

Ökobilanz PV-Anlagen mit monokristallinen Silizium-Modulen

Zweck des Files:

Dieses File enthält die Berechnungen zur Publikation "Ökobilanz von Solarstrom" von D. Rufer und A. Braunschweig.

Diese "Ökobilanz von Solarstrom" von September 2013 ist in zwei Versionen erhältlich:

- die ausführliche Version ist auf der Website von E2 publiziert (17 Seiten A4; www.e2mc.com -> Projekte -> Publikationen von D. Rufer resp. Publikationen von A. Braunschweig)
- eine Kurzfassung wurde unter dem Titel "Die bessere Ökobilanz von Solarstrom" publiziert in Umwelt Perspektiven, Heft 4/2013, Seiten 9 - 13 (www.e2mc.com, am selben Ort)

Aufbau des Files:

. **Register Grafik:** Dieses Register hat zwei Funktionen. Zum einen werden in der linken Hälfte des Registers die Varianten definiert, welche darauf aufbauend in den Registern A - G automatisch berechnet werden; dies geschieht durch die Eingabe der Varianten-Zahl in die gelben Feldern (z.B. für "Herstelltechnologie" eine 1, 2 oder 3).

Zum andern werden die Resultate der Register A - G auf der rechten Seite des Registers in zwei Grafiken (CO₂-Äq. und UBP'06) sowie darunter in Tabellenform dargestellt.

. **Register A. bis G.:** Berechnung der in der Grafik gezeigten Varianten. Diese Register sind alle gleich aufgebaut. Die unterschiedlichen Varianten entstehen entsprechend den in jedem Register links oben angezeigten Auswahlwerten (z.B. für "Herstelltechnologie der Module", "Herstellort der Module", etc.), wie sie im Register "Grafik" eingegeben wurden.

Bezug:

Dieses File ist als PDF-Ausdruck auf der Website von E2 Management Consulting AG publiziert (vgl. oben, "Zweck des Files").

Bei Interesse an der Excel-Version dieses Files setzen Sie sich bitte mit den Autoren in Verbindung.

Impressum:

Autoren: Daniel Rufer (drufer@e2mc.com) und Arthur Braunschweig (abraunschweig@e2mc.com)

Herausgeberin: E2 Management Consulting AG, Wehntalerstr. 3, CH-8050 Zürich; www.e2mc.com; e2post@e2mc.com

Copyright: © bei den Autoren

Zürich, September 2013

Ökobilanz PV-Anlagen mit monokristallinen Silizium-Modulen

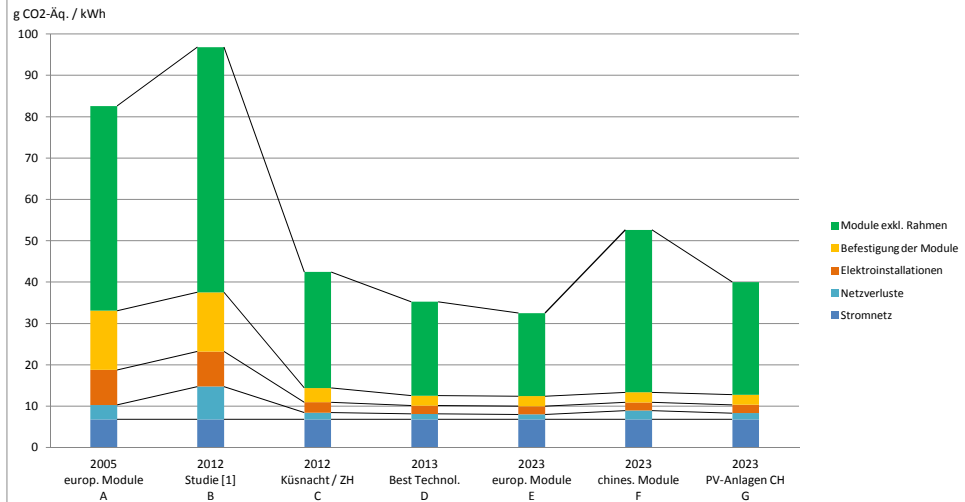
Für jede Säule A bis G der Grafik eine Variantenkombination wählen:

	A	B	C	D	E	F	G
Herstellertechnologie PV-Module	1	2	2	2	3	3	3
1= Herstellung 2005 mit Waferdicke 270 µm 2= Herstellung 2011 mit Waferdicke 190 µm 3= Herstellung künftig mit Sägestaub-Recycling							
Hersteller der PV-Module	2	1	5	3	3	4	8
1= Herstellung der Module gem. BFE-Studie (= Var. 7) 2= Europa (Reinst-Si aus Europa) 3= Europa (Reinst-Si aus Europa und USA) 4= China 5= Philippinen (Reinst-Si: 100% aus USA) 6= Philippinen (Reinst-Si: 50% aus USA, 50% aus China) 7= Mix (66% Europa, 34% China) 8= Mix (56% Europa, 10% Philippinen, 34% China)							
Befestigung der PV-Module	1	1	2	5	5	5	5
1= x% Indach; Rest Aufdach, Stand 2005 x = 10% 2= In Dach integriert, Stand 2013 3= Auf bestehendem Dach montiert, Stand 2013 4= Auf Flachdach montiert, Stand 2013 5= Mix CH, Stand 2013							
Alu-Typ zur Montage der Module	1	1	1	2	2	2	2
1= 32% Recycling-Aluminium (Mittel Bau-Alu) 2= 80% Recycling-Aluminium (Angebot 2013)							
Elektroinstallation	1	1	2	2	2	2	2
1= Kleinanlage 3 kWp, 2005 2= Mittlere Anlage 13 kWp, 2013							
Stromproduktion / Effizienz	1	1	3	4	4	4	4
1= 125 kWh/m ² (Ecoinvent v2.2, Technologie 2005) 3= 185 kWh/m ² (SunPower, Technologie 2012) 4= 232 kWh/m ² (Best Technology 2013)							
Beanspruchung Stromnetz	2	1	2	2	2	2	2
1= PV-Grossanlage (Netz + volle Netzverluste) 2= Dezentr. Anlage (Netz + x% Verlustanteil) x = 50%							

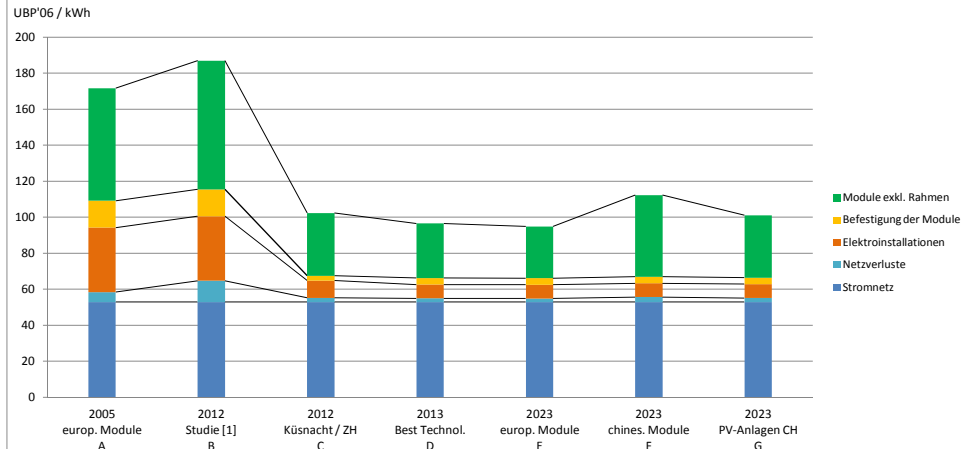
Variantenbezeichnung je Säule der Grafik:

A	2005 europ. Module A
B	2012 Studie [1] B
C	2012 Küsnacht / ZH C
D	2013 Best Technol. D
E	2023 europ. Module E
F	2023 chines. Module F
G	2023 PV-Anlagen CH G

Treibhausgas-Emissionen von Solarstrom (dezentrale PV-Anlage mit monokristallinen Siliziumzellen)



Umweltbelastungspunkte von Solarstrom (dezentrale PV-Anlage mit monokristallinen Siliziumzellen)



Wertetabellen zu obestehenden Grafiken:

A.! B.! C.! D.! E.! F.! G.!

Treibhausgase in g CO₂-Äq./kWh

	2005 europ. !	2012 Studie !	2012Küsnac!	2013 Best Te!	2023 europ. !	2023 chines. !	2023 PV-Anla	N
Module exkl. Rahm	49.47	59.27	28.04	22.73	20.11	39.30	27.26	308
Befestigung der Md	14.34	14.34	3.45	2.41	2.41	2.41	2.41	309
Elektroinstallati	8.47	8.47	2.51	2.00	2.00	2.00	2.00	310
Netzverluste	3.49	7.93	1.64	1.31	1.18	2.11	1.53	311
Stromnetz	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	312
Total	82.56	96.81	42.44	35.25	32.51	52.63	40.01	

Umweltbelastung in UBP'06/kWh

	A	B	C	D	E	F	G	O
Module exkl. Rahm	62.51	71.50	34.88	30.35	28.72	45.36	34.63	308
Befestigung der Md	14.97	14.97	2.62	3.62	3.62	3.62	3.62	309
Elektroinstallati	35.81	35.81	9.60	7.66	7.66	7.66	7.66	310
Netzverluste	5.47	11.81	2.28	2.01	1.93	2.74	2.22	311
Stromnetz	52.91	52.91	52.91	52.91	52.91	52.91	52.91	312
Total	171.67	187.01	102.30	96.55	94.85	112.29	101.04	

Nicht erneuerbare Primärenergie in Wh/kWh

	A	B	C	D	E	F	G	M
Module exkl. Rahm	237.39	222.88	113.91	109.21	97.55	114.10	103.32	308
Befestigung der Md	54.33	54.33	9.07	9.62	9.62	9.62	9.62	309
Elektroinstallati	38.88	38.88	11.73	9.35	9.35	9.35	9.35	310
Netzverluste	15.97	30.53	6.51	6.19	5.63	6.43	5.91	311
Stromnetz	18.54	18.54	18.54	18.54	18.54	18.54	18.54	312
Total	365.11	365.17	159.75	152.91	140.68	158.03	146.74	

Nicht erneuerbare Primärenergie in kJ/kWh

	A	B	C	D	E	F	G
Module exkl. Rahm	854.62	802.37	410.09	393.14	351.17	410.75	371.96
Befestigung der Md	195.59	195.59	32.64	34.63	34.63	34.63	34.63
Elektroinstallati	139.98	139.98	42.22	33.67	33.67	33.67	33.67
Netzverluste	57.49	109.93	23.42	22.29	20.26	23.14	21.26
Stromnetz	66.73	66.73	66.73	66.73	66.73	66.73	66.73
Total	1'314.40	1'314.59	575.10	550.46	506.46	568.92	528.25

Ökobilanz PV-Anlagen mit monokristallinen Si-Zellen

Farb-Code: Die gelb markierten Zellen enthalten Eingabewerte.

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ	MJ	kg	Anzahl	kWh	kWh	kg	1000
					PE	PEne	CO ₂ -Äq	UBP 06	PE	PEne	CO ₂ -Äq	UBP 06
					pro Bezugsseinheit				für angegebene Menge			
Varianten-Definition:												
F <= zugehörige Spalte im Register "Grafik" (F, H, J, L, N, P, R)		Grafik!										
1 <= Herstelltechnologie der Module		6										
2 <= Herstellort der Module		10										
1 <= Befestigung der Module		19										
10% <= Anteil Indach-Anlagen bei Befestigungs-Variante 1	D	20										
1 <= Alu-Typ zur Befestigung		25										
1 <= Elektroinstallationen		28										
1 <= Stromproduktion / Effizienz		31										
2 <= Beanspruchung Stromnetz		35										
50% <= Anteil der vollen Netzverluste bei dezentraler Einspeisung	D	37										
A. Länderspezifischer Strommix												
A.1 Strommix Schweiz												
a) Einspeisung ins HS-Netz:												
Produktionsmix = Erzeugermix	Ecoinvent v2.2											
Versorgungsmix brutto = Produktionsmix + Importmix	Ecoinvent v2.2											
Versorgungsmix nicht zertifiziert = Versorgungsmix brutto minus zertifiz. Strom	Ecoinvent v2.2		1.000	kWh	9.6775	8.3588	0.1252	362.2600				
b) Verbrauchermix nicht zertifiziert, ab Netz:												
Hochspannung Verbrauchermix ab Netz	Ecoinvent v2.2											
Mittelspannung Verbrauchermix ab Netz	Ecoinvent v2.2											
Niederspannung Verbrauchermix ab Netz	Ecoinvent v2.2	neues Modell in v2.2	1.000	kWh	10.9840	9.4890	0.1486	457.9300				
c) Netzverluste Verbrauchermix und Netzenbenützung:												
> Stromverluste im Netz total bei Niederspannungsbezug Verbrauchermix	Studie [6]	9.66% von NS-Bezug	1.000	kWh	1.2320	1.0673	0.0170	45.7900				
> Netzinfrastruktur (NS und MS, HS vernachlässigbar)	Ecoinvent v2.2		1.000	kWh	0.0745	0.0629	0.0064	49.8800				
> Netzinfrastruktur mit Anpassung an Studie [1] (prop. zu CO ₂ -Äq.)	Studie [1], S. 60		1.000	kWh	0.0790	0.0667	0.0068	52.9148				
A.2 Strommix Europa (UCTE)												
Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2		1.000	kWh	10.7000	10.6000	0.5160	522.60				
Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2		1.000	kWh	11.1500	10.3700	0.5093	496.00				
Strommix Mittelspannung Produktion UCTE	Ecoinvent v2.2		1.000	kWh	11.4060	10.7040	0.5315	540.90				
Strommix ab Mittelspannungsnetz	Studie [6]		1.000	kWh	11.2700	10.4800	0.5177	506.00				
Strommix ab Niederspannungsnetz	Studie [6]		1.000	kWh	11.9600	11.1200	0.5517	560.00				
A.3 Strommix China												
Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2		1.000	kWh	11.0860	10.3700	1.1483	994.2500				
Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2		1.000	kWh								
Strommix ab Mittelspannungsnetz	Studie [6]		1.000	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00				
A.4 Strommix Norwegen												
Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2		1.000	kWh								
Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2		1.000	kWh								
Strommix ab Mittelspannungsnetz	Ecoinvent v2.2		1.000	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.64				
A.5 Strommix USA												
Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2		1.000	kWh								
Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2		1.000	kWh								
Strommix ab Mittelspannungsnetz	Studie [6]		1.000	kWh	12.8700	12.3600	0.7652	626.00				
Stromproduktion ab Laufwasser-KW	Ecoinvent v2.2	gem. Ecoinvent wie Wasserkraft Schweden	1.000	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650				
A.6 Strommix Philippinen												
IEA-Statistik (Mail ABR)		Anteile Stromerzeugung										
Erdgas-Kraftwerke (Modell Mix CENTREL)	Ecoinvent v2.2		0.321	kWh	15.3420	15.3113	0.9144	429.0000	1.37	1.37	0.29	0.14
Kohle-Kraftwerke (Modell Polen mit 50% Braunkohle, 50% Steinkohle)	Ecoinvent v2.2		0.266	kWh	13.1915	13.1255	1.1320	759.1500	0.98	0.97	0.30	0.20
Geothermie (wie Ecoinvent: Modell Mix Wasserkraft Italien)	Ecoinvent v2.2		0.167	kWh	3.8450	0.0520	0.0050	11.0500	0.18	0.00	0.00	0.00
Wasserkraft (Modell Mix Wasserkraft Italien)	Ecoinvent v2.2		0.158	kWh	3.8450	0.0520	0.0050	11.0500	0.17	0.00	0.00	0.00
Erdöl-Kraftwerke (Modell UCTE)	Ecoinvent v2.2		0.087	kWh	12.4490	12.4241	0.8856	787.0000	0.30	0.30	0.08	0.07
Produktions-Mix (ohne Netz)		Mittelwert	1.000	kWh	10.7680	9.5065	0.6734	411.7563	2.99	2.64	0.67	0.41
Strommix ab Mittelspannungsnetz			1.000	kWh	10.8839	9.6073	0.6846	420.0579	3.02	2.67	0.68	0.42

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO ₂ -Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO ₂ -Äq	1000 UBP 06
					pro Bezugsseinheit				für angegebene Menge			
B. Herstellung monokristalline Si-Module (Laminat ohne Rahmen)												
1 Module gem. Modell "Solarlaminat, single Si ab Werk" in Ecoinvent v2.2 (Herstellung in D, MG-Si aus N)												
	Doku von Ecoinvent v2.1	460 Mikrometer Ingot pro Wafer	1.000	m ²					1'018	883	184	233
> 1 m ² Solarlaminat, single Si ab Werk beinhaltet:	Ecoinvent v2.2, (Daten 1997)	Mail ABR 23.10.12	1.000	m ²	3'664.15	3'180.20	184.05	232'870	1'017.819	883.389	184.050	232.870
>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	Herstellung Laminat	4.706	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	14.910	13.992	2.501	2.545
>>> Solarzelle Single Si	Ecoinvent v2.2	Zellen: 93,2% von Laminat	0.932	m ²								
>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	30,24 kWh/m ² Solarzelle	28.196	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	89.335	83.836	14.986	15.251
>>>>> Wafer Single Si	Ecoinvent v2.2	1,06 m ² Wafer / 1 m ² Solarzelle	0.988	m ²								
>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	8 kWh / m ² Wafer	7.907	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	25.051	23.510	4.202	4.277
>>>>>>> CZ single-Silizium, Photovoltaik (Ingot)	Ecoinvent v2.2	1,0748 kg CZ Si / m ² Wafer	1.062	kg	2'238.000	1'856.000	104.100	88777.000	660.386	547.666	110.584	94.306
>>>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	85,6 kWh / kg CZ-Si	90.931	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	288.101	270.370	48.330	49.185
>>>>>>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)	Ecoinvent v2.2	1,07 / kg Cz-Si	1.137	kg	1'030.000	733.060	45.997	27'378	325.206	231.452	52.282	31.119
>>>>>>>>>>> Strom Mittelspannung, ab Netz, NO (für MG-Si)	Ecoinvent v2.2	11 kWh / kg MG-Si (1,05 bis 1,13 kg MG-Si / kg Prod-Mix PV)	12.258	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	16.036	3.418	0.446	0.425
>>>>>>>>>>>>> Strom ab Laufwasser-KW Europa	Ecoinvent v2.2	65 kWh/kgSiS für 80,21% Prod-Mix PV + 39,2 kWh/kgSiH für 14,55% Prod-Mix PV + 10,45 kWh/kgHv für 5,22% Prod-Mix PV	66.364	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	70.696	0.793	0.248	0.697
>>>>>>>>>>>>>>> Strom aus BHKW 1 MW (Wacker?), ohne Netz	Ecoinvent v2.2	45 kWh/kgSiS für 80,21% Prod-Mix PV + 124,1 kWh/kgSiH für 14,55% Prod-Mix PV + 33,1 kWh/kgSiHv für 5,22% Prod-Mix PV	63.514	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	166.108	165.843	37.664	18.305
		Total Strombedarf-->	274	kWh / m ²								
2 Module gem. Modell 1, aber mit dünneren Wafern (Herstellung in D, MG-Si aus N)												
	Studie [1], S. 14	380 Mikrometer Ingot pro Wafer (82,6% von 1)	1.000	m ²					903	788	165	216
> 1 m ² Solarlaminat, single Si ab Werk beinhaltet:			1.000	m ²					902.912	788.095	164.808	216.461
>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	Herstellung Laminat	4.706	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	14.910	13.992	2.501	2.545
>>> Solarzelle Single Si	wie 1	Zellen: 93,2% von Laminat	0.932	m ²								
>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	30,24 kWh/m ² Solarzelle	28.196	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	89.335	83.836	14.986	15.251
>>>>> Wafer Single Si	wie 1	1,06 m ² Wafer / 1 m ² Solarzelle	0.988	m ²								
>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	8 kWh / m ² Wafer	7.907	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	25.051	23.510	4.202	4.277
>>>>>>> CZ single-Silizium, Photovoltaik (Ingot)	(190+190 nm) vs	82,6% von 1	0.877	kg	2'238.000	1'856.000	104.100	88777.000	545.479	452.372	91.342	77.897
>>>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung		82,6% von 1	75.109	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	237.972	223.325	39.921	40.627
>>>>>>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)		82,6% von 1	0.939	kg	1'030.000	733.060	45.997	27'378.00	268.620	191.179	43.185	25.704
>>>>>>>>>>> Strom Mittelspannung, ab Netz, Norw. (für MG-Si)		82,6% von 1	10.125	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	13.246	2.823	0.369	0.351
>>>>>>>>>>>>> Strom Laufwasser-KW (Wacker), ohne Netz		82,6% von 1	54.816	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	58.395	0.655	0.204	0.576
>>>>>>>>>>>>>>> Strom aus BHKW 1 MW (Wacker), ohne Netz		82,6% von 1	52.463	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	137.205	136.986	31.110	15.120
		Total Strombedarf-->	233	kWh / m ²								
3 Module gem. Modell 1, aber mit dünneren Wafern und Sägestaub-Recycling (Herstellung in D, MG-Si aus N)												
	Hinweis aus Studie [1], S. 14	190 Mikrometer Ingot pro Wafer (41,3% von 1)	1.000	m ²					769	693	143	204
> 1 m ² Solarlaminat, single Si ab Werk beinhaltet:			1.000	m ²					768.602	692.505	143.216	203.609
>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	Herstellung Laminat	4.706	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	14.910	13.992	2.501	2.545
>>> Solarzelle Single Si	wie 1	Zellen: 93,2% von Laminat	0.932	m ²								
>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	30,24 kWh/m ² Solarzelle	28.196	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	89.335	83.836	14.986	15.251
>>>>> Wafer Single Si	wie 1	1,06 m ² Wafer / 1 m ² Solarzelle	0.988	m ²								
>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	8 kWh / m ² Wafer	7.907	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	25.051	23.510	4.202	4.277
>>>>>>> CZ single-Silizium, Photovoltaik (Ingot)		wie 2	0.877	kg								
>>>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung		wie 2	75.109	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	237.972	223.325	39.921	40.627
>>>>>>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)		50% von 2	0.469	kg	1'030.000	733.060	45.997	27378.000	134.310	95.590	21.593	12.852
>>>>>>>>>>> Strom Mittelspannung, ab Netz, Norw. (für MG-Si)		50% von 2	5.063	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	6.623	1.412	0.184	0.175
>>>>>>>>>>>>> Strom Laufwasser-KW (Wacker?), ohne Netz		50% von 2	27.408	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	29.197	0.327	0.102	0.288
>>>>>>>>>>>>>>> Strom aus BHKW 1 MW (Wacker?), ohne Netz		50% von 2	26.231	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	68.602	68.493	15.555	7.560
		Total Strombedarf-->	175	kWh / m ²								

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEnE	kg CO ₂ -Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEnE	kg CO ₂ -Äq	1000 UBP 06
					pro Bezugseneinheit				für angegebene Menge			
1 <-- gewählte Variante für Herstellung PV-Module (Laminat)			1.000	m²	3'664.150	3'180.200	184.050	232870.00	1'018	883	184	233
Herstellung ab Polysilizium: Strommix UCTE, Mittelspannung			131.740	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	417.397	391.708	70.020	71.258
Herstellung MG-Silizium: Strommix Norwegen, Mittelspannung			12.258	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	16.036	3.418	0.446	0.425
Herstellung Polysilizium: Strom Laufwasser-KW (ohne Netz)			66.364	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	70.696	0.793	0.248	0.697
Herstellung Polysilizium: Strom BHKW (1 MW ohne Netz)			63.514	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	166.108	165.843	37.664	18.305
		Total Strombedarf-->	274	kWh / m ²								
C. Strommix und Herstellort der Si-Module (Laminat o. Rahmen)												
1 Herstellertechnologie, Strommix und Herstellort wie in Studie [1] (PV-Anl. 3 kWp, 22,1 m²)			1	m²					950	837	223	268
Herstellung Solarlaminat	Studie [1], S.49	922 kWh / kWp Jahr	82'980	kWh			0.0650				5'394	
		inkl. Netzverluste	1	m ²							244	
		exkl. 9.66% Netzverluste	1	m ²					950	837	223	268
2 Herstellung in Deutschland, MG-Silizium aus N (Strommixe wie Modell "Solarlaminat, single Si ab Werk" in Ecoinvent v2.2)	Ecoinvent v2.2		1.000	m²					1'026	891	186	235
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12.060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.8400	0.158	0.156	0.033	0.036
3 Laminat-Herstellung in Europa (Strommixe wie in Studie [1]: Reinst-Silizium aus D, USA, N)	Strommix: Studie [1], S.13	Modell 2 korrigiert	1.000	m²					1'001	848	176	226
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk beinhaltet:			1.000	m ²					992.988	840.212	174.085	224.516
>>>> Strom für Herstellung ab Polysilizium (UCTE Mittelspannung)	ESU 2013	aktualisierter Mix UCTE	131.740	kWh	11.2700	10.4800	0.5177	506.0000	412.420	383.511	68.202	66.661
>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)												
>>>>> Strom für MG-Si: 75% für europ. Polysilizium		Ann.: Mix Norw., Mittelspannung	9.193	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.6400	12.027	2.563	0.335	0.318
>>>>> Strom für MG-Si: 25% USA-Polysilizium		Ann.: Mix Norw., Mittelspannung	3.064	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.6400	4.009	0.854	0.112	0.106
>>>>> Strom für Reinst-Si: Mix Norwegen Mittelspannung	Studie [1], S.13/15	9% Strommix Norwegen	11.689	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.6400	15.292	3.259	0.425	0.405
>>>>> Strom für Reinst-Si: Laufwasser-KW USA, o. Netz	Studie [1], S.13/15	53.4% Laufwasser-KW	69.355	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650	73.942	0.885	0.381	0.767
>>>>> Strom für Reinst-Si: BHKW 1 MW, ohne Netz	Studie [1], S.13/15	37.6% BHKW-Strom	48.834	kWh	9.4150	9.4000	0.5930	288.2000	127.715	127.511	28.959	14.074
> Transport Reinst-Si mit Schiff aus USA (10'000 km)	Studie [1], S.13/15	1,07 kg/m ² für 25% Module	2.675	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	0.126	0.124	0.029	0.048
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12.060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036
		Total Strombedarf-->	274	kWh / m ²								
4 Laminat-Herstellung in China, Reinst-Silizium aus China (wie in Studie [1])			1.000	m²					1'211	1'120	399	425
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk	siehe oben	geänderter Strommix	1.000	m ²					1'190.513	1'099.892	394.437	418.526
>> Strommix China, Mittelspannung (für Module, PV-Zellen und Si CZ)	siehe oben		131.740	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	405.467	374.362	153.332	132.926
>> Strommix China, Mittelspannung (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben		142.136	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	437.463	403.903	165.432	143.415
> Transport von China nach D: 22'000 km mit Schiff	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	265.320	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	12.507	12.330	2.839	4.797
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12.060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036
		Total Strombedarf-->	274	kWh / m ²								
5 Laminat-Herstellung in Philippinen, Reinst-Silizium 100% aus USA (Annahme für Module von SunPower)			1.000	m²					916	693	171	205
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk	siehe oben	geänderter Strommix	1.000	m ²					897.412	675.018	166.636	199.096
>> Strommix Philippinen, Mittelspannung (für Modulherstellung)	siehe oben		131.740	kWh	10.8839	9.6073	0.6846	420.06	398.292	351.576	90.184	55.339
>> Strommix China, Mittelspannung (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben		0.000	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	0.000	0.000	0.000	0.000
>> Strom Wasserkraft USA, ohne Netz (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben	siehe Var. 3	142.136	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650	151.537	1.815	0.780	1.573
> Transport Reinst-Si mit Schiff aus USA oder China (durchschn. 7'000 km)	Ecoinvent v2.2	1,07 kg/m ²	7.490	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	0.353	0.348	0.080	0.135
> Transport von Philippinen nach D: 18'000 km mit Schiff	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	217.080	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	10.233	10.088	2.323	3.925
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12.060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036
6 Laminat-Herstellung in Philippinen, Reinst-Silizium 50% aus USA und 50% aus China			1.000	m²					1'059	894	253	276
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk	siehe oben	geänderter Strommix	1.000	m ²					1'040.375	876.063	248.962	270.017
>> Strommix Philippinen, Mittelspannung (für Modulherstellung)	siehe oben		131.740	kWh	10.8839	9.6073	0.6846	420.06	398.292	351.576	90.184	55.339
>> Strommix China, Mittelspannung (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben		71.068	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	218.731	201.951	82.716	71.708
>> Strom Wasserkraft USA, ohne Netz (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben	siehe Var. 3	71.068	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650	75.768	0.907	0.390	0.786
> Transport Reinst-Si mit Schiff aus USA oder China (durchschn. 7'000 km)	Ecoinvent v2.2	1,07 kg/m ²	7.490	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	0.353	0.348	0.080	0.135
> Transport von Philippinen nach D: 18'000 km mit Schiff	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	217.080	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	10.233	10.088	2.323	3.925
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12.060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO ₂ -Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO ₂ -Äq	1000 UBP 06	
								pro Bezugseinheit		für angegebene Menge			
7 Mix gem. Studie [1]: 66% Laminat aus Europa (siehe 3) sowie 34% Laminat aus China (siehe 4)	Studie [1], S.15		1.000	m ²					1'073	941	252	294	
8 Mix inkl. Philippinen: 56% Laminat aus Europa (siehe 3), 10% Laminat aus Philippinen (siehe 6) sowie 34% Laminat aus China (siehe 4)	Mail M. Johnson, 9.5.2013	10% Marktanteil Sunpower (Philippin.)	1.000	m ²					1'078	945	259	299	
2 <--- gewählte Variante für Herstellungsort PV-Module (Laminat)			1.000	m ²	3'693.17	3'208.87	185.74	234'713	1'026	891	186	235	
		13.2 kWp Haus Allmend	74.640	m ²	3'693.17	3'208.87	185.74	234'713	76'572	66'531	13'863	17'519	
Berechnung wie in Studie [1]: Varianten 2 und 7 eingeben und hier hin übertragen			1.000	m ²					950	837	223	269	
Solarstromproduktion (ohne Netzverluste, über 30 Jahre)	Ecoinvent v2.2	922 kWh/kWp * 3 kWp	82'980	kWh					20'992	18'497	4'919	5'934	
Solarstrom Niederspannung ohne Netzverluste (pro kWh)			1	kWh					0.2530	0.2229	0.0593	0.0715	
Netzverluste bei Hochspannungseinspeisung	Studie [6], S.180	Netzverluste: 9,66% NS	1	kWh					0.0244	0.0215	0.0057	0.0069	
Solarstrom inkl. Netzverluste berechnet wie Studie [1]									0.2774	0.2444	0.0650	0.0784	
Wert gemäss Studie [1] Seite 49 (mono-kristallines Laminat)											0.0650		
D. Alu-Varianten für Befestigung der PV-Module:													
1 Alu mit 32% Recycling-Anteil (Europ. Mittelwert der Baubranche)													
> Herstellung Alu-Profil, blank mit 32% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	156.5572	131.2264	9.6812	10'018	43.49	36.45	9.68	10.02	
> Herstellung Alu-Blech, blank, mit 32% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	147.7680	123.4180	9.2559	9'607	41.05	34.28	9.26	9.61	
2 Alu mit 80% Recycling-Anteil (z.B. von Hydro Aluminium Nenzing GmbH)	Bestätigung Hydro Alu												
> Herstellung Alu-Profil, blank mit 80% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	78.2040	68.1977	4.6098	7'080	21.72	18.94	4.61	7.08	
> Herstellung Alu-Blech, blank, 80% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	69.4147	60.3893	4.1845	6'669	19.28	16.77	4.18	6.67	
3 Alu mit 100% Recycling-Anteil (maximaler Recycling-Anteil?)													
> Herstellung Alu-Profil, blank mit 100% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	44.1661	40.6180	2.4103	5'530	12.27	11.28	2.41	5.53	
> Herstellung Alu-Blech, blank, 100% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	35.3769	32.8095	1.9850	5'119	9.83	9.11	1.98	5.12	
+ Für alle Varianten:													
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2		0.200	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.131	0.129	0.027	0.030	
1 <--- gewählte Alu-Variante für Montagesystem der PV-Anlage													
> Herstellung Alu-Profil, blank			1.000	kg	157.0290	131.6925	9.7086	10'048	43.62	36.58	9.71	10.05	
> Herstellung Alu-Blech, blank			1.000	kg	148.2398	123.8841	9.2833	9'637	41.18	34.41	9.28	9.64	
E. Befestigung der PV-Module (13.2 kWp Haus Allmend [4])													
		Herstellung+Entsorgung	74.640	m ²									
E.1 Modulbefestigung gem. Studie [1]: Annahme für CH (x% Laminat = Indach; Rest: Paneel = Aufdach und Flachdach)			x=10%						18'023	15'226	4'019	4'195	
a) Modulbefestigung Indach (=Laminat)									11'904	10'314	2'662	2'552	
Dachbefestigung, Wechselrichter und Elektroinstallation	Studie [1], S.49	inkl. Netzverluste	280'255	kWh			0.0197				5'521		
	Studie [6], S.180	exkl. 9,66% Netzverluste	280'255	kWh							5'035		
Schrägdachkonstruktion gemäss Ecoinvent (In-Dach, keine Modulrahmung)	Ecoinvent v2.2	Kontrolle und Hochrechn.	74.640	m2	581.32	503.66	36.11	34'617	12'053	10'443	2'695	2'584	
Wechselrichter und Elektroinstallation gemäss Ecoinvent	Ecoinvent v2.2										2'372		
b) Modulbefestigung Mix Aufdach und Flachdach (=Paneel)									18'703	15'772	4'170	4'378	
Dachbefestigung inkl. Rahmen, Wechselrichter und Elektroinstallation	Studie [1], S.49	inkl. Netzverluste	280'255	kWh			0.0256				7'175		
	Studie [6], S.180	exkl. 9,66% Netzverluste	280'255	kWh							6'543		
Schrägdachkonstruktion Aufdach gem. Ecoinvent (exkl. Rahmung Module)	Ecoinvent v2.2	Auf Dach	74.640	m2	631.11	534.15	39.13	41'463	13'085	11'075	2'921	3'095	
Alu-Rahmung Paneel: 2,629 kg Alu-Profil / m2	Ecoinvent v2.2		196.229	kg	157.03	131.69	9.71	10'048	8'559	7'178	1'905	1'972	
Total Modulbefestigung Aufdach (höherer Wert als Mix Auf-/Flach-Dach)	Ecoinvent v2.2	Kontrolle und Hochrechn.							21'644	18'253	4'826	5'067	
Wechselrichter und Elektroinstallation gemäss Ecoinvent	Ecoinvent v2.2										2'372		
E.2 Dachintegration mit System Solrif®: Alu-Profile und -Bleche, 30 Jahre Lebensdauer (Variante Indach, kein Rahmen gem. E.3)	Mail M. Johnson, 9.5.2013	Entsorgung = Recycling	166.037	kg					6'907	5'819	2'081	1'558	
> Herstellung Alu-Rahmen-Profil Solrif, blank	Alu-Var. gem. D	1.66 kg/m ² * 74.64 m ²	123.902	kg	157.0290	131.6925	9.7086	10'048	5'404.52	4'532.51	1'202.92	1'244.99	
> Herstellung Alu-Anschlussprofile links+rechts	Alu-Var. gem. D	0.45 kg/m * 8.25 m * 2	7.425	kg	157.0290	131.6925	9.7086	10'048	323.87	271.62	72.09	74.61	
> Herstellung Alu-Blech-Abschlüsse links+rechts	Alu-Var. gem. D	0.6 kg/m * 8.25 m * 2	9.900	kg	148.2398	123.8841	9.2833	9'637	407.66	340.68	91.90	95.41	
> Herstellung Alu-Blech-Abschlüsse oben+unten	Alu-Var. gem. D	(0.85+0.65) kg/m * 9.5 m	14.250	kg	148.2398	123.8841	9.2833	9'637	586.78	490.37	132.29	137.33	
> Herstellung Montagebügel + -Schrauben: Chromnickelstahl, 37% Rec.	Ecoinvent v2.2	(0.150+0.026) kg / Modul	10.560	kg	54.6455	54.6455	54.6455	55	160.29	160.29	577.06	0.58	
> Materialtransport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	166 kg * 200 km	33.207	to km	2.3592	2.3306	0.1371	150	21.76	21.50	4.55	4.98	
> Materialtransport zu Recycling-Anlage: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	166 kg * 20 km	3.321	to km	2.3592	2.3306	0.1371	150	2.1762	2.1498	0.4553	0.4976	
E.3 Eingesparte Dachbedeckung bei Variante E.2: keine Tonziegel auf 76 m2 Dachfläche, umgerechnet auf 30 Jahre Betriebsdauer	Ökobilanz von Haus Allmend [4]	3284 kg Tonziegel mit 60 Jahre Lebensdauer --> 1642 kg in 30 Jahren	1'642	kg					2'107	2'063	652	471	
> Herstellung Tonziegel	Ecoinvent v2.2	1642 kg Tonziegel	1'642	kg	3.9126	3.8282	0.3580	229.96	1'784.58	1'746.08	587.84	377.59	
> Transport zu Haus: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1642 kg * 200 km	328	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	215.21	212.60	45.02	49.21	
> Transport zu Entsorgung Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1642 kg total * 20 km	33	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	21.52	21.26	4.50	4.92	
> Entsorgung Tonziegel (wie Entsorgung Backstein)	Baustoffliste EMPA	1642 kg Tonziegel	1'642	kg	0.1874	0.1816	0.0090	24.21	85.48	82.83	14.78	39.75	

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO2-Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO2-Äq	1000 UBP 06
					pro Bezugseinheit				für angegebene Menge			
E.4 Rahmung der 60 Module bei den Varianten Aufdach und Flachdach: Alu-Profile, 30 Jahre Lebensdauer	Mail M. Johnson, 9.5.2013	Entsorgung = Recycling	162.000	kg					7'090	5'949	1'578	1'633
> Herstellung Alu-Profil blank	siehe D	2,5 - 3,0 kg/Modul	162.000	kg	157.0290	131.6925	9.7086	10'048.17	7'066.31	5'926.16	1'572.80	1'627.80
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	162 kg * 200 km	32.400	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	21.23	20.98	4.44	4.85
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	162 kg * 20 km	3.240	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	2.12	2.10	0.44	0.49
E.5 Montagesystem für Variante Aufdach mit 60 Modulen: Alu-Profile, 30 Jahre Lebensdauer	Mail M. Johnson, 9.5.2013	Entsorgung = Recycling	66.000	kg					2'888	2'424	643	665
> Herstellung Alu-Profil blank	siehe D	0,8 - 1,5 kg/Modul	66.000	kg	157.03	131.69	9.71	10'048.17	2'878.87	2'414.36	640.77	663.18
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	66 kg * 200 km	13.200	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	8.65	8.55	1.81	1.98
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	66 kg * 20 km	1.320	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.87	0.85	0.18	0.20
E.6 Montagesystem für Variante Flachdach mit 60 Modulen: Alu-Profile, 30 Jahre Lebensdauer	Mail M. Johnson, 9.5.2013	Entsorgung = Recycling	165.000	kg					7'221	6'059	1'607	1'663
> Herstellung Alu-Profil blank mit 32% Rezyklat-Anteil	Siehe D	1,5 - 4,0 kg/Modul	165.000	kg	157.03	131.69	9.71	10'048.17	7'197.16	6'035.91	1'601.92	1'657.95
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	165 kg * 200 km	33.000	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	21.63	21.36	4.52	4.94
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	165 kg * 20 km	3.300	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	2.16	2.14	0.45	0.49
Befestigungs-Varianten für PV-Anlage 13.2 kWp, 30 J. Lebensdauer:												
1 Dachmontage gem. Bericht ESU 2012			74.640	m ²					18'023	15'226	4'019	4'195
2 In Dach integriert (aktuelle In-Dach-Variante)		3.1+3.2+3.6+3.7+3.8	74.640	m ²					4'800	3'756	1'429	1'087
3 Auf bestehendem Dach montiert (aktuelle Auf-Dach-Variante)		3.1+3.3+3.4+3.6+3.7	74.640	m ²					9'978	8'373	2'220	2'298
4 Auf Flachdach montiert (aktuelle Flachdach-Variante)		3.1+3.3+3.5+3.6+3.7	74.640	m ²					14'311	12'009	3'185	3'297
5 Dach-Variante CH (10% In-Dach, 40% Auf-Dach, 50% Flachdach)	Mail M. Johnson, 9.5.2013		74.640	m ²					11'627	9'729	2'623	2'676
1 <-- gewählte Befestigungs-Variante für PV-Anlage			74.640	m ²					18'023	15'226	4'019	4'195
F. Wechselrichter+Elektroinstallation (13.2 kWp Haus Allmend [4])												
F.1 Wechselrichter gem. Ecoinvent: 5 Units zu 2500W, resp. 18,5 kg für 15 Jahre -> 185 kg für 30 Jahre	Ecoinvent v2.2	1 Unit 2500W = 18.5 kg	185.000	kg					8'960	8'299	1'758	6'234
> Herstellung und Entsorgung Wechselrichter, 2500W, ab Werk RER	Ecoinvent v2.2	Mail ABR 23.10.12	185.000	kg	173.84	160.99	9.47	33'663	8'933.33	8'273.06	1'752.30	6'227.70
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	185 kg * 200 km	37.000	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	24.25	23.95	5.07	5.54
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	185 kg * 20 km	3.700	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	2.42	2.40	0.51	0.55
F.2 Elektroinstallation für PV-Anlage gem. Ecoinvent: 13.2/3 = 4,4 Units zu 14,7 kg Cu -> 64.68 kg Cu für 30 Jahre	Ecoinvent v2.2		64.680	kg Cu					2'728	2'598	615	3'801
> Herstellung und Entsorgung Elektroinstallationen, Photovoltaikanlage, ab Werk CH	Ecoinvent v2.2	Mail ABR 23.10.12	64.680	kg Cu	151.86	144.61	9.50	58'771	2'728.49	2'598.08	614.59	3'801.34
F.3 Wechselrichter für PV-Anlage: 49 kg mit 15 Jahre Lebensdauer -> 98 kg für 30 Jahre	Ökobilanz von Haus Allmend [4]		98.000	kg					4'746	4'396	931	3'302
> Herstellung und Entsorgung Wechselrichter, 2500W, ab Werk RER	Ecoinvent v2.2	1 Unit 2500W = 18.5 kg	98.000	kg	173.84	160.99	9.47	33'663	4'732.25	4'382.48	928.25	3'299.00
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	98 kg * 200 km	19.600	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	12.84	12.69	2.69	2.94
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	98 kg * 20 km	1.960	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	1.28	1.27	0.27	0.29
F.4 Elektroinstallation für PV-Anlage: 11,5 kg Kupfer, 30 Jahre	Ökobilanz von Haus Allmend [4]	Cu: 4 mm2 x 222 m + 10 mm2 x 40 m	11.500	kg Cu					485	462	109	676
> Herstellung und Entsorgung Elektroinstallationen, Photovoltaikanlage, ab Werk CH	Ecoinvent v2.2	Mail ABR 23.10.12	11.500	kg Cu	151.86	144.61	9.50	58'771.43	485.12	461.93	109.27	675.87
Varianten für WR und Elektroinstallation, 13.2 kWp, über 30 Jahre:												
1 WR und Elektroinstallation gemäss Ecoinvent v2.2	F.1 + F.2		74.640	m ²					11'688	10'897	2'372	10'035
2 WR und Elektroinstallation gemäss Anlage Haus Allmend	F.3 + F.4		74.640	m ²					5'232	4'858	1'040	3'978
1 <-- gewählte Variante für WR und Elektroinstallation			74.640	m²					11'688	10'897	2'372	10'035

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO2-Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO2-Äq	1000 UBP 06
					pro Bezugseinheit				für angegebene Menge			
G. Gesamte PV-Anlage (12,3 kWp, monokristalline Zellen)		Herstellung+Entsorgung	3.52									
PV-Module (Laminat monokristallin)									76'572	66'531	13'863	17'519
Dachbefestigung der PV-Module									18'023	15'226	4'019	4'195
Wechselrichter und Elektroinstallation									11'688	10'897	2'372	10'035
H. Solarstrom-Produktion in Haus Allmend ([4], monokrist. Zellen)												
Varianten für jährliche Solarstromproduktion:												
1 Stromproduktion gemäss Ecoinvent v2.2	Ecoinvent v2.2	922 kWh/kWp	9'342	kWh	125.16	< kWh/m ²						
2 Stromproduktion SunPower 2010, gem. Messungen 2012	Messwert (Abb.3)	SunPower E-Serie (2010)	13'984	kWh	187.35	< kWh/m ²						
3 Stromproduktion SunPower 2012, "all black" (200, resp. 185 kWh/m ²)	Umrechn. (Abb.3)	= 200*0.925*74.64	13'808	kWh	185.00	< kWh/m ²						
4 Stromproduktion SunPower 2013, gem. Messungen 2012	Umrechn. (Abb.3)	SunPower X-Serie (2013)	17'316	kWh	232.00	< kWh/m ²						
5 Stromproduktion bei nur 1000 kWh/kWp	Annahme	1000 kWh/kWp * 13.2 kWp	13'200	kWh	176.85	< kWh/m ²						
1 <--- gewählte Variante für jährliche Stromproduktion			9'342	kWh								
I. Beanspruchung des Stromnetzes durch den Solarstrom												
Solarstrom ab PV-Anlage (exkl. Beanspruchung Stromnetz)			1	kWh					1.3792	0.3306	0.0723	0.1133
Netzverluste bei Hochspannungseinspeisung	Studie [6], S.180	Netzverluste: 9.66% NS	1	kWh					0.1332	0.0319	0.0070	0.0109
Stromnetz (Netz-Infrastruktur und -Betrieb)	Studie [1]		1	kWh	0.0790	0.0667	0.0068	52.9148	0.0220	0.0185	0.0068	0.0529
Varianten zur Anrechnung von Netzverlusten:												
1 Volle Anrechnung der Netzverluste (PV-Grossanlage)			1	kWh					0.1332	0.0319	0.0070	0.0109
2 Anrechnung der Netzverluste nur zu x% (dezentrale PV-Anlage)		x = 50.0%	1	kWh					0.0666	0.0160	0.0035	0.0055
2 <--- gewählte Variante für Anrechnung von Netzverlusten			1	kWh					0.0666	0.0160	0.0035	0.0055
K. Ökobilanz Solarstrom Niederspannung (monokristalline Zellen)												
PV-Module (Laminat monokristallin)			1	kWh					1'273.22	237.39	49.47	62.51
Dachmontage der PV-Anlage			1	kWh					64.31	54.33	14.34	14.97
Wechselrichter und Elektroinstallation			1	kWh					41.71	38.88	8.47	35.81
Verluste im Stromnetz			1	kWh					66.62	15.97	3.49	5.47
Stromnetz (Netz-Infrastruktur und -Betrieb)			1	kWh					21.95	18.54	6.80	52.91
Total Umweltbelastung je kWh			1	kWh					1'467.81	365.11	82.56	171.67
Ökologische Rückzahldauer im Netz UCTE			---	Jahre					13.25	3.55	4.49	9.20
Jährliche Reduktion Umweltbelastung durch Ersatz Netzstrom (UCTE NSp)			-9'342	kWh	11.96	11.12	0.55	560.00	-31'035'605	-28'855'847	-5'153'883	-5'231'420

Ökobilanz PV-Anlagen mit monokristallinen Si-Zellen

Farb-Code: Die gelb markierten Zellen enthalten Eingabewerte.

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ	MJ	kg	Anzahl	kWh	kWh	kg	1000	
					PE	PEne	CO ₂ -Äq	UBP 06	PE	PEne	CO ₂ -Äq	UBP 06	
					pro Bezugsseinheit				für angegebene Menge				
Varianten-Definition:													
H		zugehörige Spalte im Register "Grafik" (F, H, J, L, N, P, R)											
2		Herstellertechnologie der Module											
1		Herstellort der Module											
1		Befestigung der Module											
10%	D	Anteil Indach-Anlagen bei Befestigungs-Variante 1											
1		Alu-Typ zur Befestigung											
1		Elektroinstallationen											
1		Stromproduktion / Effizienz											
1		Beanspruchung Stromnetz											
50%	D	Anteil der vollen Netzverluste bei dezentraler Einspeisung											
A. Länderspezifischer Strommix													
A.1 Strommix Schweiz													
a) Einspeisung ins HS-Netz:													
		Produktionsmix = Erzeugermix	Ecoinvent v2.2										
		Versorgungsmix brutto = Produktionsmix + Importmix	Ecoinvent v2.2										
		Versorgungsmix nicht zertifiziert = Versorgungsmix brutto minus zertifiz. Strom	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	9.6775	8.3588	0.1252	362.2600				
b) Verbrauchermix nicht zertifiziert, ab Netz:													
		Hochspannung Verbrauchermix ab Netz	Ecoinvent v2.2										
		Mittelspannung Verbrauchermix ab Netz	Ecoinvent v2.2										
		Niederspannung Verbrauchermix ab Netz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	10.9840	9.4890	0.1486	457.9300				
c) Netzverluste Verbrauchermix und Netzenützung:													
		> Stromverluste im Netz total bei Niederspannungsbezug Verbrauchermix	Studie [6]	1.000	kWh	1.2320	1.0673	0.0170	45.7900				
		> Netzinfrastruktur (NS und MS, HS vernachlässigbar)	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	0.0745	0.0629	0.0064	49.8800				
		> Netzinfrastruktur mit Anpassung an Studie [1] (prop. zu CO ₂ -Äq.)	Studie [1], S. 60	1.000	kWh	0.0790	0.0667	0.0068	52.9148				
A.2 Strommix Europa (UCTE)													
		Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	10.7000	10.6000	0.5160	522.60				
		Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	11.1500	10.3700	0.5093	496.00				
		Strommix Mittelspannung Produktion UCTE	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	11.4060	10.7040	0.5315	540.90				
		Strommix ab Mittelspannungsnetz	Studie [6]	1.000	kWh	11.2700	10.4800	0.5177	506.00				
		Strommix ab Niederspannungsnetz	Studie [6]	1.000	kWh	11.9600	11.1200	0.5517	560.00				
A.3 Strommix China													
		Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	11.0860	10.3700	1.1483	994.2500				
		Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh								
		Strommix ab Mittelspannungsnetz	Studie [6]	1.000	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00				
A.4 Strommix Norwegen													
		Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh								
		Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh								
		Strommix ab Mittelspannungsnetz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.64				
A.5 Strommix USA													
		Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh								
		Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh								
		Strommix ab Mittelspannungsnetz	Studie [6]	1.000	kWh	12.8700	12.3600	0.7652	626.00				
		Stromproduktion ab Laufwasser-KW	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650				
A.6 Strommix Philippinen													
	IEA-Statistik (Mail ABR)	Anteile Stromerzeugung											
		Erdgas-Kraftwerke (Modell Mix CENTREL)	Ecoinvent v2.2	0.321	kWh	15.3420	15.3113	0.9144	429.0000	1.37	1.37	0.29	0.14
		Kohle-Kraftwerke (Modell Polen mit 50% Braunkohle, 50% Steinkohle)	Ecoinvent v2.2	0.266	kWh	13.1915	13.1255	1.1320	759.1500	0.98	0.97	0.30	0.20
		Geothermie (wie Ecoinvent: Modell Mix Wasserkraft Italien)	Ecoinvent v2.2	0.167	kWh	3.8450	0.0520	0.0050	11.0500	0.18	0.00	0.00	0.00
		Wasserkraft (Modell Mix Wasserkraft Italien)	Ecoinvent v2.2	0.158	kWh	3.8450	0.0520	0.0050	11.0500	0.17	0.00	0.00	0.00
		Erdöl-Kraftwerke (Modell UCTE)	Ecoinvent v2.2	0.087	kWh	12.4490	12.4241	0.8856	787.0000	0.30	0.30	0.08	0.07
		Produktions-Mix (ohne Netz)		1.000	kWh	10.7680	9.5065	0.6734	411.7563	2.99	2.64	0.67	0.41
		Strommix ab Mittelspannungsnetz		1.000	kWh	10.8839	9.6073	0.6846	420.0579	3.02	2.67	0.68	0.42

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO ₂ -Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO ₂ -Äq	1000 UBP 06
					pro Bezugsseinheit				für angegebene Menge			
B. Herstellung monokristalline Si-Module (Laminat ohne Rahmen)												
1 Module gem. Modell "Solarlaminat, single Si ab Werk" in Ecoinvent v2.2 (Herstellung in D, MG-Si aus N)												
	Doku von Ecoinvent v2.1	460 Mikrometer Ingot pro Wafer	1.000	m ²					1'018	883	184	233
> 1 m ² Solarlaminat, single Si ab Werk beinhaltet:	Ecoinvent v2.2, (Daten 1997)	Mail ABR 23.10.12	1.000	m ²	3'664.15	3'180.20	184.05	232'870	1'017.819	883.389	184.050	232.870
>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	Herstellung Laminat	4.706	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	14.910	13.992	2.501	2.545
>>> Solarzelle Single Si	Ecoinvent v2.2	Zellen: 93,2% von Laminat	0.932	m ²								
>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	30,24 kWh/m ² Solarzelle	28.196	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	89.335	83.836	14.986	15.251
>>>>> Wafer Single Si	Ecoinvent v2.2	1,06 m ² Wafer / 1 m ² Solarzelle	0.988	m ²								
>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	8 kWh / m ² Wafer	7.907	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	25.051	23.510	4.202	4.277
>>>>>>> CZ single-Silizium, Photovoltaik (Ingot)	Ecoinvent v2.2	1,0748 kg CZ Si / m ² Wafer	1.062	kg	2'238.000	1'856.000	104.100	88777.000	660.386	547.666	110.584	94.306
>>>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	85,6 kWh / kg CZ-Si	90.931	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	288.101	270.370	48.330	49.185
>>>>>>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)	Ecoinvent v2.2	1,07 / kg Cz-Si	1.137	kg	1'030.000	733.060	45.997	27'378	325.206	231.452	52.282	31.119
>>>>>>>>>>> Strom Mittelspannung, ab Netz, NO (für MG-Si)	Ecoinvent v2.2	11 kWh / kg MG-Si (1,05 bis 1,13 kg MG-Si / kg Prod-Mix PV)	12.258	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	16.036	3.418	0.446	0.425
>>>>>>>>>>>>> Strom ab Laufwasser-KW Europa	Ecoinvent v2.2	65 kWh/kgSiS für 80,21% Prod-Mix PV + 39,2 kWh/kgSiH für 14,55% Prod-Mix PV + 10,45 kWh/kgHv für 5,22% Prod-Mix PV	66.364	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	70.696	0.793	0.248	0.697
>>>>>>>>>>>>>>> Strom aus BHKW 1 MW (Wacker?), ohne Netz	Ecoinvent v2.2	45 kWh/kgSiS für 80,21% Prod-Mix PV + 124,1 kWh/kgSiH für 14,55% Prod-Mix PV + 33,1 kWh/kgSiHv für 5,22% Prod-Mix PV	63.514	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	166.108	165.843	37.664	18.305
		Total Strombedarf-->	274	kWh / m ²								
2 Module gem. Modell 1, aber mit dünneren Wafern (Herstellung in D, MG-Si aus N)												
	Studie [1], S. 14	380 Mikrometer Ingot pro Wafer (82,6% von 1)	1.000	m ²					903	788	165	216
> 1 m ² Solarlaminat, single Si ab Werk beinhaltet:			1.000	m ²					902.912	788.095	164.808	216.461
>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	Herstellung Laminat	4.706	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	14.910	13.992	2.501	2.545
>>> Solarzelle Single Si	wie 1	Zellen: 93,2% von Laminat	0.932	m ²								
>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	30,24 kWh/m ² Solarzelle	28.196	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	89.335	83.836	14.986	15.251
>>>>> Wafer Single Si	wie 1	1,06 m ² Wafer / 1 m ² Solarzelle	0.988	m ²								
>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	8 kWh / m ² Wafer	7.907	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	25.051	23.510	4.202	4.277
>>>>>>> CZ single-Silizium, Photovoltaik (Ingot)	(190+190 nm) vs	82,6% von 1	0.877	kg	2'238.000	1'856.000	104.100	88777.000	545.479	452.372	91.342	77.897
>>>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung		82,6% von 1	75.109	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	237.972	223.325	39.921	40.627
>>>>>>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)		82,6% von 1	0.939	kg	1'030.000	733.060	45.997	27'378.00	268.620	191.179	43.185	25.704
>>>>>>>>>>> Strom Mittelspannung, ab Netz, Norw. (für MG-Si)		82,6% von 1	10.125	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	13.246	2.823	0.369	0.351
>>>>>>>>>>>>> Strom Laufwasser-KW (Wacker), ohne Netz		82,6% von 1	54.816	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	58.395	0.655	0.204	0.576
>>>>>>>>>>>>>>> Strom aus BHKW 1 MW (Wacker), ohne Netz		82,6% von 1	52.463	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	137.205	136.986	31.110	15.120
		Total Strombedarf-->	233	kWh / m ²								
3 Module gem. Modell 1, aber mit dünneren Wafern und Sägestaub-Recycling (Herstellung in D, MG-Si aus N)												
	Hinweis aus Studie [1], S. 14	190 Mikrometer Ingot pro Wafer (41,3% von 1)	1.000	m ²					769	693	143	204
> 1 m ² Solarlaminat, single Si ab Werk beinhaltet:			1.000	m ²					768.602	692.505	143.216	203.609
>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	Herstellung Laminat	4.706	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	14.910	13.992	2.501	2.545
>>> Solarzelle Single Si	wie 1	Zellen: 93,2% von Laminat	0.932	m ²								
>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	30,24 kWh/m ² Solarzelle	28.196	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	89.335	83.836	14.986	15.251
>>>>> Wafer Single Si	wie 1	1,06 m ² Wafer / 1 m ² Solarzelle	0.988	m ²								
>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	8 kWh / m ² Wafer	7.907	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	25.051	23.510	4.202	4.277
>>>>>>> CZ single-Silizium, Photovoltaik (Ingot)		wie 2	0.877	kg								
>>>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung		wie 2	75.109	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	237.972	223.325	39.921	40.627
>>>>>>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)		50% von 2	0.469	kg	1'030.000	733.060	45.997	27378.000	134.310	95.590	21.593	12.852
>>>>>>>>>>> Strom Mittelspannung, ab Netz, Norw. (für MG-Si)		50% von 2	5.063	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	6.623	1.412	0.184	0.175
>>>>>>>>>>>>> Strom Laufwasser-KW (Wacker?), ohne Netz		50% von 2	27.408	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	29.197	0.327	0.102	0.288
>>>>>>>>>>>>>>> Strom aus BHKW 1 MW (Wacker?), ohne Netz		50% von 2	26.231	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	68.602	68.493	15.555	7.560
		Total Strombedarf-->	175	kWh / m ²								

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEnE	kg CO ₂ -Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEnE	kg CO ₂ -Äq	1000 UBP 06
					pro Bezugs-einheit				für angegebene Menge			
2 <-- gewählte Variante für Herstellung PV-Module (Laminat)			1.000	m²	3'250.484	2'837.142	164.808	216460.70	903	788	165	216
Herstellung ab Polysilizium: Strommix UCTE, Mittelspannung			115.918	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	367.267	344.663	61.611	62.700
Herstellung MG-Silizium: Strommix Norwegen, Mittelspannung			10.125	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	13.246	2.823	0.369	0.351
Herstellung Polysilizium: Strom Laufwasser-KW (ohne Netz)			54.816	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	58.395	0.655	0.204	0.576
Herstellung Polysilizium: Strom BHKW (1 MW ohne Netz)			52.463	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	137.205	136.986	31.110	15.120
		Total Strombedarf-->	233	kWh / m ²								
C. Strommix und Herstellort der Si-Module (Laminat o. Rahmen)												
1 Herstellertechnologie, Strommix und Herstellort wie in Studie [1] (PV-Anl. 3 kWp, 22,1 m²)			1	m²					950	837	223	268
Herstellung Solarlaminat	Studie [1], S.49	922 kWh / kWp Jahr	82'980	kWh			0.0650				5'394	
		inkl. Netzverluste	1	m ²							244	
		exkl. 9.66% Netzverluste	1	m ²					950	837	223	268
2 Herstellung in Deutschland, MG-Silizium aus N (Strommixe wie Modell "Solarlaminat, single Si ab Werk" in Ecoinvent v2.2)	Ecoinvent v2.2		1.000	m²					911	796	166	218
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12.060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.8400	0.158	0.156	0.033	0.036
3 Laminat-Herstellung in Europa (Strommixe wie in Studie [1]: Reinst-Silizium aus D, USA, N)	Strommix: Studie [1], S.13	Modell 2 korrigiert	1.000	m²					890	760	158	211
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk beinhaltet:			1.000	m ²					882.133	751.989	156.480	209.313
>>>> Strom für Herstellung ab Polysilizium (UCTE Mittelspannung)	ESU 2013	aktualisierter Mix UCTE	115.918	kWh	11.2700	10.4800	0.5177	506.0000	362.888	337.451	60.011	58.655
>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)												
>>>>> Strom für MG-Si: 75% für europ. Polysilizium		Ann.: Mix Norw., Mittelspannung	7.594	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.6400	9.934	2.117	0.276	0.263
>>>>> Strom für MG-Si: 25% USA-Polysilizium		Ann.: Mix Norw., Mittelspannung	2.531	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.6400	3.311	0.706	0.092	0.088
>>>>> Strom für Reinst-Si: Mix Norwegen Mittelspannung	Studie [1], S.13/15	9% Strommix Norwegen	9.655	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.6400	12.631	2.692	0.351	0.334
>>>>> Strom für Reinst-Si: Laufwasser-KW USA, o. Netz	Studie [1], S.13/15	53.4% Laufwasser-KW	57.287	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650	61.076	0.731	0.315	0.634
>>>>> Strom für Reinst-Si: BHKW 1 MW, ohne Netz	Studie [1], S.13/15	37.6% BHKW-Strom	40.337	kWh	9.4150	9.4000	0.5930	288.2000	105.492	105.324	23.920	11.625
> Transport Reinst-Si mit Schiff aus USA (10'000 km)	Studie [1], S.13/15	1,07 kg/m ² für 25% Module	2.675	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	0.126	0.124	0.029	0.048
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12.060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036
		Total Strombedarf-->	233	kWh / m ²								
4 Laminat-Herstellung in China, Reinst-Silizium aus China (wie in Studie [1])			1.000	m²					1'065	986	348	380
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk		geänderter Strommix	1.000	m ²					1'044.914	965.992	343.078	373.136
>> Strommix China, Mittelspannung (für Module, PV-Zellen und Si CZ)	siehe oben		115.918	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	356.770	329.401	134.917	116.961
>> Strommix China, Mittelspannung (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben		117.404	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	361.344	333.624	136.647	118.461
> Transport von China nach D: 22'000 km mit Schiff	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	265.320	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	12.507	12.330	2.839	4.797
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12.060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036
		Total Strombedarf-->	233	kWh / m ²								
5 Laminat-Herstellung in Philippinen, Reinst-Silizium 100% aus USA (Annahme für Module von SunPower)			1.000	m²					821	632	156	194
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk	siehe oben	geänderter Strommix	1.000	m ²					802.426	613.818	151.512	187.705
>> Strommix Philippinen, Mittelspannung (für Modulherstellung)	siehe oben		115.918	kWh	10.8839	9.6073	0.6846	420.06	350.457	309.352	79.353	48.692
>> Strommix China, Mittelspannung (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben		0.000	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	0.000	0.000	0.000	0.000
>> Strom Wasserkraft USA, ohne Netz (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben	siehe Var. 3	117.404	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650	125.169	1.499	0.645	1.299
> Transport Reinst-Si mit Schiff aus USA oder China (durchschn. 7'000 km)	Ecoinvent v2.2	1,07 kg/m ²	7.490	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	0.353	0.348	0.080	0.135
> Transport von Philippinen nach D: 18'000 km mit Schiff	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	217.080	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	10.233	10.088	2.323	3.925
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12.060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036
6 Laminat-Herstellung in Philippinen, Reinst-Silizium 50% aus USA und 50% aus China			1.000	m²					939	798	224	252
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk	siehe oben	geänderter Strommix	1.000	m ²					920.513	779.880	219.513	246.286
>> Strommix Philippinen, Mittelspannung (für Modulherstellung)	siehe oben		115.918	kWh	10.8839	9.6073	0.6846	420.06	350.457	309.352	79.353	48.692
>> Strommix China, Mittelspannung (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben		58.702	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	180.672	166.812	68.323	59.230
>> Strom Wasserkraft USA, ohne Netz (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben	siehe Var. 3	58.702	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650	62.585	0.749	0.322	0.650
> Transport Reinst-Si mit Schiff aus USA oder China (durchschn. 7'000 km)	Ecoinvent v2.2	1,07 kg/m ²	7.490	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	0.353	0.348	0.080	0.135
> Transport von Philippinen nach D: 18'000 km mit Schiff	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	217.080	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	10.233	10.088	2.323	3.925
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12.060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO ₂ -Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO ₂ -Äq	1000 UBP 06			
								pro Bezugseinheit				für angegebene Menge			
7 Mix gem. Studie [1]: 66% Laminat aus Europa (siehe 3) sowie 34% Laminat aus China (siehe 4)	Studie [1], S.15		1.000	m ²					950	837	223	269			
8 Mix inkl. Philippinen: 56% Laminat aus Europa (siehe 3), 10% Laminat aus Philippinen (siehe 6) sowie 34% Laminat aus China (siehe 4)	Mail M. Johnson, 9.5.2013	10% Marktanteil Sunpower (Philippin.)	1.000	m ²					955	841	229	273			
1 <-- gewählte Variante für Herstellungsort PV-Module (Laminat)			1.000	m ²	3'419.03	3'012.69	222.56	268'477	950	837	223	268			
		13.2 kWp Haus Allmend	74.640	m ²	3'419.03	3'012.69	222.56	268'477	70'888	62'463	16'612	20'039			
Berechnung wie in Studie [1]: Varianten 2 und 7 eingeben und hier hin übertragen			1.000	m ²					950	837	223	269			
Solarstromproduktion (ohne Netzverluste, über 30 Jahre)	Ecoinvent v2.2	922 kWh/kWp * 3 kWp	82'980	kWh					20'992	18'497	4'919	5'934			
Solarstrom Niederspannung ohne Netzverluste (pro kWh)			1	kWh					0.2530	0.2229	0.0593	0.0715			
Netzverluste bei Hochspannungseinspeisung	Studie [6], S.180	Netzverluste: 9,66% NS	1	kWh					0.0244	0.0215	0.0057	0.0069			
Solarstrom inkl. Netzverluste berechnet wie Studie [1]									0.2774	0.2444	0.0650	0.0784			
Wert gemäss Studie [1] Seite 49 (mono-kristallines Laminat)											0.0650				
D. Alu-Varianten für Befestigung der PV-Module:															
1 Alu mit 32% Recycling-Anteil (Europ. Mittelwert der Baubranche)															
> Herstellung Alu-Profil, blank mit 32% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	156.5572	131.2264	9.6812	10'018	43.49	36.45	9.68	10.02			
> Herstellung Alu-Blech, blank, mit 32% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	147.7680	123.4180	9.2559	9'607	41.05	34.28	9.26	9.61			
2 Alu mit 80% Recycling-Anteil (z.B. von Hydro Aluminium Nenzing GmbH)															
> Herstellung Alu-Profil, blank mit 80% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	78.2040	68.1977	4.6098	7'080	21.72	18.94	4.61	7.08			
> Herstellung Alu-Blech, blank, 80% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	69.4147	60.3893	4.1845	6'669	19.28	16.77	4.18	6.67			
3 Alu mit 100% Recycling-Anteil (maximaler Recycling-Anteil?)															
> Herstellung Alu-Profil, blank mit 100% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	44.1661	40.6180	2.4103	5'530	12.27	11.28	2.41	5.53			
> Herstellung Alu-Blech, blank, 100% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	35.3769	32.8095	1.9850	5'119	9.83	9.11	1.98	5.12			
+ Für alle Varianten:															
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2		0.200	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.131	0.129	0.027	0.030			
1 <-- gewählte Alu-Variante für Montagesystem der PV-Anlage															
> Herstellung Alu-Profil, blank			1.000	kg	157.0290	131.6925	9.7086	10'048	43.62	36.58	9.71	10.05			
> Herstellung Alu-Blech, blank			1.000	kg	148.2398	123.8841	9.2833	9'637	41.18	34.41	9.28	9.64			
E. Befestigung der PV-Module (13.2 kWp Haus Allmend [4])															
		Herstellung+Entsorgung	74.640	m ²											
E.1 Modulbefestigung gem. Studie [1]: Annahme für CH (x% Laminat = Indach; Rest: Paneel = Aufdach und Flachdach)				x=10%					18'023	15'226	4'019	4'195			
a) Modulbefestigung Indach (=Laminat)															
Dachbefestigung, Wechselrichter und Elektroinstallation	Studie [1], S.49	inkl. Netzverluste	280'255	kWh			0.0197		11'904	10'314	2'662	2'552			
	Studie [6], S.180	exkl. 9,66% Netzverluste	280'255	kWh							5'035				
Schrägdachkonstruktion gemäss Ecoinvent (In-Dach, keine Modulrahmung)	Ecoinvent v2.2	Kontrolle und Hochrechn.	74.640	m ²	581.32	503.66	36.11	34'617	12'053	10'443	2'695	2'584			
Wechselrichter und Elektroinstallation gemäss Ecoinvent	Ecoinvent v2.2										2'372				
b) Modulbefestigung Mix Aufdach und Flachdach (=Paneel)															
Dachbefestigung inkl. Rahmen, Wechselrichter und Elektroinstallation	Studie [1], S.49	inkl. Netzverluste	280'255	kWh			0.0256		18'703	15'772	4'170	4'378			
	Studie [6], S.180	exkl. 9,66% Netzverluste	280'255	kWh							7'175				
Schrägdachkonstruktion Aufdach gem. Ecoinvent (exkl. Rahmung Module)	Ecoinvent v2.2	Auf Dach	74.640	m ²	631.11	534.15	39.13	41'463	13'085	11'075	2'921	3'095			
Alu-Rahmung Paneel: 2,629 kg Alu-Profil / m ²	Ecoinvent v2.2		196.229	kg	157.03	131.69	9.71	10'048	8'559	7'178	1'905	1'972			
Total Modulbefestigung Aufdach (höherer Wert als Mix Auf-/Flach-Dach)	Ecoinvent v2.2	Kontrolle und Hochrechn.							21'644	18'253	4'826	5'067			
Wechselrichter und Elektroinstallation gemäss Ecoinvent	Ecoinvent v2.2										2'372				
E.2 Dachintegration mit System Solrif®: Alu-Profile und -Bleche, 30 Jahre Lebensdauer (Variante Indach, kein Rahmen gem. E.3)															
	Mail M. Johnson, 9.5.2013	Entsorgung = Recycling	166.037	kg					6'907	5'819	2'081	1'558			
> Herstellung Alu-Rahmen-Profil Solrif, blank	Alu-Var. gem. D	1.66 kg/m ² * 74.64 m ²	123.902	kg	157.0290	131.6925	9.7086	10'048	5'404.52	4'532.51	1'202.92	1'244.99			
> Herstellung Alu-Anschlussprofile links+rechts	Alu-Var. gem. D	0.45 kg/m * 8.25 m * 2	7.425	kg	157.0290	131.6925	9.7086	10'048	323.87	271.62	72.09	74.61			
> Herstellung Alu-Blech-Abschlüsse links+rechts	Alu-Var. gem. D	0.6 kg/m * 8.25 m * 2	9.900	kg	148.2398	123.8841	9.2833	9'637	407.66	340.68	91.90	95.41			
> Herstellung Alu-Blech-Abschlüsse oben+unten	Alu-Var. gem. D	(0.85+0.65) kg/m * 9.5 m	14.250	kg	148.2398	123.8841	9.2833	9'637	586.78	490.37	132.29	137.33			
> Herstellung Montagebügel + -Schrauben: Chromnickelstahl, 37% Rec.	Ecoinvent v2.2	(0.150+0.026) kg / Modul	10.560	kg	54.6455	54.6455	54.6455	55	160.29	160.29	577.06	0.58			
> Materialtransport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	166 kg * 200 km	33.207	to km	2.3592	2.3306	0.1371	150	21.76	21.50	4.55	4.98			
> Materialtransport zu Recycling-Anlage: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	166 kg * 20 km	3.321	to km	2.3592	2.3306	0.1371	150	2.1762	2.1498	0.4553	0.4976			
E.3 Eingesparte Dachbedeckung bei Variante E.2: keine Tonziegel auf 76 m² Dachfläche, umgerechnet auf 30 Jahre Betriebsdauer															
	Ökobilanz von Haus Allmend [4]	3284 kg Tonziegel mit 60 Jahre Lebensdauer --> 1642 kg in 30 Jahren	1'642	kg					2'107	2'063	652	471			
> Herstellung Tonziegel	Ecoinvent v2.2	1642 kg Tonziegel	1'642	kg	3.9126	3.8282	0.3580	229.96	1'784.58	1'746.08	587.84	377.59			
> Transport zu Haus: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1642 kg * 200 km	328	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	215.21	212.60	45.02	49.21			
> Transport zu Entsorgung Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1642 kg total * 20 km	33	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	21.52	21.26	4.50	4.92			
> Entsorgung Tonziegel (wie Entsorgung Backstein)	Baustoffliste EMPA	1642 kg Tonziegel	1'642	kg	0.1874	0.1816	0.0090	24.21	85.48	82.83	14.78	39.75			

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO ₂ -Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO ₂ -Äq	1000 UBP 06	
								pro Bezugseinheit		für angegebene Menge			
E.4 Rahmung der 60 Module bei den Varianten Aufdach und Flachdach: Alu-Profile, 30 Jahre Lebensdauer	Mail M. Johnson, 9.5.2013	Entsorgung = Recycling	162.000	kg					7'090	5'949	1'578	1'633	
> Herstellung Alu-Profil blank	siehe D	2,5 - 3,0 kg/Modul	162.000	kg	157.0290	131.6925	9.7086	10'048.17	7'066.31	5'926.16	1'572.80	1'627.80	
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	162 kg * 200 km	32.400	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	21.23	20.98	4.44	4.85	
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	162 kg * 20 km	3.240	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	2.12	2.10	0.44	0.49	
E.5 Montagesystem für Variante Aufdach mit 60 Modulen: Alu-Profile, 30 Jahre Lebensdauer	Mail M. Johnson, 9.5.2013	Entsorgung = Recycling	66.000	kg					2'888	2'424	643	665	
> Herstellung Alu-Profil blank	siehe D	0,8 - 1,5 kg/Modul	66.000	kg	157.03	131.69	9.71	10'048.17	2'878.87	2'414.36	640.77	663.18	
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	66 kg * 200 km	13.200	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	8.65	8.55	1.81	1.98	
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	66 kg * 20 km	1.320	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.87	0.85	0.18	0.20	
E.6 Montagesystem für Variante Flachdach mit 60 Modulen: Alu-Profile, 30 Jahre Lebensdauer	Mail M. Johnson, 9.5.2013	Entsorgung = Recycling	B.	kg					#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	
> Herstellung Alu-Profil blank mit 32% Rezyklat-Anteil	Siehe D	1,5 - 4,0 kg/Modul	B.	kg	157.03	131.69	9.71	10'048.17	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	165 kg * 200 km	#WERT!	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	165 kg * 20 km	#WERT!	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	
Befestigungs-Varianten für PV-Anlage 13.2 kWp, 30 J. Lebensdauer:													
1 Dachmontage gem. Bericht ESU 2012			74.640	m ²					18'023	15'226	4'019	4'195	
2 In Dach integriert (aktuelle In-Dach-Variante)		3.1+3.2+3.6+3.7+3.8	74.640	m ²					4'800	3'756	1'429	1'087	
3 Auf bestehendem Dach montiert (aktuelle Auf-Dach-Variante)		3.1+3.3+3.4+3.6+3.7	74.640	m ²					9'978	8'373	2'220	2'298	
4 Auf Flachdach montiert (aktuelle Flachdach-Variante)		3.1+3.3+3.5+3.6+3.7	74.640	m ²					#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	
5 Dach-Variante CH (10% In-Dach, 40% Auf-Dach, 50% Flachdach)	Mail M. Johnson, 9.5.2013		74.640	m ²					#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	
1 <-- gewählte Befestigungs-Variante für PV-Anlage			74.640	m ²					18'023	15'226	4'019	4'195	
F. Wechselrichter+Elektroinstallation (13.2 kWp Haus Allmend [4])													
F.1 Wechselrichter gem. Ecoinvent: 5 Units zu 2500W, resp. 18,5 kg für 15 Jahre --> 185 kg für 30 Jahre	Ecoinvent v2.2	1 Unit 2500W = 18.5 kg	185.000	kg					8'960	8'299	1'758	6'234	
> Herstellung und Entsorgung Wechselrichter, 2500W, ab Werk RER	Ecoinvent v2.2	Mail ABR 23.10.12	185.000	kg	173.84	160.99	9.47	33'663	8'933.33	8'273.06	1'752.30	6'227.70	
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	185 kg * 200 km	37.000	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	24.25	23.95	5.07	5.54	
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	185 kg * 20 km	3.700	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	2.42	2.40	0.51	0.55	
F.2 Elektroinstallation für PV-Anlage gem. Ecoinvent: 13.2/3 = 4,4 Units zu 14,7 kg Cu --> 64.68 kg Cu für 30 Jahre	Ecoinvent v2.2		64.680	kg Cu					2'728	2'598	615	3'801	
> Herstellung und Entsorgung Elektroinstallationen, Photovoltaikanlage, ab Werk CH	Ecoinvent v2.2	Mail ABR 23.10.12	64.680	kg Cu	151.86	144.61	9.50	58'771	2'728.49	2'598.08	614.59	3'801.34	
F.3 Wechselrichter für PV-Anlage: 49 kg mit 15 Jahre Lebensdauer --> 98 kg für 30 Jahre	Ökobilanz von Haus Allmend [4]		98.000	kg					4'746	4'396	931	3'302	
> Herstellung und Entsorgung Wechselrichter, 2500W, ab Werk RER	Ecoinvent v2.2	1 Unit 2500W = 18.5 kg	98.000	kg	173.84	160.99	9.47	33'663	4'732.25	4'382.48	928.25	3'299.00	
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	98 kg * 200 km	19.600	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	12.84	12.69	2.69	2.94	
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	98 kg * 20 km	1.960	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	1.28	1.27	0.27	0.29	
F.4 Elektroinstallation für PV-Anlage: 11,5 kg Kupfer, 30 Jahre	Ökobilanz von Haus Allmend [4]	Cu: 4 mm2 x 222 m + 10 mm2 x 40 m	11.500	kg Cu					485	462	109	676	
> Herstellung und Entsorgung Elektroinstallationen, Photovoltaikanlage, ab Werk CH	Ecoinvent v2.2	Mail ABR 23.10.12	11.500	kg Cu	151.86	144.61	9.50	58'771.43	485.12	461.93	109.27	675.87	
Varianten für WR und Elektroinstallation, 13.2 kWp, über 30 Jahre:													
1 WR und Elektroinstallation gemäss Ecoinvent v2.2	F.1 + F.2		74.640	m ²					11'688	10'897	2'372	10'035	
2 WR und Elektroinstallation gemäss Anlage Haus Allmend	F.3 + F.4		74.640	m ²					5'232	4'858	1'040	3'978	
1 <-- gewählte Variante für WR und Elektroinstallation			74.640	m ²					11'688	10'897	2'372	10'035	

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO2-Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO2-Äq	1000 UBP 06
					pro Bezugseinheit				für angegebene Menge			
G. Gesamte PV-Anlage (12,3 kWp, monokristalline Zellen)		Herstellung+Entsorgung	3.52									
PV-Module (Laminat monokristallin)									70'888	62'463	16'612	20'039
Dachbefestigung der PV-Module									18'023	15'226	4'019	4'195
Wechselrichter und Elektroinstallation									11'688	10'897	2'372	10'035
H. Solarstrom-Produktion in Haus Allmend ([4], monokrist. Zellen)												
Varianten für jährliche Solarstromproduktion:												
1 Stromproduktion gemäss Ecoinvent v2.2	Ecoinvent v2.2	922 kWh/kWp	9'342	kWh	125.16	< kWh/m ²						
2 Stromproduktion SunPower 2010, gem. Messungen 2012	Messwert (Abb.3)	SunPower E-Serie (2010)	13'984	kWh	187.35	< kWh/m ²						
3 Stromproduktion SunPower 2012, "all black" (200, resp. 185 kWh/m ²)	Umrechn. (Abb.3)	= 200*0.925*74.64	13'808	kWh	185.00	< kWh/m ²						
4 Stromproduktion SunPower 2013, gem. Messungen 2012	Umrechn. (Abb.3)	SunPower X-Serie (2013)	17'316	kWh	232.00	< kWh/m ²						
5 Stromproduktion bei nur 1000 kWh/kWp	Annahme	1000 kWh/kWp * 13.2 kWp	13'200	kWh	176.85	< kWh/m ²						
1 <--- gewählte Variante für jährliche Stromproduktion			9'342	kWh								
I. Beanspruchung des Stromnetzes durch den Solarstrom												
Solarstrom ab PV-Anlage (exkl. Beanspruchung Stromnetz)			1	kWh					1.3590	0.3161	0.0821	0.1223
Netzverluste bei Hochspannungseinspeisung	Studie [6], S.180	Netzverluste: 9.66% NS	1	kWh					0.1313	0.0305	0.0079	0.0118
Stromnetz (Netz-Infrastruktur und -Betrieb)	Studie [1]		1	kWh	0.0790	0.0667	0.0068	52.9148	0.0220	0.0185	0.0068	0.0529
Varianten zur Anrechnung von Netzverlusten:												
1 Volle Anrechnung der Netzverluste (PV-Grossanlage)			1	kWh					0.1313	0.0305	0.0079	0.0118
2 Anrechnung der Netzverluste nur zu x% (dezentrale PV-Anlage)		x = 50.0%	1	kWh					0.0656	0.0153	0.0040	0.0059
1 <--- gewählte Variante für Anrechnung von Netzverlusten			1	kWh					0.1313	0.0305	0.0079	0.0118
K. Ökobilanz Solarstrom Niederspannung (monokristalline Zellen)												
PV-Module (Laminat monokristallin)			1	kWh					1'252.94	222.88	59.27	71.50
Dachmontage der PV-Anlage			1	kWh					64.31	54.33	14.34	14.97
Wechselrichter und Elektroinstallation			1	kWh					41.71	38.88	8.47	35.81
Verluste im Stromnetz			1	kWh					131.28	30.53	7.93	11.81
Stromnetz (Netz-Infrastruktur und -Betrieb)			1	kWh					21.95	18.54	6.80	52.91
Total Umweltbelastung je kWh			1	kWh					1'512.18	365.17	96.81	187.01
Ökologische Rückzahldauer im Netz UCTE			---	Jahre					13.66	3.55	5.26	10.02
Jährliche Reduktion Umweltbelastung durch Ersatz Netzstrom (UCTE NSp)			-9'342	kWh	11.96	11.12	0.55	560.00	-31'035'605	-28'855'847	-5'153'883	-5'231'420

Ökobilanz PV-Anlagen mit monokristallinen Si-Zellen

Farb-Code: Die gelb markierten Zellen enthalten Eingabewerte.

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ	MJ	kg	Anzahl	kWh	kWh	kg	1000	
					PE	PEne	CO ₂ -Äq	UBP 06	PE	PEne	CO ₂ -Äq	UBP 06	
					pro Bezugsseinheit				für angegebene Menge				
Varianten-Definition:													
J		<= zugehörige Spalte im Register "Grafik" (F, H, J, L, N, P, R)											
2		<= Herstelltechnologie der Module											
5		<= Herstellerort der Module											
2		<= Befestigung der Module											
10%	D	<= Anteil Indach-Anlagen bei Befestigungs-Variante 1											
1		<= Alu-Typ zur Befestigung											
2		<= Elektroinstallationen											
3		<= Stromproduktion / Effizienz											
2		<= Beanspruchung Stromnetz											
50%	D	<= Anteil der vollen Netzverluste bei dezentraler Einspeisung											
A. Länderspezifischer Strommix													
A.1 Strommix Schweiz													
a) Einspeisung ins HS-Netz:													
		Produktionsmix = Erzeugermix	Ecoinvent v2.2										
		Versorgungsmix brutto = Produktionsmix + Importmix	Ecoinvent v2.2										
		Versorgungsmix nicht zertifiziert = Versorgungsmix brutto minus zertifiz. Strom	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	9.6775	8.3588	0.1252	362.2600				
b) Verbrauchermix nicht zertifiziert, ab Netz:													
		Hochspannung Verbrauchermix ab Netz	Ecoinvent v2.2										
		Mittelspannung Verbrauchermix ab Netz	Ecoinvent v2.2										
		Niederspannung Verbrauchermix ab Netz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	10.9840	9.4890	0.1486	457.9300				
c) Netzverluste Verbrauchermix und Netzenbenützung:													
		> Stromverluste im Netz total bei Niederspannungsbezug Verbrauchermix	Studie [6]	1.000	kWh	1.2320	1.0673	0.0170	45.7900				
		> Netzinfrastruktur (NS und MS, HS vernachlässigbar)	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	0.0745	0.0629	0.0064	49.8800				
		> Netzinfrastruktur mit Anpassung an Studie [1] (prop. zu CO ₂ -Äq.)	Studie [1], S. 60	1.000	kWh	0.0790	0.0667	0.0068	52.9148				
A.2 Strommix Europa (UCTE)													
		Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	10.7000	10.6000	0.5160	522.60				
		Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	11.1500	10.3700	0.5093	496.00				
		Strommix Mittelspannung Produktion UCTE	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	11.4060	10.7040	0.5315	540.90				
		Strommix ab Mittelspannungsnetz	Studie [6]	1.000	kWh	11.2700	10.4800	0.5177	506.00				
		Strommix ab Niederspannungsnetz	Studie [6]	1.000	kWh	11.9600	11.1200	0.5517	560.00				
A.3 Strommix China													
		Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	11.0860	10.3700	1.1483	994.2500				
		Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh								
		Strommix ab Mittelspannungsnetz	Studie [6]	1.000	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00				
A.4 Strommix Norwegen													
		Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh								
		Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh								
		Strommix ab Mittelspannungsnetz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.64				
A.5 Strommix USA													
		Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh								
		Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh								
		Strommix ab Mittelspannungsnetz	Studie [6]	1.000	kWh	12.8700	12.3600	0.7652	626.00				
		Stromproduktion ab Laufwasser-KW	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650				
A.6 Strommix Philippinen													
		IEA-Statistik (Mail ABR)	Anteile Stromerzeugung										
		Erdgas-Kraftwerke (Modell Mix CENTREL)	Ecoinvent v2.2	0.321	kWh	15.3420	15.3113	0.9144	429.0000	1.37	1.37	0.29	0.14
		Kohle-Kraftwerke (Modell Polen mit 50% Braunkohle, 50% Steinkohle)	Ecoinvent v2.2	0.266	kWh	13.1915	13.1255	1.1320	759.1500	0.98	0.97	0.30	0.20
		Geothermie (wie Ecoinvent: Modell Mix Wasserkraft Italien)	Ecoinvent v2.2	0.167	kWh	3.8450	0.0520	0.0050	11.0500	0.18	0.00	0.00	0.00
		Wasserkraft (Modell Mix Wasserkraft Italien)	Ecoinvent v2.2	0.158	kWh	3.8450	0.0520	0.0050	11.0500	0.17	0.00	0.00	0.00
		Erdöl-Kraftwerke (Modell UCTE)	Ecoinvent v2.2	0.087	kWh	12.4490	12.4241	0.8856	787.0000	0.30	0.30	0.08	0.07
		Produktions-Mix (ohne Netz)		1.000	kWh	10.7680	9.5065	0.6734	411.7563	2.99	2.64	0.67	0.41
		Strommix ab Mittelspannungsnetz		1.000	kWh	10.8839	9.6073	0.6846	420.0579	3.02	2.67	0.68	0.42

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO ₂ -Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO ₂ -Äq	1000 UBP 06
					pro Bezugsseinheit				für angegebene Menge			
B. Herstellung monokristalline Si-Module (Laminat ohne Rahmen)												
1 Module gem. Modell "Solarlaminat, single Si ab Werk" in Ecoinvent v2.2 (Herstellung in D, MG-Si aus N)												
	Doku von Ecoinvent v2.1	460 Mikrometer Ingot pro Wafer	1.000	m ²					1'018	883	184	233
> 1 m ² Solarlaminat, single Si ab Werk beinhaltet:	Ecoinvent v2.2, (Daten 1997)	Mail ABR 23.10.12	1.000	m ²	3'664.15	3'180.20	184.05	232'870	1'017.819	883.389	184.050	232.870
>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	Herstellung Laminat	4.706	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	14.910	13.992	2.501	2.545
>>> Solarzelle Single Si	Ecoinvent v2.2	Zellen: 93,2% von Laminat	0.932	m ²								
>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	30,24 kWh/m ² Solarzelle	28.196	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	89.335	83.836	14.986	15.251
>>>>> Wafer Single Si	Ecoinvent v2.2	1,06 m ² Wafer / 1 m ² Solarzelle	0.988	m ²								
>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	8 kWh / m ² Wafer	7.907	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	25.051	23.510	4.202	4.277
>>>>>>> CZ single-Silizium, Photovoltaik (Ingot)	Ecoinvent v2.2	1,0748 kg CZ Si / m ² Wafer	1.062	kg	2'238.000	1'856.000	104.100	88777.000	660.386	547.666	110.584	94.306
>>>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	85,6 kWh / kg CZ-Si	90.931	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	288.101	270.370	48.330	49.185
>>>>>>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)	Ecoinvent v2.2	1,07 / kg Cz-Si	1.137	kg	1'030.000	733.060	45.997	27'378	325.206	231.452	52.282	31.119
>>>>>>>>>> Strom Mittelspannung, ab Netz, NO (für MG-Si)	Ecoinvent v2.2	11 kWh / kg MG-Si (1,05 bis 1,13 kg MG-Si / kg Prod-Mix PV)	12.258	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	16.036	3.418	0.446	0.425
>>>>>>>>>>> Strom ab Laufwasser-KW Europa	Ecoinvent v2.2	65 kWh/kgSiS für 80,21% Prod-Mix PV + 39,2 kWh/kgSiH für 14,55% Prod-Mix PV + 10,45 kWh/kgHv für 5,22% Prod-Mix PV	66.364	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	70.696	0.793	0.248	0.697
>>>>>>>>>>>> Strom aus BHKW 1 MW (Wacker?), ohne Netz	Ecoinvent v2.2	45 kWh/kgSiS für 80,21% Prod-Mix PV + 124,1 kWh/kgSiH für 14,55% Prod-Mix PV + 33,1 kWh/kgSiHv für 5,22% Prod-Mix PV	63.514	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	166.108	165.843	37.664	18.305
		Total Strombedarf-->	274	kWh / m ²								
2 Module gem. Modell 1, aber mit dünneren Wafern (Herstellung in D, MG-Si aus N)												
	Studie [1], S. 14	380 Mikrometer Ingot pro Wafer (82,6% von 1)	1.000	m ²					903	788	165	216
> 1 m ² Solarlaminat, single Si ab Werk beinhaltet:			1.000	m ²					902.912	788.095	164.808	216.461
>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	Herstellung Laminat	4.706	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	14.910	13.992	2.501	2.545
>>> Solarzelle Single Si	wie 1	Zellen: 93,2% von Laminat	0.932	m ²								
>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	30,24 kWh/m ² Solarzelle	28.196	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	89.335	83.836	14.986	15.251
>>>>> Wafer Single Si	wie 1	1,06 m ² Wafer / 1 m ² Solarzelle	0.988	m ²								
>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	8 kWh / m ² Wafer	7.907	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	25.051	23.510	4.202	4.277
>>>>>>> CZ single-Silizium, Photovoltaik (Ingot)	(190+190 nm) vs	82,6% von 1	0.877	kg	2'238.000	1'856.000	104.100	88777.000	545.479	452.372	91.342	77.897
>>>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung		82,6% von 1	75.109	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	237.972	223.325	39.921	40.627
>>>>>>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)		82,6% von 1	0.939	kg	1'030.000	733.060	45.997	27'378.00	268.620	191.179	43.185	25.704
>>>>>>>>>> Strom Mittelspannung, ab Netz, Norw. (für MG-Si)		82,6% von 1	10.125	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	13.246	2.823	0.369	0.351
>>>>>>>>>>> Strom Laufwasser-KW (Wacker), ohne Netz		82,6% von 1	54.816	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	58.395	0.655	0.204	0.576
>>>>>>>>>>>> Strom aus BHKW 1 MW (Wacker), ohne Netz		82,6% von 1	52.463	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	137.205	136.986	31.110	15.120
		Total Strombedarf-->	233	kWh / m ²								
3 Module gem. Modell 1, aber mit dünneren Wafern und Sägestaub-Recycling (Herstellung in D, MG-Si aus N)												
	Hinweis aus Studie [1], S. 14	190 Mikrometer Ingot pro Wafer (41,3% von 1)	1.000	m ²					769	693	143	204
> 1 m ² Solarlaminat, single Si ab Werk beinhaltet:			1.000	m ²					768.602	692.505	143.216	203.609
>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	Herstellung Laminat	4.706	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	14.910	13.992	2.501	2.545
>>> Solarzelle Single Si	wie 1	Zellen: 93,2% von Laminat	0.932	m ²								
>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	30,24 kWh/m ² Solarzelle	28.196	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	89.335	83.836	14.986	15.251
>>>>> Wafer Single Si	wie 1	1,06 m ² Wafer / 1 m ² Solarzelle	0.988	m ²								
>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	8 kWh / m ² Wafer	7.907	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	25.051	23.510	4.202	4.277
>>>>>>> CZ single-Silizium, Photovoltaik (Ingot)		wie 2	0.877	kg								
>>>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung		wie 2	75.109	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	237.972	223.325	39.921	40.627
>>>>>>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)		50% von 2	0.469	kg	1'030.000	733.060	45.997	27378.000	134.310	95.590	21.593	12.852
>>>>>>>>>> Strom Mittelspannung, ab Netz, Norw. (für MG-Si)		50% von 2	5.063	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	6.623	1.412	0.184	0.175
>>>>>>>>>>> Strom Laufwasser-KW (Wacker?), ohne Netz		50% von 2	27.408	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	29.197	0.327	0.102	0.288
>>>>>>>>>>>> Strom aus BHKW 1 MW (Wacker?), ohne Netz		50% von 2	26.231	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	68.602	68.493	15.555	7.560
		Total Strombedarf-->	175	kWh / m ²								

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO ₂ -Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO ₂ -Äq	1000 UBP 06
				pro Bezugs-einheit				für angegebene Menge				
2 <-- gewählte Variante für Herstellung PV-Module (Laminat)			1.000	m²	3'250.484	2'837.142	164.808	216460.70	903	788	165	216
Herstellung ab Polysilizium: Strommix UCTE, Mittelspannung			115.918	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	367.267	344.663	61.611	62.700
Herstellung MG-Silizium: Strommix Norwegen, Mittelspannung			10.125	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	13.246	2.823	0.369	0.351
Herstellung Polysilizium: Strom Laufwasser-KW (ohne Netz)			54.816	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	58.395	0.655	0.204	0.576
Herstellung Polysilizium: Strom BHKW (1 MW ohne Netz)			52.463	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	137.205	136.986	31.110	15.120
		Total Strombedarf-->	233	kWh / m ²								
C. Strommix und Herstellort der Si-Module (Laminat o. Rahmen)												
1 Herstellertechnologie, Strommix und Herstellort wie in Studie [1] (PV-Anl. 3 kWp, 22,1 m²)			1	m²					950	837	223	268
Herstellung Solarlaminat	Studie [1], S.49	922 kWh / kWp Jahr	82'980	kWh			0.0650				5'394	
		inkl. Netzverluste	1	m ²							244	
		exkl. 9.66% Netzverluste	1	m ²					950	837	223	268
2 Herstellung in Deutschland, MG-Silizium aus N (Strommixe wie Modell "Solarlaminat, single Si ab Werk" in Ecoinvent v2.2)	Ecoinvent v2.2		1.000	m²					911	796	166	218
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12,060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.8400	0.158	0.156	0.033	0.036
3 Laminat-Herstellung in Europa (Strommixe wie in Studie [1]: Reinst-Silizium aus D, USA, N)	Strommix: Studie [1], S.13	Modell 2 korrigiert	1.000	m²					890	760	158	211
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk beinhaltet:			1.000	m ²					882.133	751.989	156.480	209.313
>>>> Strom für Herstellung ab Polysilizium (UCTE Mittelsp.)	ESU 2013	aktualisierter Mix UCTE	115.918	kWh	11.2700	10.4800	0.5177	506.0000	362.888	337.451	60.011	58.655
>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)												
>>>>> Strom für MG-Si: 75% für europ. Polysilizium		Ann.: Mix Norw., Mittelsp.	7.594	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.6400	9.934	2.117	0.276	0.263
>>>>> Strom für MG-Si: 25% USA-Polysilizium		Ann.: Mix Norw., Mittelsp.	2.531	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.6400	3.311	0.706	0.092	0.088
>>>>> Strom für Reinst-Si: Mix Norwegen Mittelspannung	Studie [1], S.13/15	9% Strommix Norwegen	9.655	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.6400	12.631	2.692	0.351	0.334
>>>>> Strom für Reinst-Si: Laufwasser-KW USA, o. Netz	Studie [1], S.13/15	53.4% Laufwasser-KW	57.287	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650	61.076	0.731	0.315	0.634
>>>>> Strom für Reinst-Si: BHKW 1 MW, ohne Netz	Studie [1], S.13/15	37.6% BHKW-Strom	40.337	kWh	9.4150	9.4000	0.5930	288.2000	105.492	105.324	23.920	11.625
> Transport Reinst-Si mit Schiff aus USA (10'000 km)	Studie [1], S.13/15	1,07 kg/m ² für 25% Module	2.675	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	0.126	0.124	0.029	0.048
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12,060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036
		Total Strombedarf-->	233	kWh / m ²								
4 Laminat-Herstellung in China, Reinst-Silizium aus China (wie in Studie [1])			1.000	m²					1'065	986	348	380
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk	siehe oben	geänderter Strommix	1.000	m ²					1'044.914	965.992	343.078	373.136
>> Strommix China, Mittelspannung (für Module, PV-Zellen und Si CZ)	siehe oben		115.918	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	356.770	329.401	134.917	116.961
>> Strommix China, Mittelspannung (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben		117.404	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	361.344	333.624	136.647	118.461
> Transport von China nach D: 22'000 km mit Schiff	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	265.320	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	12.507	12.330	2.839	4.797
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12,060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036
		Total Strombedarf-->	233	kWh / m ²								
5 Laminat-Herstellung in Philippinen, Reinst-Silizium 100% aus USA (Annahme für Module von SunPower)			1.000	m²					821	632	156	194
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk	siehe oben	geänderter Strommix	1.000	m ²					802.426	613.818	151.512	187.705
>> Strommix Philippinen, Mittelspannung (für Modulherstellung)	siehe oben		115.918	kWh	10.8839	9.6073	0.6846	420.06	350.457	309.352	79.353	48.692
>> Strommix China, Mittelspannung (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben		0.000	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	0.000	0.000	0.000	0.000
>> Strom Wasserkraft USA, ohne Netz (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben	siehe Var. 3	117.404	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650	125.169	1.499	0.645	1.299
> Transport Reinst-Si mit Schiff aus USA oder China (durchschn. 7'000 km)	Ecoinvent v2.2	1,07 kg/m ²	7.490	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	0.353	0.348	0.080	0.135
> Transport von Philippinen nach D: 18'000 km mit Schiff	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	217.080	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	10.233	10.088	2.323	3.925
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12,060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036
6 Laminat-Herstellung in Philippinen, Reinst-Silizium 50% aus USA und 50% aus China			1.000	m²					939	798	224	252
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk	siehe oben	geänderter Strommix	1.000	m ²					920.513	779.880	219.513	246.286
>> Strommix Philippinen, Mittelspannung (für Modulherstellung)	siehe oben		115.918	kWh	10.8839	9.6073	0.6846	420.06	350.457	309.352	79.353	48.692
>> Strommix China, Mittelspannung (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben		58.702	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	180.672	166.812	68.323	59.230
>> Strom Wasserkraft USA, ohne Netz (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben	siehe Var. 3	58.702	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650	62.585	0.749	0.322	0.650
> Transport Reinst-Si mit Schiff aus USA oder China (durchschn. 7'000 km)	Ecoinvent v2.2	1,07 kg/m ²	7.490	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	0.353	0.348	0.080	0.135
> Transport von Philippinen nach D: 18'000 km mit Schiff	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	217.080	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	10.233	10.088	2.323	3.925
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12,060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO ₂ -Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO ₂ -Äq	1000 UBP 06			
								pro Bezugseinheit				für angegebene Menge			
7 Mix gem. Studie [1]: 66% Laminat aus Europa (siehe 3) sowie 34% Laminat aus China (siehe 4)	Studie [1], S.15		1.000	m ²					950	837	223	269			
8 Mix inkl. Philippinen: 56% Laminat aus Europa (siehe 3), 10% Laminat aus Philippinen (siehe 6) sowie 34% Laminat aus China (siehe 4)	Mail M. Johnson, 9.5.2013	10% Marktanteil Sunpower (Philippin.)	1.000	m ²					955	841	229	273			
5 <--- gewählte Variante für Herstellungsort PV-Module (Laminat)			1.000	m ²	2'955.86	2'275.98	155.60	193'609	821	632	156	194			
		13.2 kWp Haus Allmend	74.640	m ²	2'955.86	2'275.98	155.60	193'609	61'285	47'189	11'614	14'451			
Berechnung wie in Studie [1]: Varianten 2 und 7 eingeben und hier hin übertragen			1.000	m ²					950	837	223	269			
Solarstromproduktion (ohne Netzverluste, über 30 Jahre)	Ecoinvent v2.2	922 kWh/kWp * 3 kWp	82'980	kWh					20'992	18'497	4'919	5'934			
Solarstrom Niederspannung ohne Netzverluste (pro kWh)			1	kWh					0.2530	0.2229	0.0593	0.0715			
Netzverluste bei Hochspannungseinspeisung	Studie [6], S.180	Netzverluste: 9,66% NS	1	kWh					0.0244	0.0215	0.0057	0.0069			
Solarstrom inkl. Netzverluste berechnet wie Studie [1]									0.2774	0.2444	0.0650	0.0784			
Wert gemäss Studie [1] Seite 49 (mono-kristallines Laminat)											0.0650				
D. Alu-Varianten für Befestigung der PV-Module:															
1 Alu mit 32% Recycling-Anteil (Europ. Mittelwert der Baubranche)															
> Herstellung Alu-Profil, blank mit 32% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	156.5572	131.2264	9.6812	10'018	43.49	36.45	9.68	10.02			
> Herstellung Alu-Blech, blank, mit 32% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	147.7680	123.4180	9.2559	9'607	41.05	34.28	9.26	9.61			
2 Alu mit 80% Recycling-Anteil (z.B. von Hydro Aluminium Nenzing GmbH)	Bestätigung Hydro Alu														
> Herstellung Alu-Profil, blank mit 80% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	78.2040	68.1977	4.6098	7'080	21.72	18.94	4.61	7.08			
> Herstellung Alu-Blech, blank, 80% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	69.4147	60.3893	4.1845	6'669	19.28	16.77	4.18	6.67			
3 Alu mit 100% Recycling-Anteil (maximaler Recycling-Anteil?)															
> Herstellung Alu-Profil, blank mit 100% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	44.1661	40.6180	2.4103	5'530	12.27	11.28	2.41	5.53			
> Herstellung Alu-Blech, blank, 100% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	35.3769	32.8095	1.9850	5'119	9.83	9.11	1.98	5.12			
+ Für alle Varianten:															
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2		0.200	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.131	0.129	0.027	0.030			
1 <--- gewählte Alu-Variante für Montagesystem der PV-Anlage															
> Herstellung Alu-Profil, blank			1.000	kg	157.0290	131.6925	9.7086	10'048	43.62	36.58	9.71	10.05			
> Herstellung Alu-Blech, blank			1.000	kg	148.2398	123.8841	9.2833	9'637	41.18	34.41	9.28	9.64			
E. Befestigung der PV-Module (13.2 kWp Haus Allmend [4])		Herstellung+Entsorgung	74.640	m ²											
E.1 Modulbefestigung gem. Studie [1]: Annahme für CH (x% Laminat = Indach; Rest: Paneel = Aufdach und Flachdach)			x=10%						18'023	15'226	4'019	4'195			
a) Modulbefestigung Indach (=Laminat)									11'904	10'314	2'662	2'552			
Dachbefestigung, Wechselrichter und Elektroinstallation	Studie [1], S.49	inkl. Netzverluste	280'255	kWh			0.0197				5'521				
	Studie [6], S.180	exkl. 9,66% Netzverluste	280'255	kWh							5'035				
Schrägdachkonstruktion gemäss Ecoinvent (In-Dach, keine Modulrahmung)	Ecoinvent v2.2	Kontrolle und Hochrechn.	74.640	m2	581.32	503.66	36.11	34'617	12'053	10'443	2'695	2'584			
Wechselrichter und Elektroinstallation gemäss Ecoinvent	Ecoinvent v2.2										2'372				
b) Modulbefestigung Mix Aufdach und Flachdach (=Paneel)									18'703	15'772	4'170	4'378			
Dachbefestigung inkl. Rahmen, Wechselrichter und Elektroinstallation	Studie [1], S.49	inkl. Netzverluste	280'255	kWh			0.0256				7'175				
	Studie [6], S.180	exkl. 9,66% Netzverluste	280'255	kWh							6'543				
Schrägdachkonstruktion Aufdach gem. Ecoinvent (exkl. Rahmung Module)	Ecoinvent v2.2	Auf Dach	74.640	m2	631.11	534.15	39.13	41'463	13'085	11'075	2'921	3'095			
Alu-Rahmung Paneel: 2,629 kg Alu-Profil / m2	Ecoinvent v2.2		196.229	kg	157.03	131.69	9.71	10'048	8'559	7'178	1'905	1'972			
Total Modulbefestigung Aufdach (höherer Wert als Mix Auf-/Flach-Dach)	Ecoinvent v2.2	Kontrolle und Hochrechn.							21'644	18'253	4'826	5'067			
Wechselrichter und Elektroinstallation gemäss Ecoinvent	Ecoinvent v2.2										2'372				
E.2 Dachintegration mit System Solrif®: Alu-Profile und -Bleche, 30 Jahre Lebensdauer (Variante Indach, kein Rahmen gem. E.3)	Mail M. Johnson, 9.5.2013	Entsorgung = Recycling	166.037	kg					6'907	5'819	2'081	1'558			
> Herstellung Alu-Rahmen-Profil Solrif, blank	Alu-Var. gem. D	1.66 kg/m2 * 74.64 m2	123.902	kg	157.0290	131.6925	9.7086	10'048	5'404.52	4'532.51	1'202.92	1'244.99			
> Herstellung Alu-Anschlussprofile links+rechts	Alu-Var. gem. D	0.45 kg/m * 8.25 m * 2	7.425	kg	157.0290	131.6925	9.7086	10'048	323.87	271.62	72.09	74.61			
> Herstellung Alu-Blech-Abschlüsse links+rechts	Alu-Var. gem. D	0.6 kg/m * 8.25 m * 2	9.900	kg	148.2398	123.8841	9.2833	9'637	407.66	340.68	91.90	95.41			
> Herstellung Alu-Blech-Abschlüsse oben+unten	Alu-Var. gem. D	(0.85+0.65) kg/m * 9.5 m	14.250	kg	148.2398	123.8841	9.2833	9'637	586.78	490.37	132.29	137.33			
> Herstellung Montagebügel + -Schrauben: Chromnickelstahl, 37% Rec.	Ecoinvent v2.2	(0.150+0.026) kg / Modul	10.560	kg	54.6455	54.6455	54.6455	55	160.29	160.29	577.06	0.58			
> Materialtransport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	166 kg * 200 km	33.207	to km	2.3592	2.3306	0.1371	150	21.76	21.50	4.55	4.98			
> Materialtransport zu Recycling-Anlage: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	166 kg * 20 km	3.321	to km	2.3592	2.3306	0.1371	150	2.1762	2.1498	0.4553	0.4976			
E.3 Eingesparte Dachbedeckung bei Variante E.2: keine Tonziegel auf 76 m2 Dachfläche, umgerechnet auf 30 Jahre Betriebsdauer	Ökobilanz von Haus Allmend [4]	3284 kg Tonziegel mit 60 Jahre Lebensdauer --> 1642 kg in 30 Jahren	1'642	kg					2'107	2'063	652	471			
> Herstellung Tonziegel	Ecoinvent v2.2	1642 kg Tonziegel	1'642	kg	3.9126	3.8282	0.3580	229.96	1'784.58	1'746.08	587.84	377.59			
> Transport zu Haus: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1642 kg * 200 km	328	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	215.21	212.60	45.02	49.21			
> Transport zu Entsorgung Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1642 kg total * 20 km	33	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	21.52	21.26	4.50	4.92			
> Entsorgung Tonziegel (wie Entsorgung Backstein)	Baustoffliste EMPA	1642 kg Tonziegel	1'642	kg	0.1874	0.1816	0.0090	24.21	85.48	82.83	14.78	39.75			

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO2-Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO2-Äq	1000 UBP 06	
								pro Bezugseinheit		für angegebene Menge			
E.4 Rahmung der 60 Module bei den Varianten Aufdach und Flachdach: Alu-Profile, 30 Jahre Lebensdauer	Mail M. Johnson, 9.5.2013	Entsorgung = Recycling	162.000	kg					7'090	5'949	1'578	1'633	
> Herstellung Alu-Profil blank	siehe D	2,5 - 3,0 kg/Modul	162.000	kg	157.0290	131.6925	9.7086	10'048.17	7'066.31	5'926.16	1'572.80	1'627.80	
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	162 kg * 200 km	32.400	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	21.23	20.98	4.44	4.85	
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	162 kg * 20 km	3.240	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	2.12	2.10	0.44	0.49	
E.5 Montagesystem für Variante Aufdach mit 60 Modulen: Alu-Profile, 30 Jahre Lebensdauer	Mail M. Johnson, 9.5.2013	Entsorgung = Recycling	66.000	kg					2'888	2'424	643	665	
> Herstellung Alu-Profil blank	siehe D	0,8 - 1,5 kg/Modul	66.000	kg	157.03	131.69	9.71	10'048.17	2'878.87	2'414.36	640.77	663.18	
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	66 kg * 200 km	13.200	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	8.65	8.55	1.81	1.98	
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	66 kg * 20 km	1.320	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.87	0.85	0.18	0.20	
E.6 Montagesystem für Variante Flachdach mit 60 Modulen: Alu-Profile, 30 Jahre Lebensdauer	Mail M. Johnson, 9.5.2013	Entsorgung = Recycling	165.000	kg					7'221	6'059	1'607	1'663	
> Herstellung Alu-Profil blank mit 32% Rezyklat-Anteil	Siehe D	1,5 - 4,0 kg/Modul	165.000	kg	157.03	131.69	9.71	10'048.17	7'197.16	6'035.91	1'601.92	1'657.95	
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	165 kg * 200 km	33.000	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	21.63	21.36	4.52	4.94	
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	165 kg * 20 km	3.300	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	2.16	2.14	0.45	0.49	
Befestigungs-Varianten für PV-Anlage 13.2 kWp, 30 J. Lebensdauer:													
1 Dachmontage gem. Bericht ESU 2012			74.640	m ²					18'023	15'226	4'019	4'195	
2 In Dach integriert (aktuelle In-Dach-Variante)		3.1+3.2+3.6+3.7+3.8	74.640	m ²					4'800	3'756	1'429	1'087	
3 Auf bestehendem Dach montiert (aktuelle Auf-Dach-Variante)		3.1+3.3+3.4+3.6+3.7	74.640	m ²					9'978	8'373	2'220	2'298	
4 Auf Flachdach montiert (aktuelle Flachdach-Variante)		3.1+3.3+3.5+3.6+3.7	74.640	m ²					14'311	12'009	3'185	3'297	
5 Dach-Variante CH (10% In-Dach, 40% Auf-Dach, 50% Flachdach)	Mail M. Johnson, 9.5.2013		74.640	m ²					11'627	9'729	2'623	2'676	
2 <--- gewählte Befestigungs-Variante für PV-Anlage			74.640	m ²					4'800	3'756	1'429	1'087	
F. Wechselrichter+Elektroinstallation (13.2 kWp Haus Allmend [4])													
F.1 Wechselrichter gem. Ecoinvent: 5 Units zu 2500W, resp. 18,5 kg für 15 Jahre -> 185 kg für 30 Jahre	Ecoinvent v2.2	1 Unit 2500W = 18.5 kg	185.000	kg					8'960	8'299	1'758	6'234	
> Herstellung und Entsorgung Wechselrichter, 2500W, ab Werk RER	Ecoinvent v2.2	Mail ABR 23.10.12	185.000	kg	173.84	160.99	9.47	33'663	8'933.33	8'273.06	1'752.30	6'227.70	
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	185 kg * 200 km	37.000	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	24.25	23.95	5.07	5.54	
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	185 kg * 20 km	3.700	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	2.42	2.40	0.51	0.55	
F.2 Elektroinstallation für PV-Anlage gem. Ecoinvent: 13.2/3 = 4,4 Units zu 14,7 kg Cu -> 64.68 kg Cu für 30 Jahre	Ecoinvent v2.2		64.680	kg Cu					2'728	2'598	615	3'801	
> Herstellung und Entsorgung Elektroinstallationen, Photovoltaikanlage, ab Werk CH	Ecoinvent v2.2	Mail ABR 23.10.12	64.680	kg Cu	151.86	144.61	9.50	58'771	2'728.49	2'598.08	614.59	3'801.34	
F.3 Wechselrichter für PV-Anlage: 49 kg mit 15 Jahre Lebensdauer -> 98 kg für 30 Jahre	Ökobilanz von Haus Allmend [4]		98.000	kg					4'746	4'396	931	3'302	
> Herstellung und Entsorgung Wechselrichter, 2500W, ab Werk RER	Ecoinvent v2.2	1 Unit 2500W = 18.5 kg	98.000	kg	173.84	160.99	9.47	33'663	4'732.25	4'382.48	928.25	3'299.00	
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	98 kg * 200 km	19.600	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	12.84	12.69	2.69	2.94	
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	98 kg * 20 km	1.960	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	1.28	1.27	0.27	0.29	
F.4 Elektroinstallation für PV-Anlage: 11,5 kg Kupfer, 30 Jahre	Ökobilanz von Haus Allmend [4]	Cu: 4 mm2 x 222 m + 10 mm2 x 40 m	11.500	kg Cu					485	462	109	676	
> Herstellung und Entsorgung Elektroinstallationen, Photovoltaikanlage, ab Werk CH	Ecoinvent v2.2	Mail ABR 23.10.12	11.500	kg Cu	151.86	144.61	9.50	58'771.43	485.12	461.93	109.27	675.87	
Varianten für WR und Elektroinstallation, 13.2 kWp, über 30 Jahre:													
1 WR und Elektroinstallation gemäss Ecoinvent v2.2	F.1 + F.2		74.640	m ²					11'688	10'897	2'372	10'035	
2 WR und Elektroinstallation gemäss Anlage Haus Allmend	F.3 + F.4		74.640	m ²					5'232	4'858	1'040	3'978	
2 <--- gewählte Variante für WR und Elektroinstallation			74.640	m²					5'232	4'858	1'040	3'978	

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO2-Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO2-Äq	1000 UBP 06
					pro Bezugseinheit				für angegebene Menge			
G. Gesamte PV-Anlage (12,3 kWp, monokristalline Zellen)		Herstellung+Entsorgung	3.52									
PV-Module (Laminat monokristallin)									61'285	47'189	11'614	14'451
Dachbefestigung der PV-Module									4'800	3'756	1'429	1'087
Wechselrichter und Elektroinstallation									5'232	4'858	1'040	3'978
H. Solarstrom-Produktion in Haus Allmend ([4], monokrist. Zellen)												
Varianten für jährliche Solarstromproduktion:												
1 Stromproduktion gemäss Ecoinvent v2.2	Ecoinvent v2.2	922 kWh/kWp	9'342	kWh	125.16	< kWh/m ²						
2 Stromproduktion SunPower 2010, gem. Messungen 2012	Messwert (Abb.3)	SunPower E-Serie (2010)	13'984	kWh	187.35	< kWh/m ²						
3 Stromproduktion SunPower 2012, "all black" (200, resp. 185 kWh/m ²)	Umrechn. (Abb.3)	= 200*0.925*74.64	13'808	kWh	185.00	< kWh/m ²						
4 Stromproduktion SunPower 2013, gem. Messungen 2012	Umrechn. (Abb.3)	SunPower X-Serie (2013)	17'316	kWh	232.00	< kWh/m ²						
5 Stromproduktion bei nur 1000 kWh/kWp	Annahme	1000 kWh/kWp * 13.2 kWp	13'200	kWh	176.85	< kWh/m ²						
3 <--- gewählte Variante für jährliche Stromproduktion			13'808	kWh								
I. Beanspruchung des Stromnetzes durch den Solarstrom												
Solarstrom ab PV-Anlage (exkl. Beanspruchung Stromnetz)			1	kWh					1.1722	0.1347	0.0340	0.0471
Netzverluste bei Hochspannungseinspeisung	Studie [6], S.180	Netzverluste: 9.66% NS	1	kWh					0.1132	0.0130	0.0033	0.0046
Stromnetz (Netz-Infrastruktur und -Betrieb)	Studie [1]		1	kWh	0.0790	0.0667	0.0068	52.9148	0.0220	0.0185	0.0068	0.0529
Varianten zur Anrechnung von Netzverlusten:												
1 Volle Anrechnung der Netzverluste (PV-Grossanlage)			1	kWh					0.1132	0.0130	0.0033	0.0046
2 Anrechnung der Netzverluste nur zu x% (dezentrale PV-Anlage)		x = 50.0%	1	kWh					0.0566	0.0065	0.0016	0.0023
2 <--- gewählte Variante für Anrechnung von Netzverlusten			1	kWh					0.0566	0.0065	0.0016	0.0023
K. Ökobilanz Solarstrom Niederspannung (monokristalline Zellen)									Wh PE	Wh PEne	g CO2-Äq	UBP 06
PV-Module (Laminat monokristallin)			1	kWh					1'147.94	113.91	28.04	34.88
Dachmontage der PV-Anlage			1	kWh					11.59	9.07	3.45	2.62
Wechselrichter und Elektroinstallation			1	kWh					12.63	11.73	2.51	9.60
Verluste im Stromnetz			1	kWh					56.62	6.51	1.64	2.28
Stromnetz (Netz-Infrastruktur und -Betrieb)			1	kWh					21.95	18.54	6.80	52.91
Total Umweltbelastung je kWh			1	kWh					1'250.73	159.75	42.44	102.30
Ökologische Rückzahldauer im Netz UCTE			---	Jahre					11.29	1.55	2.31	5.48
Jährliche Reduktion Umweltbelastung durch Ersatz Netzstrom (UCTE NSp)			-13'808	kWh	11.96	11.12	0.55	560.00	-45'874'573	-42'652'613	-7'618'094	-7'732'704

Ökobilanz PV-Anlagen mit monokristallinen Si-Zellen

Farb-Code: Die gelb markierten Zellen enthalten Eingabewerte.

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ	MJ	kg	Anzahl	kWh	kWh	kg	1000
					PE	PEne	CO ₂ -Äq	UBP 06	PE	PEne	CO ₂ -Äq	UBP 06
					pro Bezugseinheit				für angegebene Menge			
Varianten-Definition:												
L	= zugehörige Spalte im Register "Grafik" (F, H, J, L, N, P, R)	Grafik!										
2	= Herstellertechnologie der Module	6										
3	= Hersteller der Module	10										
5	= Befestigung der Module	19										
10%	= Anteil Indach-Anlagen bei Befestigungs-Variante 1	D 20										
2	= Alu-Typ zur Befestigung	25										
2	= Elektroinstallationen	28										
4	= Stromproduktion / Effizienz	31										
2	= Beanspruchung Stromnetz	35										
50%	= Anteil der vollen Netzverluste bei dezentraler Einspeisung	D 37										
A. Länderspezifischer Strommix												
A.1 Strommix Schweiz												
a) Einspeisung ins HS-Netz:												
	Produktionsmix = Erzeugermix	Ecoinvent v2.2										
	Versorgungsmix brutto = Produktionsmix + Importmix	Ecoinvent v2.2										
	Versorgungsmix nicht zertifiziert = Versorgungsmix brutto minus zertifiz. Strom	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	9.6775	8.3588	0.1252	362.2600				
b) Verbrauchermix nicht zertifiziert, ab Netz:												
	Hochspannung Verbrauchermix ab Netz	Ecoinvent v2.2										
	Mittelspannung Verbrauchermix ab Netz	Ecoinvent v2.2										
	Niederspannung Verbrauchermix ab Netz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	10.9840	9.4890	0.1486	457.9300				
c) Netzverluste Verbrauchermix und Netzbenützung:												
	> Stromverluste im Netz total bei Niederspannungsbezug Verbrauchermix	Studie [6]	1.000	kWh	1.2320	1.0673	0.0170	45.7900				
	> Netzinfrastruktur (NS und MS, HS vernachlässigbar)	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	0.0745	0.0629	0.0064	49.8800				
	> Netzinfrastruktur mit Anpassung an Studie [1] (prop. zu CO ₂ -Äq.)	Studie [1], S. 60	1.000	kWh	0.0790	0.0667	0.0068	52.9148				
A.2 Strommix Europa (UCTE)												
	Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	10.7000	10.6000	0.5160	522.60				
	Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	11.1500	10.3700	0.5093	496.00				
	Strommix Mittelspannung Produktion UCTE	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	11.4060	10.7040	0.5315	540.90				
	Strommix ab Mittelspannungsnetz	Studie [6]	1.000	kWh	11.2700	10.4800	0.5177	506.00				
	Strommix ab Niederspannungsnetz	Studie [6]	1.000	kWh	11.9600	11.1200	0.5517	560.00				
A.3 Strommix China												
	Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	11.0860	10.3700	1.1483	994.2500				
	Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh								
	Strommix ab Mittelspannungsnetz	Studie [6]	1.000	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00				
A.4 Strommix Norwegen												
	Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh								
	Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh								
	Strommix ab Mittelspannungsnetz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.64				
A.5 Strommix USA												
	Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh								
	Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh								
	Strommix ab Mittelspannungsnetz	Studie [6]	1.000	kWh	12.8700	12.3600	0.7652	626.00				
	Stromproduktion ab Laufwasser-KW	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650				
A.6 Strommix Philippinen												
	IEA-Statistik (Mail ABR)	Anteile Stromerzeugung										
	Erdgas-Kraftwerke (Modell Mix CENTREL)	Ecoinvent v2.2	0.321	kWh	15.3420	15.3113	0.9144	429.0000	1.37	1.37	0.29	0.14
	Kohle-Kraftwerke (Modell Polen mit 50% Braunkohle, 50% Steinkohle)	Ecoinvent v2.2	0.266	kWh	13.1915	13.1255	1.1320	759.1500	0.98	0.97	0.30	0.20
	Geothermie (wie Ecoinvent: Modell Mix Wasserkraft Italien)	Ecoinvent v2.2	0.167	kWh	3.8450	0.0520	0.0050	11.0500	0.18	0.00	0.00	0.00
	Wasserkraft (Modell Mix Wasserkraft Italien)	Ecoinvent v2.2	0.158	kWh	3.8450	0.0520	0.0050	11.0500	0.17	0.00	0.00	0.00
	Erdöl-Kraftwerke (Modell UCTE)	Ecoinvent v2.2	0.087	kWh	12.4490	12.4241	0.8856	787.0000	0.30	0.30	0.08	0.07
	Produktions-Mix (ohne Netz)		1.000	kWh	10.7680	9.5065	0.6734	411.7563	2.99	2.64	0.67	0.41
	Strommix ab Mittelspannungsnetz		1.000	kWh	10.8839	9.6073	0.6846	420.0579	3.02	2.67	0.68	0.42

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO2-Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO2-Äq	1000 UBP 06
					pro Bezugsseinheit				für angegebene Menge			
B. Herstellung monokristalline Si-Module (Laminat ohne Rahmen)												
1 Module gem. Modell "Solarlaminat, single Si ab Werk" in Ecoinvent v2.2 (Herstellung in D, MG-Si aus N)	Doku von Ecoinvent v2.1	460 Mikrometer Ingot pro Wafer	1.000	m²					1'018	883	184	233
> 1 m ² Solarlaminat, single Si ab Werk beinhaltet:	Ecoinvent v2.2, (Daten 1997)	Mail ABR 23.10.12	1.000	m ²	3'664.15	3'180.20	184.05	232'870	1'017.819	883.389	184.050	232.870
>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	Herstellung Laminat	4.706	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	14.910	13.992	2.501	2.545
>>> Solarzelle Single Si	Ecoinvent v2.2	Zellen: 93,2% von Laminat	0.932	m ²								
>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	30,24 kWh/m2 Solarzelle	28.196	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	89.335	83.836	14.986	15.251
>>>>> Wafer Single Si	Ecoinvent v2.2	1,06 m2 Wafer / 1 m2 Solarzelle	0.988	m ²								
>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	8 kWh / m2 Wafer	7.907	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	25.051	23.510	4.202	4.277
>>>>>>> CZ single-Silizium, Photovoltaik (Ingot)	Ecoinvent v2.2	1,0748 kg CZ Si / m2 Wafer	1.062	kg	2'238.000	1'856.000	104.100	88777.000	660.386	547.666	110.584	94.306
>>>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	85,6 kWh / kg CZ-Si	90.931	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	288.101	270.370	48.330	49.185
>>>>>>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)	Ecoinvent v2.2	1,07 / kg CZ-Si	1.137	kg	1'030.000	733.060	45.997	27'378	325.206	231.452	52.282	31.119
>>>>>>>>>>> Strom Mittelspannung, ab Netz, NO (für MG-Si)	Ecoinvent v2.2	11 kWh / kg MG-Si (1,05 bis 1,13 kg MG-Si / kg Prod-Mix PV)	12.258	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	16.036	3.418	0.446	0.425
>>>>>>>>>>>>> Strom ab Laufwasser-KW Europa	Ecoinvent v2.2	65 kWh/kgSiS für 80,21% Prod-Mix PV + 39,2 kWh/kgSiH für 14,55% Prod-Mix PV + 10,45 kWh/kgHv für 5,22% Prod-Mix PV	66.364	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	70.696	0.793	0.248	0.697
>>>>>>>>>>>>>>> Strom aus BHKW 1 MW (Wacker?), ohne Netz	Ecoinvent v2.2	45 kWh/kgSiS für 80,21% Prod-Mix PV + 124,1 kWh/kgSiH für 14,55% Prod-Mix PV + 33,1 kWh/kgSiHv für 5,22% Prod-Mix PV	63.514	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	166.108	165.843	37.664	18.305
		Total Strombedarf-->	274	kWh / m2								
2 Module gem. Modell 1, aber mit dünneren Wafern (Herstellung in D, MG-Si aus N)	Studie [1], S. 14	380 Mikrometer Ingot pro Wafer (82,6% von 1)	1.000	m²					903	788	165	216
> 1 m ² Solarlaminat, single Si ab Werk beinhaltet:			1.000	m ²					902.912	788.095	164.808	216.461
>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	Herstellung Laminat	4.706	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	14.910	13.992	2.501	2.545
>>> Solarzelle Single Si	wie 1	Zellen: 93,2% von Laminat	0.932	m ²								
>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	30,24 kWh/m2 Solarzelle	28.196	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	89.335	83.836	14.986	15.251
>>>>> Wafer Single Si	wie 1	1,06 m2 Wafer / 1 m2 Solarzelle	0.988	m ²								
>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	8 kWh / m2 Wafer	7.907	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	25.051	23.510	4.202	4.277
>>>>>>> CZ single-Silizium, Photovoltaik (Ingot)	(190+190 nm) vs	82,6% von 1	0.877	kg	2'238.000	1'856.000	104.100	88777.000	545.479	452.372	91.342	77.997
>>>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung		82,6% von 1	75.109	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	237.972	223.325	39.921	40.627
>>>>>>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)		82,6% von 1	0.939	kg	1'030.000	733.060	45.997	27'378.00	268.620	191.179	43.185	25.704
>>>>>>>>>>> Strom Mittelspannung, ab Netz, Norw. (für MG-Si)		82,6% von 1	10.125	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	13.246	2.823	0.369	0.351
>>>>>>>>>>>>> Strom Laufwasser-KW (Wacker), ohne Netz		82,6% von 1	54.816	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	58.395	0.655	0.204	0.576
>>>>>>>>>>>>>>> Strom aus BHKW 1 MW (Wacker), ohne Netz		82,6% von 1	52.463	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	137.205	136.986	31.110	15.120
		Total Strombedarf-->	233	kWh / m2								
3 Module gem. Modell 1, aber mit dünneren Wafern und Sägestaub-Recycling (Herstellung in D, MG-Si aus N)	Hinweis aus Studie [1], S. 14	190 Mikrometer Ingot pro Wafer (41,3% von 1)	1.000	m²					769	693	143	204
> 1 m ² Solarlaminat, single Si ab Werk beinhaltet:			1.000	m ²					768.602	692.505	143.216	203.609
>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	Herstellung Laminat	4.706	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	14.910	13.992	2.501	2.545
>>> Solarzelle Single Si	wie 1	Zellen: 93,2% von Laminat	0.932	m ²								
>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	30,24 kWh/m2 Solarzelle	28.196	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	89.335	83.836	14.986	15.251
>>>>> Wafer Single Si	wie 1	1,06 m2 Wafer / 1 m2 Solarzelle	0.988	m ²								
>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	8 kWh / m2 Wafer	7.907	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	25.051	23.510	4.202	4.277
>>>>>>> CZ single-Silizium, Photovoltaik (Ingot)		wie 2	0.877	kg								
>>>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung		wie 2	75.109	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	237.972	223.325	39.921	40.627
>>>>>>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)		50% von 2	0.469	kg	1'030.000	733.060	45.997	27'378.000	134.310	95.590	21.593	12.852
>>>>>>>>>>> Strom Mittelspannung, ab Netz, Norw. (für MG-Si)		50% von 2	5.063	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	6.623	1.412	0.184	0.175
>>>>>>>>>>>>> Strom Laufwasser-KW (Wacker?), ohne Netz		50% von 2	27.408	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	29.197	0.327	0.102	0.288
>>>>>>>>>>>>>>> Strom aus BHKW 1 MW (Wacker?), ohne Netz		50% von 2	26.231	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	68.602	68.493	15.555	7.560
		Total Strombedarf-->	175	kWh / m2								

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO2-Äq	Anzahl UBp 06	für angegebene Menge							
									kWh PE	kWh PEne	kg CO2-Äq	1000 UBp 06				
2 <--- gewählte Variante für Herstellung PV-Module (Laminat)					1.000	m²	pro Bezugseinheit				903	788	165	216		
Herstellung ab Polysilizium: Strommix UCTE, Mittelspannung					115.918	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	367.267	344.663	61.611	62.700		
Herstellung MG-Silizium: Strommix Norwegen, Mittelspannung					10.125	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	13.246	2.823	0.369	0.351		
Herstellung Polysilizium: Strom Laufwasser-KW (ohne Netz)					54.816	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	58.395	0.655	0.204	0.576		
Herstellung Polysilizium: Strom BHKW (1 MW ohne Netz)					52.463	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	137.205	136.986	31.110	15.120		
Total Strombedarf-->					233	kWh / m2										
C. Strommix und Herstellort der Si-Module (Laminat o. Rahmen)																
1 Herstelltechnologie, Strommix und Herstellort wie in Studie [1] (PV-Anl. 3 kWp, 22,1 m2)					1	m²					950	837	223	268		
Herstellung Solarlaminat					Studie [1], S.49	922 kWh / kWp Jahr	82'980	kWh		0.0650			5'394			
						inkl. Netzverluste	1	m ²					244			
						exkl. 9,66% Netzverluste	1	m ²			950	837	223	268		
2 Herstellung in Deutschland, MG-Silizium aus N (Strommixe wie Modell "Solarlaminat, single Si ab Werk" in Ecoinvent v2.2)					1.000	m²					911	796	166	218		
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen					Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12.060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen					Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.8400	0.158	0.156	0.033	0.036
3 Laminat-Herstellung in Europa (Strommixe wie in Studie [1]: Reinst-Silizium aus D, USA, N)					1.000	m²					890	760	158	211		
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk beinhaltet:						1.000	m ²				882.133	751.989	156.480	209.313		
>>>> Strom für Herstellung ab Polysilizium (UCTE Mittelsp.)					ESU 2013	aktualisierter Mix UCTE	115.918	kWh	11.2700	10.4800	0.5177	506.0000	362.888	337.451	60.011	58.655
>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)																
>>>>> Strom für MG-Si: 75% für europ. Polysilizium						Ann.: Mix Norw., Mittelsp.	7.594	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.6400	9.934	2.117	0.276	0.263
>>>>> Strom für MG-Si: 25% USA-Polysilizium						Ann.: Mix Norw., Mittelsp.	2.531	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.6400	3.311	0.706	0.092	0.088
>>>>> Strom für Reinst-Si: Mix Norwegen Mittelspannung					Studie [1], S.13/15	9% Strommix Norwegen	9.655	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.6400	12.631	2.692	0.351	0.334
>>>>> Strom für Reinst-Si: Laufwasser-KW USA, o. Netz					Studie [1], S.13/15	53,4% Laufwasser-KW	57.287	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650	61.076	0.731	0.315	0.634
>>>>> Strom für Reinst-Si: BHKW 1 MW, ohne Netz					Studie [1], S.13/15	37,6% BHKW-Strom	40.337	kWh	9.4150	9.4000	0.5930	288.2000	105.492	105.324	23.920	11.625
> Transport Reinst-Si mit Schiff aus USA (10'000 km)					Studie [1], S.13/15	1,07 kg/m2 für 25% Module	2.675	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	0.126	0.124	0.029	0.048
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen					Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12.060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen					Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036
Total Strombedarf-->						233	kWh / m ²									
4 Laminat-Herstellung in China, Reinst-Silizium aus China (wie in Studie [1])					1.000	m²					1'065	986	348	380		
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk					siehe oben	geänderter Strommix	1.000	m ²				1'044.914	965.992	343.078	373.136	
>> Strommix China, Mittelspannung (für Module, PV-Zellen und Si CZ)					siehe oben		115.918	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	356.770	329.401	134.917	116.961
>> Strommix China, Mittelspannung (für Polysilizium = Reinst-Si)					siehe oben		117.404	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	361.344	333.624	136.647	118.461
> Transport von China nach D: 22'000 km mit Schiff					Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	265.320	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	12.507	12.330	2.839	4.797
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen					Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12.060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen					Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036
Total Strombedarf-->						233	kWh / m2									
5 Laminat-Herstellung in Philippinen, Reinst-Silizium 100% aus USA (Annahme für Module von SunPower)					1.000	m²					821	632	156	194		
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk					siehe oben	geänderter Strommix	1.000	m ²				802.426	613.818	151.512	187.705	
>> Strommix Philippinen, Mittelspannung (für Modulherstellung)					siehe oben		115.918	kWh	10.8839	9.6073	0.6846	420.06	350.457	309.352	79.353	48.692
>> Strommix China, Mittelspannung (für Polysilizium = Reinst-Si)					siehe oben		0.000	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	0.000	0.000	0.000	0.000
>> Strom Wasserkraft USA, ohne Netz (für Polysilizium = Reinst-Si)					siehe oben	siehe Var. 3	117.404	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650	125.169	1.499	0.645	1.299
> Transport Reinst-Si mit Schiff aus USA oder China (durchschn. 7'000 km)					Ecoinvent v2.2	1,07 kg/m2	7.490	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	0.353	0.348	0.080	0.135
> Transport von Philippinen nach D: 18'000 km mit Schiff					Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	217.080	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	10.233	10.088	2.323	3.925
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen					Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12.060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen					Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036
6 Laminat-Herstellung in Philippinen, Reinst-Silizium 50% aus USA und 50% aus China					1.000	m²					939	798	224	252		
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk					siehe oben	geänderter Strommix	1.000	m ²				920.513	779.880	219.513	246.286	
>> Strommix Philippinen, Mittelspannung (für Modulherstellung)					siehe oben		115.918	kWh	10.8839	9.6073	0.6846	420.06	350.457	309.352	79.353	48.692
>> Strommix China, Mittelspannung (für Polysilizium = Reinst-Si)					siehe oben		58.702	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	180.672	166.812	68.323	59.230
>> Strom Wasserkraft USA, ohne Netz (für Polysilizium = Reinst-Si)					siehe oben	siehe Var. 3	58.702	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650	62.585	0.749	0.322	0.650
> Transport Reinst-Si mit Schiff aus USA oder China (durchschn. 7'000 km)					Ecoinvent v2.2	1,07 kg/m2	7.490	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	0.353	0.348	0.080	0.135
> Transport von Philippinen nach D: 18'000 km mit Schiff					Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	217.080	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	10.233	10.088	2.323	3.925
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen					Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12.060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen					Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO ₂ -Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO ₂ -Äq	1000 UBP 06
	pro Bezugsseinheit								für angegebene Menge			
7 Mix gem. Studie [1]: 66% Laminat aus Europa (siehe 3) sowie 34% Laminat aus China (siehe 4)	Studie [1], S.15		1.000	m ²					950	837	223	269
8 Mix inkl. Philippinen: 56% Laminat aus Europa (siehe 3), 10% Laminat aus Philippinen (siehe 6) sowie 34% Laminat aus China (siehe 4)	Mail M. Johnson, 9.5.2013	10% Marktanteil Sunpower (Philippin.)	1.000	m ²					955	841	229	273
3 <--- gewählte Variante für Herstellungsort PV-Module (Laminat)			1.000	m ²	3'205.15	2'736.28	158.19	211'204	890	760	158	211
		13.2 kWp Haus Allmend	74.640	m ²	3'205.15	2'736.28	158.19	211'204	66'454	56'732	11'808	15'764
Berechnung wie in Studie [1]: Varianten 2 und 7 eingeben und hier hin übertragen			1.000	m ²					950	837	223	269
Solarstromproduktion (ohne Netzverluste, über 30 Jahre)	Ecoinvent v2.2	922 kWh/kWp * 3 kWp	82'980	kWh					20'992	18'497	4'919	5'934
Solarstrom Niederspannung ohne Netzverluste (pro kWh)			1	kWh					0.2530	0.2229	0.0593	0.0715
Netzverluste bei Hochspannungseinspeisung	Studie [6], S.180	Netzverluste: 9,66% NS	1	kWh					0.0244	0.0215	0.0057	0.0069
Solarstrom inkl. Netzverluste berechnet wie Studie [1]									0.2774	0.2444	0.0650	0.0784
Wert gemäss Studie [1] Seite 49 (mono-kristallines Laminat)											0.0650	
D. Alu-Varianten für Befestigung der PV-Module:												
1 Alu mit 32% Recycling-Anteil (Europ. Mittelwert der Baubranche)												
> Herstellung Alu-Profil, blank mit 32% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	156.5572	131.2264	9.6812	10'018	43.49	36.45	9.68	10.02
> Herstellung Alu-Blech, blank, mit 32% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	147.7680	123.4180	9.2559	9'607	41.05	34.28	9.26	9.61
2 Alu mit 80% Recycling-Anteil (z.B. von Hydro Aluminium Nenzing GmbH)	Bestätigung Hydro Alu											
> Herstellung Alu-Profil, blank mit 80% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	78.2040	68.1977	4.6098	7'080	21.72	18.94	4.61	7.08
> Herstellung Alu-Blech, blank, 80% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	69.4147	60.3893	4.1845	6'669	19.28	16.77	4.18	6.67
3 Alu mit 100% Recycling-Anteil (maximaler Recycling-Anteil?)												
> Herstellung Alu-Profil, blank mit 100% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	44.1661	40.6180	2.4103	5'530	12.27	11.28	2.41	5.53
> Herstellung Alu-Blech, blank, 100% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	35.3769	32.8095	1.9850	5'119	9.83	9.11	1.98	5.12
+ Für alle Varianten:												
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2		0.200	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.131	0.129	0.027	0.030
2 <--- gewählte Alu-Variante für Montagesystem der PV-Anlage												
> Herstellung Alu-Profil, blank			1.000	kg	78.6758	68.6638	4.6372	7'110	21.85	19.07	4.64	7.11
> Herstellung Alu-Blech, blank			1.000	kg	69.8866	60.8554	4.2119	6'699	19.41	16.90	4.21	6.70
E. Befestigung der PV-Module (13.2 kWp Haus Allmend [4])												
E.1 Modulbefestigung gem. Studie [1]: Annahme für CH (x% Laminat = Indach; Rest: Paneel = Aufdach und Flachdach)												
a) Modulbefestigung Indach (=Laminat)												
Dachbefestigung, Wechselrichter und Elektroinstallation	Studie [1], S.49	inkl. Netzverluste	280'255	kWh			0.0197		11'904	10'314	2'662	2'552
	Studie [6], S.180	exkl. 9,66% Netzverluste	280'255	kWh							5'035	
Schrägdachkonstruktion gemäss Ecoinvent (In-Dach, keine Modulrahmung)	Ecoinvent v2.2	Kontrolle und Hochrechn.	74.640	m2	581.32	503.66	36.11	34'617	12'053	10'443	2'695	2'584
Wechselrichter und Elektroinstallation gemäss Ecoinvent	Ecoinvent v2.2										2'372	
b) Modulbefestigung Mix Aufdach und Flachdach (=Paneel)												
Dachbefestigung inkl. Rahmen, Wechselrichter und Elektroinstallation	Studie [1], S.49	inkl. Netzverluste	280'255	kWh			0.0256		18'912	16'130	4'170	4'888
	Studie [6], S.180	exkl. 9,66% Netzverluste	280'255	kWh							6'543	
Schrägdachkonstruktion Aufdach gem. Ecoinvent (exkl. Rahmung Module)	Ecoinvent v2.2	Auf Dach	74.640	m2	631.11	534.15	39.13	41'463	13'085	11'075	2'921	3'095
Alu-Rahmung Paneel: 2,629 kg Alu-Profil / m2	Ecoinvent v2.2		196.229	kg	78.68	68.66	4.64	7'110	4'288	3'743	910	1'395
Total Modulbefestigung Aufdach (höherer Wert als Mix Auf-/Flach-Dach)	Ecoinvent v2.2	Kontrolle und Hochrechn.							17'373	14'817	3'831	4'490
Wechselrichter und Elektroinstallation gemäss Ecoinvent	Ecoinvent v2.2										2'372	
E.2 Dachintegration mit System Solrif®: Alu-Profile und -Bleche, 30 Jahre Lebensdauer (Variante Indach, kein Rahmen gem. E.3)												
Mail M. Johnson, 9.5.2013		Entsorgung = Recycling	166.037	kg					3'523	3'097	1'293	1'102
> Herstellung Alu-Rahmen-Profil Solrif, blank	Alu-Var. gem. D	1.66 kg/m2 * 74.64 m2	123.902	kg	78.6758	68.6638	4.6372	7'110	2'707.81	2'363.22	574.56	880.90
> Herstellung Alu-Anschlussprofile links+rechts	Alu-Var. gem. D	0.45 kg/m * 8.25 m * 2	7.425	kg	78.6758	68.6638	4.6372	7'110	162.27	141.62	34.43	52.79
> Herstellung Alu-Blech-Abschlüsse links+rechts	Alu-Var. gem. D	0.6 kg/m * 8.25 m * 2	9.900	kg	69.8866	60.8554	4.2119	6'699	192.19	167.35	41.70	66.32
> Herstellung Alu-Blech-Abschlüsse oben+unten	Alu-Var. gem. D	(0.85+0.65) kg/m * 9.5 m	14.250	kg	69.8866	60.8554	4.2119	6'699	276.63	240.89	60.02	95.46
> Herstellung Montagebügel +-Schrauben: Chromnickelstahl, 37% Rec.	Ecoinvent v2.2	(0.150+0.026) kg / Modul	10.560	kg	54.6455	54.6455	54.6455	55	160.29	160.29	577.06	0.58
> Materialtransport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	166 kg * 200 km	33.207	to km	2.3592	2.3306	0.1371	150	21.76	21.50	4.55	4.98
> Materialtransport zu Recycling-Anlage: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	166 kg * 20 km	3.321	to km	2.3592	2.3306	0.1371	150	2.1762	2.1498	0.4553	0.4976

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO2-Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO2-Äq	1000 UBP 06	
								pro Bezugsseinheit					für angegebene Menge
E.3	Eingesparte Dachbedeckung bei Variante E.2: keine Tonziegel auf 76 m2 Dachfläche, umgerechnet auf 30 Jahre Betriebsdauer												
	Ökobilanz von Haus Allmend [4]	3284 kg Tonziegel mit 60 Jahre Lebensdauer --> 1642 kg in 30 Jahren	1'642	kg					2'107	2'063	652	471	
	> Herstellung Tonziegel	Ecoinvent v2.2	1642	kg	3.9126	3.8282	0.3580	229.96	1'784.58	1'746.08	587.84	377.59	
	> Transport zu Haus: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1642	kg * 200 km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	215.21	212.60	45.02	49.21	
	> Transport zu Entsorgung Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1642	kg total * 20 km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	21.52	21.26	4.50	4.92	
	> Entsorgung Tonziegel (wie Entsorgung Backstein)	Baustoffliste EMPA	1642	kg	0.1874	0.1816	0.0090	24.21	85.48	82.83	14.78	39.75	
E.4	Rahmung der 60 Module bei den Varianten Aufdach und Flachdach: Alu-Profile, 30 Jahre Lebensdauer												
	Mail M. Johnson, 9.5.2013	Entsorgung = Recycling	162.000	kg					3'564	3'113	756	1'157	
	> Herstellung Alu-Profil blank	siehe D	162.000	kg	78.6758	68.6638	4.6372	7'109.65	3'540.41	3'089.87	751.23	1'151.76	
	> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	162	kg * 200 km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	21.23	20.98	4.44	4.85	
	> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	162	kg * 20 km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	2.12	2.10	0.44	0.49	
E.5	Montagesystem für Variante Aufdach mit 60 Modulen: Alu-Profile, 30 Jahre Lebensdauer												
	Mail M. Johnson, 9.5.2013	Entsorgung = Recycling	66.000	kg					1'452	1'268	308	471	
	> Herstellung Alu-Profil blank	siehe D	66.000	kg	78.68	68.66	4.64	7'109.65	1'442.39	1'258.84	306.06	469.24	
	> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	66	kg * 200 km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	8.65	8.55	1.81	1.98	
	> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	66	kg * 20 km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.87	0.85	0.18	0.20	
E.6	Montagesystem für Variante Flachdach mit 60 Modulen: Alu-Profile, 30 Jahre Lebensdauer												
	Mail M. Johnson, 9.5.2013	Entsorgung = Recycling	165.000	kg					3'630	3'171	770	1'179	
	> Herstellung Alu-Profil blank mit 32% Rezyklat-Anteil	Siehe D	165.000	kg	78.68	68.66	4.64	7'109.65	3'605.97	3'147.09	765.14	1'173.09	
	> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	165	kg * 200 km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	21.63	21.36	4.52	4.94	
	> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	165	kg * 20 km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	2.16	2.14	0.45	0.49	
Befestigungs-Varianten für PV-Anlage 13.2 kWp, 30 J. Lebensdauer:													
	1 Dachmontage gem. Bericht ESU 2012		74.640	m ²					18'211	15'548	4'019	4'654	
	2 In Dach integriert (aktuelle In-Dach-Variante)	3.1+3.2+3.6+3.7+3.8	74.640	m ²					1'416	1'034	641	630	
	3 Auf bestehendem Dach montiert (aktuelle Auf-Dach-Variante)	3.1+3.3+3.4+3.6+3.7	74.640	m ²					5'016	4'381	1'064	1'629	
	4 Auf Flachdach montiert (aktuelle Flachdach-Variante)	3.1+3.3+3.5+3.6+3.7	74.640	m ²					7'194	6'284	1'526	2'336	
	5 Dach-Variante CH (10% In-Dach, 40% Auf-Dach, 50% Flachdach)	Mail M. Johnson, 9.5.2013	74.640	m ²					5'745	4'998	1'253	1'882	
	5 <--- gewählte Befestigungs-Variante für PV-Anlage		74.640	m ²					5'745	4'998	1'253	1'882	
F.	Wechselrichter+Elektroinstallation (13.2 kWp Haus Allmend [4])												
	Herstellung+Entsorgung												
F.1	Wechselrichter gem. Ecoinvent: 5 Units zu 2500W, resp. 18,5 kg für 15 Jahre --> 185 kg für 30 Jahre												
	Ecoinvent v2.2	1 Unit 2500W = 18.5 kg	185.000	kg					8'960	8'299	1'758	6'234	
	> Herstellung und Entsorgung Wechselrichter, 2500W, ab Werk RER	Mail ABR 23.10.12	185.000	kg	173.84	160.99	9.47	33'663	8'933.33	8'273.06	1'752.30	6'227.70	
	> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	185	kg * 200 km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	24.25	23.95	5.07	5.54	
	> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	185	kg * 20 km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	2.42	2.40	0.51	0.55	
F.2	Elektroinstallation für PV-Anlage gem. Ecoinvent: 13.2/3 = 4,4 Units zu 14,7 kg Cu --> 64.68 kg Cu für 30 Jahre												
	Ecoinvent v2.2		64.680	kg Cu					2'728	2'598	615	3'801	
	> Herstellung und Entsorgung Elektroinstallationen, Photovoltaikanlage, ab Werk CH	Mail ABR 23.10.12	64.680	kg Cu	151.86	144.61	9.50	58'771	2'728.49	2'598.08	614.59	3'801.34	
F.3	Wechselrichter für PV-Anlage: 49 kg mit 15 Jahre Lebensdauer --> 98 kg für 30 Jahre												
	Ökobilanz von Haus Allmend [4]		98.000	kg					4'746	4'396	931	3'302	
	> Herstellung und Entsorgung Wechselrichter, 2500W, ab Werk RER	Ecoinvent v2.2	1 Unit 2500W = 18.5 kg	98.000	kg	173.84	160.99	9.47	33'663	4'732.25	4'382.48	928.25	
	> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	98	kg * 200 km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	12.84	12.69	2.69	2.94	
	> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	98	kg * 20 km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	1.28	1.27	0.27	0.29	
F.4	Elektroinstallation für PV-Anlage: 11,5 kg Kupfer, 30 Jahre												
	Ökobilanz von Haus Allmend [4]	Cu: 4 mm2 x 222 m + 10 mm2 x 40 m	11.500	kg Cu					485	462	109	676	
	> Herstellung und Entsorgung Elektroinstallationen, Photovoltaikanlage, ab Werk CH	Mail ABR 23.10.12	11.500	kg Cu	151.86	144.61	9.50	58'771.43	485.12	461.93	109.27	675.87	
Varianten für WR und Elektroinstallation, 13.2 kWp, über 30 Jahre:													
	1 WR und Elektroinstallation gemäss Ecoinvent v2.2	F.1 + F.2	74.640	m ²					11'688	10'897	2'372	10'035	
	2 WR und Elektroinstallation gemäss Anlage Haus Allmend	F.3 + F.4	74.640	m ²					5'232	4'858	1'040	3'978	
	2 <--- gewählte Variante für WR und Elektroinstallation		74.640	m ²					5'232	4'858	1'040	3'978	

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO ₂ -Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO ₂ -Äq	1000 UBP 06
					pro Bezugsseinheit				für angegebene Menge			
G. Gesamte PV-Anlage (12,3 kWp, monokristalline Zellen)		Herstellung+Entsorgung										
			3.52									
PV-Module (Laminat monokristallin)									66'454	56'732	11'808	15'764
Dachbefestigung der PV-Module									5'745	4'998	1'253	1'882
Wechselrichter und Elektroinstallation									5'232	4'858	1'040	3'978
H. Solarstrom-Produktion in Haus Allmend ([4], monokrist. Zellen)												
Varianten für jährliche Solarstromproduktion:												
1 Stromproduktion gemäss Ecoinvent v2.2	Ecoinvent v2.2	922 kWh/kWp	9'342	kWh	125.16	< kWh/m ²						
2 Stromproduktion SunPower 2010, gem. Messungen 2012	Messwert (Abb.3)	SunPower E-Serie (2010)	13'984	kWh	187.35	< kWh/m ²						
3 Stromproduktion SunPower 2012,"all black" (200, resp. 185 kWh/m ²)	Umrechn. (Abb.3)	= 200*0.925*74.64	13'808	kWh	185.00	< kWh/m ²						
4 Stromproduktion SunPower 2013, gem. Messungen 2012	Umrechn. (Abb.3)	SunPower X-Serie (2013)	17'316	kWh	232.00	< kWh/m ²						
5 Stromproduktion bei nur 1000 kWh/kWp	Annahme	1000 kWh/kWp * 13.2 kWp	13'200	kWh	176.85	< kWh/m ²						
4 <--- gewählte Variante für jährliche Stromproduktion			17'316	kWh								
I. Beanspruchung des Stromnetzes durch den Solarstrom												
Solarstrom ab PV-Anlage (exkl. Beanspruchung Stromnetz)			1	kWh					1.1490	0.1282	0.0271	0.0416
Netzverluste bei Hochspannungseinspeisung	Studie [6], S.180	Netzverluste: 9.66% NS	1	kWh					0.1110	0.0124	0.0026	0.0040
Stromnetz (Netz-Infrastruktur und -Betrieb)	Studie [1]		1	kWh	0.0790	0.0667	0.0068	52.9148	0.0220	0.0185	0.0068	0.0529
			1	kWh								
			1	kWh								
Varianten zur Anrechnung von Netzverlusten:												
1 Volle Anrechnung der Netzverluste (PV-Grossanlage)			1	kWh					0.1110	0.0124	0.0026	0.0040
2 Anrechnung der Netzverluste nur zu x% (dezentrale PV-Anlage)		x = 50.0%	1	kWh					0.0555	0.0062	0.0013	0.0020
2 <--- gewählte Variante für Anrechnung von Netzverlusten			1	kWh					0.0555	0.0062	0.0013	0.0020
K. Ökobilanz Solarstrom Niederspannung (monokristalline Zellen)												
PV-Module (Laminat monokristallin)			1	kWh					1'127.92	109.21	22.73	30.35
Dachmontage der PV-Anlage			1	kWh					11.06	9.62	2.41	3.62
Wechselrichter und Elektroinstallation			1	kWh					10.07	9.35	2.00	7.66
Verluste im Stromnetz			1	kWh					55.50	6.19	1.31	2.01
Stromnetz (Netz-Infrastruktur und -Betrieb)			1	kWh					21.95	18.54	6.80	52.91
Total Umweltbelastung je kWh			1	kWh					1'226.50	152.91	35.25	96.55
Ökologische Rückzahldauer im Netz UCTE			---	Jahre					11.08	1.49	1.92	5.17
Jährliche Reduktion Umweltbelastung durch Ersatz Netzstrom (UCTE NSp)			-17'316	kWh	11.96	11.12	0.55	560.00	-57'529'195	-53'488'683	-9'553'502	-9'697'229

Ökobilanz PV-Anlagen mit monokristallinen Si-Zellen

Farb-Code: Die gelb markierten Zellen enthalten Eingabewerte.

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	pro Bezugsseinheit				für angegebene Menge				
					MJ PE	MJ PEne	kg CO2-Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO2-Äq	1000 UBP 06	
Varianten-Definition:													
N		zugehörige Spalte im Register "Grafik" (F, H, J, L, N, P, R)			N								
3		Herstellertechnologie der Module											
3		Herstellort der Module											
5		Befestigung der Module											
10%	D	Anteil Indach-Anlagen bei Befestigungs-Variante 1											
2		Altu-Typ zur Befestigung											
2		Elektroinstallationen											
4		Stromproduktion / Effizienz											
2		Beanspruchung Stromnetz											
50%	D	Anteil der vollen Netzverluste bei dezentraler Einspeisung											
A. Länderspezifischer Strommix													
A.1 Strommix Schweiz													
a) Einspeisung ins HS-Netz:													
		Produktionsmix = Erzeugermix	Ecoinvent v2.2										
		Versorgungsmix brutto = Produktionsmix + Importmix	Ecoinvent v2.2										
		Versorgungsmix nicht zertifiziert = Versorgungsmix brutto minus zertifiz. Strom	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	9.6775	8.3588	0.1252	362.2600				
b) Verbrauchermix nicht zertifiziert, ab Netz:													
		Hochspannung Verbrauchermix ab Netz	Ecoinvent v2.2										
		Mittelspannung Verbrauchermix ab Netz	Ecoinvent v2.2										
		Niederspannung Verbrauchermix ab Netz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	10.9840	9.4890	0.1486	457.9300				
c) Netzverluste Verbrauchermix und Netzenbenützung:													
		> Stromverluste im Netz total bei Niederspannungsbezug Verbrauchermix	Studie [6]	1.000	kWh	1.2320	1.0673	0.0170	45.7900				
		> Netzinfrastruktur (NS und MS, HS vernachlässigbar)	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	0.0745	0.0629	0.0064	49.8800				
		> Netzinfrastruktur mit Anpassung an Studie [1] (prop. zu CO2-Äq.)	Studie [1], S. 60	1.000	kWh	0.0790	0.0667	0.0068	52.9148				
A.2 Strommix Europa (UCTE)													
		Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	10.7000	10.6000	0.5160	522.60				
		Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	11.1500	10.3700	0.5093	496.00				
		Strommix Mittelspannung Produktion UCTE	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	11.4060	10.7040	0.5315	540.90				
		Strommix ab Mittelspannungsnetz	Studie [6]	1.000	kWh	11.2700	10.4800	0.5177	506.00				
		Strommix ab Niederspannungsnetz	Studie [6]	1.000	kWh	11.9600	11.1200	0.5517	560.00				
A.3 Strommix China													
		Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	11.0860	10.3700	1.1483	994.2500				
		Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh								
		Strommix ab Mittelspannungsnetz	Studie [6]	1.000	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00				
A.4 Strommix Norwegen													
		Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh								
		Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh								
		Strommix ab Mittelspannungsnetz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.64				
A.5 Strommix USA													
		Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh								
		Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh								
		Strommix ab Mittelspannungsnetz	Studie [6]	1.000	kWh	12.8700	12.3600	0.7652	626.00				
		Stromproduktion ab Laufwasser-KW	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650				
A.6 Strommix Philippinen													
		IEA-Statistik (Mail ABR)	Anteile Stromerzeugung										
		Erdgas-Kraftwerke (Modell Mix CENTREL)	Ecoinvent v2.2	0.321	kWh	15.3420	15.3113	0.9144	429.0000	1.37	1.37	0.29	0.14
		Kohle-Kraftwerke (Modell Polen mit 50% Braunkohle, 50% Steinkohle)	Ecoinvent v2.2	0.266	kWh	13.1915	13.1255	1.1320	759.1500	0.98	0.97	0.30	0.20
		Geothermie (wie Ecoinvent: Modell Mix Wasserkraft Italien)	Ecoinvent v2.2	0.167	kWh	3.8450	0.0520	0.0050	11.0500	0.18	0.00	0.00	0.00
		Wasserkraft (Modell Mix Wasserkraft Italien)	Ecoinvent v2.2	0.158	kWh	3.8450	0.0520	0.0050	11.0500	0.17	0.00	0.00	0.00
		Erdöl-Kraftwerke (Modell UCTE)	Ecoinvent v2.2	0.087	kWh	12.4490	12.4241	0.8856	787.0000	0.30	0.30	0.08	0.07
		Produktions-Mix (ohne Netz)	Mittelwert	1.000	kWh	10.7680	9.5065	0.6734	411.7563	2.99	2.64	0.67	0.41
		Strommix ab Mittelspannungsnetz		1.000	kWh	10.8839	9.6073	0.6846	420.0579	3.02	2.67	0.68	0.42

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO ₂ -Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO ₂ -Äq	1000 UBP 06
					pro Bezugsseinheit				für angegebene Menge			
B. Herstellung monokristalline Si-Module (Laminat ohne Rahmen)												
1 Module gem. Modell "Solarlaminat, single Si ab Werk" in Ecoinvent v2.2 (Herstellung in D, MG-Si aus N)												
	Doku von Ecoinvent v2.1	460 Mikrometer Ingot pro Wafer	1.000	m ²					1'018	883	184	233
> 1 m ² Solarlaminat, single Si ab Werk beinhaltet:	Ecoinvent v2.2, (Daten 1997)	Mail ABR 23.10.12	1.000	m ²	3'664.15	3'180.20	184.05	232'870	1'017.819	883.389	184.050	232.870
>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	Herstellung Laminat	4.706	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	14.910	13.992	2.501	2.545
>>> Solarzelle Single Si	Ecoinvent v2.2	Zellen: 93,2% von Laminat	0.932	m ²								
>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	30,24 kWh/m ² Solarzelle	28.196	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	89.335	83.836	14.986	15.251
>>>>> Wafer Single Si	Ecoinvent v2.2	1,06 m ² Wafer / 1 m ² Solarzelle	0.988	m ²								
>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	8 kWh / m ² Wafer	7.907	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	25.051	23.510	4.202	4.277
>>>>>>> CZ single-Silizium, Photovoltaik (Ingot)	Ecoinvent v2.2	1,0748 kg CZ Si / m ² Wafer	1.062	kg	2'238.000	1'856.000	104.100	88777.000	660.386	547.666	110.584	94.306
>>>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	85,6 kWh / kg CZ-Si	90.931	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	288.101	270.370	48.330	49.185
>>>>>>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)	Ecoinvent v2.2	1,07 / kg Cz-Si	1.137	kg	1'030.000	733.060	45.997	27'378	325.206	231.452	52.282	31.119
>>>>>>>>>>> Strom Mittelspannung, ab Netz, NO (für MG-Si)	Ecoinvent v2.2	11 kWh / kg MG-Si (1,05 bis 1,13 kg MG-Si / kg Prod-Mix PV)	12.258	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	16.036	3.418	0.446	0.425
>>>>>>>>>>>>> Strom ab Laufwasser-KW Europa	Ecoinvent v2.2	65 kWh/kgSiS für 80,21% Prod-Mix PV + 39,2 kWh/kgSiH für 14,55% Prod-Mix PV + 10,45 kWh/kgHv für 5,22% Prod-Mix PV	66.364	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	70.696	0.793	0.248	0.697
>>>>>>>>>>>>>>> Strom aus BHKW 1 MW (Wacker?), ohne Netz	Ecoinvent v2.2	45 kWh/kgSiS für 80,21% Prod-Mix PV + 124,1 kWh/kgSiH für 14,55% Prod-Mix PV + 33,1 kWh/kgSiHv für 5,22% Prod-Mix PV	63.514	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	166.108	165.843	37.664	18.305
		Total Strombedarf-->	274	kWh / m ²								
2 Module gem. Modell 1, aber mit dünneren Wafern (Herstellung in D, MG-Si aus N)												
	Studie [1], S. 14	380 Mikrometer Ingot pro Wafer (82,6% von 1)	1.000	m ²					903	788	165	216
> 1 m ² Solarlaminat, single Si ab Werk beinhaltet:			1.000	m ²					902.912	788.095	164.808	216.461
>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	Herstellung Laminat	4.706	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	14.910	13.992	2.501	2.545
>>> Solarzelle Single Si	wie 1	Zellen: 93,2% von Laminat	0.932	m ²								
>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	30,24 kWh/m ² Solarzelle	28.196	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	89.335	83.836	14.986	15.251
>>>>> Wafer Single Si	wie 1	1,06 m ² Wafer / 1 m ² Solarzelle	0.988	m ²								
>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	8 kWh / m ² Wafer	7.907	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	25.051	23.510	4.202	4.277
>>>>>>> CZ single-Silizium, Photovoltaik (Ingot)	(190+190 nm) vs	82,6% von 1	0.877	kg	2'238.000	1'856.000	104.100	88777.000	545.479	452.372	91.342	77.897
>>>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung		82,6% von 1	75.109	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	237.972	223.325	39.921	40.627
>>>>>>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)		82,6% von 1	0.939	kg	1'030.000	733.060	45.997	27'378.00	268.620	191.179	43.185	25.704
>>>>>>>>>>> Strom Mittelspannung, ab Netz, Norw. (für MG-Si)		82,6% von 1	10.125	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	13.246	2.823	0.369	0.351
>>>>>>>>>>>>> Strom Laufwasser-KW (Wacker?), ohne Netz		82,6% von 1	54.816	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	58.395	0.655	0.204	0.576
>>>>>>>>>>>>>>> Strom aus BHKW 1 MW (Wacker?), ohne Netz		82,6% von 1	52.463	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	137.205	136.986	31.110	15.120
		Total Strombedarf-->	233	kWh / m ²								
3 Module gem. Modell 1, aber mit dünneren Wafern und Sägestaub-Recycling (Herstellung in D, MG-Si aus N)												
	Hinweis aus Studie [1], S. 14	190 Mikrometer Ingot pro Wafer (41,3% von 1)	1.000	m ²					769	693	143	204
> 1 m ² Solarlaminat, single Si ab Werk beinhaltet:			1.000	m ²					768.602	692.505	143.216	203.609
>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	Herstellung Laminat	4.706	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	14.910	13.992	2.501	2.545
>>> Solarzelle Single Si	wie 1	Zellen: 93,2% von Laminat	0.932	m ²								
>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	30,24 kWh/m ² Solarzelle	28.196	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	89.335	83.836	14.986	15.251
>>>>> Wafer Single Si	wie 1	1,06 m ² Wafer / 1 m ² Solarzelle	0.988	m ²								
>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	8 kWh / m ² Wafer	7.907	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	25.051	23.510	4.202	4.277
>>>>>>> CZ single-Silizium, Photovoltaik (Ingot)		wie 2	0.877	kg								
>>>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung		wie 2	75.109	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	237.972	223.325	39.921	40.627
>>>>>>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)		50% von 2	0.469	kg	1'030.000	733.060	45.997	27378.000	134.310	95.590	21.593	12.852
>>>>>>>>>>> Strom Mittelspannung, ab Netz, Norw. (für MG-Si)		50% von 2	5.063	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	6.623	1.412	0.184	0.175
>>>>>>>>>>>>> Strom Laufwasser-KW (Wacker?), ohne Netz		50% von 2	27.408	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	29.197	0.327	0.102	0.288
>>>>>>>>>>>>>>> Strom aus BHKW 1 MW (Wacker?), ohne Netz		50% von 2	26.231	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	68.602	68.493	15.555	7.560
		Total Strombedarf-->	175	kWh / m ²								

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEnE	kg CO ₂ -Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEnE	kg CO ₂ -Äq	1000 UBP 06
					pro Bezugseneinheit				für angegebene Menge			
3 <--- gewählte Variante für Herstellung PV-Module (Laminat)			1.000	m²	2766.967	2493.019	143.216	203608.54	769	693	143	204
Herstellung ab Polysilizium: Strommix UCTE, Mittelspannung			115.918	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	367.267	344.663	61.611	62.700
Herstellung MG-Silizium: Strommix Norwegen, Mittelspannung			5.063	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	6.623	1.412	0.184	0.175
Herstellung Polysilizium: Strom Laufwasser-KW (ohne Netz)			27.408	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	29.197	0.327	0.102	0.288
Herstellung Polysilizium: Strom BHKW (1 MW ohne Netz)			26.231	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	68.602	68.493	15.555	7.560
		Total Strombedarf-->	175	kWh / m ²								
C. Strommix und Herstellort der Si-Module (Laminat o. Rahmen)												
1 Herstellertechnologie, Strommix und Herstellort wie in Studie [1] (PV-Anl. 3 kWp, 22,1 m²)			1	m²					950	837	223	268
Herstellung Solarlaminat	Studie [1], S.49	922 kWh / kWp Jahr	82'980	kWh			0.0650				5'394	
		inkl. Netzverluste	1	m ²							244	
		exkl. 9.66% Netzverluste	1	m ²					950	837	223	268
2 Herstellung in Deutschland, MG-Silizium aus N (Strommixe wie Modell "Solarlaminat, single Si ab Werk" in Ecoinvent v2.2)	Ecoinvent v2.2		1.000	m²					777	700	145	205
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12,060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.8400	0.158	0.156	0.033	0.036
3 Laminat-Herstellung in Europa (Strommixe wie in Studie [1]: Reinst-Silizium aus D, USA, N)	Strommix: Studie [1], S.13	Modell 2 korrigiert	1.000	m²					764	679	140	200
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk beinhaltet:			1.000	m ²					756.023	670.846	138.252	198.012
>>>> Strom für Herstellung ab Polysilizium (UCTE Mittelsp.)	ESU 2013	aktualisierter Mix UCTE	115.918	kWh	11.2700	10.4800	0.5177	506.0000	362.888	337.451	60.011	58.655
>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)												
>>>>> Strom für MG-Si: 75% für europ. Polysilizium		Ann.: Mix Norw., Mittelsp.	3.797	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.6400	4.967	1.059	0.138	0.132
>>>>> Strom für MG-Si: 25% USA-Polysilizium		Ann.: Mix Norw., Mittelsp.	1.266	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.6400	1.656	0.353	0.046	0.044
>>>>> Strom für Reinst-Si: Mix Norwegen Mittelspannung	Studie [1], S.13/15	9% Strommix Norwegen	4.828	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.6400	6.316	1.346	0.176	0.167
>>>>> Strom für Reinst-Si: Laufwasser-KW USA, o. Netz	Studie [1], S.13/15	53.4% Laufwasser-KW	28.644	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650	30.538	0.366	0.157	0.317
>>>>> Strom für Reinst-Si: BHKW 1 MW, ohne Netz	Studie [1], S.13/15	37.6% BHKW-Strom	20.168	kWh	9.4150	9.4000	0.5930	288.2000	52.746	52.662	11.960	5.813
> Transport Reinst-Si mit Schiff aus USA (10'000 km)	Studie [1], S.13/15	1,07 kg/m ² für 25% Module	2.675	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	0.126	0.124	0.029	0.048
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12,060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036
		Total Strombedarf-->	175	kWh / m ²								
4 Laminat-Herstellung in China, Reinst-Silizium aus China (wie in Studie [1])			1.000	m²					855	794	274	316
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk		geänderter Strommix	1.000	m ²					834.354	773.822	269.004	309.077
>> Strommix China, Mittelspannung (für Module, PV-Zellen und Si CZ)	siehe oben		115.918	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	356.770	329.401	134.917	116.961
>> Strommix China, Mittelspannung (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben		58.702	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	180.672	166.812	68.323	59.230
> Transport von China nach D: 22'000 km mit Schiff	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	265.320	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	12.507	12.330	2.839	4.797
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12,060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036
		Total Strombedarf-->	175	kWh / m ²								
5 Laminat-Herstellung in Philippinen, Reinst-Silizium 100% aus USA (Annahme für Module von SunPower)			1.000	m²					729	606	150	188
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk	siehe oben	geänderter Strommix	1.000	m ²					709.954	587.711	145.438	182.227
>> Strommix Philippinen, Mittelspannung (für Modulherstellung)	siehe oben		115.918	kWh	10.8839	9.6073	0.6846	420.06	350.457	309.352	79.353	48.692
>> Strommix China, Mittelspannung (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben		0.000	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	0.000	0.000	0.000	0.000
>> Strom Wasserkraft USA, ohne Netz (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben	siehe Var. 3	58.702	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650	62.585	0.749	0.322	0.650
> Transport Reinst-Si mit Schiff aus USA oder China (durchschn. 7'000 km)	Ecoinvent v2.2	1,07 kg/m ²	7.490	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	0.353	0.348	0.080	0.135
> Transport von Philippinen nach D: 18'000 km mit Schiff	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	217.080	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	10.233	10.088	2.323	3.925
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12,060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036
6 Laminat-Herstellung in Philippinen, Reinst-Silizium 50% aus USA und 50% aus China			1.000	m²					788	689	184	217
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk	siehe oben	geänderter Strommix	1.000	m ²					768.997	670.742	179.439	211.517
>> Strommix Philippinen, Mittelspannung (für Modulherstellung)	siehe oben		115.918	kWh	10.8839	9.6073	0.6846	420.06	350.457	309.352	79.353	48.692
>> Strommix China, Mittelspannung (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben		29.351	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	90.336	83.406	34.162	29.615
>> Strom Wasserkraft USA, ohne Netz (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben	siehe Var. 3	29.351	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650	31.292	0.375	0.161	0.325
> Transport Reinst-Si mit Schiff aus USA oder China (durchschn. 7'000 km)	Ecoinvent v2.2	1,07 kg/m ²	7.490	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	0.353	0.348	0.080	0.135
> Transport von Philippinen nach D: 18'000 km mit Schiff	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	217.080	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	10.233	10.088	2.323	3.925
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12,060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO ₂ -Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO ₂ -Äq	1000 UBP 06			
								pro Bezugseinheit				für angegebene Menge			
7 Mix gem. Studie [1]: 66% Laminat aus Europa (siehe 3) sowie 34% Laminat aus China (siehe 4)	Studie [1], S.15		1.000	m ²					795	718	185	239			
8 Mix inkl. Philippinen: 56% Laminat aus Europa (siehe 3), 10% Laminat aus Philippinen (siehe 6) sowie 34% Laminat aus China (siehe 4)	Mail M. Johnson, 9.5.2013	10% Marktanteil Sunpower (Philippin.)	1.000	m ²					797	719	190	241			
3 <--- gewählte Variante für Herstellungsort PV-Module (Laminat)			1.000	m ²	2'751.16	2'444.16	139.97	199'903	764	679	140	200			
		13.2 kWp Haus Allmend	74.640	m ²	2'751.16	2'444.16	139.97	199'903	57'041	50'676	10'447	14'921			
Berechnung wie in Studie [1]: Varianten 2 und 7 eingeben und hier hin übertragen			1.000	m ²					950	837	223	269			
Solarstromproduktion (ohne Netzverluste, über 30 Jahre)	Ecoinvent v2.2	922 kWh/kWp * 3 kWp	82'980	kWh					20'992	18'497	4'919	5'934			
Solarstrom Niederspannung ohne Netzverluste (pro kWh)			1	kWh					0.2530	0.2229	0.0593	0.0715			
Netzverluste bei Hochspannungseinspeisung	Studie [6], S.180	Netzverluste: 9,66% NS	1	kWh					0.0244	0.0215	0.0057	0.0069			
Solarstrom inkl. Netzverluste berechnet wie Studie [1]									0.2774	0.2444	0.0650	0.0784			
Wert gemäss Studie [1] Seite 49 (mono-kristallines Laminat)											0.0650				
D. Alu-Varianten für Befestigung der PV-Module:															
1 Alu mit 32% Recycling-Anteil (Europ. Mittelwert der Baubranche)															
> Herstellung Alu-Profil, blank mit 32% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	156.5572	131.2264	9.6812	10'018	43.49	36.45	9.68	10.02			
> Herstellung Alu-Blech, blank, mit 32% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	147.7680	123.4180	9.2559	9'607	41.05	34.28	9.26	9.61			
2 Alu mit 80% Recycling-Anteil (z.B. von Hydro Aluminium Nenzing GmbH)	Bestätigung Hydro Alu														
> Herstellung Alu-Profil, blank mit 80% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	78.2040	68.1977	4.6098	7'080	21.72	18.94	4.61	7.08			
> Herstellung Alu-Blech, blank, 80% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	69.4147	60.3893	4.1845	6'669	19.28	16.77	4.18	6.67			
3 Alu mit 100% Recycling-Anteil (maximaler Recycling-Anteil?)															
> Herstellung Alu-Profil, blank mit 100% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	44.1661	40.6180	2.4103	5'530	12.27	11.28	2.41	5.53			
> Herstellung Alu-Blech, blank, 100% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	35.3769	32.8095	1.9850	5'119	9.83	9.11	1.98	5.12			
+ Für alle Varianten:															
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2		0.200	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.131	0.129	0.027	0.030			
2 <--- gewählte Alu-Variante für Montagesystem der PV-Anlage															
> Herstellung Alu-Profil, blank			1.000	kg	78.6758	68.6638	4.6372	7'110	21.85	19.07	4.64	7.11			
> Herstellung Alu-Blech, blank			1.000	kg	69.8866	60.8554	4.2119	6'699	19.41	16.90	4.21	6.70			
E. Befestigung der PV-Module (13.2 kWp Haus Allmend [4])															
E.1 Modulbefestigung gem. Studie [1]: Annahme für CH (x% Laminat = Indach; Rest: Paneel = Aufdach und Flachdach)															
			x=10%						18'211	15'548	4'019	4'654			
a) Modulbefestigung Indach (=Laminat)									11'904	10'314	2'662	2'552			
Dachbefestigung, Wechselrichter und Elektroinstallation	Studie [1], S.49	inkl. Netzverluste	280'255	kWh			0.0197				5'521				
	Studie [6], S.180	exkl. 9,66% Netzverluste	280'255	kWh							5'035				
Schrägdachkonstruktion gemäss Ecoinvent (In-Dach, keine Modulrahmung)	Ecoinvent v2.2	Kontrolle und Hochrechn.	74.640	m2	581.32	503.66	36.11	34'617	12'053	10'443	2'695	2'584			
Wechselrichter und Elektroinstallation gemäss Ecoinvent	Ecoinvent v2.2										2'372				
b) Modulbefestigung Mix Aufdach und Flachdach (=Paneel)									18'912	16'130	4'170	4'888			
Dachbefestigung inkl. Rahmen, Wechselrichter und Elektroinstallation	Studie [1], S.49	inkl. Netzverluste	280'255	kWh			0.0256				7'175				
	Studie [6], S.180	exkl. 9,66% Netzverluste	280'255	kWh							6'543				
Schrägdachkonstruktion Aufdach gem. Ecoinvent (exkl. Rahmung Module)	Ecoinvent v2.2	Auf Dach	74.640	m2	631.11	534.15	39.13	41'463	13'085	11'075	2'921	3'095			
Alu-Rahmung Paneel: 2,629 kg Alu-Profil / m2	Ecoinvent v2.2		196.229	kg	78.68	68.66	4.64	7'110	4'288	3'743	9'10	1'395			
Total Modulbefestigung Aufdach (höherer Wert als Mix Auf-/Flach-Dach)	Ecoinvent v2.2	Kontrolle und Hochrechn.							17'373	14'817	3'831	4'490			
Wechselrichter und Elektroinstallation gemäss Ecoinvent	Ecoinvent v2.2										2'372				
E.2 Dachintegration mit System Solrif®: Alu-Profile und -Bleche, 30 Jahre Lebensdauer (Variante Indach, kein Rahmen gem. E.3)															
	Mail M. Johnson, 9.5.2013	Entsorgung = Recycling	166.037	kg					3'523	3'097	1'293	1'102			
> Herstellung Alu-Rahmen-Profil Solrif, blank	Alu-Var. gem. D	1.66 kg/m ² * 74.64 m ²	123.902	kg	78.6758	68.6638	4.6372	7'110	2'707.81	2'363.22	574.56	880.90			
> Herstellung Alu-Anschlussprofile links+rechts	Alu-Var. gem. D	0.45 kg/m * 8.25 m * 2	7.425	kg	78.6758	68.6638	4.6372	7'110	162.27	141.62	34.43	52.79			
> Herstellung Alu-Blech-Abschlüsse links+rechts	Alu-Var. gem. D	0.6 kg/m * 8.25 m * 2	9.900	kg	69.8866	60.8554	4.2119	6'699	192.19	167.35	41.70	66.32			
> Herstellung Alu-Blech-Abschlüsse oben+unten	Alu-Var. gem. D	(0.85+0.65) kg/m * 9.5 m	14.250	kg	69.8866	60.8554	4.2119	6'699	276.63	240.89	60.02	95.46			
> Herstellung Montagebügel + -Schrauben: Chromnickelstahl, 37% Rec.	Ecoinvent v2.2	(0.150+0.026) kg / Modul	10.560	kg	54.6455	54.6455	54.6455	55	160.29	160.29	577.06	0.58			
> Materialtransport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	166 kg * 200 km	33.207	to km	2.3592	2.3306	0.1371	150	21.76	21.50	4.55	4.98			
> Materialtransport zu Recycling-Anlage: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	166 kg * 20 km	3.321	to km	2.3592	2.3306	0.1371	150	2.1762	2.1498	0.4553	0.4976			
E.3 Eingesparte Dachbedeckung bei Variante E.2: keine Tonziegel auf 76 m2 Dachfläche, umgerechnet auf 30 Jahre Betriebsdauer															
	Ökobilanz von Haus Allmend [4]	3284 kg Tonziegel mit 60 Jahre Lebensdauer --> 1642 kg in 30 Jahren	1'642	kg					2'107	2'063	652	471			
> Herstellung Tonziegel	Ecoinvent v2.2	1642 kg Tonziegel	1'642	kg	3.9126	3.8282	0.3580	229.96	1'784.58	1'746.08	587.84	377.59			
> Transport zu Haus: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1642 kg * 200 km	328	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	215.21	212.60	45.02	49.21			
> Transport zu Entsorgung Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1642 kg total * 20 km	33	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	21.52	21.26	4.50	4.92			
> Entsorgung Tonziegel (wie Entsorgung Backstein)	Baustoffliste EMPA	1642 kg Tonziegel	1'642	kg	0.1874	0.1816	0.0090	24.21	85.48	82.83	14.78	39.75			

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO2-Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO2-Äq	1000 UBP 06
					pro Bezugseinheit				für angegebene Menge			
E.4 Rahmung der 60 Module bei den Varianten Aufdach und Flachdach: Alu-Profile, 30 Jahre Lebensdauer	Mail M. Johnson, 9.5.2013	Entsorgung = Recycling	162.000	kg								
> Herstellung Alu-Profil blank	siehe D	2,5 - 3,0 kg/Modul	162.000	kg	78.6758	68.6638	4.6372	7'109.65	3'540.41	3'089.87	751.23	1'151.76
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	162 kg * 200 km	32.400	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	21.23	20.98	4.44	4.85
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	162 kg * 20 km	3.240	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	2.12	2.10	0.44	0.49
E.5 Montagesystem für Variante Aufdach mit 60 Modulen: Alu-Profile, 30 Jahre Lebensdauer	Mail M. Johnson, 9.5.2013	Entsorgung = Recycling	66.000	kg								
> Herstellung Alu-Profil blank	siehe D	0,8 - 1,5 kg/Modul	66.000	kg	78.68	68.66	4.64	7'109.65	1'442.39	1'258.84	306.06	469.24
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	66 kg * 200 km	13.200	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	8.65	8.55	1.81	1.98
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	66 kg * 20 km	1.320	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.87	0.85	0.18	0.20
E.6 Montagesystem für Variante Flachdach mit 60 Modulen: Alu-Profile, 30 Jahre Lebensdauer	Mail M. Johnson, 9.5.2013	Entsorgung = Recycling	165.000	kg								
> Herstellung Alu-Profil blank mit 32% Rezyklat-Anteil	Siehe D	1,5 - 4,0 kg/Modul	165.000	kg	78.68	68.66	4.64	7'109.65	3'605.97	3'147.09	765.14	1'173.09
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	165 kg * 200 km	33.000	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	21.63	21.36	4.52	4.94
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	165 kg * 20 km	3.300	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	2.16	2.14	0.45	0.49
Befestigungs-Varianten für PV-Anlage 13.2 kWp, 30 J. Lebensdauer:												
1 Dachmontage gem. Bericht ESU 2012			74.640	m ²					18'211	15'548	4'019	4'654
2 In Dach integriert (aktuelle In-Dach-Variante)		3.1+3.2+3.6+3.7+3.8	74.640	m ²					1'416	1'034	641	630
3 Auf bestehendem Dach montiert (aktuelle Auf-Dach-Variante)		3.1+3.3+3.4+3.6+3.7	74.640	m ²					5'016	4'381	1'064	1'629
4 Auf Flachdach montiert (aktuelle Flachdach-Variante)		3.1+3.3+3.5+3.6+3.7	74.640	m ²					7'194	6'284	1'526	2'336
5 Dach-Variante CH (10% In-Dach, 40% Auf-Dach, 50% Flachdach)	Mail M. Johnson, 9.5.2013		74.640	m ²					5'745	4'998	1'253	1'882
5 <--- gewählte Befestigungs-Variante für PV-Anlage			74.640	m ²					5'745	4'998	1'253	1'882
F. Wechselrichter+Elektroinstallation (13.2 kWp Haus Allmend [4])												
F.1 Wechselrichter gem. Ecoinvent: 5 Units zu 2500W, resp. 18,5 kg für 15 Jahre -> 185 kg für 30 Jahre	Ecoinvent v2.2	1 Unit 2500W = 18.5 kg	185.000	kg								
> Herstellung und Entsorgung Wechselrichter, 2500W, ab Werk RER	Ecoinvent v2.2	Mail ABR 23.10.12	185.000	kg	173.84	160.99	9.47	33'663	8'933.33	8'273.06	1'752.30	6'227.70
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	185 kg * 200 km	37.000	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	24.25	23.95	5.07	5.54
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	185 kg * 20 km	3.700	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	2.42	2.40	0.51	0.55
F.2 Elektroinstallation für PV-Anlage gem. Ecoinvent: 13.2/3 = 4,4 Units zu 14,7 kg Cu -> 64.68 kg Cu für 30 Jahre	Ecoinvent v2.2		64.680	kg Cu								
> Herstellung und Entsorgung Elektroinstallationen, Photovoltaikanlage, ab Werk CH	Ecoinvent v2.2	Mail ABR 23.10.12	64.680	kg Cu	151.86	144.61	9.50	58'771	2'728.49	2'598.08	614.59	3'801.34
F.3 Wechselrichter für PV-Anlage: 49 kg mit 15 Jahre Lebensdauer -> 98 kg für 30 Jahre	Ökobilanz von Haus Allmend [4]		98.000	kg								
> Herstellung und Entsorgung Wechselrichter, 2500W, ab Werk RER	Ecoinvent v2.2	1 Unit 2500W = 18.5 kg	98.000	kg	173.84	160.99	9.47	33'663	4'732.25	4'382.48	928.25	3'299.00
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	98 kg * 200 km	19.600	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	12.84	12.69	2.69	2.94
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	98 kg * 20 km	1.960	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	1.28	1.27	0.27	0.29
F.4 Elektroinstallation für PV-Anlage: 11,5 kg Kupfer, 30 Jahre	Ökobilanz von Haus Allmend [4]	Cu: 4 mm2 x 222 m + 10 mm2 x 40 m	11.500	kg Cu								
> Herstellung und Entsorgung Elektroinstallationen, Photovoltaikanlage, ab Werk CH	Ecoinvent v2.2	Mail ABR 23.10.12	11.500	kg Cu	151.86	144.61	9.50	58'771.43	485.12	461.93	109.27	675.87
Varianten für WR und Elektroinstallation, 13.2 kWp, über 30 Jahre:												
1 WR und Elektroinstallation gemäss Ecoinvent v2.2	F.1 + F.2		74.640	m ²					11'688	10'897	2'372	10'035
2 WR und Elektroinstallation gemäss Anlage Haus Allmend	F.3 + F.4		74.640	m ²					5'232	4'858	1'040	3'978
2 <--- gewählte Variante für WR und Elektroinstallation			74.640	m ²					5'232	4'858	1'040	3'978

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO ₂ -Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO ₂ -Äq	1000 UBP 06
					pro Bezugseinheit				für angegebene Menge			
G. Gesamte PV-Anlage (12,3 kWp, monokristalline Zellen)		Herstellung+Entsorgung	3.52									
PV-Module (Laminat monokristallin)									57'041	50'676	10'447	14'921
Dachbefestigung der PV-Module									5'745	4'998	1'253	1'882
Wechselrichter und Elektroinstallation									5'232	4'858	1'040	3'978
H. Solarstrom-Produktion in Haus Allmend ([4], monokrist. Zellen)												
Varianten für jährliche Solarstromproduktion:												
1 Stromproduktion gemäss Ecoinvent v2.2	Ecoinvent v2.2	922 kWh/kWp	9'342	kWh	125.16	< kWh/m ²						
2 Stromproduktion SunPower 2010, gem. Messungen 2012	Messwert (Abb.3)	SunPower E-Serie (2010)	13'984	kWh	187.35	< kWh/m ²						
3 Stromproduktion SunPower 2012, "all black" (200, resp. 185 kWh/m ²)	Umrechn. (Abb.3)	= 200*0.925*74.64	13'808	kWh	185.00	< kWh/m ²						
4 Stromproduktion SunPower 2013, gem. Messungen 2012	Umrechn. (Abb.3)	SunPower X-Serie (2013)	17'316	kWh	232.00	< kWh/m ²						
5 Stromproduktion bei nur 1000 kWh/kWp	Annahme	1000 kWh/kWp * 13.2 kWp	13'200	kWh	176.85	< kWh/m ²						
4 <--- gewählte Variante für jährliche Stromproduktion			17'316	kWh								
I. Beanspruchung des Stromnetzes durch den Solarstrom												
Solarstrom ab PV-Anlage (exkl. Beanspruchung Stromnetz)			1	kWh					1.1309	0.1165	0.0245	0.0400
Netzverluste bei Hochspannungseinspeisung	Studie [6], S.180	Netzverluste: 9.66% NS	1	kWh					0.1092	0.0113	0.0024	0.0039
Stromnetz (Netz-Infrastruktur und -Betrieb)	Studie [1]		1	kWh	0.0790	0.0667	0.0068	52.9148	0.0220	0.0185	0.0068	0.0529
Varianten zur Anrechnung von Netzverlusten:												
1 Volle Anrechnung der Netzverluste (PV-Grossanlage)			1	kWh					0.1092	0.0113	0.0024	0.0039
2 Anrechnung der Netzverluste nur zu x% (dezentrale PV-Anlage)		x = 50.0%	1	kWh					0.0546	0.0056	0.0012	0.0019
2 <--- gewählte Variante für Anrechnung von Netzverlusten			1	kWh					0.0546	0.0056	0.0012	0.0019
K. Ökobilanz Solarstrom Niederspannung (monokristalline Zellen)									Wh PE	Wh PEne	g CO₂-Äq	UBP 06
PV-Module (Laminat monokristallin)			1	kWh					1'109.80	97.55	20.11	28.72
Dachmontage der PV-Anlage			1	kWh					11.06	9.62	2.41	3.62
Wechselrichter und Elektroinstallation			1	kWh					10.07	9.35	2.00	7.66
Verluste im Stromnetz			1	kWh					54.62	5.63	1.18	1.93
Stromnetz (Netz-Infrastruktur und -Betrieb)			1	kWh					21.95	18.54	6.80	52.91
Total Umweltbelastung je kWh			1	kWh					1'207.51	140.68	32.51	94.85
Ökologische Rückzahldauer im Netz UCTE			---	Jahre					10.90	1.37	1.77	5.08
Jährliche Reduktion Umweltbelastung durch Ersatz Netzstrom (UCTE NSp)			-17'316	kWh	11.96	11.12	0.55	560.00	-57'529'195	-53'488'683	-9'553'502	-9'697'229

Ökobilanz PV-Anlagen mit monokristallinen Si-Zellen

Farb-Code: Die gelb markierten Zellen enthalten Eingabewerte.

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	pro Bezugsseinheit				für angegebene Menge				
					MJ PE	MJ PEne	kg CO2-Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO2-Äq	1000 UBP 06	
Varianten-Definition:													
P		zugehörige Spalte im Register "Grafik" (F, H, J, L, N, P, R)											
3		Herstellertechnologie der Module											
4		Herstellort der Module											
5		Befestigung der Module											
10%	D	Anteil Indach-Anlagen bei Befestigungs-Variante 1											
2		Altu-Typ zur Befestigung											
2		Elektroinstallationen											
4		Stromproduktion / Effizienz											
2		Beanspruchung Stromnetz											
50%	D	Anteil der vollen Netzverluste bei dezentraler Einspeisung											
A. Länderspezifischer Strommix													
A.1 Strommix Schweiz													
a) Einspeisung ins HS-Netz:													
		Produktionsmix = Erzeugermix	Ecoinvent v2.2										
		Versorgungsmix brutto = Produktionsmix + Importmix	Ecoinvent v2.2										
		Versorgungsmix nicht zertifiziert = Versorgungsmix brutto minus zertifiz. Strom	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	9.6775	8.3588	0.1252	362.2600				
b) Verbrauchermix nicht zertifiziert, ab Netz:													
		Hochspannung Verbrauchermix ab Netz	Ecoinvent v2.2										
		Mittelspannung Verbrauchermix ab Netz	Ecoinvent v2.2										
		Niederspannung Verbrauchermix ab Netz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	10.9840	9.4890	0.1486	457.9300				
c) Netzverluste Verbrauchermix und Netzenbenützung:													
		> Stromverluste im Netz total bei Niederspannungsbezug Verbrauchermix	Studie [6]	1.000	kWh	1.2320	1.0673	0.0170	45.7900				
		> Netzinfrastruktur (NS und MS, HS vernachlässigbar)	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	0.0745	0.0629	0.0064	49.8800				
		> Netzinfrastruktur mit Anpassung an Studie [1] (prop. zu CO2-Äq.)	Studie [1], S. 60	1.000	kWh	0.0790	0.0667	0.0068	52.9148				
A.2 Strommix Europa (UCTE)													
		Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	10.7000	10.6000	0.5160	522.60				
		Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	11.1500	10.3700	0.5093	496.00				
		Strommix Mittelspannung Produktion UCTE	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	11.4060	10.7040	0.5315	540.90				
		Strommix ab Mittelspannungsnetz	Studie [6]	1.000	kWh	11.2700	10.4800	0.5177	506.00				
		Strommix ab Niederspannungsnetz	Studie [6]	1.000	kWh	11.9600	11.1200	0.5517	560.00				
A.3 Strommix China													
		Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	11.0860	10.3700	1.1483	994.2500				
		Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh								
		Strommix ab Mittelspannungsnetz	Studie [6]	1.000	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00				
A.4 Strommix Norwegen													
		Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh								
		Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh								
		Strommix ab Mittelspannungsnetz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.64				
A.5 Strommix USA													
		Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh								
		Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh								
		Strommix ab Mittelspannungsnetz	Studie [6]	1.000	kWh	12.8700	12.3600	0.7652	626.00				
		Stromproduktion ab Laufwasser-KW	Ecoinvent v2.2	1.000	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650				
A.6 Strommix Philippinen													
		IEA-Statistik (Mail ABR)	Anteile Stromerzeugung										
		Erdgas-Kraftwerke (Modell Mix CENTREL)	Ecoinvent v2.2	0.321	kWh	15.3420	15.3113	0.9144	429.0000	1.37	1.37	0.29	0.14
		Kohle-Kraftwerke (Modell Polen mit 50% Braunkohle, 50% Steinkohle)	Ecoinvent v2.2	0.266	kWh	13.1915	13.1255	1.1320	759.1500	0.98	0.97	0.30	0.20
		Geothermie (wie Ecoinvent: Modell Mix Wasserkraft Italien)	Ecoinvent v2.2	0.167	kWh	3.8450	0.0520	0.0050	11.0500	0.18	0.00	0.00	0.00
		Wasserkraft (Modell Mix Wasserkraft Italien)	Ecoinvent v2.2	0.158	kWh	3.8450	0.0520	0.0050	11.0500	0.17	0.00	0.00	0.00
		Erdöl-Kraftwerke (Modell UCTE)	Ecoinvent v2.2	0.087	kWh	12.4490	12.4241	0.8856	787.0000	0.30	0.30	0.08	0.07
		Produktions-Mix (ohne Netz)		1.000	kWh	10.7680	9.5065	0.6734	411.7563	2.99	2.64	0.67	0.41
		Strommix ab Mittelspannungsnetz		1.000	kWh	10.8839	9.6073	0.6846	420.0579	3.02	2.67	0.68	0.42

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO ₂ -Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO ₂ -Äq	1000 UBP 06
					pro Bezugsseinheit				für angegebene Menge			
B. Herstellung monokristalline Si-Module (Laminat ohne Rahmen)												
1 Module gem. Modell "Solarlaminat, single Si ab Werk" in Ecoinvent v2.2 (Herstellung in D, MG-Si aus N)												
	Doku von Ecoinvent v2.1	460 Mikrometer Ingot pro Wafer	1.000	m ²					1'018	883	184	233
> 1 m ² Solarlaminat, single Si ab Werk beinhaltet:	Ecoinvent v2.2, (Daten 1997)	Mail ABR 23.10.12	1.000	m ²	3'664.15	3'180.20	184.05	232'870	1'017.819	883.389	184.050	232.870
>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	Herstellung Laminat	4.706	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	14.910	13.992	2.501	2.545
>>> Solarzelle Single Si	Ecoinvent v2.2	Zellen: 93,2% von Laminat	0.932	m ²								
>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	30,24 kWh/m ² Solarzelle	28.196	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	89.335	83.836	14.986	15.251
>>>>> Wafer Single Si	Ecoinvent v2.2	1,06 m ² Wafer / 1 m ² Solarzelle	0.988	m ²								
>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	8 kWh / m ² Wafer	7.907	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	25.051	23.510	4.202	4.277
>>>>>>> CZ single-Silizium, Photovoltaik (Ingot)	Ecoinvent v2.2	1,0748 kg CZ Si / m ² Wafer	1.062	kg	2'238.000	1'856.000	104.100	88777.000	660.386	547.666	110.584	94.306
>>>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	85,6 kWh / kg CZ-Si	90.931	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	288.101	270.370	48.330	49.185
>>>>>>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)	Ecoinvent v2.2	1,07 / kg Cz-Si	1.137	kg	1'030.000	733.060	45.997	27'378	325.206	231.452	52.282	31.119
>>>>>>>>>>> Strom Mittelspannung, ab Netz, NO (für MG-Si)	Ecoinvent v2.2	11 kWh / kg MG-Si (1,05 bis 1,13 kg MG-Si / kg Prod-Mix PV)	12.258	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	16.036	3.418	0.446	0.425
>>>>>>>>>>>>> Strom ab Laufwasser-KW Europa	Ecoinvent v2.2	65 kWh/kgSiS für 80,21% Prod-Mix PV + 39,2 kWh/kgSiH für 14,55% Prod-Mix PV + 10,45 kWh/kgHv für 5,22% Prod-Mix PV	66.364	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	70.696	0.793	0.248	0.697
>>>>>>>>>>>>>>> Strom aus BHKW 1 MW (Wacker?), ohne Netz	Ecoinvent v2.2	45 kWh/kgSiS für 80,21% Prod-Mix PV + 124,1 kWh/kgSiH für 14,55% Prod-Mix PV + 33,1 kWh/kgSiHv für 5,22% Prod-Mix PV	63.514	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	166.108	165.843	37.664	18.305
		Total Strombedarf-->	274	kWh / m ²								
2 Module gem. Modell 1, aber mit dünneren Wafern (Herstellung in D, MG-Si aus N)												
	Studie [1], S. 14	380 Mikrometer Ingot pro Wafer (82,6% von 1)	1.000	m ²					903	788	165	216
> 1 m ² Solarlaminat, single Si ab Werk beinhaltet:			1.000	m ²					902.912	788.095	164.808	216.461
>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	Herstellung Laminat	4.706	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	14.910	13.992	2.501	2.545
>>> Solarzelle Single Si	wie 1	Zellen: 93,2% von Laminat	0.932	m ²								
>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	30,24 kWh/m ² Solarzelle	28.196	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	89.335	83.836	14.986	15.251
>>>>> Wafer Single Si	wie 1	1,06 m ² Wafer / 1 m ² Solarzelle	0.988	m ²								
>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	8 kWh / m ² Wafer	7.907	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	25.051	23.510	4.202	4.277
>>>>>>> CZ single-Silizium, Photovoltaik (Ingot)	(190+190 nm) vs	82,6% von 1	0.877	kg	2'238.000	1'856.000	104.100	88777.000	545.479	452.372	91.342	77.897
>>>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung		82,6% von 1	75.109	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	237.972	223.325	39.921	40.627
>>>>>>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)		82,6% von 1	0.939	kg	1'030.000	733.060	45.997	27'378.00	268.620	191.179	43.185	25.704
>>>>>>>>>>> Strom Mittelspannung, ab Netz, Norw. (für MG-Si)		82,6% von 1	10.125	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	13.246	2.823	0.369	0.351
>>>>>>>>>>>>> Strom Laufwasser-KW (Wacker), ohne Netz		82,6% von 1	54.816	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	58.395	0.655	0.204	0.576
>>>>>>>>>>>>>>> Strom aus BHKW 1 MW (Wacker), ohne Netz		82,6% von 1	52.463	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	137.205	136.986	31.110	15.120
		Total Strombedarf-->	233	kWh / m ²								
3 Module gem. Modell 1, aber mit dünneren Wafern und Sägestaub-Recycling (Herstellung in D, MG-Si aus N)												
	Hinweis aus Studie [1], S. 14	190 Mikrometer Ingot pro Wafer (41,3% von 1)	1.000	m ²					769	693	143	204
> 1 m ² Solarlaminat, single Si ab Werk beinhaltet:			1.000	m ²					768.602	692.505	143.216	203.609
>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	Herstellung Laminat	4.706	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	14.910	13.992	2.501	2.545
>>> Solarzelle Single Si	wie 1	Zellen: 93,2% von Laminat	0.932	m ²								
>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	30,24 kWh/m ² Solarzelle	28.196	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	89.335	83.836	14.986	15.251
>>>>> Wafer Single Si	wie 1	1,06 m ² Wafer / 1 m ² Solarzelle	0.988	m ²								
>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	8 kWh / m ² Wafer	7.907	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	25.051	23.510	4.202	4.277
>>>>>>> CZ single-Silizium, Photovoltaik (Ingot)		wie 2	0.877	kg								
>>>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung		wie 2	75.109	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	237.972	223.325	39.921	40.627
>>>>>>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)		50% von 2	0.469	kg	1'030.000	733.060	45.997	27'378.000	134.310	95.590	21.593	12.852
>>>>>>>>>>> Strom Mittelspannung, ab Netz, Norw. (für MG-Si)		50% von 2	5.063	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	6.623	1.412	0.184	0.175
>>>>>>>>>>>>> Strom Laufwasser-KW (Wacker?), ohne Netz		50% von 2	27.408	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	29.197	0.327	0.102	0.288
>>>>>>>>>>>>>>> Strom aus BHKW 1 MW (Wacker?), ohne Netz		50% von 2	26.231	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	68.602	68.493	15.555	7.560
		Total Strombedarf-->	175	kWh / m ²								

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PENE	kg CO ₂ -Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PENE	kg CO ₂ -Äq	1000 UBP 06
					pro Bezugseneinheit				für angegebene Menge			
3 <--- gewählte Variante für Herstellung PV-Module (Laminat)			1.000	m²	2766.967	2493.019	143.216	203608.54	769	693	143	204
Herstellung ab Polysilizium: Strommix UCTE, Mittelspannung			115.918	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	367.267	344.663	61.611	62.700
Herstellung MG-Silizium: Strommix Norwegen, Mittelspannung			5.063	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	6.623	1.412	0.184	0.175
Herstellung Polysilizium: Strom Laufwasser-KW (ohne Netz)			27.408	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	29.197	0.327	0.102	0.288
Herstellung Polysilizium: Strom BHKW (1 MW ohne Netz)			26.231	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	68.602	68.493	15.555	7.560
		Total Strombedarf-->	175	kWh / m ²								
C. Strommix und Herstellort der Si-Module (Laminat o. Rahmen)												
1 Herstellertechnologie, Strommix und Herstellort wie in Studie [1] (PV-Anl. 3 kWp, 22,1 m²)			1	m²					950	837	223	268
Herstellung Solarlaminat	Studie [1], S.49	922 kWh / kWp Jahr	82'980	kWh			0.0650				5'394	
		inkl. Netzverluste	1	m ²							244	
		exkl. 9.66% Netzverluste	1	m ²					950	837	223	268
2 Herstellung in Deutschland, MG-Silizium aus N (Strommixe wie Modell "Solarlaminat, single Si ab Werk" in Ecoinvent v2.2)	Ecoinvent v2.2		1.000	m²					777	700	145	205
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12.060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.8400	0.158	0.156	0.033	0.036
3 Laminat-Herstellung in Europa (Strommixe wie in Studie [1]: Reinst-Silizium aus D, USA, N)	Strommix: Studie [1], S.13	Modell 2 korrigiert	1.000	m²					764	679	140	200
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk beinhaltet:			1.000	m ²					756.023	670.846	138.252	198.012
>>>> Strom für Herstellung ab Polysilizium (UCTE Mittelspannung)	ESU 2013	aktualisierter Mix UCTE	115.918	kWh	11.2700	10.4800	0.5177	506.0000	362.888	337.451	60.011	58.655
>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)												
>>>>> Strom für MG-Si: 75% für europ. Polysilizium		Ann.: Mix Norw., Mittelspannung	3.797	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.6400	4.967	1.059	0.138	0.132
>>>>> Strom für MG-Si: 25% USA-Polysilizium		Ann.: Mix Norw., Mittelspannung	1.266	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.6400	1.656	0.353	0.046	0.044
>>>>> Strom für Reinst-Si: Mix Norwegen Mittelspannung	Studie [1], S.13/15	9% Strommix Norwegen	4.828	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.6400	6.316	1.346	0.176	0.167
>>>>> Strom für Reinst-Si: Laufwasser-KW USA, o. Netz	Studie [1], S.13/15	53.4% Laufwasser-KW	28.644	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650	30.538	0.366	0.157	0.317
>>>>> Strom für Reinst-Si: BHKW 1 MW, ohne Netz	Studie [1], S.13/15	37.6% BHKW-Strom	20.168	kWh	9.4150	9.4000	0.5930	288.2000	52.746	52.662	11.960	5.813
> Transport Reinst-Si mit Schiff aus USA (10'000 km)	Studie [1], S.13/15	1,07 kg/m ² für 25% Module	2.675	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	0.126	0.124	0.029	0.048
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12.060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036
		Total Strombedarf-->	175	kWh / m ²								
4 Laminat-Herstellung in China, Reinst-Silizium aus China (wie in Studie [1])			1.000	m²					855	794	274	316
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk		geänderter Strommix	1.000	m ²					834.354	773.822	269.004	309.077
>> Strommix China, Mittelspannung (für Module, PV-Zellen und Si CZ)	siehe oben		115.918	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	356.770	329.401	134.917	116.961
>> Strommix China, Mittelspannung (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben		58.702	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	180.672	166.812	68.323	59.230
> Transport von China nach D: 22'000 km mit Schiff	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	265.320	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	12.507	12.330	2.839	4.797
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12.060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036
		Total Strombedarf-->	175	kWh / m ²								
5 Laminat-Herstellung in Philippinen, Reinst-Silizium 100% aus USA (Annahme für Module von SunPower)			1.000	m²					729	606	150	188
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk	siehe oben	geänderter Strommix	1.000	m ²					709.954	587.711	145.438	182.227
>> Strommix Philippinen, Mittelspannung (für Modulherstellung)	siehe oben		115.918	kWh	10.8839	9.6073	0.6846	420.06	350.457	309.352	79.353	48.692
>> Strommix China, Mittelspannung (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben		0.000	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	0.000	0.000	0.000	0.000
>> Strom Wasserkraft USA, ohne Netz (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben	siehe Var. 3	58.702	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650	62.585	0.749	0.322	0.650
> Transport Reinst-Si mit Schiff aus USA oder China (durchschn. 7'000 km)	Ecoinvent v2.2	1,07 kg/m ²	7.490	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	0.353	0.348	0.080	0.135
> Transport von Philippinen nach D: 18'000 km mit Schiff	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	217.080	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	10.233	10.088	2.323	3.925
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12.060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036
6 Laminat-Herstellung in Philippinen, Reinst-Silizium 50% aus USA und 50% aus China			1.000	m²					788	689	184	217
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk	siehe oben	geänderter Strommix	1.000	m ²					768.997	670.742	179.439	211.517
>> Strommix Philippinen, Mittelspannung (für Modulherstellung)	siehe oben		115.918	kWh	10.8839	9.6073	0.6846	420.06	350.457	309.352	79.353	48.692
>> Strommix China, Mittelspannung (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben		29.351	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	90.336	83.406	34.162	29.615
>> Strom Wasserkraft USA, ohne Netz (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben	siehe Var. 3	29.351	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650	31.292	0.375	0.161	0.325
> Transport Reinst-Si mit Schiff aus USA oder China (durchschn. 7'000 km)	Ecoinvent v2.2	1,07 kg/m ²	7.490	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	0.353	0.348	0.080	0.135
> Transport von Philippinen nach D: 18'000 km mit Schiff	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	217.080	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	10.233	10.088	2.323	3.925
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12.060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO ₂ -Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO ₂ -Äq	1000 UBP 06	
								pro Bezugseinheit		für angegebene Menge			
7 Mix gem. Studie [1]: 66% Laminat aus Europa (siehe 3) sowie 34% Laminat aus China (siehe 4)	Studie [1], S.15		1.000	m ²					795	718	185	239	
8 Mix inkl. Philippinen: 56% Laminat aus Europa (siehe 3), 10% Laminat aus Philippinen (siehe 6) sowie 34% Laminat aus China (siehe 4)	Mail M. Johnson, 9.5.2013	10% Marktanteil Sunpower (Philippin.)	1.000	m ²					797	719	190	241	
4 <--- gewählte Variante für Herstellungsort PV-Module (Laminat)			1.000	m ²	3'077.72	2'858.82	273.53	315'717	855	794	274	316	
		13.2 kWp Haus Allmend	74.640	m ²	3'077.72	2'858.82	273.53	315'717	63'811	59'273	20'416	23'565	
Berechnung wie in Studie [1]: Varianten 2 und 7 eingeben und hier hin übertragen			1.000	m ²					950	837	223	269	
Solarstromproduktion (ohne Netzverluste, über 30 Jahre)	Ecoinvent v2.2	922 kWh/kWp * 3 kWp	82'980	kWh					20'992	18'497	4'919	5'934	
Solarstrom Niederspannung ohne Netzverluste (pro kWh)			1	kWh					0.2530	0.2229	0.0593	0.0715	
Netzverluste bei Hochspannungseinspeisung	Studie [6], S.180	Netzverluste: 9,66% NS	1	kWh					0.0244	0.0215	0.0057	0.0069	
Solarstrom inkl. Netzverluste berechnet wie Studie [1]									0.2774	0.2444	0.0650	0.0784	
Wert gemäss Studie [1] Seite 49 (mono-kristallines Laminat)											0.0650		
D. Alu-Varianten für Befestigung der PV-Module:													
1 Alu mit 32% Recycling-Anteil (Europ. Mittelwert der Baubranche)													
> Herstellung Alu-Profil, blank mit 32% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	156.5572	131.2264	9.6812	10'018	43.49	36.45	9.68	10.02	
> Herstellung Alu-Blech, blank, mit 32% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	147.7680	123.4180	9.2559	9'607	41.05	34.28	9.26	9.61	
2 Alu mit 80% Recycling-Anteil (z.B. von Hydro Aluminium Nenzing GmbH)	Bestätigung Hydro Alu												
> Herstellung Alu-Profil, blank mit 80% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	78.2040	68.1977	4.6098	7'080	21.72	18.94	4.61	7.08	
> Herstellung Alu-Blech, blank, 80% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	69.4147	60.3893	4.1845	6'669	19.28	16.77	4.18	6.67	
3 Alu mit 100% Recycling-Anteil (maximaler Recycling-Anteil?)													
> Herstellung Alu-Profil, blank mit 100% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	44.1661	40.6180	2.4103	5'530	12.27	11.28	2.41	5.53	
> Herstellung Alu-Blech, blank, 100% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	35.3769	32.8095	1.9850	5'119	9.83	9.11	1.98	5.12	
+ Für alle Varianten:													
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2		0.200	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.131	0.129	0.027	0.030	
2 <--- gewählte Alu-Variante für Montagesystem der PV-Anlage													
> Herstellung Alu-Profil, blank			1.000	kg	78.6758	68.6638	4.6372	7'110	21.85	19.07	4.64	7.11	
> Herstellung Alu-Blech, blank			1.000	kg	69.8866	60.8554	4.2119	6'699	19.41	16.90	4.21	6.70	
E. Befestigung der PV-Module (13.2 kWp Haus Allmend [4])													
		Herstellung+Entsorgung	74.640	m ²									
E.1 Modulbefestigung gem. Studie [1]: Annahme für CH (x% Laminat = Indach; Rest: Paneel = Aufdach und Flachdach)			x=10%						18'211	15'548	4'019	4'654	
a) Modulbefestigung Indach (=Laminat)									11'904	10'314	2'662	2'552	
Dachbefestigung, Wechselrichter und Elektroinstallation	Studie [1], S.49	inkl. Netzverluste	280'255	kWh			0.0197				5'521		
	Studie [6], S.180	exkl. 9,66% Netzverluste	280'255	kWh							5'035		
Schrägdachkonstruktion gemäss Ecoinvent (In-Dach, keine Modulrahmung)	Ecoinvent v2.2	Kontrolle und Hochrechn.	74.640	m2	581.32	503.66	36.11	34'617	12'053	10'443	2'695	2'584	
Wechselrichter und Elektroinstallation gemäss Ecoinvent	Ecoinvent v2.2										2'372		
b) Modulbefestigung Mix Aufdach und Flachdach (=Paneel)									18'912	16'130	4'170	4'888	
Dachbefestigung inkl. Rahmen, Wechselrichter und Elektroinstallation	Studie [1], S.49	inkl. Netzverluste	280'255	kWh			0.0256				7'175		
	Studie [6], S.180	exkl. 9,66% Netzverluste	280'255	kWh							6'543		
Schrägdachkonstruktion Aufdach gem. Ecoinvent (exkl. Rahmung Module)	Ecoinvent v2.2	Auf Dach	74.640	m2	631.11	534.15	39.13	41'463	13'085	11'075	2'921	3'095	
Alu-Rahmung Paneel: 2,629 kg Alu-Profil / m2	Ecoinvent v2.2		196.229	kg	78.68	68.66	4.64	7'110	4'288	3'743	910	1'395	
Total Modulbefestigung Aufdach (höherer Wert als Mix Auf-/Flach-Dach)	Ecoinvent v2.2	Kontrolle und Hochrechn.							17'373	14'817	3'831	4'490	
Wechselrichter und Elektroinstallation gemäss Ecoinvent	Ecoinvent v2.2										2'372		
E.2 Dachintegration mit System Solrif®: Alu-Profile und -Bleche, 30 Jahre Lebensdauer (Variante Indach, kein Rahmen gem. E.3)	Mail M. Johnson, 9.5.2013	Entsorgung = Recycling	166.037	kg					3'523	3'097	1'293	1'102	
> Herstellung Alu-Rahmen-Profil Solrif, blank	Alu-Var. gem. D	1.66 kg/m ² * 74.64 m ²	123.902	kg	78.6758	68.6638	4.6372	7'110	2'707.81	2'363.22	574.56	880.90	
> Herstellung Alu-Anschlussprofile links+rechts	Alu-Var. gem. D	0.45 kg/m * 8.25 m * 2	7.425	kg	78.6758	68.6638	4.6372	7'110	162.27	141.62	34.43	52.79	
> Herstellung Alu-Blech-Abschlüsse links+rechts	Alu-Var. gem. D	0.6 kg/m * 8.25 m * 2	9.900	kg	69.8866	60.8554	4.2119	6'699	192.19	167.35	41.70	66.32	
> Herstellung Alu-Blech-Abschlüsse oben+unten	Alu-Var. gem. D	(0.85+0.65) kg/m * 9.5 m	14.250	kg	69.8866	60.8554	4.2119	6'699	276.63	240.89	60.02	95.46	
> Herstellung Montagebügel + -Schrauben: Chromnickelstahl, 37% Rec.	Ecoinvent v2.2	(0.150+0.026) kg / Modul	10.560	kg	54.6455	54.6455	54.6455	55	160.29	160.29	577.06	0.58	
> Materialtransport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	166 kg * 200 km	33.207	to km	2.3592	2.3306	0.1371	150	21.76	21.50	4.55	4.98	
> Materialtransport zu Recycling-Anlage: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	166 kg * 20 km	3.321	to km	2.3592	2.3306	0.1371	150	2.1762	2.1498	0.4553	0.4976	
E.3 Eingesparte Dachbedeckung bei Variante E.2: keine Tonziegel auf 76 m2 Dachfläche, umgerechnet auf 30 Jahre Betriebsdauer	Ökobilanz von Haus Allmend [4]	3284 kg Tonziegel mit 60 Jahre Lebensdauer --> 1642 kg in 30 Jahren	1'642	kg					2'107	2'063	652	471	
> Herstellung Tonziegel	Ecoinvent v2.2	1642 kg Tonziegel	1'642	kg	3.9126	3.8282	0.3580	229.96	1'784.58	1'746.08	587.84	377.59	
> Transport zu Haus: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1642 kg * 200 km	328	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	215.21	212.60	45.02	49.21	
> Transport zu Entsorgung Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1642 kg total * 20 km	33	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	21.52	21.26	4.50	4.92	
> Entsorgung Tonziegel (wie Entsorgung Backstein)	Baustoffliste EMPA	1642 kg Tonziegel	1'642	kg	0.1874	0.1816	0.0090	24.21	85.48	82.83	14.78	39.75	

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO2-Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO2-Äq	1000 UBP 06	
								pro Bezugseinheit		für angegebene Menge			
E.4 Rahmung der 60 Module bei den Varianten Aufdach und Flachdach: Alu-Profile, 30 Jahre Lebensdauer	Mail M. Johnson, 9.5.2013	Entsorgung = Recycling	162.000	kg									
> Herstellung Alu-Profil blank	siehe D	2,5 - 3,0 kg/Modul	162.000	kg	78.6758	68.6638	4.6372	7'109.65	3'540.41	3'089.87	751.23	1'151.76	
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	162 kg * 200 km	32.400	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	21.23	20.98	4.44	4.85	
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	162 kg * 20 km	3.240	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	2.12	2.10	0.44	0.49	
E.5 Montagesystem für Variante Aufdach mit 60 Modulen: Alu-Profile, 30 Jahre Lebensdauer	Mail M. Johnson, 9.5.2013	Entsorgung = Recycling	66.000	kg									
> Herstellung Alu-Profil blank	siehe D	0,8 - 1,5 kg/Modul	66.000	kg	78.68	68.66	4.64	7'109.65	1'442.39	1'258.84	306.06	469.24	
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	66 kg * 200 km	13.200	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	8.65	8.55	1.81	1.98	
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	66 kg * 20 km	1.320	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.87	0.85	0.18	0.20	
E.6 Montagesystem für Variante Flachdach mit 60 Modulen: Alu-Profile, 30 Jahre Lebensdauer	Mail M. Johnson, 9.5.2013	Entsorgung = Recycling	165.000	kg									
> Herstellung Alu-Profil blank mit 32% Rezyklat-Anteil	Siehe D	1,5 - 4,0 kg/Modul	165.000	kg	78.68	68.66	4.64	7'109.65	3'605.97	3'147.09	765.14	1'173.09	
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	165 kg * 200 km	33.000	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	21.63	21.36	4.52	4.94	
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	165 kg * 20 km	3.300	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	2.16	2.14	0.45	0.49	
Befestigungs-Varianten für PV-Anlage 13.2 kWp, 30 J. Lebensdauer:													
1 Dachmontage gem. Bericht ESU 2012			74.640	m ²					18'211	15'548	4'019	4'654	
2 In Dach integriert (aktuelle In-Dach-Variante)		3.1+3.2+3.6+3.7+3.8	74.640	m ²					1'416	1'034	641	630	
3 Auf bestehendem Dach montiert (aktuelle Auf-Dach-Variante)		3.1+3.3+3.4+3.6+3.7	74.640	m ²					5'016	4'381	1'064	1'629	
4 Auf Flachdach montiert (aktuelle Flachdach-Variante)		3.1+3.3+3.5+3.6+3.7	74.640	m ²					7'194	6'284	1'526	2'336	
5 Dach-Variante CH (10% In-Dach, 40% Auf-Dach, 50% Flachdach)	Mail M. Johnson, 9.5.2013		74.640	m ²					5'745	4'998	1'253	1'882	
5 <--- gewählte Befestigungs-Variante für PV-Anlage			74.640	m ²					5'745	4'998	1'253	1'882	
F. Wechselrichter+Elektroinstallation (13.2 kWp Haus Allmend [4])													
F.1 Wechselrichter gem. Ecoinvent: 5 Units zu 2500W, resp. 18,5 kg für 15 Jahre -> 185 kg für 30 Jahre	Ecoinvent v2.2	1 Unit 2500W = 18.5 kg	185.000	kg									
> Herstellung und Entsorgung Wechselrichter, 2500W, ab Werk RER	Ecoinvent v2.2	Mail ABR 23.10.12	185.000	kg	173.84	160.99	9.47	33'663	8'933.33	8'273.06	1'752.30	6'227.70	
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	185 kg * 200 km	37.000	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	24.25	23.95	5.07	5.54	
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	185 kg * 20 km	3.700	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	2.42	2.40	0.51	0.55	
F.2 Elektroinstallation für PV-Anlage gem. Ecoinvent: 13.2/3 = 4,4 Units zu 14,7 kg Cu -> 64.68 kg Cu für 30 Jahre	Ecoinvent v2.2		64.680	kg Cu									
> Herstellung und Entsorgung Elektroinstallationen, Photovoltaikanlage, ab Werk CH	Ecoinvent v2.2	Mail ABR 23.10.12	64.680	kg Cu	151.86	144.61	9.50	58'771	2'728.49	2'598.08	614.59	3'801.34	
F.3 Wechselrichter für PV-Anlage: 49 kg mit 15 Jahre Lebensdauer -> 98 kg für 30 Jahre	Ökobilanz von Haus Allmend [4]		98.000	kg									
> Herstellung und Entsorgung Wechselrichter, 2500W, ab Werk RER	Ecoinvent v2.2	1 Unit 2500W = 18.5 kg	98.000	kg	173.84	160.99	9.47	33'663	4'732.25	4'382.48	928.25	3'299.00	
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	98 kg * 200 km	19.600	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	12.84	12.69	2.69	2.94	
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	98 kg * 20 km	1.960	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	1.28	1.27	0.27	0.29	
F.4 Elektroinstallation für PV-Anlage: 11,5 kg Kupfer, 30 Jahre	Ökobilanz von Haus Allmend [4]	Cu: 4 mm2 x 222 m + 10 mm2 x 40 m	11.500	kg Cu									
> Herstellung und Entsorgung Elektroinstallationen, Photovoltaikanlage, ab Werk CH	Ecoinvent v2.2	Mail ABR 23.10.12	11.500	kg Cu	151.86	144.61	9.50	58'771.43	485.12	461.93	109.27	675.87	
Varianten für WR und Elektroinstallation, 13.2 kWp, über 30 Jahre:													
1 WR und Elektroinstallation gemäss Ecoinvent v2.2	F.1 + F.2		74.640	m ²					11'688	10'897	2'372	10'035	
2 WR und Elektroinstallation gemäss Anlage Haus Allmend	F.3 + F.4		74.640	m ²					5'232	4'858	1'040	3'978	
2 <--- gewählte Variante für WR und Elektroinstallation			74.640	m ²					5'232	4'858	1'040	3'978	

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO ₂ -Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO ₂ -Äq	1000 UBP 06
					pro Bezugseinheit				für angegebene Menge			
G. Gesamte PV-Anlage (12,3 kWp, monokristalline Zellen)		Herstellung+Entsorgung	3.52									
PV-Module (Laminat monokristallin)									63'811	59'273	20'416	23'565
Dachbefestigung der PV-Module									5'745	4'998	1'253	1'882
Wechselrichter und Elektroinstallation									5'232	4'858	1'040	3'978
H. Solarstrom-Produktion in Haus Allmend ([4], monokrist. Zellen)												
Varianten für jährliche Solarstromproduktion:												
1 Stromproduktion gemäss Ecoinvent v2.2	Ecoinvent v2.2	922 kWh/kWp	9'342	kWh	125.16	< kWh/m ²						
2 Stromproduktion SunPower 2010, gem. Messungen 2012	Messwert (Abb.3)	SunPower E-Serie (2010)	13'984	kWh	187.35	< kWh/m ²						
3 Stromproduktion SunPower 2012, "all black" (200, resp. 185 kWh/m ²)	Umrechn. (Abb.3)	= 200*0.925*74.64	13'808	kWh	185.00	< kWh/m ²						
4 Stromproduktion SunPower 2013, gem. Messungen 2012	Umrechn. (Abb.3)	SunPower X-Serie (2013)	17'316	kWh	232.00	< kWh/m ²						
5 Stromproduktion bei nur 1000 kWh/kWp	Annahme	1000 kWh/kWp * 13.2 kWp	13'200	kWh	176.85	< kWh/m ²						
4 <--- gewählte Variante für jährliche Stromproduktion			17'316	kWh								
I. Beanspruchung des Stromnetzes durch den Solarstrom												
Solarstrom ab PV-Anlage (exkl. Beanspruchung Stromnetz)			1	kWh					1.1440	0.1331	0.0437	0.0566
Netzverluste bei Hochspannungseinspeisung	Studie [6], S.180	Netzverluste: 9.66% NS	1	kWh					0.1105	0.0129	0.0042	0.0055
Stromnetz (Netz-Infrastruktur und -Betrieb)	Studie [1]		1	kWh	0.0790	0.0667	0.0068	52.9148	0.0220	0.0185	0.0068	0.0529
Varianten zur Anrechnung von Netzverlusten:												
1 Volle Anrechnung der Netzverluste (PV-Grossanlage)			1	kWh					0.1105	0.0129	0.0042	0.0055
2 Anrechnung der Netzverluste nur zu x% (dezentrale PV-Anlage)		x = 50.0%	1	kWh					0.0553	0.0064	0.0021	0.0027
2 <--- gewählte Variante für Anrechnung von Netzverlusten			1	kWh								
K. Ökobilanz Solarstrom Niederspannung (monokristalline Zellen)									Wh PE	Wh PEne	g CO₂-Äq	UBP 06
PV-Module (Laminat monokristallin)			1	kWh					1'122.83	114.10	39.30	45.36
Dachmontage der PV-Anlage			1	kWh					11.06	9.62	2.41	3.62
Wechselrichter und Elektroinstallation			1	kWh					10.07	9.35	2.00	7.66
Verluste im Stromnetz			1	kWh					55.25	6.43	2.11	2.74
Stromnetz (Netz-Infrastruktur und -Betrieb)			1	kWh					21.95	18.54	6.80	52.91
Total Umweltbelastung je kWh			1	kWh					1'221.17	158.03	52.63	112.29
Ökologische Rückzahldauer im Netz UCTE			---	Jahre					11.03	1.53	2.86	6.02
Jährliche Reduktion Umweltbelastung durch Ersatz Netzstrom (UCTE NSp)			-17'316	kWh	11.96	11.12	0.55	560.00	-57'529'195	-53'488'683	-9'553'502	-9'697'229

Ökobilanz PV-Anlagen mit monokristallinen Si-Zellen

Farb-Code: Die gelb markierten Zellen enthalten Eingabewerte.

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ	MJ	kg	Anzahl	kWh	kWh	kg	1000
					PE	PEne	CO ₂ -Äq	UBP 06	PE	PEne	CO ₂ -Äq	UBP 06
					pro Bezugsseinheit				für angegebene Menge			
Varianten-Definition:												
R		<= zugehörige Spalte im Register "Grafik" (F, H, J, L, N, P, R)										
3		<= Herstelltechnologie der Module										
8		<= Herstellerort der Module										
5		<= Befestigung der Module										
10%	D	<= Anteil Indach-Anlagen bei Befestigungs-Variante 1										
2		<= Alu-Typ zur Befestigung										
2		<= Elektroinstallationen										
4		<= Stromproduktion / Effizienz										
2		<= Beanspruchung Stromnetz										
50%	D	<= Anteil der vollen Netzverluste bei dezentraler Einspeisung										
A. Länderspezifischer Strommix												
A.1 Strommix Schweiz												
a) Einspeisung ins HS-Netz:												
Produktionsmix = Erzeugermix	Ecoinvent v2.2											
Versorgungsmix brutto = Produktionsmix + Importmix	Ecoinvent v2.2											
Versorgungsmix nicht zertifiziert = Versorgungsmix brutto minus zertifiz. Strom	Ecoinvent v2.2		1.000	kWh	9.6775	8.3588	0.1252	362.2600				
b) Verbrauchermix nicht zertifiziert, ab Netz:												
Hochspannung Verbrauchermix ab Netz	Ecoinvent v2.2											
Mittelspannung Verbrauchermix ab Netz	Ecoinvent v2.2											
Niederspannung Verbrauchermix ab Netz	Ecoinvent v2.2	neues Modell in v2.2	1.000	kWh	10.9840	9.4890	0.1486	457.9300				
c) Netzverluste Verbrauchermix und Netzenützung:												
> Stromverluste im Netz total bei Niederspannungsbezug Verbrauchermix	Studie [6]	9.66% von NS-Bezug	1.000	kWh	1.2320	1.0673	0.0170	45.7900				
> Netzinfrastruktur (NS und MS, HS vernachlässigbar)	Ecoinvent v2.2		1.000	kWh	0.0745	0.0629	0.0064	49.8800				
> Netzinfrastruktur mit Anpassung an Studie [1] (prop. zu CO ₂ -Äq.)	Studie [1], S. 60		1.000	kWh	0.0790	0.0667	0.0068	52.9148				
A.2 Strommix Europa (UCTE)												
Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2		1.000	kWh	10.7000	10.6000	0.5160	522.60				
Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2		1.000	kWh	11.1500	10.3700	0.5093	496.00				
Strommix Mittelspannung Produktion UCTE	Ecoinvent v2.2		1.000	kWh	11.4060	10.7040	0.5315	540.90				
Strommix ab Mittelspannungsnetz	Studie [6]		1.000	kWh	11.2700	10.4800	0.5177	506.00				
Strommix ab Niederspannungsnetz	Studie [6]		1.000	kWh	11.9600	11.1200	0.5517	560.00				
A.3 Strommix China												
Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2		1.000	kWh	11.0860	10.3700	1.1483	994.2500				
Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2		1.000	kWh								
Strommix ab Mittelspannungsnetz	Studie [6]		1.000	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00				
A.4 Strommix Norwegen												
Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2		1.000	kWh								
Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2		1.000	kWh								
Strommix ab Mittelspannungsnetz	Ecoinvent v2.2		1.000	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.64				
A.5 Strommix USA												
Produktions-Mix (ohne Netz)	Ecoinvent v2.2		1.000	kWh								
Strommix ab Hochspannungsnetz	Ecoinvent v2.2		1.000	kWh								
Strommix ab Mittelspannungsnetz	Studie [6]		1.000	kWh	12.8700	12.3600	0.7652	626.00				
Stromproduktion ab Laufwasser-KW	Ecoinvent v2.2	gem. Ecoinvent wie Wasserkraft Schweden	1.000	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650				
A.6 Strommix Philippinen												
IEA-Statistik (Mail ABR)		Anteile Stromerzeugung										
Erdgas-Kraftwerke (Modell Mix CENTREL)	Ecoinvent v2.2		0.321	kWh	15.3420	15.3113	0.9144	429.0000	1.37	1.37	0.29	0.14
Kohle-Kraftwerke (Modell Polen mit 50% Braunkohle, 50% Steinkohle)	Ecoinvent v2.2		0.266	kWh	13.1915	13.1255	1.1320	759.1500	0.98	0.97	0.30	0.20
Geothermie (wie Ecoinvent: Modell Mix Wasserkraft Italien)	Ecoinvent v2.2		0.167	kWh	3.8450	0.0520	0.0050	11.0500	0.18	0.00	0.00	0.00
Wasserkraft (Modell Mix Wasserkraft Italien)	Ecoinvent v2.2		0.158	kWh	3.8450	0.0520	0.0050	11.0500	0.17	0.00	0.00	0.00
Erdöl-Kraftwerke (Modell UCTE)	Ecoinvent v2.2		0.087	kWh	12.4490	12.4241	0.8856	787.0000	0.30	0.30	0.08	0.07
Produktions-Mix (ohne Netz)		Mittelwert	1.000	kWh	10.7680	9.5065	0.6734	411.7563	2.99	2.64	0.67	0.41
Strommix ab Mittelspannungsnetz			1.000	kWh	10.8839	9.6073	0.6846	420.0579	3.02	2.67	0.68	0.42

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO ₂ -Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO ₂ -Äq	1000 UBP 06
					pro Bezugsseinheit				für angegebene Menge			
B. Herstellung monokristalline Si-Module (Laminat ohne Rahmen)												
1 Module gem. Modell "Solarlaminat, single Si ab Werk" in Ecoinvent v2.2 (Herstellung in D, MG-Si aus N)												
	Doku von Ecoinvent v2.1	460 Mikrometer Ingot pro Wafer	1.000	m ²					1'018	883	184	233
> 1 m ² Solarlaminat, single Si ab Werk beinhaltet:	Ecoinvent v2.2, (Daten 1997)	Mail ABR 23.10.12	1.000	m ²	3'664.15	3'180.20	184.05	232'870	1'017.819	883.389	184.050	232.870
>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	Herstellung Laminat	4.706	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	14.910	13.992	2.501	2.545
>>> Solarzelle Single Si	Ecoinvent v2.2	Zellen: 93,2% von Laminat	0.932	m ²								
>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	30,24 kWh/m ² Solarzelle	28.196	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	89.335	83.836	14.986	15.251
>>>>> Wafer Single Si	Ecoinvent v2.2	1,06 m ² Wafer / 1 m ² Solarzelle	0.988	m ²								
>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	8 kWh / m ² Wafer	7.907	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	25.051	23.510	4.202	4.277
>>>>>>> CZ single-Silizium, Photovoltaik (Ingot)	Ecoinvent v2.2	1,0748 kg CZ Si / m ² Wafer	1.062	kg	2'238.000	1'856.000	104.100	88777.000	660.386	547.666	110.584	94.306
>>>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	Ecoinvent v2.2	85,6 kWh / kg CZ-Si	90.931	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	288.101	270.370	48.330	49.185
>>>>>>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)	Ecoinvent v2.2	1,07 / kg Cz-Si	1.137	kg	1'030.000	733.060	45.997	27'378	325.206	231.452	52.282	31.119
>>>>>>>>>>> Strom Mittelspannung, ab Netz, NO (für MG-Si)	Ecoinvent v2.2	11 kWh / kg MG-Si (1,05 bis 1,13 kg MG-Si / kg Prod-Mix PV)	12.258	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	16.036	3.418	0.446	0.425
>>>>>>>>>>>>> Strom ab Laufwasser-KW Europa	Ecoinvent v2.2	65 kWh/kgSiS für 80,21% Prod-Mix PV + 39,2 kWh/kgSiH für 14,55% Prod-Mix PV + 10,45 kWh/kgHv für 5,22% Prod-Mix PV	66.364	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	70.696	0.793	0.248	0.697
>>>>>>>>>>>>>>> Strom aus BHKW 1 MW (Wacker?), ohne Netz	Ecoinvent v2.2	45 kWh/kgSiS für 80,21% Prod-Mix PV + 124,1 kWh/kgSiH für 14,55% Prod-Mix PV + 33,1 kWh/kgSiHv für 5,22% Prod-Mix PV	63.514	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	166.108	165.843	37.664	18.305
		Total Strombedarf-->	274	kWh / m ²								
2 Module gem. Modell 1, aber mit dünneren Wafern (Herstellung in D, MG-Si aus N)												
	Studie [1], S. 14	380 Mikrometer Ingot pro Wafer (82,6% von 1)	1.000	m ²					903	788	165	216
> 1 m ² Solarlaminat, single Si ab Werk beinhaltet:			1.000	m ²					902.912	788.095	164.808	216.461
>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	Herstellung Laminat	4.706	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	14.910	13.992	2.501	2.545
>>> Solarzelle Single Si	wie 1	Zellen: 93,2% von Laminat	0.932	m ²								
>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	30,24 kWh/m ² Solarzelle	28.196	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	89.335	83.836	14.986	15.251
>>>>> Wafer Single Si	wie 1	1,06 m ² Wafer / 1 m ² Solarzelle	0.988	m ²								
>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	8 kWh / m ² Wafer	7.907	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	25.051	23.510	4.202	4.277
>>>>>>> CZ single-Silizium, Photovoltaik (Ingot)	(190+190 nm) vs	82,6% von 1	0.877	kg	2'238.000	1'856.000	104.100	88777.000	545.479	452.372	91.342	77.897
>>>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung		82,6% von 1	75.109	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	237.972	223.325	39.921	40.627
>>>>>>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)		82,6% von 1	0.939	kg	1'030.000	733.060	45.997	27'378.00	268.620	191.179	43.185	25.704
>>>>>>>>>>> Strom Mittelspannung, ab Netz, Norw. (für MG-Si)		82,6% von 1	10.125	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	13.246	2.823	0.369	0.351
>>>>>>>>>>>>> Strom Laufwasser-KW (Wacker), ohne Netz		82,6% von 1	54.816	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	58.395	0.655	0.204	0.576
>>>>>>>>>>>>>>> Strom aus BHKW 1 MW (Wacker), ohne Netz		82,6% von 1	52.463	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	137.205	136.986	31.110	15.120
		Total Strombedarf-->	233	kWh / m ²								
3 Module gem. Modell 1, aber mit dünneren Wafern und Sägestaub-Recycling (Herstellung in D, MG-Si aus N)												
	Hinweis aus Studie [1], S. 14	190 Mikrometer Ingot pro Wafer (41,3% von 1)	1.000	m ²					769	693	143	204
> 1 m ² Solarlaminat, single Si ab Werk beinhaltet:			1.000	m ²					768.602	692.505	143.216	203.609
>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	Herstellung Laminat	4.706	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	14.910	13.992	2.501	2.545
>>> Solarzelle Single Si	wie 1	Zellen: 93,2% von Laminat	0.932	m ²								
>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	30,24 kWh/m ² Solarzelle	28.196	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	89.335	83.836	14.986	15.251
>>>>> Wafer Single Si	wie 1	1,06 m ² Wafer / 1 m ² Solarzelle	0.988	m ²								
>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung	wie 1	8 kWh / m ² Wafer	7.907	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	25.051	23.510	4.202	4.277
>>>>>>> CZ single-Silizium, Photovoltaik (Ingot)		wie 2	0.877	kg								
>>>>>>>> Strommix UCTE, Mittelspannung		wie 2	75.109	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	237.972	223.325	39.921	40.627
>>>>>>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)		50% von 2	0.469	kg	1'030.000	733.060	45.997	27'378.000	134.310	95.590	21.593	12.852
>>>>>>>>>>> Strom Mittelspannung, ab Netz, Norw. (für MG-Si)		50% von 2	5.063	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	6.623	1.412	0.184	0.175
>>>>>>>>>>>>> Strom Laufwasser-KW (Wacker?), ohne Netz		50% von 2	27.408	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	29.197	0.327	0.102	0.288
>>>>>>>>>>>>>>> Strom aus BHKW 1 MW (Wacker?), ohne Netz		50% von 2	26.231	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	68.602	68.493	15.555	7.560
		Total Strombedarf-->	175	kWh / m ²								

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO ₂ -Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO ₂ -Äq	1000 UBP 06
					pro Bezugsseinheit				für angegebene Menge			
3 <-- gewählte Variante für Herstellung PV-Module (Laminat)			1.000	m²	2766.967	2493.019	143.216	203608.54	769	693	143	204
Herstellung ab Polysilizium: Strommix UCTE, Mittelspannung			115.918	kWh	11.406	10.704	0.532	540.900	367.267	344.663	61.611	62.700
Herstellung MG-Silizium: Strommix Norwegen, Mittelspannung			5.063	kWh	4.710	1.004	0.036	34.640	6.623	1.412	0.184	0.175
Herstellung Polysilizium: Strom Laufwasser-KW (ohne Netz)			27.408	kWh	3.835	0.043	0.004	10.510	29.197	0.327	0.102	0.288
Herstellung Polysilizium: Strom BHKW (1 MW ohne Netz)			26.231	kWh	9.415	9.400	0.593	288.200	68.602	68.493	15.555	7.560
		Total Strombedarf-->	175	kWh / m ²								
C. Strommix und Herstellort der Si-Module (Laminat o. Rahmen)												
1 Herstellertechnologie, Strommix und Herstellort wie in Studie [1] (PV-Anl. 3 kWp, 22,1 m²)			1	m²					950	837	223	268
Herstellung Solarlaminat	Studie [1], S.49	922 kWh / kWp Jahr	82'980	kWh			0.0650				5'394	
		inkl. Netzverluste	1	m ²							244	
		exkl. 9.66% Netzverluste	1	m ²					950	837	223	268
2 Herstellung in Deutschland, MG-Silizium aus N (Strommixe wie Modell "Solarlaminat, single Si ab Werk" in Ecoinvent v2.2)	Ecoinvent v2.2		1.000	m²					777	700	145	205
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12.060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.8400	0.158	0.156	0.033	0.036
3 Laminat-Herstellung in Europa (Strommixe wie in Studie [1]: Reinst-Silizium aus D, USA, N)	Strommix: Studie [1], S.13	Modell 2 korrigiert	1.000	m²					764	679	140	200
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk beinhaltet:			1.000	m ²					756.023	670.846	138.252	198.012
>>>> Strom für Herstellung ab Polysilizium (UCTE Mittelsp.)	ESU 2013	aktualisierter Mix UCTE	115.918	kWh	11.2700	10.4800	0.5177	506.0000	362.888	337.451	60.011	58.655
>>>> Silizium Produktionsmix PV (= Polysilizium = Reinst-Si)												
>>>>> Strom für MG-Si: 75% für europ. Polysilizium		Ann.: Mix Norw., Mittelsp.	3.797	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.6400	4.967	1.059	0.138	0.132
>>>>> Strom für MG-Si: 25% USA-Polysilizium		Ann.: Mix Norw., Mittelsp.	1.266	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.6400	1.656	0.353	0.046	0.044
>>>>> Strom für Reinst-Si: Mix Norwegen Mittelspannung	Studie [1], S.13/15	9% Strommix Norwegen	4.828	kWh	4.7096	1.0038	0.0364	34.6400	6.316	1.346	0.176	0.167
>>>>> Strom für Reinst-Si: Laufwasser-KW USA, o. Netz	Studie [1], S.13/15	53.4% Laufwasser-KW	28.644	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650	30.538	0.366	0.157	0.317
>>>>> Strom für Reinst-Si: BHKW 1 MW, ohne Netz	Studie [1], S.13/15	37.6% BHKW-Strom	20.168	kWh	9.4150	9.4000	0.5930	288.2000	52.746	52.662	11.960	5.813
> Transport Reinst-Si mit Schiff aus USA (10'000 km)	Studie [1], S.13/15	1,07 kg/m ² für 25% Module	2.675	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	0.126	0.124	0.029	0.048
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12.060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036
		Total Strombedarf-->	175	kWh / m ²								
4 Laminat-Herstellung in China, Reinst-Silizium aus China (wie in Studie [1])			1.000	m²					855	794	274	316
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk		geänderter Strommix	1.000	m ²					834.354	773.822	269.004	309.077
>> Strommix China, Mittelspannung (für Module, PV-Zellen und Si CZ)	siehe oben		115.918	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	356.770	329.401	134.917	116.961
>> Strommix China, Mittelspannung (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben		58.702	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	180.672	166.812	68.323	59.230
> Transport von China nach D: 22'000 km mit Schiff	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	265.320	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	12.507	12.330	2.839	4.797
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12.060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036
		Total Strombedarf-->	175	kWh / m ²								
5 Laminat-Herstellung in Philippinen, Reinst-Silizium 100% aus USA (Annahme für Module von SunPower)			1.000	m²					729	606	150	188
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk	siehe oben	geänderter Strommix	1.000	m ²					709.954	587.711	145.438	182.227
>> Strommix Philippinen, Mittelspannung (für Modulherstellung)	siehe oben		115.918	kWh	10.8839	9.6073	0.6846	420.06	350.457	309.352	79.353	48.692
>> Strommix China, Mittelspannung (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben		0.000	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	0.000	0.000	0.000	0.000
>> Strom Wasserkraft USA, ohne Netz (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben	siehe Var. 3	58.702	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650	62.585	0.749	0.322	0.650
> Transport Reinst-Si mit Schiff aus USA oder China (durchschn. 7'000 km)	Ecoinvent v2.2	1,07 kg/m ²	7.490	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	0.353	0.348	0.080	0.135
> Transport von Philippinen nach D: 18'000 km mit Schiff	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	217.080	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	10.233	10.088	2.323	3.925
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12.060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036
6 Laminat-Herstellung in Philippinen, Reinst-Silizium 50% aus USA und 50% aus China			1.000	m²					788	689	184	217
> 1 m ² Solarlaminat ab Werk	siehe oben	geänderter Strommix	1.000	m ²					768.997	670.742	179.439	211.517
>> Strommix Philippinen, Mittelspannung (für Modulherstellung)	siehe oben		115.918	kWh	10.8839	9.6073	0.6846	420.06	350.457	309.352	79.353	48.692
>> Strommix China, Mittelspannung (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben		29.351	kWh	11.0800	10.2300	1.1639	1'009.00	90.336	83.406	34.162	29.615
>> Strom Wasserkraft USA, ohne Netz (für Polysilizium = Reinst-Si)	siehe oben	siehe Var. 3	29.351	kWh	3.8381	0.0460	0.0055	11.0650	31.292	0.375	0.161	0.325
> Transport Reinst-Si mit Schiff aus USA oder China (durchschn. 7'000 km)	Ecoinvent v2.2	1,07 kg/m ²	7.490	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	0.353	0.348	0.080	0.135
> Transport von Philippinen nach D: 18'000 km mit Schiff	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	217.080	to km	0.1697	0.1673	0.0107	18.08	10.233	10.088	2.323	3.925
> Transport von D in die Schweiz: 1000 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	12.060	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	7.903	7.808	1.653	1.807
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1 m ² = 12,06 kg	0.241	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.158	0.156	0.033	0.036

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO ₂ -Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO ₂ -Äq	1000 UBP 06			
								pro Bezugseinheit				für angegebene Menge			
7 Mix gem. Studie [1]: 66% Laminat aus Europa (siehe 3) sowie 34% Laminat aus China (siehe 4)	Studie [1], S.15		1.000	m²					795	718	185	239			
8 Mix inkl. Philippinen: 56% Laminat aus Europa (siehe 3), 10% Laminat aus Philippinen (siehe 6) sowie 34% Laminat aus China (siehe 4)	Mail M. Johnson, 9.5.2013	10% Marktanteil Sunpower (Philippin.)	1.000	m²					797	719	190	241			
8 <--- gewählte Variante für Herstellungsort PV-Module (Laminat)			1.000	m²	2'870.63	2'588.82	189.73	241'032	797	719	190	241			
		13.2 kWp Haus Allmend	74.640	m²	2'870.63	2'588.82	189.73	241'032	59'518	53'675	14'162	17'991			
Berechnung wie in Studie [1]: Varianten 2 und 7 eingeben und hier hin übertragen			1.000	m ²					950	837	223	269			
Solarstromproduktion (ohne Netzverluste, über 30 Jahre)	Ecoinvent v2.2	922 kWh/kWp * 3 kWp	82'980	kWh					20'992	18'497	4'919	5'934			
Solarstrom Niederspannung ohne Netzverluste (pro kWh)			1	kWh					0.2530	0.2229	0.0593	0.0715			
Netzverluste bei Hochspannungseinspeisung	Studie [6], S.180	Netzverluste: 9,66% NS	1	kWh					0.0244	0.0215	0.0057	0.0069			
Solarstrom inkl. Netzverluste berechnet wie Studie [1]									0.2774	0.2444	0.0650	0.0784			
Wert gemäss Studie [1] Seite 49 (mono-kristallines Laminat)											0.0650				
D. Alu-Varianten für Befestigung der PV-Module:															
1 Alu mit 32% Recycling-Anteil (Europ. Mittelwert der Baubranche)															
> Herstellung Alu-Profil, blank mit 32% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	156.5572	131.2264	9.6812	10'018	43.49	36.45	9.68	10.02			
> Herstellung Alu-Blech, blank, mit 32% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	147.7680	123.4180	9.2559	9'607	41.05	34.28	9.26	9.61			
2 Alu mit 80% Recycling-Anteil (z.B. von Hydro Aluminium Nenzing GmbH)															
> Herstellung Alu-Profil, blank mit 80% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011	Bestätigung Hydro Alu	1.000	kg	78.2040	68.1977	4.6098	7'080	21.72	18.94	4.61	7.08			
> Herstellung Alu-Blech, blank, 80% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	69.4147	60.3893	4.1845	6'669	19.28	16.77	4.18	6.67			
3 Alu mit 100% Recycling-Anteil (maximaler Recycling-Anteil?)															
> Herstellung Alu-Profil, blank mit 100% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	44.1661	40.6180	2.4103	5'530	12.27	11.28	2.41	5.53			
> Herstellung Alu-Blech, blank, 100% Rezyklat-Anteil	EMPA 2011		1.000	kg	35.3769	32.8095	1.9850	5'119	9.83	9.11	1.98	5.12			
+ Für alle Varianten:															
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2		0.200	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.131	0.129	0.027	0.030			
2 <--- gewählte Alu-Variante für Montagesystem der PV-Anlage															
> Herstellung Alu-Profil, blank			1.000	kg	78.6758	68.6638	4.6372	7'110	21.85	19.07	4.64	7.11			
> Herstellung Alu-Blech, blank			1.000	kg	69.8866	60.8554	4.2119	6'699	19.41	16.90	4.21	6.70			
E. Befestigung der PV-Module (13.2 kWp Haus Allmend [4])															
		Herstellung+Entsorgung	74.640	m²											
E.1 Modulbefestigung gem. Studie [1]: Annahme für CH (x% Laminat = Indach; Rest: Paneel = Aufdach und Flachdach)															
			x=10%						18'211	15'548	4'019	4'654			
a) Modulbefestigung Indach (=Laminat)															
Dachbefestigung, Wechselrichter und Elektroinstallation	Studie [1], S.49	inkl. Netzverluste	280'255	kWh			0.0197		11'904	10'314	2'662	2'552			
	Studie [6], S.180	exkl. 9,66% Netzverluste	280'255	kWh							5'035				
Schrägdachkonstruktion gemäss Ecoinvent (In-Dach, keine Modulrahmung)	Ecoinvent v2.2	Kontrolle und Hochrechn.	74.640	m2	581.32	503.66	36.11	34'617	12'053	10'443	2'695	2'584			
Wechselrichter und Elektroinstallation gemäss Ecoinvent	Ecoinvent v2.2										2'372				
b) Modulbefestigung Mix Aufdach und Flachdach (=Paneel)															
Dachbefestigung inkl. Rahmen, Wechselrichter und Elektroinstallation	Studie [1], S.49	inkl. Netzverluste	280'255	kWh			0.0256		18'912	16'130	4'170	4'888			
	Studie [6], S.180	exkl. 9,66% Netzverluste	280'255	kWh							7'175				
Schrägdachkonstruktion Aufdach gem. Ecoinvent (exkl. Rahmung Module)	Ecoinvent v2.2	Auf Dach	74.640	m2	631.11	534.15	39.13	41'463	13'085	11'075	2'921	3'095			
Alu-Rahmung Paneel: 2,629 kg Alu-Profil / m2	Ecoinvent v2.2		196.229	kg	78.68	68.66	4.64	7'110	4'288	3'743	910	1'395			
Total Modulbefestigung Aufdach (höherer Wert als Mix Auf-/Flach-Dach)	Ecoinvent v2.2	Kontrolle und Hochrechn.							17'373	14'817	3'831	4'490			
Wechselrichter und Elektroinstallation gemäss Ecoinvent	Ecoinvent v2.2										2'372				
E.2 Dachintegration mit System Solrif®: Alu-Profile und -Bleche, 30 Jahre Lebensdauer (Variante Indach, kein Rahmen gem. E.3)															
	Mail M. Johnson, 9.5.2013	Entsorgung = Recycling	166.037	kg					3'523	3'097	1'293	1'102			
> Herstellung Alu-Rahmen-Profil Solrif, blank	Alu-Var. gem. D	1.66 kg/m2 * 74.64 m2	123.902	kg	78.6758	68.6638	4.6372	7'110	2'707.81	2'363.22	574.56	880.90			
> Herstellung Alu-Anschlussprofile links+rechts	Alu-Var. gem. D	0.45 kg/m * 8.25 m * 2	7.425	kg	78.6758	68.6638	4.6372	7'110	162.27	141.62	34.43	52.79			
> Herstellung Alu-Blech-Abschlüsse links+rechts	Alu-Var. gem. D	0.6 kg/m * 8.25 m * 2	9.900	kg	69.8866	60.8554	4.2119	6'699	192.19	167.35	41.70	66.32			
> Herstellung Alu-Blech-Abschlüsse oben+unten	Alu-Var. gem. D	(0.85+0.65) kg/m * 9.5 m	14.250	kg	69.8866	60.8554	4.2119	6'699	276.63	240.89	60.02	95.46			
> Herstellung Montagebügel + -Schrauben: Chromnickelstahl, 37% Rec.	Ecoinvent v2.2	(0.150+0.026) kg / Modul	10.560	kg	54.6455	54.6455	54.6455	55	160.29	160.29	577.06	0.58			
> Materialtransport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	166 kg * 200 km	33.207	to km	2.3592	2.3306	0.1371	150	21.76	21.50	4.55	4.98			
> Materialtransport zu Recycling-Anlage: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	166 kg * 20 km	3.321	to km	2.3592	2.3306	0.1371	150	2.1762	2.1498	0.4553	0.4976			
E.3 Eingesparte Dachbedeckung bei Variante E.2: keine Tonziegel auf 76 m2 Dachfläche, umgerechnet auf 30 Jahre Betriebsdauer															
	Ökobilanz von Haus Allmend [4]	3284 kg Tonziegel mit 60 Jahre Lebensdauer --> 1642 kg in 30 Jahren	1'642	kg					2'107	2'063	652	471			
> Herstellung Tonziegel	Ecoinvent v2.2	1642 kg Tonziegel	1'642	kg	3.9126	3.8282	0.3580	229.96	1'784.58	1'746.08	587.84	377.59			
> Transport zu Haus: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1642 kg * 200 km	328	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	215.21	212.60	45.02	49.21			
> Transport zu Entsorgung Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	1642 kg total * 20 km	33	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	21.52	21.26	4.50	4.92			
> Entsorgung Tonziegel (wie Entsorgung Backstein)	Baustoffliste EMPA	1642 kg Tonziegel	1'642	kg	0.1874	0.1816	0.0090	24.21	85.48	82.83	14.78	39.75			

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO2-Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO2-Äq	1000 UBP 06	
								pro Bezugseinheit		für angegebene Menge			
E.4 Rahmung der 60 Module bei den Varianten Aufdach und Flachdach: Alu-Profile, 30 Jahre Lebensdauer	Mail M. Johnson, 9.5.2013	Entsorgung = Recycling	162.000	kg									
> Herstellung Alu-Profil blank	siehe D	2,5 - 3,0 kg/Modul	162.000	kg	78.6758	68.6638	4.6372	7'109.65	3'540.41	3'089.87	751.23	1'151.76	
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	162 kg * 200 km	32.400	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	21.23	20.98	4.44	4.85	
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	162 kg * 20 km	3.240	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	2.12	2.10	0.44	0.49	
E.5 Montagesystem für Variante Aufdach mit 60 Modulen: Alu-Profile, 30 Jahre Lebensdauer	Mail M. Johnson, 9.5.2013	Entsorgung = Recycling	66.000	kg									
> Herstellung Alu-Profil blank	siehe D	0,8 - 1,5 kg/Modul	66.000	kg	78.68	68.66	4.64	7'109.65	1'442.39	1'258.84	306.06	469.24	
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	66 kg * 200 km	13.200	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	8.65	8.55	1.81	1.98	
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	66 kg * 20 km	1.320	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	0.87	0.85	0.18	0.20	
E.6 Montagesystem für Variante Flachdach mit 60 Modulen: Alu-Profile, 30 Jahre Lebensdauer	Mail M. Johnson, 9.5.2013	Entsorgung = Recycling	165.000	kg									
> Herstellung Alu-Profil blank mit 32% Rezyklat-Anteil	Siehe D	1,5 - 4,0 kg/Modul	165.000	kg	78.68	68.66	4.64	7'109.65	3'605.97	3'147.09	765.14	1'173.09	
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	165 kg * 200 km	33.000	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	21.63	21.36	4.52	4.94	
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	165 kg * 20 km	3.300	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	2.16	2.14	0.45	0.49	
Befestigungs-Varianten für PV-Anlage 13.2 kWp, 30 J. Lebensdauer:													
1 Dachmontage gem. Bericht ESU 2012			74.640	m ²					18'211	15'548	4'019	4'654	
2 In Dach integriert (aktuelle In-Dach-Variante)		3.1+3.2+3.6+3.7+3.8	74.640	m ²					1'416	1'034	641	630	
3 Auf bestehendem Dach montiert (aktuelle Auf-Dach-Variante)		3.1+3.3+3.4+3.6+3.7	74.640	m ²					5'016	4'381	1'064	1'629	
4 Auf Flachdach montiert (aktuelle Flachdach-Variante)		3.1+3.3+3.5+3.6+3.7	74.640	m ²					7'194	6'284	1'526	2'336	
5 Dach-Variante CH (10% In-Dach, 40% Auf-Dach, 50% Flachdach)	Mail M. Johnson, 9.5.2013		74.640	m ²					5'745	4'998	1'253	1'882	
5 <--- gewählte Befestigungs-Variante für PV-Anlage			74.640	m ²					5'745	4'998	1'253	1'882	
F. Wechselrichter+Elektroinstallation (13.2 kWp Haus Allmend [4])													
F.1 Wechselrichter gem. Ecoinvent: 5 Units zu 2500W, resp. 18,5 kg für 15 Jahre -> 185 kg für 30 Jahre	Ecoinvent v2.2	1 Unit 2500W = 18.5 kg	185.000	kg									
> Herstellung und Entsorgung Wechselrichter, 2500W, ab Werk RER	Ecoinvent v2.2	Mail ABR 23.10.12	185.000	kg	173.84	160.99	9.47	33'663	8'933.33	8'273.06	1'752.30	6'227.70	
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	185 kg * 200 km	37.000	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	24.25	23.95	5.07	5.54	
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	185 kg * 20 km	3.700	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	2.42	2.40	0.51	0.55	
F.2 Elektroinstallation für PV-Anlage gem. Ecoinvent: 13.2/3 = 4,4 Units zu 14,7 kg Cu -> 64.68 kg Cu für 30 Jahre	Ecoinvent v2.2		64.680	kg Cu									
> Herstellung und Entsorgung Elektroinstallationen, Photovoltaikanlage, ab Werk CH	Ecoinvent v2.2	Mail ABR 23.10.12	64.680	kg Cu	151.86	144.61	9.50	58'771	2'728.49	2'598.08	614.59	3'801.34	
F.3 Wechselrichter für PV-Anlage: 49 kg mit 15 Jahre Lebensdauer -> 98 kg für 30 Jahre	Ökobilanz von Haus Allmend [4]		98.000	kg									
> Herstellung und Entsorgung Wechselrichter, 2500W, ab Werk RER	Ecoinvent v2.2	1 Unit 2500W = 18.5 kg	98.000	kg	173.84	160.99	9.47	33'663	4'732.25	4'382.48	928.25	3'299.00	
> Transport in die Schweiz: 200 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	98 kg * 200 km	19.600	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	12.84	12.69	2.69	2.94	
> Transport zu Recycling-Anlage Schweiz: 20 km mit LKW > 28 Tonnen	Ecoinvent v2.2	98 kg * 20 km	1.960	to km	2.3592	2.3306	0.1371	149.84	1.28	1.27	0.27	0.29	
F.4 Elektroinstallation für PV-Anlage: 11,5 kg Kupfer, 30 Jahre	Ökobilanz von Haus Allmend [4]	Cu: 4 mm2 x 222 m + 10 mm2 x 40 m	11.500	kg Cu									
> Herstellung und Entsorgung Elektroinstallationen, Photovoltaikanlage, ab Werk CH	Ecoinvent v2.2	Mail ABR 23.10.12	11.500	kg Cu	151.86	144.61	9.50	58'771.43	485.12	461.93	109.27	675.87	
Varianten für WR und Elektroinstallation, 13.2 kWp, über 30 Jahre:													
1 WR und Elektroinstallation gemäss Ecoinvent v2.2	F.1 + F.2		74.640	m ²					11'688	10'897	2'372	10'035	
2 WR und Elektroinstallation gemäss Anlage Haus Allmend	F.3 + F.4		74.640	m ²					5'232	4'858	1'040	3'978	
2 <--- gewählte Variante für WR und Elektroinstallation			74.640	m ²					5'232	4'858	1'040	3'978	

	Datenquelle	Bemerkungen	Menge	Bezugs-Einheit	MJ PE	MJ PEne	kg CO2-Äq	Anzahl UBP 06	kWh PE	kWh PEne	kg CO2-Äq	1000 UBP 06
					pro Bezugseinheit				für angegebene Menge			
G. Gesamte PV-Anlage (12,3 kWp, monokristalline Zellen)		Herstellung+Entsorgung	3.52									
PV-Module (Laminat monokristallin)									59'518	53'675	14'162	17'991
Dachbefestigung der PV-Module									5'745	4'998	1'253	1'882
Wechselrichter und Elektroinstallation									5'232	4'858	1'040	3'978
H. Solarstrom-Produktion in Haus Allmend ([4], monokrist. Zellen)												
Varianten für jährliche Solarstromproduktion:												
1 Stromproduktion gemäss Ecoinvent v2.2	Ecoinvent v2.2	922 kWh/kWp	9'342	kWh	125.16	< kWh/m ²						
2 Stromproduktion SunPower 2010, gem. Messungen 2012	Messwert (Abb.3)	SunPower E-Serie (2010)	13'984	kWh	187.35	< kWh/m ²						
3 Stromproduktion SunPower 2012, "all black" (200, resp. 185 kWh/m ²)	Umrechn. (Abb.3)	= 200*0.925*74.64	13'808	kWh	185.00	< kWh/m ²						
4 Stromproduktion SunPower 2013, gem. Messungen 2012	Umrechn. (Abb.3)	SunPower X-Serie (2013)	17'316	kWh	232.00	< kWh/m ²						
5 Stromproduktion bei nur 1000 kWh/kWp	Annahme	1000 kWh/kWp * 13.2 kWp	13'200	kWh	176.85	< kWh/m ²						
4 <--- gewählte Variante für jährliche Stromproduktion			17'316	kWh								
I. Beanspruchung des Stromnetzes durch den Solarstrom												
Solarstrom ab PV-Anlage (exkl. Beanspruchung Stromnetz)			1	kWh					1.1357	0.1223	0.0317	0.0459
Netzverluste bei Hochspannungseinspeisung	Studie [6], S.180	Netzverluste: 9.66% NS	1	kWh					0.1097	0.0118	0.0031	0.0044
Stromnetz (Netz-Infrastruktur und -Betrieb)	Studie [1]		1	kWh	0.0790	0.0667	0.0068	52.9148	0.0220	0.0185	0.0068	0.0529
Varianten zur Anrechnung von Netzverlusten:												
1 Volle Anrechnung der Netzverluste (PV-Grossanlage)			1	kWh					0.1097	0.0118	0.0031	0.0044
2 Anrechnung der Netzverluste nur zu x% (dezentrale PV-Anlage)		x = 50.0%	1	kWh					0.0549	0.0059	0.0015	0.0022
2 <--- gewählte Variante für Anrechnung von Netzverlusten			1	kWh					0.0549	0.0059	0.0015	0.0022
K. Ökobilanz Solarstrom Niederspannung (monokristalline Zellen)									Wh PE	Wh PEne	g CO2-Äq	UBP 06
PV-Module (Laminat monokristallin)			1	kWh					1'114.57	103.32	27.26	34.63
Dachmontage der PV-Anlage			1	kWh					11.06	9.62	2.41	3.62
Wechselrichter und Elektroinstallation			1	kWh					10.07	9.35	2.00	7.66
Verluste im Stromnetz			1	kWh					54.85	5.91	1.53	2.22
Stromnetz (Netz-Infrastruktur und -Betrieb)			1	kWh					21.95	18.54	6.80	52.91
Total Umweltbelastung je kWh			1	kWh					1'212.50	146.74	40.01	101.04
Ökologische Rückzahldauer im Netz UCTE			---	Jahre					10.95	1.43	2.18	5.41
Jährliche Reduktion Umweltbelastung durch Ersatz Netzstrom (UCTE NSp)			-17'316	kWh	11.96	11.12	0.55	560.00	-57'529'195	-53'488'683	-9'553'502	-9'697'229