



Eidgenössische Kommission für ABC-Schutz
Commission fédérale pour la protection ABC
Commissione federale per la protezione ABC
Federal commission for NBC-Protection

Umsetzung DMK

Massnahmen im Bereich Landwirtschaft nach einem KKW-Unfall

Arbeitsgruppe Auswertung und Massnahmen KomABC

Genehmigt durch den Bereich A der KomABC
am 14.1.2003

erarbeitet von:

- R. Amsler, BZS
- C. Bajo, Kantonslaboratorium AG
- M. Blättler, NAZ
- D. Guidon, RAP
- K. Hinterberger, BLW
- E. Stoll, HSK
- H.J. Zehnder, FAW

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	3
2.	Massnahmen im Bereich Landwirtschaft nach Festlegung des Vorsorgegebiets	4
2.1.	Definition Vorsorgegebiet:	4
2.2.	Messtechnische Massnahmen innerhalb des Vorsorgegebiets:	4
2.3.	Landwirtschaftliche Massnahmen in den ersten Tagen im sogenannten Vorsorgegebiet: ...	4
3.	Längerfristige Massnahmen im Gebiet, wo die festgelegte Limite für Lebens- und Futtermittel überschritten wird	5
3.1.	Milch	6
3.2.	Fleisch	9
3.3.	Gemüse, Obst, Getreide, Gras	12

1. Einleitung

Bei einem Kernkraftwerksunfall mit Freisetzung von Radioaktivität kann die Ablagerung von radioaktiven Stoffen zur Kontamination der Lebensmittel führen. Die Einsatzorganisation bei erhöhter Radioaktivität (EOR) muss deshalb frühzeitig das Inverkehrbringen von landwirtschaftlichen Produkten aus möglicherweise betroffenen Gebieten verbieten und die Situation messtechnisch im Detail abklären. Während dieser Zeit, bis konkrete Messungen von Lebensmitteln vorliegen, gilt im betroffenen Gebiet (Vorsorgegebiet) ein striktes Ernte- und Ablieferungsverbot. In dieser Phase müssen die vorsorglich angeordneten Massnahmen im Bereich Landwirtschaft (Einstellen der Nutztiere, kein Frischfutter verwenden) weiterhin aufrecht erhalten werden. Zudem sind zusätzliche Anweisungen bezüglich Entsorgung der täglich auf dem Hof anfallenden Milchmengen zu geben. Massnahmen für diese Phase sind im Detail in Kapitel 2 beschrieben.

Nach der Einschränkung des Vorsorgegebiets auf das tatsächlich betroffene Gebiet und die betroffenen Lebensmittel muss mit vorsorglichen Massnahmen verhindert werden, dass die Radionuklide in noch nicht betroffene Bereiche der Nahrungskette übergehen. Andererseits sind Nahrungsmittel, welche nicht für den Konsum freigegeben werden können, geeignet zu entsorgen. Überlegungen dazu sind in Kapitel 3 aufgeführt.

Das Papier beschränkt sich bewusst auf eine Auflistung von möglichen Massnahmen, da das konkrete Vorgehen erst im Ereignisfall festgelegt werden kann, wenn die konkrete radiologische Lage, das betroffene Gebiet und die betroffenen Mengen bekannt sind.

2. Massnahmen im Bereich Landwirtschaft nach Festlegung des Vorsorgegebiets

2.1. Definition Vorsorgegebiet:

Das Vorsorgegebiet wird nach Ende der Wolkenphase aufgrund von Ortsdosisleistungs-Messwerten während der Wolke festgelegt. Die Grösse dieses Gebiets liegt zwischen der des Grenz- und des Toleranzwertgebietes. Innerhalb des Vorsorgegebiets gilt neben dem Weideverbot ein striktes Ernte- und Ablieferungsverbot von landwirtschaftlichen Produkten. Mit dem Vorsorgegebiet soll verhindert werden, dass Lebensmittel in den Verkehr gelangen, deren Kontamination an Radionukliden über dem Grenzwert liegt.

2.2. Messtechnische Massnahmen innerhalb des Vorsorgegebiets:

Innerhalb des Vorsorgegebiets ist ein intensives Messprogramm zu starten, damit die tatsächliche Kontamination erfasst werden kann. Aufgrund von Grasmessungen kann mit Hilfe des Programms CHECOSYS abgeschätzt werden, welche Lebens- und Futtermittel voraussichtlich wo, wann und wie lange den Grenzwert überschreiten. Mit Hilfe von diesen Prognosen kann das Messprogramm von Lebens- und Futtermitteln gezielt geplant werden, so dass nach einigen Tagen (ca. 1 Woche) innerhalb des ursprünglichen Vorsorgegebiets klare Anweisungen gegeben werden können, welche Lebens- und Futtermittel wo für den Konsum freigegeben bzw. nicht freigegeben werden können.

2.3. Landwirtschaftliche Massnahmen in den ersten Tagen im sogenannten Vorsorgegebiet:

Da ein Weide-, Ernte- und Ablieferungsverbot gilt, reduziert sich das Problem in den ersten Tagen auf folgende Massnahmen:

	Massnahme	Bemerkungen
Milch	Entsorgung vor Ort in Güllegrube oder Kanalisation	Die Milch darf höchstens ein paar Tage via Kanalisation entsorgt werden, da die Kläranlagen vor allem in ländlichen Gebieten "kippen", wenn zuviel fett- und proteinhaltige Milch zugeführt wird. ¹ Die Abgabe ist auf jeden Fall vorher mit der örtlichen Kläranlage abzusprechen. Eventuell ist auch ein Transport der Milch in die Kläranlage mit kontrollierter, dosierter Abgabe sinnvoll.
Versorgung der Nutztiere	Fütterung mit Futter, das vor dem Unfall geerntet wurde. Für die Tränke nur Leitungswasser benützen	
Haltung der Nutztiere	Stallhaltung oder Haltung in Gehege ohne Zugang zu Frischfutter	Der Auslauf im Gehege sollte so klein wie möglich gehalten werden.

¹ Die Abteilung Umweltschutz, Sektion Gewässer (Kt. AG) gibt die Abgabemenge in Form des Einwohnergleichwerts an: 1000 l Milch entsprechen dort 50 - 150 Einwohnern.

3. Längerfristige Massnahmen im Gebiet, wo die festgelegte Limite für Lebens- und Futtermittel überschritten wird

Auch längerfristig sind Massnahmen zur Verhinderung bzw. Reduktion des Transfers von Radionukliden in die Nahrungs- und Futtermittelkette zu treffen. Diese Massnahmen haben gegenüber denjenigen Massnahmen, wo das bereits kontaminierte Produkt aufwändig zu dekontaminieren bzw. zu entsorgen² ist, Vorrang. Die Eignung der einzelnen Massnahmen wird in der ersten Spalte mit "+" oder "-" Zeichen gewertet. Ein "-" bedeutet, dass sich diese Massnahme nicht eignet. Diese wurden trotzdem aufgeführt, damit die Nachteile offensichtlich sind.

² Literatur über Entsorgung von kontaminierten pflanzlichen Produkten unter Berücksichtigung von technischer Durchführbarkeit, Kapazitäten, Kosten, Umwelteinfluss, Strahlenexposition der Arbeiter, Akzeptanz: R. F. M. Woodman, A.F. Nisbet. Options for managing foodstuffs contaminated with radiocesium and radiostrontium. Health Phys. 78(1): 37-45, 2000.

3.1. Milch³

- **Vorsorgliche Massnahmen, welche den Transfer von Radionukliden in die Milch bzw. die Milchproduktion reduzieren.**

	Massnahme	Bemerkungen	Vor-, und Nachteile	Effizienz
+++	Verwendung von Futtermitteln, deren Kontamination unter dem gültigen Grenzwert für Futtermittel liegt	Als Alternative ist auch der Wegtransport der Kühe in unkontaminierte Gebiete in Betracht zu ziehen	<ul style="list-style-type: none"> + Die Kontamination der Milch und deren aufwändige Dekontamination kann vermieden werden + Milchproduktion bleibt erhalten - In hochkontaminierten Gebieten ist die Zufuhr von unkontaminiertem Futtermittel notwendig 	Sehr gut in Kombination mit Stallhaltung
+++	Stallhaltung oder Haltung in Gehege ohne Zugang zu Frischfutter	Haltung im Freien, nur falls keine Stallhaltung möglich. Bei Haltung im Freien sollte das Gehege möglichst klein gehalten werden und Zugang zu Frischfutter vermieden werden.	<ul style="list-style-type: none"> + Einfache Massnahme, notwendige Infrastruktur grösstenteils vorhanden 	Sehr gut in Kombination mit konsequenter Verfütterung von Futter, dessen Kontamination unter dem Grenzwert liegt.
+	Absetzen der Milchproduktion durch <ul style="list-style-type: none"> • Strohfütterung • Futterreduktion • weniger melken 	Kommt dann in Frage, wenn zuwenig Futtermittel verfügbar ist, welches unter dem Grenzwert für Futtermittel liegt und die Tiere nicht in ein unkontaminiertes Gebiet transportiert werden können. Zufüttern von zunehmenden Mengen Heu und Stroh führt innerhalb von 2 - 3 Wochen zu einem künstlichen Galtstellen (normale Praxis vor Geburt). Langsam (10 - 14 Tage) von zweimal melken auf einmal melken umstellen. ⁴	<ul style="list-style-type: none"> + weniger Arbeit + Anfall von geringerer Menge an kontaminierter Milch als bei normaler Fütterung - Ein zu schnelles Abstellen der Milchproduktion durch weniger Melken führt zu Problemen besonders bei frisch laktierenden und Hochleistungskühen in voller Produktion (Probleme: Acetonämie, Ketose, Ödeme) 	Abstellen der Milchproduktion innerhalb von 2 - 3 Wochen

³ Eine allgemeine Zusammenstellung über Massnahmen im Bereich Milch ist in folgendem Papier aufgeführt: "A.F. Nisbet, A Strategy for the Management of Milk Contaminated as a Result of a Nuclear Accident, NRPB-W5, March 2002.

⁴ Über eine Reduktion der Milchmenge durch medikamentöse Behandlung (Hormone) bestehen keine Erfahrungen. Geht nach Auskunft der FAM (Eidg. Forschungsanstalt für Milchwirtschaft) nicht, da die Kühe normalerweise trächtig sind. Aborte wären zu befürchten. Auch ein logistisches Problem, Einzeltierbehandlung nötig.

• **Massnahmen, falls die Kontaminationswerte in der Milch die gültigen Grenzwerte überschreiten:**

	Massnahme	Bemerkungen	Vor-, und Nachteile	Effizienz
+	Oxidation der organischen Inhaltsstoffe	Oxidation der organischen Inhaltsstoffe im Abwasser, welche nicht oder nur teilweise von Mikroorganismen geleistet wird. ⁵	- keine Erfahrungen, Anlagen vorhanden (Auskunft EAWAG: In grossem Massstab nicht vorhanden, kleinere Mengen bei chem. Industrie ev. möglich)	
+	Dekontamination der Milch durch Verarbeitung ^{6,7} 1. Verwertung zu Molke und Butter 2. Filtration und Abtrennung des Eiweissanteils aus der Molke 3. Dekontamination der Molke durch Ionenaustausch 4. Verwendung der <ul style="list-style-type: none"> • dekontaminierten Molke als Futtermittel • Butter als Nahrungsmittel oder Verbrennung 	Die gültigen Grenzwerte für Nahrungsmittel dürfen nicht überschritten werden, ansonsten ist die Butter zu verbrennen	+ Die Ionenaustauscher entsprechen den lebensmittelrechtlichen Bestimmungen und sind regenerierbar. - kontaminiertes Material tritt in Verarbeitungsprozess ein - Bei der Regeneration fällt kontaminiertes Eluat (ca. 50 - 70000Bq/l) an, welches entsorgt werden muss. - keine bestehende Anlage vorhanden - Akzeptanzproblem von dekontaminierten Milchprodukten bei der Bevölkerung	1. Gut für Butter. Reduktion der Radionuklide: Cs 80, Iod 50, Sr 80 % ⁸ 3. Sehr gut für Molke: Praktisch 100 %. Die Methode eignet sich nicht für die Dekontamination von Iod!
-	Einleiten in Kanalisation	Die Milch darf höchstens ein paar Tage auf diese Weise entsorgt werden, da die Kläranlagen vor allem in ländlichen Gebieten kippen, wenn zuviel fett- und proteinhaltige Milch zugeführt wird.	- Eignet sich nicht für die Entsorgung der ganzen anfallenden Milchmenge	

⁵ Überlegungen zu Sauerstoffbedarf: Tagesfracht 345 m³ --> 550 kg Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) pro 24 Stunden bei maximaler Abgabe von 4 Litern pro Sekunde. Um alles darin enthaltene oxidierbare Material zu oxidieren, braucht es 0.63 g O₂ pro Liter.

⁶ Dekontamination von Milch- und Milchprodukten, die radioaktiv belastet sind. Deutsche Milchwirtschaft, 39/ 1997, 1424 - 1426: Im beschriebenen grosstechnischen Versuch wurden 2.5 t Molkenpulver, welches durchschnittlich mit 5000 Bq/kg Cs kontaminiert war, dekontaminiert. Im zurückgewonnenen Molkenpulver wurden 0 - maximal 100 Bq/kg Cäsium gemessen.

⁷ Die Verarbeitung zu Butter hat zudem den Vorteil, dass für Butter (gemäss FIV Lebensmittel allgemein) für Iod und Sr ein höherer Grenzwert (Faktor 4 bzw. 6) gilt als für Milch (gemäss FIV flüssiges Lebensmittel).

⁸ Angaben gemäss Deutschem Massnahmenkatalog (Oktober 1999), S. 6-22

	Massnahme	Bemerkungen	Vor-, und Nachteile	Effizienz
-	Güllegruben	Allenfalls Gülle vorher ausbringen, bei beschränkter Kapazität	<ul style="list-style-type: none"> + Milch gelangt nicht unkontrolliert in die Umwelt - Ausbringen der Gülle führt zu einer Wiederkontamination der Weide 	
-	Ausleeren auf Acker		<ul style="list-style-type: none"> - Eignet sich nicht für die Entsorgung der ganzen anfallenden Milchmenge 	

3.2. Fleisch

- **Vorsorgliche Massnahmen, welche den Transfer von Radionukliden ins Fleisch bzw. die Fleischproduktionsmenge reduzieren.**

a) Falls Fütterung mit unkontaminiertem Futtermittel sichergestellt

	Massnahme	Bemerkungen	Vor- und Nachteile	Effizienz
+++	Verwendung von Futtermitteln, deren Kontamination unter dem Grenzwert für Futtermittel liegt	Als Alternative ist auch der Wegtransport der Tiere in unkontaminierte Gebiete in Betracht zu ziehen.	<ul style="list-style-type: none"> + Die Kontamination von Tierkörpern und deren aufwändige Dekontamination kann vermieden werden + Fleischproduktion bleibt erhalten - In hochkontaminierten Gebieten ist die Zufuhr von unkontaminiertem Futtermittel notwendig - Organisation eines aufwändigen Transports und Ersatzstall bei allfälliger Evakuierung der Nutztiere 	Sehr gut in Kombination mit Stallhaltung
+++	Stallhaltung oder Haltung in Gehege ohne Zugang zu Frischfutter	Haltung im Freien nur, falls keine Stallhaltung möglich. Bei Haltung im Freien sollte das Gehege möglichst klein gehalten werden und Zugang zu Frischfutter vermieden werden.	<ul style="list-style-type: none"> + Einfache Massnahme, notwendige Infrastruktur grösstenteils vorhanden 	Sehr gut in Kombination mit konsequenter Verfütterung von Futter, dessen Kontamination unter dem Grenzwert liegt.

b) Falls Verfütterung von unkontaminiertem Futtermittel nicht sichergestellt ist

	Massnahme	Bemerkungen	Vor- und Nachteile	Effizienz
++	Frühzeitige Schlachtung, bevor kontaminiertes Futtermittel verfüttert wird	Schlachtkapazität in der Region sicherstellen	+ Hohe Entsorgungskosten von nicht konsumierbarem Fleisch entfallen - kleinere Fleischerträge	Gut
++	Keine Schlachtung von Nutztieren, deren Fleischkontamination über dem gültigen Grenzwert liegen könnte	In situ Messung der lebenden Tiere. Falls Kontaminationswert für Fleisch überschritten werden könnte, Verfütterung von unkontaminiertem Futtermittel. Die Abnahme kann mit Hilfe der effektiven Halbwertszeit abgeschätzt werden.	+ Hohe Entsorgungskosten von nicht konsumierbarem Fleisch entfallen - Kosten für verlängerte Fütterung mit Futtermittel, welches allenfalls gekauft werden muss	Gut
+	Verfütterung von kontaminiertem Futtermittel. Umstellung der Mast auf unkontaminiertes Futter für die letzten Wochen vor der Schlachtung	Kontrollierte Fütterung mit kontaminiertem Futtermittel (maximal 10-facher Grenzwert ⁹). Unkontaminiertes Futter in den letzten Wochen der Mast (evtl. Verlängerung der Mast) ist Voraussetzung. Um die Fleischkontamination von Cs auf 10 % zu reduzieren, muss das Tier während 4 biol. Halbwertszeiten mit unkontaminiertem Futter gefüttert werden.	+ Hohe Entsorgungskosten von nicht konsumierbarem Fleisch entfallen - Kosten für (verlängerte) Fütterung mit Futtermittel, welches allenfalls gekauft werden muss - Akzeptanz der Konsumenten kaum vorhanden	Gut: Reduktion ca. 90 % (Möglich nur bei Nutztieren, welche eine lange Mastdauer haben):
+	Zufütterung von Cs-Bindemitteln (Ammonium-eisen(III)-hexacyanoferrat(II)), welche Cs im Magen binden und ausscheiden	Kontrollierte Fütterung von kontaminiertem Futtermittel, d.h. Kontamination des Futtermittels sollte 10-fachen Grenzwert nicht überschreiten.	+ Cs-Bindemittel nicht toxisch ¹⁰ (Bewilligung notwendig). Abklärungen mit Norwegen laufen. + Hohe Entsorgungskosten von nicht konsumierbarem Fleisch entfallen - Zusätzliche Kosten für Cs-Bindemittel - Akzeptanz der Konsumenten kaum vorhanden	Gut: Effizienz bei Fleisch allg. > 80 % ¹⁰ Effizienz bei Schafffleisch: 40 - 60 % ¹¹
+	Kombination der Zufütterung von Cs-Bindemittel und Endmast mit unkontaminiertem Futter	siehe oben. Mit der kombinierten Massnahme können die Nutztiere mit Futtermittel versorgt werden, welches den Grenzwert bis um das 100-fache übersteigt.	siehe oben	Sehr gut

⁹ Es wurde dabei davon ausgegangen, dass die Kontamination im Fleisch etwa gleich hoch sein wird wie die durchschnittliche Kontamination im Futtermittel. Durch Verfütterung von unkontaminiertem Futter während 4 biologischen Halbwertszeiten reduziert sich die Cs-Konzentration um den Faktor 10.

¹⁰ Angaben gemäss Deutschem Massnahmenkatalog (Oktober 1999), S. 6-21. (Ursprüngliche Literatur nicht angegeben)

¹¹ S.S. Hansen, K. Hove an K. Barvik: The effect of sustained release boli with ammoniumiron(III)-hexacyanoferrate(III) on radiocesium accumulation in sheep grazing contaminated pasture. Health Phys. 71(5): 705-712, 1996. (Erfahrungen aufgrund Einsatz nach Tschernobyl)

- **Massnahmen, falls die Kontaminationswerte im Fleisch die gültigen Grenzwerte überschreiten:**

	Massnahme	Bemerkungen	Vor- und Nachteile	Effizienz
+	Schlachtverbot	siehe Massnahmen Seite 9		
+	Verbrennung		<ul style="list-style-type: none"> + Die Kapazität für die Verbrennung ist eingeschränkt. (Heute nicht mehr, wegen BSE --> Zementwerke) - Es entstehen hohe Kosten, ohne einen Nutzen - Entstehung von kontaminierten Filterstäuben + Asche 	
--	Beizen von kontaminiertem Fleisch mit Essig	Volumen Fleisch zu Volumen Beizflüssigkeit mindestens 1:3. Anwendung auf scheibenförmige Stücke (5 cm) mit reiner Essigbeize während 2 Tagen.	<ul style="list-style-type: none"> - Anfall von kontaminierter Essigbeize. - Nur auf beschränkte Menge mit Kontamination für Cs < 6000 Bq/kg anwendbar. 	ca. 80 % für Cs ¹²

¹² Angaben gemäss Deutschem Massnahmenkatalog (Oktober 1999). Diese Angaben sind identisch mit Werten aus A. Schenker-Wicki. Dekontamination und Dekorporation von landwirtschaftlich genutzten Böden, Pflanzen und Tieren sowie Nahrungsmitteln im Falle einer radioaktiven Kontamination. Literaturstudie. Universität Fribourg, September 1988.

3.3. Gemüse, Obst, Getreide, Gras

- Entsorgung bzw. Weiterverwendung von erntereifen Produkten

	Massnahme	Bemerkungen	Vor- und Nachteile	Effizienz
+++	Unterpflügen der Ernteprodukte	Geeignet bei tonhaltigen Böden ¹³ und intensiver Nutzung (gute Bindung von Cs) für Freilandgemüse, Getreide, Futterpflanzen (evtl. vorher häckseln). Geschnittenes Gras kann ebenfalls auf einem Acker untergepflügt werden. Ungeeignet, wenn grosser Teil der Gesamtdosition sich auf Pflanze befindet, in diesem Fall ist die separate Entsorgung angebracht Weniger effizient bei extensiver Nutzung (Sandböden, Böden mit tiefem pH-Wert, hohem org. Anteil, tiefer Tongehalt und Konzentration an K und Ca	+ Massnahme mit bestehender Ausrüstung möglich + keine Entsorgungskosten - zusätzlich Kontamination vom Boden	gut Der Transferfaktor Boden - Pflanze beträgt bei Tonböden 0.01 - 0.05 für Cs und 0.1 - 2 für Sr (Bq/kg Trockenmasse essbarer Teil Pflanze pro Bq/kg Trockengewicht Boden) ¹⁴
+	Entfernung der kontaminierten Vegetation und Zwischenlagerung vor Ort in Plastikballen bis definitiver Entscheid bezüglich Entsorgung entschieden	Geeignet für Gras, Getreide, Mais, falls grosser Teil der Deposition sich auf der Pflanze befindet (Gras vorgetrocknet, Getreide u. Mais gehäckselt). Gerade bei Gras lohnt sich eine Entfernung bevor die Schnitthöhe erreicht wird. Dadurch kann die anfallende Menge reduziert werden.	+ Geräte und Material genügend vorhanden. + Transport der Ballen unproblematisch. + Anfall einer relativ grossen Abfallmenge (700 kg/Ballen, 12 Ballen/ha (Gras)) - Kontaminationsmessung von Boden und Pflanze vorgängig notwendig - Übergangslösung, keine definitive Entsorgung	Übergangslösung: Bei trockener Deposition wird zwischen 10 und 50 % der gesamten deponierten Aktivität eliminiert, bei Regen vor der Ernte reduziert sich der Dekontaminationsgrad auf 20 - 35 %. ¹⁵

¹³ 60 % der Böden in der Schweiz sind mittelschwer und enthalten Tone. Diese können Cs binden. Alluvial-Böden (Sand, wenig bis kein Ton) finden sich in grösseren Alpentälern oder in Flusstälern im Mittelland (z.B. Magadinoebene). Amoorige Böden (sauer, Wald-, Moorboden) enthalten ebenfalls keinen Ton. Diese sind ungeeignet Cs zurück zu halten. (Bodeneignungskarte der Schweiz, 1980, 1: 200'000, Bundesamt für Raumplanung, Bern.

¹⁴ A.F. Nisbet und R.F.M. Woodman. Soil to plant transfer factors for radiocesium and radiostrontium in agricultural systems. Health Phys. 78(3): 279-288, 2000.

¹⁵ A. Schenker-Wicki. Dekontamination und Dekorporation von landwirtschaftlich genutzten Böden, Pflanzen und Tieren sowie Nahrungsmitteln im Falle einer radioaktiven Kontamination. Literaturstudie. Universität Fribourg, September 1988.

	Massnahme	Bemerkungen	Vor- und Nachteile	Effizienz
+	Bau von Sonderdeponien mit kontrollierter Kompostierung/Vergärung von hochkontaminierten Produkten	Je nach Auslegung für sämtliches kontaminiertes Material geeignet, wo keine bessere alternative Entsorgung. Zur Endlagerung von in Plastikballen zwischengelagerten und vorgetrockneten Ernteprodukten.	<ul style="list-style-type: none"> + evtl. Energiegewinnung - spezielle Grossanlage muss zuerst gebaut werden - spezielle Massnahmen für die Rückhaltung des Sickerwassers - ständige Kontrollen des Sickerwassers notwendig - teure Infrastruktur 	gut, zentrale, kontrollierte Entsorgung
-	Entsorgung in bestehenden Kompostanlagen	Geeignet bei Produkten mit geringem Wassergehalt (getrocknetes Gras, Getreide)	<ul style="list-style-type: none"> + Grossanlage in ganzer CH vorhanden - Bestehende Grosskompostanlagen haben nur beschränkte Kapazität - Endprodukt und Sickerwasser kontaminiert 	
-	Entsorgung in bestehenden Vergärungsanlagen	Geeignet bei Produkten mit hohem Wassergehalt	<ul style="list-style-type: none"> + Grossanlage in ganzer CH vorhanden + Energiegewinnung durch Methangewinnung - teure Infrastruktur - beschränkte Kapazität der bestehenden Anlagen - Endprodukt und Sickerwasser kontaminiert 	
--	Verwendung als Futtermittel	Nur bei schwach kontaminierten Produkten, da Grenzwerte für Futtermittel fast gleich wie für Nahrungsmittel		
--	Verbrennung der Produkte in Kehrichtverbrennung	Besser geeignet bei Produkten mit geringem Wassergehalt	<ul style="list-style-type: none"> + Grossanlagen in ganzer CH vorhanden + lagerfähiges volumenreduziertes Endprodukt (Schlacke, Asche) - teure Infrastruktur - bestehende Anlagen haben nur beschränkte Kapazität - kontaminiertes Endprodukt - Entstehung von kontaminieren Filterstäuben, kontaminierte Abluft? 	

- **Massnahmen, welche den weiteren Transfer in Nahrungs- und Futterpflanzen verhindern**

	Massnahme	Bemerkungen	Vor- und Nachteile	Effizienz
+++	Normales Pflügen des brachliegenden Ackers (Pflugtiefe 20 cm)	Reicht bei den meisten Pflanzen aus, um die Kontamination aus dem Wurzelbereich zu bringen (Zuckerrüben nicht geeignet)	<ul style="list-style-type: none"> + Geräte vorhanden + keine Entsorgungsprodukte + keine zusätzlichen Kosten - mehrmaliges Pflügen wirkt sich kontraproduktiv aus 	Gut
---	Tiefpflügen des Ackers		<ul style="list-style-type: none"> - Fruchtbarkeit des Bodens wird zerstört, da Humusschicht nicht so tief - wenig Geräte vorhanden 	sehr gut (aus Sicht der Aktivitätsreduktion)

Anhang:

Biologische Halbwertszeiten für Cs

Tier	Produkt	Biologische Halbwertszeit ¹⁶ [d]
Kuh/Rind	Milch	24
	Fleisch	31
Kalb	Fleisch	24
Schaf	Milch	8
	Fleisch	37
Lamm	Fleisch	24
Ziege	Fleisch	22
Schwein	Fleisch	29
Huhn	Fleisch	19
	Ei	4
Reh	Fleisch	24
Fisch		> 100

Mastdauern¹⁷

Tierart	Mastdauer [d]
Mastrind	500
Mastkalb	100
Mastschwein	150
Mastlamm	150
Masthuhn	50

¹⁶ Es handelt sich hier um einen Mittelwert, der aus mehreren verschiedenen Werten aus verschiedenen Quellen gebildet wurde. Die Werte wurden aus dem deutschen Massnahmenkatalog (Oktober 1999), S. 8.74 entnommen.

¹⁷ Quelle: Zur Festlegung von Höchstwerten an Radioaktivität in Futtermitteln im Falle eines nuklearen Unfalls oder einer anderen radiologischen Notstandssituation. Empfehlungen der SSK 1988/89, Band 15.