

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 74 (1956)  
**Heft:** 20

**Artikel:** Lebensmittelfrischhaltung durch Kälte unter Anwendung von Zusatzverfahren  
**Autor:** Kuprianoff, J.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-62631>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 22.05.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

eine eigene Messe aufzieht, und hat es z. B. Zürich wirklich nötig, hier auch in die Ränge zu kommen?

Die Baumesse hat durch die Anwesenheit der Baumaschinen einen besonderen Akzent erhalten. Die Grossfirmen Rob. Aebi, U. Ammann, Stirnimann, Brun und Baumaschinen AG. haben mit ihren Angeboten einen interessanten Querschnitt durch den Stand der schweizerischen Baumaschinen vermittelt. Besonders hervorzuheben ist dabei die Vielfalt der Betonmischmaschinen und das Angebot grosser und schneller Mischer. Ueberhaupt muss es dem Fachmann aufgefallen sein, wie intensiv nach rationellen und auf lange Sicht gesehen wirtschaftlichen Hilfsmitteln im Bauwesen gesucht wird. Hier die selbstfahrenden, bis 35 % Steigung überwindenden Mot-Japs der Firma Wormser, die besonders auf Baustellen, auf denen kein Kran aufgestellt werden kann, wertvolle Dienste leisten und in ihrer ganzen Art originell wirken. Dort die verschiedenen Systeme von Deckenschalungen, wobei die Fixträger AG. auch bei weitgespannten und beliebig gekrümmten Flächen zu Rate gezogen werden kann. Daneben zeigte die Adria S. A. ihre Metallschalungen, die neben sauberen Schalflächen eine Vereinfachung in der Spriessung als Vorteil für sich buchen können. Allerdings sind die Anschaffungskosten relativ hoch und zwingen deshalb den mittleren und kleineren Unternehmer, noch mit den herkömmlichen Baumethoden Vorlieb zu nehmen. Trotzdem dürften diese Schalungen, sollten die Holzpreise noch weiter in die Höhe klettern, dank einem günstigen Miet-Kaufsystem immer mehr Anhänger gewinnen.

Elegant wirken immer wieder Fachwerkträger aus Siederröhren. Die Arfa Röhrenwerke AG. zeigte an Hand einiger Beispiele die Einfachheit der Lösungen für Knotenpunkte. Be-

sonders vorteilhaft und mannigfach angewendet wurden Rohrstäbe für den Mastbau von Uebertragungsleitungen. Für den modernen Geschäftshäuserbau sind in der letzten Zeit von den Architekten vielfach Metallfassaden ausgeführt worden. Metallbau Koller AG. hat sich für dieses Gebiet spezialisiert und für andere auch für den Architekten interessante Konstruktionen Patente im In- und Ausland erworben.

Im vergangenen strengen Winter, als wir auf dem Gebiet der Elektrizitätsversorgung manche Einschränkung in Kauf nehmen mussten, ist man sich wieder einmal bewusst geworden, welche zentrale Rolle die Elektrizität in unserer Zivilisation spielt. Die Schweiz. Gesellschaft für Elektrizitätsverwertung hat es sich zur Aufgabe gemacht, dem Messebesucher an Hand von Beispielen aus dem Alltag zu zeigen, was mit einer Kilowattstunde gemacht werden kann. Eine Kilowattstunde reicht, um 5 kg Würste zu räuchern, Kosten 5—8 Rappen; um 80 Taschentücher zu bügeln, Kosten 7—15 Rappen; für eine dreiköpfige Familie ein sog. bürgerliches Mittagessen zu kochen, Kosten 6—8 Rappen, usw.

Zu erwähnen ist die Textilmaschinenschau, die turnusgemäss wieder in der Halle 7 untergebracht war. Hier konnte man spüren, welche Anstrengungen für die Entwicklungen von Neukonstruktionen unternommen werden. Besondere Beachtung fand der neue Webstuhl der Gebr. Sulzer, für dessen Bau in Solothurn eine neue Fabrik aufgebaut wurde. Die Leistungsfähigkeit dieser Maschine ist mit einer Schussfolge von bis zu 210 pro Minute enorm, und sie weist noch eine Menge anderer Vorteile auf, die ein ausserordentlich rationelles Arbeiten gestatten.

Dipl. Ing. E. Keller, Basel  
Adresse: Horburgstrasse 106

## Lebensmittelfrischhaltung durch Kälte unter Anwendung von Zusatzverfahren

DK 664.8.037

Von Prof. Dr.-Ing. J. Kuprianoff, Karlsruhe

Schluss von S. 279

### C. Anwendung ionisierender Strahlen

#### 1. Elektromagnetische Strahlung

Aus dem gesamten Gebiet der elektromagnetischen Strahlung interessieren uns für Zusatzverfahren nur diejenigen technisch verwirklichtbaren Bereiche, innerhalb welcher mikrobizide Wirkung besteht. Derartigen Effekt zeigen bekanntlich UV-Licht, Röntgenstrahlung und Gamma-Strahlung (Tabelle 4). Ihnen allen gemeinsam ist das Auslösen grosser Wirkungen durch ausserordentlich kleine Energiemengen, weshalb bei ihrer Anwendung keine wesentlichen Temperaturerhöhungen eintreten; man spricht daher hier auch — je nach dem Grad der Entkeimung — von «Kaltpasteurisation» oder «Kaltsterilisation». Sie unterscheiden sich wesentlich durch ihre Eindringtiefe in das Lagergut.

#### a) UV-Licht

UV-Strahlung besitzt mikrobizide Wirkung im Wellenlängenbereich von etwa 200 bis 320 m $\mu$ . Die Strahlenempfindlichkeit verschiedener Mikroorganismen ist verschieden; bei den meisten von ihnen liegt jedoch ihr Maximum bei Wellenlängen um etwa 250 und 270 m $\mu$  [12, 15]. Die ohne wesentliche Wärmeentwicklung mit hoher Strahlungsausbeute nahezu monochromatisches UV-Licht der Wellenlänge 254 m $\mu$  liefernden Quecksilber-Niederdruckdampflampen eignen sich daher für Verwendung als Entkeimungslampen besonders gut. Allerdings dringt das UV-Licht nur bei Luft und Wasser gut durch. Lebensmittel sind für diese Strahlen praktisch undurchlässig. Daher eignet sich UV-Licht eigent-

lich nur zur Oberflächenentkeimung, woraus auch folgt, dass nur die von der Strahlung direkt getroffenen Oberflächenanteile keimfrei werden können. Stärkere Populationen aber, wie z. B. Schimmelkolonien, lassen sich schwer durch UV-Licht angreifen; das selbe gilt insbesondere aber auch für das ins Innere der Produkte wuchernde Mycel.

Zur Erreichung eines bestimmten Strahlungseffektes — wie z. B. vollständiger Keimfreiheit — muss das UV-Licht gegebener Intensität oder Bestrahlungsstärke (W/cm<sup>2</sup>) eine bestimmte Zeit einwirken, was der Anwendung einer dem Produkt aus Intensität und Zeitdauer entsprechenden Dosis (in Ws/cm<sup>2</sup>) gleichkommt. Da nun das vollständige Abtöten aller Keime sehr grosse Dosen erfordert, würde dies bei gegebener Bestrahlungsstärke sehr lange Bestrahlungszeiten zur Folge haben; denn eine 90 bis 100 %ige Abtötung der meisten Mikrobenarten erfordert bereits Dosen von etwa 10 bis 50 mWs/cm<sup>2</sup>. Man begnügt sich daher in der Praxis mit einer wesentlichen Herabsetzung der Keimzahl und verzichtet auf völlige Entkeimung, wodurch sich — insbesondere in Verbindung mit Kaltlagerung — auch schon eine merkliche Verbesserung der Haltbarkeit einiger schnellverderblicher Produkte erzielen lässt.

In der Praxis begegnete man bisher einem gewissen Interesse für die Anwendung der UV-Strahlen zur Entkeimung der Luft und der mit Lebensmitteln in Berührung kommenden Geräte, sowie zur Bestrahlung von Fleisch und Fleischwaren [1]. Für geeignete Anordnung der Lampen muss Sorge getragen werden, um sicher zu sein, dass alle Flächen ausreichende Dosen erhalten. Da ein gleichmässiges Anstrahlen von unregelmässig geformten Teilen oft schwierig zu verwirklichen ist, begnügt man sich z. B. bei der Schnellreifung von Fleisch bei erhöhten Raumtemperaturen damit, vor allem die gefährdeten Stellen — wie Blutgefässe am Hals — genügend zu bestrahlen. Nach amerikanischen Erfahrungen genügt für Schlacht- und Kaltlagerräume auf je 10 bis 12 m<sup>2</sup> Grundfläche ein UV-Strahler von 30 Watt vollauf. In Fällen, in denen die Anordnung der Strahler so ist, dass das UV-Licht die sich im Raum aufhaltenden Menschen treffen kann, muss Vorsorge getroffen werden, dass beim Öffnen der Türe die Lampen abgeschaltet werden. In

Tabelle 4. Elektromagnetische Strahlungen

Strahlenart	Wellenlänge	Frequenz Hz
Wechselstrom	6000 km	50
Radiowellen	0,02 m—30 km	10 <sup>10</sup> —10 <sup>4</sup>
Infrarot	0,8 — 800 $\mu$	4.10 <sup>14</sup> —4.10 <sup>11</sup>
Lichtstrahlen	0,4 — 0,8 $\mu$	8.10 <sup>14</sup> —4.10 <sup>14</sup>
Ultraviolett	14 — 400 m $\mu$	2.10 <sup>16</sup> —8.10 <sup>14</sup>
Röntgenstrahlen	0,006 — 30 m $\mu$	5.10 <sup>19</sup> —1.10 <sup>16</sup>
Gammastrahlen	0,0005—0,14 m $\mu$	6.10 <sup>20</sup> —2.10 <sup>18</sup>

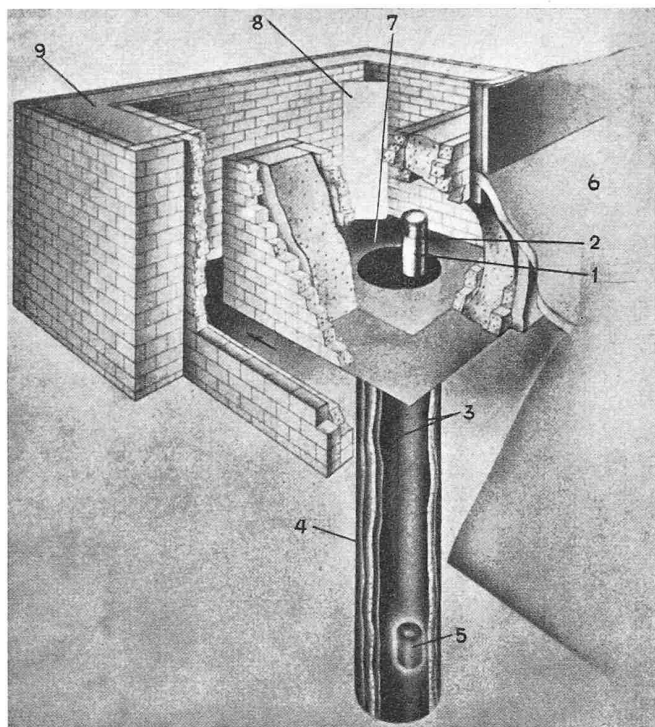


Bild 3. Bestrahlungsraum mit versenkbarer Gammaquelle (Isotopenanlage für 10 kC)

- |   |  |
|---|--|
| 1 Strahlenquelle im angehobenen Zustand       | 6 Boden des 2. Stockes des Laboratoriums für Spaltprodukte |
| 2 Haube aus Drahtnetz                         | 7 Raum für Bestrahlungselemente                            |
| 3 Liftführungen                               | 8 Spiegel  |
| 4 rund 5 m tiefer Schacht                     | 9 1,2 m dicker Schutzschild aus Beton                      |
| 5 Strahlenquelle (10 000 Curie von Kobalt 60) |  |

Tabelle 5. Einige radioaktive Isotope und ihre Eigenschaften

Isotop	Halbwertszeit	Maximale Energie der Strahlung in MeV	
		$\beta^-$	$\gamma$
Rhodium 106	30 s.	3,55	1,25
Zink 63	38,3 min.	$\beta^+ = 2,36$	2,60
Natrium 24	15 h	1,39	2,75
Phosphor 32	14,1 Tage	1,69	—
Zäsium 134	>254 Tage (bis 2,3 Jahre)	0,651	1,36
Kobalt 60	5,3 Jahre	0,318	1,33
Strontium 90	19,9 Jahre	0,531	—
Zäsium 137	33 Jahre	1,18	0,66

Gegenwart von Fetten sollte die Ozonbildung, die durch Wellenlängen unterhalb von 220  $m\mu$  hervorgerufen wird, vermieden werden, da hierdurch die Entstehung der Ranzigkeit gefördert wird. Es gibt aber auch Fälle, in denen die Anwesenheit von Ozon z. B. zur Geruchseseitigung erwünscht sein kann [13].

#### b) Röntgenstrahlen

Da mit abnehmender Wellenlänge die Eindringtiefe der elektromagnetischen Strahlung zunimmt (vgl. Tab. 4), wird man bei Anwendung ausreichend energiereicher, oder wie man sagt, harter Röntgenstrahlen auch Lebensmittel grösserer Abmessungen durchdringen können. Da auf der anderen Seite bei Anwendung ausreichend energiereicher elektromagnetischer Strahlen als Folge der Strahlenabsorption Ionisation auftritt, ergibt sich ein vielfältiger Effekt, der u. a. auch in einer entkeimenden Wirkung besteht. Durch genügend harte und ultraharte Röntgenstrahlen, d. h. durch Strahlen oberhalb von etwa 150 bis 200 kV, kann somit Sterilisation der Lebensmittel auch in ihrer Tiefe erzielt werden. Dagegen wird man im sogenannten weichen Bereich — d. h. mit Strahlen, zu deren Erzeugung Röhrenspannungen unterhalb von 150 bis 200 kV benutzt werden — im Hinblick auf ihre geringe Eindringtiefe praktisch nur eine Entkeimung der Oberflächenschichten erzielen können.

Auch die Wirkung der Röntgenstrahlen in einer Substanz wird durch den von ihr absorbierten Energiebetrag bestimmt. Diesen Energiebetrag bezeichnen wir ebenfalls als die der Substanz zugeführte Strahlendosis; als internationale Einheit der Dosis gilt 1 Röntgen = 1 r, die einer Energieabsorption von 83 erg/g Luft entspricht. Ungerechnet erhält jedes Kilogramm Stoff mit der Dichte 1 eine Energiezufuhr von rd. 2 kcal bei Bestrahlung mit einer Dosis von 1 Million r (1 Mega-r.); damit lässt sich der Temperaturanstieg, der bei Bestrahlung eines Stoffes eintritt, berechnen, wenn man seine spezifische Wärme und die angewandte Dosis kennt [19].

Es hat sich nun gezeigt, dass alle Arten von ionisierender Strahlung aus mehreren Gründen besonders geeignet zu sein scheinen, als Zusatzverfahren zur Kaltlagerung angewandt zu werden. Denn die in grosser Zahl — insbesondere von amerikanischer Seite — an Lebensmitteln und ihren Bestandteilen durchgeführten Untersuchungen [19] haben ergeben, dass beim Bestrahlen mit steigender Dosis neben erwünschten Wirkungen, die der Verbesserung der Haltbarkeit dienen, in zunehmendem Ausmass auch unerwünschte Effekte auftreten: sie können beispielsweise zur Bildung unangenehm riechender

Tabelle 6. Einfluss der ionisierenden Strahlung auf verschiedene Lebensmittel

Produkt	Dosis in rep.	Organoleptischer Befund	Haltbarkeit	Bemerkungen
Zwiebeln	2—8.10 <sup>3</sup>	gut	5 Mo	bei 10° C, 70—80 %
Kartoffeln	5—20.10 <sup>3</sup>	befriedigend	18 Mo	
Kartoffeln	10.10 <sup>3</sup>	gut	12 Mo	keine Unterschiede
Schweinefleisch	30.10 <sup>3</sup>	sehr gut	—	trichinenfrei
Schweinefleisch	60—80.10 <sup>3</sup>	gut	—	Kaltlagerung um 10 Tage verlängert bitter, Fremdgeschmack u. -geruch
Orangensaft	60—100.10 <sup>3</sup>	unbefriedigend	—	
Milch	0,1.10 <sup>6</sup>	schlecht	—	
Rindfleisch	0,1.10 <sup>6</sup>	gut	—	mit Kälte
Bananen	0,15.10 <sup>6</sup>	gut	30 Tage	
Eier	0,3.10 <sup>6</sup>	Fremdgeschmack im Rührei	—	Salmonella-frei
Erbsen	0,5—1.10 <sup>6</sup>	befriedigend	—	Erweichen
Schellfischfilet	0,7.10 <sup>6</sup>	befriedigend	6 Wo	bei +3° C
Bohnen	1.10 <sup>6</sup>	befriedigend	—	
Spargel	1—2.10 <sup>6</sup>	befriedigend	—	Textur- und Geschmackverlust, leicht. Bleichen
Kabeljau	bis 2.10 <sup>6</sup>	gut	steril	
Tomaten	2.10 <sup>6</sup>	befriedigend	—	Bleichen und Erweichen
Grüne Bohnen, blanch.	2.10 <sup>6</sup>	befriedigend	steril	
Pfirsichhälften in Sirup	2.10 <sup>6</sup>	befriedigend	steril	
Schweinefleisch	2.10 <sup>6</sup>	gut	steril	
Hühner	2.10 <sup>6</sup>	gut	steril	
Rinderleber, blanch.	2.10 <sup>6</sup>	gut	steril	
Apfelmus	2.10 <sup>6</sup>	gut	steril	
Kirschen	2—4.10 <sup>6</sup>	befriedigend	steril	Schwächung des Geschmacks, Erweichen
Schweinefleisch	3.10 <sup>6</sup>	gut	steril	

oder schmeckender, aber auch missfarbener Substanzen führen; mit starken Dosen bestrahlte Lebensmittel sind schliesslich auch in bezug auf mögliche Gesundheitsschädigungen suspekt. Auf der anderen Seite haben die bisher in den praktisch in Betracht kommenden Spannungsgrenzen (bzw. Bereichen der Strahlenenergie) ausgeführten Versuche gezeigt, dass die Strahlenwirkungen lediglich von der angewandten Dosis, nicht aber von den bei der Erzeugung von Röntgenstrahlen benutzten Röhrenspannungen abhängen; dies bedeutet aber, dass, abgesehen von der Eindringtiefe der Strahlen (die lediglich von der Strahlenenergie und der Dichte des bestrahlten Produktes abhängt), die gleiche Strahlenwirkung ebenso wie bei höherer Röhrenspannung auch bei niedriger Röhrenspannung — allein durch Verlängerung der Bestrahlungszeit — erreicht werden kann.

Diese beiden Gesichtspunkte liessen es angezeigt erscheinen, zu versuchen, gegebenenfalls auch mit kleinen Dosen und mit Geräten mit mässigen Röhrenspannungen auszukommen. Vorteilhaft ist hierbei, dass die Benützung derartiger Geräte wegen geringerer Anschaffungs- und Betriebskosten, sowie wegen der erforderlichen Strahlenschutzmassnahmen wirtschaftlich möglich und einfacher ist; man hat sich allerdings hierbei wegen geringer Eindringtiefe mit der Bestrahlung von Oberflächenschichten oder von dünnschichtigen Produkten zu begnügen. Die Anwendung kleiner Dosen hat zwar keine völlige Entkeimung zur Folge, dafür bleiben aber unangenehme Nebeneffekte aus; da für die Inaktivierung der Enzymsysteme wesentlich höhere Dosen als zum Sterilisieren — etwa das fünf- bis zehnfache — benötigt werden, kann völlige Unterbindung der Enzymtätigkeit hierbei erst recht nicht erwartet werden. Hierfür — ebenso wie zur Verlangsamung des Mikrowachstums aus den durch Bestrahlung mit kleinen Dosen auf der Lebensmitteloberfläche nicht völlig vernichteten Kolonien — ist die Kaltlagerung entscheidend; die Kombination beider Verfahren aber kann zu beachtlicher Verlängerung der Haltbarkeit schnellverderblicher Lebensmittel führen [9, 17, 18].

c) Gammastrahlen

Gammastrahlen unterscheiden sich von Röntgenstrahlen lediglich durch die Art ihrer Entstehung; während die letztgenannten in Röntgenapparaten durch Auftreffen von Elektronenstrahlen auf feste Körper erzeugt werden, entstehen die Gammastrahlen beim radioaktiven Zerfall zahlreicher Substanzen. Als derartige Strahlenquellen in Betracht kommende Substanzen können neben den in Kernreaktoren anfallenden radioaktiven Spaltprodukten auch künstliche Isotope, wie z. B.  $Co^{60}$  (Kobalt mit dem Atomgewicht 60) verwendet werden (Tabelle 5). Dieses Isotop liefert mit seiner maximalen Strahlenenergie von 1,33 MeV eine stark durchdringende Gammastrahlung. Bei doppelseitiger Bestrahlung können Produkte von 8 bis 9 cm Dicke auch bis in den Kern ausreichend bestrahlt werden [19].

Die grosse Eindringtiefe der Gammastrahlen und die erwartete Preiswürdigkeit der Strahlenquellen hoher Aktivitäten haben eingehende Ueberprüfung ihrer Anwendungsmöglichkeiten ausgelöst. Auch Gammastrahlen zeigten, bei hohen Dosen, unerwünschte Effekte, die sich u. a. durch schlechten Geruch und Geschmack dokumentierten. Es ergab sich aber, dass schon bei kleinen Dosen, die wenige Prozente der Sterilisationsdosen betragen, 90 bis 99 % der Keime abgetötet werden können, ohne dass sinnesphysiologisch wahrnehmbare Beeinträchtigungen der Produkte auftraten (Tab. 6). Derartiges «Pasteurisieren» tritt wegen der beachtlichen Eindringtiefe der Gammastrahlen auch im Innern der Produkte ein, sofern ihre Abmessungen nicht zu gross sind [18].

Einige amerikanische Vorschläge für Anlagen zur Bestrahlung von Lebensmitteln mit radioaktiven Strahlenquellen finden sich in den Bildern 3, 4 und 5.

2. Elektronenstrahlen

Neben der elektromagnetischen Strahlung besteht die Möglichkeit, auch die nahezu auf Lichtgeschwindigkeit beschleunigten Elektronen zur Bestrahlung von Lebensmitteln zu benützen. Da ihre Eindringtiefe bei gleicher Energie einen Bruchteil der Eindringtiefe der Röntgen- oder Gammastrahlen beträgt (etwa  $1/12$  bis  $1/15$ ), eignen sie sich besonders gut für die Bestrahlung von Oberflächenschichten.

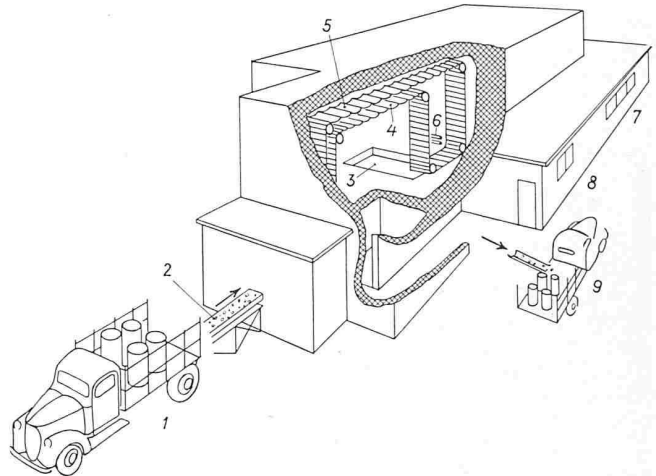


Bild 4. Vorschlag für eine Gamma-Bestrahlungsanlage mit Elevator für Kartoffeln

- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| 1 Umladestation  | 6 Brennstoff-Elemente                |
| 2 Schwingende Transportrinne für den Eintritt der Kartoffeln | 7 Bureau                             |
| 3 Schacht  | 8 Kontrollraum                       |
| 4 Schwingende Kipprinne                                      | 9 Verladestation für bestrahltes Gut |
| 5 Becher-Transportband                                       |                                      |

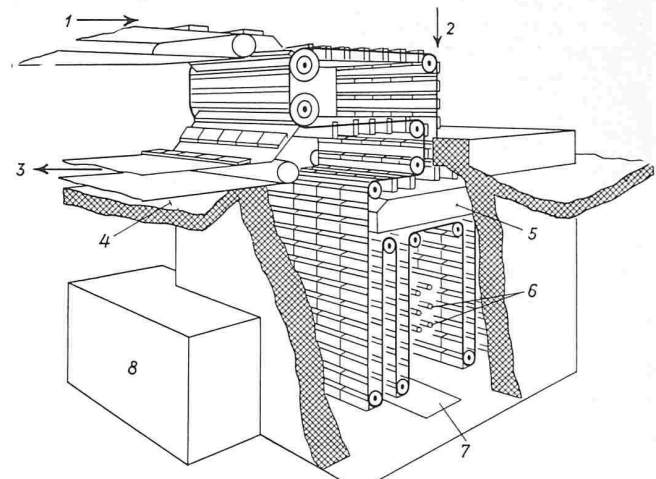


Bild 5. Gamma-Bestrahlungsanlage für vorverpacktes Gut in Schalen

- |   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| 1 Transportband für ankommendes Gut   | 4 Fussboden des Verpackungsraumes |
| 2 Hochkant-beladene Transportbandelemente beim Eintritt in die Strahlungskammer | 5 Strahlungsschirm aus Beton      |
|   | 6 Quelle für Gammastrahlen        |
|   | 7 rund 5,5 m tiefer Schutzschacht |
|   | 8 Labyrinthförmiger Zugang        |

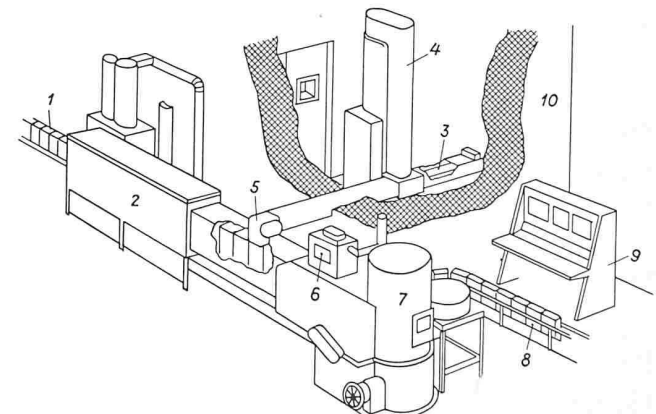


Bild 6. Projektierte Beta-Anlage zur kontinuierlichen Bestrahlung mit aseptischer Abfüllvorrichtung

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| 1 Zubringer-Transportband für leere Behälter | 5 Füllvorrichtung                     |
| 2 Sterilisationsanlage für Behälter          | 6 Sterilisationsanlage für die Deckel |
| 3 Transportband für das Einfüllgut           | 7 Verschliessungsmaschine             |
| 4 Elektronen-Beschleuniger (Betastrahlen)    | 8 Förderband für abgefüllte Behälter  |
|  | 9 Bedienungsstand                     |
|  | 10 Strahlungsschutzmauer              |

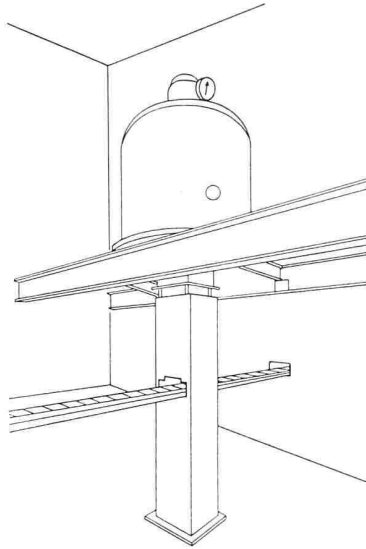
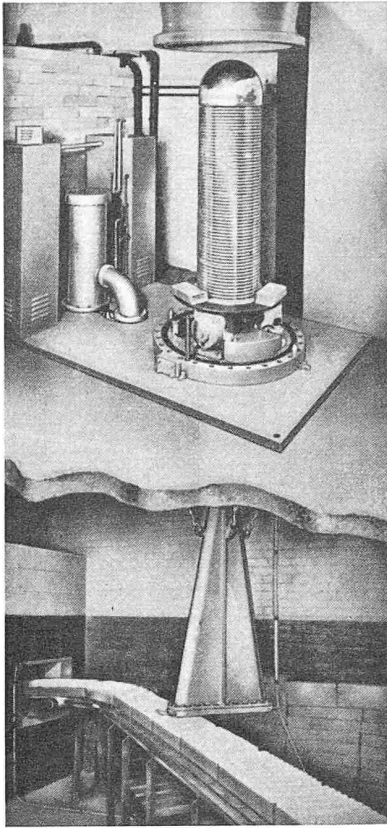


Bild 8. Ausgeführte Beta-Anlage für 1 MeV (General Electric, USA)

Bild 7 (links): Ausgeführte Anlage zur Sterilisation von medizinischen Präparaten mit Elektronenstrahlen

Elektronen- bzw. Betastrahlen entstehen bei radioaktivem Zerfall oder werden in Geräten erzeugt; entsprechende Elektronenbeschleuniger lassen sich zu erträglichen Preisen auch für grosse Leistungen bauen [19]. Ihre Handhabung ist gegenüber den radioaktiven Isotopen besonders auch deswegen einfacher, da die Strahlen gebündelt und gerichtet und ihre Erzeugung durch Abschalten der Stromzufuhr unterbunden werden kann. Hinsichtlich der Wirkung der absorbierten Strahlung in der Materie wurden bisher keine Unterschiede zwischen Elektronen- und elektromagnetischer Strahlung festgestellt, da auch die Elektronen hierbei Ionisation hervorrufen. Die Dosis wird in rep. (roentgen equivalent physical) oder neuerdings in rad (radiation absorption dosage) — 1 rad = 100 erg/g Substanz — gemessen; in der Technik gebrauchen wir bei grossen Dosen auch die Einheiten krep oder Megarep. Die Energieausbeute des Elektronenstrahls lässt sich durch Bündelung und gleichmässige Verteilung mittels geeigneter magnetischer Linsen sowie durch Bestrahlen der Produkte von zwei Seiten auf über 60 % steigern; energetisch

betrachtet wird man somit je kWh (gemessen im erzeugten Beta-Strahl) bei einer Dosis von 2 Megarep etwa 270 kg Lebensmittel mit der Dichte 1 bestrahlen können. Einige Ausführungen von Bestrahlungsanlagen zeigen die Bilder 6 bis 9.

**Mögliche Anwendungen**

Für die Frage nach den Anwendungsmöglichkeiten der Strahlenbehandlung von Lebensmitteln (vgl. Tabelle 6) und ihrer Wirtschaftlichkeit ist es wesentlich festzustellen, dass etwa folgende Dosen zur Erzielung verschiedener Effekte benötigt werden:

Enzyminaktivierung	etwa 5 bis > 10	Mega-rep
Sterilisation	0,5 bis 5	Mega-rep
Pasteurisation	10 bis 100	k-rep
Insektenbekämpfung	1 bis 20	k-rep

Von den möglichen Anwendungen der ionisierenden Strahlen als Zusatzverfahren in Verbindung mit der Kaltlagerung scheint u. a. das Bestrahlen von Frischfleisch und Fischereiprodukten die besten Aussichten auf die Verwirklichung zu haben (Tab. 7). Man würde hierbei voraussichtlich mit Dosen von 80 bis 100 k-rep an Gammastrahlen für ausreichende Pasteurisation auskommen, wobei noch keine sinnphysiologisch wahrnehmbaren Beeinträchtigungen eintreten sollen. In Einzelpackungen fabrikmässig verpacktes Frischfleisch kann nach der Verpackung bestrahlt werden. Eine entsprechende Anlage wurde bei Benützung der Zäsium-137-Strahlenquelle entworfen und durchgerechnet. Nach amerikanischen Unterlagen würde man bei einer Leistung von 14 t/h verpackten Fleisches mit Unkosten von knapp 2 cts/kg zu rechnen haben.

In neuerer Zeit wurde vorgeschlagen, Produkte, die ohnehin in gekochtem Zustand verzehrt werden, vor dem Bestrahlen zu kochen und in Polyäthylenbeutel zu verschliessen; auf diese Weise werden die Enzyme sicher inaktiviert und die Mikroben weitgehend vernichtet, so dass ein Bestrahlen im Beutel mit 1 Megarep bei Kaltlagerung gute Haltbarkeit von mehreren Monaten ergibt.

Mit relativ kleinen Dosen von 10 k-rep kommt man zur Verhinderung der Auskeimung von Kartoffeln oder Zwiebeln aus; hierbei treten keine merklichen Geschmacksänderungen auf. Die Bestrahlungskosten werden in den USA mit 4 \$/t angegeben, wenn man als Strahlenquelle radioaktive Reaktorabfallstoffe verwendet.

Schliesslich verspricht man sich durch Bestrahlung von Schweinen mit 25 k-rep eine restlose Abtötung von Trichinen (*Trichinella spiralis*). Bei einer Tagesleistung von 2000 Tieren würden die Kosten 29 cts/Tier betragen, wenn eine 1,5 Megacurie-Strahlenquelle aus Zäsium 137 benutzt wird.

Auch durch Bestrahlen von Getreide und Getreideprodukten mit 25 bis 50 k-rep — eine Dosis, die zum Abtöten von Insekten ausreicht — werden keine Nebenwirkungen erzielt; die Kosten bei Verwendung von Reaktorabfallstoffen (z. B. Brennstäben) sollen 2 cts/50 kg Sack erreichen.

Für die Frage nach der Möglichkeit, das Bestrahlen von Lebensmitteln als Zusatzverfahren anzuwenden, ist die Wirtschaftlichkeit von entscheidender Bedeutung. Und gerade in dieser Beziehung ist die unvollständige Entkeimung, wie sie die Pasteurisation darstellt, recht günstig. Denn mit dem Herabsetzen der Dosis sinken auch die Bestrahlungskosten. Beschränkt man sich aber gar auf die Oberflächenentkeimung, so geht wegen der ge-

Tabelle 7. Beeinflussung der Haltbarkeit einiger tierischer Lebensmittel bei der Kaltlagerung durch vorangegangene Bestrahlung

Lebensmittel	Verpackungsart	Dosis in rep	Lagerung		Befund
			Temp. ° C	Dauer	
Frisches Schweinefleischbrät	In Saranfolie unter Vakuum	1.10 <sup>6</sup>	2...4,5	120 Tage	Essbar
Wurstbrät	Blechdose	1.10 <sup>6</sup> (?)	2...4,5	14 Wo	besser als bei -18° C
Gehacktes Rindfleisch	Hermetisch verschlossen	1.10 <sup>6</sup>	2...4,5	12 Wo	Gut, mit 0,3% Na-Fumarat und 0,3% Na-Glutamat
Rindfleisch in Scheiben	Eingedost	1.10 <sup>6</sup>	5	22 Mo	Nicht ganz frisch; essbar; Farbe und Aroma normal
Geflügel	Ausgenommen	—	—	2-fach	Doppelte Lagerfähigkeit
Eier, ganz	—	0,85.10 <sup>6</sup>	—	—	Salmonella-frei, Pulver zum Backen geeignet
Eigelb	—	0,85.10 <sup>6</sup>	—	—	Fünffache Lagerfähigkeit
Rindfleisch	—	60...80.10 <sup>3</sup>	0	5-fach	Fünffache Lagerfähigkeit

ringen erforderlichen Eindringtiefe die benötigte Strahlenenergie wesentlich zurück, was seinerseits z. B. bei Verwendung der in Elektronenbeschleunigern erzeugten Betastrahlen zu ganz wesentlicher Verringerung der Investitionskosten führt.

Rechnet man für eine Industrieanlage mit einer Elektronen-Strahlenleistung von 3 kW bei einer Energie von 3 MeV mit einem Anschaffungspreis von rd. 500 000 DM und für Installation und Abschirmung weitere 100 000 DM, so erhält man bei einer Strahlenausnutzung im Lebensmittel von 65 % und der zur Pasteurisation erforderlichen Dosis von 0,1 Megarep für einen Ausstoss an bestrahlten Lebensmitteln von 8,5 t/h bei fünfjähriger Amortisation und zweischichtigem Betrieb Gesamtinvestitionskosten von 2,5 DM/t und Gesamtbestrahlungskosten von rd.  $\frac{1}{4}$  Pfg./kg. Diese Kosten erscheinen tragbar, wenn man bedenkt, dass hierdurch z. B. die Haltbarkeit von Rindfleisch in Verbindung mit Kaltlagerung bis auf das Fünffache gesteigert werden kann.

#### Gesundheitsschädlichkeit der Zusatzverfahren

Eine entscheidende Rolle bei der Beurteilung der Zulässigkeit eines Konservierungsverfahrens für Lebensmittel muss die Bewertung seiner gesundheitlichen Unbedenklichkeit sein. Gerade in dieser Beziehung ist die Lebensmittelfrischhaltung durch Kälte völlig einwandfrei; und daher muss man auch an Zusatzverfahren diesbezüglich einen sehr strengen Masstab anlegen.

Seit dem Aufkommen der Bestrebungen, ionisierende Beta- und Gammastrahlen zur Verbesserung der Haltbarkeit von Lebensmitteln zu verwenden, wird auch über die physiologischen Folgen dieser Strahlenarten sehr ernst diskutiert. Die übereinstimmende Meinung aller Beteiligten geht dahin, dass die Bestrahlung solange als Verfahren in die Praxis nicht eingeführt werden kann, bis ihre völlige Unschädlichkeit eindeutig feststeht [20].

Nun erwies es sich aber als nicht möglich, auf chemisch-analytischem Wege Kenntnis über die sich in den Lebensmitteln beim oder nach dem Bestrahlen abspielenden Vorgänge so weit zu verschaffen, dass daraus die Beantwortung der gestellten Frage abgeleitet werden könnte. Es blieb daher nichts anderes übrig, als systematische Tierversuche in grossem Umfang anzustellen; sie sind soweit befriedigend verlaufen, dass in den USA auch zur Verabreichung bestrahlter Lebensmittel an freiwillige Versuchspersonen seit Mai 1955 geschritten werden konnte. Ueber die Ergebnisse dieser Versuche ist bisher nichts bekannt geworden; es ist anzunehmen, dass sie — wegen ihrer grundsätzlichen Bedeutung — mit grosser Vorsicht und Zögerung publiziert werden. Eine endgültige Antwort bleibt daher hier abzuwarten.

\*

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass es sehr viele Vorschläge zur Verbesserung der Kaltlagerfähigkeit von Lebensmitteln gibt. Davon hat die Gaslagerung z. T. beachtliche Verbreitung gefunden. Von den bakteriziden Substanzen scheint z. B. Ozon beschränkt verwendbar, während für bakterizides Eis bisher noch keine wirklich befriedigende Substanz gefunden wurde; dagegen finden Zusätze zum Verpackungsmaterial, wie Diphenyl bei Orangen, Anwendung. UV-Strahlen dürften bei sinnvoller Anwendung noch an Verbreitung zunehmen. Die Anwendungsbreite der ionisierenden Röntgen-, Gamma- und Beta-Strahlen ist noch nicht endgültig klar; es zeichnen sich aber besonders gute Möglichkeiten ab, sie in Verbindung mit anschliessender Kaltlagerung zu verwenden. Diese neueren, in ihrer Entwicklung noch nicht abgeschlossen und vielleicht auch nicht ganz übersichtbaren Vorschläge scheinen in ihrer Problematik auch für andere Zusatzverfahren charakteristisch zu sein. Denn — wenn es auch vermessen wäre, zu sagen, dass die Zukunft auf dem Gebiete der Lebensmittelfrischhaltung den Zusatzverfahren gehört —, so ist es doch sicher, dass die Entwicklung auf der rein kältetechnischen Seite der Kaltlagerung zu einem gewissen Abschluss gekommen ist. Auf dem Gebiete der Zusatzverfahren herrscht aber eine rege Forschungstätigkeit und es dürfte daher im Hinblick auf die Zukunft von Wert sein, die daraus resultierenden Erkenntnisse zu verfolgen.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. J. Kuprianoff, Kaiserstrasse 12, Karlsruhe (Baden)

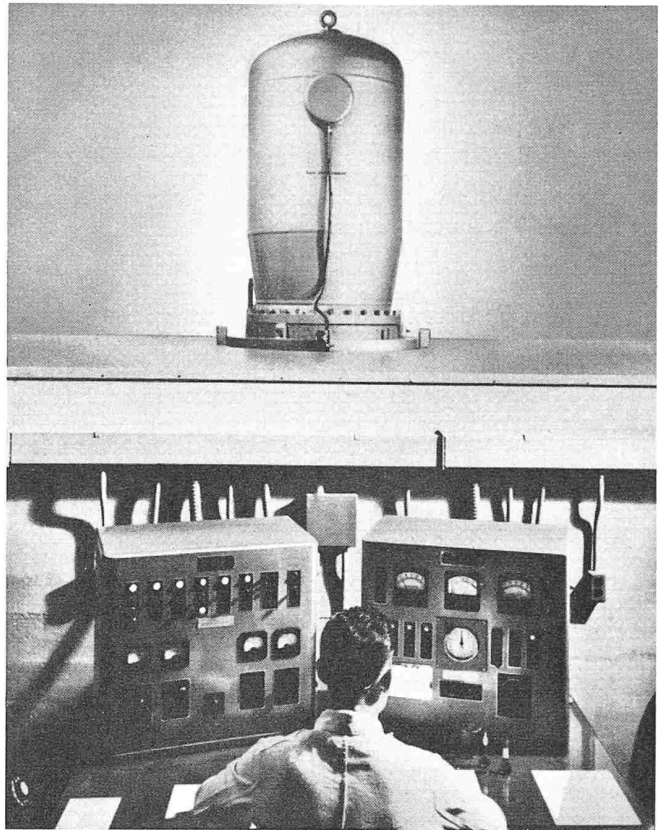


Bild 9. Ausgeführte Beta-Anlage (High Voltage Engineering Corp., USA)

## MITTEILUNGEN

**Persönliches.** Als Nachfolger des aus Gesundheitsgründen zurücktretenden Ing. H. von Gunten ist der bisherige Adjunkt für Neubauten, Dipl. Ing. Hans Walker, zum Städtingenieur von Bern gewählt worden. — Dipl. El.-Ing. E. Manfrini, bisher Betriebsdirektor der Maggiakraftwerke, ist zum Direktor der EOS gewählt worden.

**Die Hochtemperatur-Strahlungsheizung.** In Nr. 14, S. 208, zweiter Absatz, lies: Die Strahlungsheizung wird heute ... (statt Hochtemperatur-Strahlungsheizung).

**Turbinen-Abnahmeversuche am Innkraftwerk Simbach-Braunau.** SBZ 1955, Nr. 31, S. 474, Spalte rechts, erste Zeile: lies:  $D_M = 0,721$  m (statt 0,712 m).

## NEKROLOGE

† **Albert Matzinger**, Dipl. Bau-Ing. G. E. P., von Rüdlingen, geb. am 10. Mai 1916, ETH 1937 bis 1941, Ingenieur der Ed. Züblin & Cie. AG., starb infolge eines Unglücksfalls auf der Baustelle Fionnay einen Tag vor Vollendung seines 40. Lebensjahres.

## WETTBEWERBE

**Internationaler Ideen-Wettbewerb für die Gestaltung der Place des Nations in Genf.** Teilnahmeberechtigt sind alle Architekten, Ingenieure und Städtebauer der ganzen Welt mit Ausnahme der Angestellten von Stadt und Kanton Genf und der Uno. Ausschreibende Behörde ist das Baudepartement des Kantons Genf mit dem europäischen Büro der Vereinigten Nationen. Fachrichter im Preisgericht sind Prof. Sir Abercrombie, London, Prof. Eugène Beaudoin, Genf, Jacques Carlu, Bauinspektor, Frankreich, Prof. Arnold Hoehel, Genf, M. Giulio Minoletti, Mailand, Werner M. Moser, Zürich und André Marais, Albert Cingria und Arthur Lozeron, Genf, als