



STIFTUNG ZENTRUM FÜR NACHHALTIGE
ABFALL- UND RESSOURCENNUTZUNG



2022

Tätigkeitsbericht/Geschäftsbericht

Inhalt

Vorwort des Präsidenten **3**

Technische Entwicklungen **5**

 Kompetenzzentrum Trockenschlackeaufbereitung | KEZO, Hinwil (ZH) **5**

 Kompetenzzentrum Hydrometallurgie | KEBAG, Zuchwil (SO) **10**

 CO₂-Kompetenzzentrum | KVA Linth, Niederurnen (GL) **12**

Öffentlichkeit **15**

Die Stiftung **16**

Finanzbericht **20**

Vorwort des Präsidenten

Umweltleistung und Umweltwirkung transparent ausweisen

Zu Recht sind die Erwartungen an all jene, die sich der Behandlung von Abfällen annehmen, recht hoch. Wer dafür wirbt, dass er mit seiner Tätigkeit Abfälle so behandelt, dass möglichst viele Inhaltsstoffe aus den Abfällen wieder als Wertstoffe in den Kreislauf zurückgeführt werden können, übernimmt eine grosse Verantwortung. Einerseits gegenüber der Umwelt und andererseits gegenüber denjenigen, die die Behandlung der Abfälle mit vorgezogenen oder nachgelagerten Gebühren finanzieren. Wer im Auftrag dritter Abfälle behandelt, sollte seine Leistungen bezüglich der damit erzielten Umweltwirkung und der damit verbundenen finanziellen Aufwendungen transparent ausweisen.

Eigentlich müssten dazu die Berichterstattung sowohl über die erzielte Umweltleistung als auch über die Kosten öffentlich zugänglich sein, ohne dass die Eidgenössische Finanzkontrolle zuerst selbst recherchieren und dann feststellen muss, dass es bei einzelnen Entsorgungseinrichtungen an Transparenz hinsichtlich der Qualität der stofflichen und thermischen Verwertung mangelt. Das gefährdet das Vertrauen in die Branche. Zudem kann so die Effizienz der für die Wiederverwertung bereitgestellten Ressourcen sowie die Entwicklung der Situation in der Schweiz nicht beurteilt werden.

Wer seine Tätigkeiten kontinuierlich verbessern möchte, muss wissen, welche Resultate er mit seinen Behandlungsprozessen erreicht – und wo noch Verbesserungspotenzial vorhanden ist.

Die Stiftung ZAR hat sich bei der Gründung im Jahre 2010 das Ziel gesetzt, praxistaugliche Lösungen zu entwickeln, damit Wertstoffe und Energie aus nicht direkt verwertbaren Abfällen in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt und nicht verwertbare (Schad-)Stoffe in sicheren Senken abgelagert werden können.

Auch wenn unser Fokus auf der Entwicklung und nicht auf dem Bau und dem Betrieb von Anlagen beruht, liegt es in unserem Interesse, dass die bei der Abfallbehandlung erreichten Umweltleistungen transparent gemacht werden. Wir arbeiten mittlerweile in drei Kompetenzzentren an der Entwicklung von Verfahren zur Erreichung der Ziele, die wir uns vorgenommen haben. Wichtig ist für uns einerseits die Nähe zu den Anlagen, damit wir mit den Herausforderungen aus der Praxis bestens vertraut sind und andererseits der Kontakt zu Partnern im In- und Ausland.

Im ZAR-Kompetenzzentrum bei der KEZO in Hinwil/ZH arbeiten wir seit unserer Gründung an der Wertstoffgewinnung von metallischen und neu auch mineralischen Komponenten aus den Rückständen der thermischen Abfallbehandlung. Die Publikation «Industrielle Schlackenaufbereitung - Status und Ziele vom Januar 2020» [ZAR-Schriftenreihe #001 (zar-ch.ch)] enthält ein Set von 13 Parametern, die mit Ist- und Zielwerten versehen sind. Vorausgesetzt, man wendet die von der Stiftung ZAR publizierten Methoden zur Probenahme und -aufbereitung (Analysemethoden) an, so lässt sich die Effizienz und die Effektivität der Metallgewinnung aus Kehrtschlacken vergleichen und beurteilen.

Klärschlamm wurde über viele Jahrzehnte als Phosphordünger in der Landwirtschaft eingesetzt. Seit Jahren wissen wir, dass uns im Klärschlamm die Quittung für all unsere gesellschaftlichen Aktivitäten ausgestellt wird. Aufgrund der Belastungen mit organischen und anorganischen Schadstoffen darf Klärschlamm, der nach wie vor den wertvollen Phosphor enthält, nicht mehr als Dünger auf unsere Böden zurückgeführt werden. Nach der thermischen Behandlung des Klärschlammes steht uns in der Klärschlammmasche der Phosphor wieder als Ressource zur Verfügung. Weil wir in der Schweiz neben Nahrungsmitteln auch grosse Mengen an Futtermitteln importieren, fällt im Klärschlamm

und im Tier- und Knochenmehl mehr Phosphor an, als wir jährlich in Form von Düngern oder Phosphorsäureprodukten importieren.

Bezüglich des Phosphors liegt die «Lagerstätte» der Schweiz zur Selbstversorgung in unseren Abfällen.

Da es am Markt bisher keine erfolgreich umgesetzten und etablierten Verfahren zur Herstellung technisch reiner Phosphorsäure aus Klärschlammaschen gibt, hat das ZAR-Kompetenzzentrum bei der KEBAG in Zuchwil/SO gemeinsam mit dem spanischen Generalunternehmer Técnicas Reunidas SA (TR) das Phos4life®-Verfahren entwickelt und erfolgreich pilotiert. Diese Arbeiten wurden vom Kanton Zürich und TR gemeinsam finanziert. Acht grosse Klärschlamminhaber von Zürich bis Genf haben in der Folge die Stiftung ZAR beauftragt, abzuklären, ob am Standort Emmenspitz in Zuchwil (SO) eine Anlage zur Herstellung von Phosphorsäure nach dem Phos4life®-Verfahren als machbar eingestuft werden kann.

Bei der Ausgestaltung von neuen Recyclingprozessen ist es sehr wichtig, dass der ganze Prozess bis zum marktreifen Produkt zu Ende gedacht wird: Von wem wird das Produkt nachgefragt, welche Qualität muss es ausweisen usw.

Mit dem Phos4life®-Verfahren wird aus Klärschlammasche Phosphorsäure gewonnen, die als technisch reine Phosphorsäure sowohl in der Industrie als auch in der Düngemittelproduktion für hochwertige Produkte eingesetzt werden kann.

Die bei der thermischen Abfallbehandlung freigesetzte Energie führt zu einem nicht unwesentlichen Beitrag für die Strom- und Wärmeversorgung in der Schweiz. Neben dem Freilegen von metallischen Rohstoffen in den festen Verbrennungsrückständen entsteht bei der thermischen Abfallverwertung aber auch CO₂, ein unsichtbarer, gasförmiger Abfall.

Auch wenn die CO₂-Emissionen aus der thermischen Abfallverwertung, in der Grössenordnung von ca. 5% der im Inland emittierten CO₂-Fracht, weit unter den Anteilen aus dem Verkehr bzw. den Heizungen liegen, muss diese Thematik zielgerichtet angegangen werden. Nur Abfall, der nicht anfällt, führt zu keinen CO₂-Emissionen. Weil mögliche Visionen und die Realität in diesem Bereich leider auch in Zukunft auseinander klaffen werden, müssen wir uns diesem Thema annehmen.

Im März 2022 haben wir bei der KVA Linth in Niederurnen/GL das dritte ZAR-Kompetenzzentrum eröffnet, um uns der CO₂-Thematik anzunehmen. In Zusammenarbeit mit dem Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen (VBASA) und mit der Unterstützung des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) sowie mit weiteren Partnern möchten wir konkret zeigen, mit welchen technischen Prozessen CO₂ im Abgasstrom einer thermischen Abfallbehandlungsanlage abgeschieden werden kann, damit dieses CO₂ wieder als Wertstoff genutzt – oder im Sinne unserer Ziele fest gebunden oder in sicheren Senken abgelagert werden kann.

Franz Adam

Präsident des Stiftungsrates

Technische Entwicklungen

KEZO Hinwil (ZH)

KOMPETENZZENTRUM KEZO TROCKENSCHLACKENAUFBEREITUNG

Optimierung der Separation von Nichteisenmetallen und Verbesserung der Schmelzausbeute der Aluminiumfraktion

Die Stiftung ZAR hat sich seit der Gründung im 2010 bei all ihren Entwicklungen auf die Qualität der entstehenden Produkte und damit auf die Rückführung dieser Produkte in den Stoffkreislauf fokussiert. Nur Produkte, die möglichst direkt in den Stoffkreislauf zurückgeführt werden können, leisten einen ökologischen und damit auch einen ökonomischen Mehrwert. Dieser Qualitätsanspruch zeigt sich bei der Rückgewinnung von reinem Zink aus der Filterasche, bei der Rückgewinnung von reiner Phosphorsäure aus der Klärschlammasche und eben auch bei der Rückgewinnung der NE-Metalle (NEM) aus der Schlacke.

Anspruchsvoller Trade-off-Effekt

Bei der Separation von NEM aus der Schlacke mit einem NEM-Abscheider (Induktionsabscheider, Wirbelstromabscheider) behindern sich die Ansprüche nach reinen Metallen und nach höchster Effizienz der NEM-Abscheidung gegenseitig, d.h. will man möglichst reine NEM separieren, so geht dies zu Lasten der Effizienz der NEM-Separation und umgekehrt.

Bei der trocken ausgetragenen Schlacke konnte die Reinheit der NEM aber auch die Effizienz der NEM-Abscheidung bereits signifikant verbessert werden. Dies aufgrund der Tatsache, dass die NEM nicht im Schlackenwasser mit einer mineralischen nichtleitenden Schicht ummantelt werden. Diese mineralische Schicht reduziert die Abscheidkraft auf die NEM.

In der NEM-Fraktion befinden sich Metalle wie Aluminium, Kupfer, Blei, Zink, Zinn, Gold, Silber, Palladium etc., die alle sehr unterschiedlich auf das Induktionsfeld des NEM-Abscheiders reagieren. Vereinfacht kann gesagt werden, dass die Induktionsabscheidung sowohl von der elektrischen Leitfähigkeit wie auch von der

Dichte des jeweiligen NEM abhängt und die Abscheidkraft mit dem Produkt (Multiplikation) dieser elektrischen Leitfähigkeit mit der Dichte des NEM korreliert. Da Aluminium eine siebenmal kleinere Dichte als Gold hat und die elektrische Leitfähigkeit von Gold nur gerade 20% höher ist als beim Aluminium, wirken wesentlich höhere Kräfte auf das Aluminium als auf ein Gold- oder auch Kupferteilchen. Dadurch ist Aluminium viel einfacher abzuscheiden als die anderen Edelmetalle. Will man die Edelmetalle oder wenigstens einen Teil davon mit dem NE-Abscheider separieren, so muss der NEM-Abscheider sehr «scharf» eingestellt werden, was wiederum dazu führt, dass neben den NEM auch Schlacke separiert wird.

Die ZAV Recycling AG stellt die NEM-Abscheider der Fraktion kleiner 15 mm so ein, dass der Gehalt der Schlacke in den NEM ca. 10–15% beträgt. Mit der anschliessenden Dichtentrennung auf den Trenntischen wird die Schlacke der Aluminiumfraktion zugewiesen, da die Dichte von Aluminium und Schlacke fast identisch ist. Damit erhält man zwar sehr saubere NE-Edelmetalle (NEM schwer), reichert aber die Aluminiumfraktion mit Schlacke an, was zu einem Schlackenanteil von bis zu 20% im Aluminium führt und entsprechend die Schmelzausbeute des Aluminiums reduziert.

Deshalb muss man sich bei der Einstellung der NE-Abscheider immer entscheiden, ob ein sauberes Aluminium gefragt ist, mit einem minimalen Schlackenanteil oder eine maximale Ausbeute von edlen NEM. Die Einstellung bleibt auf Grund der Erträge immer ein Kompromiss zu Ungunsten der Qualität der Aluminiumfraktion.

Eine Aluminiumfraktion mit einem erhöhten Schlackenanteil führt aber zu einem höheren spezifischen Energieverbrauch, der Logistikaufwand für die Aluminiumgewinnung wird höher und die Schmelzkapazität der Alu-Hütte wird reduziert. Übersteigt der Schlackenanteil im Aluminium einen bestimmten Wert, ist die direkte Verarbeitung für das Aluminiumschmelzwerk wirtschaftlich nicht mehr interessant.

Nachreinigung als Lösung

Um diesem Trade-off-Effekt entgegenzuwirken, d.h. die Ausbeute an schweren NEM aus der Schlacke weiter zu erhöhen und den Schlackenanteil in der Aluminiumfraktion zu reduzieren, drängt sich die Lösung der Nachreinigung der Aluminiumfraktion mit einem NE-Abscheider auf. Die Tatsache, dass der Anteil der NEM in der Schlacke (< 15 mm) weniger als 5% beträgt, hat zur Folge, dass nur ein kleiner Massenstrom mit entsprechend kleinen NE-Abscheidern nachgereinigt werden muss.

Mit Nachreinigungsversuchen der Aluminiumfraktionen 1–4.5 mm, 4.5–8 mm und 8–15 mm mit dem Labor-NE-Abscheider konnten folgende Ergebnisse erzielt werden:

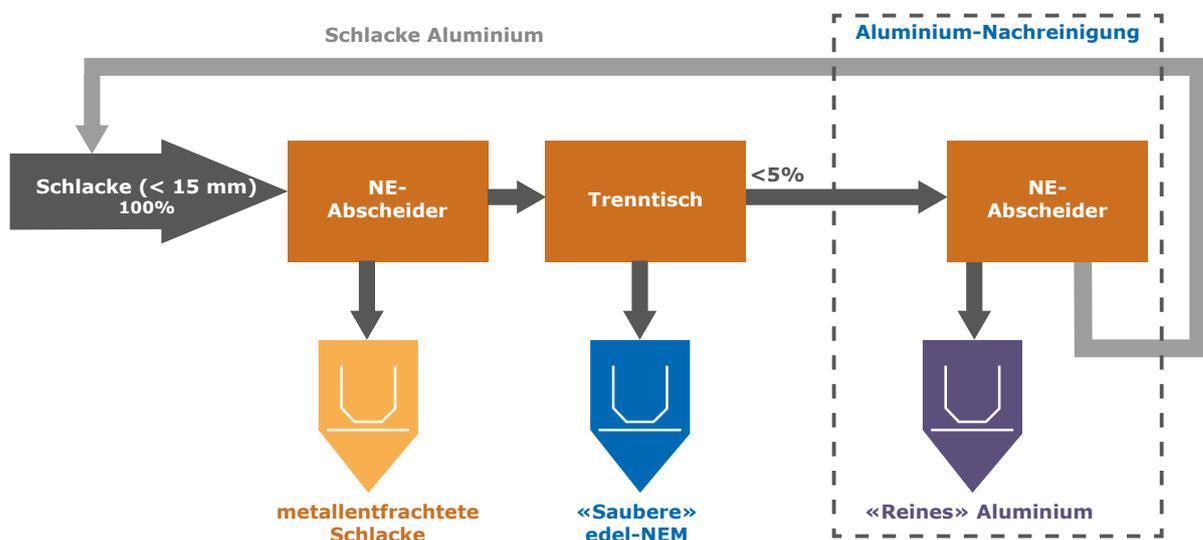
- ▶ Schlackenanteil in der gereinigten Aluminiumfraktion: < 5%
- ▶ Aluminiumanteil in der Schlackenfraktion: 20–30%

Die Versuchsergebnisse waren insofern überraschend, dass es nicht gelang, den Aluminiumanteil in der nachbereiteten Schlacke stärker zu reduzieren. Wurden die Einstellung des NE-Abscheiders mit dem Ziel, den Aluminiumanteil in der Schlacke zu reduzieren optimiert, so erhöhte sich der Schlackenanteil in der Aluminiumfraktion wieder auf über 5%.

Um die Qualität der Aluminiumfraktion auf hohem Niveau zu halten und den Anteil des Aluminiums in der nachbereiteten Schlacke nicht zu verlieren, ist eine Rückführung der nachbereiteten Schlacken in den aufbereiteten Schlackenstrom kleiner 15 mm unumgänglich.

Da der Massenstrom der Rückführung <5% sein wird, ist auch mit keiner grösseren Kapazitätseinbusse der Anlage zu rechnen.

▼ Konzept für die Nachreinigung des Aluminiums in der Schlacke





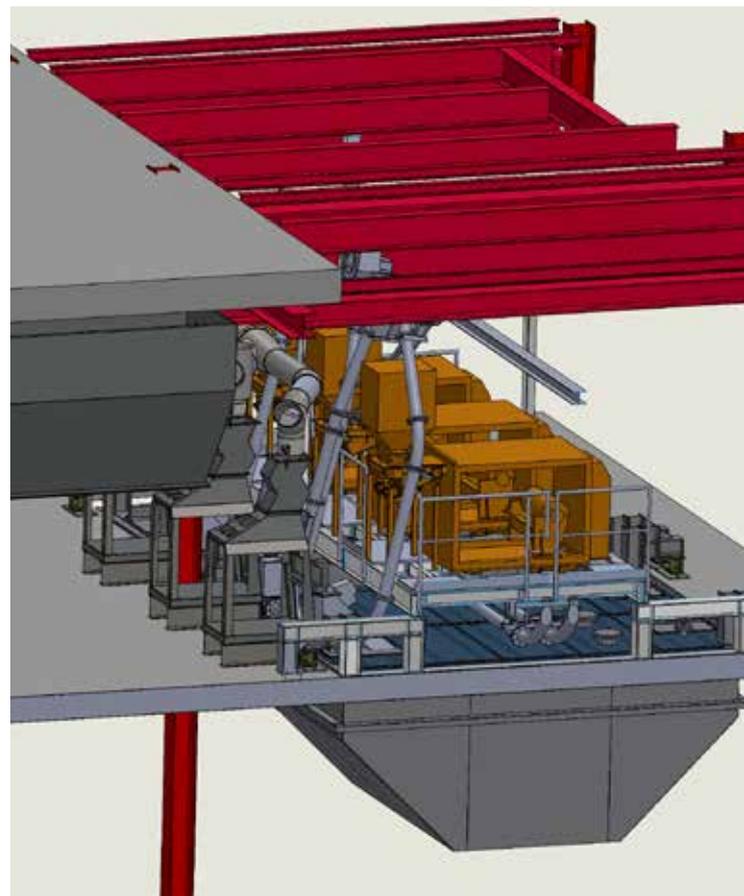
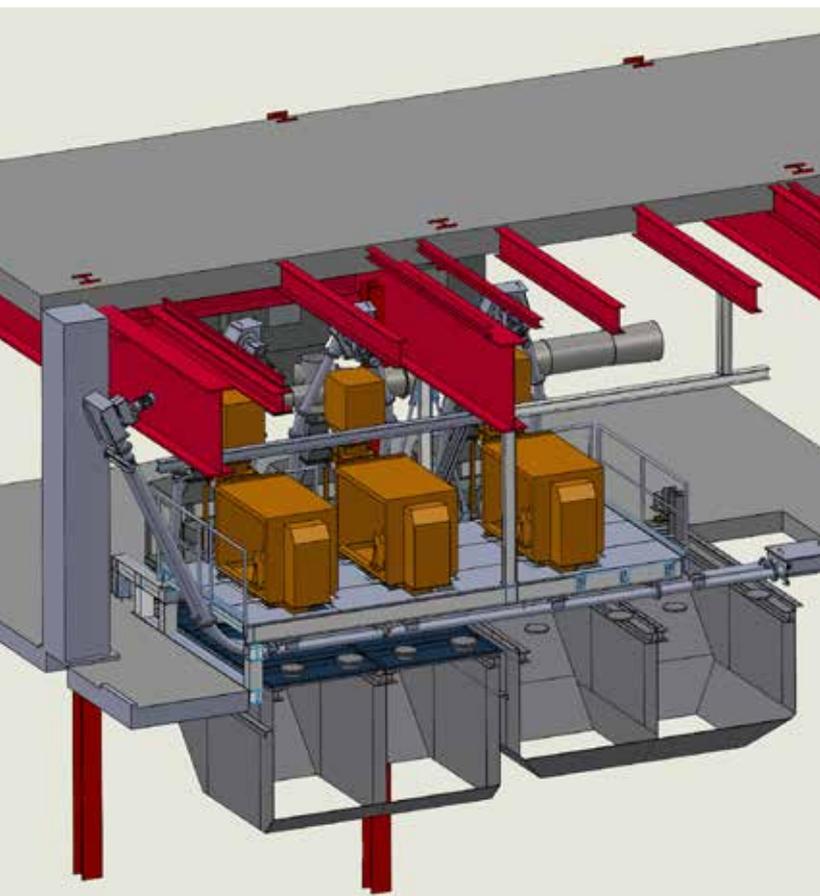
Konzept und Layout der Nachreinigung

Für die Nachreinigung des Aluminiums der Fraktionen 1–15 mm konnte eine einfache Integration in die bestehende Anlage der ZAV Recycling AG gefunden werden. Die Leichtfraktion nach den Trenntischen wird mit kleinen Rohrkettenförderern in die Vorsilos der kleinen NEM-Abscheider transportiert. Die gereinigte Aluminiumfraktion fällt im freien Fall in die bestehenden Aluminiumsilos und die nachgereinigte Schlacke mit dem Restaluminium geht zurück in die Aufbereitungsanlage. Die Anlage sollte in der zweiten Hälfte 2023 in Betrieb sein.

Von dieser Anlageerweiterung erwarten wir folgende Ergebnisse:

- ▶ Die Qualität der Aluminiumfraktionen kann durch die Erhöhung der Schmelzausbeute um min. 15% verbessert werden. Damit steigt die Nachfrage für diese Aluminiumprodukte.
- ▶ Dank der erneuten Reinigung der Aluminiumfraktion kann der erste NEM-Abscheider der Fraktionen 1–15 mm wesentlich schärfer eingestellt werden. Das hat zur Folge, dass noch mehr edle NEM abgeschieden werden. Die damit verbundene Erhöhung des Schlackenanteils heute 10–15% auf über 25% wirkt sich durch die nun mögliche Nachreinigung nicht negativ aus.
- ▶ Wir schätzen, dass dadurch der Restmetallgehalt (nach ZAR-Methode) in der aufbereiteten Schlacke von heute 0,5% auf 0,25% reduziert werden kann. Durch die Reduktion des NEM-Restgehalts in der aufbereiteten Schlacke um 50% reduziert sich die Schwermetallbelastung auf der Deponie, was den ökologischen Nutzen erhöht. Durch die Rückführung von zusätzlichen Metallen in den Metallkreislauf gehen wir davon aus, dass dadurch weitere ca. 50 kg CO₂eq pro Tonne Schlacke eingespart werden können.

▼ Nachbehandlung von Aluminium - Layout



Bestimmung des NEM-Gehalts in der Rohschlacke im Kanton Zürich

Die Versuche und Auswertungen des Projektes zur Bestimmung des NEM-Gehalts in der Rohschlacke unter der Federführung von Ing. Stefan Skutan begleitet das AWEL und die Zürcher Abfallverwertungs AG. Die Arbeiten konnten in der Berichtsperiode noch nicht abgeschlossen werden. Der Schlussbericht wird in der zweiten Jahreshälfte 2023 erwartet.

Neues Konzept für die neue Aufbereitungslinie 15–30 mm

Wie bereits im Geschäftsbericht 2021 erwähnt, muss im Zusammenhang mit der Kapazitätserhöhung der Aufbereitungsanlage der ZAV Recycling AG von heute 100 000 t auf 200 000 t Trockenschlacke pro Jahr eine neue zweite Aufbereitungslinie der Schlackenfraktion 15–30 mm aufgebaut werden.

Die Inbetriebnahme sollte in der 2. Hälfte 2022 erfolgen. Auf Grund von Lieferverzögerungen von Anlageteilen kann die Linie jedoch erst im 1. Halbjahr 2023 in Betrieb genommen werden. Wir bedauern dies sehr, da dadurch für die angewandten neuen Konzepte erst Ende 2023 erste Erfahrungswerte vorliegen werden.

Schlackenverwertung – erste Schritte

Im Berichtsjahr 2022 wurden den drei Schweizer Zementherstellern erste, aufbereitete Materialproben von Schlacke mit den entsprechenden Deklarationen für verschiedene Einsatzmöglichkeiten zur Verfügung gestellt.

Ziel ist es, zusammen mit dem Anwender diese Materialproben weiterzuentwickeln, damit diese als Rohstoff eingesetzt werden können. Mit einem Zementhersteller wurden die Optimierungsmassnahmen sowie die Rahmenbedingungen eines Produkts für den Einsatz im Zementwerk definiert.

Die Stiftung ZAR versucht nun, diese Massnahmen entsprechend umzusetzen, so dass erste Grossversuche mit dem modifizierten Produkt im Zementwerk stattfinden können.

Carbonisierung von Schlacke

Bei den von der ETH Zürich und der Firma neustark ag, Bern, durchgeführten Versuche zur Carbonisierung der Schlacke wurde einmal mehr festgestellt, wie heterogen das Produkt Schlacke ist. Das von den Erfahrungen mit Recyclingbeton abgeleitete Prüfverfahren zur Bestimmung des CO₂-Speicherpotenzials stiess sehr schnell an seine Grenze, da es nicht in genügender Reproduzierbarkeit nachgewiesen werden konnte. Wir gehen davon aus, dass die Arbeiten dieses Jahr abgeschlossen werden können und dass verlässliche Angaben zu den folgenden Fragen gemacht werden können:

- ▶ Wie gross ist das CO₂-Speicherpotenzial in den vier Schlackenfraktionen der ZAV Recycling AG?
- ▶ Welchen Einfluss hat die Carbonisierung auf die Eluatwerte der Schlackenfraktionen?
- ▶ Wie gross sind die Unterschiede zwischen der natürlichen und der erzwungenen Carbonisierung?

Basierend auf diesen Angaben soll dann das weitere Vorgehen definiert werden.



Team KEZO/ZAR, Hinwil

Daniel Böni

Geschäftsführer

Fabian Di Lorenzo

Projektleiter metallische Rohstoffe

René Weber

Technik

Peter Schellenberg

Verfahrensoptimierung

KOMPETENZZENTRUM HYDROMETALLURGIE

SwissZinc

Die technischen Grundlagen konnten im vergangenen Jahr erarbeitet werden. Auf der rechtlichen und organisatorischen Ebene sind noch offene Fragen zu klären, so dass der Bauentscheid für eine SwissZinc-Anlage am Standort Emmenspitz in Zuchwil im Laufe des Jahres 2023 erwartet wird.

Phosphorrückgewinnung

Die Umsetzbarkeit des Phos4life®-Verfahrens zur Behandlung von 40 000 t/a KSA wurde am Standort Emmenspitz (Zuchwil, SO) geprüft und für machbar beurteilt. Dort ist durch den Betrieb der KEBAG erneuerbare Energie in Form von Dampf und Strom sowie eine gute Verkehrsanbindung durch Strasse und Bahnanschluss vorhanden. Darüber hinaus verfügt das Betriebsteam der KEBAG bereits über jahrelange Erfahrung mit einer auf gleicher Technologie basierenden Anlage (FLUREC-Verfahren), wodurch auf dem dort gewonnenen Know-how für den zukünftigen Phos4life®-Betrieb aufgebaut werden kann. Erforderliche Platz- sowie Logistikflächen könnten in geeigneter Weise bereitgestellt werden, so dass ein entsprechender Phos4life®-Bau ab 2027 umsetzbar ist. Zuvor muss auf dem Areal aber der Rückbau bestehender Bauten, die nach der Inbetriebnahme der neuen Kehrlichtverwertungsanlage KEBAG Enova nicht mehr benötigt oder an einen anderen Standort umgesiedelt werden können, abgeschlossen sein. Dies bedeutet, dass eine Phosphorrückgewinnungsanlage im Emmenspitz erst ab 2030 in den operativen Betrieb gehen kann und somit die derzeitige gesetzliche Frist zur Umsetzung der Phosphorrückgewinnung bis zum 1. Januar 2026 nicht eingehalten würde.

Die notwendigen Betriebsmittel sowie die anfallenden Produkte und Rückstände können in geeigneter Weise an- und abgeliefert werden. Insgesamt werden durch Phos4life® etwa 175 000 t/a Güter bewegt, davon mehr als die Hälfte klimafreundlich per Bahntransport.

Die Voruntersuchung zur Umweltverträglichkeit durch den Kanton Solothurn wurde erfolgreich abgeschlossen, die massgebenden Umweltvorschriften wurden alle eingehalten und Umwelt-/Sicherheitsrisiken durch geeignete technische Massnahmen so weit wie möglich reduziert.

Der Absatz der gewonnenen, technisch reinen Phosphorsäure ist prinzipiell über zwei unabhängige Wege möglich. Einerseits kann die P4L-Säure durch ihre hohe Reinheit direkt in der chemisch-/technischen Industrie im In- und Ausland eingesetzt werden. Andererseits ist die inländische Produktion eines qualitativ hochwertigen Phosphordüngers, dem sogenannten Tripelsuperphosphat, aus P4L-Säure und Tier-/Knochenmehlasche ein ergänzender Weg. Dies ermöglicht einen hochwertigen Phosphor-Mineraldünger, der gegenüber den konventionellen Mineraldüngern deutliche ökologische Vorteile – insbesondere tiefere Uran- und Schwermetallgehalte – aufweist.

Damit das Projekt nun weiterentwickelt werden kann, braucht es eine Trägerschaft, die sich unter anderem der weiteren Projektierung, Fragen zur Organisationsform und des Betriebsmodells und der Mitwirkung bei der übergeordneten strategischen Planung auf nationaler Ebene annimmt. Diese Schritte sollen im Jahr 2023 aufgegleist und gemeinsam mit den weiterhin interessierten Projektpartnern ausgearbeitet werden, damit dieses zukunftsweisende «Leuchtturmprojekt» erfolgreich im Sinne der Kreislaufwirtschaft umgesetzt werden kann.

FLUWA Plattform/ Aktivitäten «Filterasche»

Der Erfahrungsaustausch im Rahmen der «FLUWA-Plattform» wurde an drei Anlässen im Jahr 2022 erfolgreich weitergeführt. Massnahmen zur Optimierung bestehender Anlagen wurden diskutiert und bereits bei einigen Anlagen erfolgreich in den Routinebetrieb übernommen. Weitere Optimierungen sind geplant und werden zeitnah ausgeführt.

Für die Stadt Wien mit ihren fünf Müllverbrennungsanlagen wurde in einer gemeinsamen Studie mit der Technischen Universität Wien die Machbarkeit einer zentralen Filteraschebehandlungsanlage untersucht. Die technische Machbarkeit konnte dabei erfolgreich gezeigt werden. Eine definitive Umsetzung des Konzeptes wird derzeit durch die Stadt Wien noch genauer geprüft.



Team KEBAG/ZAR, Zuchwil

Dr. Stefan Schlumberger

Leiter Kompetenzzentrum Hydrometallurgie

Dr. Andreas Bernhard

Entwicklungsingenieur

Fine Gozdzik

Chemielaborantin

▼ Phosphorrückgewinnungsanlage – Anlagenkonzept



CO₂-KOMPETENZZENTRUM

Ziel des ZAR CO₂-Kompetenzzentrums ist es, landesweit nutzbares Know-How zu Abscheidung, Transport und Nutzung (CCU) oder Speicherung von CO₂ (CCS) an Schweizer KVA zu schaffen. Es soll zudem ein Pionierprojekt an der KVA Linth in Niederurnen GL erarbeitet werden.

Bei der Eröffnungsveranstaltung wurde das neue Kompetenzzentrum mit Sitz an der KVA Linth am 28. März 2022 feierlich eröffnet. Im Juli 2022 hat Daniel Marxer seine Arbeit als Projektingenieur für das Kompetenzzentrum aufgenommen. In der zweiten Jahreshälfte wurde die Organisation abgeschlossen und dabei auch das Team für das Kompetenzzentrum definiert sowie die Rollen verteilt.

Die Finanzierung wurde für den Zeitraum 2022-2025 sichergestellt (siehe Seite 18, Projektbeiträge).

Eine Begleitgruppe für das CO₂-Kompetenzzentrum wurde einberufen und ein erstes Treffen durchgeführt. Sie wird eine lenkende Rolle übernehmen und während periodischen Abstimmungen bei der Planung der anstehenden Aktivitäten unterstützen. Zudem wird sie sich via Workshops bei der Risikobeurteilung einbringen. Folgende Mitglieder konnten für die Begleitgruppe gewonnen werden:

BAFU

Sophie Wenger, Sektion Klimapolitik

BFE

Dr. Valentin Gischtig,
Energieforschung und Cleantech

VBSA

Peter Steiner, Vizepräsident
Dr. Robin Quartier, Geschäftsführer
Stéphane Zermatten, Vorstandsmitglied

ETH Zürich

Prof. Dr. Marco Mazzotti,
Dep. Maschinenbau und Verfahrenstechnik

KVA

Urs Brunner,
Vorsitzender der GL, VfA Buchs (SG)

Daniel Baillifard,
Directeur général, Satom (Monthey)

Hansjörg Ittig
Betriebsleiter, ACR (Giubiasco)

ZAR

Walter Furgler, Geschäftsführer KVA Linth,
Leiter Kompetenzzentrum

Dr. Leo Morf, Leiter, Technischer Beirat ZAR

Daniel Böni, Geschäftsführer KEZO / ZAR

Die Arbeitspakete für den Zeitraum 2022-2025 wurden verfeinert und mit der Begleitgruppe abgestimmt.

Das bestehende internationale Netzwerk aus den mehrjährigen Vorarbeiten der KVA Linth mit involvierten Parteien wie Lieferanten, Behörden, Hochschulen und Testcentern wurde weiter ausgebaut. Unter anderem wurden im Jahr 2022 Reisen nach Kanada und Norwegen unternommen sowie eine Konferenz in Bremen besucht.

Das Kompetenzzentrum ist über das BAFU gut in die nationalen Tätigkeiten eingebunden. So konnte bereits in der nationalen Arbeitsgruppe zur CO₂-Entnahme und -Speicherung Einsitz genommen und an einem Stakeholder Event zwischen Norwegen und der Schweiz in Oslo unter Federführung des BAFU teilgenommen werden.

Das Engineering der Anlage am Standort KVA Linth wurde organisiert und die Arbeiten dazu starten Anfang 2023.

Zum Verfahrensmonitoring konnten erste Teilprojekte organisiert werden.

- ▶ Die Firma UniSieve aus Zürich entwickelt eine Membrantechnologie zur CO₂-Abscheidung und wird diese ab Mitte 2023 mit einer Testanlage an realem KVA-Abgas an der KVA Linth testen. Membranverfahren bieten potenziell Vorteile z.B. aufgrund eines geringen Platzbedarfes, sind aber vom technologischen Reifegrad für den vorliegenden Einsatzzweck noch nicht kommerziell einsatzbereit.

- ▶ Zu einem weiteren Abscheideverfahren, dem Hot Potassium Carbonate (HPC)-Prozess, wird eine Machbarkeitsstudie durchgeführt. Es laufen Gespräche, an der KEZO eine Pilotanlage mit dieser Technologie zu bauen, falls die Machbarkeitsstudie vielversprechend ausfällt. Das HPC-Verfahren benötigt als Energieeinsatz hauptsächlich Strom und nur wenig oder keine Wärme. Es bietet insbesondere Vorteile aufgrund des Einsatzes wenig bedenklicher Chemikalien, wurde bisher aber noch nicht kommerziell für Verbrennungsabgase eingesetzt.
- ▶ In Horgen (Entsorgung Zimmerberg) läuft ein Projekt zur Umsetzung der CO₂-Abscheidung aus dem gesamten Abgasstrom mittels Aminwäsche. Dieses Projekt wird ebenfalls durch das Kompetenzzentrum begleitet. Die eingesetzte Aminwäsche ist aktuell das etablierteste Verfahren und ist bereits an einer KVA in Holland kommerziell in Betrieb.

Um das Fachwissen zu erweitern, wurde eine Schulung des Kompetenzzentrums durch das Technology Center in Mongstad (TCM) organisiert. Das TCM in Norwegen verfügt über mehr als zehn Jahre Betriebserfahrung mit der Aminwäsche. Es wurden bisher Schulungspakete zur Analytik von Schadstoffen nach der Aminwäsche sowie zur Beurteilung der Zusammensetzung von KVA Abgas organisiert.

Im Bereich der Wärmeintegration haben wir uns dem Projekt «Process Integrated Carbon Capture (PICC)» der Hochschule Luzern angeschlossen, welches durch das Bundesamt für Energie gefördert wird. In dem Projekt wird mittels Pinch-Analysen die Wärmeintegration für die KVA Linth, für das Holzheizkraftwerk der Energie Ausserschwyz AG in Galgenen sowie für die Klärschlammverbrennung Werdhölzli optimiert. Basierend auf den Ergebnissen wird an der ETH Zürich der Einfluss einer grossflächigen Umsetzung von CO₂-Abscheidung auf das Schweizer Energiesystem modelliert.

Arbeitspakete	Q3 22	Q4 22	Q1 23	Q2 23	Q3 23	Q4 23	Q1 24	Q2 24	Q3 24	Q4 24	Q1 25	Q2 25	Q3 25	Q4 25
AP1: Aufbau des CO ₂ -Kompetenzzentrums ZAR	■	■	■											
AP2.1: Risikoanalysen				■	■	■	■	■	■	■				
AP2.2: Umweltrisiken & Umweltmonitoring			■	■	■	■	■	■	■					
AP2.3: Verfahrensmonitoring	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
AP3: Optimierung AGR				■	■	■	■	■	■					
AP4.1: Wärmeintegration		■	■	■	■	■	■	■	■					
AP4.2: Verwendung					■	■	■	■	■	■	■	■	■	
AP4.3: Lagerung			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
AP5: Engineering CCU/CCS KVA Linth			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
AP6: Internationale Logistik & Übergabe			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
AP7: Rechtliches und Bewilligungen					■	■	■	■	■	■	■	■		
AP8: Finanzierung					■	■	■	■	■	■	■	■		
AP9: Kommunikation	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

▲ Arbeitspakete im CO₂-Kompetenzzentrum mit indikativer Zeitschiene

Zur Verwendung von CO₂ wurden erste Gespräche zu einer Zusammenarbeit mit Prof. Markus Friedl von der Hochschule OST in Rapperswil am Institut für Energietechnik geführt. Seine Gruppe setzt sich intensiv mit Power-to-X Anwendungen auseinander.

▼ Walter Furgler und Daniel Marxer zu Besuch im norwegischen Technology Centre Mongstad. Rechts im Bild Anette Knarvik, Prozessingenieurin bei Equinor



Team KVA Linth/ZAR, Niederurnen

Walter Furgler

Leiter Kompetenzzentrum CO₂,
Geschäftsführer KVA Linth

Dr. Daniel Marxer

Projektingenieur CO₂-Kompetenzzentrum

Stefan Ringmann

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Leiter Technik & Verfahren KVA Linth

Öffentlichkeit

Kompetenzzentrum KEZO, Hinwil (ZH)

Auch im 2022 war das Interesse aus dem In- und Ausland sehr hoch. Es konnten zahlreiche Delegationen begrüsst und über die laufenden Entwicklungsprojekte aber auch über den 24/7-Betrieb der Schlackenaufbereitung in der ZAV Recycling AG informiert werden.

- ▶ HZI-Inova: Top-Management Schweiz
- ▶ HZI-Inova: Top-Management Japan
- ▶ Covanta USA
- ▶ Covanta GB
- ▶ Veolia Frankreich/Belgien
- ▶ Veolia Taiwan
- ▶ Universität Pennsylvania USA

Erfreulich war auch die Reportage auf der Plattform swissinfo.ch, einem zehnsprachigen Online-Dienst der SRG für das internationale, an der Schweiz interessierte Publikum.

Link: <https://www.swissinfo.ch/ger/kezo-hinwil-hitachi-zosen-wie-der-schweizer-muell-nach-gold-gefiltert-wird--mit-erfolg-/48062592>

Kompetenzzentrum KEBAG, Zuchwil

Tagungen

Ecomondo, Rimini, 10.11.2022 (online-Vortrag)

Berichte

Zusammenfassender Bericht «Runder Tisch Phosphorrückgewinnung Olten» am 15.11.2022 – Integraler Lösungsansatz zur Umsetzung der Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm und Tier-/Knochenmehl in der Schweiz.

Präsentationen für Besuchergruppen

Neben diversen Besprechungen/Präsentationen mit kantonalen und Bundesstellen zum Thema Phosphor wurden folgende Gruppen begrüsst:

- ▶ ETH Zürich, Alumni
- ▶ Stadt Wien
- ▶ Kläranlagen Elsass, Valeaurhin
- ▶ ICL Fertilizers (Israel, Deutschland, Holland)

- ▶ Hitachi Zosen Japan
- ▶ SECO, Unido Study Tour 2022 (Internationale Teilnehmer)

CO₂-Kompetenzzentrum, KVA Linth

Beiträge/Präsentationen

- ▶ Erfahrungsaustausch Bayerisches Landesamt für Umwelt Augsburg
- ▶ Swissenviro Seminar NET und CCS
- ▶ 3-Ländertagung Wien
- ▶ BAFU Fachtagung Bern
- ▶ VBSA Fachtagung Olten

Auslandsreisen

- ▶ Kanada – Besuch von diversen Anlagen, Anbietern, und einer Messe. Reise organisiert durch den Handelsbeauftragten der kanadischen Botschaft in Bern.
- ▶ Dänemark – Workshop zum Thema CCS beim Hauptsitz der Firma Ramboll in Kopenhagen
- ▶ Deutschland – Carbon Capture Technology Messe und Konferenz in Bremen
- ▶ Norwegen – Besuch eines Technologieanbieters (Aker Carbon Capture), einer KVA mit CCS Projekt (Celsio Oslo Varne) und eines Testcenters für CO₂ Abscheidung (Technology Centre Mongstad)
- ▶ Norwegen – Stakeholder Event des BAFU in Oslo

Auszug aus der Stiftungsurkunde

Die Stiftung

Art. 2

Die Stiftung bezweckt die Förderung einer nachhaltigen Stoffpolitik im Rahmen der Behandlung und Verwertung von Abfällen. Sie fördert die Weiterentwicklung des Standes der Technik und unterstützt die entsprechenden Entwicklungsaktivitäten, die in unmittelbarer Nähe zum Kehrrechtwerk des Zweckverbandes Kehrrechtverwertung Zürcher Oberland KEZO in Hinwil/ZH oder deren Rechtsnachfolgerin erfolgen sollen. Die Stiftung kann auch die Verwertung der Erkenntnisse unterstützen.

Mit einer breiten schweizerischen Trägerschaft und Zusammenarbeit mit den interessierten Kreisen soll dafür gesorgt werden, dass die gewonnenen Erkenntnisse in die Anlagenentwicklung und in den Anlagenbau in der Schweiz oder im Ausland einfließen.

Der Stiftungszweck kann in einem späteren Zeitpunkt auf Tätigkeiten mit ähnlicher Zielrichtung ausgedehnt werden.

Eine Änderung des Stiftungszwecks gemäss Art. 86a ZGB bleibt vorbehalten. Die Stiftung verfolgt keine kommerziellen Zwecke und ist nicht gewinnorientiert.

Stifter

VBSA

Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen

Kanton Zürich

Baudirektion, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL)

KEZO

Zweckverband Kehrrechtverwertung Zürcher Oberland, Hinwil

Organigramm



Stiftungsrat

Adam, Franz (Präsident)	Senior Consultant
Dr. Fahrni, Hans-Peter (Vizepräsident)	Senior Consultant
Christen, Daniel	SARS Stiftung Auto Recycling Schweiz, Geschäftsführer
Furgler, Walter	KVA Linth, Geschäftsführer
Dr. Gablinger, Helen	Hitachi Zosen INOVA AG, Director Product & Marketing Energy from Waste
Juchli, Markus	KEBAG AG, Direktor
Martin, Ulrich	MARTIN GmbH, Eigentümer
Morgan, Kurt	NEROS Netzwerk mineralische Rohstoffe Schweiz, Geschäftsführer
Steiner, Peter	KVA Thurgau, Vorsitzender der Geschäftsleitung / Vizepräsident VBSA

Technischer Beirat

Dr. Morf, Leo (Vorsitz)	AWEL, Stv. Sektionsleiter, Klärschlamm, Kehrichtverbrennungsanlagen, Biomassekraftwerke (mit Altholz)
Bolliger, Markus	Jura Cement AG, Wildegg
Budde, Ivo	Hitachi Zosen INOVA AG
Prof. Dr. Ing. Deike, Rüdiger	Institut für Technologien der Metalle, Universität Duisberg-Essen
Dr. Eggenberger, Urs	Institut für Geologie, Universität Bern
Prof. Dr. Hellweg, Stefanie	ETH Zürich, Institut für Umweltingenieurwissenschaften, Zürich
Dr. Ing. Koralewska, Ralf	MARTIN GmbH, München
Dr. Liechti, Jürg	Neosys AG, Gerlafingen
Dr. Zeltner, Christoph	Stahl Gerlafingen AG, Gerlafingen

Donationen

AIK Technik AG	Sursee
ERZ Entsorgung + Recycling Zürich	Zürich
Hitachi Zosen INOVA AG	Zürich
KEBAG AG	Zuchwil
KEZO Kehrichtverwertung Zürcher Oberland	Hinwil
Magaldi Industrie s.r.l.	Salerno (I)
MARTIN AG für Umwelt- und Energietechnik	Wettingen
Renergia Zentralschweiz AG	Perlen
SARS Stiftung Auto Recycling Schweiz	Bern
SATOM AG	Monthey
Verband KVA Thurgau	Weinfelden
WIEDAG AG	Oetwil a.S.
ZAV Recycling AG	Hinwil
Zweckverband für Abfallverwertung im Bezirk Horgen	Horgen

Projektbeiträge CO₂ -Kompetenzzentrum

Bundesamt für Umwelt BAFU	Bern
VBSA Klimafonds	Bern
KVA Linth	Niederurnen
KEZO Kehrichtverwertung Zürcher Oberland	Hinwil
Stiftung Glarner Kantonalbank	Glarus



Finanzbericht

Erfolgsrechnung

	2022 [CHF]	2021 [CHF]	Budget 2023 [CHF]
Erträge			
Donatorenbeiträge	540 000.00	429 986.00	445 000.00
Sonstiger Ertrag	180.00	7 937.00	1 000.00
Förderbeiträge BAFU	100 000.00	0.00	0.00
Dienstleistungserträge	782 045.37	948 668.90	747 000.00
Total Erträge	1 422 225.37	1 386 591.90	1 193 000.00
Personalaufwand			
Löhne Dritte	391 039.52	438 385.75	593 000.00
AHV/IV/EO/ALV/Dritte	80 925.72	102 098.01	138 000.00
Sonstiger Personalaufwand	19 691.99	5 352.14	10 000.00
Aus- und Weiterbildung Mitarbeitende	0.00	0.00	4 000.00
Total Personalaufwand	491 657.23	545 835.90	745 000.00
Sonstiger Betriebsaufwand			
Materialaufwand	61.32	1 242.20	127 000.00
Analysen	15 583.01	13 259.43	66 000.00
Aufwand für Dritteleistungen	16 367.81	32 921.32	20 000.00
Aufwand für Schlacken	79 140.00	89 860.00	197 000.00
Aufwand Neuentwicklung Sieb	0.00	3 423.80	0.00
Aufwand Phos4life®	401 959.64	269 966.98	700 000.00
Aufwand CSS	16 770.37	0.00	80 000.00
Aufwand Projekte	10 373.70	63 976.48	70 000.00
Projektrückstellungen	218 223.11	313 878.61	-950 000.00
Mietaufwand KEBAG	65 000.00	65 000.00	65 000.00
Verwaltung & Informatikaufwand	11 405.74	16 404.13	15 000.00
Werbung	4 612.12	2 500.00	5 000.00
Repräsentationsspesen	1 334.98	74.59	2 000.00
Kosten Stiftungsrat	4 686.27	4 061.04	7 500.00
Kosten Technischer Beirat	0.00	0.00	2 000.00
Übrige Betriebskosten	11 279.83	4 794.70	30 000.00
Mehrwertsteuer aus Subventionen	116 221.49	0.00	0.00
Total Sonstiger Betriebsaufwand	973 019.39	881 363.28	436 500.00
Total Betriebsaufwand	1 464 676.62	1 427 199.18	1 181 500.00
Betriebsergebnis vor Abschreibungen & Zinsen	-42 451.25	-40 607.28	11 500.00
Abschreibungen/Wertberichtigungen	0.00	0.00	0.00
Betriebliches Ergebnis vor Zinsen	-42 451.25	-40 607.28	11 500.00
Finanzaufwand	191.99	253.24	0.00
Finanzertrag	0.00	0.00	0.00
JAHRESGEWINN /(JAHRESVERLUST)	-42 643.24	-40 860.52	1 500.00

Bilanz

	31.12.2022 [CHF]	%	31.12.2021 [CHF]	%
Aktiven				
Flüssige Mittel	1 887 618.34	87.8%	1 831 417.56	82.7%
Raiffeisenbank Uster, Kontokorrent	1 887 618.34		331 417.56	
Raiffeisen Sparkonto 31	0.00		500 000.00	
Raiffeisen Sparkonto 90	0.00		500 000.00	
Raiffeisenbank Uster, Anlagekonto	0.00		500 000.00	
Forderungen aus Lieferungen & Leistungen	163 130.00	7.6%	239 896.50	10.8%
Forderungen Donatorenbeiträge	140 000.00		175 000.00	
Forderungen Dritte	23 130.00		64 896.50	
Aktive Rechnungsabgrenzung	100 000.00	4.6%	143 114.80	6.5%
Aktive Rechnungsabgrenzung TA	100 000.00		143 114.80	
Umlaufvermögen	2 150 748.34	100.0%	2 214 428.86	100.0%
Mobile Sachanlagen	0.00	0.0%	0.00	0.0%
iCAP 7600 ICP-OES Duo (Analysegerät)	87 789.84		87 789.84	
Spectro Blue 138491	60 217.92		60 217.92	
Scheibenschwingmühle	22 109.83		22 109.83	
Wertberichtigung Werkzeuge und Geräte	-170 117.59		-170 117.59	
Anlagevermögen	0.00	0.0%	0.00	0.0%
TOTAL AKTIVEN	2 150 748.34	100.0%	2 214 428.86	100.0%
Passiven				
Verbindlichkeiten aus Lieferungen & Leistungen	10 064.85	0.5%	140 050.25	6.3%
Kreditoren Dritte	1 587.74		108 202.21	
Kreditor ESTV, Mehrwertsteuer	8 477.11		26 936.29	
Kreditoren KEZO	0.00		4 911.75	
Kurzfristige verzinsliche Verbindlichkeiten	0.00	0.0%	0.00	0.0%
Mehrwertsteuer/Umsatzsteuer	0.00		0.00	
Passive Rechnungsabgrenzung	1 928 864.94	89.7%	1 819 916.82	82.2%
Passive Rechnungsabgrenzung TP	144 795.95		254 070.94	
Rückstellung Projekte	1 784 068.99		1 565 845.88	
Kurzfristiges Fremdkapital	1 938 929.79	90.2%	1 959 967.07	88.5%
Stiftungskapital	100 000.00		100 000.00	
RESERVEN				
Projektreserve	154 461.79		195 322.31	
Jahresergebnis	-42 643.24		-40 860.52	
Eigenkapital	211 818.55	9.8%	254 461.79	11.5%
TOTAL PASSIVEN	2 150 748.34	100.0%	2 214 428.86	100.0%

Impressum

Herausgeber	Stiftung Zentrum für nachhaltige Abfall- und Ressourcennutzung ZAR
Gestaltung/Redaktion	F. Böni
Text	F. Adam (S. 3), D. Böni (S. 5–10 & 12), Dr. S. Schlumberger (S. 11), D. Marxer (S. 12–14), M. Hossmann (S. 17 & 18)
Bilder und Grafiken	Stiftung ZAR (S. 6, und 18) Fiedler Beck Ing. AG Hamburg, Zweigniederlassung Zürich (Titelblatt, S. 11) KVA Linth (S. 14)
Gedruckte Auflage	250 Exemplare
Elektronische Version	In deutscher und englischer Sprache als PDF-Datei auf www.zar-ch.ch
Nachdruck oder elektronische Wiedergabe ausschliesslich mit Quellenangabe gestattet.	
© 2023 ZAR, Hinwil	



STIFTUNG ZENTRUM FÜR NACHHALTIGE
ABFALL- UND RESSOURCENNUTZUNG

Wildbachstrasse 2
8340 Hinwil
Tel + 41 44 938 31 11
Fax + 41 44 938 31 08
E-mail info@zar-ch.ch
www.zar-ch.ch