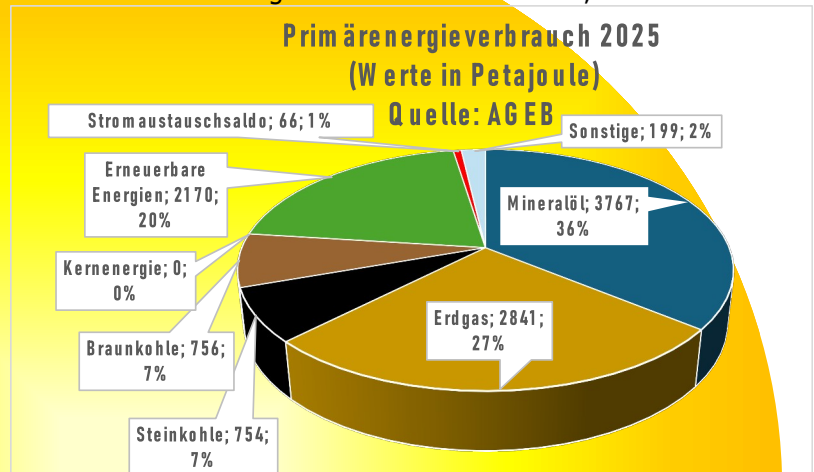


Nicht entweder oder sondern sowohl als auch – polyvalente Wärmeversorgung als eine Lösung für unsere energetische Transformation

„Was machst du denn nachts?“ haben mich schon viele Menschen gefragt, wenn wir über die thermische Solartechnik in den letzten 35 Jahren sprachen. Auch heute wird eher über die „Dunkelflaute“ debattiert, als über die Tatsache, dass die Sonne pro Jahr 132-mal mehr Energie auf Deutschland strahlt, als wir in unserer Primärenergiestatistik aufzeigen. Vielleicht liegt es daran, dass die Sonnenenergienutzung durch die Forst- und Landwirtschaft, sowie den Gartenbau und weiteren Feldern in der Primärenergiestatistik nicht enthalten sind. Enthalten sind dort nämlich ausschließlich vertriebswegegebundene Energieträger. Die Wäsche auf der Wäscheleine kann (nach dieser Statistik) nicht trocknen.



Ein Hintergrund: Der von der Sonne angetriebene Wasserkreislauf und die Photosynthese aller Pflanzen, die Basis unserer Ernährung, werden in der Primärenergiestatistik nicht erfasst. Die Sonne nicht zur Primärenergie zu zählen, Erdöl, Erdgas und Kohle aber doch, obwohl diese Energieträger nur gespeicherte Sonnenenergie sind, lässt den Begriff Primärenergie selbst fragwürdig erscheinen. Die Sonne und geologische Prozesse haben vor 70 Millionen Jahren Urwälder entstehen und einschließen lassen, die wir heute als Kohlenstofflager ausbeuten und als CO₂ an die Umwelt zurückgeben. Ein Prozess, der unser Klima beeinflusst, zumal das Kohlendioxid in der Uratmosphäre für den Menschen nicht lebensfähig war.

Monoenergetisch war gestern: Bisher wurde nur verwendet, was rund um die Uhr zur Verfügung steht. Erst die fatale Importabhängigkeit von fossilen Energieträgern, hat uns seit 2020 auf schmerzhaft Art bewusst werden lassen, dass die Nutzung der einheimischen, nichtversiegenden Energiequellen und die nachwachsenden Rohstoffe hier in Deutschland Versorgungssicherheit neu definieren.

Für viele Projektierer / Planer sind weiterhin monovalente Wärmeversorgungssysteme die erste Wahl. Früher Kohle, Erdöl oder Erdgas sind es jetzt schon häufiger Erdwärme oder Hackschnitzel als alleinige Energiequelle.

Viel interessanter und langfristig wesentlich kostengünstiger sind jedoch Kombinationen aus verschiedenen Wärmeträgern oder Energiequellen. Warum sollten wir im Sommer kalte Erde entwärmen oder Holz verbrennen, wenn die Sonne uns mit hohen Temperaturen und vor Ort zur Verfügung steht.

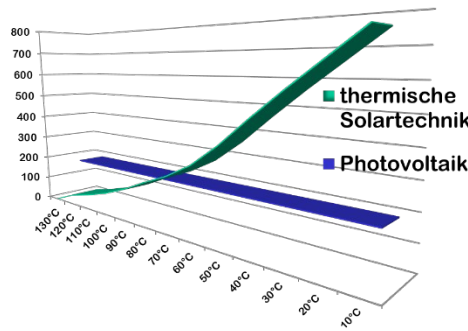
Solche Kombinationen bergen riesige Synergieeffekte: So kann im Sommer überschüssige Wärme die Erdsonde regenerieren, um mit den höheren Temperaturen viel effizienter Wärmepumpen innerhalb der Heizperiode zu betreiben. Eine Faustformel dazu ist: Jedes Grad höhere Quelltemperatur zur Wärmepumpe, vermeidet ca. 2,5% elektrische Antriebsenergie, um die gleiche Zieltemperatur zur Verfügung zu stellen. Wertvolle Spitzenlastbrennstoffe wie Holzhackschnitzeln sind als Grundlastbrennstoff zu teuer. Auch alternative Brennstoffe wie Gras- oder Laubpellets, Getreideausputz und zum Beispiel Nussschalen aus der Lebensmittelindustrie, sind vor allem dann ein sehr guter Brennstoff, wenn die Sonne nicht scheint – aber auch viel zu teuer, wenn sie scheint. Als Ergänzung in Zeiten ohne Sonnenenergie sind biogene Brennstoffe eine sehr gute Ergänzung, bewirken in Planung und Umsetzung gute Effekte und ergeben als Mischkalkulation vernünftige Wärmepreise. Sie sorgen für Redundanzen und damit für Versorgungssicherheit. Sie werden regional hergestellt und bewirken damit wie die Sonnenenergieanlage auf praktisch unbegrenzte Zeit für Wertschöpfung vor Ort.

Photovoltaik contra Solarthermie

Leider wird die thermische Solartechnik viel zu wenig beachtet und steht derzeit weit hinter der Photovoltaik zurück. Mit max. 22% Stromausbeute steht die Solarstromanlage im Faktor 3 bis 5 schlechter dar als die thermische Sonnenenergienutzung mit bis zu 86%. Thermische Sonnenkollektoren zur Anhebung der Quelltemperatur von Wärmepumpen ist deshalb ganzjährig effektiver als elektrische Energie der Photovoltaikanlage für den Antrieb von

Wärmepumpen zu nutzen. Wobei auch hier gilt: Nicht entweder oder, sondern sowohl als auch. Mit einer Kilowattstunde Antriebsenergie aus Sonnenstrom kann die thermische Solaranlage ca. 100 kWh Sonnenlicht in Wärme umwandeln. Die Wärmepumpe schafft mit einer kWh elektrischem Antrieb ca. 3-5 kWh Wärme aus Umweltenergie zur Verfügung zu stellen. Mein bestes Beispiel in der Kombination thermischer Solaranlage und Wasser-Wasser-Wärmepumpe liegt bei 8,6 kWh Wärme pro kWh Photovoltaik als Antriebsenergie.

Solare Jahreserträge
in Abhängigkeit von der Zieltemperatur



FAKTOR 4,5

Langzeit-Wärmespeicher – ein Schlüssel zur energetischen Transformation: Vielerorts und zum großen Teil wird derzeit über Batterien und Stromspeicher und auch über chemische Speicher für zum Beispiel Wasserstoff gesprochen, obwohl circa zwei Drittel unserer Energienutzung Wärme ist – und diese wiederum zu drei Viertel im Winter benötigt wird.

Der Boden, auf dem wir wandeln, ist in diesem Zusammenhang ein beeindruckender Stoff. Er steht nicht nur unbegrenzt zur Verfügung und ist damit nicht monopolisierbar, er ist auch ein guter Wärmespeicher, aber zugleich ein schlechter Wärmeleiter. Das macht ihn zum perfekten saisonalen Wärmespeicher in Verbindung mit Erdsonden. In den allermeisten Anlagen wurden Erdsonden – oder Erdsondenfelder - bisher nur als Wärmequelle genutzt und gelten deshalb als teuer. Indem dieselbe Anlage im Sommer zum Kühlen und im Winter zum Heizen genutzt wird, entsteht schon ein erster sehr nützlicher Synergieeffekt. Neben der Abwärme aus Kühlprozessen, wird Überschusswärme aus thermischen Solaranlagen lagerfähig und es entsteht eine Dreifachnutzung der benötigten Flächen. Über der Wiese die Solaranlage, auf der Wiese die Schafe und unter der Wiese das Erdsondenfeld als saisonaler Wärmespeicher. Aus heutiger Sicht gibt es keine zeitliche Nutzungsgrenze. Eine gute Gelegenheit unseren Kindern nicht nur Altlasten, sondern auch Ewigkeitsnutzen zu vererben.

Übrigens: Batterien sind als saisonaler Speicher völlig ungeeignet, weil sie für eine Wirtschaftlichkeit viele Zyklen benötigen, ein Saisonspeicher aber nur ein Zyklus pro Jahr hat. Batterien haben zwei Jahre Garantie und müssen in absehbarer Zeit ersetzt werden, ein Erdsondenfeld kennt keine Betriebszeitgrenze.

Wasser ist der zweite Stoff, der als Langzeitspeicher keine Monopolisierbarkeit kennt, weil es unbegrenzt zyklensfest ist, ohne Trinkwasserqualität unbegrenzt verfügbar ist und sowieso die beste Wärmespeicherkapazität besitzt.

Wärmekapazität im Vergleich (1 kcal = 4,19 kJ)

Eis:	2,1 kJ/kg K	Erdboden:	0,9 kJ/kg K	Kupfer:	0,3 kJ/kg K
Wasser:	4,19 kJ/kg K	Luft (1m³):	1,01 kJ/kg K	Glas:	0,67 kJ/kg K
Dampf:	1,8 kJ/kg K	Blei:	0,13 kJ/kg K		

Ein in vielen europäischen Ländern genutztes Wasserreservoir sind Grundwasserleiter, die nicht als Trinkwasserquelle herangezogen werden können. Solche als Wärmespeicher genutzten Grundwasserleiter werden Aquifere genannt und in zwei Varianten unterteilt. Geogene Aquifere sind natürliche Kies- oder Sandschichten zwischen Ton- oder Lehmschichten. Leipzig zum Beispiel steht mit 86% seiner Fläche auf bis zu vier Aquiferen innerhalb der oberen 100 Meter unter der Erdoberfläche. Ein Aquifer unter einer 1000 Jahre alten Stadt wird nur äußerst selten als Trinkwasserreservoir genutzt, weil die Vergangenheit das Wasser nicht sauber gehalten hat. Als saisonaler Wärmespeicher ist er durch seine Nähe zum Verbraucher hingegen sehr gut geeignet. Die zweite Variante ist der anthropogene Aquifer, der vom Menschen gemacht,

wie er durch den Bergbau der letzten 800 Jahre in Deutschland entstanden ist. Viele davon sind mit Wasser geflutet und stehen als riesige Wärmespeicher zur Verfügung. Mit ruhender Wasserhaltung beinhalten die kleinsten dieser Altbergbaue 80.000 m³ und warten nur darauf die nächsten 1000 Jahre nachgenutzt zu werden. Zur Nutzung werden zwei Bohrungen für Rohre, eine Pumpe und ein Wärmetauscher benötigt. Skandinavien und die Niederlande sind mit vielen hundert Referenzen unsere Vorbilder.

So kommt Wärme aus dem Sommer in den Winter und kann mit deutlich höheren Quelltemperaturen die Leistungszahlen von Wärmepumpen so deutlich erhöhen, dass es keine Gas- oder Heizölheizung in der Wirtschaftlichkeit mit ihr aufnehmen kann.

Um die benötigte Investition überschaubarer zu halten, empfiehlt sich den Aufwand auf möglichst viele Schultern zu verteilen. Ein neuer Begriff zeigt, was gemeint ist: „Nachbarschaftsheizung“ – nicht jeder für sich, sondern viele gemeinsam. So beginnen neuartige Wärmeversorgungssysteme nicht erst bei einigen hundert Anschlussnehmern, sondern mit der Zahl Zwei. Bei gleicher Zielerreichung können zwei Nachbarn jeder gut 30% der sonst einzeln benötigten Kosten sparen.

Günstiger wird es dann, wenn sich eine Gruppe als Genossenschaft, oder ein Ort als Anstalt öffentlichen Rechts zusammenfindet. Dafür gibt es mittlerweile einige beeindruckende Beispiele.

Im bayrischen Ort Dollnstein an der Altmühl wird so eine Anlage als AöR mit Grundwasser, thermischer Sonnenenergie und Photovoltaik seit 2014 betrieben, dessen Wärmepreis beweist, dass es eine gute und vernünftige Alternative zu herkömmlichen Fernwärmelösungen ist. Der Schlüsselbegriff heißt „Kalte, intelligente Wärmenetze“, die es in vier Varianten gibt:

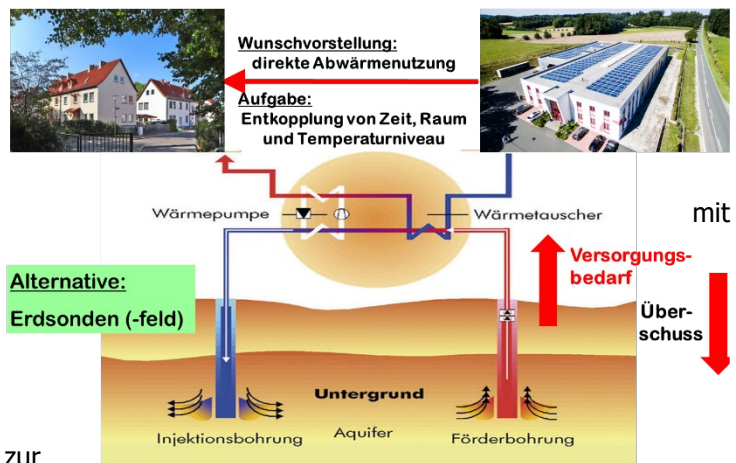
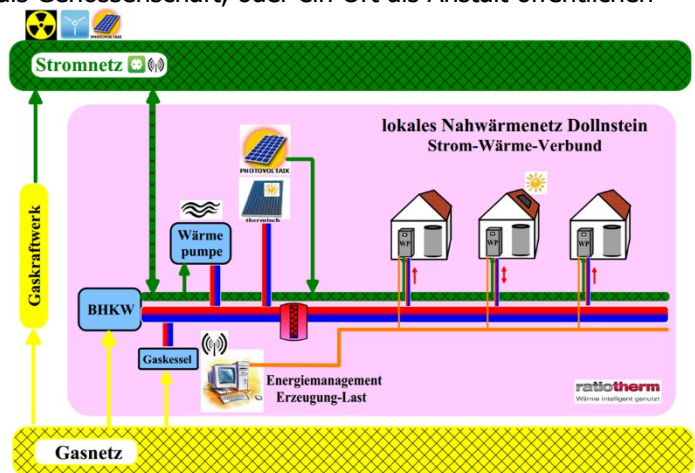
1. Quellnetze werden mit Wärmequellen wie Flüssen, Seen oder Erdwärme versorgt und am ehesten in kleineren Anlagen betrieben. Das Rohrsystem wird unisoliert verlegt und Wärmepumpen in jedem angeschlossenen Gebäude heben bei Bedarf die Temperatur auf das benötigte Niveau. Das Rohrsystem wirkt dabei selbst als Erdwärmeabsorber.

2. Abwärme-Wärmenetze: werden im Temperaturniveau der angebotenen Abwärme mit isoliertem Rohrnetz betrieben – und auch hier hebt die Wärmepumpe in der Übernahmestation die Temperatur auf die Bedarfe, wenn sie benötigt werden. Ein typisches Beispiel wird im bayrischen Meitingen bei Augsburg

erfolgreich betrieben. Die Abwärme ist eine sehr kostengünstige Wärmequelle und steht oft nahe am Versorgungsgebiet zur Verfügung. Die Wärmepumpen können Unterschiede im Wärmeangebot versorgungssicher ausgleichen. Wie oben beschrieben können Versorgungsspitzen auch biogenen Brennstoffen zur Verfügung gestellt werden. Sommerliche Überschüsse können in den schon beschriebenen Langzeitspeichern eingelagert werden, was auch Lücken in der Abwärembereitstellung ausgleichen kann. Dies ist der Fall, wenn die Abwärme nicht ganzjährig 24 Stunden pro Tag zur Verfügung steht, was uns zu einer weiteren Variante führt.

3. Wechselwarme-Wärmenetze werden in der Regel mit unterschiedlichen Wärmequellen betrieben. Im Sommer werden niedrigere Temperaturen als Quelle für die Wärmepumpen zur Warmwasserbereitung genutzt. In der Heizperiode wird das Temperaturniveau auf das der angeschlossenen Flächenheizungen gehoben, die dann ohne weiteres versorgt werden, und die Wärmepumpe sich nur um die Warmwasserbereitung kümmert, wie im fränkischen Haßfurt.

4. Umschalt-Wärmenetze werden im Sommer wie wechselwarme betrieben, schalten dann im Winter auf das Temperaturniveau von herkömmlichen Niedertemperatur-Wärmenetzen um. Der oben genannte Ort



Dollstein wird so betrieben, weil praktisch alle angeschlossenen Gebäude sehr alt sind und damals die Heizungssysteme sehr heiß betrieben wurden. Im Winter wird dann mit Heizquellen gearbeitet, wie sie mit Holzpellets, Holzhackschnitzel oder Heizgasen zur Verfügung gestellt werden können.

Thermische Sonnenenergienutzung in Wärmenetzen

Derzeit befindet sich die thermische Sonnenenergienutzung im „Windschatten“ der Photovoltaik, weil der Strom aus der PV im vorhandenen Stromnetz transportierbar und frei handelbar ist. Wärme kann nur im Umfeld genutzt werden, da mit zunehmenden Transportwegen durch die Wärmeverluste die Wirtschaftlichkeit schnell verloren geht. Deshalb werden herkömmliche Wärmenetze selten mit thermischer Solartechnik unterstützt und wenn, dann mit kleinen Deckungsbeiträgen und dem höheren Kostenaufwand von Vakuumröhrenkollektoren.

Die Wirtschaftlichkeit der thermischen Solartechnik ist sehr abhängig von der zu erreichenden Zieltemperatur.

Die verschiedenen Kollektortypen:

- **Parabolrinnenkollektor:**
Sonnenlicht konzentrierender Hochtemperaturkollektor zur Erzeugung von Prozesswärme oder Strom; wenig Betriebsstunden nördlich der Alpen
- **Vakuumröhrenkollektoren:**
Sehr gute Wirkweise bei sehr hohen Temperaturdifferenzen: ideal für hohe Zieltemperaturen, wie zum Beispiel in herkömmlichen Wärmenetzen; i.d.R. durch Systemtrennung frost- und dampfsicher
- **Flachkollektoren:**
Gute Wirkweise bei sehr gutem Preis-Leistungs-Verhältnis. Sehr gut geeignet für niedertemperaturige Anwendungen. Besonders interessant für die Kombination mit Wärmepumpen und zur Regeneration von Erdwärmeanlagen, sowie in kalten, intelligenten Wärmenetzen; i.d.R. durch Systemtrennung frost- und dampfsicher
- **Luftkollektoren:**
Sehr gut geeignet für die Luftvorwärmung oder bei Prozessen mit Lufttrocknung; Luft-Luft Anwendung ohne Systemtrennung
- **Schwimmbadabsorber:**
Kunststoffabsorber ohne Abdeckung für niedertemperaturige Wassererwärmung im Sommer; ohne Systemtrennung; kein Winterbetrieb

Zum Hintergrund:

Sonnenkollektoren haben zwei Wirkungsgrade, einen optischen und einen thermischen. Der Optische beschreibt die Umwandlung der Solarstrahlung in thermische Energie ohne Temperaturdifferenzen zur Umwelttemperatur. Der thermische beschreibt die Wärmeverluste bei steigender Temperaturdifferenz zur Außentemperatur.

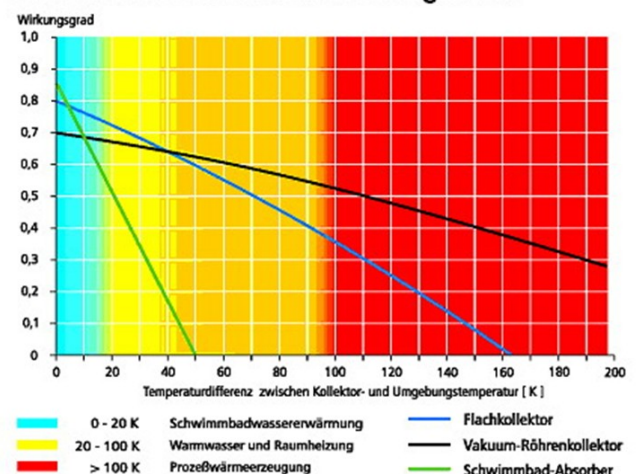
Das Fazit:

Eine um ein Grad niedrigere Zieltemperatur erhöht die jährliche Betriebszeit der thermischen Solaranlage um ca. 70 Betriebsstunden, weshalb Flächenheizungen vor kleinen Heizkörpern den höheren Nutzen bewirken. Die Kombination mit Wärmepumpen hat einen besonders großen Synergieeffekt, weil damit auch kleine Wärmegewinne bei schwacher Solarstrahlung die bessere Leistungszahl der Wärmepumpe bewirken. Noch einmal die Faustformel: Jedes Grad höhere Quelltemperatur bewirkt im

Historische Sonnenenergienutzung

- Vor ca. 10.000 Jahren: Trocknung von Lebens- und Futtermitteln
- Ca. 2.000 v.u.Z.: im Mittelmeerraum Warmwasserbereitung mit Sonnenwärme
- 1000 v.u.Z.: Feuererzeugung durch gebündeltes Sonnenlicht in Rom und Griechenland
- 400 v.u.Z.: Solararchitektur in Griechenland
- 100 u.Z.: Glasfenster in Rom
- 1100 u.Z.: Solaröfen im Mittelalter
- 1767: Heliothermometer und Solarkocher in der Schweiz
- 1792: gebündelte Solarstrahlen schmelzen Metalle mit Lavoisiers Sonnenofen
- 1865: solare Dampferzeugung als Motorantrieb in Frankreich
- 1838: Entdeckung des Photovoltaikeffekts in Frankreich
- 1874: in der chilenischen Atacama-Wüste Destillation von Meerwasser
- 1877: Entdeckung Strom aus Sonnenlicht in England
- 1891: erster Warmwasserbereiter
- Ab 1950: Solarzellen in Satelliten
- 1956: erste PV-Mule am Markt
- September 1990: 1000-Dächer-Programm fördert PV-Breitenwirksam
- 1993: Solarthermie 2000 fördert thermische Großanlagen
- 1.4.2000: mit der Einführung des EEG beginnt das Solarzeitalter in Deutschland

Wirkungsgradkennlinien der verschiedenen Kollektorarten und ihre Einsatzgebiete



Wärmepumpenbetrieb einen um ca. 2,5% geringeren Bedarf an elektrischer Antriebsenergie bei gleicher Zieltemperatur.

Diese beschriebenen Beispiele zeigen die Vorteile von kombinierten Wärmeversorgungssystemen auf. Eine Grundsatz dafür ist: je kälter, je besser.

Wärmenetze der Zukunft werden in der Regel nicht mehr aus der Abwärme von Grundlastkraftwerken versorgt. Deren hohe Wärmeverluste sind nicht relevant, weil diese Abwärme ansonsten durch die großen Luftkühltürme durch Wasserverdunstung an die Atmosphäre abgegeben werden muss. Diese „Wolkenmacher“ sind Auslaufmodelle. In Zukunft wird in einer heißen Sommernacht ein Hochtemperaturnetz keine überflüssige Energie mehr bereithalten brauchen, weil dann ohnehin niemand heiß duscht.

Neuartige Wärmenetze müssen viel mehr regelbar sein, was eines der Eigenschaften kalter, intelligenter Wärmenetze ist. Erst die Übernahmestation mit integrierter Wärmepumpe hebt die ankommende Temperatur aus dem Wärmenetz auf die benötigte Temperatur. Dieser Vorgang erfolgt nur dann, wenn er benötigt wird, und auch nur auf das benötigte Temperaturniveau des jeweiligen Gebäudes. Das Wärmenetz kann für das einzelne Gebäude nicht greifbare Wärmequellen, sowie Skalen- und Lerneffekte nutzbar machen. Der neue Ansatz lässt auch eine zeitliche

Entkopplung zwischen Angebot und Nachfrage zu. Durch die modulierende Endstufe kann das Netz selbst auch mit ganz unterschiedlichen Temperaturen betrieben werden. Höhere Temperaturen stehen zur Verfügung, wenn die Wärmequelle mehr Energie zur Verfügung stellt, als gerade beim Verbraucher benötigt werden, um die ergänzenden Strombedarf in der Endstufe zu reduzieren. Weniger zur Verfügung gestellte Wärme wird durch die Endstufe ausgeglichen. Dieses Wirkprinzip ermöglicht dann auch ganz unterschiedliche Wärmequellen und die damit verbundene regionale Wertschöpfung unserer Städte und Gemeinden. Regionale Wertschöpfung und Versorgungssicherheit gegen Importabhängigkeit und politische Erpressbarkeit.

Das begründet den Titel meines Beitrages:

Nicht entweder oder, sondern sowohl als auch!

Willkommen in einer sonnigen Zukunft!

Autor:

Bernd Felgentreff

Technische Beratung für Systemtechnik

Mittelstr. 13 a

04205 Leipzig

0178 / 5337688

tbe@bernd-felgentreff.de

