

# Nachhaltigkeit von KWEA

Komponenten, Lebenszyklus,  
Kriterien

Vergleich PV

## Verschiedene Normen zur Durchführung von Nachhaltigkeitsanalysen

- DIN EN ISO 14040: Durchführung einer Ökobilanz
- DIN EN ISO 14044: Anleitung für verwendbare Abschneidekriterien bei der Datenerfassung
- VDI 4600: kumulierte Energieaufwand (KEA)

## Beispielhafte Aufteilung des Kumulierten Energieaufwandes (KEA) bei zwei unterschiedlichen KWEA

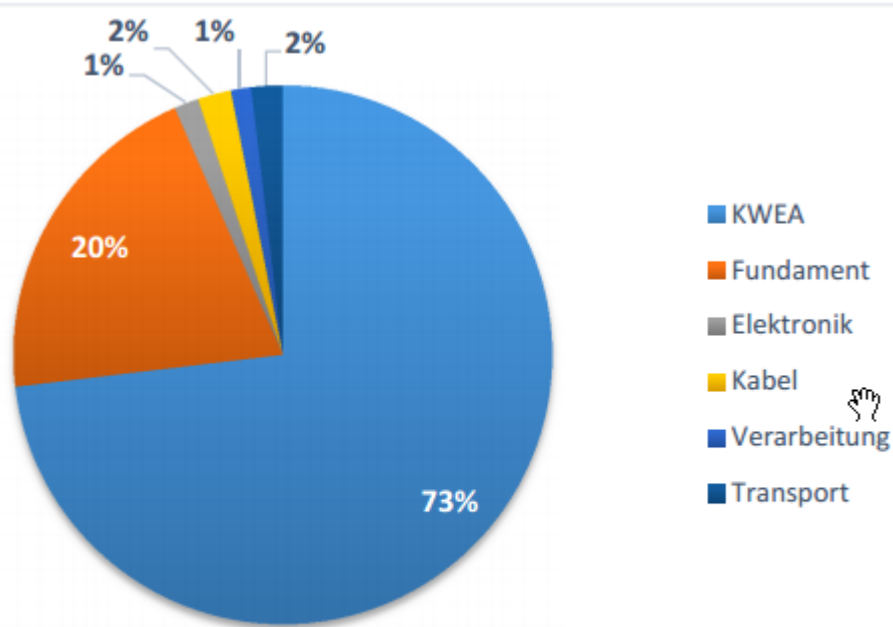


Abb. 6: Aufteilung des KEA bei der Lely Aircon 10

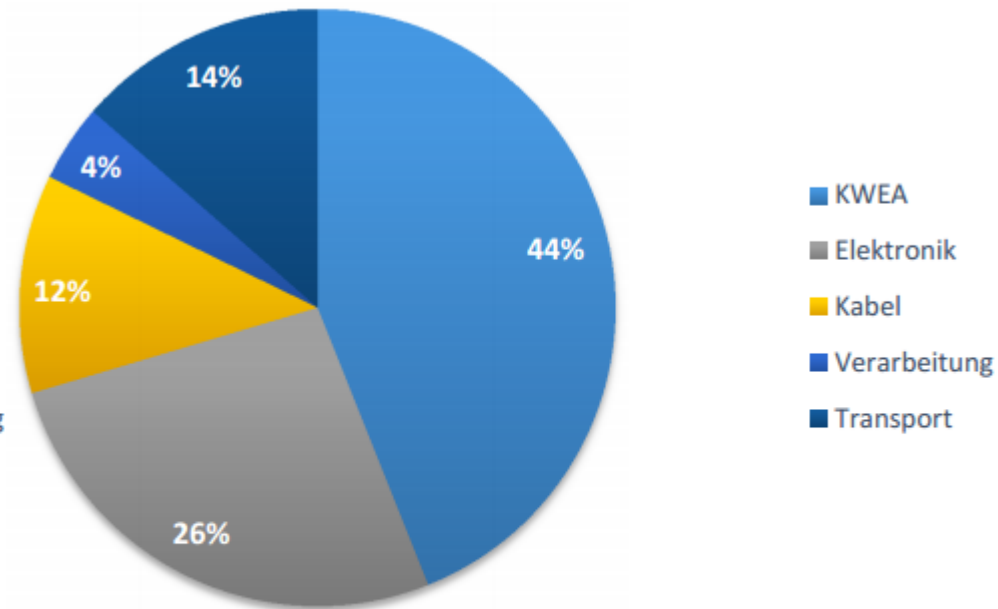
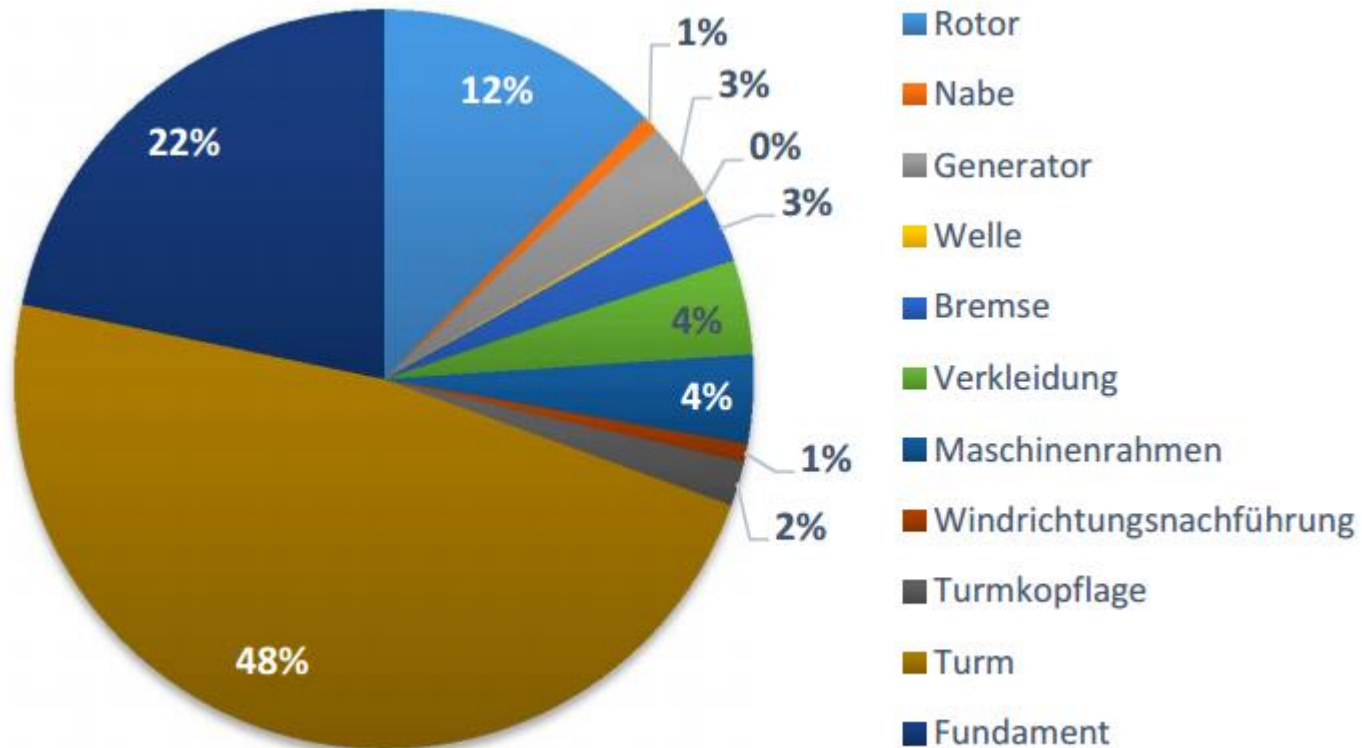


Abb. 7: Aufteilung des KEA bei der Air X

=> Große Differenzen durch die sehr unterschiedliche Ausstattung der Anlagen

## Aufteilung des Kumulierten Energieaufwandes (KEA) nur auf die einzelnen Bauteile der KWEA



*Anteil des KEA nach Bauteil am Beispiel der Lely Aircon 10*

=> Große Differenzen durch die sehr unterschiedliche Ausstattung der Anlagen

## Vergleich des Kumulierten Energieaufwandes (KEA) und des Treibhausgaspotenzial (GWP=global warming potential) einer KWEA

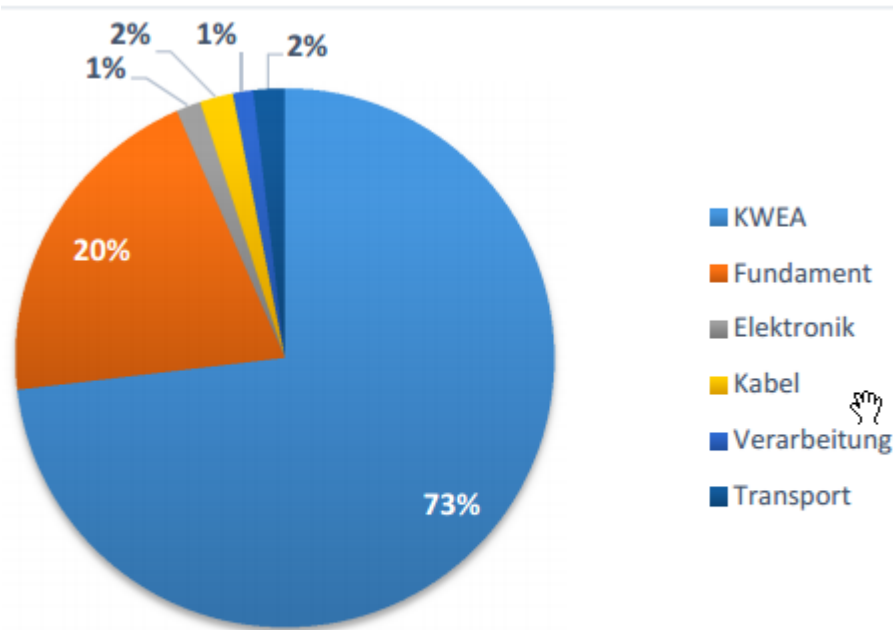


Abb. 6: Aufteilung des KEA bei der Lely Aircon 10

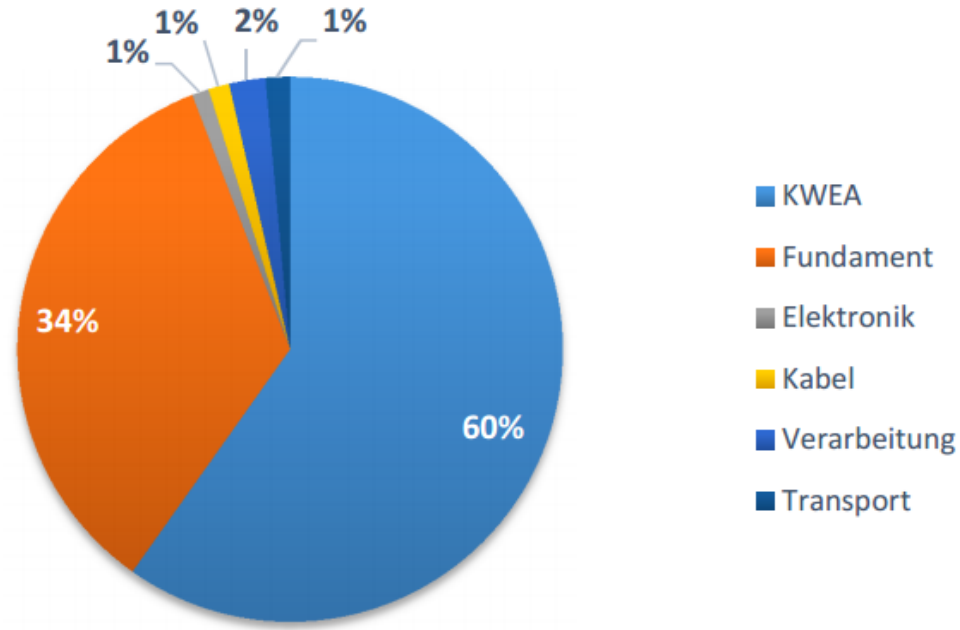
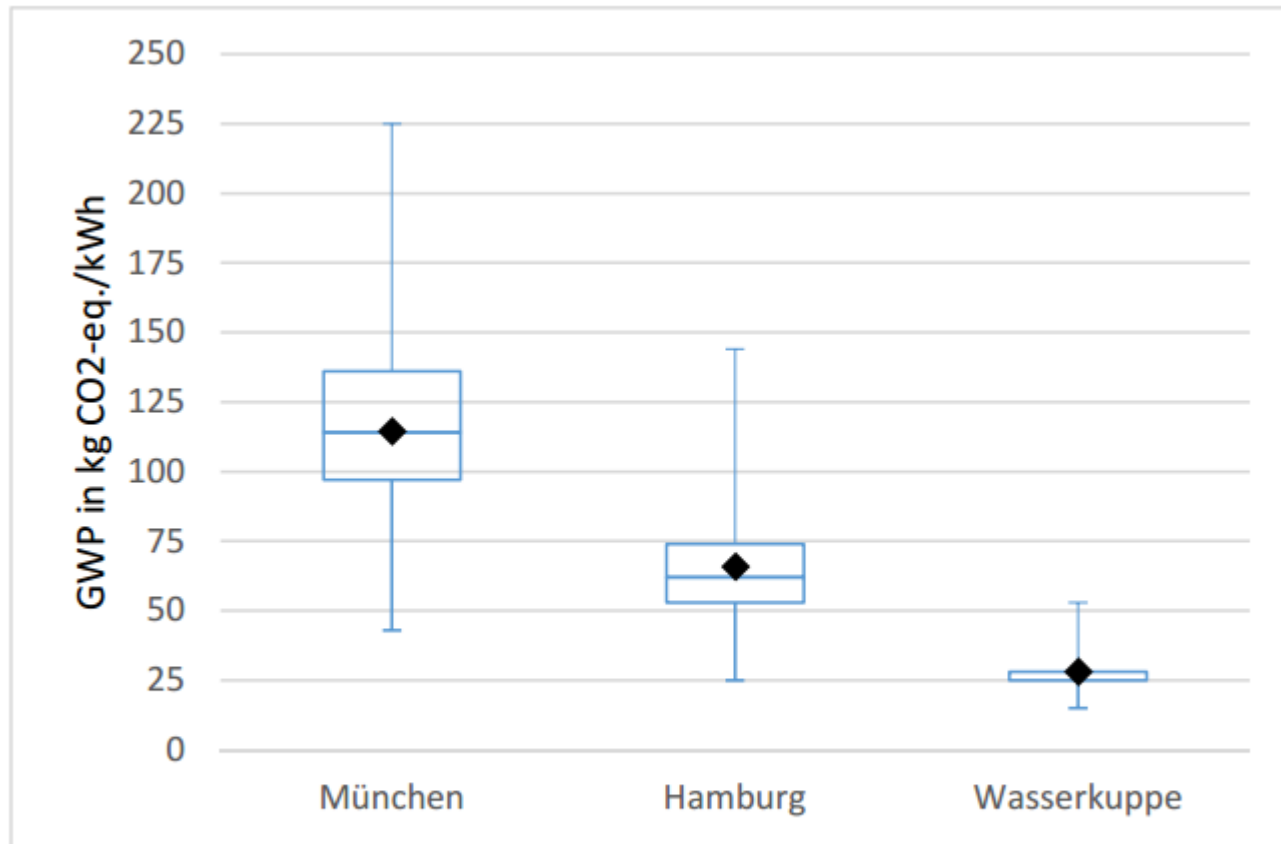


Abb. 8: Aufteilung des GWP bei der Lely Aircon 10

Das auf die kWh Strom bezogene Treibhausgaspotenzial (GWP=global warming potential) ist geringer je höher die durchschnittlichen Erträge einer Anlage sind



*Abb. 9: Treibhauspotenzial pro kWh an drei Standorten*

Die Auswertung der Energetischen Amortisationszeit (EAZ) und der Erntefaktoren zeigt bei den hier verglichenen Anlagen, dass alle Horizontal-KWEA im Vergleich zu den Vertikal-KWEA derselben Leistungsklasse deutlich besser abschneiden.

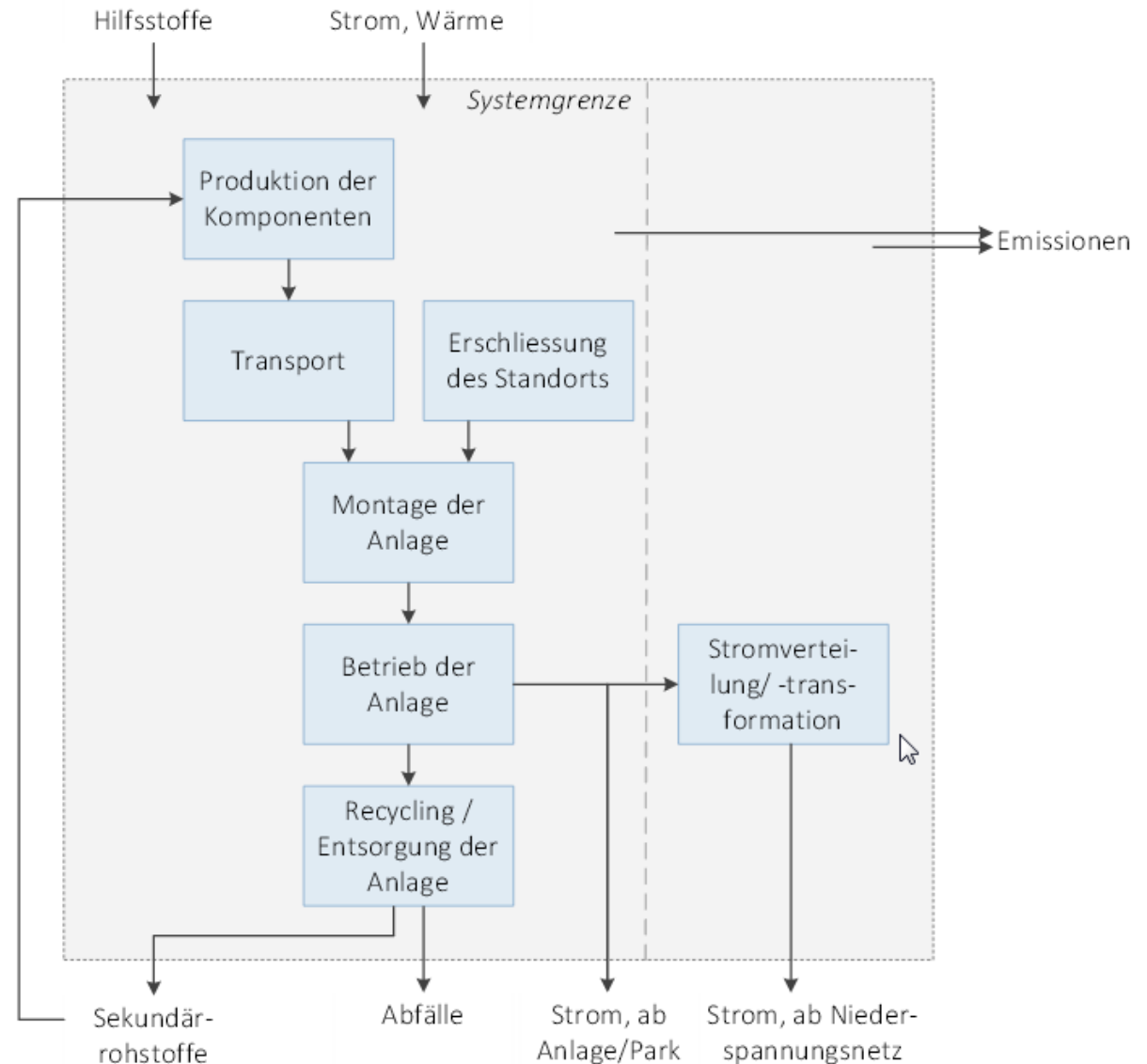
	Air X	KD	EN	KS	AV-7	LA	JA	Q20	Q99	NP	Ø *
<b>Erträge in kWh</b>											
München	99	163	4.335	2.770	14.632	8.082	11.335	6.606	38.696	125.323	
Hamburg	171	273	7.919	4.894	24.926	14.748	20.268	12.110	70.449	220.621	
Wasserk.	530	662	15.695	13.195	35.778	31.906	45.520	31.770	165.937	370.137	
<b>Energetische Amortisationszeit in Jahren</b>											
München	10,3	48,1	7,1	16,1	2,9	6,0	6,1	7,7	7,0	2,6	7,3
Hamburg	6,0	28,7	3,9	9,1	1,7	3,3	3,4	4,2	3,9	1,5	4,1
Wasserk.	1,9	11,8	2,0	3,4	1,2	1,5	1,5	1,6	1,6	0,9	1,7
<b>Erntefaktor</b>											
München	1,9	0,4	2,8	1,2	6,8	3,3	3,3	2,6	2,8	7,6	3,6
Hamburg	3,3	0,7	5,2	2,2	11,7	6,0	5,9	4,8	5,2	13,3	6,4
Wasserk.	10,4	1,7	10,3	5,9	16,7	13,1	13,2	12,5	12,2	22,3	13,0
<b>EAZ in Jahren mit einem Bereitstellungsnutzungsgrad von <math>g = 2,4 \text{ kWh}_{\text{prim}}/\text{kWh}</math></b>											
München	4,3	20,0	2,9	6,7	1,2	2,5	2,5	3,2	2,9	1,1	3,0
Hamburg	2,5	12,0	1,6	3,8	0,7	1,4	1,4	1,7	1,6	0,6	1,7
Wasserk.	0,8	4,9	0,8	1,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,4	0,7
<b>GWP in g/kWh</b>											
München	138,6	771,2	113,8	254,7	47,8	96,8	110,4	135,5	119,6	43,4	117,9
Hamburg	80,2	460,5	62,3	144,2	28,1	53,0	61,8	73,9	65,7	24,6	66,0
Wasserk.	25,9	189,9	31,4	53,5	19,6	24,5	27,5	28,2	27,9	14,7	28,1

\*Bei der Angabe der Durchschnittswerte wird die KD-VK-36 nicht betrachtet

KD = KD-VK-36; EN = Endurance; KS = Kingspan; AV-7 = Aventa AV-7; JA = Jacobs; Q20 = Quinta20;

Q99 = Quinta99; NP = Northern Power

## Überblick über die Schritte auf dem Lebensweg einer Windenergieanlage



Schweizerische Eidgenossenschaft (2015): Ökobilanzierung von Schweizer Windenergie

<https://www.zhaw.ch/storage/lfsf/institute-zentren/iunr/oekobilanzierung/eymann-2015-lca-windenergie-bfe.pdf>

CH= Schweiz; KVA = Kehrrechtverbrennungsanlage



Ein Blick auf verschiedene Kriterien in der Schweizer Studie zu **Windenergieanlagen**  
 Deutlich wird: wenn sie einzeln betrachtet werden kann ein verzerrtes Bild entstehen

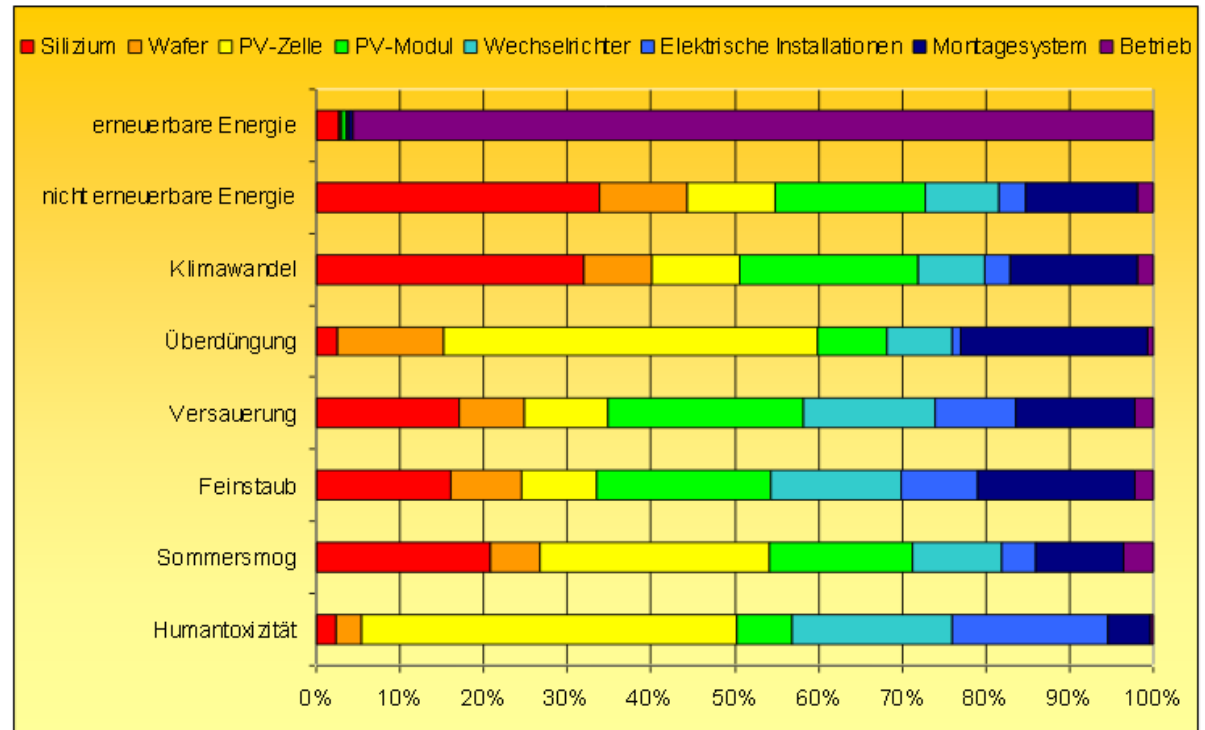
Technologie	Gesamtum- weltbelastung	Treib- hauspo- tenzial	Energieaufwand		Feinstaub	Ionisierende Strahlung	Abiotischer Ressourcen- verbrauch	Hochra- dioaktive Abfälle
			Nicht- erneuerbar	Erneu- erbar				
pro kWh Strom	UBP 2013	g CO <sub>2</sub> -eq	MJ	MJ	mg PM2.5 eq	Bq U235 eq	mg Sb eq	mm <sup>3</sup>
CH-Verbrauchermix	377	136	9.30	1.58	61.8	0.77	5.51	5.93
Kernenergie	409	17.3	13.0	0.018	28.0	1'294	0.953	8.56
Erdgas-Kraftwerk	363	550	9.34	0.022	35.4	2.35	0.902	0.021
Strommix Photovoltaik	266	84.3	1.14	4.01	84.5	18.4	10.6	0.171
Laufwasserkraftwerk	45.5	13.4	0.12	3.80	10.5	1.92	0.912	0.017
Speicherkraftwerk	60.9	20.5	0.51	3.87	13.4	34.1	0.916	0.263
KVA	35.5	9.73	0.08	0.010	7.60	1.16	0.887	0.010
Holz-WKK	237	96.0	0.50	11.7	215	8.28	0.949	0.077
Biogas BHKW	325	262	0.98	0.103	148	22.0	1.01	0.175
Windstrom	72.9	25.9	0.30	4.24	17.0	3.81	1.12	0.035

Schweizerische Eidgenossenschaft (2015): Ökobilanzierung von Schweizer Windenergie

<https://www.zhaw.ch/storage/lsvm/institute-zentren/iunr/oekobilanzierung/eymann-2015-lca-windenergie-bfe.pdf>

CH= Schweiz; KVA = Kehrichtverbrennungsanlage

# Darstellung der Zuordnung verschiedener Belastungen auf die einzelnen Komponenten einer **PV-Anlage** (nur relative Verteilung, keine absoluten Zahlen)



## Hier Betrachtete Anlage

Anlagegrösse (Nennleistung)	3 kW <sub>p</sub>
Zelltechnologie	Multikristalline Siliziumzellen
Zelleffizienz	14,4 %
Moduleffizienz	2025: 17 – 22% 2050: 18 – 25%
Standort	Deutschland
Modultyp	Gerahmte Paneele *
Montagesystem	Aufgesetzt auf Schrägdach *
Lebensdauer der Anlage	30 Jahre
Ertrag	809 kWh / kW <sub>p</sub>

**Bild 1** Umweltbelastungsanteile der verschiedenen Prozess-Stufen bei der Produktion von Solarstrom in einer 3kWp-Schrägdach-Anlage mit multikristallinen Silizium-Paneele. Bewertung mit ReCiPe midpoint, World, H [3] und kumuliertem Energieaufwand [9]

Matthias Stucki, Karin Flury und Rolf Frischknecht (2011): Warum Solarstrom nicht klimaneutral aber trotzdem umweltfreundlich ist aktuelle Ökobilanzen zu Fotovoltaik, ESU services GmbH, Kanzleistrasse 4, CH, 8610 Uster, Schweiz (<http://www.esu-services.ch/fileadmin/download/stucki-2012-Oekobilanzen-Fotovoltaik-Folien-Skript.pdf>)

Vergleich der Treibhausgasemissionen (IPCC 2007, 100 Jahre) von Solarstrom aus Deutschen 3kWp-Schrägdach-Fotovoltaik-Anlagen mit aufgesetzten oder integrierten Modulen verschiedener Fotovoltaik-Technologien und einem jährlichen Stromertrag von 809kWh/kWp. Die aufgeführten Prozentzahlen entsprechen der jeweiligen Moduleffizienz. Die Lebensdauer der Anlage wird mit 30 Jahren abgeschätzt und das System umfasst Herstellung, Installation und Entsorgung bzw. Recycling der Modulbestandteile, des Rahmens, der Verkabelung, des Wechselrichters und des Montagesystems.

