

gar gekühlten. Die Umwandlung der im organischen Dünger vorhandenen Nährstoffe in eine pflanzenaufnehmbare Form setzte eher ein; sie standen den Haferpflänzchen frühzeitiger zur Verfügung als in den gekühlten Gefäßen, in denen die mikrobiellen Umsetzungen bewußt gehemmt wurden. In den beheizten Gefäßen konnte bei schnellerem Aufgang der Saat ein früherer Reifetermin des Hafers erzielt werden.

Bild 4 zeigt links 4 beheizte Gefäße, die kurz vor der Ernte aufgenommen wurden und rechts 4 entsprechend gedüngte, die der Kühlung unterworfen und zu dieser Zeit noch nicht ausgereift waren. Bei gleicher organischer Düngung und gleicher Versorgung mit allen übrigen mineralischen Nährstoffen wurde die Stickstoffgabe in Form von Ammoniumnitrat (von links beginnend) von 0 mg über 250 und 500 mg auf 1000 mg N je Gefäß gesteigert, um den physiologisch wirksamen Anteil

des Stickstoffs im organischen Dünger bestimmen zu können.

Durch die beschleunigte Anfangsentwicklung waren die Haferpflanzen der beheizten Gefäße bereits am 26. Juli, die der gekühlten jedoch erst am 14. August schnittreif. Die Reife des Hafers verzögerte sich damit durch die Kühlung des Bodens um fast 3 Wochen.

Im Boden der Versuchsgefäße konnten durch Erhöhung oder Erniedrigung der Temperatur die täglichen Schwankungen verringert werden. Außerdem war es möglich, ausgeglichene Temperaturverhältnisse durch Erwärmung des Bodens in den ersten 8 Wochen der Vegetationszeit zu schaffen. Damit dürfte der eingangs erwähnte methodische Fehler bei der Ermittlung des physiologisch wirksamen Anteils der Nährstoffe organischer Düngemittel durch die Witterungsverhältnisse der Monate April bis Juni einzelner Jahre weitgehend zu verringern sein.



Hans Keppel, Isotopen-Laboratorium

## **ACHTUNG - STRALUNG!**

### **BETRACHTUNGEN ZU DER PARISER KONFERENZ ÜBER DIE VERWENDUNG VON RADIOISOTOPEN IN DER WISSENSCHAFT**

In steigendem Maße begegnen wir an unseren Arbeitsplätzen einem Symbol, das die Nähe einer Strahlungsquelle anzeigt und vor dem Betreten des dahinterliegenden Raumes ohne besondere Schutzmaßnahmen warnt. Hinter dieser Absperrung ist außer dem Hantieren mit langen Greifern und dem Umherstehen von Meßgeräten – vielleicht sogar nur einer dicken Wand aus Blei oder Beton – in den meisten Fällen nichts festzustellen. In unserer Vorstellung sehen wir uns aber der Einwirkung unheimlicher, durchdringender Strahlungen ausgesetzt, gegen die es keinen wirklichen Schutz gibt und die in der Atombombe eine alles Leben vernichtende Anwendung gefunden haben. Obwohl wir von den vielen Anwendungen in der Industrie, in der Technik und auf den verschiedensten Gebieten der wissenschaftlichen Forschung gehört haben, fühlen wir uns einer Entwicklung preisgegeben, die wir aufhalten möchten, weil wir nicht wissen, wohin sie führt.

Es möchte wohl niemand den Wert der im Atom steckenden Energie, die uns im Kernreaktor als Reaktionswärme und Strahlung zur Verfügung steht, ernsthaft bezweifeln und nicht ausnutzen wollen, jedoch läßt die Vorstellung einer möglichen momentanen Befreiung dieser Energie und ihrer verheerenden Folgen den Gedanken an die große Bedeutung einer gelenkten und sinnvollen Ausnutzung gar nicht erst aufkommen. Wir machen bei unseren Einwänden im Grunde keinen Unterschied zwischen der in einer Uranbombe, einem Kernreaktor und einem Radioisotop gespeicherten Energie. Die Wissenschaft und die Technik haben den Beweis bereits

angetreten, daß wir diese Kräfte auch zu beherrschen vermögen. Sie haben ferner gezeigt, daß die in Form von Strahlung aus dem Atomkern gewinnbare Energie – obwohl sie jede organische Substanz zu zerstören vermag – bereits zu einem unersetzlichen Helfer für die Menschen geworden ist.

Trotzdem scheinen unsere Bedenken und Zweifel berechtigt zu sein. Wo auch von Atomkernenergie die Rede ist, sei es in Presse, Rundfunk oder Schrifttum, wird immer wieder auf die Gefahren beim Umgang mit radioaktiven Stoffen hingewiesen. So sind wir bereits gezwungen, infolge der laufenden Kernwaffenversuche gewisse Nahrungsmittel, insbesondere Milch und Fische, auf Radioaktivität hin zu prüfen. Was liegt daher näher als die Befürchtung, daß mit der Aufstellung von Reaktoren und der zunehmenden Verwendung von Radioisotopen diese Gefahr einer Verseuchung noch vergrößert wird. Die jüngsten Erkenntnisse über die Akkumulierung gewisser Radioelemente im Organismus und über die schädigenden Wirkungen der Strahlen auf die Fortpflanzungsorgane und damit auf die Gesundheit unserer Nachkommen haben diese Bedenken nur noch verstärkt.

Parallel mit dem Bau neuer Reaktoren und mit dem zunehmenden Bedarf an Radioisotopen ist aber auch die Entwicklung des Sicherheitsproblems in der Kerntechnik vorangetrieben worden. Die anfänglich brennenden Fragen der Lagerung der Abfälle, der Vermeidung einer Verseuchung der Abwässer und der Atmosphäre gehören heute nicht mehr zu den Faktoren, die die Entwicklung nachteilig beeinflussen können. „Die Anwendung der Atomenergie bringt



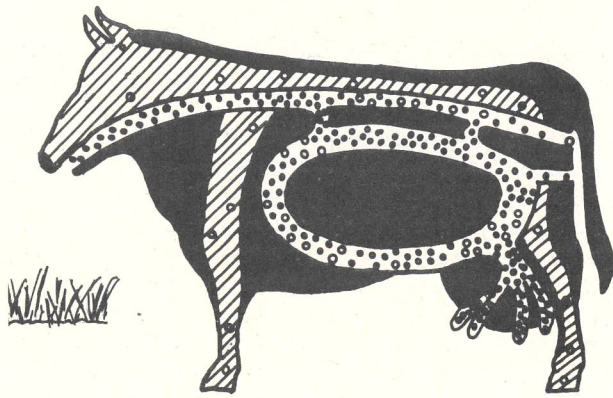


Bild 1: Verwendung von Radio-Calcium zur Bestimmung der Ausnutzung des Calciums in der Nahrung. Mit dem Futter aufgenommenes Radio-Calcium findet sich im Kot, Harn und in der Milch wieder. Ein Teil tauscht sich gegen das Calcium der Knochen aus. Die Geschwindigkeit, mit der die Radioaktivität nach der Aufnahme in den einzelnen Ausscheidungen nachgewiesen werden kann und die Höhe dieser Strahlung lassen wertvolle Rückschlüsse auf den Stoffwechsel des Tieres, insbesondere auf die Bedeutung des Calciums für die tierische Ernährung zu.

so viele Vorteile mit sich“, sagte Prof. Dr. TAYLOR vom National Bureau of Standards in Washington anlässlich eines Vortrages über die zulässige Strahlenbelastung des Menschen, „daß ein gewisses Wagnis in Kauf genommen werden muß; unser ganzes Bemühen ist es, dieses Gefahrenmoment zu verringern.“

Die erst kürzlich in Paris stattgefundene Internationale Konferenz über die Anwendung von Isotopen gab einen Überblick über

#### die Mannigfaltigkeit und die Bedeutung der Kernenergie ...

speziell der mit ihrer Hilfe erzeugten künstlichen Radioisotope für die Lösung der verschiedenartigen wissenschaftlichen und technischen Probleme. Die Folgerungen, die sich aus dieser Tagung für die Zukunft, insbesondere für unsere Arbeit auf dem Gebiet der Landbauwissenschaft ergeben, sollen hier an Hand einiger Beispiele aufgezeigt werden:

#### für die Medizin ...

In der Medizin fanden die Radioisotope bislang die größte Verwendung. Sie sind als Strahlenquelle und auch als „markierte“ Atome oder Verbindungen unentbehrlich geworden. Sie haben weitgehend die Röntgenröhre ersetzt und maßgeblichen Anteil bei diagnostischen Untersuchungen und strahlentherapeutischen Behandlungen gefunden.

#### für die Wirtschaft ...

Die Freisetzung der Kernenergie in Reaktoren läßt angesichts des immer größer werdenden Bedarfs und der begrenzten Vorräte an natürlichen Energiequellen heute bereits die zunehmende Bedeutung für die Gewinnung elektrischer Energie erkennen. Die Bemühungen um einen kontrollierbaren Ablauf der Verschmelzung von Wasserstoffkernen stehen dabei im Vordergrund der Unter-

suchungen. Die Industrie verwendet Radioisotope in immer stärkerem Maße zur Regulierung und Kontrolle bei der Produktion von Massengütern und zur Bestimmung der Geschwindigkeit und Vollständigkeit kontinuierlich verlaufender Prozesse. Im einzelnen läßt sich die Vielzahl der Anwendungen an dieser Stelle nicht anführen, aber einige Beispiele mögen den großen Umfang kennzeichnen, den schon heute die Isotopen in der Industrie einnehmen. Als Strahlenquelle dienen sie an Stelle der Röntgenröhre bei der Prüfung von Inhomogenitäten bei Gußstücken und Schweißnähten, in großem Umfang werden sie bereits bei jeglicher Art von Dickenmessung, in der Kunststoffindustrie bei der Auslösung von Polymerisationen, in der Erdölindustrie bei der Verkrackung und in der Papierindustrie zur Beseitigung elektrischer Aufladungen eingesetzt. Selbst bei der Unfallverhütung begegnen wir Radioisotopen.

Wie Prof. Dr. LIBBY von der Amerikanischen Atomenergie-Kommission in seinem Vortrag über „Die ökonomischen Vorteile der Anwendung von Radioisotopen“ anlässlich der Pariser Konferenz betonte, hat die Heranziehung von Radioisotopen der amerikanischen Industrie bereits Einsparungen in Höhe von 1 Milliarde Dollar gebracht. Die jährlichen Einsparungen liegen im Durchschnitt um 400 Mill. Dollar; sie sind bedingt durch eine bessere Überwachung der Produktion, durch geringeren Ausschuß und durch billigere Rohstoffe.

Der Verwendung der Radioisotope als Strahlenquelle steht die als „markierte“ Atome oder Verbindungen gegenüber. Auch hier wird die radioaktive Strahlung ausgenutzt, allerdings lediglich, um die betreffenden Elemente zu erkennen und nachweisen zu können. Die für solche Zwecke eingesetzten Mengen an Radioisotopen sind viel geringer als sie für eine Strahlenquelle notwendig sind. Beispiele für eine solche Verwendung sind die Feststellung von Leckstellen in Rohrleitungen, die Verfolgungen von Sand- und Schlammbewegungen, die Ermittlung der Verbindung unterirdischer Stollen, die Prüfung der Verteilung und Diffusion von Stoffen ineinander und die Messung der Abnutzung in Hochöfen und Motoren. Die auf der Pariser Konferenz gehaltenen Vorträge zeigten besonders eindrucksvoll den Wert der Isotopen-Technik für die Lösung physikalisch-chemischer Probleme und für die Bearbeitung analytischer und metallurgischer Fragen.

Diese Untersuchungen haben auch den Anstoß dazu gegeben, den Ablauf chemischer Reaktionen unter dem Einfluß von ionisierenden Strahlen zu verfolgen.

So lassen bisherige Beobachtungen eine Wandlung auf dem Gebiet der Werkstoffe erwarten. Durch Bestrahlung von Kunststoffen werden ihre physikalischen Eigenschaften geändert, was sich z. B. in einer Heraufsetzung ihres Schmelzpunktes äußert. Auch die Vulkanisierung des Kautschuks läßt sich ohne Zusatz von Schwefel, allein durch Strahleneinwirkung durchführen. Mit dieser Behandlung geht gleichzeitig eine Verbesserung der Wärmebeständigkeit und eine Herabsetzung der Sprödigkeit einher. Diese Erscheinungen lassen auch die Herstellung ganz neuartiger chemischer Verbindungen



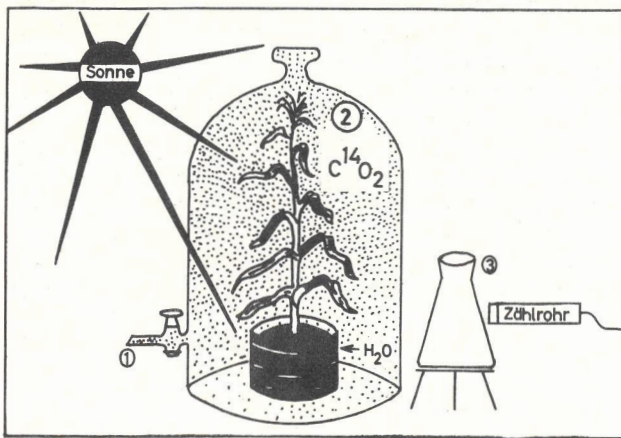


Bild 2: Untersuchung der bei der Fotosynthese entstehenden Pflanzennährstoffe mit Hilfe von Radio-Kohlenstoff.

- ① Einfüllung des mit Radio-Kohlenstoff markierten Kohlendioxids.
- ② Assimilation des Kohlendioxids durch die Blätter.
- ③ Die Produkte der Photosynthese sind mit Radio-Kohlenstoff „markiert“ und lassen sich dadurch über radiochemische Verfahren bestimmen.

Die Methode erlaubt infolge ihrer hohen Empfindlichkeit die allerersten Reaktionsprodukte der Kohlensäure-Assimilation zu fassen, die den gebräuchlichen analytischen Methoden bisher entgingen.

offen. Für die Zukunft darf daher die Intensivierung dieser mannigfachen Anwendungen und die Erschließung neuer Zweige vorausgesagt werden.

#### für die Landwirtschaft ...

Wenn die genannten Anwendungsgebiete auch sehr überzeugend den Nutzen der Radioisotope erkennen lassen und den Beweis dafür erbringen, daß ohne sie viele Ergebnisse sogar unmöglich gewesen wären, zählen die Erfolge in den Landbauwissenschaften doch zu den größten und bedeutungsvollsten der jüngsten Epoche. In seiner Begrüßungsansprache sagte der Präsident der Pariser Isotopen-Konferenz, Prof. Dr. Cockcroft, Direktor des englischen Forschungszentrums für Kernenergie in Harwell: „In den letzten 10 Jahren hat sich eine Revolution in den biologischen Wissenschaften und in der Kenntnis der Stoffwechselforgänge, vor allem durch die Anwendung der radioaktiven Tracer-Technik, angebahnt. Auf dem Gebiet des Pflanzenwachstums und der Tierernährung hat die Forschung einen gewaltigen Antrieb erfahren, der unvermeidlich zu weittragenden Folgerungen für die Zukunft führen wird.“

Die von Radioisotopen ausgehende Strahlung ist bereits mit großem Erfolg zur Konservierung und Sterilisierung von Lebensmitteln, zur Schädlingsbekämpfung und zur Pflanzenzüchtung eingesetzt worden. Alle diese Verfahren machen dabei von der Wirkung der Strahlen auf lebendes Gewebe Gebrauch, das verändert und schließlich zerstört wird, wenn es genügend hohen Dosen ausgesetzt wird. Dabei besteht ein wesentlicher Unterschied zwischen der Empfindlich-

keit des pflanzlichen und des tierischen Organismus. Selbst die einzelnen Organe, Gewebe und Zellen eines einzelnen Individuums können sehr unterschiedlichen Strahlendosen widerstehen. Bisher wurden keine schädlichen Folgen nach Genuß von bestrahlten Nahrungsmitteln beobachtet und die anfänglichen Erfolge haben — angesichts der jährlichen hohen Verluste an Nahrungsmittelvorräten — dazu ermutigt, außer Fleisch, Früchten und Gemüse auch Körner und Trockenfrüchte einer Bestrahlung auszusetzen. Kartoffeln verlieren durch Bestrahlung die Fähigkeit zu keimen, wodurch die Lagerungsfähigkeit wesentlich erhöht wird und die Qualität mehr als bisher erhalten bleibt. Diese Methode der Konservierung und Sterilisierung wird die bislang herkömmlichen Verfahren durch Anwendung chemischer Mittel oder durch Tiefkühlung nicht ersetzen, ihr wird aber auf Grund ihrer spezifischen Eigenschaften eine besondere Aufgabe zufallen.

An den Problemen der Schädlings- und Seuchenbekämpfung wird schon seit langem auch von seiten der Pflanzenzüchter gearbeitet, um gegen Befall resistente Formen zu züchten. Diese Versuche sind nicht ohne Erfolg geblieben, obgleich die Zahl der natürlichen Mutationen sehr gering ist und die oft hohe natürliche Mutationsrate der Erreger die Züchtung immer wieder vor neue Aufgaben stellt. Durch Verwendung der Strahlen radioaktiver Isotope läßt sich die Mutationsrate jedoch wesentlich, teilweise bis auf das Hundertfache, heraufsetzen. Wenn auch der größte Teil der durch Mutation hervorgerufenen Formen minderwertigere Eigenschaften hat, so sind unter ihnen auch solche mit verbesserten Qualitätsmerkmalen, wie z. B. höhere Erträge, größere Resistenz oder bessere Festigkeitseigenschaften. Es bedarf noch vieler Untersuchungen, um die bisherigen



Bild 3: Durch Gamma-Strahlen hervorgerufene Mutation bei Gerste. Links: Mutante. Sie ist kürzer, standfester und ertragreicher. Rechts: Kontrolle.



Einzelbeobachtungen systematisch fortzusetzen, aber die Vermutung ist berechtigt, daß der Einsatz von Radioisotopen auf diesem Gebiet mit zu den größten und bedeutendsten Auswirkungen der Atomenergie gehört.

Was die Radioisotope als „Leitotope“ oder „markierte Atome“ vor allem in den wissenschaftlichen Laboratorien zu leisten vermögen, darüber gaben die auf der Pariser Konferenz auf dem biologischen Sektor gehaltenen Vorträge einen Überblick. Sie zeigten die Anwendung bei Untersuchungen über die Ionenbeweglichkeit in Böden, über Austausch-Phänomene, über die Nährstoffaufnahme und den Mineralstoffwechsel bei Pflanzen und Tieren. Eine besondere Vortragsfolge galt dem Studium der pflanzlichen Biosynthesen unter Verwendung von Radio-Kohlenstoff. Das Wesen dieser Tracer-Technik, d. h. das Arbeiten mit „markierten“ (radioaktiven) Atomen und Verbindungen, beruht auf der hohen Empfindlichkeit, mit der sich die von den Radioelementen ausgehende Strahlung nachweisen läßt. Sie erlaubt, einzelne radioaktive Atome unter vielen chemisch gleichartigen, aber inaktiven herauszufinden und damit ihren Weg zu verfolgen. Das ist mit den relativ einfachen Mitteln bei keiner anderen Methode sonst möglich. Diese „Tracer-Technik“ ist weiterhin durch das Arbeiten mit äußerst geringen Konzentrationen gekennzeichnet, wodurch sich selbst gewichtslose Spuren noch nachweisen lassen und die Einhaltung physiologischer Bedingungen gewährleistet wird. Die Möglichkeit, in vielen Fällen den Verbleib des Radioisotops im Verlauf des Prozesses allein von außen durch Abtasten mit einem Zählrohr oder durch Herstellen eines Autoradiogramms bestimmen zu können, erlaubt ein Arbeiten am lebenden, unzerstörten Objekt („zerstörungsfreie Analyse“). In bislang verborgene Vorgänge im Bereich monomolekularer Schichten an Grenzflächen, bei Diffusionserscheinungen und bei der Einstellung und Beeinflussung von Gleichgewichten sowie zum Erkennen entgegengesetzt gerichteter Transporte in einer einzigen Leitungsbahn, hat erst die Anwendung von Radioisotopen Licht gebracht. Den Radioisotopen verdanken wir auch die bedeutenden Erkenntnisse über die Relation zwischen Pflanze, Tier und Mensch, denn sie ermöglichen, ein Radioelement oder ein mit einem Radioelement markiertes Molekül selbst beim Übergang von einem Individuum auf ein anderes zu verfolgen. Auf die Bedeutung der Radioisotope im Kampf gegen Schädlinge und Krankheiten wurde bereits hingewiesen. Zu diesen Untersuchungen gehört auch das Studium der Aufnahme und der Wirkung mit Radioisotopen markierter Schädlingsbekämpfungsmittel bei Insekten sowie die Beobachtung etwaiger schädlicher Folgen für Mensch und Tier.

Einen besonderen Beitrag hat die Isotopen-Technik zur Klärung der Photosynthese geliefert. Dieser wichtigste biologische Prozeß bildet die Grundlage unserer Ernährung; ihm verdanken wir weiterhin die Entstehung des Holzes und damit die Herstellung eines wesentlichen Teils unserer Bekleidung. Wir erhalten Einblick in diesen komplizierten Vorgang und die Erkenntnisse werden uns in die

Lage versetzen, ihn im Sinne einer Leistungssteigerung auszuwerten.

Auf dem Gebiete der Tierernährung sind ähnliche, grundlegende Versuche über Stoffwechsellvorgänge mit Radioisotopen, speziell über den Aminosäure-Haushalt und über die Nahrungsbestandteile, die zur Milchproduktion beitragen, angestellt worden. Untersuchungen über die Ausnutzung des Futters werden eine bessere Fütterung und damit eine höhere Leistung nach sich ziehen. Die Ergebnisse wirken sich damit indirekt auch auf die Erforschung einer gesunden menschlichen Ernährung aus.

### Zusammenfassung

Es sollte an dieser Stelle aus Anlaß der in Paris stattgefundenen Isotopen-Konferenz ein Überblick über die Gebiete gegeben werden, in die die Isotopen-Technik bereits Eingang gefunden hat. Diese Aufzählung muß zwangsläufig unvollständig bleiben und machte die Beschränkung auf die wichtigsten Anwendungen notwendig. Keine Erwähnung fanden die spezifischen Eigenschaften der verschiedenen Strahlungsarten und die Nachweisgeräte, deren hohe Empfindlichkeit das Erkennen und quantitative Bestimmen der radioaktiven Strahlung erst ermöglicht. Es wurde auch nicht über die Schädigungen berichtet, die die Strahlen im Organismus hervorrufen, noch über die Strahlenmengen, denen der Körper ohne nachweisbare Schädigungen ausgesetzt werden darf. Auch mußten die Vorsichtsmaßnahmen unberücksichtigt bleiben, die beim Umgang mit Strahlenquellen notwendig sind.

Zu diesen Fragen soll später im Zusammenhang mit der Errichtung eines Isotopen-Laboratoriums an der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Stellung genommen werden. Dieses Isotopen-Laboratorium wird helfen, diejenigen Aufgaben zu lösen, bei denen andere Methoden versagen oder die Isotopen-Technik einen einfacheren und schnelleren Weg eröffnet. Die obigen Betrachtungen zu der Pariser Konferenz haben gezeigt, von welcher großer Bedeutung die Radioisotopen gerade für die Probleme in den Landbauwissenschaften sind. Die Forschung kann auf sie nicht mehr verzichten und auch unter den Aufgaben der Forschungsanstalt auf dem Gebiet der Bodenfruchtbarkeit, der Nahrungsaufnahme und des Stoffwechsels bei Pflanzen und Tieren sowie auf dem Gebiet der Landtechnik gibt es viele Probleme, die ohne die Anwendung von Radioisotopen nicht gelöst werden können. Der relativ große Aufwand, den die Isotopen-Technik aus Gründen des Strahlenschutzes, der Vermeidung einer Verseuchung und der Beseitigung der radioaktiven Abfälle erfordert, legt es nahe, für alle Arbeiten mit radioaktiven Isotopen eine zentrale Einrichtung zu schaffen. Die Verwirklichung dieses Plans heißt, die eigenen Untersuchungen zu fördern und den Anschluß an die langjährigen Erfahrungen des Auslands zu finden. Für diese friedlichen Aufgaben eingesetzt, verliert das Wort „Atomenergie“ seinen Schrecken und wird zum unersetzlichen Helfer bei der Beantwortung der Fragen, vor die die Landwirtschaft angesichts der ständig wachsenden Bevölkerung der Erde gestellt ist.