

## PROSA

### Solarbetriebene Produkte

Entwicklung der Vergabekriterien für ein klimaschutzbezogenes Umweltzeichen

Studie im Rahmen des Projekts  
„Top 100 – Umweltzeichen für klima-  
relevante Produkte“

August 2011

Durchgeführt vom Institut für Energie- und  
Umweltforschung (IFEU) Heidelberg GmbH

#### **Autor/innen:**

Christoph Lauwigi, IFEU GmbH  
Regine Vogt, IFEU GmbH  
Jürgen Giegrich, IFEU GmbH

#### **Projektleitung:**

Jens Gröger, Öko-Institut e.V.

*Gefördert durch:*



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit



**DIE BMU  
KLIMASCHUTZ-  
INITIATIVE**

#### **Öko-Institut e.V.**

##### **Geschäftsstelle Freiburg**

Postfach 17 71  
79017 Freiburg, Deutschland  
**Hausadresse**  
Merzhauser Straße 173  
79100 Freiburg, Deutschland  
**Tel.** +49 (0) 761 – 4 52 95-0  
**Fax** +49 (0) 761 – 4 52 95-188

##### **Büro Darmstadt**

Rheinstraße 95  
64295 Darmstadt, Deutschland  
**Tel.** +49 (0) 6151 – 81 91-0  
**Fax** +49 (0) 6151 – 81 91-233

##### **Büro Berlin**

Schicklerstraße 5-7  
10179 Berlin, Deutschland  
**Tel.** +49 (0) 30 – 40 50 85-0  
**Fax** +49 (0) 30 – 40 50 85-388

Zur Entlastung der Umwelt ist dieses Dokument für den  
**beidseitigen Druck** ausgelegt.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Teil I</b>		<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Definition</b>	<b>1</b>
<b>1.2</b>	<b>Markt- und Umfeldanalyse</b>	<b>2</b>
<b>1.2.1</b>	<b>Markttrends</b>	<b>2</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Marktsättigung</b>	<b>4</b>
<b>1.2.3</b>	<b>Preise</b>	<b>4</b>
<b>1.3</b>	<b>Technologietrends</b>	<b>4</b>
<b>1.4</b>	<b>Energieeffizienz</b>	<b>6</b>
<b>1.4.1</b>	<b>Internationale Umweltzeichen</b>	<b>6</b>
<b>1.4.2</b>	<b>Europäische Gesetzesinitiativen</b>	<b>6</b>
<b>1.5</b>	<b>Qualitätsaspekte</b>	<b>6</b>
<b>1.6</b>	<b>Konsumtrends</b>	<b>7</b>
<b>1.7</b>	<b>Nutzenanalyse</b>	<b>7</b>
<b>1.7.1</b>	<b>Gebrauchsnutzen</b>	<b>7</b>
<b>1.7.2</b>	<b>Symbolischer Nutzen</b>	<b>8</b>
<b>1.7.3</b>	<b>Gesellschaftlicher Nutzen</b>	<b>8</b>
<b>1.7.4</b>	<b>Zusammenfassung der Nutzenanalyse</b>	<b>8</b>
<b>Teil II</b>		<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Einleitung</b>	<b>10</b>
<b>2.1</b>	<b>Orientierende Lebenszyklusanalyse</b>	<b>10</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Funktionelle Einheit</b>	<b>10</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Systemraum</b>	<b>10</b>
<b>2.1.3</b>	<b>Betrachtete Wirkungskategorien</b>	<b>18</b>
<b>2.1.4</b>	<b>Ergebnisse der orientierenden Ökobilanz</b>	<b>18</b>
<b>2.1.5</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse</b>	<b>23</b>
<b>2.2</b>	<b>Analyse der Lebenszykluskosten</b>	<b>25</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Investitionskosten</b>	<b>25</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Stromkosten</b>	<b>26</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Reparaturkosten</b>	<b>26</b>
<b>2.2.4</b>	<b>Entsorgungskosten</b>	<b>27</b>

<b>2.2.5</b>	<b>Ergebnisse der Lebenszykluskostenanalyse</b>	<b>27</b>
<b>2.3</b>	<b>Ableitung von Vergabekriterien für ein Umweltzeichen</b>	<b>27</b>
<b>3</b>	<b>Literatur</b>	<b>31</b>
<b>4</b>	<b>Anhang</b>	<b>33</b>
<b>4.1</b>	<b>Anhang I: Wirkungskategorien der Life Cycle Analysis</b>	<b>33</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Kumulierter Primärenergiebedarf</b>	<b>33</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Treibhauspotential</b>	<b>33</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Versauerungspotential</b>	<b>34</b>
<b>4.1.4</b>	<b>Aquatisches und terrestrisches Eutrophierungspotential</b>	<b>34</b>
<b>4.1.5</b>	<b>Photochemische Oxidantienbildung</b>	<b>35</b>
<b>4.2</b>	<b>Anhang II: Vergabegrundlage für das Umweltzeichen Blauer Engel</b>	<b>35</b>

# Teil I

## 1 Einleitung

Die vorliegende Untersuchung zu solarbetriebenen Produkten ist Teil eines mehrjährigen Forschungsvorhabens, bei dem die aus Klimasicht wichtigsten hundert Produkte im Hinblick auf ökologische Optimierungen und Kosteneinsparungen bei Verbrauchern analysiert werden.

Auf Basis dieser Analysen können Empfehlungen für verschiedene Umsetzungsbereiche gezogen werden:

- für Verbraucherinformationen zum Kauf und Gebrauch klimarelevanter Produkte (einsetzbar bei der Verbraucher- und Umweltberatung von Verbraucherzentralen, Umweltorganisationen und Umweltportalen);
- für die freiwillige Umweltkennzeichnung von Produkten (z.B. das Umweltzeichen Blauer Engel, für das europäische Umweltzeichen, für Marktübersichten wie [www.ecotopten.de](http://www.ecotopten.de) und [www.topten.info](http://www.topten.info) oder für Umwelt-Rankings),
- für Anforderungen an neue Produktgruppen bei der Ökodesign-Richtlinie und für Best-Produkte bei Förderprogrammen für Produkte,
- für produktbezogene Innovationen bei den Unternehmen.

Auf der Basis der vorliegenden Untersuchung und Diskussionen auf einer Expertenanhörung hat die Jury Umweltzeichen Vergabekriterien für das Umweltzeichen Der Blaue Engel für solarbetriebene Produkte beschlossen (vgl. Anhang II, Kapitel 4.2).

### 1.1 Definition

Als solarbetriebene Produkte werden im Folgenden Produkte bezeichnet, die mit Solar- bzw. Lichtenergie betrieben werden. Ein Produkt im Sinne dieser Prosa-Studie ist ein Gesamtsystem mit Solarmodul, Ladeelektronik und elektrischem Verbraucher und/oder Speichermedium (Akkumulator, Kondensator, etc.). Die Hauptfunktion der hier untersuchten Produkte ist die Weiterleitung von durch Solarenergie über ein Solarmodul erzeugtem Strom an ein elektrochemisches oder kapazitives Speicher- oder Verbrauchersystem.

## 1.2 Markt- und Umfeldanalyse

### 1.2.1 Markttrends

Die Verwendung von photovoltaischen Elementen zur Erzeugung von kleineren und größeren Strommengen erfreut sich wachsender Beliebtheit. So steigt nicht nur der Anteil photovoltaisch erzeugten Stroms im allgemeinen Stromnetz, auch sog. „Insellösungen“ und photovoltaisch versorgte Einzelprodukte werden vermehrt eingesetzt. Um die Vielfalt der betrachteten Produktgruppe etwas einzuschränken wird in vorliegender Studie unterschieden zwischen solarbetriebenen Produkten mit kapazitivem Speichersystem und solarbetriebenen Produkten mit elektrochemischem Speichersystem.

Solarbetriebene Produkte mit kapazitivem Speicher werden hauptsächlich solar betrieben und besitzen wegen des geringen Speichers eine geringe Dunkelgangreserve (2-3 Tage).

Beispiele für diese Produkte sind:

- Armbanduhr
- Sonstige Uhren
- Messschieber
- Tisch- und Taschenrechner
- Waagen (Brief-/Paket-/Personen-/Küchen-Waagen, etc.)
- Titriergeräte, Spielzeuge, uvm.

Solarbetriebene Produkte mit elektrochemischem Speichersystem besitzen eine wesentlich höhere Dunkelgangreserve, je nach verwendeter wiederaufladbarer Batterie.

Beispiele für diese Produkte sind;

- Solare Weidezaungeräte
- Solargartenleuchten
- Solare Ladegeräte
- Solar-Radios, uvm.

Die Bandbreite der Produkte dieser Produktgruppe verhindert eine genaue Analyse der Marktdurchdringung und Markttrends im Einzelnen, weshalb diese hier an einigen Beispielen aufgezeigt werden soll.

### Taschenrechner

Der Markt für Taschenrechner ist bezogen auf die jährlich verkauften Stückzahlen ein relativ stagnierender Markt. Er lässt sich in zwei Bereiche aufteilen: Den Schulbereich und den Bürobereich.

Im Schulbereich wird der deutsche Markt von solarbetriebenen Taschenrechnern dominiert. Hier überwiegen nach wie vor die nicht programmierbaren Taschenrechner mit einzeiligem Display, welche im reinen Solarbetrieb funktionieren. Die Markttrends hängen in diesem Bereich eng mit der langfristigen Entwicklung der Lehrpläne in den verschiedenen Bundesländern zusammen. Neben den nicht programmierbaren Taschenrechnern finden sich sog. „Grafikrechnern“ mit größerem Display zur Anzeige von Funktionsgrafiken und sog. „CAS (Computer Algebra Systeme)“, die auch numerische Gleichungssysteme lösen können.

Der Bürobereich des Taschenrechnermarktes zeichnet sich neuerdings durch eine „Eco“-Linie aus, welche neben einem Solarpanel meist auch aus recyceltem Material, etc. besteht. Diese ist neben den bereits etablierten Druck- und weiteren Tischrechnern ein Marktimpuls, der von den Kunden gerne angenommen wird.

### Solare Ladegeräte

Der Markt für solare Ladegeräte ist ein neuer Markt, über den es noch keine festen erhobenen Daten gibt. Die Bandbreite der erhältlichen Produkte reicht von Bausätzen aus kleinen regionalen Werkstätten mit Fokus auf mobile Stromversorgung in Entwicklungsländern bis zum fertigen Marktprodukt mit mehreren Herstellern in Deutschland. Diese Bandbreite lässt sich in mehrere Kategorien untergliedern. Die grundsätzliche Unterscheidung liegt hier in der Verwendung eines elektrochemischen Speichersystems. Dieses ist entweder dem solaren Ladegerät zugehörig oder die solaren Ladegeräte werden ohne wiederaufladbare Batterie ausgeliefert zur Aufladung von handelsüblichen Batterien (Mikro-, Mignon-, Mono-, Babyzellen) oder von Batterien, die in einem Endgerät integriert sind. In letzterem Fall sind Endverbraucher z.B. Autobatterien, deren Ladezustand erhalten werden soll, oder tragbare elektronische Kleingeräte wie:

- Mobiltelefone
- Handcomputer (Personal digital assistant, PDA)
- Navigationssysteme (GPS, global positioning system)
- Digitalkameras, etc.

Solare Ladegeräte mit zugehöriger wiederaufladbarer Batterie können in zwei Kategorien unterschieden werden:

- Kombigeräte: Solarmodul und Ladegerät sind fest miteinander verbunden; entsprechende Ausführungen gibt es sowohl bei mobilen also auch bei stationären Geräten
- Modul einzeln: Solarmodul und Ladegerät sind räumlich voneinander getrennt und nur über ein Kabel verbunden; auch hier gibt es Ausführungen für mobile und stationäre

Geräte, zu den Mobilien zählen z.B. Taschen und Rucksäcke, in deren Außenseite das Solarmodul eingearbeitet ist und die im Inneren das Ladegerät selber enthalten.

Bisher sind die solaren Ladegeräte noch als Nischenprodukt anzusehen, deren Bekanntheitsgrad durch den Einsatz als Werbemittel im Outdoor- oder Green-IT-Bereich allerdings stetig steigt. Die Qualität der erhältlichen Produkte weist noch eine hohe Streuung auf, was letztendlich durch die Einführung des Blauen Engel geändert werden soll.

Des Weiteren ist der Markt der solaren Ladegeräte eng mit der Entwicklung des Marktes für Ladegeräte generell verknüpft. Da dieser wiederum eng mit der Entwicklung der mobilen Elektrogeräte zusammenhängt, ist von einem allgemeinen Wachstum auszugehen.

Solare Ladegeräte haben wie alle solarbetriebenen Produkte den Vorteil, dass sie Strom aus Sonnenenergie statt aus fossiler Energie (Netzstrom) erzeugen. Zudem verringern sie die Ortsgebundenheit des Benutzers. Dies sind Faktoren, die die Stellung der solaren Ladegeräte auf dem Markt etablieren können.

### 1.2.2 Marktsättigung

#### Taschenrechner

Wie oben bereits erwähnt weisen solarbetriebene Taschenrechner eine hohe Marktdurchdringung im Schulbereich auf. Insgesamt sind jedoch die dual betriebenen Rechner am meisten verbreitet, deren Stromversorgung neben der Solarzelle auch durch eine Batterie erfolgt.

#### Solare Ladegeräte

Aufgrund der Tatsache, dass sich der Markt für solare Ladegeräte noch im Aufbau befindet, besitzen die solaren Ladegeräte noch großes Marktpotential, eine Marktsättigung liegt weit entfernt.

### 1.2.3 Preise

Die Preisspanne der solarbetriebenen Produkte hängt vom betrachteten Produkt ab. So variiert z.B. der Preis solar betriebener Gartenleuchten von 1,99 € bis ca.150 €.

## 1.3 Technologietrends

Gemäß der Definition für solarbetriebene Produkte sind diese als System aus Endverbraucher und Solarmodul mit oder ohne zugehöriges elektrisches Speichersystem zu verstehen. Die Teilkomponenten Solarmodul, Gerät und elektrisches Speichersystem sind aber auch in anderen Systemzusammenhängen oder separat auf dem Markt erhältlich. Entsprechend können sich diese auch voneinander unabhängig entwickeln.



Die Solarmodultechnologie entwickelt sich derzeit stark weiter bezüglich der Effizienzsteigerung durch die Verwendung verschiedener Materialien. Dies soll nutzerseitig dazu führen, dass solarbetriebene Produkte in Zukunft z.B. auch mit Neonlicht im Büro betrieben werden können. Die Entwicklung geht eindeutig in Richtung Dünnschichtmodule, auch wenn deren Wirkungsgrade im industriellen Maßstab derzeit noch unter den bisher verwendeten kristallinen Modulen liegen. Denn zum einen besteht diesbezüglich noch großes Entwicklungspotential und zum anderen weisen Dünnschichtmodule die folgenden weiteren Vorteile auf:

- der Materialeinsatz der Dünnschichtmodule liegt bei etwa 5% der bisher vorhandenen kristallinen Module, wodurch sich auch der zur Herstellung nötige Energieeinsatz verringert
- Dünnschichtmodule weisen höhere Ertragsmengen auf, da sie indirektes Licht (z.B. bei Bewölkung) besser in elektrischen Strom umwandeln können, was gerade für den mobilen Einsatz ein wesentliches Kriterium darstellt.
- sie haben eine höhere Biegsamkeit, die bereits durch den Einsatz auf z.B. Taschen, Koffern, etc. ausgenutzt wird.

Weitere Technologietrends bestehen in der besseren Verkapselung der Solarmodule, um die Wetterfestigkeit und Robustheit (und damit die Lebensdauer) zu erhöhen.

Die Batterietechnologie wird derzeit stetig im Hinblick auf die Steigerung der Energiedichte und der Sicherheit verbessert. Die jetzigen Entwicklungen deuten mittelfristig auf die weitere Verwendung von Lithium-Ion Batterien hin.

Die Technologietrends der solarbetriebenen Produkte folgen den allgemeinen Anforderungen, die mit ihrer Benutzung einhergehen. Sie zielen durch ständige Steigerung der Effizienzen und der Lebensdauer darauf ab, immer mehr Energie z.B. für den Betrieb sämtlicher Handheld-Geräte mit möglichst wenig Zeit- und Materialaufwand durch solare Energie bereitzustellen.

Beim Beispiel der solarbetriebenen Schultaschenrechner werden die erhöhten technologischen Anforderungen deutlich, die aus den Ansprüchen der Verbraucher heraus entstehen. Die pädagogische Ausrichtung einiger Bundesländer zielt gerade in der Oberstufe auf eine Nachvollziehbarkeit des Mathematikunterrichts ab, was sich direkt auf die Schultaschenrechner auswirkt. So sind diese immer häufiger mit mehrzeiligem Display erhältlich, um darauf letzte Rechenschritte nachvollziehen oder Brüche darstellen zu können. Ein größeres Display jedoch erfordert mehr Energie, welche laut Herstellerangaben nicht mit den heutigen Solarmodulen allein bereitgestellt werden kann. Hier muss bis zur Weiterentwicklung auf dem Gebiet der Solarmodule oder der Displays unterstützend auf eine Batterie zurückgegriffen werden.

## 1.4 Energieeffizienz

### 1.4.1 Internationale Umweltzeichen

#### Japan

Das japanische Ecolabel-Programm „Eco Mark“ hat zwei Umweltzeichen mit solarbetriebenen Produkten. Zunächst existiert eine Vergabegrundlage für Uhren (Eco Mark Product Category No. 134). Diese enthält neben einigen, an den Blauen Engel angelehnten Kriterien zu Materialien auch die Möglichkeit, die gelabelte Uhr mit „natural energy“ als Energiequelle zu betreiben. Diese Energie kann entweder der Sonnenenergie, der Körperwärme oder der Handbewegung entstammen.

Die zweite Vergabegrundlage (Eco Mark Product Category No. 135) umfasst sämtliche solarbetriebenen Produkte und gibt für verschiedene Kategorien unter anderem folgende zentrale Kriterien vor:

- Bei Verwendung von Aluminiumlegierungen soll das Aluminium zumindest teilweise Sekundärmetall sein
- Das Photovoltaikmodul soll einem offiziell anerkannten Standard entsprechen
- Beim Einsatz von Cadmium/Blei/Quecksilber enthaltenden Sekundärbatterien, soll die Wiedergewinnung dieser Stoffe durch ein funktionierendes Rücknahme/Recycling-system gewährleistet sein.

#### Taiwan

Die sog. „Environment and Development Foundation“ in Taiwan hat für die Produktgruppe „Products using solar energy battery“ Kriterien erstellt. Der Ausschluss anderer Energiequellen als der Sonne ist hier das wichtigste Kriterium, gefolgt von einer Dunkelgangreserve von mindestens 72 Stunden. Der Ausschluss giftiger Substanzen sowie Vorgaben zur Kenntlichmachung des Labels runden die Kriterien ab.

### 1.4.2 Europäische Gesetzesinitiativen

Noch nicht vorhanden.

## 1.5 Qualitätsaspekte

Zu berücksichtigende Qualitätsaspekte bei der Bewertung von solarbetriebenen Produkten betreffen neben der Verwendung von hochwertigen Materialien und hochwertiger, auf Dauerhaftigkeit ausgelegter Verarbeitung, einerseits die Abstimmung der elektrischen Ströme zueinander und andererseits den Schutz des Energiespeichers bei Verwendung

eines solchen. Ebenfalls wichtig sind bestimmte Mindestleistungen, die das Gerät erbringen muss. Diese sind entsprechend auch in den Vergabekriterien aufgenommen, die in Kapitel 2.3 näher erläutert werden.

## **1.6 Konsumtrends**

Die Hersteller von solarbetriebenen Produkten sehen wegen der stetigen Zunahme des Angebotes an tragbaren Elektrogeräten ein großes Potential hin zu einer breiteren Verteilung auf dem Markt. Solarbetriebene Produkte im Outdoor-Bereich werden meist in Situationen verwendet, in denen kein Netzzugang gegeben ist, beispielsweise im Outdoor-Sport oder der Fotografie. Denkbar sind aber auch jegliche Einsatzbereiche bzw. Situationen trotz Netzzugang, in denen auf diesen bewusst zugunsten einer erneuerbaren Strombereitstellung verzichtet wird. Da solarbetriebene Produkte für den Outdoor-Bereich aber nach wie vor ein Nischenprodukt darstellen, wird sich der Bereich ohne Netzzugang wohl zuerst etablieren. Seitens der Hersteller werden aber auch bereits jetzt die urbanen Märkte ins Auge gefasst, um den Business-Bereich des Marktes der mobilen Stromversorgung mit solarbetriebenen Produkten abdecken zu können. Die aktuelle Marktentwicklung hin zu tragbaren Multifunktionsgeräten der Informations- und Kommunikationstechnologie, sogenannte „Smartphones“, stärkt auch die Marktposition der Hersteller von solaren Ladegeräten. Diese stellen hier eine räumlich flexible Möglichkeit dar, den hohen Energieverbrauch dieser Geräte zu decken.

Im Indoor-Bereich dominieren neben den bereits etablierten solarbetriebenen Taschenrechnern solarbetriebene Wecker und Milchaufschäumer den Markt der solarbetriebenen Geräte.

## **1.7 Nutzenanalyse**

Die Analyse des Nutzens wird nach der Benefit-Analyse von PROSA durchgeführt. Dabei werden die drei Nutzenarten Gebrauchsnutzen, symbolischer Nutzen und gesellschaftlicher Nutzen qualitativ analysiert.

### **1.7.1 Gebrauchsnutzen**

Der wichtigste Gebrauchsnutzen der Solarbetriebenen Produkte ist die Bereitstellung von Strom aus Sonnenenergie als erneuerbare Energiequelle, die zudem netzunabhängig ist. Durch den Einsatz dieser Produktgruppe wird der Einsatz von elektrischer Energie nicht mehr durch die relative Lage zum nächsten Stromanschluss bestimmt, sondern eher durch die Verfügbarkeit von Sonnenenergie. Diese ist einerseits durch die geographische Breite, andererseits durch kleinräumige Bedingungen, wie z.B. Abschattung durch Bäume/Häuser bestimmt. Somit wird der mobile Einsatz elektrischer Energie durch die Verwendung

solarbetriebener Produkte gefördert. Dies gilt auch für vermeintlich stationäre Produkte wie z.B. Weidezaungeräte, denn diese können durch ihre energetische Autarkie den Einsatz in peripheren Räumen fördern.

### Haltbarkeit

Die Hersteller solarbetriebener Produkte vergeben i.A. die handelsüblichen zwei Jahre Garantie, für die Praxis gehen Hersteller aber von einer weit höheren Haltbarkeit von ca. 5 bis 10 Jahren aus. Konstruktionsseitig wird viel Aufwand betrieben, um die Haltbarkeit solarbetriebener Produkte zu erhöhen. So werden z.B. bei Klappmechanismen verbindende Kabel bruchsfest verlegt.

### **1.7.2 Symbolischer Nutzen**

Solarbetriebene Produkte stellen eine Alternative zu netzbetriebenen Produkten dar. In Gesellschaften mit etablierter Netzinfrastruktur bedient diese Eigenschaft insbesondere den symbolischen Nutzen. Die Autonomie wird gefördert, der Aktionsradius für die Nutzung portabler elektronischer Geräte ausgedehnt. Die Prestigewirkung solarbetriebener Produkte liegt in der Neuartigkeit und dem richtungsweisenden Charakter begründet, die dieser Produktgruppe anhaftet.

### **1.7.3 Gesellschaftlicher Nutzen**

Die Eigenschaft solarbetriebener Produkte, losgelöst von einem Netzzugang den Betrieb von Endgeräten zu ermöglichen, kann durch die Deckung der Bedürfnisse in Einsatzbereichen wie z.B. der Notstromversorgung in netzfernen Gebieten einen gesellschaftlichen Nutzen leisten.

Die Verwendung von solarbetriebenen Produkten stellt durch die Substitution von konventionell erzeugtem Strom einen Beitrag zum Klimaschutz dar.

Ein weiterer wichtiger Nutzen für die Gesellschaft ist der Bildungscharakter, den die alltagstaugliche Verwendung solarbetriebener Produkte mit sich bringt. Dadurch werden der breiteren Bevölkerung die Prinzipien regenerativer Energiequellen näher gebracht und es erfolgt eine Sensibilisierung für die Nutzbarkeit und den Stromverbrauch elektronischer Geräte. Dies kann auf lange Sicht dazu beitragen, das Verständnis für erneuerbare Energien zu vertiefen, und deren Akzeptanz zu erhöhen.

### **1.7.4 Zusammenfassung der Nutzenanalyse**

Die Ergebnisse der Nutzenanalyse sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1 Zusammenfassung der Nutzenanalyse

<b>Nutzen</b>	<b>Produktspezifische Aspekte</b>
<b>Gebrauchsnutzen</b>	
Bereitstellung von Strom	Die Geräte stellen Strom durch Solarenergie bereit
Mobilität	Durch die Flexibilität des Einsatzortes fördern solarbetriebene Produkte die Mobilität
<b>Symbolischer Nutzen</b>	
Prestige	Die Neuartigkeit macht solarbetriebene Produkte zum Prestigeobjekt
Entfaltung	Der Besitz eines solarbetriebenen Produktes fördert die Unabhängigkeit des Besitzers
<b>Gesellschaftlicher Nutzen</b>	
Klimaschutz	Die Verwendung des Gerätes spart Netzstrom ein
Bildung	Durch breite Verwendung dieser Produktgruppe werden die Prinzipien regenerativer Energien einer breiteren Bevölkerung näher gebracht

## Teil II

### 2 Einleitung

Anhand der orientierenden Ökobilanz sowie der Analyse der Lebenszykluskosten soll ein Eindruck über Umweltauswirkungen und Lebenszykluskosten von solarbetriebenen Produkten ermittelt werden. Die Ergebnisse bieten eine Orientierungshilfe zur Frage, wo die Verbesserungspotentiale in dieser Produktgruppe liegen. Dem schließt sich die Gesamtbetrachtung und die Ableitung der Vergabegründlagen für ein Umweltzeichen an.

#### 2.1 Orientierende Lebenszyklusanalyse

Ziel der orientierenden Ökobilanz ist es, festzustellen, mit welchen Umweltwirkungen solarbetriebene Produkte verbunden sind. Hierzu ist zum einen die Herstellung, Nutzung und die Entsorgung von solarbetriebenen Produkten zu betrachten. Zum anderen ist der durch solarbetriebene Produkte erzielte Nutzen gegenüberzustellen. Um der Bandbreite der Produkte gerecht zu werden, wird die orientierende Ökobilanz für drei Beispiele betrachtet. Diese bilden beispielhaft die Gruppen solarbetriebener Produkte mit wiederaufladbarer Batterie, ohne wiederaufladbarer Batterie und als Sonderfall die solaren Ladegeräte ab.

##### 2.1.1 Funktionelle Einheit

Die Hauptfunktion solarbetriebener Produkte ist die Erzeugung von regenerativem Strom. Um diese Funktion in Relation zu anderen Systemen bewertbar zu machen, wird als Vergleichssystem die konventionelle Erzeugung von Strom gewählt. Eine Vergleichbarkeit der Systeme ist nur über den gleichen Nutzen gegeben. Da Strom meist in der Einheit Kilowattstunde (kWh) angegeben wird, wurde die funktionelle Einheit in dieser orientierenden Ökobilanz als 1 kWh elektrische Energie festgelegt.

##### 2.1.2 Systemraum

Der für die orientierende Ökobilanz zu untersuchende Systemraum umfasst die Herstellung, Nutzung und Entsorgung der solarbetriebenen Produkte sowie das zugehörige Vergleichssystem „Bereitstellung von konventionell erzeugtem Strom“. Letzteres kann zum einen der direkte Bezug von Netzstrom sein und zum anderen der Bezug von Netzstrom über ein Zwischenspeichermedium (wiederaufladbare Batterie).

Zunächst werden nachfolgend die für die Herstellung, Nutzung und Entsorgung berücksichtigten Teilprozesse beschrieben.

### Herstellung der Komponenten

Bei der Herstellung der solarbetriebenen Produkte sind folgende Prozesse berücksichtigt, die jeweils auf 1 kWh Strom bezogen werden:

- Materialbereitstellung
- Fertigung der Einzelkomponenten Solarmodul, elektrischer Endverbraucher und ggf. elektrisches Speichermedium (z.B. Kondensator, Batterie, etc.)

Bei der Herstellung eines netzbetriebenen Produktes als Vergleichssystem sind folgende Prozesse berücksichtigt, die ebenfalls auf 1 kWh Strom umgerechnet werden:

- Materialbereitstellung
- Fertigung des Gerätes und ggf. der Batterie

### Nutzung

Die Nutzung entspricht dem Verbrauch von 1 kWh elektrischer Energie. Die eigentliche Nutzung ist bei solarbetriebenen Produkten im Gegensatz zur Bereitstellung von konventionell erzeugtem Strom mit keinen Umweltwirkungen verbunden.

Dies trifft insbesondere bei der Nutzung solarbetriebener Produkte ohne wiederaufladbare Batterie zu. Bei der Verwendung wiederaufladbarer Batterien wirkt sich das Nutzungsverhalten von Verbrauchern jedoch auf die Herstellungsaufwendungen aus. Wird die bereitgestellte Kapazität nicht vollständig über die Lebensdauer genutzt, erhöhen sich die Belastungen aus der Batterieherstellung pro Energieeinheit, da diese am Ende der Lebensdauer des Produktes üblicherweise nicht mehr in einem anderen Gerät weiter genutzt werden kann, sondern entsorgt werden muss. Eine Ausnahme bilden hier handelsübliche Batterien wie Mikro-, Mignon-, Mono- oder Babyzellen, die durch den Verbraucher selbst ausgetauscht werden können und in verschiedenen Geräten einsetzbar sind.

Im Rahmen der orientierenden Ökobilanz für solare Ladegeräte wurden zwei Nutzungsszenarien unterschieden, wobei Nutzung in diesem Fall vollständiges Aufladen und Entladen der Batterie bedeutet:

- tägliche Nutzung
- monatliche Nutzung

Die beiden Nutzungsszenarien unterscheiden sich neben den o. g. Auslastungsgraden über die Lebensdauer auch darin, dass wenig genutzte Batterien Verluste durch Selbstentladung aufweisen, die in den Berechnungen ebenfalls berücksichtigt sind.

### Entsorgung

Es kann davon ausgegangen werden, dass solarbetriebene Produkte in den Anwendungsbereich des Elektro- und Elektronikgerätegesetzes (ElektroG) fallen. Zwar sind sie dort nicht

in Anhang I gesondert aufgeführt, sie sind aber auch nicht explizit aus dem Anwendungsbereich ausgeschlossen und können als Bestandteil von elektronischen Geräten verstanden werden. In der Praxis ist jedenfalls davon auszugehen, dass solarbetriebene Produkte vom Verbraucher gemeinsam mit Elektro- und Elektronikgeräten entsorgt werden. Im Weiteren kann insofern angenommen werden, dass bei der Erstbehandlung der Altgeräte, wenn vorhanden, die Batterien entfernt werden, wie es in Anhang III ElektroG gefordert wird. Diese werden voraussichtlich gemeinsam mit anderen eingesammelten Batterien entsorgt, die üblicherweise Verfahren zugeführt werden, die auf eine Rückgewinnung der enthaltenen Metalle abzielen. Bei den für solarbetriebene Produkte relevanten Batterietypen NiMH und Li-Ion wären dies v. a. Nickel und Kupfer, eine Rückgewinnung des Lithiums ist derzeit noch nicht wirtschaftlich. Bei der Verwertung von wiederaufladbaren Alkali-Mangan-Zellen (RAM) können Manganvorlegierungen und Zinkoxid gewonnen werden, die in der Eisen- und Stahlherstellung als Rohmaterial eingesetzt werden.

Darüber hinaus sind kaum belastbare Annahmen zur Entsorgung von solarbetriebenen Produkten zu treffen. Die Solarmodule werden ggf. – insofern es sich um Siliziumzellen handelt – einer gesonderten Verwertung zugeführt mit dem Ziel der Rückgewinnung des Zellmaterials. Wahrscheinlicher ist allerdings, dass die solarbetriebenen Produkte inkl. der Solarmodule über Shredder entsorgt werden, da der Anteil der Solarmodule sehr gering sein dürfte und sich insofern eine Separierung kaum lohnt. Angesichts der schwierigen Datenlage wird im Rahmen dieser orientierenden Ökobilanz eine konservative Vereinfachung getroffen. Anstatt zu versuchen, mögliche Verwertungswege und den daraus resultierenden Nutzen einzuschätzen, wird nur die Erstbehandlung der Ladegeräte – Zerlegung und Shreddern – in den Systemraum einbezogen, etwaige Nutzen werden nicht berücksichtigt (cut-off).

### Betrachtete Systemräume

Wie eingangs beschrieben, hängt der zu betrachtende Systemraum entscheidend davon ab, ob ein solarbetriebenes Produkt mit einer zugehörigen wiederaufladbaren Batterie ausgestattet ist und ob diese Batterie direkt ein Endgerät auflädt oder eine weitere Batterie in einem Endgerät. Des Weiteren kann das Vergleichssystem aus der Bereitstellung von Netzstrom bestehen oder auch aus dem Bezug von Netzstrom über eine weitere wiederaufladbare Batterie. Die verschiedenen Konstellationen und die daraus resultierenden zu betrachtenden Systemräume sind nachfolgend erläutert.

#### **Systemraum 1: Solarbetriebenes Produkt ohne wiederaufladbare Batterie**

Das betrachtete solarbetriebene Produkt besteht hier aus einem Solarmodul und einem elektrischen Verbraucher. Die Energieversorgung erfolgt nur aus dem Solarmodul. Als Beispiele für diesen Systemraum können im Indoor-Bereich solarbetriebene Taschenrechner oder solarbetriebene Briefwaagen fungieren. Im Outdoor-Bereich wären in diesem Systemraum solare Ladegeräte ohne zugehörige Batterie zu nennen, welche direkt die wiederaufladbaren Batterien des Endgerätes laden. Vergleichssystem ist in diesem Systemraum die



Verwendung von Primärbatterien oder wiederaufladbaren Batterien im selben elektrischen Verbraucher. Somit müssen die Aufwendungen für die Herstellung, Nutzung und Entsorgung des elektrischen Verbrauchers nicht betrachtet werden, da sie in beiden Vergleichssystemen gleichermaßen anfallen.

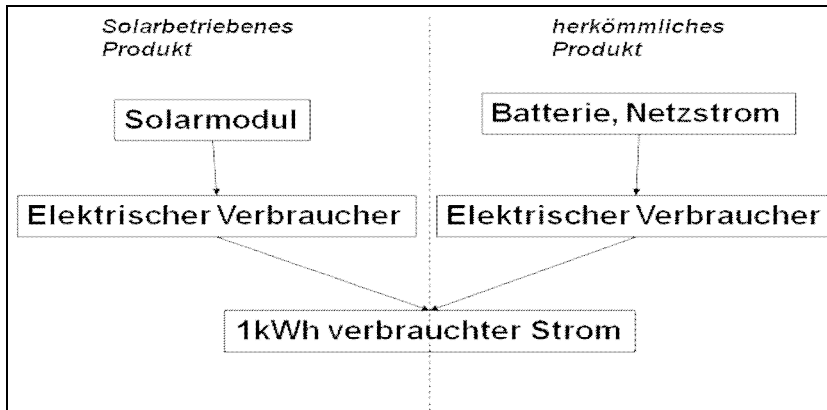


Abbildung 1 Systemraum 1: die Vergleichssysteme mit unterschiedlichen Energiequellen

## Systemraum 2: Solarbetriebenes Produkt mit wiederaufladbarer Batterie

Das betrachtete solarbetriebene Produkt besteht hier aus einem Solarmodul, einem elektrischen Verbraucher und einer zugehörigen wiederaufladbaren Batterie. Als Beispiele für diesen Systemraum können solarbetriebene Wecker oder Milchaufschäumer angeführt werden. Ebenso können aus dem Outdoorbereich solare Ladegeräte aufgeführt werden, deren wiederaufladbare Batterie die Batterie des Endverbrauchers lädt.

Das Vergleichssystem für die „herkömmlichen“ Produkte sind Wecker mit Sekundärbatterien oder eben Milchaufschäumer mit auswechselbaren Sekundärbatterien, die durch Netzstrom geladen werden. Im Falle des solaren Ladegerätes wäre das Vergleichssystem ein sog. „Powerpack“, welches durch Netzstrom geladen wurde, und ebenfalls die Batterie eines Endverbrauchers lädt.

Beide Vergleichssysteme enthalten eine wiederaufladbare Batterie und laden mit dieser ein und dieselbe Batterie in einem Endgerät auf. Im Unterschied zu Systemraum 1 ist hier jeweils eine zusätzliche Batterie gegeben, wodurch Energieverluste in Kauf genommen werden müssen. Da diese aber in beiden Vergleichssystemen gleichermaßen anfallen, kann auch hier von der Betrachtung der Aufwendungen für die Herstellung, Nutzung und Entsorgung der wiederaufladbaren Batterien abgesehen werden.

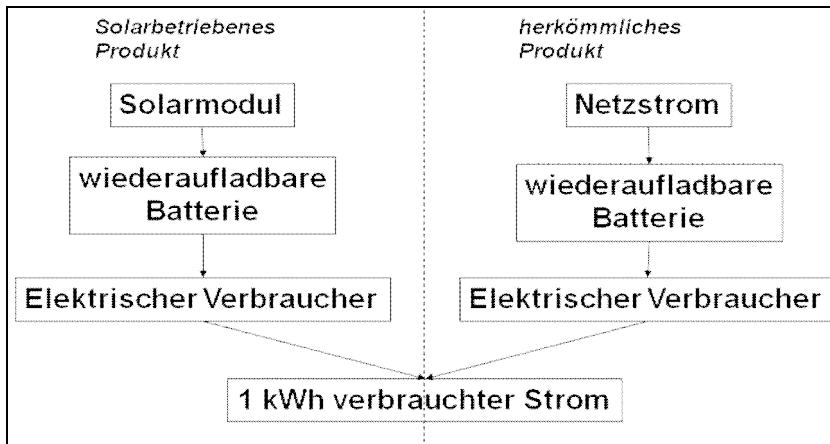


Abbildung 2 Systemraum 2: die Vergleichssysteme laden verschiedene Batterien als Zwischenspeicher zum Laden einer weiteren Batterie

**Systemraum 3:** Solares Ladegerät mit zugehöriger Batterie lädt eine Batterie in einem Endgerät

In diesem Fallbeispiel besteht das betrachtete solarbetriebene Produkt aus einem Solarmodul, einem solaren Ladegerät und einer zugehörigen wiederaufladbaren Batterie. Diese Batterie dient als Zwischenspeicher zur Aufladung einer Batterie in einem Endgerät. Das Vergleichssystem besteht hier aus einem netzbetriebenen Ladegerät durch das direkt eine Batterie in einem Endgerät aufgeladen wird. Im Gegensatz zu den bisherigen Fallbeispielen wird hier mit dem solaren Ladegerät eine zusätzliche Batterie benötigt, also müssen in diesem Systemraum die Aufwendungen für die Herstellung, Nutzung und Entsorgung der dem solaren Ladegerät zugehörigen wiederaufladbaren Batterie berücksichtigt werden.

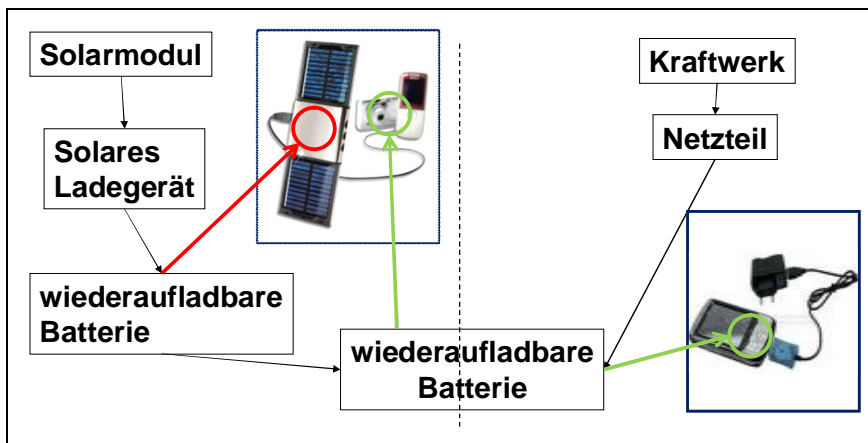


Abbildung 3 Systemraum 3: Solares Ladegerät mit zugehöriger Batterie durch die eine Batterie im Endgerät aufgeladen wird

Systemraum 3 stellt insofern noch einen Sonderfall dar, als dass das Nutzerverhalten die Ergebnisse der orientierenden Ökobilanz beeinflussen kann. 1 kWh elektrischer Strom wird

im System solarbetriebenes Produkt durch das Solarmodul in eine wiederaufladbare Batterie eingespeist, welche sowohl einen zu berücksichtigenden Ladewirkungsgrad, als auch andere Faktoren aufweist, die das Ergebnis der orientierenden Ökobilanz beeinflussen. Betrachtet man die solarbetriebenen Geräte über einen Lebenszeitraum von 5 Jahren, würde die wiederaufladbare Batterie bei täglicher Nutzung 1825 Ladezyklen durchlaufen, bei monatlicher Nutzung 60 Ladezyklen. Da wiederaufladbare Batterien für Kleinanwendungen derzeit Zyklusfestigkeiten von maximal ca. 500 – 800 Ladezyklen aufweisen, müssten bei konservativer Annahme von maximal 500 Ladezyklen bereits 4 Batterien für das Szenario „tägliche Nutzung“ verwendet werden, das Szenario „monatliche Nutzung“ jedoch würde mit einer Batterie auskommen. Hier würden die Herstellungsaufwendungen der Batterie sich vervierfachen.

Als Übersicht über die betrachteten Konfigurationen der solaren Ladegeräte sind in der folgenden Tabelle einige absolute Kennzahlen für die 5 Betriebsjahre dargestellt. Die gesamt dabei eingespeicherte Energie („geladene kWh“) unterscheidet sich nach Akkutyp (Kapazität bzw. speicherbare Energie) und dem Nutzungsverhalten. Die letztendlich nutzbare bzw. dem Akku entnommene Energie („genutzte kWh“) entspricht der Energie, die nach Abzug der Verluste durch Selbstentladung (nur bei monatlicher Nutzung relevant) und der Ladewirkungsgradverluste verbleibt.

Tabelle 2 Absolute Kennzahlen für 5 Betriebsjahre

	Ladezyklen	Geladene kWh	Genutzte kWh	Anzahl Batterien
Lilon, HK, täglich	1825	12,15	11,55	(3,65) 4
Lilon, HK, monatlich	60	0,40	0,37	(0,12) 1
Lilon, NK, täglich	1825	6,41	6,09	(3,65) 4
Lilon, NK, monatlich	60	0,21	0,20	(0,12) 1
NiMH, täglich	1825	4,38	3,72	(3,65) 4
NiMH, monatlich	60	0,14	0,10	(0,12) 1

Aus Tabelle 2 lässt sich ablesen, dass sich für die Anzahl der in 5 Jahren je nach Nutzungsverhalten benötigten Batterien ungerade Zahlen ergeben (Werte in Klammern). Generell wird davon ausgegangen, dass die eingesetzten Akkus nach Ablauf der Lebensdauer von 5 Jahren nicht mehr für andere Anwendungszwecke genutzt werden können, deshalb werden die gesamten Herstellungsaufwendungen für jede „angebrochene“ wiederaufladbare Batterie in dieser Bilanz berücksichtigt. Theoretisch wäre – mit Ausnahme der 5 Jahre alten Li-Ionen-Akkus – eine Weiternutzung in einem neuen Gerät möglich, wenn die wiederaufladbaren Batterien austauschbar sind. In der Praxis ist allerdings fraglich, ob Hersteller auch eine gebrauchte wiederaufladbare Batterie austauschen würden. Li-Ionen-Akkus haben nach bisherigen Erfahrungen nur eine begrenzte Lebensdauer von etwa 5 Jahren, so dass nach Ablauf dieser, der Akku auf jeden Fall entsorgt werden muss. Dagegen könnten NiMH-Akkus

in neuen oder anderen Geräten weitergenutzt werden. Dies dürfte in der Praxis dann der Fall sein, wenn es sich um standardisierte Mignon oder Micro-Akkus o.ä. handelt. Um die über 5 Jahre Betriebsdauer ermittelten Gesamtergebnisse der verschiedenen betrachteten Systemräume miteinander vergleichen zu können, wurden diese auf 1 kWh Strom als funktionelle Einheit normiert. In Tabelle 3 werden die in den Ergebnisabbildungen verwendeten Abkürzungen erläutert.

Tabelle 3 Erklärung der in den Grafiken verwendeten Abkürzungen

Abkürzung	Erklärung
Lilon, HK, täglich	Lilon-Batterie, Hohe Kapazität (1.800 mAh), tägliche Nutzung
Lilon, HK, monatlich	Lilon-Batterie, Hohe Kapazität (1.800 mAh), monatliche Nutzung
Lilon, NK, täglich	Lilon-Batterie, Niedrige Kapazität (950 mAh), tägliche Nutzung
Lilon, NK, monatlich	Lilon-Batterie, Niedrige Kapazität (950 mAh), monatliche Nutzung
NiMH, täglich	NiMH-Batterie, tägliche Nutzung
NiMH, monatlich	NiMH-Batterie, monatliche Nutzung
Netzteil Strom	Vergleichssystem der konventionellen Bereitstellung von Strom

### Datenquelle

In Tabelle 4 sind die in der orientierenden Ökobilanz verwendeten Module und deren Herkunft aufgelistet:

Tabelle 4 Für die orientierende Ökobilanz verwendete Module

Modul	Herkunft	Kommentar
Herstellung Li-Ion-Akku	IFEU	Ecoinvent 2.0, modifiziert nach Sanyo-Angaben
Herstellung NiMH-Akku	Ecoinvent 2.0	
Solarzelle, multi-Si, ab Werk	Ecoinvent 2.0	
Elektronisches Bauteil, unspezifisch, ab Werk	Ecoinvent 2.0	Bauteil elektronischer Verbraucher; 42 g
Kupfer, ab Regionallager	Ecoinvent 2.0	Bauteil elektronischer Verbraucher; 31,2 g
Chromstahl 18/8, ab Werk	Ecoinvent 2.0	Bauteil elektronischer Verbraucher; 94,9 g
Polystyrol, HIPS, ab Werk	Ecoinvent 2.0	Bauteil elektronischer Verbraucher; 66,2 g
Netzteil, für Laptop, ab Werk	Ecoinvent 2.0	Netzstrombetriebener elektronischer Verbraucher; Vergleichssystem
Shredder, Elektroschrott	Ecoinvent 2.0	

### Annahmen der Modellierung

Die Bauteile für den elektronischen Verbraucher wurden nach Massenangaben eines Herstellers aufgeteilt. Für die Anteile der Herstellung an der Nutzung wurden folgende Annahmen getroffen:

#### Elektronischer Verbraucher

Für den elektronischen Verbraucher wurde eine durchgehende Nutzung angenommen. Anhand der typischen Ausgangsspannung von 2,5 W und einer angenommenen Lebenszeit von 5 Jahren beträgt der Anteil der Herstellung des elektronischen Verbrauchers pro kWh 0,91%.

#### Solarmodul

Für das Solarmodul wurde mangels weiterer Angaben die mittlere Ausnutzung der Arbeitsfähigkeit von Photovoltaik-Anlagen in Deutschland mit 0,92% angenommen. Die Lebensdauer des Solarmoduls wurde mangels verfügbarer Angaben ebenfalls auf 5 Jahre festgesetzt.

#### Batterien

Es wurden zwei Typen von Batterien berücksichtigt. Für die beiden Systemräume 1 & 2 wurden jeweils wiederaufladbare NiMH-Batterien modelliert, für Systemraum 3 eine Li-Ion-Batterie. Im Fall von Systemraum 1 ist zwar eher von der Verwendung von Primärbatterien (Alkali-Mangan) auszugehen, aber aufgrund der mangelnden Datenlage und für die vorliegenden Vergleichszwecke ist der Absolutwert der einzelnen Emissionen nicht so entscheidend wie das Verhältnis der Emissionen der Vergleichssysteme zueinander. Deshalb wird vereinfachend auch hier eine wiederaufladbare NiMH-Batterie modelliert.

Die Kapazität der Li-Ion-Batterie wurde auf 1.800 mAh festgesetzt, die Spannung auf 3,7 V. Die NiMH-Batterien wurden auf eine Kapazität von 2.000 mAh und eine Nennspannung von 1,2 V festgesetzt. Die maximale Anzahl Ladezyklen wurde für beide Batterietypen auf 500 festgesetzt. Die Selbstentladung der Batterietypen bei monatlicher Nutzung wurde berücksichtigt. Bei NiMH-Batterien wurde diese auf 15% im Monat festgesetzt. Es existieren auf dem Markt bereits wiederaufladbare NiMH-Batterien mit wesentlich geringerer Selbstentladung von ca. 20% im Jahr (Lipinski 2009). Dies wurde nicht berücksichtigt, da die breite Masse der auf dem Markt verfügbaren wiederaufladbaren NiMH-Batterien diese geringe Selbstentladung noch nicht erreicht. Für die Selbstentladung von wiederaufladbaren Li-Ion-Batterien liegen verschiedene Angaben vor. Diese belaufen sich aber alle auf ca. 2%, weswegen bei der Verwendung dieses Batterietyps die Selbstentladung auf 2% der Kapazität festgelegt wurde. Zusammenfassend werden diese Annahmen in Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 5 Annahmen für die verschiedenen Batterietypen

Batterietyp	Spannung [V]	Kapazität [mAh]	Monatliche Selbstentladung [%]
Li-Ion	3,7	1.800	2
NiMH	1,2	2.000	15

Des Weiteren wurde bei der Modellierung berücksichtigt, dass die Nennkapazität bei der Entladung nicht vollständig zur Verfügung steht. Bei den Li-Ionen-Akkus wurde der Ladewirkungsgrad<sup>1</sup> mit 95% angesetzt, bei den NiMH-Akkus mit 85%. Die oben erwähnten wiederaufladbaren Alkali-Mangan-Batterien (RAM) wurden nicht modelliert, da ihre Anwendung sich auf Anwendungen im Systemraum 2 beschränkt, in welchem die Batterie nicht weiter betrachtet wird.

### 2.1.3 Betrachtete Wirkungskategorien

Folgende Wirkungskategorien werden in der orientierenden Ökobilanz betrachtet (Erläuterungen zu den Wirkungskategorien siehe Anhang I, Kap. 4.1):

- Kumulierter Primärenergiebedarf (KEA)
- Treibhauspotential (GWP)
- Versauerungspotential (AP)
- Photochemisches Oxidationspotential (POCP)

### 2.1.4 Ergebnisse der orientierenden Ökobilanz

Die Ergebnisse der orientierenden Ökobilanz sind im Folgenden dargestellt.

#### Systemraum 1 und 2:

Wie in Abbildung 4 bis Abbildung 7 ersichtlich, ist die Nutzungsphase eines herkömmlichen Vergleichsproduktes mit Netzstrom ausschlaggebend für die ökologische Nachteilehaftigkeit des Vergleichssystems. Demgegenüber liefert die Herstellung des Solarmoduls bezogen auf die funktionelle Einheit einen geringen Beitrag zu den negativen Umweltwirkungen solarbetriebener Produkte. Da die Bereitstellung der Energie aus Solarmodulen nicht mit Emissionen verbunden ist, fällt hier die Nutzungsphase vorteilhaft in allen Kategorien aus. Dargestellt sind hier nur die Ergebnisse des Vergleichssystems "Netzstrom", denn die Werte für die Herstellung der Primärbatterie liegen um mehrere Größenordnungen über denen des solarbetriebenen Produktes. Dies wäre der Übersichtlichkeit einer grafischen Gegenüberstellung abträglich, weshalb hier auf diesen Vergleich verzichtet wird.

<sup>1</sup> Ladewirkungsgrad (Coulomb-Effizienz) = entnehmbare Energie / zugeführte elektrische Energie

Die hier vorliegenden Ergebnisse spiegeln auch Systemraum 2 wieder, denn die dort in beiden Systemräumen vorkommende wiederaufladbare Batterie ist in beiden zu vergleichenden Systemen vorhanden, kann also für die vergleichende Ergebnisbetrachtung vernachlässigt werden.

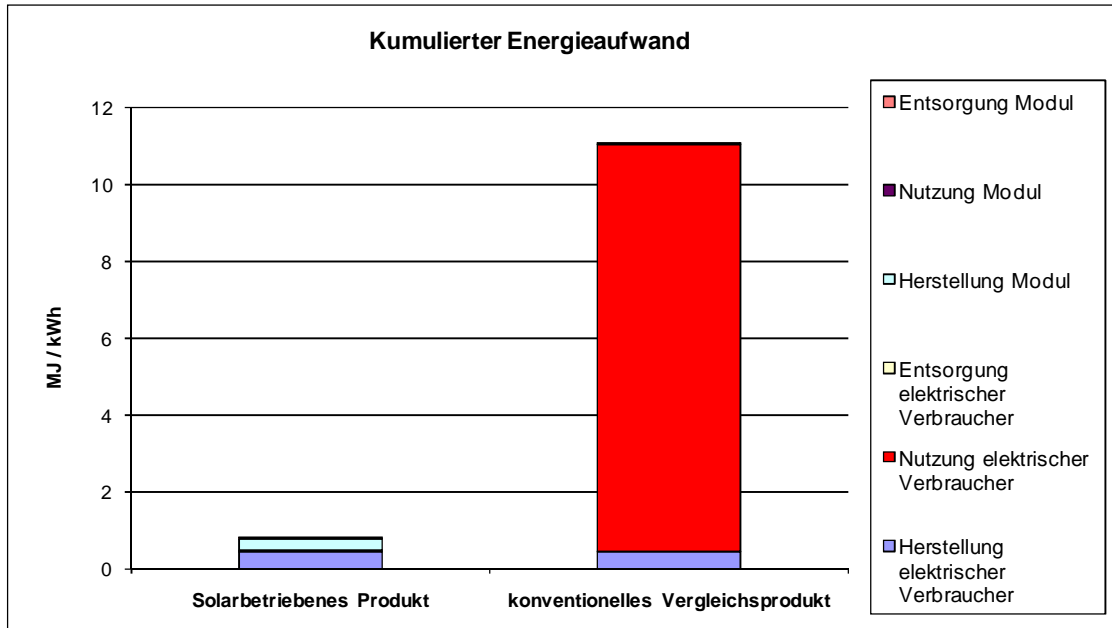


Abbildung 4 Kumulierter Energieaufwand der in Systemraum 1&2 betrachteten Vergleichssysteme

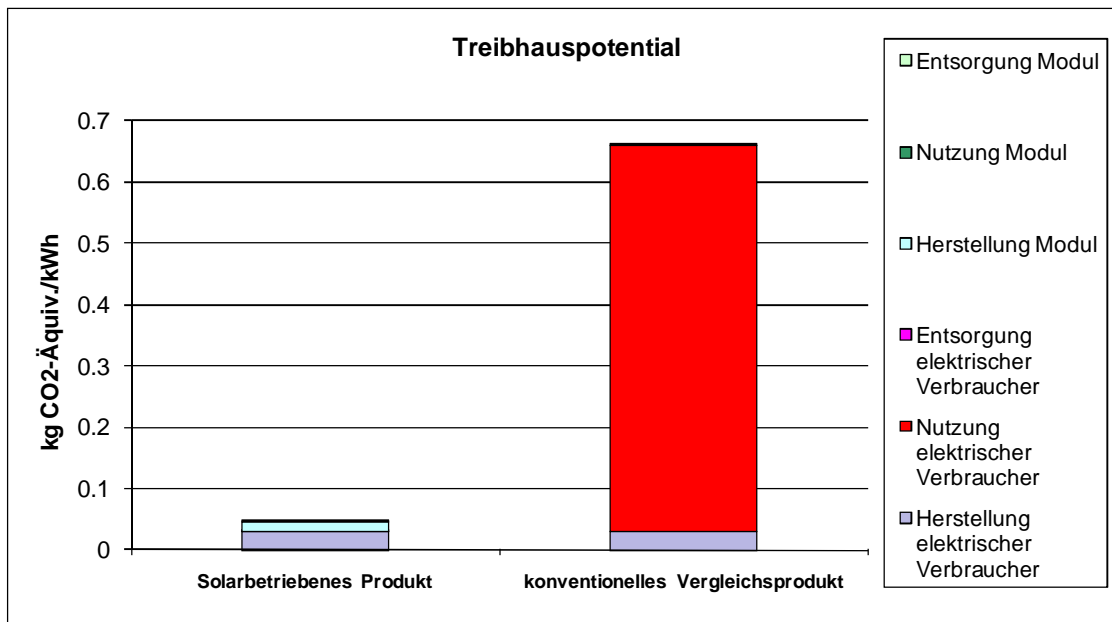


Abbildung 5 Treibhauspotential der in Systemraum 1&2 betrachteten Vergleichssysteme

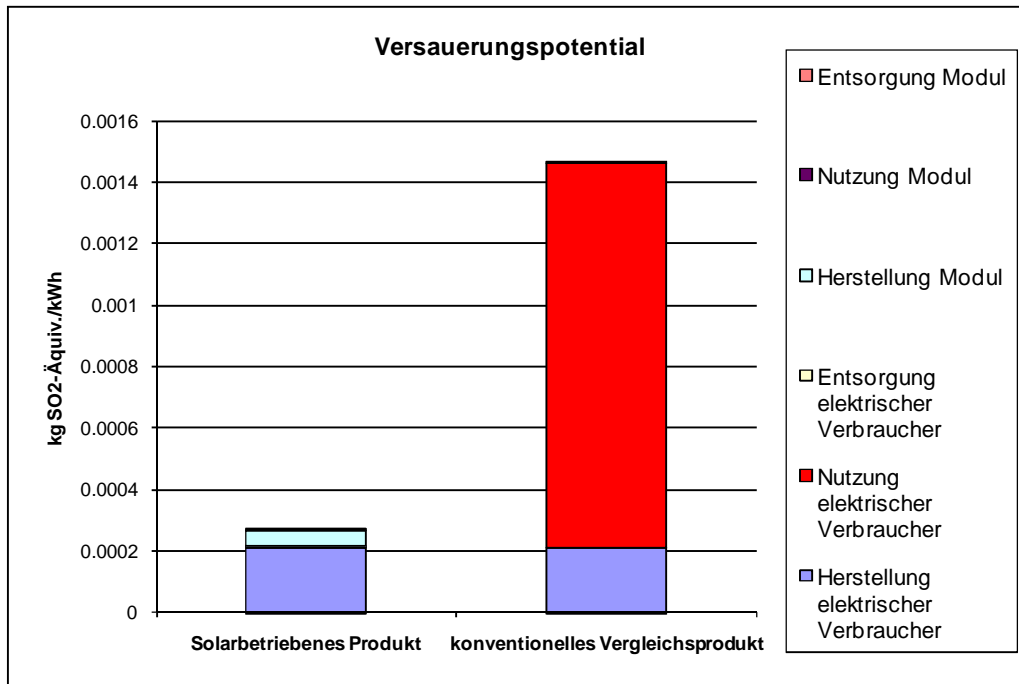


Abbildung 6 Versauerungspotential der in Systemraum 1&2 betrachteten Vergleichssysteme

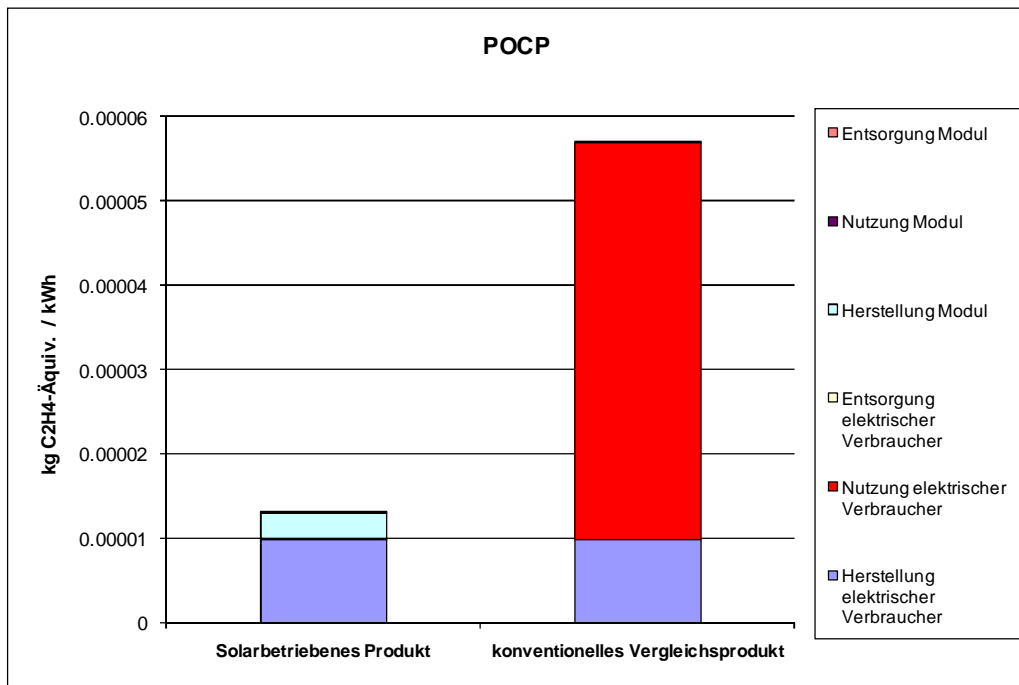


Abbildung 7 Photochemisches Oxidationspotential (POCP) der in Systemraum 1&2 betrachteten Vergleichssysteme



In den nachfolgenden Abbildungen 8 bis 11 sind die Ergebnisse der orientierenden Ökobilanz pro kWh Strom für Systemraum 3 dargestellt (Solares Ladegerät mit zusätzlicher Batterie).

Die Ergebnisse sind im Weiteren für die Einzelkomponenten unterteilt in die Prozessschritte Herstellung, Nutzung und Entsorgung dargestellt. Liegen die Belastungen der solaren Ladegeräte unterhalb der ebenfalls in den Abbildungen gezeigten Belastungen des Vergleichssystems „Netzteil Strom“, so sind die solaren Ladegeräte ökologisch vorteilhaft, liegen die Belastungen der solaren Ladegeräte dagegen höher als im Vergleichssystem, so sind sie als ökologisch nachteilig einzustufen.

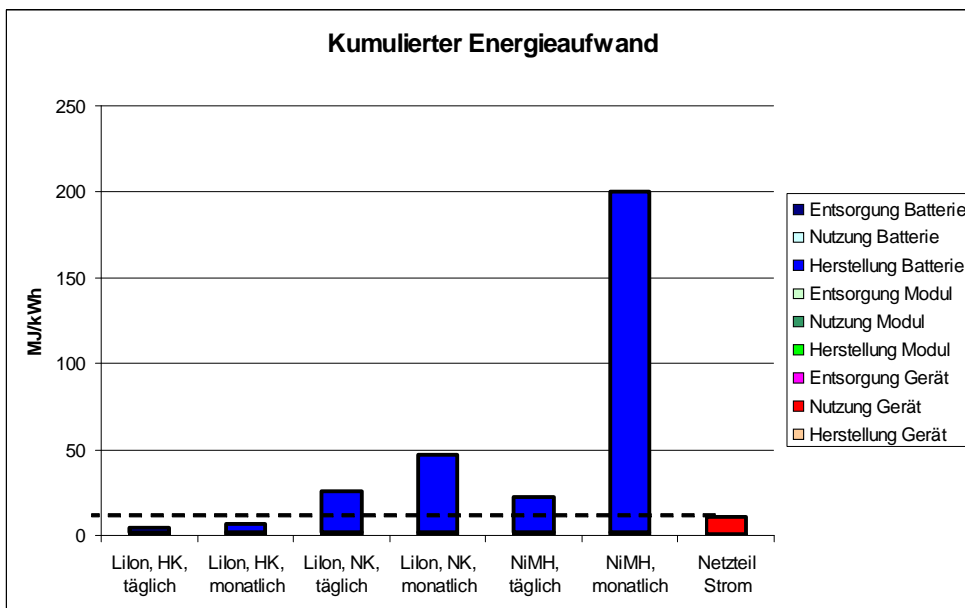


Abbildung 8 Kumulierter Energieaufwand des Systemraums 3 in MJ/ kWh erzeugtem Strom

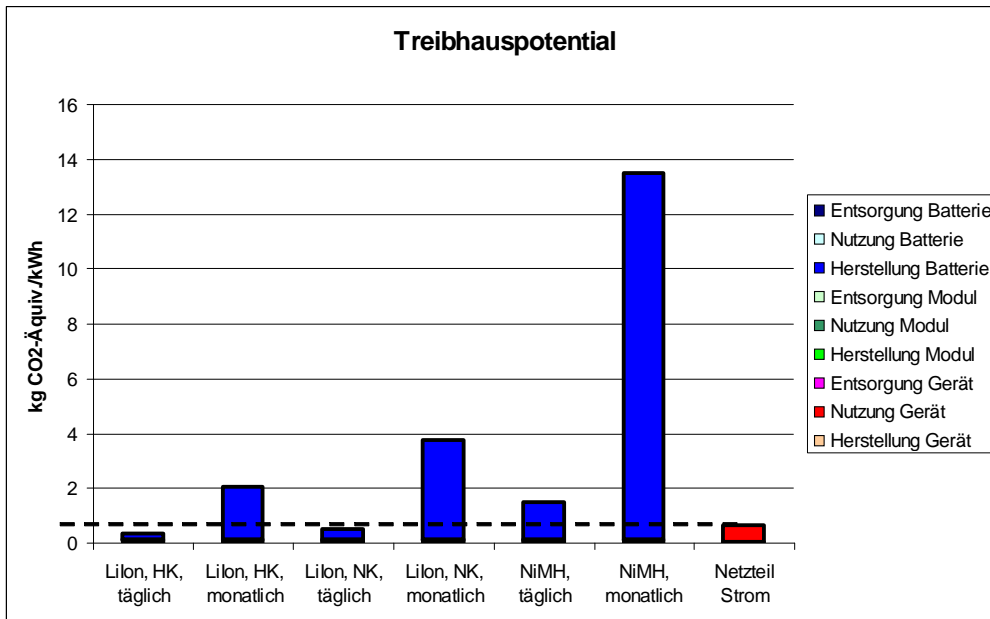


Abbildung 9 Treibhauspotential des Systemraum 3 in kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente/kWh erzeugtem Strom

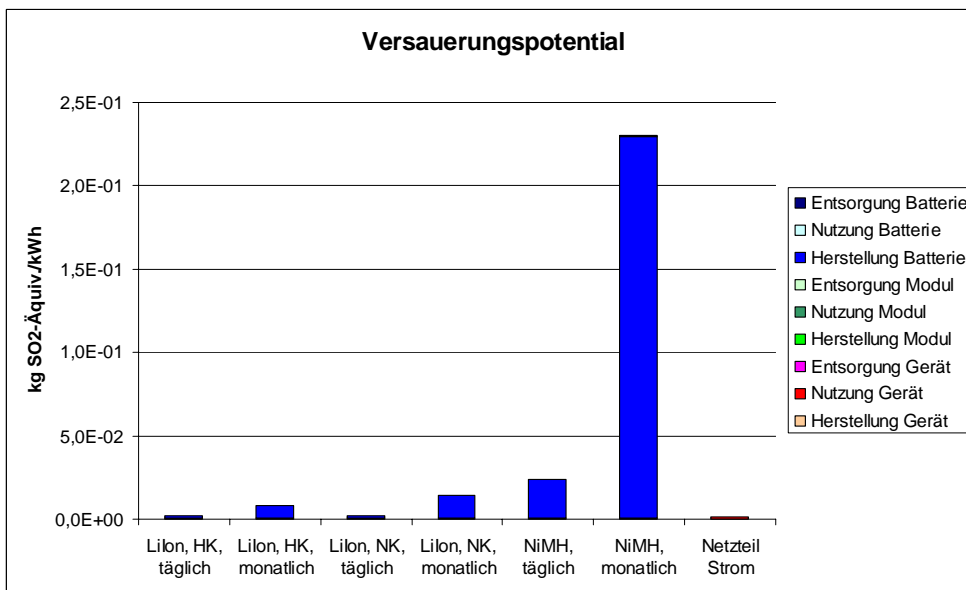


Abbildung 10 Versauerungspotential des Systemraums 3 in kg SO<sub>2</sub>-Äquivalente/ kWh erzeugtem Strom

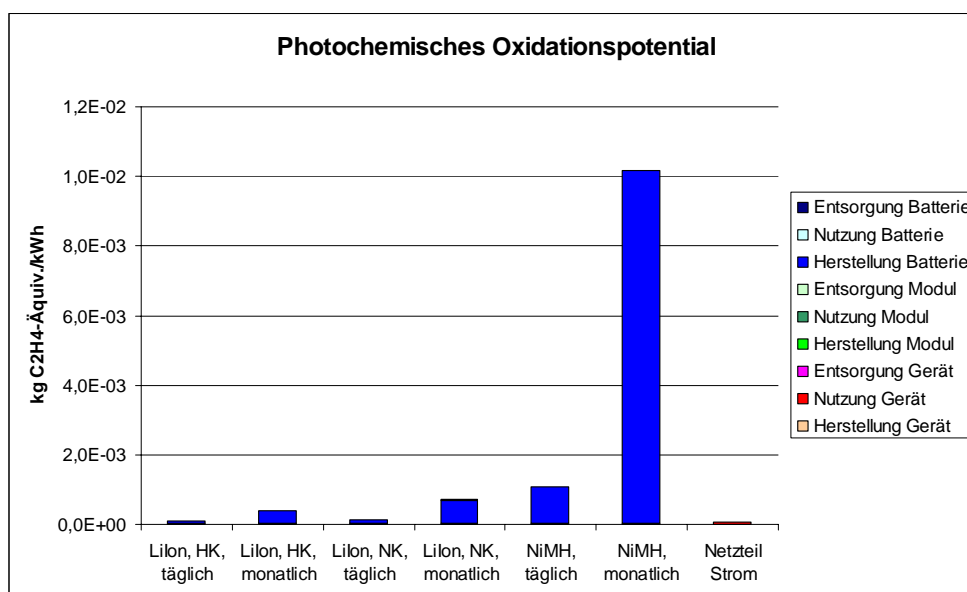


Abbildung 11 Photochemisches Oxidationspotential des Systemraums 3 in kg Ethen-Äquivalente pro kWh erzeugtem Strom

### 2.1.5 Diskussion der Ergebnisse

Generell zeigen sich solarbetriebene Produkte gegenüber dem Vergleichssystem „konventionelles Vergleichsprodukt“ als ökologisch vorteilhaft, insofern keine zusätzliche Batterie betrachtet werden muss (Ergebnisse der Systemräume 1 und 2). In den Fällen, in denen die solarbetriebene Produkte mit einer zugehörigen Batterie ausgestattet sind, die als Zwischenspeicher zur Aufladung einer Batterie in einem Endgerät dient (Systemraum 3), stellt sich die Sachlage etwas anders dar. Hier schlägt in allen betrachteten Umweltwirkungskategorien das Nutzungsverhalten stark zu Buche. So ist in allen betrachteten Umweltwirkungskategorien die tägliche Nutzung solarer Ladegeräte ökologisch vorteilhafter als die monatliche Nutzung. Den größten ökologischen Nachteil gegenüber dem Netzbetrieb hat in allen betrachteten Umweltwirkungskategorien die monatliche Nutzung eines solaren Ladegeräts mit wiederaufladbarer NiMH-Batterie.

Allerdings ist hier festzuhalten, dass die verwendete Datenbasis nur sehr bedingt belastbar ist. Insbesondere die Herstellung der wiederaufladbaren NiMH-Batterie nach Ecoinvent ist mit sehr großen Unsicherheiten verbunden. Eine grobe Einschätzung der Repräsentativität der Daten anhand einer Studie, die für NiMH als Autobatterie seitens des Öko-Instituts durchgeführt wurde, ergab, dass die hier gezeigten Ergebnisse nach Ecoinvent wahrscheinlich um Größenordnungen zu hoch liegen. Hier besteht dringender Bedarf an belastbaren Daten, ohne diese sind empfehlende Aussagen bzgl. solarbetriebener Produkte mit wiederaufladbaren NiMH-Batterien nicht möglich.

Da es sich in der vorliegenden Studie um die Entwicklung von Vergabekriterien für ein Klimaschutzbezogenes Umweltzeichen geht, wird hier hauptsächlich die Wirkungskategorie des Treibhauspotentials betrachtet. Im Allgemeinen zeigt das solare Ladegerät in den Systemräumen 1 und 2 einen großen Umweltvorteil gegenüber dem netzstrombetriebenen Ladegerät allein durch die fehlenden Emissionen der Strombereitstellung. Ebenfalls auf den ersten Blick sichtbar ist der Nachteil, den eine zusätzliche Batterie (Systemraum 3) durch ihre Herstellung in das System bringt. Eine genauere Betrachtung zieht jedoch ein differenzierteres Bild nach sich. So ist auch die Nutzung dieser Batterie ergebnisrelevant. Eine tägliche Nutzung, in der die Batterie durchgehend genutzt wird, schöpft deren Fähigkeit zur Energiespeicherung aus und kann somit bei hoher Zyklenzahl und Speicherfähigkeit ökologisch vorteilhafter sein als die Verwendung von Netzstrom (Lilon, HK, täglich in Abbildung 9). Betrachtet man dagegen die monatliche Nutzung des selben Batteriesystems (Lilon, HK, monatlich in Abbildung 9), ist der ökologische Vorteil gegenüber dem Netzbetrieb nicht mehr vorhanden. Hier schlägt die Herstellung der Batterie sehr stark zu Buche, was durch die Randbedingungen der Bilanz erklärt werden kann. Bei täglicher Nutzung werden zwar insgesamt mehr Batterien über die Lebenszeit hinweg verbraucht (siehe Tabelle 2), aber sie werden weitgehend jeweils auch über die komplette Lebensdauer genutzt, so dass sich die tägliche Nutzung pro kWh Strom günstiger zeigt als die monatliche Nutzung. Bei monatlicher Nutzung wird über die festgelegten 5 Jahre Lebensdauer nur ein Bruchteil der möglichen nutzbaren Energiemenge eines Akkus tatsächlich auch genutzt, dennoch müssen die gesamten Herstellungsaufwendungen eines Akkus angelastet werden, da dieser gemäß Randbedingungen nach den 5 Jahren nicht mehr weiter genutzt werden kann. Ob die Kapazität der Batterie ausgeschöpft wurde oder nicht, spielt in dieser Betrachtung keine Rolle. Somit kommt dem Nutzer des solarbetriebenen Produktes die entscheidende Verantwortung zu, ob der Betrieb eines solarbetriebenen Produktes mit zusätzlicher Batterie ökologisch vorteilhaft gegenüber dem Netzbetrieb ist oder nicht.

Ebenfalls entscheidend zeigt sich die eingesetzte Batterietechnologie. Die Verwendung einer wiederaufladbaren Li-Ion-Batterie, die zusätzlich in das System eingebracht wird, ist nach gegebener Datenlage weniger umweltbelastend als eine wiederaufladbare NiMH-Batterie. Allerdings ist, wie erwähnt, zu beachten, dass die verfügbare Datenbasis nach Ecoinvent für die Herstellung von NiMH-Akkus nur wenig belastbar scheint. Nach Ecoinvent selbst wird die Datenbasis als unvollständig angesehen und basiert teilweise auf Schätzungen. Aufgrund des dominierenden Einflusses der Herstellungsaufwendungen auf die Ergebnisse, dürfen diese aufgrund der mangelnden Datenbelastbarkeit ausschließlich als orientierende Ergebnisse angesehen werden.

Die Selbstentladung und Ladewirkungsgradverluste wirken sich auf die nutzbare Energiemenge aus und damit ebenfalls in der Batterieherstellung, denn pro kWh Strom müssen dann anteilig mehr „Anteile“ Batterie bereitgestellt werden. Hier zeigt die Li-Ionen-Batterie mit

ihrer geringeren Selbstentladung und dem höheren Ladewirkungsgrad klare Vorteile gegenüber der NiMH-Batterie.

Der Unterschied in der Kapazität der wiederaufladbaren Li-Ion-Batterien zeigt sich sehr deutlich in allen Wirkungskategorien. Eine höhere Kapazität der Batterie bedeutet aus eben genannten Gründen einen geringeren Herstellungsaufwand pro kWh Strom als eine niedrige Kapazität.

Ebenfalls lässt sich eine leicht aufwändigere Herstellung des solarbetriebenen Produktes feststellen. Dies ist der mangelnden Sicherheit bei der Datengrundlage zuzuschreiben, denn allein die Massen der elektronischen Bauteile solarer Ladegeräte genügen nicht für eine fundierte Datengrundlage. So ist der Unterschied der Umweltwirkungen zwischen einem aktiven und einem passiven elektronischen Bauteil enorm. Hier besteht durchaus noch Verbesserungsbedarf in der Datengrundlage.

## 2.2 Analyse der Lebenszykluskosten

In der vorliegenden Studie werden die Kosten aus Sicht der privaten Haushalte berechnet.

Berücksichtigt wurden folgende Kostenarten:

- Investitionskosten (Kosten für die Anschaffung eines solaren Ladegerätes),
- Betriebs- und Unterhaltskosten
  - Stromkosten,
  - Reparaturkosten,
- Entsorgungskosten.

Aufgrund der großen Bandbreite der Produkte soll die Analyse der Lebenszykluskosten an zwei Beispielen durchgeführt werden:

- a) Taschenrechner
- b) Solares Ladegerät

### 2.2.1 Investitionskosten

- a) Taschenrechner

Die Investitionskosten belaufen sich je nach Modell auf ca. 5 € bis ca. 30 € im Bereich der Vergleichssysteme, d.h. Taschenrechner, die solar versorgt werden können. Der in der Lebenszykluskostenanalyse verwendete Durchschnittswert wird auf 18 € festgesetzt. Über die angenommene Lebenszeit von 5 Jahren ergeben sich also jährliche Anschaffungskosten von 3,60 €. Da die rein batteriebetriebenen Taschenrechner meist denselben Anschaffungspreis haben, wird dieser Wert auch für das Vergleichssystem verwendet.

#### b) Solares Ladegerät

Die Investitionskosten differieren je nach Produkt zwischen 15 € und 500 €. Der in der Lebenszykluskostenanalyse verwendete Durchschnittswert wird auf 70 € festgesetzt. Über die angenommene Lebenszeit von fünf Jahren ergeben sich also jährliche Anschaffungskosten von 14 €. Demgegenüber liegt der Anschaffungspreis für herkömmliche Ladegeräte zwischen 3,50 € und 35 €. Die Lebenszeit herkömmlicher Ladegeräte liegt zwischen 3 (Handyladegeräte) und 5 (Batterieladegeräte) Jahren. Folglich sind die solaren Ladegeräte in der Anschaffung mindestens doppelt so teuer.

### 2.2.2 Stromkosten

#### a) Taschenrechner

Taschenrechner im Solarbetrieb verbrauchen während der Nutzungsphase keinen Netzstrom. Batteriebetriebene Taschenrechner verbrauchen ebenfalls keinen Netzstrom während ihrer Nutzungsphase. Somit entfällt dieser Kostenpunkt bei den Taschenrechnern.

#### b) Solares Ladegerät

Da die solaren Ladegeräte beim Betrieb Strom erzeugen und nicht verbrauchen, wird in dieser Studie die Einsparung des Netzstroms gerechnet. Hierbei wurde ein mittlerer Strompreis von 0,221 €/kWh zugrunde gelegt<sup>2</sup>. Bei täglicher Nutzung eines solaren Ladegerätes werden normalerweise jährlich ca. 2,2 kWh Netzstrom ersetzt. Damit ergibt sich die jährliche Stromeinsparung zu 0,48 €.

Herkömmliche Handyladegeräte verbrauchen pro Jahr 1,89 kWh Netzstrom, herkömmliche Batterieladegeräte würden bei gleichem Nutzerverhalten 26,64 kWh Netzstrom pro Jahr verbrauchen<sup>3</sup>. Durch die Betrachtung von Solarbetriebenen Ladegeräten mit wieder aufladbaren Batterien in dieser Studie erscheint der Vergleich mit dem Batterieladegerät am sinnvollsten. Somit werden die jährlichen Stromkosten für ein herkömmliches Ladegerät auf 5,89 € festgesetzt.

### 2.2.3 Reparaturkosten

#### a) Taschenrechner

Taschenrechner werden im Allgemeinen nicht repariert, sondern erneuert. Somit fallen in diesem Bereich keine Kosten an.

#### b) Solare Ladegeräte

Solare Ladegeräte haben eine prognostizierte Lebenszeit von mehr als 5 Jahren. Es ist davon auszugehen, dass bereits nach Ablauf der Garantiezeit zwei Jahren die Verbraucher

---

<sup>2</sup> Berechnung Öko-Institut, 2007

<sup>3</sup> EuP LOT 7 (2007)

bei einer Funktionsstörung eher in ein neues Gerät investieren, anstatt das Geld für eine Reparatur auszugeben. Insofern bleiben die Reparaturkosten hier unberücksichtigt.

#### 2.2.4 Entsorgungskosten

Seit dem 24. März 2006 sind die Hersteller für die Rücknahme und Entsorgung der Altgeräte (finanz-)verantwortlich. Insofern ist davon auszugehen, dass die Entsorgungskosten in den Verkaufspreis einkalkuliert sind. In der vorliegenden Untersuchung werden daher keine zusätzlichen Entsorgungskosten angenommen.

#### 2.2.5 Ergebnisse der Lebenszykluskostenanalyse

Die Ergebnisse der Lebenszykluskostenanalyse für Taschenrechner sind in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6 Jährliche Gesamtkosten im Vergleich: Solarbetriebener und batteriebetriebener Taschenrechner

Jährliche Kosten in €	Solarbetrieben	Herkömmlich
Anschaffungsphase	3,60 €	3,60 €
Nutzungsphase	0 €	0 €
<b>Gesamt</b>	<b>3,60 €</b>	<b>3,60 €</b>

Die Ergebnisse der Lebenszykluskostenanalyse für solare Ladegeräte sind in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7 Jährliche Gesamtkosten im Vergleich: Solarbetriebenes und herkömmliches Ladegerät

Jährliche Kosten in €	Solarbetrieben	Herkömmlich
Anschaffungsphase	14 €	7 €
Nutzungsphase	-2,4 €	5,89 €
<b>Gesamt</b>	<b>11,6 €</b>	<b>12,89 €</b>

### 2.3 Ableitung von Vergabekriterien für ein Umweltzeichen

Aufgrund der schwierigen Datenlage bzgl. der Herstellung von v. a. NiMH-Akkus lassen sich auf Basis der orientierenden Ökobilanz (vgl. Kapitel 2.1) keine Empfehlungen für Vergabekriterien ableiten. Die im Folgenden erläuterten Vergabekriterien basieren v. a. auf Funktionalitäts- und Sicherheitsaspekten.

Für „Photovoltaische Produkte“ wurde im März 2008 eine Vergabegrundlage für das Umweltzeichen „Blauer Engel“ (RAL-UZ 116) verabschiedet. Diese beinhaltet Vergabekriterien für Indoor-Produkte (z.B. Milchaufschäumer, beleuchtete Bilderrahmen, Funk-

tastaturen, Uhren, Datenerfassungs- und Anzeigeräte) und für Outdoor-Produkte (z.B. Weidezaungeräte, Hausnummernbeleuchtungen, Garagentorantriebe, Rollläden, Gartenlichter, Grableuchten). Bei der Aktualisierung der Vergabegrundlage im November 2009 wurden solare Ladegeräte und solarbetriebene Produkte mit flexiblem Einsatzbereich mit aufgenommen. Im Dezember 2011 wurde die Vergabegrundlage nochmals überarbeitet, und die „solarbetriebenen Produkte“, welche ehemals in der Vergabegrundlage RAL-UZ 47 beheimatet waren, wurden ebenfalls in die RAL-UZ 116 überführt.

Geltungsbereich

Die Neuaufnahme weiterer solarbetriebener Produkte hatte eine thematische Neuordnung des Geltungsbereichs der ursprünglichen Vergabegrundlage zur Folge, welche in Abbildung 12 gezeigt wird.

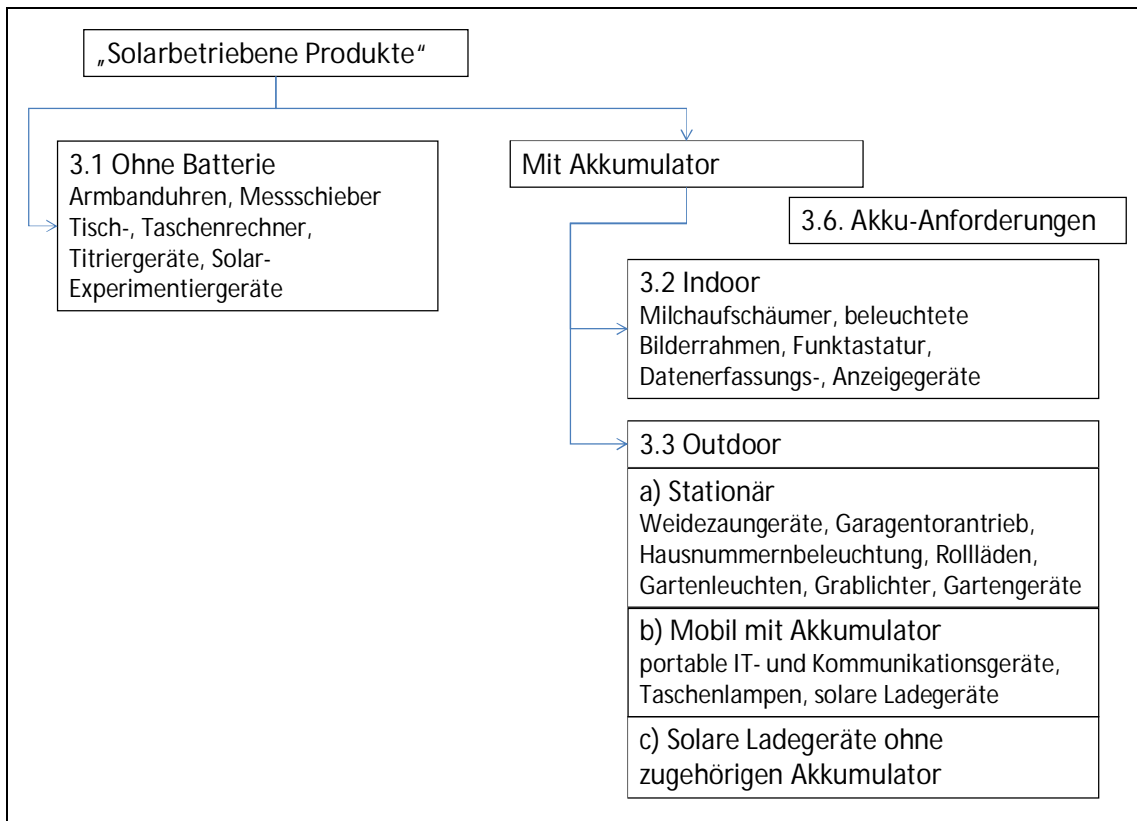


Abbildung 12 Grafische Darstellung der in der Vergabegrundlage geregelten solarbetriebenen Produkte

Diese Aufteilung des Geltungsbereiches zieht auch eine Untergliederung der Anforderungen nach sich, die im Folgenden näher erläutert werden.



### Funktionssicherheit

Um die Aufwendungen für die Herstellung der verschiedenen Geräte bzw. der vorliegenden Produkte und die dabei entstehenden Emissionen möglichst gering zu halten, ist es wichtig, diese einem hohen Nutzen gegenüber zu stellen. Hierdurch werden zwar nicht die Aufwendungen und Lasten des einzelnen Produktes reduziert, die Gesamtlast der Herstellung sinkt jedoch, da bei hohem Gebrauchsnutzen nicht so viele Geräte produziert werden müssen, um dem Nutzen gerecht zu werden.

Bei **solarbetriebenen Produkten ohne Batterie** wird dies für jedes einzelne Produkt durch die Festlegung von Lichtmengen und sog. Dunkelgangreserven gewährleistet bzw. durch zu erfüllende Beleuchtungs- oder Bestrahlungsstärken, bei denen die Produkte bereits voll funktionsfähig sein müssen.

Ebenso wird bei **solarbetriebenen Indoor-Produkten mit Akkumulator** verfahren, wobei zu beachten ist, dass die Dunkelgangreserve bei der Verwendung wiederaufladbarer Batterien natürlich wesentlich höher sein muss.

Um die Funktionssicherheit der **sonstigen solarbetriebenen Produkte mit Akkumulator** zu gewährleisten, werden in der Vergabegrundlage verschieden Kriterien genannt. Zum einen müssen alle sonstigen solarbetriebenen Produkte mit Akkumulator ab einer Bestrahlungsstärke von 50 W/m<sup>2</sup> den Akkumulator bereits laden können (Funktionalität bei Schwachlicht). Wegen der Fülle der zu berücksichtigenden Produkte in dieser Unterkategorie wurde auch diese für die Kriterien der Funktionssicherheit nochmals aufgeteilt. Für **solarbetriebene Produkte für den stationären Einsatz im Outdoorbereich** wie z.B. Weidezaungeräte oder Hausnummernbeleuchtungen muss der Hersteller mittels geeigneten rechnergestützten Simulationsergebnissen nachweisen, dass die Funktion des Produktes unter den angegebenen Einsatzbedingungen voll erfüllt werden kann. Für Hausnummernbeleuchtungen wurde zusätzlich noch eine Anforderung an die Lesbarkeit gestellt. Solar-Leuchten müssen eine Mindest-Leuchtdauer erfüllen, um mit den Vergabekriterien konform zu sein. **Solare Ladegeräte** sowie **sich selbst versorgende solarbetriebene Produkte mit integriertem bzw. zugehörigen Akkumulatoren und mobilem Einsatzbereich** müssen unter NOCT<sup>4</sup> (Nominal Operating Cell Temperature) Bedingungen und einer näher bestimmten Messvorschrift die wiederaufladbaren Batterien innerhalb von 8 Stunden nahezu vollständig (≥ 90% der Lade- oder Nennkapazität) aufladen können. Die gleiche Bedingung müssen **solare Ladegeräte ohne zugehörige Akkumulatoren** für die vom Hersteller benannten Akkumulatoren erfüllen. Diese geforderte messtechnische Ermittlung berücksichtigt auch die Eigenverbräuche und Wirkungsgrade der

---

<sup>4</sup> Standardisierte Ermittlung von Strom, Spannung und Leistung bei Solarmodulen nach IEC 61215. Die Änderung der Leistung wird bei Nennbetriebs-Zellentemperatur (NOCT), einer Bestrahlungsstärke von 800 W/m<sup>2</sup>, 20°C Umgebungstemperatur, 1 m/s Windgeschwindigkeit und einem in der Norm IEC 904-3 (1989) Teil III definierten Spektrum des Sonnenlichts bei einer Air Mass (AM) von 1,5 global ermittelt.

einzelnen Komponenten der solaren Ladegeräte. Durch die Vorgabe einer maximalen Ladezeit wird implizit auch eine vernünftige Abstimmung der Komponenten zueinander gefordert. Zur Einhaltung müssen die Leistung des Solarmoduls und die Kapazität der wiederaufladbaren Batterie in vernünftiger Größenordnung zueinander stehen. Somit wird verhindert, dass solarbetriebene Produkte, die mit zu klein dimensionierten Solarzellen ausgestattet sind – wie z.B. Smartphones mit eingebauter Solarzelle – eine Auszeichnung mit dem Blauen Engel erhalten können. Bei diesen Geräten kann der Energiebedarf des Gerätes nur zu einem Bruchteil über eine eingebaute kleine Solarzelle erzeugt werden, eine Funktionssicherheit ist hier nicht gegeben.

### Verbraucherinformationen

Wie oben bereits erwähnt, trägt der Verbraucher durch sein Nutzerverhalten einen erheblichen Teil der Verantwortung für die Umweltbelastungen des Lebenswegs solarer Ladegeräte. Aus diesem Grund sollte ein solarbetriebenes Produkt in der Produktinformation einige Angaben verfügbar machen, die dem Verbraucher die Wahl des effizienteren und damit umweltverträglicheren Gerätes erleichtern.

Bei **solarbetriebenen Indoor-Produkten mit Akkumulator** muss der Hersteller Informationen zur richtigen Handhabung und erstmaligem Laden des Akkumulators bereitstellen.

Bei **sonstigen solarbetriebenen Produkten mit Akkumulator** muss der Hersteller folgende Informationen zur Verfügung stellen. Zum einen ist, wie bei den vorgenannten Produkten, die Handhabung des Akkumulators und das erstmalige Laden verständlich darzulegen. Ebenfalls ist die Ladezeit für eine vollständige Aufladung unter Verweis auf die Nennkapazität des Akkumulators und die daraus resultierende durchschnittliche Ladezeit für 1 Ah bezogen auf die jeweilige Akkumulatorbestückung anzugeben. Hierdurch soll der Verbraucher die typischerweise erforderlichen Ladezeiten erfahren. Diese sind allerdings an gewisse Bedingungen geknüpft, welche dem Verbraucher ebenfalls mitgeteilt werden müssen. So muss darauf hingewiesen werden, dass die Ladezeit mit einer Bestrahlungsstärke ermittelt wurde, die 80% der Einstrahlungsstärke von Mittagssonne im Sommer entspricht und dass unter realitätsnahen Bedingungen, insbesondere im Winter oder an regnerischen Tagen, mit einer um ein Vielfaches längeren Ladezeit gerechnet werden muss. Auch muss darauf hingewiesen werden, dass die Funktionssicherheit bei ungünstigen Einsatzbedingungen wie Verschattung, ungünstige Ausrichtung oder Anstellwinkel des Solarmoduls eingeschränkt sein kann.

### Anforderungen an Akkumulatoren

Die Herstellung von Akkumulatoren ist mit Emissionen behaftet, die auch bei vergleichenden, in Kapitel 2.1 dargestellten, Produktbetrachtungen ergebnisbestimmend sein können. Deshalb sind gewisse Anforderungen an die Akkumulatoren unumgänglich. Zunächst sei die

Auswechselbarkeit der Akkumulatoren genannt, welche eine zentrale Anforderung an solarbetriebene Produkte darstellt. Hiermit wird sichergestellt, dass ein Gerät, welches an sich noch funktionsfähig wäre, nicht wegen eines defekten Akkumulators entsorgt werden muss.

Die Be- und Entladung von Akkumulatoren ist bei verschiedenen Temperaturniveaus unterschiedlich effizient. Ebenso sind bei hohen Temperaturen z.B. bei Li-Ion-Akkumulatoren Brände derselben nicht auszuschließen. Da solarbetriebene Produkte per se längere Zeit in der Sonne liegen, und sich somit in direkter Umgebung des Solarpanels sehr hohe Temperaturen einstellen können, ist sicherzustellen, dass Solarpanel und Akkumulator thermisch voneinander getrennt sind. Ebenso muss eine Ladeelektronik sicherstellen, dass der zu ladende Akkumulator nach Herstellerangaben angesteuert wird. Dies umfasst die Vermeidung von Über- und Tiefentladung wie auch das Verhindern von Überstrom. Hierdurch soll die Lebenszeit des Akkumulators erhöht werden.

Die Vermeidung cadmiumhaltiger Batterien und spezielle Entsorgungshinweise zu Batterien runden den Kriterienkatalog ab.

### 3 Literatur

- |                         |   |
|-------------------------|---|
| CML 2010                | Institute of Environmental Sciences, Leiden University (CML); CML-IA Version 3.9, Sept. 2010<br><a href="http://cml.leiden.edu/software/data-cmlia.html">http://cml.leiden.edu/software/data-cmlia.html</a>   |
| ElektroG                | Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten vom 16. März 2005 (BGBl. I S. 762), zuletzt geändert durch Art. 11 G v. 31.7.2009 I 2585   |
| EuP LOT 7 2007          | European Commission DG TREN Preparatory Studies for Eco-design Requirements of EuPs Lot 7 Battery chargers and external power supplies, Final Report, January 23, 2007  |
| EU-VO 1275/2008         | Europäische Kommission (Hrsg.); Verordnung (EG) Nr. 1275/2008 der Kommission vom 17. Dezember 2008 zur Durchführung der Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an den Stromverbrauch elektrischer und elektronischer Haushalts- und Bürogeräte im Bereitschafts- und im Aus-Zustand; Brüssel 2008 |
| Grießhammer et al. 2007 | Grießhammer, R.; Buchert, M.; Gensch, C.-O.; Hochfeld, C.; Manhart, A.; Rüdener, I.; in Zusammenarbeit mit Ebinger, F.; Produkt-Nachhaltigkeits-Analyse (PROSA) - Methodenentwicklung und Diffusion; Öko-Institut 2007  |

- Heijungs et al. 1992 Heijungs, R. (final ed.); Environmental Life Cycle Assessment of Products. Guide (Part 1) and Backgrounds (Part 2); prepared by CML, TNO and B&G; Leiden 1992
- IPCC 2007 Forster, P.; Ramaswamy, V.; Artaxo, P.; Berntsen, T.; Betts, R.; Fahey, D.W.; Haywood, J.; Lean, J.; Lowe, D.C.; Myhre, G.; Nganga, J.; Prinn, R.; Raga, G.; Schulz, M.; Van Dorland, R.; Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Cambridge University Press 2007  
<http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm>
- Lipinski 2009 Batterien, Hrsg. Klaus Lipinski; Heruntergeladen am 24.08.2009 von  
[http://www.itwissen.info/fileadmin/user\\_upload/EBOOKS/2009\\_04\\_Batterien.pdf](http://www.itwissen.info/fileadmin/user_upload/EBOOKS/2009_04_Batterien.pdf)

## 4 Anhang

### 4.1 Anhang I: Wirkungskategorien der Life Cycle Analysis

- Kumulierter Primärenergiebedarf (KEA)
- Treibhauspotential
- Versauerungspotential
- Aquatische Eutrophierung
- Terrestrisches und photochemisches Eutrophierungspotential
- Photochemische Oxidantienbildung (POCP)

#### 4.1.1 Kumulierter Primärenergiebedarf

Die energetischen Rohstoffe werden anhand des Primärenergieverbrauchs bewertet. Als Wirkungsindikatorwert wird der nicht-regenerative (d.h. fossile und nukleare) Primärenergieverbrauch als kumulierter Energieaufwand (KEA) angegeben.

#### 4.1.2 Treibhauspotential

Schadstoffe, die zur zusätzlichen Erwärmung der Erdatmosphäre beitragen, werden unter Berücksichtigung ihres Treibhauspotenzials bilanziert, welches das Treibhauspotential des Einzelstoffs relativ zu Kohlenstoffdioxid kennzeichnet. Als Indikator wird das Gesamttreibhauspotential in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (CO<sub>2</sub>e) angegeben. Folgende Substanzen und Charakterisierungsfaktoren wurden berücksichtigt.

Tabelle 8 Charakterisierungsfaktoren für Treibhauspotential (nach IPCC 2007)

Treibhauspotential [kg CO <sub>2</sub> e]	Faktor
Kohlenstoffdioxid CO <sub>2</sub>	1
Methan CH <sub>4</sub>	25
Distickstoffmonoxid N <sub>2</sub> O	298
Halon 1301	7140
Tetrafluormethan	7390
Tetrachlormethan	1400
Trichlormethan	5
Dichlormethan	9
1,1,1-trichlorethan	146

### 4.1.3 Versauerungspotential

Schadstoffe, die als Säuren oder aufgrund ihrer Fähigkeit zur Säurefreisetzung zur Versauerung von Ökosystemen beitragen können, werden unter Berücksichtigung ihres Versauerungspotenzials bilanziert und aggregiert. Das Versauerungspotenzial kennzeichnet die Schädigung eines Stoffes als Säurebildner relativ zu Schwefeldioxid. Als Indikatoren für die Gesamtbelastung wird das Gesamtversauerungspotenzial in SO<sub>2</sub>-Äquivalenten (SO<sub>2</sub>e) angegeben.

Folgende Substanzen und Charakterisierungsfaktoren wurden berücksichtigt:

Tabelle 9 Charakterisierungsfaktoren für Versauerungspotenzial

Versauerungspotenzial [kg SO <sub>2</sub> e]	Faktor
SO <sub>2</sub>	1,00
NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>	0,70
NO	1,07
NH <sub>3</sub>	1,88
HCl	0,88
HF	1,60

### 4.1.4 Aquatisches und terrestrisches Eutrophierungspotential

Nährstoffe, die zur Überdüngung (Eutrophierung) aquatischer und terrestrischer Ökosysteme beitragen können, werden unter Berücksichtigung ihres Eutrophierungspotenzials bilanziert und aggregiert. Das Eutrophierungspotenzial kennzeichnet die Nährstoffwirkung eines Stoffes relativ zu Phosphat. Als Indikator für die Gesamtbelastung werden das aquatische und das terrestrische Eutrophierungspotenzial in Phosphat-Äquivalenten (PO<sub>4</sub>e) angegeben.

Folgende Substanzen und Charakterisierungsfaktoren wurden berücksichtigt:

Tabelle 10 Charakterisierungsfaktoren für das aquatische Eutrophierungspotenzial

Aquatische Eutrophierung [kg PO <sub>4</sub> e]	Faktor
NH <sub>3</sub>	0,350
N-tot, Nitrate, Nitrite	0,420
Phosphat	1,000
P-tot	3,060
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,340
COD	0,022

Tabelle 11 Charakterisierungsfaktoren für das terrestrische Eutrophierungspotenzial

Terrestrische Eutrophierung [kg PO <sub>4</sub> e]	Faktor
NO <sub>2</sub> , NOX	0,13
NH <sub>3</sub>	0,35

#### 4.1.5 Photochemische Oxidantienbildung

Zu den Photooxidantien gehören Luftschadstoffe, die zum einen zu gesundheitlichen Schädigungen beim Menschen, zum anderen zu Schädigungen von Pflanzen und Ökosystemen führen können. Den leichtflüchtigen organischen Verbindungen (volatile organic compounds, VOC) kommt eine zentrale Rolle zu, da sie Vorläufersubstanzen sind, aus denen Photooxidantien entstehen können. Als Indikator für die Gesamtbelastung wird das Photooxidantienbildungspotenzial in Ethylen-Äquivalenten angegeben.

Zur Berechnung werden die Substanzen und die entsprechenden Charakterisierungsfaktoren nach Heijungs et al. 1992 berücksichtigt.

## 4.2 Anhang II: Vergabegrundlage für das Umweltzeichen Blauer Engel





## Vergabegrundlage für Umweltzeichen

### Solarbetriebene Produkte

**RAL-UZ 116**



**Ausgabe Mai 2012**

RAL gGmbH

Siegburger Straße 39, 53757 Sankt Augustin, Germany, Telefon: +49 (0) 22 41-2 55 16-0  
Telefax: +49 (0) 22 41-2 55 16-11

Internet: [www.blauer-engel.de](http://www.blauer-engel.de), e-mail: [umweltzeichen@RAL-gGmbH.de](mailto:umweltzeichen@RAL-gGmbH.de)

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
1.1	Vorbemerkung	2
1.2	Hintergrund	2
1.3	Begriffsbestimmung	2
2	Geltungsbereich	3
3	Anforderungen	3
3.1	Solarbetriebene Produkte ohne Batterie	3
3.2	Solarbetriebene Indoor-Produkte mit Akkumulator	4
3.2.1	Anforderung an die Funktionssicherheit	4
3.2.2	Verbraucherinformationen	5
3.3	Sonstige solarbetriebene Produkte (Outdoor- und wechselnder Einsatzbereich) mit Akkumulator	6
3.3.1	Anforderung an die Ladezeit und Funktionssicherheit	6
3.3.2	Verbraucherinformationen	8
3.4	Allgemeines	8
3.5	Herstellergarantie	9
3.6	Anforderungen an Akkumulatoren	9
3.6.1	Auswechselbarkeit der Akkumulatoren	9
3.6.2	Verbot cadmiumhaltiger Akkumulatoren	9
3.6.3	Sicherheitsmaßnahmen zum Schutz des Akkumulators und externer Endgeräte	10
3.6.4	Entsorgungshinweise	10
3.7	Materialanforderungen	11
3.7.1	Materialanforderungen an die Kunststoffe der Gehäuse und Gehäuseteile	11
3.7.2	Sonstige Materialanforderungen	12
4	Zeichennehmer und Beteiligte	12
5	Zeichenbenutzung	12

Mustervertrag

## **1 Einleitung**

### **1.1 Vorbemerkung**

Die Jury Umweltzeichen hat in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, dem Umweltbundesamt und unter Einbeziehung der Ergebnisse der von der RAL gGmbH einberufenen Anhörungsbesprechungen diese Grundlage für die Vergabe des Umweltzeichens beschlossen. Mit der Vergabe des Umweltzeichens wurde die RAL gGmbH beauftragt. Für alle Erzeugnisse, soweit diese die nachstehenden Bedingungen erfüllen, kann nach Antragstellung bei der RAL gGmbH auf der Grundlage eines mit der RAL gGmbH abzuschließenden Zeichenbenutzungsvertrages die Erlaubnis zur Verwendung des Umweltzeichens erteilt werden.

### **1.2 Hintergrund**

Die Solartechnik stellt eine wichtige Möglichkeit für die zukünftige Energieversorgung dar. Solartechnik kann sinnvoll in Produkten mit Energiebedarf eingesetzt werden, wenn dadurch beispielsweise die Nutzung von Primärbatterien reduziert oder aber die Schaffung eines Zugangs an das Stromnetz ersetzt wird. Die photovoltaische Energieversorgung erfolgt dabei häufig in einem System mit wiederaufladbaren Batterien, um eine ausreichende Funktionssicherheit des Produkts zu gewährleisten. Unter Verzicht auf den Einsatz von cadmiumhaltigen Batterien können photovoltaische Produkte zu einer Verringerung der Umweltbelastung und zu einer Verbreitung der Stromerzeugung durch Solarzellen beitragen.

### **1.3 Begriffsbestimmung**

„Akkumulatoren“ im Sinne dieser Vergabegrundlage sind wiederaufladbare Batterien.  
„Batterien“ im Sinne dieser Vergabegrundlage entsprechen der Begriffsbestimmung nach § 2 des Batteriegesetzes (BattG).<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> „Batterien“ sind aus einer oder mehreren nicht wiederaufladbaren Primärzellen oder aus einer oder mehreren wiederaufladbaren Sekundärzellen bestehende Quellen elektrischer Energie, die durch unmittelbare Umwandlung chemischer Energie gewonnen wird (§ 2 BattG).

## 2 Geltungsbereich

Diese Vergabegrundlage gilt für solarbetriebene Produkte für den Indoor- und den Outdoorbereich gemäß den Abschnitten<sup>2</sup>

- 3.1 Solarbetriebene Produkte ohne Batterie, z.B. Armbanduhren, Messschieber, Tisch- und Taschenrechner, Titriergeräte, Solar-Experimentierkästen,
- 3.2 Solarbetriebene Indoor-Produkte mit Akkumulator, z.B. Milchaufschäumer, beleuchtete Bilderrahmen, Funktastaturen, Datenerfassungs- u. Anzeigegeräte und
- 3.3 sonstige solarbetriebene Produkte (Outdoor- und wechselnder Einsatzbereich), z.B. Weidezaungeräte, Hausnummernbeleuchtungen, Torantriebe, Rollläden, Gartenleuchten, Grablichter, Gartengeräte, Taschenlampen, portable IT- und Kommunikationsgeräte, solare Ladegeräte.

Ein Produkt im Sinne dieser Vergabegrundlage ist ein Gesamtsystem mit Solarmodul, Ladeelektronik und elektrischem Verbraucher und/oder Speichermedium (Akkumulator, Kondensator, etc.)<sup>3</sup>.

## 3 Anforderungen

Mit dem Umweltzeichen können die unter Geltungsbereich genannten Solarprodukte gekennzeichnet werden, sofern sie den folgenden Anforderungen entsprechen.

### 3.1 Solarbetriebene Produkte ohne Batterie

Solarbetriebene Produkte ohne Batterie müssen ihre volle Funktion bei den nachfolgend genannten Lichtmengen und Dunkelgangreserven bzw. Beleuchtungs- oder Bestrahlungsstärken erfüllen:

---

<sup>2</sup> Grafische Übersicht siehe Anhang 1

<sup>3</sup> Bei solaren Ladegeräten sind Systeme ohne zugehörigen Akkumulator (Speichermedium) ebenfalls Produkte im Sinne dieser Vergabegrundlage (Anforderungen entsprechend Abschnitt 3.3.1 c)).

<b>Produkt<sup>4</sup></b>	<b>Volle Funktion bei mindestens:</b>
Uhren	Lichtmenge: 2.000 Lux h/Tag Dunkelgangreserve: 72 h
Messschieber, Tisch- und Taschenrechner	Beleuchtungsstärke: 50 Lux
Waagen für Kleinanwendungen (Brief-, Paket-, Personen-, Küchenwaagen)	Beleuchtungsstärke: 150 Lux
Titriergeräte	Beleuchtungsstärke: 1.000 Lux
Spielzeuge, Solar-Baukästen; Solar-Schulungs- und Experimentierkästen	Bestrahlungsstärke 150 W/m <sup>2</sup> bzw. Beleuchtungsstärke 18.000 Lux

**Nachweis:**

*Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderungen in der Anlage 1 zum Vertrag und legt die genauen Angaben der jeweiligen Lichtmengen und Dunkelgangreserven bzw. Beleuchtungs- oder Bestrahlungsstärken unter Verwendung des Vordrucks nach Anlage 7a vor.*

**3.2 Solarbetriebene Indoor-Produkte mit Akkumulator**

Indoor-Produkte sind Produkte, die vorwiegend in Innenräumen zum Einsatz kommen.

**3.2.1 Anforderung an die Funktionssicherheit**

Indoor-Produkte müssen ihre volle Funktion bei den nachfolgend genannten Lichtmengen (jeweils Fluoreszenzlicht) und Dunkelgangreserven erfüllen:

---

<sup>4</sup> Die Jury Umweltzeichen kann den Geltungsbereich auf Antrag um weitere solarbetriebene Produkte erweitern.

Einsatzort	Produktbeispiele	Lichtmenge/ Dunkelgangreserve
Kantine-/Küchen-/Wohnbereich, Standort: Fensterplatz	Milchaufschäumer, beleuchteter Bilderrahmen	20.000 Lux h/Tag 40 Tage
Bürobereich	Schreibtischuhr Funktastatur	4.000 Lux h/Tag 40 Tage
Wohnbereich, normale Beleuchtung (z.B. Wohnzimmer)	Wanduhr Datenerfassungs- u. Anzeigegerät	2.900 Lux h/Tag 50 Tage
Wohnbereich, eingeschränkte Beleuchtungsverhältnisse (z.B. Schlafzimmer)	Solarwecker Armbanduhr	2.000 Lux h/Tag 60 Tage

### **Nachweis**

*Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderungen in der Anlage 1 zum Vertrag und weist die Einhaltung der geforderten Funktionssicherheit durch Berechnungen anhand von Unterlagen gemäß Anlage 7b nach. Die technisch relevanten Auslegungsdaten des Produktes wie Leistungsaufnahme des Verbrauchers, Daten zu Modul, Strom-/Spannungs-Kennlinie, spektrale Empfindlichkeit, Temperaturkoeffizient und Typ, als auch des Akkumulators wie Typ, Kapazität, Temperaturkoeffizient der Kapazität, Tiefentladeschlussspannung sind hierbei zu berücksichtigen.*

### **3.2.2 Verbraucherinformationen**

Der Antragsteller hat auf der Produktbeschreibung für Verbraucher folgende Information anzugeben:

- Die richtige Handhabung beim erstmaligen Laden des Akkumulators bzw. generell Angaben zum richtigen Umgang zur bestmöglichen Erhaltung der Leistungsfähigkeit des Akkumulators.

### **Nachweis**

*Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderung in Anlage 1 zum Vertrag und legt die entsprechenden Seiten der Produktunterlagen vor.*

### 3.3 Sonstige solarbetriebene Produkte (Outdoor- und wechselnder Einsatzbereich) mit Akkumulator

Hierunter zählen sowohl solarbetriebene Produkte mit Akkumulator, die überwiegend stationär im Outdoorbereich eingesetzt werden (z.B. Weidezäune, Gartenleuchten, Gartengeräte) als auch solche, die mobil sind und flexibel eingesetzt werden (z.B. portable IT- und Kommunikationsgeräte, Taschenlampen) und des Weiteren solare Ladegeräte (bestehend aus Solarmodul und Ladegerät und ggf. zugehörigem Akkumulator oder anderem Speichermedium).

#### 3.3.1 Anforderung an die Ladezeit und Funktionssicherheit

Solarmodul und zugehörige Ladeelektronik müssen so ausgelegt sein, dass ab einer Bestrahlungsstärke von  $50 \text{ W/m}^2$  die Ladung des Akkumulators ermöglicht wird (Funktionalität bei Schwachlicht).

##### a) Solarbetriebene Produkte für den stationären Einsatz im Outdoorbereich (z.B. Weidezaungeräte, Garagentorantriebe, etc.):

Bei Anwendung in Deutschland müssen diese Produkte die vom Hersteller angegebene Funktion im vorgegebenen Einsatzzeitraum und unter den vorgegebenen Einsatzbedingungen voll erfüllen.

##### Zusätzliche Anforderungen:

- Der Aufdruck einer **Solar-Hausnummernbeleuchtung** muss in einem Abstand von 10 m nach 12 Stunden Leuchtdauer bei Dunkelheit (0,25 Lux) noch gut lesbar sein.
- Bei Anwendungen in Deutschland müssen **Solar-Leuchten** die vom Hersteller angegebene Leuchtdauer – mindestens aber 4 Stunden pro Nacht - im vorgesehenen Einsatzzeitraum einhalten<sup>5</sup>.
- Der Lichtstrom des Produktes (in Lumen) muss auf der Verpackung kenntlich gemacht werden.
- Hinsichtlich der Ladezeit müssen die analogen Anforderungen wie bei solaren Ladegeräten (s.u.) erfüllt werden.

##### b) Solare Ladegeräte sowie sich selbst versorgende solarbetriebene Produkte mit integrierten bzw. zugehörigen Akkumulatoren und mobilem

---

<sup>5</sup> Die Leuchten müssen mindestens 4 Stunden einen Lichtstrom von mindestens 50% des maximalen Lichtstroms oder bei Einsatz eines elektronischen Dimmers mindestens 6 Stunden einen mittleren Lichtstrom von mindestens 50% des maximalen Lichtstroms erzeugen.

**Einsatzbereich**, müssen unter NOCT-Bedingungen<sup>6</sup> und der im Anhang aufgeführten Messvorschrift innerhalb von 8 Stunden die integrierten bzw. zugehörigen Akkumulatoren nahezu vollständig (= 90% der vom Hersteller des Ladegeräts angegebenen Ladekapazität) aufladen können.

Der Hersteller muss erklären, dass die nach Abschnitt 3.6.1 austauschbaren Akkumulatoren noch mindestens 2 Jahre nach Produktionseinstellung des Geräts gleichwertig verfügbar sind.

**c) Solare Ladegeräte ohne zugehörige Akkumulatoren** müssen unter NOCT-Bedingungen und der im Anhang aufgeführten Messvorschrift innerhalb von 8 Stunden die vom Hersteller benannten Akkumulatoren nahezu vollständig (= 90% der minimalen Nennkapazität) aufladen können.

Der Hersteller muss in der Produktbeschreibung auf den empfohlenen Akkumulator mit Angabe der empfohlenen Nennkapazität hinweisen.

### **Nachweis**

*Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderungen nach a), b) oder c) in der Anlage 1 zum Vertrag. Zum Nachweis der Einhaltung der Funktionalität bei Schwachlicht legt der Antragsteller ein Messprotokoll (Anlage 7d) vor, aus dem hervorgeht, dass bei der geforderten Bestrahlungsstärke mindestens 3% des unter NOCT-Bedingungen ermittelten Stroms fließen. Zusätzlich weist der Antragsteller die Einhaltung der geforderten Ladezeit und Funktionssicherheit anhand von Messprotokollen gemäß Anhang 2 nach, unter Verwendung des Vordrucks nach Anlage 7c.*

*Für stationäre solarbetriebene Outdoor-Produkte nach Punkt a) muss der Antragsteller zusätzlich die Einhaltung der geforderten Funktionssicherheit anhand von rechnergestützten Simulationsergebnissen nachweisen. Die Simulation ist mit einem marktgängigen Programm durchzuführen bzw. von Dritten durchführen zu lassen. Für ein z.B. deutschlandweit vertriebenes Produkt sind Wetterdaten des Testreferenzjahres Hamburg zu verwenden. In der Simulation sind die vom*

---

<sup>6</sup> Standardisierte Ermittlung von Strom, Spannung und Leistung bei Solarmodulen nach IEC 61215. Die Änderung der Leistung wird bei Nennbetriebs-Zellentemperatur (Nominal Operating Cell Temperature, NOCT), einer Bestrahlungsstärke von 800 W/m<sup>2</sup>, 20°C Umgebungstemperatur, 1 m/s Windgeschwindigkeit und einem in der Norm IEC 904-3 (1989) Teil III definierten Spektrum des Sonnenlichts bei einer Air Mass (AM) von 1,5 global ermittelt.



*Hersteller in den Produktunterlagen angegebenen Einsatzzeiträume (ganzjährig oder z.B. nur Sommermonate) zu berücksichtigen.*

*Ferner legt der Antragsteller als Anlage 7e ein Ergebnisprotokoll der Simulation unter Angabe der wesentlichen Inputdaten vor. Das Ergebnisprotokoll muss enthalten:*

- *den Namen des verwendeten Programms,*
- *den Namen der Institution, welche die Simulation durchgeführt hat,*
- *die verwendeten Wetterdatensätze,*
- *die technischen Daten des Produkts*

### **3.3.2 Verbraucherinformationen**

Der Antragsteller hat auf der Produktbeschreibung für Verbraucher folgende Information anzugeben:

- Die richtige Handhabung beim erstmaligen Laden des Akkumulators bzw. generell Angaben zum richtigen Umgang zur bestmöglichen Erhaltung der Leistungsfähigkeit des Akkumulators.
- Die Ladezeit für eine vollständige Aufladung (100%) in Stunden unter Verweis auf die Nennkapazität des integrierten bzw. zugehörigen oder empfohlenen Akkumulators.
- Die daraus jeweils resultierende durchschnittliche Ladezeit für 1 Ah bezogen auf die jeweilige Akkumulatorbestückung.
- Hinweis, dass die nachgewiesene Ladezeit mit einer Bestrahlungsstärke ermittelt wurde, die 80% der Einstrahlungsstärke von Mittagssonne im Sommer entspricht und dass unter realitätsnahen Bedingungen, insbesondere im Winter oder an regnerischen Tagen, mit einer um ein Vielfaches längeren Ladezeit gerechnet werden muss.
- Hinweis, dass die Funktionssicherheit bei ungünstigen Einsatzbedingungen wie Verschattung, ungünstige Ausrichtung oder Anstellwinkel des Solarmoduls eingeschränkt sein kann.

#### ***Nachweis***

*Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderung in Anlage 1 zum Vertrag und legt die entsprechenden Seiten der Produktunterlagen vor. Die Angaben haben unter Beachtung der Messvorschrift zur Ermittlung der Ladezeit gemäß Anhang 2 zu erfolgen.*

### 3.4 Allgemeines

Voraussetzung für die Vergabe des Umweltzeichens für Geräte gemäß Geltungsbereich ist ein Nachweis der Richtlinienkonformität.

#### **Nachweis**

*Der Antragsteller legt eine entsprechende Konformitätserklärung als Anlage 4 vor.*

### 3.5 Herstellergarantie

Die Garantieleistung des Antragstellers für das Gerät bezieht sich auf alle Bauteile bzw. Komponenten (d.h. inklusive Solarmodul). Sie schließt die Erfüllung aller in der Produktbeschreibung angegebenen Funktionen für mindestens 2 Jahre ein.

Ausgenommen hiervon sind Akkumulatoren (sofern enthalten), für diese muss eine Garantie für mindestens 6 Monate gegeben werden.

#### **Nachweis**

*Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderungen in der Anlage 1 zum Vertrag und legt entsprechende Auszüge aus der Produktbeschreibung vor.*

### 3.6 Anforderungen an Akkumulatoren

#### 3.6.1 Auswechselbarkeit der Akkumulatoren

Bei Verwendung eines Akkumulators muss dieser in jedem Fall auswechselbar sein.

Bei Auswechselbarkeit durch den Kunden muss der Akkumulator so eingebaut sein, dass er durch den Kunden, mit haushaltsüblichen Werkzeugen auszuwechseln ist. Der Auswechsellvorgang muss in der Produktbeschreibung ersichtlich sein.

Bei Akkumulatoren, die durch einen Fachmann auszuwechseln sind, muss in der Produktbeschreibung auf entsprechende Serviceeinrichtungen hingewiesen werden.

#### **Nachweis**

*Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderungen in der Anlage 1 zum Vertrag und legt entsprechende Auszüge aus der Produktbeschreibung vor.*

#### 3.6.2 Verbot cadmiumhaltiger Akkumulatoren

Sofern die Geräte mit einem Akkumulator ausgestattet sind, verpflichtet sich der Antragsteller ausschließlich cadmiumfreie Akkumulatoren gemäß Batteriegesezt (BattG) zu verwenden und in den Produktunterlagen einen deutlichen Hinweis auf den Einsatz eines cadmiumfreien Ersatzakkumulators zu geben.

### **Nachweis**

*Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderungen in der Anlage 1 zum Vertrag oder legt eine Erklärung des Akkumulatorlieferanten sowie entsprechende Auszüge aus den Produktunterlagen vor.*

### **3.6.3 Sicherheitsmaßnahmen zum Schutz des Akkumulators und externer Endgeräte**

Zum Schutz des Akkumulators gegen Über- und Unterschreitung des zulässigen Temperaturbereiches, Über- und Tiefentladung sowie Überstrom müssen folgende Anforderungen erfüllt werden:

- Das Solarmodul und der Akkumulator müssen durch konstruktive oder technische Maßnahmen voneinander thermisch getrennt sein.
- Durch eine Ladeelektronik muss sichergestellt sein, dass die integrierten bzw. zugehörigen oder empfohlenen Akkumulatoren bzw. Endgeräte während des Betriebs gemäß den Angaben des Akkumulator- bzw. Endgeräteherstellers angesteuert werden.

### **Nachweis**

*Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderungen in der Anlage 1 zum Vertrag.*

### **3.6.4 Entsorgungshinweise**

In den Produktunterlagen ist folgender Hinweise in gut lesbarer Form anzubringen (vergleichbare Formulierungen sind zugelassen):

- Batterien sind grundsätzlich dem dafür vorgesehenen Rücknahmesystem zuzuführen; Batterien dürfen nicht mit dem Hausmüll entsorgt werden.

In den Produktunterlagen sind ferner - im Bezug auf das gesamte Produkt - Hinweise gemäß des Gesetzes über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (ElektroG) anzubringen.

### **Nachweis**

*Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderungen in der Anlage 1 zum Vertrag und legt entsprechende Auszüge aus der Produktbeschreibung vor.*

## **3.7 Materialanforderungen**

### **3.7.1 Materialanforderungen an die Kunststoffe der Gehäuse und Gehäuseteile**

Den Kunststoffen dürfen als konstitutionelle Bestandteile keine Stoffe zugesetzt sein, die eingestuft sind als

- a) krebserzeugend der Kategorien 1 oder 2 nach Tabelle 3.2 bzw. Kategorien 1A und 1B nach Tabelle 3.1 des Anhangs VI der EG-Verordnung 1272/2008<sup>7</sup>
- b) erbgutverändernd der Kategorien 1 oder 2 nach Tabelle 3.2 bzw. Kategorien 1A und 1B nach Tabelle 3.1 des Anhangs VI der EG-Verordnung 1272/2008
- c) fortpflanzungsgefährdend der Kategorien 1 oder 2 nach Tabelle 3.2 bzw. Kategorien 1A und 1B nach Tabelle 3.1 des Anhangs VI der EG-Verordnung 1272/2008
- d) Stoffe, die unter der Chemikalienverordnung REACH (1907/2006/EG) als besonders besorgniserregend identifiziert wurden und in die gemäß REACH Artikel 59 Absatz 1 erstellte Liste (sogenannte „Kandidatenliste“) in der zum Zeitpunkt der Antragstellung gültigen Fassung aufgenommen wurden<sup>8</sup>.

Halogenhaltige Polymere sind nicht zulässig. Ebenso dürfen halogenorganische Verbindungen nicht als Flammschutzmittel zugesetzt werden. Zudem dürfen keine Flammschutzmittel zugesetzt werden, die gemäß Teil 3 des Anhangs VI der EG-Verordnung 1272/2008 mit dem R Satz R 50/53 bzw. dem Gefahrenhinweis H410 gekennzeichnet sind.

Von dieser Regelung ausgenommen sind:

- Kunststoffe, die als Rückseitenfolie des Solargenerators eingesetzt werden;
- prozessbedingte, technisch unvermeidbare Verunreinigungen;
- fluororganische Additive (wie z.B. Anti-Dripping-Reagenzien), die zur Verbesserung der physikalischen Eigenschaften der Kunststoffe eingesetzt werden, sofern sie einen Gehalt von 0,5 Gew.-% nicht überschreiten;
- Kunststoffteile, die weniger als 25 g wiegen.

---

<sup>7</sup> Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006, kurz: GHS-Verordnung [http://www.reach-info.de/ghs\\_verordnung.htm](http://www.reach-info.de/ghs_verordnung.htm), in der jeweils gültigen Fassung. In Anhang VI, Teil 3 findet sich die harmonisierte Einstufung und Kennzeichnung für bestimmte gefährliche Stoffe. Tabelle 3.1 nennt die Einstufungen und Kennzeichnungen nach dem neuen System unter Verwendung von H-Sätzen, Tabelle 3.2 nennt die Einstufungen und Kennzeichnungen nach dem alten System (Liste der harmonisierten Einstufung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe aus Anhang I der Richtlinie 67/548/EWG) unter Verwendung von R-Sätzen.

Die GHS-Verordnung (Globally Harmonized System), die am 20.01.2009 in Kraft getreten ist, ersetzt die alten Richtlinien 67/548/EWG (Stoff-RL) und 1999/45/EG (Zubereitungs-RL). Danach erfolgt die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung für Stoffe bis zum 1. Dezember 2010 gemäß der RL 67/548/EWG und für Gemische (vormals Zubereitungen) bis zum 1. Juni 2015 gemäß der RL 1999/45/EG, nach diesen Daten muss jeweils die GHS-Verordnung angewendet werden. Bis zum 1. Juni 2015 sind für Stoffe sowohl die neuen Gefahrenhinweise (H-Sätze) als die vormals gültigen Risiko-Sätze (R-Sätze) anzugeben.

<sup>8</sup> Die Kandidatenliste in der jeweils aktuellen Fassung findet sich unter:  
[http://echa.europa.eu/chem\\_data/authorisation\\_process/candidate\\_list\\_table\\_en.asp](http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp)

### **Nachweis**

*Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderungen in der Anlage 1 zum Vertrag. Bezüglich der auszuschließenden Substanzen in Kunststoffen für Gehäuse und Gehäuseteile veranlasst er eine schriftliche Erklärung der Kunststoffhersteller oder -lieferanten an die RAL gGmbH, dass diese nicht zugesetzt sind. Zugleich verpflichtet er sich, die Hersteller oder Lieferanten der Gehäusekunststoffe zu veranlassen, die chemische Bezeichnung der eingesetzten Flammschutzmittel (CAS-Nr.) vertraulich an die RAL gGmbH zu übermitteln.*

### **3.7.2 Sonstige Materialanforderungen**

Dem Trägermaterial der Leiterplatten dürfen keine PBB (polybromierte Biphenyle), PBDE (polybromierte Diphenylether) oder Chlorparaffine zugesetzt sein.

### **Nachweis**

*Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderung in der Anlage 1 zum Vertrag und legt eine schriftliche Erklärungen der Leiterplattenhersteller oder -lieferanten an die RAL gGmbH vor, dass die ausgeschlossenen Substanzen nicht enthalten sind.*

## **4 Zeichennehmer und Beteiligte**

**4.1** Zeichennehmer sind Hersteller oder Vertreiber von Produkten gemäß Abschnitt 2.

**4.2** Beteiligte am Vergabeverfahren:

- RAL gGmbH für die Vergabe des Umweltzeichens Blauer Engel,
- das Bundesland, in dem sich die Produktionsstätte des Antragstellers befindet,
- das Umweltbundesamt, das nach Vertragsschluss alle Daten und Unterlagen erhält, die zur Beantragung des Blauen Engel vorgelegt wurden, um die Weiterentwicklung der Vergabegrundlagen fortführen zu können.

## **5 Zeichenbenutzung**

**5.1** Die Benutzung des Umweltzeichens durch den Zeichennehmer erfolgt aufgrund eines mit der RAL gGmbH abzuschließenden Zeichenbenutzungsvertrages.

**5.2** Im Rahmen dieses Vertrages übernimmt der Zeichennehmer die Verpflichtung, die Anforderungen gemäß Abschnitt 0 für die Dauer der Benutzung des Umweltzeichens einzuhalten.

**5.3** Für die Kennzeichnung von Produkten gemäß Abschnitt 2 werden Zeichenbenutzungsverträge abgeschlossen. Die Geltungsdauer dieser Verträge läuft bis zum 31.12.2016. Sie verlängert sich jeweils um ein weiteres Jahr, falls der Vertrag nicht bis zum 31.03.2016 bzw. 31.03. des jeweiligen Verlängerungsjahres schriftlich gekündigt wird.

Eine Weiterverwendung des Umweltzeichens ist nach Vertragsende weder zur Kennzeichnung noch in der Werbung zulässig. Noch im Handel befindliche Produkte bleiben von dieser Regelung unberührt.

**5.4** Der Zeichennehmer (Hersteller) kann die Erweiterung des Benutzungsrechtes für das Kennzeichnungsberechtigte Produkt bei der RAL gGmbH beantragen, wenn es unter einem anderen Marken-/Handelsnamen und/oder anderen Vertriebsorganisationen in den Verkehr gebracht werden soll.

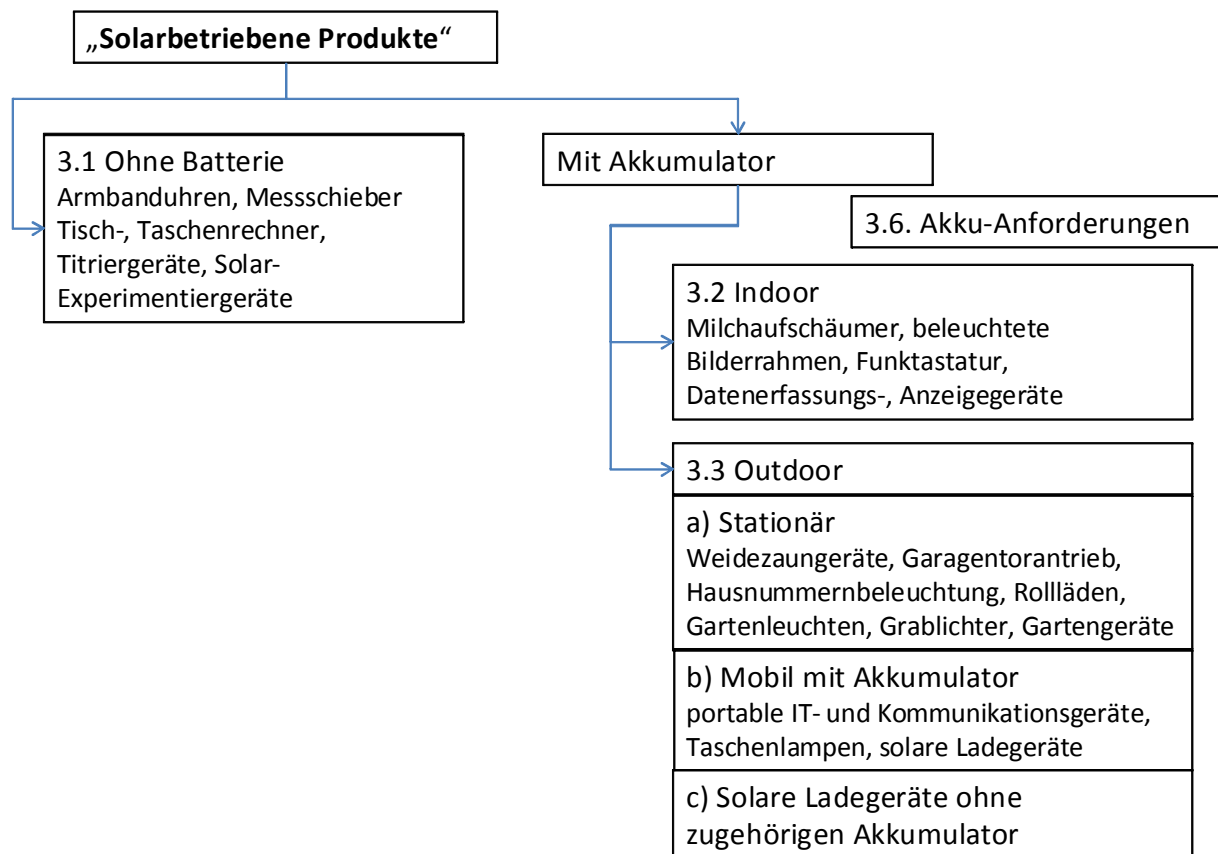
**5.5** In dem Zeichenbenutzungsvertrag ist festzulegen:

**5.5.1** Zeichennehmer (Hersteller/Vertreiber)

**5.5.2** Marken-/Handelsname, Produktbezeichnung

**5.5.3** Inverkehrbringer (Zeichenanwender), d.h. die Vertriebsorganisation gemäß Abschnitt 0.4

**Grafische Darstellung der in der Vergabegrundlage geregelten solarbetriebenen Produkte**



Anhang 2 zur RAL-UZ 116		
Umweltzeichen für „Solarbetriebene Produkte“		

### **Messvorschrift zur Ermittlung der Ladezeit und zum Nachweis der Funktionssicherheit nach 3.3.1 Punkt b) und c)**

Die Messung der Ladezeit kann grundsätzlich für das gesamte Gerät (Solarmodul, Ladegerät und wiederaufladbare Batterie) unter NOCT-Bedingungen erfolgen (Simulationsmessung im Labor).

- 1) Bei Produkten, bei denen Solarmodul und wiederaufladbare Batterie während der Aufladung räumlich getrennt sein können, darf die NOCT-Kennlinie zugrunde gelegt werden, diese ist den Antragsunterlagen beizulegen. Aus der NOCT-Kennlinie ist derjenige Leistungswert bzw. -bereich anzunehmen, der
  - *bei Ladegeräten mit einer Nachsteuerung der Leistungsentnahme auf den maximalen Leistungspunkt (MPP-Tracking) dem optimalen Wert entspricht*
  - *bei Ladegeräten ohne MPP-Tracking, dem Wert bzw. Wertebereich entspricht, der durch die fest angelegte Spannung bzw. durch den Ladespannungsbereich der Batterie erreicht wird.*

Die Messung der Ladezeit kann dann mit den o. g. Leistungswerten aus der NOCT-Kennlinie in einer vereinfachten Labor-Messung an speziellem Netzgerät, das die I-U-Kurve eines Photovoltaik-Moduls simuliert, ermittelt werden.

Die Ladezeit entspricht der Zeit, die benötigt wird, um die wiederaufladbare Batterie vom „entladenen“ Zustand (Entladeschlussspannung) in den „geladenen“ Zustand zu überführen.

Es sind zwei Ladezeiten zu ermitteln:

- nahezu vollständige Aufladung mit einer Aufladung auf = 90% der vom Hersteller des Ladegerätes angegebenen Ladekapazität (bei integrierten bzw. zugehörigen wiederaufladbaren Batterien) oder auf = 90% der Nennkapazität der empfohlenen wiederaufladbaren Batterie (bei Ladegeräten ohne integrierte bzw. zugehörige wiederaufladbare Batterien)
- vollständige Aufladung mit einer Aufladung auf 100% der vom Hersteller des Ladegerätes angegebenen Ladekapazität (bei integrierten bzw. zugehörigen



wiederaufladbaren Batterien) oder auf 100% der Nennkapazität der empfohlenen wiederaufladbaren Batterie (bei Ladegeräten ohne integrierte bzw. zugehörige wiederaufladbare Batterien)

Die *vollständige Aufladung* ist beispielsweise dann erreicht, wenn der Ladevorgang und damit die Messung durch die Elektronik des Ladegeräts abgebrochen wird. Das Messprotokoll der Messung ist den Antragsunterlagen beizulegen. Das Messprotokoll muss folgende Angaben enthalten:

- den gewählten NOCT-Leistungswert bzw. -bereich,
- die Akku-Klemmenspannung zum Beginn der Ladung (Entladeschlussspannung),
- die Akku-Klemmenspannung zum Ende der Ladung,
- die Nenn-Kapazität der wiederaufladbaren Batterie,
- die vom Hersteller des Ladegeräts angegebene Ladekapazität,
- den Ladestromverlauf als I-t-Diagramm
- und die daraus berechneten Ladezeiten für nahezu vollständige (= 90%) und vollständige (100%) Aufladung.

Die Ladezeit für die *nahezu vollständige Aufladung* ist durch den Antragsteller in der Erklärung zu Abschnitt 3.3.1 zu dokumentieren.

Die Ladezeit für die *vollständige Aufladung* ist gemäß Abschnitt 3.3.2. in der Produktbeschreibung zu dokumentieren.

Zusätzlich ist gemäß Abschnitt 3.3.2. die *durchschnittliche Ladezeit für 1 Ah* [h/1Ah] anhand folgender Formel zu bestimmen und der Wert in der Produktbeschreibung zu dokumentieren:

$$\text{Durchschnittliche Ladezeit für 1 Ah} = \frac{\text{Ladezeit für die } \textit{vollständige Aufladung} \text{ [h]}}{\text{angegebenen Ladekapazität bzw. Nennkapazität [Ah]}}$$

- 2) Bei Produkten, bei denen Solarmodule und wiederaufladbare Batterie während der Aufladung räumlich nicht getrennt sein können, muss das thermische Verhalten unter NOCT-Bedingungen eingehalten werden. Die Temperatur der Batterie muss der Temperatur unter NOCT-Bedingungen nachgeführt werden. Die Ermittlung der Temperatur der Batterie unter NOCT-Bedingungen kann z.B. durch eine Outdoormessung erfolgen.

Im Weiteren ist wie unter 1) zu verfahren.

# VERTRAG

Nr.

## über die Vergabe des Umweltzeichens

RAL gGmbH als Zeichengeber und die Firma

### (Inverkehrbringer)

als Zeichennehmer – nachfolgend kurz ZN genannt – schließen folgenden Zeichenbenutzungsvertrag:

1. Der ZN erhält das Recht, unter folgenden Bedingungen das dem Vertrag zugrunde liegende Umweltzeichen zur Kennzeichnung des Produkts/der Produktgruppe/Aktion solarbetriebene Produkte für

### "(Marken-/Handelsname)"

zu benutzen. Dieses Recht erstreckt sich nicht darauf, das Umweltzeichen als Bestandteil einer Marke zu benutzen. Das Umweltzeichen darf nur in der abgebildeten Form und Farbe mit der unteren Umschrift "Jury Umweltzeichen" benutzt werden, soweit nichts anderes vereinbart wird. Die Abbildung der gesamten inneren Umschrift des Umweltzeichens muss immer in gleicher Größe, Buchstabenart und -dicke sowie -farbe erfolgen und leicht lesbar sein.

2. Das Umweltzeichen gemäß Abschnitt 1 darf nur für o. g. Produkt/Produktgruppe/Aktion benutzt werden.
3. Für die Benutzung des Umweltzeichens in der Werbung oder sonstigen Maßnahmen des ZN hat dieser sicherzustellen, dass das Umweltzeichen nur in Verbindung zu o.g. Produkt/Produktgruppe/Aktion gebracht wird, für die die Benutzung des Umweltzeichens mit diesem Vertrag geregelt wird. Für die Art der Benutzung des Zeichens, insbesondere im Rahmen der Werbung, ist der Zeichennehmer allein verantwortlich.
4. Das/die zu kennzeichnende Produkt/Produktgruppe/Aktion muss während der Dauer der Zeichenbenutzung allen in der "Vergabegrundlage für Umweltzeichen RAL-UZ 116" in der jeweils gültigen Fassung enthaltenen Anforderungen und Zeichenbenutzungsbedingungen entsprechen. Dies gilt auch für die Wiedergabe des Umweltzeichens (einschließlich Umschrift). Schadenersatzansprüche gegen die RAL gGmbH, insbesondere aufgrund von Beanstandungen der Zeichenbenutzung oder der sie begleitenden Werbung des ZN durch Dritte, sind ausgeschlossen.
5. Sind in der "Vergabegrundlage für Umweltzeichen" Kontrollen durch Dritte vorgesehen, so übernimmt der ZN die dafür entstehenden Kosten.
6. Wird vom ZN selbst oder durch Dritte festgestellt, dass der ZN die unter Abschnitt 2 bis 5 enthaltenen

## M U S T E R

Bedingungen nicht erfüllt, verpflichtet er sich, dies der RAL gGmbH anzuzeigen und das Umweltzeichen solange nicht zu benutzen, bis die Voraussetzungen wieder erfüllt sind. Gelingt es dem ZN nicht, den die Zeichenbenutzung voraussetzenden Zustand unverzüglich wiederherzustellen oder hat er in schwerwiegender Weise gegen diesen Vertrag verstoßen, so entzieht die RAL gGmbH gegebenenfalls dem ZN das Umweltzeichen und untersagt ihm die weitere Benutzung. Schadenersatzansprüche gegen die RAL gGmbH wegen der Entziehung des Umweltzeichens sind ausgeschlossen.

7. Der Zeichenbenutzungsvertrag kann aus wichtigen Gründen gekündigt werden.  
Als solche gelten z. Beispiel:
  - nicht gezahlte Entgelte
  - nachgewiesene Gefahr für Leib und Leben.Eine weitere Benutzung des Umweltzeichens ist in diesem Fall verboten. Schadenersatzansprüche gegen die RAL gGmbH sind ausgeschlossen (vgl. Ziffer 6 Satz 3).
8. Der ZN verpflichtet sich, für die Nutzungsdauer des Umweltzeichens der RAL gGmbH ein Entgelt gemäß "Entgeltordnung für das Umweltzeichen" in ihrer jeweils gültigen Ausgabe zu entrichten.
9. Die Geltungsdauer dieses Vertrages läuft gemäß "Vergabegrundlage für Umweltzeichen RAL-UZ 116" bis zum **31.12.2016**. Sie verlängert sich jeweils um ein weiteres Jahr, falls der Vertrag nicht bis zum **31.03.2016** bzw. bis zum 31.03. des jeweiligen Verlängerungsjahres schriftlich gekündigt wird. Eine Benutzung des Umweltzeichens ist nach Vertragsende weder zur Kennzeichnung noch in der Werbung zulässig. Noch im Handel befindliche Produkte bleiben von dieser Regelung unberührt.
10. Mit dem Umweltzeichen gekennzeichnete Produkte/Aktionen und die Werbung dafür dürfen nur bei Nennung der Firma des

### (ZN/Inverkehrbringers)

an den Verbraucher gelangen.

Sankt Augustin, den

Ort, Datum

RAL gGmbH  
Geschäftsleitung

(rechtsverbindliche Unterschrift  
und Firmenstempel)