

Untersuchungen zur Sicherheit bei der Beförderung radioaktiver Stoffe

Teil 1.1
Berechnung von
Aktivitätsgrenzwerten –
Q-Modell

Abschlussbericht zum
Arbeitspaket 4

Uwe Büttner

August 2014

Anmerkung:

Das diesem Bericht zugrunde lie-
gende FE-Vorhaben 3611R03300 ✓
wurde im Auftrag des Bundesmini-
steriums für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)
durchgeführt.

Die Verantwortung für den Inhalt
dieser Veröffentlichung liegt beim
Auftragnehmer.

Der Bericht gibt die Auffassung
und Meinung des Auftragnehmers
wieder und muss nicht mit der
Meinung des Auftraggebers über-
einstimmen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Das Q-System	3
2.1	Allgemeines	3
2.2	Berechnung der Q-Werte	4
2.2.1	Berechnung von Q_A	5
2.2.2	Berechnung von Q_B	7
2.2.3	Berechnung von Q_C	9
2.2.4	Berechnung von Q_D	10
2.2.5	Berechnung von Q_E	12
2.2.6	Berechnung von Q_F	13
2.3	Berechnung der A-Werte	13
2.4	Besondere Berechnungen und Annahmen	14
2.4.1	Neutronenstrahler	14
2.4.2	Bremsstrahlung	15
2.4.3	Tritium und Tritiumverbindungen	15
2.4.4	Radon und Radonfolgeprodukte	15
2.4.5	LSA-Stoffe	16
3	Programmentwicklung zur Berechnung der A_1/A_2-Werte	19
3.1	Berechnung von Q_A	21
3.1.1	Massenenergieabsorptionskoeffizient	21
3.1.2	Linearer Schwächungskoeffizient	23
3.1.3	Aufbaufaktor	25
3.1.4	Dosiskonversionsfaktoren	28
3.2	Berechnung von Q_B	37
3.2.1	Dosis pro Zerfall	38
3.2.2	CSDA-Reichweite	40
3.2.3	Dimensionslose Dosisverteilung	42
3.2.4	Diskrete Elektronen	44
3.3	Berechnung von Q_C	45

3.4	Berechnung von Q_D	46
3.4.1	Dosis pro Zerfall.....	46
3.4.2	CSDA-Reichweite	47
3.4.3	Dimensionslose Dosisverteilung	48
3.4.4	Diskrete Elektronen	51
3.5	Berechnung von Q_E	51
3.6	Berechnung von Q_F	52
3.7	Berechnung der A-Werte	52
3.8	Nuklidgemische	55
3.8.1	Rubidium	55
3.8.2	Rhenium	56
3.8.3	Thorium	56
3.8.4	Uran.....	56
3.9	Sonstige Annahmen zur Berechnung der Q- und A-Werte.....	59
4	Ergebnisse	61
4.1	Dosisleistungskoeffizienten.....	61
4.2	Q- und A-Werte	63
5	Programmbeschreibung BerQATrans.....	65
5.1	Installation	65
5.2	Programmstart.....	68
5.3	Durchführen einer Rechnung	69
5.3.1	Nuklidauswahl	69
5.3.2	Optionen für Berechnung und Ergebnisdarstellung.....	71
5.3.3	Start der Rechnung.....	74
5.4	Rechenergebnisse	74
5.4.1	Schaltfläche „Ergebnisse“	74
5.4.2	Ergebnisblätter	76
5.5	Weitere Funktionen.....	78
5.6	Nachrechnen der Q- und A-Werte gemäß den Transportvorschriften	79
5.7	Fehlermeldung.....	79

6	Diskussion und Ausblick	81
6.1	Datenlage und Dokumentation des Q-Systems	81
6.2	Berechnung der Q- und A-Werte	82
6.3	Festgestellte Problempunkte	83
6.4	Vorschlag für eine Überarbeitung des Q-Systems	84
6.5	Ausblick zur Programmentwicklung	87
	Literatur	89
	Abkürzungsverzeichnis.....	95
	Tabellenverzeichnis.....	97
	Abbildungsverzeichnis.....	101
	Symbolverzeichnis	105
	Anhang	109
A	Herleitung der Gleichung zur Berechnung von Q_A	109
B	Berücksichtigung von Tochternukliden.....	115
C	Tabellierte Werte	121
D	Verwendete Tochternuklide zu Berechnung von Nuklidgemischen	133
E	Massen- und Aktivitätsanteile bei Urangemischen	135
F	Vergleich der Dosisleistungskoeffizienten	143
G	Berücksichtigte Tochternuklide	155
H	Vergleich der Q- und A-Werte.....	159