

Gerätesatz Elastizitätsmodul 1018527

Bedienungsanleitung

05/16 TL/UD



1. Sicherheitshinweise

Bei bestimmungsgemäßem Gebrauch ist der sichere Betrieb des Gerätes gewährleistet. Die Sicherheit ist jedoch nicht garantiert, wenn das Gerät unsachgemäß bedient oder unachtsam behandelt wird.

Wenn anzunehmen ist, dass ein gefahrloser Betrieb nicht mehr möglich ist (z.B. bei sichtbaren Schäden), ist das Gerät sofort außer Betrieb zu setzen.

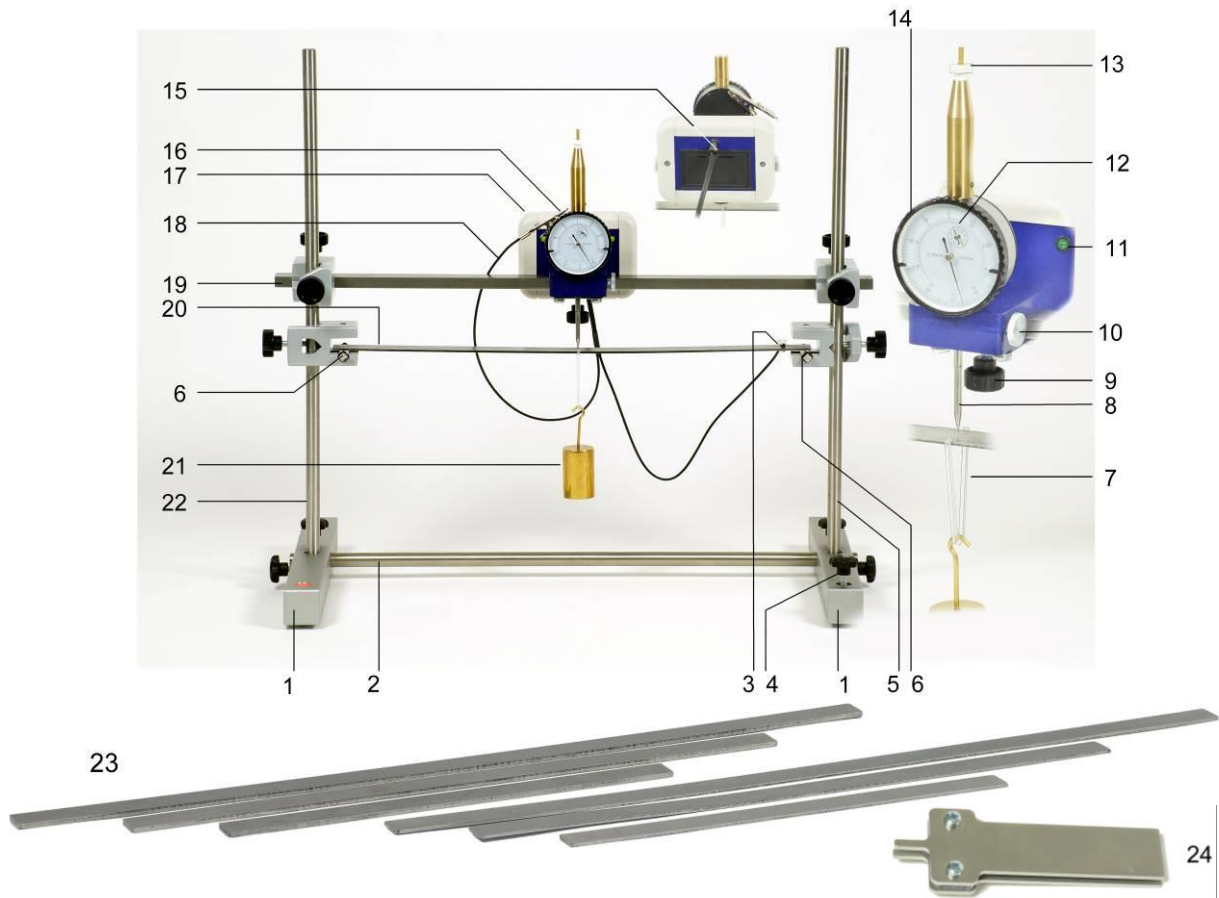
- Gerät nur in trockenen Räumen benutzen.
- Keine externen Spannungen an die 3,5-mm-Klinkenbuchse der Messuhreinheit anlegen.
- Nur mit der mitgelieferten 9 V Batterie oder baugleichen Batterien (6F22) in Betrieb nehmen.



Das Herausrutschen des Horizontalbalkens mit der daran befestigten Messuhreinheit aus den Universalniffen kann die Messuhreinheit irreversibel beschädigen.

- Beim Ein- und Ausbau des Horizontalbalkens mit der daran befestigten Messuhreinheit darauf achten, dass der Horizontalbalken nicht aus den Universalniffen herausrutscht und herunterfällt.
- Horizontalbalken mit der daran befestigten Messuhreinheit vor dem Einbau und nach dem Ausbau nur auf der Rückseite des Kunststoffgehäuses der Messuhreinheit ablegen. Vorher das Anschlusskabel für den Messspitzenkontakt von der 3,5-mm-Klinkenbuchse trennen

2. Lieferumfang



- 1 Vierkantfuß
- 2 Fußstange
- 3 Abgreifklemme Materialprobe
- 4 Bodenausgleichsschraube
- 5 Rechte Vertikalstange
- 6 Auflage-Schneide
- 7 Halteklammer für Massestück
- 8 Messspitze
- 9 Feststellschraube Messuhreinheit
- 10 Feststellschraube Messuhr
- 11 LED-Anzeige Messspitzenkontakt
- 12 Messuhr
- 13 Höheneinstellschraube Messspitze

- 14 Skalenring
- 15 3,5-mm-Klinkenbuchse für Anschlusskabel Messspitzenkontakt
- 16 Abgreifklemme Messuhr
- 17 Messuhreinheit
- 18 Anschlusskabel Messspitzenkontakt
- 19 Horizontalbalken
- 20 Materialprobe
- 21 Massestück 5x 50 g
- 22 Linke Vertikalstange
- 23 Materialproben (6x)
- 24 Spannstock

3. Materialproben

Breite: Dicken: Längen:

15 mm	2 mm	215 mm, 315 mm, 415 mm
15 mm	3 mm	215 mm, 315 mm, 415 mm

Material: Stahl

4. Technische Daten

Batterie für Messuhreinheit:	9 V, 6F22
Messbereich Messuhr:	0 – 10 mm
Auflösung Messuhr:	0,01 mm
Abmessungen:	ca. 550x280x500 mm ³
Masse:	ca. 5,5 kg

5. Beschreibung

Der Gerätesatz Elastizitätsmodul besteht aus sechs Flachstäben aus Stahl mit 15 mm Breite und unterschiedlichen Dicken und Längen, einer Messuhreinheit, einem Horizontalbalken mit Stativ, zwei Auflage-Schneiden, einem Spannstock und zwei Massestücken mit Halteklammern.

Der Gerätesatz gestattet die Untersuchung der elastischen Verformung von Stäben mit flacher Geometrie und die Bestimmung des Elastizitätsmoduls. Die Messuhreinheit ermöglicht die Bestimmung der Verformung an elektrisch leitenden Materialproben, ohne dass die Belastungskennlinie der Messuhr berücksichtigt werden muss. Die Messuhreinheit ist mit der Materialprobe elektrisch so kontaktiert, dass das Aufsetzen der Messspitze auf die Materialprobe empfindlich bestimmt und mit Hilfe von zwei LEDs angezeigt wird. Die Messung erfolgt auf diese Weise nahezu belastungsfrei. Die Durchbiegung der Materialprobe mit angehängtem Massestück wird mit einer Ablesegenauigkeit von 0,01 mm gemessen und daraus der Elastizitätsmodul bestimmt.

Messungen sind an beidseitig gestützten und einseitig eingespannten Materialproben möglich.

6. Inbetriebnahme

6.1 Beidseitig gestützte Materialprobe



Fig. 1: Experimenteller Aufbau für eine beidseitig gestützte Materialprobe.

- Zuerst nur das Stativ bestehend aus den beiden Vierkantfüßen, der Fußstange, den beiden Vertikalstangen und den vier Universalmuffen gemäß Fig. 1 aufbauen. Die beiden Universalmuffen zur Aufnahme des Horizontalbalkens mit Messuhreinheit jeweils in gleicher Höhe an den Vertikalstangen befestigen. Die beiden Universalmuffen zur Aufnahme der Materialprobe ca. 15 mm darunter an den Vertikalstangen befestigen. Ausrichtung der Universalmuffen in Fig. 1 beachten!
- Jeweils eine Auflage-Schneide in die Universalmuffen zur Aufnahme der Materialprobe legen. Auflage-Schneiden mit den Gummiringen arretieren.
- Abstand der Vierkantfüße so einstellen, dass der Abstand der Auflage-Schneiden der *effektiven* Länge der zu messenden Materialprobe entspricht, d.h. 200 mm, 300 mm oder 400 mm.
- Messuhreinheit über den Horizontalbalken schieben und mit der Feststellschraube der Messuhreinheit in der Mitte des Horizontalbalkens befestigen.
- Horizontalbalken mit Messuhreinheit in den beiden oberen Universalmuffen befestigen (Sicherheitshinweis unter Punkt 1. beachten), so dass die Messspitze genau in der Mitte zwischen den beiden Auflage-Schneiden platziert ist.
- Höhenposition der Messspitze zentrieren. Dazu die Messspitze mit Hilfe der Höheneinstellschraube hinein- oder herausschrauben, so dass die Gewindestange ca. 14 mm über die Höheneinstellschraube heraussteht.
- Messspitze anheben und die zu messende Materialprobe so auf den Auflage-Schneiden platzieren, dass sie waagrecht und symmetrisch aufliegt und ihre Enden nicht die Universalmuffen berühren. Messspitze vorsichtig auf die Materialprobe aufsetzen. Falls die Materialprobe nicht waagrecht aufliegt, Lage der Materialprobe durch Verschieben der Universalmuffen entlang der Vertikalstangen entsprechend korrigieren.
- Geringfügige, z.B. durch eine unebene Unterlage bedingte Verkippungen der Materialprobe mit Hilfe der Bodenausgleichsschraube kompensieren.
- 3,5-mm-Klinkenstecker des Anschlusskabels für den Messuhrkontakt in die 3,5-mm-Klinkenbuchse auf der Gehäuserückseite der Messuhreinheit einstecken. Eine der beiden Abgreifklemmen des Anschlusskabels an der dafür vorgesehenen Anschlussklemme der Messuhr festklemmen, die an-

dere an der Materialprobe wie in Fig. 1 gezeigt.

- Massestück mit Hilfe der Halteklammer genau in der Mitte der Materialprobe auf Höhe der Messspitze an die Materialprobe hängen.
- Vor der Messung einer kürzeren oder längeren Materialprobe zuerst den Horizontalbalken mit Messuhreinheit ausbauen (Sicherheitshinweis unter Punkt 1. beachten), den Abstand der Vierkantfüße entsprechend neu einstellen und weiter verfahren wie oben beschrieben.

6.2 Einseitig eingespannte Materialprobe



Fig. 2: Experimenteller Aufbau für eine einseitig eingespannte Materialprobe.

- Stativ gemäß Fig. 2 aufbauen. Die beiden Universalmuffen zur Aufnahme des Horizontalbalkens mit Messuhreinheit jeweils in gleicher Höhe an den Vertikalstangen befestigen, die Universalmuffe zur einseitigen Aufnahme der Materialprobe ca. 15 mm darunter. Ausrichtung der Universalmuffen beachten!
- Abstand der Vierkantfüße so einstellen, dass die Enden des Horizontalbalkens bündig in den beiden oberen Universalmuffen abschließen.
- Messuhreinheit über den Horizontalbalken schieben und mit der Feststellschraube der Messuhreinheit zunächst in der Mitte des Horizontalbalkens befestigen.
- Horizontalbalken mit Messuhreinheit in den beiden oberen Universalmuffen befestigen (Sicherheitshinweis unter Punkt 1. beachten).
- Höhenposition der Messspitze zentrieren. Dazu die Messspitze mit Hilfe der Höheneinstellschraube hinein- oder herausschrauben, so dass die Gewindestange ca. 14 mm über die Höheneinstellschraube heraussteht.
- Die zu messende Materialprobe in Längsrichtung in den Spannstock einlegen und wie in Fig. 2 gezeigt in der unteren Universalmuffe befestigen. Messspitze der Messuhreinheit dabei anheben und anschließend vorsichtig auf die Materialprobe aufsetzen. Darauf achten, dass die Backen des Spannstocks auf der überstehenden Seite der Materialprobe mit der Universalmuffe abschließen.
- Feststellschraube der Messuhreinheit lösen, Messspitze anheben und Messuhreinheit so entlang des Horizontalbalkens verschieben, dass die Messspitze einige Millimeter vor dem freien Ende der Materialprobe platziert ist.
- 3,5-mm-Klinkenstecker des Anschlusskabels für den Messuhrkontakt in die 3,5-mm-Klinkenbuchse auf der Gehäuserückseite der Messuhreinheit einstecken. Eine der beiden Abgreifklemmen des Anschlusskabels an der dafür vorgesehenen Anschlussklemme der Messuhr festklemmen, die andere am hinteren Ende des Spannstocks wie in Fig. 2 gezeigt.
- Massestück mit Hilfe der Halteklammer auf Höhe der Messspitze an die Materialprobe hängen.

Hinweise:

Materialproben am Berührungspunkt mit der Messspitze ggf. trocken mit Schleifvlies, z.B. einem Küchenschwamm, säubern.

Abstände der Auflage-Schneiden bei beidseitig gestützten Materialproben, Abstände zwischen Messspitze und Vorderkante des Spannstocks bei einseitig eingespannten Materialproben sowie Breite und Dicken der Materialproben z.B. mit Hilfe von Taschenbandmaß, 2 m (1002603) und digitalem Messschieber (1002602) genau nachmessen und Werte notieren.

7. Bedienung der Messuhr

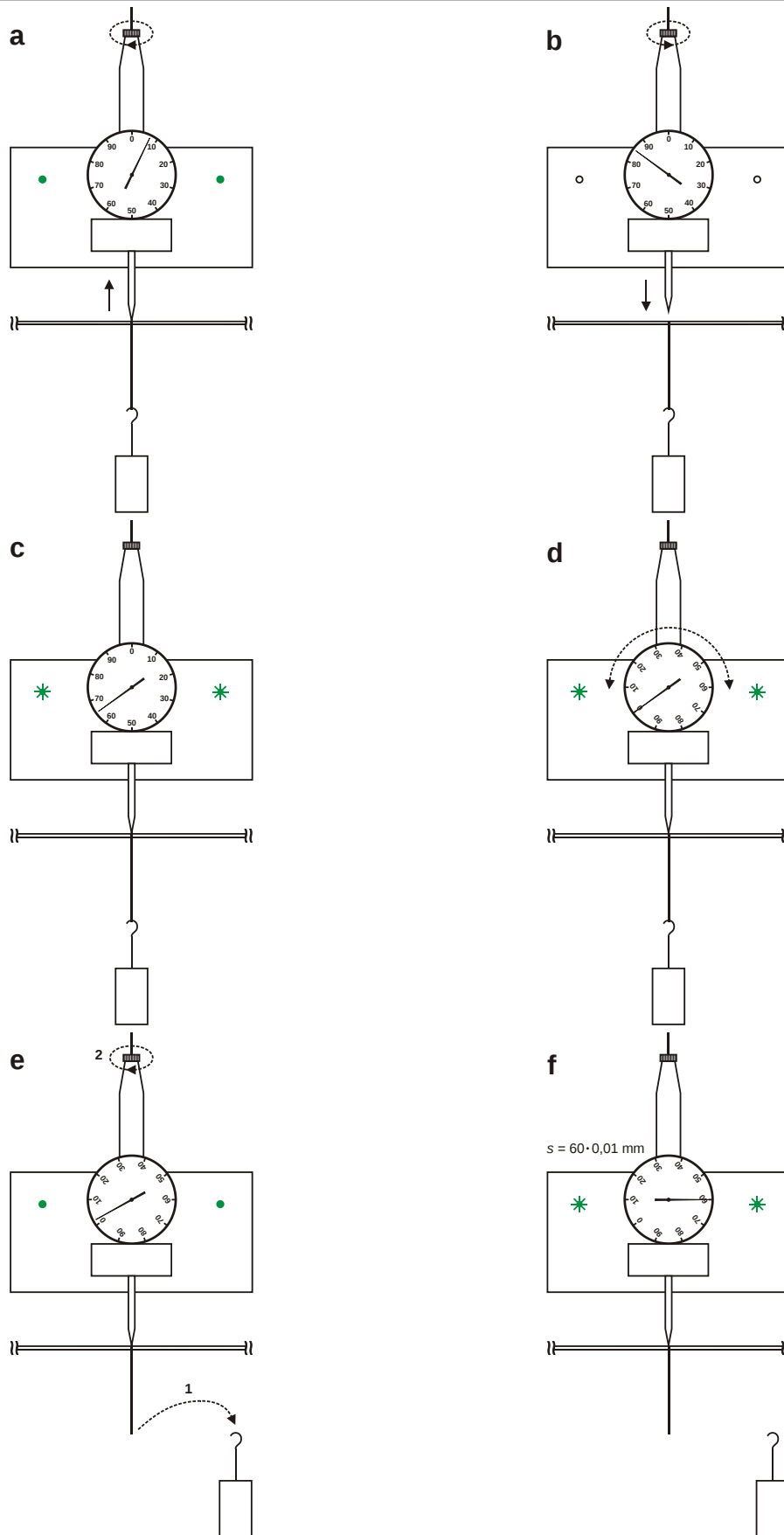


Fig. 3: Bedienung der Messuhr.

- Zunächst den Skalenring an der Messuhr drehen, bis sich die Null auf der Skala in 12-Uhr-Position befindet.

Die beiden LEDs an der Messuhreinheit leuchten, wenn die Messspitze die Materialprobe kontaktiert und sind aus, wenn der Kontakt unterbrochen ist.

Hinweis:

Bei einseitig eingespannten 2 mm dicken Materialproben und Belastung mit 200 g kann die Durchbiegung so groß sein, dass die Messspitze die Materialprobe auch bei komplett eingedrehter Höheneinstellschraube nicht kontaktiert. In diesem Fall die Universalmuffe, in der die Materialprobe eingespannt ist, etwas näher an die Universalmuffe, in der der Horizontalbalken befestigt ist, heran schieben (Abstand ca. 10 mm).

- Leuchten die LEDs bei eingehängtem Massestück, die Höheneinstellschraube rechts herum drehen bis die LEDs anfangen zu flackern (Fig. 3a,c).
- Sind die LEDs bei eingehängtem Massestück aus, die Höheneinstellschraube links herum drehen bis die LEDs anfangen zu flackern (Fig. 3b,c).

Hinweise:

Das Flackern der LEDs signalisiert ein nahezu belastungsfreies Aufsetzen der Messspitze auf die Materialprobe.

Beide LEDs haben dieselbe Anzeigefunktion.

- Den Skalenring an der Messuhr drehen, bis die Null auf der Skala mit der Stellung des Zeigers übereinstimmt (Fig. 3d).
- Massestück vorsichtig aus der Klammer aushängen (Fig. 3e). Die Materialprobe übt eine Rückstellkraft auf die Messspitze aus, und je nach Messmethode (s. 6.1 bzw. 6.2), verwendeter Materialprobe und Massestück bewegt sich der Zeiger der Messuhr beim Aushängen des Massestücks mehr oder weniger stark aus der abgeglichenen Nullstellung heraus. Die LEDs leuchten jetzt permanent.
- Höheneinstellschraube rechtsherum drehen (Fig. 3e) bis die LEDs wieder anfangen zu flackern; d.h. die Messspitze entlastet ist (Fig. 3f). Der auf der schwarzen Skala der Messuhr angezeigte Wert entspricht der Durchbiegung der Materialprobe. Wert ablesen und notieren. Darauf achten, dass der Zeiger je nach Materialprobe und Massestück ein- oder mehrmals ganz umläuft. Jeder ganze Umlauf entspricht einer Durchbiegung von 1 mm und ist entsprechend zu berücksichtigen.
- Messung ggf. mehrmals wiederholen und Mittelwert bilden.

Hinweis:

Es kann auch umgekehrt vorgegangen werden, d.h. der Nullabgleich kann bei nicht eingehängtem Massestück erfolgen und das Ablesen bei eingehängtem Massestück. In diesem Fall geht die Messuhr linksherum und der Messwert kann auf der roten Skala der Messuhr abgelesen werden.

8. Berechnung des Elastizitätsmoduls E

8.1 Beidseitig gestützte Materialprobe

$$E = \left(\frac{L_2}{d} \right)^3 \cdot \frac{F}{4 \cdot b \cdot s}$$

E : Elastizitätsmodul

L_2 : Abstand der Auflage-Schneiden

d : Dicke der Materialprobe

b : Breite der Materialprobe

s : Durchbiegung der Materialprobe

F : Gewichtskraft

$$E = \left(\frac{300 \text{ mm}}{2 \text{ mm}} \right)^3 \cdot \frac{0,1 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{4 \cdot 15 \text{ mm} \cdot (29 \cdot 0,01 \text{ mm})}$$

$$= 190 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} = 190 \text{ GPa}$$

8.2 Einseitig eingespannte Materialprobe

$$E = \left(\frac{L_1}{d} \right)^3 \cdot \frac{4 \cdot F}{b \cdot s}$$

L_1 : Abstand zwischen Tastspitze und Vorderkante des Spannstocks

$$E = \frac{\left(\frac{244 \text{ mm}}{2 \text{ mm}} \right)^3 \cdot 4 \cdot 0,1 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{15 \text{ mm} \cdot (2 \text{ mm} + 58 \cdot 0,01 \text{ mm} - 0,024 \text{ mm})}$$

$$= 186 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} = 186 \text{ GPa}$$

Hinweis:

Bei einseitig eingespannten belasteten Materialproben kann im Interesse einer höheren Messgenauigkeit das auf die Universalmuffe wirkende Drehmoment berücksichtigt werden. Pro Newton Gewichtskraft und 100 mm eingespannter Probenlänge können 0,01 mm vom Anzeigewert subtrahiert werden. In obigem Messbeispiel mit $L_1 = 244 \text{ mm}$ und $F = 0,98 \text{ N}$ also $2,44 \cdot 0,98 \cdot 0,01 \text{ mm} = 0,024 \text{ mm}$.

Die mit beiden Messmethoden bestimmten Werte weichen nur um ca. 2% voneinander ab und stimmen mit den Literaturwerten (190 – 210 GPa je nach Stahlsorte) gut überein.

9. Aufbewahrung, Reinigung, Entsorgung

- Gerät an einem sauberen, trockenen und staubfreien Platz aufbewahren.
- Zur Reinigung keine aggressiven Reiniger oder Lösungsmittel verwenden.
- Zum Reinigen ein weiches, feuchtes Tuch benutzen.
- Die Verpackung ist bei den örtlichen Recyclingstellen zu entsorgen.
- Sofern das Gerät selbst verschrottet werden soll, so gehört dieses nicht in den normalen Hausmüll. Es sind die lokalen Vorschriften zur Entsorgung von Elektroschrott einzuhalten.
- Leere Batterien nicht im Hausmüll entsorgen. Es sind die lokalen gesetzlichen Vorschriften einzuhalten (D: BattG; EU: 2006/66/EG).

