

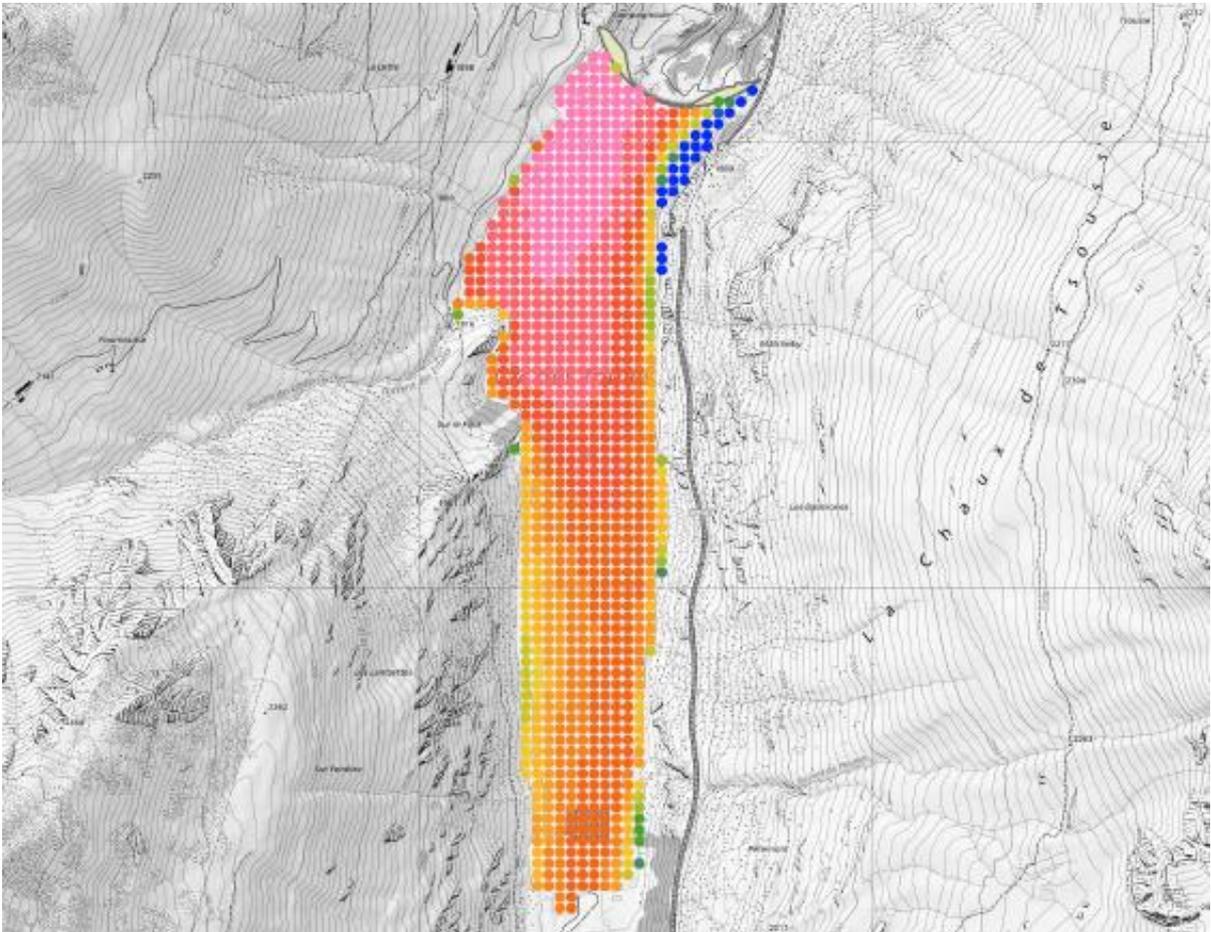


Bericht vom 8. August 2022

---

# Strahlungsdaten für Stauseen und Staumauern

---



Quelle: Meteotest



**Datum:** 08.08.2022 (Aktualisierung 06.02.2024)

**Ort:** Bern

**Auftraggeberin:**

Bundesamt für Energie BFE  
CH-3003 Bern  
www.bfe.admin.ch

**Auftragnehmer/in:**

Firma Meteotest AG  
Fabrikstrasse 14, 3012 Bern  
www.meteotest.ch

**Autor/in:**

Jan Remund, Meteotest AG, [jan.remund@meteotest.ch](mailto:jan.remund@meteotest.ch)  
Michael Schmutz, Meteotest AG, [michael.schmutz@meteotest.ch](mailto:michael.schmutz@meteotest.ch)  
Anne-Kathrin Weber, Meteotest AG, [anne-kathrin.weber@meteotest.ch](mailto:anne-kathrin.weber@meteotest.ch)

**BFE-Bereichsleitung:** Leo-Philipp Heiniger, [leo.heiniger@bfe.admin.ch](mailto:leo.heiniger@bfe.admin.ch)

**BFE-Programmleitung:** Leo-Philipp Heiniger, [leo.heiniger@bfe.admin.ch](mailto:leo.heiniger@bfe.admin.ch)

**BFE-Vertragsnummer:** SI/402933-01

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

**Bundesamt für Energie BFE**

Pulverstrasse 13, CH-3063 Ittigen; Postadresse: Bundesamt für Energie BFE, CH-3003 Bern  
Tel. +41 58 462 56 11 · Fax +41 58 463 25 00 · [contact@bfe.admin.ch](mailto:contact@bfe.admin.ch) · [www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

## Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis .....	4
1 Einleitung .....	5
2 Methode und Daten .....	5
2.1 Einstrahlungsdaten .....	5
2.2 Datenpunkte auf Stauseen und Staumauern.....	5
2.2.1 Datenpunkte an Staumauern .....	6
2.3 Berechnung der Horizontlinien und weitere Berechnungsschritte.....	6
2.4 Berechnete Parameter .....	6
2.5 Albedo .....	7
3 Resultate .....	8
3.1 Stauseen .....	8
3.1.1 Fehlerquellen und Unsicherheiten .....	9
3.2 Staumauern.....	11
4 Anhang.....	13
4.1 Reservoirs_global_inclined_irradiation.gdb .....	13
4.2 Reservoirs_global_horizontal_irradiation.gdb.....	17
4.3 Dams_global_inclined_irradiation.gdb.....	19

## Abkürzungsverzeichnis

BFE	Bundesamt für Energie
DGM	Digitales Geländemodell
GH	Globalstrahlung horizontal
GH_hor	Globalstrahlung horizontal mit Einfluss eines hohen Horizonts (durch Topographie)
GK	Globalstrahlung geneigt
GK_hor	Globalstrahlung geneigt mit Horizonteinfluss
GKm	Globalstrahlung auf eine Fläche parallel zur Staumauerwand Richtung Seeseite und Aussenseite
GKm_hor	Globalstrahlung auf eine Fläche parallel zur Staumauerwand Richtung Seeseite und Aussenseite inkl. Einfluss eines hohen Horizonts
GIS	Geographisches Informationssystem
GK	Globalstrahlung geneigt
PV	Photovoltaik
TLM	Topographisches Landschafts-Modell

## Résumé

L'Office fédéral de l'énergie (OFEN) a chargé Meteotest de calculer des données solaires pour les lacs et les barrages. Celles-ci servent de base au calcul du potentiel solaire des barrages. Le présent rapport succinct présente les bases de données et un aperçu des résultats calculés. Le calcul du rayonnement est effectué à l'aide du logiciel Meteonorm, propre à Meteotest. Une version batch de Meteonorm 8.1.1 est utilisée. Les données de base sont les mesures de rayonnement de MétéoSuisse (valeur moyenne de la période 1996-2015) et les données satellites.

Meteotest a défini des points de grille à 25 m d'intervalle sur les lacs de retenue. Un point de grille a été défini tous les 2 m sur les parois des barrages. Sur les côtés extérieurs sur toute la hauteur, sur le côté intérieur sur les 20 premiers mètres. Pour tous les points de grille, les lignes d'horizon utilisées pour calculer les pertes d'ombre dans la Meteonorm ont été modélisées.

Les données de rayonnement sur les barrages ont été modélisées pour les surfaces horizontales comme pour les surfaces inclinées de 45° et orientées vers le sud. Le rayonnement sur les barrages a été calculé sur une surface parallèle à la paroi du barrage (c'est-à-dire que les barrages sont souvent très inclinés). Les résultats sont disponibles sous forme de fichiers GIS. Un résumé a également été publié sous forme de tableau Excel. Les sommes d'irradiation sur les lacs sont considérables. Si les lacs étaient couverts à 50%, il serait possible de produire environ 10 TWh d'électricité.

# 1 Einleitung

Das Bundesamt für Energie (BFE) hat Meteotest beauftragt, Solardaten für Stauseen und Staumauern zu berechnen. Diese dienen als Grundlage für die Berechnung des Solarpotenzials von Stauanlagen – wie dies das überwiesene Postulat Cattaneo (20.4561)<sup>1</sup> fordert. Der vorliegende Kurzbericht zeigt die Datengrundlagen und eine Übersicht über die berechneten Resultate.

## 2 Methode und Daten

### 2.1 Einstrahlungsdaten

Die Berechnung der Einstrahlung erfolgt mit Hilfe der Meteotest-eigenen Software Meteonorm<sup>2</sup>. Es wird eine Batch-Version der Meteonorm Version 8.1.1 verwendet. Die Datenbasis sind Strahlungsmessungen der MeteoSchweiz (Mittelwert der Periode 1996-2015) und Satellitendaten.

Das Messnetz basiert auf 67 Stationen mit Strahlungsmessungen. Die räumliche Auflösung der Satellitendaten beträgt 5 x 7 km. Beide Datenquellen werden verwendet und gewichtet – in Abhängigkeit der Distanz zur nächsten Wetterstation. Je näher die nächste Wetterstation auf ähnlicher Meereshöhe, desto höher das Gewicht der Bodenmessungen.

### 2.2 Datenpunkte auf Stauseen und Staumauern

Das Bundesamt hat die 166 auszuwertenden Seen bezeichnet (mittels GIS-Datei). Meteotest berechnet die Strahlungsdaten für diese und die damit in Verbindung stehenden Mauern.

In einem ersten Schritt werden die Daten im GIS vorprozessiert und alle Flächen bestimmt, für die das Potential berechnet werden soll. Die Seehöhe, welche im SwissALTI3D Datensatz definiert ist, wird übernommen (das entspricht etwa der maximalen Stauquote).

In einem weiteren Schritt werden Gitterpunkte auf den Seen und Staumauern bestimmt. Dabei wird die Berechnung auf den Seen mit einem Gitterpunktabstand von 25 m durchgeführt und an den Mauern mit einem Abstand von 2 m.

Im TLM Staubauten Datensatz von Swisstopo sind total 253 Staudämme und Staumauern als 3D Geometrie erfasst. Aus diesen wird von uns eine Auswahl von 151 Staubauten getroffen, für welche wir die Aussenseite und Innenseite modellieren. All diese grenzen an einen der vom BFE gelieferten Seen, sind mindestens 5 m hoch oder haben mehr als 25 Datenpunkte. Die Innenseite einer Mauer wird nur dann berücksichtigt, wenn die Mauer mindestens 20 m hoch ist. Wenn dies zutrifft, wird das Seeniveau

---

<sup>1</sup> <https://www.parlament.ch/de/ratsbetrieb/suche-curia-vista/geschaef?t=20204561>

<sup>2</sup> <http://meteonorm.com/>

so angepasst, dass die Mauerinnenseite mindestens 20% und mindestens 5 m aus dem Wasser herausragt, damit genügend Punkte definiert werden können. Für die Berechnung der Gitterpunkte auf den Seen bleibt das Seeniveau unverändert.

### 2.2.1 Datenpunkte an Staumauern

Die Bestimmung der Punkte an den Mauern erwies sich als komplex, v.a. da die Staumauerdaten und die Geländedaten nicht vollständig kompatibel waren. Abbildung 2 zeigt die Datenpunkte am Beispiel der Hauptmauer des Garichte-Stausees (GL). Für die Definition der Punkte wurde deshalb nicht der TLM Staubauten Datensatz verwendet, sondern die Repräsentation der Mauer im SwissAlti3D Höhenmodell in 2 m Auflösung. Die Punkte wurden 1 m vor bzw. über der Mauer/Topographie angesetzt, was für die Berechnung des Horizontes notwendig ist. Da die Staumauern im SwissAlti3D Datensatz nicht als Objekte selektierbar sind wurden die Mauergrundrisse aus dem TLM Staubauten Datensatz gebuffert (d.h. leicht vergrössert) und mit dem SwissAlti3D Datensatz verschnitten. Dies hat den Effekt, dass an den Rändern der Staumauern auch Punkte auf dem angrenzenden Gelände zu liegen kommen.

## 2.3 Berechnung der Horizontlinien und weitere Berechnungsschritte

Anschliessend werden die Horizontlinien der Standorte ermittelt. Die Horizontlinien werden verwendet um den Einfluss eines allfällig vorhandenen hohen Horizonts (Elevationswinkel der Topographie über  $0^\circ$ ) in der Meteororm berechnen zu können. Diese werden für jeden Gitterpunkt auf Basis des digitalen Höhenmodells (SwissAlti3D) in 2 m Auflösung berechnet. Auf der Mauerinnenseite wurden dabei die gemäss obiger Definition abgesenkten Seen verwendet. Dies ist notwendig, da der Füllstand der Seen im SwissAlti3D Datensatz in den meisten Fällen maximal ist (d.h. aufgefüllt bis zur Mauerkrone). Oftmals ist deshalb im 2 m aufgelösten SwissAlti3D Datensatz keine oder keine klar definierte Mauerinnenseite vorhanden. Nur durch die Absenkung des Seeniveaus lassen sich mauerinnenseitig Punkte definieren. Inwiefern diese Punkte «sichtbar» sind, hängt vom effektiven Seefüllstand ab.

Im nächsten Schritt werden mittels Meteororm die Strahlungsdaten berechnet und abgelegt (mittlere Monats- und Jahreswerte). Für die Seepunkte wurde die Berechnung mit einer Neigung von  $0^\circ$  und  $45^\circ$  sowie einer Ausrichtung von  $180^\circ$  (Süden) durchgeführt. Für die Mauerpunkte wurden die Neigung und die Ausrichtung anhand der Geometrie des Geländes bzw. der Mauern berechnet und in der Berechnung verwendet.

Die Meteororm Ergebnisse werden analysiert und danach als Geodatensatz für die Übergabe so aufbereitet, damit diese mit GIS weiterverarbeitet werden können. Als Datenformat werden Esri FileGeodatabase (fgdb) und csv Daten geliefert. Pro See wird zusätzlich die mittlere Einstrahlung berechnet.

## 2.4 Berechnete Parameter

Für jedes der 166 im BFE Datensatz vorhandenen Seepolygone werden folgende Parameter berechnet (rund 170'000 Datenpunkte):

- Summe der Globalstrahlung auf eine horizontale Fläche (GH\_hor) je Monat und Jahr

- Summe der Globalstrahlung auf eine 45° geneigte nach Süden hin ausgerichtete Fläche (GK\_hor) je Monat und Jahr

Für jede Staumauer die im Swisstopo Datensatz Staubauten enthalten war, welche an einen der vom BFE bezeichneten Seen grenzt, mindestens 5m Höhe aufweist und für die mindestens 25Punkte gesetzt werden konnten werden folgende Parameter berechnet (151 Staumauern rund 50'000 Datenpunkte):

- Globalstrahlung auf eine Fläche parallel zur Staumauerwand Richtung Seeseite und Aussenseite (GKm\_hor)

Die Staumauer Datenpunkte werden nicht separiert in Seeseite und Aussenseite, da die Staubautendaten keine automatische Segmentierung ermöglichten.

## 2.5 Albedo

Die Albedo wird mittels Meteororm Algorithmen berechnet, d.h. sie basiert auf modellierten Schneedaten. Die Vereisung der Seen wird nicht modelliert. Die Standorte werden modelliert als lägen diese neben den Seen auf gleicher Meereshöhe.

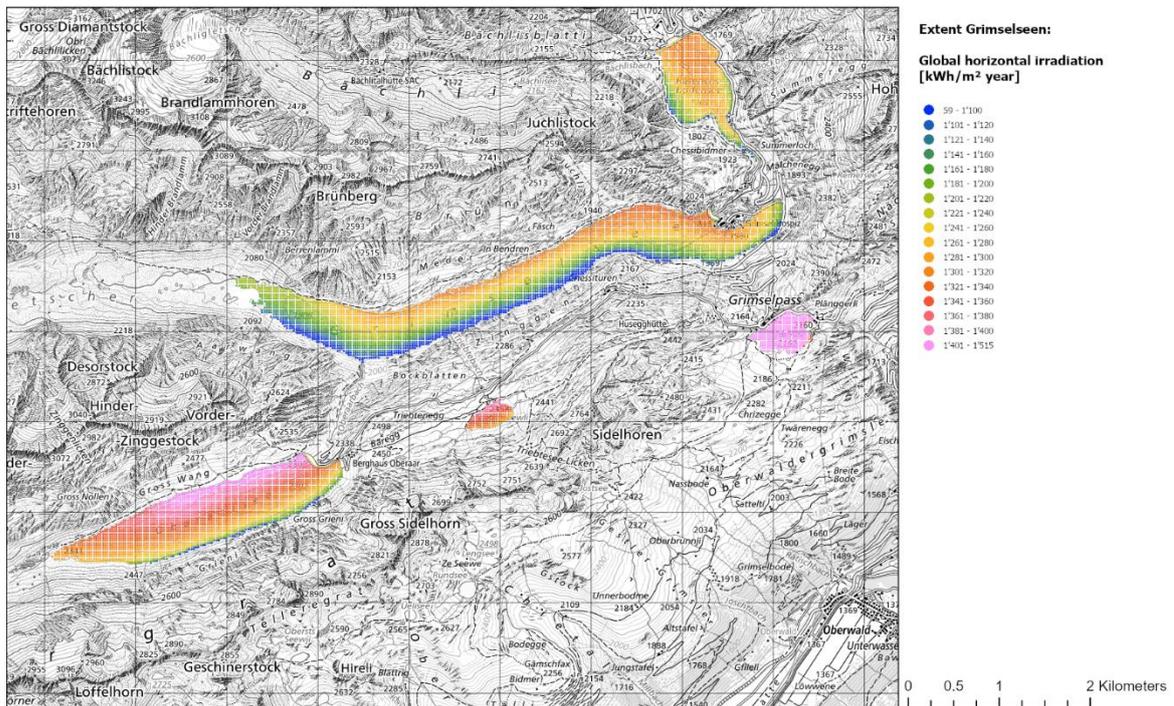
In den höher gelegenen Seen modelliert Meteororm im Winter eine durchgehende Schneelage. Im Frühjahr ist der Zeitpunkt der Schneeschmelze ähnlich wie derjenige des Schmelzens des Eises. Die grössten Unterschiede treten im Spätherbst auf, wo die Albedo überschätzt wird. Z.B. beim Grimselsee (1900 m) ist ab Anfang November mit Schnee zu rechnen – der See gefriert aber erst rund Mitte Dezember.

### 3 Resultate

#### 3.1 Stauseen

Abbildung 1 zeigt die Jahreswerte der Globalstrahlung horizontal auf dem Grimselsee.

Besonders die Seen, deren hauptsächliche Ausdehnung in West-Ost-Richtung verläuft, weisen durch die Verschattung sehr variable Einstrahlungsverhältnisse auf.



**Abbildung 1: Einstrahlungsverhältnisse (Jahressumme der Globalstrahlung horizontal) an den Grimsel-Stauseen.**

Neben den GIS-Daten hat Meteotest eine Liste erstellt mit den pro See aufsummierten Einstrahlungswerten. Tabelle 1 enthält die eingestrahlte Energie und die potenzielle Produktion mit Photovoltaik (PV) der Seen, deren Einstrahlungssummen grösser als 1 TWh sind.

Die potenzielle PV Produktion wird nur grob geschätzt. Eine genauere Potenzialabschätzung erfolgt in der Studie «PV-Potenzial auf Wasserkraftanlagen». Für die potenzielle PV Produktion wurde eine Moduleffizienz von 20%, eine Performance Ratio von 0.85 und eine Flächenausnutzung von 50% angenommen. Das Potenzial summiert sich damit auf rund 10 TWh. Interessanterweise könnten viele Stauseen mehr Strom mit PV produzieren als mit der Wasserkraft.

Für die potenzielle PV-Produktion – basierend auf der Einstrahlung auf eine 45° nach Süden gerichteten Fläche – wurden die gleichen Effizienzwerte aber eine etwas geringere Flächenausnutzung (40%) angenommen. Die Größenordnungen der Potenziale sind dadurch sehr ähnlich.

### 3.1.1 Fehlerquellen und Unsicherheiten

Die Interpolation und Modellierung der Strahlung insbesondere im höheren Alpenraum ist komplex. Die Dichte der Strahlungsmessungen ist dort nicht hoch. Die Satellitendaten weisen in Regionen mit viel Schnee höhere Unsicherheiten auf. Dies manifestiert sich teils auch in den Resultaten und Karten. Validierungen konnten nur an zwei Seen mit nahen Bodenmessungen durchgeführt werden: Die Unsicherheit der monatlichen Einstrahlung inkl. Horizonteinfluss liegt beim Grimselsee bei 5.7% und beim Lago di Robiei bei 6.5% (relativer RMSE). Die Unsicherheit bei Satellitendaten liegt bei gut 10%.

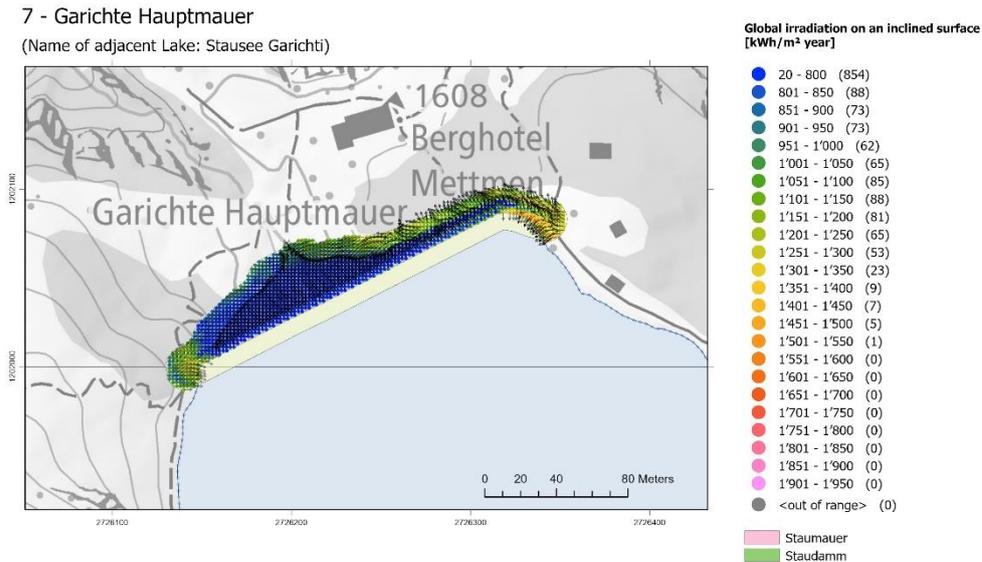
Teilweise sind die Sprünge an den Rändern der Kacheln der Satellitendaten sichtbar. Mauern und Seen die teilweise im Ausland liegen werden nicht vollständig modelliert (z.B. Lago di Lei, Lago di Livigno).

**Tabelle 1: Fläche, eingestrahlte Energie auf eine horizontale Fläche und potenzielle PV-Produktion der 20 Stauseen mit mehr als 1.5 TWh eingestrahelter Energie. Die See-  
flächen wurden gefiltert für PV-Produktionswerte von über 1200 kWh/m<sup>2</sup> und Jahr.**

See	Fläche [km <sup>2</sup> ]	Eingestrahlte Energie (GH) [GWh/Jahr]	Potenzielle PV Produktion [GWh/Jahr]
Sihlsee	10.71	13'869	1'179
Lac de la Gruyère	8.37	10'657	906
Lago di Livigno	4.24	5'624	478
Lac des Dix	3.70	4'797	408
Wägitalersee	3.65	4'521	384
Lago di Lei	3.23	4'199	357
Schiffenensee	3.19	3'940	335
Lac d'Emosson	2.81	3'671	312
Wohlensee	2.72	3'336	284
Lai da Sontga Maria	1.72	2'320	197
Lac de Mauvoisin	1.77	2'219	189
Grimselsee	1.72	2'172	185
Oberaarsee	1.52	2'016	171
Lago Ritóm	1.45	2'016	171
Lago Bianco	1.46	2'013	171
Stausee Mattmark	1.47	1'864	159
Lai da Marmorera	1.32	1'834	156
Lac de l'Hongrin	1.37	1'764	150
Zervreilasee	1.33	1'724	147
Lac de Salanfe	1.25	1'652	140

### 3.2 Staumauern

Die Berechnung der Punkte inklusive der Neigung und Ausrichtung erwies sich wie in Kapitel 2 beschrieben als komplex. Anhand von kleineren Mauern ist die Methode ersichtlich. In Abbildung 2 ist die Hauptmauer der Garichte (GL) dargestellt.



**Abbildung 2: Berechnete Einstrahlungs-Punkte auf der Hauptmauer des Stausees Garichte (GL). Die Pfeile zeigen das Azimut der Normalen auf die Mauer und die Farbe zeigt die eingestrahelte Energie (in kWh/m<sup>2</sup> und Jahr).**

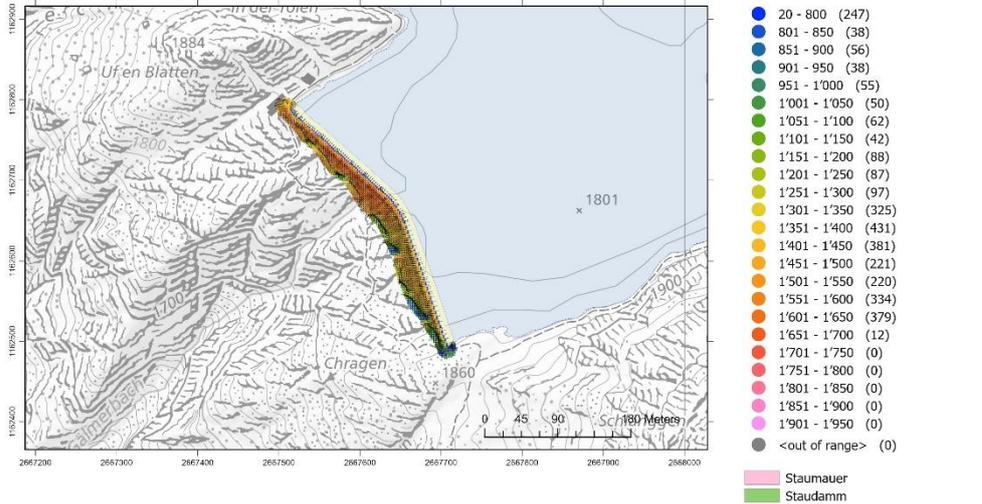
Viele Mauern in der Schweiz sind gegen Norden ausgerichtet oder liegen in engen, schattigen Tälern. Nur relativ wenige Mauern weisen ein grösseres Potenzial auf. Dazu gehört die Mauer des Gelmersees (Abbildung 3).

Mehr Stauseen weisen ein gewisses Potenzial gegen Süden und gegen den See ausgerichteten Seite auf (ähnlich wie beim Albigna-See). Abbildung 4 zeigt die Mauer vom Griessee (VS).

**Strahlungsdaten für Stauseen und Staumauern**

**23 - Gelmer**

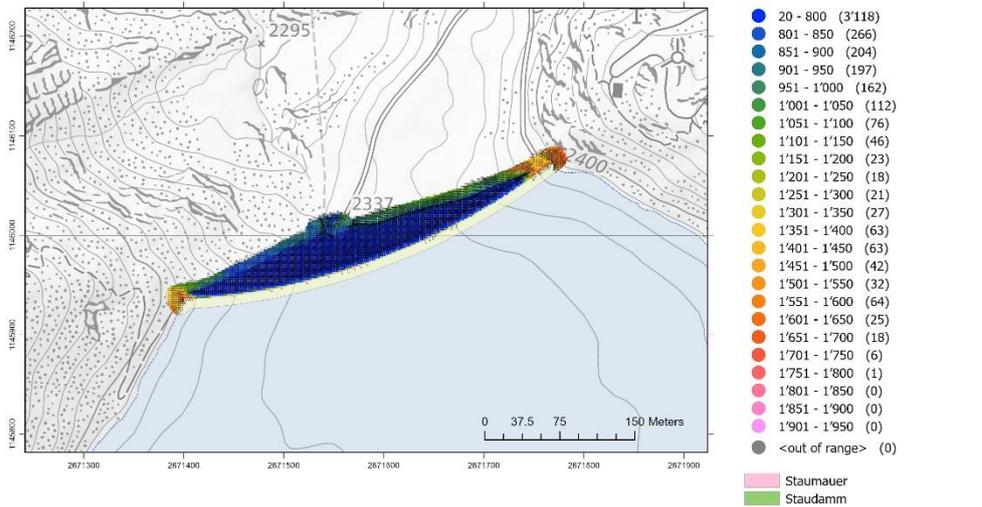
(Name of adjacent Lake: Gelmersee)



**Abbildung 3: Berechnete Einstrahlungs-Punkte auf der Mauer des Gelmersees (BE). Die Pfeile zeigen das Azimut der Normalen auf die Mauer und die Farbe zeigt die eingestrahelte Energie (in kWh/m<sup>2</sup> und Jahr).**

**41 - Gries**

(Name of adjacent Lake: Griessee)



**Abbildung 4: Berechnete Einstrahlungs-Punkte auf der Mauer des Stausees Gries (VS). Die Pfeile zeigen das Azimut der Normalen auf die Mauer und die Farbe zeigt die eingestrahelte Energie (in kWh/m<sup>2</sup> und Jahr).**

## 4 Anhang

Im Folgenden sind die GIS-Daten beschrieben (siehe auch readme-Texte). In dieser Arbeit verwenden wir die geographische Definition des Azimuts ( $180^\circ$  = Süden,  $270^\circ$  = Westen).

### 4.1 Reservoirs\_global\_inclined\_irradiation.gdb

Folgende zwei FeatureClasses befinden sich in dieser Datenbank, bzw. separat als csv abgespeichert:

#### reservoirs\_points\_inclined\_irradiation

Attributname	Beschreibung
POINT_XCoord	X-Koordinate in LV95 (25m Raster)
POINT_YCoord	Y-Koordinate in LV95 (25m Raster)
POINT_ZCoord	Z-Koordinate, so wie sie in die Meteorolog. Horizontberechnung eingeflossen ist. Sie wurde aus dem Alti3D extrahiert, bzw. aus dem DGM25 wo die Seefläche im Ausland lag. Die Seen haben tendenziell einen sehr hohen Füllstand in den Ausgangsdatensätzen.
ReservoirID	Jedem See wurde eine durchnummerierte ID zugewiesen mit der die Punkte einfach zu clustern sind
ReservoirNAME	Name des Sees so wie im Ausgangsdatensatz des BFE, manche Seen haben keinen Namen, deshalb eignet es sich nicht als ID
global_inclined_irradiation_Year	Summe der Globalstrahlung auf eine $45^\circ$ geneigte nach Süden hin ausgerichtete Fläche im Jahr inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> y)]

Attributname	Beschreibung
global_inclined_irradiation_Month_01	Summe der Globalstrahlung auf eine 45° geneigte nach Süden hin ausgerichtete Fläche im Januar inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_inclined_irradiation_Month_02	Summe der Globalstrahlung auf eine 45° geneigte nach Süden hin ausgerichtete Fläche im Februar inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_inclined_irradiation_Month_03	Summe der Globalstrahlung auf eine 45° geneigte nach Süden hin ausgerichtete Fläche im März inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_inclined_irradiation_Month_04	Summe der Globalstrahlung auf eine 45° geneigte nach Süden hin ausgerichtete Fläche im April inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_inclined_irradiation_Month_05	Summe der Globalstrahlung auf eine 45° geneigte nach Süden hin ausgerichtete Fläche im Mai inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_inclined_irradiation_Month_06	Summe der Globalstrahlung auf eine 45° geneigte nach Süden hin ausgerichtete Fläche im Juni inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_inclined_irradiation_Month_07	Summe der Globalstrahlung auf eine 45° geneigte nach Süden hin ausgerichtete Fläche im Juli inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_inclined_irradiation_Month_08	Summe der Globalstrahlung auf eine 45° geneigte nach Süden hin ausgerichtete Fläche im August inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]

global_inclined_irradiation_Month_09	Summe der Globalstrahlung auf eine 45° geneigte nach Süden hin ausgerichtete Fläche im September inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_inclined_irradiation_Month_10	Summe der Globalstrahlung auf eine 45° geneigte nach Süden hin ausgerichtete Fläche im Oktober inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_inclined_irradiation_Month_11	Summe der Globalstrahlung auf eine 45° geneigte nach Süden hin ausgerichtete Fläche im November inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_inclined_irradiation_Month_12	Summe der Globalstrahlung auf eine 45° geneigte nach Süden hin ausgerichtete Fläche im Dezember inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]

**reservoirs\_polygon\_inclined\_irradiation\_annual\_mean\_values**

Attributname	Beschreibung
CENTROID_POINT_XCoord	X-Koordinate des See-Centroids um sich auch im geometriellosen csv Datensatz orientieren zu können
CENTROID_POINT_YCoord	Y-Koordinate des See-Centroids um sich auch im geometriellosen csv Datensatz orientieren zu können
ReservoirID	Jedem See wurde eine durchnummerierte ID zugewiesen mit der die Punkte einfach zu clustern sind
ReservoirNAME	Name des Sees so wie im Ausgangsdatsatz des BFE, manche Seen haben keinen Namen, deshalb eignet es sich nicht als ID
COUNT_total_points	Anzahl Punkte je See für die die Globalstrahlungssumme berechnet wurde
ANNUAL_MEAN_global_inclined_irradiation_total_points	gemittelter Jahreswert der Strahlungssumme aller Punkte pro Seepolygon
COUNT_points_1200plus	Anzahl Punkte je See bei der die Globalstrahlungssumme auf die 45° geneigte Fläche grösser als 1200 kWh/(m <sup>2</sup> y) ist
ANNUAL_MEAN_global_inclined_irradiation_points_1200plus	gemittelter Jahreswert der Strahlungssumme aller Punkte grösser 1200 kWh/(m <sup>2</sup> y) pro Seepolygon

## 4.2 Reservoirs\_global\_horizontal\_irradiation.gdb

Folgende zwei FeatureClasses befinden sich in dieser Datenbank, bzw. separat als csv abgespeichert:

### reservoirs\_points\_horizontal\_irradiation

Attributname	Beschreibung
POINT_XCoord	X-Koordinate in LV95 (25m Raster)
POINT_YCoord	Y-Koordinate in LV95 (25m Raster)
POINT_ZCoord	Z-Koordinate, so wie sie in die Meteorolog. Horizontberechnung eingeflossen ist. Sie wurde aus dem Alti3D extrahiert, bzw. aus dem DGM25 wo die Seefläche im Ausland lag. Die Seen haben tendenziell einen sehr hohen Füllstand in den Ausgangsdatensätzen.
ReservoirID	Jedem See wurde eine durchnummerierte ID zugewiesen mit der die Punkte einfach zu clustern sind
ReservoirNAME	Name des Sees so wie im Ausgangsdatensatz des BFE, manche Seen haben keinen Namen, deshalb eignet es sich nicht als ID
global_horizontal_irradiation_Year	Summe der Globalstrahlung auf eine horizontale Fläche im Jahr inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> y)]
global_horizontal_irradiation_Month_01	Summe der Globalstrahlung auf eine horizontale Fläche im Januar inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_horizontal_irradiation_Month_02	Summe der Globalstrahlung auf eine horizontale Fläche im Februar inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]

Attributname	Beschreibung
global_horizontal_irradiation_Month_03	Summe der Globalstrahlung auf eine horizontale Fläche im März inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_horizontal_irradiation_Month_04	Summe der Globalstrahlung auf eine horizontale Fläche im April inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_horizontal_irradiation_Month_05	Summe der Globalstrahlung auf eine horizontale Fläche im Mai inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_horizontal_irradiation_Month_06	Summe der Globalstrahlung auf eine horizontale Fläche im Juni inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_horizontal_irradiation_Month_07	Summe der Globalstrahlung auf eine horizontale Fläche im Juli inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_horizontal_irradiation_Month_08	Summe der Globalstrahlung auf eine horizontale Fläche im August inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_horizontal_irradiation_Month_09	Summe der Globalstrahlung auf eine horizontale Fläche im September inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_horizontal_irradiation_Month_10	Summe der Globalstrahlung auf eine horizontale Fläche im Oktober inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_horizontal_irradiation_Month_11	Summe der Globalstrahlung auf eine horizontale Fläche im November inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_horizontal_irradiation_Month_12	Summe der Globalstrahlung auf eine horizontale Fläche im Dezember inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]

### reservoirs\_polygon\_horizontal\_irradiation\_annual\_mean\_values

Attributname	Beschreibung
CENTROID_POINT_XCoord	X-Koordinate des See-Centroids um sich auch im geometriellosen csv Datensatz orientieren zu können
CENTROID_POINT_YCoord	Y-Koordinate des See-Centroids um sich auch im geometriellosen csv Datensatz orientieren zu können
ReservoirID	Jedem See wurde eine durchnummerierte ID zugewiesen mit der die Punkte einfach zu clustern sind
ReservoirNAME	Name des Sees so wie im Ausgangsdatsatz des BFE, manche Seen haben keinen Namen, deshalb eignet es sich nicht als ID
COUNT_total_points	Anzahl Punkte je See für die die Globalstrahlungssumme berechnet wurde
ANNUAL_MEAN_global_horizontal_irradiation_total_points	gemittelter Jahreswert der Strahlungssumme aller Punkte pro Seepolygon
COUNT_points_1200plus	Anzahl Punkte je See bei der die Globalstrahlungssumme auf die horizontale Fläche grösser als 1200 kWh/(m <sup>2</sup> y) ist
ANNUAL_MEAN_global_horizontal_irradiation_points_1200plus	gemittelter Jahreswert der Strahlungssumme aller Punkte grösser 1200 kWh/(m <sup>2</sup> y) pro Seepolygon

### 4.3 Dams\_global\_inclined\_irradiation.gdb

Folgende zwei FeatureClasses befinden sich in dieser Datenbank, bzw. separat als csv abgespeichert:

**dams\_points\_inclined\_irradiation**

Attributname	Beschreibung
POINT_XCoord	X-Koordinate in LV95 (25m Raster)
POINT_YCoord	Y-Koordinate in LV95 (25m Raster)
POINT_Zcoord	ZKoordinate, so wie sie in die Meteorolog. Horizontberechnung eingeflossen ist. Sie wurde aus dem Swiss Alti3D Datensatz extrahiert. Um seeseitige Mauerpunkte auswerten zu können wurden die Seen abgesenkt für Mauern höher 20m, so dass min. 20% der Mauer (min 5m) aus dem Wasser herausragen
ReservoirID	Die ID des angrenzenden Stausees
DamID	Jedem Staudamm wurde eine durchnummerierte ID zugewiesen mit der die Punkte einfach zu clustern sind
DamNAME	Name des Staudamms so wie im Ausgangsdatensatz von Swisstopo, manche Staudämme haben keinen Namen, deshalb eignet er sich nicht als ID
Azimuth_geographic	Die geographische Ausrichtung des Geländes. Wo bei Norden 0°, Osten 90°, Süden 180°, Westen 270° entspricht
Inclination	Die Neigung des Geländes zwischen 0° (horizontal) und 90° (senkrecht).
PointArea	Geschätzte Fläche pro Punkt unter Berücksichtigung der Neigung (maximale Fläche bei 45° Neigung)
Global_inclined_irradiation_Year	Summe der Globalstrahlung auf die berechnete geneigte (siehe Wert der Inclination) Fläche, ausgerichtet parallel zur Mauer (siehe Wert für geographische Azimuth) im Jahr inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> y)]

Attributname	Beschreibung
global_inclined_irradiation_Month_01	Summe der Globalstrahlung auf die berechnete geneigte (siehe Wert der Inclination) Fläche, ausgerichtet parallel zur Mauer (siehe Wert für geographische Azimuth) im Januar inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_inclined_irradiation_Month_02	Summe der Globalstrahlung auf die berechnete geneigte (siehe Wert der Inclination) Fläche, ausgerichtet parallel zur Mauer (siehe Wert für geographische Azimuth) im Februar inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_inclined_irradiation_Month_03	Summe der Globalstrahlung auf die berechnete geneigte (siehe Wert der Inclination) Fläche, ausgerichtet parallel zur Mauer (siehe Wert für geographische Azimuth) im März inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_inclined_irradiation_Month_04	Summe der Globalstrahlung auf die berechnete geneigte (siehe Wert der Inclination) Fläche, ausgerichtet parallel zur Mauer (siehe Wert für geographische Azimuth) im April inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_inclined_irradiation_Month_05	Summe der Globalstrahlung auf die berechnete geneigte (siehe Wert der Inclination) Fläche, ausgerichtet parallel zur Mauer (siehe Wert für geographische Azimuth) im Mai inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_inclined_irradiation_Month_06	Summe der Globalstrahlung auf die berechnete geneigte (siehe Wert der Inclination) Fläche, ausgerichtet parallel zur Mauer (siehe Wert für geographische Azimuth) im Juni inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_inclined_irradiation_Month_07	Summe der Globalstrahlung auf die berechnete geneigte (siehe Wert der Inclination) Fläche, ausgerichtet parallel zur Mauer (siehe Wert für geographische Azimuth) im Juli inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]

global_inclined_irradiation_Month_08	Summe der Globalstrahlung auf die berechnete geneigte (siehe Wert der Inclination) Fläche, ausgerichtet parallel zur Mauer (siehe Wert für geographische Azimuth) im August inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_inclined_irradiation_Month_09	Summe der Globalstrahlung auf die berechnete geneigte (siehe Wert der Inclination) Fläche, ausgerichtet parallel zur Mauer (siehe Wert für geographische Azimuth) im September inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_inclined_irradiation_Month_10	Summe der Globalstrahlung auf die berechnete geneigte (siehe Wert der Inclination) Fläche, ausgerichtet parallel zur Mauer (siehe Wert für geographische Azimuth) im Oktober inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_inclined_irradiation_Month_11	Summe der Globalstrahlung auf die berechnete geneigte (siehe Wert der Inclination) Fläche, ausgerichtet parallel zur Mauer (siehe Wert für geographische Azimuth) im November inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]
global_inclined_irradiation_Month_12	Summe der Globalstrahlung auf die berechnete geneigte (siehe Wert der Inclination) Fläche, ausgerichtet parallel zur Mauer (siehe Wert für geographische Azimuth) im Dezember inkl. Berücksichtigung eines hohen Horizonts [kWh/(m <sup>2</sup> Monat)]

**dams\_polygon\_inclined\_irradiation\_annual\_mean\_values**

Attributname	Beschreibung
CENTROID_POINT_XCoord	X-Koordinate des Staudamm-Centroids um sich auch im geometrieloosen csv Datensatz orientieren zu können
CENTROID_POINT_YCoord	Y-Koordinate des Staudamm -Centroids um sich auch im geometrieloosen csv Datensatz orientieren zu können
DamID	Jedem Staudamm wurde eine durchnummerierte ID zugewiesen mit der die Punkte einfach zu clustern sind
DamNAME	Name des Staudamms wie im Ausgangsdatsatz von Swisstopo, manche Staudämme haben keinen Namen, deshalb eignet es sich nicht als ID
DamArea	Geschätzte Fläche der Staumauer berechnet aus der geschätzten Fläche aller Punkte unter Berücksichtigung der Neigung
COUNT_total_points	Anzahl Punkte je Staudamm für welche die Globalstrahlungssumme berechnet wurde
ANNUAL_MEAN_global_inclined_irradiation_total_points	gemittelter Jahreswert der Strahlungssumme aller Punkte pro Staudamppolygon
COUNT_points_1200plus	Anzahl Punkte je Staudamm bei der die Globalstrahlungssumme auf die horizontale Fläche grösser als 1200 kWh/(m <sup>2</sup> y) ist
ANNUAL_MEAN_global_inclined_irradiation_points_1200plus	gemittelter Jahreswert der Strahlungssumme aller Punkte grösser 1200 kWh/(m <sup>2</sup> y) pro Staudamppolygon
COUNT_points_900plus	Anzahl Punkte je Staudamm bei der die Globalstrahlungssumme auf die horizontale Fläche grösser als 900 kWh/(m <sup>2</sup> y) ist
ANNUAL_MEAN_global_inclined_irradiation_points_900plus	gemittelter Jahreswert der Strahlungssumme aller Punkte grösser 900 kWh/(m <sup>2</sup> y) pro Staudamppolygon

