

**Ermittlung der möglichen Strahlenexpositionen  
der Bevölkerung aufgrund der Emissionen der  
Wiederaufarbeitungsanlagen in Sellafield und  
La Hague**

**Autoren:**

Dipl.-Ing. Antje Benischke

Dipl.-Phys. Christian Küppers

## Inhaltsverzeichnis

|                                                                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Inhaltsverzeichnis.....                                                                                                | I         |
| Abbildungsverzeichnis.....                                                                                             | III       |
| Tabellenverzeichnis .....                                                                                              | III       |
| <b>1. Einleitung .....</b>                                                                                             | <b>1</b>  |
| <b>2. Überblick über die Nuklearkomplexe in Sellafield und La Hague .....</b>                                          | <b>3</b>  |
| <b>3. Emissionen radioaktiver Stoffe aus den Nuklearkomplexen in Sellafield und La Hague.....</b>                      | <b>5</b>  |
| 3.1 Behördlich genehmigte Grenzwerte für Emissionen radioaktiver Stoffe .....                                          | 5         |
| 3.1.1 Genehmigte Emissionsgrenzwerte für Sellafield.....                                                               | 5         |
| 3.1.2 Genehmigte Emissionsgrenzwerte für La Hague.....                                                                 | 13        |
| 3.2 Gemessene Emissionen radioaktiver Stoffe in den neunziger Jahren .....                                             | 14        |
| 3.2.1 Gemessene tatsächliche Emissionen in Sellafield .....                                                            | 15        |
| 3.2.2 Gemessene tatsächliche Emissionen in La Hague .....                                                              | 19        |
| <b>4. Ergebnisse von Immissionsmessungen in der Umgebung von Sellafield und La Hague.....</b>                          | <b>24</b> |
| 4.1 Immissionsmesswerte aus der Umgebung von Sellafield.....                                                           | 24        |
| 4.2 Immissionsmesswerte aus der Umgebung von La Hague.....                                                             | 32        |
| <b>5. Ermittlung der möglichen Strahlenexpositionen von Personen der Bevölkerung.....</b>                              | <b>39</b> |
| 5.1 Normierte Dosen auf der Basis der Immissionsmesswerte .....                                                        | 39        |
| 5.1.1 Normierte Dosen auf der Basis der Immissionsmesswerte aus der Umgebung von Sellafield.....                       | 40        |
| 5.1.2 Normierte Dosen auf der Basis der Immissionsmesswerte aus der Umgebung von La Hague.....                         | 64        |
| 5.2 Definition von Lebensgewohnheiten für Referenzpersonen .....                                                       | 78        |
| 5.2.1 Lebensgewohnheiten im Hinblick auf Strahlenexpositionen durch Abgaben radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser ..... | 78        |
| 5.2.2 Lebensgewohnheiten im Hinblick auf Strahlenexpositionen durch Abgaben radioaktiver Stoffe mit der Fortluft.....  | 81        |
| 5.3 Mögliche Strahlenexpositionen von Personen der Bevölkerung.....                                                    | 82        |
| 5.3.1 Referenzperson in Anlehnung an StrlSchV und AVV zu § 45 StrlSchV .....                                           | 82        |
| 5.3.1.1 Referenzperson in der Nähe von Sellafield .....                                                                | 82        |



|           |                                                                                                                                                                                             |            |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.3.1.2   | Referenzperson in der Nähe von La Hague.....                                                                                                                                                | 84         |
| 5.3.2     | Gruppe der Bevölkerung mit relativ hoher Strahlenexposition .....                                                                                                                           | 86         |
| 5.3.2.1   | Gruppe der Bevölkerung mit relativ hoher Strahlenexposition in der<br>Nähe von Sellafield.....                                                                                              | 86         |
| 5.3.2.2   | Gruppe der Bevölkerung mit relativ hoher Strahlenexposition in der<br>Nähe von La Hague .....                                                                                               | 87         |
| <b>6.</b> | <b>Diskussion der Ergebnisse und Bewertung .....</b>                                                                                                                                        | <b>89</b>  |
| 6.1       | Bewertungsmassstäbe .....                                                                                                                                                                   | 89         |
| 6.2       | Diskussion der Vorgehensweise bei der Berechnung von möglichen<br>Strahlenexpositionen und deren Ergebnisse .....                                                                           | 91         |
| 6.2.1     | Abweichungen der hier vorgenommenen Berechnungen<br>gegenüber der Modellierung nach AVV zu § 45 StrlSchV .....                                                                              | 91         |
| 6.2.2     | Vergleich der berechneten Strahlenexpositionen für die<br>Referenzperson mit den Anforderungen des § 45 StrlSchV.....                                                                       | 92         |
| 6.2.3     | Vergleich der berechneten Strahlenexpositionen für die<br>Referenzperson mit den Anforderungen der EU-Richtlinie<br>96/29/Euratom sowie britischen und französischen<br>Anforderungen ..... | 94         |
| 6.2.4     | Besondere Aspekte bei der Bewertung der ermittelten möglichen<br>Strahlenexpositionen.....                                                                                                  | 96         |
| 6.3       | Diskussion von Aspekten der Einhaltung des Stands von<br>Wissenschaft und Technik bei den Emissionen .....                                                                                  | 98         |
| 6.4       | Bewertung im Hinblick auf für die Wiederaufarbeitung deutscher<br>Brennelemente genutzte Anlagen .....                                                                                      | 100        |
| <b>7.</b> | <b>Zusammenfassung.....</b>                                                                                                                                                                 | <b>101</b> |
|           | Literaturverzeichnis .....                                                                                                                                                                  | 102        |

## Abbildungsverzeichnis

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 3.2-1: Emissionen relevanter Radionuklide mit dem Abwasser aus Sellafield in den Jahren 1994 bis 1998 (in Bq/a)..... | 17 |
| Abbildung 3.2-2: Emissionen relevanter Radionuklide mit der Abluft aus Sellafield in den Jahren 1994 bis 1998 (in Bq/a).....   | 18 |
| Abbildung 3.2-3: Emissionen relevanter Radionuklide mit dem Abwasser aus La Hague in den Jahren 1992 bis 1996 (in Bq/a).....   | 22 |
| Abbildung 3.2-4: Emissionen relevanter Radionuklide mit der Abluft aus La Hague in den Jahren 1992 bis 1996 (in Bq/a).....     | 23 |
| Abbildung 4.1-1: Lage von Probenahmeorten in der Umgebung von Sellafield .....                                                 | 31 |
| Abbildung 4.2-1: Lage von Probenahmeorten in der Umgebung von La Hague .....                                                   | 38 |

## Tabellenverzeichnis

|                                                                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 3.1-1: Grenzwerte für radioaktive Ableitungen mit dem Abwasser in Sellafield nach <MAFF 1989>, <BNFL 1996>, <DETR 1999> (in Bq/a) .....                                                       | 7  |
| Tabelle 3.1-2: Grenzwerte für radioaktive Ableitungen mit der Abluft in Sellafield (1990) nach <MAFF 1989> (in Bq/a) .....                                                                            | 8  |
| Tabelle 3.1-3: Grenzwerte für radioaktive Ableitungen mit der Abluft in Sellafield (1999) nach <MAFF 1989>, <DETR 1999> (in Bq/a).....                                                                | 9  |
| Tabelle 3.1-4: Emissionsgrenzwerte der Abluft für die BNFL-Gesamtanlage in Sellafield (in Bq/a), die Zu- bzw. Abnahme gegenüber dem Stand von 1990 und der auf die Anlage THORP bezogene Anteil ..... | 10 |
| Tabelle 3.1-5: Genehmigte Grenzwerte für radioaktive Ableitungen mit dem Abwasser in La Hague nach <Cogema 1989> (in Bq/a) .....                                                                      | 13 |
| Tabelle 3.1-6: Genehmigte Grenzwerte für radioaktive Ableitungen mit der Abluft in La Hague nach <Cogema 1989> (in Bq/a).....                                                                         | 13 |
| Tabelle 3.2-1: Emissionen mit dem Abwasser in Sellafield in den Jahren 1994 bis 1998 nach <MAFF 1995-1999> (in Bq/a).....                                                                             | 15 |
| Tabelle 3.2-2: Emissionen mit der Abluft in Sellafield in den Jahren 1994 bis 1998 nach <MAFF 1995-1999> (in Bq/a) .....                                                                              | 16 |
| Tabelle 3.2-3: Emissionen mit dem Abwasser in La Hague in den Jahren 1992 bis 1996 nach <GRNC 1999> (in Bq/a) .....                                                                                   | 20 |
| Tabelle 3.2-4: Emissionen mit der Abluft in La Hague in den Jahren 1992 bis 1996 nach <GRNC 1999> (in Bq/a).....                                                                                      | 21 |
| Tabelle 4.1-1: Mittlere Beta-/Gamma-Aktivität in Fisch aus der Irischen See 1998 nach <MAFF 1999> (in Bq/kg Frischgewicht) .....                                                                      | 25 |
| Tabelle 4.1-2: Mittlere Beta-/Gamma-Aktivität in Schalentieren aus der Irischen See 1998 nach <MAFF 1999> (in Bq/kg Frischgewicht) .....                                                              | 26 |
| Tabelle 4.1-3: Mittlere Transuranaktivität in Schalentieren der Irischen See 1998 nach <MAFF 1999> (in Bq/kg Frischgewicht) .....                                                                     | 27 |
| Tabelle 4.1-4: Mittlere Aktivität in Blasentang der Irischen See 1998 nach <MAFF 1999> (in Bq/kg Frischgewicht) .....                                                                                 | 28 |



|                                                                                                                                                                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 4.1-5: Mittlere Aktivität in Sedimenten an der Küste der Irischen See<br>1998 nach <MAFF 1999> (in Bq/kg Trockengewicht) .....                                                                                                        | 29 |
| Tabelle 4.1-6: Mittlere Gammadosisleistung an der Küste der Irischen See nach<br><MAFF 1999> (in µGy/h, gemessen 1 m Höhe über Grund) .....                                                                                                   | 30 |
| Tabelle 4.2-1: Aktivität in Fisch im näheren und weiteren Umfeld von La Hague<br>1996/1997 nach <GRNC 1999, Vol. 2> (in Bq/kg<br>Frischgewicht) .....                                                                                         | 33 |
| Tabelle 4.2-2: Aktivität in Muscheln im näheren und weiteren Umfeld von La<br>Hague 1996/1997 nach <GRNC 1999, Vol. 2> (in Bq/kg<br>Frischgewicht) .....                                                                                      | 34 |
| Tabelle 4.2-3: Aktivität in Napfschnecken im näheren und weiteren Umfeld von<br>La Hague 1996/1997 nach <GRNC 1999, Vol. 2> (in Bq/kg<br>Frischgewicht) .....                                                                                 | 35 |
| Tabelle 4.2-4: Aktivität in Krustentieren im näheren und weiteren Umfeld von La<br>Hague 1996/1997 nach <GRNC 1999, Vol. 2> (in Bq/kg<br>Frischgewicht) .....                                                                                 | 36 |
| Tabelle 4.2-5: Mittlere Aktivität in Königskrabben aus dem Bereich der<br>Einleitstelle von La Hague, 1997, nach <Greenpeace 1997><br>(in Bq/kg Frischgewicht) .....                                                                          | 36 |
| Tabelle 4.2-6: Aktivität in Tang (Fucus) im näheren und weiteren Umfeld von La<br>Hague 1996/1997 nach <GRNC 1999, Vol. 2> (in Bq/kg<br>Frischgewicht) .....                                                                                  | 37 |
| Tabelle 5.1-1: Dosis Erwachsener in mSv/kg verzehrter Fisch aus der Irischen<br>See mit mittlerer Beta-/Gamma-Aktivität nach Tabelle 4.1-1 .....                                                                                              | 40 |
| Tabelle 5.1-2: Dosis von Kleinkindern (Alter 1 Jahr) in mSv/kg verzehrter Fisch<br>aus der Irischen See mit mittlerer Beta-/Gamma-Aktivität nach<br>Tabelle 4.1-1 .....                                                                       | 41 |
| Tabelle 5.1-3: Verzehrmenge Erwachsener von Fisch aus der Irischen See mit<br>mittlerer Beta-/Gamma-Aktivität nach Tabelle 4.1-1, bei der<br>die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a) .....                                | 42 |
| Tabelle 5.1-4: Verzehrmenge eines Kleinkinds (Alter 1 Jahr) von Fisch aus der<br>Irischen See mit mittlerer Beta-/Gamma-Aktivität nach Tabelle<br>4.1-1, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht<br>werden (in kg/a) .....         | 43 |
| Tabelle 5.1-5: Dosis Erwachsener in mSv/kg verzehrter Schalentiere aus der<br>Irischen See mit mittlerer Beta-/Gamma-Aktivität nach Tabelle<br>4.1-2 .....                                                                                    | 44 |
| Tabelle 5.1-6: Dosis von Kleinkindern (Alter 1 Jahr) in mSv/kg verzehrter<br>Schalentiere aus der Irischen See mit mittlerer Beta-/Gamma-<br>Aktivität nach Tabelle 4.1-2 .....                                                               | 45 |
| Tabelle 5.1-7: Verzehrmenge Erwachsener von Schalentieren aus der Irischen<br>See mit mittlerer Beta-/Gamma-Aktivität nach Tabelle 4.1-2,<br>bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in<br>kg/a) .....                     | 46 |
| Tabelle 5.1-8: Verzehrmenge eines Kleinkinds (Alter 1 Jahr) von Schalentieren<br>aus der Irischen See mit mittlerer Beta-/Gamma-Aktivität nach<br>Tabelle 4.1-2, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV<br>erreicht werden (in kg/a) ..... | 47 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 5.1-9: Dosis Erwachsener in mSv/kg verzehrter Schalentiere aus der Irischen See mit mittlerer Transuran-Aktivität nach Tabelle 4.1-3.....                                                                                                                              | 48 |
| Tabelle 5.1-10: Dosis von Kleinkindern (Alter 1 Jahr) in mSv/kg verzehrter Schalentiere aus der Irischen See mit mittlerer Transuran-Aktivität nach Tabelle 4.1-3 .....                                                                                                        | 48 |
| Tabelle 5.1-11: Verzehrmenge Erwachsener von Schalentieren aus der Irischen See mit mittlerer Transuran-Aktivität nach Tabelle 4.1-3, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a).....                                                                 | 49 |
| Tabelle 5.1-12: Verzehrmenge eines Kleinkinds (Alter 1 Jahr) von Schalentieren aus der Irischen See mit mittlerer Transuran-Aktivität nach Tabelle 4.1-3, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a).....                                             | 49 |
| Tabelle 5.1-13: Dosis Erwachsener in mSv/kg verzehrter pflanzlicher Produkte von mit Blasentang aus der Irischen See gedüngten Anbauflächen (mittlere Tc-99-Aktivität nach Tabelle 4.1-4).....                                                                                 | 51 |
| Tabelle 5.1-14: Dosis von Kleinkindern (Alter 1 Jahr) in mSv/kg verzehrter pflanzlicher Produkte von mit Blasentang aus der Irischen See gedüngten Anbauflächen (mittlere Tc-99-Aktivität nach Tabelle 4.1-4).....                                                             | 52 |
| Tabelle 5.1-15: Verzehrmenge Erwachsener von pflanzlichen Produkten von mit Blasentang aus der Irischen See gedüngten Anbauflächen (mittlere Tc-99-Aktivität nach Tabelle 4.1-4), bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a) .....                    | 53 |
| Tabelle 5.1-16: Verzehrmenge eines Kleinkinds (Alter 1 Jahr) von pflanzlichen Produkten von mit Blasentang aus der Irischen See gedüngten Anbauflächen (mittlere Tc-99-Aktivität nach Tabelle 4.1-4), bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a)..... | 54 |
| Tabelle 5.1-17: Dosis Erwachsener in mSv/kg verzehrtem Fleisch von mit Blasentang aus der Irischen See gefütterten Rindern (mittlere Tc-99-Aktivität nach Tabelle 4.1-4).....                                                                                                  | 55 |
| Tabelle 5.1-18: Dosis von Kleinkindern (Alter 1 Jahr) in mSv/kg verzehrtem Fleisch von mit Blasentang aus der Irischen See gefütterten Rindern (mittlere Tc-99-Aktivität nach Tabelle 4.1-4).....                                                                              | 56 |
| Tabelle 5.1-19: Verzehrmenge Erwachsener von Fleisch mit Blasentang aus der Irischen See gefütterter Rinder (mittlere Tc-99-Aktivität nach Tabelle 4.1-4), bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a).....                                            | 57 |
| Tabelle 5.1-20: Verzehrmenge eines Kleinkinds (Alter 1 Jahr) von Fleisch mit Blasentang aus der Irischen See gefütterter Rinder (mittlere Tc-99-Aktivität nach Tabelle 4.1-4), bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a).....                        | 58 |
| Tabelle 5.1-21: Dosis Erwachsener in mSv/kg verzehrter Produkte aus Blasentang aus der Irischen See (mittlere Tc-99-Aktivität nach Tabelle 4.1-4) .....                                                                                                                        | 59 |



|                                                                                                                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 5.1-22: Dosis von Kleinkindern (Alter 1 Jahr) in mSv/kg verzehrter Produkte aus Blasentang aus der Irischen See (mittlere Tc-99-Aktivität nach Tabelle 4.1-4) .....                                                             | 60 |
| Tabelle 5.1-23: Verzehrmenge Erwachsener von Produkten aus Blasentang aus der Irischen See (mittlere Tc-99-Aktivität nach Tabelle 4.1-4), bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a) .....                     | 61 |
| Tabelle 5.1-24: Verzehrmenge eines Kleinkinds (Alter 1 Jahr) von Produkten aus Blasentang aus der Irischen See (mittlere Tc-99-Aktivität nach Tabelle 4.1-4), bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a) ..... | 62 |
| Tabelle 5.1-25: Gammadosis bei Aufenthalt an der Küste der Irischen See (in mSv/a), bezogen auf die Messwerte nach Tabelle 4.1-6 .....                                                                                                  | 63 |
| Tabelle 5.1-26: Dosis Erwachsener in mSv/kg verzehrter Fisch aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-1 .....                                                                                                         | 64 |
| Tabelle 5.1-27: Dosis von Kleinkindern (Alter 1 Jahr) in mSv/kg verzehrter Fisch aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-1 .....                                                                                     | 65 |
| Tabelle 5.1-28: Verzehrmenge Erwachsener von Fisch aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-1, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a) .....                                              | 66 |
| Tabelle 5.1-29: Verzehrmenge eines Kleinkinds (Alter 1 Jahr) von Fisch aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-1, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a) .....                          | 67 |
| Tabelle 5.1-30: Dosis Erwachsener in mSv/kg verzehrter Muscheln aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-2 .....                                                                                                      | 68 |
| Tabelle 5.1-31: Dosis von Kleinkindern (Alter 1 Jahr) in mSv/kg verzehrter Muscheln aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-2 .....                                                                                  | 68 |
| Tabelle 5.1-32: Verzehrmenge Erwachsener von Muscheln aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-2, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a) .....                                           | 69 |
| Tabelle 5.1-33: Verzehrmenge eines Kleinkinds (Alter 1 Jahr) von Muscheln aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-2, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a) .....                       | 69 |
| Tabelle 5.1-34: Dosis Erwachsener in mSv/kg verzehrter Napfschnecken aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-3 .....                                                                                                 | 70 |
| Tabelle 5.1-35: Dosis von Kleinkindern (Alter 1 Jahr) in mSv/kg verzehrter Napfschnecken aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-3 .....                                                                             | 71 |
| Tabelle 5.1-36: Verzehrmenge Erwachsener von Napfschnecken aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-3, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a) .....                                      | 72 |
| Tabelle 5.1-37: Verzehrmenge eines Kleinkinds (Alter 1 Jahr) von Napfschnecken aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-3, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a) .....                  | 73 |



|                                                                                                                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 5.1-38: Dosis Erwachsener in mSv/kg verzehrter Krustentiere aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-4 .....                                                                                                    | 74 |
| Tabelle 5.1-39: Dosis von Kleinkindern (Alter 1 Jahr) in mSv/kg verzehrter Krustentiere aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-4 .....                                                                                | 74 |
| Tabelle 5.1-40: Verzehrmenge Erwachsener von Krustentieren aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-4, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a) .....                                        | 75 |
| Tabelle 5.1-41: Verzehrmenge eines Kleinkinds (Alter 1 Jahr) von Krustentieren aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-4, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a) .....                    | 75 |
| Tabelle 5.1-42: Dosis Erwachsener in mSv/kg verzehrter Königskrabben aus dem Bereich der Einleitstelle von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-5 .....                                                                                | 76 |
| Tabelle 5.1-43: Dosis von Kleinkindern (Alter 1 Jahr) in mSv/kg verzehrter Königskrabben aus dem Bereich der Einleitstelle von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-5 .....                                                            | 76 |
| Tabelle 5.1-44: Verzehrmenge Erwachsener von Königskrabben aus dem Bereich der Einleitstelle von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-5, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a) .....                     | 77 |
| Tabelle 5.1-45: Verzehrmenge eines Kleinkinds (Alter 1 Jahr) von Königskrabben aus dem Bereich der Einleitstelle von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-5, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a) ..... | 77 |
| Tabelle 5.3-1: Verzehrgewohnheiten im Vergleich (in kg/a) .....                                                                                                                                                                           | 87 |
| Tabelle 6.3-1: Emissionsgrenzwerte der Wiederaufarbeitungsanlagen Sellafield, La Hague und Wackersdorf, normiert auf einen Durchsatz von 1 Mg SM pro Jahr (in Bq) .....                                                                   | 98 |
| Tabelle 6.3-2: Verhältnis der durchsatzbezogenen Emissionsgrenzwerte der Wiederaufarbeitungsanlagen Sellafield und La Hague zu denen der Antragswerte von Wackersdorf .....                                                               | 99 |

## 1. Einleitung

Von den Betreibern deutscher Kernkraftwerke wurden Verträge mit den Betreibern von Wiederaufarbeitungsanlagen in Frankreich und Großbritannien geschlossen, die die Wiederaufarbeitung auch deutscher abgebrannter Brennelemente in diesen Anlagen regeln. Für den Fall der Verwertung von Reststoffen fordert das deutsche Atomgesetz in § 9a (1), dass diese „schadlos“ erfolgen muss. Eine Diskussion über die Frage, ob die Schadlosigkeit der Wiederaufarbeitung im Ausland gegeben ist, wird in der Bundesrepublik Deutschland bereits seit einigen Jahren geführt. In diesem Zusammenhang wurde auch ein Gutachten des Öko-Instituts e.V. erstellt <Öko-Institut 1990>.

Die Frage der Schadlosigkeit der Verwertung bei der Wiederaufarbeitung im Ausland ist unter anderem an die dortige radiologische Situation geknüpft. Das Öko-Institut e.V. wurde vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) mit Vertrag vom 1.10.1999 (Auftragsnummer StSch 4243) beauftragt, die möglichen Strahlenexpositionen der Bevölkerung durch Emissionen der Wiederaufarbeitungsanlagen in Sellafield und La Hague auf dem aktuellen Stand der Emissionen bzw. Immissionsmesswerte zu ermitteln. Damit sollen die Untersuchungen der früheren Begutachtung aus dem Jahr 1990 aktualisiert werden, denn es gab in der Zwischenzeit Veränderungen hinsichtlich

- der Höhe der tatsächlichen Emissionen,
- der Höhe der festgelegten Grenzwerte für die Emissionen, und
- der tatsächlich betriebenen Anlagen bzw. deren Durchsätze.

Das Gutachten ist in sieben Kapitel gegliedert.

In Kapitel 2 wird ein Überblick über die Nuklearkomplexe in Sellafield und La Hague gegeben, in dem relevante Anlagen genannt werden.

In Kapitel 3 werden die Emissionen radioaktiver Stoffe der Nuklearkomplexe in Sellafield und La Hague dargestellt. Diese Darstellung umfasst sowohl die behördlich genehmigten Grenzwerte als auch die tatsächlichen Emissionen der letzten Jahre. Die sich ergebenden Trends werden aufgezeigt.

In Kapitel 4 werden für die Berechnungen möglicher Strahlenexpositionen wichtige Ergebnisse von Immissionsmessungen aus der näheren und weiteren Umgebung der Nuklearkomplexe in Sellafield und La Hague referiert. Es werden Messergebnisse aus der jüngeren Vergangenheit herangezogen.

In Kapitel 5 werden mögliche Strahlenexpositionen von Personen der Bevölkerung ermittelt. Dabei wird zwischen der Referenzperson im Sinne der StrlSchV und der AVV zu § 45 StrlSchV und einer Gruppe mit relativ hoher Strahlenexposition unterschieden.



In Kapitel 6 werden die Ergebnisse der Berechnungen möglicher Strahlenexpositionen diskutiert und bewertet. Wichtige Aspekte sind dabei der Bezug auf das in der Bundesrepublik Deutschland geforderte Strahlenschutzniveau und der Bezug auf den für deutsche Kunden erfolgenden Anlagenbetrieb.

In Kapitel 7 werden die Ergebnisse des Gutachtens zusammengefasst.

## 2. Überblick über die Nuklearkomplexe in Sellafield und La Hague

Die Nuklearkomplexe der British Nuclear Fuels plc (BNFL) in Sellafield (Großbritannien) und der Compagnie Générale des Matières Nucléaires (Cogema) in La Hague (Frankreich) dienen der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente. Bei der Wiederaufarbeitung wird aus den abgebrannten Brennelementen Plutonium und Uran abgetrennt.

Der gesamte Prozess der Wiederaufarbeitung beinhaltet neben der eigentlichen Abtrennung weitere Arbeitsschritte, die eine Wiederaufarbeitungsanlage (WAA) zu einem Anlagenkomplex mit umfangreichen Nebenanlagen machen. Ein Wiederaufarbeitungs-komplex besteht in der Regel aus folgenden Anlagenteilen:

- Eingangslager für noch nicht behandelte abgebrannte Brennelemente,
- Wiederaufarbeitungsanlage zur Auflösung des abgebrannten Brennstoffs mit Trennung in Uran, Plutonium und Spaltprodukte,
- Anlagen zur Behandlung des abgetrennten Urans und Plutoniums,
- Anlagen zur Lagerung des abgetrennten Urans und Plutoniums,
- Anlagen zur Lagerung der hochradioaktiven Spaltproduktlösung,
- Verglasungsanlagen für flüssige hochradioaktive Abfälle,
- Glaskokillenlager für verglaste hochradioaktive Abfälle,
- Reinigungsanlagen für kontaminierte Betriebsmittel,
- Anlagen zur Behandlung von anfallenden schwach- und mittelaktiven Abfällen,
- Anlagen zur Lagerung von schwach- und mittelaktiven Abfällen.

In Sellafield werden die seit 1964 arbeitende Wiederaufarbeitungsanlage B 205 und seit 1994 die Wiederaufarbeitungsanlage THORP (Thermal Oxide Reprocessing Plant) betrieben. Die Anlage B 205 arbeitet abgebrannte metallische MAGNOX-Brennelemente auf und soll entsprechend dem auslaufenden Betrieb der alten britischen MAGNOX-Reaktoren in ihrer Kapazität nach und nach gegen Null gefahren werden. Die Anlage hat eine maximale Jahreskapazität von 1500 Mg Schwermetall (SM) abgebrannter Brennelemente.

In der neueren THORP werden oxidische Brennelemente sowohl von britischen als auch von ausländischen, darunter auch deutschen, Reaktoren aufbereitet. Für die Anlage THORP finden sich in der Literatur Angaben der Kapazität zwischen 700 und 1200 Mg SM pro Jahr.



Im Jahr 1997 wurden im Wiederaufarbeitungskomplex Sellafield insgesamt 1000 tSM abgebrannter Brennelemente aufgearbeitet <BNFL 1998>.

Im Wiederaufbereitungskomplex in La Hague werden zwei Wiederaufarbeitungsanlagen betrieben. Die eine Wiederaufarbeitungsanlage ist die Usine Plutonium 2 (UP 2-800), die der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente aus französischen Leichtwasserreaktoren (einschließlich MOX- und Hochabbrandbrennelemente) dient. Die Kapazität beträgt derzeit 800 Mg SM pro Jahr. Dieser Durchsatz wurde in den letzten Jahren auch erreicht.

Die zweite Wiederaufarbeitungsanlage in La Hague ist die UP 3, die als Lohnwiederaufarbeitung u.a. abgebrannte Leichtwasserreaktor-Brennelemente aus deutschen Reaktoren wiederaufarbeitet. Die Kapazität dieser Anlage beträgt ebenfalls 800 Mg SM pro Jahr; dieser Durchsatz wurde in den letzten Jahren ebenfalls erreicht.

### **3. Emissionen radioaktiver Stoffe aus den Nuklearkomplexen in Sellafield und La Hague**

Genehmigte routinemäßige Emissionen radioaktiver Stoffe erfolgen in den Wiederaufarbeitungskomplexen über das Abgas und das Abwasser. Für beide Emissionspfade wurden sowohl für Sellafield als auch für La Hague behördlich genehmigte Grenzwerte festgesetzt. Auf die Höhe und die Bezugsgrößen (Nuklidgruppen, Kaminhöhen etc.) dieser Grenzwerte wird in Kapitel 3.1 näher eingegangen. Die gemessenen tatsächlichen Emissionen der letzten Jahre werden in Kapitel 3.2 dargestellt.

#### **3.1 Behördlich genehmigte Grenzwerte für Emissionen radioaktiver Stoffe**

Die Emissionsgrenzwerte legen die maximalen jährlichen Abgabewerte mit der Abluft und dem Abwasser für eine Anlage im bestimmungsgemäßen Betrieb fest. Ihre Höhe spiegelt die von der jeweiligen Genehmigungsbehörde für möglich und erforderlich gehaltene Rückhaltung von radioaktiven Stoffen wieder. Damit definieren die Genehmigungsgrenzwerte zum einen den formal geforderten Stand von Wissenschaft und Technik bezüglich der Rückhaltung von radioaktiven Stoffen im jeweiligen Land. Zum anderen entsprechen die Grenzwerte den im jeweiligen Land definierten Anforderungen des Strahlenschutzes der Bevölkerung.

In den nachfolgenden Abschnitten werden die Emissionsgrenzwerte für die Wiederaufarbeitungskomplexe Sellafield und La Hague aufgelistet. Dies erfolgt sowohl für den Abluft- als auch für den Abwasserpfad. Da für den Anlagenkomplex in Sellafield in den letzten Jahren Änderungen der Emissionsgrenzwerte erfolgten, wird hier auch die Entwicklung der Grenzwerte in der jüngeren Zeit dargestellt.

##### **3.1.1 Genehmigte Emissionsgrenzwerte für Sellafield**

Für den gesamten Wiederaufarbeitungskomplex in Sellafield einschließlich der Anlage B 205 und der seit 1994 in Betrieb befindlichen Anlage THORP gibt es eine gemeinsame Genehmigung für die Ableitung radioaktiver Stoffe. Die Genehmigung schließt teilweise auch die vier Kernkraftwerke von Calder Hall mit je 50 MW Leistung und die Laboratorien der United Kingdom Atomic Energy Agency (UKAEA) am Standort mit ein.

Die Emissionen mit dem Abwasser werden in Sellafield in die Irische See geleitet. Dazu dient eine Pipeline, deren Austrittsöffnung etwa 2100 m von der Koste entfernt liegt,



um eine verbesserte Vermischung der radioaktiven Abwässer mit dem Meerwasser zu erreichen und tidenbedingte Anspülungen an der Küste zu reduzieren.

In den letzten Jahren wurden die Grenzwerte für das Abwasser mehrmals für einzelne Parameter verändert und an den veränderten Anlagenbetrieb angepasst. In Tabelle 3.1-1 sind die ab Januar 1990 gültigen Emissionsgrenzwerte <MAFF 1989>, die im Dezember 1996 gültigen Grenzwerte <BNFL 1996> sowie die im Jahr 1998 von der Environment Agency <EA 1998> vorgeschlagenen und im November 1999 übernommenen Grenzwerte <DETR 1999> für das Abwasser dargestellt.

Beim Abwasser schließen die Genehmigungsgrenzwerte die Abgaben der Calder Hall-Reaktoren mit ein. Diese Reaktoren sind baugleich mit den kurz danach gebauten vier Reaktoren von Chapelcross <BNFL 1988>. Die Abwasserabgaben der Reaktoren von Calder Hall und Chapelcross sind vergleichbar; ein Vergleich der jeweiligen Emissionsgrenzwerte zeigt, dass die Abgaben der Reaktoren bei je nach Nuklidgruppe nur maximal wenige Prozent der Gesamtabgaben von Sellafield liegen. Der Unterschied zwischen diesen Gesamtabgaben und den allein durch den Wiederaufarbeitungs-komplex bedingten Abgaben ist damit hier für die radiologischen Untersuchungen nicht relevant. Eine Differenzierung wird dementsprechend im Folgenden nicht vorgenommen.

Für die Abluft wurden für Sellafield Emissionsgrenzwerte in der Genehmigung vom 1.1.1988 festgelegt <MAFF 1989> (siehe Tabelle 3.1-2). Für die Abluft sind die maximal erlaubten Abgabewerte in unterschiedliche Kaminhöhen bzw. Emissionsquellen unterteilt. Für diesen Freisetzungspfad gibt es für die Calder Hall-Reaktoren eigene Grenzwerte unabhängig von den Grenzwerten für den Wiederaufarbeitungs-komplex.

Die Emissionen mit der Abluft aus den eigentlichen Wiederaufarbeitungsanlagen erfolgen jeweils über Kamine. Die Kaminhöhen betragen in Sellafield 120 m für die Anlage B 205 und 100 m für die Anlage THORP.

Auch bei den Abluftgrenzwerten hat es in den vergangenen Jahren Änderungen für einzelne Parameter gegeben. So wurden z.B. 1994 eigene Abluftgrenzwerte für die in Betrieb genommene Anlage THORP (für bestimmte Nuklidgruppen auch durchsatzabhängig) festgelegt. In Tabelle 3.1-3 sind die 1998 von der Environment Agency <EA 1998b> empfohlenen und im November 1999 verabschiedeten <DETR 1999> Emissionsgrenzwerte angegeben. In Tabelle 3.1-4 ist die genehmigte Aktivitätsmenge bezogen auf den gesamten Wiederaufarbeitungs-komplex, die Zu- bzw. Abnahme der Emissionsgrenzwerte gegenüber dem Stand 1990 sowie der Anteil der Anlage THORP (bezogen auf die Genehmigungswerte von 1990) aufgenommen. Dies dient der Darstellung der zeitlichen Entwicklung der Emissionsgrenzwerte für die Fortluft und ihres Bezugs auf

die Anlage THORP. Bei der Summe über alle Emissionsquellen ist berücksichtigt, dass es zusätzlich zu den Begrenzungen für einzelne Gruppen von Kaminen Begrenzungen für den Gesamtkomplex gibt.

| <b>Tabelle 3.1-1: Grenzwerte für radioaktive Ableitungen mit dem Abwasser in Sel-lafield nach &lt;MAFF 1989&gt;, &lt;BNFL 1996&gt;, &lt;DETR 1999&gt; (in Bq/a)</b> |                                 |                               |                 |                       |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------------|------|
| Nuklid bzw. Nuklid-gruppe                                                                                                                                           | Grenzwerte<br>ab 1/1990<br>Bq/a | Grenzwerte<br>12/1996<br>Bq/a | Grenzwerte 1999 |                       |      |
|                                                                                                                                                                     |                                 |                               | Bq/a            | Zu-/Abnahme gegenüber |      |
|                                                                                                                                                                     |                                 |                               |                 | 1990                  | 1996 |
| Tritium                                                                                                                                                             | 3,5E+15                         | 3,1E+16                       | 3,0E+16         | +757%                 | -3%  |
| Kohlenstoff-14                                                                                                                                                      | 4,0E+12                         | 2,1E+13                       | 2,1E+13         | +420%                 | ±0%  |
| Kobalt-60                                                                                                                                                           | 8,0E+12                         | 1,3E+13                       | 1,3E+13         | +63%                  | ±0%  |
| Strontium-90                                                                                                                                                        | 3,5E+13                         | 4,8E+13                       | 4,8E+13         | +37%                  | ±0%  |
| Zirkon-95 + Niob-95                                                                                                                                                 | 1,8E+14                         | 9,0E+12                       | 9,0E+12         | -95%                  | ±0%  |
| Technetium-99                                                                                                                                                       | 1,0E+13                         | 2,0E+14                       | 9,0E+13         | +800%                 | -55% |
| Ruthenium-106                                                                                                                                                       | 1,7E+14                         | 6,3E+13                       | 6,3E+13         | -63%                  | ±0%  |
| Jod-129                                                                                                                                                             | 4,0E+11                         | 2,0E+12                       | 2,0E+12         | +400%                 | ±0%  |
| Cäsium-134                                                                                                                                                          | 1,0E+13                         | 6,6E+12                       | 6,6E+12         | -34%                  | ±0%  |
| Cäsium-137                                                                                                                                                          | 1,1E+14                         | 7,5E+13                       | 7,5E+13         | -32%                  | ±0%  |
| Cerium-144                                                                                                                                                          | 2,2E+13                         | 8,0E+12                       | 8,0E+12         | -64%                  | ±0%  |
| Alpha-Plutonium                                                                                                                                                     | 7,0E+12                         | 7,0E+11                       | 7,0E+11         | -90%                  | ±0%  |
| Plutonium-241                                                                                                                                                       | 1,7E+14                         | 2,7E+13                       | 2,7E+13         | -84%                  | ±0%  |
| Americium-241                                                                                                                                                       | 3,0E+12                         | 3,0E+11                       | 3,0E+11         | -90%                  | ±0%  |
| Total-Alpha                                                                                                                                                         | 1,0E+13                         | 1,0E+12                       | 1,0E+12         | -90%                  | ±0%  |
| Total-Beta                                                                                                                                                          | 5,0E+14                         | 4,0E+14                       | 4,0E+14         | -20%                  | ±0%  |



| <b>Tabelle 3.1-2: Grenzwerte für radioaktive Ableitungen mit der Abluft in Sellafield (1990) nach &lt;MAFF 1989&gt; (in Bq/a)</b> |                 |                       |                 |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|--------------------|
| Nuklid bzw. Nuklidgruppe                                                                                                          | Kamine<br>>70 m | Kamine<br>30 m - 70 m | Kamine<br><30 m | Diffuse<br>Quellen |
| Tritium                                                                                                                           | 1,1E+15         | n.s.b.                | n.s.b.          | n.s.b.             |
| Kohlenstoff-14                                                                                                                    | 3,0E+13         | n.s.b.                | n.s.b.          | n.s.b.             |
| Krypton-85                                                                                                                        | 1,0E+17         | n.s.b.                | n.s.b.          | n.s.b.             |
| Strontium-90                                                                                                                      | 3,5E+09         | 5,4E+09               | 3,0E+09         | n.s.b.             |
| Ruthenium-106                                                                                                                     | 9,0E+09         | 6,0E+10               | n.s.b.          | n.s.b.             |
| Antimon-125                                                                                                                       | n.s.b.          | n.s.b.                | 1,9E+11         | n.s.b.             |
| Jod-129                                                                                                                           | 4,7E+10         | 4,1E+10               | n.s.b.          | n.s.b.             |
| Jod-131                                                                                                                           | 1,4E+11         | 6,4E+10               | n.s.b.          | n.s.b.             |
| Cäsium-137                                                                                                                        | 4,0E+09         | 2,2E+10               | 5,0E+10         | n.s.b.             |
| Alpha-Plutonium                                                                                                                   | 3,1E+09         | 1,9E+08               | 1,1E+08         | n.s.b.             |
| Plutonium-241                                                                                                                     | 3,7E+10         | 7,4E+09               | 3,1E+09         | n.s.b.             |
| Americium-241 + Curium-242                                                                                                        | 9,0E+08         | 3,5E+09               | 1,2E+08         | n.s.b.             |
| Total-Alpha                                                                                                                       | 4,3E+09         | 5,0E+09               | 3,6E+08         | 8,0E+08            |
| Total-Beta                                                                                                                        | 5,8E+10         | 6,2E+10               | 5,8E+10         | 3,0E+10            |
| n.s.b.: nicht separat begrenzt                                                                                                    |                 |                       |                 |                    |

| <b>Tabelle 3.1-3: Grenzwerte für radioaktive Ableitungen mit der Abluft in Sellafield (1999) nach &lt;MAFF 1989&gt;, &lt;DETR 1999&gt; (in Bq/a)</b> |                |                    |                          |                    |                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|
| Nuklid bzw. Nuklidgruppe                                                                                                                             | THORP<br>>90 m | Kaminhöhe<br>>70 m | Kaminhöhe<br>30 m – 70 m | Kaminhöhe<br><30 m | Diffuse<br>Quellen |
| Tritium                                                                                                                                              | 4,3E+13        | 1,4E+15            | n.s.b.                   | n.s.b.             | n.s.b.             |
| Kohlenstoff-14                                                                                                                                       | 8,7E+11        | 5,0E+12            | 1,5E+12                  | n.s.b.             | n.s.b.             |
| Krypton-85                                                                                                                                           | 4,7E+17        | 1,2E+17            | n.s.b.                   | n.s.b.             | n.s.b.             |
| Strontium-90                                                                                                                                         | 7,8E+09        | 1,0E+08            | 1,0E+09                  | 3,0E+09            | n.s.b.             |
| Ruthenium-106                                                                                                                                        | 3,7E+10        | 1,5E+09            | 2,0E+10                  | n.s.b.             | n.s.b.             |
| Antimon-125                                                                                                                                          | n.s.b.         | n.s.b.             | n.s.b.                   | 1,9E+11            | n.s.b.             |
| Jod-129                                                                                                                                              | 3,8E+10        | 3,2E+10            | 4,0E+09                  | n.s.b.             | n.s.b.             |
| Jod-131                                                                                                                                              | n.s.b.         | 4,5E+10            | 1,0E+10                  | n.s.b.             | n.s.b.             |
| Cäsium-137                                                                                                                                           | 1,1E+10        | 4,0E+09            | 5,1E+09                  | 5,0E+10            | n.s.b.             |
| Alpha-Plutonium                                                                                                                                      | 5,0E+08        | 7,0E+08            | 1,1E+08                  | 1,1E+08            | n.s.b.             |
| Plutonium-241                                                                                                                                        | 1,3E+10        | 4,0E+09            | 9,0E+08                  | 3,1E+09            | n.s.b.             |
| Americium-241 + Curium-242                                                                                                                           | 3,9E+08        | 9,0E+08            | 1,0E+08                  | 1,2E+08            | n.s.b.             |
| Total-Alpha                                                                                                                                          | 1,0E+09        | 4,3E+09            | 9,0E+08                  | 3,6E+08            | 5,0E+08            |
| Total-Beta                                                                                                                                           | 2,8E+11        | 5,8E+10            | 1,7E+10                  | 5,8E+10            | 1,3E+10            |
| n.s.b.: nicht separat begrenzt                                                                                                                       |                |                    |                          |                    |                    |



| <b>Tabelle 3.1-4: Emissionsgrenzwerte der Abluft für die BNFL-Gesamtanlage in Sellafield (in Bq/a), die Zu- bzw. Abnahme gegenüber dem Stand von 1990 und der auf die Anlage THORP bezogene Anteil</b> |            |            |                            |                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|----------------------------|---------------------------------------|
| Nuklid bzw. Nuklidgruppe                                                                                                                                                                               | Summe 1990 | Summe 1999 | Zu-/Abnahme gegenüber 1990 | Anteil THORP (bezogen auf Stand 1990) |
| Tritium                                                                                                                                                                                                | 1,10E+15   | 1,44E+15   | +31%                       | 4%                                    |
| Kohlenstoff-14                                                                                                                                                                                         | 3,00E+13   | 7,37E+12   | -75%                       | 3%                                    |
| Krypton-85                                                                                                                                                                                             | 1,00E+17   | 5,90E+17   | +490%                      | 470%                                  |
| Strontium-90                                                                                                                                                                                           | 1,19E+10   | 1,19E+10   | ±0%                        | 66%                                   |
| Ruthenium-106                                                                                                                                                                                          | 6,90E+10   | 5,85E+10   | -15%                       | 54%                                   |
| Antimon-125                                                                                                                                                                                            | 1,90E+11   | 1,90E+11   | ±0%                        | -                                     |
| Jod-129                                                                                                                                                                                                | 8,80E+10   | 7,40E+10   | -16%                       | 43%                                   |
| Jod-131                                                                                                                                                                                                | 2,04E+11   | 5,50E+10   | -73%                       | -                                     |
| Cäsium-137                                                                                                                                                                                             | 7,60E+10   | 7,01E+10   | -8%                        | 14%                                   |
| Alpha-Plutonium                                                                                                                                                                                        | 3,40E+09   | 1,42E+09   | -58%                       | 15%                                   |
| Plutonium-241                                                                                                                                                                                          | 4,71E+10   | 2,10E+10   | -55%                       | 28%                                   |
| Americium-241 + Curium-242                                                                                                                                                                             | 4,52E+09   | 1,51E+09   | -67%                       | 9%                                    |
| Total-Alpha                                                                                                                                                                                            | 1,05E+10   | 7,06E+09   | -33%                       | 10%                                   |
| Total-Beta                                                                                                                                                                                             | 2,08E+11   | 4,26E+11   | +105%                      | 135%                                  |

In der Genehmigung für den Anlagenkomplex in Sellafield sind eine relativ große Zahl an Nukliden bzw. Nuklidgruppen separat aufgeführt. Dies gilt sowohl für das Abwasser als auch für die Abluft.

Für das Abwasser sind neben radiologisch besonders relevanten Nukliden, wie Strontium-90, Ruthenium-106, Jod-129, Cäsium-137, α-Plutonium, auch noch bezüglich der radiologischen Bedeutung weniger wichtige Nuklide wie Kobalt-60, Zirkon-95, Niob-95 und Cer-144 separat limitiert. Als Summenwerte sind des weiteren die α- und β-Strahler begrenzt.

Die unterschiedlichen genehmigten Ableitungsgrenzwerte für das Abwasser spiegeln die durchgeführten Veränderungen im Anlagenbetrieb des Wiederaufbereitungs-

komplexes Sellafield wieder. Mit der Inbetriebnahme der Anlage THORP kommt es gegenüber der bisherigen Praxis für einige Radionuklide (H-3, C-14, Co-60, Tc-99, J-129) zu erhöhten Ableitungen in die Irische See. Dies wurde bei der Festlegung der 1996 gültigen Grenzwerte berücksichtigt. Durch die Inbetriebnahme der Abwasseraufbereitungsanlage EARP kommt es hingegen zu einer Reduktion vor allem von Plutonium und Americium im Abwasser, was sich ebenfalls in den Grenzwerten abzeichnet.

Mit der Inbetriebnahme von EARP kam es jedoch auch zeitlich konzentriert zu sehr großen Emissionen an Technetium-99 und anderen Radionukliden. Hintergrund ist die Ableitung von größeren Mengen seit 1981 zwischengelagerter radioaktiver Abwässer, die durch EARP vorgereinigt werden sollten. Da EARP jedoch nicht für die Abscheidung von Technetium-99 konzipiert ist, wurde und wird dieses Radionuklid in – gegenüber dem Stand der achtziger Jahre – sehr großen Mengen freigesetzt.

Im Nachgang zu dieser Entwicklung entwickelte sich eine Diskussion um die weitere Lagerung von radioaktiven Abwässern. Schließlich stellte BNFL im Jahr 1996 den Antrag, den jährlich zulässigen Abgabewert für Technetium-99 auf  $1,5 \cdot 10^{14}$  Bq zu senken. Gleichzeitig wurde auch die Senkung des Tritium-Grenzwertes von  $3,1 \cdot 10^{15}$  Bq/a auf  $3,0 \cdot 10^{15}$  Bq/a beantragt. Das Ergebnis der Diskussion, die neuen Grenzwerte nach <DETR 1999>, ist in den obigen Tabellen enthalten.

Hinsichtlich des Trends der Höhe zulässiger Emissionen mit dem Abwasser ist festzustellen:

- Gegenüber dem Stand von 1990 gibt es bei Tritium, C-14, Tc-99 und J-129 jeweils um ein vielfaches höhere Emissionsgrenzwerte für das Abwasser.
- Für Co-60 und Sr-90 wurden die Emissionsgrenzwerte für das Abwasser gegenüber 1990 ebenfalls angehoben.
- Gegenüber 1990 abgesenkt wurden die Emissionsgrenzwerte für Zr-95/Nb-95, Ru-106, Cs-134, Cs-137, Ce-144, Alpha-Pu, Pu-241, Am-241, Total-Alpha und Total-Beta, eine Reduzierung um mehr als einen Faktor von etwa 3 gab es allerdings nur für Zr-95/Nb-95.
- Die im November 1999 beschlossenen Reduzierungen betreffen nur Tritium und Tc-99; die zuvor erheblichen Anhebungen der Grenzwerte bei diesen Nukliden wurden nur zu einem sehr geringen Teil zurückgenommen.

Es sei angemerkt, dass die irische Regierung auf die Neufestlegung der Abwassergrenzwerte vom 19.11.1999 enttäuscht reagierte:

„The Government has expressed its disappointment at the size of reductions in discharge limits announced for the British Nuclear Fuels facility at Sellafield. The Minister of State who has responsibility for nuclear safety, Mr Joe



Jacob, said he was particularly disappointed that discharge limits for technetium 99, which has been accumulating in the Irish Sea and along Scandinavian coastlines, were not reduced along the lines he had recommended to UK ministers." <Irish Times 1999>

Die Notwendigkeit weiterer deutlicher Reduzierungen der Aktivitätsabgaben wird aber auch in Großbritannien gesehen, wie aus Ausführungen des Secretary of State for the Environment, Transport and the Regions, John Prescott deutlich wird:

„We do intend however to take further action to reduce discharges. The Environment Agency is embarking on a full-scale review of all radioactive discharges from the Sellafield site. I expect the outcome of the review to enable significant further progress to be made in the achievement of the OSPAR commitments. The review, to the point at which the Environment Agency begins consultations on any proposed changes to the Sellafield authorisations, will be undertaken as soon as possible - and in the case of technetium-99 discharges within six months. The Agency has said that its future strategy is for a substantial reduction in the technetium-99 discharges to sea with the aim of reducing discharges to less than 10 TBq/year by the introduction of new technology.“ <Prescott 1999>

Der auf längere Sicht angestrebte Grenzwert für die Emissionen von Tc-99 ist um den Faktor 9 geringer als der jetzt neu genehmigte Grenzwert.

Bei der Abluft sind die Aktivitätsabgaben für Emissionsquellen unterschiedlicher Höhe begrenzt. Dies rührt daher, dass es beim Anlagenkomplex in Sellafield eine Vielzahl von Emissionsquellen gibt und die durch die Emissionen über die Abluft verursachte Umgebungsbelastung unter anderem auch von der Höhe der Emissionsquelle abhängt.

Die Differenzierung der Grenzwerte für verschiedene Nuklide ändert sich mit der Kaminhöhe. Ursache dafür ist, dass Anlagenteile, die stark selektiv bestimmte Isotope emittieren, wie zum Beispiel das Head-End, über hohe Kamine verfügen. Für alle Emissionsquellen sind  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahler als Summe begrenzt.

Wie in Tabelle 3.1-4 dargestellt, sind gegenüber dem Stand von 1990 überwiegend Erhöhungen der genehmigten Emissionen mit der Abluft erfolgt. Das Ausmaß der Erhöhungen betrug bis zu 470%. Reduziert wurden lediglich die Emissionsgrenzwerte für C-14 (um 76%) und Ru-106 (um 19%). Aus dem in Tabelle 3.1-4 genannten Anteil der Anlage THORP an den genehmigten Emissionsgrenzwerten wird deutlich, dass die Erhöhungen im wesentlichen mit der Inbetriebnahme der Anlage THORP in Zusammenhang standen. Es zeigt sich auch, dass die Anlage THORP den wesentlichsten Emittenten für die radiologisch relevanten Nuklide Sr-90 und J-129 mit der Abluft darstellt.

### 3.1.2 Genehmigte Emissionsgrenzwerte für La Hague

Für die Wiederaufarbeitungsanlagen UP 2-800 und UP 3 in La Hague wurden mit dem Arrêté vom 22. Oktober 1980 <MIR 1980>, erweitert auf die neueren Anlagen mit dem Inkrafttreten des Arrêté vom 28. März 1984 <MIR 1984>, die bis heute für diese Anlage gültigen Emissionsgrenzwerte für den bestimmungsgemäßen Betrieb genehmigt. In diesem Arrêté sind sowohl die jährlichen Grenzwerte für die Abluft als auch die jährlichen Grenzwerte für den Abwasserpfad festgelegt.

Die Emissionen mit der Abluft aus den eigentlichen Wiederaufarbeitungsanlagen erfolgen in La Hague über Kaminhöhen 110 m für die UP 2-800 und 130 m für die UP 3. Separierte Emissionsgrenzwerte für niedrigere Kamine bzw. diffuse Emissionen der anderen Anlagen des Wiederaufarbeitungskomplexes wie in Sellafield existieren für La Hague nicht. Die Emissionen mit dem Abwasser erfolgen in La Hague über eine Pipeline von 5400 m Länge in den Ärmelkanal. Die Austrittsöffnung der Pipeline ist etwa 1700 m von der Küste entfernt gelegen.

In den Tabellen 3.1-5 und 3.1-6 sind die Emissionsgrenzwerte für das Abwasser und für die Abluft aufgelistet.

| <b>Tabelle 3.1-5: Genehmigte Grenzwerte für radioaktive Ableitungen mit dem Abwasser in La Hague nach &lt;Cogema 1989&gt; (in Bq/a)</b> |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Nuklid bzw. Nuklidgruppe                                                                                                                | Grenzwert |
| Tritium                                                                                                                                 | 3,7E+16   |
| Radionuklide außer Tritium                                                                                                              | 1,7E+15   |
| Strontium-90 + Cäsium-137                                                                                                               | 2,2E+14   |
| Alpha-Strahler                                                                                                                          | 1,7E+12   |

| <b>Tabelle 3.1-6: Genehmigte Grenzwerte für radioaktive Ableitungen mit der Abluft in La Hague nach &lt;Cogema 1989&gt; (in Bq/a)</b> |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Nuklid bzw. Nuklidgruppe                                                                                                              | Grenzwert |
| Krypton-85                                                                                                                            | 4,8E+17   |
| Tritium                                                                                                                               | 2,2E+15   |
| Halogene                                                                                                                              | 1,1E+11   |
| Aerosole                                                                                                                              | 7,4E+10   |



Auffällig bei der Struktur der französischen Genehmigungsgrenzwerte ist die relativ kleine Zahl von Nukliden bzw. Nuklidgruppen, die separat limitiert sind. Dies gilt sowohl für den Abwasser- als auch für den Abluftpfad.

Beim Abwasser gibt es lediglich Grenzwerte für vier Nuklide bzw. Nuklidgruppen. Neben Tritium ist die Summe von Strontium-90 und Cäsium-137 als radiologisch relevante Spaltprodukt nuklide limitiert. Ein weiterer Grenzwert existiert für die Summe der  $\alpha$ -Strahler, darunter fallen in der Hauptsache die verschiedenen Plutoniumisotope sowie Americium-241. Im übrigen gibt es einen umfassenden Grenzwert für alle Radionuklide außer Tritium.

Auch bei der Abluft ist Tritium als Einzelnuklid begrenzt. Im Arrêté von 1984 sind außerdem "Gase außer Tritium" limitiert, <COGEMA 1989> interpretiert dies als Krypton-85-Begrenzung. Weitere Grenzwerte gibt es für Halogene, unter die in der Hauptsache Jod und damit vor allem die Jodisotope Jod-131 und Jod-129 fallen. Auch für Aerosole ist ein Grenzwert festgesetzt.

Veränderungen an den Emissionsgrenzwerten für La Hague hat es in den letzten 10 Jahren nicht gegeben.

### **3.2 Gemessene Emissionen radioaktiver Stoffe in den neunziger Jahren**

Im folgenden Kapitel werden die gemessenen tatsächlichen Emissionen der Wiederaufarbeitungsanlagenkomplexe in Sellafield und La Hague untersucht. Die Untersuchung beschränkt sich auf die fünf jüngsten Jahre, für die die entsprechenden Daten vorliegen. In der Vergangenheit sind für viele Radionuklide sowohl in La Hague als auch in Sellafield sehr viel höhere Emissionen erfolgt. Das Ziel des vorliegenden Gutachtens ist aber die Beurteilung der derzeitigen radiologischen Situation an den Standorten, so dass auf die historischen Emissionen hier nicht einzugehen ist. Relevant werden diese erst im Zusammenhang mit der Bewertung der bestehenden Immissionssituation (siehe Kapitel 5).

Die realen Abgaben einer Anlage über den Abwasser- oder Abluftpfad zeigen unabhängig von den Genehmigungsgrenzwerten wie stark die Umgebung und die Bevölkerung real durch die Anlage mit radioaktiven Stoffen belastet werden. Die realen Abgaben spiegeln die Qualität der Anlage bezüglich der Rückhaltetechnik für radioaktive Stoffe und Bemühungen der Betreiber, die radioaktive Emissionen in die Umwelt über die Einhaltung der Grenzwerte hinaus so niedrig wie möglich zu halten, um die Belastungen der Umgebung und der Bevölkerung zu minimieren, wieder.

### 3.2.1 Gemessene tatsächliche Emissionen in Sellafield

Für die Beurteilung der aktuellen Emissionssituation in Sellafield sind in Tabelle 3.2-1 die radioaktiven Ableitungen in die Irische See aus Sellafield von 1994 bis 1998 aufgelistet. Die Daten stammen aus den jährlichen Berichten des britischen Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAFF) und der Scottish Environment Protection Agency (SEPA). Tabelle 3.2-2 zeigt die Emissionen über die Abluft aus Sellafield über die verschiedenen Kamine, ebenfalls für die Jahre 1994 bis 1998. In den Abbildungen 3.2-1 und 3.2-2 sind die Emissionsdaten für relevante Nuklide graphisch dargestellt.

| <b>Tabelle 3.2-1: Emissionen mit dem Abwasser in Sellafield in den Jahren 1994 bis 1998 nach &lt;MAFF 1995-1999&gt; (in Bq/a)</b> |          |          |          |          |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Nuklid bzw. Nuklid-gruppe                                                                                                         | 1994     | 1995     | 1996     | 1997     | 1998     |
| Tritium                                                                                                                           | 1,70E+15 | 2,70E+15 | 3,00E+15 | 2,60E+15 | 2,30E+15 |
| Kohlenstoff-14                                                                                                                    | 8,20E+12 | 1,20E+13 | 1,10E+13 | 4,40E+12 | 3,70E+12 |
| Cobalt-60                                                                                                                         | 1,10E+11 | 1,30E+12 | 4,30E+11 | 1,50E+12 | 2,40E+12 |
| Strontium-90                                                                                                                      | 2,90E+13 | 2,80E+13 | 1,60E+13 | 3,70E+13 | 1,80E+13 |
| Zirkonium-95 + Niob-95                                                                                                            | 3,20E+12 | 7,40E+11 | 1,20E+12 | 3,60E+11 | 6,50E+11 |
| Technetium-99                                                                                                                     | 7,20E+13 | 1,90E+14 | 1,60E+14 | 8,40E+13 | 5,30E+13 |
| Ruthenium-106                                                                                                                     | 6,80E+12 | 7,30E+12 | 9,00E+12 | 9,80E+12 | 5,60E+12 |
| Jod-129                                                                                                                           | 1,60E+11 | 2,50E+11 | 4,10E+11 | 5,20E+11 | 5,50E+11 |
| Cäsium-134                                                                                                                        | 6,10E+11 | 5,10E+11 | 2,70E+11 | 3,00E+11 | 3,20E+11 |
| Cäsium-137                                                                                                                        | 1,40E+13 | 1,20E+13 | 1,00E+13 | 7,90E+12 | 7,50E+12 |
| Cer-144                                                                                                                           | 8,40E+11 | 1,10E+12 | 7,80E+11 | 4,90E+11 | 7,60E+11 |
| Alpha-Plutonium                                                                                                                   | 6,60E+11 | 3,10E+11 | 2,10E+11 | 1,50E+11 | 1,40E+11 |
| Plutonium-241                                                                                                                     | 1,40E+13 | 7,70E+12 | 4,40E+12 | 3,30E+12 | 3,50E+12 |
| Americium-241                                                                                                                     | 3,80E+11 | 1,10E+11 | 7,40E+10 | 5,10E+10 | 4,70E+10 |
| Total-Alpha                                                                                                                       | k.A.     | 4,00E+11 | 2,80E+11 | 1,90E+11 | 1,70E+11 |
| Total-Beta                                                                                                                        | k.A.     | 1,90E+14 | 1,40E+14 | 1,40E+14 | 8,60E+13 |
| k.A.: keine Angabe                                                                                                                |          |          |          |          |          |

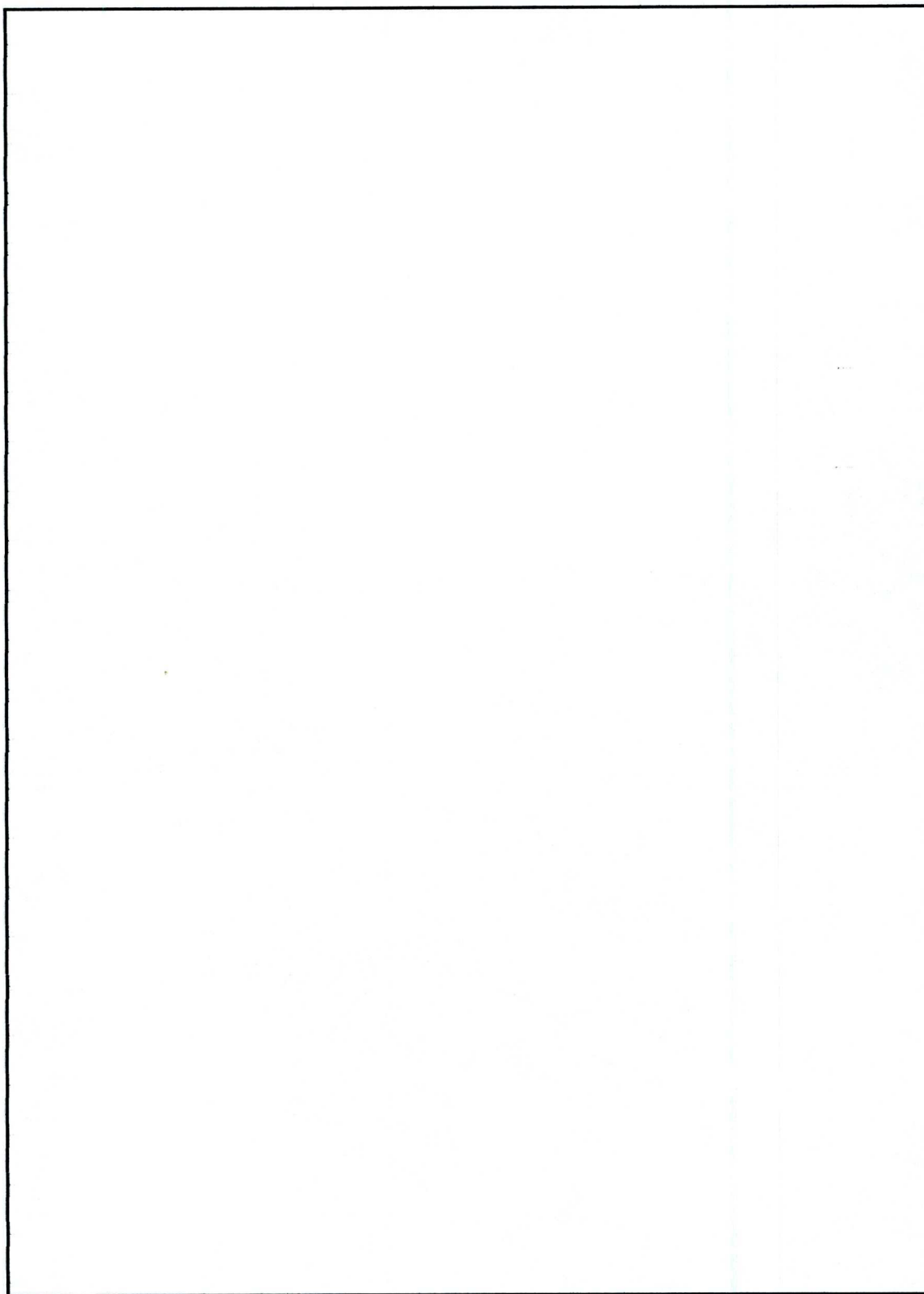


**Tabelle 3.2-2: Emissionen mit der Abluft in Sellafield in den Jahren 1994 bis 1998 nach <MAFF 1995-1999> (in Bq/a)**

| Nuklid bzw. Nuklidgruppe   | 1994     | 1995     | 1996     | 1997     | 1998     |
|----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Tritium                    | 5,50E+14 | 5,90E+14 | 5,30E+14 | 1,60E+14 | 2,50E+14 |
| Kohlenstoff-14             | 1,00E+12 | 7,10E+11 | 6,30E+11 | 1,60E+12 | 2,60E+12 |
| Schwefel-35                | 1,00E+11 | 1,40E+11 | 1,40E+11 | 9,00E+10 | 1,50E+11 |
| Argon-41                   | 2,50E+15 | 2,40E+15 | 2,60E+15 | 2,50E+15 | 2,50E+15 |
| Cobalt-60                  | 4,20E+08 | 5,50E+07 | 4,80E+07 | 8,20E+07 | 5,30E+07 |
| Krypton-85                 | 3,80E+16 | 9,70E+16 | 9,40E+16 | 9,60E+16 | 9,90E+16 |
| Strontium-90               | 1,60E+08 | 9,50E+07 | 1,20E+08 | 9,80E+07 | 6,00E+07 |
| Ruthenium-106              | 9,10E+08 | 8,00E+08 | 8,80E+08 | 7,10E+09 | 1,10E+09 |
| Antimon-125                | 6,90E+08 | 1,00E+09 | 7,60E+08 | 2,20E+08 | 1,90E+08 |
| Jod-129                    | 2,40E+10 | 2,00E+10 | 2,42E+10 | 2,50E+10 | 2,70E+10 |
| Jod-131                    | 1,70E+09 | 1,20E+09 | 2,30E+09 | 2,60E+09 | 3,20E+09 |
| Cäsium-137                 | 6,80E+08 | 6,10E+08 | 8,40E+08 | 6,20E+08 | 4,40E+08 |
| Alpha-Plutonium            | 1,10E+08 | 5,30E+07 | 6,50E+07 | 1,00E+08 | 3,40E+07 |
| Plutonium-241              | 9,70E+08 | 7,60E+08 | 5,80E+08 | 7,90E+08 | 2,70E+08 |
| Americium-241 + Curium-242 | 7,50E+07 | 3,80E+07 | 4,90E+07 | 6,40E+07 | 5,00E+07 |
| Total-Alpha                | 1,70E+08 | 1,53E+08 | 1,20E+08 | 2,10E+08 | 1,10E+08 |
| Total-Beta                 | 4,90E+09 | 5,36E+09 | 2,10E+09 | 1,70E+09 | 1,50E+09 |

Die hohe radioaktive Belastung der Irischen See wurde durch die Abwassereinleitungen von Sellafield hauptsächlich in der Zeit von Mitte der sechziger bis Anfang der achtziger Jahre sowie die Einleitung der zwischengelagerten Abwässer durch die Anlage EARP ab 1994 bedingt. Ab Anfang der achtziger Jahre sind die Emissionen (mit Ausnahme der o.g. Einleitungen durch EARP) zurückgegangen.

**Abbildung 3.2-1: Emissionen relevanter Radionuklide mit dem Abwasser aus Sellafield in den Jahren 1994 bis 1998 (in Bq/a)**





**Abbildung 3.2-2: Emissionen relevanter Radionuklide mit der Abluft aus Sellafield in den Jahren 1994 bis 1998 (in Bq/a)**



Ein deutlicher Abwärtstrend der tatsächlichen Emissionen ist für die Jahre 1994 bis 1998 nicht zu verzeichnen (siehe auch Abbildung 3.2-1). Während beispielsweise die Gesamt-Alpha-Emissionen mit dem Abwasser als Ergebnis der Inbetriebnahme von EARP etwas zurückgegangen sind, sind die Jod-129-Emissionen zwischen 1994 und 1998 kontinuierlich angestiegen. Dies ist auf die Inbetriebnahme der Anlage THORP zurückzuführen, wobei zu beachten ist, dass die dort aufgearbeiteten abgebrannten Brennelemente wegen ihres relativ höheren Abbrandes höhere auf die Schwermetallmenge bezogene Jod-129-Inventare enthalten als die in der Anlage B 205 aufgearbeiteten abgebrannten Brennelemente.

In der Abluft sind die gemessenen Aktivitätsabgaben in den Jahren 1994 bis 1998 relativ konstant (siehe Abbildung 3.2-2).

### 3.2.2 Gemessene tatsächliche Emissionen in La Hague

Die nachfolgend angegebenen Abgabewerte für die Anlage La Hague sind alle der Zusammenstellung der Groupe Radioécologie Nord-Cotentin entnommen <GRNC 1999>. Die aus 50 französischen und internationalen Experten bestehende Groupe Radioécologie Nord-Cotentin untersuchte seit 1997 Ursachen für die Häufung der Leukämie-Erkrankungen in der um La Hague gelegenen Region Nord-Cotentin. Der Abschlußbericht zu diesen Arbeiten wurde im Juli 1999 veröffentlicht.

Die Tabelle 3.2-3 gibt einen Überblick über die Abwasserabgaben aus La Hague in den Jahren 1992 bis 1996. Die Tabelle 3.2-4 listet die Emissionen über die Abluft aus der Anlage in La Hague zwischen den Jahren 1992 und 1996 auf. In den Abbildungen 3.2-3 und 3.2-4 sind die Daten für relevante Radionuklide graphisch dargestellt.

Im Zeitraum 1992 bis 1996 sind für Tritium die gemessenen Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser angestiegen (siehe Abbildung 3.2-3). Die Emissionen der Nuklide Sr-90/Y-90, Tc-99, J-129 und Pu-239/240 sind in diesem Zeitraum insgesamt leicht rückläufig. Für Ru-106/Rh-106 und Cs-137 ist keine eindeutige Tendenz erkennbar. Gegenüber den Emissionen Mitte der achtziger Jahre zeigen sich im Abwasser insbesondere bei Ruthenium und Cäsium um etwa eine Größenordnungen niedrigere Emissionen.

Steigende Aktivitätsabgaben mit dem Abgas zeigen sich im Zeitraum 1992 bis 1996 für Kr-85, C-14, J-129 und Tritium (siehe Abbildung 3.2-4). Dabei dominieren die Krypton-Abgaben die Emissionen über die Abluft. Die Ursache ist im gesteigerten Anlagen-durchsatz und höheren Abbränden der durchgesetzten abgebrannten Brennelemente zu sehen. Deutliche Änderungen gegenüber den Emissionen Mitte der achtziger Jahre zeigen sich in der Abluft nur bei Krypton. Hier liegen die aktuelleren Werte um etwa eine Größenordnung über dem damaligen Niveau.

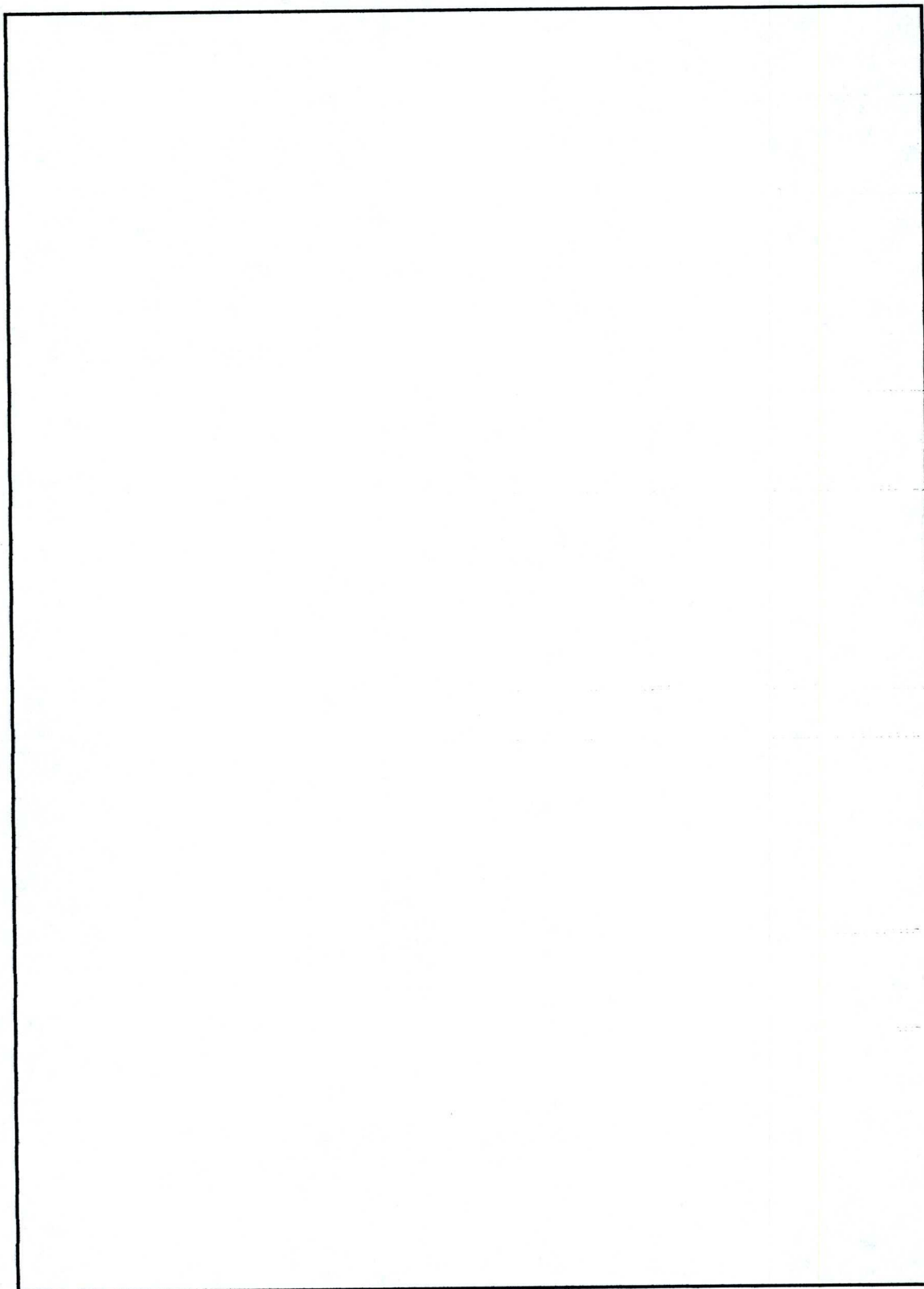


| <b>Tabelle 3.2-3: Emissionen mit dem Abwasser in La Hague in den Jahren 1992 bis 1996 nach &lt;GRNC 1999&gt; (in Bq/a)</b> |          |          |          |          |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Nuklid bzw. Nuklid-<br>gruppe                                                                                              | 1992     | 1993     | 1994     | 1995     | 1996     |
| Tritium                                                                                                                    | 3,80E+15 | 5,20E+15 | 8,10E+15 | 9,60E+15 | 1,10E+16 |
| Kohlenstoff-14                                                                                                             | -        | -        | -        | -        | 9,90E+12 |
| Kobalt-60                                                                                                                  | 1,20E+12 | 1,80E+12 | 5,30E+11 | 5,50E+11 | 3,90E+11 |
| Strontium-90 + Yttrium-90                                                                                                  | 3,50E+13 | 4,90E+13 | 3,10E+13 | 3,00E+13 | 1,10E+13 |
| Technetium-99                                                                                                              | 4,70E+11 | 6,40E+11 | 3,70E+11 | 1,00E+11 | 1,20E+11 |
| Ruthenium-106 + Rhodium-106                                                                                                | 2,30E+13 | 1,70E+13 | 2,80E+13 | 1,50E+13 | 1,70E+13 |
| Antimon-125                                                                                                                | 1,80E+13 | 6,70E+12 | 7,20E+12 | 3,00E+12 | 2,00E+12 |
| Jod-129                                                                                                                    | 4,80E+11 | 6,50E+11 | 1,10E+11 | 1,50E+11 | 1,70E+11 |
| Jod-131                                                                                                                    | -        | 2,20E+09 | 3,70E+09 | 7,00E+09 | 7,20E+09 |
| Jod-133                                                                                                                    | -        | 7,20E+08 | 2,00E+09 | 1,60E+09 | 2,30E+09 |
| Cäsium-134                                                                                                                 | 3,00E+11 | 4,50E+11 | 1,20E+12 | 3,60E+11 | 1,70E+11 |
| Cäsium-137                                                                                                                 | 3,00E+12 | 4,40E+12 | 1,10E+13 | 4,60E+12 | 2,40E+12 |
| Plutonium-239/240                                                                                                          | 1,50E+10 | 1,20E+10 | 9,80E+09 | 5,70E+09 | 4,60E+09 |
| Plutonium-241                                                                                                              | 1,10E+12 | 9,70E+11 | 9,10E+11 | 4,80E+11 | 2,20E+11 |
| Americium-241                                                                                                              | 1,20E+10 | 1,20E+10 | 6,90E+09 | 7,10E+09 | 1,90E+09 |

| <b>Tabelle 3.2-4: Emissionen mit der Abluft in La Hague in den Jahren 1992 bis 1996<br/>nach &lt;GRNC 1999&gt; (in Bq/a)</b> |          |          |          |          |          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Nuklid bzw. Nuklid-<br>gruppe                                                                                                | 1992     | 1993     | 1994     | 1995     | 1996     |
| Tritium                                                                                                                      | 3,00E+13 | 4,20E+13 | 5,50E+13 | 8,40E+13 | 7,50E+13 |
| Kohlenstoff-14                                                                                                               | 2,00E+12 | 3,80E+12 | 5,40E+12 | 8,50E+12 | 1,20E+13 |
| Kobalt-60                                                                                                                    | -        | 9,50E+04 | 1,30E+05 | -        | -        |
| Krypton-85                                                                                                                   | 9,50E+16 | 1,20E+17 | 1,80E+17 | 2,30E+17 | 2,60E+17 |
| Ruthenium-106 + Rho-<br>dium-106                                                                                             | 7,80E+05 | -        | 1,40E+06 | 1,50E+07 | 1,30E+07 |
| Tellur-125m                                                                                                                  | 1,10E+05 | 7,50E+04 | -        | 4,90E+04 | 3,60E+04 |
| Jod-129                                                                                                                      | 1,10E+10 | 1,00E+10 | 2,10E+10 | 3,20E+10 | 3,80E+10 |
| Jod-131                                                                                                                      | 3,80E+08 | 5,80E+08 | 4,90E+08 | 7,80E+08 | 1,50E+09 |
| Jod-133                                                                                                                      | 1,10E+08 | 2,30E+08 | 2,20E+08 | 2,70E+08 | 4,10E+08 |
| Cäsium-137                                                                                                                   | 1,60E+05 | 1,50E+05 | 3,90E+05 | 1,40E+05 | 3,50E+05 |
| Plutonium-238                                                                                                                | 1,10E+04 | 1,30E+04 | 9,00E+03 | 7,30E+03 | 1,60E+04 |
| Plutonium-239/240                                                                                                            | 1,10E+04 | 9,10E+03 | 6,40E+03 | 5,10E+03 | 8,10E+03 |



**Abbildung 3.2-3: Emissionen relevanter Radionuklide mit dem Abwasser aus La Hague in den Jahren 1992 bis 1996 (in Bq/a)**



**Abbildung 3.2-4: Emissionen relevanter Radionuklide mit der Abluft aus  
La Hague in den Jahren 1992 bis 1996 (in Bq/a)**





## **4. Ergebnisse von Immissionsmessungen in der Umgebung von Sellafield und La Hague**

Im folgenden Kapitel werden Ergebnisse von Immissionsmessungen aus der näheren und weiteren Umgebung von Sellafield und La Hague referiert. Es wurden vor allem solche Daten ausgewählt, die hier im Hinblick auf die Ermittlung möglicher Strahlenexpositionen relevant sind.

Aufgrund der Unterschiede in den Immissionsüberwachungsprogrammen in Großbritannien und Frankreich ist es nicht möglich, einheitliche bzw. direkt vergleichbare Datensätze zu erhalten. Im allgemeinen beruhen die hier referierten Daten auf Behörden- bzw. Betreibermessungen. Für La Hague musste zusätzlich auf Messungen anderer Institutionen zurück gegriffen werden, um eine für die Beurteilung der Immissionssituation ausreichende Datenbasis zu erhalten.

### **4.1 Immissionsmesswerte aus der Umgebung von Sellafield**

In Kapitel 4.1 werden die ausgewählten Immissionsmesswerte für Sellafield zusammengestellt. Es handelt sich dabei um die jeweils neusten publizierten Messwerte des Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Die Immissionsmesswerte haben sämtlich einen Bezug zu den Emissionen des Wiederaufarbeitungscomplexes in die Irische See. Für die Berechnungen von möglichen Strahlenexpositionen durch Emissionen mit der Fortluft wird hier von theoretischen Modellansätzen ausgegangen (siehe Kapitel 5), da sich auf diese Weise eine bessere Prüfbarkeit der Anforderungen, die nach deutschem Recht an den Strahlenschutz zu stellen wären, ergibt.

Auswahlkriterium für die nachfolgenden referierten Immissionsmesswerte waren zum einen der Bezug auf Emissionen des Anlagenkomplexes Sellafield und zum anderen die Nutzbarkeit für die szenarienbezogenen Dosisermittlungen.

In den Tabellen 4.1-1 bis 4.1-3 sind Messwerte von verschiedenen Meerestieren aus dem Jahr 1998 angegeben. Genannt ist jeweils der Mittelwert über die jeweilige Probenzahl. Ebenfalls angegeben ist stets der Herkunftsort der Proben. Tabelle 4.1-4 enthält Daten zu Blasentang. In Tabelle 4.1-5 sind Nuklidkonzentrationen in Sedimenten zusammengestellt. Gemessene Ortsdosisleistungen an der Küste der Irischen See sind in Tabelle 4.1-6 ausgewiesen. In Zusammenhang mit Tabelle 4.1-5 zeigt sich der Bezug zu Sellafield wegen der künstlichen Radionuklide.

Zur besseren Übersicht über die Herkunftsorte von Proben dient Abbildung 4.1-1.

**Tabelle 4.1-1: Mittlere Beta-/Gamma-Aktivität in Fisch aus der Irischen See 1998 nach <MAFF 1999> (in Bq/kg Frischgewicht)**

| Probenahmeort        |             | Proben-<br>zahl | Nuklid |       |       |       |       |       |        |        |        |        | Beta<br>total |
|----------------------|-------------|-----------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|---------------|
|                      |             |                 | C-14   | Co-60 | Sr-90 | Zr-95 | Nb-95 | Tc-99 | Ru-106 | Cs-134 | Cs-137 | Ce-144 |               |
| Sellafield, Küste    | Kabeljau    | 8               | -      | <0,50 | -     | <0,42 | <0,46 | -     | <1,4   | <0,17  | 12     | <0,85  | 170           |
| Sellafield, Küste    | Scholle     | 4               | -      | <0,45 | -     | <0,42 | <0,44 | -     | <1,4   | <0,17  | 9      | <0,78  | 170           |
| Sellafield, Küste    | Meeräsche   | 1               | -      | 0,39  | -     | <0,48 | <0,58 | -     | <1,6   | <0,17  | 9      | <0,67  | -             |
| Sellafield, Küste    | Barsch      | 1               | -      | <0,15 | -     | <0,47 | <0,60 | -     | <1,3   | <0,14  | 24     | <0,57  | -             |
| Sellafield, offshore | Kabeljau    | 2               | 84     | <0,22 | 0,094 | <0,29 | <0,24 | 2,5   | <1,2   | <0,13  | 8,6    | <0,65  | -             |
| Sellafield, offshore | Scholle     | 2               | 140    | <0,21 | 0,16  | <0,11 | <0,10 | 14    | <0,41  | <0,04  | 6,6    | <0,19  | -             |
| Sellafield, offshore | Dab         | 2               | -      | <0,28 | -     | <0,27 | <0,24 | -     | <0,12  | <0,15  | 9,1    | <0,66  | -             |
| Sellafield, offshore | Merlan      | 2               | -      | <0,12 | -     | <0,23 | <0,19 | -     | <1,0   | <0,11  | 14     | <0,64  | -             |
| Sellafield, offshore | Schellfisch | 1               | -      | <0,12 | -     | <0,23 | <0,20 | -     | <0,93  | <0,11  | 2,7    | <0,46  | -             |



| Tabelle 4.1-2: Mittlere Beta-/Gamma-Aktivität in Schalentieren aus der Irischen See 1998 nach <MAFF 1999> (in Bq/kg Frischgewicht) |                    |            |        |       |       |        |       |       |       |        |        |         |        |        |        |        |        |        |        |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|
| Probenahmeort                                                                                                                      |                    | Probenzahl | Nuklid |       |       |        |       |       |       |        |        |         |        |        |        |        |        |        |        | Beta total |
|                                                                                                                                    |                    |            | C-14   | Co-60 | Zn-65 | Sr-90  | Zr-95 | Nb-95 | Tc-99 | Ru-103 | Ru-106 | Ag-110m | Sb-125 | Cs-134 | Cs-137 | Ce-144 | Pm-147 | Eu-154 | Eu-155 |            |
| Sellafield, Küste                                                                                                                  | Krabben            | 8          | 160    | 3,7   | <0,20 | 1,8    | <0,22 | <0,29 | 51    | <0,19  | <0,27  | 4       | <0,23  | <0,09  | 2,8    | <0,37  | 0,41   | <0,22  | <0,14  | 160        |
| Sellafield, Küste                                                                                                                  | Hummer             | 8          | 240    | 3,1   | <0,41 | 0,42   | <0,45 | 0,63  | 7700  | <0,40  | <2,4   | 8,1     | <0,39  | <0,17  | 4,5    | <0,66  | 0,73   | <0,45  | <0,30  | 4700       |
| Sellafield, Küste                                                                                                                  | Strand-schnecken   | 4          | 150    | 14    | <0,52 | 5,2    | <1,1  | <0,95 | 800   | <0,60  | 59     | 12      | <0,12  | <0,22  | 10     | <2,0   | 2,2    | <0,63  | <0,44  | -          |
| Sellafield, Küste                                                                                                                  | Muscheln           | 4          | -      | 7,8   | <0,43 | 1,5    | <1,1  | <1,8  | -     | <0,88  | 31     | <0,44   | <0,57  | <0,17  | 3,2    | <1,1   | -      | <0,49  | <0,34  | -          |
| Sellafield, Küste                                                                                                                  | Napf-schnecken     | 4          | 88     | 8,6   | <0,31 | 9,4    | <0,37 | <0,50 | 1300  | <0,33  | 45     | 6,6     | 2,1    | <0,14  | 14     | <0,80  | -      | <0,44  | <0,29  | -          |
| Sellafield, Küste                                                                                                                  | Wellhorn-schnecken | 1          | 190    | 5,9   | <0,36 | <0,090 | <0,42 | <0,76 | 130   | <0,41  | 15     | 13      | <0,37  | <0,14  | 1,7    | <0,59  | -      | <0,38  | <0,24  | -          |
| Drigg                                                                                                                              | Strand-schnecken   | 4          | 160    | 32    | <0,47 | -      | <0,46 | <0,51 | 2100  | <0,32  | 96     | 22      | <1,3   | <0,22  | 12     | <2,0   | 3,2    | <0,49  | <0,54  | 1700       |
| Ravenglass                                                                                                                         | Hummer             | 4          | -      | 2     | <0,27 | 0,25   | <0,32 | 0,42  | 3600  | <0,30  | <1,6   | 5       | <0,26  | <0,10  | 3,7    | <0,48  | -      | <0,30  | <0,22  | 2500       |
| Isle of Man                                                                                                                        | Hummer             | 4          | -      | <0,16 | <0,35 | -      | <0,42 | <0,50 | 220   | <0,40  | <1,5   | <0,25   | <0,33  | <0,14  | 0,51   | <0,60  | -      | <0,43  | <0,26  | 210        |
| Nordirland                                                                                                                         | <i>Nephrops</i>    | 7          | -      | <0,08 | <0,21 | -      | <0,33 | <0,58 | 79    | <0,43  | <0,77  | <0,15   | <0,19  | <0,08  | 1,2    | <0,41  | -      | <0,24  | <0,18  | -          |
| Nordirland                                                                                                                         | Hummer             | 6          | -      | <0,19 | <0,49 | -      | <0,99 | <1,9  | 190   | <1,3   | <2,0   | <0,36   | <0,43  | <0,19  | <0,39  | <0,94  | -      | <0,51  | <0,39  | -          |
| Nordirland                                                                                                                         | Strand-schnecken   | 3          | -      | <0,07 | <0,17 | -      | <0,33 | <0,63 | -     | <0,46  | <0,71  | <0,15   | <0,18  | <0,07  | 0,37   | <0,47  | -      | <0,18  | <0,21  | -          |
| Nordirland                                                                                                                         | Muscheln           | 1          | -      | <0,22 | <0,61 | -      | <1,3  | <2,6  | 61    | <1,8   | <2,5   | <0,44   | <0,53  | <0,23  | 1,5    | <1,1   | -      | <0,65  | <0,44  | -          |

| <b>Tabelle 4.1-3: Mittlere Transuranaktivität in Schalentieren der Irischen See 1998 nach &lt;MAFF 1999&gt; (in Bq/kg Frischgewicht)</b> |                 |                 |        |        |                   |        |        |        |                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|--------|--------|-------------------|--------|--------|--------|-------------------|
| Probenahmeort                                                                                                                            |                 | Proben-<br>zahl | Nuklid |        |                   |        |        |        |                   |
|                                                                                                                                          |                 |                 | Np-237 | Pu-238 | Pu-239+<br>Pu-240 | Pu-241 | Am-241 | Cm-242 | Cm-243+<br>Cm-244 |
| Sellafield, Küste                                                                                                                        | Strandschnecken | 1               | 0,032  | 2,3    | 11                | 130    | 20     | 0,039  | 0,040             |
| Sellafield, Küste                                                                                                                        | Napfschnecken   | 1               | -      | 3,2    | 16                | 190    | 28     | 0,053  | 0,041             |
| St. Bees                                                                                                                                 | Strandschnecken | 1               | 0,053  | 3,9    | 19                | 230    | 34     | -      | 0,063             |
| St. Bees                                                                                                                                 | Muscheln        | 2               | -      | 2,8    | 13                | 170    | 23     | 0,036  | 0,039             |
| Nethertown                                                                                                                               | Strandschnecken | 4               | 0,048  | 3,4    | 17                | 200    | 31     | <0,030 | 0,054             |
| Drigg                                                                                                                                    | Strandschnecken | 4               | 0,054  | 3,8    | 18                | 210    | 32     | <0,049 | 0,072             |
| Ravenglass                                                                                                                               | Herzmuscheln    | 1               | -      | 2,1    | 10                | 130    | 29     | -      | 0,083             |
| Tarnbay                                                                                                                                  | Strandschnecken | 1               | -      | 2,7    | 13                | 150    | 24     | 0,03   | 0,060             |
| Parton                                                                                                                                   | Strandschnecken | 1               | -      | 2,3    | 12                | 140    | 20     | 0,044  | 0,040             |



| Tabelle 4.1-4: Mittlere Aktivität in Blasentang der Irischen See 1998 nach <MAFF 1999> (in Bq/kg Frischgewicht) |                 |        |       |       |       |       |       |        |             |        |       |        |        |        |        |        |                   |        |        |                       |               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------|--------|--------|-----------------------|---------------|
| Probenahmeort                                                                                                   | Proben-<br>zahl | Nuklid |       |       |       |       |       |        |             |        |       |        |        |        |        |        |                   |        |        |                       |               |
|                                                                                                                 |                 | C-14   | Co-60 | Sr-90 | Zr-95 | Nb-95 | Tc-99 | Ru-106 | Ag-<br>110m | Sb-125 | I-129 | Cs-134 | Cs-137 | Ce-144 | Eu-155 | Pu 283 | Pu 239+<br>Pu-240 | Am 241 | Cm-242 | Cm-<br>243+<br>Cm-244 | Beta<br>total |
| England                                                                                                         |                 |        |       |       |       |       |       |        |             |        |       |        |        |        |        |        |                   |        |        |                       |               |
| St. Bees                                                                                                        | 4               | 45     | 12    | 1,6   | <0,14 | <0,13 | 7700  | 4      | 2,8         | 0,37   | 3,6   | <0,07  | 5,3    | <0,23  | <0,12  | 1,2    | 5,7               | 2,7    | 0,0039 | 0,0037                | -             |
| Sellafield                                                                                                      | 4               | -      | 34    | 4,5   | <0,49 | <0,49 | 20000 | <12    | 8,5         | <0,97  | -     | <0,19  | 9,3    | <0,75  | <0,41  | 3,1    | 14                | 5,7    | 0,012  | 0,014                 | 14000         |
| Isle of Man                                                                                                     | 3               | -      | <0,14 | -     | <0,27 | <0,24 | 1500  | <1,0   | 0,19        | <0,24  | -     | <0,11  | 1,3    | <0,43  | <0,21  | -      | -                 | <0,24  | -      | -                     | 1300          |
| Schottland                                                                                                      |                 |        |       |       |       |       |       |        |             |        |       |        |        |        |        |        |                   |        |        |                       |               |
| Port William                                                                                                    | 8               | -      | <0,27 | -     | <0,33 | <0,18 | 1900  | <0,84  | <0,13       | <0,30  | -     | <0,10  | 2      | <0,43  | 0,32   | -      | -                 | <0,44  | -      | -                     | -             |
| Garlieston                                                                                                      | 8               | -      | <0,75 | -     | <0,32 | <0,25 | 2800  | <1,1   | <0,18       | <0,33  | -     | <0,10  | 4,3    | <0,44  | <0,32  | -      | -                 | 3,9    | -      | -                     | -             |
| Auchencairn                                                                                                     | 8               | -      | 1     | -     | <0,33 | <0,17 | 3200  | <1,1   | <0,16       | <0,33  | -     | <0,10  | 6,3    | <0,44  | <0,29  | -      | -                 | 2,6    | -      | -                     | -             |
| Dumfries                                                                                                        | 1               | -      | -     | -     | -     | -     | 7200  | -      | -           | -      | -     | -      | -      | -      | -      | -      | -                 | -      | -      | -                     | -             |
| Machrahanish                                                                                                    | 1               | -      | -     | -     | -     | -     | 1400  | -      | -           | -      | -     | -      | -      | -      | -      | -      | -                 | -      | -      | -                     | -             |
| Girvan                                                                                                          | 1               | -      | -     | -     | -     | -     | 4200  | -      | -           | -      | -     | -      | -      | -      | -      | -      | -                 | -      | -      | -                     | -             |
| Hunterston                                                                                                      | 1               | -      | -     | -     | -     | -     | 1800  | -      | -           | -      | -     | -      | -      | -      | -      | -      | -                 | -      | -      | -                     | -             |
| Nordirland                                                                                                      |                 |        |       |       |       |       |       |        |             |        |       |        |        |        |        |        |                   |        |        |                       |               |
| Ardglass                                                                                                        | 3               | -      | <0,10 | -     | <0,34 | <0,46 | 400   | <0,94  | <0,18       | <0,22  | -     | <0,10  | 0,74   | <0,48  | <0,21  | -      | -                 | <0,20  | -      | -                     | -             |
| Carlingford<br>Lough                                                                                            | 3               | -      | <0,07 | -     | <0,21 | <0,26 | 760   | <0,64  | <0,12       | <0,16  | -     | <0,07  | 0,99   | <0,35  | <0,16  | -      | -                 | <0,15  | -      | -                     | -             |

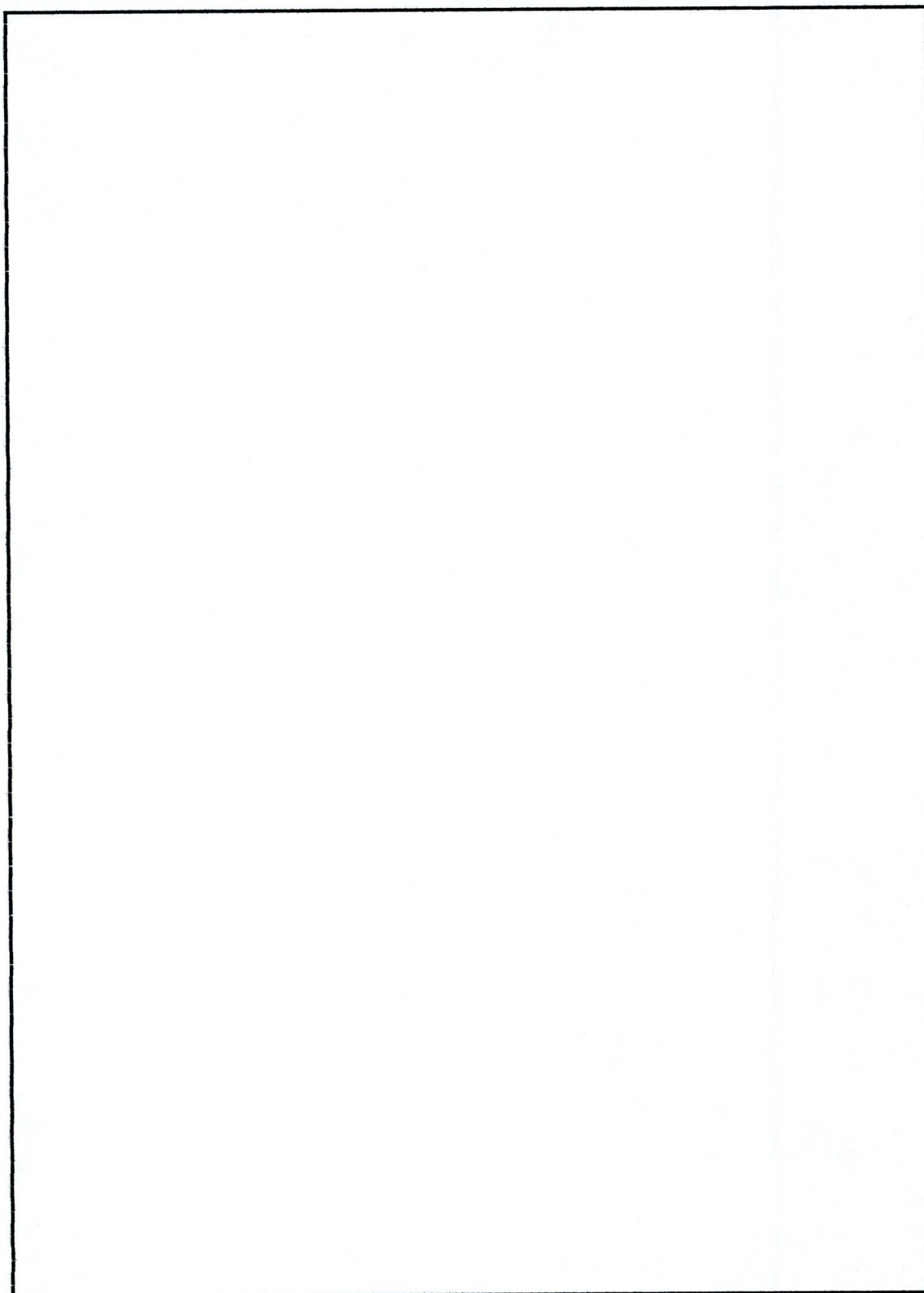
**Tabelle 4.1-5: Mittlere Aktivität in Sedimenten an der Küste der Irischen See 1998 nach <MAFF 1999> (in Bq/kg Trockengewicht)**

| Probenahmeort                  |                     | Proben-<br>zahl | Nuklid |       |       |       |        |         |        |        |        |        |        |        |        |                   |        |        |                   |            |
|--------------------------------|---------------------|-----------------|--------|-------|-------|-------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------|--------|--------|-------------------|------------|
|                                |                     |                 | Mn-54  | Co-60 | Zr-95 | Nb-95 | Ru-106 | Ag-110m | Sb-125 | Cs-134 | Cs-137 | Ce-144 | Eu-154 | Eu-155 | Pu-238 | Pu-239+<br>Pu-240 | Pu-241 | Am-241 | Cm-243+<br>Cm-244 | Beta total |
| Whitehaven –<br>yacht basin    | Schlamm             | 4               | <1,1   | 28    | <5,2  | <9,3  | 330    | <3,2    | <8,2   | <1,5   | 840    | <30    | 15     | 7,6    | 130    | 710               | -      | 1100   | 1,7               | 2800       |
| Ravenglass –<br>Carleton Marsh | Sand                | 4               | <1,6   | 34    | <13   | <20   | 310    | <2,2    | <6,5   | 1,1    | 480    | 37     | 13     | <5,9   | -      | -                 | -      | 920    | -                 | -          |
| Ravenglass –<br>Raven Villa    | Schlamm<br>und Sand | 4               | <0,96  | 33    | <19   | <22   | 170    | <1,9    | <5,2   | <1,2   | 280    | 24     | 8,4    | <4,5   | -      | -                 | -      | 590    | -                 | -          |
| Newbiggin                      | Schlamm             | 3               | <1,0   | 47    | <4,1  | <6,1  | 160    | <2,0    | <6,1   | <1,3   | 320    | 17     | 9,1    | <6,3   | 86     | 440               | 4300   | 660    | 1,5               | 1600       |
| Newbiggin                      | Schlamm<br>und Sand | 4               | <0,71  | 26    | <2,7  | <3,8  | 65     | <1,4    | <2,9   | <0,88  | 270    | <6,9   | <5,3   | <2,7   | -      | -                 | -      | 460    | -                 | -          |



| <b>Tabelle 4.1-6: Mittlere Gammadosisleistung an der Küste der Irischen See nach<br/>&lt;MAFF 1999&gt; (in µGy/h, gemessen 1 m Höhe über Grund)</b> |                             |                 |               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------|---------------|
| Probenahmeort                                                                                                                                       | Material                    | Proben-<br>zahl | Dosisleistung |
| Newton Arlosh                                                                                                                                       | Salzmarsch                  | 4               | 0,12          |
| Whitehaven – äußerer Hafen                                                                                                                          | Kohle und Sand              | 11              | 0,13          |
| Whitehaven – Yachtbasin                                                                                                                             | Schlamm                     | 12              | 0,17          |
| Whitehaven – Yachtbasin (Boot 4)                                                                                                                    | Kabine                      | 3               | 0,12          |
| Ravenglass – Carleton Marsh                                                                                                                         | Salzmarsch                  | 4               | 0,23          |
| Ravenglass – salmon garth                                                                                                                           | Schlamm und Sand            | 2               | 0,12          |
| Ravenglass – salmon garth                                                                                                                           | Schlamm, Sand und<br>Steine | 2               | 0,12          |
| Ravenglass – Raven Villa                                                                                                                            | Schlamm                     | 2               | 0,13          |
| Ravenglass – Raven Villa                                                                                                                            | Schlamm und Sand            | 9               | 0,13          |
| Ravenglass                                                                                                                                          | Salzmarsch                  | 11              | 0,20          |
| Newbiggin                                                                                                                                           | Schlamm                     | 3               | 0,19          |
| Newbiggin                                                                                                                                           | Schlamm und Sand            | 1               | 0,18          |
| Newbiggin                                                                                                                                           | Salzmarsch                  | 4               | 0,24          |
| Millom                                                                                                                                              | Schlamm, Sand und<br>Steine | 1               | 0,12          |

**Abbildung 4.1-1: Lage von Probenahmeorten in der Umgebung von Sellafield**





## 4.2 Immissionsmesswerte aus der Umgebung von La Hague

In Kapitel 4.2 werden die ausgewählten Immissionsmesswerte für La Hague zusammengestellt. Es handelt sich dabei um Messwerte aus den Jahren 1996 und 1997 mit Bezug zu Emissionen des Wiederaufarbeitungskomplexes La Hague. Für die Berechnungen von möglichen Strahlenexpositionen durch Emissionen mit der Fortluft wird auch hier von theoretischen Modellansätzen ausgegangen, da sich auf diese Weise eine bessere Prüfbarkeit der Anforderungen, die nach deutschem Recht an den Strahlenschutz zu stellen wären, ergibt.

Auswahlkriterium für die nachfolgenden referierten Immissionsmesswerte ist einerseits der Bezug auf Emissionen des Anlagenkomplexes La Hague und andererseits die Nutzbarkeit für die szenarienbezogenen Dosisermittlungen.

In den Tabellen 4.2-1 bis 4.2-4 sind Messwerte von verschiedenen Meerestieren aus den Jahren 1996 und 1997 angegeben. Zur besseren Übersicht über die Herkunftsorte von Proben dient Abbildung 4.2-1.

**Tabelle 4.2-1: Aktivität in Fisch im näheren und weiteren Umfeld von La Hague 1996/1997 nach <GRNC 1999, Vol. 2> (in Bq/kg Frischgewicht)**

| Entnahmestelle              |                 | Untersucht durch | Nuklid     |         |            |         |
|-----------------------------|-----------------|------------------|------------|---------|------------|---------|
|                             |                 |                  | Co-60      |         | Ru/Rh-106  |         |
|                             |                 |                  | Mittelwert | Maximum | Mittelwert | Maximum |
| Côte Ouest (1997)           | Poisson rond    | COGEMA           | <0,08      | 0,16    | <1,07      | <1,80   |
| Côte Ouest (1997)           | Poisson plat    | COGEMA           | <0,88      | <1,10   | <0,06      | <0,09   |
| Côte Nord (1997)            | Poisson rond    | COGEMA           | <0,82      | <1,40   | <0,88      | <1,60   |
| Côte Nord (1997)            | Poisson plat    | COGEMA           | <0,06      | 0,09    | <0,06      | <0,11   |
| Les Huquets (1996)          | Gadus luseus    | GEA              | 0,38       | 0,38    | -          | -       |
| Flamanville (1996)          | Labrus bergylta | GEA              | <0,41      | 0,58    | <3,23      | 1,66    |
| Cap Lévy (1996)             | Gadus luscus    | GEA              | <0,23      | 0,28    | -          | -       |
| Fermanville-Cap Lévy (1996) | Labrus bergylta | GEA              | <0,19      | 0,17    | -          | -       |
| Flamanville (1997)          | Labrus bergylta | EDF              | 0,13       | 0,13    | -          | -       |



| Tabelle 4.2-2: Aktivität in Muscheln im näheren und weiteren Umfeld von La Hague 1996/1997 nach <GRNC 1999, Vol. 2> (in Bq/kg Frischgewicht) |              |                  |            |         |            |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------|------------|---------|------------|---------|
| Entnahmestelle                                                                                                                               |              | Untersucht durch | Nuklid     |         |            |         |
|                                                                                                                                              |              |                  | Co-60      |         | Ru/Rh-106  |         |
|                                                                                                                                              |              |                  | Mittelwert | Maximum | Mittelwert | Maximum |
| Côte Est                                                                                                                                     | Miesmuscheln | COGEMA           | 0,31       | 0,78    | <0,9       | <1,2    |
| Côte Oueste                                                                                                                                  | Miesmuscheln | COGEMA           | 0,37       | 0,67    | <0,9       | <1,1    |
| Côte Est (1997)                                                                                                                              | Austern      | COGEMA           | <0,09      | 0,12    | <0,88      | <1,20   |
| St Vaast (1996)                                                                                                                              | Austern      | GEA              | 0,13       | 0,21    | -          | -       |
| St Vaast (1997)                                                                                                                              | Austern      | OPRI             | <0,67      | <0,67   | <5,00      | <5,00   |

**Tabelle 4.2-3: Aktivität in Napfschnecken im näheren und weiteren Umfeld von La Hague 1996/1997 nach <GRNC 1999, Vol. 2> (in Bq/kg Frischgewicht)**

| Entnahmestelle            | Untersucht durch | Nuklid     |         |            |         |
|---------------------------|------------------|------------|---------|------------|---------|
|                           |                  | Co-60      |         | Ru/Rh-106  |         |
|                           |                  | Mittelwert | Maximum | Mittelwert | Maximum |
| Querqueville (1996)       | GEA              | 0,45       | 0,57    | <2,11      | 2,48    |
| Anse St Martin (1996)     | GEA              | 0,69       | 1,49    | <2,68      | 3,65    |
| Dielette (1996)           | LERFA            | 0,4        | 1       | -          | -       |
| Carteret (1996)           | LERFA            | 0,37       | 0,62    | -          | -       |
| Goury (1996)              | GEA              | 0,95       | 1,69    | <3         | 4,7     |
| Moulinets (1997)          | OPRI             | 0,34       | 0,47    | <2,6       | <2,6    |
| Barneville (1997)         | OPRI             | 0,28       | 0,32    | <1,54      | <1,9    |
| Anse des Moulinets (1997) | COGEMA           | 0,61       | 0,79    | 6          | 7,6     |
| Querqueville (1997)       | COGEMA           | 0,41       | 0,53    | <1,2       | 1,6     |
| Sciotot (1997)            | COGEMA           | 0,78       | 0,8     | 6,5        | 10      |
| Goury (1997)              | COGEMA           | 0,43       | 0,55    | 3,8        | 5,3     |
| Ecalgrain (1997)          | COGEMA           | 0,69       | 1,3     | 5,6        | 8,5     |
| Urville (1997)            | COGEMA           | 0,42       | 0,55    | 2          | 2,8     |



**Tabelle 4.2-4: Aktivität in Krustentieren im näheren und weiteren Umfeld von La Hague 1996/1997 nach <GRNC 1999, Vol. 2> (in Bq/kg Frischgewicht)**

| Entnahmestelle | Untersucht durch | Nuklid     |         |            |         |
|----------------|------------------|------------|---------|------------|---------|
|                |                  | Co-60      |         | Ru/Rh-106  |         |
|                |                  | Mittelwert | Maximum | Mittelwert | Maximum |
| Côte Ouest     | COGEMA           | 1,8        | 1,9     | 2,1        | 2,3     |
| Côte Nord      | COGEMA           | 3,1        | 4,4     | 2,82       | 4,7     |

**Tabelle 4.2-5: Mittlere Aktivität in Königskrabben aus dem Bereich der Einleitstelle von La Hague, 1997, nach <Greenpeace 1997> (in Bq/kg Frischgewicht)**

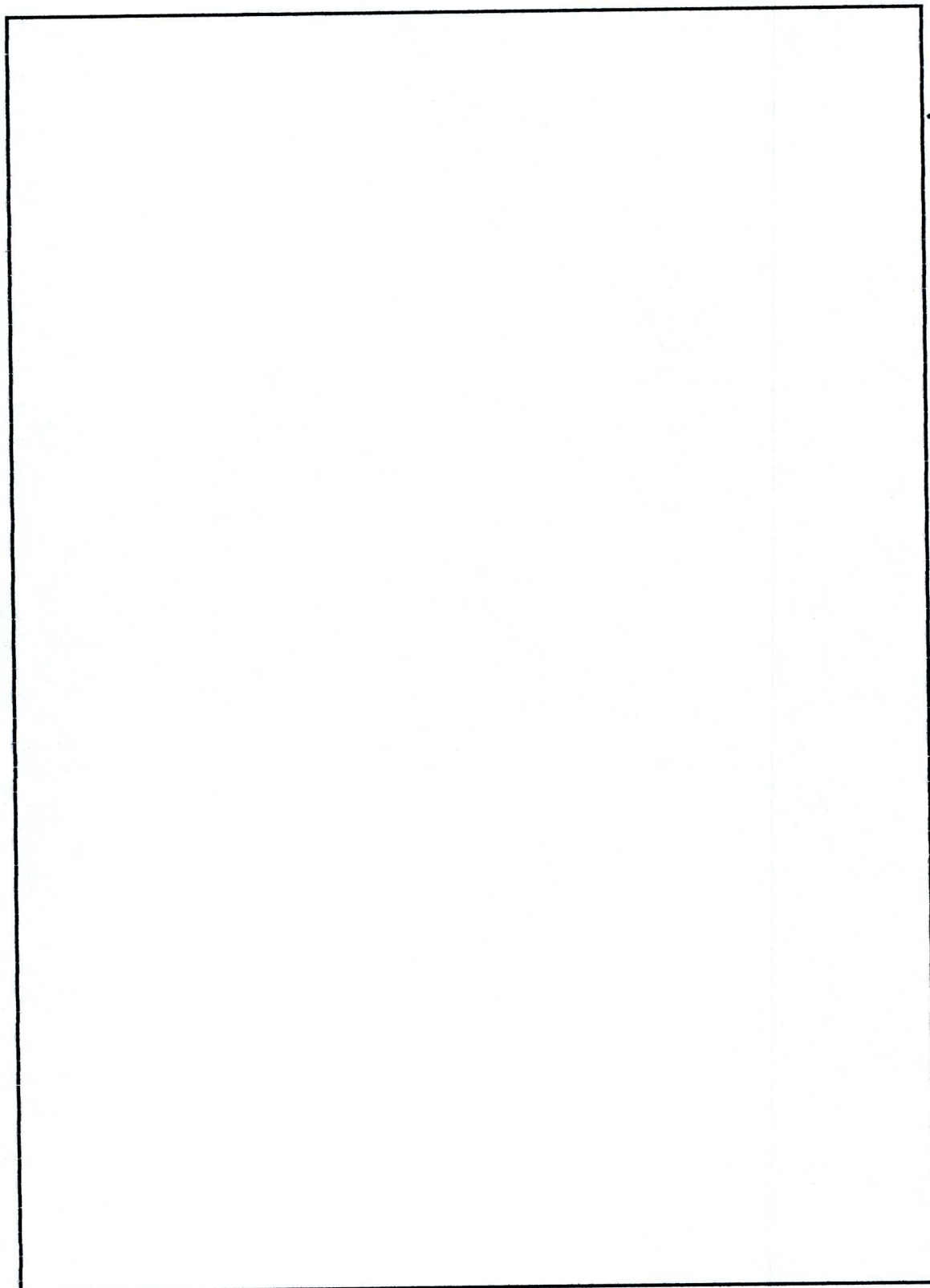
| Untersucht durch/<br>Probenahmedatum | Proben-<br>zahl | Nuklid |       |        |        |        |       |        |        |       |        |                   |
|--------------------------------------|-----------------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|-------------------|
|                                      |                 | Am-241 | Co-60 | Cs-134 | Cs-137 | Eu-154 | I-129 | Ru-106 | Sb-125 | Sr-90 | Pu-238 | Pu-239+<br>Pu-240 |
| ACRO, 15.9.97                        | 3               | 2,2    | 202   | n.n.   | 184    | n.n.   | 73    | 798    | 127    | -     | -      | -                 |
| Uni Bremen,<br>15.9.97               | 3               | n.n.   | 162,2 | n.n.   | 154    | n.n.   | 54    | 489    | 83,6   | 5120  | -      | 155               |
| ACRO, 16.9.97                        | 4               | n.n.   | 17    | n.n.   | 11     | n.n.   | n.n.  | <17,6  | 3,3    | -     | -      | -                 |
| ACRO, 20.9.97                        | 2               | n.n.   | 216   | n.n.   | 125    | n.n.   | 79    | 355    | 61     | -     | -      | -                 |

**Tabelle 4.2-6: Aktivität in Tang (Fucus) im näheren und weiteren Umfeld von La Hague 1996/1997 nach <GRNC 1999, Vol. 2> (in Bq/kg Frischgewicht)**

| Entnahmestelle             | Untersucht durch | Nuklid     |         |            |         |
|----------------------------|------------------|------------|---------|------------|---------|
|                            |                  | Co-60      |         | Ru/Rh-106  |         |
|                            |                  | Mittelwert | Maximum | Mittelwert | Maximum |
| Barfleur (1997)            | COGEMA           | 0,59       | 0,69    | <2,65      | <2,7    |
| Goury (1997)               | COGEMA           | 1,82       | 2,9     | <3,15      | 4       |
| Anse des Moulinets (1997)  | COGEMA           | 1,9        | 2,2     | <5,7       | 7,2     |
| Barneville/Carteret (1997) | COGEMA           | 1,16       | 1,5     | <2,73      | <3      |
| Diélette (1996)            | EDF              | 2,4        | 2,4     | 1,7        | 1,7     |
| Diélette (1996)            | GEA              | 2,14       | 2,27    | 2,02       | 3,01    |
| Goury (1996)               | GEA              | 2,5        | 3,88    | 2,27       | 4,23    |
| Anse des Moulinets (1997)  | OPRI             | 2,05       | 3       | 4,6        | 5,8     |
| Barneville (1997)          | OPRI             | 1,3        | 1,6     | <2,32      | 3,4     |
| Sciotot (1997)             | OPRI             | 1,35       | 2       | <3,4       | <3,8    |
| Barfleur (1997)            | OPRI             | 0,59       | 0,61    | <1,49      | <1,78   |
| Flamanville (1996)         | EDF              | 1,6        | 1,6     | 1,3        | 1,3     |
| Goury (1996)               | EDF              | 3,3        | 3,3     | 2,9        | 2,9     |
| Carteret (1996)            | EDF              | 0,8        | 0,8     | <1,1       | <1,1    |
| Gatteville (1996)          | GEA              | 0,88       | 1,1     | -          | -       |
| Barneville (1996)          | GEA              | 0,73       | 0,73    | -          | -       |



**Abbildung 4.2-1: Lage von Probenahmeorten in der Umgebung von La Hague**



## **5. Ermittlung der möglichen Strahlenexpositionen von Personen der Bevölkerung**

In Kapitel 5 werden aus den in Kapitel 4 genannten Immissionsmesswerten Strahlenexpositionen von Personen der Bevölkerung abgeleitet. Dazu werden zunächst in Kapitel 5.1 normierte Dosen errechnet, aus denen anhand von in Kapitel 5.2. dargestellten Expositionsszenarien in Kapitel 5.3 mögliche Strahlenexpositionen für zwei verschiedene Gruppen von Personen berechnet werden.

### **5.1 Normierte Dosen auf der Basis der Immissionsmesswerte**

Im nachfolgenden Kapitel werden auf der Basis der in Kapitel 4 genannten Immissionsmesswerte normierte Strahlenexpositionen abgeleitet. Dabei werden für Effektive Dosis und relevante Einzelorgane Dosen in mSv pro kg des Verzehrs bestimmter Nahrungsmittel bestimmt. Für Dosisleistungsmesswerte werden die Jahresdosis bei bestimmten Aufenthaltszeiten angegeben. Außerdem wird errechnet, bei welcher Verzehrtrate die Dosisgrenzwerte des § 45 StrlSchV jeweils erreicht würden. Die Normierung erfolgt jeweils für zwei Referenzpersonen: Erwachsene und ein Kleinkind im Alter von einem Jahr in Anlehnung an die gültige Fassung der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (AVV) zu § 45 StrlSchV <BMU 1990>. Zukünftig werden, bei Umsetzung der EU-Richtlinie 96/29/Euratom <Euratom 1996>, weitere Altersklassen zu beachten sein. Es wurden die Dosisfaktoren der ICRP verwendet <ICRP 1998>.

Diese Daten dienen als eine Ausgangsbasis für die Ermittlung von möglichen Strahlenexpositionen der Bevölkerung in Kapitel 5.3 sowie für die Diskussion in Kapitel 6.



### 5.1.1 Normierte Dosen auf der Basis der Immissionsmesswerte aus der Umgebung von Sellafield

**Tabelle 5.1-1: Dosis Erwachsener in mSv/kg verzehrter Fisch aus der Irischen See mit mittlerer Beta-/Gamma-Aktivität nach Tabelle 4.1-1**

| Probenahmeort        | Fisch       | Organ    |          |          |          |          |
|----------------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                      |             | KO       | UD       | RK       | SD       | EFF      |
| Sellafield, Küste    | Kabeljau    | 1,68E-04 | 2,04E-04 | 1,56E-04 | 1,56E-04 | 1,56E-04 |
| Sellafield, Küste    | Scholle     | 1,26E-04 | 1,53E-04 | 1,17E-04 | 1,17E-04 | 1,17E-04 |
| Sellafield, Küste    | Meeräsche   | 1,27E-04 | 1,58E-04 | 1,18E-04 | 1,18E-04 | 1,18E-04 |
| Sellafield, Küste    | Barsch      | 3,36E-04 | 4,08E-04 | 3,12E-04 | 3,12E-04 | 3,12E-04 |
| Sellafield, offshore | Kabeljau    | 2,07E-04 | 2,08E-04 | 1,77E-04 | 1,62E-04 | 1,65E-04 |
| Sellafield, offshore | Scholle     | 2,38E-04 | 2,54E-04 | 1,95E-04 | 1,80E-04 | 1,80E-04 |
| Sellafield, offshore | Dab         | 1,27E-04 | 1,55E-04 | 1,18E-04 | 1,18E-04 | 1,18E-04 |
| Sellafield, offshore | Merlan      | 1,96E-04 | 2,38E-04 | 1,82E-04 | 1,82E-04 | 1,82E-04 |
| Sellafield, offshore | Schellfisch | 3,78E-05 | 4,59E-05 | 3,51E-05 | 3,51E-05 | 3,51E-05 |

KO: Knochenoberfläche  
 UD: Wand des unteren Dickdarms  
 RK: Rotes Knochenmark  
 SD: Schilddrüse  
 EFF: Effektive Dosis

**Tabelle 5.1-2: Dosis von Kleinkindern (Alter 1 Jahr) in mSv/kg verzehrter Fisch aus der Irischen See mit mittlerer Beta-/Gamma-Aktivität nach Tabelle 4.1-1**

| Probenahmeort        | Fisch       | Organ    |          |          |          |          |
|----------------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                      |             | KO       | UD       | RK       | SD       | EFF      |
| Sellafield, Küste    | Kabeljau    | 1,32E-04 | 3,72E-04 | 1,19E-04 | 1,32E-04 | 1,44E-04 |
| Sellafield, Küste    | Scholle     | 9,90E-05 | 2,79E-04 | 8,91E-05 | 9,90E-05 | 1,08E-04 |
| Sellafield, Küste    | Meeräsche   | 1,07E-04 | 3,04E-04 | 9,61E-05 | 1,07E-04 | 1,19E-04 |
| Sellafield, Küste    | Barsch      | 2,64E-04 | 7,44E-04 | 2,38E-04 | 2,64E-04 | 2,88E-04 |
| Sellafield, offshore | Kabeljau    | 2,90E-04 | 4,96E-04 | 2,51E-04 | 2,49E-04 | 2,56E-04 |
| Sellafield, offshore | Scholle     | 4,03E-04 | 8,73E-04 | 3,46E-04 | 4,37E-04 | 3,82E-04 |
| Sellafield, offshore | Dab         | 1,00E-04 | 2,82E-04 | 9,01E-05 | 1,00E-04 | 1,09E-04 |
| Sellafield, offshore | Merlan      | 1,54E-04 | 4,34E-04 | 1,39E-04 | 1,54E-04 | 1,68E-04 |
| Sellafield, offshore | Schellfisch | 2,97E-05 | 8,37E-05 | 2,67E-05 | 2,97E-05 | 3,24E-05 |

KO: Knochenoberfläche

UD: Wand des unteren Dickdarms

RK: Rotes Knochenmark

SD: Schilddrüse

EFF: Effektive Dosis



**Tabelle 5.1-3: Verzehrmenge Erwachsener von Fisch aus der Irischen See mit mittlerer Beta-/Gamma-Aktivität nach Tabelle 4.1-1, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a)**

| Probenahmeort        | Fisch       | Bezogen auf die Exposition des Organs |          |          |          |          |
|----------------------|-------------|---------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|                      |             | KO                                    | UD       | RK       | SD       | EFF      |
| Sellafield, Küste    | Kabeljau    | 1,07E+04                              | 4,41E+03 | 1,92E+03 | 5,77E+03 | 1,92E+03 |
| Sellafield, Küste    | Scholle     | 1,43E+04                              | 5,88E+03 | 2,56E+03 | 7,69E+03 | 2,56E+03 |
| Sellafield, Küste    | Meeräsche   | 1,42E+04                              | 5,71E+03 | 2,55E+03 | 7,65E+03 | 2,54E+03 |
| Sellafield, Küste    | Barsch      | 5,36E+03                              | 2,21E+03 | 9,62E+02 | 2,88E+03 | 9,62E+02 |
| Sellafield, offshore | Kabeljau    | 8,70E+03                              | 4,32E+03 | 1,70E+03 | 5,55E+03 | 1,82E+03 |
| Sellafield, offshore | Scholle     | 7,55E+03                              | 3,54E+03 | 1,54E+03 | 5,01E+03 | 1,66E+03 |
| Sellafield, offshore | Dab         | 1,41E+04                              | 5,82E+03 | 2,54E+03 | 7,61E+03 | 2,54E+03 |
| Sellafield, offshore | Merlan      | 9,18E+03                              | 3,78E+03 | 1,65E+03 | 4,95E+03 | 1,65E+03 |
| Sellafield, offshore | Schellfisch | 4,76E+04                              | 1,96E+04 | 8,55E+03 | 2,56E+04 | 8,55E+03 |

KO: Knochenoberfläche  
UD: Wand des unteren Dickdarms  
RK: Rotes Knochenmark  
SD: Schilddrüse  
EFF: Effektive Dosis

| Probenahmeort        | Fisch       | Bezogen auf die Exposition des Organs |          |          |          |          |
|----------------------|-------------|---------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|                      |             | KO                                    | UD       | RK       | SD       | EFF      |
| Sellafield, Küste    | Kabeljau    | 1,36E+04                              | 2,42E+03 | 2,53E+03 | 6,82E+03 | 2,08E+03 |
| Sellafield, Küste    | Scholle     | 1,82E+04                              | 3,23E+03 | 3,37E+03 | 9,09E+03 | 2,78E+03 |
| Sellafield, Küste    | Meeräsche   | 1,68E+04                              | 2,96E+03 | 3,12E+03 | 8,40E+03 | 2,53E+03 |
| Sellafield, Küste    | Barsch      | 6,82E+03                              | 1,21E+03 | 1,26E+03 | 3,41E+03 | 1,04E+03 |
| Sellafield, offshore | Kabeljau    | 6,21E+03                              | 1,81E+03 | 1,19E+03 | 3,62E+03 | 1,17E+03 |
| Sellafield, offshore | Scholle     | 4,46E+03                              | 1,03E+03 | 8,66E+02 | 2,06E+03 | 7,85E+02 |
| Sellafield, offshore | Dab         | 1,80E+04                              | 3,19E+03 | 3,33E+03 | 8,99E+03 | 2,75E+03 |
| Sellafield, offshore | Merlan      | 1,17E+04                              | 2,07E+03 | 2,16E+03 | 5,84E+03 | 1,79E+03 |
| Sellafield, offshore | Schellfisch | 6,06E+04                              | 1,08E+04 | 1,12E+04 | 3,03E+04 | 9,26E+03 |

KO: Knochenoberfläche  
UD: Wand des unteren Dickdarms  
RK: Rotes Knochenmark  
SD: Schilddrüse  
EFF: Effektive Dosis



**Tabelle 5.1-5: Dosis Erwachsener in mSv/kg verzehrter Schalentiere aus der Irishen See mit mittlerer Beta-/Gamma-Aktivität nach Tabelle 4.1-2**

| Probenahmeort     |                   | Organ    |          |          |          |          |
|-------------------|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                   |                   | KO       | UD       | RK       | SD       | EFF      |
| Sellafield, Küste | Krabben           | 8,81E-04 | 4,72E-04 | 4,66E-04 | 1,88E-04 | 2,36E-04 |
| Sellafield, Küste | Hummer            | 6,86E-04 | 3,04E-02 | 5,87E-04 | 7,90E-03 | 5,17E-03 |
| Sellafield, Küste | Strandschnecken   | 2,52E-03 | 7,99E-03 | 1,32E-03 | 1,13E-03 | 1,37E-03 |
| Sellafield, Küste | Muscheln          | 7,22E-04 | 2,38E-03 | 3,74E-04 | 9,93E-05 | 3,27E-04 |
| Sellafield, Küste | Napfschnecken     | 4,26E-03 | 8,95E-03 | 2,07E-03 | 1,62E-03 | 1,69E-03 |
| Sellafield, Küste | Wellhornschnecken | 1,83E-04 | 1,93E-03 | 1,86E-04 | 2,97E-04 | 3,77E-04 |
| Drigg             | Strandschnecken   | 5,69E-04 | 1,59E-02 | 5,67E-04 | 2,55E-03 | 2,44E-03 |
| Ravenglass        | Hummer            | 3,03E-04 | 1,42E-02 | 2,44E-04 | 3,65E-03 | 2,38E-03 |
| Isle of Man       | Hummer            | 1,57E-05 | 8,67E-04 | 1,52E-05 | 2,27E-04 | 1,47E-04 |
| Nordirland        | <i>Nephrops</i>   | 1,99E-05 | 3,29E-04 | 1,87E-05 | 9,46E-05 | 6,62E-05 |
| Nordirland        | Hummer            | 7,41E-06 | 7,41E-04 | 7,41E-06 | 1,90E-04 | 1,22E-04 |
| Nordirland        | Strandschnecken   | 5,18E-06 | 6,29E-06 | 4,81E-06 | 4,81E-06 | 4,81E-06 |
| Nordirland        | Muscheln          | 2,34E-05 | 2,63E-04 | 2,19E-05 | 8,05E-05 | 5,85E-05 |

KO: Knochenoberfläche  
UD: Wand des unteren Dickdarms  
RK: Rotes Knochenmark  
SD: Schilddrüse  
EFF: Effektive Dosis

**Tabelle 5.1-6: Dosis von Kleinkindern (Alter 1 Jahr) in mSv/kg verzehrter Schalentiere aus der Irischen See mit mittlerer Beta-/Gamma-Aktivität nach Tabelle 4.1-2**

| Probenahmeort     |                    | Organ    |          |          |          |          |
|-------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                   |                    | KO       | UD       | RK       | SD       | EFF      |
| Sellafield, Küste | Krabben            | 1,69E-03 | 2,60E-03 | 1,12E-03 | 9,30E-04 | 8,22E-04 |
| Sellafield, Küste | Hummer             | 2,97E-03 | 2,25E-01 | 2,82E-03 | 8,52E-02 | 3,76E-02 |
| Sellafield, Küste | Strand-schnecken   | 5,22E-03 | 5,69E-02 | 3,54E-03 | 1,00E-02 | 8,02E-03 |
| Sellafield, Küste | Muscheln           | 1,57E-03 | 1,69E-02 | 1,07E-03 | 4,77E-04 | 1,88E-03 |
| Sellafield, Küste | Napf-schnecken     | 8,18E-03 | 6,41E-02 | 5,17E-03 | 1,52E-02 | 9,78E-03 |
| Sellafield, Küste | Wellhorn-schnecken | 6,49E-04 | 1,31E-02 | 6,23E-04 | 2,02E-03 | 2,02E-03 |
| Drigg             | Strand-schnecken   | 2,57E-03 | 1,15E-01 | 2,44E-03 | 2,50E-02 | 1,64E-02 |
| Ravenglass        | Hummer             | 1,29E-03 | 1,05E-01 | 1,20E-03 | 3,97E-02 | 1,75E-02 |
| Isle of Man       | Hummer             | 6,72E-05 | 6,40E-03 | 6,66E-05 | 2,43E-03 | 1,06E-03 |
| Nordirland        | <i>Nephrops</i>    | 3,53E-05 | 2,33E-03 | 3,40E-05 | 8,82E-04 | 3,94E-04 |
| Nordirland        | Hummer             | 5,32E-05 | 5,51E-03 | 5,32E-05 | 2,09E-03 | 9,12E-04 |
| Nordirland        | Strand-schnecken   | 4,07E-06 | 1,15E-05 | 3,66E-06 | 4,07E-06 | 4,44E-06 |
| Nordirland        | Muscheln           | 3,36E-05 | 1,82E-03 | 3,19E-05 | 6,88E-04 | 3,11E-04 |

KO: Knochenoberfläche  
UD: Wand des unteren Dickdarms  
RK: Rotes Knochenmark  
SD: Schilddrüse  
EFF: Effektive Dosis



**Tabelle 5.1-7: Verzehrmenge Erwachsener von Schalentieren aus der Irischen See mit mittlerer Beta-/Gamma-Aktivität nach Tabelle 4.1-2, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a)**

| Probenahmeort     |                    | Bezogen auf die Exposition des Organs |          |          |          |          |
|-------------------|--------------------|---------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|                   |                    | KO                                    | UD       | RK       | SD       | EFF      |
| Sellafield, Küste | Krabben            | 2,04E+03                              | 1,91E+03 | 6,44E+02 | 4,79E+03 | 1,27E+03 |
| Sellafield, Küste | Hummer             | 2,63E+03                              | 2,96E+01 | 5,11E+02 | 1,14E+02 | 5,80E+01 |
| Sellafield, Küste | Strand-schnecken   | 7,15E+02                              | 1,13E+02 | 2,28E+02 | 7,96E+02 | 2,19E+02 |
| Sellafield, Küste | Muscheln           | 2,49E+03                              | 3,78E+02 | 8,01E+02 | 9,07E+03 | 9,17E+02 |
| Sellafield, Küste | Napf-schnecken     | 4,23E+02                              | 1,01E+02 | 1,45E+02 | 5,56E+02 | 1,77E+02 |
| Sellafield, Küste | Wellhorn-schnecken | 9,86E+03                              | 4,67E+02 | 1,61E+03 | 3,03E+03 | 7,96E+02 |
| Drigg             | Strand-schnecken   | 3,16E+03                              | 5,65E+01 | 5,29E+02 | 3,53E+02 | 1,23E+02 |
| Ravenglass        | Hummer             | 5,94E+03                              | 6,34E+01 | 1,23E+03 | 2,46E+02 | 1,26E+02 |
| Isle of Man       | Hummer             | 1,15E+05                              | 1,04E+03 | 1,97E+04 | 3,97E+03 | 2,03E+03 |
| Nordirland        | <i>Nephrops</i>    | 9,05E+04                              | 2,74E+03 | 1,61E+04 | 9,51E+03 | 4,53E+03 |
| Nordirland        | Hummer             | 2,43E+05                              | 1,21E+03 | 4,05E+04 | 4,74E+03 | 2,47E+03 |
| Nordirland        | Strand-schnecken   | 3,47E+05                              | 1,43E+05 | 6,24E+04 | 1,87E+05 | 6,24E+04 |
| Nordirland        | Muscheln           | 7,70E+04                              | 3,42E+03 | 1,37E+04 | 1,12E+04 | 5,12E+03 |

KO: Knochenoberfläche  
UD: Wand des unteren Dickdarms  
RK: Rotes Knochenmark  
SD: Schilddrüse  
EFF: Effektive Dosis

**Tabelle 5.1-8: Verzehrmenge eines Kleinkinds (Alter 1 Jahr) von Schalentieren aus der Irischen See mit mittlerer Beta-/Gamma-Aktivität nach Tabelle 4.1-2, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a)**

| Probenahmeort     |                    | Bezogen auf die Exposition des Organs |          |          |          |          |
|-------------------|--------------------|---------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|                   |                    | KO                                    | UD       | RK       | SD       | EFF      |
| Sellafield, Küste | Krabben            | 1,06E+03                              | 3,46E+02 | 2,68E+02 | 9,68E+02 | 3,65E+02 |
| Sellafield, Küste | Hummer             | 6,06E+02                              | 4,01E+00 | 1,06E+02 | 1,06E+01 | 7,97E+00 |
| Sellafield, Küste | Strand-schnecken   | 3,45E+02                              | 1,58E+01 | 8,47E+01 | 9,00E+01 | 3,74E+01 |
| Sellafield, Küste | Muscheln           | 1,15E+03                              | 5,31E+01 | 2,80E+02 | 1,89E+03 | 1,60E+02 |
| Sellafield, Küste | Napf-schnecken     | 2,20E+02                              | 1,40E+01 | 5,80E+01 | 5,91E+01 | 3,07E+01 |
| Sellafield, Küste | Wellhorn-schnecken | 2,77E+03                              | 6,85E+01 | 4,82E+02 | 4,45E+02 | 1,48E+02 |
| Drigg             | Strand-schnecken   | 7,00E+02                              | 7,83E+00 | 1,23E+02 | 3,59E+01 | 1,83E+01 |
| Ravenglass        | Hummer             | 1,39E+03                              | 8,57E+00 | 2,49E+02 | 2,27E+01 | 1,72E+01 |
| Isle of Man       | Hummer             | 2,68E+04                              | 1,41E+02 | 4,50E+03 | 3,71E+02 | 2,82E+02 |
| Nordirland        | <i>Nephrops</i>    | 5,10E+04                              | 3,87E+02 | 8,82E+03 | 1,02E+03 | 7,62E+02 |
| Nordirland        | Hummer             | 3,38E+04                              | 1,63E+02 | 5,64E+03 | 4,31E+02 | 3,29E+02 |
| Nordirland        | Strand-schnecken   | 4,42E+05                              | 7,85E+04 | 8,19E+04 | 2,21E+05 | 6,76E+04 |
| Nordirland        | Muscheln           | 5,36E+04                              | 4,96E+02 | 9,40E+03 | 1,31E+03 | 9,65E+02 |

KO: Knochenoberfläche  
UD: Wand des unteren Dickdarms  
RK: Rotes Knochenmark  
SD: Schilddrüse  
EFF: Effektive Dosis



| <b>Tabelle 5.1-9: Dosis Erwachsener in mSv/kg verzehrter Schalentiere aus der Irischen See mit mittlerer Transuran-Aktivität nach Tabelle 4.1-3</b> |                 |                   |                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| Probenahmeort                                                                                                                                       |                 | Organ             |                 |
|                                                                                                                                                     |                 | Knochenoberfläche | Effektive Dosis |
| Sellafield, Küste                                                                                                                                   | Strandschnecken | 3,08E-01          | 7,91E-03        |
| Sellafield, Küste                                                                                                                                   | Napfschnecken   | 4,38E-01          | 1,13E-02        |
| St. Bees                                                                                                                                            | Strandschnecken | 5,28E-01          | 1,36E-02        |
| St. Bees                                                                                                                                            | Muscheln        | 3,62E-01          | 9,32E-03        |
| Nethertown                                                                                                                                          | Strandschnecken | 4,76E-01          | 1,22E-02        |
| Drigg                                                                                                                                               | Strandschnecken | 4,98E-01          | 1,28E-02        |
| Ravenglass                                                                                                                                          | Herzmuscheln    | 3,80E-01          | 9,42E-03        |
| Tarnbay                                                                                                                                             | Strandschnecken | 3,67E-01          | 9,40E-03        |
| Parton                                                                                                                                              | Strandschnecken | 3,18E-01          | 8,21E-03        |

| <b>Tabelle 5.1-10: Dosis von Kleinkindern (Alter 1 Jahr) in mSv/kg verzehrter Schalentiere aus der Irischen See mit mittlerer Transuran-Aktivität nach Tabelle 4.1-3</b> |                 |                   |                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| Probenahmeort                                                                                                                                                            |                 | Organ             |                 |
|                                                                                                                                                                          |                 | Knochenoberfläche | Effektive Dosis |
| Sellafield, Küste                                                                                                                                                        | Strandschnecken | 2,82E-01          | 1,37E-02        |
| Sellafield, Küste                                                                                                                                                        | Napfschnecken   | 3,99E-01          | 1,95E-02        |
| St. Bees                                                                                                                                                                 | Strandschnecken | 4,82E-01          | 2,35E-02        |
| St. Bees                                                                                                                                                                 | Muscheln        | 3,30E-01          | 1,61E-02        |
| Nethertown                                                                                                                                                               | Strandschnecken | 4,35E-01          | 2,11E-02        |
| Drigg                                                                                                                                                                    | Strandschnecken | 4,55E-01          | 2,22E-02        |
| Ravenglass                                                                                                                                                               | Herzmuscheln    | 3,47E-01          | 1,65E-02        |
| Tarnbay                                                                                                                                                                  | Strandschnecken | 3,35E-01          | 1,63E-02        |
| Parton                                                                                                                                                                   | Strandschnecken | 2,90E-01          | 1,42E-02        |

**Tabelle 5.1-11: Verzehrmenge Erwachsener von Schalentieren aus der Irischen See mit mittlerer Transuran-Aktivität nach Tabelle 4.1-3, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a)**

| Probenahmeort     |                 | Bezogen auf die Exposition des Organs |                 |
|-------------------|-----------------|---------------------------------------|-----------------|
|                   |                 | Knochenoberfläche                     | Effektive Dosis |
| Sellafield, Küste | Strandschnecken | 5,84E+00                              | 3,79E+01        |
| Sellafield, Küste | Napfschnecken   | 4,11E+00                              | 2,67E+01        |
| St. Bees          | Strandschnecken | 3,41E+00                              | 2,21E+01        |
| St. Bees          | Muscheln        | 4,98E+00                              | 3,22E+01        |
| Nethertown        | Strandschnecken | 3,78E+00                              | 2,46E+01        |
| Drigg             | Strandschnecken | 3,61E+00                              | 2,34E+01        |
| Ravenglass        | Herzmuscheln    | 4,74E+00                              | 3,18E+01        |
| Tarnbay           | Strandschnecken | 4,91E+00                              | 3,19E+01        |
| Parton            | Strandschnecken | 5,66E+00                              | 3,66E+01        |

**Tabelle 5.1-12: Verzehrmenge eines Kleinkinds (Alter 1 Jahr) von Schalentieren aus der Irischen See mit mittlerer Transuran-Aktivität nach Tabelle 4.1-3, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a)**

| Probenahmeort     |                 | Bezogen auf die Exposition des Organs |                 |
|-------------------|-----------------|---------------------------------------|-----------------|
|                   |                 | Knochenoberfläche                     | Effektive Dosis |
| Sellafield, Küste | Strandschnecken | 6,39E+00                              | 2,19E+01        |
| Sellafield, Küste | Napfschnecken   | 4,51E+00                              | 1,54E+01        |
| St. Bees          | Strandschnecken | 3,74E+00                              | 1,28E+01        |
| St. Bees          | Muscheln        | 5,46E+00                              | 1,87E+01        |
| Nethertown        | Strandschnecken | 4,14E+00                              | 1,42E+01        |
| Drigg             | Strandschnecken | 3,96E+00                              | 1,35E+01        |
| Ravenglass        | Herzmuscheln    | 5,18E+00                              | 1,81E+01        |
| Tarnbay           | Strandschnecken | 5,37E+00                              | 1,84E+01        |
| Parton            | Strandschnecken | 6,20E+00                              | 2,12E+01        |



In den nachfolgenden Tabellen wird auf die Messwerte von Technetium-99 in Blasentang der Irischen See (Tabelle 4.1-4) Bezug genommen. Dabei erfolgt eine Umrechnung für den Fall, dass eine zum Lebensmittelanbau genutzte Fläche mit diesem Blasentang gedüngt wird und für den Fall, dass für die Fleischproduktion genutzte Rinder mit diesem Blasentang gefüttert werden. Diese Vorgehensweise entspricht den Anforderungen des § 45 StrlSchV bzw. der AVV zu § 45 StrlSchV <BMU 1990>, da diese Belastungspfade aufgrund der prinzipiellen Nutzung von Blasentang als Düngemittel und Tierfutter zu unterstellen sind. Die AVV zu § 45 StrlSchV fordert die Berücksichtigung „realer Nutzungsmöglichkeiten“ (anstatt z.B. der realen Nutzung).

Die hier für die Berechnungen des Düngepfades verwendeten Parameter lauten:

- Düngung mit 0,5 kg Trockensubstanz pro m<sup>2</sup> und Jahr (die Trockensubstanz wird zu 20% der Frischsubstanz gesetzt),
- Verteilung der Aktivität über 20 cm Bodentiefe (entspricht 280 kg/m<sup>2</sup> Boden nach AVV zu § 45 StrlSchV),
- Ernte nach einer Düngung über 5 Jahre,
- Transferfaktor Boden-Pflanze nach der AVV zu § 45 StrlSchV.

Die Relevanz dieses Belastungspfades ergibt sich aus dem relativ hohen Transferfaktor Boden-Pflanze für Technetium, der im übrigen für dieses Element nach der AVV zu § 45 StrlSchV am höchsten ist. In der Umgebung von Sellafield sind landwirtschaftliche Anbauflächen bekannt, die mit Blasentang gedüngt wurden. Im Überwachungsprogramm des MAFF sind solche Flächen neuerdings enthalten. So wurden nach <MAFF 1999> in 1998 Konzentrationen in Pflanzen von bis zu 220 Bq/kg ermittelt.

Beim Belastungspfad Fleischverzehr wird entsprechend der AVV zu § 45 StrlSchV von einer Futtermenge von 65 kg/d ausgegangen. Der Transferfaktor Futter-Fleisch wurde ebenfalls der AVV zu § 45 StrlSchV entnommen.

Zusätzlich wird ein direkter Verzehr von Blasentang betrachtet, da dieser beispielsweise auch zu Brotaufstrichen verarbeitet wird.

**Tabelle 5.1-13: Dosis Erwachsener in mSv/kg verzehrter pflanzlicher Produkte von mit Blasentang aus der Irischen See gedüngten Anbauflächen (mittlere Tc-99-Aktivität nach Tabelle 4.1-4)**

| Probenahmeort                                                             |                   | Organ    |          |          |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------|----------|----------|
|                                                                           |                   | UD       | SD       | EFF      |
| St. Bees                                                                  | Fucus vesiculosus | 4,02E-03 | 1,03E-03 | 6,60E-04 |
| Sellafield                                                                | Fucus vesiculosus | 1,04E-02 | 2,68E-03 | 1,71E-03 |
| Isle of Man                                                               | Fucus vesiculosus | 7,83E-04 | 2,01E-04 | 1,29E-04 |
| Port William                                                              | Fucus vesiculosus | 9,92E-04 | 2,54E-04 | 1,63E-04 |
| Garlieston                                                                | Fucus vesiculosus | 1,46E-03 | 3,75E-04 | 2,40E-04 |
| Auchencairn                                                               | Fucus vesiculosus | 1,67E-03 | 4,29E-04 | 2,74E-04 |
| Dumfries                                                                  | Fucus vesiculosus | 3,76E-03 | 9,64E-04 | 6,17E-04 |
| Machrahanish                                                              | Fucus vesiculosus | 7,31E-04 | 1,88E-04 | 1,20E-04 |
| Girvan                                                                    | Fucus vesiculosus | 2,19E-03 | 5,63E-04 | 3,60E-04 |
| Hunterston                                                                | Fucus vesiculosus | 9,40E-04 | 2,41E-04 | 1,54E-04 |
| Ardglass                                                                  | Fucus vesiculosus | 2,09E-04 | 5,36E-05 | 3,43E-05 |
| Carlingford Lough                                                         | Fucus spp.        | 3,97E-04 | 1,02E-04 | 6,51E-05 |
| UD: Wand des unteren Dickdarms<br>SD: Schilddrüse<br>EFF: Effektive Dosis |                   |          |          |          |



| <b>Tabelle 5.1-14: Dosis von Kleinkindern (Alter 1 Jahr) in mSv/kg verzehrter pflanzlicher Produkte von mit Blasentang aus der Irischen See gedüngten Anbauflächen (mittlere Tc-99-Aktivität nach Tabelle 4.1-4)</b> |                   |          |          |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------|----------|----------|
| Probenahmeort                                                                                                                                                                                                        |                   | Organ    |          |          |
|                                                                                                                                                                                                                      |                   | UD       | SD       | EFF      |
| St. Bees                                                                                                                                                                                                             | Fucus vesiculosus | 2,99E-02 | 1,13E-02 | 4,95E-03 |
| Sellafield                                                                                                                                                                                                           | Fucus vesiculosus | 7,77E-02 | 2,95E-02 | 1,29E-02 |
| Isle of Man                                                                                                                                                                                                          | Fucus vesiculosus | 5,83E-03 | 2,21E-03 | 9,64E-04 |
| Port William                                                                                                                                                                                                         | Fucus vesiculosus | 7,38E-03 | 2,80E-03 | 1,22E-03 |
| Garlieston                                                                                                                                                                                                           | Fucus vesiculosus | 1,09E-02 | 4,13E-03 | 1,80E-03 |
| Auchencairn                                                                                                                                                                                                          | Fucus vesiculosus | 1,24E-02 | 4,71E-03 | 2,06E-03 |
| Dumfries                                                                                                                                                                                                             | Fucus vesiculosus | 2,80E-02 | 1,06E-02 | 4,63E-03 |
| Machrahanish                                                                                                                                                                                                         | Fucus vesiculosus | 5,44E-03 | 2,06E-03 | 9,00E-04 |
| Girvan                                                                                                                                                                                                               | Fucus vesiculosus | 1,63E-02 | 6,19E-03 | 2,70E-03 |
| Hunterston                                                                                                                                                                                                           | Fucus vesiculosus | 6,99E-03 | 2,65E-03 | 1,16E-03 |
| Ardglass                                                                                                                                                                                                             | Fucus vesiculosus | 1,55E-03 | 5,89E-04 | 2,57E-04 |
| Carlingford Lough                                                                                                                                                                                                    | Fucus spp.        | 2,95E-03 | 1,12E-03 | 4,89E-04 |
| UD: Wand des unteren Dickdarms<br>SD: Schilddrüse<br>EFF: Effektive Dosis                                                                                                                                            |                   |          |          |          |

| <b>Tabelle 5.1-15: Verzehrmenge Erwachsener von pflanzlichen Produkten von mit Blasentang aus der Irischen See gedüngten Anbauflächen (mittlere Tc-99-Aktivität nach Tabelle 4.1-4), bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a)</b> |                   |                                       |          |          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------|----------|----------|
| Probenahmeort                                                                                                                                                                                                                                                |                   | Bezogen auf die Exposition des Organs |          |          |
|                                                                                                                                                                                                                                                              |                   | UD                                    | SD       | EFF      |
| St. Bees                                                                                                                                                                                                                                                     | Fucus vesiculosus | 2,24E+02                              | 8,73E+02 | 4,55E+02 |
| Sellafield                                                                                                                                                                                                                                                   | Fucus vesiculosus | 8,62E+01                              | 3,36E+02 | 1,75E+02 |
| Isle of Man                                                                                                                                                                                                                                                  | Fucus vesiculosus | 1,15E+03                              | 4,48E+03 | 2,33E+03 |
| Port William                                                                                                                                                                                                                                                 | Fucus vesiculosus | 9,07E+02                              | 3,54E+03 | 1,84E+03 |
| Garlieston                                                                                                                                                                                                                                                   | Fucus vesiculosus | 6,15E+02                              | 2,40E+03 | 1,25E+03 |
| Auchencairn                                                                                                                                                                                                                                                  | Fucus vesiculosus | 5,38E+02                              | 2,10E+03 | 1,09E+03 |
| Dumfries                                                                                                                                                                                                                                                     | Fucus vesiculosus | 2,39E+02                              | 9,33E+02 | 4,86E+02 |
| Machrahanish                                                                                                                                                                                                                                                 | Fucus vesiculosus | 1,23E+03                              | 4,80E+03 | 2,50E+03 |
| Girvan                                                                                                                                                                                                                                                       | Fucus vesiculosus | 4,10E+02                              | 1,60E+03 | 8,33E+02 |
| Hunterston                                                                                                                                                                                                                                                   | Fucus vesiculosus | 9,57E+02                              | 3,73E+03 | 1,94E+03 |
| Ardglass                                                                                                                                                                                                                                                     | Fucus vesiculosus | 4,31E+03                              | 1,68E+04 | 8,75E+03 |
| Carlingford Lough                                                                                                                                                                                                                                            | Fucus spp.        | 2,27E+03                              | 8,84E+03 | 4,61E+03 |
| UD: Wand des unteren Dickdarms<br>SD: Schilddrüse<br>EFF: Effektive Dosis                                                                                                                                                                                    |                   |                                       |          |          |



| <b>Tabelle 5.1-16: Verzehrmenge eines Kleinkinds (Alter 1 Jahr) von pflanzlichen Produkten von mit Blasentang aus der Irischen See gedüngten Anbauflächen (mittlere Tc-99-Aktivität nach Tabelle 4.1-4), bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a)</b> |                   |                                       |          |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------|----------|----------|
| Probenahmeort                                                                                                                                                                                                                                                                    |                   | Bezogen auf die Exposition des Organs |          |          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                   | UD                                    | SD       | EFF      |
| St. Bees                                                                                                                                                                                                                                                                         | Fucus vesiculosus | 3,01E+01                              | 7,93E+01 | 6,06E+01 |
| Sellafield                                                                                                                                                                                                                                                                       | Fucus vesiculosus | 1,16E+01                              | 3,05E+01 | 2,33E+01 |
| Isle of Man                                                                                                                                                                                                                                                                      | Fucus vesiculosus | 1,54E+02                              | 4,07E+02 | 3,11E+02 |
| Port William                                                                                                                                                                                                                                                                     | Fucus vesiculosus | 1,22E+02                              | 3,22E+02 | 2,46E+02 |
| Garlieston                                                                                                                                                                                                                                                                       | Fucus vesiculosus | 8,28E+01                              | 2,18E+02 | 1,67E+02 |
| Auchencairn                                                                                                                                                                                                                                                                      | Fucus vesiculosus | 7,24E+01                              | 1,91E+02 | 1,46E+02 |
| Dumfries                                                                                                                                                                                                                                                                         | Fucus vesiculosus | 3,22E+01                              | 8,48E+01 | 6,48E+01 |
| Machrahanish                                                                                                                                                                                                                                                                     | Fucus vesiculosus | 1,66E+02                              | 4,36E+02 | 3,33E+02 |
| Girvan                                                                                                                                                                                                                                                                           | Fucus vesiculosus | 5,52E+01                              | 1,45E+02 | 1,11E+02 |
| Hunterston                                                                                                                                                                                                                                                                       | Fucus vesiculosus | 1,29E+02                              | 3,39E+02 | 2,59E+02 |
| Ardglass                                                                                                                                                                                                                                                                         | Fucus vesiculosus | 5,79E+02                              | 1,53E+03 | 1,17E+03 |
| Carlingford Lough                                                                                                                                                                                                                                                                | Fucus spp.        | 3,05E+02                              | 8,04E+02 | 6,14E+02 |
| UD: Wand des unteren Dickdarms<br>SD: Schilddrüse<br>EFF: Effektive Dosis                                                                                                                                                                                                        |                   |                                       |          |          |

| Tabelle 5.1-17: Dosis Erwachsener in mSv/kg verzehrtem Fleisch von mit Blasentang aus der Irischen See gefütterten Rindern (mittlere Tc-99-Aktivität nach Tabelle 4.1-4) |                   |          |          |          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------|----------|----------|
| Probenahmeort                                                                                                                                                            |                   | Organ    |          |          |
|                                                                                                                                                                          |                   | UD       | SD       | EFF      |
| St. Bees                                                                                                                                                                 | Fucus vesiculosus | 7,81E-02 | 2,00E-02 | 1,28E-02 |
| Sellafield                                                                                                                                                               | Fucus vesiculosus | 2,03E-01 | 5,20E-02 | 3,33E-02 |
| Isle of Man                                                                                                                                                              | Fucus vesiculosus | 1,52E-02 | 3,90E-03 | 2,50E-03 |
| Port William                                                                                                                                                             | Fucus vesiculosus | 1,93E-02 | 4,94E-03 | 3,16E-03 |
| Garlieston                                                                                                                                                               | Fucus vesiculosus | 2,84E-02 | 7,28E-03 | 4,66E-03 |
| Auchencairn                                                                                                                                                              | Fucus vesiculosus | 3,24E-02 | 8,32E-03 | 5,32E-03 |
| Dumfries                                                                                                                                                                 | Fucus vesiculosus | 7,30E-02 | 1,87E-02 | 1,20E-02 |
| Machrahanish                                                                                                                                                             | Fucus vesiculosus | 1,42E-02 | 3,64E-03 | 2,33E-03 |
| Girvan                                                                                                                                                                   | Fucus vesiculosus | 4,26E-02 | 1,09E-02 | 6,99E-03 |
| Hunterston                                                                                                                                                               | Fucus vesiculosus | 1,83E-02 | 4,68E-03 | 3,00E-03 |
| Ardglass                                                                                                                                                                 | Fucus vesiculosus | 4,06E-03 | 1,04E-03 | 6,66E-04 |
| Carlingford Lough                                                                                                                                                        | Fucus spp.        | 7,71E-03 | 1,98E-03 | 1,26E-03 |
| UD: Wand des unteren Dickdarms<br>SD: Schilddrüse<br>EFF: Effektive Dosis                                                                                                |                   |          |          |          |



| Tabelle 5.1-18: Dosis von Kleinkindern (Alter 1 Jahr) in mSv/kg verzehrtem Fleisch von mit Blasentang aus der Irischen See gefütterten Rindern (mittlere Tc-99-Aktivität nach Tabelle 4.1-4) |                   |          |          |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------|----------|----------|
| Probenahmeort                                                                                                                                                                                |                   | Organ    |          |          |
|                                                                                                                                                                                              |                   | UD       | SD       | EFF      |
| St. Bees                                                                                                                                                                                     | Fucus vesiculosus | 5,81E-01 | 2,20E-01 | 9,61E-02 |
| Sellafield                                                                                                                                                                                   | Fucus vesiculosus | 1,51E+00 | 5,72E-01 | 2,50E-01 |
| Isle of Man                                                                                                                                                                                  | Fucus vesiculosus | 1,13E-01 | 4,29E-02 | 1,87E-02 |
| Port William                                                                                                                                                                                 | Fucus vesiculosus | 1,43E-01 | 5,43E-02 | 2,37E-02 |
| Garlieston                                                                                                                                                                                   | Fucus vesiculosus | 2,11E-01 | 8,01E-02 | 3,49E-02 |
| Auchencairn                                                                                                                                                                                  | Fucus vesiculosus | 2,41E-01 | 9,15E-02 | 3,99E-02 |
| Dumfries                                                                                                                                                                                     | Fucus vesiculosus | 5,43E-01 | 2,06E-01 | 8,99E-02 |
| Machrahanish                                                                                                                                                                                 | Fucus vesiculosus | 1,06E-01 | 4,00E-02 | 1,75E-02 |
| Girvan                                                                                                                                                                                       | Fucus vesiculosus | 3,17E-01 | 1,20E-01 | 5,24E-02 |
| Hunterston                                                                                                                                                                                   | Fucus vesiculosus | 1,36E-01 | 5,15E-02 | 2,25E-02 |
| Ardglass                                                                                                                                                                                     | Fucus vesiculosus | 3,02E-02 | 1,14E-02 | 4,99E-03 |
| Carlingford Lough                                                                                                                                                                            | Fucus spp.        | 5,73E-02 | 2,17E-02 | 9,48E-03 |
| UD: Wand des unteren Dickdarms<br>SD: Schilddrüse<br>EFF: Effektive Dosis                                                                                                                    |                   |          |          |          |

**Tabelle 5.1-19: Verzehrmenge Erwachsener von Fleisch mit Blasentang aus der Irischen See gefütterter Rinder (mittlere Tc-99-Aktivität nach Tabelle 4.1-4), bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a)**

| Probenahmeort     |                   | Bezogen auf die Exposition des Organs |          |          |
|-------------------|-------------------|---------------------------------------|----------|----------|
|                   |                   | UD                                    | SD       | EFF      |
| St. Bees          | Fucus vesiculosus | 1,15E+01                              | 4,50E+01 | 2,34E+01 |
| Sellafield        | Fucus vesiculosus | 4,44E+00                              | 1,73E+01 | 9,01E+00 |
| Isle of Man       | Fucus vesiculosus | 5,92E+01                              | 2,31E+02 | 1,20E+02 |
| Port William      | Fucus vesiculosus | 4,67E+01                              | 1,82E+02 | 9,49E+01 |
| Garlieston        | Fucus vesiculosus | 3,17E+01                              | 1,24E+02 | 6,44E+01 |
| Auchencairn       | Fucus vesiculosus | 2,77E+01                              | 1,08E+02 | 5,63E+01 |
| Dumfries          | Fucus vesiculosus | 1,23E+01                              | 4,81E+01 | 2,50E+01 |
| Machrahanish      | Fucus vesiculosus | 6,34E+01                              | 2,47E+02 | 1,29E+02 |
| Girvan            | Fucus vesiculosus | 2,11E+01                              | 8,24E+01 | 4,29E+01 |
| Hunterston        | Fucus vesiculosus | 4,93E+01                              | 1,92E+02 | 1,00E+02 |
| Ardglass          | Fucus vesiculosus | 2,22E+02                              | 8,65E+02 | 4,51E+02 |
| Carlingford Lough | Fucus spp.        | 1,17E+02                              | 4,55E+02 | 2,37E+02 |

UD: Wand des unteren Dickdarms

SD: Schilddrüse

EFF: Effektive Dosis



**Tabelle 5.1-20: Verzehrmenge eines Kleinkinds (Alter 1 Jahr) von Fleisch mit Blasentang aus der Irischen See gefütterter Rinder (mittlere Tc-99-Aktivität nach Tabelle 4.1-4), bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a)**

| Probenahmeort     |                   | Bezogen auf die Exposition des Organs |          |          |
|-------------------|-------------------|---------------------------------------|----------|----------|
|                   |                   | UD                                    | SD       | EFF      |
| St. Bees          | Fucus vesiculosus | 1,55E+00                              | 4,09E+00 | 3,12E+00 |
| Sellafield        | Fucus vesiculosus | 5,97E-01                              | 1,57E+00 | 1,20E+00 |
| Isle of Man       | Fucus vesiculosus | 7,96E+00                              | 2,10E+01 | 1,60E+01 |
| Port William      | Fucus vesiculosus | 6,28E+00                              | 1,66E+01 | 1,27E+01 |
| Garlieston        | Fucus vesiculosus | 4,26E+00                              | 1,12E+01 | 8,59E+00 |
| Auchencairn       | Fucus vesiculosus | 3,73E+00                              | 9,83E+00 | 7,51E+00 |
| Dumfries          | Fucus vesiculosus | 1,66E+00                              | 4,37E+00 | 3,34E+00 |
| Machrahanish      | Fucus vesiculosus | 8,53E+00                              | 2,25E+01 | 1,72E+01 |
| Girvan            | Fucus vesiculosus | 2,84E+00                              | 7,49E+00 | 5,72E+00 |
| Hunterston        | Fucus vesiculosus | 6,63E+00                              | 1,75E+01 | 1,34E+01 |
| Ardglass          | Fucus vesiculosus | 2,98E+01                              | 7,87E+01 | 6,01E+01 |
| Carlingford Lough | Fucus spp.        | 1,57E+01                              | 4,14E+01 | 3,16E+01 |

UD: Wand des unteren Dickdarms

SD: Schilddrüse

EFF: Effektive Dosis

**Tabelle 5.1-21: Dosis Erwachsener in mSv/kg verzehrter Produkte aus Blasentang aus der Irischen See (mittlere Tc-99-Aktivität nach Tabelle 4.1-4)**

| Probenahmeort     |                          | Organ    |          |          |
|-------------------|--------------------------|----------|----------|----------|
|                   |                          | UD       | SD       | EFF      |
| St. Bees          | <i>Fucus vesiculosus</i> | 3,00E-02 | 7,70E-03 | 4,93E-03 |
| Sellafield        | <i>Fucus vesiculosus</i> | 7,80E-02 | 2,00E-02 | 1,28E-02 |
| Isle of Man       | <i>Fucus vesiculosus</i> | 5,85E-03 | 1,50E-03 | 9,60E-04 |
| Port William      | <i>Fucus vesiculosus</i> | 7,41E-03 | 1,90E-03 | 1,22E-03 |
| Garlieston        | <i>Fucus vesiculosus</i> | 1,09E-02 | 2,80E-03 | 1,79E-03 |
| Auchencairn       | <i>Fucus vesiculosus</i> | 1,25E-02 | 3,20E-03 | 2,05E-03 |
| Dumfries          | <i>Fucus vesiculosus</i> | 2,81E-02 | 7,20E-03 | 4,61E-03 |
| Machrahanish      | <i>Fucus vesiculosus</i> | 5,46E-03 | 1,40E-03 | 8,96E-04 |
| Girvan            | <i>Fucus vesiculosus</i> | 1,64E-02 | 4,20E-03 | 2,69E-03 |
| Hunterston        | <i>Fucus vesiculosus</i> | 7,02E-03 | 1,80E-03 | 1,15E-03 |
| Ardglass          | <i>Fucus vesiculosus</i> | 1,56E-03 | 4,00E-04 | 2,56E-04 |
| Carlingford Lough | <i>Fucus spp.</i>        | 2,96E-03 | 7,60E-04 | 4,86E-04 |

UD: Wand des unteren Dickdarms

SD: Schilddrüse

EFF: Effektive Dosis



**Tabelle 5.1-22: Dosis von Kleinkindern (Alter 1 Jahr) in mSv/kg verzehrter Produkte aus Blasentang aus der Irischen See (mittlere Tc-99-Aktivität nach Tabelle 4.1-4)**

| Probenahmeort                                                             |                   | Organ    |          |          |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------|----------|----------|
|                                                                           |                   | UD       | SD       | EFF      |
| St. Bees                                                                  | Fucus vesiculosus | 2,23E-01 | 8,47E-02 | 3,70E-02 |
| Sellafield                                                                | Fucus vesiculosus | 5,80E-01 | 2,20E-01 | 9,60E-02 |
| Isle of Man                                                               | Fucus vesiculosus | 4,35E-02 | 1,65E-02 | 7,20E-03 |
| Port William                                                              | Fucus vesiculosus | 5,51E-02 | 2,09E-02 | 9,12E-03 |
| Garlieston                                                                | Fucus vesiculosus | 8,12E-02 | 3,08E-02 | 1,34E-02 |
| Auchencairn                                                               | Fucus vesiculosus | 9,28E-02 | 3,52E-02 | 1,54E-02 |
| Dumfries                                                                  | Fucus vesiculosus | 2,09E-01 | 7,92E-02 | 3,46E-02 |
| Machrahanish                                                              | Fucus vesiculosus | 4,06E-02 | 1,54E-02 | 6,72E-03 |
| Girvan                                                                    | Fucus vesiculosus | 1,22E-01 | 4,62E-02 | 2,02E-02 |
| Hunterston                                                                | Fucus vesiculosus | 5,22E-02 | 1,98E-02 | 8,64E-03 |
| Ardglass                                                                  | Fucus vesiculosus | 1,16E-02 | 4,40E-03 | 1,92E-03 |
| Carlingford Lough                                                         | Fucus spp.        | 2,20E-02 | 8,36E-03 | 3,65E-03 |
| UD: Wand des unteren Dickdarms<br>SD: Schilddrüse<br>EFF: Effektive Dosis |                   |          |          |          |

**Tabelle 5.1-23: Verzehrmenge Erwachsener von Produkten aus Blasentang aus der Irischen See (mittlere Tc-99-Aktivität nach Tabelle 4.1-4), bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a)**

| Probenahmeort                                                             |                   | Bezogen auf die Exposition des Organs |          |          |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------|----------|----------|
|                                                                           |                   | DU                                    | SD       | EFF      |
| St. Bees                                                                  | Fucus vesiculosus | 3,00E+01                              | 1,17E+02 | 6,09E+01 |
| Sellafield                                                                | Fucus vesiculosus | 1,15E+01                              | 4,50E+01 | 2,34E+01 |
| Isle of Man                                                               | Fucus vesiculosus | 1,54E+02                              | 6,00E+02 | 3,13E+02 |
| Port William                                                              | Fucus vesiculosus | 1,21E+02                              | 4,74E+02 | 2,47E+02 |
| Garlieston                                                                | Fucus vesiculosus | 8,24E+01                              | 3,21E+02 | 1,67E+02 |
| Auchencairn                                                               | Fucus vesiculosus | 7,21E+01                              | 2,81E+02 | 1,46E+02 |
| Dumfries                                                                  | Fucus vesiculosus | 3,21E+01                              | 1,25E+02 | 6,51E+01 |
| Machrahanish                                                              | Fucus vesiculosus | 1,65E+02                              | 6,43E+02 | 3,35E+02 |
| Girvan                                                                    | Fucus vesiculosus | 5,49E+01                              | 2,14E+02 | 1,12E+02 |
| Hunterston                                                                | Fucus vesiculosus | 1,28E+02                              | 5,00E+02 | 2,60E+02 |
| Ardglass                                                                  | Fucus vesiculosus | 5,77E+02                              | 2,25E+03 | 1,17E+03 |
| Carlingford Lough                                                         | Fucus spp.        | 3,04E+02                              | 1,18E+03 | 6,17E+02 |
| UD: Wand des unteren Dickdarms<br>SD: Schilddrüse<br>EFF: Effektive Dosis |                   |                                       |          |          |



**Tabelle 5.1-24: Verzehrmenge eines Kleinkinds (Alter 1 Jahr) von Produkten aus Blasentang aus der Irischen See (mittlere Tc-99-Aktivität nach Tabelle 4.1-4), bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a)**

| Probenahmeort     |                   | Bezogen auf die Exposition des Organs |          |          |
|-------------------|-------------------|---------------------------------------|----------|----------|
|                   |                   | UD                                    | SD       | EFF      |
| St. Bees          | Fucus vesiculosus | 4,03E+00                              | 1,06E+01 | 8,12E+00 |
| Sellafeld         | Fucus vesiculosus | 1,55E+00                              | 4,09E+00 | 3,13E+00 |
| Isle of Man       | Fucus vesiculosus | 2,07E+01                              | 5,45E+01 | 4,17E+01 |
| Port William      | Fucus vesiculosus | 1,63E+01                              | 4,31E+01 | 3,29E+01 |
| Garlieston        | Fucus vesiculosus | 1,11E+01                              | 2,92E+01 | 2,23E+01 |
| Auchencairn       | Fucus vesiculosus | 9,70E+00                              | 2,56E+01 | 1,95E+01 |
| Dumfries          | Fucus vesiculosus | 4,31E+00                              | 1,14E+01 | 8,68E+00 |
| Machrahanish      | Fucus vesiculosus | 2,22E+01                              | 5,84E+01 | 4,46E+01 |
| Girvan            | Fucus vesiculosus | 7,39E+00                              | 1,95E+01 | 1,49E+01 |
| Hunterston        | Fucus vesiculosus | 1,72E+01                              | 4,55E+01 | 3,47E+01 |
| Ardglass          | Fucus vesiculosus | 7,76E+01                              | 2,05E+02 | 1,56E+02 |
| Carlingford Lough | Fucus spp.        | 4,08E+01                              | 1,08E+02 | 8,22E+01 |

UD: Wand des unteren Dickdarms

SD: Schilddrüse

EFF: Effektive Dosis

| <b>Tabelle 5.1-25: Gammadosis bei Aufenthalt an der Küste der Irischen See (in mSv/a), bezogen auf die Messwerte nach Tabelle 4.1-6</b> |                          |                       |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|----------|
| Probenahmeort                                                                                                                           |                          | Dosis beim Aufenthalt |          |
|                                                                                                                                         |                          | ganzjährig            | 2000 h/a |
| Newton Arlosh                                                                                                                           | Salzmarsch               | 1,05                  | 0,24     |
| Whitehaven – äußerer Hafen                                                                                                              | Kohle und Sand           | 1,14                  | 0,26     |
| Whitehaven – Yachtbasin                                                                                                                 | Schlamm                  | 1,49                  | 0,34     |
| Whitehaven – Yachtbasin (Boot 4)                                                                                                        | Kabine                   | 1,05                  | 0,24     |
| Ravenglass – Carleton Marsh                                                                                                             | Salzmarsch               | 2,01                  | 0,46     |
| Ravenglass – salmon garth                                                                                                               | Schlamm und Sand         | 1,05                  | 0,24     |
| Ravenglass – salmon garth                                                                                                               | Schlamm, Sand und Steine | 1,05                  | 0,24     |
| Ravenglass – Raven Villa                                                                                                                | Schlamm                  | 1,14                  | 0,26     |
| Ravenglass – Raven Villa                                                                                                                | Schlamm und Sand         | 1,14                  | 0,26     |
| Ravenglass                                                                                                                              | Salzmarsch               | 1,75                  | 0,4      |
| Newbiggin                                                                                                                               | Schlamm                  | 1,66                  | 0,38     |
| Newbiggin                                                                                                                               | Schlamm und Sand         | 1,58                  | 0,36     |
| Newbiggin                                                                                                                               | Salzmarsch               | 2,10                  | 0,48     |
| Millom                                                                                                                                  | Schlamm, Sand und Steine | 1,05                  | 0,24     |





**Tabelle 5.1-27: Dosis von Kleinkindern (Alter 1 Jahr) in mSv/kg verzehrter Fisch aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-1**

| Probenahmeort               | Fisch           | Organ    |          |          |          |          |
|-----------------------------|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                             |                 | KO       | UD       | RK       | SD       | EFF      |
| Côte Ouest (1997)           | Poisson rond    | -        | -        | -        | -        | -        |
| Côte Ouest (1997)           | Poisson plat    | -        | -        | -        | -        | -        |
| Côte Nord (1997)            | Poisson rond    | -        | -        | -        | -        | -        |
| Côte Nord (1997)            | Poisson plat    | -        | -        | -        | -        | -        |
| Les Huquets (1996)          | Gadus luscus    | 7,98E-06 | 2,39E-05 | 6,84E-06 | 7,98E-06 | 1,03E-05 |
| Flamanville (1996)          | Labrus bergylta | -        | -        | -        | -        | -        |
| Cap Lévy (1996)             | Gadus luscus    | -        | -        | -        | -        | -        |
| Fermanville-Cap Lévy (1996) | Labrus bergylta | -        | -        | -        | -        | -        |
| Flamanville (1997)          | Labrus bergylta | 2,73E-06 | 8,19E-06 | 2,34E-06 | 2,73E-06 | 3,51E-06 |

KO: Knochenoberfläche  
 UD: Wand des unteren Dickdarms  
 RK: Rotes Knochenmark  
 SD: Schilddrüse  
 EFF: Effektive Dosis



**Tabelle 5.1-28: Verzehrmenge Erwachsener von Fisch aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-1, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a)**

| Probenahmeort               | Fisch           | Bezogen auf die Exposition des Organs |          |          |          |          |
|-----------------------------|-----------------|---------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|                             |                 | KO                                    | UD       | RK       | SD       | EFF      |
| Côte Ouest (1997)           | Poisson rond    | -                                     | -        | -        | -        | -        |
| Côte Ouest (1997)           | Poisson plat    | -                                     | -        | -        | -        | -        |
| Côte Nord (1997)            | Poisson rond    | -                                     | -        | -        | -        | -        |
| Côte Nord (1997)            | Poisson plat    | -                                     | -        | -        | -        | -        |
| Les Huquets (1996)          | Gadus luscus    | 2,37E+06                              | 1,97E+05 | 3,76E+05 | 1,39E+06 | 2,32E+05 |
| Flamanville (1996)          | Labrus bergylta | -                                     | -        | -        | -        | -        |
| Cap Lévy (1996)             | Gadus luscus    | -                                     | -        | -        | -        | -        |
| Fermanville-Cap Lévy (1996) | Labrus bergylta | -                                     | -        | -        | -        | -        |
| Flamanville (1997)          | Labrus bergylta | 6,92E+06                              | 5,77E+05 | 1,10E+06 | 4,07E+06 | 6,79E+05 |

KO: Knochenoberfläche  
 UD: Wand des unteren Dickdarms  
 RK: Rotes Knochenmark  
 SD: Schilddrüse  
 EFF: Effektive Dosis

| Probenahmeort               | Fisch           | Bezogen auf die Exposition des Organs |          |          |          |          |
|-----------------------------|-----------------|---------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|                             |                 | KO                                    | UD       | RK       | SD       | EFF      |
| Côte Ouest (1997)           | Poisson rond    | -                                     | -        | -        | -        | -        |
| Côte Ouest (1997)           | Poisson plat    | -                                     | -        | -        | -        | -        |
| Côte Nord (1997)            | Poisson rond    | -                                     | -        | -        | -        | -        |
| Côte Nord (1997)            | Poisson plat    | -                                     | -        | -        | -        | -        |
| Les Huquets (1996)          | Gadus luscus    | 2,26E+05                              | 3,76E+04 | 4,39E+04 | 1,13E+05 | 2,92E+04 |
| Flamanville (1996)          | Labrus bergylta | -                                     | -        | -        | -        | -        |
| Cap Lévy (1996)             | Gadus luscus    | -                                     | -        | -        | -        | -        |
| Fermanville-Cap Lévy (1996) | Labrus bergylta | -                                     | -        | -        | -        | -        |
| Flamanville (1997)          | Labrus bergylta | 6,59E+05                              | 1,10E+05 | 1,28E+05 | 3,30E+05 | 8,55E+04 |

KO: Knochenoberfläche  
 UD: Wand des unteren Dickdarms  
 RK: Rotes Knochenmark  
 SD: Schilddrüse  
 EFF: Effektive Dosis



**Tabelle 5.1-30: Dosis Erwachsener in mSv/kg verzehrter Muscheln aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-2**

| Probenahmeort   |              | Organ    |          |          |          |          |
|-----------------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                 |              | KO       | UD       | RK       | SD       | EFF      |
| Côte Est        | Miesmuscheln | 6,20E-07 | 3,72E-06 | 6,51E-07 | 5,27E-07 | 1,05E-06 |
| Côte Oueste     | Miesmuscheln | 7,40E-07 | 1,25E-05 | 7,77E-07 | 6,29E-07 | 1,26E-06 |
| Côte Est (1997) | Austern      | -        | -        | -        | -        | -        |
| St Vaast (1996) | Austern      | 2,60E-07 | 1,56E-06 | 2,73E-07 | 2,21E-07 | 4,42E-07 |
| St Vaast (1997) | Austern      | -        | -        | -        | -        | -        |

KO: Knochenoberfläche  
UD: Wand des unteren Dickdarms  
RK: Rotes Knochenmark  
SD: Schilddrüse  
EFF: Effektive Dosis

**Tabelle 5.1-31: Dosis von Kleinkindern (Alter 1 Jahr) in mSv/kg verzehrter Muscheln aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-2**

| Probenahmeort   |              | Organ    |          |          |          |          |
|-----------------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                 |              | KO       | UD       | RK       | SD       | EFF      |
| Côte Est        | Miesmuscheln | 6,51E-06 | 1,95E-05 | 5,58E-06 | 6,51E-06 | 8,37E-06 |
| Côte Oueste     | Miesmuscheln | 7,77E-06 | 2,33E-05 | 6,66E-06 | 7,77E-06 | 9,99E-06 |
| Côte Est (1997) | Austern      | -        | -        | -        | -        | -        |
| St Vaast (1996) | Austern      | 2,73E-06 | 8,19E-06 | 2,34E-06 | 2,73E-06 | 3,51E-06 |
| St Vaast (1997) | Austern      | -        | -        | -        | -        | -        |

KO: Knochenoberfläche  
UD: Wand des unteren Dickdarms  
RK: Rotes Knochenmark  
SD: Schilddrüse  
EFF: Effektive Dosis

**Tabelle 5.1-32: Verzehrmenge Erwachsener von Muscheln aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-2, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a)**

| Probenahmeort   |              | Bezogen auf die Exposition des Organs |          |          |          |          |
|-----------------|--------------|---------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|                 |              | KO                                    | UD       | RK       | SD       | EFF      |
| Côte Est        | Miesmuscheln | 2,90E+06                              | 2,42E+05 | 4,61E+05 | 1,71E+06 | 2,85E+05 |
| Côte Oueste     | Miesmuscheln | 2,43E+06                              | 7,21E+04 | 3,86E+05 | 1,43E+06 | 2,38E+05 |
| Côte Est (1997) | Austern      | -                                     | -        | -        | -        | -        |
| St Vaast (1996) | Austern      | 6,92E+06                              | 5,77E+05 | 1,10E+06 | 4,07E+06 | 6,79E+05 |
| St Vaast (1997) | Austern      | -                                     | -        | -        | -        | -        |

KO: Knochenoberfläche  
 UD: Wand des unteren Dickdarms  
 RK: Rotes Knochenmark  
 SD: Schilddrüse  
 EFF: Effektive Dosis

**Tabelle 5.1-33: Verzehrmenge eines Kleinkinds (Alter 1 Jahr) von Muscheln aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-2, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a)**

| Probenahmeort   |              | Bezogen auf die Exposition des Organs |          |          |          |          |
|-----------------|--------------|---------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|                 |              | KO                                    | UD       | RK       | SD       | EFF      |
| Côte Est        | Miesmuscheln | 2,76E+05                              | 4,61E+04 | 5,38E+04 | 1,38E+05 | 3,58E+04 |
| Côte Oueste     | Miesmuscheln | 2,32E+05                              | 3,86E+04 | 4,50E+04 | 1,16E+05 | 3,00E+04 |
| Côte Est (1997) | Austern      | -                                     | -        | -        | -        | -        |
| St Vaast (1996) | Austern      | 6,59E+05                              | 1,10E+05 | 1,28E+05 | 3,30E+05 | 8,55E+04 |
| St Vaast (1997) | Austern      | -                                     | -        | -        | -        | -        |

KO: Knochenoberfläche  
 UD: Wand des unteren Dickdarms  
 RK: Rotes Knochenmark  
 SD: Schilddrüse  
 EFF: Effektive Dosis



**Tabelle 5.1-34: Dosis Erwachsener in mSv/kg verzehrter Napfschnecken aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-3**

| Probenahmeort                                                                                                               | Organ    |          |          |          |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                                                                                                             | KO       | UD       | RK       | SD       | EFF      |
| Querqueville (1996)                                                                                                         | 9,00E-07 | 5,40E-06 | 9,45E-07 | 7,65E-07 | 1,53E-06 |
| Anse St Martin (1996)                                                                                                       | 1,38E-06 | 8,28E-06 | 1,45E-06 | 1,17E-06 | 2,35E-06 |
| Dielette (1996)                                                                                                             | 8,00E-07 | 4,80E-06 | 8,40E-07 | 6,80E-07 | 1,36E-06 |
| Carteret (1996)                                                                                                             | 7,40E-07 | 4,44E-06 | 7,77E-07 | 6,29E-07 | 1,26E-06 |
| Goury (1996)                                                                                                                | 1,90E-06 | 1,14E-05 | 2,00E-06 | 1,62E-06 | 3,23E-06 |
| Moulinets (1997)                                                                                                            | 6,80E-07 | 4,08E-06 | 7,14E-07 | 5,78E-07 | 1,16E-06 |
| Barneville (1997)                                                                                                           | 5,60E-07 | 3,36E-06 | 5,88E-07 | 4,76E-07 | 9,52E-07 |
| Anse des Moulinets (1997)                                                                                                   | 1,02E-05 | 4,33E-04 | 1,03E-05 | 9,44E-06 | 4,41E-05 |
| Querqueville (1997)                                                                                                         | 8,20E-07 | 4,92E-06 | 8,61E-07 | 6,97E-07 | 1,39E-06 |
| Sciotot (1997)                                                                                                              | 1,13E-05 | 4,71E-04 | 1,14E-05 | 1,04E-05 | 4,82E-05 |
| Goury (1997)                                                                                                                | 6,56E-06 | 2,75E-04 | 6,60E-06 | 6,05E-06 | 2,81E-05 |
| Ecalgrain (1997)                                                                                                            | 9,78E-06 | 4,06E-04 | 9,85E-06 | 9,01E-06 | 4,15E-05 |
| Urville (1997)                                                                                                              | 3,84E-06 | 1,47E-04 | 3,88E-06 | 3,51E-06 | 1,54E-05 |
| KO: Knochenoberfläche<br>UD: Wand des unteren Dickdarms<br>RK: Rotes Knochenmark<br>SD: Schilddrüse<br>EFF: Effektive Dosis |          |          |          |          |          |

| Tabelle 5.1-35: Dosis von Kleinkindern (Alter 1 Jahr) in mSv/kg verzehrter Napf-schnecken aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Ta-belle 4.2-3 |          |          |          |          |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Probenahmeort                                                                                                                                           | Organ    |          |          |          |          |
|                                                                                                                                                         | KO       | UD       | RK       | SD       | EFF      |
| Querqueville (1996)                                                                                                                                     | 9,45E-06 | 2,84E-05 | 8,10E-06 | 9,45E-06 | 1,22E-05 |
| Anse St Martin (1996)                                                                                                                                   | 1,45E-05 | 4,35E-05 | 1,24E-05 | 1,45E-05 | 1,86E-05 |
| Dielette (1996)                                                                                                                                         | 8,40E-06 | 2,52E-05 | 7,20E-06 | 8,40E-06 | 1,08E-05 |
| Carteret (1996)                                                                                                                                         | 7,77E-06 | 2,33E-05 | 6,66E-06 | 7,77E-06 | 9,99E-06 |
| Goury (1996)                                                                                                                                            | 2,00E-05 | 5,99E-05 | 1,71E-05 | 2,00E-05 | 2,57E-05 |
| Moulinets (1997)                                                                                                                                        | 7,14E-06 | 2,14E-05 | 6,12E-06 | 7,14E-06 | 9,18E-06 |
| Barneville (1997)                                                                                                                                       | 5,88E-06 | 1,76E-05 | 5,04E-06 | 5,88E-06 | 7,56E-06 |
| Anse des Moulinets (1997)                                                                                                                               | 6,56E-05 | 3,16E-03 | 6,32E-05 | 6,50E-05 | 3,10E-04 |
| Querqueville (1997)                                                                                                                                     | 8,61E-06 | 2,58E-05 | 7,38E-06 | 8,61E-06 | 1,11E-05 |
| Sciotot (1997)                                                                                                                                          | 7,36E-05 | 3,43E-03 | 7,06E-05 | 7,29E-05 | 3,40E-04 |
| Goury (1997)                                                                                                                                            | 4,25E-05 | 2,00E-03 | 4,08E-05 | 4,21E-05 | 1,98E-04 |
| Ecalgrain (1997)                                                                                                                                        | 6,38E-05 | 2,96E-03 | 6,11E-05 | 6,32E-05 | 2,93E-04 |
| Urville (1997)                                                                                                                                          | 2,64E-05 | 1,07E-03 | 2,50E-05 | 2,62E-05 | 1,09E-04 |
| KO: Knochenoberfläche<br>UD: Wand des unteren Dickdarms<br>RK: Rotes Knochenmark<br>SD: Schilddrüse<br>EFF: Effektive Dosis                             |          |          |          |          |          |



| <b>Tabelle 5.1-36: Verzehrmenge Erwachsener von Napfschnecken aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-3, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a)</b> |                                       |          |          |          |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Probenahmeort                                                                                                                                                                                       | Bezogen auf die Exposition des Organs |          |          |          |          |
|                                                                                                                                                                                                     | KO                                    | UD       | RK       | SD       | EFF      |
| Querqueville (1996)                                                                                                                                                                                 | 2,00E+06                              | 1,67E+05 | 3,17E+05 | 1,18E+06 | 1,96E+05 |
| Anse St Martin (1996)                                                                                                                                                                               | 1,30E+06                              | 1,09E+05 | 2,07E+05 | 7,67E+05 | 1,28E+05 |
| Dielette (1996)                                                                                                                                                                                     | 2,25E+06                              | 1,88E+05 | 3,57E+05 | 1,32E+06 | 2,21E+05 |
| Carteret (1996)                                                                                                                                                                                     | 2,43E+06                              | 2,03E+05 | 3,86E+05 | 1,43E+06 | 2,38E+05 |
| Goury (1996)                                                                                                                                                                                        | 9,47E+05                              | 7,89E+04 | 1,50E+05 | 5,57E+05 | 9,29E+04 |
| Moulinets (1997)                                                                                                                                                                                    | 2,65E+06                              | 2,21E+05 | 4,20E+05 | 1,56E+06 | 2,60E+05 |
| Barneville (1997)                                                                                                                                                                                   | 3,21E+06                              | 2,68E+05 | 5,10E+05 | 1,89E+06 | 3,15E+05 |
| Anse des Moulinets (1997)                                                                                                                                                                           | 1,76E+05                              | 2,08E+03 | 2,92E+04 | 9,54E+04 | 6,81E+03 |
| Querqueville (1997)                                                                                                                                                                                 | 2,20E+06                              | 1,83E+05 | 3,48E+05 | 1,29E+06 | 2,15E+05 |
| Sciotot (1997)                                                                                                                                                                                      | 1,59E+05                              | 1,91E+03 | 2,63E+04 | 8,63E+04 | 6,23E+03 |
| Goury (1997)                                                                                                                                                                                        | 2,74E+05                              | 3,27E+03 | 4,54E+04 | 1,49E+05 | 1,07E+04 |
| Ecalgrain (1997)                                                                                                                                                                                    | 1,84E+05                              | 2,22E+03 | 3,05E+04 | 9,99E+04 | 7,22E+03 |
| Urville (1997)                                                                                                                                                                                      | 4,69E+05                              | 6,12E+03 | 7,73E+04 | 2,56E+05 | 1,94E+04 |
| KO: Knochenoberfläche<br>UD: Wand des unteren Dickdarms<br>RK: Rotes Knochenmark<br>SD: Schilddrüse<br>EFF: Effektive Dosis                                                                         |                                       |          |          |          |          |

**Tabelle 5.1-37: Verzehrmenge eines Kleinkinds (Alter 1 Jahr) von Napfschnecken aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-3, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a)**

| Probenahmeort                                                                                                               | Bezogen auf die Exposition des Organs |          |          |          |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|                                                                                                                             | KO                                    | UD       | RK       | SD       | EFF      |
| Querqueville (1996)                                                                                                         | 1,90E+05                              | 3,17E+04 | 3,70E+04 | 9,52E+04 | 2,47E+04 |
| Anse St Martin (1996)                                                                                                       | 1,24E+05                              | 2,07E+04 | 2,42E+04 | 6,21E+04 | 1,61E+04 |
| Dielette (1996)                                                                                                             | 2,14E+05                              | 3,57E+04 | 4,17E+04 | 1,07E+05 | 2,78E+04 |
| Carteret (1996)                                                                                                             | 2,32E+05                              | 3,86E+04 | 4,50E+04 | 1,16E+05 | 3,00E+04 |
| Goury (1996)                                                                                                                | 9,02E+04                              | 1,50E+04 | 1,75E+04 | 4,51E+04 | 1,17E+04 |
| Moulinets (1997)                                                                                                            | 2,52E+05                              | 4,20E+04 | 4,90E+04 | 1,26E+05 | 3,27E+04 |
| Barneville (1997)                                                                                                           | 3,06E+05                              | 5,10E+04 | 5,95E+04 | 1,53E+05 | 3,97E+04 |
| Anse des Moulinets (1997)                                                                                                   | 2,74E+04                              | 2,85E+02 | 4,75E+03 | 1,38E+04 | 9,66E+02 |
| Querqueville (1997)                                                                                                         | 2,09E+05                              | 3,48E+04 | 4,07E+04 | 1,05E+05 | 2,71E+04 |
| Sciotot (1997)                                                                                                              | 2,45E+04                              | 2,62E+02 | 4,25E+03 | 1,23E+04 | 8,83E+02 |
| Goury (1997)                                                                                                                | 4,24E+04                              | 4,49E+02 | 7,35E+03 | 2,14E+04 | 1,52E+03 |
| Ecalgrain (1997)                                                                                                            | 2,82E+04                              | 3,05E+02 | 4,91E+03 | 1,42E+04 | 1,02E+03 |
| Urville (1997)                                                                                                              | 6,81E+04                              | 8,44E+02 | 1,20E+04 | 3,43E+04 | 2,74E+03 |
| KO: Knochenoberfläche<br>UD: Wand des unteren Dickdarms<br>RK: Rotes Knochenmark<br>SD: Schilddrüse<br>EFF: Effektive Dosis |                                       |          |          |          |          |



| <b>Tabelle 5.1-38: Dosis Erwachsener in mSv/kg verzehrter Krustentiere aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-4</b> |          |          |          |          |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Probenahmeort                                                                                                                           | Organ    |          |          |          |          |
|                                                                                                                                         | KO       | UD       | RK       | SD       | EFF      |
| Côte Ouest                                                                                                                              | 6,75E-06 | 1,71E-04 | 6,93E-06 | 6,00E-06 | 2,08E-05 |
| Côte Nord                                                                                                                               | 1,04E-05 | 2,37E-04 | 1,07E-05 | 9,22E-06 | 3,03E-05 |
| KO: Knochenoberfläche<br>UD: Wand des unteren Dickdarms<br>RK: Rotes Knochenmark<br>SD: Schilddrüse<br>EFF: Effektive Dosis             |          |          |          |          |          |

| <b>Tabelle 5.1-39: Dosis von Kleinkindern (Alter 1 Jahr) in mSv/kg verzehrter Krustentiere aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-4</b> |          |          |          |          |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Probenahmeort                                                                                                                                               | Organ    |          |          |          |          |
|                                                                                                                                                             | KO       | UD       | RK       | SD       | EFF      |
| Côte Ouest                                                                                                                                                  | 5,63E-05 | 1,21E-03 | 5,07E-05 | 5,61E-05 | 1,52E-04 |
| Côte Nord                                                                                                                                                   | 8,99E-05 | 1,66E-03 | 8,03E-05 | 8,96E-05 | 2,22E-04 |
| KO: Knochenoberfläche<br>UD: Wand des unteren Dickdarms<br>RK: Rotes Knochenmark<br>SD: Schilddrüse<br>EFF: Effektive Dosis                                 |          |          |          |          |          |

| <b>Tabelle 5.1-40: Verzehrmenge Erwachsener von Krustentieren aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-4, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a)</b> |                                       |          |          |          |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Probenahmeort                                                                                                                                                                                       | Bezogen auf die Exposition des Organs |          |          |          |          |
|                                                                                                                                                                                                     | KO                                    | UD       | RK       | SD       | EFF      |
| Côte Ouest                                                                                                                                                                                          | 2,67E+05                              | 5,27E+03 | 4,33E+04 | 1,50E+05 | 1,44E+04 |
| Côte Nord                                                                                                                                                                                           | 1,73E+05                              | 3,79E+03 | 2,79E+04 | 9,76E+04 | 9,91E+03 |
| KO: Knochenoberfläche<br>UD: Wand des unteren Dickdarms<br>RK: Rotes Knochenmark<br>SD: Schilddrüse<br>EFF: Effektive Dosis                                                                         |                                       |          |          |          |          |

| <b>Tabelle 5.1-41: Verzehrmenge eines Kleinkinds (Alter 1 Jahr) von Krustentieren aus dem Umfeld von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-4, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a)</b> |                                       |          |          |          |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Probenahmeort                                                                                                                                                                                                           | Bezogen auf die Exposition des Organs |          |          |          |          |
|                                                                                                                                                                                                                         | KO                                    | UD       | RK       | SD       | EFF      |
| Côte Ouest                                                                                                                                                                                                              | 3,20E+04                              | 7,47E+02 | 5,92E+03 | 1,61E+04 | 1,98E+03 |
| Côte Nord                                                                                                                                                                                                               | 2,00E+04                              | 5,42E+02 | 3,73E+03 | 1,00E+04 | 1,35E+03 |
| KO: Knochenoberfläche<br>UD: Wand des unteren Dickdarms<br>RK: Rotes Knochenmark<br>SD: Schilddrüse<br>EFF: Effektive Dosis                                                                                             |                                       |          |          |          |          |



**Tabelle 5.1-42: Dosis Erwachsener in mSv/kg verzehrter Königskrabben aus dem Bereich der Einleitstelle von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-5**

| Auswertung durch / Probenah-<br>medatum                                                                                     | Organ    |          |          |          |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                                                                                                             | KO       | UD       | RK       | SD       | EFF      |
| ACRO, 15.9.97                                                                                                               | 2,77E-03 | 5,99E-02 | 1,82E-03 | 1,55E-01 | 1,44E-02 |
| Uni Bremen, 15.9.97                                                                                                         | 2,10E+00 | 1,50E-01 | 9,23E-01 | 1,18E-01 | 1,53E-01 |
| ACRO, 16.9.97                                                                                                               | 6,37E-05 | 2,24E-04 | 4,07E-05 | 2,98E-05 | 6,14E-05 |
| ACRO, 20.9.97                                                                                                               | 1,55E-03 | 2,82E-02 | 1,09E-03 | 1,67E-01 | 1,20E-02 |
| KO: Knochenoberfläche<br>UD: Wand des unteren Dickdarms<br>RK: Rotes Knochenmark<br>SD: Schilddrüse<br>EFF: Effektive Dosis |          |          |          |          |          |

**Tabelle 5.1-43: Dosis von Kleinkindern (Alter 1 Jahr) in mSv/kg verzehrter Königskrabben aus dem Bereich der Einleitstelle von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-5**

| Auswertung durch / Probenah-<br>medatum                                                                                     | Organ    |          |          |          |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                                                                                                             | KO       | UD       | RK       | SD       | EFF      |
| ACRO, 15.9.97                                                                                                               | 1,55E-02 | 4,33E-01 | 1,16E-02 | 3,25E-01 | 6,14E-02 |
| Uni Bremen, 15.9.97                                                                                                         | 3,75E+00 | 1,04E+00 | 2,16E+00 | 2,68E-01 | 4,14E-01 |
| ACRO, 16.9.97                                                                                                               | 4,66E-04 | 1,21E-03 | 3,31E-04 | 3,60E-04 | 4,79E-04 |
| ACRO, 20.9.97                                                                                                               | 9,71E-03 | 2,01E-01 | 7,46E-03 | 3,47E-01 | 4,10E-02 |
| KO: Knochenoberfläche<br>UD: Wand des unteren Dickdarms<br>RK: Rotes Knochenmark<br>SD: Schilddrüse<br>EFF: Effektive Dosis |          |          |          |          |          |

**Tabelle 5.1-44: Verzehrmenge Erwachsener von Königskrabben aus dem Bereich der Einleitstelle von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-5, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a)**

| Auswertung durch / Probenah-<br>medatum                                                                                     | Bezogen auf die Exposition des Organs |          |          |          |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|                                                                                                                             | KO                                    | UD       | RK       | SD       | EFF      |
| ACRO, 15.9.97                                                                                                               | 6,49E+02                              | 1,50E+01 | 1,65E+02 | 5,81E+00 | 2,08E+01 |
| Uni Bremen, 15.9.97                                                                                                         | 8,57E-01                              | 6,01E+00 | 3,25E-01 | 7,64E+00 | 1,96E+00 |
| ACRO, 16.9.97                                                                                                               | 2,83E+04                              | 4,01E+03 | 7,38E+03 | 3,02E+04 | 4,88E+03 |
| ACRO, 20.9.97                                                                                                               | 1,16E+03                              | 3,19E+01 | 2,76E+02 | 5,40E+00 | 2,50E+01 |
| KO: Knochenoberfläche<br>UD: Wand des unteren Dickdarms<br>RK: Rotes Knochenmark<br>SD: Schilddrüse<br>EFF: Effektive Dosis |                                       |          |          |          |          |

**Tabelle 5.1-45: Verzehrmenge eines Kleinkinds (Alter 1 Jahr) von Königskrabben aus dem Bereich der Einleitstelle von La Hague mit Aktivität nach Tabelle 4.2-5, bei der die Grenzwerte nach § 45 StrlSchV erreicht werden (in kg/a)**

| Auswertung durch / Probenah-<br>medatum                                                                                     | Bezogen auf die Exposition des Organs |          |          |          |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|                                                                                                                             | KO                                    | UD       | RK       | SD       | EFF      |
| ACRO, 15.9.97                                                                                                               | 1,16E+02                              | 2,08E+00 | 2,59E+01 | 2,77E+00 | 4,89E+00 |
| Uni Bremen, 15.9.97                                                                                                         | 4,80E-01                              | 8,69E-01 | 1,39E-01 | 3,36E+00 | 7,24E-01 |
| ACRO, 16.9.97                                                                                                               | 3,86E+03                              | 7,46E+02 | 9,05E+02 | 2,50E+03 | 6,26E+02 |
| ACRO, 20.9.97                                                                                                               | 1,85E+02                              | 4,48E+00 | 4,02E+01 | 2,59E+00 | 7,32E+00 |
| KO: Knochenoberfläche<br>UD: Wand des unteren Dickdarms<br>RK: Rotes Knochenmark<br>SD: Schilddrüse<br>EFF: Effektive Dosis |                                       |          |          |          |          |



## 5.2 Definition von Lebensgewohnheiten für Referenzpersonen

Im folgenden werden Lebensgewohnheiten für Referenzpersonen abgeleitet, anhand derer in Kapitel 5.3 mögliche Strahlenexpositionen berechnet werden sollen. Die Ermittlung soll so weit als möglich analog zur in der Bundesrepublik Deutschland vorgegebenen Vorgehensweise erfolgen (zur Begründung dieses Vorgehens siehe Kapitel 6.1). Aus Anlage XI der Strahlenschutzverordnung bzw. der AVV zu § 45 StrlSchV ergeben sich in dieser Hinsicht die folgenden Randbedingungen:

- Atemrate von 7300 m<sup>3</sup>/a für Erwachsene und von 1900 m<sup>3</sup>/a für Kleinkinder (Alter 1 Jahr),
- ganzzähriger Aufenthalt im Freien am Ort mit der höchsten Konzentration radioaktiver Stoffe in der bodennahen Luft außerhalb des Anlagengeländes,
- ganzzähriger Aufenthalt im Freien am Ort mit der höchsten äußeren Exposition (Gamma-Submersion und Gamma-Bodenstrahlung) außerhalb des Anlagengeländes,
- ausschließlicher Verzehr von Nahrungsmitteln, die am Ort der höchsten Kontamination außerhalb des Anlagengeländes gewonnen werden,
- relativ hohe jährliche Verzehrmenge von kritischen Lebensmitteln (Meeresfrüchte sind in Anlage XI StrlSchV nicht aufgeführt, da keine deutschen direkten Einleiter radioaktiver Stoffe in ein Meer vorliegen).

### 5.2.1 Lebensgewohnheiten im Hinblick auf Strahlenexpositionen durch Abgaben radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser

#### Referenzperson in Anlehnung an Anlage XI StrlSchV

Für die Referenzperson der Bevölkerung, für die nach deutschem Strahlenschutzrecht die Einhaltung des Dosisgrenzwerte nach § 45 StrlSchV gewährleistet werden muss, werden hier die folgenden Lebensgewohnheiten im Hinblick auf den Wasserpfad zugrunde gelegt:

- Es erfolgt der Verzehr von marinen Nahrungsmitteln mit der höchsten in der Umgebung der Anlagen gemessenen Konzentration an künstlichen radioaktiven Stoffen.
- Es erfolgt ein ganzzähriger Aufenthalt im Freien am Ort mit der höchsten gemessenen Dosisleistung durch kontaminierte Sedimente außerhalb des Anlagengeländes.
- Die jährliche Verzehrmenge an Meeresfrüchten liegt in Höhe des zu unterstellenden Fleischverzehrs nach Anlage XI StrlSchV (um der Besonderheit der Küstenstand-

orte gerecht zu werden). Dies entspricht 150 kg für Erwachsene und 20 kg für Kleinkinder pro Jahr. Davon sollen 10% auf Krusten- und Schalentiere entfallen.

- An Produkten aus Blasentang (z.B. in Form von Brotaufstrich) sollen jährlich 2 kg (Erwachsene) bzw. 0,5 kg (Kleinkind) verzehrt werden. Der Blasentang soll eine Aktivitätskonzentration aufweisen, die dem höchsten Messwert entspricht.
- Der Bedarf an pflanzlichen Produkten (500 kg/a bei Erwachsenen und 60 kg/a bei Kleinkindern nach Anlage XI StrlSchV) soll von einer Fläche gedeckt werden, die mit Blasentang gedüngt wurde. Diese Annahme entspricht dem Bezug der Nahrungsmittel ausschließlich vom Ort höchster Kontamination. Der Blasentang soll eine Aktivitätskonzentration aufweisen, die dem höchsten Messwert entspricht.
- Der Fleischverzehr (150 kg für Erwachsene und 20 kg für Kleinkinder pro Jahr nach Anlage XI StrlSchV) erfolgt von mit Blasentang gefütterten Rindern. Der Blasentang soll eine Aktivitätskonzentration aufweisen, die dem höchsten Messwert entspricht.

Gemäß den Vorgaben der StrlSchV bzw. der AVV zu § 45 StrlSchV sind die über die genannten Belastungspfade ermittelten Dosen zu addieren.

In Abweichung von der StrlSchV bzw. der AVV zu § 45 StrlSchV erfolgt hier ein Bezug auf Messwerte, die nicht notwendigerweise das Maximum radioaktiver Kontamination repräsentieren. Nach StrlSchV müsste die Dosis für den Aufenthalt am bzw. den Verzehr von Lebensmittel vom Ort höchster Kontamination außerhalb des Anlagengeländes zugrunde gelegt werden (z.B. Lebensmittel direkt von der Einleitstelle der Pipeline). Das Instrumentarium für eine Berechnung bei Einleitungen in ein marines Gewässer ist aber in der AVV zu § 45 StrlSchV nicht enthalten. Aus diesem Grunde wird hier auf die Immissionsmesswerte zurückgegriffen.

Eine weitere Abweichung besteht bei den hier durchgeführten Berechnungen insofern als nicht die Dosisfaktoren der StrlSchV in der derzeit gültigen Fassung sondern die Dosisfaktoren aus <ICRP 1998> verwendet werden. Diese entsprechen den Vorgaben aus <Euratom 1996> und sollen im Rahmen der Novellierung der StrlSchV in das deutsche Strahlenschutzrecht übernommen werden.

Im Hinblick auf die für die Referenzperson zugrunde zu legenden Verzehrgewohnheiten lehnen sich die Berechnungen hier an die gültige Fassung der StrlSchV an. Zwar sind mit <BMU 1999> auch die zukünftig zu erwartenden Festlegungen der Verzehrgewohnheiten bekannt. Diese wurden hier aber nicht berücksichtigt, da ein strenges Vorgehen nach der Definition der Referenzperson (mit sechs Altersklassen) deutlich über den Rahmen des vorliegenden Gutachtens hinausgegangen wäre. Im übrigen war eine



Konservativität streng analog der Forderungen der StrlSchV ohnehin nicht zu gewährleisten (siehe hierzu auch Kapitel 6).

### Gruppe der Bevölkerung mit relativ hoher Strahlenexposition

Die für die Referenzperson berechneten Strahlenexpositionen sind im Sinne der StrlSchV bzw. AVV zu § 45 StrlSchV zu unterstellen. Zum Vergleich sollen hier aber auch Strahlenexpositionen berechnet werden, die mit gewisser Wahrscheinlichkeit und auch für einen größeren Personenkreis als möglich gelten müssen. Dazu dient die Definition der Lebensgewohnheiten für die „Gruppe der Bevölkerung mit relativ hoher Strahlenexposition“.

Es werden die folgenden Randbedingungen im Hinblick auf den Wasserpfad festgelegt:

- Es erfolgt der Verzehr bzw. die Nutzung von marinen Nahrungsmitteln mit der mittleren Konzentration radioaktiver Stoffe entsprechend den in Kapitel 5 genannten Messwerten aus einer Umgebung von maximal einigen Kilometern Umkreis um die Einleitungsstellen.
- Es erfolgt ein Aufenthalt im Freien am Ort mit der höchsten gemessenen Dosisleistung durch kontaminierte Sedimente außerhalb des Anlagengeländes über jeweils 10 Stunden an zwei Tagen der Woche in jeder Woche des Jahres (entsprechend 1040 Stunden pro Jahr).
- Die jährlichen Verzehrsmengen an Meeresfrüchten betragen 30 kg/a für Erwachsene und 10 kg/a für das Kleinkind (deutsche Mittelwerte inklusive Konservativitätsfaktor für die 95%-Perzentile nach dem Entwurf zur Novellierung der StrlSchV vom 21.12.99 <BMU 1999>). Davon sollen 10% auf Krusten- und Schalentiere entfallen. 50% der Nahrung soll aus unbelastetem Fang stammen.
- An Produkten aus Blasentang (z.B. in Form von Brotaufstrich) werden jährlich 2 kg (Erwachsene) bzw. 0,5 kg (Kleinkind) verzehrt. Der Blasentang soll die mittlere gemessene Aktivitätskonzentration aus einem Umkreis von einigen Kilometern um die Anlagen aufweisen. Ein Anteil von 50% des Blasentangs soll unbelastet sein.
- Ein Anteil von 20% der mittleren jährlichen Verzehrmenge der deutschen Bevölkerung an Gemüsen und Gemüsesäften (108 kg/a bei Erwachsenen und 63 kg/a bei Kleinkindern nach dem Entwurf zur Novellierung der StrlSchV vom 21.12.99) wird von einer Fläche gedeckt, die mit Blasentang gedüngt wurde. Der Blasentang soll die mittlere gemessene Aktivitätskonzentration aus einem Umkreis von einigen Kilometern um die Anlagen aufweisen.
- Ein Anteil von 20% der mittleren jährlichen Verzehrmenge der deutschen Bevölkerung an Fleisch (90 kg/a bei Erwachsenen und 13 kg/a bei Kleinkindern nach dem

Entwurf zur Novellierung der StrlSchV vom 21.12.99) stammt von mit Blasentang gefüttertem Vieh stammen. Der Blasentang soll die mittlere gemessene Aktivitätskonzentration aus einem Umkreis von einigen Kilometern um die Anlagen aufweisen.

Die gleichzeitige Belastung einer Person durch äußere Bestrahlung, Verzehr von Meeresfrüchten, Verzehr von Fleisch und Verzehr von pflanzlichen Produkten wird nicht unterstellt.

## **5.2.2 Lebensgewohnheiten im Hinblick auf Strahlenexpositionen durch Abgaben radioaktiver Stoffe mit der Fortluft**

### **Referenzperson in Anlehnung an Anlage XI StrlSchV**

Für die „Referenzperson in Anlehnung an Anlage XI StrlSchV“ werden hier die folgenden Lebensgewohnheiten im Hinblick auf den Luftpfad zugrunde gelegt:

- Es erfolgt ein ganzjähriger Aufenthalt im Freien am Ort mit der höchsten Einwirkung außerhalb des Anlagengeländes durch Inhalation und äußere Strahlung.
- Der Bedarf an Lebensmitteln in Höhe der Werte nach Anlage XI StrlSchV erfolgt vom Ort höchster Kontamination durch Abgaben radioaktiver Stoffe mit der Abluft außerhalb des Anlagengeländes.
- Die Atemrate soll beim Erwachsenen  $8100 \text{ m}^3/\text{a}$  betragen (entsprechend <BMU 1999>, abweichend von <BMU 1990>).

### **Gruppe der Bevölkerung mit relativ hoher Strahlenexposition**

Die folgenden Randbedingungen im Hinblick auf den Luftpfad und mittlere Lebensgewohnheiten werden hier für die „Gruppe der Bevölkerung mit relativ hoher Strahlenexposition“ festgelegt:

- Es erfolgt ein Aufenthalt im Freien an einem Ort in 500 m Entfernung von der Emissionsquelle über jeweils 10 Stunden an zwei Tagen der Woche in jeder Woche des Jahres (entsprechend 1040 Stunden pro Jahr).
- Der Bedarf an Lebensmitteln in Höhe der mittleren Werte nach dem Entwurf zur Novellierung der Strahlenschutzverordnung vom 21.12.99 <BMU 1999> wird zu 20% von einem Ort in 500 m Entfernung von der Emissionsquelle gedeckt.

Eine gleichzeitige Exposition durch äußere Bestrahlung/Inhalation und Ingestion wird nicht unterstellt. Die gleichzeitige äußere Bestrahlung und Inhalation ist dagegen durch den Aufenthalt an einem bestimmten Ort bedingt und daher zu unterstellen.



### 5.3 Mögliche Strahlenexpositionen von Personen der Bevölkerung

Im folgenden werden die Strahlenexpositionen unter den vorangehend definierten Randbedingungen für die Referenzperson in Anlehnung an Anlage XI StrlSchV bzw. § 45 StrlSchV und eine Gruppe der Bevölkerung mit relativ hoher Strahlenexposition berechnet.

#### 5.3.1 Referenzperson in Anlehnung an StrlSchV und AVV zu § 45 StrlSchV

##### 5.3.1.1 Referenzperson in der Nähe von Sellafield

###### Freisetzungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser

Die höchste äußere Strahlenexposition ergibt sich beim Aufenthalt in der Salzmarsch von Newbiggin (siehe Tabelle 5.1-25). Etwa 0,3 mSv/a der Effektiven Dosis von 2,1 mSv/a können als natürlich bedingt angesehen werden. Es ergibt sich dann eine hier zu berücksichtigende Effektive Dosis von 1,8 mSv/a.

Die – relativ zu den Grenzwerten nach § 45 StrlSchV – höchsten Strahlenexpositionen ergeben sich beim Verzehr von Fisch für Barsch bei Erwachsenen (siehe Tabelle 5.1-3) und Scholle beim Kleinkind (siehe Tabelle 5.1-4), jeweils aus dem Bereich um Sellafield. Dosisbestimmend unter den Schalentieren sind Strandschnecken aus St. Bees aufgrund der Transuranaktivität (siehe Tabellen 5.1-9 und 5.1-10). Insgesamt ergibt sich eine Effektive Dosis von 0,246 mSv/a für Erwachsene und 0,054 mSv/a für Kleinkinder.

Bei den Belastungspfaden, die sich aus der Kontamination von Blasentang ergeben, ist der Blasentang aus Sellafield dosisbestimmend. Die auf 1 kg normierten Dosen sind für die Verwendung von Blasentang als Dünger in den Tabellen 5.1-13 und 5.1-14, für die Verwendung von Blasentang als Tierfutter in den Tabellen 5.1-17 und 5.1-18 sowie für den direkten Verzehr von Produkten aus Blasentang (z.B. Brotaufstrich) in den Tabellen 5.1-21 und 5.1-22 angegeben. Es ergibt sich eine Effektive Dosis für Erwachsene von 5,88 mSv/a und für Kleinkinder von 5,82 mSv/a. Der weit überwiegende Teil der Dosis rührt vom Tierfutterpfad her, der geringste Beitrag vom direkten Verzehr.

Als Summe der Effektiven Dosis durch Freisetzungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Sellafield ergibt sich für die erwachsene Referenzperson im Sinne der Anforderungen der StrlSchV und der AVV zu § 45 StrlSchV der Wert 7,9 mSv/a. Für Kleinkinder (Alter 1 Jahr) beträgt die so ermittelte Gesamtdosis 7,7 mSv/a.

Die Dosisgrenzwerte der Strahlenschutzverordnung werden damit erheblich überschritten. Die weitere Diskussion und Bewertung dieses Ergebnisses erfolgt in Kapitel 6.

### **Freisetzungen radioaktiver Stoffe mit der Abluft**

Dosen durch Freisetzungen radioaktiver Stoffe mit der Abluft lassen sich anhand der Vorgaben der AVV zu § 45 StrlSchV berechnen, sofern die erforderlichen meteorologischen Daten des Standorts vorliegen. Daher muss für diesen Teil der möglichen Belastungen nicht auf Immissionsmesswerte zurückgegriffen werden. Entsprechende Berechnungen wurden bereits in <Öko-Institut 1990> durchgeführt. Dort wurden – entsprechend der damaligen Genehmigungssituation – die folgenden jährlichen Emissionen betrachtet:

- Strontium-90:  $1,1 \cdot 10^{10}$  Bq/a,
- Cäsium-137:  $7,6 \cdot 10^{10}$  Bq/a,
- Jod-129:  $8,8 \cdot 10^{10}$  Bq/a,
- Alpha-Plutonium/Americium-241:  $5,7 \cdot 10^9$  Bq/a.

Es ergaben sich Überschreitungen von Dosisgrenzwerten des § 45 StrlSchV durch die genehmigten Emissionen von Jod-129 (aufgrund des Ingestionspfads). Für eine Entfernung von 1000 m (bezogen auf eine einzige Quelle der Emission) wurden die folgenden Dosen der Referenzperson errechnet:

- Erwachsene: 6,65 mSv/a Schilddrüsendosis (Diffusionskategorie C) und 4,60 mSv/a Schilddrüsendosis (Diffusionskategorie D), davon 6,61 bzw. 4,56 mSv/a durch Jod-129.
- Kleinkind (1 Jahr): 9,12 mSv/a Schilddrüsendosis (Diffusionskategorie C) und 6,31 mSv/a Schilddrüsendosis (Diffusionskategorie D), davon 9,08 bzw. 6,26 mSv/a durch Jod-129.

Es wird hier Bezug auf die Werte für 1000 m Entfernung genommen, da diese die für eine Entfernung von 500 m berechneten Werte übersteigen.

Nach Tabelle 3.1-4 ergibt sich als relevante Änderung durch die aktuelle Genehmigungssituation, dass der Emissionsgrenzwert für Jod-129 um 16% reduziert wurde. Durch die Dosisfaktoren nach <ICRP 1998> ergibt sich eine weitere Reduzierung der Dosis der Schilddrüse um etwa einen Faktor 2. Es ergeben sich mit diesen Korrekturen die folgenden Schilddrüsendosen der Referenzperson durch Jod-129:



- Erwachsene: 2,6 mSv/a (Diffusionskategorie C) und 1,8 mSv/a (Diffusionskategorie D),
- Kleinkind (1 Jahr): 3,6 mSv/a (Diffusionskategorie C) und 2,5 mSv/a (Diffusionskategorie D).

Es ergeben sich damit Überschreitungen des Dosisgrenzwerts nach § 45 StrlSchV von 0,9 mSv/a für die Schilddrüse, unabhängig von der Frage der exakten relativen Häufigkeit der Diffusionskategorien C und D, deren Summe der Häufigkeit für den Standort Sellafield etwa 75 bis 85% des Jahres beträgt (siehe <Öko-Institut 1990>.

Die weitere Diskussion und Bewertung dieses Ergebnisses erfolgt in Kapitel 6.

### 5.3.1.2 Referenzperson in der Nähe von La Hague

#### Freisetzungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser

Aufgrund fehlender Messdaten lässt sich eine äußere Dosis in Küstennähe analog der Umgebung von Sellafield für die Umgebung von La Hague nicht angeben. Es ist aber davon auszugehen, dass aufgrund der Strömungsverhältnisse und der Beschaffenheit der Küste die Belastungen um La Hague deutlich geringer sind als im Umkreis um Sellafield.

Die höchsten Effektiven Strahlenexpositionen ergeben sich beim Verzehr von Fisch für *Gadus luscus* aus Les Huquets (siehe Tabellen 5.1-26 und 5.1-27). Dosisbestimmend unter den Schalentieren sind die Königskrabben aus dem Bereich der Einleitungsstelle (siehe Tabellen 5.1-42 und 5.1-43). Insgesamt ergibt sich eine Effektive Dosis von 2,3 mSv/a für Erwachsene und 0,83 mSv/a für Kleinkinder.

Strahlenexpositionen durch Kontamination von Blasentang werden hier für die Referenzperson in der Nähe von La Hague nicht ermittelt. Die Auswertung der Immissionsdaten hat ergeben, dass zur Zeit keine gemessenen höheren Konzentrationen künstlicher radioaktiver Stoffe mehr vorliegen. Bis Ende der achtziger Jahre wurden noch Konzentrationen an Co-60 und Ru-106 von jeweils mehreren 100 Bq/kg gemessen <GRNC 1999>.

Als Summe der Effektiven Dosis durch Freisetzungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus La Hague ergibt sich für die erwachsene Referenzperson im Sinne der Anforderungen der StrlSchV und der AVV zu § 45 StrlSchV der Wert 2,3 mSv/a. Für Kleinkinder (Alter 1 Jahr) beträgt die so ermittelte Gesamtdosis 0,83 mSv/a.

Die Dosisgrenzwerte der Strahlenschutzverordnung werden damit erheblich überschritten. Die weitere Diskussion und Bewertung dieses Ergebnisses erfolgt in Kapitel 6.

### Freisetzungen radioaktiver Stoffe mit der Abluft

Dosen durch Freisetzungen radioaktiver Stoffe mit der Abluft aus dem Wiederaufarbeitungs-komplex La Hague wurden anhand der Vorgaben der AVV zu § 45 StrlSchV bereits in <Öko-Institut 1990> berechnet. Da sich hinsichtlich der Emissionsgrenzwerte in La Hague gegenüber dem Stand von 1990 keine Änderungen ergeben haben, kann hier direkt auf die Ergebnisse aus <Öko-Institut 1990> zurückgegriffen werden. Dort wurde zwischen einer hohen und einer niedrigen Plutoniumfreisetzung unterschieden, da durch die Emissionsgrenzwerte (siehe Tabelle 3.1-6) die Emission von Alphastrahlern nicht separat limitiert wird.

Es ergaben sich nach <Öko-Institut 1990> Überschreitungen von Dosisgrenzwerten des § 45 StrlSchV durch die genehmigten Emissionen für die Schilddrüse. Für eine Entfernung von 500 m vom Freisetzungsort wurden die folgenden Dosen der Referenzperson errechnet:

- Erwachsene: 4,87 mSv/a Schilddrüsendosis (Diffusionskategorie C) und 1,61 mSv/a Schilddrüsendosis (Diffusionskategorie D).
- Kleinkind (1 Jahr): 6,45 mSv/a Schilddrüsendosis (Diffusionskategorie C) und 2,14 mSv/a Schilddrüsendosis (Diffusionskategorie D).

Durch die Dosisfaktoren nach <ICRP 1998> ergibt sich eine Reduzierung der Dosis der Schilddrüse bei Ingestion des für die Dosis maßgeblichen Jod-129, so dass sich mit den neuen Dosisfaktoren die folgenden Schilddrüsendosen der Referenzperson ergeben:

- Erwachsene: 1,9 mSv/a (Diffusionskategorie C) und 0,63 mSv/a (Diffusionskategorie D),
- Kleinkind (1 Jahr): 2,6 mSv/a (Diffusionskategorie C) und 0,86 mSv/a (Diffusionskategorie D).

Eine Häufigkeitsverteilung der Diffusionskategorien (in der Einteilung der AVV zu § 45 StrlSchV) liegt für den Standort La Hague nicht vor. Die Dosen bei den Diffusionskategorien A und B sind nach den Ergebnissen in <Öko-Institut 1990> größer als die oben genannten Dosen bei den (üblicherweise an Küstenstandorten relativ häufigsten) Diffusionskategorien C und D.

Insgesamt ist daher von einer Überschreitung des Dosisgrenzwerts nach § 45 StrlSchV von 0,9 mSv/a für die Schilddrüse auszugehen. Die weitere Diskussion und Bewertung dieses Ergebnisses erfolgt in Kapitel 6.



## 5.3.2 Gruppe der Bevölkerung mit relativ hoher Strahlenexposition

### 5.3.2.1 Gruppe der Bevölkerung mit relativ hoher Strahlenexposition in der Nähe von Sellafield

#### Freisetzungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser

Die höchste äußere Strahlenexposition ergibt sich beim Aufenthalt in der Salzmarsch von Newbiggin (siehe Tabelle 5.1-25). Unter Berücksichtigung des natürlichen Anteils der Dosisleistung wie in Kapitel 5.3.1.1 ergibt sich eine hier zu berücksichtigende Effektive Dosis von 0,21 mSv/a.

Für den Verzehr von Meeresfrüchten werden die mittleren Dosen pro kg aus den Tabellen 5.1-1 (Erwachsene) bzw. 5.1-2 (Kleinkinder) und 5.1-9 (Erwachsene) bzw. 5.1-10 (Kleinkinder) herangezogen, gewichtet nach der jeweiligen Probenzahl. Es ergibt sich eine Effektive Dosis von 0,0188 mSv/a für Erwachsene und 0,0973 mSv/a für Kleinkinder.

Bei den Pfaden mit Nutzung von Blasentang werden die Messwerte aus Sellafield und St. Bees gemittelt; die übrigen Messwerte der Tabelle 4.1-4 beruhen auf Probenahmen in relativ großen Entfernungen von Sellafield. Es ergeben sich Effektive Dosen bei Verwendung als Dünger von 0,0256 mSv/a für Erwachsene und 0,112 mSv/a für Kleinkinder, bei Verwendung als Viehfutter von 0,415 mSv/a für Erwachsene und 0,45 mSv/a für Kleinkinder sowie bei direktem Verzehr (z.B. Brotaufstrich) von 0,0089 mSv/a für Erwachsene und 0,017 mSv/a für Kleinkinder.

Da für die „Gruppe der Bevölkerung mit relativ hoher Strahlenexposition“ keine gleichzeitige Belastung über alle möglichen Teilbeiträge aus den einzelnen Belastungspfaden unterstellt wird, erweist sich der Pfad „Nutzung von Blasentang als Viehfutter“ als der mit der höchsten Strahlenexposition (Effektive Dosis von 0,415 mSv/a für Erwachsene und 0,45 mSv/a für Kleinkinder).

Die weitere Diskussion und Bewertung dieses Ergebnisses erfolgt in Kapitel 6.

#### Freisetzungen radioaktiver Stoffe mit der Abluft

Gemäß der Definition der Lebensgewohnheiten in Kapitel 5.2.2 soll davon ausgegangen werden, dass der Bedarf an Lebensmitteln zu 20% von einem Ort in 500 m Entfernung gedeckt wird und die Menge verzehrter Nahrungsmittel dem mittleren Wert der deutschen Bevölkerung nach <BMU 1999> entspricht. Die verzehrte Menge an kontaminierten Nahrungsmitteln ist in Tabelle 5.3-1 genannt. Dort ist ebenfalls die nach AVV zu § 45 StrlSchV für die Referenzperson zugrunde zu legende Verzehrmenge aufgelistet, wie sie bei den Berechnungen in <Öko-Institut 1990> angesetzt wurde. Schließlich

ist in der Tabelle auch das Verhältnis der hier unterstellten Verzehrmenge zur Verzehrmenge der AVV zu § 45 StrlSchV genannt.

Die Dosis rührt bei den Verzehrsgewohnheiten sowohl nach AVV zu § 45 StrlSchV als auch nach den hier definierten Verzehrsgewohnheiten zu etwa 50% aus dem Verzehr von Blattgemüse, zu etwa 30% aus dem Verzehr sonstiger pflanzlicher Lebensmittel und zu etwa 17% aus dem Verzehr von Milch und Milchprodukten her. Durch Umrechnung mit den Verhältniszahlen aus Tabelle 5.3-1 ergibt sich daher, dass die Dosis für die hier definierte „Gruppe mit relativ hoher Strahlenexposition“ bezogen auf das Kleinkind etwa 12% der Dosis der Referenzperson in Anlehnung an die AVV zu § 45 StrlSchV beträgt, bezogen auf den Erwachsenen etwa 8% der Dosis der Referenzperson in Anlehnung an die AVV zu § 45 StrlSchV.

| <b>Tabelle 5.3-1: Verzehrsgewohnheiten im Vergleich (in kg/a)</b> |                  |             |                      |             |                                 |             |
|-------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|----------------------|-------------|---------------------------------|-------------|
| Lebensmittelgruppe                                                | hier unterstellt |             | AVV zu § 45 StrlSchV |             | Verhältnis hier unterstellt/AVV |             |
|                                                                   | Kleinkind        | Erwachsener | Kleinkind            | Erwachsener | Kleinkind                       | Erwachsener |
| Milch, Milchprodukte                                              | 9                | 26          | 200                  | 330         | 0,04                            | 0,08        |
| Fleisch, Wurst, Eier                                              | 1                | 18          | 20                   | 150         | 0,05                            | 0,12        |
| Blattgemüse                                                       | 0,6              | 2,6         | 10                   | 40          | 0,06                            | 0,06        |
| Sonstige pflanzliche Produkte                                     | 14,4             | 48          | 50                   | 460         | 0,29                            | 0,10        |

Es ist daher von einer Schilddrüsendosis von etwa 0,4 mSv/a für das Kleinkind und von etwa 0,2 mSv/a für Erwachsene auszugehen. Die weitere Diskussion und Bewertung dieses Ergebnisses erfolgt in Kapitel 6.

### 5.3.2.2 Gruppe der Bevölkerung mit relativ hoher Strahlenexposition in der Nähe von La Hague

#### Freisetzungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser

Aus den bereits in Kapitel 5.3.1.1 genannten Gründen kann eine äußere Strahlenexposition nicht angegeben werden.

Für den Verzehr von Meeresfrüchten werden die mittleren Dosen pro kg der Tabellen 5.1-26 (Erwachsene) und 5.1-27 (Kleinkinder) herangezogen. Die Werte betragen  $1,93 \cdot 10^{-7}$  mSv/kg für Erwachsene und  $1,53 \cdot 10^{-6}$  mSv/kg für Kleinkinder. Bei den Scha-



lentieren wird über die Werte der jeweiligen Tabellen für Muscheln, Napfschnecken und Krustentieren gemittelt. Die Tabellen mit den Daten für Königskrabben werden hier nicht verwendet, da sie sich unmittelbar auf die Einleitstelle beziehen. Die sich so ergebenden Dosen betragen  $1,29 \cdot 10^{-4}$  mSv/kg bei Erwachsenen und  $9,73 \cdot 10^{-4}$  mSv/kg bei Kleinkindern. Die mögliche Effektive Dosis pro Jahr beträgt  $1,96 \cdot 10^{-4}$  mSv/a bei Erwachsenen und  $4,69 \cdot 10^{-4}$  mSv/a bei Kleinkindern.

Die genannten Effektiven Dosen von  $1,96 \cdot 10^{-4}$  mSv/a bei Erwachsenen und  $4,69 \cdot 10^{-4}$  mSv/a bei Kleinkindern sind im Sinne der hier erfolgten Definition der Gruppe und der ausgewählten Immissionsmessdaten auch als Summe über die möglichen Belastungen anzusehen.

### **Freisetzungen radioaktiver Stoffe mit der Abluft**

Analog dem Vorgehen bei den Untersuchungen zum Wiederaufarbeitungskomplex Selafeld ergibt sich, dass die Dosisgrenzwerte des § 45 StrlSchV als eingehalten anzusehen sind. Es ist von einer Schilddrüsendosis von etwa 0,2 mSv/a für das Kleinkind und von etwa 0,1 mSv/a für Erwachsene auszugehen.

## 6. Diskussion der Ergebnisse und Bewertung

In Kapitel 6 werden die Ergebnisse der Untersuchungen diskutiert und bewertet. Die Bewertungsmaßstäbe werden in Kapitel 6.1 abgeleitet. In Kapitel 6.2 werden die Vorgehensweise bei der Berechnung von möglichen Strahlenexpositionen und die Ergebnisse dieser Berechnungen diskutiert, insbesondere durch Vergleich der Ergebnisse mit den Anforderungen des Strahlenschutzrechts in Deutschland, Großbritannien und Frankreich. Kapitel 6.3 befasst sich mit der Frage der Einhaltung des Stands von Wissenschaft und Technik. In Kapitel 6.4 erfolgt eine Bewertung im Hinblick auf die für die Wiederaufarbeitung deutscher Brennelemente genutzten Anlagen der Wiederaufarbeitungskomplexe.

### 6.1 Bewertungsmaßstäbe

Für die Entsorgung abgebrannter Brennelemente durch Wiederaufarbeitung fordert § 9a des deutschen Atomgesetzes eine „schadlose Verwertung“. Über die Fragen,

- ob durch die Wiederaufarbeitung in Sellafield oder La Hague die „schadlose Verwertung“ gewährleistet ist,
- welche Anforderungen an eine „schadlose Verwertung“ zu stellen sind, und
- ob bei Nichteinhaltung dieser Anforderungen eine Wiederaufarbeitung in Sellafield oder La Hague untersagt werden muss

wird seit rund zehn Jahren von Juristen wie Technikern diskutiert. Bereits 1991 wurde von Scheuing in einem Rechtsgutachten für das Ministerium für Soziales, Gesundheit und Energie des Landes Schleswig-Holstein untersucht, ob bei in einem anderen EU-Staat fehlender Einhaltung deutscher Standards keine Anerkennung als „schadlose Verwertung“ im Sinne des § 9a Atomgesetz versagt werden kann. Ausführlich dargestellt werden die Ergebnisse dieser Untersuchung in <Scheuing 1991>. Als Gesamtergebnis wurde dort festgehalten:

- Ein Versagen der Wiederaufarbeitung deutscher abgebrannter Brennelemente in einem EU-Staat, in dem deutsche Strahlenschutzstandards nicht eingehalten werden, würde keinen Verstoß gegen die weniger anspruchsvollen Strahlenschutzanforderungen des Gemeinschaftsrechts darstellen, da dieses nur als Mindestnorm zu verstehen ist.
- Einem solchen Versagen stünde ebenfalls das Ziel der Schaffung eines gemeinschaftsweiten Binnenmarkts nicht entgegen.
- Ein solches Versagen wäre mit den Grundfreiheiten des Gemeinschaftsrechts vereinbar.



- Ein gemeinschaftlich gleich hohes Schutzniveau wäre auf lange Sicht notwendig.

Andere Autoren vertraten und vertreten abweichende Auffassungen, beispielsweise <Haedrich 1993>.

Im vorliegenden Gutachten war keine juristische Bewertung in Zusammenhang mit den genannten Fragestellungen, insbesondere nicht im Hinblick auf Versagensmöglichkeiten bzw. einen Zwang zur Versagung der Wiederaufarbeitung in ausländischen Wiederaufarbeitungsanlagen, zu treffen. Als unstrittig ist aber anzusehen, dass bei einer Wiederaufarbeitung in Deutschland die Schadlosigkeit der Verwertung im Sinne des § 9a des Atomgesetzes nur dann vorliegen kann, wenn die deutschen Anforderungen sowohl im Hinblick auf den Strahlenschutz als auch in sicherheitstechnischer Hinsicht erfüllt werden.

Das vorliegende Gutachten befasst sich mit der radiologischen Situation an den Wiederaufarbeitungsanlagen in Sellafield und La Hague. Als ein Bewertungsmaßstab ist die Erfüllung der deutschen Anforderungen des Strahlenschutzes der Bevölkerung und damit die Erfüllung der Anforderungen des § 45 StrlSchV in Verbindung mit der AVV zu § 45 StrlSchV heranzuziehen, da diese bei einer Wiederaufarbeitung in Deutschland im Sinne einer „schadlosen Verwertung“ gewährleistet werden müsste. Daraus ergeben sich die folgenden wesentlichen Anforderungen im Hinblick auf die Genehmigungsfähigkeit von Abgaben radioaktiver Stoffe mit Abwasser und Abluft:

- Es dürfen die Dosisgrenzwerte des § 45 (1) StrlSchV für Personen der Bevölkerung nicht überschritten werden (z.B. 0,3 mSv/a Effektive Dosis und 0,9 mSv/a Schilddrüsendosis).
- Nach § 45 (2) StrlSchV ist die Dosis für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen unter Berücksichtigung von bestimmten Expositionspfaden und Lebensgewohnheiten zu ermitteln. Näheres wird in der AVV zu § 45 StrlSchV festgelegt. Sich ergebende Anforderungen sind hier detaillierter bereits in Kapitel 5.2 dargestellt worden.
- Nach § 45 (3) StrlSchV sind die Dosisgrenzwerte des Absatzes 1 unter Berücksichtigung der Vorbelastung durch Ableitungen aufgrund anderer genehmigter Tätigkeiten einzuhalten. Zu diesen Tätigkeiten zählen alle, die zu Emissionen künstlicher radioaktiver Stoffe an den Standorten in Sellafield und La Hague beitragen.

Zusätzlich werden im Rahmen der Bewertung die ermittelten Strahlenexpositionen mit in Großbritannien und Frankreich bestehenden Anforderungen des Strahlenschutzes der Bevölkerung verglichen.

Als weiterer Bewertungsmaßstab ist die Einhaltung des Stands von Wissenschaft und Technik heranzuziehen. Bewertungsmaßstab der Emissionen im Hinblick auf die Einhaltung des Stands von Wissenschaft und Technik ist die Vergleichbarkeit mit den Emissionsgrenzwerten, die für die bis 1988 in Wackersdorf geplante Wiederaufarbeitungsanlage beantragt waren. Die in Wackersdorf vorgesehene Rückhaltetechnik sollte zur Einhaltung dieser Emissionsgrenzwerte führen, so dass über die Emissionsgrenzwerte als Vergleichsmaßstab indirekt auch die Rückhaltetechnik als Vergleichsmaßstab herangezogen wird.

Die in Wackersdorf geplante Wiederaufarbeitungsanlage ist maßgeblich für den Stand von Wissenschaft und Technik, da

- im Genehmigungsverfahren für diese Anlage umfangreiche Prüfungen durch die zuständigen Behörden und deren Sachverständige erfolgten, die die prinzipielle technische Realisierbarkeit nicht in Frage stellten,
- durch Erteilung einer 1. Teilgenehmigung auch das vorläufige positive Gesamturteil zu dieser Anlage durch die Genehmigungsbehörde getroffen wurde.

Ein neuer Stand von Wissenschaft und Technik kann sich nur in solchen Bereichen ergeben haben, in denen durch zwischenzeitlichen Fortschritt der Standard über den Standard der geplanten Wiederaufarbeitungsanlage Wackersdorf hinausgehen würde.

Im Hinblick auf die von der deutschen Strahlenschutzverordnung, EU-Richtlinien sowie britischem und französischem Strahlenschutzrecht geforderte Minimierung bzw. Optimierung der Strahlenexpositionen ist die technische Machbarkeit deutlich niedrigerer Emissionen bedeutsamer Bewertungsmaßstab.

## **6.2 Diskussion der Vorgehensweise bei der Berechnung von möglichen Strahlenexpositionen und deren Ergebnisse**

### **6.2.1 Abweichungen der hier vorgenommenen Berechnungen gegenüber der Modellierung nach AVV zu § 45 StrlSchV**

Differenzen der in Kapitel 5 vorgenommenen Berechnungen gegenüber den Anforderungen der StrlSchV bzw. der AVV zu § 45 StrlSchV bei der Berechnung der möglichen Strahlenexpositionen durch Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser ergeben sich in folgender Hinsicht:

- Nach AVV zu § 45 StrlSchV ist die Strahlenbelastung nach einem fünfzigjährigen Anlagenbetrieb, bei dem in jedem Jahr die behördlich genehmigten Emissionsgrenzwerte ausgeschöpft wurden, für die maximale Einwirkungsstelle außerhalb des Betriebsgeländes zu berechnen. Da in Deutschland direkte Einleitungen radio-



aktiver Stoffe in das Meer aus kerntechnischen Anlagen keine Rolle spielen, sind entsprechende Berechnungsverfahren in der AVV zu § 45 StrlSchV nicht festgelegt. Es wurden daher hier Strahlenexpositionen aus den Messwerten radioaktiven Stoffen in der Umwelt abgeleitet.

- Bei der hier gewählten Vorgehensweise besteht ein Bezug zu den realen Emissionen, nicht aber zu den – in der Regel erheblich höheren – genehmigten Emissionen.
- Bei der hier gewählten Vorgehensweise erfolgt außerdem ein Bezug auf die Probenahmeorte der Messungen in der Umgebung, ohne dass damit die „ungünstigste Einwirkungsstelle“ im Sinne der StrlSchV abgedeckt sein muss. Diese kann beispielsweise bei Emissionen mit dem Abwasser unmittelbar an der Einleitstelle liegen.
- Es können bei der hier gewählten Vorgehensweise nicht die Beiträge aller Radionuklide berücksichtigt werden, da diese nicht sämtlich überwacht werden (z.B. sehr wenige Messungen von Jod-129 in marinen Proben um Sellafield, wenig Messungen von Alpha-Strahlern etc.).

Aus den genannten Gründen sind die hier berechneten Strahlenexpositionen für die Referenzperson in Anlehnung an die AVV zu § 45 StrlSchV daher grundsätzlich geringer, als sich dies bei strengem Vorgehen nach der AVV zu § 45 StrlSchV ergeben würde. Dieser Sachverhalt wird im übrigen auch durch einen Vergleich der durch die Immissionsüberwachung deutscher kerntechnischer Anlagen ermittelten Messwerte mit den Ergebnissen der Dosisberechnungen im jeweiligen Genehmigungsverfahren deutlich. Anhand der ermittelten Messwerte würde sich stets eine deutlich geringe Dosis ergeben als aufgrund der genehmigten Emissionsgrenzwerte und berechnet nach der AVV zu § 45 StrlSchV.

### **6.2.2 Vergleich der berechneten Strahlenexpositionen für die Referenzperson mit den Anforderungen des § 45 StrlSchV**

Anhand der hier vorgenommenen im in Kapitel 6.2.1 dargestellten Sinne „unterschätzenden“ Berechnungen – im Vergleich zu einem strengen Vorgehen nach der AVV zu § 45 StrlSchV - ergeben sich deutliche Überschreitungen der Dosisgrenzwerte nach § 45 StrlSchV für die Referenzperson. Die in Kapitel 5.3 beispielhaft durchgeführten Berechnungen ergeben die folgenden Grenzwertüberschreitungen:

- Referenzperson „Kleinkind“ in der Umgebung von Sellafield:
  - Durch Emissionen mit dem Abwasser wird der Grenzwert der effektiven Dosis um einen Faktor 25,7 überschritten.
  - Durch Emissionen mit der Abluft wird der Grenzwert der Schilddrüsendosis um einen Faktor 3 überschritten.
- Referenzperson „Erwachsener“ in der Umgebung von Sellafield:
  - Durch Emissionen mit dem Abwasser wird der Grenzwert der effektiven Dosis um einen Faktor 26,3 überschritten.
  - Durch Emissionen mit der Abluft wird der Grenzwert der Schilddrüsendosis um einen Faktor 2 überschritten.
- Referenzperson „Kleinkind“ in der Umgebung von La Hague:
  - Durch Emissionen mit dem Abwasser wird der Grenzwert der effektiven Dosis um einen Faktor 2,8 überschritten.
  - Durch Emissionen mit der Abluft wird der Grenzwert der Schilddrüsendosis etwa um 10% überschritten.
- Referenzperson „Erwachsener“ in der Umgebung von La Hague:
  - Durch Emissionen mit dem Abwasser wird der Grenzwert der effektiven Dosis um einen Faktor 7,7 überschritten.
  - Durch Emissionen mit der Abluft wird der Grenzwert der Schilddrüsendosis etwa um 70% überschritten.

Aus einigen der Tabellen in Kapitel 5.1 ist abzulesen, dass bereits bei einer sehr geringen Verzehrmenge bestimmter Meeresfrüchte mit der bei den Immissionsmessungen gefundenen Kontaminationen pro Jahr Dosisgrenzwerte des § 45 StrlSchV überschritten werden können. Dazu einige Beispiele:

- Der Verzehr von 3,41 kg Strandschnecken (entspricht dem Verzehr von weniger als 10 g pro Tag) aus St. Bees in der Umgebung von Sellafield durch einen Erwachsenen in einem Jahr führt zum Erreichen des Dosisgrenzwerts für die Knochenoberfläche (siehe Tabelle 5.1-11).
- Der Verzehr von 11,6 kg pflanzlicher Produkte in einem Jahr von einer mit Blasentang aus der Irischen See gedüngten Anbaufläche durch ein Kleinkind führt zum Erreichen des Dosisgrenzwerts für den unteren Dickdarm (siehe Tabelle 5.1-16).
- Der Verzehr von 4,44 kg Fleisch eines mit Blasentang aus der Irischen See gefütterten Rinds durch einen Erwachsenen pro Jahr führt zum Erreichen des Dosisgrenzwerts für den unteren Dickdarm (siehe Tabelle 5.1-19).



- Für ein Kleinkind wird dieser Dosisgrenzwert bereits durch Verzehr von 0,6 kg in einem Jahr erreicht (siehe Tabelle 5.1-20).
- Der Verzehr von 0,32 kg Königskrabben aus dem Bereich der Einleitstelle von La Hague durch einen Erwachsenen in einem Jahr führt zum Erreichen des Dosisgrenzwerts für das rote Knochenmark (siehe Tabelle 5.1-44).

Dies zeigt, dass eine Überschreitung von Dosisgrenzwerten des § 45 StrlSchV auch bei Personen, die keine extreme Verzehrsgewohnheiten aufweisen, möglich ist.

Diese Ergebnisse belegen eindeutig, dass der Betrieb der Wiederaufarbeitungskomplexe in Sellafield und La Hague nach deutschem Strahlenschutzrecht nicht genehmigungsfähig wäre, auch nicht an einem Küstenstandort.

### **6.2.3 Vergleich der berechneten Strahlenexpositionen für die Referenzperson mit den Anforderungen der EU-Richtlinie 96/29/Euratom sowie britischen und französischen Anforderungen**

In der EU-Richtlinie 96/29/Euratom wird die Dosis von Einzelpersonen der Bevölkerung auf 1 mSv/a begrenzt, wobei in Einzeljahren auch eine Dosis von bis zu 5 mSv/a zugelassen werden kann. Besondere Begrenzungen für hier relevante Einzelorgane gibt es in dieser Richtlinie nicht. Diese Dosisbegrenzung entspricht dem in Frankreich und Großbritannien festgelegten Standard für den Strahlenschutz der Bevölkerung.

Überschreitungen dieser Dosisgrenzwerte ergeben sich gemäß den Berechnungsergebnissen des Kapitels 5.3 für

- die Referenzperson „Kleinkind“ in der Umgebung von Sellafield durch die Emissionen mit dem Abwasser,
- die Referenzperson „Erwachsener“ in der Umgebung von Sellafield durch die Emissionen mit dem Abwasser,
- die Referenzperson „Kleinkind“ in der Umgebung von La Hague durch die Emissionen mit dem Abwasser (da die Höhe der errechneten Strahlenexpositionen nicht als begrenzt auf ein einzelnes Jahr angesehen werden kann),
- die Referenzperson „Erwachsener“ in der Umgebung von La Hague durch die Emissionen mit dem Abwasser.

Nach britischem und französischem Vorgehen ergibt sich keine Überschreitung dort geltender Dosisgrenzwerte, da die Berechnungen der Strahlenexposition in anderer Weise durchgeführt werden, als es in Deutschland durch die AVV zu § 45 StrlSchV ge-

fordert ist. Die EU-Richtlinie 96/29/Euratom lässt einen Ermessensspielraum bei der Ausgestaltung der Berechnungsverfahren für die Strahlenexposition.

Es ist aber festzustellen, dass bei den Berechnungen der Strahlenexposition in Großbritannien und Frankreich nicht die maximal mögliche Strahlenexposition ermittelt wird. Dies kann an einigen Beispielen verdeutlicht werden:

- In <Cogema 1998> werden als „kritische Gruppe“ Fischer aus dem benachbarten Dorf Goury betrachtet. Deren unterstellte Jahresaktivitätszufuhr beträgt:
  - 8,6 Bq Sr-90,
  - 28 Bq Tc-99,
  - 44,7 Bq J-129,
  - 4816 Bq Ru-106,
  - 13.985 Bq (künstliches) C-14 ,
  - 6.722 Bq H-3.

Bezogen auf die in Kapitel 4 genannten Messwerte ist beispielsweise festzustellen, dass die für die „kritische Gruppe“ unterstellte Aktivitätszufuhr an Sr-90 bereits durch Verzehr von 1,7 Gramm der im Bereich der Einleitstelle gefangenen Königskrabben (siehe Tabelle 4.2-5) erreicht wird.

- In <MAFF 1999> wird für 1998 als Dosis der „lokalen höchstexponierten Gruppe“ der Wert 0,20 mSv genannt. Verglichen mit den in Kapitel 5.1 genannten normierten Dosen ergeben sich beispielsweise Überschreitungen dieses Werts in folgenden Fällen:
  - Verzehr von 11,6 kg Hummer aus der Nähe von Sellafield durch einen Erwachsenen pro Jahr (siehe Tabelle 5.1-7), oder
  - Verzehr von 5,3 kg Napfschnecken aus der Nähe von Sellafield durch einen Erwachsenen pro Jahr (siehe Tabelle 5.1-11), oder
  - Verzehr von 4,4 kg Strandschnecken aus St. Bees durch einen Erwachsenen pro Jahr (siehe Tabelle 5.1-11), oder
  - Verzehr von 6,4 kg Herzmuscheln aus Ravenglass durch einen Erwachsenen pro Jahr (siehe Tabelle 5.1-11), oder
  - Verzehr von 1,8 kg Fleisch eines mit Blasentang aus der Nähe von Sellafield gefütterten Rinds durch einen Erwachsenen pro Jahr (siehe Tabelle 5.1-19), oder
  - Verzehr von 4,7 kg Fleisch eines mit Blasentang aus St. Bees gefütterten Rinds durch einen Erwachsenen pro Jahr (siehe Tabelle 5.1-19), oder



- Aufenthalt in der Salzmarsch von Newbiggin über durchschnittlich 2,3 Stunden pro Tag, oder
- Aufenthalt im Yachthafen von Whitehaven über durchschnittlich 3,2 Stunden pro Tag.

Die genannten Beispiele zeigen deutlich, dass die in Großbritannien und Frankreich vorgenommenen Abschätzungen von Strahlenexpositionen „kritischer Gruppen“

- keinesfalls abdeckend für die tatsächlich in einzelnen Fällen zu erwartenden Strahlenexpositionen sind,
- nicht mit dem in der Bundesrepublik Deutschland geforderten Vorgehen konform sind,
- sich an ihnen die Genehmigungsfähigkeit nach deutschem Strahlenschutzrecht nicht beurteilen lässt.

#### **6.2.4 Besondere Aspekte bei der Bewertung der ermittelten möglichen Strahlenexpositionen**

##### **Strahlenexposition von Personen der „Gruppe der Bevölkerung mit relativ hoher Strahlenexposition“**

Neben den Berechnungen der Strahlenexposition der Referenzperson wurden in Kapitel 5.3 ebenfalls Strahlenexpositionen für die „Gruppe der Bevölkerung mit relativ hoher Strahlenexposition“ ermittelt. Diese Gruppe ist durch die Annahme weniger konservativer Randbedingungen der Modellierung sowohl im Hinblick auf Lebensgewohnheiten als auch im Hinblick auf Immissionswerte charakterisiert. Damit ist die für diese Gruppe errechnete Strahlenexposition mit größerer Häufigkeit und in einem größeren Umkreis möglich.

Die Berechnungsergebnisse in Kapitel 5.3 zeigen, dass in der Umgebung von Sellafield eine Überschreitung der Grenzwerte nach § 45 StrlSchV auch für Personen der „Gruppe der Bevölkerung mit relativ hoher Strahlenexposition“ möglich ist. Dies ist vor allem dadurch bedingt, dass sich die relativ hohen Immissionen auch in größerem Umkreis um die Anlage finden. Ein Vergleich der in Kapitel 4 zitierten Messergebnisse mit den Probenahmeorten (siehe Abbildungen 4.1-1 und 4.2-1) zeigt, dass hohe Messwerte im Umkreis von vielen Kilometern um die Anlagen vorliegen. So liegt der Ort St. Bees, in dem bei bestimmten Probenarten die maximalen Werte ermittelt wurden, etwa 12 km von Sellafield entfernt, Whitehaven mit seinen hohen Ortsdosisleistungen im Hafenbereich etwa 16 km von Sellafield entfernt. Als entsprechend hoch muss die Wahrscheinlichkeit gelten, dass eine tatsächliche Exposition von Personen der Bevölkerung vorliegen kann. Dies zeigt auch, dass sich hinsichtlich der unterstellten Verzehrsmengen von

Meeresfrüchten keine Einschränkungen der maximal möglichen Dosis aufgrund begrenzter Fanggebiete ergeben. Die von hohen Kontaminationen betroffenen Gebiete sind so groß, dass die Deckung der Verzehrsmengen daraus ohne weiteres möglich ist.

Die Unterschiede in der Umgebungskontamination um Sellafield und La Hague sind weniger durch die Höhe der jeweiligen Emissionen bedingt, als durch die Beschaffenheit der Küste und der Strömungsverhältnisse an der Einleitstelle. Während es im Bereich um Sellafield Gebiete mit Tideneinfluss gibt, in denen sich Kontamination ablagert (siehe die Messwerte der Tabellen 4.1-5 und 4.1-6), ist das Gebiet um Sellafield eher von Steilküsten geprägt. Die Pipeline, mit der das Abwasser ins Meer geleitet wird, ist in La Hague nach Norden gezogen, so dass sich eine bessere Vermischung ergibt, während die Irische See weniger Austausch und Vermischung bietet (siehe z.B. <CEC 1989>. Dass es auch um La Hague extrem hohe Kontaminationen von Meerestieren gibt, belegen nur die wenigen Probenahmen, die aus dem näheren Bereich der Einleitungsstelle stammen (siehe Tabelle 4.2-5).

### **Vollständigkeit der bei der Modellierung berücksichtigten Belastungspfade**

Es ist hier darauf hinzuweisen, dass bestimmte Belastungspfade in der Vergangenheit mehr oder weniger zufällig bekannt wurden bzw. bei den üblichen Abschätzungen der Dosis von Personen der Bevölkerung, wie sie jährlich von britischen und französischen Behörden vorgenommen werden, nicht berücksichtigt sind. Beispielhaft seien genannt:

- Luftgetragener Transport radioaktiver Stoffe von der Küste auf genutzte Flächen (z.B. für Nahrungsmittelerzeugung),
- hohe Kontamination von Tauben, offenbar hervorgerufen durch Aufenthalt in stark kontaminierten Anlagenbereichen, festgestellt in der Nähe von Sellafield,
- industrielle Abtrennung von Jod aus Blasentang zur weiteren Nutzung.

Zur Relevanz des Jods in Blasentang kann die folgende Betrachtung angestellt werden:

In <GRNC 1999, Volume 3> werden Transferfaktoren für Algen und verschiedene Elemente genannt. Für Jod wird dort der Wert 10.000 l/kg (Frischgewicht) empfohlen, für Technetium der Wert 30.000 l/kg (Frischgewicht). In den Jahren 1994 bis 1998 wurden in Sellafield zunehmende jährliche Mengen an J-129 und abnehmende jährliche Mengen an Tc-99 emittiert; im Jahr 1998 betrug das Verhältnis der abgeleiteten Aktivität von J-129:Tc-99 etwa 1:100 (siehe Tabelle 3.2-1). In Blasentang aus der Umgebung von Sellafield wurden 1998 bis zu 20.000 Bq/kg (Frischgewicht) an Tc-99 gemessen. Umgerechnet mit der Ableitungsmenge und dem Transferfaktor ergibt sich ein theoretischer Gehalt von etwa 70 Bq/kg J-129. Die Aktivität im abgetrennten Jod hängt vom Jodgehalt des Blasentangs ab. Beträgt dieser z.B. 1 g/kg, so würde die Aktivität von J-



129 im abgetrennten Jod 70.000 Bq/kg Jod betragen. Das Produkt wird so zum radioaktiven Stoff, selbst wenn eine vollständige Tc-99-Abtrennung unterstellt wird.

### 6.3 Diskussion von Aspekten der Einhaltung des Stands von Wissenschaft und Technik bei den Emissionen

Hinsichtlich der Situation der Emission radioaktiver Stoffe können die Emissionen von Sellafield und La Hague mit den für die deutsche Wiederaufarbeitungsanlage, die bis 1988 in Wackersdorf geplant war, beantragten Emissionsgrenzwerten verglichen werden. In Kapitel 6.1 wurde bereits begründet, dass der Vergleich mit der Wiederaufarbeitungsanlage Wackersdorf Bewertungsmaßstab hinsichtlich der Einhaltung des Stands von Wissenschaft und Technik ist. Dabei sind die Emissionswerte auf den jeweiligen Anlagendurchsatz (für Wackersdorf 500 Mg SM pro Jahr) zu beziehen. Das Ergebnis eines solchen Vergleichs zeigen die Tabellen 6.3-1 und 6.3-2, wobei wegen der unterschiedlichen Gruppierung von Nuklidgruppen bei den einzelnen Anlagen teils Zusammenfassungen erfolgen mussten.

| <b>Tabelle 6.3-1: Emissionsgrenzwerte der Wiederaufarbeitungsanlagen Sellafield, La Hague und Wackersdorf, normiert auf einen Durchsatz von 1 Mg SM pro Jahr (in Bq)</b> |            |          |             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------|-------------|
| Nuklid(gruppe)                                                                                                                                                           | Sellafield | La Hague | Wackersdorf |
| <b>Abluft</b>                                                                                                                                                            |            |          |             |
| Krypton-85                                                                                                                                                               | 4,92E+14   | 3,00E+14 | 3,20E+14    |
| Tritium                                                                                                                                                                  | 1,17E+12   | 1,38E+12 | 3,00E+12    |
| J-129                                                                                                                                                                    | 6,17E+07   | 6,88E+07 | 3,70E+06    |
| Aerosole                                                                                                                                                                 | 3,61E+08   | 4,63E+07 | 1,11E+08    |
| <b>Abwasser</b>                                                                                                                                                          |            |          |             |
| Tritium                                                                                                                                                                  | 2,50E+13   | 2,31E+13 | 7,40E+10    |
| Radionuklide außer Tritium                                                                                                                                               | 3,33E+11   | 1,06E+12 | 2,66E+07    |
| Strontium-90 + Cäsium-137                                                                                                                                                | 1,03E+11   | 1,38E+11 | 8,60E+06    |
| Alpha-Strahler                                                                                                                                                           | 8,33E+08   | 1,06E+09 | 8,88E+05    |

| <b>Tabelle 6.3-2: Verhältnis der durchsatzbezogenen Emissionsgrenzwerte der Wiederaufarbeitungsanlagen Sellafield und La Hague zu denen der Antragswerte von Wackersdorf</b> |                               |                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| <b>Nuklid(gruppe)</b>                                                                                                                                                        | <b>Sellafield/Wackersdorf</b> | <b>La Hague/Wackersdorf</b> |
| <b>Abluft</b>                                                                                                                                                                |                               |                             |
| Krypton-85                                                                                                                                                                   | 1,5                           | 0,9                         |
| Tritium                                                                                                                                                                      | 0,4                           | 0,5                         |
| J-129                                                                                                                                                                        | 16,7                          | 18,6                        |
| Aerosole                                                                                                                                                                     | 3,3                           | 0,4                         |
| <b>Abwasser</b>                                                                                                                                                              |                               |                             |
| Tritium                                                                                                                                                                      | 338                           | 313                         |
| Radionuklide außer Tritium                                                                                                                                                   | 12500                         | 39900                       |
| Strontium-90 + Cäsium-137                                                                                                                                                    | 11900                         | 16000                       |
| Alpha-Strahler                                                                                                                                                               | 938                           | 1200                        |

Der Vergleich in Tabelle 6.3-2 zeigt:

- Für die relativ leicht flüchtigen und schwer rückhaltbaren Nuklide Kr-85 und H-3 sind die durchsatzbezogenen Emissionsgrenzwerte bei den drei Anlagen erwartungsgemäß vergleichbar.
- Bei den Jod-129-Emissionen mit der Fortluft sind die Grenzwerte der ausländischen Anlagen deutlich höher.
- Bei den Emissionen mit dem Abwasser sind die Unterschiede besonders krass; die Emissionsgrenzwerte sind bis zu einen Faktor von etwa 40.000 bei den ausländischen Anlagen größer als in Wackersdorf geplant.

Die genehmigten Emissionswerte werden in Sellafield und La Hague relativ weitgehend ausgeschöpft (siehe Tabellen 3.2-1 bis 3.2-4), z.B. für

- Jod-129 in der Abluft in Sellafield 1998 zu 36%, in La Hague 1996 zu 35%,
- Strontium-90/Cäsium-137 im Abwasser in Sellafield 1998 zu 21%, in La Hague 1996 zu 16%,
- Alpha-Strahler im Abwasser in Sellafield 1998 zu 17% (für La Hague Daten nicht verfügbar).

Auch auf der Basis realer Emissionen bleiben die extrem großen Unterschiede gegenüber den beantragten Emissionswerten für Wackersdorf daher bestehen.



Die realen und genehmigten Emissionen sind damit erheblich höher als dies nach Stand von Wissenschaft und Technik erforderlich wäre. Die Abweichungen erreichen bei für die Strahlenexposition relevanten Nukliden bis zu vier Größenordnungen. Der Stand von Wissenschaft und Technik ist daher nicht eingehalten.

#### **6.4 Bewertung im Hinblick auf für die Wiederaufarbeitung deutscher Brennelemente genutzte Anlagen**

Aus den vorangegangenen Untersuchungen ergeben sich die folgenden Schlussfolgerungen im Hinblick auf die Anlagen der Wiederaufarbeitungs komplexe Sellafield und La Hague, die von deutschen Kunden genutzt werden:

- Die Grenzwerte des § 45 StrlSchV werden durch die Emissionen der Wiederaufarbeitungs komplexe in Sellafield und La Hague nicht eingehalten. Es ist davon auszugehen, dass dies auch dann gilt, wenn nur ein Bezug auf die für deutsche Kunden genutzten Anlagenteile erfolgt:
  - Für die Anlage THORP sind etwa 50% der Jod-129-Emissionen des Wiederaufarbeitungs komplexes Sellafield mit der Abluft genehmigt (siehe Tabelle 3.1-3), so dass alleine mit diesen Emissionen die Dosisgrenzwerte von § 45 StrlSchV nach deutschem Berechnungsverfahren nicht einzuhalten sind. Auch real hat diese Anlage einen relativ hohen Anteil an den Jod-129-Emissionen da in ihr abgebrannte Brennelemente mit deutlich höherem mittleren Abbrand und damit auch deutlich höherem Jod-129-Gehalt aufbereitet werden als in der Anlage B 205.
  - In La Hague wird etwa der halbe Gesamtanlagendurchsatz abgebrannter Brennelemente in der UP 3 erzielt. Anlagen mit relevanten Emissionen, die nur für andere als deutsche Kunden arbeiten würden (beispielsweise bei der Abfallbehandlung), gibt es nicht. Damit ist auch in La Hague ein wesentlicher Teil der Gesamtemissionen auf die für deutsche Kunden arbeitenden Anlagen zurückzuführen.
- Unabhängig von der Frage der Verursachung von Emissionen und Immissionen durch einzelne Anlagen der Anlagenkomplexe sind nach § 45 (3) der deutschen Strahlenschutzverordnung die Dosisgrenzwerte unter Einbeziehung der Vorbelastung durch andere Anlagen einzuhalten.

## 7. Zusammenfassung

Abgebrannte Brennelemente aus deutschen Kernkraftwerken werden in Wiederaufarbeitungsanlagen in Frankreich und Großbritannien aufbereitet. Das deutsche Atomgesetz fordert in § 9a (1), dass dies „schadlos“ erfolgen muss. Im vorliegenden Gutachten wurden auf der Basis der aktuellen radiologischen Situation an den ausländischen Standorten der Wiederaufarbeitungsanlagen im Auftrag des Bundesamts für Strahlenschutz (Auftragsnummer StSch 4243) mögliche Strahlenexpositionen der Bevölkerung berechnet und bewertet.

Die Untersuchung basiert auf den aktuellen Emissionsgrenzwerten der Wiederaufarbeitungsanlagenkomplexe in Sellafield und La Hague, auf den gemessenen Emissionsdaten der letzten jeweils verfügbaren fünf Jahre sowie auf den neuesten verfügbaren Immissionsmesswerten (aus den Jahren 1996 bis 1998). Anhand dieser Daten wurden mögliche Strahlenexpositionen von Personen der Bevölkerung ermittelt, wobei zwischen der Referenzperson im Sinne der StrlSchV und der AVV zu § 45 StrlSchV sowie einer speziell definierten Gruppe mit relativ hoher Strahlenexposition unterschieden wurde.

Das Gutachten hat die folgenden Ergebnisse:

- Die Grenzwerte des § 45 StrlSchV werden durch die Emissionen der Wiederaufarbeitungsanlagenkomplexe in Sellafield und La Hague nicht eingehalten. Es ist davon auszugehen, dass dies auch dann gilt, wenn nur ein Bezug auf die für deutsche Kunden genutzten Anlagenteile erfolgt.
- Die Wiederaufarbeitungsanlagen in Sellafield und La Hague wären daher in Deutschland nicht genehmigungsfähig, auch nicht an einem Küstenstandort.
- Die realen und genehmigten Emissionen der Anlagenkomplexe sind erheblich höher als dies nach Stand von Wissenschaft und Technik erforderlich wäre. Die Abweichungen erreichen bei für die Strahlenexposition relevanten Nukliden bis zu vier Größenordnungen. Der Stand von Wissenschaft und Technik ist daher nicht eingehalten.
- In Großbritannien und Frankreich geltende Grenzwerte der Strahlenexposition der Bevölkerung werden nach den in diesen Ländern üblichen Berechnungsverfahren eingehalten. Diese Berechnungsverfahren sind aber in ihren Modellierungen und Parametern so optimistisch gestaltet, dass tatsächliche Überschreitungen auch dortiger Dosisgrenzwerte möglich sind.



## Literaturverzeichnis

- BMU 1990 Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 45 Strahlenschutzverordnung: Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen. - Bundesanzeiger Nr. 64a vom 31.3.1990
- BMU 1999 Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Entwurf der Novelle der Strahlenschutzverordnung, Stand 21.12.1999
- BNFL 1988 British Nuclear Fuels plc: Annual Report on Radioactive Discharges and Monitoring of the Environment 1988. - Director of Health, Safety and Environmental Protection. - Riseley, Warrington, Cheshire, UK 1989
- BNFL 1996 British Nuclear Fuels plc: Radioactive Substances Act 1993, Application for a Variation to the Certificate of Authorisation for the Disposal of Low Level Liquid Waste from the Marine Pipeline at the Sellafield Site, Dezember 1996
- BNFL 1998 British Nuclear Fuels plc: Safety, Health & Environment Report 1997
- CEC 1989 Commission of the European Communities: Seminar on the Radiological Exposure of the Population or the European Community from Radioactivity in North European Marine Waters - Project „MARINA“. - Brügge 14.-16. Juni 1989
- Cogema 1989 Cogema, Etablissement de la Hague: Bilan de rejets. -1989
- Cogema 1998 Cogema: Étude d'impact - Projet du 13 août 1998, Dossier d'enquête publique La Hague
- DETR 1999 Department for the Environment, Transport and the Regions: DETR Press Release 1115, 19 November 1999
- EA 1998 Environment Agency: Radioactive Substances Act 1993, Explanatory Memorandum to accompany the Draft Variation to the Certificate of Authorisation for the Disposal of Low Level Liquid Waste from Premises of BNFL at Sellafield, 1998
- Euratom 1996 Richtlinie 96/29/Euratom des Rates vom 13. Mai 1996 zur Festlegung der grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz der Gesundheit der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren durch ionisierende Strahlungen. - Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Nr. L 159 vom 29.6.1996

- Greenpeace 1997      Greenpeace: Radioaktive Belastungen des Meeres durch die Wiederaufarbeitungsanlage COGEMA/La Hague, Messbericht, Hamburg 1997
- GRNC 1999      Groupe Radioécologie Nord-Cotentin, Groupe de travail N° 1: Rapport Final Detaille June 1999, Inventaire de rejets radioactives des installations nucléaires. - Juni 1999
- Haedrich 1993      Heinz Haedrich: Zur Zulässigkeit der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente aus deutschen Kernkraftwerken in anderen EG-Mitgliedstaaten. - NVwZ 1993, Heft 11, S. 1036ff
- ICRP 1998      International Commission on Radiological Protection: The ICRP Database of Dose Coefficients - Workers and Members of the Public. - CD-ROM Version 1.0, Oktober 1998
- Irish Times 1999      The Irish Times: „Government disappointed by discharge cuts from Sellafield“, November 22, 1999, S. 8
- MAFF 1989      Ministry of agriculture, fisheries and food (MAFF): Radioactive substances act, 1960: Notice of variation of authorisation under section 6(1) given pursuant to section 8(2), (7) and (8). - 21. Dezember 1989
- MAFF 1995      Ministry of Agriculture, Fisheries and Food: Radioactivity in Food and the Environment, 1994. - London 1995
- MAFF 1996      Ministry of Agriculture, Fisheries and Food: Radioactivity in Food and the Environment, 1995. - London 1996
- MAFF 1997      Ministry of Agriculture, Fisheries and Food: Radioactivity in Food and the Environment, 1996. - London 1997
- MAFF 1998      Ministry of Agriculture, Fisheries and Food: Radioactivity in Food and the Environment, 1997. - London 1998
- MAFF 1999      Ministry of Agriculture, Fisheries and Food: Radioactivity in Food and the Environment, 1998. - London 1999
- MIR 1980      Le ministre de l'Industrie et de la Recherche: Autorisation de rejets d'effluents radioactifs gazeux et liquides par la Compagnie générale des matières nucléaires (Cogéma). - Paris, 22.10.1980. In: Journal Officiel de La République Française, 11.11.1980
- MIR 1984      Le ministre de l'Industrie et de la Recherche: Autorisation de rejets d'effluents radioactifs gazeux et liquides par les usines dénommées UP 2-800 et UP 3A et par la station de traitement des effluents liquides et des déchets solides dénommée STE 3 sur le site nucléaire de La Hague (Manche). - Paris, 27.2.1984. In: Journal Officiel de La République Française, 10.4.1984



- Öko-Institut 1990      Öko-Institut: Vergleich und Bewertung der Sicherheitsanforderungen bei der Wiederaufarbeitung bundesdeutscher Brennelemente in der Bundesrepublik, Frankreich und Großbritannien. - Gutachten im Auftrag des Ministers für Soziales, Gesundheit und Energie des Landes Schleswig-Holstein, Darmstadt September 1990
- Prescott 1999      John Prescott: Antwort auf eine Frage des Abgeordneten Stephen McCabe, House of Commons, 19 November 1999
- Scheuing 1991      Dieter H. Scheuing: Grenzüberschreitende atomare Wiederaufarbeitung im Lichte des europäischen Gemeinschaftsrechts. - Schriftenreihe Europäisches Recht, Politik und Wirtschaft, Band 148, Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden 1991