



Beschluss-Nr. 252

Einfache Anfrage betreffend „Energieberatung Stadt Frauenfeld / Beratung von Solaranlagen mit Gesamter Energiebilanz“ von Andreas Elliker und Robert Zahnd

Beantwortung

Frau Präsidentin

Sehr geehrte Damen und Herren

An der Gemeinderatssitzung vom 4. Juli 2018 reichten die Gemeinderäte Andreas Elliker und Robert Zahnd eine Einfache Anfrage an den Stadtrat nach Art. 45 des Geschäftsreglements für den Gemeinderat ein.

Vorbemerkungen

Gesetzliche Grundlagen Energieberatung:

Gemäss § 4 Abs. 1 des Energienutzungsgesetzes (ENG; RB 731.1) informieren und beraten Kanton und Politische Gemeinden bezüglich der Möglichkeit einer sparsamen und rationellen Energienutzung sowie der Nutzung erneuerbarer und umweltverträglich produzierter Energie. Die Politischen Gemeinden gewährleisten gemäss § 4 Abs. 3 ENG eine Energieberatung durch eine eigene Beratungsstelle, den Anschluss an eine regionale Beratungsstelle oder durch Beauftragung von geeigneten Fachpersonen. Gemäss § 5 der Verordnung des Regierungsrates zum Energienutzungsgesetz (ENV; RB 731.11) kann der Betrieb von Energieberatungsstellen (EBS) der Politischen Gemeinden mit Kantonsbeiträgen unterstützt werden. Die Beitragsleistungen setzen voraus, dass die Beiträge der Politischen Gemeinden mindestens zwei Drittel der Betriebskosten decken. Die Ausrichtung der Beiträge kann mit einer Leistungsvereinbarung verbunden werden.

Die Stadt Frauenfeld bietet nicht nur ihren Einwohnerinnen und Einwohnern die Dienstleistungen der regionalen Energieberatungsstelle an, sondern auch 15 Gemeinden, welche mit der Stadt Frauenfeld eine entsprechende Leistungsvereinbarung abgeschlossen haben.

Seit April 2018 treten die regionalen Energieberatungsstellen des Kantons Thurgau einheitlich unter dem Label „etteam“ auf (siehe auch www.etteam-tg.ch). Gleichzeitig wurde das Beratungsportfolio erweitert und vereinheitlicht. Neu sind die kostenpflichtigen Impulsberatungen Heizungsersatz, Energie vom Dach und energetische Immobilienbeurteilung. Nach wie vor wird eine Erstberatung bzw. Vorgehensberatung kostenlos angeboten.

Der Stadtrat beantwortet die Einfache Anfrage wie folgt:

1. In welchen Bereichen berät die Energieberatung in Frauenfeld?

Die Energieberatungsstelle Frauenfeld stellt Privatpersonen, Gewerbetreibenden und Politischen Gemeinden, wie auch Schul- und Kirchengemeinden ihre Dienste bei der Umsetzung folgender Zielsetzungen zur Verfügung:

- Förderung der Energieeffizienz
- Förderung der einheimischen, erneuerbaren Energien
- Wahl des optimalen Energieträgers
- Sensibilisierung zur Vermeidung von Bauschäden
- Weiterbildung des lokalen Gewerbes
- Reduzierung des CO₂-Ausstoss von Wärmeerzeugern in Gebäuden
- Förderung einer umweltfreundlichen Mobilität
- Aufzeigen der Kostenvorteile von nationalen und kantonalen Förderprogrammen

Siehe dazu auch www.frauenfeld.ch/energieberatung.

2. Wieviel Zeit wird für welche Bereiche beansprucht?

Da bei den meisten Beratungsgesprächen mehrere der obengenannten Themengebiete angesprochen werden, lässt sich diese Frage nicht ohne weiteres im gewünschten Detaillierungsgrad beantworten. Beispielsweise werden meistens bei Fragen zum Wechsel des Wärmeerzeugers auch die Gebäudehülle und die Möglichkeit zur Nutzung von erneuerbaren Energien behandelt. Bei Fragen zur umweltfreundlichen Mobilität werden des Öfteren auch Themen rund um Solarstromanlagen angesprochen.

Für die Energieberatungen wurden 2017 insgesamt rund 100 Stunden aufgewendet. Eine Beratung dauert durchschnittlich 120 Minuten. Die Schwerpunkte bei den Beratungen lagen vor allem in Vorgehensberatungen in den Bereichen Haustechnik (Wärmeerzeuger), Gebäudehüllen und Solarstromanlagen mit Speicherlösungen. Die Beratungstätigkeit war die letzten

Jahre rückläufig wie folgende Grafik aufzeigt, eine mögliche Trendwende ist 2017 sichtbar. Ein Rückgang der Beratungen konnte im gesamten Kanton festgestellt werden. Eine Begründung für den Rückgang der Beratungstätigkeit ist nicht ohne weiteres auszumachen. Ein Faktor könnte die gesteigerte Verfügbarkeit von Informationen rund um Energiethemen sein, welche ohne grossen Aufwand online zu finden sind. Um die Beratungstätigkeit trotzdem zu steigern, wurden in verschiedenen Arbeitsgruppen unter der Leitung der Abteilung Energie (DIV) die oben erwähnten Beratungsprodukte entwickelt. So werden neben kostenlosen Erst- und Vorgehensberatungen zukünftig auch kostenpflichtige Impulsberatungen in den Bereichen Heizungswechsel, Solaranlagen, energetische Immobilienbeurteilung und ab Oktober 2018 die Impulsberatung zum Thema Fahrzeugwechsel angeboten. Gleichzeitig wurde die Leistungsvereinbarung überarbeitet, welche die Zusammenarbeit zwischen der Abteilung Energie und der Stadt Frauenfeld regelt.

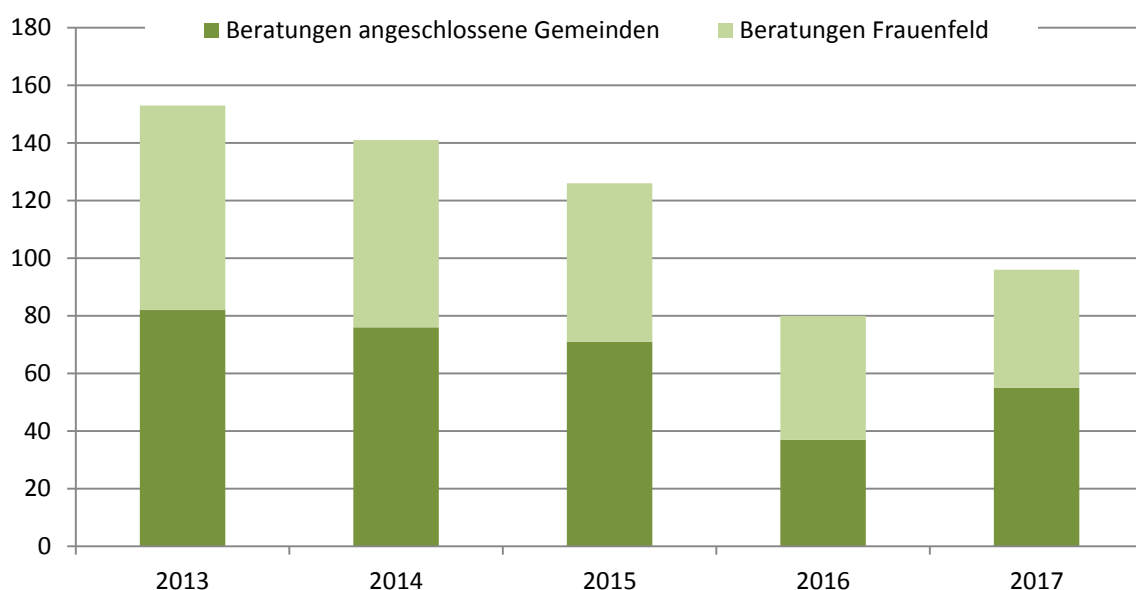


Abbildung 1: Beratungsstunden der Energieberatungsstelle Frauenfeld (Quelle: Energiefachstelle)

Dass die Öffentlichkeitsarbeit bei Energiethemen wichtig ist, zeigt zum Beispiel die Anzahl an Minergiebauten bzw. -sanierungen, die im Vergleich zur restlichen Schweiz im Kanton Thurgau, insbesondere in Frauenfeld, höher sind. Eine mögliche Bewertungsgrösse ist die Minergie-Energiebezugsfläche pro Einwohner. Diese liegt schweizweit bei 6.28 m²/Einwohner, im Thurgau bei 8.53 m²/Einwohner und in Frauenfeld bei 10.23 m²/Einwohner (www.minergie.ch, Stand Ende 2017).

Auch im Bereich Solarstrom liegt der Anteil Solarenergie in Frauenfeld über dem Schweizer Durchschnitt. Der Anteil der Solarenergie am gesamten Stromverbrauch lag in Frauenfeld im

Jahr 2017 bei 4.1%. Schweizweit lag der Anteil Solarenergie 2017 gemäss dem Branchenverband Swissolar am gesamten Stromverbrauch bei rund 3 %.

3. Wie gross ist der Anteil an ausserstädtischen Kunden und wie wird dies verrechnet?

Um die Beratungsdienstleistung auch ausserhalb Frauenfelds anzubieten, hat die Stadt Frauenfeld mit 15 politischen Gemeinden in der Region Frauenfeld Leistungsvereinbarungen abgeschlossen. Der Jahresbeitrag für die angeschlossenen Gemeinden beträgt 70 Rappen pro Einwohner. Bemessungsgrundlage für den Beitrag ist die Bevölkerungszahl am 1. Dezember des Vorjahres, erhoben durch die Dienststelle Statistik des Kanton Thurgau. Bei Energieberatungen, welche die Grundleistungen zum Beispiel einer Erstberatung übersteigen, erfolgt die Entschädigung nach Aufwand durch den Auftraggeber. Der Ansatz beträgt 130 Franken pro Stunde.

Seit 1. Januar 2018 hat das Vergütungsmodell des Kantons gewechselt. Neu werden pro Beratung 250 Franken für eine Erstberatung durch den Kanton vergütet. Dieser Vergütungsansatz gilt ebenfalls für Beratungen in Frauenfeld. 2017 wurden 55 Stunden für die Beratung von Kunden aus den angeschlossenen Gemeinden aufgewendet. Auch hier war ein Rückgang der Beratungen in den letzten Jahren spürbar (siehe auch Tabelle 1).

4. Wieviel Energie braucht die Herstellung einer Solar- oder Photovoltaikanlage, am Beispiel einer 100 m2 Anlage?

Eine Photovoltaikanlage besteht normalerweise aus verschiedenen Anlagenteilen und Komponenten, wie dem Photovoltaikmodul, dem Wechselrichter, Montagesystemen, Blitzschutz, Verkabelungen, Sicherheitstechnik usw.

Die Entwicklung brachte eine grosse Vielfalt an Solarzellentechnologien hervor. Sie werden grundsätzlich nach kristallinen Solarzellen und Dünnschichtzellen unterschieden. Kristalline Zellen erreichen den höchsten Wirkungsgrad. Mit einem Marktanteil von rund 80 % ist dies die bedeutendste Photovoltaiktechnologie. Dünnschichtzellen gibt es in vielen Varianten und aus unterschiedlichen Materialien und Zusammensetzungen. Sie ermöglichen die Anbringung auch auf flexible Unterlagen. Ihr Wirkungsgrad ist hingegen meist geringer als bei kristallinen Solarzellen.

Ein handelsübliches Photovoltaik-Modul besteht zu 75 % aus Glas und 10 % aus Aluminium. Glas selbst besteht zu 70 % aus Quarzsand. Die restlichen Prozente in einem Modul bestehen aus hochreinem Silizium, welches ebenfalls aus Quarzsand gewonnen wurde, sowie Polymere und Kupfer. Graue Energie ist jene Energie, die für Herstellung, Transport und Entsorgung eines Produktes benötigt wird. Diese Energie wird verbraucht und belastet damit die Umwelt, ohne dass es sofort erkennbar ist. Der Erntefaktor bzw. «Energy Return on Energy Investment» (EROI) beschreibt das Verhältnis des produzierten Stroms zur investierten «grauen» Energie über die gesamte Lebensdauer einer Anlage und sollte immer grösser als 1 sein.

Eine Studie (Ökobilanz von Solarstrom (2013), www.e2mc.com) belegt, dass die Herstellung aller Komponenten eines in Europa hergestellten Photovoltaik-Moduls (PV-Modul) graue Energie von 887 kWh/m² erfordert (monokristalline Silizium-Module, Dachbefestigung, Wechselrichter, Elektroinstallation, entsprechender Anteil der Stromnetz-Infrastruktur und Anteil der Stromverluste im Netz). Die Stromproduktion dieses PV-Moduls beträgt jährlich 185 kWh/m² und reduziert gemäss einer Studie vom Paul Scherrer Institut mit ihrem Einsatz im europäischen Stromnetz die fossilen Energien um den Faktor 3.1.

Somit kann eine 100-m²-PV-Anlage eine Energie von $3.1 \times 18'500 \text{ kWh} = 57'400 \text{ kWh}$ einsparen und ist nach 1.6 Jahren amortisiert ($= 88'700 \text{ kWh} / 57'400 \text{ kWh}$). Ausgehend von einer rund 30-jährigen Betriebsdauer spart eine PV-Anlage 14 bis 20-mal die Energie ein, die bei der Herstellung benötigt wurde.

Der Branchenverband Swissolar kommt in seinen Veröffentlichungen auf leicht tiefere Erntefaktoren. Bei einer Lebensdauer von mindestens 30 Jahren produziert eine PV-Anlage gemäss Swissolar in unseren Breiten mindestens zehnmal so viel Energie, wie zur Herstellung benötigt wurde. Dieser Faktor hängt gemäss Swissolar von verschiedenen Randbedingungen ab, wie der Zelltechnologie, der Ausrichtung, der Dimensionierung und dem Standort der Anlage.

Im Auftrag der Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften SATW haben Fachleute der Professur für Energiepolitik an der ETH Zürich erstmals die Gesamtenergiebilanz der wichtigsten Formen der Stromproduktion in der Schweiz nach einer einheitlichen Methodik analysiert. In der entsprechenden aktuellen Veröffentlichung (2018) werden Erntefaktoren bei der Photovoltaik im Bereich von 4.2 - 7.6 genannt. Auch bei dieser Betrachtung wird eine Lebensdauer von 30 Jahren angenommen. Der Erntefaktor der Photovoltaik dürfte sich aufgrund effizienterer Module, besserer Produktionsmethoden sowie Skaleneffekten bei der Herstellung in höheren Stückzahlen auf 12 bis 17 verbessern, führen die Autoren weiter aus.

Folgende Abbildung zeigt eine Übersicht der Erntefaktoren. Unter den in der Schweiz eingesetzten Verfahren zur Stromproduktion schneidet die Wasserkraft bezüglich Gesamtenergiebilanz deutlich am besten ab, wobei Laufwasserkraftwerke bessere Werte erreichen als Speicherkraftwerke.

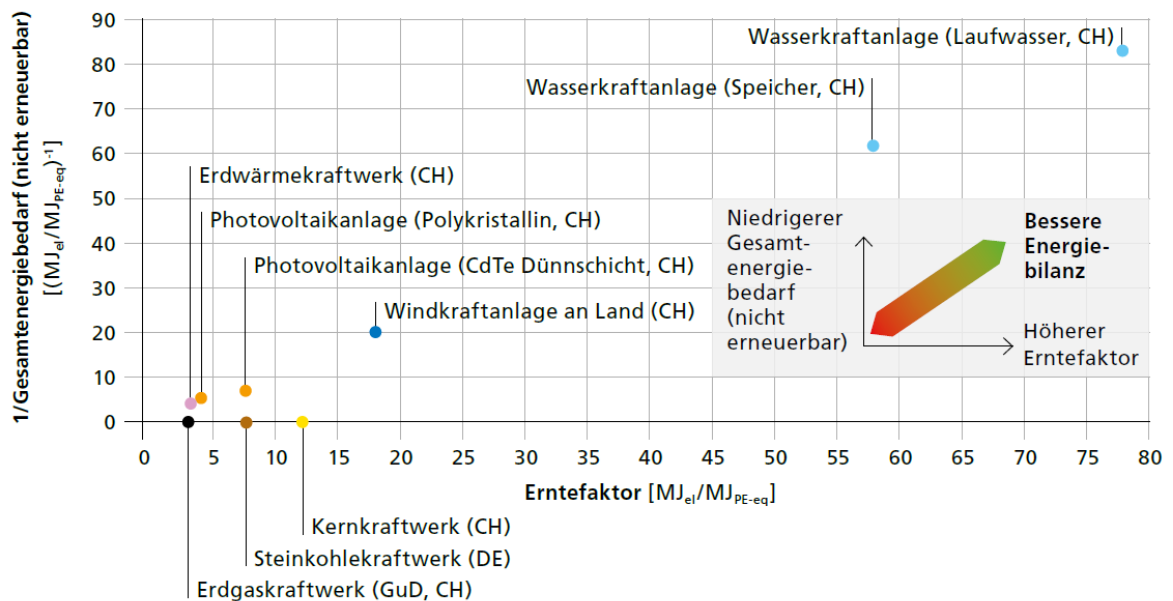


Abbildung 2: Die Gesamtenergiebilanz, ermittelt aus den Kennzahlen «Gesamtenergiebedarf (nicht erneuerbar)» und «Erntefaktor (EROI)», zeigt ein deutliches Bild: Die Wasserkraft schlägt alle übrigen Arten der Stromerzeugung um Längen. Doch auch Photovoltaik und Windkraft schneiden gut ab. (Quelle: SATW)

5. Wo werden diese Anlagen produziert?

Die PV-Module werden zum grossen Teil im asiatischen Raum produziert. Es gibt aber auch Hersteller im europäischen Raum und auch in der Schweiz. Bei den Wechselrichtern präsentiert sich die Situation anders. Viele namhafte Wechselrichterhersteller kommen aus dem mitteleuropäischen Raum.

Bei den durch die Werkbetriebe Frauenfeld erstellten Photovoltaikanlagen entfallen im Durchschnitt rund 45 % der Kosten auf die PV-Module. Würde man die bauseitigen Leistungen ebenfalls in die Betrachtung miteinbeziehen, sinkt dieser Anteil nochmals beträchtlich auf unter 30 %.

6. *Von was für einer Lebensdauer einer solchen Anlage wird ausgegangen?*

Anders als konventionelle Kraftwerke kommen Photovoltaikanlagen ohne bewegliche Teile aus und sind somit unter anderem sehr wartungsarm. Dies ermöglicht eine lange Nutzungsdauer. Laborversuche zeigen seit langem, dass diese bei über 30 Jahren liegt.

Die Hersteller der Solarmodule bieten für Photovoltaikanlagen über die gesetzliche Gewährleistung von zwei Jahren deutlich verlängerte Garantien. Diese Leistungsgarantien werden oft für 20 bis 25 Jahre gewährt.

Schwachpunkt der Photovoltaikanlagen ist üblicherweise der Wechselrichter. Der Wechselrichter ist das Herz einer Photovoltaikanlage. Grundsätzlich wird er zum Spannungswandel benötigt. Das Solar-Modul erzeugt Gleichstrom, für das Stromnetz ist aber Wechselstrom nötig. Um hier einen Übergang zu schaffen, formt der Wechselrichter den Photovoltaik-Gleichstrom in Wechselstrom um. Wechselrichter arbeiten heute sehr verlustarm, die besten Geräte erreichen inzwischen einen Wirkungsgrad von 99 %.

Dass der Wechselrichter die Lebensdauer der angeschlossenen Photovoltaikanlage erreicht, ist eher unwahrscheinlich. Die Beanspruchung der elektronischen Bauteile ist durch die fortwährende Umspannung hoch, ausserdem spielen Wind und Wetter eine grosse Rolle bei der Lebensdauer. Der Wechselrichter reagiert stärker auf äussere Umwelteinflüsse als das zugehörige Photovoltaikmodul. Der durchschnittliche Garantiezeitraum für einen Wechselrichter liegt bei sieben bis zehn Jahren. Bei sachgemässer Nutzung erhöht sich die Haltbarkeit jedoch um einige weitere Jahre. Hersteller empfehlen für optimale Haltbarkeit, den Wechselrichter in geschlossenen, vor Witterungseinflüssen geschützten und gut belüfteten Räumlichkeiten aufzustellen.

7. *Gibt es dafür erste Referenzen?*

Die ersten Solarstromanlagen in realer Umgebung erreichen mittlerweile die unter Laborbedingungen prognostizierte Lebensdauer – unter anderem die europaweit erste mit dem Stromnetz verbundene Anlage in Canobbio TI, die immer noch tadellos läuft. Im Mai 1982, also vor rund 36 Jahren, wurde eine 10 Kilowatt-Photovoltaikanlage auf dem Dach der heutigen Fachhochschule der Südschweiz SUPSI gebaut und als erste Anlage in Europa ans öffentliche Stromnetz angeschlossen. Sie ist seitdem ununterbrochen in Betrieb und funktioniert immer noch gut.

Eine der ersten Grossanlagen mit 100 kW Leistung wurde 1989 als Lärmschutzwand entlang der A13 bei Felsberg GR realisiert und ist von der Autobahn sehr gut einsehbar – auch diese Solarstromanlage ist immer noch in Betrieb.

Besonders erwähnenswert ist auch die Anlage an einer Fassade auf dem Jungfrauoch, die seit 1993 trotz extremsten Bedingungen in Betrieb ist, und dies mit konstant hohen Erträgen. Langzeitmessungen durch die Berner Fachhochschule zeigen kaum feststellbare Ertragsreduktionen von nur etwa 0.05 % pro Jahr.

Die erste an das Stromnetz in Frauenfeld angeschlossene Photovoltaikanlage hat eine Leistung von 1 kWp, ist in Privatbesitz und wurde 1988 an der Mühletobelstrasse auf einem Einfamilienhaus installiert und in Betrieb genommen. Letztes Jahr produzierte die rund 30 Jahre alte Anlage 1'156 kWh (2016: 1'149 kWh).

8. Wieviel Energie produziert Sie selber?

Die erzielbaren Erträge und Leistungen einer Solarstromanlage stehen in direktem Zusammenhang mit dem Standort der Anlage. Das Sonnenlicht setzt sich auf der Erdoberfläche aus einem direkten und einem diffusen Anteil zusammen. Je nach Bewölkungszustand und Tageszeit können sowohl die Strahlungsleistung als auch der Anteil an direkter und diffuser Strahlung stark variieren. Bei schönem Wetter dominiert die Direktstrahlung, bei starker Bewölkung oder Nebel ist vorwiegend Diffusstrahlung vorhanden. Der durchschnittliche Anteil der Diffusstrahlung in der Schweiz beträgt ca. 50 %. Die Sonnenbahn variiert ausserdem in unseren Breitengraden sehr stark während eines Jahres: Die Sonne steigt im Sommer am Mittag auf ca. 67° Höhe, aber nur gerade auf 20° im Winter.

Die Anzahl der Sonnenstunden in unserer Region beträgt jährlich rund 1'300 bis 1'900 Stunden. Die Sonnenscheindauer dient der näherungsweisen Abschätzung der Einstrahlung an einem bestimmten Ort. Letztlich ist der solare Ertrag einer Photovoltaik-Anlage aber nicht von den Sonnenstunden, sondern davon abhängig, wieviel Sonnenenergie auf die Anlage trifft. Die Summe der Sonneneinstrahlungsenergie (direkte und diffuse Einstrahlung) über ein Jahr ergibt die jährliche Globalstrahlung in kWh/m². Da sich die Globalstrahlung aus direkter und diffuser Strahlung zusammensetzt, sind rund 50 % des Ertrags aus einer Solarstromanlage auf diffuse Strahlung zurückzuführen. In der Schweiz werden je nach Region Werte von ca. 1000 - 1500 kWh/m² pro Jahr erreicht. Dies entspricht einem Heizwert von ca. 100 - 150 Litern Heizöl. Die optimale Ausrichtung einer Solarstromanlage in unseren Breitengraden ist

gegen Süden mit einer Neigung von 25° bis 40°. Es lassen sich jedoch gute bis sehr gute Erträge mit abweichender Ausrichtung und Neigung erzielen. Im Sommer ist rund fünf Mal mehr Solarenergie und damit Ertrag als im Winter zu erwarten.

Der elektrische Ertrag (Stromertrag) einer Photovoltaikanlage hängt aber nicht nur von der Fläche und der Einstrahlung ab, sondern auch vom Wirkungsgrad der eingesetzten Module und von weiteren Faktoren, die in der sogenannten Performance Ratio zusammengefasst werden können. Die Performance Ratio ist das Verhältnis zwischen dem tatsächlichen Stromertrag (AC-Einspeisung) und einem theoretisch erreichbaren Ertrag, wenn die PV-Anlage insgesamt immer mit dem Modulwirkungsgrad die Einstrahlung in Strom umwandeln würde. Neben der Temperaturabhängigkeit des Wirkungsgrades fließen weitere Verluste in der Anlage (z.B. Wechselrichterverluste, Leitungsverluste, Verschmutzung, Schnee auf der Anlage, etc.) in die Performance Ratio mit ein. Der für Module angegebene Wirkungsgrad bezieht sich immer auf Standard-Testbedingungen (25°C Zelltemperatur und Einstrahlungsstärke von 1'000 W/m²). Bei heute kommerziell erhältlichen Modulen liegen die Wirkungsgrade je nach Modultyp und eingesetzter Zelltechnologie zwischen 10 % und 22 %. Der maximale Wirkungsgrad, der sich mit Solarzellen aus Silizium erreichen lässt, liegt bei über 29 %.

Der Stromertrag ergibt sich durch Multiplikation der Gesamteinstrahlung auf eine Dachfläche mit dem Modulwirkungsgrad und der Performance Ratio. Insgesamt gilt also:

$$\text{Stromertrag} = \text{Globalstrahlung} \times \text{Modulwirkungsgrad} \times \text{Performance Ratio}$$

Die Leistung von Photovoltaikanlagen wird in der Regel in Kilowattpeak [kWp] angegeben. Dabei handelt es sich um die Leistung der Anlage bei Standard-Testbedingungen. Die pro Quadratmeter installierbare Leistung in [kWp] ergibt sich aus dem Modulwirkungsgrad. Bei einem Modulwirkungsgrad von 17 % liegt die Leistung pro Quadratmeter bei Standardbedingungen somit bei 0.17 kWp/m². Für eine Photovoltaikanlage mit einer Leistung von 1 kWp wird somit eine Fläche von rund 6 m² benötigt.

Unter den Annahmen einer Gesamteinstrahlung von 1'360 kWh/m² pro Jahr, einem Modulwirkungsgrad von 0.17 (17 %) und einer Performance Ratio von 0.8 (80 %) ergibt sich somit ein jährlicher Ertrag von 185 kWh/m² elektrische Energie (Stromertrag = Globalstrahlung x 0.136). Bei einer 100 m²-Anlage sind es circa 18'500 kWh elektrische Energie welche jährlich produziert werden.

Die obengenannten Werte können anhand der Beteiligungs-Photovoltaikanlage (Frauenfelder Solarstrom) auf den Dächern der Werkbetriebe Frauenfeld sehr gut nachvollzogen werden. Der Modulwirkungsgrad ist bei dieser Anlage mit 17.3 % angegeben. Die Photovoltaik-Anlage mit einer Fläche von 500 m² hat 2017 101'850 kWh elektrische Energie produziert, dies entspricht einem Ertrag von 203.7 kWh/m².

9. Kann man diese Anlage bei einem Rückbau recyceln?

Die verschiedenen Bauteile und Komponenten einer Solarstromanlage lassen sich zum Teil sehr gut recyceln.

Die elektrotechnischen Komponenten wie der Wechselrichter, können als Elektroschrott entsorgt bzw. dem Recycling zugeführt werden.

Der Aluminiumrahmen und die Aufständerung, die Kabel und die Elektronik der Solarmodule werden dabei direkt vom restlichen Modul getrennt und so einzeln recycelt. Komplizierter ist die Trennung des Halbleiter-Materials von den restlichen Materialien der Solarzelle. Durch chemische Prozesse kann der Halbleiter (häufig Silizium) von Kunststoff und Glas getrennt werden. Letztendlich wird dieser gepresst und kann für eine neue Solarzelle wiederverwendet werden (siehe unten).

10. Wieviel Energie braucht es dafür?

Die verschiedenen Komponenten einer Photovoltaikanlage bestehen ihrerseits ebenfalls zum Teil wieder aus den unterschiedlichsten Materialien. Somit kann die Frage bezüglich des Energieverbrauchs nicht ohne weiteres beantwortet werden. Hingegen kann eine qualitative Aussage bezüglich der Energieeinsparung gemacht werden beim Recycling der einzelnen Komponenten und Materialien.

Beim Recycling der Aluminiumbestandteile einer Photovoltaikanlage werden zum Beispiel im Vergleich zur Ersterstellung, pro Kilogramm Aluminium neun Kilogramm CO₂ und bis zu 95% der ursprünglich aufgewendeten Energie eingespart. Zudem lässt es sich ohne Qualitätseinbussen unendlich oft rezyklieren. Die Herstellung von Sekundäraluminium (rezykliertes Aluminium) ist auch ökonomisch interessant, weil die Wirtschaft mit Primäraluminium weltweit längst nicht mehr auskommt.

Bezogen auf die Photovoltaikmodule ging weltweit die erste Recycling Versuchsanlage zum Recycling von kristallinen Siliziumsolarzellen bereits 2004 in Freiberg (D) in Betrieb. Heute beschäftigen sich spezialisierte Unternehmen und Organisationen mit der Rücknahme und dem Recycling von End-of-life-Modulen.

Seit 2014 hat SENS (www.erecycling.ch) das Recycling von Photovoltaikmodulen in der Schweiz übernommen. Die Stiftung SENS ist unabhängig, neutral und nicht gewinnorientiert. Als Expertin für die nachhaltige Wiederverwertung von ausgedienten Elektro- und Elektronikgeräten sowie Leuchtmittel und Leuchten, trägt die Stiftung entscheidend dazu bei, zukunftsweisende Massstäbe im Recycling zu setzen. Auf allen Solarmodulen, welche in die Schweiz eingeführt werden, wird die vorgezogene Recycling Gebühr (vRG) entrichtet. Somit können ausgediente Solarmodule an jeder SENS Sammelstelle gratis abgegeben werden. Ab 10 Modulen kann eine Abholung veranlasst werden.

Alte Module werden vom Aluminiumrahmen, den Kabeln und der Elektronik getrennt, die direkt recycelt werden können, und anschliessend zerkleinert. Bei Siliziumzellen findet mittels Pyrolyse eine thermo-chemische Abspaltung statt. Dabei werden Temperaturen ohne zusätzlich zugeführten Sauerstoff von etwa 600 °C erreicht. Auf diese Weise verbrennt der Kunststoff und der Halbleiter wird vom Glas getrennt. Dieses kann nun ebenfalls direkt dem Recyclingkreislauf zurückgeführt werden. Das Silicium verbleibt in einer metallhaltigen Flüssigkeit. Durch die sogenannte pH-Wert-Fällung, bei der ein bestimmter pH-Wert der Flüssigkeit künstlich herbeigeführt wird, setzen sich die Feststoffe ab (Ausfällung). Mit Hilfe weiterer chemischer Prozesse wird das abgesetzte Material letztendlich herausgefiltert und zusammengepresst. Anschliessend kann das Material als Ausgangsstoff für eine neue Solarzelle verwendet werden.

Aus dem Silizium der Solarzelle können dann wieder neue Solarzellen hergestellt werden. Bemerkenswert ist, dass wesentlich weniger Energie aufgewendet werden muss, wenn man aus den alten Solarmodulen das Silizium recycelt, als wenn man es neu herstellt. Für die Herstellung eines qualitativ gleichwertigen Wafers aus Recycling-Silizium braucht man nur 30 % der Energie im Vergleich zur Herstellung eines neuen Wafers aus Primärem Silizium. Als Wafer werden in der Photovoltaik kreisrunde oder auch quadratische, etwa 180 bis 250 Mikrometer dicke Silizium - Scheiben bezeichnet, mit ca. 15 bis 20 Zentimeter Durchmesser bzw. Kantenlänge. Diese bilden die physische Basis für die Weiterverarbeitung zu kristallinen Solarzellen.

Durch die oben beschriebenen Prozesse lassen sich Recyclingraten von über 95 % erreichen und Rohstoffe kostenneutral oder sogar gewinnbringend zurückgewinnen (upcycling). Die Wiederaufbereitung hat positive Auswirkungen auf die gesamte Energie- und Ökobilanz der Photovoltaiktechnologie. Bei gleicher Leistung brauchen Module mit Solarzellen aus ausschliesslich primärem Silizium gegenüber Modulen, in deren Solarzellen recyceltes Material verwendet wurde, dreimal so lang, bis diese die zu ihrer Herstellung erforderliche Energie erzeugt haben. Auch sind Wafer, zu deren Herstellung anteilig recyceltes Material verwendet wurde, signifikant kostengünstiger als neue.

Frauenfeld, 2. Oktober 2018

NAMENS DES STADTRATES FRAUENFELD

Der Stadtpräsident

Der Stadtschreiber

Beilage:
Einfache Anfrage

SVP-Gemeinderat
Andreas Elliker
Schaffhauserstrasse 110a
8500 Frauenfeld

SVP Gemeinderat
Robert Zahnd
Försterhaustrasse 34
8500 Frauenfeld

Einfache Anfrage (Art. 45 Geschäftsreglement)

Energieberatung Stadt Frauenfeld / Beratung von Solaranlagen mit Gesamter Energiebilanz

Die erneuerbaren Energien sind eine gute Sache. Wir fragen uns aber, wie die Gesamtenergiebilanz von einer Solaranlage aussieht

Unsere Fragen:

1. In welchen Bereichen berät die Energieberatung Frauenfeld?
2. Wieviel Zeit wird für welche Bereiche beansprucht?
3. Wie gross ist der Anteil an ausserstädtischen Kunden und wie wird dies verrechnet?
4. Wieviel Energie braucht die Herstellung einer Solar- oder Photovoltaikanlage, am Beispiel einer 100m² Anlage?
5. Wo werden diese Anlagen produziert?
6. Von was für einer Lebensdauer einer solchen Anlage wird ausgegangen?
7. Gibt es dafür erste Referenzen?
8. Wieviel Energie produziert Sie selber?
9. Kann man diese Anlagen bei einem Rückbau recyceln?
10. Wieviel Energie braucht es dafür?

Wir bedanken uns beim Stadtrat für die ausführliche Beantwortung meiner Fragen.

Frauenfeld, 04. Juli 2018

Andreas Elliker

Robert Zahnd