

Ermittlung der Strahlenexposition durch ^{137}Cs bei Kindern aus Belarus

P.Hill, M.Schläger, V.Vogel¹, R.Hille

1. Einleitung

Nach der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl sind weite Gebiete in der Region Gomel in Weißrussland kontaminiert. Dies führt zu einer chronischen Aufnahme von radioaktiven Substanzen über die Nahrungskette, vor allem dann, wenn nicht auf kontaminationsfreie Lebensmittel aus anderen Gebieten zurückgegriffen werden kann. Das kann dazu führen, dass Teile der Bevölkerung auch 20 Jahre nach dem Reaktorunfall stärker belastet sind als nach internationalen Vorschriften zulässig. Wo der ICRP Grenzwert von 1 mSv/a überschritten wird, lebt die Bevölkerung heute noch in einer Ausnahmesituation. Dieser Zustand ist eigentlich nicht länger hinnehmbar.

Zur Identifizierung von Regionen, in denen Kinder infolge des Tschernobylunfalls eine Strahlendosis von mehr als 1 mSv im Jahr erhalten, sollten in einem BfS-Vorhaben (StSch4350) in kontaminierten Gebieten von Belarus Ganzkörpermessungen des Leitradionuklids ^{137}Cs zur Bestimmung der Körperdosis durchgeführt werden. Maßnahmen zur Dosisreduzierung, wie die Einnahme von Vitapekt sollten untersucht werden. Das Projekt wurde in drei Phasen durchgeführt. Partner in Weissrussland war das Institut BELRAD in Minsk (V. Nesterenko und A.Nesterenko).

Vor Aufnahme der Ganzkörpermessungen bei Kindern im Rahmen dieses Projekts erfolgte in Phase 1 eine Zusammenfassung aller bisher bei den Projektpartnern BELRAD (Minsk) und FZJ (Jülich) vorhandenen Messergebnisse in einer Datenbank. Diese dient dazu, die Ortschaften und Messgebiete zu identifizieren und festzulegen, in denen die individuelle Strahlenexposition von Kindern den Wert von 0,3 mSv im Jahr überschreiten kann, und zwar mit dem Ziel grundsätzlich höher belastete Ortschaften für ein erneutes Screening in einer weiteren Projektphase zu finden.

Mit der Messung von nahezu 17000 Kindern wurden in Projektphase 2 aktuelle Messwerte ermittelt, um die derzeitige Situation zu beurteilen. Die Reihenuntersuchungen wurden mit den vorhandenen mobilen Messplätzen der beiden Projektpartner in den Orten durchgeführt, die aufgrund der Vorstudie (Projektphase 1) ermittelt wurden. Die Validierung der Ganzkörpermessergebnisse erfolgte im Rahmen von Vergleichsmessungen zwischen den Messplätzen des Instituts BELRAD und den mobilen Messsystemen des Forschungszentrums Jülich sowohl mit Probanden als auch mit Kalibrierphantomen.

In der 3. Projektphase sollte insbesondere untersucht werden, ob die kurmäßige Einnahme von Pektinen bei Kindern einen günstigen Einfluß auf den Körpergehalt von ^{137}Cs und damit auf die interne Dosis hat. In einer plazebokontrollierten Doppelblindstudie wurde die Wirkung des Pektinpräparats Vitapekt mit der eines Plazebopräparats verglichen. Zusätzlich wurden begleitende medizinische Untersuchungen und radiologische Untersuchungen an Lebensmitteln durchgeführt.

Methoden und Ergebnisse der Projektphasen 1 und 2 wurden bereits im Jahresbericht 2003² dargestellt. Im Jahresbericht 2004³ wurde über erste Ergebnisse aus Phase 3 berichtet.

¹ Jetzt: Institut für Biophysik, Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt am Main

² Arbeitsbericht 2003 des Geschäftsbereiches Sicherheit und Strahlenschutz (Hrg. R.Hille), GbS-Bericht Nr.0769, Juli 2004

³ Arbeitsbericht 2004 des Geschäftsbereiches Sicherheit und Strahlenschutz (Hrg. R.Hille, Red.: B.Heuel-Fabianek), GbS-Bericht Nr.0786, Juli 2005

2. METHODIK

Für die Doppelblindstudie in Phase 3 zur potentiellen Dekorporationswirkung von Pektinen wurde der Aufenthalt von Kindern aus kontaminierten Gebieten in Sanatorien genutzt. Solche Aufenthalte dauern typischerweise 3 Wochen. In diesem Rhythmus wechselt auch die Belegung des Sanatoriums. Zu Beginn des Aufenthaltes wurden Eingangsmessungen mit einem portablen Ganzkörperzähler für alle Kinder durchgeführt, die am Sanatoriumsaufenthalt teilnahmen. Eine Wiederholungsmessung am Ende des Kuraufenthaltes wurde angeboten und von den meisten Kindern auch wahrgenommen. Insgesamt wurden 6600 Ganzkörpermessungen durchgeführt. Auf der Grundlage der Ergebnisse der Eingangsmessungen (spezifische Körperaktivität an ^{137}Cs) wurden für die Doppelblindstudie insgesamt 8 Gruppen von Kindern gebildet, die über einen Zeitraum von zwei Wochen unter kurärztlicher Aufsicht mit Vitapekt⁴ behandelt wurden. Dieselbe Anzahl von Kontrollgruppen erhielt statt Vitapekt ein Placebopräparat. Die Ergebnisse wurden mit Modellrechnungen verglichen. Ergänzend wurden medizinische Begleituntersuchungen durchgeführt und ausgewählte Lebensmittel auf ihren ^{137}Cs -Gehalt untersucht.

3. ERGEBNISSE

Die Auswertung der Doppelblindstudie zeigt, dass die mittlere relative Reduzierung der spezifischen ^{137}Cs -Aktivität im zweiwöchigen Untersuchungszeitraum in der Vitapektgruppe ungefähr 33 % beträgt, in der Placebogruppe dagegen nur etwa 14 % (vgl. Tabelle 1) .

Tabelle 1 : Statistische Auswertung der Doppelblindstudie

	Pektingruppe	Placebogruppe
Relative Reduktion der spezifischen Aktivität (%)		
Arithmetischer Mittelwert	32,4 ($\pm 0,6$)	14,2 ($\pm 0,5$)
Median	33,6	13,1
Standardabweichung	10,5	8,5
Anzahl der untersuchten Kinder		
männlich	149	170
weiblich	136	160
gesamt	285	330
Alter der Kinder (Jahre)		
Minimum	5	6
Maximum	18	18
Arithmetischer Mittelwert	12,9 ($\pm 0,2$)	12,6 ($\pm 0,2$)
Median	13,0	12,5
Standardabweichung	3,0	3,1

⁴ Vitapekt enthält neben Apfelpektinen auch Vitamine und Mineralstoffe

	Pektingruppe	Placebogruppe
Gewicht der Kinder (kg)		
Minimum	19	17
Maximum	81	79
Arithmetischer Mittelwert	43,0 (± 0,8)	41,6 (± 0,7)
Median	43,0	41,0
Standardabweichung	13,2	13,2
Spezifische Aktivität der Kinder bei der 1. Messung (Bq/kg)		
Minimum	17	16
Maximum	582	332
Arithmetischer Mittelwert	58,2 (± 3,4)	50,8 (± 2,0)
Median	42,0	40,6
Standardabweichung	56,6	37,1

Die Placebogruppe repräsentiert auch den Einfluss der im Sanatorium verwendeten sauberen Nahrungsmittel. Die Reduktion der spezifischen ¹³⁷Cs-Aktivität ist dabei wesentlich auf den Abbau durch den normalen Stoffwechsel mit der biologischen Halbwertszeit zurückzuführen. Vitapekt führt offensichtlich zu einer Dekorporation, die weit darüber hinaus geht, also de facto die biologische Halbwertszeit verkürzt.

Medizinische Begleituntersuchungen betrafen u. a. den Spurenelementhaushalt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Nutzung von Vitapekt während eines Zeitraums von 14 Tagen das positive Gleichgewicht von Kalium, Kupfer, Zink und Eisen im Organismus der Kinder erhält.

Unter der Annahme, dass Vitapekt die Aufnahme von Cäsium im Magen-Darmtrakt blockiert und damit auch Recycling-Vorgänge effektiv unterbindet und die Aktivität in den einzelnen Organen der Gleichgewichtsverteilung entspricht, wurden theoretische Rechnungen mit einem Kompartimentmodell durchgeführt. Das Modell gilt streng genommen für Erwachsene, sollte aber in erster Näherung in den Retentionsverläufen entsprechend der unterschiedlichen effektiven biologischen Halbwertszeit der verschiedenen Altersgruppen skalierbar sein. Entsprechend sind die Ergebnisse der Rechnungen in Abbildung 3 dargestellt. Die in der experimentellen Studie beobachtete Reduktion der effektiven biologischen Halbwertszeit ist in der Abbildung auf der Abzisse markiert und wird durch diese Modellrechnung gut wiedergegeben.

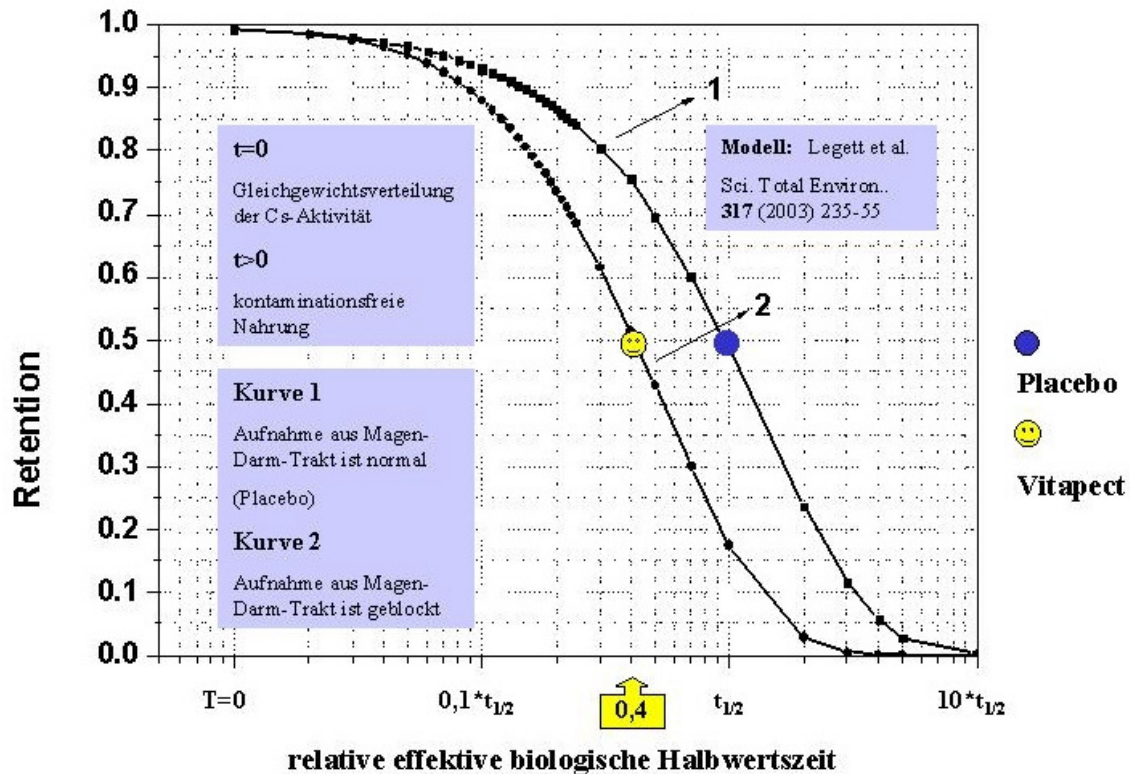


Abbildung 1: Auf die effektive biologische Halbwertszeit skalierte Retentionsfunktionen die aus dem Modell von Leggett et al. berechnet wurden. Dabei wurde angenommen, dass bei Beginn der Pektinkur die Aktivität in den einzelnen Organen der Gleichgewichtsverteilung entspricht. Kurve 1 zeigt den reinen Effekt sauberer Nahrung. Kurve 2 zeigt den Verlauf, wenn zusätzlich die Absorption von Cäsium aus dem Magen-Darm-Trakt vollständig blockiert ist. Gelb markiert ist die in der experimentellen Studie beobachtete Reduktion der effektiven biologischen Halbwertszeit.

Eine Frage von besonderem Interesse ist, in welcher Höhe eine Pektinkur zur Dosisreduktion beiträgt. Eine Abschätzung ist zunächst für vereinfachte Szenarien und die ICRP-Altersklasse '10 Jahre' durchgeführt worden. Es wurde angenommen, dass zu Beginn der Kur die Cs-Verteilung im Körper zwischen den verschiedenen Organen im Gleichgewicht ist. Es wurde weiter angenommen, dass die beobachtete Körperaktivität aus einer gleichmäßigen Zufuhr durch Ingestion stammt. Bei der betrachteten Altersklasse kann nach einem Jahr kontinuierlicher Aktivitätszufuhr das Erreichen des Gleichgewichts angenommen werden. Allen Szenarien ist gemeinsam, dass nach Ende der Behandlung ein Wiederaufbau der Körperaktivität mit derselben Ingestionsrate angenommen wird wie vor der Behandlung (Rückkehr in die alten Verhältnisse ohne weitere ingestionsreduzierende Maßnahmen). Es sei daran erinnert, dass die Rechnungen einer kompletten Blockierung der Aufnahme aus dem Magen-Darm-Trakt entsprechen. Sollte die Blockade in der Realität doch nicht ganz komplett sein, ist der relative Prozentsatz der vermiedenen Dosis kleiner als in Tabelle 2 angegeben.

In der nachfolgenden Tabelle 2 ist für drei Szenarien der prozentuale Anteil der effektiven Dosis angegeben, der im Laufe eines Jahres nach Beginn einer kurmäßigen Behandlung mit Pektinen vermieden werden könnte. Gegenübergestellt ist für die gleichen Behandlungszeiträume der Effekt sauberer Nahrungsmittel alleine. Szenario 1 entspricht der

Situation im durchgeführten Doppelblindversuch. Entsprechend den Szenarien 2 und 3 könnte eine kurmäßige Behandlung in Dörfern erfolgen.

Tabelle 2 : Der Anteil der effektiven Dosis aus der Inkorporation von ¹³⁷Cs der in der ICRP-Altersklasse '10 Jahre' durch eine Pektinkur innerhalb eines Jahres nach Beginn vermieden wird. Siehe auch Text. Die Ziffern sind mit zwei signifikanten Stellen angegeben.

Kurzbeschreibung des Szenarios	Dosiseinsparung		
	Pektin *)	Saubere Nahrung	Verhältnis Pektin/Nahrung
<i>Szenario 1: Eine Pektinkur von zwei Wochen Dauer</i>	12 %	8%	1,5
<i>Szenario 2: Eine Pektinkur von vier Wochen Dauer</i>	18 %	12 %	1,5
<i>Szenario 3: Pektinkur von vier Wochen Dauer, die nach einem halben Jahr wiederholt wird</i>	33 %	22 %	1,5

*) Berechnet unter der Annahme einer vollständigen Blockade der Aufnahme von ¹³⁷Cs aus dem Magen-Darm-Trakt

Die zeitliche Entwicklung der Ganzkörperretention von Cs ist für Szenario 3 in Abb. 2 dargestellt. Im Hinblick auf die Finanzierung von Pektinkuren durch Dritte, wie in Belarus bereits praktiziert, ist dieses Szenario von besonderem Interesse. Bis zu einem Drittel der Jahresdosis könnten durch jährlich zwei Pektinkuren von je 4 Wochen Dauer vermieden werden.

Alle an der Doppelblindstudie beteiligten Kinder waren während dieser Zeit unter medizinischer Kontrolle. Es konnte gezeigt werden, dass der Gebrauch von Vitapekt (10 g täglich) für den Zeitraum von 10-14 Tagen ein positives Gleichgewicht der Spurenelemente Kalium, Kupfer, Zink und Eisen erhält. Es wird zwar erwartet, dass sich dies für eine Anwendungsdauer von 4 Wochen nicht wesentlich ändert, aber das sollte noch näher untersucht werden.

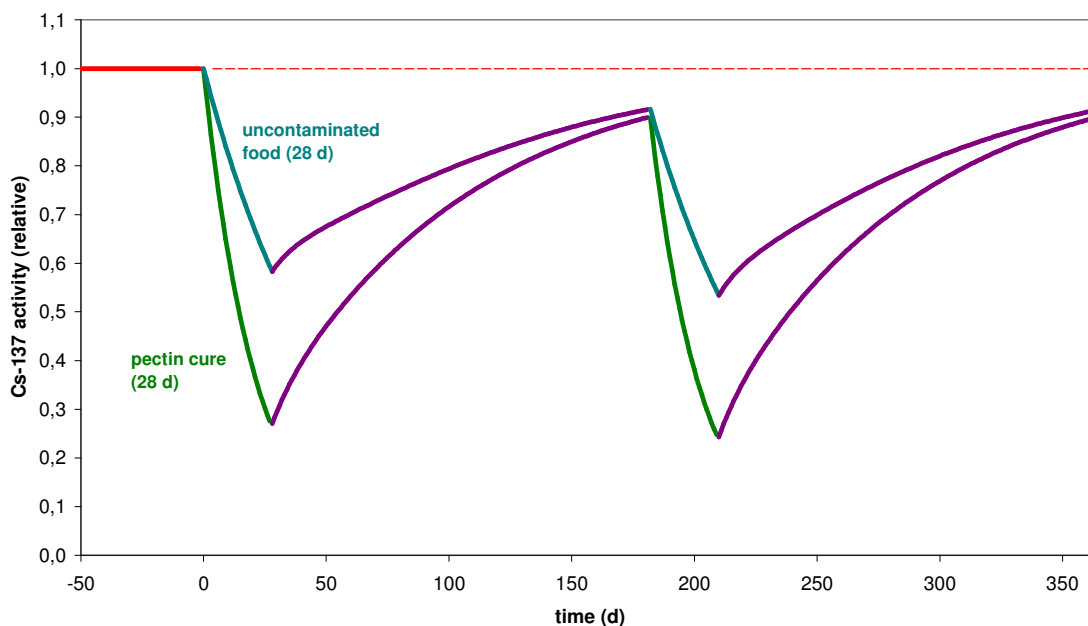


Abbildung 2: Retentionsfunktion für die ICRP-Altersgruppe '10 Jahre' im Falle einer Pektinkur von vier Wochen Dauer, die nach einem halben Jahr wiederholt wird. Zum Vergleich: der Effekt sauberer Nahrungsmittel für gleiche Verwendungszeiträume

Auch wäre noch zu untersuchen, wie hoch der Pektin-Effekt bei unveränderter Ernährungssituation (kontaminierte Nahrung) wäre. Der beste Weg der Reduzierung der Inkorporationsdosis bleibt aber die dauerhafte Ernährung mit sauberer Nahrung. In Fällen in denen aus irgendeinem Grund saubere Nahrungsmittel nicht in ausreichendem Umfang zur Verfügung stehen, mag die zusätzliche kurmäßige Anwendung von Pektinpräparaten bei der Reduzierung und Vermeidung von zu hohen Dosen durch die Inkorporation von ^{137}Cs jedoch nützlich sein.

4. Zusammenfassung

Diese Untersuchung hat gezeigt, dass der Körpergehalt an ^{137}Cs durch eine Pektinkur (z.B. mit Vitapekt) signifikant reduziert werden kann. Für die ICRP-Altersklasse '10 Jahre' weist ein vereinfachtes Szenario darauf hin, dass eine Reduktion um bis zu einem Drittel der jährlichen Inkorporationsdosis durch jährlich zwei Pektinkuren von vier Wochen Dauer erreichbar ist.

Auf längere Sicht bleibt der empfehlenswerteste Weg Dosis zu vermeiden die Verwendung sauberer Nahrung. Soweit dies nicht möglich ist oder nur eine Verringerung der Lebensmittelkontamination erreichbar ist, können Pektinkuren hilfreich sein um hohe Inkorporationsdosen durch ^{137}Cs zu vermeiden.

Beim derzeitigen Stand der Untersuchungen ist noch nicht nachgewiesen, dass der unter Sanatoriumsbedingungen bei gleichzeitiger Verwendung sauberer Nahrungsmittel beobachtete Effekt der Pektine direkt auf die Verhältnisse unter den normalen Lebensbedingungen in den Dörfern und Städten der kontaminierten Gebiete übertragen werden kann. Zusätzliche Untersuchungen zur Klärung dieser Frage wären erforderlich. Insofern müssen die gezogenen Rückschlüsse auch noch als vorläufig gelten.

5. MÖGLICHE WEITERFÜHRUNG

In weiterführenden Untersuchungen wäre es wichtig Feldstudien in Dörfern durchzuführen, um die Gültigkeit der Ergebnisse unter normalen Lebensbedingungen zu überprüfen und mit grösseren Fallzahlen evtl. auch eine Aussage zur Altersabhängigkeit der Effekte treffen zu können. Jedenfalls erscheint es dringend geboten, durch geeignete Strahlenschutzmaßnahmen für jedes Kind in den hochkontaminierten Gebieten eine Dosis unter 1 mSv/a sicherzustellen. Dieses Ziel wird bisher nicht mit dem nötigen Nachdruck verfolgt und sollte aus wissenschaftlichen und humanitären Gründen unbedingt realisiert werden.

Ausgewählte Publikationen

1. Hill, P., Schläger, M., Dederichs, H., Lennartz, R., Hille, R., Babenko, V. I., Nesterenko, A. V., Nesterenko, V.B.; *Evaluation of the Current Radiation Burden of Children Living in Regions Contaminated by the Chernobyl Accident*, IRPA 11, May 23-28, 2004, Madrid, Spain, paper ID 789 (on CD-ROM)
2. Schläger, M., Dederichs, H., Lennartz, R., Hill, P., Hille, R., Babenko, V. I., Nesterenko, A. V., Nesterenko, V.B.; *Intercalibration and intervalidation of in-vivo monitors used for whole-body measurements within the framework of a German-Belarussian project*, IRPA 11, May 23-28, 2004, Madrid, Spain, paper ID 839 (on CD-ROM)

3. Hill, P., Schläger, M., Vogel, V., Hille, R., Nesterenko, A. V., Nesterenko, V.B.; *Studies on the current ¹³⁷Cs body burden of children in Belarus – can the dose be further reduced ?*, Proceedings IM2005, April 11- 15, 2005, Vienna , Austria; submitted to Radiation Protection Dosimetry
4. Hill, P., Schläger, M., Vogel, V., Hille, R., Nesterenko, A. V., Nesterenko, V.B; *On the reduction of internal radiation doses resulting from ingestion of Cs-137 in areas contaminated by the Chernobyl accident*, Proceedings 2nd European IRPA conference, May 15-19, 2006, Paris, paper ID P-xx (on CD-ROM)