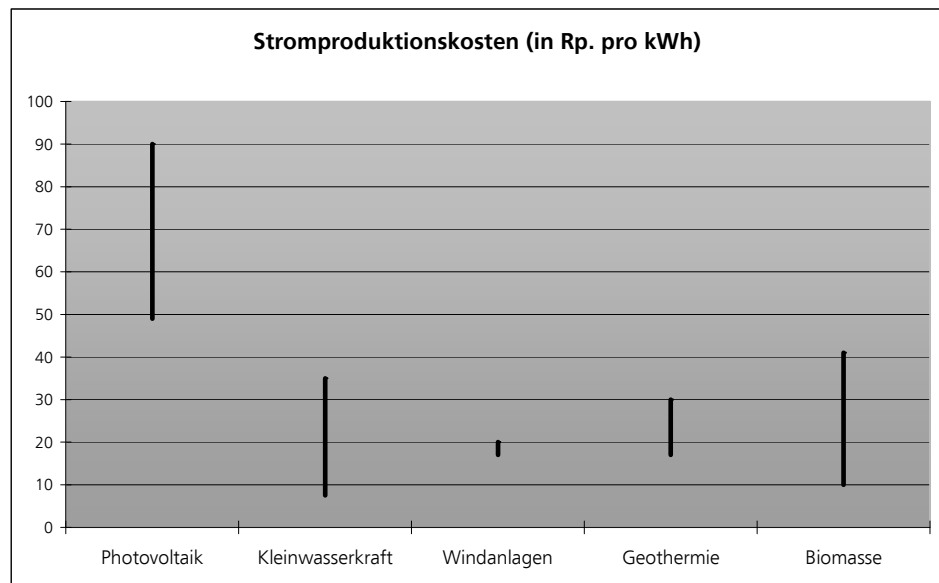
¹⁷ Bei Nutzung der Synergieeffekte durch gleichzeitige Planung von LSW und PV-Anlage.

speisepunkt ins Stromnetz bei Lärmschutzwänden häufig grösser als bei Gebäuden, was die durchschnittlichen Kosten wieder etwas anhebt. Im Vergleich zu Photovoltaikanlagen an Lärmschutzwänden sind solche auf Dächern weniger gut zugänglich. Dies erschwert zwar die Installation, macht es aber einfacher, unverschattete Standorte zu finden und verringert Probleme wie Vandalismus oder Diebstahl.

4.2 Photovoltaik im Vergleich mit anderen erneuerbaren Energien

Im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energien ist Strom aus Photovoltaik relativ teuer. Für die Revision der kostendeckenden Einspeisevergütungen wurden vom Bund die aktuellen Gestehungskosten verschiedener erneuerbarer Energien abgeschätzt. Die Tarife hängen von der Anlagengrösse und der Art der Anlage ab.

Abbildung 10:
Stromproduktionskosten, die
gemäss Energieverordnung für
eine kostendeckende
Einspeisung vergütet werden



Hohe Kosten für Photovoltaik...

Es zeigt sich klar, dass derzeit Photovoltaik teurer ist als anderer Strom aus erneuerbaren Energien. Aufgrund der technologischen Weiterentwicklung ist in Zukunft bei der Photovoltaik mit erheblichen Kostensenkungen zu rechnen, wie bei den anderen Technologien auch (BFE 2005, SATW 2006). Die Vergütungssätze für Neuanlagen sinken gemäss eidgenössischer Energieverordnung ab 2010 um 8% pro Jahr.

...aber grosses technisch-
ökologisches Potenzial

Auf der anderen Seite ist das technisch-ökologische Potenzial für Stromproduktion mit Photovoltaik im Vergleich zu den anderen neuen erneuerbaren Energien gross. So wird geschätzt, dass die Photovoltaik auf bestehenden Gebäude- und Infrastrukturflächen ein Drittel des schweizerischen

Stromverbrauchs decken könnte (Swissolar 2007). In einer früheren Studie wurde geschätzt, dass 1'000 GWh von insgesamt 2'430 GWh im Kanton Zürich produzierbaren Stroms aus erneuerbaren Energien aus Photovoltaik stammen könnten (AWEL 2006). In der Road Map zur Entwicklung der erneuerbaren Energien von der Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW 2006) nimmt die Photovoltaik mit einer Stromproduktion von 5'700 GWh in der Schweiz im Jahr 2050 eine wichtige Rolle ein.

5 Empfehlung

beschränktes Potenzial für Solarstrom an LSW nutzen

Die Untersuchung zeigt, dass ein beschränktes Potenzial für Photovoltaikanlagen auf Lärmschutzwänden im Kanton Zürich vorhanden, ist (Strom für rund 460 Haushalte pro Jahr). Bestehende Wände sind in den meisten Fällen aufgrund von gestalterischen Massnahmen (Begrünung, Transparenz etc.) oder aufgrund der zu geringen Länge für Photovoltaikanlagen ungeeignet. Vermutlich können nur wenige neue Lärmschutzwände entlang von Hauptverkehrsstrassen gebaut werden. Bauliche Lärmschutzmassnahmen stossen insbesondere aus städtebaulichen Gründen innerorts auf geringe Akzeptanz. Das Potenzial konzentriert sich also auf wenige bestehende und noch zu erstellende Wände. Es liegt mit 1.6 GWh pro Jahr im Vergleich mit dem Potenzial auf grossen Gebäudedachflächen (840 GWh pro Jahr) tief. Dem Kanton wird dennoch empfohlen, das bestehende Potenzial so weit als möglich zu nutzen.

Synergien bei der Planung von LSW und PV-Anlagen ausschöpfen

Wenn bereits bei der Erstellung der Wand die Photovoltaikanlage integriert wird, reduzieren sich die Kosten für die Erstellung der Anlage. Die Wirtschaftlichkeit wird dadurch erhöht. Wenn Photovoltaikanlagen auf Lärmschutzwänden begünstigt werden sollen, ist es somit wichtig, dass ein solches Vorhaben bereits frühzeitig in die Planung einfließt. Damit könnten die Stromproduktionskosten pro kWh Solarstrom bei einer Lärmschutzwand geringfügig tiefer liegen als bei Gebäuden.

Förderstrategie für Photovoltaik auf grosse Gebäude ausrichten

Der Schwerpunkt bei der Förderung von Photovoltaik im Kanton Zürich sollte jedoch nicht im Bereich der Lärmschutzwände, sondern vielmehr im Bereich der Gebäude gesetzt werden. Insbesondere auf den Dächern von grossen Gewerbe- und Industriegebäuden besteht noch ungenutztes Potenzial für Photovoltaik. Je grösser die Fläche ist, desto kostengünstiger kann eine Anlage betrieben werden, sofern andere Parameter wie Sonneneinstrahlung unverändert bleiben.

Anreize zur Steigerung von Produktion und Nachfrage von Solarstrom schaffen

Da die Gebäudeflächen im Gegensatz zu den Lärmschutzwänden an Staatsstrassen meistens in Privatbesitz sind, kann eine Erhöhung des Solarstromanteils nur über Anreize erfolgen. Eine Möglichkeit besteht im Ausbau der Ökostrombörsen, wie sie beispielsweise von den EKZ bereits betrieben werden, unter der Voraussetzung, dass die Nachfrage nach Ökostrom steigt. Die Steuerung erfolgt aber primär auf nationaler Ebene. In der Energieverordnung hat der Bund eine kostendeckende Einspeisevergütung festgelegt für Strom aus erneuerbaren Energien, darunter auch für Solarstrom. Die Finanzierung erfolgt über eine nationale Abgabe auf dem Höchstspannungsnetz, welche an die Stromkonsumenten weiterverrechnet wird. Als wirksames Förderinstrument sind auch Einspeisevergütungen auf kantonaler Ebene denkbar, analog zu den kostendeckenden Einspeisever-

gütungen auf nationaler Ebene. Zusätzliche kantonale Fördermittel sind nötig, da die Fördermittel für Photovoltaik auf nationaler Ebene bereits ausgeschöpft sind. Für die Finanzierung eines zusätzlichen Fördermodells im Kanton Zürich wären verschiedene Varianten denkbar, beispielsweise ein Zuschlag auf den Stromverbrauch im Kanton Zürich, analog zum Zuschlag auf dem Stromverbrauch auf nationaler Ebene. Die Vor- und Nachteile der verschiedenen Fördermöglichkeiten sind im Detail zu klären.

Einbettung in Gesamtstrategie
zu erneuerbaren Energien

Wenn es darum geht, mit dem Steuerfranken oder mit Abgaben auf dem Stromverbrauch das Maximum an erneuerbarer Energie zu nutzen, stehen andere erneuerbare Energien im Vergleich zur Photovoltaik deutlich im Vordergrund. Ein beträchtliches Potenzial, welches ebenfalls kostengünstiger erreichbar ist, liegt in der Effizienzsteigerung bei der Stromanwendung. Allerdings ist das Stromproduktionspotenzial mit Photovoltaik insgesamt wesentlich grösser als bei anderen erneuerbaren Energien, einmal abgesehen von der bestehenden Wasserkraftnutzung, und mindestens so lange, als die tiefe Geothermie für eine Nutzung im grossen Massstab noch nicht zur Verfügung steht. Dem Kanton wird empfohlen, eine Förderung der Photovoltaik in einem grösseren energiepolitischen Zusammenhang zu betrachten und dabei abzuklären, ob der Kanton Zürich die Stromerzeugung mit Photovoltaikanlagen auf nicht öffentlichen Anlagen aktiv fördern soll. Geeignet dazu wäre die bald anstehende Erneuerung des Rahmenkredites für Fördermassnahmen gemäss § 16, Abs. 2 des Energiegesetzes.

A1 Abkürzungsverzeichnis und Glossar

ASTRA	Bundesamt für Strassen
AWEL	Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons ZH
BFE	Bundesamt für Energie
EWZ	Elektrizitätswerk Zürich
FALS	Fachstelle Lärmschutz des Kantons Zürich
GIS	Geografisches Informationssystem
KEV	Kostendeckende Einspeisevergütung für Strom aus erneuerbaren Energien gemäss Energiegesetz (Bundesratsbeschluss März 2007). Jährlich sollen rund 320 Millionen Franken zur Verfügung stehen.
LSV	Lärmschutzverordnung
LSW	Lärmschutzwand
PV	Photovoltaik
Sanierungsgefäss	Sanierungsbedürftiger Strassenzug mit Gebäude. Instrument der FALS zur Budgetierung der Lärmsanierungen.
Wechselrichter	Einrichtung zur Umwandlung des Gleichstroms in Wechselstrom

A2 Informationsquellen

Literatur

- AEW Energie AG (2008): Paneika: Potenzialanalyse neue Energien zur Stromproduktion im Kanton Aargau. Zürich 2008
- AWEL (2006): Das Angebot erneuerbarer Energien - Potenzial erneuerbarer Energieträger im Kanton Zürich. Zürich 2006
- BFE (2005): Kosten und Nutzen von Solarenergie in energieeffizienten Bauten. Bern 2005
- Gutschner M, Nowak S (1998): Photovoltaisches Potenzial im Kanton Freiburg [<http://www.netenergy.ch/pdf/fribourg.pdf>, Zugriff 2008-06-13]
- Gutschner M., Nowak S. (1998a): Das Photovoltaik-Potenzial im Gebäudepark der Stadt Zürich - Zusammenfassung der Analyse des Flächenpotenzials und der wirtschaftlichen, technischen und rechtlichen Indikatoren, Oktober 1998 [<http://www.netenergy.ch/pdf/zuerich.pdf>, Zugriff 2008-06-13]
- International Energy Agency (2008): Photovoltaic Power Systems Programme, Annual Report 2007 [<http://www.netenergy.ch/pdf/BipvPotenzialSummary.pdf>, Zugriff 2008-06-13]
- International Energy Agency (2007): Cost and performance trends in grid-connected Photovoltaic systems and case studies, Report IEA-PVPS T2-06:2007
- Frölich Andreas, Nordmann Thomas (2000): Erprobung von drei integrierten Photovoltaik-Schallschutz-Versuchsanlagen, Schlussbericht ans Bundesamt für Strassen (ASTRA), November 2000
- Bundesamt für Energie (2000): Programm Photovoltaik Ausgabe 2001: Übersichtsbericht, Liste der Projekte, Jahresbericht der Beauftragten 2000
- Bundesamt für Energie (2001): Programm Photovoltaik Ausgabe 2002, Übersichtsbericht, Liste der Projekte, Jahresbericht der Beauftragten 2001
- SATW (2006): Road Map Erneuerbare Energien Schweiz – Eine Analyse zur Erschliessung der Potenziale bis 2050.

Statistisches Amt des Kantons Zürich (2008): Energieverbrauch und CO₂-Emissionen nach Energieträger, Tabelle C2-973

Swissolar (2007): Photovoltaik - Strom aus der Sonne,
[http://www.swissolar.ch/fileadmin/x_lib/download/SWIS_Photovoltaik_2007_de.pdf, Zugriff 2008-06-25]

Thomas Nordmann und Luzi Clavadetscher (2005): PV on noise barriers, Progress in Photovoltaics: Research and Applications, Vol. 12, Issue 6, p. 485-495

Thomas Nordmann (2006): "Strom statt Lärm", Übersicht über Photovoltaik-Anlagen in Kombination mit Schallschutz, Plenarvortrag 15. Internationale Konferenz Verkehrslärm, 6./7.10.2006 in Dresden

TNC Energie Consulting GmbH (1999): Evaluation of the potential of noise barrier technology for electricity production and market share. EU Thermie B Project: EU PVNB POT, Final Report, Project Number: SME-1479-97, Freiburg i. B. Germany, June 1999

Interviews

Auskunftspersonen	Ort, Datum
Ruedi Hottiger; Initiant, Ersteller und Betreiber der PV-Anlage auf der Lärmschutzwand an der A1 bei Safenwil	Safenwil, 29. Mai 2008
Thomas Nordmann; Initiant, Ersteller und Betreiber der PV-Anlage auf der LSW an der A1 bei Brüttisellen	Erlenbach, 6. Juni 2008
Marcel Gutschner, NET Nowak Energie und Technologie AG	Telefon, 13. Juni 2008
Ulrich Dinkelacker; Energiebeauftragter der Stadt Winterthur	Winterthur, 16. Juni 2008
Toni Püntener, Umweltschutzfachstelle Stadt Zürich	Zürich, 18. Juni 2008
Erich Zeller, Projektleiter Lärmschutz, Umwelt- und Gesundheitsschutz Stadt Zürich	Zürich, 23. Juni 2008

A3 Postulat KR 327/2007

Zürich und Knonau, 5. November 2007	KR-Nr. 327/2007
<p>POSTULAT von Françoise Okopnik (Grüne, Zürich), Sabine Ziegler (SP, Zürich) und Lisette Müller-Jaag (EVP, Knonau)</p> <p>betreffend Photovoltaikpanels auf Lärmschutzwänden</p>	
<p>Der Regierungsrat wird gebeten, Richtlinien festzulegen, an Hand welcher die Bedingungen für die Installation von Photovoltaikanlagen auf Lärmschutzwänden entlang von Verkehrsträgern definiert und als zwingend erklärt werden.</p> <p>Françoise Okopnik</p> <p>Sabine Ziegler</p> <p>Lisette Müller-Jaag</p> <p><u>Begründung:</u></p> <p>Lärmschutzwände sind ungenutzte Flächen, welche ausgerüstet mit photovoltaischen Panels einen Zusatznutzen erzielen würden. Der Lärmschutz würde dadurch nicht beeinträchtigt. Der Einsatz von Photovoltaik-Anlagen wäre ein konstruktiver Beitrag zur Realisierung der 2000 Watt-Gesellschaft und kombiniert hiermit Lärmschutz und Förderung von erneuerbaren Energien.</p> <p>(Beispiele aus dem In- und Ausland zeigen, dass die Kombination Lärmschutz und erneuerbare Energie auf positives Echo stösst. (Beispiele: http://www.fierabolzano.it/comunicati/comunicato1233-d.htm, http://www.sonnenkraftfreising.de/pr_ssw.html, http://www.tnc.ch/energysystems/pvsoundbarrier.de.php, http://www.solaragency.org/dokumente/solpr01Safe-wil.pdf?PHPSESSID=b048e06586c5d6980082fd1b1059a6dl, http://www.plansinn.at/sylvie/media/download/Presstext_Koernerhof.pdf, http://www.energytech.at/photovoltaik/results.html?id=2496&menulevell=3#h4)</p> <p><u>Begründung der Dringlichkeit:</u></p> <p>An mehreren Abschnitten des Nationalstrassennetzes steht der Einbau von Lärmschutzwänden kurz bevor (bspw. N4 Knonaueramt, Üetlibergtunnelportal Zürich Süd). Würden die Anlagen von Anfang an mit photovoltaischen Anlagen ausgerüstet werden können, liesse sich der Zusatznutzen von Beginn weg realisieren. Die Installation vor Inbetriebnahme des Autobahnabschnittes wäre bequemer, billiger und sicherer.</p>	