

Sonderdruck: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Saarbrücken 1973.

## DER LABILITÄTSVERSTÄRKENDE EFFEKT GROSSER NASSKÜHLTÜRME UND DARAUS MÖGLICHERWEISE RESULTIERENDE BEEINTRÄCHTIGUNGEN DER BEKÄMPFUNG VON PILZKRANKHEITEN IM WEINBAU

H. GOSSMANN

### *Abstract*

This paper deals with ecological problems caused by a wet cooling tower of big dimension located in the immediate vicinity of a vineyard area. Special attention is given to its possible effect of increased atmospheric instability.

After evaluating the amount of sensible heat produced by the cooling tower and its effect as to rising air the possible transformation of latent heat in connection with wet-unstable layering of the atmosphere is discussed. An example of the different possible ecological consequences is given. Caused by a possible increase of showers the struggle of preventing fungic diseases e.g. *peronospora* may be complicated.

Bei dem Projekt des Kernkraftwerkes Breisach bzw. Wyhl, dem ersten deutschen Grosskraftwerk in der südlichen Oberrheinebene, hat sich aufgrund der Besonderheit dieses Raumes die Klimafrage zum zentralen Punkt einer sehr kontroversen Diskussion entwickelt. Dabei wurde ausser den Auswirkungen des einige 100 m langen Dampfschwadens des geplanten Nasskühlturms auf die unmittelbare Umgebung vor allem der Einfluss und die Folgen dieses Kühlverfahrens bei den für diesen Raum bei Hochdruckwetterlagen charakteristischen Inversionsbildungen mit einem Kaltluftsee in der Oberrheinebene und die dabei eventuell auftretende vermehrte Nebelbildung und die daher möglicherweise zu erwartenden Beeinträchtigungen des Weinbaus am Kaiserstuhl diskutiert.

Im folgenden geht es um einen, dem vorhergenannten entgegengesetzten Effekt, nämlich der Rolle, die die über dem Kühlturm abgegebene Abwärme bei feuchtlabilen Wetterlagen spielen kann, d.h. an Tagen, an denen ohnehin Neigung zu Schauer- oder auch Gewittertätigkeit besteht.

### **Der thermische Hebungseffekt der Kühlturmabluft**

Die etwa 5000 MW oder 1200 Mcal/sec Abwärme eines Kernkraftwerkes mit, wie vorgesehen, 2600 MW Netzleistung werden im Nasskühlturm auf zwei Wegen an die durchströmende Luft abgegeben: a. Erwärmung dieser Luft ("fühlbarer Wärmestrom"); b. Verdunstung eines Teils des Kühlwassers ("latenter Wärmestrom"). Unter mitteleuropäischen Klimabedingungen verteilt sich die wegzuführende Energie im Mittel etwa im Verhältnis 30:70 auf diese beiden Wärmeströme, d.h. 30% entfallen auf den fühlbaren Wärmestrom, werden also unmittelbar zur Erwärmung der Luft benutzt, 70% auf den latenten Wärmestrom, werden also in die Verdunstung von Wasser investiert.

Im Normalfall, d.h. wenn der über dem Kühlturm entstehende Nebelschwaden sich nach einigen 100 m aufgelöst hat, stehen für den thermischen Hebungseffekt

jene 30% fühlbare Wärme zur Verfügung, das sind ca. 1500 MW.

Um den Hebungseffekt dieser Energiemenge abschätzen zu können, müssen wir sie mit der für die natürliche Thermik beispielsweise über einem steilen Südhang verfügbare Energie vergleichen: Wir kennen die Solarkonstante  $2 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$  bzw.  $1400 \text{ W/m}^2$ , die Energiezustrahlung von der Sonne an der Obergrenze der Atmosphäre, damit gleichzeitig den oberen Grenzwert für die solare Energiezustrahlung, die auf ein Stück Erdoberfläche unter den günstigsten Bedingungen (senkrechter Strahleneinfall, minimale Verringerung der Strahlenintensität durch die Atmosphäre und ihre Verunreinigungen) treffen kann. Damit liefert sie aber auch eine sicher zu hoch gewählte obere Abschätzung für die Energiedichte, die etwa über einem Südhang die Erwärmung der Luft und damit die Thermik bewirkt.

Will man die genannten 1500 MW fühlbare Abwärme des Kraftwerkes mit dieser Energiedichte in Beziehung setzen, so muss man sich auf eine Bezugsfläche – gewissermassen als Basis des Thermikschlauches – über dem Kühlturm festlegen.

Hierzu drei Vorschläge:

- a.  $100 \text{ m} \cdot 100 \text{ m} = 10^4 \text{ m}^2$        $1,5 \cdot 10^9 \text{ W}/10^4 \text{ m}^2 = 150\,000 \text{ W/m}^2$   
(etwas mehr als die Kühlturmöffnung)
- b.  $1 \text{ km} \cdot 1 \text{ km} = 10^6 \text{ m}^2$        $1,5 \cdot 10^9 \text{ W}/10^6 \text{ m}^2 = 1\,500 \text{ W/m}^2$
- c.  $3 \text{ km} \cdot \frac{1}{3} \text{ km} = 10^7 \text{ m}^2$        $1,5 \cdot 10^9 \text{ W}/10^7 \text{ m}^2 = 150 \text{ W/m}^2$

An der mittleren dieser drei Rechnungen sieht man: Die thermischen Gegensätze in der Atmosphäre über einem Kühlturm dieser Grössenordnung sind grösser als die zwischen Luft über einem vegetationslosen, steilen, in der prallen Sonne liegenden Südhang von  $1 \text{ km}^2$  und einer völlig abgeschatteten Umgebung.

Es überrascht also nicht, dass beim Braunkohlekraftwerk Frimmersdorf (2300 MW Netzleistung) gleichzeitig mit einem neuen Nasskühlturm in unmittelbarer Nähe auch ein neuer Segelflugplatz entstand. Man kann sich sehr wohl vorstellen, dass in einigen Jahrzehnten ungeahnte Dauer- und Streckenrekorde in dieser Sportart aufgestellt werden, da die Segelflieger dann wohl längs der grossen Flüsse nur von Kühlturm zu Kühlturm zu springen brauchen.

## Die Freisetzung der latenten Wärme bei feuchtlabiler Atmosphäre

Kennzeichen der Luft an Tagen mit ausgesprochener Schauer- oder Gewitterneigung sind einmal eine kräftige Temperaturabnahme in der Luft mit zunehmender Höhe von ca.  $0,5^\circ$  je 100 m oder mehr, zum anderen eine hohe relative Feuchte. Letztere bewirkt, dass bei der Durchmischung des Schwadens mit Umgebungsluft keine Verdünnung des Wassergehaltes unter den jeweiligen Sättigungswert einzutreten braucht. Das hat die Konsequenz, dass beim weiteren Aufsteigen dieser Luft und der zugehörigen adiabatischen Abkühlung stets neuerliche Kondensation eintritt. Hierbei wird mit jedem Gramm Wasser wieder die Verdunstungswärme von ca. 590 cal frei, d.h. in fühlbare Wärme umgewandelt und damit für den thermischen Auftrieb verfügbar. Gleichzeitig ergibt sich auf diese Weise die relativ kleine feucht-adiabatische Abkühlung der aufsteigenden Luft von nur ca.  $0,5^\circ \text{ C}$  je 100 m. Wichtig ist hierbei, dass nicht nur das aus dem Kühlturm verdunstete Wasser in diesen Vorgang einbezogen wird, sondern auch der Wassergehalt der dem Schwaden beigemischten Luft, dass also das Energiereservoir mit zunehmendem Aufstieg und der

Einbeziehung weiterer Luft ständig grösser wird. Abb. 1 zeigt ein einfaches didaktisches Rechenmodell für diesen Vorgangskomplex<sup>1</sup> :

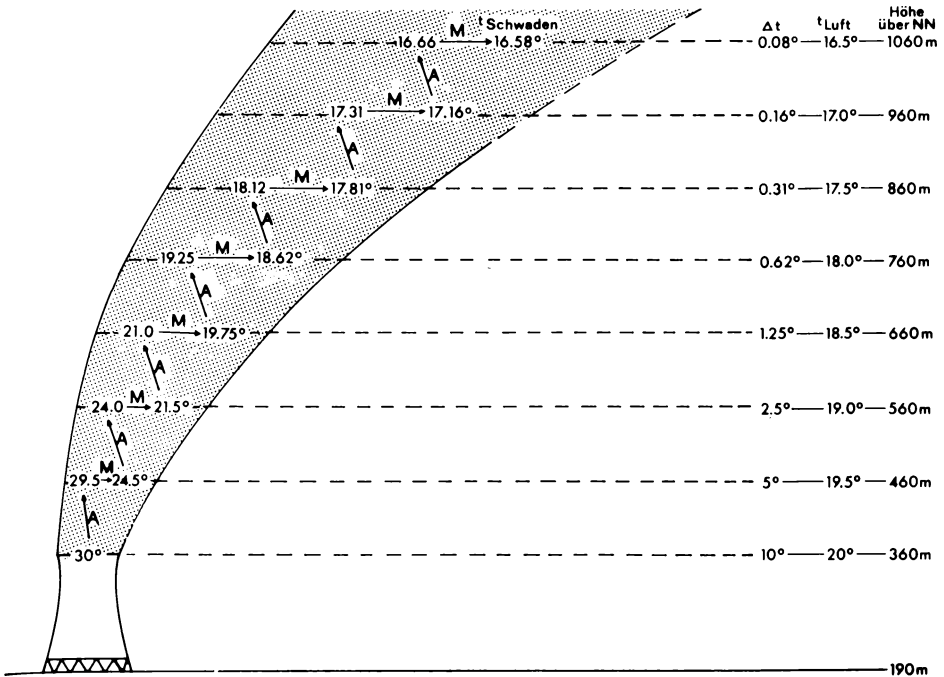


Abb. 1: Didaktisches Modell der Schwadenentwicklung eines Nasskühlturmes bei feuchtstabiler Atmosphäre. Annahmen: vertikaler Gradient der umgebenden Luft  $0,5^\circ$  je 100m, relative Feuchte der umgebenden Luft nahezu 100% (entstehende Mischluft sei jeweils gesättigt), der Schwaden verdoppele beim Aufsteigen je 100m sein Volumen durch Vermischung mit umgebender Luft. Bemerkungen: Das feuchtadiabatische Aufsteigen (A) und die gleichzeitig erfolgende Vermischung (M) mit umgebender Luft wurden in der Rechnung jeweils in zwei aufeinanderfolgende Schritte zerlegt. Für die feuchtadiabatische Temperaturabnahme der aufsteigenden Luft wurde der Mittelwert  $0,5\text{grad}/100\text{m}$  eingesetzt.

Trotz der der Überschaubarkeit halber notwendigen Vereinfachungen dieses Modells demonstriert es, dass bei entsprechenden Wetterlagen die Kühlturmabluft unter Vermischung mit der Luft der Umgebung einen grösseren aufsteigenden Luftkörper bilden und so in kritischen Situationen als Wurzel und Nahrung für Cumulonimben fungieren kann.

Es muss als Aufgabe der jetzt laufenden Gutachten angesehen werden, durch eine gründliche Inventarisierung der Temperatur-, Feuchte- und Windprofile in der Atmosphäre über den geplanten Standorten und durch Verfeinerung und Anwendung entsprechender hochwertiger Rechenprogramme zu einer fundierten Prognose über

<sup>1</sup>) Vergleiche GOSSMANN, H.: Problematik der Abwärme grosser Kraftwerke und ihres Einflusses auf die Atmosphäre. *Geogr. Rdsch.*, 1974, H. 3.

die Wahrscheinlichkeit und Intensität solcher Vorgänge zu kommen.

Dabei muss jedoch betont werden, dass eine solche physikalisch-meteorologische Betrachtung nur die Grundlage für weitere Untersuchungen sein kann, die sich dann mit der Auswirkung solcher Vorgänge auf das Wirtschaften des Menschen in diesem Raum beziehen müssen, in diesem Fall also z.B. auf den Weinbau des Kaiserstuhls oder eventuell auch des Schwarzwaldrandgebietes in der sog. Emmendinger Vorbergzone, und die nicht ohne eine Berücksichtigung der sozialen Strukturen gesehen werden können. Ich möchte dies an einem Beispiel ausführen:

### **Vermehrte Pilzgefährdung der Weinberge?**

Die in den öffentlichen Diskussionen von seiten der Winzer geäußerten Befürchtungen hinsichtlich einer vermehrten Gefährdung der Weinberge durch Pilzkrankheiten erfordern zu ihrem Verständnis die Kenntnis des Krankheitsverlaufes und der Bekämpfungsverfahren. Am Beispiel der Peronospora oder des falschen Mehltaus, des wohl verbreitetsten Rebschädlings in Mitteleuropa, sei dies dargestellt: Die Entwicklung dieses Pilzes nach einer Infektion erfolgt während einer Inkubationszeit von ca 5–12 Tagen (je nach Temperatur) in den befallenen Rebteilen. Dieser Zeitraum heisst Stadium der Ölfleckbildung wegen der charakteristischen Aufhellung der befallenen Blattfläche. Danach bildet sich auf der Blattunterseite und den Gescheinen der weisse Rasen der Sporenträger, und damit beginnt eine lawinenartige Ausbreitung der Krankheit in der näheren Umgebung. Kräftig befallene Stöcke erleiden am Laub und an der Frucht erhebliche Schäden bis hin zum völligen Ernteausfall und einer Beeinträchtigung des Stockes über die laufende Vegetationsperiode hinaus. Im Prinzip könnte schon aus der Tatsache, dass Infektion und Ausbruch dieser Pilzkrankheit an das Vorhandensein einer Feuchtigkeitsschicht auf der Pflanzenoberfläche gebunden sind, auf einen negativen Einfluss der vom Nasskühlturm abgegebenen Wassermenge geschlossen werden. Gravierender erscheint jedoch die mögliche Erschwerung der Bekämpfung des Pilzbefalls, die im Zusammenhang mit dem Labilitätsverstärkenden Effekt des Kühlturmes auftreten könnte: Die Schutzspritzung gegen Peronospora muss innerhalb der Inkubationszeit erfolgen, also oft in einer Zeitspanne von weniger als einer Woche, und sie setzt – damit sich ein wirksamer Schutzfilm bilden kann – trockene, zumindest tropfenfreie Pflanzen voraus. Eine vermehrte, z.B. frühlommerliche Schauertätigkeit wäre ein ernsthaftes Hindernis. Besonders betroffen wäre hier die Gruppe der Nebenerwerbwinzer, die als Arbeiterbauern im wesentlichen am Wochenende ihre Arbeit im Weinberg erledigen und für die somit in einer kritischen Phase das Wetter eines einzigen Tages über den Erfolg der Schädlingsbekämpfung entscheiden kann. Eine vermehrte Labilität der Atmosphäre an nur wenigen Tagen des Jahres könnte fühlbare materielle Schäden zur Folge haben.

Anschrift des Verfassers:

Dr. HERMANN GOSSMANN, Geographisches Institut der Universität, 78 Freiburg.