

SONDERDRUCK

aus

12. SONDERHEFT

zur Zeitschrift »Landwirtschaftliche Forschung«

zugleich Zeitschrift des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher
Untersuchungs- und Forschungsanstalten

Herausgegeben von: G. Bredemann, Hamburg; L. Meyer, Stuttgart-Hohenheim; F. Scheffer, Göttingen;
L. Schmitt, Darmstadt; W. Wöhlbier, Stuttgart-Hohenheim

**Stand und Leistung
agrikulturchemischer Forschung VI**



Ernährungswirtschaftliche Probleme im Atomzeitalter¹⁾

(Aus der Bundesforschungsanstalt für Lebensmittelfrischhaltung, Karlsruhe;
Direktor: Prof. Dr. J. Kuprianoff)

Von J. Kuprianoff

Es kann nicht ausbleiben - und niemand von uns würde es auch erwarten -, daß eine so tiefgreifende Entwicklung auf vielen Bezirken unseres Lebens, wie wir sie durch die Atomtechnik verursacht auf uns zukommen sehen, nicht ein für unser Dasein so wichtiges Gebiet, wie die Ernährung, mit einschließen würde. Und in der Tat ergeben sich hier schon heute bei näherer Betrachtung zahlreiche Beziehungen und daraus wiederum Probleme, die wohl wert sind, etwas eingehender diskutiert zu werden.

Die sichtbaren Auswirkungen der Atomtechnik für die Ernährung beginnen naturgemäß bei der *Erzeugung von Lebensmitteln*, d. h. in der *Landwirtschaft*; hierüber haben wir bereits gehört. Insofern wir uns aber im folgenden auf das bereits erzeugte Lebensmittel, d. h. auf die Produkte der Landwirtschaft und der Fischerei beschränken wollen, gibt es hier u. a. zunächst zwei grundsätzliche und sehr umfassende Probleme, die uns begegnen. Das ist einerseits die sich bietende Möglichkeit, die *Lebensmittel durch ionisierende Strahlen haltbar* zu machen und andererseits das die Öffentlichkeit beunruhigende Problem der *Kontamination* von Lebensmitteln durch *radioaktive Isotope*.

A. Allgemeine Auswirkungen der Atomtechnik

Die neuesten Feststellungen über das Anwachsen der Weltbevölkerung, die von Sachverständigen im Auftrage der Vereinten Nationen getroffen wurden (1), zeigen, daß die *Zahl der Menschen* sich gegenwärtig in völlig unerwartet hohem Ausmaß *vermehr*t; sie beträgt z. Zt. über *2,7 Milliarden* und wird im Jahre *2000*, d. h. in rund *40 Jahren*, voraussichtlich *6 bis 7 Milliarden* erreichen. Das Problem der *Aufnahmefähigkeit* der Welt scheint

demnach in ein ganz entscheidendes Stadium zu treten und tiefgreifende Maßnahmen zu fordern, denn die Rate des Wachstums, d. h. also die Vermehrungsgeschwindigkeit der Weltbevölkerung ist noch in stetigem Steigen begriffen. Zu solchen *Maßnahmen* gehört u. a. auch die *Sicherung des Daseins* der Bevölkerung durch entsprechende *Sicherstellung der Ernährung*, wobei wohl besondere Sorgen die künftige Versorgung mit tierischem Eiweiß bereitet. Dies bedeutet aber Bereitstellung ausreichender Mengen verschiedener Lebensmittel, vor allem in den großen Verbrauchszentren, die keine oder ungenügende Eigenherzeugung besitzen.

Wir stehen demnach vor dem Problem, nicht nur *mehr Lebensmittel* zu erzeugen - was zunächst ein landbauwissenschaftliches und landwirtschaftliches Problem ist - sondern auch die erzeugten Produkte besser als bisher vor *Verlusten* beim Ernten, Transportieren, Lagern und Verarbeiten zu *bewahren*.

Dabei wird naturgemäß die mit Hilfe der *Atomkerntechnik* erzeugte *Energie* ganz allgemein auch dem Lebensmittelerzeuger ebenso wie dem Lebensmittelverarbeitenden Betrieb zugute kommen. Vor allem können die *Kernreaktor-Kraftwerke* gebaut und betrieben werden, unabhängig davon, ob sonstige Energiequellen, wie Kohle oder dgl. an Ort und Stelle verfügbar sind; hierdurch bietet sich die Möglichkeit, nicht nur durch Errichtung von *Bewässerungsanlagen* zur *Besiedlung* von Gebieten, die heute ungenützt und anscheinend

1) Vortrag gehalten in der Festsetzung des Verbandes der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Forschungsanstalten am 16. 9. 58 in Münster.

unbenutzbar brach liegen, und zu ihrer *landwirtschaftlichen Nutzung* zu kommen, sondern auch die *industrielle Lebensmittelverarbeitung* in der Nähe dieser neu erschlossenen Erzeugungsgebiete vorzunehmen.

Daneben bestehen aber auch besondere Möglichkeiten für die Anwendung der Atomtechnik, die vielleicht auch einmal praktische Bedeutung erlangen könnten: als Beispiel sei erwähnt, daß man daran denkt, größere *Walfang- und Fischereifahrzeuge mit Verarbeitungsbetrieben an Bord*, d. h. also Fabriksschiffe oder auch evtl. Mutterschiffe, wie sie bereits im Walfang verwendet werden, mit Atomkraftantrieben auszurüsten; man könnte so beliebig weit gelegene Fischfanggründe und Walfanggebiete aufsuchen und wäre dabei wegen des Brennstoffvorrats weder hinsichtlich der Entfernung vom Heimathafen, noch in Bezug auf die Aufenthaltsdauer am Fanggrund gebunden. Es besteht hierbei die Aussicht, durch Fortfall der Brennstoffbunker im Schiffskörper freiwerdenden Raum anderweitig nutzbringend zu verwenden.

B. Strahlenkonservierung von Lebensmitteln

Das Problem der *Haltbarmachung von Lebensmitteln* steht jedoch als ernährungswirtschaftliche Aufgabe auch im Atomzeitalter im Vordergrund des Interesses. Es ist daher nur zu verständlich, daß ein vor rd. 10 Jahren aufgegriffenes *Konservierungsverfahren*, das gerade die Atomtechnik durchzuführen gestattet und mit dessen Hilfe vielleicht eine noch vollkommenerere Erhaltung der Lebensmittel möglich erschien, besonders begrüßt wurde. Wir können natürlich bereits heute z. B. mit Hilfe der *Kälte*, d. h. durch Kaltlagern oder durch Gefrieren, aber auch durch *Hitzesterilisieren* und *Trocknen* sowie durch eine große Anzahl *kombinierter Verfahren* Produkte herstellen, deren Haltbarkeit überaus beachtlich ist; doch sind z. B. die Verluste beim Vertrieb von frischen Produkten immer noch verhältnismäßig groß; so werden z. B. in den USA diese *Verluste* auf dem Weg vom Farmer zum Endverbraucher noch immer auf rd. 20% geschätzt (2). Ergänzend zu den bestehenden Verfahren bietet nun die Atomkern-technik oder allgemeiner gesprochen, bieten

die *ionisierenden Strahlen* hier besonders interessante Möglichkeiten, da bei ihrer Anwendung in den zur ausreichenden Haltbarmachung erforderlichen Bestrahlungsdosen keine nennenswerte Erwärmung des bestrahlten Gutes auftritt; das Verfahren erscheint demnach für *wärmeempfindliche* Produkte und solche, die man in rohem Zustand erhalten möchte, besonders *geeignet*. Infolge des Abtötens von Mikroorganismen durch Strahlen vollständig *entkeimte* Produkte könnte man dann - vorausgesetzt, daß sie durch entsprechende Verpackung vor erneuter Infektion durch Lebensmittelverderber geschützt sind - bei *normaler Raumtemperatur* beliebig lange aufbewahren. Die *Strahlenbehandlung* erscheint nach amerikanischen Berechnungen auch *wirtschaftlich* in einzelnen Fällen schon heute durchaus interessant; hierbei ist zu berücksichtigen, daß die *Anschaffungskosten* geeigneter Strahlenquellen - insbesondere radioaktiver Isotope und Spaltprodukte - in den letzten Jahren z. T. beachtlich *gesenkt* werden konnten.

Die unmittelbare Verbindung zwischen dem hier behandelten Gebiet der *Strahlenbehandlung* von Lebensmitteln und der allgemeinen *Atomkerntechnik* war zu Beginn der in den USA vor etwa 10 Jahren eingeleiteten und ursprünglich ausschließlich von der Regierung subventionierten Forschungsarbeiten besonders deutlich. Man hat damals im Zusammenhang mit der beabsichtigten Errichtung von Kernreaktoren - wohl insbesondere für Kraftwerke - u. a. auch einen großen Anfall von verbrauchten *Brennstäben* erwartet, die zwar im Reaktor nicht mehr ausgenutzt werden konnten, aber nach entsprechender Abkühlung und Kapselung als Strahlenquelle für allgemeine Zwecke noch sehr gut zu gebrauchen wären. Um die Rentabilität der Reaktoren zu erhöhen, suchte man nun nach Gebieten mit möglichst großem Bedarf an Strahlenleistung und kam hierbei u. a. auch auf die *Möglichkeit der Lebensmittelkonservierung durch Strahlen*. Die eingeleitete allgemeine Entwicklung hat aber auch die Entwicklung anderer Strahlenquellen stimuliert, so daß heute hier neben verbrauchten Brennstäben und Spaltprodukten auch künstlich radioaktiv gemachte Isotope und vor allem auch elektrisch betriebene Teil-

chenbeschleuniger mit sehr großen Strahlenleistungen zur Verfügung stehen. Eine endgültige Entscheidung über die zweckmäßigste Art der Strahlenquelle ist jedoch bisher nicht gefallen.

Die konservierende Wirkung der ionisierenden Strahlen beruht darauf, daß sie bei Absorption im bestrahlten Objekt starke *physikalische, chemische* und *biologische* - vor allem mikrobentötende - Effekte auslösen. Diese Effekte kommen dadurch zustande, daß die einzelnen Bestandteile der bestrahlten Substanz ionisiert werden und durch Anregung der Moleküle eine Reihe chemischer Reaktionen abläuft, unter denen die Bildung stark reaktionsfähiger *freier Radikale* an erster Stelle zu nennen ist; im Endergebnis werden schließlich bei höheren Dosen neben Zerstörung eines Teils der strahlenempfindlichen Enzyme vor allem Mikroorganismen abgetötet.

Einen Begriff über die Wirksamkeit der ionisierenden Strahlen und über die *Größe der Doseinheit*, die wir *rad* nennen, vermittelt uns die Tatsache, daß für den Menschen bei *Ganzkörperbestrahlung* eine Dosis von *500 bis 1000 rad* tödlich ist. Dabei entspricht dem uns für den spezifischen Energiebetrag geläufigen Begriff von etwa *1 kcal/kg* - eine Strahlendosis von rd. *0,5 Millionen rad*; das heißt aber, daß, wenn wir einer Körper-substanzmenge von 1 kg eine Dosis von 1000 rad zuführen, ihre Temperatur um den kaum meßbaren Betrag von nur rd. *0,002° C* steigen würde!

Auf Grund der bisherigen Forschungsarbeiten ergeben sich nun folgende Möglichkeiten der Strahlenanwendungen auf dem Lebensmittelsektor, nach den steigenden erforderlichen Bestrahlungsdosen, d. h. nach dem Schwierigkeitsgrade der Erzielung gewünschter Wirkungen geordnet:

1. *Keimungshemmung* pflanzlicher Produkte wie Kartoffeln; hierzu sind Strahlendosen von etwa *7 bis 9000 rad* ausreichend. Die Keimung unterbleibt für längere Zeit. Doch zeigt es sich, daß die bestrahlten Kartoffeln besonders empfindlich gegen mechanische Beschädigungen sind und auch leicht verfaulen. Es sieht demnach so aus, als ob hier

noch Probleme zu lösen sind; es darf unterstrichen werden, daß - wie entsprechende Berechnungen ergeben haben - eine *Bestrahlung der Kartoffel* zum Zwecke der Keimungshemmung *wirtschaftlich durchaus tragbar* erscheint.

2. *Schädlingsbekämpfung* in solchen Gütern wie Getreide und Getreideprodukte, Trockenobst, usw. ist mit *kleinen Strahlendosen* (8 bis 10 000 rad) möglich; bei diesen Dosen unterbleibt die Vermehrung erwachsener Insekten dadurch, daß sie *steril* werden; zur Zerstörung ihrer Eier ist etwa die dreifache Dosis erforderlich. Beim Backen von Brot aus bestrahlten Mehlen wurde lediglich ein etwas geringeres Brotvolumen beobachtet. Auch die *Wirtschaftlichkeit* dieser Strahlenanwendung ist nach amerikanischen Berechnungen *gegeben*; allerdings besitzt man auch heute schon andere Verfahren (wie *Begasen von Getreide*), die wohl befriedigend.

3. *Parasitenbekämpfung* ist mit ionisierenden Strahlen ebenfalls möglich. So können z. B. *Trichinen* im Schweinefleisch bei einer Bestrahlungsdosis von *20 000 rad* sicher *abgetötet* werden, ohne daß dabei nachteilige Effekte im Fleisch selbst entstehen.

4. Ein ausreichendes *Pasteurisieren* von Lebensmitteln läßt sich erst durch Anwendung von *größeren Bestrahlungsdosen* (im Bereich von 0,1 bis 1 Megarad) erreichen; hierbei werden zwar nicht alle, aber immerhin ein so großer Teil der Mikroben zerstört, daß eine merkliche Verlängerung der Haltbarkeit des bestrahlten Produktes eintritt; so läßt sich die Haltbarkeit von Rindfleisch schon durch Bestrahlen mit 0,1 Megarad um den Faktor von 2 bis 5 verlängern. Bei einzelnen *Obstarten* besteht die Aussicht, durch *Oberflächenbestrahlen* eine beachtliche Entkeimung der Schale zu erreichen und so die *Lagerfähigkeit* zu *verbessern*. Pasteurisieren von *Lebensmitteln* erscheint besonders interessant in *Kombination mit anderen Konservierungsverfahren*, wie Kaltlagerung, partielle Erhitzung, Anwendung schwacher Antibiotikadosen, etc. Strahlenpasteurisierte Lebensmittel wird man wohl meist zweckmäßigerweise bei niedrigen Temperaturen lagern.

5. Vollständige Sterilisation von Lebensmitteln durch ionisierende Strahlen ist ebenfalls möglich; sie erfordert nach den heutigen Erkenntnissen *sehr hohe Bestrahlungsdosen* von 2 bis 5 Megarad. Diese hohen Dosen hält man heute für notwendig, da vor kurzem besonders strahlenresistente Bakterienstämme gefunden wurden — die unglücklicherweise zur Gruppe der *pathogenen* bzw. der *toxinproduzierenden* Arten gehören und deren Abtöten daher besonders *wichtig* erscheint. Jedenfalls besteht aber im Hinblick auf die durch Bestrahlen erreichbare völlige Unterbindung der mikrobiellen Tätigkeit — als der Hauptursache des Verderbs der Lebensmittel — die grundsätzliche Möglichkeit, die strahlensterilisierten Produkte beliebig lange auch bei Raumtemperatur aufzubewahren, wenn man sie nur vor Reinfektion schützt und sonstige evtl. mögliche Veränderungen unterbleiben.

Man ist jedoch sowohl beim *Pasteurisieren* als auch vor allem beim *Sterilisieren* auf zwei grundsätzliche *Schwierigkeiten* technologischer Art gestoßen:

1. Schon relativ *geringe* Bestrahlungsdosen rufen in bestrahlten Lebensmitteln *organoleptische Veränderungen* hervor, die vielfach — insbesondere bei höheren Bestrahlungsdosen — zur Ablehnung des Produktes führen. Es handelt sich hierbei um die Entstehung eines *fremdartigen Geruchs* und *Geschmacks* — die allerdings beim Lagern oder Zubereiten wieder verschwinden können —, und evtl. um *Texturänderungen* (Erweichen) und *Verfärbungen* als Folge der Bestrahlung.
2. Selbst bei den *höchsten*, zur völligen Sterilisation ausreichenden Bestrahlungsdosen gelingt es *nicht*, die Enzyme völlig zu *inaktivieren*; beim *Lagern* an sich steriler und sterilbleibender Lebensmittel treten daher — insbesondere bei normalen Raumtemperaturen — *enzymatisch bedingte Veränderungen* auf, die schließlich zu ihrem *Unbrauchbarwerden* führen können. Zur völligen Inaktivierung der Enzyme durch Strahlen — was grundsätzlich möglich ist — sind so hohe Bestrahlungsdosen erforderlich,

daß die Lebensmittel hierbei schwer geschädigt und u. a. auch ungenießbar werden; auch würden die Kosten einer solchen Behandlung sich prohibitiv auswirken. Dabei besteht durchaus auch die Möglichkeit, daß durch das Bestrahlen die Empfindlichkeit der Substanz gegen Enzyme erhöht wird, so daß insgesamt sogar trotz gewisser Schädigung der Enzyme ein beschleunigter enzymatischer Abbau des Produktes eintritt.

Diese beim Bestrahlen und anschließendem Lagern — vor allem bei normaler Raumtemperatur — in den bestrahlten Lebensmitteln auftretenden unerwünschten Veränderungen müssen nun auf andere Weise, d. h. durch besondere Hilfsmaßnahmen in ausreichendem Ausmaß unterbunden werden. Die Inaktivierung der Enzyme läßt sich im Prinzip entweder durch Anwendung einer kurzzeitigen Erhitzung (*Blanchieren*) oder auch auf andere Weise erreichen, z. B. bei Fleisch durch entsprechende *biochemische Behandlung* der Tiere vor dem Schlachten. Dieses *Behandlungsverfahren* — das erst vor kurzem im *Battelle-Institut* in der Schweiz entwickelt wurde und daher wohl noch nicht in allen seinen Auswirkungen im einzelnen zu übersehen ist — besteht darin, daß dem Tier kurze Zeit vor dem Schlachten ein *Adrenalin-Präparat* eingespritzt wird. Man hat nun in Tierversuchen festgestellt, daß die Aktivität der *proteolytischen* Enzyme in den so behandelten Tieren nach dem Schlachten und Bestrahlen rasch verschwindet, wobei gleichzeitig auch das *Adrenalin* völlig abgebaut wird. Bei Dosen von *1 bis 2 Megarad* war die *Adrenalinwirkung* unverändert da; die Fleischzartheit und Farbe waren besser als bei Vergleichsproben, die nur bestrahlt waren, und der leichte Fremdgeruch, der bei hohen Dosen entstand, verschwand während der Lagerung. Das so behandelte und bestrahlte Fleisch läßt sich nun in entsprechender Verpackung weit längere Zeit als bisher möglich war, aufbewahren. Wenn auch über mehrere Jahre durchgehende Lagerversuche noch fehlen, so scheint der neue Vorschlag doch interessante Möglichkeiten zu bieten. Seine Zulässigkeit vom lebensmittelrechtlichen Standpunkt aus müßte natürlich noch überprüft werden.

Die bisherigen Untersuchungen lassen erkennen, daß eine *Strahlenbehandlung von Lebensmitteln*, insbesondere von Fleisch und Fleischprodukten, durchaus in Betracht kommen kann. Die noch nicht eindeutig beantwortete Frage nach der *gesundheitlichen Unbedenklichkeit* bestrahlter Lebensmittel wird an Hand langdauernder Tierfütterungen weiter experimentell verfolgt werden müssen; die bisherigen, recht umfangreichen Versuche an Tieren und Menschen lassen jedoch *keinerlei* Anzeichen dafür erkennen, daß die bestrahlten Produkte *gesundheitsschädlich* sind. Eine endgültige Antwort bleibt hier jedoch abzuwarten.

Die Aussichten für die Anwendung ionisierender Strahlen zur *Halbarmachung* von Lebensmitteln werden in den *verschiedenen Ländern* recht *unterschiedlich* bewertet; denn zweifellos ist noch eine ganze Reihe von damit in unmittelbarem Zusammenhang stehenden technologischen und ernährungsphysiologisch-toxikologischen Problemen offen. Am meisten *optimistisch* ist man hierbei in den *USA*; das Land hat allerdings bisher auch bei weitem den größten Forschungsbeitrag auf diesem Gebiet geliefert und besitzt hierin auch die meisten Erfahrungen: in *Kalifornien* — in der Nähe von *Stockton* — wird nunmehr unter Beteiligung der amerikanischen Armee und der Industrie eine große Versuchsfabrik mit einer monatlichen Kapazität von 1000 t an verarbeiteten Lebensmitteln errichtet. Zur Strahlenbehandlung dieser Lebensmittel wird z. Zt. von der *Fa. Varian Associates, Palo Alto, Calif.* eine *Elektronenbeschleuniger-Anlage* mit einer Energie von 24 MeV und einer Strahlenleistung von 18 kW gebaut; damit kann man etwa 50 t Lebensmittel/Tag sterilisieren. Außerdem wurde vor wenigen Wochen für den gleichen Zweck eine *γ -Großquelle* (ca. 2 Mc) bei der *Fa. Curtiss-Wright-Corp.* für 2 Mill. Dollar bestellt. Die gesamte Anlage soll Mitte 1960 in Betrieb genommen werden. Auf die hier beim Bestrahlen von Lebensmitteln im industriellen Maßstab gesammelten Erfahrungen darf man schon heute sehr gespannt sein.

Bei uns in der Bundesrepublik werden gegenwärtig mit maßgeblicher Unterstützung des Bundesministeriums für Atomkernenergie

und Wasserwirtschaft an verschiedenen Forschungsinstituten Laboratorien für technologische, chemische und ernährungs-physiologisch-toxikologische Untersuchungen an bestrahlten Lebensmitteln eingerichtet. Wir werden somit in absehbarer Zeit in der Lage sein, auf eigene Versuche gestützt und aus eigenen Erfahrungen heraus über den gesamten Fragenkomplex zu einer eigenen Urteilsbildung zu kommen.

C. Anwendung radioaktiver Isotope für die Markierung von Substanzen

Außer dem bisher behandelten Aufgabengebiet — das, wie bereits erwähnt, ein großes Absatzfeld für radioaktive Kernspaltungs-Abfallprodukte aus dem Betrieb der Kernreaktoren verspricht — bietet die Atomtechnik auch zahlreiche andere interessante Möglichkeiten der Anwendung radioaktiver Isotope für Forschungszwecke auf dem Lebensmittel-sektor. So erlaubt die vielfach auch sonst angewandte Methode der *Markierung chemischer Verbindungen mit radioaktiven Isotopen*, z. B. den Stoffwechsel in Lebensmitteln, die unter bestimmten Bedingungen gelagert werden, analytisch zu verfolgen und so den Einfluß einzelner Maßnahmen als auch die sich dabei abspielenden Vorgänge zu erkennen. Auf diese Weise können wichtige Erkenntnisse auch in Fällen gewonnen werden, welche bisher nur sehr schwierig oder gar nicht einer experimentellen Bearbeitung zugänglich waren. Derartige Erkenntnisse werden letzten Endes aber der Verbesserung allgemeiner lebensmitteltechnologischer Verarbeitungsverfahren zugute kommen und daher ihre Entwicklung fördern. Als Illustration für die Anwendung der *Markierungsmethode* sei erwähnt, daß es mit ihrer Hilfe z. B. möglich ist, den Stoffwechsel von Obst bei der Lagerung und Reifung — auch bei Verwendung von Gasatmosphäre verschiedener Zusammensetzung — zu verfolgen oder auch die Wirkungsweise eines Konservierungsmittels auf die Mikroflora und das Lebensmittel zu studieren.

Allerdings erfordert diese Art der Arbeiten besonders eingerichtete Laboratorien nicht nur im Hinblick auf die dabei angewandte Methode und die dabei benötigten Meß-

instrumente, sondern vor allem wegen der erforderlichen Schutzmaßnahmen.

D. Kontamination von Lebensmitteln

Neben diesen, durchaus *positiven* Auswirkungen der Atomtechnik auf dem Lebensmittelsektor birgt sie aber auch *latente Gefahren*, die nicht so sehr aus ihren friedlichen als vor allem aus ihren militärischen Anwendungen resultieren können. Diese Entwicklung ist an sich in gewisser Weise natürlich; denn das Gefahrenmoment wächst selbstverständlich grundsätzlich mit zunehmendem Betrag an Energie, die die Menschen sich zutrauen zu handhaben, selbst wenn man dabei - was aber naturgemäß nur für friedliche Anwendungen zutrifft - mit größter Vorsicht ans Werk geht. Das Atomzeitalter birgt aber noch eine ganz besondere Art der Gefahr in sich dadurch, daß die Atomtechnik nicht nur ungeheuerer Beträge an chemischer oder thermischer Energie zu entfesseln vermag, sondern weil ein Teil dieser Energie in Form von *ionisierenden Strahlen* produziert wird, sowie in Form von Teilchen - wie radioaktive Isotope -, die in der Lage sind, diese Strahlen in ihre Umgebung *jahrzehntelang* weiter auszusenden. Und diese *ionisierenden Strahlen* - obwohl sie nur verschwindend geringe Energiebeträge beinhalten - üben auf alle Lebewesen ganz *schwerwiegende Wirkungen* aus, die von *Veränderungen von Erbanlagen* und *Beeinflussung des Stoffwechsels* bis zum *völligen Auslöschen des Lebens* reichen können. Da es sich nun zeigt, daß die *Menschen* ganz besonders *strahlenempfindlich* sind, sind sie auch *sehr stark gefährdet*. Wenn auch für den Menschen erst eine Bestrahlungsdosis von *nur 500 bis 1 000 rad tödlich* ist, so sind Dosen von *weit weniger als 1 rad* bereits *schädlich*.

Nach diesen erläuternden Bemerkungen wird es verständlich, daß das Atomzeitalter *Gefahren* für Leben und Gesundheit mit sich bringt, die sich nicht nur aus den militärischen, sondern auch aus den friedlichen Anwendungen der Atomtechnik ergeben können und zur Erhöhung der allgemeinen - und wie wir wissen, stets bereits vorhanden gewesenen - *Radioaktivität* der uns umgebenden Welt führen: mit zunehmender Zahl der Versuchsexplosionen ebenso wie mit der unaufhaltsam

wachsenden Ausbreitung der friedlichen Verwendung von radioaktiven Isotopen in der Medizin, Forschung und Industrie nimmt auch die radioaktive Verseuchung (*Kontamination*) unseres Lebensraumes und damit schließlich auch der Lebensmittel ständig zu. Dies kann direkt, aber vor allem über den biologischen Zyklus erfolgen, wobei über Atmosphäre, Wasser oder Boden die Pflanzen und Tiere bzw. ihre Produkte, die uns als Lebensmittel dienen, zunehmend radioaktiv *kontaminiert* werden; wenn dies auch gegenwärtig noch nicht der Fall ist, so könnten doch hierbei vielleicht einmal - wenigstens unter bestimmten Voraussetzungen - auch gesundheitlich bedenkliche Grenzbereiche erreicht werden.

Bei der *friedlichen* Anwendung von radioaktiven Isotopen können gegen allgemeine Kontamination der näheren und weiteren Umgebung *Schutzmaßnahmen* ergriffen werden, wozu es allerdings in der Bundesrepublik noch einer bundeseinheitlichen gesetzlichen Grundlage bedarf. Der *erste Schritt* ist hier mit der Vorbereitung des Entwurfs der *Strahlenschutzverordnung* bereits getan worden und es kann nur bedauert werden, daß eine so wichtige Regelung bisher noch nicht hat wirksam werden können; sie ist aber dringend notwendig im Hinblick auf die sich anbahnende Entwicklung. Jedenfalls bestehen von der technischen Seite keinerlei Schwierigkeiten, den gewünschten Grad des Strahlenschutzes zu erreichen.

Im Gegensatz hierzu kann die aus den *Kernwaffenversuchen* herrührende *Kontamination* der Lebensmittel zunächst *nicht* abgewendet werden, da die Ausbreitung der bei den Explosionen entstandenen Radioaktivität auch auf das Bundesgebiet nicht verhindert werden kann. Es gilt daher, die Entwicklung sorgsam zu verfolgen und vielleicht spezielle Möglichkeiten zur Dekontaminierung besonders gefährdeter Lebensmittel - sofern dies überhaupt in Betracht kommt - zu überprüfen oder gar zu entwickeln. Mit der Aufgabe, den gesamten Fragenkomplex der Kontamination in Deutschland einem eingehenden Studium zu unterziehen und evtl. sich daraus für die Sicherheit der Bevölkerung als notwendig ergebende Schritte zu empfehlen, wurde als zentrale Stelle der „*Sonderausschuß Radio-*

aktivität“ mit dem Sitz in *Frankfurt* und unter Vorsitz von Professor *Rajewsky* betraut; der Sonderausschuß behandelt allerdings nicht nur *Kontaminationsprobleme*, die die *Lebensmittel*, sondern daneben auch diejenigen, die *Luft, Wasser, Boden* und *Bewuchs* betreffen. Der erste - vorläufige Bericht - wurde Anfang dieses Jahres veröffentlicht (3). Darin wird u. a. festgestellt, daß zu der aus der *Kontamination* von Luft, Wasser und Boden herrührenden Strahlenbelastung des Menschen „*von außen*“ noch eine zusätzliche Bestrahlung „*von innen*“ durch *Aufnahme* radioaktiver Substanzen in den Körper aus Luft, Wasser und Lebensmitteln dazu kommt. Dabei müssen nun - als der Ernährung dienend - *Trinkwasser* und *Lebensmittel* in Bezug auf ihre Kontamination besonders geprüft und die Entwicklungsrichtung dieser Kontamination verfolgt werden.

Die bei einer Kernwaffenexplosion gebildeten *radioaktiven* Substanzen gelangen über die Atmosphäre auch nach Deutschland und kommen als *Staub* oder mit *Niederschlägen* herunter; sie können nun auf dem Weg über das Wasser und den Boden durch die Wurzeln *in die Pflanze* gelangen oder aber auch als Staub oder mit dem Wasser auf die sich *über* dem Erdboden befindlichen *Pflanzenorgane* absetzen und von diesen in die Pflanze aufgenommen werden. In beiden Fällen besteht die Möglichkeit einer *Anreicherung* bestimmter Substanzen in einzelnen *Pflanzenorganen*, so daß sich hier mit der Zeit beachtliche Aktivitäten ansammeln können. Diese einzelnen Pflanzenorgane können nun unmittelbar als *Lebensmittel* verwendet werden und so zur *Strahlenbelastung des Menschen* „*von innen*“ beitragen. Sie können aber auch als *Futter für das Tier* dienen, das seinerseits wieder in seinen einzelnen Organen bestimmte *Isotope anreichert*; das Tier kann aber die radioaktiven Substanzen auch *direkt* aus der *Luft* oder dem *Trinkwasser* bekommen. Auch durch Verwendung von *Lebensmitteln tierischen Ursprungs* wird somit dem Menschen eine zusätzliche Radioaktivität zugeführt.

Neben diesen Möglichkeiten des direkten und indirekten Weges der radioaktiven Substanzen in den Menschen gibt es grundsätzlich auch noch andere *indirekte* Übertragungen

der Radioaktivität. Als Beispiel sei erwähnt eine *unmittelbare Kontamination des Seewassers* und damit des Planktons in der Nähe der Versuchsexplosion, die Verwendung des Planktons durch kleine Fische, die ihrerseits nun als Futter für größere Fische oder Vögel dienen, usw.; die *Fische* - ebenso wie *Zugvögel* - können so als *Transportmittel* für radioaktive Substanzen über große Entfernungen dienen und schließlich nach dem Fang oder Abschluß auch als Lebensmittel eine *Gefahrenquelle* bilden.

Der „*Sonderausschuß*“ hat gerade auf dem Lebensmittelsektor erst über wenige systematische Messungen berichten können; sie zeigen jedoch schon deutlich, daß z. B. bei der Radioaktivität der *Milch* eine deutliche *Abhängigkeit* von der *Aktivität* der *Niederschläge* im betreffenden Zeitraum besteht. Wenn auch bislang genauere Angaben über die insgesamt dem Menschen über Trinkwasser und Lebensmittel zufließende Radioaktivität fehlen, so besteht aus der Betrachtung der Gesamtsituation doch gegenwärtig *kein Anhalt* für eine *akute Gefährdung* der Bevölkerung durch Kontamination. Eine Intensivierung der Bestimmung der Kontamination von Lebensmitteln, ihre Auswirkungen auf den menschlichen Organismus und die Verfolgung ihrer künftigen Entwicklung wird für dringend erforderlich angesehen. Der „*Sonderausschuß*“ hat mit Unterstützung durch das *Bundesministerium für Atomkernenergie und Wasserwirtschaft* die entsprechenden Untersuchungen eingeleitet. Es ist somit zu hoffen, daß ein wesentliches Problem, das das Atomzeitalter auf dem Ernährungssektor aufwirft, einer systematischen Bearbeitung und damit wohl in absehbarer Zeit einer Klärung zugeführt wird.

E. Strahlenschutz von Lebensmitteln

Bezüglich des *Schutzes von Lebensmitteln* gegen *radioaktive* oder *ionisierende Strahlen* und radioaktiven Staub im Katastrophenfall müssen vorsorglich entsprechende Maßnahmen überlegt, überprüft und gegebenenfalls auch eingeleitet werden. Denn ein besonders tragischer Aspekt der gegenwärtigen Entwicklung - die dem einzelnen Menschen ein bis dahin unvorstellbares *Machtmittel* ver-

füßbar macht - besteht darin, daß es auch zu militärischer Anwendung der Atomtechnik kommen kann. Man muß daher überlegen, wie man nicht nur die Menschen selbst, sondern auch die zur Erhaltung ihres Lebens benötigten Lebensmittel gegen Gefahren, die ein Atomkrieg verursachen könnte, sichert; hier handelt es sich also um ausgesprochene *Präventiv-Schutzmaßnahmen*.

Man weiß zwar heute noch nicht viel über die gesundheitliche Bedenklichkeit von Lebensmitteln, die extrem hohen Bestrahlungsdosen ausgesetzt waren. Man nimmt jedoch an, daß - sofern die staubdichte Verpackung oder sonstige ein staubdichtes Lagern gewährleistende Räume der unmittelbaren Wirkung einer atomaren Explosion widerstanden hatten und dabei die Lebensmittel selbst nicht radioaktiv geworden sind - sie im Falle eines nationalen Notstandes als genügend sicher und als zur Verwendung für Ernährungszwecke unbedenklich angesehen werden können. Entsprechende Schutzmaßnahmen wären sinngemäß auch für Tierfütterung zu ergreifen. Hierüber - und über vieles andere, was wichtig werden könnte und hoffentlich nie wichtig werden wird - geben in vielen Ländern bereits vorhandene *Merkblätter* (4) Auskunft; die Herausgabe eines entsprechenden deutschen Merkblattes ist ebenfalls geplant.

F. Zusammenfassung

In den vorstehenden Ausführungen wurden in aller Kürze und daher nur in großen Zügen die Beziehungen zwischen der Atom-

technik und dem Ernährungssektor in dem sich anbahnenden Atomzeitalter aufgezeigt, soweit sie heute zu übersehen sind. Es sei besonders darauf hingewiesen, daß es sich bei den behandelten Problemen in ihrem gegenwärtigen Entwicklungszustand fast ausschließlich um Forschungsprobleme handelt. So läßt sich z. B. heute weder mit völliger Sicherheit aussagen, ob die Konservierung der Lebensmittel durch ihre Behandlung mit ionisierenden Strahlen sich zu einem wirklich in gesundheitlicher Hinsicht unbedenklichen und lebensmitteltechnologisch und wirtschaftlich vollständig befriedigenden Verfahren entwickeln wird, noch können wir schon jetzt irgendwelche Voraussagen machen, z. B. über die Entwicklung der Situation auf dem Gebiete der Kontamination von Lebensmitteln im Bundesgebiet und ihre künftige Beurteilung im Hinblick auf die möglichen Folgen. Das Atomzeitalter wirft auch auf dem Ernährungssektor recht wichtige Probleme auf, deren rechtzeitige und intensive Bearbeitung durchaus angezeigt, aber auch gerechtfertigt erscheint.

Schrifttum:

1. Bull. d. Presse- u. Inform. Amtes d. Bundesreg. Nr. 134, 1424, 1958.
2. Morgan, B. H.: US-AEC, TID 7512, 43, 1956.
3. Sonderausschuß Radioaktivität, Bundesrepublik Deutschland, Erster Bericht, Januar 1958, Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
4. Z. B. U. S. D. A.-Farmers' Bull. Nr. 2107 (1957) „Defense against radioactive fallout on the farm“.