

- 175 -

## Die Rolle künstlich erzeugter Wärme in der Atmosphäre

---

Olaf Kiese

Die Frage nach einer möglicherweise unerträglichen thermischen Belastung der Atmosphäre ist erst in jüngster Zeit ins Bewußtsein einer breiteren Öffentlichkeit geraten, nachdem andere Formen der Umweltbelastung schon wesentlich ausgiebiger erörtert worden sind. Das hat seinen Grund darin, daß diese Frage überhaupt erst nach der Möglichkeit der Gewinnung wirklich großer Energiemengen durch die Fortschritte in der Kernphysik akut werden konnte. Solange die Energieerzeugung auf die Verbrennung fossiler Brennstoffe oder die Ausnutzung der Wasserkraft angewiesen war, konnte es die genannte Fragestellung - streng genommen - per definitionem nicht geben. Denn gerade die Ausnutzung der letztgenannten Energiequelle ist lediglich eine Transformation natürlicher Energie in eine andere Form und für unsere Fragestellung somit ohne Belang. Fossile Brennstoffe wie Kohle, Erdöl und Erdgas sind ebenfalls nur gespeicherte natürliche Sonnenenergie, deren Freisetzung allerdings im Verhältnis zum Zeitraum ihrer Speicherung äußerst verkürzt ist und daher als thermische Belastung behandelt werden muß. Um die Bedeutung der Energiegewinnung aus fossilen Brennstoffen zu zeigen, will ich einige Größenordnungsvergleiche anführen:

Der Wärmehalt aller fossilen Brennstoffe beträgt - nach einer Schätzung von 1968 - ca.  $35 \times 10^{18}$  kcal, das sind etwa 2,5 % der pro Jahr zur Erde gelangenden Solarstrahlung. Das heißt in einem weiteren Vergleich, das Verbrennen aller auf der Erde vorhandenen fossilen Brennstoffe würde einen Energiegewinn für die Atmosphäre bedeuten, den sie auf natürliche Weise, also von der Sonne, innerhalb von knapp 10

-----  
 Vortrag, gehalten anlässlich der Tagung der "Gesellschaft für Ökologie", Giessen 1972  
 Tagungsbericht "Belastung und Belastbarkeit von Ökosystemen"  
 Anschrift des Verfassers: Dr.O.Kiese, 7 Stuttgart-Hohenheim, Universität, Fachgruppe 6.

Tagen erhielte. Der Verbrauch aller fossilen Brennstoffe innerhalb von 25 Jahren würde einer Wärmezufuhr in die Atmosphäre entsprechen, deren Größenordnung etwa der maximalen jährlichen Schwankung der Solarkonstanten gleichkommt. Bei einer auf dem heutigen Niveau stagnierenden Energieproduktion würde der geschätzte Vorrat an fossilen Brennstoffen knapp 600 Jahre für die Energieversorgung der Erde ausreichen. Diese Beispiele mögen genügen, um die Schlußfolgerung zu rechtfertigen, daß die auf fossilen Brennstoffen beruhende Energiewirtschaft auf das Energiegleichgewicht der Erde mit dem Weltraum unmittelbar keinen Einfluß hat.

Nun ist durch die Kernphysik die Aussicht auf Nutzungsmöglichkeiten fast unbegrenzter Energiemengen gegeben. Damit hat der Mensch erstmals die Möglichkeit, Energie in meteorologisch relevanter Größenordnung freizusetzen. Durch wirtschaftliche Nutzung der Kernenergie wird der keineswegs stagnierende Energiebedarf der Erde in Zukunft gedeckt werden müssen und können, und somit erscheint zumindest die Frage berechtigt, ob nicht ein permanentes Anwachsen der gewonnenen Energiemengen, die letztlich als Wärme in die Atmosphäre gelangen, zu einer thermischen Belastung der Atmosphäre führen wird. Die Energiewirtschaft der Bundesrepublik geht heute von der Annahme eines jährlich um  $\sim 10\%$  steigenden Energiebedarfs aus, was in jeweils 10 Jahren einer Verdopplung gleichkommt. Das bedeutet, daß etwa im Jahr 2000 mit einem gegenüber heute 8-fachen Energieverbrauch zu rechnen ist. Überträgt man diese Steigerungsrate auf die gesamte Weltenergiewirtschaft, selbst wenn das einen sicher zu hohen Wert ergibt, so ist aus den vorangegangenen Vergleichen leicht abzulesen, daß selbst diese Energiemenge für den Energiehaushalt der Erde keine unmittelbare Rolle spielt. Die Energieproduktion im Jahr 2000 wird selbst bei Annahme dieser hohen Steigerungsrate erst halb so groß sein wie die jährliche Schwankung der Solarkonstanten. Natürlich wird bei einer Fortsetzung des geometrisch steigenden Energieverbrauchs irgendwann einmal der Zeitpunkt erreicht, an dem wirksame Mengen in die Atmosphäre gelangen. Das aber scheinen Spekulationen in zu ferne Zeiträume zu sein.

Viel gegenwartsbezogener ist dagegen ein anderer Aspekt künstlicher Energiegewinnung. Die im vorangegangenen gezeigte globale Bilanzierung darf nicht über die Tatsache hinwegtäuschen, daß die künstlichen Wärmequellen nicht gleichmäßig über die Erde verteilt, sondern stark konzentriert sind. Solche Konzentrationen von flächenhaftem Charakter sind Ballungsgebiete, in denen durch die Summierung von Heizung, Kraftverkehr und Industrie durchaus beachtliche Mengen an künstlicher Wärme abgegeben werden. Es werden dort schon Energiemengen in der Größenordnung von mehreren Prozent der Solarkonstanten freigesetzt. Die Angaben, die in der Literatur über die Größenverhältnisse von künstlich erzeugter zu natürlicher Energie anzutreffen sind, leiden unter dem Mangel gleicher Bezugsverhältnisse. Es ist 1. zu unterscheiden, ob die künstliche Energieproduktion zur Solarkonstanten, zur Globalstrahlung oder gar zur Strahlungsbilanz in Beziehung gesetzt wird. 2. verdient der Berechnungszeitraum Beachtung, und schließlich ist 3. der Bezug von Umsatz künstlicher Energie zur Fläche entscheidend. Realistisch scheint mir für den 1. Komplex nur der Bezug zur gesamten über dem jeweiligen Ort am Außenrand der Atmosphäre einfallenden Strahlung zu sein, im Jahresmittel also Solarkonstante  $\times \cos \varphi$ , eventuell unter Berücksichtigung der Erdalbedo. Für genauere Berechnungen müßten aber Wärmehaushaltsuntersuchungen des gesamten wetterwirksamen Luftraumes angestellt werden. Durchaus angemessen erscheint die Betrachtung des Umsatzes künstlicher Energie isoliert für einzelne Jahreszeiten oder noch kürzere Perioden und deren Verhältnis zur natürlichen Energie. Die atmosphärische Zirkulation ist ja besonders in den Konvergenzzonen, wie z.B. der Polarfrontzone, ein sehr labiles Gebilde, das nur statistische Regelmäßigkeit zeigt, im Grunde aber eine Abfolge sich dynamisch ständig neuentwickelnder Einzelsituationen ist. Die Konzentration großer Teile der Weltbevölkerung in dieser Klimazone verursacht vor allem in der kalten Jahreszeit eine Kompensierung des natürlichen Strahlungsdefizits durch vermehrte Heizung. Wenn diese in entsprechender Größenordnung erfolgt, könnte sie eventuell zu gelegentlichen Veränderungen des natürlichen Wetterablaufs

führen. Ob und wann aber eine ausreichende Größenordnung erreicht wird, ist eine ungelöste Frage. Zahlreiche stadtklimatische Untersuchungen scheinen nachzuweisen, daß in der Tat zumindest regionale klimatische Veränderungen eintreten. Unbestritten ist eine meßbare Temperaturerhöhung in Ballungszentren. Es muß aber hier ganz eindeutig klargestellt werden, daß das Sonderklima der Städte durch eine ganze Reihe von Vorgängen verursacht wird, von denen die künstliche Wärmeerzeugung nur einer ist, sicher nicht der bedeutendste und in seiner unmittelbaren Wirkung sicher nicht der schädlichste. Es muß weiter berücksichtigt werden, daß für die Zukunft nicht mit unendlich steigendem Energieverbrauch pro Flächeninhalt, sondern vielmehr mit einer Ausweitung in die Fläche bei nur noch abgeschwächt steigender Konzentration zu rechnen ist. Berechnungen über die Wirkung solcher flächenhafter Energiequellen, für die Areale in der Größenordnung von  $10^4 \text{ km}^2$  angenommen werden müssen, sind dringend notwendig, damit daraus rechtzeitig planerische Konsequenzen gezogen werden können.

Neben den genannten flächenhaften Wärmequellen verdienen schließlich die Kraftwerke als punkthafte Wärmequellen mit Abwärmeraten von 60 bis 67 % der Gesamtkapazität besondere Beachtung. Das Problem liegt dabei 1. in der Größenordnung der geplanten Kernkraftwerke von je über 1000 MW und 2. darin, daß die Möglichkeit der herkömmlichen Abwärmebeseitigung durch Frischwasserkühlung nach dem Wärmelastplan der Flüsse, z.B. des Rheins, erschöpft ist. In Zukunft wird die Abwärme punktuell in Kühltürmen ausgestoßen werden. Bei einer Kapazität von 1000 MW müssen beim Naßkühlturmverfahren ca.  $80\,000 \text{ m}^3$  Wasser pro Tag zu Kühlzwecken verdampft werden. Die Befürchtungen gehen dahin, daß der beim Austritt aus dem Ühlturm kondensierende Wasserdampf zu einer Einnebelung großer Landstriche führen könnte. Da die vorgesehenen Standorte z.B. am Rhein in der Nachbarschaft der besten Weinbau-

gebiete Deutschlands liegen, ist die Sorge der Anlieger verständlich. Daraus resultiert die Forderung nach gutachtlichen Vorausberechnungen über die tatsächlich zu erwartenden Konsequenzen. Die Aufmerksamkeit richtet sich dabei vor allem auf die Häufigkeit, die Lage und die Stabilität von Inversionen sowie auf die Temperatur- und Feuchteschichtung der unteren Atmosphäre überhaupt unter besonderer Berücksichtigung der jeweils gegebenen topographischen und großklimatischen Situation. Wenn nach technischer Ausreifung auch für größere Kraftwerke das Naßkühlturmverfahren durch die reine Luftkühlung ersetzt werden kann, würde der Standort künftiger Kernkraftwerke von großen Wasserläufen relativ unabhängig.

Die Standortwahl ist eine sehr komplexe Fragestellung, in die noch zahlreiche andere wirtschaftliche Argumente eingreifen. Dennoch sollte die Prüfung über die Wahl künftiger Standorte mehr als bisher an der Frage entschieden werden, wie für die Umwelt die geringstmöglichen Belastungen folgen, selbst wenn dabei zusätzliche Kosten entstünden. Daß die Entscheidung in diesem Sinne nicht von konkurrierenden Unternehmen gefordert werden darf, bedarf keiner Erläuterung. Man sollte überhaupt den "schwarzen Peter" nicht so sehr den Kraftwerksunternehmen zuschieben, die ja nur einen vorhandenen Bedarf decken müssen, allerdings mit gewinnorientierten Praktiken. Es sollte vielmehr auf einen wirtschaftlicheren Gebrauch der Energie hingewirkt werden, und hier ließen sich eine ganze Reihe von Möglichkeiten anführen. Im Zusammenhang mit der Abwärme sind zahlreiche Nutzungsmöglichkeiten denkbar.