

## **Anhang 1 zur BAM-GGR 024**

### **Bewertung von unreaktiven bzw. teilreaktiven Zellen/Modulen/Batterien**

#### **Allgemeines**

Für eine erfolgreiche Brandprüfung nach Anhang 2 müssen alle Zellen thermisch durchgegangen sein (engl.: thermal runaway, TR). Aufgrund der sicherheitstechnischen Weiterentwicklung der Zellen/Module/Batterien gibt es jedoch auch solche, bei denen ein vollständiger TR nicht realisiert werden kann. Diese werden hier als unreaktive bzw. teilreaktive Zellen/Module/Batterien bezeichnet.

Bewertungen und Brandprüfungen, die vor Inkrafttreten dieser GGR durchgeführt wurden, behalten ihre Gültigkeit bis zum Ablauf der dazugehörigen Festlegung.

Zellen, die mit unten aufgeführten Testverfahren nicht thermisch durchgehen können, werden von der BAM nicht als kritisch-defekt im Sinne der Sondervorschrift 376 und der Verpackungsanweisungen P 911 und LP 906 eingestuft. Somit findet dieser Teil der Sondervorschrift 376 und die Verpackungsanweisungen P 911 und LP 906 und entsprechend diese BAM-GGR keine Anwendung.

Entladene Zellen/Module/Batterien werden von der BAM nicht als kritisch-defekt im Sinne der Sondervorschrift 376 und der Verpackungsanweisungen P 911 und LP 906 eingestuft. Somit findet dieser Teil der Sondervorschrift 376 und die Verpackungsanweisungen P 911 und LP 906 und entsprechend diese BAM-GGR keine Anwendung.

Der Nachweis gilt als erbracht, wenn die Zellen/Module/Batterien gemäß den Herstellervorgaben auf Entladeschlussspannung entladen sind.

Zur Bestimmung des TR-Verhaltens dieser Zellen/Module/Batterien ist folgendermaßen vorzugehen:

- 1) Test der einzelnen Zelle auf TR (siehe Abschnitt 2.)
- 2) Die einzelne Zelle zeigt einen TR, es müssen Propagationstests durchgeführt werden.
  - a) Propagationstest an Zellen (siehe Abschnitt 3.1.)  
und/oder
  - b) Propagationstest im Modul (siehe Abschnitt 3.2.)  
und/oder
  - c) Propagationstest in der Batterie (siehe Abschnitt 3.3)

Die Anwendung dieses Anhangs ist optional, ggf. können Teile dieses Anhangs angewendet werden.

#### **1. Definition des TR (thermisches Durchgehen)**

Eine Zelle ist reaktiv, wenn ein TR stattfindet. Ein TR liegt dann vor, wenn ein Temperatursprung von 23 °C in weniger als 20 Sekunden stattfindet. Die Temperaturdifferenz von 23 °C stellt dabei die Bezugsgröße dar, während die benötigte Zeit das Auswertekriterium ist. Der Temperatur-Zeit-Verlauf unterhalb 77 °C kann bei der Auswertung vernachlässigt werden.

## 2. Test der einzelnen Zelle auf TR

Der Nachweis, dass die Zelle bei Schädigung keinen TR zeigt, kann durch folgende Prüfungen an einer einzelnen Zelle erbracht werden. Die Zelle darf dazu nicht in einem Modul/einer Batterie verbaut sein. Die Prüfung kann außerhalb einer Transportverpackung stattfinden. Jede Prüfung muss dreimal (an drei verschiedenen Zellen) durchgeführt werden. Die Temperatur der Zelle bei der Prüfung muss mindestens 10 °C betragen.

### 1. Penetrationstest

Die mechanische Schädigung beim Penetrationstest kann durch eine der folgenden zwei Methoden realisiert werden:

|        | Durchmesser | Form der Spitze                                                                           | Vorschubgeschwindigkeit | Eindringtiefe in die Zelle | Material           |
|--------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Nagel  | ≥ 6mm       | Kegelstumpf mit einem Winkel von 60° Spitze abgeflacht mit einem Durchmesser von ≥ 2,5 mm | ≥ 40 mm/s               | ≥ 50 %                     | elektrisch leitend |
| Bohrer | ≥ 6mm       | HSS/HSSE-Spiralbohrer nach DIN 338, 340, 341, 345, 1897 oder 1870                         | ≥ 1 mm/s                | ≥ 50 %                     | elektrisch leitend |

Tritt durch die Penetration ein TR auf, dann ist die Zelle als reaktiv zu bewerten.

### 2. Überladen

Das Überladen muss mit einer CCCV-Ladung erfolgen. Hierfür ist eine Spannungsquelle mit mindestens 10 V zu verwenden. Die Ladung erfolgt mit mindestens 1 C. Die Ladeschlussspannung beträgt 10 V. Tritt während der Überladung ein TR auf, dann ist die Zelle als reaktiv zu bewerten.

### 3. Thermische Schädigung

Die thermische Schädigung erfolgt mit einer Erwärmung von 10 K/min. Die Zelle muss einer Temperatur von 350 °C für 30 min standhalten. Tritt während des Aufheizens oder innerhalb der 30 min ein TR auf, dann ist die Zelle als reaktiv zu bewerten.

Es sind geeignete Messverfahren zu verwenden, um den TR bewerten zu können (z.B. Temperaturoaufzeichnung, Videoaufzeichnung).

### 3. Propagationstest zur Bestimmung der Transportbedingungen

#### 3.1. Propagationstest an Zellen

Zur Feststellung, ob es eine Propagation von Zelle zu Zelle gibt, sind mindestens vier Zellen zu einem festen Paket zusammenzufassen. An allen Seiten erfolgt die Begrenzung durch eine wärmeisolierende Platte. Zwischen den Zellen darf sich keinerlei dämmendes Material befinden. Die Pole der Zellen sollen alle gleich ausgerichtet sein.

Eine äußere Zelle ist mit einer geeigneten Methode zu initiieren. Es ist sicherzustellen, dass die initiierte Zelle in den TR geht.

Dieser Test ist dreimal durchzuführen

Dieser Test kann außerhalb einer Verpackung durchgeführt werden.

Es sind geeignete Messverfahren zu verwenden, um den TR und die Propagation bewerten zu können (z.B. Temperaturaufzeichnung, Videoaufzeichnung).

##### **Bewertung:**

- a) Findet eine Propagation von der ersten bis zur vierten Zelle statt, kann ein weiterer Propagationsversuch nach 3.2 und/oder 3.3 und/oder 3.4 durchgeführt werden. Diese Versuche sind notwendig, da auf Grundlage des Propagationsverhaltens die Transportbedingungen bestimmt werden. Alternativ kann eine Brandprüfung nach Anhang 2 durchgeführt werden.
- b) Schreitet der TR nicht bis zur vierten Zelle fort, wird dies nicht als Propagation gewertet. Findet keine Propagation statt, dürfen diese Zellen oder Module und Batterien, die aus diesen Zellen aufgebaut sind, transportiert werden, wenn die gewählte Verpackung eine Brandprüfung nach Anhang 2 dieser BAM-GGR bestanden hat. Die Brandprüfung kann mit Zellen oder Modulen oder Batterien, die aus diesen Zellen aufgebaut sind, eines beliebigen Levels nach Anhang 3 dieser BAM-GGR stattgefunden haben, mindestens aber mit der zu transportierenden Nennenergie.

#### 3.2. Propagationstest an Modulen (mit Sicherheitseinrichtungen)

Zur Feststellung, ob es zu einer Propagation von Zelle zu Zelle innerhalb eines Moduls kommt, ist an mindestens drei Modulen jeweils eine Zelle mit einer geeigneten Methode zu initiieren. Es ist sicherzustellen, dass die initiierten Zellen in den TR gehen.

Der Test kann außerhalb einer Verpackung durchgeführt werden.

Es sind geeignete Messverfahren zu verwenden, um den TR und die Propagation bewerten zu können (z.B. Temperaturaufzeichnung, Videoaufzeichnung).

##### **Bewertung:**

- a) Es findet keine Propagation statt (von Zelle zu Zelle innerhalb eines Moduls)<sup>1</sup>:  
Es dürfen diese Module und Batterien, die aus diesen Modulen aufgebaut sind, transportiert werden, wenn die gewählte Verpackung eine Brandprüfung nach Anhang 2 der BAM-GGR bestanden

---

<sup>1</sup> Aufgrund der Sicherheitseinrichtungen gelten hier nicht die Bedingungen für Propagation nach Abschnitt 3.1

hat. Die Brandprüfung kann mit Modulen oder Batterien eines beliebigen Levels nach Anhang 3 der BAM-GGR stattgefunden haben, mindestens aber mit der zu transportierenden Nennenergie.

- b) Es findet eine Teil-Propagation statt (Propagation von Zelle zu Zelle, aber nicht durch das gesamte Modul):

Es dürfen diese Module und Batterien, die aus diesen Modulen aufgebaut sind, transportiert werden, wenn die gewählte Verpackung eine Brandprüfung nach Anhang 2 der BAM-GGR bestanden hat. Die Brandprüfung muss mit Modulen oder Batterien mindestens desselben Levels nach Anhang 3 der BAM-GGR stattgefunden haben, und mindestens mit der zu transportierenden Nennenergie.

- c) Es findet vollständige Propagation statt (Propagation des gesamten Moduls):

Es dürfen diese Module und Batterien, die aus diesen Modulen aufgebaut sind, transportiert werden, wenn eine Brandprüfung nach Anhang 2 der BAM-GGR mit den zu transportierenden Modulen oder Batterien, die aus diesen Modulen aufgebaut sind, durchgeführt wurde.

Außerdem kann die 80%-Regel, Anhang 3 angewendet werden, wenn die Brandprüfung mit anderen Modulen oder Batterien durchgeführt wurde.

### **3.3. Propagationstest an Batterien (mit Sicherheitseinrichtungen), die aus Modulen aufgebaut sind**

Zur Feststellung, ob es zu einer Propagation von Modul zu Modul kommt, sind mindestens drei Stellen (drei Module) mit einer geeigneten Methode zu initiieren. Es ist sicherzustellen, dass die initiierten Zellen in den TR gehen.

Der Test kann außerhalb einer Verpackung durchgeführt werden.

Es sind geeignete Messverfahren zu verwenden, um den TR und die Propagation bewerten zu können (z.B. Temperaturaufzeichnung, Videoaufzeichnung).

#### **Bewertung:**

- a) Es findet keine Propagation zwischen Modulen statt (unabhängig davon, ob das initiierte Modul vollständig propagiert oder der Vorgang schon vorher zum Erliegen kommt):

Es dürfen diese Batterien transportiert werden, wenn die gewählte Verpackung eine Brandprüfung nach Anhang 2 der BAM-GGR bestanden hat. Die Brandprüfung kann mit Modulen oder Batterien eines beliebigen Levels nach Anhang 3 der BAM-GGR stattgefunden haben, mindestens aber mit der zu transportierenden Nennenergie der Batterie.

- b) Es findet eine Teil-Propagation statt (Propagation zwischen Modulen, jedoch nicht durch die gesamte Batterie):

Es dürfen diese Batterien transportiert werden, wenn die gewählte Verpackung eine Brandprüfung nach Anhang 2 der BAM-GGR bestanden hat. Die Brandprüfung muss mit Modulen oder Batterien mindestens desselben Levels nach Anhang 3 der BAM-GGR stattgefunden haben, und mindestens mit der zu transportierenden Nennenergie der Batterie.

- c) Es findet eine vollständige Propagation statt:

Es dürfen diese Batterien transportiert werden, wenn eine Brandprüfung nach Anhang 2 der BAM-GGR mit den zu transportierenden Batterien durchgeführt wurde.

Außerdem kann die 80%-Regel, Anhang 3 angewendet werden, wenn die Brandprüfung mit anderen Modulen oder Batterien durchgeführt wurde.

### **3.4. Propagationstest an Batterien (mit Sicherheitseinrichtungen), die in Cell-to-Pack Weise gebaut sind**

Zur Feststellung, ob es zu einer Propagation von Zelle zu Zelle innerhalb der Batterie kommt, sind mindestens drei Stellen (drei nicht zusammenhängende Zellen der Batterie) mit einer geeigneten Methode zu initiieren. Es ist sicherzustellen, dass die initiierten Zellen in den TR gehen.

Der Test kann außerhalb einer Verpackung durchgeführt werden.

Es sind geeignete Messverfahren zu verwenden, um den TR und die Propagation bewerten zu können (z.B. Temperaturaufzeichnung, Videoaufzeichnung).

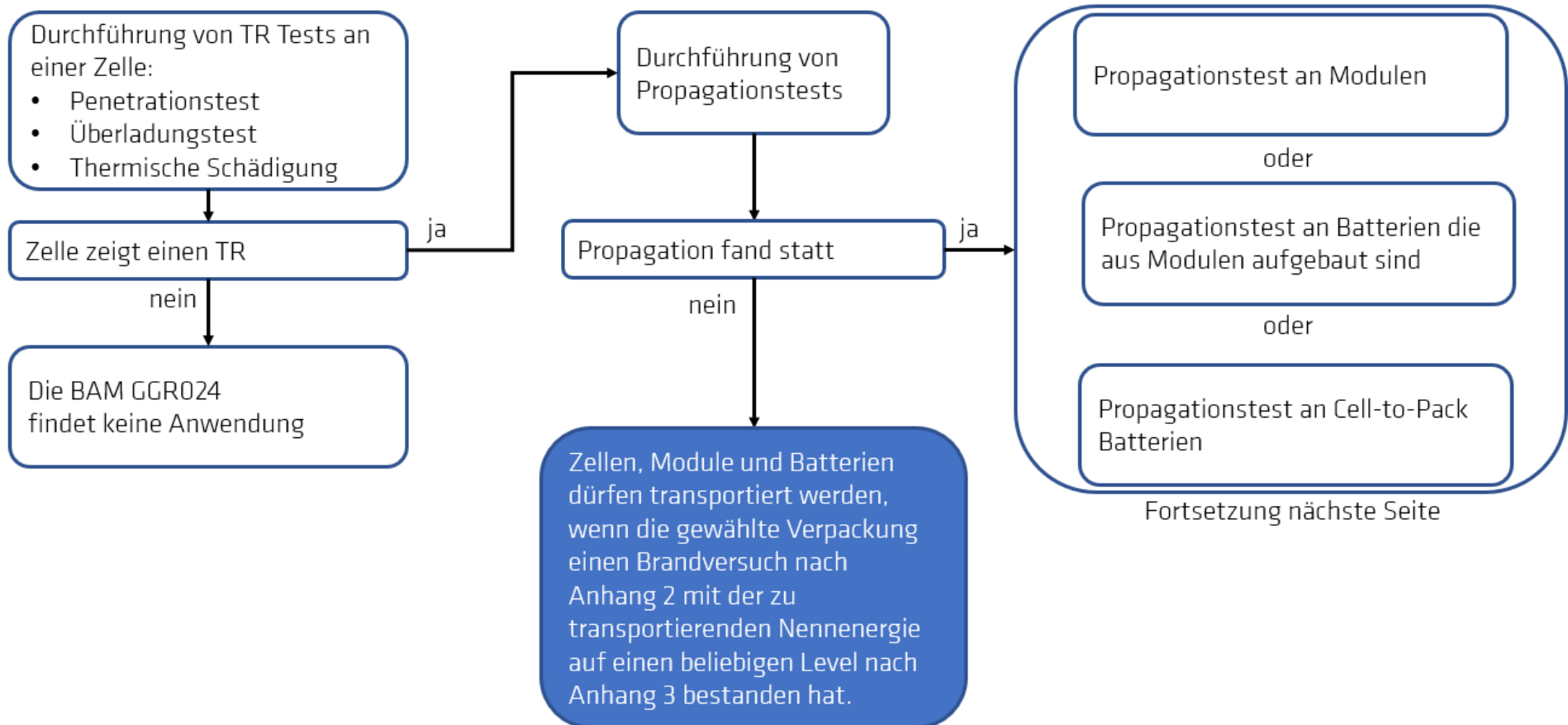
#### **Bewertung:**

- a) Es findet keine Propagation (von Zelle zu Zelle) statt<sup>2</sup>:  
Es dürfen diese Batterien transportiert werden, wenn die gewählte Verpackung eine Brandprüfung nach Anhang 2 der BAM-GGR bestanden hat. Die Brandprüfung kann mit Modulen oder Batterien eines beliebigen Levels nach Anhang 3 der BAM-GGR stattgefunden haben, mindestens aber mit der zu transportierenden Nennenergie der Batterie.
- b) Es findet eine Teil-Propagation statt (Propagation zwischen Zellen, die jedoch zum Erliegen kommt, es propagiert nicht die gesamte Batterie durch):  
Es dürfen Batterien transportiert werden, wenn die gewählte Verpackung eine Brandprüfung nach Anhang 2 der BAM-GGR bestanden hat. Die Brandprüfung muss mit Modulen oder Batterien desselben Levels nach Anhang 3 der BAM-GGR stattgefunden haben, und mindestens mit der zu transportierenden Nennenergie der Batterie.
- c) Es findet vollständige Propagation statt:  
Es dürfen diese Batterien transportiert werden, wenn eine Brandprüfung nach Anhang 2 der BAM-GGR mit den zu transportierenden Batterien durchgeführt wurde.  
Außerdem kann die 80%-Regel, Anhang 3 angewendet werden, wenn die Brandprüfung mit anderen Modulen oder Batterien durchgeführt wurde.

---

<sup>2</sup> Aufgrund der Sicherheitseinrichtungen gelten hier nicht die Bedingungen für Propagation nach Abschnitt 3.1

## Entscheidungsbaum bei der Durchführung von Propagationstests



## Entscheidungsbaum Fortsetzung

| Testergebnis                                  | Propagationstest an Modulen                                                                                                                                                                                                                                             | Propagationstest an Batterien die aus Modulen aufgebaut sind                                                                                                                                                                     | Propagationstest an Cell-to-Pack Batterien                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Es findet keine Propagation statt             | <b>Module und Batterien</b> aus diesen Modulen dürfen transportiert werden, wenn die Verpackung einen Brandversuch nach Anhang 2 mit <b>mindestens</b> der zu transportierenden <b>Nennenergie</b> eines <b>beliebigen Levels</b> nach Anhang 3 bestanden hat.          | <b>Batterien</b> dürfen transportiert werden, wenn die Verpackung einen Brandversuch nach Anhang 2 mit <b>mindestens</b> der zu transportierenden <b>Nennenergie</b> eines <b>beliebigen Levels</b> nach Anhang 3 bestanden hat. | <b>Batterien</b> dürfen transportiert werden, wenn die Verpackung einen Brandversuch nach Anhang 2 mit <b>mindestens</b> der zu transportierenden <b>Nennenergie</b> eines <b>beliebigen Levels</b> nach Anhang 3 bestanden hat. |
| Es findet eine Teil-Propagation statt         | <b>Module und Batterien</b> aus diesen Modulen dürfen transportiert werden, wenn die Verpackung einen Brandversuch nach Anhang 2 mit <b>mindestens</b> der zu transportierenden <b>Nennenergie desselben Levels</b> nach Anhang 3 bestanden hat.                        | <b>Batterien</b> dürfen transportiert werden, wenn die Verpackung einen Brandversuch nach Anhang 2 mit <b>mindestens</b> der zu transportierenden <b>Nennenergie desselben</b> Levels nach Anhang 3 bestanden hat.               | <b>Batterien</b> dürfen transportiert werden, wenn die Verpackung einen Brandversuch nach Anhang 2 mit <b>mindestens</b> der zu transportierenden <b>Nennenergie desselben</b> Levels nach Anhang 3 bestanden hat.               |
| Es findet eine vollständige Propagation statt | <b>Module und Batterien</b> aus diesen Modulen dürfen transportiert werden, wenn die Verpackung einen Brandversuch nach Anhang 2 mit den <b>zu transportierenden Modulen und Batterien</b> bestanden hat oder diese über die 80%-Regel anderer Prüfungen abgedeckt sind | <b>Batterien</b> dürfen transportiert werden, wenn die Verpackung einen Brandversuch nach Anhang 2 mit den <b>zu transportierenden Batterien</b> bestanden hat oder diese über die 80%-Regel anderer Prüfungen abgedeckt sind    | <b>Batterien</b> dürfen transportiert werden, wenn die Verpackung einen Brandversuch nach Anhang 2 mit den <b>zu transportierenden Batterien</b> bestanden hat oder diese über die 80%-Regel anderer Prüfungen abgedeckt sind    |