

## **Fukushima – Einstufung auf INES-Skala**

Helmut Hirsch, 23.03.2011

### **Zweck und Aufbau der INES-Skala**

Die International Nuclear and Radiological Event Scale (INES) wurde 1990 durch internationale Experten entwickelt, die von der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) und der Kernenergieagentur der OECD (OECD/NEA) einberufen worden waren. Zweck der Skala ist es, der Öffentlichkeit zeitnah und in konsistenter Form eine Vorstellung von der sicherheitsmäßigen Bedeutung von Ereignissen zu geben, die mit radioaktiven Stoffen zusammenhängen.

Die INES-Skala umfasst 8 Stufen:

- 7 Katastrophaler Unfall
- 6 Schwerer Unfall
- 5 Ernster Unfall
- 4 Unfall
- 3 Ernster Störfall
- 2 Störfall
- 1 Störung
- 0 Ereignis ohne oder mit geringer sicherheitstechnischer Bedeutung

Der Unfall von Tschernobyl 1986 wurde auf 7 eingestuft; jener von Three Mile Island 1979 auf 5.

Die Einstufung erfolgt nach drei Kriterienfeldern: Radiologische Auswirkungen außerhalb der Anlage; radiologische Auswirkungen innerhalb der Anlage; Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen.

Für die Unfälle (Stufen 4 – 7) sind in erster Linie die radiologischen Auswirkungen außerhalb der Anlage von Bedeutung.

### **Kriterien zur Einstufung von Unfällen**

Die radiologischen Auswirkungen außerhalb der Anlage können gemäß INES-Handbuch der IAEO (a) durch die radioaktiven Freisetzungen in die Atmosphäre und (b) die von Menschen erhaltenen Strahlendosen erfasst werden.

In der Folge wird das Kriterium (a) angewandt, weil die Freisetzungen etwas genauer abgeschätzt werden können als die mögliche Strahlenbelastung von Menschen; außerdem ist über die Strahlenbelastung maximal eine Einstufung auf Stufe 6 möglich.

Zur Einstufung werden die Freisetzungen in die Atmosphäre als Jod-131-Äquivalent ausgedrückt; es werden für verschiedene Nuklide Faktoren angegeben, mit denen deren

Freisetzungsmenge zu multiplizieren ist, um das J-131-Äquivalent zu ermitteln. Dieser Faktor ist z.B. für Edelgase gleich 0, für Cäsium-137 gleich 40 und für Plutonium-239 gleich 10.000.

Das INES-Handbuch legt im Einzelnen fest:

Stufe 7 – mehr als einige 10.000 TBq Jod-131-Äquivalent

Stufe 6 – einige 1.000 bis einige 10.000 TBq Jod-131-Äquivalent

Stufe 5 – einige 100 bis einige 1.000 TBq J-131-Äquivalent

Stufe 4 – einige 10 bis einige 100 TBq J-131-Äquivalent

Die IAEO stellt fest, dass es nicht passend wäre, exakte Zahlenwerte für die Abgrenzung der Stufen zu verwenden, da frühe Abschätzungen der Freisetzungen zwangsläufig nur Annäherungen sein können. Als Orientierungswerte für die Grenzen zwischen den Stufen schlägt sie jedoch 50.000, 5.000 und 500 TBq vor.

### **Anwendung auf mehrere Reaktoren**

Soweit aus dem Handbuch ersichtlich, geht die IAEO grundsätzlich davon aus, dass die Skala auf ein Ereignis in einem bestimmten Block eines Kernkraftwerkes angewandt wird. In der Praxis treten ja auch überwiegend Ereignisse in einzelnen Blöcken auf.

Es bleibt im INES-Handbuch offen, wie mit Kombinationen von Ereignissen, wie nunmehr in Fukushima Daiichi eingetreten, umzugehen ist.

Wie einleitend festgestellt, ist der Zweck der INES-Skala die zeitnahe und konsistente Information der Öffentlichkeit über die Bedeutung eines Ereignisses. Ohne Zweifel sind es die Gesamt-Freisetzungen eines Unfalles, die für die Öffentlichkeit am wichtigsten sind, denn diese bestimmen die Kontamination von Luft, Boden, Wasser, Lebensmitteln und damit die Betroffenheit von Menschen. Daher entspricht es der Idee hinter der INES-Skala, einer Kombination von Ereignissen wie in Fukushima Daiichi, bei der sich die Freisetzungen aus den einzelnen Blöcken direkt überlagern, insgesamt eine Einstufung nach INES-Skala zu geben. Hinzu kommt noch, dass sich die Unfallabläufe in den einzelnen Blöcken gegenseitig beeinflussen (durch wechselseitige Kontamination, mögliche Auswirkungen von Explosionen und Bränden sowie durch Direktstrahlung).

Parallel kann ein blockweises Einstufen ebenfalls sinnvoll sein, um damit die Abläufe auf dem Standort im Einzelnen transparenter zu machen.

### **Bisherige Freisetzungen in Fukushima**

Es wurden bereits Abschätzungen der in Fukushima Daiichi eingetretenen Freisetzungen durchgeführt; dem Verfasser sind zwei bekannt:

Das französische Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) ([www.irsn.fr](http://www.irsn.fr)) veröffentlichte am 22.03.2011 eine Abschätzung der Freisetzungen aus den Reaktoren 1 – 3, in der Zeit vom 12. bis zum 22.03.2011.

Abschätzung des IRSN: 90.000 TBq J-131, 10.000 TBq Cs-137 (sowie Angaben für weitere Nuklide)

Die österreichische Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) ([www.zamg.ac.at](http://www.zamg.ac.at)) veröffentlichte ebenfalls am 22.03.2011 Abschätzungen für die Gesamtfreisetzung an J-131 und Cs-137 in den ersten vier Tagen, die am 23.03. präzisiert wurden.

Abschätzung der ZAMG: 400.000 TBq J-131, 85.000 TBq Cs-137

Für Jod-131 führte der Verfasser weiterhin eine eigene Abschätzung durch. Ausgehend von Angaben zu Brennstoffinventar im Kern und mittlerem Entladeabbrand aus dem World Nuclear Industry Handbook 2010 wurde das J-131-Inventar zum Zeitpunkt der Abschaltung für Block 1 mit 1 Million TBq, für die Blöcke 2 und 3 mit ja 1,8 Millionen TBq angenommen.

Bei einem Freisetzunganteil von 2,75 % (entsprechend der Freisetzung bei ungefilterter Druckentlastung des Containments) resultiert eine Freisetzung von ca. 125.000 TBq J-131 (Summe aus allen drei Blöcken).

Dies liegt nahe an den Zahlen der IRSN. Diese werden den weiteren Betrachtungen zugrunde gelegt; es ist nicht anzunehmen, dass dadurch eine Überschätzung zu befürchten ist.

Der radioaktive Zerfall wurde bei der Abschätzung des Verfassers nicht berücksichtigt. Es ist nicht ersichtlich, inwieweit dies bei IRSN und ZAMG der Fall ist. Bedeutung hat er im gegebenen Zeitrahmen lediglich für J-131 (Halbwertszeit 8 Tag), nicht für Cs-137 (HWZ 30 Jahre).

### **INES-Stufe in Fukushima**

Schon allein die Freisetzungen von J-131 und Cs-137, wie von IRSN angegeben, entsprechen ca. 500.000 TBq J-131-Äquivalent.

Somit handelt es sich, bei gemeinsamer Betrachtung sämtlicher Blöcke von Fukushima Daiichi, offensichtlich um ein Ereignis der Stufe 7.

Bei einer blockweisen Betrachtung ergibt sich, bei Aufteilung der Freisetzungen auf die drei Blöcke proportional zum Inventar, für jeden Block ein Wert von über 100.000 TBq, und somit auch isoliert betrachtet Stufe 7. Bei einer nicht-proportionalen Aufteilung sind bei einzelnen Blöcken andere Einstufungen möglich.

Diese Aussagen bleiben nahezu unverändert gültig, wenn der radioaktive Zerfall noch berücksichtigt werden müsste, da die Cs-137-Freisetzung den größten Beitrag liefert.