

Zuwendungsempfänger:

Silberland Sondermaschinen und Fördertechnik GmbH
Straße der Freundschaft 146
09419 Thum, OT Jahnsbach

Förderkennzeichen:

033RK034 C

Vorhabenbezeichnung:

KMU-innovativ - Verbundvorhaben ReMets-plus: Entwicklung einer innovativen verfahrens-
technischen Apparatur zur biologischen Rückgewinnung von Metallen und Edelmetallen aus dünnen
Beschichtungen, Teilaufgabe: Apparatechnik

Laufzeit des Vorhabens:

01.03.2016 bis 30.06.2018

Schlussbericht

Vertraulich

erstellt von:

Silberland Sondermaschinen und Fördertechnik GmbH

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Die Verantwortung für den Inhalt dieser
Veröffentlichung liegt beim Autor.

Thum, OT Jahnsbach, im Dezember 2018

Inhalt

I.	Kurzdarstellung des Vorhabens	3
I.1	Aufgabenstellung	3
I.2	Voraussetzungen von Silberland, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde.	4
I.3	Planung und Ablauf des Vorhabens	4
I.4	Wissenschaftliche und technische Ausgangssituation	5
I.4.1	Benutzte Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte	5
I.4.2	Verwendete Fachliteratur, Informations- und Dokumentationsdienste	5
I.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	6
II.	Eingehende Darstellung	7
II.1	Verwendung der Zuwendung, erzielte Ergebnisse, Gegenüberstellung Ziele/ Ergebnisse	7
II.2	Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	13
II.3	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	13
II.4	Nutzbarkeit und Verwertbarkeit der Ergebnisse	13
II.5	Fortschritte bei anderen Stellen	14
II.6	Erfolgte und geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse	14

Anhang 1: Konstruktion Technikumsreaktor, Übersicht

Anhang 2: Schema Steuerung

Anhang 3: Konzept Steuerung und Leittechnik

Anlage:

III. Erfolgskontrollbericht Silberland

I. Kurzdarstellung des Vorhabens

I.1 Aufgabenstellung

Die Silberland Sondermaschinen und Fördertechnik GmbH plant, konstruiert, fertigt, liefert und montiert seit über 25 Jahren Sondermaschinen und Sonderkonstruktionen nach Kundenanforderung sowie fördertechnische Anlagen und Ausrüstungen. Vom Unternehmen ausgeführt werden dabei sowohl Einzelaggregate als auch Komplettanlagen. Insbesondere im Anlagenbau für den Abfall- und Recyclingbereich besitzt Silberland umfangreiche Erfahrungen. So wurden beispielsweise wesentliche Teile der Kunststoff-Aufbereitungsanlage der Erlos im Rahmen der Anlagenertüchtigung geliefert.

Die apparative Ausstattung einer Anlage zur biologischen Laugung von Metallen war für Silberland eine vollkommen neue und interessante Herausforderung. Neben bekannten Förder- und Prozesselementen, wie Pumpen, Verdichter, Behälter und Rohrleitungen war insbesondere das zu handelnde Medium (Laugungsflüssigkeit) für Silberland eine bisher unbekannte Größe. Das Ziel des gemeinsamen F/E-Projektes war es, auf Basis der Laborversuche bei der BTU eine effiziente und kostengünstige Verfahrenstechnik zu entwickeln, die es erlaubt, dünne metallische Beschichtungen (galvanisierte Chromschichten und Edelmetallbeschichtungen) von den aus Kunststoffen bestehenden Trägermaterialien abzutrennen und Bestandteile selektiv zurück zu gewinnen. Die anlagentechnische Realisierung oblag dabei Silberland.

Die wesentlichen Schwerpunkte des Vorhabens waren:

- die Entwicklung einer speziellen apparativen Lösung für die biotechnologische Laugung von metallisch beschichteten Kunststoffbauteilen (Chromteile aus dem Automobilrecycling bzw. goldbeschichtete Teile)
- die Planung, konstruktive Umsetzung, Fertigung, Montage und Inbetriebnahme der Technikumsanlage
- die Abscheidung und Rückgewinnung der Metalle, Edelmetalle und Metallverbindungen sowie der abgereinigten Kunststoffteile

Das Verbundprojekt beinhaltete die Entwicklung einer verfahrenstechnischen Lösung zur biotechnologischen Aufbereitung vorbehandelter Materialien zur Rückgewinnung der Wertmetalle Kupfer, Nickel und Chrom bzw. Gold und Kupfer zur weiteren stofflichen Verwertung. Mit der im Verbund der Unternehmen und der BTU umgesetzten Technologie, wurde eine vollkommen neue innovative Recyclinglösung entwickelt, welche hochwertige Sekundärrohstoffe erzeugt und gleichzeitig die stoffliche Verwertung aller Materialien sichert.

I.2 Voraussetzungen von Silberland, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

- Detaillierte Kenntnisse und langjährige Erfahrungen in den Bereichen Sondermaschinenbau (Engineering, maschinentechnische Konstruktion, Fertigung, Inbetriebnahme, Service) und Recyclinganlagen
- Erfahrungen aus der Inbetriebnahme und dem Probetrieb von industriellen Aufbereitungsanlagen im Recyclingbereich
- Gezielte Auswahl von Prozessen und Algorithmen für spezielle maschinentechnische Aufgaben
- Unterstützung von F/E-Vorhaben durch Entwicklung und Lieferung spezieller Komponenten und Aggregate
- Kooperation mit Unternehmen verschiedener Größe sowie wissenschaftlichen Einrichtungen für spezifische Projektbestandteile
- Konzipierung, Konstruktion und Herstellung von Spezialwerkzeugen und -aggregaten

I.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Vorhaben wurde von 2016 bis Mitte 2018 gemäß Projektablaufplan durchgeführt. Die Gesamtprojektleitung und -koordination erfolgte durch die ERLOS GmbH, wobei infolge des Geschäftsführerwechsels bei der Erlos die Gesamtprojektleitung im Jahre 2017 von Herrn Pempel zu Herrn Dr. Schmidt wechselte. Die Teilprojektleitung wurde durch den Geschäftsführer der Silberland Sondermaschinen und Fördertechnik GmbH, Herrn Herpich, wahrgenommen.

Die Teilaufgaben konnten von Silberland vollständig erfüllt werden. Hinsichtlich der Zeitplanung entstand durch Lieferengpässe und -verzögerungen bei einzelnen Komponenten der Technikumsanlage bei der Fertigung ein geringer Zeitverzug. Durch die vom Projektträger genehmigte Verlängerung der Projektlaufzeit bis zum 30.06.2018 konnten alle Aufgaben im Rahmen des Vorhabens erledigt werden.

Zur Abstimmung der Einzelaufgaben mit den Projektpartnern erfolgten im April und im November 2016 sowie im Oktober 2017 Projektbesprechungen mit allen Partnern. Daneben erfolgten häufige bilaterale Treffen und Abstimmungen mit einzelnen Partnern, insbesondere mit der BTU Cottbus-Senftenberg sowie mit m&k.

I.4 Wissenschaftliche und technische Ausgangssituation

I.4.1 Benutzte Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte

Bei der Entwicklung, Planung und konstruktiven Umsetzung der Verfahrenskette für die biologische Laugung der Beschichtungen wurde weitgehend auf Technologien, Geräte, Werkzeuge und Aggregate zurückgegriffen, die den Stand der Technik verkörpern. Weiterhin flossen in die Entwicklung die Erfahrungen und Erkenntnisse der BTU und der Erlös aus anderen Projekten ein.

Für die maschinentechnische Konstruktion der Technikumsanlage kam das CAD-Programm "Inventor" zum Einsatz. Die Planung und Ausführung der elektrischen Anlage und der Steuerung wurde zum Teil an Unterauftragnehmer fremd vergeben. Für die Steuerung wurden insbesondere Messumformer, Data-Manager und Sensoren/ Messfühler der Fa. Endress+Hauser verwendet.

Die Vorlage- und Laugungsbehälter wurden doppelwandig und in Kunststoff ausgeführt. Die verwendeten Einzelaggregate (Pumpen, Behälter, Heizungen, Ventile, Rohrleitungen etc.) entsprechen dem Stand der Technik und werden für verschiedene Anwendungen in der Biotechnologie sowie in der chemischen Verfahrenstechnik genutzt. Sie unterliegen keinen Nutzungseinschränkungen.

Die verwendeten Aggregate, Verfahren oder Technologien, soweit sie nicht im Rahmen des Vorhabens neu entwickelt wurden, unterliegen keinen Nutzungseinschränkungen oder fremden Schutzrechten. Die gemeinsam mit den anderen Projektpartnern entwickelte verfahrenstechnische Lösung zur biotechnologischen Laugung von dünnen Metallschichten stellt in ihrer Gesamtheit und in der ausgeführten Kombination verschiedener Aggregate eine Neuentwicklung dar.

I.4.2 Verwendete Fachliteratur, Informations- und Dokumentationsdienste

Durch die Fa. Silberland wurden im Rahmen des Projektes keine Informations- und Dokumentationsdienste in Anspruch genommen. Für die Verfahrensentwicklung und die Durchführung des Vorhabens wurden u. a. die folgenden Informations- und Literaturquellen von Silberland verwendet:

- Jüsche, M., Schlender, O., Hanken, O., Rübiger, N., Kupferrückgewinnung aus Industrieabwasser, Wasserwirtschaft Wassertechnik, Special Achema, Huss Medien GmbH Berlin, 2003, 45-48
- Peters-Erjawetz, S., Rübiger, N., Rückgewinnung von Kupfer. Industrie + Wasser Special, 9, 2009, 8-11

- Neale, J.: Bioleaching technology in minerals processing, Mintek Biotechnology Division, South Africa, 09/2006
- Rossi, G., The design of bioreactors, Elsevier, Hydrometallurgy, 59, 2001, 217–231

I.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Im Rahmen von Unteraufträgen oder unternehmerischen Kooperationen wurde insbesondere mit den folgenden Unternehmen zusammengearbeitet:

Firmennamen aus Datenschutzgründen gelöscht

II. Eingehende Darstellung

II.1 Verwendung der Zuwendung, erzielte Ergebnisse, Gegenüberstellung Ziele/ Ergebnisse

Verwendung der Zuwendung

Die Verwendung der Fördermittel erfolgte durch Silberland jederzeit entsprechend den geltenden Gesetzen, Richtlinien und den Bestimmungen aus dem Bewilligungsbescheid. Der Einsatz des Personals im Projekt erfolgte gemäß den durchzuführenden Arbeiten und entsprechend der fachlichen Qualifikation. Die Unteraufträge wurden an zuverlässige Unternehmen vergeben, mit denen Silberland bereits langjährig kooperiert.

Für die verwendeten Maschinen, Werkzeuge etc. erfolgte im Verlauf des Vorhabens im Bedarfsfall eine Anpassung an den technischen Projektfortschritt und den jeweiligen fachlichen Arbeitsstand. Vorhandene Geräte wurden für die speziellen Aufgaben im Rahmen des Vorhabens angepasst.

Erzielte Ergebnisse

Im Verbundvorhaben ReMETS+ konnten durch Silberland bzw. in Zusammenarbeit mit den anderen Projektpartnern folgende wichtige Ergebnisse erreicht werden:

- Neuentwicklung einer technisch vorteilhaften biotechnologischen Apparatur zur schonenden und selektiven Trennung von Metall-Kunststoff-Verbunden sowie zur Abtrennung der gewonnenen Metalle
- Nachweis der Funktionsfähigkeit der biologischen Laugung (Bioleaching) von Wertmetallen und Edelmetallen im Recyclingbereich
- Erfolgreiches Upscaling der Laboranlage um den Faktor 4 (Fassungsvermögen Laugungsbehälter: 3 Liter → 12 Liter)



Abb. 1: Technikumsanlage nach Fertigstellung (Seitenansicht)

Entwicklung Abscheideverfahren zur selektiven Metallrückgewinnung

Als Ausgangspunkt für die selektive Metallflittergewinnung war vorgesehen, die Flitter im Laugungsbehälter aufschwimmen zu lassen und über einen separaten Ablauf zu gewinnen. Diese Lösung stellte sich jedoch bei der Erprobung als nicht optimal heraus, da nur ca. 1/4 der abgelösten Metallflitter aufschwammen und der größere Teil sich trotz laufender Belüftung des Behälters am Behälterboden absetzte. Es musste festgestellt werden, dass die Metallflitter im Reaktor eine von den Becherglasversuchen deutlich abweichende Struktur und Partikelform aufwiesen.

Aus diesem Grund wurde auf den vorgesehenen separaten Ablauf verzichtet und beim Chargenwechsel die gesamte Laugungslösung über den Bodenablauf des Laugungsreaktors mitsamt den Metallflittern abgezogen. Anschließend wurde die gesamte Charge über eine Filtereinrichtung geleitet, um die Feststoffe abzutrennen.

Zur sortenreinen Rückgewinnung der beim Bioleaching abgelösten Metallflitter und -schlämme war anschließend der Test von verschiedenen Fraktionierungs- und Filtermethoden und -medien vorgesehen. Zunächst wurden Siebe mit verschiedenen Lochungen (1.000 µm, 500 µm, und 250 µm) mit der Zielstellung getestet, eine An- bzw. Abreicherung von einzelnen Metallen in den Siebfraktionen zu erreichen. Im Ergebnis dieser Versuche musste jedoch festgestellt werden, dass keine Anreicherung zu verzeichnen war. Aufgrund der hohen Viskosität der Laugungslösung war auch bei den Sieben 500 µm und kleiner nur noch ein sehr geringer Durchgang des Fluids zu verzeichnen. Die Lösung mittels Siebung erwies sich als ebenfalls nicht geeignet.

Die Lösung für die Problematik wurde im Endeffekt durch eine Flachfiltration mittels Polymerfilter gefunden. Auf das 1-mm-Sieb wurde ein spezielles Filterpapier (1,0 mm stark) aufgelegt, mit dem die Metallflitter sicher und vollständig aufgefangen werden konnten. Dies betrifft sowohl die Ni/Cr-Flitter aus dem Erlos-Material als auch die Goldflitter aus den Materialien von m&k.

Die Beprobung des verbleibenden Fluids zeigte speziell bei den Goldflittern, dass auch mit empfindlichen Methoden keine Goldrückstände in der Flüssigkeit mehr nachweisbar waren und man somit von einer vollständigen Abtrennung der Metallflitter ausgehen kann.¹ Die Metallflitter wurden nach der Abscheidung mit Wasser vom Filtermaterial entnommen, separat mit Wasser gespült und anschließend getrocknet (24 h bei 65°).

¹ Die Analytik wurde durch das Fachgebiet Physikalische Chemie der BTU durchgeführt; siehe dazu auch Endbericht BTU.

Die Methode zur Abtrennung der Metallflitter wurde in gleicher Art und Weise auf den Technikumsreaktor übertragen.



Abb. 2: Abtrenneinheit für die Metallflitter am Technikumsreaktor

Regeneration der Laugungslösung und Optimierung der Konstruktion des Rekultivierungsfermenters

Die gewählte konstruktive Ausführung des Zementationsreaktors mit der Möglichkeit zur Belüftung der kupferhaltigen Lösung gestattet bereits eine erste Regeneration der Laugungslösung. Die Tests im Laborreaktor bei der BTU zeigten, dass die Laugungslösung auch nach viermaliger Durchführung der Laugung und folgender Zementation immer noch über eine nachweisbare Reaktivität verfügte und sich durch die Beimpfung mit frischer Mikroorganismen-Lösung (ca. 100 mL) wieder gut reaktivieren ließ. Daraus wurde das Design der Technologieketten dahingehend optimiert, dass zwischen Zementation und Laugungsreaktor ein Regenerationsschritt geschaltet wurde, der in Form eines Vorlage- und Regenerationsreaktors ausgeführt wurde.

Dieser Regenerationsreaktor (B101) ist mit dem Laugungsreaktor größtenteils identisch ausgeführt (doppelwandiger Kunststoffbehälter mit Beheizung und Belüftung), wird jedoch ohne Einbauten betrieben. Im Prozessverlauf erfolgt im Regenerationsreaktor zunächst die Absenkung des beim Zementationsprozess angestiegenen pH-Wertes auf etwa 1,8 durch die Zugabe einer geringen Menge Schwefelsäure. Anschließend wird das Fluid mit frischer Laugungslösung beimpft und folgend temperiert. Dabei erfolgt eine permanente Kontrolle des pH-Wertes und des Redoxpotenzials und ggf. automatische Nachdosierung der Säure und Erhöhung der Temperatur. So kann eine signifikante Erhöhung der Reaktivität der Mikroorganismen erreicht werden.

Nach der Einstellung von stabilen Verhältnissen und der Wiederherstellung der Reaktionsfähigkeit der Lösung wird die derart vorbereitete Flüssigkeit mittels Pumpe (P103) in den ebenfalls temperierten Laugungsreaktor (B1029) umgepumpt und der Laugungsvorgang kann be-

ginnen. Das Betriebsregime ist in der gesamten Anlage so vorgesehen, dass während die Laugung erfolgt, gleichzeitig eine weitere Charge Fluid zementiert wird und sich eine dritte Charge zur Regeneration im Vorlagereaktor befindet. So können ein quasi-kontinuierlicher Betrieb gewährleistet und ggf. auftretende Stillstandsphasen für Reinigung oder Wartung überbrückt werden.

Die folgende Abbildung zeigt die konstruktive Ausführung des Behälters im Detail.

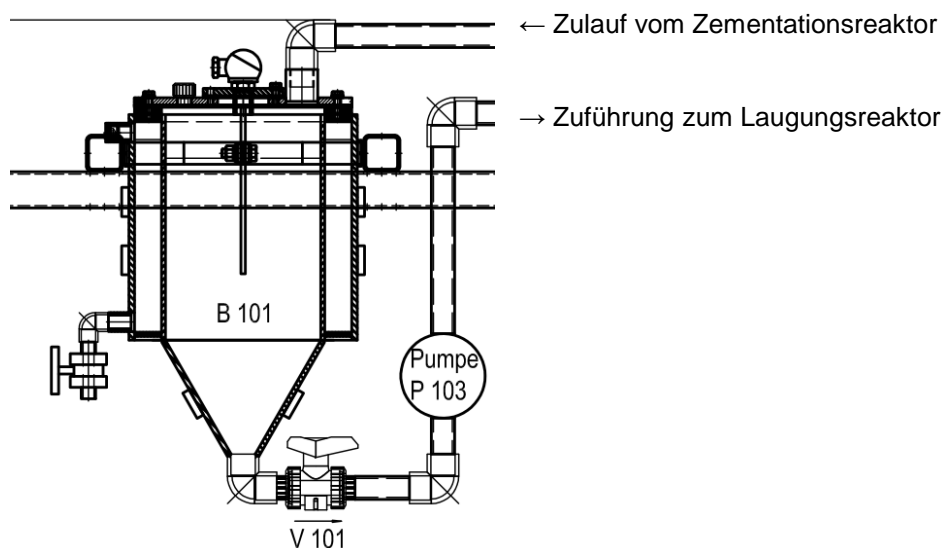


Abb. 3: Regenerationsreaktor und Vorlagebehälter (Ausschnitt Konstruktionszeichnung)

Entwicklung und Optimierung Reaktorsystem

Das Reaktorsystem wurde zunächst mit verschiedenen Einsatzmaterialien in mehreren Versuchen betrieben. Generell erwies sich die gewählte Art und Weise der Ausführung als betriebsfähig, allerdings wurden während des Betriebes bereits Optimierungen durchgeführt, die in die Gestaltung des Technikumsreaktors eingeflossen sind. Dies betrifft v. a. folgende apparative Gestaltungen:

Vorteilhaft ist die konische Ausformung des Reaktorbodens, durch den eine vollständige Entleerung ohne Kippen des Behälters erfolgen kann. Am Boden sind ein Ablaufstutzen und ein Absperrventil angebracht. Aufgrund der bereits erwähnten unterschiedlichen Materialbeschaffenheit der Flitter gegenüber den Becherglasversuchen können so die Metallflitter, ins-

besondere auch die Feinstpartikel, gut über den Bodenablauf abgezogen werden. Aufgrund der Gestaltung des Ablaufes sind keine Verstopfungen oder Brücken zu befürchten. Der ursprünglich vorgesehene zweite Ablaufstutzen wurde nicht ausgeführt.

Die ursprünglich gewählte Beheizung des Laugungsreaktors mittels Heizpatrone ist ineffektiv und erreicht nicht die vorgesehenen Laugungstemperaturen, da die Heizpatrone nur ihr unmittelbares Umfeld erwärmt und dann abschaltet. Der Laugungsbehälter und auch der Vorlage- und Regenerationsbehälter sind deshalb doppelwandig ausgeführt, dass eine effektive und gleichmäßige Wandbeheizung möglich ist.

Upscaling Anlagentechnik, Darstellung des Gesamtverfahrens

Basierend auf den Ergebnissen der Laborreaktorversuche erfolgte das Upscaling auf die nächste Behältergröße. Während der Laborreaktor maximal 3 L Laugungsflüssigkeit fasst, wurde die Technikumsanlage auf ein Fassungsvermögen von maximal 12 Liter ausgelegt.

Das Prinzip der Anlage besteht aus den Grundbausteinen Vorlagebehälter, Laugungsreaktor, Zementations-/ Regenerationsreaktor:

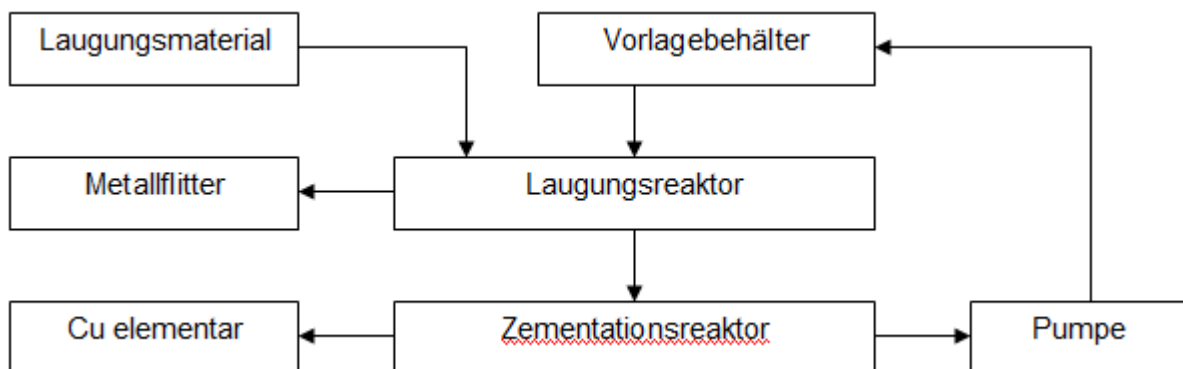


Abb. 4: Prinzipieller Aufbau der Technikums-Laugungsapparatur

Die entsprechende Konstruktionsskizze ist in Anhang 1 enthalten.

Nach dem Laugungsbehälter und nach dem Zementationsbehälter sind entsprechende Filtereinheiten (F101 und F102) angeordnet, über die jeweils eine Separation der metallischen Feststoffe erfolgt.

Die Steuerung der Gesamtanlage ist so ausgeführt, dass eine permanente Überwachung und Aufzeichnung von pH-Wert, Temperatur und Redoxpotenzial möglich ist, wobei die Temperierung von Vorlagebehälter und Laugungsreaktor auf die vorgegebene Temperatur

sowie die Zugabe von Säure zum Einstellen des pH-Wertes ebenfalls automatisch erfolgen wird. Das dazu erstellte Steuerungskonzept ist aus den Anhängen 2 und 3 ersichtlich.

Gegenüberstellung der Projektziele und –ergebnisse

Tab. 1: Gegenüberstellung der Projektziele und –ergebnisse im Teilprojekt C

Zielstellung/ zu lösende Problematik	Ergebnis
Entwicklung einer Laugungsapparatur für das Bioleaching von wertmetallhaltigen Abfallstoffen	Anlagenkonfiguration als Technikums- und Testanlage ausgeführt und erfolgreich erprobt
Umsetzung der entwickelten technologischen Aufbereitungslinie	Technische Realisierung der Laugungsapparatur in Form einer kompakten Technikumsanlage mit 12 L Fassungsvermögen des Reaktorbehälters
Optimierung der Abscheidung werthaltiger Metallflitter als Feststoff	Geeignete Filterlösung entwickelt und getestet. Keine Edelmetall- oder Wertmetallverluste
Anlagenbetrieb mit hohem Automatisierungsgrad	Weitgehende Automatisierung des laufenden Anlagenbetriebes, Manuelle Tätigkeiten nur noch zur Beschickung der Behälter und der Entnahme der Produkte erforderlich

II.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Tab. 2: Zahlenmäßiger Nachweis Silberland

Ausgabenart	Bezeichnung	Betrag [€]
0813	Material und Fremdleistung	28.001,00
0837	Personalkosten	207.515,85
0838	Reisekosten	1.360,00

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Aus Sicht von Silberland waren alle durchgeführten Arbeiten für den Projekterfolg erforderlich. Ohne die einzelnen Versuche, den Betrieb des Laborreaktors sowie die damit in Zusammenhang stehenden Optimierungsarbeiten wäre es nicht gelungen die Technologiekette und den Technikumsreaktor in der vorliegenden Form zu entwickeln und zu realisieren.

Den beteiligten Mittelständlern, insbesondere auch der Fa. Silberland, wäre es ohne die erteilte Bundesmittelförderung nicht gelungen, in der Projektlaufzeit entsprechende Finanzmittel eigenständig zu generieren und für Entwicklungsarbeiten zu investieren. Dadurch, dass es sich bei der vorliegenden Entwicklung um eine für Silberland vollkommen neue Technologie handelt und teilweise auch neue Herstellungs- und Verarbeitungstechnologien notwendig wurden, wäre eine Durchführung ohne öffentliche Unterstützung nicht realisierbar gewesen.

Rückblickend ist festzustellen, dass alle durchgeführten Arbeiten sinnvoll für den Projekterfolg waren und auch die wenigen nicht zum unmittelbaren Erfolg führende Tests im Sinne des Gesamtvorhabens nützlich und notwendig waren. Es ist festzustellen, dass alle geleisteten Arbeiten für die Abarbeitung der Projekthalte und damit den Nachweis der Funktionalität essentiell erforderlich waren. Es wurden keine Arbeiten durchgeführt, die nicht im Sinne des Projekterfolges notwendig waren.

II.4 Nutzbarkeit und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Im Rahmen des durchgeführten Projektes konnte die Machbarkeit der Biotechnologischen Aufbereitung von wert- und edelmetallhaltigen Abfallstoffen mit der entwickelten technologischen Verfahrenskette erfolgreich nachgewiesen werden. Die erarbeitete Technologie und die in diesem Zusammenhang erstellte Technikumsanlage stellt eine ökologisch sinnvolle Alternative zu der bisher praktizierten Entsorgung derartiger werthaltiger Materialien dar.

Während der Projektlaufzeit sind keine Erkenntnisse aus dem Netzwerk der Projektteilnehmer erkennbar geworden, die die Aussagekraft der Untersuchungen und ihrer Nutzbarkeit in

einer industriellen Umsetzung grundsätzlich anders darstellen würden. Die industrielle Umsetzbarkeit der biologischen Laugung für galvanisierte Kunststoffe erscheint zwar derzeit aufgrund fehlender Wirtschaftlichkeit vorerst nicht sinnvoll, sollte aber perspektivisch möglich sein. Silberland wird gemeinsam mit den Unterauftragnehmern, die auch im Projekt tätig geworden sind, in jedem Falle für potenzielle Anlagenerrichter und -betreiber aller Art ein kompetenter und über entsprechende Erfahrungen verfügender Partner sein.

II.5 Fortschritte bei anderen Stellen

Für die konstruktiven und apparativen Lösungen des im Projekt entwickelten biotechnologischen Recyclingverfahrens sind Silberland keine Entwicklungen bekannt geworden, die das im F/E-Projekt erreichte Niveau erreichen. Auch von anderen Projekten zum Bioleaching im Zusammenhang mit der Nutzung werthaltiger Materialien oder Recyclate, sind Silberland bisher keine Industrieanlagen bekannt. Die Realisierung von ähnlichen Vorhaben ist z. B. im Erzgebirge im Altlastenbereich zur Sanierung von Halden im Nickelbergbau bekannt. Dabei wurden jedoch keine speziellen Reaktoren oder Verfahrensketten entwickelt.

Silberland ist kein Unternehmen im Sondermaschinenbau bekannt, welches sich derzeit gezielt mit der Entwicklung von Apparaturen zur biologischen Laugung beschäftigt und den Status "Technikumsanlage" bereits erreicht haben könnte. Konkurrierende Unternehmen sind zumeist im Bereich des Anlagenbaues für die nass-chemische Aufbereitung zu finden.

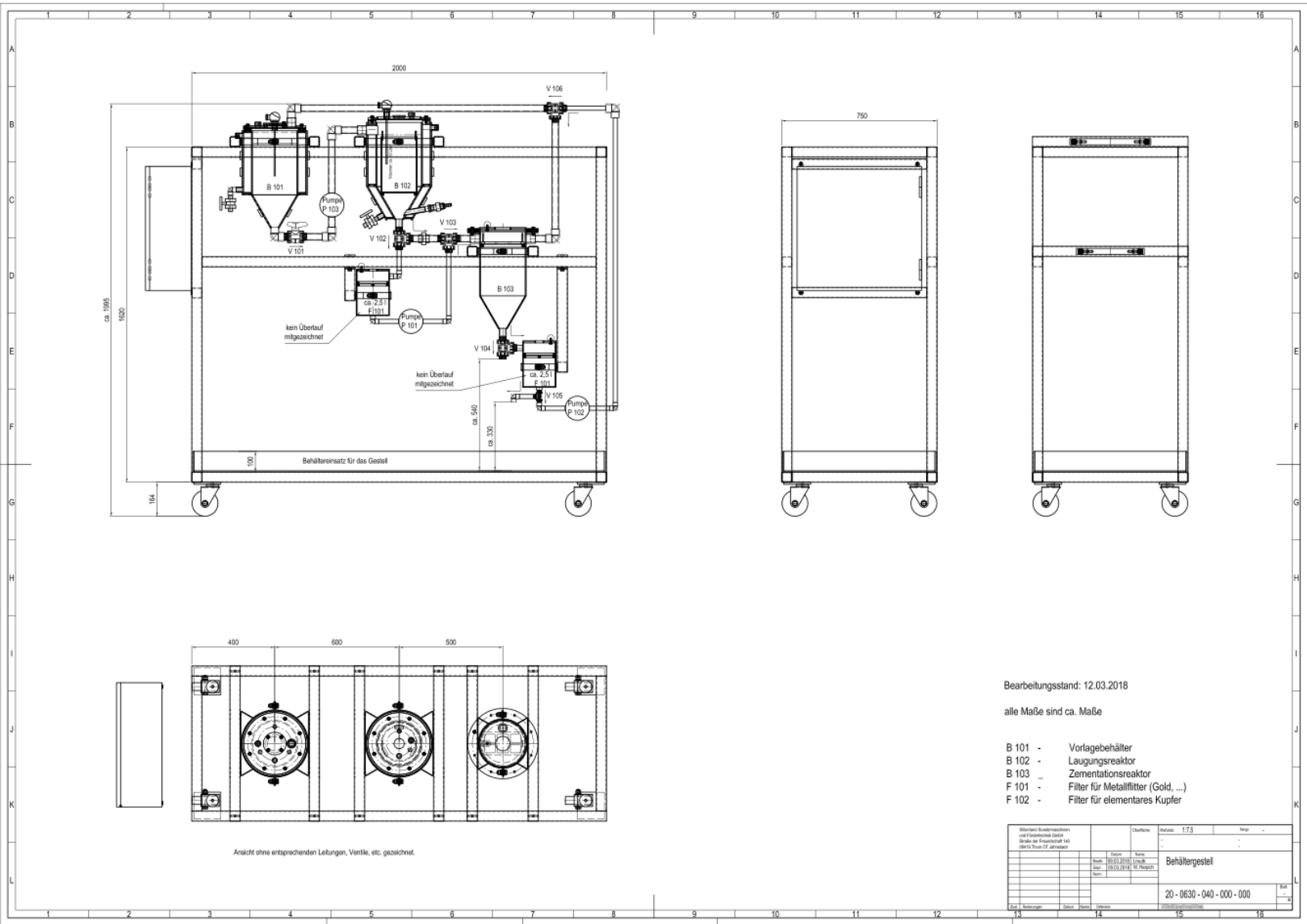
II.6 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse

Silberland war an den im Zusammenhang mit dem Projekt durchgeführten Veröffentlichungen nicht direkt beteiligt, da im Bereich Sondermaschinenbau keine derartigen wissenschaftlichen Veröffentlichungen üblich sind und auch nicht im primären Interesse des Unternehmens liegen. Zum Vorhaben ReMets+ insgesamt erfolgten die folgenden Veröffentlichungen:

- Markowski, J., Ay, P., Pempel, H., Logsch, F., Recycling of metal-coated plastic parts from end-of-life-vehicles (ELV) with biotechnological methods, XXVIII International Mineral Processing Congress (IMPC 2016), Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, Paper 191, ISBN 978-1-926872-29-2, 11.-15.9.2016, Québec (Kanada)
- Markowski, J., Pempel, H., Ay, P., Recovery of nickel-containing coatings with hydrobiotechnological methods, COM 2017, The 56th Annual Conference of Metallurgists, hosting World Gold and Nickel-Cobalt, ISBN 978-1-926872-36-0, 27.-30.8. 2017, Vancouver (Kanada)

Die beiden Konferenzbeiträge bezogen sich jeweils auf das Gesamtprojekt und die Technologie. Silberland als Projektpartner und Sondermaschinenbauer wurde darin ausdrücklich mit erwähnt. Daneben hat das Projekt großes Interesse bei Kunden von Silberland hervorgerufen. Das Bioleaching mit Abfällen wurde interessiert zur Kenntnis genommen, da es sich um eine völlig neue Form der Abfallbehandlung bzw. des Recyclings handelt. Die Gesprächspartner von Silberland kamen zu über 80% aus der Recycling- und abfallverarbeitenden Industrie, der Rest aus Ingenieurbüros und öffentlichen Einrichtungen.

Anlage 1: Konstruktion Technikumsreaktor, Übersicht



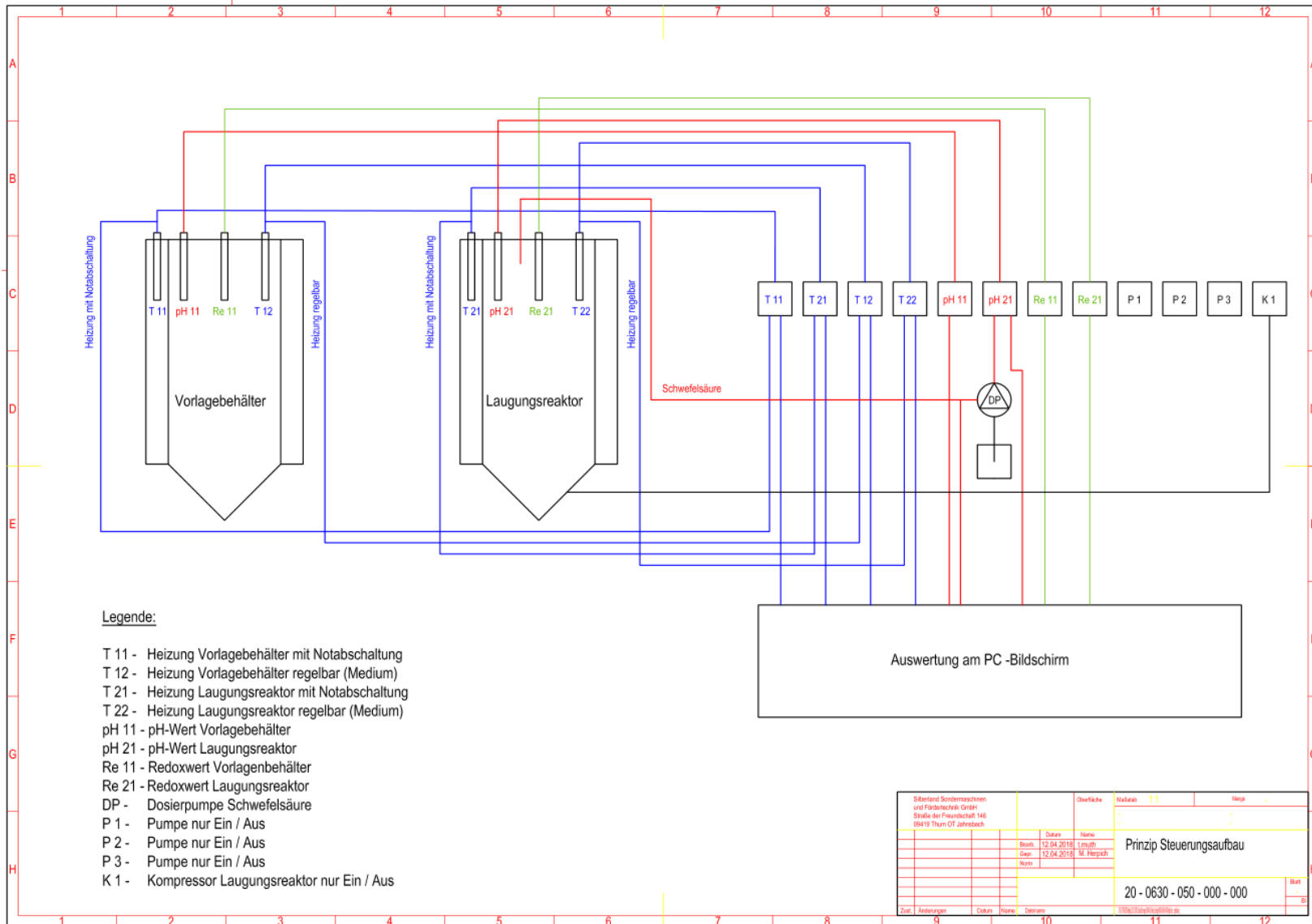
Bearbeitungsstand: 12.03.2018

alle Maße sind ca. Maße

- B 101 - Vorlagebehälter
- B 102 - Laugungsreaktor
- B 103 - Zementationsreaktor
- F 101 - Filter für Metallfilter (Gold, ...)
- F 102 - Filter für elementares Kupfer

Überblick		Bestand: 17,5	Mege: -																
Überblick		-	-																
<table border="1"> <tr> <td>Stand:</td> <td>12.03.2018</td> <td>Stand:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gepr.:</td> <td>12.03.2018</td> <td>Gepr.:</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">Behältergestell</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">20-0630-040-000-000</td> </tr> </table>				Stand:	12.03.2018	Stand:		Gepr.:	12.03.2018	Gepr.:		Behältergestell				20-0630-040-000-000			
Stand:	12.03.2018	Stand:																	
Gepr.:	12.03.2018	Gepr.:																	
Behältergestell																			
20-0630-040-000-000																			

Anlage 2: Steuerungskonzeption



Anlage 3: Konzept Leit- und Steuerungstechnik

Projekt ReMets-plus

- Konzept Leit- und Steuerungstechnik für die Technikumsanlage -

Rev. 1

Inhalt

1	Anforderungen an das System	2
2	Funktionale Ausführung	3
3	Apparative Gestaltung	4
4	Anlagendokumentation	5

 Konzept Steuerung

1 Anforderungen an das System

Das Leit- und Steuerungssystem für die konzipierte Technikumsanlage soll eine weitgehend automatische Überwachung des Anlagenbetriebes sowie die gezielte Steuerung einzelner Betriebszustände ermöglichen.

Während an der vorhandenen Laboranlage sämtliche Messungen und Einstellungen manuell vorgenommen werden, ist an der Technikumsanlage ein höherer Grad an automatischer Messwerterfassung und Automatisierung gefordert. Basierend auf den Ergebnissen der Laborreaktorversuche erfolgt mit der Technikumsanlage das Upscaling auf die nächste Behältergröße. Während der Laborreaktor ca. 1,5 L Laugungsflüssigkeit fasst, wird die Technikumsanlage ca. 10 L Fassungsvermögen aufweisen.

Das Prinzip der Anlage umfasst einen kaskadenförmigen Aufbau, der aus den Grundbausteinen Vorlagebehälter, Laugungsreaktor, Zementations-/ Regenerationsreaktor sowie den zwischengeschalteten Filterelementen besteht.

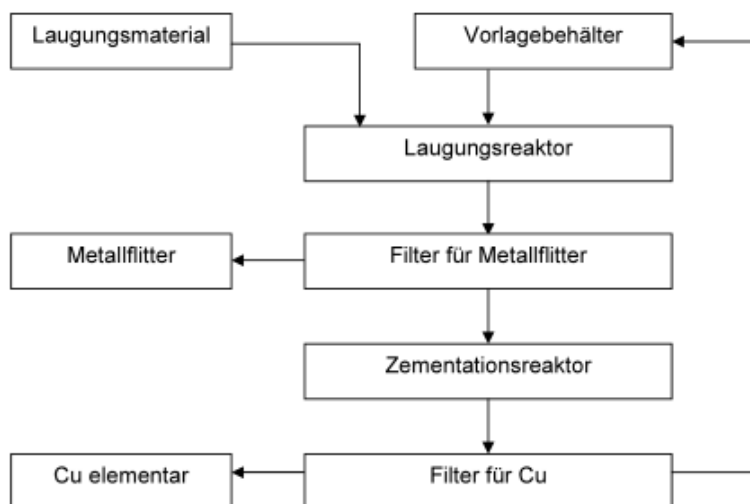


Abb. 1: Prinzipieller Aufbau der Technikums-Laugungsapparatur

Das Leitsystem soll dem Standard Industrieanlagen entsprechen und ist dementsprechend robust und unempfindlich auszuführen. Es sind alle Funktionen vorzusehen, die zur Überwachung und teilweisen Automatisierung der Prozessabläufe erforderlich sind.

Es setzt sich aus den folgenden Teilsystemen zusammen:

Konzept Steuerung

- Prozessführungs- und Informationssystem (Bedienen, Beobachten, Überwachen, Melden/ Informieren, Störungsbeseitigung)
- Prozessautomatisierungssystem (Messen, Steuern, Regeln)
- Kommunikationssystem
- Langzeitarchivierung der Prozessdaten (Speicherung und Protokollierfunktion)
- Visualisierung, Bedienung und Protokollausgabe
- Verkabelung

Die Bedienung der Anlage soll sowohl über einen Steuerungs-PC (Laptop) als auch über die Vor-Ort-Steuerstelle am Schaltschrank möglich sein. Das Auslesen der Daten erfolgt über den Steuerungs-PC.

Störungen der Anlage werden an der Vor-Ort-Steuerstelle (Schaltschrank) und auf dem Monitor angezeigt. Messwerte und Störungen sind so zu dokumentieren, dass eine nachträgliche Auswertung und die Auslagerung auf externe Datenträger möglich ist.

2 Funktionale Ausführung

2.1 Gesamtanlage

- An/ Aus, Notaus (manuell und über Steuerungs-PC)
- Anschluss 230 V, 16 A
- Erfassung Stromverbrauch
- Software: READWIN (Endress & Hauser)

2.2 Mess- und Regeltechnik Vorlagebehälter

Messwerterfassung (getaktet, Zeitraum frei einstellbar):

- pH-Wert (Bereich 1-5)
- Temperatur (Bereich 10-70°C)

Einstellungen:

- Temperatur (Vorgabe Zielwert und Zeitraum bis zum Erreichen der Zieltemperatur)
- pH-Wert (Vorgabe Zielwert und Dosiermenge Schwefelsäure (Chargengröße) in mL je Zeiteinheit (min))
- Belüftung (An/ Aus, Intensität)

Konzept Steuerung**2.3 Mess- und Regeltechnik Laugungsreaktor**

Messwerterfassung (getaktet, Zeitraum frei einstellbar):

- pH-Wert (Bereich 1-5)
- Temperatur (Bereich 10-70°C)

Einstellungen:

- Temperatur (Vorgabe Zielwert und Zeitraum bis zum Erreichen der Zieltemperatur)
- pH-Wert (Vorgabe Zielwert und Dosiermenge Schwefelsäure (Chargengröße) in mL je Zeiteinheit (min))
- Belüftung (An/ Aus, Intensität)

2.4 Zementationsreaktor

Keine Mess- und Regeltechnik vorgesehen.

2.5 Filterelemente

Keine Mess- und Regeltechnik vorgesehen.

3 Apparative Gestaltung

Für alle Messfühler T und pH sind für saure Medien geeignete Ausführungen (säurefest o. ä.) zu verwenden.

Die Steuerung ist in dem beigegebenen Schaltschrank unterzubringen.

Die Visualisierung (pH, T, Dosierung) am Schaltschrank erfolgt über entsprechende Anzeigen. Für die Visualisierung am Steuerungs-PC ist eine entsprechende Maske vorzusehen.

Die Zuführung der Schwefelsäure (10molar) soll über Dosierpumpe aus einem Behälter (Kunststoffkanister) erfolgen.

Für die ggf. erforderliche Nachrüstung eines Rührwerkes am Vorlagebehälter oder am Laugungsreaktor ist die Möglichkeit der Implementierung (Ansteuerung: An/Aus) vorzusehen.

Für den Steuerungs-Laptop ist eine Ablage- und Anschlussmöglichkeit (Steckdose 230 V, USB-Anschluss für Messwerterfassung) vorzusehen.

Für eine ggf. später vorzunehmende Erweiterung des automatisierten Betriebes sollte die Möglichkeit des Einsatzes von Magnetventilen und deren Ansteuerung anstelle der jetzt verwendeten Kugelhähne berücksichtigt werden.

4 Anlagendokumentation

Die Ausführung, Funktion und die verwendeten apparativen Bestandteile und Komponenten sind in einer ausführlichen Anlagendokumentation schriftlich darzustellen.

Insbesondere müssen darin enthalten sein:

- Typen und Dokumentationen aller verwendeten Messfühler, Sensoren, Schalter, Geber und Visualisierungen sowie deren Verschaltung mit dem Prozessleitsystem.
- Schalt- und Stromlaufpläne
- Bedienkonzept und Konzept für die Archivierung der Messwerte
- Wartungs- und Instandhaltungshinweise
- Schnittstellen für Erweiterungen oder vertiefende Automatisierung der Prozesse

Da es sich um eine modular aufgebaute Versuchsanlage handelt, müssen Änderungen, Erweiterungen und der Wechsel verschlissener Komponenten für den Betreiber leicht möglich sein.