

Strahlenbelastungen von Meßpersonal und Gut durch Bestrahlungsanlagen und radiometrische Sonden in der Landwirtschaft

Dr. rer. nat. M. Gläser/Chem.-Ing. H. Fuchs

Forschungszentrum für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft Schlieben der AdL der DDR

Dipl.-Ing. oec. A. Makedanz, Staatliches Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz Berlin

1. Zielstellung

Im Bereich der landtechnischen Forschung nehmen Radionuklide seit langem einen festen Platz als Forschungsmittel ein. Aus der landwirtschaftlichen Praxis sind dagegen erst wenige Beispiele der Anwendung ionisierender Strahlung bekannt. Dazu gehören die durch Röntgenstrahlung gesteuerte mechanische Aussortierung von Steinen und Kluten bei der Automatischen Trennanlage E 691 sowie die Dichte- und Feuchtemessung mit Hilfe von Gamma- und Neutronenstrahlen. Von den in der Volkswirtschaft der DDR angewendeten radiometrischen Meßeinrichtungen entfallen nur 6% auf die Landwirtschaft und Lebensmittelindustrie [1].

Im folgenden werden auf der Grundlage einer bereits vorliegenden Bestandsaufnahme über die Anwendung der Radionuklidtechnik – vor Jahren überwiegend als Isotopentechnik bezeichnet – in der Landwirtschaft der DDR [2 bis 5] die Strahlenbelastungen des Meß- und Wartungspersonals, anderer Werkträger und der Bevölkerung sowie der bestrahlten Güter bei derartigen Messungen angegeben und unter Bezug auf die gesetzlichen Bestimmungen bewertet.

Die durchgeführten rechnerischen Abschätzungen und Messungen beziehen sich auf den normalen Betrieb und Einsatz der Geräte bzw. Anlagen. Arbeiten an den Strahlenquellen und Sonden, die nur von Strahlenwerkträgern vorgenommen werden dürfen, werden nicht in die Untersuchungen einbezogen. Dazu gehören der Ein- und Ausbau der Strahlenquellen, Dichtigkeitsprüfungen sowie die Reparatur und Wartung von Strahlen-einrichtungen.

Tafel 1. Primäre Grenzwerte der Strahlenbelastung für Strahlenwerkträger und Einzelpersonen [6, DB §§ 25, 26, 31]

	H _e mSv/a	H für Organe mSv/a	H für Augen mSv/a
Strahlenwerkträger	50	500	150
einzelnen Personen aus der Bevölkerung	5	50	
einzelne Personen aus der Bevölkerung im Zeitraum von 50 Jahren	1		

H_e effektive Äquivalentdosis,
H Äquivalentdosis

Die effektive Äquivalentdosis ist aus der Äquivalentdosis durch Multiplikation mit Wichtungsfaktoren für die einzelnen betroffenen Organe zu bestimmen (Definition und einzelne Faktoren s. Anlage zu [6]).

2. Strahlenschutzgrenzwerte und Anforderungen an Strahlenquellen¹⁾

2.1. Personenbelastung

Zur Gewährleistung des Strahlenschutzes sind für die Anwendung ionisierender Strahlung primäre Strahlenschutzgrenzwerte für die individuelle Strahlenbelastung von Strahlenwerkträgern, die diese Strahlenquellen anwenden, und für einzelne Personen aus der Bevölkerung festgelegt, die nicht überschritten werden dürfen (Tafel 1). Die primären Grenzwerte gelten generell für alle Anwendungsfälle der Atomenergie, d. h. auch für den Verkehr mit Radionukliden, umschlossenen Strahlenquellen und Röntgeneinrichtungen, die in der Landwirtschaft eingesetzt werden.

Für Strahlenwerkträger erfolgt in Abhängigkeit von den Arbeitsbedingungen eine Einstufung in die Kategorien A oder B zur Anpassung der Überwachungsmaßnahmen an die mögliche Strahlenbelastung. Für Strahlenwerkträger der Kategorie A gelten die Grenzwerte aus Tafel 1. Strahlenwerkträger der Kategorie B sind unter Arbeitsbedingungen tätig, bei denen die Strahlenbelastung $\frac{3}{10}$ der Grenzwerte nicht überschreiten kann.

Für praktische Strahlenschutzmaßnahmen und Einschätzungen wurden die primären Grenzwerte durch sekundäre und abgeleitete Grenzwerte ergänzt [6, DB §§ 25 bis 27]. Vor allem beim Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen sind die sekundären Grenzwerte der Jahresaktivitätszufuhr (ALI = annual limit of intake) für Inhalation und Ingestion von Radionukliden zu beachten [6, DB § 26 (3) und Anlage 2]. In den Grenzwerten wird die Strahlenbelastung der Bevölkerung durch natürliche Quellen und medizinische diagnostische Maßnahmen nicht berücksichtigt. Der Wert dieser Strahlenbelastung beträgt in Mitteleuropa durchschnittlich 2,5 bis 3 mSv/a mit einer erheblichen Schwankungsbreite (vgl. [7, 8]).

Die Strahlenbelastungen, die durch die Anwendung ionisierender Strahlung in der Landwirtschaft hervorgerufen werden, sollen im folgenden mit den primären Grenzwerten (Tafel 1) verglichen werden.

2.2. Gutbelastung bei Nutzbestrahlungen in Bestrahlungsanlagen

Die bisherige Betrachtung bezog sich auf den Schutz von Personen vor der Einwirkung ionisierender Strahlung. Beim Einsatz ionisierender Strahlung in der Landwirtschaft kann jedoch auch eine Exposition von Lebens- und Futtermitteln erfolgen. Daraus ergibt sich die Frage, inwieweit darin ein Risiko für die Verbraucher besteht und ob Bedenken gegen den Einsatz ionisierender Strahlung in der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft begründet sind, vorausgesetzt, daß bestimmte Vorgaben und Strahlenschutzmaßnahmen

eingehalten werden.

Zur gefahrlosen Anwendung energiereicher Strahlung zur Keimungshemmung bzw. zur Dezimierung von Schädlingen und Keimen oder zur Sterilisation wurde ein vielschichtiges naturwissenschaftlich und technisch begründetes Zulassungs- und Kontrollsystem geschaffen.

Bestrahlungsanlagen [9, 10], z. B. zur Verbesserung der Lagerfähigkeit und zur Verhinderung von Lagerverlusten bei Zwiebeln, bedürfen einer Erlaubnis des Staatlichen Amtes für Atomsicherheit und Strahlenschutz (SAAS) und einer Genehmigung des Ministeriums für Gesundheitswesen. Vom SAAS werden die Strahlenschutzbestimmungen (Strahlenquellen, Abschirmungen, Qualifikation der Verantwortlichen sowie Bestrahlungsablauf bis zur Technologie der Bestrahlung mit Strahlenquellen und der Technologie der Bestrahlung) geprüft und bei Übereinstimmung mit den gesetzlichen Forderungen genehmigt.

Die Rechtfertigung der Bestrahlung, das Bestrahlungsziel, die gesundheitliche Unbedenklichkeit bei hohen Bestrahlungsdosen (ab 10 kGy) im Sinne des Lebensmittelgesetzes sowie der hygienische Zustand und die Qualität der strahlenbehandelten Produkte werden im Zustimmungsverfahren des Ministeriums für Gesundheitswesen geprüft.

Um eine induzierte Radioaktivität und toxische Einflüsse in den Futter- und Nahrungsmitteln mit Sicherheit zu eliminieren, wurden die Strahlenarten ausgeschlossen, durch die das Produkt aktiviert werden könnte. Die Energie der β - und γ -Strahlung der für die Bestrahlung verwendeten Radionuklide und die Energiedosen wurden begrenzt. Die konkreten Festlegungen hierzu lauten [11]:

- Neutronenstrahlung nicht erlaubt
- Gammastrahlung nur mit Energien bis 5 MeV
- beschleunigte Elektronen nur mit Energien bis 10 MeV
- Energiedosis auf den Bereich von 0,5 Gy bis 50 kGy begrenzt, wobei ab 10 kGy zusätzliche Zertifikate zur gesundheitlichen Unbedenklichkeit beizubringen sind.

Hierbei folgt die DDR der Empfehlung einer Expertengruppe der Weltgesundheitsorganisation (WHO), der Internationalen Atomenergiebehörde (IAEA) und der Ernährungs- und

1) Folgende SI-Einheiten werden verwendet:

- Aktivität in Becquerel (Bq)
- Energiedosis in Gray (Gy)
- Äquivalentdosis in Sievert (Sv)
- Energie der Photonenstrahlung in Elektronenvolt (eV)

Für Röntgen-, Gamma- und Betastrahlung ab 30 keV wird 1 Gy = 1 Sv gesetzt. Die alten Einheiten Curie, Rad und Rem können wie folgt in SI-Einheiten umgerechnet werden: 27 pCi = 1 Bq; 1 rd = 10 mGy; 1 rem = 10 mSv.

Tafel 2. Aufgrund von Dosisleistungsmessungen abgeschätzte Strahlenbelastungen von Personen beim Einsatz von Strahleneinrichtungen in der Landwirtschaft und Energiedosis des bestrahlten Gutes

Gerät/Strahleneinrichtung	Äquivalentdosis je Person und Jahr/mSv	Energiedosis je Gut und Behandlung/mGy
Dichtesonde DS-117	1...2	0,2
Füllstandmeßeinrichtung	1...3 (mit Wartung) 1 (ohne Wartung)	1...100
Automatische Trennanlage E691 Bestrahlungsanlagen GBZ 81	< 1	$1 \cdot 10^{-3}$
GBS 84	1...2	$30 \cdot 10^3$ (Zwiebeln) bis $10 \cdot 10^6$ (Gewürze, Futterhefe) $(1...5) \cdot 10^3$
Saatgut-Bestrahlungseinrichtung „Kolos“ Dichte- und Feuchtekomplex S-23.1 und S-24.2L	1	
Oberflächendichtesonde ODS-118	1...4	0,3
Fördermassesonde RFS	1...4	0,3
Am-241-bestückt	2	$< 1 \cdot 10^{-3}$
Cs-137-bestückt	2...4	$< 1 \cdot 10^{-3}$

Landwirtschaftsorganisation (FAO) [9, 10]. In der DDR werden die physikalischen Vorgaben der WHO bei weitem nicht ausgeschöpft. Von dem zulässigen Energiedosisbereich werden zur Keimungshemmung von Zwiebeln 30 bis 40 Gy appliziert, und bei anderen Produkten, z. B. bei Gewürzen, ist ein Dosisbereich von 5 bis 10 kGy üblich. Hinsichtlich der Strahlenart und -energie werden Cs-137- und Co-60-Strahlenquellen zugelassen. Cs-137 emittiert Gammastrahlung von 0,662 MeV und Co-60 von 1,17 und 1,33 MeV. Alle γ -Energien liegen deutlich unter 5 MeV.

Elektronenbeschleuniger wurden bisher in der DDR für Bestrahlungszwecke von Lebensmitteln nicht zugelassen.

Bei allen Bestrahlungen werden nur umschlossene Strahlenquellen eingesetzt. An die Umhüllung – eine inaktive, stabile Metallkapsel – werden hohe Anforderungen hinsichtlich mechanischer und chemischer Beständigkeit sowie Dichtigkeit gestellt. So werden bereits konstruktiv ein Entweichen von Aktivität und daraus resultierende Kontaminationen und möglicherweise Inkorporationen beim Bedienungspersonal bzw. den Strahlenwerkstätten verhindert [12 bis 14].

3. Von Strahleneinrichtungen ausgehende Strahlenbelastungen

Nachfolgend werden von einigen in der

landwirtschaftlichen Praxis eingesetzten radiometrischen Strahleneinrichtungen die möglichen Strahlenbelastungen unter Anwendungsbedingungen berechnet bzw. aufgrund von Messungen abgeschätzt und den geltenden Grenzwerten gegenübergestellt. Zur Messung und Berechnung werden die Abstände von den Strahlenquellen und die Umgangszeiten mit den Strahleneinrichtungen so gewählt, daß keine Unterschätzung und auch keine wesentliche Überschätzung erfolgt. Zunächst sollen am Beispiel der Gammastrahlen-Dichtesonde DS-117 [15] diese Berechnungen bzw. Messungen der möglichen Energiedosisleistungen ausführlich erläutert werden. Von analogen Untersuchungen an weiteren Strahleneinrichtungen und Bestrahlungsanlagen werden lediglich die Ergebnisse mitgeteilt (Tafel 2).

Die Gammastrahlen-Dichtesonde, die in der landwirtschaftlichen Praxis in größerer Stückzahl bereits zur Massebestimmung von Futterstapeln eingesetzt wird, enthält eine Cs-137-Quelle vom Typ LEA mit einer maximalen Aktivität von 110 MBq [2]. Die Energiedosisleistung an der Oberfläche des Aufbewahrungs- und Transportbehälters beträgt $300 \mu\text{Gy/h}$, in 0,5 m Abstand $6 \mu\text{Gy/h}$ und in 2 m Abstand $0,2 \mu\text{Gy/h}$. Die entsprechenden Werte für die dem Behälter entnommene Sonde in Quellenhöhe sind $3500 \mu\text{Gy/h}$, $40 \mu\text{Gy/h}$ und $2 \mu\text{Gy/h}$. Die Meßwerte im

Bild 1 liegen etwas unter den berechneten Werten, da der Berechnung die maximale Aktivität zugrunde gelegt wurde.

Die Strahlenbelastung der Personen kann für den Einsatz mit der Sonde DS-117 wie folgt abgeschätzt werden:

- Beim *Transport* wird die Sonde im Container mit einem Auto von Futterstapel zu Futterstapel (Silo) befördert. Leicht realisierbar sind ein Abstand von 1,2 m zwischen dem Container und Personen und damit eine Energiedosisleistung von $1 \mu\text{Gy/h}$. Unter der Annahme, daß für die Fahrt zu jedem Meßort hin und zurück 2 h erforderlich sind und von einem Meßtrupp bis zu 200 Silos je Jahr ausgemessen werden, beträgt die Äquivalentdosis maximal $0,4 \text{ mSv/a}$.
- Beim *Ein- und Umsetzen* von Bohrloch zu Bohrloch auf den Futterstapeln befindet sich die Sonde jeweils kurzzeitig außerhalb des Behälters. Dabei beträgt der Abstand der Strahlenquelle zum Körperumpf des Meßtechnikerns mindestens 0,5 m. Wenn je Silo etwa 6 min derart manipuliert wird, ergeben wiederum die Arbeiten an 200 Silos jährlich eine Gesamtmeßzeit von 20 h und bei $40 \mu\text{Gy/h}$ eine Äquivalentdosis von maximal $0,8 \text{ mSv/a}$.
- Während der eigentlichen *Messung* ist die Sonde mindestens 1 m von der Meßperson entfernt. Durch das Meßgut wird die Gammastrahlung geschwächt, so daß die Messung bei einer Energiedosisleistung von 1 bis $3 \mu\text{Gy/h}$ ausgeführt wird. Rechnet man je Silo mit einer Meßzeit von 1 h, so ergibt die Ausmessung von 200 Silos einen weiteren Äquivalentdosisbeitrag von 0,2 bis $0,6 \text{ mSv/a}$.

Aus den Strahlenbelastungen der betrachteten Haupttätigkeiten beim Einsatz der Dichtesonde – Transportieren, Umsetzen, Messen – errechnet sich für den Meßtechniker eine maximale Äquivalentdosis von 1,4 bis $1,8 \text{ mSv/a}$.

Zum Vergleich mit den Grenzwerten wird eine Äquivalentdosis von 1 bis 2 mSv/a je Meßtechniker herangezogen. Dem unteren Wert entspricht derzeit der überwiegende Anwendungsumfang, der obere schließt mögliche Erweiterungen des Meßumfangs ein. Die Strahlenbelastung des Meßtechnikerns beträgt 20 bis 40% des Grenzwertes für einzelne Personen aus der Bevölkerung (5 mSv/a , Tafel 1). Sie überschreitet jedoch etwas den Grenzwert für einzelne Personen von 1 mSv/a dann, wenn bei großem Anwendungsumfang gleiche Personen mehr als 25 Jahre unter den angenommenen Bedingungen mit der Sonde arbeiten würden. Eine mehr als 25jährige Tätigkeit eines Werkstätten mit gleicher Meßtechnik ist sicherlich auszuschließen.

Dosisabschätzungen unter Berücksichtigung der Praxisbedingungen werden bei der Strahlenschutzbauprüfung angestellt. Sie sind zur Strahlenschutzeinschätzung und zur Einstufung der Werkstätten erforderlich und werden zur Festlegung der Erlaubnisform herangezogen.

Der Abschätzung der Strahlenbelastung des Gutes bei der DS-117 wird die Annahme zugrunde gelegt, daß während der Messung in den einzelnen Meßpositionen das unmittelbar am Meßrohr in Höhe der Strahlenquelle anliegende Gut die höchste Energiedosis erhält. Die Energiedosisleistung beträgt hier etwa $3,5 \text{ mGy/h}$. Da die Sonde in jeder Meßposition etwa 3 min verbleibt, folgt eine ap-

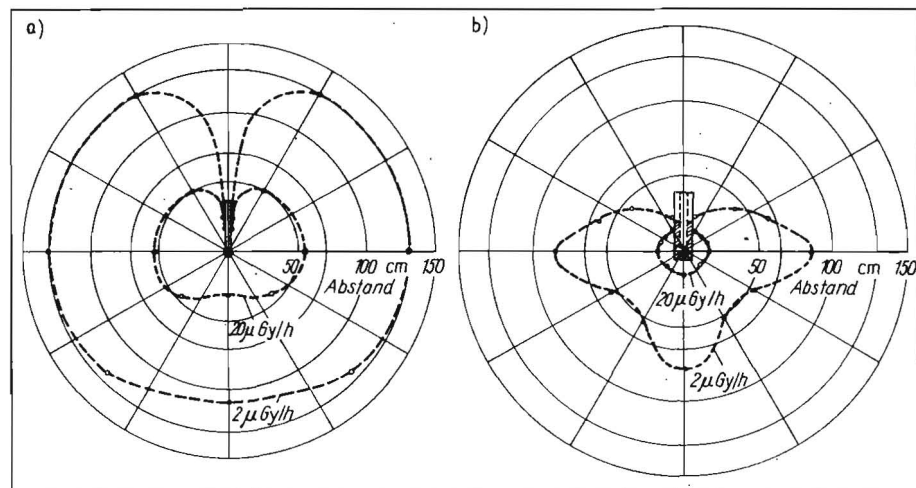


Bild 1. Linien gleicher Energiedosisleistung um die
a) außerhalb des Containers befindliche Gärfutterdichtesonde DS-117
b) im Container befindliche Gärfutterdichtesonde DS-117
umschlossene Strahlenquelle Typ LEA (70 MBq)

plizierte maximale Energiedosis von etwa 0,2 mGy des unmittelbar an der Sonde anliegenden Gutes. Diese maximale Energiedosis liegt mehr als 7 Zehnerpotenzen unter der international als unbedenklich anerkannten Energiedosis von 10 kGy und bewirkt daher im Meßgut keinerlei qualitätsbeeinträchtigende oder gesundheitsgefährdende Veränderungen. In ähnlicher Weise wurden die Abschätzungen bzw. Messungen an den anderen in Tafel 2 aufgeführten Strahleneinrichtungen vorgenommen. Für Bestrahlungsanlagen wurden die Bestrahlungsdosen des Gutes unter Berücksichtigung des Bestrahlungsziels aus der Literatur entnommen. Zur übersichtlichen Beurteilung der Strahlenbelastungen von Personen bzw. Meßgut wurden die bei Normalanwendung der Geräte und Einrichtungen abgeschätzten maximalen Energiedosen dargestellt und mit den gesetzlichen Grenzwerten verglichen (Bilder 2 und 3). Danach liegen diese Belastungen beim Meßpersonal und anderen Werkträgern fast ausnahmslos unter den Grenzwerten für einzelne Personen aus der Bevölkerung. Bei Strahlenwerkträgern wird der für diese Gruppe geltende Grenzwert in keinem Fall erreicht [16].

Bei den bestrahlten Gütern, vor allem bei Futter- und Lebensmitteln, wird in keinem Fall die international und national festgelegte Grenze erreicht (Bild 3). Im Gut wird bei den eingesetzten Gammaenergien (Co-60, Cs-137) keine Aktivität induziert.

4. Zum technischen Strahlenschutz

Von besonderer Bedeutung zur Gewährleistung des Strahlenschutzes beim Umgang mit umschlossenen Strahlenquellen ist die Dichtigkeit der Strahlenquelle und ihr konstruktiver Einbau in den radiometrischen Geräten (vgl. Abschn. 2). Bei der Strahlenschutzbauprüfung der Strahlenquellen werden die Dichtigkeit und die mechanische Festigkeit der Kapsel (Metallhülse) besonders überprüft [12]. In radiometrischen Geräten dürfen nur bauartzugelassene Strahlenquellen eingebaut werden. In allen in der Landwirtschaft verwendeten radiometrischen Geräten sind die Strahlenquellen zusätzlich in einem metallischen Sondenrohr eingebaut bzw. in einem Container enthalten, so daß sowohl eine doppelte Barriere für ihren Schutz vorhanden ist als auch gleichzeitig ein größerer Abstand gewährleistet wird. Die bauartzugelassenen Gammastrahlenquellen der Typen LAA, LAB und LEA sowie die Neutronenquelle vom Typ AN-80 entsprechen den Anforderungen des Strahlenschutzes und der technischen Anwendung. Undichte Strahlenquellen und dadurch verursachte Kontaminationen sind bei der Anwendung radiometrischer Geräte in der Landwirtschaft nicht aufgetreten.

5. Schlußfolgerungen

Aus den durchgeführten Untersuchungen lassen sich nachstehende Schlußfolgerungen ableiten:

- Bei der Anwendung von Strahleneinrichtungen und der Bedienung der Bestrahlungsanlagen unterschreiten die ermittelten Strahlenbelastungen für die Mehrzahl der in der Landwirtschaft eingesetzten Einrichtungen deutlich den Grenzwert der Strahlenbelastung für einzelne Personen aus der Bevölkerung. Daher entfällt für viele Aufgaben das Einsetzen von Strahlenwerkträgern.

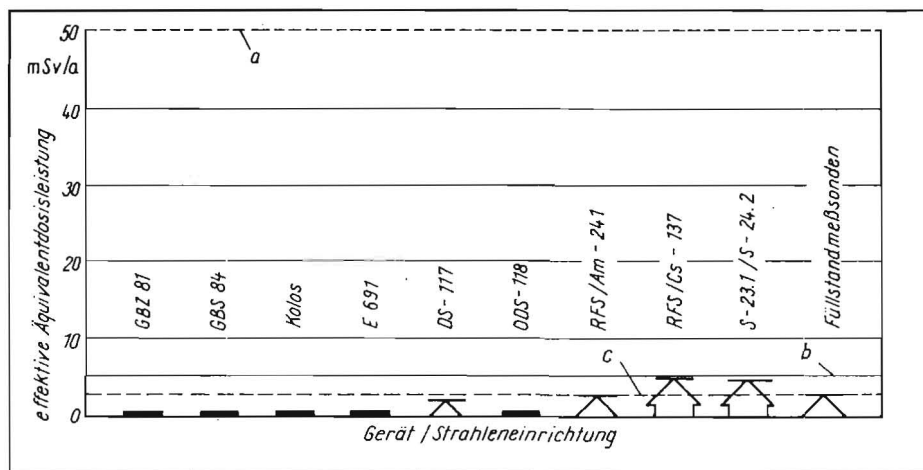


Bild 2. Bei Normalbetrieb maximal mögliche Strahlenbelastung der die Geräte bedienenden Personen;
 a Grenzwert für Strahlenwerkträger,
 b Grenzwert für Nichtstrahlenwerkträger,
 c natürliche und zivilisatorische Belastung

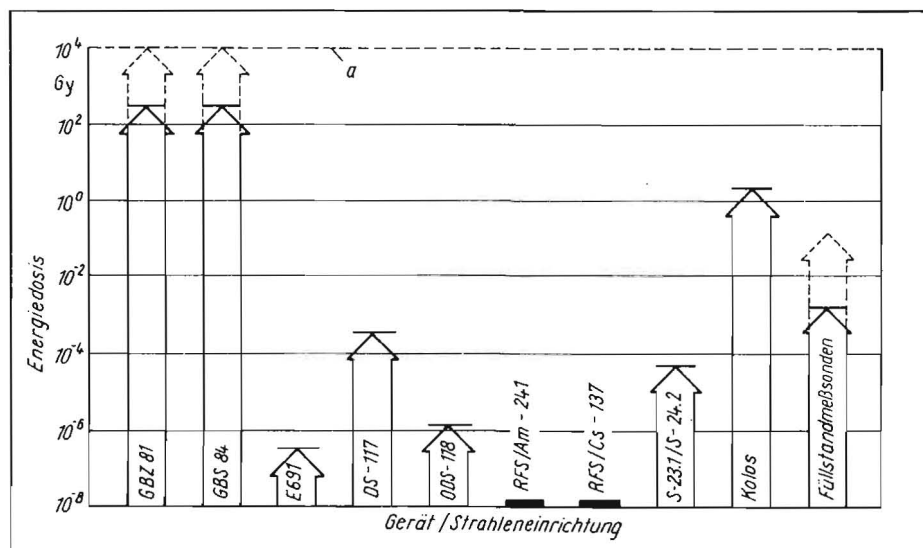


Bild 3. Applizierte Dosen in Lebensmitteln und Futtermitteln durch Einsatz von ionisierender Strahlung (Photonenstrahlung);
 a international aus Forschungsergebnissen als gesundheitlich unbedenklich eingeschätzte und empfohlene Energiedosis

- Strahlenwerkträger sind nur für einige Aufgaben mit höheren Strahlenbelastungen erforderlich, wie beispielsweise zum Handhaben der Strahlenquellen (Bestücken, Beladen, Prüfen). Auch können Strahlenwerkträger und andere Werkträger als Bedienungspersonal eingestuft werden, wenn sie Strahleneinrichtungen bedienen oder warten und so Einfluß auf Atom-sicherheit und Strahlenschutz haben.
- Für die in Bestrahlungsanlagen bestrahlten Güter (Futter- und Lebensmittel) wird in keinem Fall die international aus Forschungsergebnissen als unbedenklich eingeschätzte und empfohlene Höchst-dosis erreicht.
- Die Energiedosen, die beim Einsatz von Strahleneinrichtungen auf das Gut übertragen werden, liegen bei den Füllstand-einrichtungen durchschnittlich fünf und bei den weiteren untersuchten radiometrischen Einrichtungen mehr als acht Größenordnungen unter der Grenzdosis, die für Gut ohne besonderen Nachweis zugelassen ist. Diese sehr geringen übertrage-

nen Energiedosen sind zu vernachlässigen.

- Weder bei den Bestrahlungsdosen noch bei den geringeren radiometrisch bedingten Dosen erfolgt eine Aktivierung des Meßgutes. Bei Bestrahlungsanlagen erfolgt kein Kontakt der Aktivität mit dem Meßgut.
- Gegen einen erhöhten Einsatz von vorhandenen und auch weiterer Strahleneinrichtungen und Bestrahlungsanlagen bestehen aus Gründen des Strahlenschutzes keine Einwände, wenn die Rechtfertigung gegeben ist.
- Bei Neuentwicklungen von Strahlenschutztechnik zu halten. Zur Lösung der Aufgabenstellungen sollten jedoch auch inaktive Alternativmethoden berücksichtigt werden.

Literatur

[1] Grün, W.; Reckin, J.; Wels, C.: Zum Stand der Anwendung radiometrischer Meßeinrichtungen in der Volkswirtschaft der DDR. Isotopenpraxis, Berlin 21 (1985) 3, S. 103-105.

- [2] Gläser, M.; Kuhn, E.: Anwendung ionisierender Strahlung in der Landwirtschaft. Physik in der Schule, Berlin 22 (1984) 7/8, S. 269–275.
- [3] Autorenkollektiv: Ausgewählte Beiträge aus der Arbeit des Isotopenlabors des Forschungszentrums für Mechanisierung der Landwirtschaft. Arbeiten zur Mechanisierung der Pflanzen- und Tierproduktion, Schlieben 3 (1986) 10, S. 1–156.
- [4] Autorenkollektiv: 25 Jahre Radionuklidanwendung in der Mechanisierungsforschung der Landwirtschaft. Arbeiten zur Mechanisierung der Pflanzen- und Tierproduktion, Schlieben 4 (1987) 27, S. 1–150.
- [5] Ratschinski, W. W.: Isotope und Strahlenquellen in der Landwirtschaft. Berlin: VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag 1979.
- [6] Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz vom 11. Oktober 1984 und 1. Durchführung. GBl. der DDR Teil I, Nr. 30, vom 21. November 1984, S. 341–372.
- [7] Gläser, M.: Zu einigen Fragen des Strahlenschutzes. Physik in der Schule, Berlin 24 (1986) 9, S. 333–337.
- [8] Auswirkungen des Reaktorunfalles im Kernkraftwerk Tschernobyl auf das Territorium der DDR. Kernenergie, Berlin 30 (1987) 9, S. 343–351.
- [9] Hübner, G.: Stand und Perspektiven der Lebensmittelbestrahlung in der DDR. Arbeiten zur Mechanisierung der Pflanzen- und Tierproduktion, Schlieben 4 (1987) 27, S. 112–125.
- [10] Wetzel, K.; Hübner, G.: Strahlenbehandlung von Lebensmitteln. Wissenschaft und Fortschritt, Berlin 35 (1985) 3, S. 231–235.
- [11] Anordnung über die Behandlung von Lebensmitteln und Bedarfsgegenständen mit ionisierender Strahlung vom 21. März 1984. GBl. der DDR Teil I, Nr. 11, vom 19. April 1984, S. 151–152.
- [12] Anordnung über die Bauartzulassung von Strahleneinrichtungen, umschlossenen Strahlenquellen und von Mitteln zur Gewährleistung des Strahlenschutzes und der nuklearen Sicherheit vom 19. November 1988. GBl. der DDR Teil I, Nr. 24, vom 30. November 1988, S. 265–270.
- [13] Richtlinien zur Prüfung umschlossener Strahlenquellen. Mitteilungen des Staatlichen Amtes für Atomsicherheit und Strahlenschutz (SAAS), Berlin (1975) 1 und 2 (ist überarbeitet und wird als Mitteilung des SAAS Nr. 11/89 herausgegeben).
- [14] Anordnung vom 12. April 1978 über den Transport radioaktiver Stoffe. GBl. der DDR, Sonderdruck Nr. 953, vom 31. Juli 1978 (wird z. Z. überarbeitet).
- [15] Hahn, R.; Kuhn, E.: Praxiserfahrungen mit der Gärfutterdichtesonde DS-17. Arbeiten zur Mechanisierung der Pflanzen- und Tierproduktion, Schlieben 4 (1987) 27, S. 81–94.
- [16] Rothe, W.: Die äußere berufliche Strahlenbelastung 1986 in der DDR. Report Staatliches Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz (SAAS), Berlin (1988) 361. A 5568

Getrennte Abführung von Kot und Harn bei der Haltung von Absetzferkeln in GAZ-Käfigbatterien

Dipl.-Ing. B. Heinlein/Prof. Dr. sc. techn. G. Hörnig, KDT

Forschungszentrum für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft Schlieben der AdL der DDR

Dipl.-Agr.-Ing. E. Henniger, Institut für Biotechnologie Potsdam der AdL der DDR

Problemstellung

Mehr als 1 Mill. Absetzferkel werden bis zum Alter von 100 Tagen in Gruppenaufzuchtkäfigen (GAZ-Käfig) gehalten. Auch mit der Einführung der Läuferbucht L 181A bleibt die Zweietagenhaltung das bestimmende System in der Aufzucht.

In komplexen Schweinezuchtanlagen ist die Ferkelaufzucht der Produktionsabschnitt, in dem Gülle mit dem geringsten Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt) anfällt. Ursachen sind hoher Verlustwasseranteil aus den Tränken, wasseraufwendige Serviceereinigung und Benutzung von Wasser zur Beseitigung von Abflußstörungen. Nach Standard TGL 24 198/01 gilt gegenwärtig ein normativer Gülleanfall von 7,2 kg je Tier und Tag mit einem TS-Gehalt von 28 g/kg Gülle. Der Einsatz der Selbstfütterungseinrichtung mit Tränke im Trog ermöglicht eine Erhöhung des TS-Gehalts auf 50 bis 100 g/kg [1]. Das

veränderte Fließverhalten macht eine Untersuchung der technischen Systeme zur Gülleabführung erforderlich, um eine störungsfreie Entsorgung zu garantieren. Zur Überwindung von Restriktionen für die Gülleverwertung auf landwirtschaftlichen Nutzflächen bzw. zur differenzierten Versorgung mit organischer Substanz bietet sich der Einsatz einer Kotfraktion bzw. eines aus der Kotfraktion erzeugten Festmistes an. In Anlehnung an entsprechende Arbeiten zur Schweinemast [2] gilt es, diese Problematik für den Bereich Absetzferkel zu untersuchen und zu lösen.

Rationeller Wassereinsatz

Grundlage sowohl der Gewinnung trocken-substanzreicher Gülle als auch einer Kotfraktion ist sparsamer Umgang mit Wasser. Zur Senkung der Tränkwasserverluste wurde zum einen für die Zapfentranke T 711 eine

Druckreduzierung auf 10 bis 20 kPa vorgenommen. Weiterhin wurden die Ferkeltränke T 714B [3] und eine Tränkschale mit Ventil des VEB Landtechnischer Anlagenbau Rothenstein (Druck 50 kPa) in die Untersuchungen einbezogen.

Der Abnutzungsgrad der Ventilkörper der Zapfentranke T 711 hat spürbaren Einfluß auf die Wasserabgabe in der Betätigungszeit (Tafel 1).

Verluste infolge zu hoher Wasserabgabe der Tränken müssen also durch ständige Kontrolle der Abnutzung und Auswechseln entsprechender Teile minimiert werden. Bei einem einheitlichen Kot-Harn-Reinigungswasser-Anfall von 1,2 kg/Tier · d bestimmen hauptsächlich die Tränkwasserverluste den Gülleanfall und den TS-Gehalt (Tafel 2).

Tränkwasserverluste waren bei der Ferkeltränke T 714B im wesentlichen nicht feststellbar. Mit Tränkwasserverlusten von 1,0

Tafel 1. Einfluß der Abnutzung der Ventilkörper der Zapfentranke T 711 auf den Volumenstrom

Zustand der Tränken	\bar{V} ml/min	\dot{V}_{\max} ml/min	Anteil der Tränken mit $\dot{V} > 1\ 000$ ml/min %
überwiegend neu	466	1 140	4,5
überwiegend alt	578	1 860	15,2

Tafel 2. Gülleanfall bei Absetzferkeln vom 35. bis 100. Lebenstag

Zuchtanlage ¹⁾	Tränke	n	Gülleanfall kg/Tier · d	TS-Gehalt g/kg	Bestimmtheitsmaß	Wasserverbrauch für Service-reinigung kg/Tier · d	Tränkwasser-verbrauch kg/Tier · d	Tränkwasser-verlust kg/Tier · d
A	T 711, druckreduziert	17	2,4	73	0,94	0,40	3,16	1,20
	T 714B	26	1,2	127	0,84	0,40	— ²⁾	0
B	T 711, druckreduziert	12	3,4	44	0,75	— ²⁾	— ²⁾	2,2
C	Rothenstein	8	2,2	70	— ²⁾	0,7	3,20	1,0
	\bar{x}		2,3	69				

1) A, B Schweineaufzuchtanlage nach Projekt SAZA 1275, C nach Projekt S112

2) Messung