

# **Ermittlung des Anwendungspotentials von Photovoltaik an Lärmschutzwänden entlang des Schweizer Autobahnnetzes**

Thomas Vontobel, Ralph Lingel, Thomas Nordmann  
TNC Consulting AG  
General Wille-Str. 59, CH - 8706 Feldmeilen  
T: +41 (0)44 991 5577, F: +41 (0)44 991 5578  
E-Mail: [info@tnc.ch](mailto:info@tnc.ch)  
Internet: [www.tnc.ch](http://www.tnc.ch)

## **Zusammenfassung**

Im Auftrag des Bundesamtes für Strassen der Schweiz ASTRA hat die TNC Consulting AG das Anwendungspotential von Photovoltaik an Lärmschutzwänden entlang des Schweizer Autobahnnetzes ermittelt. Dazu wurden die vorhandenen Informationen des ASTRA zum Verlauf der bestehenden und geplanten Lärmschutzwände eingelesen. Mittels verschiedener Parametersets sind in der von TNC entwickelten Datenbank unterschiedliche Formen der Umsetzung von PV Schallschutzmassnahmen beschrieben. Der für einen bestimmten Lärmschutzabschnitt am besten geeignete Typ wird ausgewählt und so das theoretische Potential ermittelt.

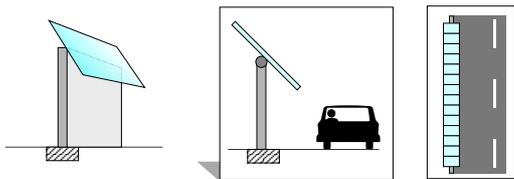
Basierend auf der Erfahrung von realisierten PV Schallschutzprojekten wird das ermittelte theoretische Potential auf ein technisch realisierbares Potential eingeschränkt. Unter Berücksichtigung von nicht-technischen Faktoren wird daraus schlussendlich ein realisierbares Potential ermittelt. Dieses beträgt für die Schweiz 110-165 MWp.

Mit dem erwarteten elektrischen Ertrag des ermittelten realisierbaren Potentials von Photovoltaik-Schallschutzanlagen könnte der photovoltaische Betrieb der Autobahnen in der Schweiz (inklusive Beleuchtung und Tunnellüftungen, etc.) in der Jahresbilanz vollständig erreicht werden.

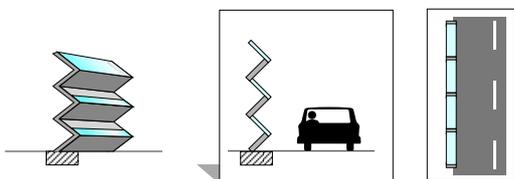
## Vorgehen

Photovoltaik (PV) Anlagen zur Gewinnung von Solarstrom können ohne zusätzlichen Flächenbedarf in Kombination mit verschiedenen schon vorhandenen Infrastrukturbauwerken realisiert werden. Die Kombination von Photovoltaik und Schallschutz eignet sich insbesondere sehr gut, weil die modulare Bauweise der Lärmschutzwände einer rationellen Montage von PV Anlagen entgegenkommt und keine Konkurrenzanwendung besteht.

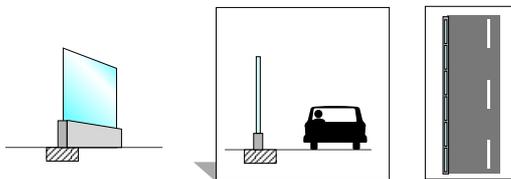
TNC Consulting hat im Auftrag der schweizerischen Eidgenossenschaft 1989 die weltweit erste und grösste PV Schallschutzanlage geplant. Die PV Anlage an der A13 nahe Chur ist immer noch in Betrieb. In verschiedenen nachfolgenden Projekten sind unterschiedliche Typen von PV Schallschutzanlagen entworfen, geplant, umgesetzt und in Betrieb genommen worden.



**Anlagentyp „aufgesetzt“.** Bei diesem Typ werden die PV Module oben auf die Schallschutzwand mittels einer Tragkonstruktion aufgesetzt. Erstmals weltweit 1989 in der Schweiz durch TNC geplant und vom Bund realisiert an der A13 bei Chur.



**Anlagentyp „ZickZack“.** Die Lärmschutzwand und die PV Module sind in einem Zick-Zack Muster aufgebaut um die Höhe der Lärmschutzwand besser ausnutzen zu können. Hier ein Beispiel an einer Bahnlinie im Grossraum Zürich.



**Anlagentyp „bifacial“.** Bei diesem Anlagentyp werden die Module in Nord-Süd-Richtung (also mit Ost-/West-Ausrichtung) installiert. Sie substituieren die Lärmschutzelemente vollständig. Im Bild ein Beispiel auf einer Autobahnbrücke im Grossraum Zürich.

Tabelle 1: Auswahl von Typen von PV Schallschutzanlagen, welche realisiert und für die Studie mit Parametersets beschrieben wurden.

Für eine Auswahl von Typen von PV Schallschutzanlagen aus der Praxis wurden im Rahmen der Studie Modelle entwickelt, welche anhand verschiedener Parameter beschrieben werden können. Dabei werden klassische PV Parameter wie Neigung und Ausrichtung ebenso berücksichtigt wie schallschutzspezifische Parameter wie zum Beispiel Abstand vom Boden (Unterhalt und Sicherheit) und Einhaltung von Lichtraumprofilen.

Basierend auf den Datensätzen der vorhandenen Datenbank des ASTRA, welche Angaben zu den Lärmschutzmassnahmen enthält, wurden die für die Beurteilung zur Eignung zur Kombination von PV und Lärmschutzwänden notwendigen Parameter eingelesen. Dabei sind die Grundangaben Anfang- und Endpunkt, die Strassenseite der Lärmschutzwand und die Höhe der Lärmschutzwand in einem entsprechenden Datenformat notwendig für eine Ermittlung des Potentials. Diese Daten können für andere Anwendungsbereiche (z.B. Bahnnetz oder andere Länder) aus entsprechenden Informationssystemen in die von TNC entwickelte Datenbank importiert werden für die Beurteilung zur Eignung für die Kombination mit PV.

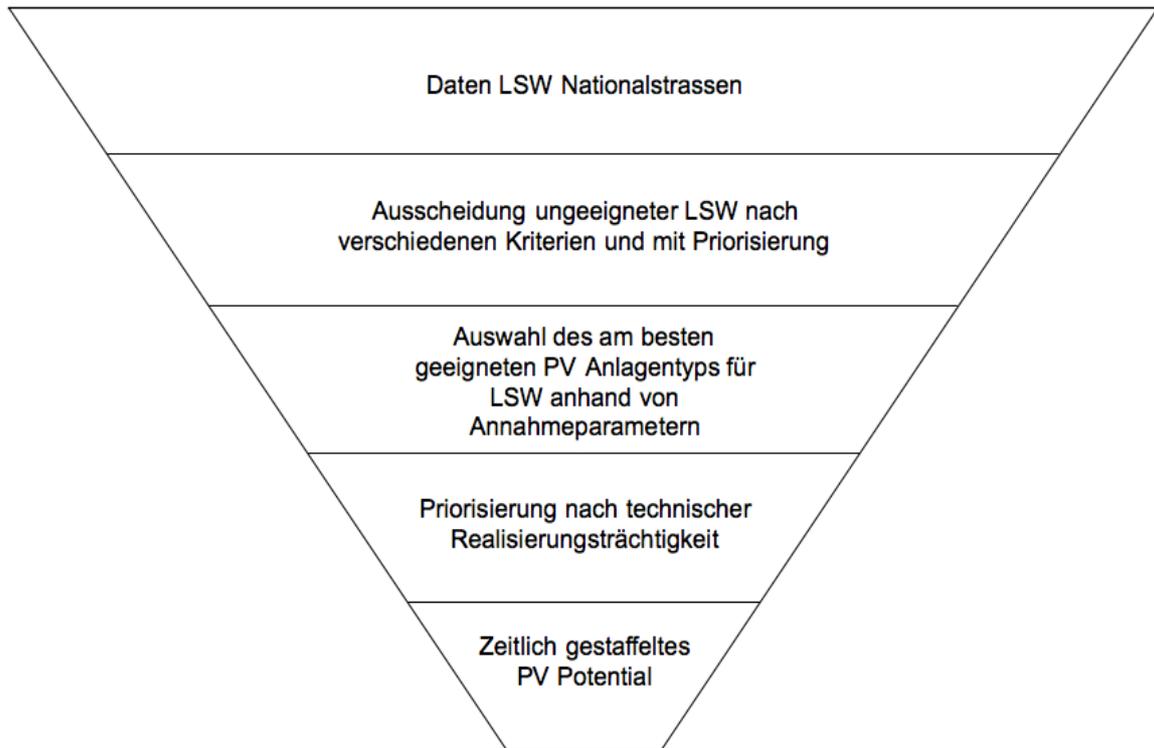


Bild 1: Schematische Darstellung des Ablaufs zur Ermittlung des Potentials von PV an Lärmschutzwänden. Aus allen bestehenden Lärmschutzwänden werden die geeigneten Abschnitte ermittelt für das theoretische Potential. Durch weitere Rahmenbedingungen wird das realisierbare Potential ermittelt.

Die Studie zeigt, dass für die meisten Verläufe von Lärmschutzwänden eine sinnvolle Kombination mit PV denkbar ist. Dies gilt insbesondere wenn die Möglichkeit von bifacialen PV Anlagen für Nord-Süd verlaufende Abschnitte mit berücksichtigt wird. Für eine ertragsmaximierte PV Anlage sollte der Verlauf der Lärmschutzwand idealerweise von Ost nach West sein. Damit sind die montierten Module nach Süden ausgerichtet. Da mit dem Konzept der bifacialen PV Anlage auch auf Nord Süd verlaufenden LSW grundsätzlich die Möglichkeit besteht, eine effiziente PV Anlage zu betreiben, kann auch dieser Bereich der möglichen Ausrichtungen abgedeckt werden. PV Anlagen können grundsätzlich sowohl auf der strassenzugewandten Seite als auch auf der strassenabgewandten Seite der LSW installiert werden. Damit ist es möglich, in allen vier Quadranten der möglichen Ausrichtungen von LSW einen PV Anlagentyp zu finden, welcher sinnvoll und effizient eingesetzt werden kann.

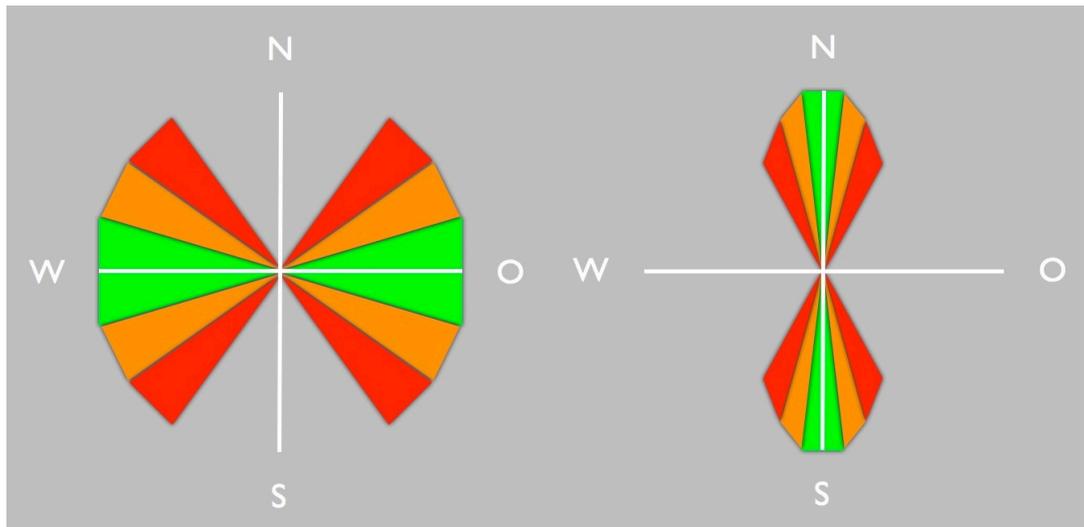


Bild 2: Darstellung der möglichen Verläufe von Lärmschutzwänden für eine Nutzung mit konventionellen PV Modulen (links) und bifacialen PV Modulen (rechts) mit zulässigen Abweichungen für eine differenzierte Beurteilung der Realisierungsträchtigkeit.

Es resultiert ein Bereich von Verläufen für die LSW, welcher nicht sinnvoll mit den vorhandenen Möglichkeiten zur Kombination mit PV Anlagen abgedeckt werden kann. Je nach Selektivität der zugelassenen Abweichung aus der idealen Südausrichtung (respektive für bifacial aus dem Nord-Süd-Verlauf) ist der Bereich der Verläufe der LSW, welche nicht für eine Kombination mit PV geeignet sind, grösser oder kleiner.

In Bild 2 ist links der Verlauf von Lärmschutzwänden für konventionelle PV-Anlagen schematisch dargestellt. Die Ausrichtung der PV Anlage ist grundsätzlich senkrecht zum Verlauf der Lärmschutzwand. Bild 2 zeigt die beispielhafte Einteilung in drei Bereiche, welche mit den Farben grün, orange und rot dargestellt sind. Der grüne Bereich stellt denjenigen Bereich dar, welcher eine geringe Abweichung des Verlaufs der LSW von Ost nach West hat und damit für die PV Anlage mit maximiertem Ertrag eine nahezu ideale Südausrichtung. Der orange und der rote Bereich stellen entsprechend grössere Abweichungen dar.

Eine Abwägung der zulässigen Abweichung aus der Idealausrichtung ist nur unter Berücksichtigung der Modulneigung und dem angestrebten Ertrag möglich. Es sind neben ertragsoptimierten südausgerichteten Anlagen aus Systemsicht auch vermehrt Ost- und Westausgerichtete PV Anlagen anzustreben. Damit wird die Produktionsspitze der PV Anlagen nicht mehr genau über Mittag sein, sondern verteilt über eine Zeitspanne um die Mittagszeit, was eine höhere Durchdringung mit

PV Anlagen erlaubt. Für die Studie sind ertragsmaximierte PV Anlagen ermittelt worden.

Für die als geeignet ermittelten LSW wurde im nächsten Schritt automatisiert derjenige PV Anlagentyp ermittelt, welcher die grösstmögliche nutzbare PV Fläche ergibt. Daraus resultieren Potentiale in Form von nutzbarer Modulfläche und mit entsprechenden Annahmen zu den elektrischen Eigenschaften der PV Module elektrische Nennleistung.

Nationalstrasse	LSW: Liste	Segment	Segment: Konfig	Konfiguration	Reload	First	Prev	Next	Last	Auswertung	akt. LSW: Segmente Definitionen	Alle	Mit Segment
-----------------	------------	---------	-----------------	---------------	--------	-------	------	------	------	------------	------------------------------------	------	-------------

Projekt N1/5 Aarau-West-Lenzburg  
 Massnahme LSW bestehend Rynatel

pk\_LSW\_c LSW000023

ShowLabels 0 false @ true  
 Länge Marker 15

Bestehend Existant  
 Baujahr 2009  
 Zustand 1  
 Fläche 1040  
 Länge 442  
 Länge (Koordinaten) 436

Baukosten/Geplant 1456000  
 RBBSStrasse N1+ Strassenseite 1  
 cLSW\_RBBSStrasse\_c N1

VonPunkt	BisPunkt	Letzter Punkt	Dat
75A	75A	76	75
75A	985	76	75

Material Holz  
 Bemerkung Baujahr = letzte Erneuerung oder Erweiterung  
 Visum 06/01/2012

von	bis	letzt
1	RBS0001597	RBS0001597
1	RBS0001597	RBS0001597

Anzahl Segmente 1

Bemerkung TNC

cLSW\_PolyMarker\_c 47.369669  
 cLSW\_Vertices\_c 47.3662418  
 cLSW\_Polygone\_c 47.3669621  
 cLSW\_CenterX\_c 47.369669  
 cLSW\_CenterY\_c 6.09453747  
 cLSW\_CenterX\_rbs\_c 47.368552  
 cLSW\_CenterY\_rbs\_c 6.091395

cLSW\_HTTP\_c 77.2451891  
 cLSW\_HTML\_c -1.0100001

se\_CreationDT\_p 14/06/2012 08:17:25  
 se\_CreationUser\_c Developer

Konfiguration **fecht final 1000**

Segment	Start	End	Alpha: Rad	Deg	Länge	sc_LatS_n	sc_LonS_n	sc_LatE_n	sc_LonE_n		
SEG0001911	N1	76A	N1	76A	-0.55	-31.39	435.79	246643.00	649348.00	246870.00	649720.00

Bild 3: Screenshot aus der von TNC entwickelten Datenbank. Die PV Schallschutzabschnitte können auf einer Karte dargestellt werden mit den entsprechenden Angaben für die Potentialermittlung und nach verschiedenen Kriterien sortiert werden.

Nicht berücksichtigt in den Potentialabschätzungen in dieser Studie sind Lärmschutzwälle, da diese nicht einheitlich erfasst sind. Lärmschutzwälle bieten ein grosses zusätzliches Potential für PV Anlagen, da sie meist grossflächig sind.

## Resultate

Die von TNC entwickelte Datenbank liefert für die vollständig vorhandenen Datensätze zu den Lärmschutzwänden die für die angenommenen Parametersets ermittelten Potentiale für PV. Mit Hilfe einer Analyse zur Repräsentativität der vollständigen Datensätze zu den Lärmschutzwänden kann bestimmt werden, mit welcher Methode das ermittelte Potential auf noch nicht erfasste Lärmschutzwände hochgerechnet werden kann. Daraus ergeben sich in der Studie die folgenden Resultate:

Für das theoretische Potential wurde eine Fläche von ca. 2.2 Mio m<sup>2</sup> ermittelt, was einer elektrischen Nennleistung von etwa 440 MW<sub>p</sub> und einem erwarteten elektrischen Jahresertrag von ca. 410 GWh entspricht.

Für das technische Potential wurde unter Berücksichtigung von Einschränkungen durch real existierende Produkte, zum Beispiel Modulabmessungen, eine Fläche von 1.3 - 1.5 Mio m<sup>2</sup> ermittelt. Dies entspricht einer elektrischen Nennleistung von 210 – 240 MW<sub>p</sub> und einem erwarteten elektrischen Jahresertrag von 200 – 230 GWh.

	<b>Theoretisches Potential</b>	<b>Technisches Potential</b>
<b>Freier Abstand</b>		
<b>Modulunterkante</b>	- 0.0 m	1.0 m
<b>Boden</b>		
<b>Horizontaler Abstand</b>		
<b>Modulrand</b>	- 1.0 m	1.0 m
<b>Lärmschutzwand</b>		
<b>Modulneigung</b>	45°	45 °
<b>Modulbreite</b>	0.2 m	1.0 m
<b>Gesamte zulässige Breite</b>	2.5 m	2.0m
<b>Modulwirkungsgrad</b>	20%	16%

Tabelle 2: Beispiel für Ausschnitte von unterschiedlichen Annahmen aus den Parametersets zwischen theoretischem und technischem Potential.

Als nicht-technische Faktoren sind unter anderem Einschränkungen durch den lokalen Horizont durch Gebäude oder Flora in direkter Umgebung der PV Anlage, konstruktive Einschränkungen wie zum Beispiel ungeeignetes Material der Lärmschutzwände, Widerstand gegen PV Projekte aus Gründen des Landschaftsschutzes oder aufgrund mangelnder Akzeptanz in der Bevölkerung mit

berücksichtigt worden. Diese Faktoren sind in der Ermittlung des realisierbaren Potentials als Mittelwerte für alle Anlagen angenommen worden.

Für das realisierbare Potential unter Berücksichtigung der nicht-technischen Parameter reduziert sich das Potential auf 0.7 - 1.0 Mio m<sup>2</sup> oder 110 – 165 MW<sub>p</sub> Nennleistung, was zu einem elektrischen Jahresertrag von 100 – 160 GWh führt.

Mit den geographischen Angaben können für den jeweiligen Standort entsprechende Strahlungsanalysen erstellt werden oder es werden Gebiete mit ähnlichen Solarstrahlungsangeboten definiert zur Ermittlung des erwarteten elektrischen Ertrages. Nur durch eine Begehung vor Ort oder weiterführende Angaben können lokale Einschränkungen wie zum Beispiel Verschattungen durch Objekte in direkter Umgebung mit berücksichtigt werden.

Mit Hilfe der Datenbank können die Daten nach verschiedenen Kriterien sortiert und ausgewertet werden, zum Beispiel nach geographischen Regionen, PV Anlagentypen oder Nennleistung der potentiellen PV Anlagen.

## **Fazit**

Das ermittelte realisierbare Potential von Photovoltaik an bestehenden Lärmschutzwänden entlang der Nationalstrassen der Schweiz ist ausreichend, um den Jahresbedarf an elektrischer Energie für den Betrieb der Nationalstrassen in der Jahresbilanz decken zu können. (145 GWh im 2010, inklusive Tunnel und Beleuchtung).

## **Referenzen**

Nordmann, T.; Vontobel, T.; Lingel, R.: *Potential von Photovoltaik an Schallschutzmassnahmen entlang der Nationalstrassen*; Forschungsauftrag ASTRA 2010/009 auf Antrag des Bundesamtes für Strassen, 12/2013