

# Erfahrungen mit Total-Energie-Anlagen

Unter der Leitung und planerischen Mitwirkung des Verfassers wurden im Verlaufe der letzten 4 Jahre bei drei Objekten TEA (Total-Energie-Anlagen) projektiert und hergestellt.

Die TEA bestehen insbesondere aus:

- Sonnenenergie-Nutzung mit entsprechenden Niedertemperatur-Wärmespeichern
- Energieerzeugungs-Anlage bestehend aus Dieselmotor, Elektro-Generator, Wärmepumpe, sowie Mittel- und Hochtemperatur-Wärmespeicher
- Bodenheizung im Konstruktions-Beton integriert
- Warm-Wasserbereitung mit Solar- und Abwärmenutzung, sowie zusätzlichem Elektroinsatz

Alle Anlagen sind mit Analog- bzw. Microprozessor-Steuerungen versehen.

Die Häuser sind alle optimal wärmegeklämt und weisen einen mittleren spezifischen Energie-Verlust von  $0,40 \text{ W} / \text{m}^3\text{K}$  auf.

Ziel war, durch den Einsatz moderner Energienutzungs-Technik und unter Nutzung von Umweltwärme den noch erforderlichen Energiebedarf um das 3fache zu senken.

Nach dem heutigen Stand des Wissens und der Technik weist eine TEA bei einer Verdampfungstemperatur von  $+10^\circ\text{C}$  folgende charakteristische Wärmebilanz auf.

## Der Brennstoffwärmeeinsatz wird wie folgt umgesetzt:

Die Rauchgas-Abwärme beträgt	23%
Die thermische Motor-Abwärme beträgt	39%
Die mechanische Motor-Nutzleistung beträgt	38%
<i>Total</i>	<u>100%</u>

Diese Energieleistung wird wie folgt aufgeteilt: Von der mechanischen Leistung (38%) werden 13% für einen elektrischen Generator verwendet, dessen Stromproduktion beträgt	10,5%
Die restliche mech. Nutzleistung von 25% wird vom Kältekompressor aufgenommen, dessen thermische Leistung beträgt nun	21,0%
Dann kann ein Teil der Generator- und Kompressor-Verlustleistungen über den Verdampfer nutzbar gemacht werden	5,5%
Die Abstrahlungswärme des Motors wird auch über den Verdampfer genutzt	10,5%
Von der Umwelt zugeführte Wärme wird über den Verdampfer geführt	68,0%
Hinzu kommt die Wärme des Kühlwassers	28,5%
Ebenso die nutzbare Abwärme aus den Abgasen	13,0%
<i>Total</i>	<u>157,0%</u>

*Demzufolge beträgt die Leistungsziffer* 1,57

*Ohne Umweltwärme weist diese Anlage einen Nutzungsgrad auf von* 89,0%

*Dies scheint doch recht gut zu sein.*

*Sinkt nun jedoch die Verdampfungstemperatur auf  $-5^\circ\text{C}$  ab, z.B. infolge ungenügender Menge oder auf niederem Temperaturniveau sich befindliche Umweltwärme, so sinkt der Wirkungsgrad der Heiz- und Stromleistung sofort auf* 120,0%

*Somit heisst neu die Leistungsziffer nun* 1,20

## In Wirklichkeit sieht die Energiebilanz jedoch folgendermassen aus:

Von der theoretischen mechanischen Nutzleistung (38%) entfallen 3% für Verluste der Energieübertragung. Von den restlichen 35% entfallen 13% für den elektrischen Generator, dessen Übertragungsverluste 3% betragen. Somit entfällt für die Stromproduktion noch	10,0%
Die restliche mech. Nutzleistung von 22% wird vom Kältekompressor aufgenommen und bei 5% Verlust in folgende thermische Leistung transformiert	17,0%
Nun können Teile der Generator- und Kompressor-Verlustleistungen über den Verdampfer genutzt werden. Jedoch nicht wie angenommen zu 85%, sondern infolge Energieübertragungsverluste höchstens zu ca. 25%, somit	3%
Ebenso können infolge zusätzlicher Energie-Übertragungsverluste von der Motor-Abstrahlungswärme nur genutzt werden	9%
Infolge niedrigem Kompressorwirkungsgrad und mehrheitlich ungenügend vorhandener Umweltenergie beträgt die zugeführte und nutzbare Umweltwärme noch	38%
Aus der Abwärme des Kühlwassers sind infolge Übertragungsverluste nutzbar	23%
Ebenso aus den Abgasen nur	10%
<i>Total</i>	<u>110%</u>

*Somit ergibt sich ohne Strom eine Heizleistungsziffer von* 1,0

*Werden die anfallenden Stillstands- und Anfahrverluste von ca. 5% in Abzug gebracht, sinkt die Heizleistung auf* 95%

Als erstes erscheint die Rauchgaswärmenutzung zu gering, da vom möglichen Anteil von 23% nur 10% nutzbar sind. In Tat und Wahrheit sind diese 10% noch zuviel, da eine entsprechend wirksame und taugliche Rauchgaswärmetauschung auf dem Markt noch gar nicht erhältlich ist.

Die Erfahrung zeigt, dass handelsübliche Rauchgas-Wärmetauscher nach kurzer Zeit versotten und ausgebaut werden müssen.

Den Glauben an Taupunktunterschreitungen in Rauchgaswärmetauschern kann man vorerst aufgeben.

Wenn man sie jedoch auf höhere Abgastemperaturen dimensioniert, verrussen sie, wobei die Wärmetauscher 14täglich oder monatlich zu reinigen sind. Diese Unterhaltsarbeiten können Bauherrschaften nicht zugemutet werden. Die Kosten sind nicht zu erfassen. Um die Versottung einigermaßen in den Griff zu bekommen, müssen die Abgase zwischen Motor und Rauchgas-Tauscher «gereinigt» werden. Nun sind die auf dem Markt erhältlichen katalytischen Rauchgasreiniger oder entsprechende Rauchgaswäscher jedoch untauglich und nicht brauchbar.

Ausserdem bewirkt die fehlende und nicht funktionierende Rauchgas-Reinigung, bzw. Waschung, dass die vorhandenen austretenden Abgase über alle Massen stinken und die Luft penetrant verpesten. Höhere Abgas-, bzw. Auspuffleitungen lösen das Problem nicht, sondern verlagern es nur um wenige Meter Abstand vom Verursachungsort.

Zuguterletzt sollen noch die Vibrations- und Schallimmissio-

nen erwähnt werden, die entstehen, wenn TEA in Wohngebäuden eingebaut werden. Vor allem sind die Tiefton-Frequenzen nicht in den Griff zu bekommen. Ebenso wirken die direkten Körper- und Luftschallübertragungen sehr störend.

## **Etwas zu den Steuerungen**

Vorausgesetzt wir glauben, dass die hydraulischen Systeme erfassbar seien, so können wir annehmen, dass die nun verwendeten Steuerungseinheiten für die Energieerzeugungsanlage der TEA alleine in der Praxis recht gut funktionieren. Hingegen funktioniert die elektronische Steuerung über die ganze Einheit mangelhaft. Meistens wird zur falschen Zeit Wärme produziert.

Hochwertige Umweltwärme wird nicht oder zu wenig genutzt oder wird an den falschen Ort geleitet. Die passive Sonnenstrahlungs-Energie wird nicht erfasst und somit zuviel Wärme auf Vorrat produziert, welche vom Speicher dann nutzlos abgegeben wird.

Nun drängt sich der Einwand auf, dass auf die Stromproduktionen verzichtet werden soll, um die Kompressor- und damit die Heizleistung zu erhöhen.

Dies ist jedoch nur dann sinnvoll, wenn genügend Umweltwärme vorhanden ist.

Im Falle vom Umwelt-Wärme-Medium Luft ist der Fall klar, dass bei solchen Leistungseinheiten die entsprechenden Luft-Wasser-Wärmetauscher noch nicht auf dem Markt sind. Ausser es handelt sich um dubiose Angebote, die laufend vereisen und demzufolge entsprechende Energiemengen für den Abtauvorgang aufwenden müssen.

Ist ein Fluss oder See vorhanden, sieht es schon besser aus, doch dürften die hohen Wasserdurchflussgeschwindigkeiten Probleme bieten. Erfahrungen mit Leistungsziffern von über 1,2 sind noch keine vorhanden und technisch sauber überprüft.

Bezieht man die Umweltwärme über Sonnenkollektoren und Speichersysteme, so bestehen folgende Probleme:

Eine eventuelle Hoch-, Mittel- und Niedertemperaturnutzung bei Sonnenkollektoren ist gegenwärtig noch nicht möglich, da die entsprechende Strahlungserfassung mit Steuereinheiten noch nicht entwickelt ist.

Demzufolge entstehen laufend unnötige Übertragungsverluste bei den Speichern, sowie k-Wert-Verluste beim Kollektor. Hinzu kommt, dass der Nutzungsgrad von Sonnenkollektoren nicht überprüfbar ist, da richtig funktionierende Strahlungsmessgeräte zu ungenau und erst noch viel zu teuer sind.

Das in der SMA verwendete Strahlungsmessgerät wurde speziell für die Meteorologen hergestellt und ist für den Normalverbraucher unerschwinglich.

Will es der Zufall, dass nun noch etwas Strahlungswärme in den verschiedenen Speichern vorhanden ist, so entstehen weitere Probleme der Wärmeschichtung. Je nach dem sind bei entsprechenden Grenzschichttemperaturen Wärmeübergänge erst bei einer Temperaturdifferenz ab 10 Kelvin möglich. Dies basiert auf der Tatsache, dass die Thermoeffusion in Flüssigspeichern noch nicht wissenschaftlich erforscht ist.

Die vorbeschriebenen Mängel schaukeln sich potenzierend auf, sodass von der eingestrahlten Wärme beim Kollektor nur noch 30 bis 50% in der Wärmepumpe nutzbar gemacht werden können.

Falls man je soweit kommen würde, die vorher beschriebenen Mängel zu beheben, so drängt sich die Frage nach der erforderlichen Heizleistung auf.

Vorerst sind die spezifischen Energieverluste eines Gebäudes nicht bestimmbar, da gegenwärtig noch keine brauchbare und überprüfbare Berechnungsmethode vorliegt.

Dieser Mangel wird dadurch verursacht, dass noch keine Strahlungs-Energie-Messgeräte vorhanden sind, die in Abhängigkeit der Sonnenstrahlung den Energie-Input eines Gebäudes messen.

Sowohl die unmittelbare Leistung, wie auch die eingestrahlte

Summe können mit heute marktüblichen Geräten nicht erfasst werden. Selbstverständlich wäre die Aussentemperatur nur als Parameter zur Einstrahlung zu verstehen. Im weiteren wären noch die Einflüsse von Wind und Regen zu berücksichtigen. Doch dies sind ferne Wunschträume. Gesetzt der Fall, die vorbeschriebenen Messgeräte wären vorhanden, so kommt als weitere Schwierigkeit, dass wir infolge des Energie-Inputs die instationäre Wirksamkeit dieser Energien nicht berücksichtigen können, weil eben wiederum diese mathematischen Berechnungsmodelle noch nicht vorhanden sind.

Kurz: die Grundlagen für instationäre passive Solar-Energie-Nutzung sind noch nicht vorhanden.

Wäre nun diese Grundlagenforschung erfolgt, so würden nun erneut Schwierigkeiten auftreten.

Dabei hätte man nämlich bemerkt, wie schon lange vermutet, dass k-Wert-Theorien, Aussentemperatur-Steuerungen, Nachtabsenkungen und individuelle Energie-Verbrauchs-Abrechnungen den wirklichen Verhältnissen nicht gerecht werden, und die Konsequenzen daraus gezogen.

Aber die wirkliche Schwierigkeit entsteht erst dann, wenn TEA und Gebäude integriert elektronisch gesteuert werden soll.

Diese komplizierten Microprozessor-Steuerprogramme dürften erst in den 90er Jahren erhältlich sein.

## **Zusammenfassung**

*Bei TEA sind folgende Teile maschinentechnisch nicht gelöst:*

- Rauchgas-Wärmetauschung
- Rauchgas-Reinigung
- Vibrations- und Schallemissionen
- zu grosse Umwandlungs- und Wirkungsgradverluste
- zu hohe Kosten (keine Fließbandfertigung)
- bei Sonnenkollektoranlagen fehlen genaue Strahlungsmessgeräte und Steuerungseinheiten
- für flüssige Wärmespeichersysteme fehlen Grundlagenforschungen hinsichtlich Thermoeffusion (dissipative Strukturen) und entsprechende Werte für Wärmeübertragung
- für Gebäude fehlen Grundlagenforschungen hinsichtlich instationärer Temperaturvorgänge in Abhängigkeit der Wärme- und Feuchte-Speicherfähigkeit, sowie der passiven Solar-Energie-Nutzung.
- Ebenfalls fehlen die Grundlagen über Feuchtigkeitsdiffusion*

Als Folge der vorerwähnten Grundlagenforschungen wären die Daten über den Wärmeleitungs-Bedarf von Gebäuden zu überarbeiten, damit präzise Heizleistungen berechnet werden können.

Unabhängig davon, ob ein Gebäude mittels TEA oder konventionell beheizt wird, sind strahlungsabhängige Heizungsregelungen zu entwickeln.

TEA mit Diesel- und Otto-Motoren weisen gegenwärtig unlösbare Mängel auf.

Mit TEA beheizte Gebäude erzielen praktisch keine Energieeinsparungen im Vergleich zu mit konventionellen Ölheizungsanlagen beheizte. TEA sind gegenwärtig für normal Sterbliche unerschwinglich.

Der Verfasser dieser Zeilen zählt sich jedoch zu den Optimisten. Da der Energiesektor sich etwas beruhigt hat, hat man nun genug Zeit, die oben dargestellten Mängel zu beheben, sodass in ein paar Jahren der Energieverbrauch mittels TEA wirkungsvoll gesenkt werden kann.

*Paul Bossert  
8953 Dietikon*

Leser, die Fragen an unseren Bauratgeber stellen möchten, können sich direkt an den Etzel-Verlag AG «Bauratgeber», Weinbergstrasse 5a, 6301 Zug wenden.