



# Die Strahlenkonservierung von Lebensmitteln

bearbeitet von

D.A.E. Ehlermann, Institut für Verfahrenstechnik  
und

H. Delincée, Institut für Ernährungsphysiologie



---

## Inhaltsverzeichnis

### 1. Lebensmittelkonservierung

### 2. Lebensmittelbestrahlung

- 2.1 Keimungshemmung durch Bestrahlung
- 2.2 Insektenbekämpfung durch Bestrahlung
- 2.3 Pasteurisierung durch Bestrahlung
- 2.4 Sterilisierung durch Bestrahlung

### 3. Strahlenwirkung auf die Qualität der Lebensmittel

### 4. Gesundheitliche Qualität

### 5. Wirtschaftlichkeit der Bestrahlung

### 6. Gesetzliche Regelungen

- 6.1 Bundesrepublik Deutschland
- 6.2 Andere Länder
- 6.3 Stellungnahme der Weltgesundheitsorganisation
- 6.4 Codex Alimentarius und andere internationale Gremien

### 7. Aktivitäten der Bundesforschungsanstalt für Ernährung

### 8. Anwendung der Lebensmittelbestrahlung

### 9. Reaktionen von Verbrauchern und Verbraucherorganisationen

### 10. Literatur

---

## 1. Lebensmittelkonservierung

Zum Zeitpunkt der Entstehung oder Gewinnung von Lebensmitteln sind diese in der Regel nicht für den sofortigen Verzehr vorgesehen. Meist liegen die Schritte Transport und Lagerung vor dem späteren Verzehr durch den Menschen. Darüber hinaus werden viele Lebensmittel nicht kontinuierlich produziert, sondern ihre Verfügbarkeit hängt mit der jahreszeitlichen Entwicklung zusammen. So muß der Zeitraum zwischen den verschiedenen Ernten überbrückt werden. Aber auch die zunehmende Industrialisierung und fortschreitende Arbeitsteilung führt dazu, daß die Lebensmittel nicht dort verzehrt werden, wo sie erzeugt wurden. Außerdem haben die Ausweitung des internationalen Handels und der Massentourismus dazu geführt, daß Lebensmittel aus fernen Ländern ein vielfältiger und regelmäßiger Bestandteil des Angebotes bei uns sind.

Während des Transportes und der Lagerung unterliegen die Lebensmittel vielfältigen Einflüssen, die zu einer Minderung der Qualität und schließlich zum Verderb führen können. Zur Vermeidung dieser Beeinträchtigungen werden Lebensmittel in verschiedener Weise be- und verarbeitet; es können aber auch die Transport- und Lagerungsbedingungen entsprechend gestaltet werden. Dieses Ziel wird durch eine Reihe von traditionellen Methoden erreicht: Trocknen, Erhitzen, Kühlen, Räuchern, Pökeln, Einsatz von Konservierungsstoffen usw. Mit diesen Methoden werden biologische Vorgänge wie das Altern von Früchten beeinflusst, werden Mikroorganismen, welche den Verderb auslösen oder zu Krankheiten führen können, eliminiert, werden Insekten und Parasiten abgetötet. In jüngerer Zeit sind diese Methoden durch die Verfahren des Tiefgefrierens und der Lagerung unter kontrollierter Atmosphäre (CA) ergänzt worden. Nach anfänglichen Umstellungsproblemen wurden auch die neueren Verfahren inzwischen von den Verbrauchern akzeptiert. Nicht so die "ionisierende Bestrahlung".

Die ionisierende Bestrahlung wird oft fälschlicherweise mit der Beseitigung der Abfälle der kerntechnischen Industrie in Zusammenhang gebracht. Einige Verbraucherorganisationen laufen mit weitgehend falschen und unzutreffenden Argumenten gegen das Verfahren Sturm. Auch viele Politiker konnten sich in der Bundesrepublik diesem Trend nicht verschließen und lehnen das Verfahren kategorisch ab. Die Bundesforschungsanstalt will mit dieser Broschüre sachlich über die Grundlagen des Verfahrens und über wesentliche Anwendungsmöglichkeiten berichten.

## 2. Lebensmittelbestrahlung

Bestrahlung bezeichnet in diesem Zusammenhang das Einwirken von Strahlungsenergie auf Lebensmittel. Elektromagnetische Wellen sind die wichtigste Form von Strahlung, das Spektrum reicht von Rundfunkwellen über Mikrowellen, Infrarot- oder Wärmestrahlung bis zum sichtbaren Licht; daran schließt sich das ultraviolette Licht und die Röntgenstrahlung an; es folgt in dieser Aufzählung nach steigender Energie bzw. kürzer werdender Wellenlänge die Gamma-Strahlung der radioaktiven Isotope und die Höhenstrahlung. Gamma- und Röntgenstrahlung haben die Fähigkeit, Moleküle zu ionisieren, d.h. aus der Elektronenhülle des Atoms Elektronen herauszustoßen. Dabei werden elektrisch geladene Atome oder Moleküle gebildet, sogenannte Ionen; daher der Name "ionisierende Strahlung". Ionisierend wirken auch auf hohe Energie beschleunigte Elektronen.

Für die Lebensmittelbestrahlung kommen Röntgenstrahlen, Gammastrahlen und Elektronenstrahlen in Betracht. Röntgen- und Elektronenstrahlen werden in Maschinen erzeugt. Gammastrahlen werden von bestimmten radioaktiven Isotopen, z. B. Kobalt-60, ausgesendet.

Charakteristisch für eine Strahlung ist ihre Energie, die in [Elektronenvolt \(eV\)](#) gemessen wird. Kobalt-60 gibt Gammastrahlen von etwa 1,3 MeV ab. Mit dieser Gammastrahlung behandelte Lebensmittel werden selbst nicht radioaktiv, auch dann nicht, wenn eine sehr hohe Strahlendosis verwendet wird. Mit Maschinen können Röntgen- und Elektronenstrahlen sehr hoher Energie erzeugt werden, durch die künstliche Radioaktivität im bestrahlten Lebensmittel entstehen könnte. Um dies mit Sicherheit zu vermeiden, werden für die Lebensmittelbestrahlung nur Röntgenstrahlen von unter 5 MeV und Elektronenstrahlen unter 10 MeV eingesetzt. Der gelegentlich zu hörende Sprachgebrauch "radioaktive Bestrahlung" ist unzutreffend. Radioaktiv heißt "unter Kernumwandlung Strahlen aussendend". Nur Substanzen können radioaktiv sein, nicht aber Strahlungen.

Die Strahlenwirkung hängt von der Strahlendosis ab, die in Gray (Gy) gemessen wird. 1 Gray entspricht dem von 1 kg Materie aufgenommenen Energiebetrag von 1 Joule. Früher wurde die Dosiseneinheit rad verwendet; 1 Gray entspricht 100 rad.

Dringen ionisierende Strahlen in Materie ein, so werden sie geschwächt und schließlich absorbiert. Die auf ihrem Pfad abgegebene Energie führt als Folge vielfältiger Wechselwirkungen schließlich zu Ionisation und chemischer Anregung der Moleküle und Atome. Als Folge solcher Anregungen können auch freie Radikale gebildet werden. Die Rückkehr zu einem nicht angeregten und damit stabilen Zustand ist mit weiteren physikalischen und chemischen Vorgängen verbunden. Ziel der ionisierenden Bestrahlung von Lebensmitteln ist es, bestimmte erwünschte und nützliche biologische Effekte auszulösen. Diese wiederum hängen meistens mit Veränderungen der Nukleinsäuren zusammen, die wegen der Größe ihrer Moleküle besonders strahlenempfindlich sind. Demgegenüber sind die für den Nährwert der Lebensmittel entscheidenden Bestandteile wie Eiweiß, Fette, Kohlehydrate und Vitamine wegen ihrer geringeren Molekülgröße auch weniger empfindlich und werden daher bei den für die Praxis in Frage kommenden Dosen auch nur wenig verändert. Gegenüber anderen Verfahren wie der Erhitzung mit ihren massiven Veränderungen in den erhitzten

Produkten liegt hier ein großer Vorteil des Verfahrens der ionisierenden Bestrahlung. Das Ausmaß der Veränderungen in einem Lebensmittel ist von den Bestrahlungsbedingungen wie Dosis, Temperatur, Anwesenheit von Sauerstoff, Wassergehalt usw. abhängig. Ähnliche Einflüsse gibt es bei den traditionellen und akzeptierten Verfahren der Lebensmittelbe- und -verarbeitung. Lediglich die besonders gezielte Energiezuführung mittels Ionisierung und die dadurch vorzugsweise ausgelösten biologischen Effekte zeichnen dieses Verfahren aus.

Im Folgenden wird in einer Übersicht anhand ausgewählter Beispiele die Wirkung der ionisierenden Bestrahlung auf Lebensmittel beschrieben.

**Tab. 1** Anwendungsbereiche, Produktbeispiele und Dosisbereiche

Zweck	Dosis in kGy	Produktbeispiele
	<b>Niedrige Dosis (bis 1 kGy)</b>	
Hemmung der Keimung	0,05 - 0,15	Kartoffeln, Zwiebeln, Knoblauch, Ingwerwurzeln, Yam
Bekämpfung von Insekten und Parasiten	0,15 - 0,75	Getreide und Hülsenfrüchte, frische und getrocknete Früchte, Trockenfisch, roher Fisch, Trockenfleisch, Schweinefleisch, Schinken
Verzögerung physiologischer Prozesse(z.B. Reifung)	0,25 - 1,0	frische Früchte und Gemüse (Mangos, Papayas, Bananen, Champignons)
	<b>Mittlere Dosis (1 - 10 kGy)</b>	
Haltbarkeitsverbesserung	1-3	frischer Fisch, Erdbeeren
Ausschaltung von verderbnis- und krankheitserregenden Mikroorganismen	1-10	frische und gefrorene Meeresfrüchte, rohes und gefrorenes Geflügel und Fleisch, Eiprodukte, Camembert, Gewürze, Trockengemüse, Dickungsmittel
Verbesserung technischer Eigenschaften	2 - 7	Trauben (erhöhte Saftausbeute), Trockenfrüchte (verbesserte Rehydratisierung)
	<b>Hohe Dosis (10 - 75 kGy)</b>	
Industrielle Sterilisation (in Kombination mit milder Erhitzung)	30 - 75	Fleisch, Geflügel, Meeresfrüchte, Fertiggerichte, sterilisierte Krankenhausdiäten
Dekontamination von Zutaten und Zusatzstoffen	10 - 50	Gewürze, Enzympräparate, Naturgummi

## 2.1 Keimungshemmung durch Bestrahlung

Das Auskeimen von Kartoffeln und Zwiebeln führt zu raschen Qualitätsverlusten bei den gelagerten Produkten. Dies wird heute meist durch chemische Keimhemmungsmittel verhindert; der gleiche Zweck könnte mit der verhältnismäßig niedrigen Bestrahlungsdosis von etwa 100 Gy erreicht werden. Allerdings sind die Bestrahlungskosten für Kartoffeln wesentlich höher als bei einer chemischen Keimungshemmung, weshalb das Bestrahlungsverfahren auch nicht genutzt wird. Eine Ausnahme ist Japan, wo seit 1973 jährlich etwa 20.000 t Kartoffeln mit Gammastrahlen behandelt werden.

## 2.2 Insektenbekämpfung durch Bestrahlung

Große Mengen an gelagerten Lebensmitteln verderben durch Insektenfraß. Die Abtötung der Eier, Larven und ausgewachsenen Insekten wird schon durch Bestrahlungsdosen unterhalb von 1 kGy erreicht. Noch geringere Strahlendosen können ein Sterilwerden der Insekten bewirken, d. h. sie sind nicht mehr fortpflanzungsfähig. Die Bestrahlung ist eine Alternative zur Insektenbekämpfung mit chemischen Mitteln. So ist die Begasung besonders in Entwicklungsländern, z.B. bei Kakaobohnen, weit verbreitet.

Durch Bestrahlung können Insekten auch im Innern von Früchten abgetötet oder sterilisiert werden, wo sie mit chemischen Mitteln nicht zuverlässig erreicht werden. Ein Beispiel ist der Mangokäfer, der im Kern der Früchte lebt und dort nur mittels Bestrahlung abgetötet werden kann.

Durch die gleichzeitige Hemmung des weiteren Reifens bzw. Alterns kann zusätzlich die Haltbarkeit von Früchten verbessert werden.

## 2.3 Pasteurisierung durch Bestrahlung

Bei Bestrahlungsdosen von etwa 1 bis 10 kGy erfolgt eine der Hitzepasteurisierung vergleichbare, teilweise Abtötung

der Mikroorganismen. Hierdurch wird eine begrenzte Verlängerung der Haltbarkeit der bestrahlten Lebensmittel erzielt. Soweit es sich um leichtverderbliche Produkte wie Fleisch und Fisch handelt, ist nach der Strahlenpasteurisierung (ebenso wie nach der Hitzepasteurisierung) eine Kaltlagerung erforderlich.

Gewürze und Trockenkräuter sind häufig durch eine hohe Anzahl von Mikroorganismen belastet. Wegen ihres meist geringen Wassergehaltes verderben sie selbst nicht, können aber beim Würzen andere Lebensmittel wie Suppen oder Salate infizieren. Die bisher übliche Hygienisierung von Gewürzen mit Ethylenoxid ist aus gesundheitlichen Gründen in den meisten Ländern, so auch in Deutschland nicht mehr erlaubt. Die Bestrahlung wäre auch hier eine Alternative; andere Verfahren wie die Alkoholdampf-, Ozon- oder die Mikrowellenbehandlung haben sich als weniger wirksam erwiesen als eine Bestrahlung. Die Entkeimung von Gewürzen und Kräutern ist gegenwärtig die häufigste Anwendung der Lebensmittelbestrahlung.

Hähnchen und Eiprodukte, Fleisch und andere Lebensmittel enthalten häufig krankheitserregende Mikroorganismen wie Salmonellen, Campylobacter, Listerien und Escherichia coli (EHEC), die als Verursacher bakterieller Lebensmittelvergiftungen bekannt sind. Die Bestrahlung ist eine wirksame Maßnahme zur Vernichtung solcher pathogenen Mikroorganismen. Bei Tiefkühlkost, z. B. tiefgefrorenen Garnelen, kann nur durch Bestrahlung ein Freisein von Salmonellen garantiert werden.

Bei der Bestrahlung von frischem Obst wird der Befall mit verderbniserregenden Mikroorganismen verringert. Hierdurch kann die Haltbarkeit der Früchte verbessert werden. Es ergibt sich so die Möglichkeit, subtropische Früchte wie Mango und Papaya, die bisher nur mit Luftfracht nach Europa transportiert werden können und entsprechend teuer sind, auf dem Seeweg zu verschicken und entsprechend preiswerter anzubieten. Außerdem brauchen die Früchte nicht mehr in einem frühen, unreifen Zustand geerntet werden, sondern erreichen den Verbraucher bei optimaler Reife und voll ausgeprägtem Aroma.

## **2.4 Sterilisierung durch Bestrahlung**

Zur Sterilisierung, d. h. zur Abtötung aller Mikroorganismen in einem Lebensmittel, ist eine Strahlendosis von 30 kGy oder noch mehr erforderlich. Diese hohe Dosis verursacht bei den meisten Lebensmitteln Veränderungen des Geschmacks, Geruchs und der Konsistenz. Will man dies verhindern, müssen besondere Maßnahmen, z. B. Bestrahlung bei Tiefkühltemperatur, ergriffen werden. Dies verursacht zusätzliche Kosten. Es ist deshalb wenig wahrscheinlich, daß die Strahlensterilisierung im Lebensmittelbereich Nutzung finden wird außer für Sonderzwecke wie der Herstellung von steriler Kost für Krankenhäuser oder die Raumfahrt. Für bestimmte Patienten, die in steriler Umgebung leben müssen, verwenden britische, niederländische und US-amerikanische Krankenhäuser seit Jahren solche Sterilkost, die mit Dosen bis zu 75 kGy behandelt wurde. Die NASA setzt routinemäßig solche Sterilkost ein, z.B. beim gemeinsamen Apollo-Sojus-Flug und heute beim Space-Shuttle. In Südafrika gibt es seit einigen Jahren für Freizeitaktivitäten wie Bergsteigen oder Safaris strahlensterilisierte Fertiggerichte mit einer Haltbarkeit von zwei Jahren bei Umgebungstemperatur.

Die Strahlensterilisierung wird auf anderen Gebieten in sehr viel größerem Umfang eingesetzt. In der Medizin verwendete hitzeempfindliche Artikel, die nicht durch Erhitzen sterilisiert werden können, z. B. Injektionsspritzen, Kanülen, Katheter, künstliche Gelenke aus Kunststoffen, Gummihandschuhe, chirurgisches Nahtmaterial usw. werden weltweit in Bestrahlungsanlagen sterilisiert. In Deutschland ist ein halbes Dutzend solcher Anlagen problemlos in Betrieb, z.T. seit über 25 Jahren.

## **3. Strahlenwirkung auf die Qualität der Lebensmittel**

Nach Anwendung der richtigen Bestrahlungsdosis treten in Lebensmitteln nur geringe chemische Veränderungen auf. Sie sind mengenmäßig viel geringer als die durch Kochen und Braten verursachten Veränderungen; sie nehmen mit steigender Strahlendosis zu. Inzwischen sind die analytischen Methoden soweit verbessert worden, daß auch diese geringfügigen Veränderungen erfaßt und zur nachträglichen Identifizierung bestrahlter Lebensmittel genutzt werden können. Für alle Lebensmittel, die für eine kommerzielle Bestrahlung in Frage kommen, stehen inzwischen Verfahren für die Routineuntersuchung zur Verfügung; sie werden bereits von den staatlichen Untersuchungsämtern genutzt. So hat z.B. die Lebensmittelüberwachung in Baden-Württemberg von 1987 bis 1997 über 4600 Lebensmittelproben auf eine Strahlenbehandlung untersucht; lediglich 27 Proben (0,6 %) erwiesen sich als bestrahlt.

Die oft behaupteten Veränderungen von Farbe, Geruch und Geschmack, die angeblich einen Einsatz von chemischen Zusätzen zum Ausgleich der Veränderungen nötig machen sollen, treten in Wirklichkeit bei den für eine Anwendung der ionisierenden Bestrahlung in Frage kommenden Dosiswerten nicht auf. Die hygienische Qualität von Lebensmitteln kann durch Abtötung gesundheitsschädlicher Mikroorganismen und Parasiten mittels ionisierender Bestrahlung sichergestellt werden. Die Bestrahlung ist insofern der allgemein akzeptierten Hitze-Pasteurisierung der Milch vergleichbar. Mit der Produktionsmethode einiger Lebensmittel untrennbar verbunden ist nämlich das Risiko einer Infektion. Sind diese Lebensmittel wie Schlachthähnchen oder Garnelen aber tiefgefroren, so kommt eine Hitze-Pasteurisierung wegen des damit verbundenen Auftauens nicht in Frage. Kein anderes Verfahren als die ionisierende Bestrahlung kann ohne Auftauen diese Gesundheitsgefahr ausschalten; zudem bleibt noch die erwünschte besondere Konsistenz etwa von Garnelen erhalten, welche durch eine Erhitzung erheblich leiden würde.

## 4. Gesundheitliche Qualität

Die gesundheitliche Unbedenklichkeit bestrahlter Lebensmittel wurde in zahlreichen Ländern in umfangreichen Tierfütterungsversuchen geprüft. Zu diesem Zweck wurde in den Jahren 1970 bis 1982 ein internationales Projekt durchgeführt, an dem sich die Bundesrepublik und 23 weitere Staaten beteiligten. Diese Untersuchungen haben keinen Hinweis auf ein gesundheitliches Risiko beim Verzehr bestrahlter Lebensmittel ergeben. Bei der Bestrahlung entstehende Reaktionsprodukte wurden eingehend untersucht, und die Ergebnisse lieferten keinen Anlaß zu gesundheitlichen Bedenken. Einige Vitamine sind empfindlich gegen Bestrahlung. Die Verluste sind aber nicht höher als bei anderen Konservierungsmethoden wie der Hitzesterilisierung oder dem Trocknen.

Im November 1980 hat in Genf ein gemeinsames Expertenkomitee der Weltgesundheitsorganisation (WHO), der Welternährungsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) und der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) getagt und die vorliegenden Untersuchungsergebnisse ausgewertet. Es kam zu dem Ergebnis, daß die Lebensmittelbestrahlung allgemein in den sogenannten niedrigen und mittleren Dosisbereichen (absorbierte Strahlendosis bis zu 10 kGy) gesundheitlich unbedenklich ist. Dies bedeutete nicht, daß mit höheren Dosen bestrahlte Lebensmittel bedenklich sind, sondern daß sie damals noch nicht genügend geprüft waren, um sie als unbedenklich bezeichnen zu können.

Die "Senatskommission zur Prüfung von Lebensmittelinhalts- und -zusatzstoffen" der Deutschen Forschungsgemeinschaft schloß sich 1981 diesem Urteil an und beurteilte die ionisierende Bestrahlung als ein für bestimmte Lebensmittel brauchbares Verfahren. Im Sonderfall der Gewürze wurde die Zulassung der Bestrahlung mit einer Dosis bis zu 10 kGy empfohlen.

Die britische Regierung hat 1982 ein Expertenkomitee beauftragt, die vorliegenden Versuchsergebnisse erneut zu prüfen und die Regierung zur Frage einer möglichen Zulassung des Verfahrens zu beraten. Das Komitee legte 1986 seinen "Bericht über die Sicherheit und Verträglichkeit bestrahlter Lebensmittel" vor, in dem es zu dem Ergebnis kam:

*"Wir sind aufgrund unserer Einsicht in die vorliegenden Daten und in Anbetracht einer möglichen Anwendung des Verfahrens davon überzeugt, daß ionisierende Bestrahlung bis zu einer Gesamtdosis von 10 kGy, sachgemäß durchgeführt, eine wirksame Methode zur Lebensmittelkonservierung darstellt, die nicht zu einer signifikanten Veränderung der natürlichen Radioaktivität des Lebensmittels führt oder die Sicherheit und Verträglichkeit desselben beeinflusst".*

Das Komitee sah keinen Grund, das bisher in Großbritannien gültige Verbot der Lebensmittelbestrahlung aufrechtzuerhalten und sprach sich für eine allgemeine Zulassung des Verfahrens bis zu einer Gesamtdosis von 10 kGy aus.

Im Juli 1986 veröffentlichte der US-amerikanische "Council for Agricultural Science and Technology" (CAST) den Bericht einer Gruppe von 24 Experten über die gesundheitliche Unbedenklichkeit der Lebensmittelbestrahlung. In dem Bericht wird die gesundheitliche Sicherheit bestrahlter Lebensmittel erneut bestätigt - und zwar nicht nur bis zur Dosis von 10 kGy: Auch die Sterilisation, die eine Dosis von 30-50 kGy erfordert, wird in die generelle Unbedenklichkeitserklärung miteinbezogen.

Der "Wissenschaftliche Lebensmittelausschuß" der EG-Kommission schloß sich 1986 ebenfalls dem Urteil des obengenannten gemeinsamen Expertenkomitees an und stellte fest, daß zur Bewertung der Sicherheit von Lebensmitteln, die mit Strahlendosen bis zu 10 kGy bestrahlt wurden, keine weiteren Fütterungsversuche an Tieren nötig sind. Der Ausschuß empfahl unter dem Gesichtspunkt der öffentlichen Gesundheit die Zulassung einer Liste von Lebensmitteln zur Bestrahlung.

Unter einigen hundert Untersuchungen zur Prüfung der gesundheitlichen Qualität bestrahlter Lebensmittel gab es einige wenige, die schädliche Wirkungen anzuzeigen schienen. Sie sind vom Genfer Expertenkomitee und von anderen Gremien gründlich überprüft worden, und in allen Fällen wurden die ursprünglich geweckten Besorgnisse zerstreut - entweder weil die Wiederholung des Versuchs andere Ergebnisse lieferte oder weil aus anderen Gründen klar wurde, daß Fehler in der Versuchsdurchführung oder Interpretation gemacht worden waren.

Nachdem in Kanada ein parlamentarischer Ausschuß Zweifel geäußert hatte, daß die gesundheitliche Unbedenklichkeit bestrahlter Lebensmittel ausreichend gesichert ist, hat das kanadische Gesundheitsministerium im September 1987 eine ausführliche Dokumentation vorgelegt, in der die strittigen Versuchsergebnisse erneut diskutiert wurden. Die Entscheidung des Genfer Expertenkomitees von 1980 wurde erneut voll bestätigt.

Das australische Parlament hatte 1986 ein Moratorium für die Zulassung der Lebensmittelbestrahlung beschlossen und weitere Stellungnahmen angefordert. Nach Anfrage durch die australische Regierung hat daraufhin eine neuerliche Überprüfung aller bis dahin publizierten Untersuchungen durch ein Expertengremium der WHO im Mai 1992 zu folgenden Schlußfolgerungen geführt:

*Bestrahlte Lebensmittel, die in Übereinstimmung mit Guter Handhabungspraxis (GMP) hergestellt wurden, können als sicher und für die Ernährung geeignet gelten, weil das Bestrahlungsverfahren:*

*- nicht zu Veränderungen in der Zusammensetzung der Lebensmittel führt, die, vom toxikologischen Standpunkt,*

*irgendeine nachteiligen Auswirkung auf die menschliche Gesundheit haben könnten;*

*- nicht zu Veränderungen der Mikroflora der Lebensmittel führt, die das mikrobiologische Risiko für die Verbraucher erhöhen könnten;*

*- nicht zu Verlusten beim Nährwert in einem Ausmaß führt, das eine nachteilige Auswirkung auf den Ernährungsstatus von Einzelpersonen oder Bevölkerungsgruppen haben könnte.*

Im September 1997 wurde auf Vorschlag von Südafrika und den USA und mit Unterstützung von International Consultative Group on Food Irradiation eine gemeinsame Studiengruppe von WHO, FAO und IAEA einberufen, um die Sterilisierung von Lebensmitteln mit hohen Strahlendosen zu prüfen. Das Komitee kam zu dem Schluß:

*Die Lebensmittelbestrahlung an sich ist dermaßen sicher, daß der aktuelle Wert der Strahlendosis von sekundärer Bedeutung ist, solange die sensorische Qualität des Lebensmittels erhalten bleibt und die schädlichen Mikroorganismen zerstört werden. Dosiswerte größer als 10 kGy*

*- führen nicht zu Veränderungen in der Zusammensetzung von Lebensmitteln, die unter toxikologischen Gesichtspunkten eine nachteilige Wirkung auf die menschliche Gesundheit haben könnten,*

*- können mögliche mikrobiologische Risiken für den Verbraucher wesentlich verringern,*

*- führen nicht zu Nährwertverlusten in einem Ausmaß, das eine nachteilige Wirkung auf den Ernährungsstatus von Einzelpersonen oder Bevölkerungsgruppen haben könnte.*

Folglich sind auch Lebensmittel, die mit Strahlendosen oberhalb 10 kGy behandelt wurden, sicher und für den Verzehr geeignet, wenn sie unter Einhaltung 'Guter Herstellungspraxis' erzeugt wurden.

## **5. Wirtschaftlichkeit der Bestrahlung**

Der Bau einer Bestrahlungsanlage erfordert Investitionen von mehreren Millionen DM. Er wird sich nur dann lohnen, wenn die Anlage ganzjährig und für andere Zwecke als die Lebensmittelbestrahlung genutzt wird. Selbst die inzwischen weit verbreitete Bestrahlung von Gewürzen reicht nicht aus, die Bestrahlungsanlagen auszulasten. Es gibt jedoch auch Ausnahmen, z.B.: In Vannes, Frankreich, wurde Anfang 1987 eine Anlage ausschließlich zur Bestrahlung von Geflügelfleisch in Betrieb genommen, die mit einem Elektronenlinearbeschleuniger ausgerüstet ist. Mit einem Durchsatz von etwa 4000 t im Jahr ist ein wirtschaftlicher Betrieb unter den hier gegebenen, besonderen Umständen erreicht.

Die Gesamtmenge weltweit an bestrahlten Lebensmitteln wird auf etwa 200.000 t jährlich geschätzt, davon etwa 50.000 t Gewürze. In der früheren Sowjetunion wurden jährlich rund 400.000 t Getreide bestrahlt; die betreffende Anlage in Odessa ist heute wahrscheinlich nicht mehr in Betrieb.

Für die Sterilisierung von medizinischen Artikeln in Lohnbestrahlungsanlagen werden etwa 300 DM pro Kubikmeter berechnet. Bei einer Dichte von 0,5 t/m<sup>3</sup> ergeben sich Bestrahlungskosten von etwa 600 DM/t oder 0,60 DM/kg. Bei den geringeren Strahlendosen, wie sie für Lebensmittel in Frage kommen, sind entsprechend niedrigere Kosten zu erwarten: für Gefrierhähnchen etwa 0,10 - 0,20 DM/kg; für Gewürze etwa 0,20 - 0,30 DM/kg. Die unter Punkt 8 erwähnte zunehmende Anwendung der Lebensmittelbestrahlung in Nachbarländern zeigt, daß eine wirtschaftliche Nutzung des Verfahrens möglich ist.

## **6. Gesetzliche Regelungen**

### **6.1 Bundesrepublik Deutschland**

Das Lebensmittel- und Bedarfsgegenstände-gesetz besagt:

' 13 Bestrahlungsverbot und Zulassungsermächtigung

(1) Es ist verboten, 1. bei Lebensmitteln gewerbsmäßig eine nicht zugelassene Bestrahlung mit ultravioletten oder ionisierenden Strahlen anzuwenden; 2. Lebensmittel gewerbsmäßig in den Verkehr zu bringen, die entgegen dem Verbot der Nummer 1 oder einer nach Absatz 2 erlassenen Rechtsverordnung bestrahlt sind.

(2) Das Bundesministerium wird ermächtigt, im Einvernehmen mit den Bundesministerien für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten und für Forschung und Technologie durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates, 1. soweit es mit dem Schutz des Verbrauchers vereinbar ist, eine solche Bestrahlung allgemein oder für bestimmte Lebensmittel oder für bestimmte Verwendungszwecke zuzulassen; 2. soweit es zum Schutz des Verbrauchers erforderlich ist, bestimmte technische Verfahren für zugelassene Bestrahlungen vorzuschreiben.

' 37 Zulassung von Ausnahmen

(1) Von den Vorschriften dieses Gesetzes und der auf Grund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen können im Einzelfall auf Antrag Ausnahmen...zugelassen werden...

In seiner Antwort auf eine Frage im Deutschen Bundestag stellte der Bundesminister für Jugend, Familie und Gesundheit am 16.5.1983 u. a. fest:

*"Eine Änderung der gesetzlichen Regelung wird von der Bundesregierung nicht angestrebt. Ebensowenig werden Rechtsverordnungen vorbereitet, durch die eine Bestrahlung von Lebensmitteln allgemein oder von bestimmten Lebensmitteln zugelassen wird. Dem Bundesministerium für Jugend, Familie und Gesundheit liegen lediglich Anträge mehrerer Firmen vor, ihnen die Bestrahlung von bestimmten Gewürzen im Einzelfall durch Ausnahmegenehmigungen nach ' 37 des Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetzes zu gestatten. Ausnahmegenehmigungen können nur einzelnen Firmen erteilt werden, und zwar zeitlich begrenzt und unter amtlicher Beobachtung. Sie dürfen nur erteilt werden, wenn Tatsachen die Annahme rechtfertigen, daß eine Gefährdung nicht zu erwarten ist ... Die Anträge werden noch fachlich geprüft. Solange kein endgültiges Votum des Bundesgesundheitsrates vorliegt, mit dem frühestens Ende dieses Jahres gerechnet werden kann, wird das Bundesministerium für Jugend, Familie und Gesundheit über die Anträge nicht entscheiden".*

Der Bundesgesundheitsrat hat im Oktober 1983 erklärt:

*"Für die Zulassung der Bestrahlung von Lebensmitteln allgemein mit ionisierenden Strahlen besteht keine Notwendigkeit ... Nach Abwägen aller Argumente hat der Bundesgesundheitsrat keine Bedenken gegen die Zulassung der Bestrahlung von Gewürzen".*

Die beantragten Ausnahmegenehmigungen sind trotzdem bisher nicht erteilt worden. Bundestag und Bundesrat haben in gleichlautenden Entschlüssen im Jahre 1989 festgestellt, daß "keine technologische Notwendigkeit für die Behandlung von Lebensmitteln zu erkennen ist" und daher "dieses Verfahren entschieden abgelehnt" wird.

Während auch der Import bestrahlter Lebensmittel verboten ist, dürfen in Deutschland durchaus Lebensmittel für den Export bestrahlt werden, wenn im Bestimmungsland eine Zulassung besteht. Es ist bekannt, daß wiederholt Gewürze und Gewürzmischungen für den Export nach Frankreich bestrahlt wurden. Die in der früheren DDR geltende und auch praktisch genutzte Zulassung der Lebensmittelbestrahlung ist nach dem Beitritt zur Bundesrepublik erloschen.

Seit dem 1. Januar 1993 gilt innerhalb der Europäischen Union der Einheitliche Markt, d.h., daß alle Produkte, die in einem Mitgliedsstaat rechtmäßig in den Verkehr gebracht wurden, auch in jedem anderen Mitgliedsstaat vertrieben werden dürfen. Aus diesem Grund wurde das Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz ergänzt:

' 47a Erzeugnisse aus anderen Mitgliedsstaaten

Allgemeinverfügungen für Erzeugnisse, die in anderen Mitgliedsstaaten der EG rechtmäßig hergestellt und in den Verkehr gebracht wurde, soweit nicht zwingende Gründe des Gesundheitsschutzes entgegenstehen, wirken zugunsten aller Einführer. Abweichungen sind angemessen kenntlich zu machen, soweit dies zum Schutz des Verbrauchers erforderlich ist (redaktionell gekürzter Text).

Seit dem 10. März 1997 gilt in Deutschland eine 'Allgemeinverfügung' gemäß '47a LMBG, nach der Gewürze gemäß Liste importiert werden dürfen, die

- in Frankreich rechtmäßig bestrahlt wurden,
- in einem Mitgliedstaat der EU oder einem Vertragstaat des EWR legal in den Verkehr gebracht wurden,
- mittels Cobalt-60, Caesium-137 oder Elektronen mit bis zu 10 MeV Quantenenergie bestrahlt wurden,
- höchstens eine 'maximale durchschnittliche absorbierte Gesamtdosis' von 10 kGy erhalten haben,
- für die gewerbliche Weiterverarbeitung bestimmt sind,
- in den Begleitdokumenten oder auf den Verpackungen insbesondere den Hinweis auf die Bestrahlung enthalten.

## 6.2 Andere Länder

Die Bestrahlung von bestimmten Lebensmitteln ist in folgenden Ländern zugelassen: Argentinien, Bangladesh, Belgien, Brasilien, Chile, China, Costa Rica, Dänemark, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Indien, Indonesien, Iran, Israel, Italien, Japan, Jugoslawien, Kanada, Korea (Republik), Kroatien, Kuba, Mexiko, Niederlande, Norwegen, Pakistan, Philippinen, Polen, Russische Föderation, Schweden, Schweiz, Spanien, Südafrika, Syrien, Taiwan, Thailand, Tschechische Republik, Ungarn, Ukraine, Uruguay, USA, Vietnam. Innerhalb der Europäischen Union haben außer Deutschland noch Luxemburg und Österreich ein ausdrückliches Verbot; Portugal und Irland haben keine Regelung, was dort einem Verbot gleichkommt; Griechenland hat ebenfalls keine Regelung, was jedoch einer Erlaubnis gleichkommt.

Die Anzahl der Zulassungen in den einzelnen Ländern ist mit den Jahren ständig gewachsen. In neuester Zeit ist z.B. in den USA eine weitere Zulassung erteilt worden, nämlich für die Bestrahlung von Fleisch, Fleischprodukten und Innereien. Hierbei handelt es sich vor allem um die Bekämpfung von Colibakterien (*Escherichia coli* O157:H7, die blutigen Durchfall verursachen und in den USA nach Verzehr von Hamburgern bereits zu Todesfällen geführt hatten).

Der Rat der Europäischen Gemeinschaft hatte 1986 den Entwurf zu einer Richtlinie vorgelegt, mit der das Recht der Mitgliedsländer auf dem Gebiet der Bestrahlung von Lebensmitteln harmonisiert werden sollte. Im Dezember 1988 wurde eine Neufassung dieses Entwurfs bekanntgegeben, die verschiedene von den Mitgliedsländern gemachte Einsprüche berücksichtigte. Nach einer Änderung im Jahre 1989 enthielt die Richtlinie noch eine Liste von 8 verschiedenen Produkten bzw. Produktgruppen, darunter Gewürze. Gemäß den Beschlüssen von Bundesrat und Bundestag setzte sich die Bundesregierung jedoch dafür ein, daß die Bestrahlung möglichst in allen Mitgliedsländern verboten und höchstens für Gewürze eine Ausnahme zugelassen wird.

Am 21. Mai 1997 hat sich nun der Ministerrat der EU auf eine Harmonisierung des Rechts auf dem Gebiet der Lebensmittelbestrahlung geeinigt; dieser Vorschlag wurde am 27. Oktober 1997 als 'Gemeinsamer Standpunkt (EG) Nr. 46/97 und Nr. 47/97' (Amtsblatt der EG (22.12.97) C389/36-C389/50) angenommen. Das Europäische Parlament hat am 18. Februar 1998 den Vorschlag mit Änderungen verabschiedet; er besteht aus zwei Teilen. Die erste Richtlinie ist der allgemeine Teil, in dem die Rahmenbedingungen festgelegt werden. In einer zweiten Richtlinie werden als Positivliste Produkte mit den jeweils zugelassenen Dosiswerten aufgezählt. Zur Zeit enthält diese Liste nur

Getrocknete aromatische Kräuter und Gewürze bis 10 kGy

In einer Übergangszeit bis zum Inkrafttreten der endgültigen Positivliste dürfen alle Länder ihre nationalen Regelungen beibehalten, in Deutschland gilt also weiterhin das Verbot des '13 LMBG mit den Ausnahmen nach '47a (s.oben). In der Übergangszeit soll stufenweise die gemeinsame Liste erstellt werden, die dann alle nationalen Regelungen ersetzt.

Außerdem wird geregelt, daß eine Bestrahlung von Lebensmitteln nur in ausdrücklich dafür zugelassenen, unter amtlicher Überwachung stehenden Bestrahlungsanlagen durchgeführt wird. Ferner ist dabei die ausnahmslose Kennzeichnung vorgesehen, d.h., alle Produkte (auch wenn sie nur eine geringfügige Menge bestrahlter Zutaten enthalten) müssen als bestrahlt gekennzeichnet werden. In den Bedingungen für die Zulassung der Bestrahlung von Lebensmitteln ist geregelt, daß die Bestrahlung nur zulässig ist, wenn sie

- technologisch sinnvoll und notwendig ist,
- gesundheitlich unbedenklich ist und gemäß den vorgeschlagenen Bedingungen durchgeführt wird,
- für den Verbraucher nützlich ist,
- nicht als Ersatz für Hygiene- und Gesundheitsmaßnahmen oder für gute Herstellungs- oder Landwirtschaftsverfahren verwendet wird.

Die Bestrahlung darf nur auf folgende Zwecke ausgerichtet sein:

- Verringerung der Krankheitserreger in den Lebensmitteln durch Zerstörung pathogener Organismen,
- Verringerung des Verderbs von Lebensmitteln durch Verzögern oder Anhalten von Verfallsprozessen und durch Zerstörung verderbsfördernder Organismen,
- Verringerung der Verluste von Lebensmitteln durch vorzeitiges Reifen, Sprossung oder Keimung,
- Befreiung der Lebensmittel vom Befall durch Schadorganismen der Pflanzen und Folgeerzeugnisse.

Am 13.3.1999 wurden im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften die Richtlinien über mit ionisierenden Strahlen behandelte Lebensmittel veröffentlicht (L66/16 bis L66/25). Die Richtlinien traten am siebten Tag nach ihrer Veröffentlichung in Kraft.

Die Mitgliedstaaten müssen nun Rechts- und Verwaltungsvorschriften so in Kraft setzen, daß

- spätestens am 20. September 2000 das Inverkehrbringen und die Verwendung bestrahlter Lebensmittel zugelassen werden,
- spätestens am 20. März 2001 das Inverkehrbringen und die Verwendung von nicht mit dieser Richtlinie übereinstimmenden bestrahlten Lebensmitteln untersagt werden.

Spätestens am 31. Dezember 2000 muß die Kommission, nach Anhörung des Wissenschaftlichen Lebensmittelausschusses, einen endgültigen Vorschlag für eine Positivliste von Lebensmitteln, die mit ionisierenden Strahlen behandelt werden dürfen, vorlegen. Diese muß dann noch nach dem üblichen Verfahren vom Europäischen Parlament und vom Rat gebilligt werden.

Die amtliche Überwachung der Lebensmittelbestrahlung soll durch umfangreiche Vorkehrungen gesichert werden: Die Mitgliedstaaten bestimmen zuständige Behörden für die Zulassung und Überwachung von Anlagen zur Bestrahlung von Lebensmitteln; Kontrollen werden sowohl in diesen Anlagen als auch auf der Stufe des Inverkehrbringens durchgeführt; die Mitgliedstaaten berichten an die Kommission, die jährlich einen Bericht im Amtsblatt der EG veröffentlicht. Die Einfuhr bestrahlter Lebensmittel aus einem Drittland ist nur gestattet, wenn dieses in einer von der Gemeinschaft zugelassenen Bestrahlungsanlage behandelt wurde.

### **6.3 Stellungnahme der Weltgesundheitsorganisation**

Die WHO hat mehrfach die Lebensmittelbestrahlung als gesundheitlich unbedenklich und als förderungswürdig bezeichnet. So heißt es in einer Pressemitteilung der WHO (In Point of Fact No.40/1987): *"Alle Staaten - gleichgültig welchen Entwicklungsstand sie erreicht haben - werden ermutigt, die Lebensmittelbestrahlung anzuwenden. Das*



*Verfahren macht nicht nur ein größeres Angebot gesundheitlich einwandfreier Lebensmittel möglich, sondern es hat auch den Vorteil, die Abhängigkeit von chemisch behandelten Lebensmitteln zu verringern."*

In den "Zehn goldenen Regeln der WHO für eine hygienische Lebensmittelzubereitung" steht: "Falls Sie die Wahl haben, sollten Sie frisches oder gefrorenes Geflügelfleisch verwenden, das mit ionisierenden Strahlen behandelt worden ist."

Die WHO hat ihre positive Einstellung mehrfach bekräftigt, so im Mai 1992, nachdem die oben zitierte Stellungnahme eines Expertengremiums vorlag, daß eine ionisierende Bestrahlung unter Beachtung der Guten Handhabungspraxis (GMP) als unbedenklich unter den Gesichtspunkten von Gesundheit und Ernährung zu beurteilen sind.

Nachdem ein neuerliches Expertenkomitee 1997 die Bestrahlung von Lebensmitteln auch mit hohen Strahlendosen als sicher und für die Ernährung adäquat beurteilt hatte, äußerte die WHO ihre Hoffnung, daß *"die Lebensmittelbestrahlung nun akzeptabler wird als eine Möglichkeit zur Verbesserung der Lebensmittelsicherheit"*.

## **6.4 Codex Alimentarius und andere internationale Gremien**

FAO und WHO gründeten 1962 die "Codex Alimentarius Commission" mit der Aufgabe, weltweit die Lebensmittelgesetzgebung durch die Festlegung international anerkannter Standards zu harmonisieren und damit den Außenhandel zu erleichtern. Der Kommission gehören inzwischen über 150 Staaten als Mitglieder an. Diese Kommission hat sich 1983 auf einen "Internationalen allgemeinen Standard für bestrahlte Lebensmittel" und "Internationale Richtlinien für den Betrieb von Bestrahlungsanlagen für die Lebensmittelbestrahlung" geeinigt, um den internationalen Handel mit bestrahlten Lebensmitteln zu erleichtern. Z.Zt. wird der "Internationale Standard über die Kennzeichnung von Lebensmitteln" durch ein Fachkomitee des Codex Alimentarius überarbeitet. Darin sollen u.a. auch Art und Umfang der Kennzeichnung bestrahlter Lebensmittel geregelt werden.

Im Jahr 1984 wurde die "International Consultative Group on Food Irradiation" (ICGFI) gegründet, der inzwischen 47 Regierungen beigetreten sind, darunter die der Bundesrepublik Deutschland. Das Sekretariat der Gruppe wird bei der IAEA, Wien geführt. Ziele der Gruppe sind: die Entwicklungen auf dem Gebiet der Lebensmittelbestrahlung zu verfolgen und zu bewerten, dem Informationsaustausch zwischen den Mitgliedsländern zu dienen und Entscheidungshilfen für Organisationen wie die Weltgesundheitsorganisation und die Codex Alimentarius Kommission bereitzustellen. Allein 23 ICGFI-Dokumente und -Richtlinien wurden seit der Gründung ausgearbeitet und von der jährlichen Mitgliederversammlung angenommen; in ihnen wird die Gute Handhabungspraxis (GMP) einschließlich der "Guten Bestrahlungspraxis" beschrieben. Weitere Monographien erscheinen als Technische Dokumente der IAEA (IAEA-TECDOC) bzw. als getrennte Informationsschriften.

## **7. Aktivitäten der Bundesforschungsanstalt für Ernährung**

Die Bundesforschungsanstalt für Ernährung (bis 1974 Bundesforschungsanstalt für Lebensmittelfrischhaltung) begann Mitte der 50er Jahre mit Forschungen auf dem Gebiet der Strahlenkonservierung von Lebensmitteln. Von Mitarbeitern der Bundesforschungsanstalt wurden seither einige hundert wissenschaftliche Arbeiten über Technologie, Dosimetrie, Strahlenmikrobiologie, Strahlenchemie, Tierfütterungsversuche und Sensorik im Zusammenhang mit der Lebensmittelbestrahlung veröffentlicht. Seit über 25 Jahren wird eine Bibliographie erstellt, die weltweit erschienene Literatur über Lebensmittelbestrahlung erfaßt. Sie enthält inzwischen über 13 000 Arbeiten.

Im Jahre 1970 wurde das unter Punkt 4 erwähnte "Internationale Projekt auf dem Gebiet der Lebensmittelbestrahlung" mit dem Sitz in der Bundesforschungsanstalt für Ernährung gegründet. Das Projekt hatte das Ziel, die gesundheitliche Qualität bestrahlter Lebensmittel zu untersuchen. Nachdem das Genfer Expertenkomitee hauptsächlich aufgrund der Ergebnisse dieser Untersuchungen festgestellt hat, daß die Lebensmittelbestrahlung gesundheitlich unbedenklich ist und daß weitere diesbezügliche Untersuchungen nicht erforderlich sind, wurde 1982 die Tätigkeit des Projektes eingestellt. Die Bundesforschungsanstalt für Ernährung beschäftigt sich seither nur noch in sehr eingeschränktem Umfang mit Fragen der Lebensmittelbestrahlung.

Die wissenschaftlichen Voraussetzungen für die Anwendung des Verfahrens sind geklärt. Die weitere Entwicklung hängt vor allem von der Bereitschaft der Verbraucher ab, bestrahlte Lebensmittel zu akzeptieren, und von der Bereitschaft der Lebensmittelindustrie, das Verfahren zu nutzen. Die Bundesforschungsanstalt hat sich in den letzten Jahren intensiv an der Entwicklung zahlreicher Analysenmethoden zur nachträglichen Identifizierung bestrahlter Lebensmittel beteiligt. Für fast alle für die praktische Anwendung infrage kommenden Anwendungen stehen nun sowohl national ('35-Methoden, DIN) als auch innerhalb der EG (CEN-Methoden) normierte Methoden zur Verfügung, die inzwischen auch von den deutschen Untersuchungsämtern (s.o. Punkt 3) in der Routine eingesetzt werden. Weiterhin werden noch Untersuchungen zu Prozeßkontrolle und Dosimetrie durchgeführt, deren Ergebnisse ebenfalls in internationale Standards (ISO und ASTM) zur Durchführung der Lebensmittelbestrahlung Eingang finden.

## **8. Anwendung der Lebensmittelbestrahlung**

Verlässliche Zahlen über die tatsächlichen Mengen bestrahlter Lebensmittel liegen nicht vor, einmal, weil hierüber keine besonderen amtlichen Statistiken geführt werden, zum anderen, weil die Betreiber von Bestrahlungsanlagen aus

verständlichen Gründen mit solchen Angaben zurückhaltend sind. Die gesamte Menge bestrahlter Lebensmittel weltweit wird auf etwa 200.000 t geschätzt. Für die Niederlande und Frankreich wird die Gesamtmenge auf je etwa 20.000 t geschätzt, für Belgien auf etwa die Hälfte. Es handelt sich dabei vor allem um Gewürze und Trockengemüse, sowie tiefgefrorene Garnelen, die zur Salmonellenvernichtung bestrahlt werden. In der ehemaligen Sowjetunion (Odessa, Ukraine) wurden seit 1983 jedes Jahr bis zu 400.000 t Getreide zur Bekämpfung von Insekten bestrahlt; diese Anlage soll jedoch nicht mehr in Betrieb sein. In Norwegen ist die Gewürzbestrahlung erlaubt, es gibt dort jedoch keine ausreichend große Bestrahlungsanlage, so daß bestrahlte Gewürze importiert werden. Die Bestrahlung von Gewürzen und Trokenzwiebeln wird in den USA im industriellen Maßstab durchgeführt, die bestrahlte Menge wird auf 25.000 t geschätzt; eine besondere Anlage in Florida bestrahlt Erdbeeren für den Transport in entferntere Landesteile sowie vorverpackte Geflügelteile zur Salmonellenbekämpfung. In Südafrika werden ungefähr 25 t im Jahr strahlensterilisierte Produkte für das Militär und als Freizeitbedarf hergestellt; hinzu kommen etwa 25.000 t andere bestrahlte Lebensmittel, hauptsächlich Gewürze. In Japan werden ca. 20.000 t Kartoffeln im Jahr bestrahlt. In Ungarn werden in halbindustriellem Maße Gewürze und Zwiebeln bestrahlt. In der DDR wurden bis zur Vereinigung über 8000 t Zwiebeln bestrahlt. In Großbritannien wurde 1991 die erste Lizenz für die Gewürzbestrahlung erteilt. In der Volksrepublik China sind inzwischen 14 Anlagen für die industrielle Lebensmittelbestrahlung in Betrieb. In den meisten übrigen Ländern, in denen Zulassungen erteilt wurden (siehe Punkt 6.2), ist das Verfahren bisher nur zu Versuchszwecken angewendet worden.

Die verwendeten Bestrahlungseinrichtungen sind meistens Kobalt-60-Anlagen, seltener Elektronenbeschleuniger. Beide haben mit radioaktiven Abfällen nichts zu tun. Das von Gegnern der Lebensmittelbestrahlung verwendete Argument, hier werde nur versucht, das Abfallproblem der Kernenergiegewinnung zu lösen, ist unbegründet.

## **9. Reaktionen von Verbrauchern und Verbraucherorganisationen**

Zur Erkundung der Reaktion der Verbraucher auf bestrahlte Lebensmittel wurden schon vor Jahren Versuche in kleinem Maßstab durchgeführt. Bis auf wenige Ausnahmen wurde dabei in allen Ländern und unabhängig vom Produkt eine positive Reaktion festgestellt. Im September 1986 wurden in einem Lebensmittelmarkt in Florida, USA, bestrahlte Mangofrüchte unter Kennzeichnung als bestrahlt angeboten. Im März 1987 wurden in zwei Läden einer Lebensmittelmarkt-Kette in Californien ebenfalls als bestrahlt gekennzeichnete Papayas verkauft. In beiden Fällen wurde festgestellt, daß etwa 2/3 der Verbraucher bereit waren, bestrahlte Lebensmittel zu kaufen. Im Mai und Juni 1987 wurde erstmalig auch in Frankreich ein Verbrauchertest durchgeführt; dabei wurden in Lyon auf mehreren Märkten drei Wochen lang bestrahlte Erdbeeren verkauft, für die eine Frischegarantie von vier Tagen gegeben wurde. Wegen der höheren Qualität der bestrahlten Erdbeeren waren viele Verbraucher bereit, den 30 % höheren Preis zu bezahlen. In Florida, USA wurde inzwischen eine ausschließlich Lebensmitteln gewidmete Bestrahlungsanlage in Betrieb genommen; es werden jeweils während der Saison Erdbeeren für den Transport in entferntere Landesteile bestrahlt, in kleinerem Umfang wird die Keimung von Gemüsezwiebeln gehemmt, weiterhin werden vorverpackte Geflügelteile (Schlegel, Brust) bestrahlt mit dem ausdrücklichen Hinweis auf dem Etikett, daß damit Gesundheitsgefahren durch Salmonellen verringert werden sollen.

Im Gegensatz zur tatsächlichen Reaktion der Verbraucher auf bestrahlte Lebensmittel bei solchen Vermarktungstests und bei dem seit einigen Jahren erfolgenden Verkauf bestrahlter Früchte in Südafrika haben sich verschiedene Verbraucherorganisationen bisher vorsichtig zurückhaltend bis ablehnend zur Bestrahlung geäußert. So hat die Internationale Organisation der Verbraucherverbände (IOCU) beim Weltkongreß in Madrid 1987 ein Moratorium gefordert. Zum 7. Europäischen Verbraucherforum in Berlin 1983 hatte das Europäische Büro der Verbraucherverbände (BEUC) sich zwar nicht grundsätzlich ablehnend geäußert, jedoch strenge Überwachung und Kontrolle der Lebensmittelbestrahlung sowie klare Kennzeichnung bestrahlter Produkte verlangt. Die Arbeitsgemeinschaft der Verbraucher e. V. (AgV) in der Bundesrepublik ist Mitglied der beiden internationalen Organisationen. Sie hat sich gegen eine Zulassung bestrahlter Lebensmittel ausgesprochen.

## 10. Literatur

Advisory Committee on Irradiated and Novel Foods  
Report on the safety and wholesomeness of irradiated foods.  
Her Majesty's Stationery Office; London 1-53(1986)

Arbeitsgemeinschaft der Verbraucherverbände (AgV)  
Lebensmittelbestrahlung  
In: Lebensmittel im EG-Binnenmarkt, Bonn (1992)

Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (AID)  
Lebensmittelbestrahlung  
AID-Spezial 8 (Heft Nr. 3274), Bonn (1994)

Bibliographie zur Bestrahlung von Lebensmitteln.  
Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe, Nr. 1-40(1996)

Codex Alimentarius Commission  
The microbiological safety of irradiated food.  
Codex Alimentarius Commission, CX/FH/83/9, Rom (1983)

Codex Alimentarius Commission  
Recommended international general standard for irradiated foods and recommended international code of practice for the operation of radiation facilities for the treatment of the foods.  
Codex Alimentarius Vol. XV; Joint FAO/WHO Food Standards Programme, FAO, Rom (1984)

Council for Agricultural Science and Technology (CAST)  
"Ionizing energy in food processing and pest control":  
I. Wholesomeness of food treated with ionizing energy  
Report No. 109, Ames (Iowa), (1986)  
II. Applications  
Report No. 115, Ames (Iowa), (1989)

Delincée, H.  
Behandlung von Lebensmitteln mit ionisierenden Strahlen.  
in: Deutsche Gesellschaft für Ernährung (Hrsg.), Ernährungsbericht 1996, Frankfurt, 152-164 und 182-185(1996)

Delincée, H.  
Internationale Zusammenarbeit zum Nachweis bestrahlter Lebensmittel.  
Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung 197:217-226(1993)

Deutscher Bundestag  
Radioaktive Bestrahlung von Lebensmitteln. Drucksache 11/1745 vom 01.02.1988  
Radioaktive Bestrahlung von Lebensmitteln: Ausnahmegenehmigung und Anwendung. Drucksache 11/2637 vom 07.07.1988  
Radioaktive Bestrahlung von Lebensmitteln. Drucksache 11/4421 vom 26.04.1989  
Vorschlag für eine Richtlinie des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über mit ionisierenden Strahlen behandelte Lebensmittel und Lebensmittelbestandteile - KOM(88) 654 endg. - SYN 169.  
Drucksache 11/5104 vom 28.08.1989  
Bericht der Bundesregierung über die Behandlung von Lebensmitteln mit ionisierenden Strahlen. Drucksache 11/7574 vom 18.07.1990

Beschluß des Bundesrates zum Vorschlag für eine Richtlinie des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über mit ionisierenden Strahlen behandelte Lebensmittel und Lebensmittelbestandteile.  
KOM(88) 654 endg.; Ratsdok. 10377/88. Drucksache 640/88 vom 10.03.1989

Deutsche Tagungen "Lebensmittelbestrahlung"

1. Gesamtdeutsche Tagung. Stand, Projekte, Nachweismethoden. Institut für Sozialmedizin und Epidemiologie des Bundesgesundheitsamtes, Berlin

SozEp-Hefte 7:1-185(1991)

2. Gesamtdeutsche Tagung. Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe

BFE-R-93-03:1-119(1993)

3. Deutsche Tagung. New development in food, feed and waste irradiation. Institut für Sozialmedizin und Epidemiologie des Bundesgesundheitsamtes, Berlin,

SozEp-Hefte 16:1-184(1993)

4. Deutsche Tagung. Beurteilung, Technik, Nachweis. Institut für Sozialmedizin und Epidemiologie des Bundesgesundheitsamtes, Berlin,

SozEp-Hefte 5:1-184(1994)

Diehl, J.F.

Strahlenbehandlung von Lebensmitteln.

GIT Supplement 7:26-36(1987)

Diehl, J.F.

Safety of irradiated food.

Marcel Dekker, N.Y. 1-454(1995)

Diehl, J.F.; Hasselmann, C.; Kilcast, D.

Sind bestrahlte Lebensmittel ohne Nährwert? Irradiated food - no nutritional value?

Internationale Zeitschrift für Lebensmittel-Technik, Marketing, Verpackung und Analytik 42(6):314-323(1991)

Ehlermann, D.A.E.; Ammon, J.

Legal bestrahlt - Bestrahlte Lebensmittel in Deutschland zugelassen,

ZFL 48(9):18-20(1997)

Ehlermann, D.

Die technologische Notwendigkeit der Bestrahlung von Lebensmitteln.

Zeitschrift für die Lebensmittelwirtschaft 44(11):697-700(1993), 44(12):776-780(1993)

Ehlermann, D.

Lebensmittelbestrahlung - Ein Beitrag zum Vorteil der Verbraucher.

FoodTec 4:2-7(1989)

Elias, P.S.; Cohen, A.J. (Hrsg.)

Radiation chemistry of major food components.

Elsevier, Amsterdam (1977)

Elias, P.S.; Cohen, A.J. (Hrsg.)

Recent advances in food irradiation.

Elsevier, Amsterdam (1983)

Food Safety Advisory Committee

Irradiated food

Stationery Office, Report No. 19, Dublin (1994)

Grünwald, Th.

Lebensmittelbestrahlung.

Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung 180:357-368(1985)

International Atomic Energy Agency (IAEA)

Acceptance, control of and trade in irradiated food

STI/PUB/788, Wien (1989)

International Atomic Energy Agency (IAEA)

Cost-benefit aspects of food irradiation processing

STI/PUB/905, Wien (1993)

International Atomic Energy Agency (IAEA)

Manual of food irradiation dosimetry

Technical Report Series No. 178, Wien (1977)

International Atomic Energy Agency (IAEA)

TECDOC-Series, u.a.:

1. IAEA-TECDOC-639: Irradiation of spices, herbs and other vegetable seasonings - A compilation of technical data for its authorization and control
2. IAEA-TECDOC-688: Irradiation of poultry meat and its products - A compilation of technical data for its authorization and control
3. IAEA-TECDOC-779: Irradiation of strawberries - A compilation of technical data for its authorization and control

International Consultative Group on Food Irradiation (ICGFI)

Collection of ICGFI documents on codes of good irradiation practice for treatment of various food commodities

1. No. 1 Guidelines for preparing regulations for the control of food irradiation facilities, Wien(1991)
2. No. 2 International inventory of authorized food irradiation facilities, Wien, (1993, wird laufend fortgeschrieben)
3. No. 3 Code of good irradiation practice for insect disinfestation of cereal grains, Wien (1991)
4. No. 4 Code of good irradiation practice for prepacked meat and poultry (To control pathogens and/or extend shelf-life), Wien (1991)
5. No. 5 Code of good irradiation practice for the control of pathogens and other microflora in spices, herbs and other vegetable seasonings, Wien (1991)
6. No. 6 Code of good irradiation practice for shelf-life extension of bananas, mangoes and papayas, Wien (1991)
7. No. 7 Code of good irradiation practice for insect disinfestation of fresh fruits (as a quarantine treatment), Wien (1991)
8. No. 8 Code of good irradiation practice for sprout inhibition of bulb and tuber crops, Wien (1991)
9. No. 9 Code of good irradiation practice for insect disinfestation of dried fish and salted and dried fish, Wien (1991)
10. No.10 Code of good irradiation practice for the control of microflora in fish, frog legs and shrimps, Wien (1991)
11. No.13 Irradiation as a quarantine treatment of fresh fruits, Wien (1991)
12. No.14 Training manual on operation of food irradiation facilities, Wien (1992)
13. No.15 Guidelines for the authorization of food irradiation generally or by classes of food, Wien (1993)
14. No.16 Training manual on food irradiation for food control officials, Wien (1993)
15. No.17 Irradiation as a quarantine treatment for fresh fruits and vegetables, Wien, (1994)
16. No.18 Food irradiation and consumers, Wien (1994)
17. No.19 Code of good irradiation practice for the control of pathogenic microorganisms in poultry feed, Wien (1995)
18. No.20 Code of good irradiation practice for insect disinfestation of dried fruits and tree nuts, Wien (1995)
19. No.21 Control of irradiated food in trade - a compilation of principles and international recommendations for regulatory control measures, Wien (1995)
20. No.22 ASEAN/ICGFI Seminar on food irradiation, Wien (1995)
21. No.23 Workshop on the implications of GATT agreements on trade in irradiated food, Wien (1996)

International Consultative Group on Food Irradiation (ICGFI)

Facts about food irradiation

Wien, No. 1-14 (1991)

Deutsche Übersetzung: Informationen zur Lebensmittelbestrahlung, Wien (1994)

International Consultative Group on Food Irradiation (ICGFI)

ICGFI/IOCU-Seminar on food irradiation and consumers, Hoofddorp, The Netherlands, 14.-16.09.1993

Food Irradiation Newsletter 18:7-19(1993)

International Organization of Consumer Unions (IOCU)

Food irradiation: solution or threat

IOCU Briefing Paper No. 3,, London, (September 1994)

Josephson, E.S.; Peterson, M.S. (Hrsg.)

Preservation of food by ionizing radiation.

CRC Press, Boca Raton (1983)

Kampelmacher, E.H.

Lebensmittelbestrahlung - eine neue Technologie zur Haltbarmachung und zur hygienischen Sicherung von Lebensmitteln.

Fleischwirtschaft 63:1677-1686(1983)

Leistner, L.

Zukunft der Konservierung von Lebensmitteln, insbesondere Fleisch, durch Bestrahlung.

Fleischwirtschaft 67:900-908(1987)

Satin, M. (Hrsg.)  
Food irradiation.  
Technomic, Lancaster (1993) 2. Auflage

Schulte, U.  
Bestrahlung von Lebensmitteln  
Fachberater 45(4):215-227(1995)

Urbain, W.M.  
Food irradiation.  
Academic Press, Orlando Florida 1-351(1986)

Verbraucher-Zentrale Hamburg  
Bestrahlte Lebensmittel - Muß das sein?  
Hamburg (1996)

World Health Organization (WHO)  
Food Irradiation - Sky's the Limit  
Press Release WHO/68, 19. September 1997

World Health Organization (WHO)  
Safety and nutritional adequacy of irradiated food.  
Genf (1994)

World Health Organization (WHO)  
Food Irradiation - A technique for preserving and improving the safety of food.  
Genf (1988)  
Deutsche Übersetzung: Bundesgesundheitsamt, Berlin, SozEp-Hefte 1(1991)

World Health Organization (WHO)  
Consultation on the microbiological criteria for foods to be further processed including by irradiation  
Genf (1989)

World Health Organization (WHO)  
Wholesomeness of irradiated food.  
Technical Report Series 659, Genf (1981)