

Botanische Strahlenforschung am Brookhaven National Laboratory (U.S.A.).

Von Univ.Prof. Dr. Richard Biebl, Wien.

Vortrag, gehalten am 25. April 1956

Im Verlauf eines mehrmonatigen Aufenthaltes in den U.S.A. im vergangenen Sommer hatte ich Gelegenheit, auch fünf Wochen an einem der großen, der Atom- und Strahlenforschung gewidmeten National Laboratories zu arbeiten. Brookhaven National Laboratory ist etwa in der Mitte der Halbinsel Long Island, ungefähr zwei Autofahrstunden von New York entfernt gelegen. Zwei Bahnlinien und prächtige Autobahnen laufen durch die langgestreckte Halbinsel. Es ist fast überraschend, in solcher Nähe der Vielmillionenstadt New York noch so viel freies und offenes Gelände zu finden. Inmitten von Wiesen und kleinen Föhren- und Eichenwäldern ist nach dem zweiten Weltkrieg auf einem ehemaligen Truppenübungsplatz (Camp Upton) eine kleine Stadt meist niederer, höchstens einstöckiger, vorzüglich eingerichteter Institutsgebäude und Laboratorien entstanden.

Dieses große Forschungsunternehmen arbeitet im Programm der Atomic Energy Commission in Washington, wird aber, wie auch die anderen National Laboratories, von einer privaten Institution erhalten, und zwar im Falle von Brookhaven von den „Associated Universities, Inc.“, die gebildet wird von neun großen Universitäten, nämlich Columbia, Cornell, Havard, John Hopkins, Massachusetts Institute of Technology, Princeton, University of Pennsylvania, University of Rochester und Yale.

Dieses breite Fundament sichert nicht nur die finanzielle Seite von Brookhaven, sondern auch einen ausreichenden Mitarbeiterstab, um die Möglichkeiten dieser Forschungsstätte voll ausnützen zu können. Zudem steht Brookhaven National Laboratory in direkter Zusammenarbeit mit einer großen Anzahl von landwirtschaftlichen und industriellen Forschungsstellen, die auch zeitweise Wissenschaftler nach Brookhaven entsenden. Der durchschnittliche Personalstand, einschließlich technisches Aufsichtspersonal, beträgt etwa 1500 Personen. Davon sind ungefähr 350 ständig angestellte Wissenschaftler, zu denen man, besonders während der Sommermonate, noch etwa 200 Gastforscher hinzu zu zählen hat. Das Biology Department, an dem ich als Pflanzenphysiologe arbeitete, hat allein 25 das ganze Jahr über tätige Wissenschaftler, eine Zahl, die sich während der Sommer-

monate gleichfalls ungefähr auf das Doppelte erhöht.

Es sind vier Kernstücke, die den Forschern an den physikalischen, chemischen, technologischen, medizinischen und biologischen Instituten die Mittel für ihre Untersuchungen liefern:

1. Der R e a k t o r oder Atommeiler. Er ist in einem kubusförmigen Gebäude untergebracht und besteht im wesentlichen aus einem riesigen Graphitwürfel mit einer Seitenlänge von etwa $8\frac{1}{2}$ Metern, in den in Stangenform einige Tonnen Uran eingeführt werden können. Das Ganze ist durch eine feste Isolierung nach außen abgeschirmt. Die beim Zerfall des Urans entstehenden Neutronen können aus diesem Graphitgefängnis nicht heraus und lösen ihrerseits immer wieder neue Sekundärzertrümmerungen und neue Neutronenbildung aus. Daneben entstehen auch β - und γ -Strahlen. Die dabei gebildete Hitze wird durch Luft gekühlt, die durch einen hohen Schlot abgeleitet wird. An seiner Südseite ist in einer großen Halle der fast $1\frac{1}{2}$ Meter dicke Schutzmantel des Reaktors von weit über tausend Löchern durchbohrt, durch die er einerseits mit den Uraniumstangen „geladen“ werden kann, durch die andererseits aber auch verschiedenste chemische Substanzen eingeschoben werden können, die dann durch die hohe Intensität der Neutronentreffer selbst radioaktiv werden und als „Isotope“ der betreffenden chemi-

schen Elemente auch wieder β - und γ -Strahlen abgeben. Dieser Eigenschaft wegen findet sie vielseitige Anwendung in Forschung, Landwirtschaft und Industrie.

Das zweite Kernstück des Brookhaven Laboratory ist das *Cosmotron*, ein kreisförmiger 2200 Tonnen schwerer Elektromagnet, der von einer weißen Plastikmasse umkleidet ist. Protonen werden seitlich in diesen gewaltigen Kreismagneten „injiziert“ und in seinem magnetischen Feld bis auf 350.000 Umläufe in der Sekunde beschleunigt. Diese Apparate führen daher auch den Namen Acceleratoren. Die Energie der Protonen wird durch diese Beschleunigung immer größer. Nach etwa drei Millionen Umläufen haben sie eine Energie von 2,3 Milliarden Elektronvolt erreicht. Werden nun diese wahnwitzigen Geschosse mit in bestimmten Vorrichtungen in ihre Bahn eingeführten Atomen zum Zusammenstoß gebracht, so werden dadurch die gewünschten Atomzertrümmerungen erzielt.

Als drittes ist das *Cyclotron* zu nennen. Auch dieses ist ein Accelerator, in dem neben Protonen und Neutronen auch α -, β - und γ -Strahlen erzeugt werden.

In unmittelbarer Verbindung mit diesen Strahlen erzeugenden und Atome zertrümmernden Stätten sind die sogenannten „hot-laboratories“, die „heißen Laboratorien“, in denen mit hochradio-

aktiven Substanzen experimentiert wird, und zwar zum Schutz der damit Arbeitenden hinter dicken Bleiwänden und mittels von außen zu betätigenden Greifinstrumenten.

In diesem Zusammenhang sei auch etwas über die allgemeinen Schutzmaßnahmen gegen schädliche Strahleneinwirkungen in den Laboratorien gesagt. Die Strahlen sieht man nicht und spürt man nicht. Das könnte zu Leichtsinns und zu Hinwegsetzen über allgemeine Vorsichtsmaßregeln führen, bis es für den Betreffenden zu spät ist. Eine sehr wichtige Abteilung in jeder Atomforschungsstätte ist daher das „healths physics department“, die Gesundheitsabteilung, die nicht nur alle Schutzvorkehrungen zu überprüfen hat, sondern auch Instrumente entwickelt, die kleinste Strahlenmengen nachzuweisen und zu registrieren erlauben, um damit die Strahleneinwirkung auf jeden einzelnen mit strahlender Materie Arbeitenden laufend zu kontrollieren.

Die Einheit der Strahlenmessung ist 1 r oder 1 Röntgen¹⁾. Wollen wir dies hier ohne physikalische Definition als ein Maß hinnehmen, wie das Gramm als Gewichtsmaß oder den Zentimeter als

¹⁾ 1 r ist die Einheit der Strahlenmessung. Man versteht darunter jene Strahlenmenge, die in 1 cm³ Luft von 18° C bei 760 mm Quecksilberdruck eine Ionisation bewirkt, die bei Sättigungsstrom eine Leitfähigkeit von 1 elektrostatischen Einheit bedingt.

Längenmaß. $\frac{1}{1000}$ r heißt Milliröntgen und 50 mr pro Tag oder 300 mr pro Woche wird bei der Arbeit mit radioaktiven Substanzen oder mit entsprechenden Strahlen als unschädlich zu tolerierende Dosis angesprochen. Zur Kontrolle einer etwaigen Strahleneinwirkung trägt jeder im Bereich von Strahlen Arbeitende ein füllfederähnliches Meßgerät und einen kleinen Film pack an seinem Arbeitsmantel oder seinem Anzug angeklippt. Das füllfederähnliche Instrument ist nichts anderes als ein Kondensator, der auf 150 Volt aufgeladen ist. Kommt der Betreffende in den Bereich einer ionisierenden Strahlung, so sinkt die Ladung ab. Die Stifte werden am Abend beim Ausgang jedes Instituts in ein Kistchen gelegt, vom Health physics department abgeholt, gemessen und wieder aufgeladen. Die Nummer jedes Einzelnen ist vermerkt. Zeigt die Entladung eine größere Strahleneinwirkung als 50 mr an, so muß dies von den Prüfern gemeldet werden und die Arbeitsumstände des Trägers des Meßinstrumentes werden genauestens überprüft. Die Strahlenmessung mit der Filmkassette beruht auf der Schwärzung zweier kleiner Filme durch Einwirkung von Strahlung. Die Entwicklung und Auswertung dieser Filme wird wöchentlich nur einmal vorgenommen. Sie darf keine größere Strahleneinwirkung im Verlauf der Woche als 300 mr anzeigen. Die beiden Filme haben verschiedene Empfindlichkeit. Der eine schwärzt sich mit ver-

schiedener Intensität in einem Bereich von 50 mr bis 5 r, der zweite in einem von 5—100 r. Zur Hälfte sind die Filme zudem durch einen Cadmiumschild abgedeckt, der nur von besonders harter Strahlung durchdrungen werden kann. So ist es möglich, aus Art und Grad der Schwärzung dieser Filme sowohl über Stärke wie über Art der Strahlen, die auf den Träger im Verlauf der Woche unter Umständen eingewirkt haben, etwas auszusagen.

In den Eingangshallen der „Hot-laboratories“ sind ferner Meßinstrumente aufgestellt, die automatischen Personenwaagen ähneln, in die man aber, steht man darauf, die beiden Hände durch Öffnungen stecken kann. Verschiedene Skalen geben getrennt die Radioaktivität an den Schuhen oder den Händen an. Jeder muß bei Verlassen des Gebäudes diese Prüfungen an sich selbst vornehmen.

Dem Healths Physics Department sind schließlich auch Untersuchungsstellen angeschlossen, die ständig die Radioaktivität des Wassers untersuchen, und meteorologische Beobachtungsstationen mit zwei hohen Wassertürmen und einem Netzwerk von Beobachtungsstellen, die ständig die Radioaktivität der Luft überprüfen. Da Luft immer eine gewisse Radioaktivität enthält, wurden schon 1—2 Jahre vor Inbetriebnahme des Reaktors solche Untersuchungen vorgenommen, um jetzt

einen Vergleich gegen diese normale „background“-Radioaktivität zu haben. Es ist dies notwendig, um irgendwelche gefährliche Veränderungen sofort feststellen und am Reaktor entsprechende Gegenmaßnahmen vornehmen zu können.

Das noch nicht genannte vierte strahlenproduzierende Kernstück von Brookhaven ist schließlich das große, zur biologischen Abteilung gehörige *G a m m a - F e l d*, das aus der Luft gesehen einer riesigen Schießscheibe ähnelt. Im Zentrum des Feldes kann in einem Metallrohr eine 1800 curie starke Cobalt⁶⁰-Strahlenquelle hochgezogen werden, die dann die in konzentrischen Kreisen um sie herum angebauten Pflanzen mit einer mit dem Quadrat der Entfernung abnehmenden Intensität bestrahlt. Das hochradioaktive Isotop Cobalt⁶⁰ erweist sich als Strahlenquelle besonders geeignet, da seine Halbwertszeit, d. i. die Zeit, in der seine Intensität auf die Hälfte absinkt, 5,3 Jahre beträgt, so daß daher die Intensität im Verlauf einer Vegetationsperiode von 3—5 Monaten verhältnismäßig wenig abfällt. In einer Entfernung von 5,2 m ist die Tagesdosis ungefähr 2000 r. Von der Strahlenquelle geht eine intensive γ -Strahlung aus. Die außerdem noch emittierten β -Strahlen werden von dem umhüllenden Stahlrohr absorbiert.

Die tägliche Bestrahlungszeit der Pflanzen auf dem Feld beträgt 20 Stunden. Vormittag $\frac{1}{2}$ und Nachmittag $3\frac{1}{2}$ Stunden wird die Strahlenquelle

aus sicherer Entfernung in eine im Boden eingebaute Bleikammer hinabgelassen. Während dieser Zeit kann das Feld ohne Gefahr betreten werden, um es zu bearbeiten, um Untersuchungen vorzunehmen oder Pflanzen abzuernten. Auch hier eine interessante Sicherheitsmaßnahme. Jeder, der das Feld betritt, zieht ein Schnappschloß durch die Kurbelwelle des die Cobalt⁶⁰-Bombe aufziehenden Drahtseils, so daß er die Gewißheit hat, daß selbst bei Ablauf der vorgesehenen Zeit die Strahlenquelle nicht hochgezogen werden kann, bevor er das Feld verlassen und sein Schloß wieder entfernt hat.

Die Erforschung von Strahlenwirkungen auf die Pflanze ist so alt wie das physikalische Wissen um diese Strahlen. Gleich nach Entdeckung der Röntgenstrahlen im Jahr 1895 und der radioaktiven Strahlen in den Jahren 1896/98 setzte auch schon die Untersuchung ihrer Wirkung auf die Organismen, in unserem Fall auf die Pflanzen ein. Fast alle diese Arbeiten beziehen sich aber auf die Untersuchung kurzfristiger, meist verhältnismäßig starker Bestrahlungen. Erst in jüngster Zeit wurde es möglich, durch Verwendung stark strahlender radioaktiver Isotope ohne allzu große Kosten auch im Freiland Dauerbestrahlungsversuche durchzuführen, die sich über ganze Vegetationsperioden erstrecken können.

Was bei einem Rundgang durch das Versuchsfeld als erstes auffällt, ist die ungleiche Empfindlichkeit der um die Strahlenquelle angebauten Pflanzen. Während z. B. *Tradescantia paludosa* in einer Entfernung, die nur 40 r pro Tag erhält, schon schwer geschädigt ist und kaum mehr als Kümmerling zu gedeihen vermag, läßt sich der weißen Lupine erst bei 370 r pro Tag ein schwach schädigender Effekt erkennen, während beim Crabgras *Digitaria* sogar bei 700 r pro Tag noch kein Anzeichen einer Strahlenschädigung zu beobachten ist.

Eine interessante Versuchspflanze war *Soja hispida*, die in den stärkst bestrahlten Reihen zwischen 10 und 12,5 m Entfernung von der Strahlenquelle bei täglichen Strahlendosen von 550—350 r tief grüne, assimilierende große Keimblätter und nur 1—2 schmalblättrige, steife, blaugrüne Laubblätter zeigte, während in scharfem Gegensatz ab 15 m Entfernung und 250 r pro Tag die Keimblätter wie bei den Kontrollpflanzen zu welken und abzufallen begannen und die Laubblätter normales Aussehen aufwiesen. Nur die Höhe wie auch die Blühbereitschaft nahmen in noch größerer Entfernung weiter zu.

Die verschiedene Empfindlichkeit der Pflanzen des „Gamma-Feldes“ entspricht recht gut jener, wie man sie schon früher nach kurzfristigen Röntgenbestrahlungen gequollener oder keimender Samen

feststellen konnte. So bezeichnete 1915 K o e r n i c k e *Vicia faba* als sehr und Zea Mays als mittelempfindlich, während J o h n s o n 1936 unter 70 verschiedenen Pflanzen die *Brassicaceen* (Kohlarten) als die unempfindlichsten aufzählt, eine Empfindlichkeitsreihung, die mit jener am Gamma-Feld übereinstimmt.

Wirklich augenfällig sind bei einer Betrachtung der Pflanzen das Gamma-Feldes nur die schädigenden Wirkungen der starken Strahlendosen. Mit der Entfernung von der Strahlenquelle nehmen diese Wirkungen allmählich ab und das Aussehen der Pflanzen wird dem der unbestrahlten Kontrollen gleich. Nur bei einzelnen Pflanzen scheint bei bestimmten schwachen Dosen eine geringfügige Wachstumsförderung, vor allem aber eine Stimulation der Blütenbildung aufzutreten.

Noch einige Worte zu dem Aussehen der stark bestrahlten Pflanzen: Die Pflanzen werden mit zunehmender Strahleneinwirkung zwerghaft, die Blätter verändern vielfach ihre Form und werden vor allem auffallend dick (sukkulent). Die Ausbildung der Blüten wird gehemmt oder ganz unterbunden. Die Zunahme der Blattdicke, die man schon mit den Fingern fühlen kann, wird am anatomischen Querschnitt besonders deutlich. Die Zellen des Blattinneren (Mesophyll) nehmen dabei nicht so sehr an Zahl als an Größe zu. Die Dicke der unter starker Dauerbestrahlung stehenden

Blätter kann die der schwach oder unbestrahlten bis um das dreifache übertreffen. Auch die Epidermiszellen vergrößern sich, während die Zahl der Spaltöffnungen pro Quadratmillimeter gegenüber den unbestrahlten Kontrollen abnimmt. Häufig sind die Spaltöffnungen auch in ihrer Ausbildung gehemmt und bleiben in noch unvollkommenen Entwicklungsstadien stecken.

Würde man nach diesen großen morphologischen und anatomischen Verschiedenheiten der stark und schwach bestrahlten Pflanzen auch große, leicht feststellbare zellphysiologische Unterschiede erwarten, so würde man enttäuscht. Die Durchlässigkeit (Permeabilität) des Protoplasmas für Harnstoff und Glyzerin, seine Zähigkeit (Viskosität) und auch die vitale Färbbarkeit der Zellen ist bei den bestrahlten und unbestrahlten Pflanzen annähernd gleich. Höher ist jedoch fast stets die Zellsaftkonzentration (osmotischer Wert) der stark bestrahlten Pflanzen und größer die Resistenz ihrer Protoplasmen gegen verschiedene chemische Stoffe, wie besonders Zink-, Mangan- und Vanadylsulfat.

Die Wirkungen der Strahlen auf die Pflanze sind nicht nur von rein wissenschaftlichem, sondern auch von ganz großem praktischen Interesse. In Pflanzenzucht, Gartenbau, Landwirtschaft, Lebensmittelindustrie usw. haben sich bereits sehr erfolgreiche Anwendungsmöglichkeiten ergeben.

Die **S t r a h l e n g e n e t i k**, die sich mit der Beeinflussung der Erbmasse durch Strahlen befaßt, geht in ihren Anfängen auf die Jahre 1927 und 1928 zurück, wo in Amerika H. J. M ü l l e r an der Taufliede *Drosophila* und etwa gleichzeitig S t a d l e r an Mais und anderen Pflanzen erstmals Mutationen, d. h. sprunghaft auftretende erbliche Veränderungen nach Behandlung ihrer Objekte mit Röntgenstrahlen feststellen konnten. Schon 1928 wurden in der berühmten Saatzuchtstation Svalöf in Schweden von Nilsson-Ehle durch Bestrahlung hervorgerufene Mutationen erstmals in den Dienst der Pflanzenzüchtung gestellt. Auslese vorteilhafter Mutationen ist neben der Kombinationszüchtung seit langem die wichtigste Methode der Pflanzenzüchtung. Es treten nämlich auch unter normalen Vegetationsbedingungen immer wieder kleine Mutationen auf und man schreibt ja die gesamte Evolution zu einem wesentlichen Teil der natürlichen Auslese solcher Spontanmutationen zu. Durch Bestrahlung wird aber der Prozentsatz der Mutationen, die Mutationsrate, stark erhöht. Findet man unter normalen Bedingungen unter den Nachkommen einer Pflanze etwa 0,05—1% solcher erblicher Veränderungen, so kann man unter dem Einfluß von Röntgenstrahlen gelegentlich Mutationsraten von 14% und mehr erzielen. Wenn auch die Richtung der Mutationen durch die künstliche Auslösung nicht beeinflußt werden kann und

die weitaus größte Zahl unter ihnen krankhaft, nicht fortpflanzungsfähig oder überhaupt tödlich ist, so ist doch mit der Vermehrung der Mutationsrate die Wahrscheinlichkeit gegeben, daß auch wertvolle Mutanten auftreten. So hat man auf diesem Weg z. B. ertragsreichere Sorten oder Sorten mit erwünschteren Wuchsformen, erhöhter Widerstandsfähigkeit gegen Pflanzenkrankheiten, gegen Frost, Hitze oder Trockenheit erzielen können.

Höchste Bedeutung und vielseitigste Anwendungsmöglichkeit haben heute die seit dem Bau der verschiedenen Reaktoranlagen verhältnismäßig billig und in großen Mengen für die verschiedensten chemischen Stoffe herstellbaren Isotope gewonnen, und zwar nicht allein wie das schon erwähnte Cobalt⁶⁰ als Strahlenquelle, sondern als durch ihre strahlenden Eigenschaften stets leicht lokalisierbare und im Verlauf ihrer chemischen Umwandlungen verfolgbare „markierte“ Atome.

Das pflanzenphysiologisch vornehmste Beispiel ist wohl die weitgehende Klärung der Photosynthese, der Zucker- und Stärkebildung aus Kohlendioxyd der Luft, Wasser und Sonnenenergie in den grünen Chlorophyllkörnern, mit Hilfe von in diesen Assimilationsprozeß eingeführtem radioaktivem Kohlenstoff. Auch andere wichtige biochemische Prozesse, wie z. B. der Aufbau des Holzstoffes (Lignin) in der Pflanze, wurden auf diese Weise erforscht.

Für pflanzliche Ernährungsversuche stehen heute schon radioaktiver Phosphor, Kalzium, Schwefel, Kupfer, Molybdän, Zink, Kobalt u. a. zur Verfügung. Die Bestimmung der aufgenommenen Menge und Lokalisierung der Ablagerung dieser radioaktiven Stoffe in der Pflanze kann vorgenommen werden entweder mittels eines Geigerzählers oder aber durch Herstellung von Autoradiographien durch Auflegen der Pflanzenteile auf photographische Platten, auf denen sich die strahlenden Partien dann selbst abbilden. Die geringe Strahlung, die diese Isotope aussenden, beeinflussen im übrigen die Pflanze nicht. Düngt man z. B. Pflanzen mit radioaktiven Phosphorverbindungen, so kann man durch nachfolgende Analysen feststellen, wie viel von dem in der Pflanze vorhandenen Gesamtphosphor radioaktiv ist, d. h. wie viel dem Düngemittel entstammt und wie viel aus dem Boden selbst aufgenommen wurde. Scharer und Kühn an der Justus Liebig Hochschule in Gießen haben in jüngster Zeit an Mais die Aufnahme von Phosphor aus „markiertem“ Superphosphat nach Kopfdüngung (Dünger gestreut nach dem Aufgehen der Keimlinge), Banddüngung (Dünger 4 cm unterhalb der Samen) und Krumendüngung (Düngemittel mit der Gesamterde der Versuchsgefäße gemischt) untersucht und festgestellt, daß von der radioaktiven Düngerphosphorsäure bei der Kopfdüngung nur 2,8%, bei der Kru-

mendung 8,6%, bei der Banddüngung jedoch 14,2% aufgenommen wurde. Der praktische Wert solcher Untersuchungen braucht nicht besonders betont zu werden.

Eine andere sehr aufschlußreiche Anwendung finden mit Isotopen markierte Nährstoffe beim Studium der zusätzlichen pflanzlichen Ernährung durch oberirdische Pflanzenteile. Schon lange wiesen vor allem Praktiker darauf hin, daß eine Spritzung von Obstbäumen sowohl im blattlosen wie im belaubten Zustand mit verschiedenen Nährsalzen von Vorteil wäre. In Versuchen, in denen mit Radiophosphor oder Radiokalium getränkte Wattebauschen um noch unbelaubte Zweige gewickelt wurden, ließ sich 24 bis 48 Stunden später radioaktiver Phosphor, bzw. radioaktives Kalium fast 1 Meter höher in den Zweigen nachweisen und später sammelten sich die Stoffe besonders in der Nähe der Knospen an. Werden beblätterte Bäume mit radioaktiven Nährstoffen gespritzt, so zeigen Autoradiogramme der Blätter, daß diese die Nährsubstanzen reichlich aufgenommen haben. In Amerika besprüht man heute in manchen Gegenden schon große Obstbaumpflanzungen oder Kartoffelfelder mit einem Gemisch von Schädlingsbekämpfungsmitteln und bestimmten Kunstdüngerlösungen.

Es ist nicht uninteressant, daß nicht alle Elemente bei Darbietung durch die Blätter ihren Weg

bis in die Wurzeln finden. Autoradiogramme von mit Radiophosphor besprühten Tomatenpflanzen zeigen, daß der Phosphor nicht nur leicht in die Blätter eintritt, sondern sich durch die ganze Pflanze bis in die Wurzeln ausbreitet. Radiokalzium in der gleichen Weise geboten, wird wohl gleichfalls durch die Blätter aufgenommen, vermag aber nicht in die Wurzeln einzudringen. Man berechnete, daß Phosphor in löslicher Form den Blättern geboten bis zu 95% von der Pflanze ausgenützt wird, während von einer gleichen durch den Boden der Pflanze gebotenen Phosphordünger- menge nur 10% aufgenommen werden. Manche Pflanzen haben zu ganz bestimmten Zeiten, etwa bei der Samenbildung, ein besonders großes Phosphorbedürfnis. Hier könnte eine solche Blattdüngung rasch Abhilfe schaffen.

Ein letztes Anwendungsgebiet von Röntgen- und radioaktiven Strahlen, das derzeit in Amerika viel bearbeitet wird, sei noch erwähnt: die **H a l t b a r m a c h u n g** und **S t e r i l i s a t i o n** von vegetabilischen Lebensmitteln. Neben der Einlagerung in Kühllhäusern hat sich in den letzten Jahr besonders die Entwässerung verschiedener Lebensmittel als ein sehr geeignetes Mittel zur Haltbarmachung erwiesen. Es sei nur an Trockenmilch und Trockenei erinnert. Bei manchen Feldfrüchten liegt das Problem der Lagerung darin, das vorzeitige Austreiben zu verhindern. Dies ist nun bei Kartoffeln

und Zwiebeln mit gutem Erfolg durch Röntgen- oder γ -Bestrahlung mittels einer Cobalt⁶⁰-Strahlenquelle gelungen. Es ist verständlich, daß die Erprobung aller dieser Strahlenwirkungen sorgfältig erfolgen muß, da bei den Lebensmitteln erst durch biochemische Untersuchungen und durch Fütterungsexperimente mit Sicherheit zu erweisen ist, daß die erfolgreiche Zurückdämmung des Austreibens durch die Bestrahlung nicht irgendwelche gesundheitsschädliche Folgen im Chemismus dieser Speicherorgane begleitet ist. Doch lassen die bisherigen Versuche vermuten, daß dies nicht der Fall ist, so daß zweifellos auch dieser Art der Haltbarmachung bestimmter Lebensmittel noch große Bedeutung zukommen wird.

Die botanische Strahlenforschung bildet nur einen Teil der Tätigkeit der biologischen Abteilung. Diese selbst ist aber wieder nur eine Sparte des mit gleicher Intensität auch auf dem Gebiet der Physik, Chemie, Medizin, Metallurgie u. a. im Dienste der Grundlagenforschung und der Auffindung friedlicher, allgemein wertvoller Anwendungsmöglichkeiten der Atomenergie arbeitenden Brookhaven National Laboratory.

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): Biebl Richard

Artikel/Article: [Botanische Strahlenforschung am Brookhaven National Laboratory \(U.S.A.\). 57-74](#)