

Zusammenfassung

ENDGÜLTIGE MACHBARKEITSSTUDIE FÜR DAS PROJEKT SILUMINA ANODES™ FÜR BATTERIEMATERIALIEN

Inhaltsverzeichnis

I. Highlights	3
II. Zusammenfassung der Projektwirtschaftlichkeit	4
III. Projekt Aluminiumoxid-beschichtetes Silizium	4
1. Silizium in Anoden ist die Zukunft.....	5
2. Altechs Aluminium-Beschichtungstechnologie	6
3. Vorteile für Batterielieferanten.....	7
4. Altech Prozess	7
5. Patentschutz	8
6. Zertifiziert als Grünes Projekt.....	8
7. Werksstandort - Sachsen Deutschland	9
8. Siliziumversorgung	9
9. NDAs mit potenziellen Kunden.....	10
10. Genehmigungsverfahren	10
IV. Endgültige Machbarkeitsstudie	10
1. Projektierung.....	10
2. Technologie Design	10
3. Layout der Anlage	12
4. Schätzung der Investitionskosten	12
a. Grundlage der Investitionskostenschätzung	13
b. Methodik der Kostenschätzung	13
c. Kosten für mechanische Ausrüstung	14
d. Erd-, Beton- und Hochbauarbeiten	14
e. Kosten für elektrische und instrumentelle Ausrüstung	14
f. Direkte Kosten anderer Gewerke	14
g. Indirekte Kosten	15
h. Mehrkosten-Puffer	15
i. Kosten für Einsatzstoffe, Reagenzien und Betriebsmittel	15
j. Kosten der Elektrizitätsversorgung	15
k. Arbeitskosten	16
l. Kapital für Gemeinkosten	16
5. Projektion des Finanzmodells	16
V. Pilotanlage	17
VI. Marktentwicklung	18
1. Wachstum des Marktes für Lithium-Ionen-Batterien	18
2. Versorgungslücke bei Anodenmaterialien in Europa	19
3. Anoden-Silizium-Markt	19

I. Highlights

- Silumina Anodes ist nun auf die Herstellung von 100% Aluminiumoxid beschichteten metallurgisches Silizium ausgerichtet. Die Jahresproduktionsleistung beträgt 8000t/J
- Kunden mischen das beschichtete Silizium mit einem Anteil von 10 % selbst mit ihrem unbeschichteten Graphit und können die Energiedicht und damit die Leistung der Batterie um mindestens 30% erhöhen
- 8000t/J beschichtetes Silizium genügt in der oben genannten Mischung für die Herstellung von 120 Gigawattstunden (GWh)
- Bei Investitionskosten von 112 Millionen Euro ergibt sich eine hervorragende Wirtschaftlichkeit
- Barwert vor Steuern (NPV10) von 684 Millionen Euro
- Attraktiver interner Zinsfuß (IRR) von 34 %
- Amortisationsdauer 2,4 Jahre
- Batterieindustrie hat einen großen Bedarf an Silizium für die Batterieanode und wird mit einem Wachstum von 16% CAGR bis 2035 bewertet
- Silumina Anodes ist ein zertifiziertes Grünes Produkt mit reduziertem CO2-Fußabdruck und verwendet zur Herstellung ausschließlich erneuerbare Energien
- Die Pilotanlagen in Schwarze Pumpe für die Produktqualifizierung befindet sich in der Inbetriebnahme
- NDAs zur Produktqualifizierung wurden mit zwei deutschen Automobilherstellern, zwei US-Automobilherstellern, einem US-Zulieferer von Batteriematerialien und einem europäischen Batteriehersteller abgeschlossen

II. Zusammenfassung der Projektwirtschaftlichkeit

Mit einer Kapitalinvestition von 112 Mio. EUR prognostiziert die DFS von Altech einen Kapitalwert von 684 Mio. EUR (NPV₁₀), wobei jährlich 105 Mio. EUR an Nettobarmitteln aus dem Betrieb generiert werden. Der interne Zinsfuß wird auf 34 % geschätzt, wobei sich das Investitionskapital in 2,4 Jahren amortisiert. Die jährlichen Gesamteinnahmen bei einer vollen Produktionsrate von 8.000 Tonnen pro Jahr werden auf 328 Mio. Euro pro Jahr geschätzt.



Abbildung 1 - Geplante 8.000 tpa Silumina Anode™ Anlage in Sachsen, Deutschland

III. Projekt Aluminiumoxid-beschichtetes Silizium

Im April 2022 wurde eine vorläufige Machbarkeitsstudie (Preliminary Feasibility Study, PFS) abgeschlossen, die von einer Produktion von 10.000 Tonnen pro Jahr (tpa) des Produkts Silumina Anodes™ ausging, dass 1.000 tpa hochreines, mit Aluminiumoxid beschichtetes metallurgisches Silizium in 9.000 tpa ähnlich beschichtetem Graphit (10 % Siliziumanteil) enthält. Seitdem hat Altech während der Vorbereitung des Projekts Silumina Anodes™ die Produktion des Projekts auf die Beschichtung ausschließlich von metallurgischem Silizium umgestellt und erreicht so eine um das Achtfache gesteigert Kapazität bezogen auf die äquivalente Batterieproduktion von 15 Gigawattstunden (GWh) auf 120 GWh., und das nahezu mit derselben Anlage und Ausrüstung. Den Rückmeldungen potenzieller Kunden zufolge ist die Nutzung ihrer vorhandenen qualifizierten Graphitquelle von vorrangiger Bedeutung. Obwohl es einen marginalen Vorteil bei der Verwendung von aluminiumoxidbeschichtetem Graphit gibt, liegt der primäre Reiz für potentielle Kunden in der Leistungssteigerung ihrer Batterie durch die Integration des von Altech beschichteten Siliziums in den bestehenden Produktionsprozess. Trotz anfänglicher Überlegungen zu den Vorteilen der Beschichtung von Graphit mit Aluminiumoxid, wie z.B. die Verringerung der Verluste im ersten Zyklus, hat die Forschung von Altech gezeigt, dass das Kosten-Nutzen-Verhältnis für Graphit nicht ausreichend signifikant ist. Infolgedessen konzentriert sich Altechs Silumina Anodes™ Projekt nun ausschließlich auf die Produktion von 8.000 tpa aluminiumoxidbeschichteten metallurgischen Siliziumprodukten. Dieses Produkt wird von den Kunden in ihren Batteriewerken mit Graphit gemischt und nicht mehr in der Anlage von Altech.

Siehe den Entwurf der Silumina-Anodenanlage unter <https://youtu.be/F15UzyoYC8I>



Silumina Anode
Plant Design

1. Silizium in Anoden ist die Zukunft

Tesla, ein weltweit führendes Unternehmen in der Elektrofahrzeug- und Lithium-Ionen-Batterieindustrie, hat erklärt, dass der notwendige Schritt zur Erhöhung der Energiedichte von Lithium-Ionen-Batterien und zur Senkung der Kosten die Einführung von Silizium in Batterieanoden ist, da Silizium im Vergleich zu Graphit eine etwa zehnmal höhere Energiespeicherfähigkeit aufweist. Siliziummetall wurde als das vielversprechendste Anodenmaterial für die nächste Generation von Lithium-Ionen-Batterien identifiziert. Bislang konnte Silizium jedoch aufgrund zweier entscheidender Nachteile nicht in kommerziellen Lithium-Ionen-Batterien verwendet werden. Erstens dehnen sich Siliziumpartikel während des Ladevorgangs um bis zu 300 % ihres Volumens aus, was zum Aufquellen der Partikel, zu Brüchen und schließlich zum Ausfall der Batterie führt. Das zweite Problem besteht darin, dass Lithium-Ionen an der Oberfläche des Siliziums als Trennschicht gebunden und dadurch inaktiv werden, was die Leistung und Lebensdauer der Batterie sofort signifikant um bis zu 50% verringert.

Eines der Haupthindernisse für künftige Verbesserungen von Lithium-Ionen-Batterien in den Bereichen Fahrzeugreichweite, Batteriegewicht, Ladegeschwindigkeit und Kosten ist die inhärente Energiekapazität und Leistung von Graphit als Anodenmaterial. Das Anodenmaterial Graphit hat eine theoretische Kapazität von 372 mAh/g und eine volumetrische Kapazität von etwa 700 mAh/cc und nimmt mehr Platz ein als jede andere Komponente in der Batteriezelle. Daher geht man davon aus, dass der nächste Technologiesprung in der Li-Ionen-Batterietechnologie in der Anode stattfinden wird durch den Ersatz von Graphit durch Siliziummetall mit ultrahoher Kapazität.

Metallurgische Siliziumanoden haben eine theoretische Kapazität von 3.579 mAh/g und eine volumetrische Kapazität von ca. 2.100 mAh/cc, was bedeutet, dass die Masse und das Volumen des Anodenmaterials, die für den Bau eines äquivalenten kWh-Batteriepacks erforderlich sind, erheblich reduziert werden könnten. Dies führt zu einer erheblichen Senkung der Kosten der Lithium-Ionen-Batterie in \$/kWh, zu einem geringeren Gewicht der Batterie und zu einer größeren Reichweite des Fahrzeugs. Ein weiterer großer Vorteil besteht darin, dass dünnere Siliziumanoden eine viel schnellere Aufladung ermöglichen; durch die dünneren Elektroden können die Lithiumionen die Anodenpartikel viel schneller erreichen. Diese Verkürzung der Ionendifusionszeit führt zu einer erheblichen Verbesserung der Ladegeschwindigkeit. Dies stellt ein wichtiges Kriterium für die erfolgreiche Umsetzung der Elektromobilität dar.

Trotz erheblicher Leistungsverbesserungen, die Siliziumanoden mit hoher Kapazität bieten haben Hersteller von Lithium-Ionen-Batterien diese aus technischen Gründen noch kaum eingesetzt. Es gibt eine Reihe von kritischen technischen Herausforderungen. Zum einen erfahren Siliziumanoden eine Volumenausdehnung von 300 %, wenn sie während des Ladens mit Lithiumionen reagieren, und eine entsprechende Kontraktion von 300 % während der Batterieentladung. Im Gegensatz dazu liegt die Ausdehnung/Kontraktion von Graphit nur in der Größenordnung von 7 %. Solche starken Veränderungen des Anodenvolumens bei Silizium führen zum Bruch innerhalb der Anodenschicht und dem Zerfall der großen Siliziumpartikel und damit zu einem schnellen Verlust der Batteriekapazität. Zum anderen hat Silizium eine große Oberfläche die zu einem sehr hohen Erstladeverlust von bis zu 50% durch Bildung der Trennschicht (Solid Electrolyte Interface "SEI") führt. Aus diesen Gründen wird Silizium noch nicht eingesetzt und die meisten Entwicklungen im Bereich der Siliziumanoden konzentrierten sich bisher auf die Partikel in der Nanogröße, die nicht genügend mechanische Spannung aufbauen, um zu brechen, sowie auf die Beimischung relativ geringer Mengen von Silizium zu bestehenden Graphitanoden, um eine

relativ bescheidene Kapazitätssteigerung zu erreichen. Altech hingegen ermöglicht durch die keramische Beschichtung den direkten Einsatz von grossen metallischen Silizium.

2. Altechs Aluminium-Beschichtungstechnologie

Durch eigene Forschung und Entwicklung hat Altech den "Silizium-Code" geknackt und erfolgreich eine 30 % höhere Energiedichte in einer Lithium-Ionen-Batterie mit verbesserter Zyklierbarkeit und Batteriebensdauer erreicht. Bei kürzerer Zyklusdauer konnte bereits eine Steigerung der Energiedichte in einer Lithium-Ionen-Batterie von 50-70 % erreicht werden. Batterien mit höherer Dichte führen zu kleineren, leichteren Batterien und wesentlich weniger Treibhausgasen und sind für den Markt der Elektrofahrzeuge bestimmt. Um den Durchbruch zu erzielen, hat Altech erfolgreich Siliziumpartikel mit einer hochreinen Nanoschicht aus Aluminiumoxid beschichtet und damit das Produkt Silumina Anodes™ hergestellt. Altechs Aluminiumoxid-Beschichtungstechnologie löst die Expansionsdefragmentierung und dämpft den signifikanten Erstladeverlust, der mit Silizium verbunden ist. Das Unternehmen ist davon überzeugt, dass seine Technologie den Weg für eine höhere Energiedichte von Lithium-Ionen-Batterien, eine längere Batteriebensdauer und einen geringeren Verlust an Lithium im ersten Zyklus ebnen wird.

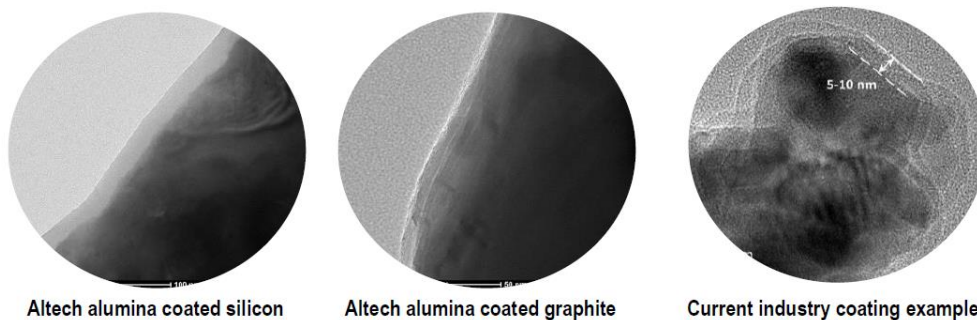


Abbildung 2 - Aluminiumoxid-Beschichtung (2 Nanometer) von metallurgischem Silizium und Graphit unter SEM

Um den Durchbruch zu erzielen, kombinierte Altech erfolgreich Siliziumpartikel, die mit seiner innovativen, firmeneigenen keramischen Beschichtungstechnologie behandelt wurden, mit normalem Anodengraphit, um eine Lithium-Ionen-Batterieelektrode mit 10 % metallurgischem Silizium in der Anode herzustellen. Langfristige Labortests haben gezeigt, dass dieses Material über eine um mehr als 30 % höhere Kapazität im Vergleich zu einem herkömmlichen Anodenmaterial verfügt, das nur aus Graphit besteht. Aus den Labortests ging hervor, dass die bisher ungelöste Herausforderung für die Verwendung von Silizium in Lithium-Ionen-Batterieanoden, nämlich das Aufquellen von Siliziumpartikeln, der signifikante Kapazitätsverlust im ersten Zyklus von bis zu 50 % und die schnelle Degradation der Batterie im Wesentlichen überwunden worden ist.

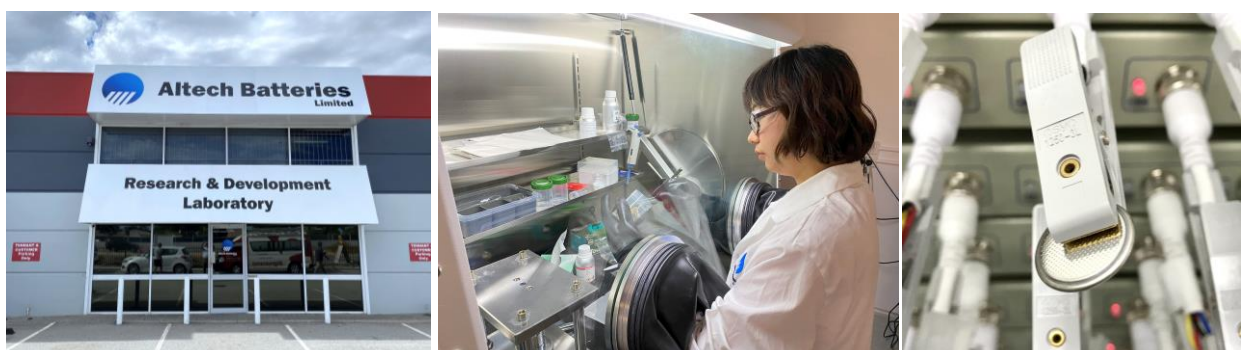




Abbildung 3 - Forschungs- und Entwicklungslabor in Perth, Westaustralien

3. Vorteile für Batterielieferanten

Die Batteriehersteller haben die Wahl, entweder Batterien mit höherer Energiedichte herzustellen oder ihre derzeitige Energiedichte beizubehalten und gleichzeitig den Graphitanteil zu verringern. Durch die Verringerung der Verwendung von Graphit können die Kosten für die Herstellung von Batterien signifikant gesenkt werden.

Zudem ermöglicht die Verwendung von Silizium die Abhängigkeit von China das etwa 90 % der weltweiten Produktion von Graphit für Lithium-Ionen-Batterien liefert, zu verringern. In Hinblick darauf, dass China Beschränkungen für den weltweiten Export von Graphit verhängt hat, was die Batteriehersteller in Europa und den USA vor weiteren Herausforderungen stellt. Damit ist eine Verringerung des Graphitverbrauchs das Gebot der Stunde.

4. Altech Prozess

Es gibt umfangreiche Forschungsarbeiten und Literatur auf diesem Gebiet, die den Einsatz von Aluminiumoxidbeschichtungen in Anodenanwendungen belegen. Mit Aluminiumoxid beschichteter Graphit verbessert nachweislich die Zyklus- und Sicherheitsleistung von Batterien. Die Testergebnisse zeigen, dass die Aluminiumoxid-Beschichtung eine künstliche SEI-Schicht bildet und verhindert, dass 8-10% der Lithium-Ionen zu Beginn der Batteriebensdauer inaktiv sind. Altech hat diese Technologie angewandt, um metallurgisches Silizium mit Aluminiumoxidschichten im Nanobereich zu beschichten. Solche Schichten müssen hauchdünn sein, um hohe Li⁺- und Elektronenleitfähigkeiten zu haben, während eine ausgezeichnete Konformität erforderlich ist, um ausreichend Schutz zu bieten. Die Beschichtungen dienen als künstliche Festelektrolyt-Grenzfläche (SEI) und können den Lithiumverlust bei jedem Lade- und Entladezyklus der Batterie verringern sowie die Siliziumausdehnung und den Abbau der Batteriekapazität während der gesamten Lebensdauer der Batterie verzögern.

Es gibt mehrere Verfahren, mit denen Aluminiumoxid auf eine Graphit- oder Siliziumoberfläche aufgebracht werden kann. Dazu gehören die Atomlagenabscheidung (ALD), die Feststoffmethode und die hydrothermale Methode. Atomlagenabscheidung ALD ist kostspielig und komplex und eignet sich nicht für ein Massenproduktionsverfahren. Andere Beschichtungsmethoden wie hydrothermale und mechano-chemische Verfahren wurden entwickelt, haben aber erhebliche Nachteile wie geringe Ausbeute oder kontraproduktive ungleichmäßige Beschichtung. Einige Flüssigbeschichtungsmethoden ermöglichen, wie die Altech-Beschichtungstechnologie jedoch eine einfache und kostengünstige

Behandlungsmethode. Beim Altech-Verfahren wird eine Aluminium-Chloridlösung verwendet, um metallurgische Siliziumpartikel im Submikrometerbereich zu beschichten, die dann an Ort und Stelle kalziniert werden, um Nanoschichten auf der Oberfläche des Siliziums zu bilden. Die Technologie wurde von Altech entwickelt und ist durch eine Reihe weltweiter Patente geschützt.

5. Patentschutz

Altech ist bestrebt, sein geistiges Eigentum zu schützen. Der Patentschutz für die Silumina Anodes™ Batteriematerialtechnologie ist vorhanden und umfasst eine australische provisorische Patentanmeldung, die ursprünglich am 13. Mai 2021 eingereicht wurde. Seitdem gab es weitere Anmeldungen, um die Reichweite und den Schutz zu erweitern, einschließlich nationaler Patentanmeldungen in den Vereinigten Staaten, Europa, China, Japan und Korea. Die internationalen Patentanmeldungen decken bis zu 156 Länder ab. Am 13. Mai 2022 wurde eine internationale Patentanmeldung eingereicht, die das Recht zur Einreichung nationaler Anmeldungen in bis zu 156 Ländern wahrt. Nationale Patentanmeldungen wurden auch in den Vereinigten Staaten, Europa, China, Japan und Korea eingereicht. Alle diese Anmeldungen beanspruchen die Priorität der am 13. Mai 2021 eingereichten australischen vorläufigen Patentanmeldung.

6. Zertifiziert als Grünes Projekt

Wie am 18. November 2021 angekündigt, wurde CICERO von AIG beauftragt, eine unabhängige Bewertung der Silumina Anodes™ Anlage des Unternehmens durchzuführen, die im Industriepark Schwarze Pumpe, Sachsen, Deutschland, errichtet werden soll. Die Anlage wird mit besonderem Augenmerk auf die Minimierung der Umweltauswirkungen und in Übereinstimmung mit den geltenden deutschen, europäischen und internationalen Umweltstandards geplant. CICERO bewertete das Projekt mit der Note "Mittelgrün". Diese positive Projektbewertung, die offiziell als *"Green Bond Second Opinion"* bezeichnet wird, bestätigt, dass das Projekt grundsätzlich als Grün und CO₂ reduziert einzustufen ist und auch für eine künftige Green-Bond-Finanzierung geeignet wäre.



Bei der Festlegung der Gesamteinstufung des Projektrahmens als "mittelgrün" bewertete CICERO die vorgelegten Corporate-Governance-Verfahren und die Transparenz als "gut" und bestätigte, dass das Projekt mit allen Green-Bond-Prinzipien in Einklang steht. Bei der Bewertung des vorgeschlagenen Anlagenkonzepts und des Beschichtungsprozesses stellte CICERO fest: *"Die Anlage hat nahezu keine Scope-1- und Scope-2-Emissionen, da die Prozesse der Anlage, einschließlich der Dampferzeugung, vollständig elektrifiziert sind und erneuerbarer Strom aus Zertifikaten für erneuerbare Energien verwendet wird"*.

Eine Bewertung des CO₂ Fußabdrucks der vorgeschlagenen 8.000-tpa-Anlage ergab, dass beschichtetes Siliziumanodenmaterial im Vergleich zur herkömmlichen Lithium-Ionen-Batterietechnologie, bei der nur eine Graphitanode verwendet wird, zu einer Verringerung der CO₂ Emissionen um ~19 % führen könnte, wenn 5 % beschichtetes Silizium in einer Batterieanode verwendet wird, und zu einer Verringerung von bis zu ~ 52 %, wenn 20 % beschichtetes Silizium verwendet wird (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Geschätzte Verringerung des CO₂-Fußabdrucks durch die Verwendung von beschichtetem Silizium in der Anode von Lithium-Ionen-Batterien

Siliziumgehalt in %	Verringerung des CO ₂ Fußabdrucks in LIB (äquivalente Leistung)
5%	18.7%
10%	34.9%
15%	44.9%
20%	51.8%

7. Werksstandort - Sachsen Deutschland

Für das Projekt wurde ein Grundstück im Industriepark Schwarze Pumpe (ISP) erworben, das sich an der Grenze zwischen den Bundesländern Brandenburg und Sachsen befindet, etwa 120 km von Berlin und nur 78 km von Dresden entfernt. Der gewählte AIG-Standort befindet sich im südlichen Teil des ISP auf der sächsischen Seite der Grenze und in der Gemeinde Spreetal. Die Gesamtfläche des Projektgeländes beträgt 14 Hektar wobei 6 Hektar für den Ausbau von Silumina geplant sind und liegt im Industriepark Schwarze Pumpe.



Abbildung 4 - Standort des Projekts Silumina Anode™

8. Siliziumversorgung

Für die Lieferung von Silizium hat das Unternehmen eine Absichtserklärung mit Ferroglobe Innovation S.L. (Ferroglobe), einem führenden Hersteller von hochreinem metallurgischem Silizium in Europa, unterzeichnet. Die unverbindliche Absichtserklärung sieht vor, dass Ferroglobe Siliziumanodenmaterial an das AIG-Batteriematerialwerk in Sachsen liefern wird. Ferroglobe ist ein führender Hersteller von Silizium-Metall, der nachweislich in der Lage ist, neue Lösungen und Anwendungen zu entwickeln und dabei modernste Technologien einzusetzen, um Innovationen voranzutreiben. Das Unternehmen verfügt über Technologien zur Herstellung von hochreinem Silizium und entwickelt speziell maßgeschneiderte Siliziumpulver für die Anode von Lithium-Ionen-Batterien.

Durch die Beschaffung von hochwertigem Silizium von einem führenden europäischen Materiallieferanten werden die Transportemissionen, die mit dem Transport von Rohstoffen verbunden sind, reduziert. Wichtig ist auch, dass diese Zulieferer wie AIG denselben strengen Umweltvorschriften der Europäischen Union (EU) unterliegen werden. Beide Unternehmen legen großen Wert auf Nachhaltigkeit und die Reduzierung der Umweltauswirkungen ihrer Tätigkeit. Schließlich dürfte die Auswahl von

Rohstofflieferanten mit Sitz in der EU im Vergleich zu außereuropäischen Lieferanten mögliche künftige Risiken in der Lieferkette verringern.

9. NDAs mit potenziellen Kunden

Altech hat Vertraulichkeitsvereinbarungen (NDAs) mit prominenten Automobilkonzernen in Europa und den Vereinigten Staaten abgeschlossen, die großes Interesse an Altechs Silumina Anode™ Technologie gezeigt haben. Sie haben kommerzielle Muster für ihre Test- und Qualifikationsverfahren angefordert. NDAs wurden mit zwei deutschen Automobilherstellern, zwei US-Automobilherstellern, einem US-Zulieferer von Batteriematerialien und einem europäischen Batteriehersteller abgeschlossen. In Anbetracht der begrenzten Produktionskapazitäten von Altechs Forschungs- und Entwicklungslabor in Perth werden die größeren Muster von der Pilotanlage Silumina Anode™ in Sachsen bereitgestellt. Die Pilotanlage befindet sich in der Inbetriebnahme und wird voraussichtlich Mitte 2024 hochwertiges Silumina Anodes bereitstellen können.

10. Genehmigungsverfahren

Altech hat die ARIKON Infrastruktur GmbH (Arikon) mit der Durchführung des Genehmigungsverfahrens, den Bau aller Industriegebäude, Bürogebäude sowie der gesamten Standortinfrastruktur beauftragt. Arikon wird für das Management des Antragsverfahrens und die Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden verantwortlich sein, um alle erforderlichen Genehmigungen für das Projekt zu erhalten. Dazu gehören die Sicherstellung der erforderlichen Genehmigungen und Lizenzen, die Koordination mit den lokalen Behörden und die Einrichtung von Versorgungsanschlüssen aller Betriebsmedien u.a. Strom, Wasser, Abwasser, Luft u.ä.. Darüber hinaus wird Arikon für die Planung der erforderlichen Infrastruktur für den Standort verantwortlich sein. Arikon zusammen mit Altech haben mit der Einreichung aller Unterlagen für die Genehmigungs- und Umweltantragsverfahren begonnen. Vorbehaltlich der Finanzierung des Projekts hat Altech beschlossen, das Projekt parallel weiterzuentwickeln, während das Finanzierungsverfahren läuft. Das Verfahren wird wahrscheinlich bis Mitte 2024 dauern, aber es ist wichtig, dass das Unternehmen das Projekt und alle Genehmigungsverfahren weiter vorantreibt.

IV. Endgültige Machbarkeitsstudie

1. Projektierung

Das deutsche Ingenieurbüro HATCH - Küttner GmbH & Co. KG erhielt den Auftrag zur Durchführung des Detailengineering und -design, Prozesstechnik und der technischen Gesamtanlagen im Zusammenhang mit der endgültigen Machbarkeitsstudie für das Projekt Silumina Anode™. Küttner ist ein in Deutschland ansässiges Industrieanlagenbau- und EPC-Unternehmen mit umfassender Erfahrung in den Bereichen Planung, Beschaffung, Projekt- und Baumanagement sowie Inbetriebnahme von Anlagen in der Stahlindustrie und der chemischen Prozesstechnik. Küttner ist jetzt Teil des international führenden Beratungs- und Ingenieur Grupp HATCH. Küttner hat in Deutschland bereits mehrfach Projekte in den Bereichen Metallurgie-Anlagen, Wasser- und Abgasbehandlung erfolgreich durchgeführt. Küttner bringt wertvolle lokale Kenntnisse in die Durchführung des Projekts ein.

2. Technologie Design

Einer der wichtigsten Technologiebereiche, die für den Beschichtungsprozess erforderlich sind, sind die Kalzinier Anlagen für das Brennen der keramischen Beschichtung. Die Trocknungs- und Brennöfen, die im eigenen Haus entwickelt wurden, sind vom Festbett-Typ bei der Silumina Anodes mit einer festen Schüttung den Ofen vertikal durchströmen und sind für den Betrieb bei Temperaturen um 600 Grad Celsius ausgelegt, um ein poröse und Lithium durchlässige Oberfläche zu erzeugen. Diese Öfen

(Kalzinatoren) spielen eine entscheidende Rolle im Herstellungsprozess von Silumina Anodes™, da sie die Umwandlung von Aluminiumchlorid, das sich auf der Oberfläche der Siliziumpartikel befindet, in Aluminiumoxid ermöglicht. Diese patentierte und innovative Beschichtungstechnologie wurde von Altech entwickelt. Ein besonderes Merkmal dieser Kalzinatoren ist die Verwendung von im 3D-Druck erstellten Siliziumkarbidauskleidungen. Diese Auskleidungen werden eingesetzt, um die säurehaltige Atmosphäre während des Kalzinierungsprozesses effektiv zu handhaben. Das Verfahren von Altech legt großen Wert auf die Beherrschung von jeglichen Verunreinigungen aus dem Herstellungsprozess. Nur so lässt sich ein langlebiges, hochwertiges und Leistungsfähiges Produkt erstellen, das den heutigen und zukünftigen Anforderungen der Batterieindustrie im Allgemeinen und der Elektromobilität im Besonderen gerecht wird.

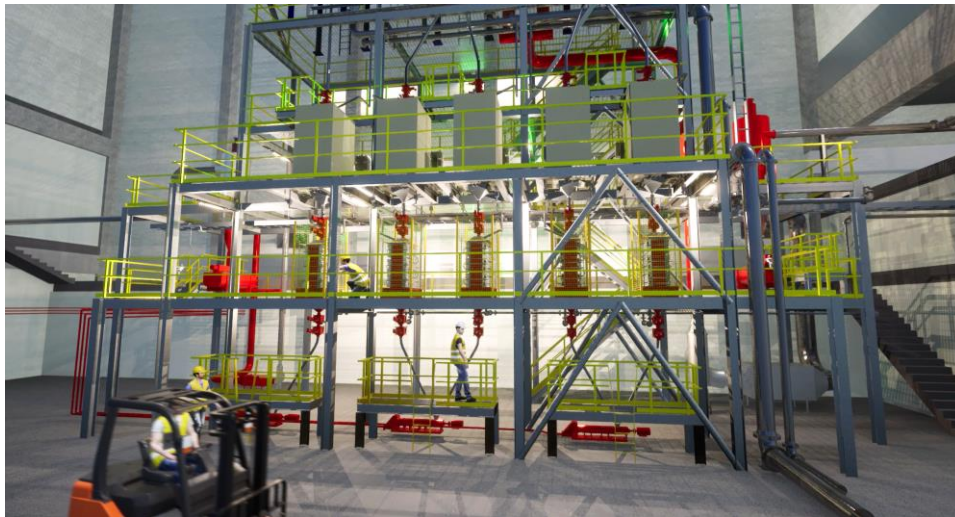


Abbildung 5 - Vorderer Abschnitt der Silumina Anodes™ Anlagenkonstruktion

Die endgültige Konstruktion besteht aus zwei Trocknern und einer Kalzinator-/Kühlerkonfiguration mit vier Kreisläufen. Die Geometrie der Kalzinatoren und Kühler besteht aus einem Zweikammerdesign. In Anbetracht der besonderen Anforderungen des Batterie-Beschichtungsprozesses sind die erforderlichen Fertigungstechniken hochmodern und entsprechen den neuesten Fortschritten in der SiC-Technologie. Details hierzu können nicht genannt werden und fallen unter das besondere Knowhow der Altech und unterliegen der Geheimhaltung.



Abbildung 6 - Eigenentwickelte Festbett-Kalzinatoren

3. Layout der Anlage

Der Entwurf für die 8.000 t/Jahr Silumina Anodes™ Anlage umfasst ein Hauptproduktionsgebäude und drei weitere Nebengebäude, die auf dem Werksgelände in Schwarze Pumpe errichtet werden sollen. Diese umfassen:

- Verwaltungs- und Technikgebäude, die Büroräume für das Personal, ein Prozesskontrollzentrum und einen Bereich für QS-Laboreinrichtungen;
- Gebäude für die Wartungswerkstatt und das Lager, die Büroräume für das Wartungsteam sowie den Werkstattbereiche für Mechanik, Elektrik und Instrumentierung bzw. Steuerungstechnik.; und
- Wachgebäude, die Sicherheitsbüros, Schulungsräume für Besucher und Erste-Hilfe-Einrichtungen.

Die Gebäude und die zugehörigen Zufahrtsstraßen und Parkplätze nehmen etwa ein Fünftel des 14 ha großen Geländes von Schwarze Pumpe ein, bzw. 47% des abgetrennten Bereiches für Silumina Anodes von 6ha. (siehe Abbildung 7).

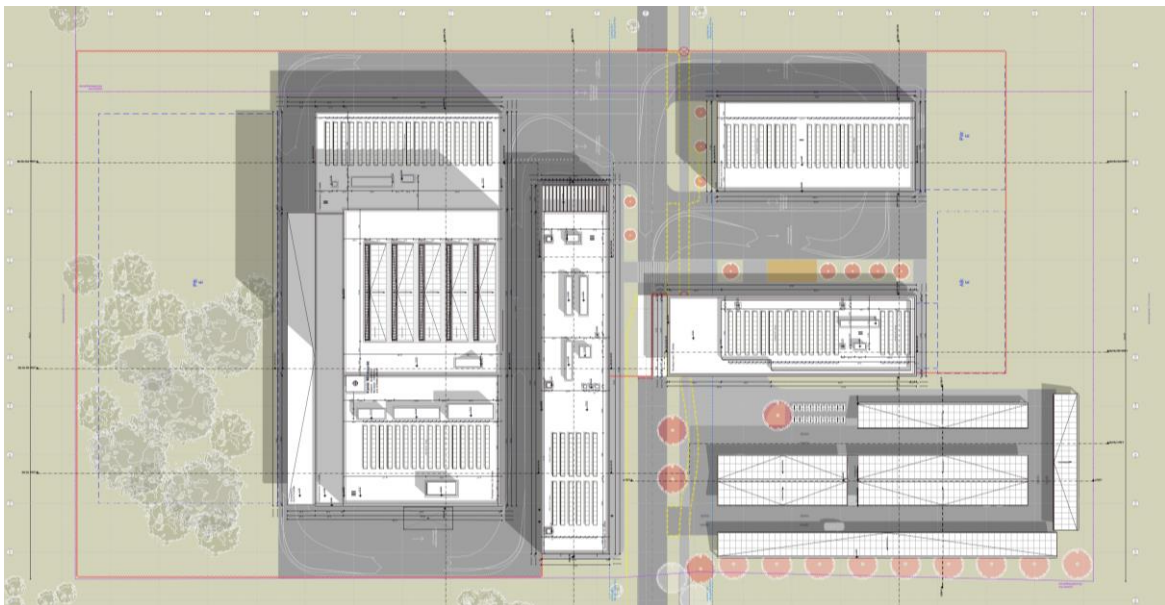


Abbildung 7 - Lageplan der Silumina Anodes™-Anlage

4. Schätzung der Investitionskosten

Die Gesamtinvestition für das Projekt Silumina Anodes™ werden auf 112,5 Mio. € geschätzt (siehe Tabelle 2). Der größte Teil der Kapitalkosten für das Projekt entfällt auf den Bau der Anlage Silumina Anodes™ und die zugehörige Standortinfrastruktur, wie das Verwaltungsgebäude, die Wartungswerkstatt und das QS-Labor vor Ort. Das technische Design und die Kostenschätzung für die Beschichtungsanlage für Batteriematerialien basieren auf dem Prozessdesign und der Ausrüstung, die für die Verarbeitung von 8.000 Tonnen pro Jahr an Anodenmaterialien erforderlich sind, und verwenden das Ausrüstungsdesign und die Gebäudelayouts, die speziell während der DFS in Zusammenarbeit mit HATCH entwickelt wurden. AIG hat seine Investitionsschätzung für die Anlage Silumina Anodes™ mit einer Genauigkeit von $\pm 15\%$ bewertet und kann als "Authorisation Budget Class Estimate" (AACE Klasse 3) definiert werden. Dies ist die verbindliche Grundlage für eine Projektfinanzierung und ist ein anerkanntes Instrument von Banken und anderen Finanzinstitutionen und wird auch als bankfähige Machbarkeitsstudie definiert.

Tabelle 2 - Schätzung der Projektkapitalkosten

	Kapitalkosten EUR	
Pflanze	88.3	Million
Kontingente	13.3	Million
Versicherungen	3.6	Million
Inbetriebnahme	6.8	Million
Unternehmen	0.5	Million
Insgesamt	112.5	Millionen

a. Grundlage der Investitionskostenschätzung

Die Grundlage für die Schätzung der Investitionskosten der Anlage in Schwarze Pumpe ist die nun genau definierte mechanische Prozessausrüstung, die für die 8.000-Tonnen-Anlage benötigt wird. HATCH-Küttner, ein in Deutschland ansässiges Ingenieurbüro, wurde als EPCM-Partner für die DFS ausgewählt und war für die gesamte Planung, Spezifikation und Schätzung der Prozessausrüstung verantwortlich. Altech lieferte Know-How, das Prozessfließbild und die Massenbilanz, die zur Entwicklung der Prozess- und Instrumentierungsdiagramme (P&IDs) der Anlage verwendet wurden, sowie eine Liste der mechanischen Ausrüstungen, für die Preisfragen an Ausrüstungslieferanten in Deutschland und Europa gestellt wurden. Die Angebote der Lieferanten wurden geprüft und die Gesamtpreise für die Ausrüstung zusammengestellt. Die Kosten im Zusammenhang mit der Vorbereitung und Einrichtung der Infrastruktur des Standorts und der Errichtung der Anlagengebäude wurden von einem bevorzugten lokalen Auftragnehmer, der Arikon GmbH, geplant und erstellt. Arikon wurde aufgrund seiner umfangreichen Erfahrung in der Planung und Konstruktion komplexer Industrieanlagen vor Ort und seiner genauen Kenntnis der örtlichen und staatlichen Genehmigungsbehörden und -verfahren beauftragt.

b. Methodik der Kostenschätzung

Der Kostenvoranschlag wurde gemäß der Standard Klasse III, "Association of Cost Engineers UK" und der "American Association of Cost Engineers" für technische Studien erstellt, wobei die Schätzungen mit einer Genauigkeit von +/- 15% berechnet wurden. Die Schätzung wurde auf der Grundlage der detaillierten Kosten für die Prozessausrüstung gemäß der Liste der mechanischen Ausrüstung erstellt. Auf der Grundlage der Anlagenkonfiguration in Schwarze Pumpe wurden Schätzungen für die Materialentnahme (MTO) und die Detailplanung für die verschiedenen Disziplinen der Erd-, Bau- und Konstruktionsarbeiten durchgeführt. Diese Materialmengenschätzungen wurden einer Reihe von nominierten Bauunternehmern zur Verfügung gestellt, die dann lokale Einheitssätze zur Entwicklung der Gesamtkapitalkosten für diese Bereiche lieferten. Die übrigen direkten Kosten der Anlage wurden je nach den verschiedenen Gewerken geschätzt, wie es für das Niveau und die Genauigkeit der durchgeführten Studie angemessen ist und den allgemeinen Anforderungen und Gepflogenheiten dieses Industriebereichs entsprechen.

Die indirekten Projektkosten wurden anhand von Faktoren berechnet, die für chemische Produktionsanlagen ähnlicher Größe und Komplexität typisch sind. Der für die Berechnung der Transportkosten verwendete Faktor berücksichtigt die Lage des Standorts und den hohen Anteil an Prozessausrüstung und Baumaterialien, die vor Ort von deutschen Unternehmen oder europäischen Nachbarländern bezogen werden würden. Die EPCM-Kosten wurden auf der Grundlage des DFS-Umfangs, der endgültigen Auswahl der Ausrüstung und der Ausführungsstrategie geschätzt.

c. Kosten für mechanische Ausrüstung

Die Schätzung der Kapitalkosten für die mechanische Ausrüstung basiert auf den Angeboten der Lieferanten, die für alle wichtigen Ausrüstungsgegenstände eingegangen sind, nachdem im Jahr 2023 Anfragen verschickt wurden. Die Dimensionierung der Ausrüstung wurde anhand von Prozessdaten für die 8.000-tpa-Auslegungsbasis bestimmt. Die Stunden/Kosten für die Installation der mechanischen Ausrüstung wurden auf der Grundlage von Ausrüstungslisten, Branchenerfahrungen, Normen und den aktuellen Kenntnissen und Erfahrungen von HATCH-Küttner in der Baubranche geschätzt.

d. Erd-, Beton- und Hochbauarbeiten

Die Mengen an Beton und Baustahl wurden anhand von Materialentnahmen aus dem 3D-Anlagenlayout und unterstützenden Konstruktionsberechnungen für Beton, Baustahl, Plattformen, Gehwege und Verkleidungen berechnet. Die Schätzungen für Erdarbeiten, Zufahrtsstraßen und innerbetriebliche Straßen basieren ebenfalls auf dem 3D-Anlagenlayout der DFS. Die lokalen Material- und Lohnsätze wurden von Arikon erstellt und dann zur Entwicklung der Gesamtkosten für diese Bereiche verwendet. Die Kostenschätzungen für die Gebäude am Standort wurden anhand von Einheitssätzen ermittelt, die während der Planungs- und Konstruktionsphase von Arikon entwickelt wurden. Diese Kosten umfassen den Bau von Verwaltungsbüros mit kompletten Personaleinrichtungen, Büros für den Prozessbetrieb, Kontrollräume, Labor und die Wartungswerkstatt/Lagerhalle. Die Kosten für die Ausstattung des QS-Labors der Anlage wurden auf der Grundlage von Angeboten deutscher Lieferanten ermittelt und sind ebenfalls in diesem direkten Kostenpunkt enthalten.

e. Kosten für elektrische und instrumentelle Ausrüstung

Die Schätzung der Investitionskosten für die elektrische Ausrüstung basiert auf den Angeboten der Lieferanten, die für alle wichtigen Ausrüstungsgegenstände eingegangen sind, nachdem im Jahr 2023 Anfragen verschickt wurden. Die Dimensionierung der Ausrüstung wurde anhand von Prozessdaten für die 8.000 tpa Auslegungsbasis bestimmt und beruhen auf dem neuesten Stand der Technik mit sehr hohem Automatisierungsgrad. Die Stunden/Kosten für die Installation der elektrischen Ausrüstung wurden auf der Grundlage von Ausrüstungslisten, Branchenerfahrungen, Normen und den aktuellen Kenntnissen und Erfahrungen von HATCH-Küttner in der Baubranche geschätzt.

f. Direkte Kosten anderer Gewerke

Die direkten Kosten für andere Gewerke, Nebengewerke und Nebenposten wurden einbezogen, basieren jedoch im Allgemeinen auf einem Faktor, der auf die Gesamtkosten der installierten mechanischen Ausrüstung angewandt wurde, wenn im Rahmen des detaillierten technischen Entwurfs noch keine Massenbilanzen bzw. Stücklisten erstellt wurden. Als zusätzliche direkte Kosten sind enthalten:

- Kritische Ersatzteile - 4 % der Kosten der installierten Ausrüstung;
- Mobile Ausrüstung - Schätzung aus der Preisdatenbank für Ausrüstung aus früheren Angeboten für Gabelstapler; und
- Erstbefüllung - Berechnet für die wichtigsten Reagenzien anhand der Mindestbestellmengen und Stückkosten des Lieferanten.



g. Indirekte Kosten

Die folgenden indirekten Kosten wurden durch Bewertung des erforderlichen Umfangs und Schätzung der Kosten ermittelt. Diese Kosten entsprechen dem Branchendurchschnitt für komplexe hydrometallurgische Anlagen in entwickelten Ländern:

- Temporäre Einrichtungen am Standort -> 2% der direkten Kosten;
- Mobilisierung und Demobilisierung -> 0,5% der direkten Kosten;
- Frachtkosten -> 0,5% der direkten Kosten;
- Personalkosten von Lieferanten und Inbetriebnehmern vor Ort -> 2,5 % der direkten Kosten; und
- Allgemeynkosten inkl. Steuern und Versicherung -> 2,5% der direkten Kosten.

h. Mehrkosten-Puffer

Für die Erledigung von nicht vorhersehbaren Änderungen, Mehrkosten, Fehlerbeseitigung und ähnlichen beinhalten die Investitionskosten einen Sicherheitsaufschlag von 15% auf die Anlagen-Investitionskosten. Das Risiko für Mehrkosten wurde auf der Grundlage der einzelnen Ausrüstungslinien und Gewerke unter Berücksichtigung deren Detailplanung berechnet. Zuschläge wurden bewertet für die Auslegung der Gesamtanlage und möglicher technischer Änderungen oder Anpassungen unter Berücksichtigung von Faktoren für die Preisgenauigkeit und die erforderliche Unvorhersehbarkeit der Gesamtausrüstung auf der Grundlage des Stands der Technik, der eingegangenen Ausrüstungsangebote und des damit verbundenen Projektrisikos. Der belastbare Kostenvoranschlag wurde auf der Grundlage des detaillierten Prozessentwurfs und der Ausrüstungsliste erstellt, wobei umfangreiche Angebote von Lieferanten und Auftragnehmern eingeholt und berücksichtigt wurden. Die Unvorhersehbarkeit berücksichtigt Abweichungen, die sich aus geringfügigen Anpassungen des Anlagenflussdiagramms ergeben können, die während der detaillierten Planungsphase erwartet werden, sowie geotechnische Bedingungen des Standorts Schwarze Pumpe oder lokale Bauvorschriften, die eine Änderung der Bau- und Konstruktionsplanung erfordern, und Preisschwankungen bis zur Auftragserteilung und während der Beschaffung.

i. Kosten für Einsatzstoffe, Reagenzien und Betriebsmittel

Die Betriebskosten des Projekts für die Versorgung mit Böhmit-Rohstoffen, allen wichtigen Prozessreagenzien und Zusatzstoffe, Strom, Prozesswasser und Trinkwasser wurden auf der Grundlage von Angeboten lokaler Lieferanten oder Versorgungsunternehmen ermittelt, die im Jahr 2023 eingegangen sind.

j. Kosten der Elektrizitätsversorgung

Die Anlage in Schwarze Pumpe soll mit 100 % Ökostrom betrieben werden. Dieser wird industriellen Verbrauchern in der Regel im Rahmen von Stromabnahmeverträgen (PPUs) oder durch die Bereitstellung von Herkunftsnachweisen (GoOs) als Teil eines Liefervertrags mit einem der Energiehändler auf dem Markt zur Verfügung gestellt. Aufgrund der Art der Nachfrage des Silumina Anodes™ Werks mit hohen Verfügbarkeitsanforderungen für seine Nennlast werden lokale Energieversorger wie z.B. die LEAG bevorzugt. Eine direkte Versorgung mit Ökostrom hat den großen Vorteil das Netzentgelte die sonst immer zu zahlen sind, wegfallen.

k. Arbeitskosten

Es wurde ein detaillierter Personalplan für die Anlage sowohl für die Bau- als auch für die Betriebsphase erstellt, der die Bediener, das verfahrenstechnische Personal, die Verwaltung, die Wartung und das Management umfasst. Die Betriebskosten wurden anschließend unter Verwendung lokaler deutscher Lohnsätze ermittelt, die von Arbeitsberatern zur Verfügung gestellt wurden, einschließlich aller Zusatzkosten für Posten wie Kranken-, Renten-, Arbeitslosen- und LTI-Leistungen, die nach deutschem Arbeitsrecht erforderlich sind.

l. Kapital für Gemeinkosten

Für die Dauer des Projekts ist ein jährliches Kapital von etwa 2,5 % der ursprünglichen Kosten für Anlagen, Gebäude und Ausrüstung vorgesehen.

5. Projektion des Finanzmodells

Die Kapitalkosten für das Projekt Silumina Anodes™ werden auf 112,5 Mio. € geschätzt. Die Bauzeit der Anlage beträgt mehr als 24 Monate und der Produktionshochlauf der Anlage auf 100% mehr als 3 Jahre. Die jährlichen Gesamteinnahmen der Anlage werden bei einer vollen Produktionsrate von 8.000 Tonnen pro Jahr (t/J) auf 328 Mio. € geschätzt. Die Produktionskosten, einschließlich der gesamten chemischen Verarbeitung, der Gemeinkosten des Unternehmens und der Vertriebskosten, werden auf 222,4 Mio. € pro Jahr geschätzt. Dies entspricht einer Verkaufs-Nettomarge des Produkts von etwa 32 %.

Der durchschnittliche Jahresgewinn vor Zinsen, Steuern und Abschreibungen (EBITDA) für das Projekt bei voller Produktion wird auf 105,6 Mio. € geschätzt. Der Nettobarwert (NPV) vor Steuern für das Projekt Silumina Anodes™ beträgt 684,8 Mio. € bei einem Abzinsungssatz von 10 %. Der interne Zinsfuß (IRR) wird auf 34,6 % berechnet, mit einer Kapitalrückzahlung in einer Zeitdauer von 2,4 Jahren.

Production	8,000	tonnes
Exchange Rate	0.91	EUR/USD
Capex Exchange Rate	0.91	EUR/USD
Project Capex	€ 112.5	million
Corporate Costs	€ 0.5	million
Opex p.a.	€ 221.9	million
NPV (pre-tax)	€ 684.8	million
Discount Rate	10.0%	
Payback	2.4	years
IRR (from construction start)	34.6%	
IRR	48.4%	
Revenue p.a.	€ 328.0	million
Costs p.a.	€ 222.4	million
EBITDA p.a.	€ 105.6	million
Revenue (Project Life)	€ 9,463.8	million
Costs (Project Life)	€ 6,380.7	million
EBITDA (Project Life)	€ 3,083.1	million

V. Pilotanlage

Altech beschleunigt seine Bemühungen, seine patentierte Technologie auf den Markt zu bringen, und befindet sich in der Endphase des Baus und der Inbetriebnahme einer Pilotanlage in einem bestehenden Gebäude im Dock3 in Schwarze Pumpe, Sachsen. Das Produkt hat auf dem Markt großes Interesse geweckt, und es wurden NDAs mit zwei deutschen Automobilherstellern, zwei US-Automobilherstellern, einem US-amerikanischen Unternehmen für die Lieferung von Batteriematerialien und einem europäischen Batteriehersteller abgeschlossen. Sie haben kommerzielle Muster für ihre Test- und Qualifizierungsverfahren angefordert. Das Hauptziel der Pilotanlage besteht darin, den Qualifizierungsprozess für das Produkt Silumina Anodes™ zu unterstützen. Ein YouTube-Video über die Pilotanlage kann unter <https://youtu.be/IRWCDLx6UTI> angesehen werden.



Abbildung 8 - Pilotanlage in der Dock3-Anlage, Industriepark Schwarze Pumpe, Sachsen, Deutschland

Das Labor inklusive der Batterieteststände vor Ort wurde eingerichtet und ist schon vollständig in Betrieb genommen. Das Labor ermöglicht es Altech Deutschland, die notwendigen Tests und Analysen des Produkts Silumina Anodes™ aus der Pilotanlage durchzuführen. Zusätzlich hat Altech vor Ort eine Vakuum-Handschuhbox eingerichtet, die die Produktion von Lithium-Ionen-Batterie-Halbzellen ermöglicht. Diese Halbzellen werden verwendet, um die Leistung der in der Pilotanlage hergestellten Silumina Anodes™ zu testen. Dies ist eine entscheidende Komponente des Produktqualifizierungsprozesses und wird wichtige Daten über die Leistungsmerkmale des Produkts liefern.



Abbildung 9 - Pilotanlage in der Dock3-Anlage, Industriepark Schwarze Pumpe, Sachsen, Deutschland

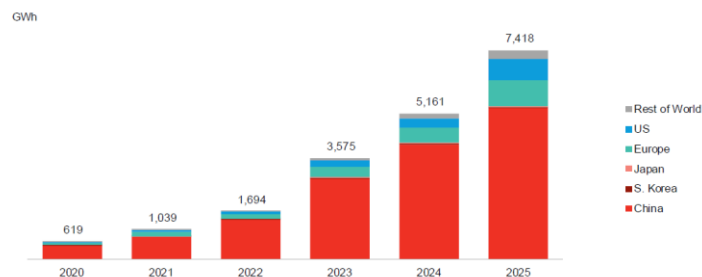
Die Forschungsanlage ist für die Produktion von 120 kg beschichtetem Silizium Batterieanodenmaterial pro Tag ausgelegt, das ausgewählten europäischen und US-amerikanischen Batterie- und Automobilherstellern zur Verfügung gestellt werden soll.

VI. Marktentwicklung

1. Wachstum des Marktes für Lithium-Ionen-Batterien

Von 2023 bis 2035 wächst die weltweite Nachfrage nach Batterien - gemessen an der Energiekapazität in GWh - für Elektro-Pkw und Elektro-Nutzfahrzeuge mit einem Tempo von 16 % CAGR (siehe Abbildung 10). Aufgrund des Ausbaus der Batterieproduktionskapazitäten in Europa, um das Batterieangebot und die Batterienachfrage der Automobilindustrie in Europa auszugleichen, werden in Europa höhere Wachstumsraten erwartet. Basierend auf Daten von BNEF und Industrieveröffentlichungen erwartet Altech, dass 14% der weltweiten Batterieproduktionskapazitäten in GWh nach 2033 in Europa angesiedelt sein werden; im Jahr 2023 waren es noch etwa 8%.

Lithium-ion cell manufacturing capacity by region of plant location



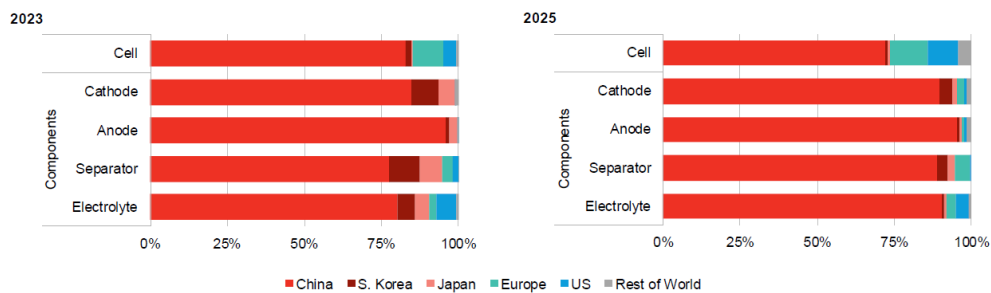
Source: BloombergNEF Note: Based on current announcements without de-risking. Values have been rounded.

Abbildung 10 Weltweite Batterieproduktionskapazität

2. Versorgungslücke bei Anodenmaterialien in Europa

Im Jahr 2023 besteht in Europa immer noch eine erhebliche Lücke bei den Produktionskapazitäten für Anodenmaterialien, da die meisten von den Batterieherstellern benötigten Anodenmaterialien aus China bezogen werden. Die globalen Graphitanodenmärkte werden von chinesischen Herstellern dominiert, auf die mehr als 90 % der installierten Kapazitäten entfallen, siehe Abbildung 11, (Kapazitätsverhältnis der Lithium-Ionen-Batteriekomponenten nach Herkunftsregion).

Lithium-ion cell manufacturing capacity ratio by component and plant location



Source: BloombergNEF Note: 2023 includes facilities commissioned up to the end of October 2023. Based on current announcements without de-risking. Values have been rounded.

Abbildung 11 - Kapazitätsverhältnis von Lithium-Ionen-Batteriekomponenten

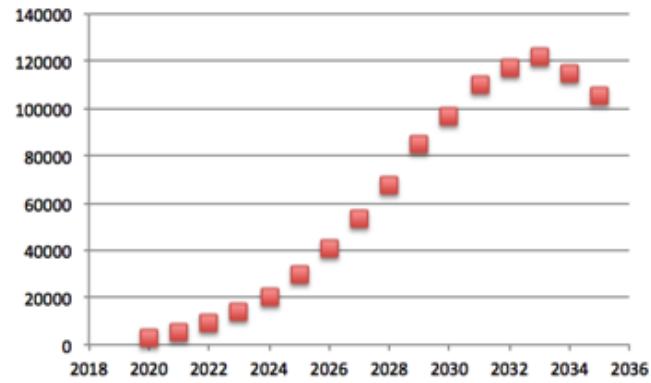
Die kürzlich von China angekündigten Beschränkungen für die Ausfuhr von Anodengraphit in die Europäische Union (EU) werden die Entwicklung der europäischen Anodenmaterialindustrie beschleunigen. SGL Carbon und Elkem arbeiten daran der bedeutend Hersteller von synthetischem Graphit und graphitbasierten Batterieprodukten in Europa zu werden.

3. Anoden-Silizium-Markt

Berechnungen auf der Grundlage des BloombergNEF Base Case (ETS) prognostizieren, dass die weltweite Nachfrage nach Anodensilizium - gemessen am Gewicht einschließlich aller siliziumbasierten Materialien - von Batterieherstellern **zwischen 2023 und 2035** mit einem beschleunigten Tempo von **18 % CAGR** auf insgesamt 106kt pa steigen wird. Es wird erwartet, dass die Gesamtnachfrage nach Batteriesilizium nach 2032 bei ca. 100kt pro Jahr bleibt, während sich die Nachfrage weiter in Richtung hochwertiger technischer Silizumanodenmaterialien verlagert.

Laut BloombergNEF Base Case (ETS) ist das anhaltende Wachstum bis 2033 auf die schrittweise Substitution von Anodengraphit durch Materialien auf Siliziumbasis zur Verbesserung der Energiedichte der Anode zurückzuführen (siehe Abbildung 3-7):

Tonnen pa



Jahre

Abbildung 12 - Weltweite Nachfrage nach siliziumbasierten Produkten für Elektrofahrzeuge, t (Tonnen) p.a.

Die Dynamik der Nachfrage nach Werkstoffen auf Siliziumbasis ergibt sich aus dem Wachstum der Elektrofahrzeuge und der Umstellung auf siliziumhaltige Chemikalien. Auf der Grundlage der BNEF-Basisfallprognose (ETS) für die Nachfrage nach Batterieanodenchemie wird prognostiziert, dass sich die relative Menge an Silizium, die für Anoden verwendet wird, von 2020 bis 2032 verdreifachen wird, und zwar von weniger als 6 g pro kWh auf insgesamt ca. 21 g pro kWh, wodurch der in Anoden verwendete Graphit (teilweise) ersetzt werden kann.