

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verwerten von Lithium-Batterien, mit den Schritten:
 - (a) Aufschließen von Zerkleinerungsgut (10), das zerkleinerte Bestandteile von Elektroden von Lithium-Batterien enthält, mit konzentrierter Schwefelsäure (12) bei einer Aufschluss-Temperatur (T_A) von zumindest 100°C, insbesondere zumindest 140°C, sodass Abgas (14) und ein Aufschlussmaterial (16) entstehen,
 - (b) Abführen des Abgases (14) und
 - (c) nasschemisches Extrahieren zumindest eines metallischen Bestandteils des Aufschlussmaterials (16).
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Aufschließen des Zerkleinerungsguts (10) die folgenden Schritte umfasst:
 - (a) Vermischen von konzentrierter Schwefelsäure (12) und Zerkleinerungsgut (10), sodass eine Mischung (39) entsteht,
 - (b) Erfassen einer Mischungstemperatur (T_M) der Mischung (39) und
 - (c) Steuern oder Regeln
 - (i) eines Zudosier-Massenstroms (q_m) der Schwefelsäure (12) und/oder
 - (ii) eines Zugabe-Massenstroms (q_{10}) des Zerkleinerungsguts (10),sodass die Mischungstemperatur (T_M) innerhalb eines vorgegebenen Mischungstemperatur-Intervalls (I) bleibt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Aufschließen des Zerkleinerungsguts (10) die folgenden Schritte umfasst:
 - (a) Zudosieren von konzentrierter Schwefelsäure (12) mit einem Zudosier-Massenstrom (q_m) zum Zerkleinerungsgut (10), sodass eine Mischung (39) entsteht,
 - (b) Erfassen einer Mischungstemperatur (T_M) der Mischung (39) und
 - (c) Regeln des Zudosier-Massenstroms (q_m), sodass die Mischungstemperatur (T_M) innerhalb eines vorgegebenen Mischungstemperatur-Intervalls (I) bleibt.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die Schritte:
- (a) Laugen des Aufschlussmaterials (16), insbesondere mit einer wässrigen Flüssigkeit (18), und
- 5 (b) vor dem nasschemischen Extrahieren zumindest eines metallischen Bestandteils des Aufschlussmaterials (16), insbesondere nach dem Laugen des Aufschlussmaterials (16), Durchführen eines Ionenaustauschs, bei dem metallische Verunreinigungen, insbesondere Zink und/oder Kupfer und/oder Eisen und/oder Aluminium entfernt werden.
- 10
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch den Schritt: vor dem nasschemischen Extrahieren zumindest eines metallischen Bestandteils des Aufschlussmaterials (16), insbesondere nach dem Laugen des Aufschlussmaterials (16), Durchführen eines Ionenaustauschs, bei dem Kobalt
- 15 und/oder Nickel und/oder Mangan und/oder Lithium nicht entfernt wird.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch den Schritt:
- vor dem nasschemischen Extrahieren zumindest eines metallischen Bestand-
- 20 teils des Aufschlussmaterials (16), insbesondere nach dem Laugen des Aufschlussmaterials, Adsorbieren von organischen Bestandteilen, insbesondere mittels Aktivkohle.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die Schritte:
- 25 (a) Abscheiden, insbesondere Abfiltrieren, von Graphit (20), sodass eine Roh-Flüssigkeit (24) erhalten wird, und
- (b) Reinigen des Graphits (20), sodass der Anteil an nichtmetallischen Verunreinigungen, insbesondere Binder und Silizium reduziert werden.
- 30
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Reinigen ein Erhitzen auf eine Zersetzung-Temperatur T_z des Binders von zumindest 250°C und/oder höchstens 700°C , insbesondere höchstens 430°C , umfasst.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Erhitzen
(a) unter oxidierender Atmosphäre,
(b) inerte Atmosphäre oder
(c) reduzierender Atmosphäre
5 erfolgt.
10. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, gekennzeichnet durch die Schritte:
(a) Klassieren des Graphits (20), sodass
zumindest eine Fein-Fraktion und eine Grob-Fraktion entstehen,
10 wobei ein Binder-Anteil an Binder in der Fein-Fraktion zumindest doppelt
so groß ist wie in der Grob-Fraktion, und/oder
(b) Flotieren des Graphits (20) oder des Binders, insbesondere in einer wäss-
rigen Flotationsflüssigkeit.
- 15 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass
das Reinigen ein Herauslösen des Binders aus dem Graphit mit einem Lö-
sungsmittel umfasst.
- 20 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass
(a) das Reinigen ein Spülen und/oder Waschen mit Säure, insbesondere
Schwefelsäure, umfasst und
(b) das Reinigen so lange durchgeführt wird, dass eine Konzentration an me-
tallischen Verunreinigungen höchstens 10 000 ppm beträgt.
- 25 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass
(a) das Reinigen ein Laugen und/oder Waschen mit einem Oxidationsmittel
umfasst und
(b) das Reinigen so lange durchgeführt wird, dass eine Konzentration an me-
tallischen Verunreinigungen höchstens 10 000 ppm beträgt.

14. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch den Schritt:
- 5 (a) Ausscheiden von Kupfer aus der Roh-Flüssigkeit (24), sodass entkupferte Roh-Flüssigkeit (26) entsteht,
- (b) wobei das Durchführen des Ionenaustauschs nach dem Ausscheiden des Kupfers erfolgt.
15. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die Schritte:
- 10 (a) Entfernen, insbesondere Solvent-Extrahieren von Kobalt mittels eines Kobalt-Komplexbildners, und/oder
- (b) Entfernen von Nickel, insbesondere Solvent-Extrahieren von Nickel mittels eines Nickel-Komplexbildners, und/oder
- 15 (c) Entfernen von Mangan, insbesondere Solvent-Extrahieren von Mangan mittels eines Mangan-Komplexbildners, sodass eine Ziel-Flüssigkeit (34) erhalten wird.
16. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim nasschemischen Extrahieren
- 20 (a) Mangan vor Kobalt extrahiert wird und/oder
- (b) Kobalt vor Nickel extrahiert wird.
17. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche 15 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Entfernen des Nickels aus der Rein-Flüssigkeit (28) ein Ausfällen von basischem Nickelcarbonat umfasst.
- 25
18. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche 15 bis 17, gekennzeichnet durch den Schritt: Extrahieren von Lithium mittels Solventextraktion aus der Ziel-Flüssigkeit (34), insbesondere mittels eines Lithium-Komplexbildners.
- 30

19. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch den Schritt: nach dem Zerkleinern Erwärmen des Zerkleinerungsguts auf eine Elektrolyt-Entfernungstemperatur (T_E) von über 80°C, sodass Elektrolyt im Zerkleinerungsgut (10) verdampft.
- 5
20. Wiedergewinnungsanlage (36) zum Verarbeiten von Lithium-Batterien, mit
- (a) einer Zerkleinerungseinheit (118) zum Zerkleinern der Lithium-Batterien (110), sodass Schreddergut (124) erhalten wird,
 - (b) einer Inaktivierungsvorrichtung (126) zum Inaktivieren des Schredderguts (124), sodass Zerkleinerungsgut (10) erhalten wird,
 - 10 (c) einem Reaktor (40), insbesondere einem beheizten Zwangsmischer oder Drehrohr, zum Aufschließen von Zerkleinerungsgut (10), das zerkleinerte Bestandteile von Elektroden der Lithium-Batterien enthält, mit konzentrierter Schwefelsäure (12) bei einer Aufschluss-Temperatur (T_A) von zumindest 100°C,
 - 15 (d) einer Schwefelsäure-Zuführvorrichtung (43) zum Zuführen von Schwefelsäure (12) zum Zerkleinerungsgut (10) und
 - (e) einer Abführvorrichtung (44), die angeordnet ist zum Abführen von Abgas (14) aus dem Reaktor (40).
- 20
21. Wiedergewinnungsanlage (36) nach Anspruch 20, gekennzeichnet durch
- (a) eine Zudosiervorrichtung (43) zum Zudosieren eines Zudosier-Massenstroms (q_m) an konzentrierter Schwefelsäure (12) zum Zerkleinerungsgut (10), sodass eine Mischung (39) entsteht, und
 - 25 ein Mischtemperatur-Erfassungsgerät (41) zum Erfassen einer Mischungstemperatur (T_M) der Mischung,
 - wobei die Zudosiervorrichtung (43) eingerichtet ist zum Regeln oder Steuern des Zudosier-Massenstroms (q_m), sodass die Mischungstemperatur (T_M) innerhalb eines vorgegebenen Mischungstemperatur-Intervalls (I)
 - 30 bleibt, und/oder
 - (b) einen Förderer (37) zum Zugeben von Zerkleinerungsmaterial (10) zur Schwefelsäure (10), und
 - ein Mischtemperatur-Erfassungsgerät (41) zum Erfassen einer Mischungstemperatur (T_M) der Mischung,

wobei der Förderer (37) eingerichtet ist zum Regeln oder Steuern eines Zugabe-Massenstroms (q_{10}), sodass die Mischungstemperatur (T_M) innerhalb eines vorgegebenen Mischungstemperatur-Intervalls (I) bleibt.

- 5 22. Wiedergewinnungsanlage (36) nach Anspruch 21, gekennzeichnet durch
- (a) einen Fällgut-Abscheider (54) zum Abscheiden, insbesondere Abfiltern,
 von ausgefällten Cu oder Cu-Verbindungen und/oder
- (b) einen Fe/Al/Ti-Fällgut-Abscheider (56) zum Abscheiden, insbesondere Ab-
10 filtern, von ausgefällten Eisen- und/oder Aluminium- und/oder Titan-Ver-
 bindungen.
23. Wiedergewinnungsanlage (36) nach Anspruch 21, gekennzeichnet durch eine
 Übergangsmetall-Extraktionsvorrichtung (63) zum
- 15 (a) Entfernen von Kobalt und/oder
 (b) Entfernen von Nickel und/oder
 (c) Entfernen von Mangan
 aus einer Rein-Flüssigkeit (28), sodass eine Ziel-Flüssigkeit (34) erhalten wird.
- 20 24. Wiedergewinnungsanlage (36) nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet,
 dass die Übergangsmetall-Extraktionsvorrichtung (63) eine Solvent-Extraktions-
 vorrichtung (64) zum
- 25 (i) Solvent-Extrahieren von Kobalt, insbesondere aus der Rein-Flüssigkeit
 (28), insbesondere mittels eines Kobalt-Komplexbildners, und/oder
- (ii) Solvent-Extrahieren von Nickel, insbesondere aus der Rein-Flüssigkeit
 (28), insbesondere mittels eines Nickel-Komplexbildners, und/oder
- (iii) Entfernen von Mangan, insbesondere aus der Rein-Flüssigkeit (28), insbe-
 sondere Solvent-Extrahieren von Mangan mittels eines Mangan-Komplex-
 bildners, aufweist, die in Materialflussrichtung (M) hinter der Graphit-Ab-
 scheidevorrichtung (22) angeordnet ist.

25. Wiedergewinnungsanlage (36) nach einem der Ansprüche 20 bis 24, gekennzeichnet durch
eine Graphit-Reinigungsanlage (49) zum Vermindern eines Anteils an Binder
am Graphit (20), die
- 5 (a) einen Klassierer (55) zum Klassieren des Graphits (20), sodass
zumindest eine Fein-Fraktion und eine Grob-Fraktion entstehen,
wobei ein Binder-Anteil an Binder in der Fein-Fraktion zumindest doppelt
so groß ist wie in der Grob-Fraktion, und/oder
- 10 (b) einen Wäscher (86) zum Herauslösen des Binders aus dem Graphit (20)
mit einem Lösungsmittel (90) und/oder
- (c) einen Laugungsreaktor (51) zum Reinigen des Graphits (20) durch Spülen
und/oder Waschen mit Säure, insbesondere Schwefelsäure, und/oder ei-
nem Oxidationsmittel umfasst.