©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Über die Möglichkeit von Auswirkungen der Atombombenversuche auf das Wetter und auf die Radioaktivität der Luft.

Von Univ.-Prof. Dr. Ferdinand Steinhauser, Wien.

Mit 2 Textabbildungen.
Vortrag, gehalten am 30. November 1955.
(Erweiterte und ergänzte Fassung vom Juli 1956.)

Die durch die Erlebnisse der letzten Jahrzehnte verschreckte und beunruhigte Menschheit ist besonders empfänglich geworden für Sensationsberichte, die neue Gefahren aus den Fortschritten der physikalischen und technischen Wissenschaften vermuten lassen. Diese Unruhe wurde hauptsächlich durch den wirkungsvollen Einsatz von Atombomben zu Kriegsende und durch die fortdauernde Steigerung dieser Einsatzkraft, die in den Atombombenversuchen der Nachkriegszeit und insbesondere in den Auswirkungen der Explosionen von Wasserstoffbomben sichtbar und bekannt geworden ist, ausgelöst und genährt. Die Befürchtungen erstrecken sich darauf, daß die ungeheuren Energien, die bei den Atombombenversuchen frei-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

gesetzt werden, oder auch die dabei erzeugten und in die Lufthülle verstreuten großen Mengen von Spalt- und Restprodukten dieser Bombenexplosionen die Wettergestaltung auf der ganzen Erde nachhaltig beeinflußen und damit nicht nur vorübergehend Wetterstörungen sondern überhaupt eine anhaltende Änderung des Weltwettergeschehens verursachen könnten, und auch darauf, daß durch die radioaktiven Restprodukte, die man als atomtechnisches Aerosol bezeichnen kann, eine Verseuchung der Luft und eine Anreicherung ihrer Radioaktivität bewirkt wird, die sich bei einzelnen Atombombenexplosionen zu einer vorübergehenden oder im Laufe der Zeit auch zu einer beständigen Gefahr für die Menschheit entwickeln kann, indem allmählich die Toleranzgrenze für radioaktive Strahlung überschritten wird. Es soll daher im Nachstehenden versucht werden, nach dem heutigen Stand der Erkenntnis klar zu legen, ob und inwiefern die geäußerten Befürchtungen zurecht bestehen bzw. was von den in der Öffentlichkeit verbreiteten vielfach phantastischen Behauptungen oder Vermutungen zu halten ist.

Die Frage, ob die Atombombenexplosionen das Wetter beeinflussen, hat von zwei Gesichtspunkten aus viel Interesse gefunden. Einerseits ist die Vermutung, daß die bei den Atombombenexplosionen ausgelösten ungeheuren Energien ungeregelten Einfluß auf die Wetterentwicklung nehmen könn-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

ten, weit verbreitet und merkwürdigerweise hegt man meist die Befürchtung, daß dadurch das Wetter verschlechtert wird. Man will damit auch die in jüngster Zeit in verschiedenen Teilen der Erde aufgetretenen Witterungskatastrophen und auch das besonders im Sommerhalbjahr der letzten Jahre aufgefallene und erlebte Schlechtwetter erklären. Andererseits hat man vielfach auch die Hoffnung, daß nun in den Energien, die durch die Atomspaltung frei gemacht werden können, Mittel zur Verfügung stehen, die es ermöglichen könnten, das Wettergeschehen künstlich zu beeinflussen. Es wird mit viel Heftigkeit und zum Großteil auch mit einem übermäßigem Aufwand von Phantasie über diese Frage diskutiert und gar nicht so selten kommt es vor, daß Kreise der Wissenschaft sogar unlauterer Motive beschuldigt werden, wenn sie sich diesen phantastischen Ansichten nicht ohne weiteres anschließen wollen, sondern sich sachlich mit den Problemen auseinandersetzen, den vielfach in der Presse aufgetauchten, zum Teil unbegründeten Behauptungen oder Vermutungen entgegentreten und damit so mancher Sensation die Grundlage entziehen. Will man aber wirklich ein begründetes Urteil darüber gewinnen, ob die Atombombenexplosionen auf das Wetter einen Einfluß gehabt haben, oder in welchem Sinn sie möglicherweise einen Einfluß haben könnten, so muß man alle Möglichkeiten gewissenhaft prüfen und die

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

theoretischen Erkenntnisse wie auch die objektiven Beobachtungsergebnisse zu Rate ziehen.

Dieser Verpflichtung kommt auch die meteorologische Weltorganisation nach, deren Exekutivkomitee beschlossen hat, den Einfluß der Atombomben auf das Wetter näher untersuchen zu lassen. Es ist aber wenig verantwortlich, wenn Persönlichkeiten, die durch ihre Stellung oder durch besondere Auszeichnungen in der Öffentlichkeit, wenn sie auch nicht vom Fach sind, im Ansehen einer besonderen Autorität stehen, Behauptungen über den Einfluß der Atombomben auf das Wetter verbreiten lassen, für die sie keinen wissenschaftlichen Beweis liefern. Dadurch wird die Öffentlichkeit im Vertrauen auf die bekannte Autorität der betreffenden Persönlichkeiten in einem speziellen Fachgebiet aber in Unkenntnis der mangelnden oder der unzulänglichen Beweisführung irregeführt.

Was die Frage nach der Möglichkeit eines unmittelbaren energetischen Einflusses der Atombombenversuche auf das Wetter betrifft, ist zu unterscheiden zwischen dem Einfluß der bisherigen Atombombenversuche und der Wirkung eines möglichen Atombombeneinsatzes im großen Ausmaß. Was in den Erörterungen in der Öffentlichkeit zur Diskussion steht, ist im allgemeinen die Wirkung der bisherigen Atombombenexplosionen. Das muß besonders betont werden, da zwischen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

beiden Möglichkeiten natürlich ein ungeheurer Unterschied besteht.

Wenn man von der Wirkung der Atombombe spricht, denkt man in erster Linie an die ungeheuren Energien.

Die Energie der Atombombe vom Typ, wie er in Hiroshima verwendet wurde, entspricht der Sprengwirkung von ungefähr 20.000 Tonnen des Sprengstoffes Trinitrotoluol. Eine Wasserstoffbombe soll mehr als das 1000fache an Energien liefern können. Selbst wenn diese Energien zur Wetterbeeinflussung in großem Ausmaß ausreichen würden, wäre damit das Problem noch nicht erschöpft. Das technisch viel schwierigere Problem wäre dann noch das, in welcher Art die ausgelöste Atomenergie so gelenkt werden könnte, daß sie den gewünschten oder vermeintlichen Einfluß auf das Wettergeschehen nehmen könnte.

Es ist bekannt, daß, physikalisch gesehen, das ganze Wettergeschehen und die verschiedenen Witterungsentwicklungen auch Energieumsätze erforderlich machen oder mit sich bringen. Wenn wir eine Vorstellung von der Möglichkeit der direkten energetischen Auswirkung der Atomexplosionen auf das Wetter gewinnen wollen, werden wir etwas weiter kommen, wenn wir uns vor Augen halten, welche Energiemengen im Wettergeschehen überhaupt umgesetzt werden.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Für die Entwicklung des Wettergeschehens liefert die Sonne die nötige Energie. Wenn man die Strahlungsenergie berechnet, die auf die ganze Erde an einem Tag auffällt, kommt man auf einen Wert, der der Energie von 150 Millionen Atombomben pro Tag oder 55 Milliarden pro Jahr entspricht.

Mit dieser von der Sonne gelieferten Energie werden die Wärmeumsätze auf der Erde und in der Luft, die Verdunstung und der Wasserkreislauf zwischen Erdoberfläche und Lufthülle und auch die gesamten Bewegungsvorgänge in der Atmosphäre in Gang gesetzt und aufrecht erhalten. Es ist natürlich nicht leicht, genau zu berechnen, welche Energien in jedem dieser Vorgänge in der Luft enthalten sind oder umgesetzt werden und man kann nur Näherungswerte für einzelne Teilprozesse im gesamten Wettergeschehen angeben. So kann z. B. berechnet werden, daß die Bewegungsenergie, die allein in der allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre der Nordhalbkugel steckt, ungefähr das 5 Millionenfache der Energie einer Atombombe ausmacht.

Man kann auch abschätzen, welch ungeheure Energien im Wasserdampfkreislauf der Atmosphäre umgesetzt werden: es ist bekannt, daß eine Wärmemenge von 600 cal freigesetzt und der Atmosphäre zugeführt wird, wenn sich 1 g Wasser aus dem Wasserdampf der Luft bildet. Da pro Jahr auf

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

der ganzen Erde rund 500.000 km³ Wasser als Niederschlag niederfallen, wird dadurch eine Energie von etwa 20 Millionen Atombomben in der Lufthülle freigemacht. Das ist aber nur ein Teil der Arbeit, die im Wettergeschehen der Erde geleistet wird. Wir sehen aber daraus, daß im Hinblick auf die Energien, die im Weltwettergeschehen umgesetzt werden, die Energie einiger Atombombenexplosionen verschwindend ist, und man ist daher geneigt, damit schon die Wirkungslosigkeit der Atombombe als erwiesen anzusehen, weil der Vergleich der Energiewerte allzusehr zu Ungunsten der Atombombe ausfällt.

Bei diesen vergleichenden Betrachtungen der zur Verfügung stehenden und der in den Wetterprozessen umgesetzten Energiemengen muß allerdings auch in Betracht gezogen werden, daß die Wetterentwicklungen physikalische Prozesse darstellen, die zum Großteil die Energie aus ihrer Entwicklung selbst beziehen, wodurch das Problem ungeheuer kompliziert wird. Dies wird klar und spielt auch schon eine Rolle bei dem im Vergleich zur Weltwetterbeeinflussung sehr bescheidenen Probleme der Hagelbekämpfung. Auch hier ist die Frage die, welche Energie muß aufgewendet werden, um die Energie, die in einer Gewitter- oder Hagelwolke steckt, zu kompensieren, und wie müßte diese Energie gelenkt werden? Man stellt sich vor, daß Hagelkörner dadurch zur gefähr-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

lichen Größe anwachsen können, daß sie in der Gewitterwolke durch einen Aufwindstrom entsprechend lange gehalten bzw. hin und her geworfen werden, bis sie durch Kondensation oder durch Anlagerung unterkühlter Tropfen entsprechend groß geworden sind. Dies geschieht in den Gewitterwolken durch Aufwindfelder, in denen bei Segelflügen Aufwindgeschwindigkeiten bis zu 30 m pro Sek. und mehr festgestellt wurden. Die Energie, die zur Erhaltung der Aufwindströme nötig ist, bezieht die Gewitterwolke größtenteils daraus, daß bei den Kondensationsprozessen, die einmal durch einen thermischen oder auch dynamischen Auftrieb eingeleitet sind, durch die Tropfenbildung Kondensationswärme frei wird, die bei entsprechender Luftschichtung die Energie für das weitere Anwachsen der Wolke und für den dazu nötigen Aufwind liefert. Man kann auch hier berechnen, welche Energiemengen dabei zum Umsatz kommen, und sich dadurch klar werden, daß es völlig unrentabel wäre, diese Energien mit einem gleich großen Energieaufwand zu bekämpfen.

Wenn man eine mittlere Aufwindgeschwindigkeit von 20 m pro Sek. und eine Höhenerstreckung von 4000—8000 Meter annimmt, bekommt man für die kinetische Energie einer nur 500 m breiten Zirkulationszelle einer Gewitterwolke einen Wert, der der Energie von etwa 10—100 Atombomben entspricht. Man sieht daraus, daß die einzige Mög-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

lichkeit eines wirkungsvollen Eingriffes nur die wäre, daß man den in der Gewitterwolke ablaufenden sich selbst verstärkenden Prozeß der Energieumsetzung im richtigen Zeitpunkt mit geringerem Energieaufwand umzulenken versucht oder durch künstliches Eingreifen, was z. B. durch Impfung der Gewitterwolke mit Silberjodid theoretisch denkbar wäre, die Wolke zum vorzeitigen Ausregnen veranlaßt.

In ähnlichem Sinne wie bei der Hagelwolke das Problem der Einflußnahme auf ihre Entwicklung im Kleinen liegt, könnte man sich auch im Großen bei der Einflußnahme auf das Weltwetter denken, daß auch vielleicht hier eine steuernde Wirkung eines sich selbst verstärkenden Prozesses möglich wäre. Da aber die Vorgänge bei der Entwicklung des Weltwettergeschehens natürlich ungeheuer viel komplizierter und unübersichtlicher sind als z. B. die Entwicklung der Gewitterwolke, läßt sich hier die Möglichkeit eines direkten energetischen Eingriffes im Sinne einer Umsteuerung noch weniger abschätzen. Bei der Kompliziertheit der das Wetter bestimmenden allgemeinen Zirkulation erscheint eine derartig steuernde Einflußnahme sehr unwahrscheinlich.

Ein anderer sehr wesentlicher Punkt, der beachtet werden muß, wenn man die Möglichkeiten der Auswirkung von Atombombenexplosionen auf das Wetter beurteilen will, ist der Zeitfaktor. Wenn

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

man schon annehmen wollte, daß durch die Atombombenexplosionen das Wetter geändert werden könnte, so ist zu bedenken, daß ein solcher Umbildungsprozeß sehr langwierig ist und sehr viel und andauernden Energieaufwand erfordert, während bei den Atombombenexplosionen die Energieauslösung in ganz kurzer Zeit, nämlich in Bruchteilen einer Sekunde, erfolgt und rasch verbraucht wird.

Daß die Zeit bei dem Problem des Einflusses eines riesigen Energieaufwandes auf das Wetter eine sehr große Rolle oder sogar die entscheidende Rolle spielt, sieht man auch aus den Wettererscheinungen, die gelegentlich der Atombombenexplosionen im Explosionsgebiet beobachtet wurden [1]). Die ungeheure Hitzeentwicklung erzeugt einen Feuerball mit Temperaturen von einigen hunderttausend Graden, der unter Abkühlung rasch an Ausdehnung zunimmt. In seinem Bereich verdampfen Wasser, Bombentrümmer, Bodenteilchen und alle Materialien. Dies geschieht alles in außerordentlich kurzen Zeiten. Durch Abstrahlung und Ausdehnung nimmt die Temperatur wieder rasch ab. Bei der in der Luft erfolgten Explosion der Atombombe beim Bikini Atoll war schonn ach 10 Sek. der Feuerball wieder auf 1700° C abgekühlt und damit hörte auch die Leuchtkraft auf und auch die Ausstrahlung von radioaktiver Strahlung war bereits zu Ende. In der beim Aufstieg abkühlenden Luftmasse tritt Kondensation der Verdampfungs-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

produkte ein; es bilden sich Wassernebel und Staub aus radioaktiven Oxyden und Spaltprodukten. Die Steiggeschwindigkeit der Atomwolke ist anfänglich sehr groß und nimmt mit der Höhe rasch ab, während es z. B. bei der Entwicklung einer Gewitterwolke umgekehrt ist und dort die durch die freiwerdende Kondensationswärme genährte Steiggeschwindigkeit mit der Höhe zunimmt.

In Analogie zu den Bedingungen der Bildung eines Wärmegewitters hätte man erwartet, daß bei der großen Überhitzung im Explosionsgebiet ebenfalls mächtige Gewitter sich ausbilden würden, zumal in dem tropischen Gebiet die Luft viel Feuchtigkeit enthält und diese Gebiete daher überhaupt sehr gewitterreich sind. Zur allgemeinen Überraschung blieb aber die Gewitterbildung aus. Nach einer Unterwasserexplosion beim Bikini Atoll hat es nur ein wenig geregnet, während bei einer anderen Explosion im Eniwetok Atoll die Bombenwolke überhaupt nur aus Staub bestand und kein Regen fiel. Man sieht daraus, daß selbst im Explosionsgebiet der Einfluß auf das Wetter geringfügig und rasch vorübergehend war, oder überhaupt ausgeblieben ist. Dies erklärt sich daraus, daß der ganze Vorgang eben viel zu rasch erfolgt. Die Bildung und Erhaltung einer Gewitterwolke erfordert eine ständige Zufuhr feuchter Luftmassen im aufsteigenden Luftstrom. Bei der Bombenexplosion erfolgt aber die Energieauslö-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

sung plötzlich und das Aufsteigen der Heißluftblasen hört auf, sobald der aufgetriebene Luftkörper abgekühlt ist und damit hört auch der Nachschub feuchter Luftmassen auf. Die Energieauslösung erfolgt bei der Explosion so rasch, daß die Atmosphäre gar nicht Zeit, hat, sich darauf einzustellen.

Vollkommen anders reagiert dagegen die Atmosphäre auf eine ebenfalls lokal begrenzte aber länger andauernde Energiezufuhr, wie wir sie z. B. beim Brand großer Städte nach Bombardierungen im letzten Weltkrieg erlebt haben. So ist z. B. von solchen Großbränden bekannt, daß es dabei trotz herrschender Schönwetterlage zu einer mächtigen hochreichenden Wolkenbildung kam und daß es in Strömen regnete, während gleichzeitig in Bodennähe die Luft mit Windstärke 11 in das Brandgebiet eingesaugt wurde. Zum Unterschied zu der Atombombenexplosion bleibt hier die Energiequelle des Brandes längere Zeit wirksam, so daß dadurch genügend Luftmassen in den Aufwindstrom über dem Brandherd nachgeführt werden konnten, die den für die ergiebigen Regenfälle benötigten Wasserdampf lieferten. Auch bei der Atombombenexplosion in Hiroshima trat Regen auf, aber auch dieser wurde nicht durch die Explosion selbst, sondern nur durch den Brand der Stadt verursacht und ermöglicht.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Da also die durch die Atombombenexplosionen ausgelöste Energie für eine nennenswerte Umgestaltung der Wetterlage nicht ausreichend ist und auch der zeitliche Ablauf dieser Energieauslösung im Verhältnis zu der für die Wetterentwicklung benötigten Zeit viel zu rasch erfolgt, ist zu schließen, daß eine direkte Beeinflussung des Wetters durch die Atombombenversuche, abgesehen von vorübergehenden Erscheinungen am Explosionsort, nicht möglich ist. Es ist auch heute so, daß in den zahlreichen Diskussionen über die Auswirkung der Atombombenexplosionen auf das Wetter, die ursprünglich mehr unter dem imponierenden Eindruck der ungewöhnlich großen Energien geführt worden sind, der Annahme eines direkten energetischen Einflusses im allgemeinen keine Bedeutung mehr zugebilligt wird.

Was aber die Energieübertragung vom Explosionsort betrifft, so hat inzwischen sowohl vom wissenschaftlichen wie auch vom praktischen Gesichtspunkt in den letzten Jahren die Frage ihres Nachweises mit Hilfe von meteorologischen Beobachtungen Beachtung gefunden. Es ist zunächst in Japan und neuerdings auch in Europa gelungen, in Barographenregistrierungen Druckwellen festzustellen, die in ihrem Ursprung eindeutig einzelnen Wasserstoffbombenexplosionen zugeordnet werden konnten. Die ersten derartigen Druckwellen sind von 40fach vergrößernden Mikrobarogra-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

phen im November 1952 und im März bis Mai 1954 in Japan in einer Entfernung von ungefähr 4000 km vom Explosionsort aufgezeichnet worden [2]). Die Amplituden der aus Südost mit ungefähr Schallgeschwindigkeit kommenden Druckwellen betrugen nur einige Zehntel Millibar und eine Wiederkehr dieser Druckwellen nach einem Umlauf um die Erde konnte nicht mehr festgestellt werden. Ähnliche Wellen wurden in Japan am 22. November 1955 aus Westnordwest kommend aufgezeichnet [3]). In jüngster Zeit sind auch Registrierungen von Druckwellen, die von den im Jahre 1954 beim Bikini Atoll durchgeführten Wasserstoffbombenexplosionen ausgingen, aus Deutschland bekannt geworden [4]).

Die Perioden der Wellen betrugen in den japanischen Registrierungen 1 bis 5 Minuten, wobei größere Schwingungen überlagert sind, und in den deutschen Registrierungen 5 bis 10 Minuten. Die Explosionen vom 28. Februar und vom 26. März 1954 konnte ich auch in Variographenaufzeichnungen von Wien jeweils am Morgen des nächsten Tages ein wenig später als in Potsdam identifizieren. Die Welle vom 28. Februar wurde auch in den Variographenregistrierungen von Bad Ischl in genau der gleichen Form wie in Wien wiedergefunden. Die Laufzeit der Druckwellen vom Bikini Atoll bis Potsdam betrug ungefähr 12 Stunden. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten betrugen nach den

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

japanischen Aufzeichnungen 284 bis 310 m/sec und in guter Übereinstimmung damit nach den deutschen Aufzeichnungen 288 bis 313 m/sec. Sie sind aber etwas kleiner als die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten ähnlicher Druckwellen, die gelegentlich des Krakatauausbruches im Jahre 1883 (mit 318,8 m/sec) und beim Fall des großen sibirischen Meteors am 30. Juni 1908 (318 m/sec) auf der ganzen Erde beobachtet worden sind. Die in Japan registrierten von Sibirien kommenden Wellen hatten mit 374 m/sec eine größere Fortpflanzungsgeschwindigkeit, was zum Teil wahrscheinlich durch die vorherrschenden Westwinde erklärlich ist. Die Amplitude der Krakatauwelle betrug in der Nähe des Vulkans 67 mb und auch in Europa noch 1,7 mb. Die Druckschwankungen waren demnach viel größer als bei den Wasserstoffbombenexplosionen und die Druckwelle lief mit einer Umlaufzeit von 35 Stunden zum Unterschied von den Atombombenwellen mehrmals um die ganze Erde herum. Für das Wettergeschehen sind derartige Druckwellen natürlich vollkommen bedeutungslos; sie liefern aber bei Verfolgung ihrer Verbreitung über die ganze Erde wertvolles Beobachtungsmaterial für die Erforschung der freien Atmosphäre und sie geben andererseits auch die Möglichkeit, mit Hilfe eines Netzes von Registrierstellen nicht bekanntgegebene Explosionsorte festzustellen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Was die Beeinflussung des Wetters durch Atombombenexplosionen betrifft, so steht im Mittelpunkt der Diskussion heute mehr die Möglichkeit einer indirekten Einflußnahme auf dem Wege über die bei den Explosionen in die Atmosphäre gebrachten Spalt- und Restprodukte, denen man eine Wirksamkeit als Kondensationskerne zuschreiben will. In dieser Hinsicht wurden in den letzten Jahren auch neue phantastische Behauptungen aufgestellt und irreführende Berechnungen durchgeführt. Es wurden auch experimentelle Überprüfungen und theoretische Überlegungen angestellt, die heute einen genaueren Einblick ermöglichen, in welchem Sinne eine Einflußnahme erfolgen könnte und welche Annahmen oder Behauptungen als widerlegt oder unbegründet bereits verworfen werden müssen. Bei diesen Fragen kommt es aber nicht mehr nur auf die Atombombenexplosionen, sondern auch auf die Wirkung von Atomenergieanlagen überhaupt an und bei der raschen Zunahme derartiger Anlagen in allen Teilen der Welt kommt diesem Problem heute sogar die größere Bedeutung zu.

Es handelt sich dabei eigentlich um zwei Probleme: einmal um die Wirkung der Abfallprodukte auf die Kondensationsvorgänge und auf die Niederschlagsbildung und andererseits um die Erfassung der Verlagerung und Ausbreitung der mit radioaktiven Abfallprodukten angereicherten Luft-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

massen und der durch diese verursachte Gefährdung der Menschheit.

Zunächst sei die Frage geprüft, ob und wie die durch die Atombombenexplosionen oder durch Atomenergieanlagen in die Atmosphäre gebrachten Partikel oder die durch die radioaktiven Abfallprodukte gebildeten Ionen als Kondensationskerne wirksam werden und so die Wolken- und im weiteren Sinne auch die Niederschlagsbildung beeinflussen können. Normalerweise ist es, wie die Vorgänge in der Wilsonkammer zeigen, so, daß zunächst die großen Kerne wirksam werden und, wenn diese ausgefallen sind, bei fortschreitender Übersättigung die Kondensation auch an den kleinen Ionen erfolgt. Es ist daher anzunehmen, daß auch in der freien Atmosphäre die Kondensation zunächst an den großen Kernen erfolgen wird, wenn genügend vorhanden sind, und die Ladung der Ionen erst dann wirksam wird, wenn aus Mangel an großen Kernen die Kondensation an kleineren Teilchen erfolgen müßte. Dabei wird dieser Vorgang durch Herabsetzung des Dampfdrucks der Wassertröpfchen durch die elektrische Ladung erleichtert. Dies muß in Betracht gezogen werden, wenn man sich darüber Gedanken machen will, ob durch die bei den Atomenergieumsätzen in die Luft gebrachten elektrisch geladenen Spaltprodukte ein Einfluß auf die Wolken- und Niederschlagsbildung wahrscheinlich oder möglich ist. Es sind dabei

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

zwei Faktoren von Bedeutung; die Größe der Teilchen und die elektrische Ladung.

Was die Größe der Teilchen betrifft, so könnte diesen im Hinblick auf die Niederschlagsbildung dadurch Bedeutung zukommen, daß bei Kondensation an großen Kernen größere Tröpfchen entstehen, die rascher fallen als die kleineren Wolkentröpfchen und dabei durch Einfangen der kleinen Tröpfchen eine Koagulation und damit ein rasches Wachstum der Tropfen, was Vorbedingung für die Niederschlagsbildung ist, fördern. Man nimmt heute an, daß die Koagulation von Tropfen besonders in den wärmeren Gebieten der Erde die hauptsächlichste Vorbedingung für die Entstehung von Regentropfen aus Wolkentröpfchen darstellt. In unseren Breiten hatte man in den letzten Jahren die Beteiligung von Eiskeimen und Eisteilchen an der Vergrößerung der Wolkenelemente zu Niederschlagselementen als den hauptsächlich wirksamen Faktor bei der Niederschlagsauslösung angesehen. In neuerer Zeit ist man aber auf Grund von neuen Beobachtungsergebnissen geneigt, auch bei uns der Koagulation eine nicht unbedeutende Rolle zuzubilligen. Dem Einfluß großer Kerne auf die Niederschlagsbildung und vor allem auf die Bildung von Starkregen wurde vor kurzem sogar im Zusammenhang mit dem Problem von kosmischen Einflüssen auf das Wettergeschehen insofern auch eine Bedeutung beigemessen, als dem Meteorstaub

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

im gleichen Sinne wie den großen Kernen eine niederschlagsbildende Wirkung zugebilligt wird [5]). Eben jetzt ist auch eine Arbeit erschienen, in der der Nachweis versucht wird, daß die Singularitäten im Jahresgang des Niederschlags, die darin bestehen, daß zu gewissen Zeiten die Niederschlagshäufigkeit oder Niederschlagsmenge auffallend erhöht ist, mit dem Durchgang der Erde durch Meteoritenschwärme in Zusammenhang stehen sollen. Dabei wird eine Fallzeit von 30 Tagen bei Teilchengrößen von 4 bis 10 μ angenommen. In diesem Sinne wäre daran zu denken, daß auch Spalt- und Restprodukte der Atombombenexplosionen niederschlagsfördernd wirken und gelegentlich Starkregen auslösen könnten. Es ist aber nicht anzunehmen, daß bei der doch noch recht beschränkten Zahl von Atombombenexplosionen ein solcher Einfluß derart ausgiebig sein könnte, daß er in einem Gebiet mit so veränderlichem Wetter wie in Europa, das noch dazu von den bisherigen Atombombenexplosionsorten so weit abliegt, aufgefallen sein könnte.

Es handelt sich bei diesen großen Kernen, wie erwähnt, um Größenordnung von über 1 Mikron. Die kleineren von diesen Teilchen können wohl durch die allgemeine Zirkulation sehr weit verfrachtet werden.

Diese Verlagerung unter gleichzeitigem langsamen Absinken wäre aber nur unter der

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Bedingung auf weite Strecken möglich, daß diese Teilchen unterwegs nie in Niederschlagsgebiete kommen, wo sie durch den niederfallenden Niederschlag zum Großteil ausgewaschen würden, soweit sie nicht selbst an der Niederschlagsbildung teilnehmen. Soweit es sich um Teilchen der Troposphäre handelt, ist es aber sehr unwahrscheinlich, daß dies nicht irgendwann in absehbarer Zeit zu erwarten ist. Wenn die Teilchen nämlich in windschwache Gebiete kommen, wo Niederschläge selten sind, würden sie nicht weit verfrachtet, zumal in diesen windschwachen Gebieten auch die Windrichtung nicht sehr beständig ist. Kommen sie aber in den Bereich von stärkeren Luftströmungen, wie z. B. in den Bereich des als Jet Stream bekannten Strahlstromes der oberen Troposphäre, dann könnten sie wohl sehr rasch weiterbefördert werden. Solche Gebiete sind aber die hauptsächlichsten Frontalzonen, in denen die Niederschlagstätigkeit lebhaft ist, und dort müßten die Teilchen doch in absehbarer Zeit zum größten Teil ausgewaschen werden. Es ist also nicht wahrscheinlich, daß solche Riesenkerne, wie man diese Teilchen auch nennt, sich in der Troposphäre allzusehr anreichern können. Anders ist es, wenn die Teilchen in die Stratosphäre gelangen, wo es keine Niederschläge gibt und wo sie daher ihrer kleinen Fallgeschwindigkeit entsprechend weit verfrachtet werden können. Bei den Atombomben der älteren Type ist, wie

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

photographische Aufnahmen gezeigt haben, die Wolke nicht in die Stratosphäre gegangen, sondern hat sich an der Inversion pilzförmig verbreitet. Bei den Wasserstoffbomben dagegen werden die Luftmassen und Abfallprodukte unzweifelhaft auch hoch in die Stratosphäre geschleudert, wenn auch hier wieder die Inversion an der Tropopause als Sperrschicht wirkt und den größten Teil zurückhält, wie die beobachtete Bildung einer breiten pilzförmigen Erweiterung einer Wasserstoffbombenwolke zeigt. Der Wolkenpilz soll dabei einen Durchmesser von ungefähr 150 km erreicht haben, seine obere Grenze lag in 18 km Höhe, das ist gerade die Höhe der Stratosphärengrenze in den Tropen. Ein viel schmälerer zentraler Kern erhob sich darüber noch auf 30 bis 35 km Höhe [6]).

Von weiterem Interesse ist noch der Einfluß der elektrischen Ladung auf die Kondensationsvorgänge, da ja anzunehmen ist, daß durch die radioaktiven Spaltprodukte auch eine beträchtliche Ionisierung der Luft und der Restteilchen selbst erfolgt. Nach Thomson kann die Übersättigung, die zur Kondensation an ungeladenen oder an geladenen Teilchen notwendig ist, in Abhängigkeit vom Tropfenradius berechnet werden [7]). Es zeigt sich dabei (Abb. 1), daß die Übersättigung in Bezug auf ungeladene Tropfen mit abnehmendem Radius ständig wächst, daß aber in Bezug auf mit einer Elementarladung geladenen Tröpfchen ein

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Maximum der Übersättigung von etwa 400% bei einem Tropfenradius von $6{,}2 \times 10^{-8}$ cm eintritt und darunter die Übersättigung rasch wieder abnimmt. Ein kleines geladenes Tröpfchen wird in dem Bereich, wo die Übersättigung mit wachsendem Radius zunimmt, solange wachsen, bis das

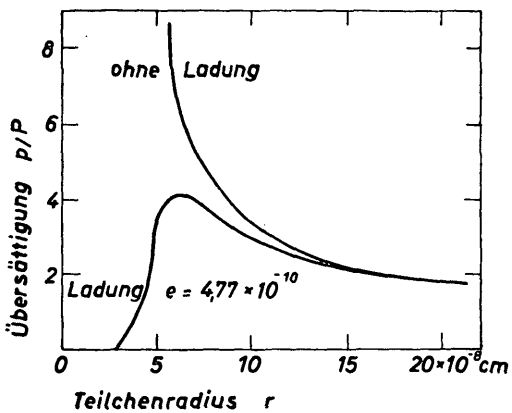

Abb. 1: Verlauf der zur Kondensation notwendigen Übersättigung (p/P) an ungeladenen und mit einer Elementarladung geladenen Teilchen in Abhängigkeit vom Tropfenradius r.

Tröpfchen mit dem Umgebungsdampfdruck im Gleichgewicht ist. Wenn die Grenzübersättigung beim Maximum der Übersättigungskurve erreicht werden kann, so kann das Tröpfchen bis zur sichtbaren Größe weiterwachsen. Der zum Kurven-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

maximum gehörige Tropfenradius sei als kritischer Tropfenradius bezeichnet. Es läßt sich dann berechnen, wie mit zunehmender Ladungszahl der Tröpfchen die kritische Tropfengröße zunimmt und die zugehörige Übersättigung abnimmt:

Ladung e	relative Feuchte %	kritischer Radius r_k, cm
1	389	$6{,}2 \times 10^{-8}$
2	235	$9{,}9 \times 10^{-8}$
5	159	$1{,}8 \times 10^{-7}$
10	134	$2{,}9 \times 10^{-7}$
50	111	$8{,}4 \times 10^{-7}$
100	107	$1{,}3 \times 10^{-6}$

Auch eine 7prozentige Übersättigung ist in der Atmosphäre schon sehr unwahrscheinlich. Für größere Tröpfchen ist der Ladungseinfluß nur sehr gering. Nach neueren Beobachtungen kommen in Haufenwolken Übersättigungen höchstens bis 0,36% vor. Dies spricht dafür, daß meist hinreichend viele Kondensationskerne vorhanden sind. In starken Vertikalströmen sind geringe Übersättigungen möglich. 0,05 Prozent Übersättigung erfordert einen Vertikalstrom von 0,79 m/sec bei 0 Grad, 0,5 Prozent Übersättigung einen von 14,5 m/sec bei 20 Grad Celsius. Übersättigungen von mehr als 1 Prozent können nicht angenommen werden.

Es wurde berechnet, wie groß die Ladungszahl eines festen Teilchens sein müßte, damit noch eine

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

gegenüber ungeladenen Teilchen merkliche und wirkungsvolle Herabsetzung des Dampfdruckes erfolgt[8]). Dies wäre der Fall, wenn die Ladungszahl $n > 12 \times 10^4 r^2$ (r in Mikron) ist. Bei $r = 10$ Mikron wären dazu 12×10^6 Ladungseinheiten notwendig. So hohe Ladungen könnten höchstens am Explosionsort selbst vorkommen. Im allgemeinen tragen Wassertropfen bis zu 30 Elementarladungen. Dadurch könnte wohl die elektrische Leitfähigkeit der Atmosphäre beeinflußt werden, aber kein wesentlicher Einfluß auf die Kondensation ausgeübt werden.

Die Zahl der Kondensationskerne ist übrigens für die Niederschlagsbildung noch nicht allein entscheidend. Im allgemeinen besteht in der Atmosphäre kein Mangel an Kondensationskernen und auch die größte Zahl von Kondensationskernen kann keinen Niederschlag bewirken, wenn die meteorologischen Vorbedingungen fehlen. Dazu gehört, daß in der Luft genügend Wasserdampf enthalten sein muß oder, wenn dieser als Niederschlag ausfällt, immer wieder durch Advektion oder entsprechende Aufwindströme nachgeführt wird. Trotz genügender Zahl von Kondensationskernen tritt aber keine Wolken- oder Niederschlagsbildung ein, wenn nicht die dazu notwendigen physikalischen Vorbedingungen, nämlich eine Abkühlung unter den Taupunkt und eine hinreichende Übersättigung der Luft mit Wasser-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

dampf vorhanden sind. Diese Vorbedingungen können aber weder durch die Atombombenexplosionen selbst noch durch ihre radioaktiven Restprodukte geschaffen werden.

Von diesem Gesichtspunkt aus kann es vielleicht sogar ungünstig sein, wenn allzuviele Kondensationskerne vorhanden sind, weil sich dann der zur Verfügung stehende Wasserdampf auf viele kleine Tröpfchen verteilen würde, was für die Niederschlagsbildung schlechtere Bedingungen schaffen kann als die Existenz von weniger aber dafür größeren Tröpfchen.

In Amerika wurde auch untersucht, ob die Spaltprodukte der Atombomben als Gefrierkerne wirksam sind [9]). Die Gefrierkerne haben die Eigenschaft und die Aufgabe, unterkühlte Wassertröpfchen zum Gefrieren zu bringen. Weil der Sättigungsdruck in Bezug auf Eis kleiner ist als in Bezug auf Wasser, werden unterkühlte Wolken in Bezug auf die Eisteilchen übersättigt und es bildet sich daran eine intensivere Kondensation, wodurch größere Eisteilchen entstehen, die als Niederschlag zu Boden fallen können und, wenn sie unterwegs in wärmeren Luftschichten schmelzen, ergiebigen Regen bringen können. Ein solcher Effekt konnte bei den amerikanischen Untersuchungen der Atomspaltprodukte nicht festgestellt werden.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die theoretischen Überlegungen wie auch die experimentellen Ergebnisse weisen demnach darauf hin, daß aus der Feststellung von radioaktivem Material in Niederschlägen noch nicht geschlossen werden darf, daß dieses an der Niederschlagsbildung selbst einen wesentlichen Anteil hatte.

Wie man sieht, sind die Verhältnisse sehr kompliziert, aber theoretisch doch so weit geklärt, daß es nicht mehr möglich ist, einfache Überschlagsrechnungen mit der Anzahl der erzeugten Teilchen unter der Annahme, daß diese alle als Kondensationskerne wirksam werden, zu machen. Zu den erwähnten komplizierten Verhältnissen kommt noch, daß die Kondensationsvorgänge bestimmte meteorologische Vorbedingungen wie aufsteigende Luftströmungen und hinreichenden Nachschub, bzw. Vorrat von Wasserdampf in der Atmosphäre voraussetzen, die bei diesen Rechnungen gar nicht in Betracht gezogen werden. Deshalb kommt auch so manchen von derartigen Berechnungen, die in der Öffentlichkeit Aufregung verursacht und den Eindruck von Beweisen erweckt haben, doch keine Beweiskraft zu.

Dies gilt z. B. auch für die vor einigen Jahren von der Tagespresse gebrachte Erklärung des englischen Chemikers Frederic Soddy, daß die an den verschiedenen Atomforschungsstätten dauernd in die Luft geblasenen Abfallprodukte, die „Atomschnitzel" durch die radioaktiven Rückstände die

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Atmosphäre ionisieren und daß dies einen Einfluß auf das Wetter haben müsse.

Auch viele von den Behauptungen, die in dem Buch des Franzosen Charles Noel Martin „Hat die Stunde H geschlagen" aufgestellt worden sind, gehören zu dieser Art. Es werden bei den Argumentationen meist nur Teilprobleme in Betracht gezogen, das Zusammenwirken aller Faktoren des Wettergeschehens und auch die früher erwähnten Detailerkenntnisse werden aber außeracht gelassen. Überdies werden auch Behauptungen aufgestellt, die den Beobachtungen nicht entsprechen. Martin nimmt an, daß bei den Wasserstoffbombenexplosionen ein Trichter von 60 m Tiefe und 2 km Durchmesser ausgehoben wird und dadurch nahezu 1000 Millionen Tonnen Erde herausgerissen und in die Atmosphäre aufgewirbelt werden. Wenn er nun weiter argumentiert, daß dadurch zum erstenmal irdische Staubmassen in bisher nicht erreichte Höhen der Atmosphäre gebracht wurden und dort eine derartige Schwächung der Sonnenstrahlung bewirken müssen, daß, wie er sich ausdrückt, die Staubmassen uns wieder zu Höhlenbewohnern machen, so muß man bedenken, daß auch früher schon gelegentlich von großen Vulkanausbrüchen Staubmassen in derartige Höhen transportiert wurden und daß trotz jahrelanger Atombombenversuche von einer Schwächung der Sonnenstrahlung in den Beobachtungsreihen noch

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

nichts bemerkt worden ist. Demgegenüber ist bei den großen Vulkanausbrüchen in allen Teilen der Erde eine beträchtliche Strahlungsschwächung um 15 bis 20 Prozent und noch mehr auch jahrelang nach der Explosion festgestellt worden und außerdem gab es damals sehr auffallende optische Erscheinungen der hohen Atmosphäre, die ein sehr deutliches Zeichen für streuende Partikel in der Stratosphäre darstellen, bisher aber als Folge der Atombombenexplosionen auch nicht aufgefallen sind. In jüngster Zeit wurde am Palomar Observatory der Versuch gemacht, durch Polarisationsmessungen Atomstaub in den höheren Atmosphärenschichten festzustellen [10]). Über die Ergebnisse ist noch nichts bekannt geworden. Der Fehler in der Argumentation Martin's liegt offenbar darin, daß er so rechnet, als ob die gesamten durch die Bomben ausgerissenen Bodenmassen in feinster Staubzerteilung in die Stratosphäre geschleudert worden und dort schwebend erhalten geblieben seien.

Es sind auch die Energien der großen Vulkanausbrüche viel größer als selbst die der Wasserstoffbombe. Die Energie des Krakatauausbruchs wird auf das Tausendfache der Energie einer Wasserstoffbombe geschätzt [11]). Die damals in die Luft geschleuderten Staubmassen werden mit 20 Kubikkilometer angenommen. Trotz der deutlich merklichen Strahlungsschwächung und der langen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Andauer der Schwebestoffe in der Stratosphäre, ist selbst die Wirkung der Vulkanausbrüche auf das Wettergeschehen nicht eindeutig und umstritten. In je 10 Monaten nach den 13 größten Lockerausbrüchen der letzten 140 Jahre waren die Niederschlagsmengen in Mitteleuropa 8mal kleiner und 5mal größer als dem langjährigen Durchschnitt entspricht [12]). Es waren demnach die trokkenen Folgezeiten etwas häufiger als die zu nassen. Dies steht gerade im Gegensatz zu den heute viel verbreiteten Ansichten, daß die Atombombenversuche eine Vermehrung der Niederschlagsmengen bringen sollen.

Eine andere Gefahr der Wasserstoffbombenexplosion sieht Martin darin, daß unter Einwirkung der großen Hitze aus Stickstoff und Sauerstoff der Luft Stickoxydgas (NO) sich bildet und daß daraus durch Verbindung mit Sauerstoff und Wasserdampf Salpetersäure (HNO_3) entsteht, die mit dem Niederschlag zu Boden fällt und dort dem Pflanzenleben gefährlich werden kann. Der Säuregehalt des Regenwassers kommt im p_H-Wert zum Ausdruck. Reines Wasser hat ein $p_H = 7$ und reagiert neutral. Niederschlagswasser mit kleineren p_H-Werten reagiert sauer und solches mit größeren p_H-Werten alkalisch. Martin befürchtet ein Absinken des p_H-Wertes auf 5. Dies ist nun aber nichts besonderes; denn solche und auch noch kleinere Werte wurden auch vor Auslösung von

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Wasserstoffbomben in Niederschlägen wiederholt beobachtet. Ja, es ist sogar die Regel, daß Niederschlagswasser sauer reagiert, und dies muß im allgemeinen so sein, weil Regenwasser, das im Gleichgewicht mit der in der Luft enthaltenen Kohlensäure steht, schon einen p_H-Wert von 5,7 haben müßte [13]). Bei zahlreichen p_H-Wertbestimmungen der Niederschläge in Deutschland wurden in 89 Prozent aller Fälle p_H-Werte von 3,1 bis 5,4 gemessen [14]). Seit März 1956 bestimmen wir auch in Wien die p_H-Werte des Niederschlags. Dabei wurden bis Juni 4mal p_H-Werte über 7 gefunden, 6mal Werte zwischen 6 und 7, 4mal Werte zwischen 5 und 6 und 2mal Werte unter 5, also meist Werte, die höher sind als die von Martin befürchteten und daher noch keine Gefährdung anzeigen. Interessant sind einige Dauerregen, von denen stündliche p_H-Werte bestimmt wurden. Dabei zeigten sich sehr große Schwankungen und zwar in dem Sinne, daß mit zunehmenden Niederschlagsintensitäten die p_H-Werte abnehmen, das heißt, daß das Regenwasser sauer wird. Dies steht vermutlich mit der Beteiligung verschiedener Arten von Luftmassen und verschieden hoher Luftschichten im Ablauf eines Niederschlags in Zusammenhang, es scheint aber nicht wahrscheinlich, daß damit weit entfernte Atombombenexplosionen etwas zu tun haben.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Was die Wirkung der radioaktiven Restteilchen der Atombombenexplosionen betrifft, so könnte auch an eine Beeinflussung der luftelektrischen Verhältnisse gedacht werden. Ihre Strahlung bewirkt eine Ionisierung und dadurch kann die elektrische Leitfähigkeit der Luft vergrößert werden. Dies hätte zur Folge, daß der Potentialgradient kleiner werden müßte. Wenn das in nennenswertem Ausmaß in der freien Atmosphäre geschieht, so könnte sich die Steigerung der elektrischen Leitfähigkeit auch in der Abnahme der Blitzhäufigkeit auswirken. Diese Möglichkeit ist nicht ganz von der Hand zu weisen, obwohl nach bisherigen Beobachtungen dafür noch kein Nachweis erbracht werden konnte.

In jüngster Zeit wurde durch Messungen festgestellt, daß nach stärkerem Ausfall radioaktiver Produkte die Erhöhung der luftelektrischen Leitfähigkeit, die bis 9 Tage lang andauert, nur auf die untersten Luftschichten beschränkt ist und schon in wenigen hundert Meter Höhe ganz unbedeutend wird [9]). Auf das Wettergeschehen hat auch dies keinen Einfluß.

In Amerika wurden bei den Atombombenversuchen in Nevada die gebildeten Atomwolken mit Flugzeugen auf ihrem weiteren Wege fortlaufend beobachtet und andererseits auch die Verlagerungen der mit radioaktiven Resten von Atombombenexplosionen angereicherten Luftkörper auf Grund

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

der aus den meteorologischen Beobachtungen bekannten Luftströmungen verfolgt. In keinem Fall konnte eine bemerkenswerte abnormale Witterungsentwicklung oder gar eine Witterungskatastrophe auf den Bahnen dieser Bombenwolken oder radioaktiven Luftmassen festgestellt werden. Es ist aber nicht einzusehen, wie in anderen Teilen der Erde durch die in der Luft schwebenden Reste der Atombombenexplosionen das Wetter beeinflußt werden sollte, wenn eine solche Beeinflussung nicht einmal im Bereich der von den Bombenexplosionen betroffenen Luftmassen erfolgt.

Ich glaube daher, daß die Frage, ob die Atombombenversuche das Wetter beeinflussen, die Menschheit nicht sehr zu beunruhigen braucht. Eine viel ernstere Frage ist die nach den möglichen biologischen Folgen der Atombombenexplosionen durch die Verseuchung der Luft mit radioaktiven Spaltprodukten. Diese Frage spielt nicht nur bei den Atombombenversuchen eine Rolle, sondern muß auch bei den Planungen für die rasch sich entwickelnde Atomtechnik und Atomindustrie ständig im Auge behalten werden. Es ist aber auch bei dieser Frage niemand damit geholfen, wenn in purer Sensationslust phantastische Behauptungen aufgestellt werden und dadurch die Menschheit beunruhigt wird. Man darf die Angelegenheit aber auf keinen Fall zu leicht nehmen. Insbesondere muß man sich immer vor Augen halten, daß es sich

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

bei den Atomenergieanlagen um ständige Einrichtungen handelt, daß dabei zwar nicht, wie es bei den Atombombenversuchen der Fall ist, in kurzen Zeiten ungeheure Mengen von radioaktivem Aerosol der Luft zugeführt werden, daß aber auch sehr geringe Mengen durch die Dauerwirkung und durch den Anteil sehr langlebiger Produkte mit der Zeit doch zu einer allgemeinen Luftverseuchung führen könnten. Man muß auch bedenken, daß trotz aller Vorsichtsmaßnahmen, durch einen Unglücksfall doch auch bei Atomenergieanlagen ähnlich wie bei Atombombenexplosionen, wenn auch nicht in so großem Ausmaß, so doch sehr große Mengen radioaktiven Aerosols freigelassen werden können, was auch tatsächlich schon festgestellt worden ist. Darauf muß auch bei den Planungen Rücksicht genommen werden. Hier setzt aber auch eine Aufgabe der Meteorologie ein, die insbesonders darin besteht, zu untersuchen und zu zeigen, wie sich das atomtechnische Aerosol ausbreiten kann und wie diese Ausbreitung durch bestimmte Witterungsverhältnisse und insbesonders auch durch mikrometeorologische Bedingungen beeinflußt wird.

Zur Prüfung dieser Fragen stehen einmal gewisse mikrometeorologische Erfahrungen und theoretische Erkenntnisse über die Wirkung und den Vorgang der Turbulenz und des Massenaustausches zur Verfügung, die für konkrete Fälle aus-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

gewertet werden müssen. Andererseits haben auch die bisherigen Atombombenversuche bereits die Möglichkeit gegeben, sozusagen in weltweiten Experimenten durch Messen der Änderungen des Gehalts der Luft an radioaktiven Stoffen und ihrer Verfrachtung über weite Gebiete auch Erfahrungen über die Möglichkeiten der Verbreitung, über die Dauer der Nachwirkung und über die Art des dabei beteiligten radioaktiven Aerosols zu sammeln.

Die Gefahr der Luftverseuchung wurde bald erkannt und es ist daher namentlich in den USA, die durch zahlreiche Explosionsversuche im eigenen Land davon besonders betroffen worden sind, frühzeitig der Beobachtung und Ausbreitung der atomtechnischen Aerosole große Bedeutung geschenkt worden.

In den USA wurde ein Beobachtungsnetz von 120 Stationen des Wetterdienstes eingerichtet, an denen zum Teil die Ablagerungen von atomtechnischem Aerosol auf ausgelegten gummierten Plättchen von 1 ft^2 in 75 cm über dem Boden aufgefangen und zum Teil die Schwebeteilchen durch Durchsaugen durch Filter der Luft entnommen wurden [15]). Nach beiden Verfahren sind die Proben in 24stündiger Exposition gewonnen worden. Überdies werden auf Grund der Höhenwetterkarten die Luftbahnen festgestellt, auf denen die Teilchen verfrachtet werden. Diese Luftbahnen können in verschiedenen Höhen sehr verschieden sein. Dies

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

muß auch bei den Vorhersagen der voraussichtlichen Ablagerungsgebiete berücksichtigt werden und bietet solchen Voraussagen große Schwierigkeit.

An Tagen mit Niederschlägen wurden an gummierten Papierplättchen zehnmal mehr Ablagerungsmengen festgestellt wie an niederschlagsfreien Tagen, während bei den Filtermessungen eine so große Zunahme nicht festgestellt worden ist. Daraus muß geschlossen werden, daß die radioaktiven Teilchen hauptsächlich durch die Niederschlagselemente selbst niedergeschlagen werden und nicht durch die mit den fallenden Niederschlägen mitbewegte Luft.

Bei der in der Atomtechnik benutzten Spaltung großer Atomkerne entstehen etwa 200 Kernspezies mit Halbwertszeiten von Bruchteilen einer Sekunde bis zu vielen Jahren [16]). Sie wandeln sich meist nach Aussendung von Betateilchen und Gammastrahlung in stabile Atome um. Die kleinsten Teilchen in der Größenordnung von 0,5 bis 10 Mikron sind meist hoch radioaktive Oxyde, die in der Atombombenwolke durch Kondensation der stark radioaktiven Spaltprodukte der Atombombenfüllsubstanz entstehen. In die Atombombenwolke kommt ferner Staub aus der Bodensubstanz oder aus der Bombe selbst, der durch Neutronenwirkung radioaktiv gemachte Atome enthält und auch radioaktive Spaltprodukte der Füllsubstanz absorbiert.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Es sind dies Teilchen von der Größenordnung 10 bis 100 Mikron. Schließlich kommt in die Atombombenwolke auch größerer zum Teil radioaktiver Bodenstaub mit mehr als 100 Mikron Durchmesser. Die Zusammensetzung hängt von der Höhe der Explosion über dem Boden und vom Boden selbst ab.

Eine Wasserstoffbombe soll 100 bis 1000mal soviel radioaktive Teilchen produzieren als eine Atombombe vom alten Typ [17]). Diese sind aber von derselben Art. Wenn Wasserstoffbomben am Boden explodieren, werden die Teilchen vom Wind vertragen und die größeren Teilchen fallen rasch wieder zu Boden. Bei der Explosion am Bikini Atoll war das stark verseuchte Gebiet 200 Meilen lang und 40 Meilen breit. Die sehr kleinen Teilchen werden in die Stratosphäre geschleudert, wo sie sich mehrere Jahre lang halten und mehrmals um die Erde herumgeführt werden können. Wenn die Wasserstoffbombe in der Luft explodiert, kommen praktisch fast alle radioaktiven Teilchen in die Stratosphäre, wo sie gleichmäßig verteilt werden und sich nur sehr langsam absetzen. Bei Messungen der Radioaktivität der Luft vom Flugzeug aus wurde in England festgestellt, daß dort die Radioaktivität der Luft in der Stratosphäre bedeutend größer ist als in Bodennähe. Die Radioaktivität vermindert sich nach einer empirischen Gleichung

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

$A_t = A_0 t^{-1.2}$, wo A_0 die Ausgangsaktivität und t die Zeit bedeutet.

Die Gammaaktivität der Spaltprodukte einer normalen Atombombe beträgt [18])

nach 1 Minute	$8{,}2 \times 10^5$	Megacurie
nach 1 Stunde	$6{,}0 \times 10^3$	„
nach 1 Tag	133	„
nach 1 Woche	13	„
nach 1 Monat	2,3	„
nach 1 Jahr	0,11	„
nach 10 Jahren	$0{,}8 \times 10^{-2}$	Megacurie.

In den Atombombenwolken überwiegen die Betastrahler und zwar in einem Verhältnis zu den Gammastrahlern wie 2 zu 1 [18]).

Neben dem Zerfall der radioaktiven Teilchen ist für die Abnahme der Radioaktivität der Luft nach den Atombombenexplosionen der Ausfall der radioaktiven Teilchen von besonderer Bedeutung. Unter dem Einfluß der Schwerkraft erfolgt dieser Ausfall für Teilchen von 5 bis 300 Mikron durch Sedimentation nach den Stokes'schen Gesetz. Bei kleineren Teilchen spielt auch die unregelmäßige Brown'sche Molekularbewegung schon eine Rolle. Die Fallgeschwindigkeiten betragen in ruhender Luft für Kugeln vom Durchmesser [16])

$2r = 5$ Mikron	$v = 0{,}15$ cm/sec.
10 „	0,58 „
20 „	2,4 „

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

40	Mikron	9,0	cm/sec.
60	„	19,0	„
80	„	30,0	„
100	„	43,0	„

Zum Absinken aus 13.000 m Höhe [18]) brauchen Teilchen mit einem Durchmesser von

840	Mikron	22	Minuten
250	„	41	„
150	„	2	Stunden
75	„	8	„
33	„	40	„
16	„	7	Tage
8	„	28	„
5	„	70	„

Aus dem Bereich der Troposphäre fallen in den ersten 22 Minuten 3,8% der radioaktiven Teilchen (> 840 μ),

22 bis 42 Minuten nach der Explosion 12,6% der radioaktiven Teilchen (250—840 μ),

42 bis 117 Minuten nach der Explosion 14,5% der radioaktiven Teilchen (150—250 μ),

117 bis 480 Minuten nach der Explosion 18,1% der radioaktiven Teilchen (75—150 μ)

und nach 8 Stunden bleiben noch 49% der radioaktiven Teilchen in der Troposphäre, die Durchmesser unter 75 Mikron haben, wenn sie nicht durch Niederschläge ausgewaschen werden [16]). Diese Teilchen sind es vor allem, die durch die

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Spaltprodukt	Prozentueller Anteil an der Kernspaltung	Halbwertszeit	Strahlung
Selen Se 79	0,04	60.000 Jahre	
Krypton Kr 85	0,24	9,4 Jahre	β, γ
Strontium Sr 89	4,6	53 Tage	β
Strontium Sr 90	5,3	19,9 Jahre	β
Yttrium Y 91	5,4	61 Tage	β, γ
Zirkon Zr 93	6	1,000.000 Jahre	β
Zirkon Zr 95	6,4	65 Tage	β, γ
Ruthenium Ru 103	3,7	39,8 Tage	β, γ
Ruthenium Ru 106	0,5	1 Jahr	β
Palladium Pd 107	0,1	7,000.000 Jahre	
Antimon Sb 125	0,02	2,7 Jahre	β, γ
Tellur Te 127	0,03	90 Tage	γ
Tellur Te 129	0,2	32 Tage	γ
Jod J 129	1	20,000.000 Jahre	β
Jod J 131	2,8	8,1 Tage	β, γ
Xenon Xe 133	6	5,3 Tage	β, γ
Caesium Cs 135	6	3,000.000 Jahre	β
Caesium Cs 137	6,2	33 Jahre	β, γ
Barium Ba 140	6,1	12,8 Tage	β, γ
Cer Ce 141	6	33,1 Tage	β, γ
Praseodym Pr 143	6	13,8 Tage	β
Cer Ce 144	5,3	282 Tage	β, γ
Neodym Nd 147	2,6	11,3 Tage	β, γ
Promethium Pm 147	2,6	2,6 Jahre	β
Europium Eu 155	0,03	2 Jahre	β, γ
Europium Eu 156	0,013	15,4 Tage	β, γ

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Luftströmungen weit und sogar mehrmals um die Erde herumgeführt werden können. Im besonderen gilt dies aber für die Teilchen, die in die Stratosphäre geschleudert worden sind.

Die Radioaktivität dieser Restwolken hängt natürlich vom Anteil der langlebigen radioaktiven Substanzen ab. Diese sind es, die auch in biologischer Hinsicht deshalb großes Interesse verdienen.

Radioaktive Produkte der Atomkernspaltung mit längerer Halbwertszeit sind folgende [16]) (s. S. 39).

Besondere Bedeutung kommt den Teilchen zu, die, wenn sie durch Atmung oder durch Nahrungsmittel in den Körper aufgenommen und dort gespeichert werden, wie z. B. Sr und Zr in den Knochen oder Jod in der Schilddrüse. Auch Cs und Ce gelten als gefährlich.

Bei den Atomenergieanlagen wird radioaktives Aerosol aus durch Neutronenwirkung künstlich radioaktiv gemachten Bestandteilen der Luft erzeugt [18]). Dazu gehören gasförmige C 14, N 16, O 19 und A 41. In nicht gefilterter Luft kommen auch andere Beimengungen wie Na, Cl, Si, Al dafür in Betracht.

Im Hinblick auf die Ablagerung der radioaktiven Aerosole ist auch zu berücksichtigen, daß die ausgefallenen Teilchen an den Bodenteilchen meist sehr stark absorbiert werden, daher in der obersten Bodenschicht bleiben und auch durch Niederschläge nur schwer in tiefere Bodenschichten ge-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

waschen werden können. Durch wiederholte Ablagerungen kann daher auch eine Bodenverseuchung mit radioaktiven Teilchen eintreten. Dies konnte z. B. nach den Atombombenversuchsserien von Nevada in den USA festgestellt werden.

Die Tatsache, daß durch die Atombombenexplosionen große Mengen radioaktiven Aerosols in die Luft gebracht werden, das zum Teil sehr lange radioaktiv bleiben kann, bringt die Gefahr mit sich, daß die Luft allmählich radioaktiv verseucht wird. Insbesondere muß auch damit gerechnet werden, daß dort, wo die radioaktiven Wolken niedergehen, zeitweise eine beträchtliche Steigerung der Radioaktivität der Luft eintreten kann, die in den USA und auch im Pazifischen Ozean auch schon die Gefahrenschwelle mehrmals überschritten hat. Es ist daher in zahlreichen Staaten auch ein Überwachungsdienst der Radioaktivität der Luft eingeführt worden. In Westdeutschland wurde sogar ein Bundesgesetz geschaffen, daß dem Deutschen Wetterdienst diese Überwachung zur Pflicht macht. Auch bei der Tagung der Europäischen Assoziation der Meteorologischen Weltorganisation im März 1956 in Dubrovnik, ist eine Entschließung gefaßt worden, die die Notwendigkeit von laufenden Messungen der Radioaktivität der Luft betont und die Zusammenarbeit der meteorologischen Dienste mit den Gesundheitsorganisationen in den einzelnen Staaten empfiehlt.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Bei derartigen Messungen konnte schon mehrmals auch in Europa eine beträchtliche Steigerung der Radioaktivität der Luft festgestellt werden, deren Ursache mit Hilfe der Verfolgung der Luftbahnen nach rückwärts einwandfrei nachgewiesen werden konnte. So ist z. B. am 18. und am 20. Oktober 1951 in Wittental im Breisgau eine Radioaktivität der Luft gemessen worden, die dem 2 bis 2½fachen der normalen Radioaktivität entspricht[19]). Die Rückverfolgung der Luftbahnen führte auf Wegen von 10.000 und 18.000 Kilometer Länge bis nach St. Helena in den USA, wo am 7. und am 15. Oktober ebenfalls eine starke Überhöhung der Radioaktivität von Regenwasser festgestellt worden ist, die auf eine Atombombenexplosion vom 1. Oktober 1951 im Süden des asiatischen Rußland zurückzuführen ist.

In Freiburg im Breisgau wurden vom April bis Juni 1953 Zerfallsprodukte von 6 Atombombenexplosionen festgestellt[20]). Aus eingedampften Niederschlagsproben wurde nach Abklingen der kurzlebigen Zerfallsreihen der Radiumemanation (3,8 Tage) und der Thorium-Emanation (54,5 sec) mit einem Beta-Zählrohr die langlebige Aktivität gemessen. Aus ihrer Abklingkurve läßt sich nach dem bekannten Abfallgesetz der Zeitpunkt der Explosion bestimmen. Die ermittelten Zeiten zwischen Explosion und Beobachtung in Freiburg schwankten zwischen 5 und 50 Tagen. Aus den Höhen-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

wetterkarten wurde der Reiseweg der Teilchen rekonstruiert. Die Restprodukte einer Explosion vom 4. Juni 1953 wanderten genau ostwärts bis Nordafrika und kamen von dort im Gefolge einer V_b-Wetterlage nach Südwestdeutschland, wo am 9. Juni die entsprechende Erhöhung der Radioaktivität festgestellt worden ist, und am 26. Juni wiederholte sich bei einer ähnlichen Wetterlage die Zunahme der Radioaktivität des Niederschlags, die anscheinend von der gleichen Explosion stammte. Es wird daraus geschlossen, daß in bestimmten Gebieten eine Ansammlung von Spaltprodukten erfolgen kann, von woher mit neuauflebenden Luftströmungen die atomtechnischen Aerosole wieder weiter verfrachtet werden können. Als derartige Depoträume kommen windschwache Hochdruckgebiete in Betracht. Ein Beispiel dafür bietet die Explosion vom 19. Mai 1953, deren Spaltprodukte bis Freiburg eine Laufzeit von 22 Tagen benötigten. Die gezeichneten Trajektorien zeigen, daß ein Teil der radioaktiven Wolke in den Bereich eines über dem südlichen Teil der USA gelegenen Hochs gekommen ist. In derartigen Depoträumen kann sich dann das radioaktive Aerosol in unteren Luftschichten und besonders an Inversionen durch Sedimentation anreichern. Durch eine derartige Anreicherung wird auch eine Erhöhung der Radioaktivität des Regenwassers auf das Doppelte des normalen Betrages, die in Paris gemessen worden

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

ist, erklärt. Für die Verfrachtung über weite Gebiete ist es wesentlich, daß die radioaktive Wolke nicht gleich zerstreut wird, sondern von einer konzentrischen Strömung, wie sie z. B. der Jet Stream[21]) darstellt, erfaßt wird. Es kann dann vorkommen, daß die radioaktiven Spaltprodukte mehrmals um die Erde herumgeführt werden. Ein Beispiel dafür gibt die Explosion vom 8. Mai 1953, deren Spaltprodukte durch Messungen der Luftaktivität am 13. Mai in Paris und zwischen 13. und 15. Mai in Heidelberg erfaßt wurden; in Freiburg wurden sie erst in einem Niederschlag vom 22. Mai nochmals festgestellt. In den Niederschlag können die Spaltprodukte entweder durch Anlagerung an Kondensationskerne oder durch Auswaschen der Luft kommen. Über diese Vorgänge werden noch genauere Untersuchungen durchgeführt.

Seit Juli 1955 wird auch an der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik die Radioaktivität der Luft mit einem ungepanzerten frei aufgestellten Geiger-Zähler registriert[22]). Damit können natürlich nur Schwankungen der Gesamtradioaktivität erfaßt werden, die zum Großteil aus natürlicher Radioaktivität besteht, der sich die künstliche Radioaktivität, wie Messungen an anderen Orten gezeigt haben, so überlagern kann, daß sie zeitweise sogar den größeren Anteil ausmacht. Es wird mit unseren Registrierungen ein Maß für die Schwankungen der Radioaktivität ge-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

wonnen, ohne daß sogleich der Anteil der künstlichen von der natürlichen Radioaktivität getrennt werden könnte. Dazu ist noch eine Erweiterung des Meßverfahrens notwendig, die auch geplant ist. Die laufenden Registrierungen haben gegenüber den Methoden, bei denen über längere Zeit hindurch Niederschlagsproben gesammelt oder Luftproben angesaugt werden, den Vorteil, daß die Schwankungen sogleich festgestellt werden können. Außerdem geben die laufenden Registrierungen die Möglichkeit, die durchschnittlichen Änderungen der natürlichen Radioaktivität kennen zu lernen, von denen sich die gelegentlich auftretende künstliche Radioaktivität als Zusatzwert abheben muß. Die bisherigen Registrierungen haben bereits einige interessante Aufschlüsse gebracht.

An Schönwettertagen zeigt sich ein deutlicher Tagesgang, wie den in Abb. 2 a wiedergegebenen Beispielen vom August 1955 zu entnehmen ist. Das Minimum tritt mit 1820 Impulsen pro Stunde um 4 bis 5 Uhr und das Maximum mit 2160 Impulsen um 12 bis 13 Uhr auf. Dieser Tagesgang entspricht dem Tagesgang der Konvektion, die namentlich an Schönwettertagen zur Zeit der intensivsten Sonnenstrahlung am stärksten entwickelt ist und dadurch die Bodenatmung, durch die radioaktive Gase aus dem Boden kommen, und den Austausch in der Luft wesentlich steigern und damit auch eine erhöhte Radioaktivität der bodennahen Luftschich-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

ten verursachen kann. Störungen im Tagesgang treten hauptsächlich im Zusammenhang mit Niederschlägen auf. Dafür bringen Abb. 2 c und 2 d Beispiele. Am 20. August war vormittags Schönwetter, nachmittags traten zwischen 16.45 und 19.30 Uhr mit Unterbrechungen Gewitter auf, die auch Niederschläge brachten (12,4 mm). Der Niederschlag setzte gleich mit Beginn des Gewitters heftig ein und dauerte von 16.50 bis 18.40 Uhr. Ebenfalls mit Beginn des Gewitters setzten auch heftige Schwankungen des luftelektrischen Feldes ein, die bis zum Ende des Gewitters andauerten (Abb. 2 c). Der Tagesgang der Zahl der Impulse des Geigerrohres war bis zum Beginn der Niederschläge vollkommen normal wie an ungestörten Tagen. Mit Beginn der Niederschlagstätigkeit stieg aber die Zahl der Impulse beträchtlich an und sie erreichte einen Höchstwert erst nach 2 Stunden, wo die Niederschlagstätigkeit wieder aufhörte. Der Anstieg erfolgte von 2000 Impulsen um 16 bis 17 Uhr auf 3000 Impulse um 18 bis 19 Uhr. Die erhöhte Radioaktivität hielt dann noch 2 Stunden lang an und erst um 21 bis 22 Uhr wurde wieder ein dem normalen Tagesgang entsprechender Wert von 1800 Impulsen pro Stunde gezählt. Ganz ähnlich waren auch die Verhältnisse am 24. August (Abb. 2 d). Dieser Tag hatte allerdings schon vormittags reichliche Bewölkung, aber trotzdem war der Tagesgang der Radioaktivität bis zum

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

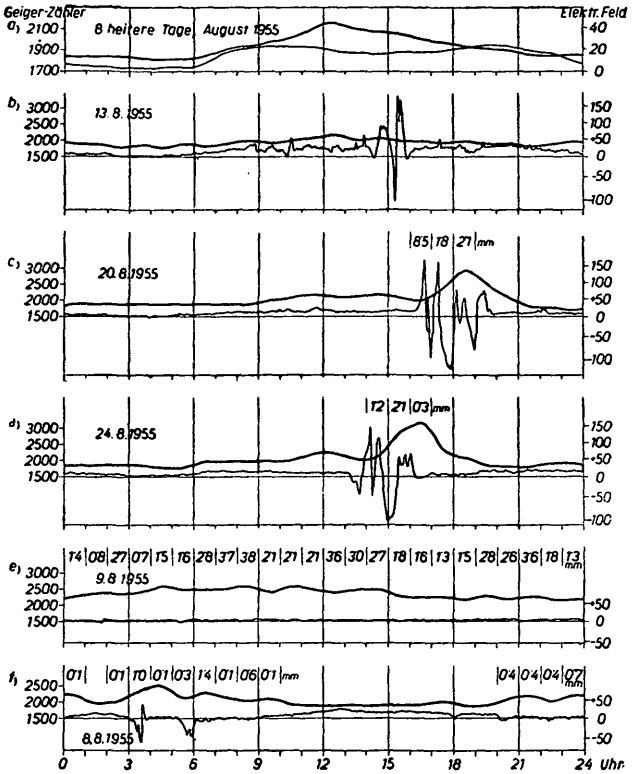

Abb. 2: Typische Tagesgänge der Zahl der Stromimpulse des Geiger-Zählers (Zahl der Impulse pro Stunde in der Zeichnung auf die Mitte jeder Stunde bezogen, dicke Linie) und der elektrischen Feldstärke (Wiedergabe der Originalregistrierungen in relativen Einheiten, dünne Linie). Die stündlichen Niederschlagsmengen sind über den Registrierkurven zu den entsprechenden Stunden in Millimeter eingetragen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Einsetzen der Niederschläge wieder normal. Die Gewittertätigkeit begann um 13.22 Uhr und dauerte bis 16.35 Uhr. Die Niederschläge fingen allerdings erst von 14.20 Uhr an und erst von diesem Zeitpunkt an nahm auch die Zahl der Impulse des Geigerrohres zu. Der Anstieg erfolgte von 2000 Impulsen um 13 bis 14 Uhr auf 3200 Impulse um 16 bis 17 Uhr. Auch an diesem Tag dauerte es wieder 2 Stunden, bis der dem ungestörten Tagesgang entsprechende Normalwert von 1800 Impulsen um 19 bis 20 Uhr wieder erreicht wurde. Gleichartige Änderungen der Radioaktivität wurden auch bei anderen Gewitterniederschlägen beobachtet. Als bisheriger Höchstwert wurde dabei am 13. September 1955 ein Anstieg auf 3900 Impulse um 9 bis 10 Uhr festgestellt.

Aus diesen Beispielen ist zu ersehen, daß die Erhöhung der Radioaktivität der Luft nur wenige Stunden dauerte. Bei Anwendung von Meßmethoden, die über einen Tag oder über zwei Tage mitteln, würde diese vorübergehende Erhöhung fast vollständig verschwinden. Die erwähnten Tagesgänge sind bemerkenswert. Während im allgemeinen angenommen werden kann, daß durch das Niederschlagswasser und durch die Anfeuchtung des Bodens die Bodenatmung vermindert, dadurch der Austritt von Radiumemanation aus dem Boden erschwert wird und daher die Radioaktivität der bodennahen Luft geringer werden

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

müßte, zeigt sich hier eine wesentliche Erhöhung der Radioaktivität gerade durch die Niederschläge. Es ist dies nur so zu deuten, daß durch die Niederschläge radioaktive Beimengungen der Luft aus der Atmosphäre ausgewaschen werden und daß diese dadurch eine Vermehrung der Radioaktivität der bodennahen Luft bringen.

Eine dauernde Erhöhung der Radioaktivität der bodennahen Luft war auch an einem vollkommen verregneten Tag festzustellen. Am 9. August 1955 hat es den ganzen Tag fast ohne Unterbrechung geregnet. Die stündlichen Impulszahlen lagen zwischen 2200 und 2600 (Abb. 2 e). Dabei herrschte auch ein lebhafter Wind mit mittleren Windgeschwindigkeiten zwischen 15 und 45 km/h. Starker Wind wirkt an sich auf die Bodenatmung fördernd und daher auch im Sinne einer Erhöhung der Radioaktivität der bodennahen Luft. In unserem Fall war aber der Boden vollkommen durchnäßt, so daß diese Wirkung des Windes kaum in Betracht kommen dürfte. Es wird daher auch hier anzunehmen sein, daß die zusätzliche Radioaktivität mit dem Niederschlag aus der Luft gekommen ist. Wenn der Niederschlag während der Nacht fällt, kann dadurch eine Umkehrung des Tagesganges der Impulszahlen des Geiger-Zählers bewirkt werden, indem das Minimum auf die Tagesstunden und das Maximum auf die nächtlichen Regenstunden fällt, wie es z. B. am 8. August 1955 der Fall war

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

(Abb. 2 f). An diesem Tage wurde die höchste Impulszahl mit 2500 nach unmittelbar vorhergegangenem Regen um 4 bis 5 Uhr früh gezählt, während tagsüber die Impulszahlen zwischen 11 und 17 Uhr mit 1900 Impulsen pro Stunde sogar unter dem für ungestörte Tage geltenden Durchschnitt geblieben ist. Dies ist verständlich, weil bei dem durchnäßten Boden und bei völlig bedecktem Himmel die Bodenatmung tagsüber eben geringer war als an Schönwettertagen und tagsüber auch keine weiteren radioaktiven Teilchen durch Niederschläge der bodennahen Luft zugeführt worden sind. Alle diese Schwankungen betreffen vorwiegend die natürliche Radioaktivität. Die durch atomtechnische Aerosole dazugekommene künstliche Radioaktivität ist demgegenüber, abgesehen von in einzelnen Gebieten festgestellten vorübergehenden Anstiegen, unbedeutend. In England wurde festgestellt, daß in den letzten drei Jahren der Anteil der durch die Atombombenversuche erzeugten künstlichen Radioaktivität im Mittel nur 1% der natürlichen Radioaktivität in Bodennähe ausmacht [17]).

Die Überwachung der Radioaktivität der Luft wird noch mehr aktuell, wenn einmal Atomenergieanlagen errichtet werden. Dabei kommt es sowohl auf die Erfassung einer fallweise möglichen Änderung der Radioaktivität der Luft an, wie auch insbesondere auf die dauernde Beobachtung der meteorologischen Faktoren, die für die Verfrachtung

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

der radioaktiven Aerosole von Bedeutung sein können. Diese Faktoren und ihre örtliche Beeinflussung sollten übrigens auch schon vor der Planung derartiger Anlagen untersucht und bei der Planung selbst berücksichtigt werden.

Im besonderen handelt es sich bei der Verfrachtung der radioaktiven Aerosole um ein Diffusionsproblem, das eine theoretische Lösung erfordert, für die aber durch meteorologische Beobachtungen die Grundlagen geliefert werden müssen.

Die festgestellten und besprochenen Auswirkungen der Atombombenversuche und auch der Atomenergieanlagen auf den Gehalt der Luft an Radioaktivität sind wohl in biologischer Hinsicht von Interesse und können hier unter Umständen auch zu einer Gefahr werden, auf das Wetter oder auf die Wetterentwicklung haben sie aber keinen Einfluß.

Wir haben gesehen, daß aus den hier dargelegten physikalisch-meteorologischen Überlegungen und aus den bisherigen Beobachtungsergebnissen folgt, daß die Ansicht, daß unser abnormales Wetter der letzten Jahre durch die Atombomben beeinflußt sei, völlig abwegig ist. Es handelt sich bei diesem Gerede um ad hoc-Hypothesen, wie sie in

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

verschiedenen Formen immer wieder auftauchen, wenn eine abnormale Witterungsperiode irgendwo eintritt. Wenn schon solche Hypothesen zur Erklärung einer dem Einzelnen unverständlichen Entwicklung gemacht werden, so sollte man sich doch wenigstens darüber Gedanken machen, ob und in welcher Weise der der Hypothese zugrunde gelegte Vorgang im erwarteten Sinne überhaupt wirksam werden könnte. Dies wird aber leider nicht gemacht.

Abgesehen davon, daß ein nennenswerter Einfluß der bisherigen Atombombenexplosionen auf das Wetter unwahrscheinlich erscheint, täuscht man sich aber bei der Beurteilung abnormaler Witterungserscheinungen meist sehr stark. Im allgemeinen ist unser Wetter sehr großen Veränderungen unterworfen und die erlebte abnormale Witterung der letzten Jahre ist gar nicht so etwas Besonderes und noch nie Dagewesenes.

Wenn man die Witterungsgeschichte zurückverfolgt, so findet man unzählige Fälle, wo viel größere Abnormitäten der Witterung vorgekommen sind, als wir sie im letzten Jahrzehnt erlebt haben. Es gab schon lange vor der Zeit der Atombombenversuche strengere und mildere Winter, kühlere und heißere Sommer, größere Trocken- und Regenperioden, ärgere Überschwemmungen und katastrophalere Witterungserscheinungen, ohne daß man dafür Atombomben verantwortlich machen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

konnte, weil es eben diese damals noch nicht gegeben hat. Dies kommt schon darin zum Ausdruck, daß bei fast allen Presseberichten über besondere Witterungsabnormitäten oder -katastrophen der Jetztzeit meist zu lesen ist, daß diese besonderen Ereignisse seit so und so vielen Jahren nicht mehr vorgekommen sind, woraus ja offenbar zu schließen ist, daß schon mindestens einmal etwas Ärgeres dagewesen sein muß.

Ein Einfluß der bisherigen Atombombenversuche auf das Wetter ist nach dem hier Gesagten nicht anzunehmen. Eine andere Frage ist es aber, ob es möglich sein wird, mit geeignetem Einsatz von Atomenergie einmal bewußt das Wetter beeinflussen zu können. Dies ist nun keineswegs von der Hand zu weisen. Es würde diese Einflußnahme allerdings nicht durch Atombomben möglich sein, sondern es müßte dazu die Atomenergie in einer Dauerwirkung dosiert ausgelöst werden, was ja auch heute schon, z. B. im Atommeiler, gemacht werden kann. Die Verwirklichung einer solchen Einflußnahme ist aber natürlich eine Frage der erforderlichen Kosten und der Rentabilität.

Literatur.

[1]) The Effects of Atomic Weapons. U.S. Atomic Energy Commission. Mac Graw-Hill, New York 1950.

[2]) Yamamoto, R.: The Microbarographic Oscillations produced by the Explosions of Hydrogen Bombs. The Met. Notes, Met. Res. Inst. Kyoto Univ. 2 (1954), 1.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

— The Microbarographic Oscillations Produced by the Explosions of Hydrogen Bombs in the Marshall Islands. Weather 10, 321 (1955).

[3]) Yamamoto, R.: Microbarographic Oscillations due to H-Bomb. Weather, 11, 170 (1956).

[4]) Skeib, G.: Beobachtungen von Druckwellen bei Wasserstoffbomben-Explosionen im Jahre 1954. Z. f. Meteorol. 9, 280 (1955).

[5]) Bowen, E. G.: The Relation between Rainfall and Meteor Showers. J. Meteorol. 13, 142 (1956).

[6]) Weickmann, L.: Durch die Explosion von Atombomben erzeugte Wolkenformen. Meteorologische Rundschau, 9, 1 (1956).

[7]) Neuwirth, R.: Einfluß der elektrischen Ladung auf die Kondensationsvorgänge in der Atmosphäre. Physik. Blätter 12, 163 (1956).

[8]) Best, A. C.: Atomic Explosions and Condensation Nuclei. Meteorol. Mag. 84, 201 (1955).

[9]) Machta, L. and Harris, D. L.: Effects of Atomic Explosions on Weather. Science, 121, 75 (1955).

[10]) Scientists to Measure H-Bomb Debris. Science News Letter, 69, 329 (1956).

[11]) Mason, B. J.: Atomic Explosions and the Weather. Weather, 10, 139 (1955).

[12]) Hofmann, A.: Wetterkatastrophen und Atombombe. Kosmos 1955, S. 13.

[13]) Barrett, E. and Brodin, G.: The Acidity of Scandinavian Precipitation. Tellus, 7, 251 (1955).

[14]) Harrassowitz, H.: Atombombenexplosionen und Regen-p_H. Naturwiss. 43, 11 (1956).

[15]) List, R J.: On the Transport of Atomic Debris in the Atmosphere. Bull. Americ. Meteorol. Soc. 35, 315 (1954).

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

[16]) Herbst, W.: Radioaktive Aerosole und das Schutzproblem beim Betrieb von Atomkernreaktoren. Z. f. Aerosol-Forschung und -Therapie. 4, 473 (1955).

[17]) Cockcroft, J.: Radiological Hazard from Nuclear Explosions and Nuclear Power. Nature, 175, 873 (1955).

[18]) Herbst, W.: Das radioaktive atomtechnische Aerosol. Zs. f. Aerosol-Forschung und -Theraphie. 3, 420 (1954).

[19]) Herbst, W., Neuwirt, R. und Philipp, K.: Betrachtungen über die Eignung radioaktiver atomtechnischer Aerosole als Markierungsmittel bei Arbeiten auf dem Gebiete der meteorologischen Strömungsforschungen. Naturw. 41, 156 (1952).

[20]) Neuwirth, R.: Meteorologische Auswertung von Messungen der künstlichen Radioaktivität der Luft und des Niederschlags. Geofisica Pura e Applicata. 32, 147 (1955).

[21]) Steinhauser, F.: Der Aufbau der Atmosphäre. Schriften d. Ver. z. Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse 1952/53, S. 46.

[22]) Steinhauser, F.: Vorläufige Mitteilung über Freiluft-Registrierungen mit dem Geiger-Zähler. Anzeiger d. math. naturw. Kl. d. Akad. d. Wiss. Wien 1955, S. 209.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien

Jahr/Year: 1956

Band/Volume: 96

Autor(en)/Author(s): Steinhauser Ferdinand

Artikel/Article: Über die Möglichkeit von Auswirkungen der Atombombenversuche auf das Wetter und auf die Radioaktivität der Luft. 1-55