

Ein persönlicher Entscheid: Die 2000-Watt-Gesellschaft schon heute

von Hansruedi Zulliger, Uetikon am See

Teil I: Erfahrungsbericht

Energieversorgung und eine Vision

Angesichts der Umweltbelastung durch fossile Brennstoffe und deren Endlichkeit sind dringend alternative Energieversorgungsszenarien gefragt. Viele Studien weisen darauf hin, dass der prognostizierte Energiebedarf längerfristig nur durch erhebliche Reduktion des Verbrauchs und mit erneuerbaren Energien wie Sonnenenergie, Wind, Wellen und Geothermie gedeckt werden kann. Es ist meistens teurer neue Energiequellen zu erschliessen als Energie einzusparen, zudem wird die Umwelt weniger belastet. Eine Reduktion auf 2000 Watt pro Person, dem weltweiten Durchschnittsverbrauch, würde eine gerechtere Verteilung der Ressourcen auf unserer Erde begünstigen. In 1998 lancierte daher die ETH Zürich die Vision der 2000-Watt-Gesellschaft.

2000 Watt (2 kW) ist die Dauerleistung die im Durchschnitt pro Kopf der Weltbevölkerung verbraucht wird. Dies entspricht etwa der Energiemenge, welche die Schweizer- Bevölkerung anfangs der 60er Jahre verbraucht hat. Heute liegt der Durchschnittsverbrauch bei etwa 6500 Watt pro Person. Der Energieverbrauch pro Jahr berechnet sich, indem man die 2 kW Leistung mit den Stunden eines Jahres (8760 h) multipliziert. Man erhält somit die Energiemenge von 17 520 kWh pro Person und Jahr. Da ein Liter Öl oder Benzin etwa 10 kWh elektrischer Energie entspricht, kann der Verbrauch auch als eine Ölmenge von 1750 l angegeben werden. Die 2000 W- Gesellschaft stipuliert aber, dass nur eine Tonne CO₂ statt den heute 9 Tonnen pro Person ausgestossen werden soll. Das heisst, dass weniger als ein Viertel des Verbrauchs mit fossilen Brennstoffen gedeckt werden darf, also mit etwa 400 Liter Öl oder Benzin pro Person und Jahr.

Während meiner Präsidentschaft der CORE (Commission Recherche Energétique) ist es gelungen, im Energieforschungskonzept 2004-2007 für die Schweiz die 2000-Watt-Gesellschaft als längerfristiges Ziel zu verankern. Ist es aber tatsächlich mög-

lich mit diesem Verbrauch einen angemessenen Lebensstandard im gehobenen Mittelstand zu erreichen? Welches sind die Einschränkungen und die Vorteile?

2000 Watt im Selbstversuch

Wir befinden uns wie viele Senioren in der Region im aktiven Ruhestand. Die Kinder sind ausgeflogen und wir bewohnen ein Einfamilienhaus mit Baujahr 1982 in Uetikon am See. Unter dem Titel „Sonnenenergie im konventionellen Haus habe ich in der Zeitschrift „Sonnenenergie 3/1986“ ein Artikel über unser Haus publiziert.

Die Eckdaten des Hauses, Baujahr 1982
 Beheizte Fläche: 300m²
 Aussenisolation: 10cm Flumrock oder Styropor
 Dachisolation: 15cm Flumrock zwischen Balken
 Sonnenenergie: 14 m2 Flachkollektor am Balkon
 Heizung: Öl mit Sonnenunterstützung
 Lüftung: Rudimentärer Wärmetauscher
 Fenster: Alle dreifach verglast, nach Süden 22 m²

Wir haben vor 3 Jahren unser Haus energetisch renoviert und versucht mit 2000 W auszukommen. Inzwischen haben wir dieses Ziel erreicht.

Unser Energieverbrauch für 2 Personen

Oktober 2006 bis Oktober 2007 1 Liter fossiler Brennstoff 10 kWh	Menge [kWh/Jahr]
Strom (Haushalt)	3500
Heizung und Warmwasser Jahr 2006/7, 3400 kWh	4400
Individuelle Mobilität: Prius Hybrid 4000 km à 5 l/100 km	2000
öffentlicher Verkehr	1000
Flüge (siehe Kästchen)	15000
Graue Energie	8000
Total 2000-Watt-Gesellschaft	33900 35040

Strom im Haushalt

Unser Stromverbrauch von 3500 kWh ist für einen Haushalt von zwei Personen recht hoch, doch sind wir komfortabel ausgerüstet. Wir besitzen einen alten Kühlschrank, aber keine Kühltruhe, kochen elektrisch und benutzen zwei Computer. Die Abwaschmaschine und die Waschmaschine sind so ausgewählt, dass diese am Warmwasser (WW) angeschlossen werden können. Im Sommerhalbjahr liefert die Sonnenenergieanlage mehr als genügend gratis Heisswasser. Im Winter wird das WW mit der Wärmepumpe, wenn nötig, auf mindestens 55 °C nacherwärmt. Dies ist sinnvoll, da die WP 4-mal weniger Strom braucht als die Widerstandsheizung in den Waschapparaten. Wir vermeiden Standby-Verbraucher und unnötige elektrische Wärmeerzeuger. Die meisten Leuchten sind Fluoreszenzlampe. Da die Lichtfarbe dieser Leuchten nur teilweise befriedigt, benutzen wir zusätzlich noch einige Halogenleuchten und wenige Glühlampen. Mit konsequentem Sparwillen liesse sich hier sicher noch mehr erreichen, doch wir schätzen die Lichtqualität für unsere Behaglichkeit hoch ein.

Heizung und Warmwasser

Wir haben unser Haus von Anfang an besser isoliert als viele unserer Nachbarn und eine Sonnenenergieanlage installiert. Schon vor der Renovation verbrauchten wir nur 1300 l Heizöl pro Jahr während unsere Nachbarn in ähnlichen Häusern bis zu 3500 Liter Öl verbrannten.

Für einen Neubau lohnt es sich in den Standard «MinergieP» oder mindestens «Minergie» zu investieren. Die Zusatzkosten betragen nur etwa 5% der Bausumme. Die Ersparnis von Energiekosten über die Lebensdauer des Baus machen diese Mehrausgaben mehr als wett und der Benutzer geniesst einen wesentlich höheren Wohnkomfort.

Alte Häuser haben oft zu wenig Isolation und sind undicht. Zugserscheinungen treten auf, Wände, Dächer und Fenster strahlen Kälte ab. Häufig verursachen hohe Temperaturen in der Bodenheizung oder in Heizkörpern ungesunde trockene Raumluft. Hohe Heizkosten bei geringem Wohnkomfort sind die Folgen. Um diesen Missstand zu beheben, muss ein Energieberater die Möglichkeiten einer Verbesserung des Komforts, Einsparungen und Kosten aufzeigen um das Haus zu sanieren.

Wir haben uns über die Sanierungsmöglichkeiten von unserem Haus gründlich informieren lassen und entschieden eine Wärmepumpe (WP) einzubauen. Vorerst haben wir noch das Dach, die Fenster und Mauerdruchstösse abgedichtet, sowie die Dachisolation auf 20 cm verstärkt. Der Ölverbrauch konnte damit etwa um 20% gesenkt werden.

Im Frühsommer 2004 wurde eine WP mit Erdsonde und Lüftungsmodul installiert, das Warmluftcheminée für Frischluftzufuhr umgerüstet und die Solaranlage auf die neue Heizung und Warmwasseranlage angepasst. Der Energieverbrauch für Heizung, Lüftung und Brauchwasser reduzierte sich auf etwa 4400 kWh jährlich.

Der Einbau einer WP mit Erdsonde hat verschiedenste Vorteile: kleiner Raumbedarf, sauberer Betrieb, kein Kamin, tiefer Verbrauch und geringe Wartungskosten. Zudem ist Raumkühlung im Sommer möglich, indem das Heizungswasser durch das Bohrloch gekühlt wird und im Haus zirkuliert. Als zusätzlicher Bonus wärmt sich das Bohrloch auf und verbessert den Wirkungsgrad der WP im Herbst. Als Kühlkosten fallen lediglich die Stromkosten für den Betrieb der Umwälzpumpen an.

Mit einer Investition von etwa Fr. 100'000 haben wir den Energieverbrauch unseres Hauses auf etwa einen Fünftel reduziert und ein merklich gesünderes und angenehmeres Wohnklima erreicht, und das bei Null CO₂ Ausstoss.

Privatauto und öffentlicher Verkehr

Der Ortsbus und die S-Bahn mit Halbstundentakt führen uns in 30 Minuten in die Stadt Zürich. Somit benutzen wir fast ausschliesslich den öffentlichen Verkehr und verzichten auf das Privatauto. Trotzdem ist ein Auto an unserm Wohnort sehr bequem und erlaubt uns mit fortschreitendem Alter bessere Mobilität. Ein Toyota Prius mit Hybrid-Antrieb ist ideal für unsere Bedürfnisse.

Energiesparender Transport mit öffentlichen Verkehrsmitteln ist unabdingbar um mit 2000 W auszukommen. ÖV statt Privatauto kann als Komfortverzicht empfunden werden ist aber häufig ein Gewinn an Lebensqualität. Im Bus und in der Bahn treffen wir viele Bekannte und Freunde oder man kann in Ruhe die Zeitung oder ein Buch lesen. Vermeiden von Stress bei der Parkplatzsuche oder in Staus tragen massgeblich zu einem entspannteren

Leben bei. Mehr zu Fuss gehen ist gesund. Alles in Allem für uns ein eindeutiger Gewinn an Lebensqualität.

Flugreisen

Unser Energiekonsum für Flüge ist bei weitem der grösste Anteil am Energiebudget. Mit der heutigen Energiebilanz können wir im Durchschnitt pro Jahr 15'000 km/Person fliegen. Dies entspricht einem Hin –und Rückflug für zwei Personen an einen Ort der 7'500 km entfernt ist (z.B. Chicago).

Flugreisen sind billig und wir könnten unsere Ferien in verschiedensten exotischen Ländern verbringen. In Europa gibt es jedoch genügend erholsame und interessante Orte die mit der Bahn erreichbar sind. Trotzdem fliegen wir manchmal gerne irgendwo hin, um neue Erfahrungen zu sammeln, Freunde oder unsere Kinder im Ausland zu besuchen. Da Fliegen besonders umweltbelastend ist gehen wir damit sehr bewusst um. Wir möchten aber nicht auf wichtige Reisen verzichten nur weil wir möglicherweise die 2000 W Ziele verfehlen. Die erlaubte eine Tonne CO₂-Emission überschreiten wir allerdings klar und wir müssen das CO₂ mit *myclimate tickets* (siehe Webseite am Schluss) kompensieren.

Durch unsere *Stiftung Drittes Millennium* sind wir weltweit aktiv in der Förderung von Nachhaltigkeit engagiert. Diese bedingt hin und wieder Flugreisen zum Besuch von Konferenzen oder Besprechungen. Normalerweise werden solche Reisen als Geschäftsreisen und nicht zum Privatverbrauch gezählt.

Graue Energie

Sogenannte graue Energie steckt in fast allen Anschaffungen und Dienstleistungen. Je mehr Konsum, desto grösser ist die graue Energie. Für die Berechnung des Energiebudgets wurde ein grob geschätzter Durchschnittswert des grauen Energieanteils von 4'000 kWh pro Person angenommen.

Fazit

Wir fühlen uns privilegiert in einem behaglichen Einfamilienhaus wohnen zu dürfen. Wir schätzen auch das naturnahe Naherholungsgebiet für deren Erhalt wir uns in der Gemeinde einsetzen. Um diesen komfortablen Stand bei 2000 W zu erreichen haben wir unser Haus saniert, besitzen aber bewusst nur *einen* Wohnsitz, benutzen den öffentlichen Verkehr, fahren ein kleineres Auto und schränken

Flüge

Die Verbrauchszahlen für Flüge von verschiedenen Quellen variieren beträchtlich. Lufthansa gibt rund 4.4 Liter pro Person für 100 km an, basierend auf ihrer Auslastungszahl von 75%. Der neue Airbus 330-200 ist mit 2.67 Liter der effizienteste Flieger. Myclimate rechnet mit 7 Liter für lange und 8 Liter für kurze Strecken. Die Ökobilanz-Software SimaPro berücksichtigt mit 15 Liter den Verbrauch während des gesamten Lebenszyklus des Fliegens mit Flughafen, Flugzeugbau, Wartung etc. Da die Infrastruktur auch ohne Flüge vorhanden ist, werden diese hier nicht berücksichtigt. Die gleiche Überlegung gilt für die Bahn und das Auto. Streng genommen müsste man allerdings Unterhalt und Rückbau der Transportsysteme auch noch dazurechnen.

Flüge während der Berechnungsperiode 2006/7 (1 l Kerosin: ca. 10 kWh)	Menge [kWh]
1 Flug (geschäftlich) 14'000 km à 0.07 l/km	9800
1 Flug (geschäftlich): 1'550 km x 0.08 l/km	1240
1 Flug (2 Personen, privat) mit Airbus (0.05 l/km) der Lufthansa nach Madras (Indien) via Dubai und zurück. 2 x 15'000 km x 0.05 l/km	15000
Total	26040
Ohne Geschäftsflüge (2000W Def.)	15000

unsere Flugreisen ein. Wenn wir über Nachhaltigkeit sprechen ist eine rein wirtschaftliche Analyse der Rendite ein ungenügendes Kriterium. Wir geniessen ein gesundes Wohnklima, freuen uns einen echten Beitrag an die Umwelt leisten zu dürfen und für zukünftige Generationen eine intaktere Welt zu hinterlassen. Wir wissen jedoch, dass unsere 2000 Watt noch mehr als die Hälfte Erdöl beinhalten und wir deshalb etwa 2 Tonnen statt 1 Tonne CO₂ ausstossen. Unseren Zielwert können wir momentan nur mit CO₂ Kompensation erreichen.

Wir sind bestrebt unsere Werthaltung mit unserem Lebensstil zu vereinbaren. Um echt nachhaltig zu leben liegt noch ein weiter Weg vor uns. Die kleinen Einschränkungen stehen jedoch in keinem Verhältnis zur gewonnen Lebensqualität.



Unser Haus in Uetikon

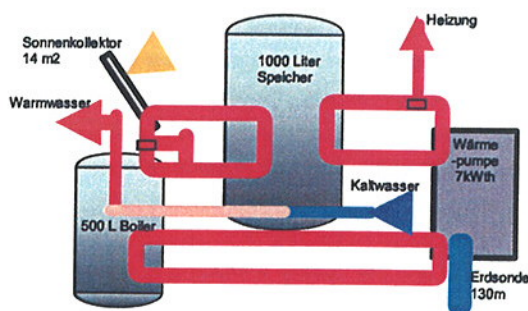
Teil II: Technischer Beschrieb

Energieverbrauch des Hauses

Weil unser Haus bereits schon isoliert war, verbrauchte unsere alte Ölheizung lediglich etwa 1300 Liter Heizöl pro Jahr und nach der Sanierung in 2003 noch 1100 Liter. Mit 14 m² Niedertemperatur-Sonnenkollektoren wurde Energie von etwa 5000 kWh pro Jahr für die Heizung und etwa 2000 kWh zur Erwärmung des Warmwassers (WW) erzeugt. Das WW wurde dann mit einer elektrischen Widerstandheizung auf 60°C nachgeheizt. Der gesamte Stromverbrauch des Hauses bezifferte sich etwa auf 5500 kWh pro Jahr.

Mit 300 m² beheizter Wohnfläche war der Ölverbrauch 4.3 l/ m², oder 43 kWh/ m². Nach der Sanierung und dem Einbau der WP ist der Verbrauch noch 14 kWh/m². Strom zählt für die Minegieberechnung doppelt, also 28 kWh/ m², wobei der „Minergie P“ Standard 30 kWh/ m² beträgt.

Energieanlage EFH Zulliger



Minergie für ein bestehendes Haus?

Die Herausforderung war ein bestehendes Haus (Baujahr 1982) auf einen „Minergie-ähnlichen“ Verbrauch zu reduzieren und eine Lüftung einzu-

bauen. Wie in meinem Artikel in der Zeitschrift *Sonnenenergie* beschrieben, wurde schon beim Bau des Hauses im Jahr 1982 eine rudimentäre Lüftung realisiert. Die Warmluftkanäle des bestehenden Cheminées, das Abgänge in allen Stockwerken hat, konnten als Zuluftkanäle für die Frischluft verwendet werden. Der alte Kamin wurde für die Frischluftzufuhr ins Schlafzimmer umfunktioniert. Die Abluft erfolgte durch die schon vorhandenen Abluftkanäle des Badezimmers und der Toiletten. Für die Abluft der Küche, die direkt oberhalb der Heizung liegt, wurde ein zusätzliches Abluftrohr eingelegt. Diese Lösungen waren nicht ideal aber ohne allzu grosse Einschränkungen und Kosten realisierbar. Eine WP der Firma Zehnder, inklusive einem Lüftungsmodul mit Luftwärmetauscher, konnte somit installiert werden.

Welche Wärmepumpe?

Messungen des Ölverbrauchs bei sehr kaltem Wetter zeigten, dass eine WP mit Erdsonde und einer thermischen Spitzenleistung von 6kW bei minus 10°C Aussentemperatur genügen würde. Mit der installierten Leistung von 7 kW Leistung haben wir noch etwas Reserve. Das Bohrloch für die Erdsonde wurde mit 130 m Tiefe grosszügig dimensioniert (typisch 50 W/m), da höhere Temperaturen der zirkulierenden Sole (Zirkulationsflüssigkeit durch die Erdsonde) zu einem besseren Jahreswirkungsgrad führen. Es wurde mit einer durchschnittlichen Soletemperatur von 4°C aus dem Bohrloch gerechnet. Bei einer Vorlauftemperatur von 30 °C und einer Aussentemperatur von 0 °C sollte der Jahreswirkungsgrad (Coefficient of Performance, COP) etwa 5 sein. Das heisst, dass auf 5 Teile thermische Energie aus dem Bohrloch ein Teil elektrische Energie für den Antrieb der Pumpe notwendig ist. Messungen haben ergeben, dass die Soletemperatur im Winter 2006/07 nie unter 4°C gefallen ist, sodass der Jahreswirkungsgrad eher über 5 liegt.

Der Gesamtenergieverbrauch des WP-Moduls, inklusive der Lüftung und der WW-Nachheizung, war in der ersten Heizsaison 2004/5 5000 kWh und im wärmeren Winter 06-07 nur noch 3400 kWh. Als Durchschnittswert erwarten wir etwa 4400 kWh. Somit war der gesamte Stromverbrauch praktisch gleich hoch wie vor der WP Installation. Das heisst, dass allein der eingesparte Strom von der WW-Nachheizung nun zur Heizung des gesamten Hauses plus WW reicht. Wir sparen also jedes Jahr

1100 Liter Öl (11'000 kWh) ohne eine höhere Stromrechnung.

Wirkungsgrad der Solaranlage

Dieses gute Resultat ist auch einer Verbesserung des Wirkungsgrades der Sonnenenergieanlage zu verdanken. Das WW der Sonnenenergieanlage wird, falls die Temperatur höher als 60 °C ist, durch einen Wärmetauscher im 500 Liter WW Tank genutzt und in Serie dazu der 1000 Liter Pufferspeicher noch zusätzlich aufgewärmt. Falls das Wasser aus der Sonnenenergieanlage unter 60 °C fällt, lenkt ein einfaches Thermostatventil das Wasser der Sonnenheizung direkt in den Pufferspeicher. Wenn der Boiler 55 °C nicht erreicht, wird das Wasser mit Nachtstrom in der WP nacherhitzt. Der Jahreswirkungsgrad der WP für WW wird auf einen COP von ungefähr 4 geschätzt. Der Energieverbrauch für WW lag vor der Sanierung bei etwa 2000 kWh pro Jahr und beträgt nun unter 500 kWh. Es ist viel wirksamer im Winter die Sonnenenergie zum Heizen zu nutzen statt WW zu erwärmen. Der Grund ist einfach: Eine gute Niedertemperaturheizung hat eine Vorlauftemperatur von nur ca. 30 °C bei einer Aussentemperatur von 0 °C, während WW auf 60 °C erwärmt werden muss. Je tiefer die Kollektor-temperatur, desto besser der Wirkungsgrad. Zudem läuft die Sonnenenergieanlage häufig auch bei bedecktem Himmel und hat so einen doppelt so hohen Jahres-Wärmeertrag in unserem Klima, wenn der Sonnenkollektor nur Wasser von 30 °C statt 60 °C erzeugen muss. Diese wichtige Tatsache wird heute leider von vielen Ingenieuren und Planern missachtet.

Ungefähre Kosten

- Dach und Fenster Sanierung Fr. 25'000
- Heizungs-Lüftungsmodul Fr. 35'000
- Bohrung für die Erdsonde Fr. 10'000
- Rohranschlüsse mit Graben Fr. 10'000.
- Die Lüftungsanpassungen Fr. 8'000
- Ausbau, Entsorgung, Vorbereitung für Neuinstallation Fr. 2'000
- Elektrische Installationen, Sanitäre Anpassung der Sonnenheizung Fr. 10'000
- **Total Fr 100'000**

Ein Haus ist ein komplexes, rückgekoppeltes System mit Wärmeeinstrahlung, Wärmeerzeugung

durch Heizung, Sonnenenergie, Lüftung, WW-Erwärmung, Kühlung, Wärmespeicherung etc. und muss als Ganzes betrachtet werden. Der grösste Nutzen liegt in einem optimalen Zusammenspiel aller Energieflüsse. Dies benötigt kompetente Fachkräfte, die leider schwer zu finden sind.

Literatur und Links

2000-Watt-Gesellschaft:

www.novatlantis.ch

Klimakompensation:

www.myclimate.ch, www.climatepartner.ch

Lufthansa Umweltbilanzdaten:

http://konzern.lufthansa.com/de/html/verantwortung/oekoeffizient/klimaschutz/operative_massnahmen/index.html

Stiftung Drittes Millennium, www.stiftung3m.org

Minergie:

www.minergie.ch

Denk-Schrift Energie: der Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW):

www.satw.ch/publikationen/schriften/Denk-Schrift

Verdankung

Dank gebühren Dr. Lorenz Tschudi, Präsident von viaKlima in Küsnacht, René Naef, Energieberater in Zürich und Prof. em Dr. Hans-Olivier Schiegg in Uetikon, für ihre wertvollen Ergänzungen.