

FAKTEN STATT APPELL

ÜBER STROMBILANZ ZUR ENERGIEEFFIZIENZ

Alle Szenarien für eine erfolgreiche Energiewende bauen auf zwei Grundpfeilern: Weg von fossilen Energieträgern, hin zu Erneuerbaren Energien und der Reduzierung des Energieverbrauchs durch Effizienzsteigerung. Für den Wärmesektor wurde in den letzten Jahrzehnten ein Manuskript entwickelt: Die EnEV verlangt kontinuierlich besser gedämmte (= effizientere) Gebäudehüllen und die Haustechnik soll die benötigte Primärenergie (durch Einsatz von Erneuerbaren Energien) auf ein Minimum reduzieren.

Unabhängig von dem tatsächlichen Erfolg durch die EnEV fehlt für den Stromsektor bisher ein ähnlich schlüssiges Konzept, welches auf den genannten zwei Pfeilern zur Energiewende steht. Die Förderung von Photovoltaik- und Windstrom dominiert die politische Diskussion so stark, dass allein dieser Aspekt sich zu einem Synonym für Energiewende etabliert hat. Der zweite Pfeiler, das Effizienz-Konzept, beschränkt sich auf Energielabel, die uns beim Neukauf von bestimmten Stromverbrauchern die Effizienten von den „Energieschleudern“ unterscheiden lässt. Aber ähnlich wie die Neubaquote im Wärmesektor kann eine von der Lebensdauer bestimmte Austauschrate von Elektrogeräten die notwendigen Effizienzsteigerungen im Stromverbrauch nicht erwirken. Auch alle Stromspartipps, die appellartig unser Stromverbrauchs-Verhalten adressieren, prallen offensichtlich reaktionslos an uns ab. Wenn wir uns umschauen, kommt in unseren Köpfen der Strom unverändert „aus der Steckdose“. Ein kleines Aufkeimen eines schlechten Gewissens wird schnell durch den zeitgerecht popularisierten „Reboundeffekt“^{1), 2)} erstickt. Unser Stromverbrauch will einfach nicht sinken und wir scheinen mit der Erklärung zufrieden zu sein, es soll wohl so sein.

Unser subjektives Stromverbrauchs-Empfinden

Bevor wir Ihnen von Erfahrungen über Stromeffizienz berichten, möchten wir Sie zu einem kleinen Quiz einladen:

- Sortieren Sie die in Bild 1 dargestellten sechs Stromverbraucher nach ihrem jährlichen Energiebedarf. Wel-

che verbrauchen die meiste bzw. die geringste Energie im Jahr?

- Können Sie schätzen um welchen Faktor sich der größte und der kleinste Verbraucher unterscheiden? Notieren Sie sich Ihr spontanes Urteil, und lassen Sie sich von der Antwort auf der nächsten Seite überraschen.

Wann machen wir uns Gedanken über unseren Stromverbrauch?

Welche Anlässe haben wir wirklich, unseren Stromverbrauch zu überdenken? Da ist die jährliche Post mit unserer Stromrechnung. Aber unser Blick fokussiert zuerst den Euro-Betrag und unsere Gedanken kreisen um die wieder erhöhten Umlagen und die nicht weitergereichten rückläufigen Preise an den Strombörsen. Als verzweifelte Reaktion suchen wir einen günstigeren Stromversorger. Und erst jetzt werden wir genötigt unseren Energieverbrauch zur Kenntnis zu nehmen, denn diese Angabe wird beim Anbieterwechsel gefordert. Trotzdem sehen wir meist keinen Anlass unseren Stromverbrauch zu hinterfragen, denn die eingblendeten „Standartwerte“ legen die Messlatte für zum Beispiel einen 2-Personen-Haushalt auf „großzügige“ 3.500 kWh Jahresverbrauch.

Die Messlatte für effizienten Stromverbrauch

Für die „Grüne Hausnummer“³⁾ honoriert die Stadt Mainz den Stromverbrauch des Antragstellers, wenn dieser nachweislich unter 800 kWh pro Person und Jahr liegt. Sonderpunkte gibt es für Verbrauchswerte unter 600 kWh! Wie lassen sich solch riesige Unterschiede zu den oben erwähnten 3.500 kWh für einen 2-Personen-Haushalt (2PH) erklären? Oder besser noch: „Was ist eine an-

gemessene Messlatte für unseren Stromverbrauch?“

Einen Ansatz zur Beantwortung der Frage bietet der „Stromspiegel“, der im Auftrag der Stromsparinitiative des BMU erarbeitet und veröffentlicht wurde^{4), 5)}. Als Beispiel sei wieder ein 2PH im Einfamilienhaus gewählt. Für diese Gruppe ist der Mittelwert 3.200 kWh und die Werteskala: < 2.100 kWh Gering, < 3.000 kWh Niedrig, < 3.600 kWh Mittel und > 3.600 kWh Hoch.

Dieses Zahlenwerk wurde aus mehreren Studien und hunderttausenden Datensätze von Stromverbrauchern zusammengeführt. Es stellt also ein Abbild unseres derzeitigen Stromverbrauchs in Deutschland dar. Die Einteilung in „Gering“ bis „Hoch“ beruht also nicht auf Überlegungen über den SOLL-Verbrauch, sondern stellt das aktuelle IST-Verbrauchsverhalten der deutschen Bevölkerung dar, siehe auch Infokasten Stromspiegel. Laut dessen verbrauchen 12,5 Prozent der 2PH weniger als 2.100 kWh. Es stellt sich also die Frage, ob die noch geringere Minderheit, die es heute schafft mit weniger elektrischer Energie als 800 kWh pro Person auszukommen, eine Gruppe technikfeindlicher Eremiten ist, oder dieses Niveau von Stromeffizienz für uns alle erreichbar ist?

Stromspartipps

Angenommen, wir sind nicht zufrieden mit unserem Stromverbrauch, den wir zum Beispiel im Stromspiegel in der Kategorie „Mittel“ eingeordnet finden. Wo finden wir Hilfe um unseren Verbrauch zu senken?

Es gibt heute bereits viele Akteure, die „Stromspartipps“ erarbeitet haben und bei der praktischen Umsetzung unterstützen. Besonders in sozial schwachen Haushalten können die Energiekosten

					
Bügeln 1 Stunde pro Woche	Kaffee kochen 1 Liter pro Tag	Telefon- zentrale für schnurlose Handgeräte	Staub saugen 0,5 Stunden pro Woche	Deckenfluter täglich 19-23 Uhr, ab Dämmerung	100 Birnen 1.12. - 6.1., 14 Std. täglich

Bild 1: Was verbraucht hier den meisten / wenigsten Strom im Jahr?

Was sagt uns der Stromspiegel?

Der Stromspiegel hat die erfassten Verbrauchsdaten in 4 Klassen aufgeteilt. Diese stellen aber keineswegs gleiche Anteile in der Population dar. „Gering“ (in anderen Quellen ¹⁰) „Fantastisch“ genannt repräsentieren die niedrigsten 12,5%, wogegen „Hoch“ die obersten 37,5%(!) Stromverbrauch darstellen. Dieselbe Datenerhebung wurde vom Forschungsprojekt Stromeffizienzklassen ⁵) in 7 Klassen aufgeteilt, wobei die höchste mit 25% eine doppelt so starke Population enthält als die anderen.

Für die 2-Personenhaushalte an, die im Mittel 3.200 kWh verbrauchen, entnehmen wir:

- 12,5% davon benötigen weniger als 2.100 kWh
- 37,5% verbrauchen dagegen mehr als 3.600 kWh
- und 25% verbrauchen sogar mehr als 4.000 kWh pro Jahr!

Trotz aller Individualität dürfen wir bei den Viel-Verbrauchern ein enormes Einsparpotential vermuten

existenzbedrohliche Beträge erreichen. Organisation wie Caritas bekämpfen seit Jahren durch Vor-Ort-Stromsparchecks eine deutlich ausgeprägte „Energiearmut“ in Deutschland ⁶, ⁷). Dank des Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz des BMWi begegnen uns Stromspartipps immer häufiger, nicht zuletzt im Kinovorspann ⁸). Auch die Verbraucherzentralen ⁹) haben sehr umfangreiche Broschüren dazu gestaltet. Ausführlich werden Nutzung und Neukauf von großen Haushaltsgeräten, Beleuchtung, Heizungspumpen, Computer, Fernseher und Handy kommentiert ¹⁰). Die VZ-RLP ergänzt in ihrer Version sogar das Thema Aquarien ¹¹). Noch umfangreicher sind mit 65 Seiten die Schönauer Strom- und Energiespartipps ¹²). Die dena hat eine Serie von separaten Broschüren zu jedem Thema aufgelegt, die Händlern und Beratern kostenlos zugesendet werden, wenn sie sich in der Initiative EnergieEffizienz ¹³) registrieren.

Wir fühlen uns nicht angesprochen

Wie gehen wir mit den Informationen aus den „Stromspartipps“ um? Kaum einer von den Nutzungstipps ist uns fremd, doch oft sehen wir uns kaum davon angesprochen:

- Viele Tipps betreffen uns nicht wegen unserer besonderen Konstellation von Elektrogeräten in unserem Haushalt.
- Einige Tipps entsprechen nicht unseren Alltags-Notwendigkeiten.
- Viele Verhaltens-Tipps schränken unseren Komfort ein und haben „sicher“ keine angemessene Auswirkung auf unseren Verbrauch.
- Beim Neukauf begrüßen wir die neuen Energielabel. Aber wir verschrotten noch lange nicht unsere funktionierenden Altgeräte.

So oder so ähnlich „haken“ wir schnell all diese Tipps für uns ab. Letztendlich

beruhigen wir uns damit, dass andere einen noch viel höheren Verbrauch als wir selber haben.

Wir haben kein natürliches Empfinden für Stromverbrauch!

Es ist an der Zeit, das obige Quiz aufzulösen. Was macht die Frage nach dem Energieverbrauch so schwer? Wir spüren und erleben recht einfach die elektrische Leistung eines Gerätes. Es äußert sich in Kraft, Lautstärke, Wärme oder ähnlichen Erfahrungen. Aber die Energie, die wir mit unserer Stromrechnung bezahlen, berücksichtigt darüber hinaus die Zeit, die ein Gerät betrieben wird. Doch für dieses mathematische Produkt aus Leistung und Zeit haben wir keine Sinnesorgane. Wir können nicht intuitiv entscheiden, ob ein kurz genutzter starker Verbraucher mehr oder weniger Energie benötigt als ein kleiner Verbraucher, der „rund um die Uhr läuft“.

In Bild 2 sind die typische Leistung und die Nutzungsdauer der dargestellten Beispiele aufgeschlüsselt und daraus die Jahresgesamtenergie berechnet. Zwischen dem niedrigsten Verbrauch (Bügel / die Adventsbeleuchtung) und dem höchsten (Telefonanlage / Deckenfluter) liegt ein Faktor von über 700 Prozent!

Bild 3 zeigt die Energieverhältnisse für aktuelle stromeffiziente Varianten dieser Beispiele. Der Staubsauger hat bei gleicher Saugleistung nur 600 Watt statt 2.000 Watt und die Leuchtmittel wurden gegen gleichhelle LED-Leuchtmittel getauscht. Wasserkochen und Bügeln können aus physikalischen Gründen nicht mit weniger Energie auskommen. Und eine Telefonkombianlage hat heute noch keine effizientere Alternative zu den angegebenen 20 Watt. Sie bleibt der Spitzreiter in unserem Quiz. Jetzt ergibt sich bei 7 kWh für den Weihnachtsbaum ein Faktor von 2.500 Prozent auf die Telefonanlage!

Mit dieser überraschenden Erkenntnis sind vermutlich die meisten unserer subjektiven Abschätzungen zu den

Stromspartipps schlicht falsch – aber verständlich. Wir haben es nie gelernt diese Einschätzungen zu treffen. Über mehrere Generationen waren Elektrogeräte ein Symbol für unseren gestiegenen Lebensstandard und der Strom kam schlicht „aus der Steckdose“. Unbewusst war Energieverbrauch gleichwertig mit Lebensstandard. Inzwischen hat es einen Paradigmenwechsel bezüglich Energie gegeben. Aber trotz vermehrter Stromspartipps können wir nur langsam, Schritt für Schritt, uns ein Bewusstsein über Stromenergie-Größenordnungen schaffen.

Eine Strombilanz bietet konkrete Entscheidungsgrundlagen

Ein Weg aus diesem Dilemma bietet ein Ansatz, den analog die EnEV für Wärmeenergie vorschreibt: Die Bilanzierung unseres aktuellen Energiebedarfs! Jeder Haushalt gestaltet seinen Stromverbrauch sehr individuell. Wenn der Gesamtverbrauch auf der Jahresrechnung konkret den jeweiligen Stromverbrauchern zugeordnet wird, sehen wir zum ersten Mal in unserem Haushalt welche die größten und kleinsten Verbraucher wirklich sind. Und es wird offensichtlich, für welchen Nutzen wir wie viel Energie aufwenden. In den meisten Fällen stellt man mit großer Überraschung fest, welche enorme Energie ohne einen wirklichen Nutzen verbraucht wird.

Stromsparen stellt sich nicht mehr als Appell an unsere Komforteinschränkung dar. Im Vordergrund steht das Abschalten von nutzlosem Verbrauch. Erst an zweiter Stelle sollte man unter Berücksichtigung von objektiven Daten das sonstige Einsparpotential betrachten. Jetzt fallen die Entscheidungen leicht, welchen „Stromspartipp“ man unter Abwägung von Investition und Komfortbedürfnis umsetzen möchte.

Ein Energiemonitor gibt nur begrenzte Auskunft

Das Ziel ist klar, aber wie gestaltet man den Weg zu einer Stromverbrauchsbilanz? Verlockend scheint der Gedanke, dass eine kontinuierliche Aufzeichnung des Stromverbrauches über einen digital zugänglichen SmartGrid-Stromzähler oder ein im Zählerkasten installierter Energiemonitor die gewünschte Information liefert. Drei kontaktlose Stromsensoren werden an den einzelnen Phasen der Stromversorgung anbracht und im Minutenrhythmus wird der aktuelle Stromfluss des Haushalts gespeichert. Leider gestaltet sich die Separierung dutzender, gleichzeitig aktiver Stromverbraucher als bis heute ungelöste Herausforderung. Erfolgsversprechend erscheint der Ansatz,

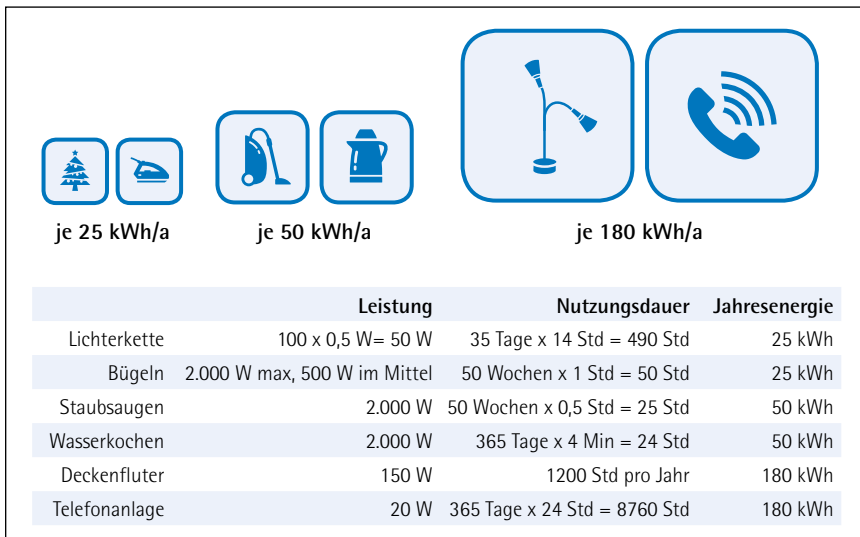


Bild 2: Auflösung des Quiz

alle Verbraucher in ihrem elektrischen Verhalten zu registrieren um die aufgezeichnete Summenkurve mathematisch aufzuschlüsseln. Aber wissenschaftliche Pilotprojekte sind selbst mit sekunden-genaue Auflösung mit diesem Konzept an ihre Grenzen gestoßen ¹⁴⁾.

Stecker-Leistungsmesser unterstützen die Erfassung

Eine ähnliche technische Unterstützung bei der Erfassung der Verbraucher bieten Stromleistungsmesser, die als Zwischenstecker vor die Geräte geschaltet werden. Diese Geräte haben die offensichtliche Einschränkung, dass sie keine festinstallierten Verbraucher oder solche mit aufwendigem Zugang zu den Netzsteckern messen können. Aber sie sind eine sehr gute Hilfe für die Erfas-

sung von Standby-Strömen und kleinen Dauerverbrauchern. Da diese geringen Ströme einen starken Einfluss auf unseren Gesamtstromverbrauch haben, sollte man besonders auf eine gute zertifizierte Messgenauigkeit achten.

Erfassung jedes einzelnen Verbrauchers

Automatisch lässt sich der Stromverbrauch also leider nicht bilanzieren. Aber die manuelle Erfassung ist weniger aufwändig, als Sie vielleicht befürchten. Sinnvollerweise startet man für einen Überblick immer beim Sicherungskasten und überprüft die Liste der Großverbraucher, die separat abgesichert sind. Als nächstes betrachtet man die Haustechnik, Heizung etc.. Dann geht man von Raum zu Raum und erfasst die Beleuch-

tung und alle sichtbaren Geräte. Bei allen Kandidaten für Standby-Ströme und kontinuierlich betriebene Kleinverbraucher misst man diese mit einem Stecker-Messgerät. Viele Leistungsangaben kann man direkt ablesen oder z.B. bei Leuchten aus der Bauform schließen. Gegebenenfalls gleicht man die Typenschilder mit online abrufbaren Leistungsangaben ab. Sehr hilfreich ist die Alt-Geräte-Datenbank von CO2online für Kühlgeräte ¹⁵⁾. Hier findet man direkt den Jahresverbrauch der Geräte.

Bei Thermostat-gesteuerten Geräten (Ofen, Herd, Bügeleisen, etc.) ist die mittlere Leistung geringer als die angegebene Betriebsleistung. Über gezielte Erfassungen mit den oben beschriebenen Energiemonitoren kann man sich eine Bibliothek von solchen Faktoren anlegen. Für alle Geräte muss auch die jährliche Nutzungsdauer abgeschätzt werden. Das betrifft die Gewohnheiten der Betroffenen, die ich beim Haushaltsdurchgang abfrage. Beleuchtungszeiten werden durch den Lebensrhythmus bestimmt und gegebenenfalls unter Berücksichtigung des Jahresverlaufs der Sonnenauf- und untergangszeiten ¹⁶⁾.

Nicht vergessen sollte man die Verbraucher im Außenbereich wie Teichpumpen und Außenbeleuchtungen sowie saisonale Effekte wie Adventsbeleuchtung. Ist der Aufwand für eine Erfassung eines kompletten Haushalts vertretbar? Die Erfahrung zeigt, dass zwei Stunden für einen Haushaltsdurchgang ausreichend sind, wenn der Betroffene im Vorfeld einen Fragebogen zu seinen Gewohnheiten ausgefüllt hat.

Grundlast versus Nutzung

Die Erfassung und Bewertung der elektrischen Verbraucher wird in einer Bilanz zusammengeführt. Ziel ist den Jahresverbrauch zu erklären. Bei der beschriebenen Methode, die auf Schätzungen und Selbsteinschätzungen des Betroffenen angewiesen ist, sollte man wenigstens 80 Prozent des Verbrauches erklären können. Um die Genauigkeit der Bilanz zu erhöhen, gibt es eine einfach verfügbare zusätzliche Information: Durch Stromzählerablesungen am späten Abend und darauf folgenden frühen Morgen kann man die Grundlast erfassen und durch wenige Kontrollablesungen verifizieren. Wenn es keine Sondereffekte gibt, zeigt die Grundlast keine wesentlichen Schwankungen. Für alle erfassten Verbraucher ist offensichtlich, ob sie auch zur nächtlichen Grundlast beitragen. So kann aus denselben Daten eine zweite Bilanz erstellt werden. Zur Grundlast gehören: Kühlgeräte, Heizungspumpen und elektrische Kleinverbraucher wie Te-

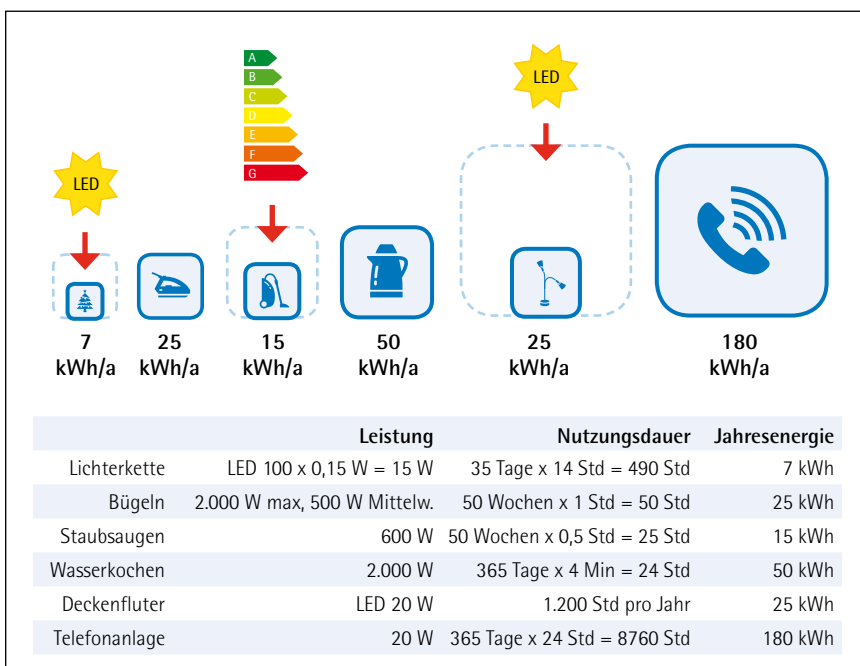


Bild 3: Effiziente Nutzung durch LED-Beleuchtung und Energielabel beim Neukauf

lefonanlagen, Uhren wie natürlich auch der Standby-Strom vieler Geräte. Gegebenenfalls sind nächtliche Beleuchtungen dieser Kategorie zuzuordnen.

Bilanzlücken

Nicht selten stellt man signifikante Lücken zwischen der Summe der erfassten Verbraucher und dem Jahresverbrauch fest. Diese Abweichung muss mit einem weiteren Ortstermin geklärt werden. Der unerkannte / in Vergessenheit geratene Verbraucher findet sich recht schnell, weil die Bilanz uns Hinweise gibt, ob die Grundlast betroffen ist oder nicht. In hartnäckigen Fällen muss man notfalls mit einem Energiemonitor weitere Eingrenzungen vornehmen.

Einsparpotential

Sobald die Bilanz erstellt ist und schlüssige Daten liefert, ist die Identifizierung von Stromspar-Potential ein Leichtes. Unterschätzte Standby-Leistung sorgt regelmäßig für große Überraschung und ist mit Steckerschaltern schnell und komfortabel abgestellt. Die vertraute Liste von Stromspartipps lässt sich jetzt in eine Liste von Einsparpotentialen mit konkreten Energie- und Kostenwerten übersetzen. Als eine gute Hilfe erweist sich die Datenbank EcoTopTen des Öko-instituts ¹⁷⁾ mit den aktuell effektivsten Haushaltsgeräten.

Bild 4 zeigt den Jahresstromverbrauch-Trend eines dem Autor sehr vertrauten 2PH's, der Jahr für Jahr Stromspartipps umgesetzt hat. Der Erfolg zeigte sich in einem stetig abnehmenden Jahresverbrauch, der vom Stromspiegel als „niedrig“ gewertet wird. Aber erst eine Strom-Bilanzierung im Jahr 2011 erwirkte eine 30 prozentige und nachhaltige Einsparung auf den Level „gering“!

Fazit

Wir verfügen aus verständlichen Gründen über kein natürliches Empfinden für den Energieverbrauch von strombetrie-

benen Geräten. Oft liegen wir bei unseren Schätzungen um Größenordnungen falsch. Entsprechend neigen wir dazu Stromspartipps als für uns nicht relevant zu bewerten.

Die Erfassung des aktuellen Stromverbrauchs in den deutschen Haushalten – der „Stromspiegel“ – zeigt eine breite Streuung von Verbrauchswerten für vergleichbare Rahmenbedingungen. Die sparsamsten 25 Prozent der Haushalte benötigen weniger als die Hälfte der stark-verbrauchenden 25 Prozent. Eine Bilanzierung des aktuellen Energiebedarfs eines Haushalts zeigt objektiv dessen individuelles Stromverbrauchsmuster auf. Die Einsparpotentiale müssen nicht mehr abgeschätzt werden, sondern zeigen sich sofort in belastbaren Zahlen. Das bietet jedem Betroffenen die Möglichkeit nach den eigenen Wertvorstellungen Entscheidungen zu treffen, statt sich von Appellen getrieben zu fühlen.

Der Aufwand für eine solche Bilanz ist überschaubar und das Ergebnis bewirkt einen nachhaltigen Bewusstseinswandel für die Betroffenen. Für mich ist jetzt erwiesen, dass 800 kWh Stromverbrauch pro Person und Jahr ein realistisches Ziel ist. Eine breit angelegte Kampagne für Strombilanzierung kann dieses Ziel deutlich schneller erreichen lassen als über Stromspar-Appelle das Gewissen der Verbraucher beeinflussen zu wollen.

Quellen

- 1) Reboundeffekt: [https://de.wikipedia.org/wiki/Rebound_\(Ökonomie\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Rebound_(Ökonomie))
- 2) Intelligenz Selbst Nutzen, Leitartikel SONNENENERGIE 6/2015
- 3) Auszeichnung für vorbildliches und umweltfreundliches Bauen und Wohnen: <http://mainz.de/leben-und-arbeit/umwelt/gruene-hausnummer.php>
- 4) Stromspiegel www.die-stromsparinitiative.de/stromspiegel/

- 5) Forschungsprojekt Stromeffizienz-klassen www.stromeffizienzklassen.de/uploads/media/ISOE_1401_002_Stromeffizienz_Tabelle_WEB.pdf
- 6) Stromspar-Check PLUS von Caritas & Partnern <http://www.stromspar-check.de/>
- 7) Michael Kopatz: Energiewende. Aber fair! 2013 oekom verlag, München
- 8) Nationaler Aktionsplan Energieeffizienz des BmWi <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energieeffizienz/nape.html>
- 9) Verbraucherzentrale Energieberatung www.verbraucherzentrale-energieberatung.de/broschueren.php
- 10) VZ-NRW: Broschüre „Strom sparen einfach gemacht“ www.verbraucherzentrale.nrw/mediabig/218084A.pdf
- 11) VZ-RLP: Infoblätter zum Stromsparen www.verbraucherzentrale-rlp.de/mediabig/235052A.pdf
- 12) Schönauer Strom- und Energiespartipps <https://www.energieverbraucher.de/files/download/file/0/1/0/707.pdf>
- 13) Initiative EnergieEffizienz <https://shop.dena.de/sortiment/detail/produkt/broschuer-stromsparen-im-haushalt-anleitung-fuer-verbraucher/kategorien/angebote-fuer-haendler-und-berater/>
- 14) Markus Weiss, Adrian Helfenstein, Friedemann Mattern, Thorsten Staake Leveraging smart meter data to recognize home appliances. Proceedings of the IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom 2012). pp. 190-197, Lugano, Switzerland, March 2012, www.vs.inf.ethz.ch/publ/papers/weismark-levera-2012.pdf
- 15) www.co2online.de/service/energiesparchecks/kuehlCheck/
- 16) Weltweiter Dämmungsrechner <http://sun.exnatura.de/>
- 17) EcoTopTen des Öko-instituts www.ecotopten.de

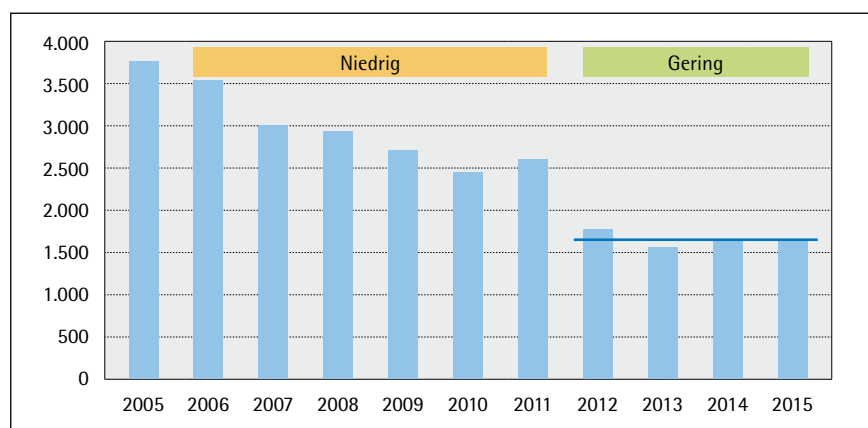


Bild 4: Jahresverbrauchstrend vor und nach einer Strombilanzierung

ZUM AUTOR:

► *Dr. Michael Grünert* hat Physik an der Universität zu Köln studiert und dort promoviert. Nach 27-jähriger erfolgreicher Karriere als Führungskraft und Ingenieur in der Hochtechnologie- und IT-Industrie erfüllte Michael Grünert sich einen lange gehegten Wunsch und gründete ein Ingenieurbüro für Energieberatung in Mainz.

<http://gruenert-mz.de>