

Klärschlammverwertung mit Phosphor- Rückgewinnung im Südtirol

Entwicklung und Bewertung von Szenarien zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm
31. Januar, 2019



Projektteam

Dr. Andy Spörri
Dr. Isabel O'Connor
Isolde Erny

EBP Schweiz AG
Zollikerstrasse 65
8702 Zollikon
Schweiz
Telefon +41 44 395 11 11
info@ebp.ch
www.ebp.ch

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	5
1.1	Ausgangslage	5
1.2	Zielsetzungen	5
1.3	Aufbau des Berichts	6
2.	Szenarien zur Phosphor-Rückgewinnung	7
2.1	Entwicklung der Szenarien	7
2.2	Beschreibung der Szenarien	7
2.2.1	Technologien zur P-Rückgewinnung	7
2.2.2	Übersicht über die Szenarien	9
3.	Gesamtheitliche Szenarienbewertung	11
3.1	Bewertungsmethode	11
3.2	Bewertungsgrundlagen	13
3.3	Resultate der Szenarienbewertung	14
3.3.1	Szenarienbewertung nach einzelnen Kriterien	14
3.3.2	Aggregierte Szenarienbewertung	21
4.	Vertiefte Betrachtung ausgewählter Szenarien	22
4.1	Szenarienauswahl	22
4.2	Resultate der vertieften Betrachtung	23
4.2.1	Energiebilanz	23
4.2.2	Carbon Footprint	24
4.2.3	Kostenbilanz	25
4.3	Einordnung der Unsicherheiten einer EuPhoRe-VSA	26
5.	Fazit	29
5.1	Zusammenfassung	29
5.2	Fazit	29
5.3	Empfehlung	32
6.	Referenzen	33

Anhang

A1	Szenarienbeschreibung im Detail	35
A1.1	S1-A: Budenheim (Trocknung ARA Tobl)	36

A1.2	S1-B: Budenheim (Trocknung MVA Bozen/ARA Tobl)	38
A1.3	S2-A: EuPhoRe VSA (Trocknung MVA Bozen)	40
A1.4	S2-B: EuPhoRe Insel (Trocknung ARA Tobl)	42
A1.5	S2-C: EuPhoRe Insel (Trocknung MVA Bozen/ARA Tobl)	44
A1.6	S3-A: MV + P-Extraktion (Trocknung MVA Bozen/ARA Tobl)	46
A1.7	S3-B: MV + P-Extraktion (Trocknung ARA Tobl)	48
A1.8	S3-C: MV + P-Extraktion (Teiltrocknung ARA Tobl)	50
A2	Bewertungsmethode im Detail	52

1. Einleitung

1.1 Ausgangslage

Die heutige Klärschlammentsorgung in der autonomen Provinz Bozen – Südtirol stösst in vielerlei Hinsicht an ihre Grenzen (z.B. ungenügende Verwertung des stofflichen und energetischen Verwertungspotenzials im Klärschlamm, Ausbringung von Schadstoffen in die Umwelt aufgrund der Verwendung von Klärschlamm für Landauffüllungen, vergleichsweise hohe Entsorgungspreise, Klärschlamm-Exporte in andere Regionen). Vor diesem Hintergrund wurde von der LfU Südtirol (LfU) eine umfassende Analyse von zukunftsfähigen Entsorgungs- und Verwertungslösungen veranlasst. Die zukünftige Lösung soll den anfallenden Klärschlamm so verwerten, dass der darin enthaltene Phosphor zurückgewonnen werden kann, wie es aktuell auch in der Schweiz, in Deutschland und in Österreich vorangetrieben wird.

Die LfU organisierte im November 2017 den Workshop «Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm und Klärschlammasche». Dabei wurde auf Grundlage von verschiedenen Referaten und einer von der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) durchgeführten Studie über grundsätzlich denkbare Wege zur P-Rückgewinnung diskutiert. Auf Basis dieser Diskussion und unter Berücksichtigung der im Südtirol vorhandenen Entsorgungsinfrastrukturen hat die LfU drei denkbare Szenarien, welche auf unterschiedlichen Rückgewinnungstechnologien beruhen, grob skizziert: dezentrale P-Rückgewinnung über das ExtraPhos-Verfahren (Budenheim), zentrale P-Rückgewinnung über thermochemischen Aufschluss von Klärschlamm (EuPhoRe-Verfahren), sowie die zentrale P-Rückgewinnung über Monoverbrennung und anschliessender nasschemischen P-Extraktion aus der Asche.

Als nächster Schritt der Entscheidungsfindung sollen die drei Szenarien weiter ausgearbeitet und eine umfassende Beurteilung dieser drei Technologieszenarien hinsichtlich Entscheidungs-relevanter Kriterien für die Region vorgenommen bzw. deren Vor- und Nachteile aus Sicht der Ansprüche in der Region dargelegt werden.

1.2 Zielsetzungen

Das übergeordnete Ziel der vorliegenden Studie bestand darin, die LfU mit der Erarbeitung von aussagekräftigen Entscheidungsgrundlagen für eine ökologisch effektive, wirtschaftlich tragbare und die Entsorgungssicherheit sicherstellende Klärschlammverwertung mit Phosphor-Rückgewinnung zu unterstützen.

Im Vordergrund der Bearbeitung stehen die folgenden spezifischen Ziele:

- Detaillierte Ausarbeitung denkbaren Rückgewinnungs-Szenarien auf Grundlage der drei als vielversprechend eruierten Rückgewinnungstechnologien

- Entwicklung und Operationalisierung einer multi-kriteriellen Bewertungsmethode, welche die für die Entscheidung massgebenden Aspekte abdeckt
- Durchführung der multi-kriteriellen Bewertung und Übersicht über die Vor- und Nachteile der in Frage kommenden Szenarien zur P-Rückgewinnung, auch im Vergleich zur heutigen Entsorgungslösung
- Vertiefung von ausgewählten Szenarien: Detailliertere Betrachtung jener zwei Szenarien, welche sich bei multi-kriterieller Bewertung als die fürs Südtirol vielversprechendsten Varianten herauskristallisiert haben
- Zusammenfassung der Erkenntnisse zu einer aussagekräftigen Entscheidungsgrundlage zuhanden der LfU

1.3 Aufbau des Berichts

Der vorliegende Bericht ist grundsätzlich in vier Hauptblöcke gegliedert. Tabelle 1 gibt einen Überblick über den Aufbau des Berichts mit einer kurzen Beschreibung der Inhalte in den jeweiligen Hauptblöcken und Verweis auf die entsprechenden Kapitel.

	Szenarien zur Phosphor-Rückgewinnung	— Übersicht über das Vorgehen zur Festlegung der zu berücksichtigenden Szenarien — Detaillierte Beschreibung der festgelegten Szenarien von der ARA bis zur Verwendung des P-haltigen Recyclingprodukts	→ Kapitel 2
	Gesamtheitliche Szenarienbewertung	— Darstellung der Methode für die multi-kriterielle Bewertung der Rückgewinnungsszenarien — Beschreibung und Interpretation der Resultate der multi-kriteriellen Szenarienbewertung	→ Kapitel 3
	Vertiefte Betrachtung ausgewählter Szenarien	— Begründung der Auswahl der detaillierter zu betrachtenden Rückgewinnungsszenarien — Illustration der Resultate der vertieften Betrachtung der ausgewählten Rückgewinnungsszenarien	→ Kapitel 4
	Entscheidungsorientierungen	— Darstellung der Entscheidungssituation auf Basis einer zusammenfassenden Synthese	→ Kapitel 5

Tabelle 1: Aufbau und Inhalte des vorliegenden Berichts.

2. Szenarien zur Phosphor-Rückgewinnung

2.1 Entwicklung der Szenarien

Die Entwicklung der für das Südtirol in Frage kommenden Szenarien zur zukünftigen Klärschlammverwertung mit Phosphor-Rückgewinnung geht zurück auf einen von der LfU durchgeführten Workshop im November 2017¹. Dabei wurden auf Grundlage einer von der Universität für Bodenkultur (BOKU) präsentierten Studie (Mostbauer et al., 2017) und verschiedenen Referaten in einem anschließenden Austausch unter verschiedenen Stakeholder und Fachexperten die für das Südtirol prinzipiell passende Rückgewinnungstechnologien identifiziert.

Diese wurden von der LfU in Form von Subszenarien konkretisiert und anschließend im Rahmen der vorliegenden Studie detailliert ausgearbeitet. Grundlage hierfür bildete die Klärschlammstatistik 2017 der LfU (LfU, 2018) sowie zusätzliche zur Verfügung gestellte Angaben zu Transportdistanzen. Es wurden die Klärschlammverwertungsketten inklusive aller anfallenden Transporte ausgehend von den 44 kommunalen Kläranlagen bis zur Verwendung des anfallenden P-Recyclingprodukts für jedes Subszenario detailliert abgebildet. Die Subszenarien unterscheiden sich in Bezug auf die geographische Lage der Klärschlamm Trocknung und der thermischen Verwertung des Klärschlammes (vgl. Kapitel 2.2.2).

2.2 Beschreibung der Szenarien

2.2.1 Technologien zur P-Rückgewinnung

Für die Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm wurden für das Südtirol drei Verfahrensansätze als grundsätzlich geeignet und damit für eine Umsetzung in der Provinz in Frage kommend befunden:

ExtraPhos-Verfahren (auch: Budenheim, Carbonic Acid Process)

Beim von der Chemischen Fabrik Budenheim KG entwickelten ExtraPhos-Verfahren wird der nicht-entwässerte KS bei einem Druck von ungefähr 10 bar mit CO₂ versetzt. Dabei entsteht Kohlensäure, wodurch ein Teil der gebundenen Phosphate aufgrund der pH-Absenkung mobilisiert wird. Bei der anschließenden Fest-/Flüssig-Trennung werden die Klärschlammpartikel von der flüssigen Phase getrennt. Das Kohlendioxid geht nach der Entspannung in die Gasphase über und wird der Flüssigkeit entzogen. Es kann aufgefangen, verdichtet und dem Prozess erneut zugeführt werden. Das Schlammwasser wird anschließend dem dritten Prozessschritt, der Phosphatfällung, zugeführt. Hierbei werden die gelösten Phosphate als Calciumphosphat ausgefällt. Um den Vorgang der Fällung zu beschleunigen, wird im Fällungsreaktor eine geringe Menge Kalkmilch zugesetzt – ein Großteil des benötigten Calciums ist bereits im Schlammwasser enthalten. Nach Abtrennung, optionaler Trocknung und Granulierung können die Calciumphosphate

1 Workshop «Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm und Klärschlammasche» vom 13./14. November in Bozen/Südtirol.

als Düngemittel eingesetzt werden. Das Verfahren wird dezentral auf der Kläranlage umgesetzt.

EuPhoRe-Verfahren

Das von der EuPhoRe GmbH entwickelte Verfahren ist ein mehrstufiges thermo-chemisches Behandlungsverfahren für entwässerten KS (TS-Gehalt von normalerweise 20-40%) in Drehrohr-Reaktoren. Die Schlammbehandlung beginnt mit der Additivierung, welche mittels Alkali- und/oder Erdalkalichloriden oder -sulfaten erfolgt. Diese Salze dissoziieren unmittelbar nach der Dosierung, womit einerseits der Schwermetallaustrag vorbereitet und andererseits die P-Löslichkeit im Ascheprodukt verbessert wird. Der erste thermische Behandlungsschritt ist die Trocknung der entwässerten Schlämme, gefolgt vom Übergang in die Reduktionsphase der Pyrolyse. Hier findet die chemische Reduktion von Metallen und Ausschleusung als Chloride in die Gasphase statt. Die an- und abschließende Kohlenstoffverbrennung bei Temperaturen über 900 °C garantiert die Zerstörung sämtlicher organischer Schadstoffe. Das Verfahren kann als Vorschaltanlage (VSA) zu einer MVA implementiert werden, wodurch Synergien genutzt werden (Trocknung über MVA-Rauchgase, Nachverbrennung und Rauchgasreinigung in MVA) oder als Insellösung umgesetzt werden.

Monoverbrennung und nasschemische P-Extraktion

Für die nasschemische Extraktion von P aus der Asche wird der (teil-)entwässerte KS vorgängig einer Monoverbrennungsanlage zugeführt. Dadurch wird gewährleistet, dass die Asche einen ausreichend hohen P-Gehalt für die nachfolgende P-Extraktion aufweist. Für die nasschemische P-Extraktion aus KSA wurden in der vorliegenden Studie zwei unterschiedliche Verfahren betrachtet (Phos4Life, Seraplant), welche im Folgenden kurz beschrieben werden:

Phos4Life: Aus KSA wird P durch eine stark schwefelsaure Laugung extrahiert. Neben P gehen dabei auch die meisten Schwermetalle in Lösung. Der verbleibende metallarme mineralische Anteil wird abgetrennt und einer stofflichen Verwertung zugeführt. In einer ersten Lösungsmittelextraktionsstufe wird Eisen als Eisenchloridlösung separiert und aufbereitet. Diese Lösung kann in Kläranlagen wieder als Fällmittel eingesetzt werden. In einer zweiten Lösungsmittelextraktionsstufe wird die P-Säure von den Schwermetallen befreit, aufkonzentriert und in handelsübliche technisch reine, 75%ige P-Säure überführt. Diese entspricht einem handelsüblichen Produkt und kann sowohl in der Düngerindustrie zum Aufschluss von Rohphosphat bzw. P-haltigen Aschen wie auch für weitere industrielle Anwendungen eingesetzt werden.

Seraplant: Aus KSA wird in zwei Hauptverfahrensschritten einsatzbereiter Standarddünger hergestellt. Zunächst wird der KSA P-Säure hinzugefügt, um die Phosphatumwandlung anzustoßen. Ohne diesen Schritt könnten die in der Asche enthaltenen Nährstoffe nicht von den Pflanzen aufgenommen werden. Indem die Minerale mit der Säure reagieren, entstehen für Pflanzen verfügbare und daher für die Düngemittelindustrie interessante Phosphate (Superphosphate). Der Mischung aus Feststoff und Flüssigkeit (Suspension) können bei Bedarf weitere Nährstoffe in flüssiger sowie fester Form oder

zusätzliche Phosphatquellen zugesetzt werden. Anschließend wird die Suspension granuliert, sodass am Ende phosphorhaltiger Dünger entsteht.

2.2.2 Übersicht über die Szenarien

Auf Grundlage der drei Rückgewinnungstechnologien wurden insgesamt neun Szenarien zur P-Rückgewinnung als mögliche Wege für die P-Rückgewinnung im Südtirol ausgearbeitet (vgl. Tabelle 2).

Szenario		EKS in P-Ü (Anteil KS)	Trocknung (Ort, Anteil KS)		Verwertung (Prozess, Ort)	Verwendung Produkt (Asche, KS)
			ARA Tobl	MVA Bozen		
S1 ExtraPhos (auf 5 grössten ARA)	S1-A	67%	100% (OEG1-4)		Optional: KS-MV ARA Tobl	Zementwerk Lombardei (KS/Asche)
	S1-B	67%	33% (OEG3/4)	67% (OEG1/2)	Optional: KS-MV ARA Tobl	Zementwerk Lombardei (KS/Asche)
S2 Drehrohr EuPhoRe VSA	S2-A	100%		100% (OEG1-4)	EuPhoRe VSA MVA Bozen	Düngerindustrie Lombardei (P-haltige Asche)
	S2-B	100%	100% (OEG 1-4)		EuPhoRe Insellösung ARA Tobl	Düngerindustrie Lombardei (P-haltige Asche)
	S2-C	100%	33% (OEG 3/4)	67% (OEG1/2)	EuPhoRe Insellösung ARA Tobl	Düngerindustrie Lombardei (P-haltige Asche)
	S2-D	100%	33% (OEG 3/4)	67% (OEG1/2)	EuPhoRe VSA MVA Bozen	Düngerindustrie Lombardei (P-haltige Asche)
S3 KS-MV und Extraktion aus Asche	S3-A	100%	33% (OEG 3/4)	67% (OEG1/2)	KS-MV ARA Tobl	P-Extraktion CH ² /Süd-DE ³ (MV-Asche)
	S3-B	100%	100% (OEG1-4)		KS-MV ARA Tobl	P-Extraktion CH ² /Süd-DE ³ (MV-Asche)
	S3-C	100%	67% ⁴ (OEG1/2)		KS-MV ARA Tobl	P-Extraktion CH ² /Süd-DE ³ (MV-Asche)

¹ ARA Bozen, ARA Branzoll, ARA Meran, ARA Tobl-St.Lorenzen, ARA Tramin

² P-Extraktion über das Phos4Life-Verfahren im Schweizer Mittelland

³ P-Extraktion aus MV-Asche über das Seraplast-Verfahren im Grossraum München

⁴ KS aus OEG 3/4 wird nur entwässert und dem getrockneten KS aus OEG 1/2 beigemischt

Tabelle 2: Übersicht über die betrachteten Subsznarien und grobe Charakterisierung der Klärschlamm-Verwertungsketten.

Die verschiedenen, auf derselben Technologie beruhenden Szenarien unterscheiden sich hinsichtlich der geographischen Lage der Trocknungsanlagen und der thermischen Verwertung des KS. Die Trocknung des KS erfolgt

je nach Szenario entweder auf der ARA Tobl-St.Lorenzen (S1-A, S2-B, S3-B), bei der MVA Bozen (S1-A) oder aufgeteilt nach den optimalen Einzugsgebieten (OEG) an beiden Orten (S1-B, S2-C, S3-A; KS aus OEG 1/2 in Bozen; KS aus OEG 3/4 auf ARA Tobl). Im Szenario S3-C werden der KS aus OEG 1/2 auf der ARA Tobl getrocknet und mit dem entwässerten Klärschlamm aus OEG 3/4 gemischt, um mit einem TS-Gehalt von 45% in die Monoverbrennung zu gehen. Das denkbare Szenario eines Drehrohrs bei der MVA Bozen mit Teiltrocknung des KS aus OEG3 und 4 auf der ARA Tobl ist hier nicht aufgeführt, weil ohne eine thermische KS-Behandlung auf der ARA Tobl keine Abwärme für die Teiltrocknung zur Verfügung stünde (müsste über Erdgas gedeckt werden, vgl. dazu auch Ausführungen zu S2-D in Tabelle 5).

Sowohl beim EuPhoRe-Verfahren wie auch beim Weg über die Monoverbrennung und anschliessender P-Extraktion aus der Asche handelt es sich um eine zentralisierte P-Rückgewinnung an einem Ort. Entsprechend gelangt in beiden Szenarien (2, 3) der gesamte Klärschlamm aus der Region in die Rückgewinnung. Beim EuPhoRe-Verfahren erfolgt der gesamte Prozess (Trocknung, Pyrolyse, Verbrennung) im Drehrohr-Prozess. Der Phosphor liegt als Mischphosphat in der Asche vor, welche für die Konfektionierung an die Düngerindustrie in der Lombardei abgegeben werden soll. Beim Weg über die Monoverbrennung wird der KS zuerst (teil-)getrocknet, dann verbrannt und anschliessend der Phosphor aus der Asche zurückgewonnen. Für den letzten Schritt wird die Asche abgegeben und der darin enthaltene Phosphor je nach Verfahren zu Phosphorsäure (Phos4Life) oder zu Tripel-superphosphat aufbereitet (Seraplant). Für eine Insellösung, d.h. P-Extraktion aus Asche innerhalb der Provinz, sind die Klärschlamm- bzw. Aschemengen zu gering.

3. Gesamtheitliche Szenarienbewertung

3.1 Bewertungsmethode

Für die vergleichende Bewertung der Rückgewinnungsszenarien wurde eine multi-kriterielle Bewertungsmethode entwickelt. Diese basiert auf übergeordneten Bewertungsdimensionen und diese spezifizierenden Bewertungskriterien. Für die Erarbeitung der Bewertungsmethode wurde von den Autoren ein Vorschlag erarbeitet, welcher im Rahmen einer Kickoff-Sitzung mit dem Auftraggeber diskutiert, ergänzt und abgesegnet wurde.

Eine Übersicht über die daraus resultierenden Bewertungsdimensionen und die dazugehörigen Bewertungskriterien inklusive der Beschreibung von in die Bewertung der Kriterien einfließenden Teilaspekten ist Tabelle 3 zu entnehmen.

Insgesamt wurden vier Dimensionen festgelegt. Neben Umwelt und Wirtschaftlichkeit, welche zusammen eine Aussage zur Ökoeffizienz der Rückgewinnungslösungen ermöglichen, werden in der Bewertung zusätzlich die beiden Dimensionen Entsorgungssicherheit und Akzeptanz berücksichtigt. Die Dimension Umwelt wurde über sieben Kriterien differenziert und operationalisiert, die Wirtschaftlichkeit über deren vier und die Entsorgungssicherheit und Akzeptanz über jeweils zwei Kriterien. Entsprechend flossen insgesamt 15 verschiedene Kriterien in die Bewertung der Szenarien ein.

Bei der Bewertung wurden für alle Kriterien die zu Grunde liegenden Teilaspekte auf Grundlage von Literaturangaben und Auskünften der Anbieter analysiert und beschrieben. Dies erfolgte – in Abhängigkeit der Datenverfügbarkeit und der Art des Kriteriums – möglichst quantitativ (z.B. Schwefelsäurebedarf für die nasschemische Extraktion aus KSA in t/a oder Investitionskosten in €). Aufgrund von bedeutenden ungeklärten Fragen zur Wirtschaftlichkeit und Entsorgungssicherheit bei der Drehrohr-VSA von EuPhoRe wurden diesen Aspekten über vertiefte Recherchen und insbesondere Expertengespräche vertieft analysiert.

Um die Bewertungen der Kriterien untereinander vergleichbar zu machen bzw. für die Aggregation zu standardisieren und gleichzeitig den vorhandenen Unsicherheiten Rechnung zu tragen, wurde für jedes Kriterium eine vergleichsweise grobe, vier-stufige Ordinalskala (1-4) hergeleitet, wobei 1 eine schlechte bzw. 4 eine sehr gute Performance bzw. Bewertung zum Ausdruck bringt. Zudem wurde ein Gewichtungsvorschlag erarbeitet für die Aggregation der bewerteten Kriterien und Dimensionen zu einer Gesamtpunktzahl je Szenario (vgl. Tabelle 3). Wie die Levels 1-4 für die einzelnen Kriterien definiert wurden, ist im Anhang detailliert ausgewiesen (vgl. A1).

Dimension	Kriterium	Bewertung
Umwelt  40%	Rückgewinnungsgrad  25%	Recyclingquote Verfahren (%) Anteil KS-Potenzial (%)
	Chemikalienaufwand  10%	Chemikalientyp und –Menge (t/a) Umweltbelastung Produktion (UBP/t)
	Schadstoffausschleusung  15%	Ausschleusung von Schadstoffen (organisch, Schwermetalle) aus Produkt → bezogen auf MinRec-Grenzwerte ²
	Abfall  10%	Abfallart und –Menge (t/a) Verwertbarkeit (ja/nein) Gefahrstoff (ja/nein)
	Umweltgutschrift Produkt  15%	Vermiedene Umweltbelastung substituiertes Primärprodukt (UBP/t)
	Energiebilanz  15%	Energiebedarf bzw. –Bilanz (MWh/a) Energieträger (z.B. Abwärme, Erdgas)
	Transportaufkommen  10%	Transportleistung (tkm)
Wirtschaftlichkeit  15%	Investitionsbedarf  30%	Investitionskosten (€)
	Betriebsaufwand  40%	Operative Kosten (€/a)
	Transportaufwand  10%	Anfallende Transportkosten (€/a)
	Markterlös Produkt  20%	Erlös aus Produktabsatz (€/t Produkt)
Entsorgungssicherheit  30%	Robustheit/Komplexität  70%	Ausgereiftheit (TRL) Verfahrenstechnische Komplexität
	Abhängigkeit Infrastruktur  30%	Erforderliche Infrastruktur Abhängigkeit von Dritten/Fremdanlagen
Akzeptanz  20%	Dünger Landwirtschaft  100%	Qualität Recyclingprodukt (Schadstoffgehalte, Ähnlichkeit zu heute applizierten Düngern bezogen auf P2O5-Gehalt, Wasserlöslichkeit)
	Anlagenstandort Politik  Killer (≤ 2)	Politische Akzeptanz für neue Entsorgungsinfrastruktur an entsprechenden Standorten

Tabelle 3: Bewertungsansatz im Überblick: Dimensionen und diese operationalisierenden Kriterien.

² Schweizer Grenzwerte für die revidierte ChemRRV (Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung) für die Zulassung und das Inverkehrbringen von mineralischen Recyclingdüngern (Min-Rec).

3.2 Bewertungsgrundlagen

In die Bewertung der Kriterien für die unterschiedlichen Technologieszenarien sind verschiedene Daten- und Wissensgrundlagen eingeflossen. Im Sinne der Nachvollziehbarkeit und Transparenz stellt Tabelle 4 für die drei in den Szenarien vorkommenden Technologien die wichtigsten, für die Bewertung der Kriterien herangezogenen Quellen dar. An dieser Stelle sei auch darauf hingewiesen, dass die Technologien bei unterschiedlichen Entwicklungsständen stehen. So ist beispielsweise die Klärschlamm-Monoverbrennung in Wirbelschichtreaktoren Stand der Technik und hat sich für die thermische Verwertung von Klärschlamm bewährt, während die EuPhoRe-Vorschaltanlage noch nicht in einem realen und aussagekräftigen Versuchsbetrieb untersucht wurde.

Szenario	Quellen
Alle	ARA Pustertal AG (2018) Prünster (2018) Spoerri et al. (2017) Steger (2018) Wernet et al. (2016)
ExtraPhos	DPP e.V. (2018) Fux et al. (2015) Opitz (2018) Schnee (2019)
EuPhoRe Drehrohr VSA	Morf (2018) Zepke et al. (2018) Zepke et al. (2019)
Monoverbrennung mit P-Extraktion aus Asche	Engl (2018a) Engl (2018b) ERZ (2017) Mehr & Hellweg (2018) Morf (2018) Diaz Nogueira (2017)

Tabelle 4 Übersicht über die wichtigsten Quellen, die für die Bewertung der verschiedenen Kriterien eingeflossen sind.

3.3 Resultate der Szenarienbewertung

3.3.1 Szenarienbewertung nach einzelnen Kriterien

In diesem Unterkapitel werden die Resultate der Szenarienbewertung dargestellt und beschrieben. Das SubszENARIO S2-D wurde in der Bewertung nicht berücksichtigt, weil eine Teiltrocknung des Klärschlammes am Standort der ARA Tobl ohne einen thermischen Behandlungsschritt vor Ort zur Bereitstellung der thermischen Energie für die Teiltrocknung nur als wenig zielführend erachtet wird.

Abbildung 1 zeigt die Bewertung aller 15 Kriterien für die acht Rückgewinnungsszenarien. Als Referenz ist darin auch eine Bewertung der aktuellen Klärschlammmentsorgung im Südtirol enthalten.

Die Bewertung der Kriterien offenbart beträchtliche Unterschiede zwischen den drei Hauptszenarien und den jeweiligen SubszENARIOen.



S1: ExtraPhos

A: Trocknung 100% ARA Tobl

B: Trocknung 33% ARA Tobl, 67% MVA Bozen

S2: EuPhoRe Drehrohr

A: VSA MVA Bozen

B: Insellösung ARA Tobl

C: Insellösung ARA Tobl (Teiltrocknung 67% MVA Bozen)

Abbildung 1 Resultate der multi-kriteriellen Bewertung der drei Hauptszenarien und den jeweiligen SubszENARIOen sowie der heutigen Klärschlammmentsorgung im Südtirol (IST).

Umwelt

Was den **Beitrag zur Schliessung des P-Kreislaufs** anbelangt, so schneiden die ExtraPhos-Szenarien (S1-A, S1-B) bedeutend schlechter ab als die Szenarien mit thermochemischem Klärschlamm-Aufschluss über das EuPhoRe-Verfahren (S2-A, S2-B, S2-C) oder mit nasschemischer P-Extraktion aus der Asche der KS-Monoverbrennung (S3-A, S3-B, S3-C). Dies liegt daran, dass bei der dezentralen Umsetzung des ExtraPhos-Verfahrens auf den

fünf grössten ARA nur etwa zwei Drittel des regionalen Klärschlammpotenzials (8585 t TS von 12'745 t TS) in die P-Rückgewinnung gelangen und gleichzeitig der Rückgewinnungsgrad des Verfahrens bei maximal 50% begrenzt ist³. Entsprechend wird in den ExtraPhos-Szenarien nur etwa ein Drittel des im Klärschlamm enthaltenen Phosphors in den Stoffkreislauf gebracht. Bei den EuPhoRe- und Monoverbrennungsszenarien wird demgegenüber die gesamte Klärschlammmenge der zentralen Rückgewinnung zugeführt und der im Klärschlamm enthaltene Phosphor mit einer Quote von circa 95 % ins Produkt transferiert und damit zurückgewonnen (vollständige Schliessung des P-Kreislaufs).

Die Szenarien mit ExtraPhos (S1-A, S1-B) und EuPhoRe (S2-A, S2-B, S2-C) benötigen für die P-Rückgewinnung nur geringe Mengen an ökologisch unbedenklichen **Chemikalien** und sind diesbezüglich sehr gut bewertet. Das ExtraPhos-Verfahren benötigt ausschliesslich Kohlensäure für den Säureaufschluss und Kalkhydrat zur pH-Regulierung.

WIRTSCHAFTLICHKEIT				ENTSORGUNGSSICHERHEIT		AKZEPTANZ	
Investition	Betrieb	Transport	Produkt	Technologie	Abhängigkeiten	Landwirtschaft	Politik
ohne MV 1 4	ohne MV 1 4	2	2	2	1	Veredelung 2 3	3
1 4	1 4	3	2	2	1	2 3	1
3	2 3	3	1	Korrosion 1 2	1	1 2	1
1	1 2	2	1	2	4	1 2	4
1	1 2	3	1	2	4	1 2	1
1	1	3	Seraplanit 3 4	3	Insellösung 2 3	4	1
1	1	2	3 4	3	2 3	4	4
1	1	2	3 4	3	2 3	4	4
n.a.	n.a.	2	1	4	1	1	1

S3: MV + P-Extraktion aus Asche

A: ARA Tobl (Trocknung 33% ARA Tobl, 67% MVA Bozen)

B: ARA Tobl (Trocknung 100% ARA Tobl)

C: ARA Tobl (Teiltrocknung 67% ARA Tobl)

Beim EuPhoRe-Verfahren wird Magnesiumchlorid zur Abreicherung der Schwermetalle im Drehrohr sowie für die Rauchgasreinigung erforderliche Rohstoffe eingesetzt (3% in Bezug auf KS TS). Demgegenüber ist die nass-chemische P-Extraktion aus den MV-Aschen über die beiden

³ Momentan liegt die Rückgewinnungsquote beim ExtraPhos-Verfahren bei ca. 30%; diese kann aber im Zuge von Weiterentwicklungen voraussichtlich noch auf ca. 50% gesteigert werden.

berücksichtigten Verfahren (Phos4Life, Seraplant) mit einem hohen Chemikalienbedarf (Säureaufschluss, etc.; vgl. 0) verbunden und diesbezüglich entsprechend nachteilig bewertet.

Beim Aspekt der **Schadstoffausschleusung** respektive der Schadstoffgehalte (Schwermetalle, organische Verbindungen) im P-haltigen Recyclingprodukt (Dicalciumphosphat, P-haltige Asche, P-Säure, Tripelsuperphosphat) schneiden die Szenarien mit ExtraPhos und Monoverbrennung mit nasschemischer Extraktion sehr gut, diejenigen mit dem Drehrohr von EuPhoRe vergleichsweise schlecht ab. Beim EuPhoRe-Verfahren besteht nach wie vor das Problem einer ausreichenden Abreicherung von Schwermetallen, so dass die Gehalte ausgewählter Elemente (Nickel, Kupfer) aktuell noch über den in der Schweiz vorgegebenen MinRec-Grenzwerten für die Düngierzulassung⁴ liegen. Das Problem ist erkannt und es wird an Weiterentwicklungen bzw. Verbesserungen in diesem Bereich gearbeitet. Allerdings sind dabei – im Falle einer Vorschaltanlage – die potenziell problematischen Wechselwirkungen zur Müllverbrennungsanlage zu beachten (Korrosion und erhöhte Abnutzung von Anlagekomponenten durch erhöhte Chlorgehalte in den Rauchgasen, vgl. Ausführungen zur Entsorgungssicherheit). Sowohl bei ExtraPhos wie auch bei den beiden nasschemischen Extraktionsverfahren werden nach aktuellem Wissensstand alle Grenzwerte für Schwermetalle und organische Verunreinigungen eingehalten, womit ein ökologisch hochwertiger Stoffkreislauf mit effektiver Ausschleusung von Schadstoffen erreicht wird.

Bei den **Abfällen** zeigt sich zwischen den Szenarien ein stark unterschiedliches Bild. Beim EuPhoRe-Verfahren (S2-A, S2-B, S2-C) fallen mit Ausnahme der Rückstände aus der Rauchgasreinigung keine Abfälle an. Der Phosphor und die gesamte mineralische Matrix des Klärschlammes fallen in Form einer P-haltigen Asche als Recyclingprodukt an (vgl. in diesem Zusammenhang die Ausführungen zum Produkt). Die Szenarien S2-A, S2-B und S2-C sind entsprechend vorteilhaft bewertet. Bei den ExtraPhos-Szenarien (S1-A, S1-B) ist das Gegenteil der Fall. Im Anschluss an die P-Rückgewinnung fällt ein P-abgereicherter Dickschlamm an, womit die P-Rückgewinnung keinen Beitrag zur Lösung der Klärschlamm Entsorgung leistet. Die Bewertung der Szenarien mit Monoverbrennung und anschliessender nasschemischer P-Extraktion aus der Asche (S3-A, S3-B, S3-C) liegt dazwischen. Insbesondere bei der nasschemischen Extraktion fallen zwar beträchtliche Mengen an Abfällen an (z.B. Laugungsrückstand, Salzsäure, weisser Gips beim Phos4Life-Verfahren), welche aber aufgrund heutiger Beurteilungen praktisch vollumfänglich stofflich verwertbar sind (die entsprechenden Unsicherheiten bezüglich der Verwertbarkeit der Abfälle ist in der Bewertung dieses Kriteriums berücksichtigt).

Die Bewertung des mit der Verwendung des **Recyclingprodukts** verbundenen Umweltnutzens (durch Substitution des entsprechenden Primärprodukts wie Rohphosphat, Phosphorsäure, Tripelsuperphosphat) unterscheidet sich signifikant zwischen den Szenarien. Die Szenarien mit Monoverbrennung

⁴ Vgl. Zimmermann (2018). Herleitung von Grenzwerten für die neue Düngerkategorie «Mineralische Recyclingdünger» (MinRec). Bern: Bundesamt für Landwirtschaft BLW.

und nasschemischer P-Extraktion aus der Asche (S3-A, S3-B, S3-C) sind am besten bewertet (3/gut für Phos4Life bzw. 4/sehr gut für Seraplant). Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei den beiden Verfahren der im Klärschlamm enthaltene Phosphor praktisch vollumfänglich in hochwertige Recyclingprodukte (Phosphorsäure, Tripelsuperphosphat) transferiert wird, und durch die Verwertung grosse Mengen an ökologisch aufwändig produzierten Primärprodukten substituiert werden. Die Bewertung fällt für Seraplant im Vergleich zu Phos4Life höher aus, weil aus einer Tonne Asche sowohl grössere Produktmengen hergestellt werden und Tripelsuperphosphat im Vergleich zur Phosphorsäure einen höheren spezifischen Umweltfussabdruck⁵ aufweist. Die vergleichsweise tiefe Bewertung der EuPhoRe-Szenarien (S2-A, S2-B, S2-C) – trotz der hohen Rückgewinnungsquote – ist auf die Produktqualität zurückzuführen. Die für die Verwendung vorgesehene P-haltige Asche aus dem Drehrohr ist aufgrund des beschränkten P_2O_5 -Gehalts (max. 18%) und der limitierten Wasserlöslichkeit des darin enthaltenen Phosphors als Rohphosphatersatz mit entsprechend tiefen Umweltgutschriften in der Primärproduktion einzuordnen. Die nachteilige Bewertung der ExtraPhos-Szenarien (S1-A, S1-B) ist primär auf die tiefe Rückgewinnungsquote zurückzuführen. Zudem ist bis heute nicht abschliessend klar, welche Düngemittelprodukte durch die Verwendung des Calciumphosphat-haltigen Recyclingprodukts ersetzt werden (Veredelungsschritte sind von den Verfahrensentwicklern angedacht).

Beim Aspekt der **Energiebilanz** schneiden die ExtraPhos-Szenarien (S1-A, S1-B) durchgehend sehr gut ab. Das Verfahren selbst benötigt nur geringe Mengen an elektrischer Energie und der kalorische Inhalt des Klärschlammes kann über die anschliessende Verwertung des getrockneten Klärschlammes als Ersatzbrennstoff (EBS) im Zementwerk zu 100% thermisch genutzt werden. Auch beim Weg über die Asche ins Zementwerk wird der Energieinhalt des Klärschlammes in der vorgängigen Monoverbrennung mit einem hohen thermischen Wirkungsgrad (80-85%) genutzt. Bei den EuPhoRe-Szenarien unterscheidet sich die Bewertung zwischen den drei Subszzenarien und ist abhängig davon, ob die Energie aus der thermischen Verwertung (Pyrolyse- und Verbrennungszone) für die Trocknung des Klärschlammes eingesetzt werden kann. Bei der Beurteilung der Szenarien mit Monoverbrennung und nasschemischer P-Extraktion sind die Möglichkeiten zur Nutzung der Abwärme aus der Monoverbrennung auf der ARA Tobl ausschlaggebend. Bei einer Teiltrocknung des Klärschlammes aus OEG1 und OEG2 bei der MVA Bozen (67% des Klärschlammes im Südtirol, S3-A) kann die bei der Monoverbrennung freigesetzte Wärme nur beschränkt für die Trocknung des Klärschlammes aus OEG 3 und OEG4 verwendet werden. Weitere lokale Wärmeabnehmer gibt es nicht, womit ein bedeutender Teil der Wärme nicht genutzt werden kann. Auch im Falle der Trocknung der gesamten Klärschlammmenge vor Ort auf der ARA Tobl (S3-B), bleibt eine für die Trocknung nicht mehr nutzbare Wärmemenge aus der Monoverbrennung übrig. Bei einer Teiltrocknung der Klärschlämme aus OEG1 und OEG2 auf der ARA Tobl und der Mischung mit entwässertem Klärschlamm aus OEG3 und OEG4,

5 Lebenszyklus-bezogene Umweltbelastungen der Herstellung von 1kg des entsprechenden Rohstoffs.

stimmen die für die Trocknung erforderliche und die bei der Monoverbrennung freigesetzte Wärmemenge ideal überein, was Subszenario 3-C sehr gut abschneiden lässt.

Was den **Transport** anbelangt, so variieren die Bewertungen je nach Subszenario zwischen den Stufen 2 und 4. Die Bewertungen sind hängen davon ab, (i) ob die Klärschlämme aus OEG1 und OEG2 in Bozen oder in Tobl getrocknet werden, (ii) wo die thermische Behandlung der (teil-)getrockneten Schlämme stattfindet, und (iii) wie weit die Recyclingprodukte zum Ort der Verwendung transportiert werden müssen.

Wirtschaftlichkeit⁶

Was die **Investitionskosten** anbelangt, werden nur die ExtraPhos-Szenarien (S1-A, S1-B) als sehr gut beurteilt – vorausgesetzt, dass der getrocknete Klärschlamm direkt an das Zementwerk abgegeben wird und nicht in Form von Asche nach einer Monoverbrennung, die im Südtirol neu gebaut werden müsste. Die Investitionskosten für ExtraPhos bewegen sich je nach Anlagengrösse zwischen knapp einer bis etwa 2 Mio. Euro. Bei den EuPhoRe-Szenarien schneidet die Umsetzung als Vorschaltanlage bei der MVA Bozen (S2-A) aufgrund der beträchtlichen Synergien zur KVA (vor allem Rauchgasreinigungsanlage) mit einem geschätzten Investitionsvolumen von knapp 15 Mio. (inkl. Trocknung) gut ab. Bei einer Umsetzung der EuPhoRe-Lösung als autarke Gesamtanlage (Insellösung) auf der ARA Tobl liegen die Investitionskosten mit rund 23 Mio. Euro bedeutend höher und sind entsprechend schlecht bewertet. Die Szenarien mit Monoverbrennung und nasschemischer P-Extraktion aus der Asche sind mit den höchsten Investitionskosten verbunden, auch weil zusätzlich zur Monoverbrennung (circa 22 Mio. Euro) noch eine zweite Trocknungsanlage für den Klärschlamm auf der ARA Tobl erforderlich wäre (knapp 4 Mio. Euro).

Auch bei den **Betriebskosten** sind einzig die ExtraPhos-Szenarien (S1-A, S1-B) als sehr gut beurteilt (auch hier unter der Voraussetzung, dass der getrocknete Klärschlamm direkt und nicht als Asche an die Zementindustrie abgegeben wird). Die EuPhoRe-Szenarien schneiden diesbezüglich gut (Stufe 3) bis mittel (Stufe 2) ab, je nachdem ob das Verfahren als Vorschaltanlage zur MVA in Bozen (S2-A) oder als autarke Gesamtanlage (S2-B, S2-C) umgesetzt wird. Hinsichtlich der Betriebskosten am tiefsten bewertet sind die drei Subszenarien mit Monoverbrennung und nasschemischer P-Extraktion aus der Asche (S3-A, S3-B, S3-C).

Die **Transportkosten** unterscheiden sich vergleichsweise wenig zwischen den acht Subszenarien. Die Bewertungen dieses Kriteriums liegen bei allen Szenarien zwischen Stufe 2 (mittel) und Stufe 3 (gut).

6 Die der Bewertung zu Grunde liegenden Daten sind – gerade im Fall von ExtraPhos und EuPhoRe – mit erheblichen Unsicherheiten verbunden, insbesondere was die Betriebs- und Investitionskosten, aber auch die Produkterträge anbelangt; insbesondere auch beim EuPhoRe-Verfahren, dessen Bewertung auf einer von Eco-Center bei der EuPhoRe GmbH in Auftrag gegebenen, allgemein gehaltenen Machbarkeitsstudie beruht, ohne dass das Verfahren in einem realen und aussagekräftigen Pilotbetrieb untersucht wurde (vgl. dazu Ausführungen in Unterkapitel 4.3).

Der über den Absatz des Recyclingprodukts zu erzielende **Produktertrag** variiert stark zwischen den Szenarien. Am besten bewertet sind hier die Produkte aus der nasschemischen P-Extraktion aus der Asche (S3-A, S3-B, S3-C). Die qualitativ hochwertigen Produkte erzielen marktübliche Erlöse zwischen knapp 400 Euro (Phosphorsäure aus Phos4Life) und knapp 700 Euro (Tripelsuperphosphat). Für die Calciumphosphate bei den ExtraPhos-Szenarien (S1-A, S1-B) bewegen sich die geschätzten Erlöse im Bereich von 20 bis 100 Euro pro Tonne, während für die P-haltigen Aschen der EuPhoRe-Szenarien (S2-A, S2-B, S2-C) von einem sehr geringen Erlös von 5-20 Euro ausgegangen werden kann.

Entsorgungssicherheit

Beim Kriterium **Technologie** wurden der Entwicklungsstand der Rückgewinnungsverfahren, die Robustheit der Verfahren bzw. die verfahrenstechnische Komplexität qualitativ bewertet. Sowohl das ExtraPhos-Verfahren wie auch das EuPhoRe-Verfahren entsprechen beide nicht dem Stand der Technik und grosstechnische Versuche zum Nachweis der Funktionstüchtigkeit bzw. Robustheit sind bei beiden Verfahren noch ausstehend. Entsprechend werden diese Szenarien in Bezug auf dieses Kriterium eher nachteilig bewertet (Stufe 2, S1-A, S1-B, S2-B, S2-C). Bei der Umsetzung von EuPhoRe als Vorschaltanlage zur MVA Bozen (S2-A) wurde dem ungeklärten und aus Sicht der Entsorgungssicherheit kritischen Aspekt der Wechselwirkung mit der MVA (zusätzliche Korrosion und Verschleiss von Anlagenkomponenten infolge der Zudosierung von Magnesiumchlorid) in Form einer tieferen Bewertung (Stufe 1) zusätzlich Rechnung getragen⁷. Die Szenarien mit Monoverbrennung und P-Extraktion aus der Asche sind vergleichsweise gut beurteilt. Die Wirbelschicht-Monoverbrennung ist ein bewährtes Verfahren (Stand der Technik) und bei den beiden, laut Experten auf bewährten Teilschritten beruhenden (z.B. Lösungsmittlextraktion), nasschemischen Extraktionsverfahren sind grosstechnische Versuche geplant.

Bezüglich dem Kriterium **Abhängigkeiten** sind die ExtraPhos-Szenarien (S1-A, S1-B, S1-C) als problematisch zu beurteilen. Der Grund dafür liegt im Entsorgungsweg des P-entfrachteten Dickschlammes in der Zementindustrie. Aufgrund von Expertenaussagen macht man sich damit stark abhängig von monopolartigen und nicht ausreichend verlässlichen Marktstrukturen ausserhalb der Provinz. Die EuPhoRe-Szenarien sind in Bezug auf Entsorgungssicherheits-beeinträchtigende infrastrukturelle Abhängigkeiten sehr unterschiedlich bewertet, je nachdem ob die Umsetzung als Vorschaltanlage zur MVA Bozen (S2-a) oder als Insellösung auf der ARA Tobl (S2-B, S2-C) erfolgt. Die Insellösungen auf der ARA Tobl sind sehr gut bewertet, da alle Teilprozesse (Trocknung und thermische Verwertung des Klärschlammes über einen unabhängigen Prozess erfolgt und die dabei anfallende P-haltige Asche direkt als Produkt für den Markt zur Verfügung steht (vgl. dazu auch Ausführungen zum Produkterlös unter Wirtschaftlichkeit). Die Umsetzung als Vorschaltanlage ist demgegenüber aufgrund der Einbindung in den MVA-Betrieb (Klumpenrisiko) und den damit verbundenen ungeklärten,

7 Eine detaillierte Einordnung der mit einer EuPhoRe-VSA verbundenen Unsicherheiten und damit einhergehenden Risiken ist in Unterkapitel 4.3 zu finden.

kritischen Aspekten (z.B. Korrosion wegen MgCl_2 -Zudosierung für Schwermetallabscheidung) diesbezüglich als kritisch bzw. problematisch bewertet.

Akzeptanz

Bei der Akzeptanz wurden zwei Kriterien bewertet, nämlich die Akzeptanz bzw. Bereitschaft der Landwirtschaft, die anfallenden Recyclingprodukte als Dünger einzusetzen und die politische Akzeptanz für neue Anlagen, welche für die Klärschlammentsorgung mit P-Rückgewinnung erforderlich sind. Was die **landwirtschaftliche Akzeptanz** der Recyclingprodukte anbelangt, so schneiden die Szenarien mit Monoverbrennung und anschließender P-Extraktion (S3-A, S3-B, S3-C) aus der Asche sehr gut ab. Die beim Phos4Life-Verfahren hergestellte qualitativ hochwertige Phosphorsäure kann über den Aufschluss von Rohphosphat oder P-haltigen Aschen zu hoch wasserlöslichen und in der Landwirtschaft präferiert verwendeten Tripelsuperphosphat-Düngern eingesetzt werden, während das Seraplant-Verfahren die Aschen unter Zugabe von Phosphorsäure direkt zu Tripelsuperphosphat aufschliesst. Bei den EuPhoRe-Szenarien (S2-A, S2-B, S2-C) gibt es hinsichtlich der landwirtschaftlichen Akzeptanz für eine Anwendung als Dünger noch einige Fragezeichen, die mit den Schwermetallgehalten (insbesondere Nickel und Kupfer), der vergleichsweise tiefen Wasserlöslichkeit⁸, dem begrenzten P_2O_5 -Gehalt (14-18%) und der Textur (Ausbringbarkeit) zusammenhängen. Inwieweit diesbezüglich noch Verbesserungen realisiert werden können wird sich in Zukunft zeigen. Die Bewertungen der ExtraPhos-Szenarien liegen dazwischen. Einerseits zeichnet sich das Produkt im Vergleich zur P-haltigen Aschen von EuPhoRe durch einen P_2O_5 -Gehalt von über 20%, tieferen Schwermetallgehalten und besserer Pflanzenverfügbarkeit bzw. Wasserlöslichkeit aus, weil durch die Kontrolle des pH-Wertes bei der Phosphatfällung kein Tricalciumphosphat, sondern das erheblich besser lösliche und bioverfügbare Dicalciumphosphat ausfällt.

Die Bewertung der Szenarien hinsichtlich der **politischen Akzeptanz** für neu zu bauende Entsorgungsinfrastrukturen hängt primär davon ab, ob in den jeweiligen Szenarien eine thermische Anlage zur Trocknung bzw. Klärschlammentsorgung mit P-Rückgewinnung gebaut werden muss oder nicht. Die Szenarien mit (Teil-)Trocknung (S1-B, S2-A, S2-C, S3-A) und/oder thermischer Klärschlammbehandlung bei der MVA Bozen sind aufgrund der sehr tiefen Akzeptanz für neue Anlagen in Bozen als kritisch bewertet. Die Szenarien mit Trocknung und thermischer Behandlung auf der ARA Tobl (S1-A, S2-B, S3-B, S3-C) schneiden sehr gut ab, da dort einem Bau zusätzlicher Entsorgungsinfrastrukturen aus Sicht der politischen Akzeptanz nichts im Weg steht. Einzig beim ExtraPhos-Szenarien (S1-A) wurde der Tatsache, dass auf der ARA Bozen eine ExtraPhos-Anlage erforderlich wäre, mit einer tieferen Bewertung Rechnung getragen.

8 Im Südtirol wird hauptsächlich intensive landwirtschaftliche Anbaupraxis betrieben, was die Einsatzmöglichkeiten von nicht hoch wasserlöslichen Düngern schwierig macht.

3.3.2 Aggregierte Szenarienbewertung

Abbildung 2 zeigt die ungewichteten sowie die gewichteten aggregierten Bewertungsresultate für die acht Szenarien (vgl. Gewichtungsfaktoren in Tabelle 3).

Bei den ungewichteten Gesamtergebnissen sind die Unterschiede in den Bewertungen der acht Szenarien sehr gering (durchschnittlich 2.5 bis 2.7 von maximal vier Punkten). Die zugrundeliegenden, stark unterschiedlichen Bewertungsprofile zwischen den Szenarien (vgl. Abbildung 1) gleichen sich somit jeweils wieder aus.

Ein anderes Bild ergibt sich bei den gewichteten Gesamtergebnissen: hier schneiden die Szenarien mit Monoverbrennung und anschliessender nasschemischen P-Extraktion aus der Asche (2.8-2.9 Punkte) deutlich besser ab als die ExtraPhos- und EuPhoRe-Szenarien (2.0 – 2.4 Punkte). Somit beeinflusst die Gewichtung der einzelnen Kriterien das Gesamtergebnis deutlich. Die Szenarien mit der Monoverbrennung und der anschliessenden nasschemischen P-Extraktion zeichnen sich vor allem durch die höhere Akzeptanz sowie durch die Entsorgungssicherheit des Verfahrens aus (hohe Punktzahl, hohe Gewichtung für diese beiden Kriterien).

SZENARIEN		Ungewichtet	Gewichtet
ExtraPhos			
S1-A	Trocknung 100% ARA Tobl	2.5	2.4
S1-B	Trocknung 33% ARA Tobl, 67% Bozen	2.5	2.4
EuPhoRe Drehrohr			
S2-A	VSA MVA Bozen	2.5	2.0
S2-B	Insellösung ARA Tobl	2.7	2.3
S2-C	Insellösung ARA Tobl (Teiltrocknung 67% MVA Bozen)	2.5	2.2
MV + P-Extraktion aus Asche			
S3-A	ARA Tobl (Trocknung 33% ARA Tobl, 67% Bozen)	2.6	2.9
S3-B	ARA Tobl (Trocknung 100% ARA Tobl)	2.7	2.8
S3-C	ARA Tobl (Trocknung 33% ARA Tobl, 67% Bozen)	2.7	2.9
IST		1.8	2.1

Abbildung 2 Resultate der aggregierten, multi-kriteriellen Bewertung der drei Hauptszenarien und den jeweiligen Subsznarien sowie der heutigen Klärschlamm Entsorgung im Südtirol (IST). Abgeschwächt eingefärbt sind die Szenarien mit politischer Akzeptanz <3)

4. Vertiefte Betrachtung ausgewählter Szenarien

Vorwegnehmend zu diesem Kapitel muss erwähnt werden, dass die für die vertiefte Betrachtung herangezogenen Quellen und Daten nur begrenzt kritisch hinterfragt und eingeordnet werden konnten. Entsprechend sind die dargestellten Resultate und Erkenntnisse mit Vorsicht zu genießen und in Anbetracht der bedeutenden Unsicherheiten zu den Verfahren (insbesondere beim EuPhoRe-Verfahren) entsprechend einzuordnen (vgl. dazu auch die Ausführungen im Unterkapitel 4.3 am Ende dieses Kapitels).

4.1 Szenarienauswahl

Auf Basis der Ergebnisse aus der multi-kriteriellen Bewertung und der anschließenden Diskussion zwischen der LfU (LfU) und EBP wurden sieben der betrachteten Szenarien für das Südtirol ausgeschlossen bzw. zwei, als die passendsten befundenen Szenarien für eine vertiefte Beurteilung spezifischer Aspekte ausgewählt (vgl. Tabelle 5).

Bei den zwei ausgewählten Szenarien handelt es sich um das EuPhoRe Szenario S2-A (VSA in Bozen, aller Klärschlamm wird in Bozen getrocknet) sowie um das Monoverbrennung & P-Extraktion aus Asche Szenario S3-C (Klärschlamm aus OEG 1/2 wird auf der ARA Tobl getrocknet und mit dem entwässerten Klärschlamm aus OEG 3/4 gemischt, um mit einem TS-Gehalt von 45% in die Monoverbrennung zu gehen).

Szenario	Auswahl	
ExtraPhos	S1-A, S1-B	 Limitierte Schliessung des P-Kreislaufs von 33% KS-Entsorgungsproblem mit P-Rückgewinnung nicht gelöst (P-abgereicherter Dickschlamm nach wie vor zur Entsorgung anfallend)
EuPhoRe Drehrohr VSA	S2-A	 Synergien zur MVA Bozen nutzbar
	S2-B, S2-C	 Drehrohr nur als Vorschaltanlage zur MVA sinnvoll (keine Insellösung auf ARA Tobl ohne die Nutzung der Synergien einer MVA)
	S2-D	 Ohne thermische KS-Behandlung vor Ort fehlt die Energie für die Teiltrocknung auf ARA Tobl-St.Lorenzen (thermische Energie müsste teuer über den Einkauf von Erdgas bereitgestellt werden)
Monoverbrennung & P-Extraktion aus Asche	S3-A	 Nutzung der Abwärme aus Monoverbrennung auf ARA Tobl bei Teiltrocknung in Bozen des KS aus OEG 1 und 2 nur ungenügend möglich Nicht nutzbare Abwärme aus Monoverbrennung bei 100% KS-Trocknung
	S3-B	 Nicht nutzbare Abwärme aus Monoverbrennung bei 100% KS-Trocknung
	S3-C	 TS-Gehalt von 45% ermöglicht die vollständige Nutzung der MV-Abwärme für Teiltrocknung vor Ort (ARA Tobl)

Tabelle 5 Ausgewählte bzw. ausgeschlossene Szenarien mit entsprechender Begründung.

4.2 Resultate der vertieften Betrachtung

4.2.1 Energiebilanz

Die Energiebilanzen für die beiden ausgewählten Szenarien sind in Tabelle 6 (S2-A) bzw. in Tabelle 7 (S3-C) dargestellt.

Das Szenario S2-A schneidet diesbezüglich besser ab als Szenario S3-C. In beiden Szenarien wird die Energiebilanz durch den Wärmebedarf für die Trocknung und der Wärmerückgewinnung durch die Pyrolyse resp. Monoverbrennung dominiert. Szenario S3-C fällt trotz leicht höherem Netto-Wärmegehalt schlechter aus, da mehr Strom und mehr Treibstoff (Transport) benötigt wird.

Während der Wärmebedarf und die Wärmerückgewinnung bei der Monoverbrennung auf soliden Erfahrungswerten basiert, sind diese bei der Pyrolyse noch unsicherer. Fundierte Daten sind hierzu erst verfügbar, sobald die grosstechnischen Pilotversuche (z.B. Entsorgungsregion Zofingen ERZO) ausgewertet sind. Analog ist der Strombedarf im Szenario S3-C aufgrund fehlender grosstechnischer Pilotierung mit Unsicherheiten behaftet und könnte entsprechend höher ausfallen.

Was		Strom (MWh/a)	Wärme (MWh/a)	Treibstoff (MWh/a)	Energie (MWh/a)
Trocknung (100% TS)	44'173 t H ₂ O		28'041		28'041
Pyrolyse	12'745 t KS (TS)	1'248	-31'287		-30'039
Transport (inkl. Leerfahrten)	6.1 Mio. tkm			1'477	1'477
Total		1'248	-3'246	1'477	-521

Tabelle 6: Energiebilanz für das Szenario S2-A (EuPhoRe-Drehrohr als Vorschaltanlage MVA Bozen).

Was		Strom (MWh/a)	Wärme (MWh/a)	Treibstoff (MWh/a)	Energie (MWh/a)
Trocknung (90% TS)	28'592 t H ₂ O	1'458	23'732		25'190
Monoverbrennung	28'326 t KS (45% TS)	3'088	-28'558		-25'470
Nasschemische P-Ex- traktion (Phos4Life)	4'979 t Asche	2'146			2'146
Transport (inkl. Leerfahrten)	10.3 Mio. tkm			2'491	2'491
Total		6'692	-4'827	2'491	4'357

Tabelle 7: Energiebilanz für das Szenario S3-C (Teiltrocknung, Monoverbrennung auf ARA Tobl-St.Lorenzen und P-Extraktion aus Asche über Phos4Life ausserhalb Region).

4.2.2 Carbon Footprint

Die Resultate der groben Carbon Footprint-Abschätzung sind in Tabelle 8 dargestellt.

Was	Menge	Einheit	Carbon Footprint (t CO ₂ -eq/Jahr)		
Input			S2-A	S3-C	S3-C (pro)
ROHSTOFFE					
Magnesiumchlorid	382	t/a	70		
Bicarbonat	945	t/a		780	780
Schwefelsäure	4331	t/a		706	0
Salzsäure 33%	6323	t/a		5'279	190
Kalk	647	t/a		21	21
Kalkstein	1'991	t/a		3	3
Wasser	42'152	t/a		16	16
TRANSPORT					
LKW	3.30 Mio.	tkm/a	508		
LKW	5.14 Mio.	tkm/a		858	858
ENERGIEBEDARF					
Strom		kWh/a	150	803	803
Output					
ABFALL					
Filterstaub	728	t/a	282		
Filterstaub	850	t/a		329	329
Schwermetall-Konzentrat	116	t/a		1	-1
Laugungsrückstand	11'460	t/a		-146	-146
Weisser Gips	2'738	t/a		-35	-35
Eisenchloridlösung	4'398	t/a		-4'881	-4'881
Salzsäure 17%	2'074	t/a		-892	-892
P-RECYCLINGPRODUKT					
Rohphosphat (Gutschrift)	1002	t/a	-254		
P-Säure (Gutschrift)	1'616	t/a		-1'743	-1'743
ENERGIEÜBERSCHUSS					
Wärme	2.27 Mio.	kWh/a	-598		
Total			159	-171	-5'967

Tabelle 8 Carbon Footprint für das Szenario S2-A und das Szenario S3-C (bei S3-C (pro) ist eine ökonomische Allokation bei der Herstellung der Salz- und Schwefelsäure hinterlegt.

Der Carbon Footprint des Szenario S2-A liegt bei rund 160 t CO₂eq. Den grössten Einfluss hat der Carbon Footprint des Transports und die Gutschrift durch den Wärmeüberschuss. Die Annahmen bzgl. Stromverbrauch, Wärmeüberschuss und Ertrag Rohphosphat stammen von EuPhoRe. Sollte der Wärmeüberschuss und der Ertrag des Rohphosphats zu optimistisch eingeschätzt worden sein, könnte der Carbon Footprint sich etwas erhöhen.

Der Carbon Footprint des Szenarios S3-C ist sehr stark abhängig von der Herkunft der eingesetzten Chemikalien und der Weiterverwendung anfallenden Abfallchemikalien und schwankt entsprechend zwischen -6000 t CO₂eq und ungefähr neutral (-170 t CO₂). Wenn die eingesetzten Chemikalien als Nebenprodukte bei der Herstellung anderer Industrieprozesse anfallen, reduziert dies den Carbon Footprint des Prozesses («Pro-Annahmen, vgl. Tabelle 8). Sollten die anfallenden Abfallchemikalien nicht weiterverwendet werden können, würde dies den Carbon Footprint stark erhöhen (nicht gezeigt). Für den Carbon Footprint dieses Verfahrens ist es somit entscheidend, dass Synergien mit anderen Industriebranchen genutzt werden können.

4.2.3 Kostenbilanz

In Tabelle 9 werden die grob geschätzten Kostenbilanzen⁹ für die Szenarien S2-A und S3-C aufgezeigt. Beim Vergleich der Kosten pro t KS schneidet das Drehrohr-Szenario (S2-A) insgesamt günstiger ab als das Szenario mit Monoverbrennung und P-Extraktion aus der Asche (S3-C).

Die Betriebskosten im Szenario S2-A stammen aus einer Machbarkeitsstudie, welche EuPhoRe im Auftrag von Eco-Center erstellt hat, und sind entsprechend mit Vorsicht zu geniessen. Doppelt so hohe Betriebskosten würden z.B. mit der Kostenabschätzung in Morf (2018) übereinstimmen. Aber selbst unter diesen Bedingungen bleiben die Kosten pro t KS in diesem Szenario tiefer als bei Szenario S3-C. Dies ist im Wesentlichen auf die Synergien mit der MVA zurückzuführen, eine Insellösung (ohne Kombination mit MVA) würde in einer vergleichbaren Grössenordnung liegen wie die Monoverbrennung mit nasschemischer P-Extraktion aus der Asche.

Im Szenario mit Monoverbrennung und nasschemischer Extraktion (S3-C) gibt es drei Varianten: in Variante A wird die Klärschlammasche an ausser-regionale Anlagen abgegeben. In Variante B wird die nasschemische Extraktion vor Ort gemacht. Bei letzterem unterscheiden sich die Kosten je nach Verfahren (Phos4Life oder Seraplant). Aufgrund der verfügbaren Daten könnte die nasschemische Extraktion mit dem Seraplant – Verfahren rentabel sein, während dies für Phos4Life nicht zutreffen könnte. Jedoch ist die Kostenschätzung für die Ascheverarbeitung und der Produkterlös bei beiden Verfahren noch als sehr unsicher einzustufen. Die Kosteneinschätzung für die Monoverbrennung ist als robust zu betrachten, da dieses Verfahren Stand der Technik ist und Investitions- und Betriebskosten entsprechend bekannt sind.

9 Diese Angaben sind mit grossen Unsicherheiten behaftet und geben eine Richtung bzw. Grössenordnung an.

Position	Einheit	S2-A	S3-C	S3-C	S3-C
			Abgabe KSA	Insellösung 1	Insellösung 2
Investitionskosten (inkl. Trocknungskapazität)	Mio. €	14.8	22.6 MV	22.6 MV	22.6 MV
Betriebskosten (inkl. Aschetransport)	Mio. €/a	1.0	3.9 MV	3.9 MV	3.9 MV
P-Extraktion aus Asche (Investition und Betrieb)	Mio. €/a			1.64 Phos4Life	1.33 Seraplant
Produkterlös	Mio. €/a	0.1	0	1.0 Phos4Life	2.57 Seraplant
Total	€/t TS	150	413	462	309

Tabelle 9 Kostenbilanz für das Szenario S2-A und das Szenario S3-C (mit drei unterschiedlichen Varianten (Abgabe der KSA an externe Ascheaufbereitung, zwei Insellösungen mit unterschiedlichen Verfahren zur Ascheaufbereitung)).

4.3 Einordnung der Unsicherheiten einer EuPhoRe-VSA

Die in der vorliegenden Studie bzw. für die Bewertung des EuPhoRe-Verfahrens herangezogenen Daten stammen aus einer Machbarkeitsstudie, die EuPhoRe im Auftrag von Eco-Center erstellt hat (Zepke et al., 2019). Die darin enthaltenen Angaben und Daten zum EuPhoRe-Verfahren sind grundsätzlich mit bedeutenden Unsicherheiten behaftet, weil:

- bisher noch kein Drehrohr zur Klärschlammverwertung (mit P-Rückgewinnung) in eine bereits bestehende MVA integriert wurde¹⁰.
- verlässliche Erfahrungen über die Auswirkungen auf den Betrieb der bestehenden MVA durch einen in Einsatzumgebung durchgeführten Langzeitversuch (Dauerbetrieb) fehlen.

Entsprechend wird im Folgenden zur besseren Einordnung der Ergebnisse auf die wesentlichen, die Bewertung und damit die Umsetzung dieses Verfahrens beeinflussenden Unsicherheiten noch näher eingegangen.

Additiv-Beigabe zur Schwermetallabreicherung

Um die aus dem Drehrohr anfallende Asche als Düngemittel verwenden zu können, ist eine Abreicherung der über den Klärschlamm eingetragenen Schwermetalle erforderlich. Das EuPhoRe-Verfahren sieht dafür die Dosierung von Magnesiumchlorid ($MgCl_2$) in die Klärschlammzuführung vor. Die dadurch vermehrt gebildeten, gasförmigen Metallchloride werden dabei über die Rauchgase ausgetragen. Neben der Schwermetallabreicherung soll damit auch die Löslichkeit und Pflanzenverfügbarkeit der enthaltenen Phosphor-Verbindungen verbessert werden¹¹. Die Auswirkungen einer 3%-

¹⁰ Z.B. wurde bei der ERZO (Entsorgung Region Zofingen) die Kehrrechtverbrennungsanlage parallel mit dem Drehrohr gebaut und in Betrieb genommen. Laut Aussagen der Betreiber dauerte es zwischen zwei und drei Jahren bis ein verlässlicher und robuster Betrieb der beiden Anlagen möglich war (das Drehrohr musste dabei noch umgebaut werden, was sich auch negativ auf die Investitionskosten auswirkte)

¹¹ Der Vergleich mit den Monoverbrennungsaschen ist deshalb nicht von Bedeutung, als dass diese in nachfolgendem Verfahrensschritt nasschemisch aufbereitet werden, um hochwertige Dünger bzw. Phosphorsäure herzustellen.

MgCl₂-Dosierung auf das Drehrohr und die Abreicherung der Schwermetalle sind in den zur Verfügung gestellten Grundlagen nicht näher beschrieben und aufgrund fehlender Langzeitversuche nur schwer einzuschätzen. Allfällige Beeinträchtigungen mit entsprechend negativen Auswirkungen auf Investitions- und Betriebskosten des Drehrohrs sind bis anhin nicht untersucht. Die Zugabe von MgCl₂ hat zudem zur Folge, dass vermehrt Metallchloride und Salzsäure (HCl) über die Rauchgase ausgetragen werden und damit das Risiko von bedeutenden Korrosionsproblemen bei Anlagenkomponenten der MVA zunimmt. Dieser Aspekt ist bis anhin nicht ausreichend untersucht und die in der Machbarkeitsstudie gemachten Aussagen sind sehr allgemein gehalten und kaum aussagekräftig. Laut EuPhoRe soll 3% MgCl₂ dem Klärschlamm zudosiert werden. Laut Erfahrungen der Firma Outotec aus der Erprobung des AshDec-Verfahrens¹² und laut Expertenaussagen reichen 3% nicht aus, um die gewünschten Abreicherungseffekte für die Schwermetalle zu erzielen. Für eine effektivere Abreicherung sind wahrscheinlich weit höhere Dosierungen (ab 9%) erforderlich, wodurch das Problem der Korrosivität signifikant zunimmt¹³. Zusätzlich zu höheren Betriebskosten (EuPhoRe und MVA) ist eine mögliche verminderte Verfügbarkeit der MVA aus Sicht der Entsorgungssicherheit für Klärschlamm, aber insbesondere auch für brennbare Siedlungsabfälle, für das Südtirol als problematisch einzustufen (Klumpenrisiko).

Erhöhte Schwefelbelastung der Rauchgase in der MVA

Auch ist durch die Zuführung der Drehrohr-Abluft in die MVA eine erhöhte Schwefelkonzentration in den Rauchgasen zu erwarten, weil im Klärschlamm vergleichsweise hohe Schwefelgehalte vorliegen. Bei einer trockenen Rauchgasreinigung wie bei der MVA Bozen ist die Reduktion der zusätzlichen Schwefelbelastungen mit einem erhöhten Verbrauch von Sorptionsmitteln (Natriumbikarbonat, Aktivkohle) verbunden, was sich negativ auf die Betriebskosten auswirkt¹⁴. Ob dies in der Machbarkeitsstudie adäquat berücksichtigt wurde ist nicht nachvollziehbar. Eine klare Aussage zur Zusammensetzung der Rauchgase, die in die MVA eingeleitet werden, ist in der angesprochenen Studie nicht enthalten.

Produktqualität und Produktabsatz

Ebenfalls mit Fragezeichen behaftet ist die Eignung der Drehrohrasche zur Verwendung als Düngemittel in der Landwirtschaft. Die P₂O₅-Gehalte sind mit ca. 16% im Vergleich zu handelsüblichen Düngern (Ausnahme Rohphosphat im biologischen Landbau) vergleichsweise tief und die Gehalte von ausgewählten Schwermetallen trotz Abreicherung nach wie vor beträchtlich (insbesondere bei der ausgewiesenen MgCl₂-Zugabe von 3%). Hinzukommt, dass die in der Asche enthaltenen Mischphosphate kaum wasserlöslich sind

12 Outotec hat aufgrund grossen Problemen der Korrosivität durch MgCl₂ andere Alkaliverbindungen getestet, ohne die gewünschten Abreicherungseffekte erzielen zu können.

13 Die zuzugebende Menge an Magnesiumchlorid hängt ab von den Schwermetallgehalten im Klärschlamm. Laut Aussagen von EuPhoRe in der Machbarkeitsstudie zeigen die bis anhin durchgeführten Schlammanalysen mit Ausnahme von Nickel und Cadmium mässige Schwermetall-Gehalte. Wie repräsentativ diese Analysen sind, kann aufgrund der gemachten Ausführungen nicht eingeordnet werden.

14 Alternativ könnte die trockene Rauchgasreinigung durch einen saurer Wäscher nachgerüstet werden, was mit zusätzlichen Investitionskosten verbunden wäre.

und laut Aussagen von Experten auch die Löslichkeit in Neutral-Ammoncitrat beschränkt ist, insbesondere auf basischen Böden. Die von EuPhoRe durchgeführten Topfversuche, die der Asche eine relativ gute Pflanzenverfügbarkeit attestieren, lassen nur beschränkt Aufschluss darüber zu, wie sich die Düngerwirkung unter realen Bedingungen verhält. Des Weiteren haben Gespräche mit Landwirtschaftsvertretern offenbart, dass für die intensive landwirtschaftliche Bewirtschaftung in der Region schnell pflanzenverfügbare, das heisst wasserlösliche Dünger nachgefragt werden, was zusätzlich zu den anderen Argumenten gegen eine Direktvermarktung des EuPhoRe-Düngers spricht. Entsprechend sind – neben der Granulierung – weitere Aufbereitungsschritte (Anreicherung mit Phosphor oder anderen Düngerkomponenten wie z.B. Kalium). Die grundsätzlichen Absatzmöglichkeiten bzw. die Möglichkeit über den Absatz Erlöse zu erzielen sind aufgrund all dieser Sachverhalte in Frage zu stellen; auch wegen den geringen Mengen¹⁵.

Investitions- und Betriebskosten

Obige Ausführungen zu den Unsicherheiten, die mit einer EuPhoRe-VSA zur MVA Bozen verbunden sind, lassen auch die von EuPhoRe ausgewiesenen Investitions- und Betriebskosten in einem anderen Licht erscheinen. Es ist davon auszugehen, dass die ausgewiesenen, in die Bewertung der Wirtschaftlichkeit eingeflossenen Aussagen zu den Kosten, als sehr optimistisch einzuordnen sind (d.h. die Kosten beziehen sich auf die Annahme, dass Inbetriebnahme und Betrieb der EuPhoRe-VSA in Kombination mit der MVA störungsfrei und problemlos von staten gehen, was in Anbetracht eines fehlenden Langzeitversuchs zum heutigen Zeitpunkt legitimerweise in Frage gestellt werden kann). Die Kosten für Inbetriebnahme sind in der Machbarkeitsstudie mit 200'000 € veranschlagt, woraus sich eine Inbetriebsetzungsdauer von eins bis zwei Monaten ableitet. Wie eingangs zu diesem Unterkapitel erwähnt, nahm die Inbetriebnahme bei der ERZO – ohne $MgCl_2$ -Zudosierung und damit verbundenen Einfluss auf den KVA-Betrieb – bis zu drei Jahren in Anspruch bis die Anlage als VSA zur KVA Oftringen stabil im angestrebten Bereich lief. Zusätzlich werden einige der von EuPhoRe ausgewiesenen Kostenpositionen (z.B. Strombedarf und –Preis, Bedarf an Sorptionsmitteln für Rauchgasreinigung, Abgrenzung des Betriebs der MVA und VSA wie z.B. Personalaufwand von zwei Mann à 50'000 € pro Jahr, Aschehandlung und –Abtransport, etc.) von Experten in Frage gestellt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass in Anbetracht der bedeutenden Unsicherheiten eine Entscheidung zum Einsatz einer EuPhoRe-VSA zum jetzigen Zeitpunkt mit beträchtlichen Risiken (v.a. Wirtschaftlichkeit, Entsorgungssicherheit) verbunden ist und auf einer detaillierten Beschreibung des Verfahrens basierend auf einem sauber durchgeführten, gross-technischen Langzeitversuch abgestützt sein muss.

15 Laut Aussagen von Düngemittelvertretern in der Schweiz sind grosse und homogene Mengen derartiger Ausgangsmaterialien für die Düngerherstellung für einen möglichen Absatz zwingend erforderlich.

5. Fazit

5.1 Zusammenfassung

Die in der vorliegenden Studie durchgeführten Analysen führten zur Erkenntnis, dass für die Situation im Südtirol zwei, auf unterschiedlichen Technologien basierende Rückgewinnungslösungen bzw. –Szenarien den vielseitigen Anforderungen an die regionale Klärschlammverwertung inkl. der Rückgewinnung von Phosphor am besten gerecht werden:

- Zentrale thermochemische Verwertung aller Klärschlämme in Bozen über eine EuPhoRe-Drehrohr-Vorschaltanlage (VSA) im Kombination mit der bestehenden Müllverbrennungsanlage
- Zentrale Wirbelschicht-basierte Klärschlammmonoverbrennung aller Klärschlämme auf der ARA Tobl und anschliessende nasschemische Extraktion von Phosphor aus der Asche (über Phos4Life, Seraplant oder auch anderes Verfahren wie TetraPhos, EcoPhos, CleanMAP)

Die Hauptgründe für das Präferieren dieser beiden Szenarien bzw. für den Ausschluss aller übrigen Szenarien liegen in stofflichen und Energie-bezogenen Aspekten (Rückgewinnungsgrad, Energiebilanz; in Kapitel 4.1).

Die Bewertung hat offenbart, dass sich die beiden Technologien bzw. Szenarien hinsichtlich der Bewertungsaspekte signifikant unterscheiden. Nur bei einem (Rückgewinnungsgrad) der 15 Bewertungskriterien stimmen die Bewertungen auf höchster Stufe (4) überein, sprich beide Lösungsansätze führen zu einer etwa 95% Kreislaufschliessung von P aus Klärschlamm (vgl. Abbildung 3 für eine zusammenfassende Gegenüberstellung der Entscheidungs-relevanten Aspekte für die beiden Szenarien). Die bedeutenden Unsicherheiten (insbesondere beim Szenario mit der EuPhoRe-VSA) lassen noch keine fundierten Schlüsse zur Wirtschaftlichkeit zu, weshalb diese Dimension für den abschliessenden Vergleich der beiden Szenarien nicht herangezogen wird.

5.2 Fazit

Mit dem EuPhoRe-Drehrohr-Verfahren als VSA bei der MVA Bozen steht ein Verfahren zur Verfügung, mit welchem Synergien zwischen der Klärschlammverwertung mit P-Rückgewinnung und der bestehenden Müllverbrennungsanlage in Bozen genutzt werden können. Dies betrifft einerseits die Einschleusung der heissen MVA-Rauchgase ins Drehrohr zur Trocknung des entwässerten Klärschlamms, andererseits besteht die Möglichkeit, die im Drehrohr entstehenden Prozessgase zur Nachverbrennung in den Feuerungsraum des Müllkessels der MVA abzuleiten, energetisch zu nutzen und anschliessend der Rauchgasreinigung der MVA zuzuführen. Neben diesen Synergien sind aber mit der EuPhoRe-VSA bedeutende Unsicherheiten und Risiken verbunden, welche nach heutigem Wissens- bzw. Entwicklungsstand zum EuPhoRe-Verfahren nicht ausreichend eingeordnet werden können (vgl. Ausführungen in Unterkapitel 4.3). Denn bis heute wurde die robuste und sichere Funktionsweise dieses Verfahrens in keinem sauber angelegten, grosstechnischen Langzeitversuch illustriert und nachgewiesen.



S2-A: EuPhoRe-VSA

Zentrale thermochemische Verwertung aller Klärschlämme bei der MVA Bozen über eine EuPhoRe-Drehrohr-Vorschaltanlage

Potenziell kosten- und ressourceneffizient, aber bedeutende Unsicherheiten und Risiken

S3-C: MV & Extraktion

Zentrale Monoverbrennung aller Klärschlämme auf der ARA Tobl und anschließende nasschemische P-Extraktion aus der Asche

Sicher, qualitativ hochwertig, aber eher aufwändig

Umwelt

Chemikalienaufwand	4	1 ↑
Schadstoffausschleusung	2	4
Abfall	4	3 ↓
Gutschrift Produkt	2	4
Energiebilanz	4	4

Entsorgungssicherheit

Robustheit/Komplexität	1 ↑	3
Abhängigkeit Infrastruktur	1 ↑	3

Akzeptanz

Dünger Landwirtschaft	1 ↑	4
Anlagenstandort Politik	1 ↑	4

TOTAL GEWICHTET
(ohne Wirtschaftlichkeit)

1.5

2.6

Abbildung 3 Zusammenfassende Gegenüberstellung der beiden Szenarien zur zukünftigen Klärschlammverwertung mit P-Rückgewinnung im Südtirol (gestrichelte Linien: Unsicherheiten; Pfeile: potenzieller Trend; Gewichtungsfaktoren für die Bewertungskriterien bzw. die Dimensionen sind in Unterkapitel 3.1, Tabelle 3 zu finden)

Diese Bedenken betreffen hauptsächlich die regionale Entsorgungssicherheit und die Wirtschaftlichkeit, aber auch die Akzeptanz für zukünftige Abfallverwertungslösungen im Südtirol, und können folgendermassen zusammengefasst werden:

- Die potenziell problematischen Wechselwirkungen zwischen der EuPhoRe-VSA und der bestehenden MVA Bozen sind bis heute nicht abschliessend analysiert und geklärt. Dies betrifft hauptsächlich das Risiko der Beeinträchtigung des MVA-Betriebs durch Korrosion, die mit der Zudosierung von Metallchloriden zur Abreicherung der im Klärschlamm enthaltenen Schwermetallbelastungen zusammenhängen. Sowohl das Ausmass der Zudosierung der Metallchloride wie auch deren Auswirkungen

auf den MVA-Betrieb sind weitgehend unklar. Neben möglichen Auswirkungen auf die Kosten der Klärschlammverwertung (und auch Siedlungsabfallverbrennung) ist damit insbesondere die regionale Entsorgungssicherheit gefährdet.

- Die vergleichsweise tief ausgewiesenen Investitions- und Betriebskosten sind in keinem realen und aussagekräftigen Versuchsbetrieb nachgewiesen und werden von verschiedenen Fachexperten als zu optimistisch eingeordnet und in Frage gestellt. Dabei sind kostentreibende Effekte, die sich aus Verzögerungen bei der Inbetriebnahme und unzuverlässigem Betrieb der Anlage ergeben, nicht mitberücksichtigt.
- Die Eignung der Drehrohr-Asche für die Verwendung als Dünger in der Landwirtschaft und damit der Absatz des P-Recyclingprodukts ist aufgrund des im Vergleich zu herkömmlichen Düngern tiefen P_2O_5 -Gehalts, der schlechten Wasserlöslichkeit und den – trotz Abreicherung beträchtlichen – Schwermetallbelastungen – kritisch zu hinterfragen. Gespräche mit Landwirtschaftsvertretern haben gezeigt, dass das Interesse an derartigen Düngern sehr gering ist und damit der Absatz schwierig ist. Ein fehlender Absatzmarkt hätte entweder aufwändige Veredelungsschritte zur Folge oder die kostentreibende Ablagerung auf Deponien zur Folge.
- Die Erbringung des Nachweis der Funktionsfähigkeit der EuPhoRe-VSA – als notwendige Voraussetzung für einen Entscheid zugunsten dieser Verwertungslösung – bringt bedeutende Verzögerungen mit sich, was in Anbetracht der unbefriedigenden und teuren heutigen Klärschlamm-entsorgung im Südtirol als problematisch einzustufen ist.
- Die politische bzw. gesellschaftliche Akzeptanz für eine zusätzliche thermische Abfallbehandlungsanlage am Standort Bozen ist als problematisch einzustufen und die Schaffung dieser Akzeptanz wäre voraussichtlich ein langwieriges Unterfangen (wie sich in der Vergangenheit im Rahmen von Diskussionen zum Bau einer Anlage zur thermischen Verwertung des Klärschlamm südlich von Bozen gezeigt hat).

Demgegenüber steht mit der Monoverbrennungslösung mit anschliessender nasschemischer P-Extraktion aus der Asche eine verlässliche und qualitativ hochwertige Verwertungslösung zur Verfügung, die dem Stand der Technik entspricht. Damit werden schadstoffarme, hochwertige und in der Düngereindustrie (Phosphor-Säure) bzw. in der Landwirtschaft (z.B. Tripelsuperphosphat) nachgefragte P-Recyclingprodukte erzeugt und auch die im Klärschlamm enthaltene Energie effizient nutzbar gemacht. Dafür sind sie mit einem vergleichsweise hohen Chemikalieneinsatz verbunden, was jedoch durch die gute Verwertbarkeit der daraus resultierenden Abfälle relativiert wird (vgl. Carbon Footprint in Unterkapitel 4.2.2). Es ist auch der Weg, auf den in umliegenden Ländern wie Deutschland, Österreich und der Schweiz für die Klärschlammverwertung mit Phosphor-Rückgewinnung dominant gesetzt wird. Somit kann davon ausgegangen werden, dass sich für die Monoverbrennungsasche für die nasschemische P-Extraktion diverse Abnehmer finden lassen.

5.3 Empfehlung

Aufgrund der bedeutenden Unsicherheiten und potenziell mit grossen Auswirkungen verbundenen Risiken einer EuPhoRe-Vorschaltanlage in Bozen, dem Bedarf, die sichere Funktionsfähigkeit in einem realen und aussagekräftigen Versuchsbetrieb nachzuweisen, sowie in Anbetracht der kurzfristig zu lösenden Entsorgungsproblematik wird seitens der Autoren die Klärschlammverwertung mit Phosphorrückgewinnung über eine Wirbelschicht-Monoverbrennung am Standort der ARA Tobl empfohlen.

6. Referenzen

ARA Pustertal AG (2018a). Angebot zu Kosten für Klärschlammtransporte im Südtirol.

ARA Pustertal AG (2018b). Klärschlammmanagement 2017. Kläranlage Tobl. Schlamm Entsorgungsdienst der ARA Pustertal AG.

Diaz Nogueira, G. (2017). Phos4Life Process: Joint industrial development towards efficient phosphorus urban mining. Informationsveranstaltung vom 6.9.2017 Phosphor Mining: Der Stoffkreislauf schliesst sich. Madrid: Technical Reunidas.

DPP e.V. (2018). Verfahren zur Phosphor-Rückgewinnung – auf der Kläranlage. Frankfurt am Main: Deutsche Phosphor-Plattform DPP e.V.

Engl, K. (2018a). Vorprojekt: Konzept zur Umsetzung eines thermischen Verfahrens zum Phosphorrecycling aller Klärschlämme Südtirols auf der Kläranlage ARA Tobl. St. Lorenzen.

Engl, K. (2018b). Aktuelle Informationen zur projektierten MV-Anlage auf ARA Tobl. Mündliche Mitteilung. ARA Pustertal AG.

ERZ (2017). Zentrale Klärschlammverwertung Werdhölzli. Jahresbericht 2016. Zürich: Tiefbau- und Entsorgungsdepartment des Kantons Zürich, Entsorgung + Recycling Zürich.

Fux, C., Theiler, M., & Irzan, T. (2015). Phosphorrückgewinnung aus Abwasser und Klärschlamm. Gesamtbericht. Zürich: TBF + Partner AG.

LfU (2018). Klärschlammstatistik 2017 der Autonomen Provinz Bozen/Südtirol. Bozen: Landesagentur für Umwelt.

Mehr, J. & Hellweg, S. (2018). Studie zum ökologischen Vergleich der Produktion von Phosphorsäure aus Klärschlammasche mittels Phos4life-Verfahren mit der Primärproduktion von P-Säure aus Rohphosphat. Zürich: ETH Zürich, Institut für Umweltingenieurwissenschaften.

Morf, L. (2018). Verfahrenstechnische Marktanalyse für die Phosphorrückgewinnung aus dem Abwasserpfad. Zürich: Baudirektion des Kantons Zürich, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL).

Mostbauer, P., Lenz, S., & Unger, N. (2017). Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm und Klärschlammasche. Wien: Universität für Bodenkultur BOKU.

Opitz, E. (2018). ExtraPhos®-Verfahren zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm – Erfahrungen aus der Praxis. Budenheim: Chemische Fabrik Budenheim KG.

Prünster, T. (2018). Einsatz von Düngern in der Landwirtschaft im Südtirol. Mündliche Mitteilung. Beratungsring Berglandwirtschaft.

Schnee, R. (2019). Aktuelle Informationen zum ExtraPhos®-Verfahren. Mündliche Mitteilung. Chemische Fabrik Budenheim KG.

Steger, A. (2018). Einsatz von Düngern in der Landwirtschaft im Südtirol. Mündliche Mitteilung. Südtiroler Bauernbund.

Spoerri, A., Erny, I., Hermann, L., & Hermann, R. (2017). Beurteilung von Technologien zur Phosphor-Rückgewinnung: Gesamtheitliche Beurteilung der Nachhaltigkeit und Realisierbarkeit von P-Rückgewinnungstechnologien im Schweizer Kontext. Zollikon: EBP Schweiz AG.

Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., and Weidema, B. (2016). The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. The International Journal of Life Cycle Assessment, 21(9), pp.1218–1230.

Zepke, F. (2019). Aktuelle Informationen zum EuPhoRe-Verfahren. Mündlicher

Zepke, F., Hormes, F., & Wutscher, K.F. (2018). Machbarkeitsstudie: Thermochemische Klärschlammbehandlung mit integriertem Phosphat-Recycling nach dem EuPhoRe®-Verfahren. Telgte: EuPhoRe GmbH, LUKSON AG, SFC Umwelt GmbH.

A1 Szenarienbeschreibung im Detail

Auf den folgenden Seiten sind die Szenarien vom Anfall des Klärschlammes auf den ARA bis zur Verwendung des Recyclingprodukts bzw. zur Weiterverarbeitung eines Zwischenprodukts (Asche aus Monoverbrennung) inklusive Transporten detailliert dargestellt. Die Angaben zum Anfall der Klärschlamme und dessen Eigenschaften (z.B. TS-Gehalt) auf den insgesamt 44 Kläranlagen in der Region basiert auf offiziellen Daten des Amts für Gewässerschutz der Landesagentur für Umwelt.

A1.1 S1-A: Budenheim (Trocknung ARA Tobl)

Anfall KS						P-RÜCKGEWINNUNG				ENTWÄSSERUNG				
Name/Ort	OEG	KS (t)	Form	TS (%)	KS (t TS)	Ort	KS (t)	km	(€/t KS)	Ort	OEG	TS (%)	KS (t)	
ARA Afing	2	20.00	nass (nicht entwässert)	2.00%	0.40			45	12.5	ARA Bozen	2	24.47%	1.63	
ARA Altrei	2	156.00	nass (nicht entwässert)	2.40%	3.74			35	12.5	ARA Tramin	2	21.10%	17.74	
ARA Bozen	2	10103.46	entwässert	24.47%	2472.32	ARA Bozen	10103.46	0	0	ARA Bozen	2	24.47%	10103.46	
ARA Branzoll	2	5777.61	entwässert	17.40%	1005.30	ARA Branzoll	5777.61	0	0	ARA Branzoll	2	17.40%	5777.61	
ARA Brixen	3	3325.65	entwässert	20.40%	678.43			0	0	ARA Brixen	3	20.40%	3325.65	
ARA Eggental	2	323.84	entwässert	25.28%	81.87			0	0	ARA Eggental	2	25.28%	323.84	
ARA Flaas	2	24.00	nass (nicht entwässert)	7.00%	1.68			28	12.5	ARA Bozen	2	24.47%	6.87	
ARA Innichen-Sexten	4	929.53	entwässert	22.01%	204.59			0	0	ARA Innichen-Sexten	4	22.01%	929.53	
ARA Lana	2	546.41	entwässert	21.45%	117.20			0	0	ARA Lana	2	21.45%	546.41	
ARA Laurein	2	192.00	nass (nicht entwässert)	6.50%	12.48			38	12.5	ARA Meran	2	23.22%	53.75	
ARA Lengstein	2	626.50	nass (nicht entwässert)	1.50%	9.40			9	12.5	ARA Sillian	2	21.40%	43.91	
ARA Lusen	3	1345.72	nass (nicht entwässert)	1.80%	24.22			18	12.5	ARA Brixen	3	20.40%	118.74	
ARA Margreid	2	221.97	entwässert	20.81%	46.19			0	0	ARA Margreid	2	20.81%	221.97	
ARA Matsch	1	150.00	nass (nicht entwässert)	2.50%	3.75			13	12.5	ARA Obervinschgau	1	22.62%	16.58	
ARA Meran	2	10627.73	entwässert	23.22%	2467.76	ARA Meran	10627.73	0	0	ARA Meran	2	23.22%	10627.73	
ARA Mittelvinschgau	1	1297.84	entwässert	23.90%	310.18			0	0	ARA Mittelvinschgau	1	23.90%	1297.84	
ARA Mölten	2	792.00	nass (nicht entwässert)	5.92%	46.89			20	12.5	ARA Bozen	2	24.47%	191.61	
ARA Montiggl	2	20.56	nass (nicht entwässert)	15.00%	3.08			0	0	ARA Bozen	2	24.47%	12.60	
ARA Oberbozen	2	524.50	nass (nicht entwässert)	3.25%	17.05			10	12.5	ARA Sillian	2	21.40%	79.66	
ARA Oberinn	2	355.00	nass (nicht entwässert)	2.10%	7.46			9	12.5	ARA Sillian	2	21.40%	34.84	
ARA Obervinschgau	1	994.00	entwässert	22.62%	224.84			0	0	ARA Obervinschgau	1	22.62%	994.00	
ARA Passeier	2	583.61	entwässert	21.15%	123.43			0	0	ARA Passeier	2	21.15%	583.61	
ARA Pontives	2	1046.55	entwässert	19.53%	204.39			0	0	ARA Pontives	2	19.53%	1046.55	
ARA Prad	1	476.34	entwässert	21.30%	101.46			0	0	ARA Prad	1	21.30%	476.34	
ARA Proveis	2	156.00	nass (nicht entwässert)	6.75%	10.53			34	12.5	ARA Meran	2	23.22%	45.35	
ARA Puntschen	2	144.00	nass (nicht entwässert)	4.50%	6.48			27	12.5	ARA Bozen	2	24.47%	26.48	
ARA Salurn	2	1568.00	nass (nicht entwässert)	1.98%	31.05			13	12.5	ARA Tramin	2	21.10%	147.14	
ARA Sarntal	2	628.66	entwässert	18.73%	117.75			0	0	ARA Sarntal	2	18.73%	628.66	
ARA Schnals	1	885.00	nass (nicht entwässert)	1.60%	14.16			10	12.5	ARA Mittelvinschgau	1	23.90%	59.25	
ARA Sillian	2	391.84	entwässert	21.40%	83.85			0	0	ARA Sillian	2	21.40%	391.84	
ARA Sompunt	4	1015.94	entwässert	22.37%	227.27			0	0	ARA Sompunt	4	22.37%	1015.94	
ARA St. Felix	2	96.00	nass (nicht entwässert)	5.67%	5.44			30	12.5	ARA Meran	2	23.22%	23.44	
ARA St. Pankraz	2	336.00	nass (nicht entwässert)	5.31%	17.84			15	12.5	ARA Meran	2	23.22%	76.84	
ARA Sulden	1	71.81	entwässert	20.22%	14.52			0	0	ARA Sulden	1	20.22%	71.81	
ARA Tobl-St.Lorenzen	4	8346.66	entwässert	22.53%	1880.50	ARA Tobl-St.Lorenzen	8346.66	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	4	22.53%	8346.66	
ARA Tramin	2	3598.97	entwässert	21.10%	759.38	ARA Tramin	3598.97	0	0	ARA Tramin	2	21.10%	3598.97	
ARA Utten	2	255.20	entwässert	16.10%	41.09			0	0	ARA Utten	2	16.10%	255.20	
ARA Unteres Eisacktal	3	954.96	entwässert	29.90%	285.53			0	0	ARA Unteres Eisacktal	3	29.90%	954.96	
ARA Unteres Pustertal	4	1327.58	entwässert	22.27%	295.65			0	0	ARA Unteres Pustertal	4	22.27%	1327.58	
ARA Unterinn	2	1093.90	nass (nicht entwässert)	2.20%	24.07			8	12.5	ARA Sillian	2	21.40%	112.46	
ARA Vöran	2	30.00	nass (nicht entwässert)	5.00%	1.50			30	12.5	ARA Meran	2	23.22%	6.46	
ARA Wangen	2	58.00	nass (nicht entwässert)	5.00%	2.90			12	12.5	ARA Sillian	2	21.40%	13.55	
ARA Wasserfeld	4	1156.90	entwässert	25.06%	289.92			0	0	ARA Wasserfeld	4	25.06%	1156.90	
ARA Wipptal	3	1826.10	entwässert	25.60%	467.48			0	0	ARA Wipptal	3	25.60%	1826.10	

Klärschlammverwertung mit Phosphor-Rückgewinnung im Südtirol / Entwicklung und Bewertung von Szenarien zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm

TROCKNUNG				Monoverbrennung				VERWENDUNG			
km	(€/t KS)	Ort	TS (%)	KS (t)	km	(€/t KS)	Ort	Asche (t)	km	(€/t KS)	Art
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	0.42	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	0.16	350	23.5	Zementwerk
93	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	3.96	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.46	350	23.5	Zementwerk
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	2616.21	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	965.75	350	23.5	Zementwerk
89	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	1063.81	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	392.70	350	23.5	Zementwerk
36	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	717.92	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	265.01	350	23.5	Zementwerk
92	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	86.63	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	31.98	350	23.5	Zementwerk
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	1.78	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	0.66	350	23.5	Zementwerk
43	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	216.50	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	79.92	350	23.5	Zementwerk
102	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	124.03	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	45.78	350	23.5	Zementwerk
100	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	13.21	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	4.88	350	23.5	Zementwerk
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	9.94	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	3.67	350	23.5	Zementwerk
35	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	25.63	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	9.46	350	23.5	Zementwerk
105	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	48.88	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	18.04	350	23.5	Zementwerk
156	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	3.97	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.46	350	23.5	Zementwerk
100	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	2611.39	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	963.97	350	23.5	Zementwerk
123	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	328.24	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	121.17	350	23.5	Zementwerk
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	49.62	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	18.32	350	23.5	Zementwerk
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	3.26	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.20	350	23.5	Zementwerk
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	18.04	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	6.66	350	23.5	Zementwerk
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	7.89	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	2.91	350	23.5	Zementwerk
156	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	237.93	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	87.83	350	23.5	Zementwerk
125	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	130.62	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	48.22	350	23.5	Zementwerk
65	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	216.29	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	79.84	350	23.5	Zementwerk
152	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	107.37	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	39.63	350	23.5	Zementwerk
100	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	11.14	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	4.11	350	23.5	Zementwerk
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	6.86	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	2.53	350	23.5	Zementwerk
98	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	32.85	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	12.13	350	23.5	Zementwerk
105	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	124.60	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	46.00	350	23.5	Zementwerk
123	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	14.98	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	5.53	350	23.5	Zementwerk
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	88.73	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	32.76	350	23.5	Zementwerk
26	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	240.49	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	88.78	350	23.5	Zementwerk
100	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	5.76	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	2.13	350	23.5	Zementwerk
100	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	18.88	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	6.97	350	23.5	Zementwerk
168	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	15.37	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	5.67	350	23.5	Zementwerk
0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	1989.95	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	734.57	350	23.5	Zementwerk
25	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	803.58	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	296.63	350	23.5	Zementwerk
115	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	43.48	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	16.05	350	23.5	Zementwerk
60	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	302.15	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	111.54	350	23.5	Zementwerk
21	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	312.86	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	115.49	350	23.5	Zementwerk
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	25.47	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	9.40	350	23.5	Zementwerk
100	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	1.59	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	0.59	350	23.5	Zementwerk
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	3.07	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.13	350	23.5	Zementwerk
19	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	306.79	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	113.25	350	23.5	Zementwerk
46	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	494.69	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	182.61	350	23.5	Zementwerk

A1.2 S1-B: Budenheim (Trocknung MVA Bozen/ARA Tobl)

Anfall KS						P-RÜCKGEWINNUNG			ENTWÄSSERUNG				
Ort	OEG	KS (t)	Form	TS (%)	KS (t TS)	Ort	KS (t)	km	(€/t KS)	Ort	OEG	TS (%)	KS (t)
ARA Afling	2	20.00	nass (nicht entwässert)	2.00%	0.40			45	12.5	ARA Bozen	2	24.47%	1.63
ARA Altrei	2	156.00	nass (nicht entwässert)	2.40%	3.74			35	12.5	ARA Tramin	2	21.10%	17.74
ARA Bozen	2	10103.46	entwässert	24.47%	2472.32	ARA Bozen	10103.46	0	0	ARA Bozen	2	24.47%	10103.46
ARA Branzoll	2	5777.61	entwässert	17.40%	1005.30	ARA Branzoll	5777.61	0	0	ARA Branzoll	2	17.40%	5777.61
ARA Brixen	3	3325.65	entwässert	20.40%	678.43			0	0	ARA Brixen	3	20.40%	3325.65
ARA Eggental	2	323.84	entwässert	25.28%	81.87			0	0	ARA Eggental	2	25.28%	323.84
ARA Flaas	2	24.00	nass (nicht entwässert)	7.00%	1.68			28	12.5	ARA Bozen	2	24.47%	6.87
ARA Innichen-Sexten	4	929.53	entwässert	22.01%	204.59			0	0	ARA Innichen-Sexten	4	22.01%	929.53
ARA Lana	2	546.41	entwässert	21.45%	117.20			0	0	ARA Lana	2	21.45%	546.41
ARA Laurein	2	192.00	nass (nicht entwässert)	6.50%	12.48			38	12.5	ARA Meran	2	23.22%	53.75
ARA Lengstein	2	626.50	nass (nicht entwässert)	1.50%	9.40			9	12.5	ARA Sillian	2	21.40%	43.91
ARA Lusen	3	1345.72	nass (nicht entwässert)	1.80%	24.22			18	12.5	ARA Brixen	3	20.40%	118.74
ARA Margreid	2	221.97	entwässert	20.81%	46.19			0	0	ARA Margreid	2	20.81%	221.97
ARA Matsch	1	150.00	nass (nicht entwässert)	2.50%	3.75			13	12.5	ARA Obervinschgau	1	22.62%	16.58
ARA Meran	2	10627.73	entwässert	23.22%	2467.76	ARA Meran	10627.73	0	0	ARA Meran	2	23.22%	10627.73
ARA Mittelvinschgau	1	1297.84	entwässert	23.90%	310.18			0	0	ARA Mittelvinschgau	1	23.90%	1297.84
ARA Mölten	2	792.00	nass (nicht entwässert)	5.92%	46.89			20	12.5	ARA Bozen	2	24.47%	191.61
ARA Montiggel	2	20.56	nass (nicht entwässert)	15.00%	3.08			0	0	ARA Bozen	2	24.47%	12.60
ARA Oberbozen	2	524.50	nass (nicht entwässert)	3.25%	17.05			10	12.5	ARA Sillian	2	21.40%	79.66
ARA Oberinn	2	355.00	nass (nicht entwässert)	2.10%	7.46			9	12.5	ARA Sillian	2	21.40%	34.84
ARA Obervinschgau	1	994.00	entwässert	22.62%	224.84			0	0	ARA Obervinschgau	1	22.62%	994.00
ARA Passeier	2	583.61	entwässert	21.15%	123.43			0	0	ARA Passeier	2	21.15%	583.61
ARA Pontives	2	1046.55	entwässert	19.53%	204.39			0	0	ARA Pontives	2	19.53%	1046.55
ARA Prad	1	476.34	entwässert	21.30%	101.46			0	0	ARA Prad	1	21.30%	476.34
ARA Proveis	2	156.00	nass (nicht entwässert)	6.75%	10.53			34	12.5	ARA Meran	2	23.22%	45.35
ARA Puntschen	2	144.00	nass (nicht entwässert)	4.50%	6.48			27	12.5	ARA Bozen	2	24.47%	26.48
ARA Salurn	2	1568.00	nass (nicht entwässert)	1.98%	31.05			13	12.5	ARA Tramin	2	21.10%	147.14
ARA Samtal	2	628.66	entwässert	18.73%	117.75			0	0	ARA Samtal	2	18.73%	628.66
ARA Schnals	1	885.00	nass (nicht entwässert)	1.60%	14.16			10	12.5	ARA Mittelvinschgau	1	23.90%	59.25
ARA Sillian	2	391.84	entwässert	21.40%	83.85			0	0	ARA Sillian	2	21.40%	391.84
ARA Sompunt	4	1015.94	entwässert	22.37%	227.27			0	0	ARA Sompunt	4	22.37%	1015.94
ARA St. Felix	2	96.00	nass (nicht entwässert)	5.67%	5.44			30	12.5	ARA Meran	2	23.22%	23.44
ARA St. Pankraz	2	336.00	nass (nicht entwässert)	5.31%	17.84			15	12.5	ARA Meran	2	23.22%	76.84
ARA Sulden	1	71.81	entwässert	20.22%	14.52			0	0	ARA Sulden	1	20.22%	71.81
ARA Tobl-St.Lorenzen	4	8346.66	entwässert	22.53%	1880.50	ARA Tobl-St.Lorenzen	8346.66	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	4	22.53%	8346.66
ARA Tramin	2	3598.97	entwässert	21.10%	759.38	ARA Tramin	3598.97	0	0	ARA Tramin	2	21.10%	3598.97
ARA Ulten	2	255.20	entwässert	16.10%	41.09			0	0	ARA Ulten	2	16.10%	255.20
ARA Unteres Eisacktal	3	954.96	entwässert	29.90%	285.53			0	0	ARA Unteres Eisacktal	3	29.90%	954.96
ARA Unteres Pustertal	4	1327.58	entwässert	22.27%	295.65			0	0	ARA Unteres Pustertal	4	22.27%	1327.58
ARA Unterinn	2	1093.90	nass (nicht entwässert)	2.20%	24.07			8	12.5	ARA Sillian	2	21.40%	112.46
ARA Vöran	2	30.00	nass (nicht entwässert)	5.00%	1.50			30	12.5	ARA Meran	2	23.22%	6.46
ARA Wangen	2	58.00	nass (nicht entwässert)	5.00%	2.90			12	12.5	ARA Sillian	2	21.40%	13.55
ARA Wasserfeld	4	1156.90	entwässert	25.06%	289.92			0	0	ARA Wasserfeld	4	25.06%	1156.90
ARA Wipptal	3	1826.10	entwässert	25.60%	467.48			0	0	ARA Wipptal	3	25.60%	1826.10

Klärschlammverwertung mit Phosphor-Rückgewinnung im Südtirol / Entwicklung und Bewertung von Szenarien zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm

TROCKNUNG					Monoverbrennung						VERWENDUNG
km	(€/t KS)	Ort	TS (%)	KS (t)	km	(€/t KS)	Ort	Asche (t)	km	(€/t KS)	Art
5	12.5	MVA Bozen	90.00%	0.44	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	0.16	350	23.5	Zementwerk
24	12.5	MVA Bozen	90.00%	4.16	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.46	350	23.5	Zementwerk
5	12.5	MVA Bozen	90.00%	2747.02	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	965.75	350	23.5	Zementwerk
12	12.5	MVA Bozen	90.00%	1117.00	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	392.70	350	23.5	Zementwerk
35	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	717.92	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	265.01	350	23.5	Zementwerk
13	12.5	MVA Bozen	90.00%	90.96	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	31.98	350	23.5	Zementwerk
5	12.5	MVA Bozen	90.00%	1.87	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	0.66	350	23.5	Zementwerk
43	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	216.50	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	79.92	350	23.5	Zementwerk
22	12.5	MVA Bozen	90.00%	130.23	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	45.78	350	23.5	Zementwerk
24	12.5	MVA Bozen	90.00%	13.87	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	4.88	350	23.5	Zementwerk
25	12.5	MVA Bozen	90.00%	10.44	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	3.67	350	23.5	Zementwerk
35	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	25.63	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	9.46	350	23.5	Zementwerk
28	12.5	MVA Bozen	90.00%	51.32	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	18.04	350	23.5	Zementwerk
84	19.5	MVA Bozen	90.00%	4.17	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.46	350	23.5	Zementwerk
24	12.5	MVA Bozen	90.00%	2741.95	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	963.97	350	23.5	Zementwerk
52	19.5	MVA Bozen	90.00%	344.65	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	121.17	350	23.5	Zementwerk
5	12.5	MVA Bozen	90.00%	52.10	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	18.32	350	23.5	Zementwerk
5	12.5	MVA Bozen	90.00%	3.43	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.20	350	23.5	Zementwerk
25	12.5	MVA Bozen	90.00%	18.94	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	6.66	350	23.5	Zementwerk
25	12.5	MVA Bozen	90.00%	8.28	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	2.91	350	23.5	Zementwerk
84	19.5	MVA Bozen	90.00%	249.83	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	87.83	350	23.5	Zementwerk
45	12.5	MVA Bozen	90.00%	137.15	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	48.22	350	23.5	Zementwerk
42	12.5	MVA Bozen	90.00%	227.10	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	79.84	350	23.5	Zementwerk
80	19.5	MVA Bozen	90.00%	112.73	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	39.63	350	23.5	Zementwerk
24	12.5	MVA Bozen	90.00%	11.70	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	4.11	350	23.5	Zementwerk
5	12.5	MVA Bozen	90.00%	7.20	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	2.53	350	23.5	Zementwerk
24	12.5	MVA Bozen	90.00%	34.50	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	12.13	350	23.5	Zementwerk
32	12.5	MVA Bozen	90.00%	130.83	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	46.00	350	23.5	Zementwerk
52	19.5	MVA Bozen	90.00%	15.73	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	5.53	350	23.5	Zementwerk
25	12.5	MVA Bozen	90.00%	93.17	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	32.76	350	23.5	Zementwerk
26	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	240.49	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	88.78	350	23.5	Zementwerk
24	12.5	MVA Bozen	90.00%	6.05	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	2.13	350	23.5	Zementwerk
24	12.5	MVA Bozen	90.00%	19.82	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	6.97	350	23.5	Zementwerk
95	23.5	MVA Bozen	90.00%	16.13	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	5.67	350	23.5	Zementwerk
0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	1989.95	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	734.57	350	23.5	Zementwerk
24	12.5	MVA Bozen	90.00%	843.76	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	296.63	350	23.5	Zementwerk
39	12.5	MVA Bozen	90.00%	45.65	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	16.05	350	23.5	Zementwerk
60	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	302.15	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	111.54	350	23.5	Zementwerk
21	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	312.86	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	115.49	350	23.5	Zementwerk
25	12.5	MVA Bozen	90.00%	26.74	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	9.40	350	23.5	Zementwerk
24	12.5	MVA Bozen	90.00%	1.67	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	0.59	350	23.5	Zementwerk
25	12.5	MVA Bozen	90.00%	3.22	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.13	350	23.5	Zementwerk
19	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	306.79	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	113.25	350	23.5	Zementwerk
46	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	494.69	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	182.61	350	23.5	Zementwerk

A1.3 S2-A: EuPhoRe VSA (Trocknung MVA Bozen)

Anfall KS						ENTWÄSSERUNG					
Ort	OEG	KS (t)	Form	TS (%)	KS (t TS)	km	(€/t KS)	Ort	OEG	TS (%)	KS (t)
ARA Afing	2	20.00	nass (nicht entwässert)	2.00%	0.40	45	12.5	ARA Bozen	2	24.47%	1.63
ARA Altrei	2	156.00	nass (nicht entwässert)	2.40%	3.74	35	12.5	ARA Tramin	2	21.10%	17.74
ARA Bozen	2	10103.46	entwässert	24.47%	2472.32	0	0	ARA Bozen	2	24.47%	10103.46
ARA Branzoll	2	5777.61	entwässert	17.40%	1005.30	0	0	ARA Branzoll	2	17.40%	5777.61
ARA Brixen	3	3325.65	entwässert	20.40%	678.43	0	0	ARA Brixen	3	20.40%	3325.65
ARA Eggental	2	323.84	entwässert	25.28%	81.87	0	0	ARA Eggental	2	25.28%	323.84
ARA Flaas	2	24.00	nass (nicht entwässert)	7.00%	1.68	28	12.5	ARA Bozen	2	24.47%	6.87
ARA Innichen-Sexten	4	929.53	entwässert	22.01%	204.59	0	0	ARA Innichen-Sexten	4	22.01%	929.53
ARA Lana	2	546.41	entwässert	21.45%	117.20	0	0	ARA Lana	2	21.45%	546.41
ARA Laurein	2	192.00	nass (nicht entwässert)	6.50%	12.48	38	12.5	ARA Meran	2	23.22%	53.75
ARA Lengstein	2	626.50	nass (nicht entwässert)	1.50%	9.40	9	12.5	ARA Sillian	2	21.40%	43.91
ARA Lusen	3	1345.72	nass (nicht entwässert)	1.80%	24.22	18	12.5	ARA Brixen	3	20.40%	118.74
ARA Margreid	2	221.97	entwässert	20.81%	46.19	0	0	ARA Margreid	2	20.81%	221.97
ARA Matsch	1	150.00	nass (nicht entwässert)	2.50%	3.75	13	12.5	ARA Obervinschgau	1	22.62%	16.58
ARA Meran	2	10627.73	entwässert	23.22%	2467.76	0	0	ARA Meran	2	23.22%	10627.73
ARA Mittelvinschgau	1	1297.84	entwässert	23.90%	310.18	0	0	ARA Mittelvinschgau	1	23.90%	1297.84
ARA Mölten	2	792.00	nass (nicht entwässert)	5.92%	46.89	20	12.5	ARA Bozen	2	24.47%	191.61
ARA Montiggl	2	20.56	nass (nicht entwässert)	15.00%	3.08	0	0	ARA Bozen	2	24.47%	12.60
ARA Oberbozen	2	524.50	nass (nicht entwässert)	3.25%	17.05	10	12.5	ARA Sillian	2	21.40%	79.66
ARA Oberinn	2	355.00	nass (nicht entwässert)	2.10%	7.46	9	12.5	ARA Sillian	2	21.40%	34.84
ARA Obervinschgau	1	994.00	entwässert	22.62%	224.84	0	0	ARA Obervinschgau	1	22.62%	994.00
ARA Passeier	2	583.61	entwässert	21.15%	123.43	0	0	ARA Passeier	2	21.15%	583.61
ARA Pontives	2	1046.55	entwässert	19.53%	204.39	0	0	ARA Pontives	2	19.53%	1046.55
ARA Prad	1	476.34	entwässert	21.30%	101.46	0	0	ARA Prad	1	21.30%	476.34
ARA Proveis	2	156.00	nass (nicht entwässert)	6.75%	10.53	34	12.5	ARA Meran	2	23.22%	45.35
ARA Puntschen	2	144.00	nass (nicht entwässert)	4.50%	6.48	27	12.5	ARA Bozen	2	24.47%	26.48
ARA Salurn	2	1568.00	nass (nicht entwässert)	1.98%	31.05	13	12.5	ARA Tramin	2	21.10%	147.14
ARA Sarntal	2	628.66	entwässert	18.73%	117.75	0	0	ARA Sarntal	2	18.73%	628.66
ARA Schnals	1	885.00	nass (nicht entwässert)	1.60%	14.16	10	12.5	ARA Mittelvinschgau	1	23.90%	59.25
ARA Sillian	2	391.84	entwässert	21.40%	83.85	0	0	ARA Sillian	2	21.40%	391.84
ARA Sompunt	4	1015.94	entwässert	22.37%	227.27	0	0	ARA Sompunt	4	22.37%	1015.94
ARA St. Felix	2	96.00	nass (nicht entwässert)	5.67%	5.44	30	12.5	ARA Meran	2	23.22%	23.44
ARA St. Pankraz	2	336.00	nass (nicht entwässert)	5.31%	17.84	15	12.5	ARA Meran	2	23.22%	76.84
ARA Sulden	1	71.81	entwässert	20.22%	14.52	0	0	ARA Sulden	1	20.22%	71.81
ARA Tobl-St.Lorenzen	4	8346.66	entwässert	22.53%	1880.50	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	4	22.53%	8346.66
ARA Tramin	2	3598.97	entwässert	21.10%	759.38	0	0	ARA Tramin	2	21.10%	3598.97
ARA Ulten	2	255.20	entwässert	16.10%	41.09	0	0	ARA Ulten	2	16.10%	255.20
ARA Unteres Eisacktal	3	954.96	entwässert	29.90%	285.53	0	0	ARA Unteres Eisacktal	3	29.90%	954.96
ARA Unteres Pustertal	4	1327.58	entwässert	22.27%	295.65	0	0	ARA Unteres Pustertal	4	22.27%	1327.58
ARA Unterinn	2	1093.90	nass (nicht entwässert)	2.20%	24.07	8	12.5	ARA Sillian	2	21.40%	112.46
ARA Vöran	2	30.00	nass (nicht entwässert)	5.00%	1.50	30	12.5	ARA Meran	2	23.22%	6.46
ARA Wangen	2	58.00	nass (nicht entwässert)	5.00%	2.90	12	12.5	ARA Sillian	2	21.40%	13.55
ARA Wasserfeld	4	1156.90	entwässert	25.06%	289.92	0	0	ARA Wasserfeld	4	25.06%	1156.90
ARA Wipptal	3	1826.10	entwässert	25.60%	467.48	0	0	ARA Wipptal	3	25.60%	1826.10

Klärschlammverwertung mit Phosphor-Rückgewinnung im Südtirol / Entwicklung und Bewertung von Szenarien zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm

TROCKNUNG				P-RÜCKGEWINNUNG				VERWENDUNG			
km	(€/t KS)	Ort	TS (%)	KS (t)	km	(€/t KS)	Ort	Asche (t)	km	(€/t KS)	Art/Ort
5	12.5	MVA Bozen	100.00%	0.40	0	0	MVA Bozen	0.16	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
24	12.5	MVA Bozen	100.00%	3.74	0	0	MVA Bozen	1.50	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
5	12.5	MVA Bozen	100.00%	2472.32	0	0	MVA Bozen	988.93	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
12	12.5	MVA Bozen	100.00%	1005.30	0	0	MVA Bozen	402.12	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
47	12.5	MVA Bozen	100.00%	678.43	0	0	MVA Bozen	271.37	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
13	12.5	MVA Bozen	100.00%	81.87	0	0	MVA Bozen	32.75	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
5	12.5	MVA Bozen	100.00%	1.68	0	0	MVA Bozen	0.67	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
116	23.5	MVA Bozen	100.00%	204.59	0	0	MVA Bozen	81.84	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
22	12.5	MVA Bozen	100.00%	117.20	0	0	MVA Bozen	46.88	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
24	12.5	MVA Bozen	100.00%	12.48	0	0	MVA Bozen	4.99	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
25	12.5	MVA Bozen	100.00%	9.40	0	0	MVA Bozen	3.76	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
47	12.5	MVA Bozen	100.00%	24.22	0	0	MVA Bozen	9.69	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
28	12.5	MVA Bozen	100.00%	46.19	0	0	MVA Bozen	18.48	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
84	19.5	MVA Bozen	100.00%	3.75	0	0	MVA Bozen	1.50	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
24	12.5	MVA Bozen	100.00%	2467.76	0	0	MVA Bozen	987.10	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
52	19.5	MVA Bozen	100.00%	310.18	0	0	MVA Bozen	124.07	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
5	12.5	MVA Bozen	100.00%	46.89	0	0	MVA Bozen	18.75	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
5	12.5	MVA Bozen	100.00%	3.08	0	0	MVA Bozen	1.23	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
25	12.5	MVA Bozen	100.00%	17.05	0	0	MVA Bozen	6.82	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
25	12.5	MVA Bozen	100.00%	7.46	0	0	MVA Bozen	2.98	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
84	19.5	MVA Bozen	100.00%	224.84	0	0	MVA Bozen	89.94	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
45	12.5	MVA Bozen	100.00%	123.43	0	0	MVA Bozen	49.37	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
42	12.5	MVA Bozen	100.00%	204.39	0	0	MVA Bozen	81.76	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
80	19.5	MVA Bozen	100.00%	101.46	0	0	MVA Bozen	40.58	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
24	12.5	MVA Bozen	100.00%	10.53	0	0	MVA Bozen	4.21	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
5	12.5	MVA Bozen	100.00%	6.48	0	0	MVA Bozen	2.59	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
24	12.5	MVA Bozen	100.00%	31.05	0	0	MVA Bozen	12.42	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
32	12.5	MVA Bozen	100.00%	117.75	0	0	MVA Bozen	47.10	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
52	19.5	MVA Bozen	100.00%	14.16	0	0	MVA Bozen	5.66	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
25	12.5	MVA Bozen	100.00%	83.85	0	0	MVA Bozen	33.54	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
103	23.5	MVA Bozen	100.00%	227.27	0	0	MVA Bozen	90.91	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
24	12.5	MVA Bozen	100.00%	5.44	0	0	MVA Bozen	2.18	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
24	12.5	MVA Bozen	100.00%	17.84	0	0	MVA Bozen	7.14	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
95	23.5	MVA Bozen	100.00%	14.52	0	0	MVA Bozen	5.81	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
75	19.5	MVA Bozen	100.00%	1880.50	0	0	MVA Bozen	752.20	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
24	12.5	MVA Bozen	100.00%	759.38	0	0	MVA Bozen	303.75	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
39	12.5	MVA Bozen	100.00%	41.09	0	0	MVA Bozen	16.43	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
30	12.5	MVA Bozen	100.00%	285.53	0	0	MVA Bozen	114.21	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
56	19.5	MVA Bozen	100.00%	295.65	0	0	MVA Bozen	118.26	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
25	12.5	MVA Bozen	100.00%	24.07	0	0	MVA Bozen	9.63	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
24	12.5	MVA Bozen	100.00%	1.50	0	0	MVA Bozen	0.60	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
25	12.5	MVA Bozen	100.00%	2.90	0	0	MVA Bozen	1.16	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
95	23.5	MVA Bozen	100.00%	289.92	0	0	MVA Bozen	115.97	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
70	19.5	MVA Bozen	100.00%	467.48	0	0	MVA Bozen	186.99	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten

A1.4 S2-B: EuPhoRe Insel (Trocknung ARA Tobl)

Anfall KS

Ort	OEG	KS (t)	Form	TS (%)	KS (t TS)
ARA Afing	2	20.00	nass	2.00%	0.40
ARA Altrei	2	156.00	nass	2.40%	3.74
ARA Bozen	2	10103.46	entwässert	24.47%	2472.32
ARA Branzoll	2	5777.61	entwässert	17.40%	1005.30
ARA Brixen	3	3325.65	entwässert	20.40%	678.43
ARA Eggental	2	323.84	entwässert	25.28%	81.87
ARA Flaas	2	24.00	nass	7.00%	1.68
ARA Innichen-Sexten	4	929.53	entwässert	22.01%	204.59
ARA Lana	2	546.41	entwässert	21.45%	117.20
ARA Laurein	2	192.00	nass	6.50%	12.48
ARA Lengstein	2	626.50	nass	1.50%	9.40
ARA Lusen	3	1345.72	nass	1.80%	24.22
ARA Margreid	2	221.97	entwässert	20.81%	46.19
ARA Matsch	1	150.00	nass	2.50%	3.75
ARA Meran	2	10627.73	entwässert	23.22%	2467.76
ARA Mittelvinschgau	1	1297.84	entwässert	23.90%	310.18
ARA Mölten	2	792.00	nass	5.92%	46.89
ARA Montiggl	2	20.56	nass	15.00%	3.08
ARA Oberbozen	2	524.50	nass	3.25%	17.05
ARA Oberinn	2	355.00	nass	2.10%	7.46
ARA Obervinschgau	1	994.00	entwässert	22.62%	224.84
ARA Passeier	2	583.61	entwässert	21.15%	123.43
ARA Pontives	2	1046.55	entwässert	19.53%	204.39
ARA Prad	1	476.34	entwässert	21.30%	101.46
ARA Proveis	2	156.00	nass	6.75%	10.53
ARA Puntschen	2	144.00	nass	4.50%	6.48
ARA Salm	2	1568.00	nass	1.98%	31.05
ARA Samtal	2	628.66	entwässert	18.73%	117.75
ARA Schnals	1	885.00	nass	1.60%	14.16
ARA Siffian	2	391.84	entwässert	21.40%	83.85
ARA Sompunt	4	1015.94	entwässert	22.37%	227.27
ARA St. Felix	2	96.00	nass	5.67%	5.44
ARA St. Pankraz	2	336.00	nass	5.31%	17.84
ARA Sulden	1	71.81	entwässert	20.22%	14.52
ARA Tobl-St.Lorenzen	4	8346.66	entwässert	22.53%	1880.50
ARA Tramin	2	3598.97	entwässert	21.10%	759.38
ARA Utten	2	255.20	entwässert	16.10%	41.09
ARA Unteres Eisacktal	3	954.96	entwässert	29.90%	285.53
ARA Unteres Pustertal	4	1327.58	entwässert	22.27%	295.65
ARA Unterinn	2	1093.90	nass	2.20%	24.07
ARA Vöran	2	30.00	nass	5.00%	1.50
ARA Wangen	2	58.00	nass	5.00%	2.90
ARA Wasserfeld	4	1156.90	entwässert	25.06%	289.92
ARA Wipptal	3	1826.10	entwässert	25.60%	467.48

ENTWÄSSERUNG

km	(€/t KS)	Ort	OEG	TS (%)	KS (t)
45	12.5	ARA Bozen	2	24.47%	1.63
35	12.5	ARA Tramin	2	21.10%	17.74
0	0	ARA Bozen	2	24.47%	10103.46
0	0	ARA Branzoll	2	17.40%	5777.61
0	0	ARA Brixen	3	20.40%	3325.65
0	0	ARA Eggental	2	25.28%	323.84
28	12.5	ARA Bozen	2	24.47%	6.87
0	0	ARA Innichen-Sexten	4	22.01%	929.53
0	0	ARA Lana	2	21.45%	546.41
38	12.5	ARA Meran	2	23.22%	53.75
9	12.5	ARA Siffian	2	21.40%	43.91
18	12.5	ARA Brixen	3	20.40%	118.74
0	0	ARA Margreid	2	20.81%	221.97
13	12.5	ARA Obervinschgau	1	22.62%	16.58
0	0	ARA Meran	2	23.22%	10627.73
0	0	ARA Mittelvinschgau	1	23.90%	1297.84
20	12.5	ARA Bozen	2	24.47%	191.61
0	0	ARA Bozen	2	24.47%	12.60
10	12.5	ARA Siffian	2	21.40%	79.66
9	12.5	ARA Siffian	2	21.40%	34.84
0	0	ARA Obervinschgau	1	22.62%	994.00
0	0	ARA Passeier	2	21.15%	583.61
0	0	ARA Pontives	2	19.53%	1046.55
0	0	ARA Prad	1	21.30%	476.34
34	12.5	ARA Meran	2	23.22%	45.35
27	12.5	ARA Bozen	2	24.47%	26.48
13	12.5	ARA Tramin	2	21.10%	147.14
0	0	ARA Samtal	2	18.73%	628.66
10	12.5	ARA Mittelvinschgau	1	23.90%	59.25
0	0	ARA Siffian	2	21.40%	391.84
0	0	ARA Sompunt	4	22.37%	1015.94
30	12.5	ARA Meran	2	23.22%	23.44
15	12.5	ARA Meran	2	23.22%	76.84
0	0	ARA Sulden	1	20.22%	71.81
0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	4	22.53%	8346.66
0	0	ARA Tramin	2	21.10%	3598.97
0	0	ARA Utten	2	16.10%	255.20
0	0	ARA Unteres Eisacktal	3	29.90%	954.96
0	0	ARA Unteres Pustertal	4	22.27%	1327.58
8	12.5	ARA Siffian	2	21.40%	112.46
30	12.5	ARA Meran	2	23.22%	6.46
12	12.5	ARA Siffian	2	21.40%	13.55
0	0	ARA Wasserfeld	4	25.06%	1156.90
0	0	ARA Wipptal	3	25.60%	1826.10

Klärschlammverwertung mit Phosphor-Rückgewinnung im Südtirol / Entwicklung und Bewertung von Szenarien zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm

TROCKNUNG				P-RÜCKGEWINNUNG				VERWENDUNG			
km	(€/t KS)	Ort	TS (%)	KS (t)	km	(€/t KS)	Ort	Asche (t)	km	(€/t KS)	Art
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	0.42	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	0.16	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
93	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	3.96	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.50	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	2616.21	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	988.93	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
89	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	1063.81	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	402.12	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
36	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	717.92	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	271.37	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
92	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	86.63	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	32.75	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	1.78	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	0.67	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
43	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	216.50	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	81.84	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
102	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	124.03	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	46.88	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
100	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	13.21	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	4.99	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	9.94	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	3.76	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
35	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	25.63	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	9.69	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
105	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	48.88	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	18.48	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
156	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	3.97	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.50	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
100	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	2611.39	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	987.10	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
123	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	328.24	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	124.07	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	49.62	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	18.75	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	3.26	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.23	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	18.04	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	6.82	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	7.89	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	2.98	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
156	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	237.93	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	89.94	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
125	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	130.62	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	49.37	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
65	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	216.29	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	81.76	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
152	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	107.37	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	40.58	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
100	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	11.14	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	4.21	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	6.86	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	2.59	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
98	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	32.85	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	12.42	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
105	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	124.60	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	47.10	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
123	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	14.98	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	5.66	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	88.73	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	33.54	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
26	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	240.49	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.91	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
100	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	5.76	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	2.18	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
100	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	18.88	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	7.14	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
168	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	15.37	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	5.81	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	1989.95	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	752.20	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
25	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	803.58	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	303.75	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
115	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	43.48	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	16.43	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
60	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	302.15	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	114.21	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
21	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	312.86	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	118.26	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	25.47	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	9.63	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
100	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	1.59	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	0.60	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	3.07	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.16	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
19	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	306.79	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	115.97	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
46	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	494.69	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	186.99	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten

A1.5 S2-C: EuPhoRe Insel (Trocknung MVA Bozen/ARA Tobl)

Anfall KS						ENTWÄSSERUNG					
Ort	OEG	KS (t)	Form	TS (%)	KS (t TS)	km	(€/t KS)	Ort	OEG	TS (%)	KS (t)
ARA Afing	2	20.00	nass (nicht entwässert)	2.00%	0.40	45	12.5	ARA Bozen	2	24.47%	1.63
ARA Altrei	2	156.00	nass (nicht entwässert)	2.40%	3.74	35	12.5	ARA Tramin	2	21.10%	17.74
ARA Bozen	2	10103.46	entwässert	24.47%	2472.32	0	0	ARA Bozen	2	24.47%	10103.46
ARA Branzoll	2	5777.61	entwässert	17.40%	1005.30	0	0	ARA Branzoll	2	17.40%	5777.61
ARA Brixen	3	3325.65	entwässert	20.40%	678.43	0	0	ARA Brixen	3	20.40%	3325.65
ARA Eggental	2	323.84	entwässert	25.28%	81.87	0	0	ARA Eggental	2	25.28%	323.84
ARA Flaas	2	24.00	nass (nicht entwässert)	7.00%	1.68	28	12.5	ARA Bozen	2	24.47%	6.67
ARA Innichen-Sexten	4	929.53	entwässert	22.01%	204.59	0	0	ARA Innichen-Sexten	4	22.01%	929.53
ARA Lana	2	546.41	entwässert	21.45%	117.20	0	0	ARA Lana	2	21.45%	546.41
ARA Laurein	2	192.00	nass (nicht entwässert)	6.50%	12.48	38	12.5	ARA Meran	2	23.22%	53.75
ARA Lengstein	2	626.50	nass (nicht entwässert)	1.50%	9.40	9	12.5	ARA Sillian	2	21.40%	43.91
ARA Lüssen	3	1345.72	nass (nicht entwässert)	1.80%	24.22	18	12.5	ARA Brixen	3	20.40%	118.74
ARA Margreid	2	221.97	entwässert	20.81%	46.19	0	0	ARA Margreid	2	20.81%	221.97
ARA Matsch	1	150.00	nass (nicht entwässert)	2.50%	3.75	13	12.5	ARA Obervinschgau	1	22.62%	16.58
ARA Meran	2	10627.73	entwässert	23.22%	2467.76	0	0	ARA Meran	2	23.22%	10627.73
ARA Mittelvinschgau	1	1297.84	entwässert	23.90%	310.18	0	0	ARA Mittelvinschgau	1	23.90%	1297.84
ARA Mölten	2	792.00	nass (nicht entwässert)	5.92%	46.89	20	12.5	ARA Bozen	2	24.47%	191.61
ARA Montiggl	2	20.56	nass (nicht entwässert)	15.00%	3.08	0	0	ARA Bozen	2	24.47%	12.60
ARA Oberbozen	2	524.50	nass (nicht entwässert)	3.25%	17.05	10	12.5	ARA Sillian	2	21.40%	79.66
ARA Oberinn	2	355.00	nass (nicht entwässert)	2.10%	7.46	9	12.5	ARA Sillian	2	21.40%	34.84
ARA Obervinschgau	1	994.00	entwässert	22.62%	224.84	0	0	ARA Obervinschgau	1	22.62%	994.00
ARA Passeier	2	583.61	entwässert	21.15%	123.43	0	0	ARA Passeier	2	21.15%	583.61
ARA Pontives	2	1046.55	entwässert	19.53%	204.39	0	0	ARA Pontives	2	19.53%	1046.55
ARA Prad	1	476.34	entwässert	21.30%	101.46	0	0	ARA Prad	1	21.30%	476.34
ARA Proveis	2	156.00	nass (nicht entwässert)	6.75%	10.53	34	12.5	ARA Meran	2	23.22%	45.35
ARA Puntzen	2	144.00	nass (nicht entwässert)	4.50%	6.48	27	12.5	ARA Bozen	2	24.47%	26.48
ARA Salurn	2	1568.00	nass (nicht entwässert)	1.98%	31.05	13	12.5	ARA Tramin	2	21.10%	147.14
ARA Sarntal	2	628.66	entwässert	18.73%	117.75	0	0	ARA Sarntal	2	18.73%	628.66
ARA Schnals	1	885.00	nass (nicht entwässert)	1.60%	14.16	10	12.5	ARA Mittelvinschgau	1	23.90%	59.25
ARA Sillian	2	391.84	entwässert	21.40%	83.85	0	0	ARA Sillian	2	21.40%	391.84
ARA Sompunt	4	1015.94	entwässert	22.37%	227.27	0	0	ARA Sompunt	4	22.37%	1015.94
ARA St. Felix	2	96.00	nass (nicht entwässert)	5.67%	5.44	30	12.5	ARA Meran	2	23.22%	23.44
ARA St. Pankraz	2	336.00	nass (nicht entwässert)	5.31%	17.84	15	12.5	ARA Meran	2	23.22%	76.84
ARA Sulden	1	71.81	entwässert	20.22%	14.52	0	0	ARA Sulden	1	20.22%	71.81
ARA Tobl-St.Lorenzen	4	8346.66	entwässert	22.53%	1880.50	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	4	22.53%	8346.66
ARA Tramin	2	3598.97	entwässert	21.10%	759.38	0	0	ARA Tramin	2	21.10%	3598.97
ARA Ulten	2	255.20	entwässert	16.10%	41.09	0	0	ARA Ulten	2	16.10%	255.20
ARA Unteres Eisacktal	3	954.96	entwässert	29.90%	285.53	0	0	ARA Unteres Eisacktal	3	29.90%	954.96
ARA Unteres Pustertal	4	1327.58	entwässert	22.27%	295.65	0	0	ARA Unteres Pustertal	4	22.27%	1327.58
ARA Unterinn	2	1093.90	nass (nicht entwässert)	2.20%	24.07	8	12.5	ARA Sillian	2	21.40%	112.46
ARA Vöran	2	30.00	nass (nicht entwässert)	5.00%	1.50	30	12.5	ARA Meran	2	23.22%	6.46
ARA Wangen	2	58.00	nass (nicht entwässert)	5.00%	2.90	12	12.5	ARA Sillian	2	21.40%	13.55
ARA Wasserfeld	4	1156.90	entwässert	25.06%	289.92	0	0	ARA Wasserfeld	4	25.06%	1156.90
ARA Wipptal	3	1826.10	entwässert	25.60%	467.48	0	0	ARA Wipptal	3	25.60%	1826.10

Klärschlammverwertung mit Phosphor-Rückgewinnung im Südtirol / Entwicklung und Bewertung von Szenarien zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm

TROCKNUNG				P-RÜCKGEWINNUNG				VERWENDUNG			
km	(€/t KS)	Ort	TS (%)	KS (t)	km	(€/t KS)	Ort	Asche (t)	km	(€/t KS)	Art
5	12.5	MVA Bozen	90.00%	0.44	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	0.16	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
24	12.5	MVA Bozen	90.00%	4.16	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.50	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
5	12.5	MVA Bozen	90.00%	2747.02	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	988.93	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
12	12.5	MVA Bozen	90.00%	1117.00	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	402.12	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
35	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	717.92	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	271.37	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
13	12.5	MVA Bozen	90.00%	90.96	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	32.75	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
5	12.5	MVA Bozen	90.00%	1.87	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	0.67	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
43	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	216.50	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	81.84	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
22	12.5	MVA Bozen	90.00%	130.23	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	46.88	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
24	12.5	MVA Bozen	90.00%	13.87	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	4.99	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
25	12.5	MVA Bozen	90.00%	10.44	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	3.76	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
35	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	25.63	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	9.69	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
28	12.5	MVA Bozen	90.00%	51.32	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	18.48	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
84	19.5	MVA Bozen	90.00%	4.17	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.50	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
24	12.5	MVA Bozen	90.00%	2741.95	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	987.10	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
52	19.5	MVA Bozen	90.00%	344.65	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	124.07	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
5	12.5	MVA Bozen	90.00%	52.10	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	18.75	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
5	12.5	MVA Bozen	90.00%	3.43	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.23	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
25	12.5	MVA Bozen	90.00%	18.94	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	6.82	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
25	12.5	MVA Bozen	90.00%	8.28	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	2.98	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
84	19.5	MVA Bozen	90.00%	249.83	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	89.94	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
45	12.5	MVA Bozen	90.00%	137.15	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	49.37	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
42	12.5	MVA Bozen	90.00%	227.10	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	81.76	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
80	19.5	MVA Bozen	90.00%	112.73	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	40.58	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
24	12.5	MVA Bozen	90.00%	11.70	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	4.21	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
5	12.5	MVA Bozen	90.00%	7.20	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	2.59	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
24	12.5	MVA Bozen	90.00%	34.50	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	12.42	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
32	12.5	MVA Bozen	90.00%	130.83	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	47.10	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
52	19.5	MVA Bozen	90.00%	15.73	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	5.66	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
25	12.5	MVA Bozen	90.00%	93.17	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	33.54	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
26	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	240.49	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.91	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
24	12.5	MVA Bozen	90.00%	6.05	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	2.18	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
24	12.5	MVA Bozen	90.00%	19.82	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	7.14	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
95	23.5	MVA Bozen	90.00%	16.13	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	5.81	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	1989.95	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	752.20	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
24	12.5	MVA Bozen	90.00%	843.76	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	303.75	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
39	12.5	MVA Bozen	90.00%	45.65	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	16.43	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
60	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	302.15	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	114.21	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
21	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	312.86	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	118.26	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
25	12.5	MVA Bozen	90.00%	26.74	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	9.63	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
24	12.5	MVA Bozen	90.00%	1.67	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	0.60	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
25	12.5	MVA Bozen	90.00%	3.22	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.16	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
19	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	306.79	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	115.97	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten
46	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	494.69	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	186.99	200	23.5	Beimischung Düngerkomponenten

A1.6 S3-A: MV + P-Extraktion (Trocknung MVA Bozen/ARA Tobl)

Anfall KS						ENTWÄSSERUNG			
Ort	OEG	KS (t)	Form	TS (%)	KS (t TS)	km	(€/t KS)	Ort	OEG TS (%) KS (t)
ARA Afing	2	20.00	nass (nicht entwässert)	2.00%	0.40	45	12.5	ARA Bozen	2 24.47% 1.63
ARA Altrei	2	156.00	nass (nicht entwässert)	2.40%	3.74	35	12.5	ARA Tramin	2 21.10% 17.74
ARA Bozen	2	10103.46	entwässert	24.47%	2472.32	0	0	ARA Bozen	2 24.47% 10103.46
ARA Branzoll	2	5777.61	entwässert	17.40%	1005.30	0	0	ARA Branzoll	2 17.40% 5777.61
ARA Brixen	3	3325.65	entwässert	20.40%	678.43	0	0	ARA Brixen	3 20.40% 3325.65
ARA Eggental	2	323.84	entwässert	25.28%	81.87	0	0	ARA Eggental	2 25.28% 323.84
ARA Flaas	2	24.00	nass (nicht entwässert)	7.00%	1.68	28	12.5	ARA Bozen	2 24.47% 6.87
ARA Innichen-Sexten	4	929.53	entwässert	22.01%	204.59	0	0	ARA Innichen-Sexten	4 22.01% 929.53
ARA Lana	2	546.41	entwässert	21.45%	117.20	0	0	ARA Lana	2 21.45% 546.41
ARA Laurein	2	192.00	nass (nicht entwässert)	6.50%	12.48	38	12.5	ARA Meran	2 23.22% 53.75
ARA Lengstein	2	626.50	nass (nicht entwässert)	1.50%	9.40	9	12.5	ARA Sillian	2 21.40% 43.91
ARA Lusen	3	1345.72	nass (nicht entwässert)	1.80%	24.22	18	12.5	ARA Brixen	3 20.40% 118.74
ARA Margreid	2	221.97	entwässert	20.81%	46.19	0	0	ARA Margreid	2 20.81% 221.97
ARA Matsch	1	150.00	nass (nicht entwässert)	2.50%	3.75	13	12.5	ARA Obervinschgau	1 22.62% 16.58
ARA Meran	2	10627.73	entwässert	23.22%	2467.76	0	0	ARA Meran	2 23.22% 10627.73
ARA Mittelvinschgau	1	1297.84	entwässert	23.90%	310.18	0	0	ARA Mittelvinschgau	1 23.90% 1297.84
ARA Mölten	2	792.00	nass (nicht entwässert)	5.92%	46.89	20	12.5	ARA Bozen	2 24.47% 191.61
ARA Montiggl	2	20.56	nass (nicht entwässert)	15.00%	3.08	0	0	ARA Bozen	2 24.47% 12.60
ARA Oberbozen	2	524.50	nass (nicht entwässert)	3.25%	17.05	10	12.5	ARA Sillian	2 21.40% 79.66
ARA Oberinn	2	355.00	nass (nicht entwässert)	2.10%	7.46	9	12.5	ARA Sillian	2 21.40% 34.84
ARA Obervinschgau	1	994.00	entwässert	22.62%	224.84	0	0	ARA Obervinschgau	1 22.62% 994.00
ARA Passeier	2	583.61	entwässert	21.15%	123.43	0	0	ARA Passeier	2 21.15% 583.61
ARA Pontives	2	1046.55	entwässert	19.53%	204.39	0	0	ARA Pontives	2 19.53% 1046.55
ARA Prad	1	476.34	entwässert	21.30%	101.46	0	0	ARA Prad	1 21.30% 476.34
ARA Proveis	2	156.00	nass (nicht entwässert)	6.75%	10.53	34	12.5	ARA Meran	2 23.22% 45.35
ARA Puntschen	2	144.00	nass (nicht entwässert)	4.50%	6.48	27	12.5	ARA Bozen	2 24.47% 26.48
ARA Salurn	2	1568.00	nass (nicht entwässert)	1.98%	31.05	13	12.5	ARA Tramin	2 21.10% 147.14
ARA Sarntal	2	628.66	entwässert	18.73%	117.75	0	0	ARA Sarntal	2 18.73% 628.66
ARA Schnals	1	885.00	nass (nicht entwässert)	1.60%	14.16	10	12.5	ARA Mittelvinschgau	1 23.90% 59.25
ARA Sillian	2	391.84	entwässert	21.40%	83.85	0	0	ARA Sillian	2 21.40% 391.84
ARA Sompunt	4	1015.94	entwässert	22.37%	227.27	0	0	ARA Sompunt	4 22.37% 1015.94
ARA St. Felix	2	96.00	nass (nicht entwässert)	5.67%	5.44	30	12.5	ARA Meran	2 23.22% 23.44
ARA St. Pankraz	2	336.00	nass (nicht entwässert)	5.31%	17.84	15	12.5	ARA Meran	2 23.22% 76.84
ARA Suldén	1	71.81	entwässert	20.22%	14.52	0	0	ARA Suldén	1 20.22% 71.81
ARA Tobl-St.Lorenzen	4	8346.66	entwässert	22.53%	1880.50	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	4 22.53% 8346.66
ARA Tramin	2	3598.97	entwässert	21.10%	759.38	0	0	ARA Tramin	2 21.10% 3598.97
ARA Ultén	2	255.20	entwässert	16.10%	41.09	0	0	ARA Ultén	2 16.10% 255.20
ARA Unteres Eisacktal	3	954.96	entwässert	29.90%	285.53	0	0	ARA Unteres Eisacktal	3 29.90% 954.96
ARA Unteres Pustertal	4	1327.58	entwässert	22.27%	295.65	0	0	ARA Unteres Pustertal	4 22.27% 1327.58
ARA Unterinn	2	1093.90	nass (nicht entwässert)	2.20%	24.07	8	12.5	ARA Sillian	2 21.40% 112.46
ARA Vöran	2	30.00	nass (nicht entwässert)	5.00%	1.50	30	12.5	ARA Meran	2 23.22% 6.46
ARA Wangen	2	58.00	nass (nicht entwässert)	5.00%	2.90	12	12.5	ARA Sillian	2 21.40% 13.55
ARA Wasserfeld	4	1156.90	entwässert	25.06%	289.92	0	0	ARA Wasserfeld	4 25.06% 1156.90
ARA Wipptal	3	1826.10	entwässert	25.60%	467.48	0	0	ARA Wipptal	3 25.60% 1826.10

TROCKNUNG					P-RÜCKGEWINNUNG				VERWENDUNG		
km	(€/t KS)	Ort	TS (%)	KS (t)	km	(€/t KS)	Ort	Asche (t)	km	(€/t KS)	Art
5	12.5	MVA Bozen	90.00%	0.44	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	0.16	250	23.5	Nasschemische Extraktion
24	12.5	MVA Bozen	90.00%	4.16	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.46	250	23.5	Nasschemische Extraktion
5	12.5	MVA Bozen	90.00%	2747.02	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	965.75	250	23.5	Nasschemische Extraktion
12	12.5	MVA Bozen	90.00%	1117.00	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	392.70	250	23.5	Nasschemische Extraktion
35	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	717.92	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	265.01	250	23.5	Nasschemische Extraktion
13	12.5	MVA Bozen	90.00%	90.96	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	31.98	250	23.5	Nasschemische Extraktion
5	12.5	MVA Bozen	90.00%	1.87	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	0.66	250	23.5	Nasschemische Extraktion
43	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	216.50	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	79.92	250	23.5	Nasschemische Extraktion
22	12.5	MVA Bozen	90.00%	130.23	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	45.78	250	23.5	Nasschemische Extraktion
24	12.5	MVA Bozen	90.00%	13.87	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	4.88	250	23.5	Nasschemische Extraktion
25	12.5	MVA Bozen	90.00%	10.44	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	3.67	250	23.5	Nasschemische Extraktion
35	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	25.63	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	9.46	250	23.5	Nasschemische Extraktion
28	12.5	MVA Bozen	90.00%	51.32	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	18.04	250	23.5	Nasschemische Extraktion
84	19.5	MVA Bozen	90.00%	4.17	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.46	250	23.5	Nasschemische Extraktion
24	12.5	MVA Bozen	90.00%	2741.95	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	963.97	250	23.5	Nasschemische Extraktion
52	19.5	MVA Bozen	90.00%	344.65	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	121.17	250	23.5	Nasschemische Extraktion
5	12.5	MVA Bozen	90.00%	52.10	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	18.32	250	23.5	Nasschemische Extraktion
5	12.5	MVA Bozen	90.00%	3.43	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.20	250	23.5	Nasschemische Extraktion
25	12.5	MVA Bozen	90.00%	18.94	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	6.66	250	23.5	Nasschemische Extraktion
25	12.5	MVA Bozen	90.00%	8.28	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	2.91	250	23.5	Nasschemische Extraktion
84	19.5	MVA Bozen	90.00%	249.83	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	87.83	250	23.5	Nasschemische Extraktion
45	12.5	MVA Bozen	90.00%	137.15	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	48.22	250	23.5	Nasschemische Extraktion
42	12.5	MVA Bozen	90.00%	227.10	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	79.84	250	23.5	Nasschemische Extraktion
80	19.5	MVA Bozen	90.00%	112.73	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	39.63	250	23.5	Nasschemische Extraktion
24	12.5	MVA Bozen	90.00%	11.70	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	4.11	250	23.5	Nasschemische Extraktion
5	12.5	MVA Bozen	90.00%	7.20	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	2.53	250	23.5	Nasschemische Extraktion
24	12.5	MVA Bozen	90.00%	34.50	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	12.13	250	23.5	Nasschemische Extraktion
32	12.5	MVA Bozen	90.00%	130.83	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	46.00	250	23.5	Nasschemische Extraktion
52	19.5	MVA Bozen	90.00%	15.73	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	5.53	250	23.5	Nasschemische Extraktion
25	12.5	MVA Bozen	90.00%	93.17	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	32.76	250	23.5	Nasschemische Extraktion
26	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	240.49	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	88.78	250	23.5	Nasschemische Extraktion
24	12.5	MVA Bozen	90.00%	6.05	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	2.13	250	23.5	Nasschemische Extraktion
24	12.5	MVA Bozen	90.00%	19.82	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	6.97	250	23.5	Nasschemische Extraktion
95	23.5	MVA Bozen	90.00%	16.13	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	5.67	250	23.5	Nasschemische Extraktion
0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	1989.95	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	734.57	250	23.5	Nasschemische Extraktion
24	12.5	MVA Bozen	90.00%	843.76	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	296.63	250	23.5	Nasschemische Extraktion
39	12.5	MVA Bozen	90.00%	45.65	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	16.05	250	23.5	Nasschemische Extraktion
60	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	302.15	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	111.54	250	23.5	Nasschemische Extraktion
21	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	312.86	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	115.49	250	23.5	Nasschemische Extraktion
25	12.5	MVA Bozen	90.00%	26.74	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	9.40	250	23.5	Nasschemische Extraktion
24	12.5	MVA Bozen	90.00%	1.67	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	0.59	250	23.5	Nasschemische Extraktion
25	12.5	MVA Bozen	90.00%	3.22	75	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.13	250	23.5	Nasschemische Extraktion
19	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	306.79	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	113.25	250	23.5	Nasschemische Extraktion
46	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	494.69	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	182.61	250	23.5	Nasschemische Extraktion

A1.7 S3-B: MV + P-Extraktion (Trocknung ARA Tobl)

Anfall KS

Ort	OEG	KS (t)	Form	TS (%)	KS (t TS)
ARA Afling	2	20.00	nass (nicht entwässert)	2.00%	0.40
ARA Altrei	2	156.00	nass (nicht entwässert)	2.40%	3.74
ARA Bozen	2	10103.46	entwässert	24.47%	2472.32
ARA Branzoll	2	5777.61	entwässert	17.40%	1005.30
ARA Brixen	3	3325.65	entwässert	20.40%	678.43
ARA Eggental	2	323.84	entwässert	25.28%	81.87
ARA Flaas	2	24.00	nass (nicht entwässert)	7.00%	1.68
ARA Innichen-Sexten	4	929.53	entwässert	22.01%	204.59
ARA Lana	2	546.41	entwässert	21.45%	117.20
ARA Laurein	2	192.00	nass (nicht entwässert)	6.50%	12.48
ARA Lengstein	2	626.50	nass (nicht entwässert)	1.50%	9.40
ARA Lusen	3	1345.72	nass (nicht entwässert)	1.80%	24.22
ARA Margreid	2	221.97	entwässert	20.81%	46.19
ARA Matsch	1	150.00	nass (nicht entwässert)	2.50%	3.75
ARA Meran	2	10627.73	entwässert	23.22%	2467.76
ARA Mittelvinschgau	1	1297.84	entwässert	23.90%	310.18
ARA Mölten	2	792.00	nass (nicht entwässert)	5.92%	46.89
ARA Montiggl	2	20.56	nass (nicht entwässert)	15.00%	3.08
ARA Oberbozen	2	524.50	nass (nicht entwässert)	3.25%	17.05
ARA Oberinn	2	355.00	nass (nicht entwässert)	2.10%	7.46
ARA Obervinschgau	1	994.00	entwässert	22.62%	224.84
ARA Passeier	2	583.61	entwässert	21.15%	123.43
ARA Pontives	2	1046.55	entwässert	19.53%	204.39
ARA Prad	1	476.34	entwässert	21.30%	101.46
ARA Proveis	2	156.00	nass (nicht entwässert)	6.75%	10.53
ARA Puntschen	2	144.00	nass (nicht entwässert)	4.50%	6.48
ARA Salurn	2	1568.00	nass (nicht entwässert)	1.98%	31.05
ARA Samtal	2	628.66	entwässert	18.73%	117.75
ARA Schnals	1	885.00	nass (nicht entwässert)	1.60%	14.16
ARA Sillian	2	391.84	entwässert	21.40%	83.85
ARA Sompunt	4	1015.94	entwässert	22.37%	227.27
ARA St. Felix	2	96.00	nass (nicht entwässert)	5.67%	5.44
ARA St. Pankraz	2	336.00	nass (nicht entwässert)	5.31%	17.84
ARA Suldén	1	71.81	entwässert	20.22%	14.52
ARA Tobl-St.Lorenzen	4	8346.66	entwässert	22.53%	1880.50
ARA Tramin	2	3598.97	entwässert	21.10%	759.38
ARA Ultén	2	255.20	entwässert	16.10%	41.09
ARA Unteres Eisacktal	3	954.96	entwässert	29.90%	285.53
ARA Unteres Pustertal	4	1327.58	entwässert	22.27%	295.65
ARA Unterinn	2	1093.90	nass (nicht entwässert)	2.20%	24.07
ARA Vöran	2	30.00	nass (nicht entwässert)	5.00%	1.50
ARA Wangen	2	58.00	nass (nicht entwässert)	5.00%	2.90
ARA Wasserfeld	4	1156.90	entwässert	25.06%	289.92
ARA Wipptal	3	1826.10	entwässert	25.60%	467.48

km	(€/t KS)
45	12.5
35	12.5
0	0
0	0
0	0
0	0
28	12.5
0	0
0	0
38	12.5
9	12.5
18	12.5
0	0
13	12.5
0	0
0	0
20	12.5
0	0
10	12.5
9	12.5
0	0
0	0
0	0
34	12.5
27	12.5
13	12.5
0	0
10	12.5
0	0
0	0
30	12.5
15	12.5
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
8	12.5
30	12.5
12	12.5
0	0
0	0

ENTWÄSSERUNG

Ort	OEG	TS (%)	KS (t)
ARA Bozen	2	24.47%	1.63
ARA Tramin	2	21.10%	17.74
ARA Bozen	2	24.47%	10103.46
ARA Branzoll	2	17.40%	5777.61
ARA Brixen	3	20.40%	3325.65
ARA Eggental	2	25.28%	323.84
ARA Bozen	2	24.47%	6.87
ARA Innichen-Sexten	4	22.01%	929.53
ARA Lana	2	21.45%	546.41
ARA Meran	2	23.22%	53.75
ARA Sillian	2	21.40%	43.91
ARA Brixen	3	20.40%	118.74
ARA Margreid	2	20.81%	221.97
ARA Obervinschgau	1	22.62%	16.58
ARA Meran	2	23.22%	10627.73
ARA Mittelvinschgau	1	23.90%	1297.84
ARA Bozen	2	24.47%	191.61
ARA Bozen	2	24.47%	12.60
ARA Sillian	2	21.40%	79.66
ARA Sillian	2	21.40%	34.84
ARA Obervinschgau	1	22.62%	994.00
ARA Passeier	2	21.15%	583.61
ARA Pontives	2	19.53%	1046.55
ARA Prad	1	21.30%	476.34
ARA Meran	2	23.22%	45.35
ARA Bozen	2	24.47%	26.48
ARA Tramin	2	21.10%	147.14
ARA Samtal	2	18.73%	628.66
ARA Mittelvinschgau	1	23.90%	59.25
ARA Sillian	2	21.40%	391.84
ARA Sompunt	4	22.37%	1015.94
ARA Meran	2	23.22%	23.44
ARA Meran	2	23.22%	76.84
ARA Suldén	1	20.22%	71.81
ARA Tobl-St.Lorenzen	4	22.53%	8346.66
ARA Tramin	2	21.10%	3598.97
ARA Utlen	2	16.10%	255.20
ARA Unteres Eisacktal	3	29.90%	954.96
ARA Unteres Pustertal	4	22.27%	1327.58
ARA Sillian	2	21.40%	112.46
ARA Meran	2	23.22%	6.46
ARA Sillian	2	21.40%	13.55
ARA Wasserfeld	4	25.06%	1156.90
ARA Wipptal	3	25.60%	1826.10

TROCKNUNG				P-RÜCKGEWINNUNG				VERWENDUNG			
km	(€/t KS)	Ort	TS (%)	KS (t)	km	(€/t KS)	Ort	Asche (t)	km	(€/t KS)	Art
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	0.42	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	0.16	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
93	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	3.96	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.46	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	2616.21	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	965.75	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
89	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	1063.81	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	392.70	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
36	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	717.92	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	265.01	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
92	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	86.63	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	31.98	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	1.78	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	0.66	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
43	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	216.50	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	79.92	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
102	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	124.03	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	45.78	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
100	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	13.21	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	4.88	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	9.94	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	3.67	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
35	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	25.63	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	9.46	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
105	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	48.88	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	18.04	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
156	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	3.97	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.46	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
100	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	2611.39	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	963.97	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
123	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	328.24	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	121.17	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	49.62	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	18.32	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	3.26	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.20	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	18.04	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	6.66	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	7.89	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	2.91	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
156	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	237.93	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	87.83	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
125	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	130.62	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	48.22	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
65	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	216.29	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	79.84	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
152	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	107.37	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	39.63	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
100	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	11.14	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	4.11	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	6.86	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	2.53	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
98	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	32.85	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	12.13	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
105	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	124.60	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	46.00	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
123	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	14.98	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	5.53	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	88.73	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	32.76	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
26	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	240.49	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	88.78	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
100	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	5.76	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	2.13	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
100	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	18.88	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	6.97	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
168	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	15.37	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	5.67	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	1989.95	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	734.57	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
25	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	803.58	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	296.63	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
115	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	43.48	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	16.05	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
60	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	302.15	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	111.54	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
21	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	312.86	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	115.49	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	25.47	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	9.40	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
100	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	1.59	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	0.59	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	3.07	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.13	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
19	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	306.79	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	113.25	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
46	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	94.50%	494.69	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	182.61	250	23.5	Nasssschemische Extraktion

A1.8 S3-C: MV + P-Extraktion (Teiltrocknung ARA Tobl)

Anfall KS

Ort	OEG	KS (t)	Form	TS (%)	KS (t TS)
ARA Afing	2	20.00	nass (nicht entwässert)	2.00%	0.40
ARA Altrei	2	156.00	nass (nicht entwässert)	2.40%	3.74
ARA Bozen	2	10103.46	entwässert	24.47%	2472.32
ARA Branzoll	2	5777.61	entwässert	17.40%	1005.30
ARA Brixen	3	3325.65	entwässert	20.40%	678.43
ARA Eggental	2	323.84	entwässert	25.28%	81.87
ARA Flaas	2	24.00	nass (nicht entwässert)	7.00%	1.68
ARA Innichen-Sexten	4	929.53	entwässert	22.01%	204.59
ARA Lana	2	546.41	entwässert	21.45%	117.20
ARA Laurein	2	192.00	nass (nicht entwässert)	6.50%	12.48
ARA Lengstein	2	626.50	nass (nicht entwässert)	1.50%	9.40
ARA Lusen	3	1345.72	nass (nicht entwässert)	1.80%	24.22
ARA Margreid	2	221.97	entwässert	20.81%	46.19
ARA Matsch	1	150.00	nass (nicht entwässert)	2.50%	3.75
ARA Meran	2	10627.73	entwässert	23.22%	2467.76
ARA Mittelvinschgau	1	1297.84	entwässert	23.90%	310.18
ARA Mölten	2	792.00	nass (nicht entwässert)	5.92%	46.89
ARA Montiggl	2	20.56	nass (nicht entwässert)	15.00%	3.08
ARA Oberbozen	2	524.50	nass (nicht entwässert)	3.25%	17.05
ARA Oberinn	2	355.00	nass (nicht entwässert)	2.10%	7.46
ARA Obervinschgau	1	994.00	entwässert	22.62%	224.84
ARA Passeier	2	583.61	entwässert	21.15%	123.43
ARA Pontives	2	1046.55	entwässert	19.53%	204.39
ARA Prad	1	476.34	entwässert	21.30%	101.46
ARA Proveis	2	156.00	nass (nicht entwässert)	6.75%	10.53
ARA Puntschen	2	144.00	nass (nicht entwässert)	4.50%	6.48
ARA Salurn	2	1568.00	nass (nicht entwässert)	1.98%	31.05
ARA Sarntal	2	628.66	entwässert	18.73%	117.75
ARA Schnals	1	885.00	nass (nicht entwässert)	1.60%	14.16
ARA Siffian	2	391.84	entwässert	21.40%	83.85
ARA Sompunt	4	1015.94	entwässert	22.37%	227.27
ARA St. Felix	2	96.00	nass (nicht entwässert)	5.67%	5.44
ARA St. Pankraz	2	336.00	nass (nicht entwässert)	5.31%	17.84
ARA Suldén	1	71.81	entwässert	20.22%	14.52
ARA Tobl-St.Lorenzen	4	8346.66	entwässert	22.53%	1880.50
ARA Tramin	2	3598.97	entwässert	21.10%	759.38
ARA Utten	2	255.20	entwässert	16.10%	41.09
ARA Unteres Eisacktal	3	954.96	entwässert	29.90%	285.53
ARA Unteres Pustertal	4	1327.58	entwässert	22.27%	295.65
ARA Unterinn	2	1093.90	nass (nicht entwässert)	2.20%	24.07
ARA Vöran	2	30.00	nass (nicht entwässert)	5.00%	1.50
ARA Wangen	2	58.00	nass (nicht entwässert)	5.00%	2.90
ARA Wasserfeld	4	1156.90	entwässert	25.06%	289.92
ARA Wipptal	3	1826.10	entwässert	25.60%	467.48

ENTWÄSSERUNG

Ort	OEG	TS (%)	KS (t)
ARA Bozen	2	24.47%	1.63
ARA Tramin	2	21.10%	17.74
ARA Bozen	2	24.47%	10103.46
ARA Branzoll	2	17.40%	5777.61
ARA Brixen	3	20.40%	3325.65
ARA Eggental	2	25.28%	323.84
ARA Bozen	2	24.47%	6.87
ARA Innichen-Sexten	4	22.01%	929.53
ARA Lana	2	21.45%	546.41
ARA Meran	2	23.22%	53.75
ARA Siffian	2	21.40%	43.91
ARA Brixen	3	20.40%	118.74
ARA Margreid	2	20.81%	221.97
ARA Obervinschgau	1	22.62%	16.58
ARA Meran	2	23.22%	10627.73
ARA Mittelvinschgau	1	23.90%	1297.84
ARA Bozen	2	24.47%	191.61
ARA Bozen	2	24.47%	12.60
ARA Siffian	2	21.40%	79.66
ARA Siffian	2	21.40%	34.84
ARA Obervinschgau	1	22.62%	994.00
ARA Passeier	2	21.15%	583.61
ARA Pontives	2	19.53%	1046.55
ARA Prad	1	21.30%	476.34
ARA Meran	2	23.22%	45.35
ARA Bozen	2	24.47%	26.48
ARA Tramin	2	21.10%	147.14
ARA Sarntal	2	18.73%	628.66
ARA Mittelvinschgau	1	23.90%	59.25
ARA Siffian	2	21.40%	391.84
ARA Sompunt	4	22.37%	1015.94
ARA Meran	2	23.22%	23.44
ARA Meran	2	23.22%	76.84
ARA Suldén	1	20.22%	71.81
ARA Tobl-St.Lorenzen	4	22.53%	8346.66
ARA Tramin	2	21.10%	3598.97
ARA Utten	2	16.10%	255.20
ARA Unteres Eisacktal	3	29.90%	954.96
ARA Unteres Pustertal	4	22.27%	1327.58
ARA Siffian	2	21.40%	112.46
ARA Meran	2	23.22%	6.46
ARA Siffian	2	21.40%	13.55
ARA Wasserfeld	4	25.06%	1156.90
ARA Wipptal	3	25.60%	1826.10

TROCKNUNG					P-RÜCKGEWINNUNG					VERWENDUNG	
km	(€/t KS)	Ort	TS (%)	KS (t)	km	(€/t KS)	Ort	Asche (t)	km	(€/t KS)	Art
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	0.44	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	0.16	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
93	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	4.16	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.46	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	2747.02	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	965.75	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
89	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	1117.00	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	392.70	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
36	12.5				0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	265.01	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
92	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	90.96	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	31.98	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	1.87	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	0.66	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
43	12.5				0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	79.92	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
102	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	130.23	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	45.78	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
100	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	13.87	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	4.88	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	10.44	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	3.67	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
35	12.5				0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	9.46	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
105	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	51.32	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	18.04	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
156	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	4.17	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.46	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
100	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	2741.95	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	963.97	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
123	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	344.65	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	121.17	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	52.10	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	18.32	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	3.43	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.20	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	18.94	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	6.66	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	8.28	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	2.91	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
156	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	249.83	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	87.83	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
125	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	137.15	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	48.22	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
65	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	227.10	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	79.84	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
152	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	112.73	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	39.63	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
100	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	11.70	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	4.11	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	7.20	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	2.53	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
98	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	34.50	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	12.13	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
105	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	130.83	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	46.00	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
123	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	15.73	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	5.53	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	93.17	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	32.76	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
26	12.5				0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	88.78	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
100	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	6.05	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	2.13	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
100	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	19.82	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	6.97	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
168	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	16.13	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	5.67	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
0	0				0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	734.57	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
25	12.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	843.76	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	296.63	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
115	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	45.65	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	16.05	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
60	19.5				0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	111.54	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
21	12.5				0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	115.49	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	26.74	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	9.40	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
100	23.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	1.67	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	0.59	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
84	19.5	ARA Tobl-St.Lorenzen	90.00%	3.22	0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	1.13	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
19	12.5				0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	113.25	250	23.5	Nasssschemische Extraktion
46	12.5				0	0	ARA Tobl-St.Lorenzen	182.61	250	23.5	Nasssschemische Extraktion

A2 Bewertungsmethode im Detail

Kriterium	1 (schlecht)	2 (mittel)	3 (gut)	4 (sehr gut)
Rückgewinnungsgrad				
Recyclingquote Verfahren (%)	0-25%	>25-50%	>50-75%	>75%
Anteil KS-Potenzial (%)				
Chemikalienaufwand				
Chemikalientyp und –Menge (t/a)	grosse Menge, hohe spezifische Umweltbelastung	grosse Menge, tiefe spezifische Umweltbelastung bzw. kleine Menge, hohe spezifische Umweltbelastung	mittlere Menge, tiefe spezifische Umweltbelastung bzw. kleine Menge, mittlere spezifische Umweltbelastung	kleine Menge, tiefe spezifische Umweltbelastung
Umweltbelastung Produktion (UBP/t)				
Schadstoffausschleusung				
Ausschleusung von Schadstoffen (organisch, Schwermetalle) aus Produkt → bezogen auf MinRec-Grenzwerte	P-abgereicherter Dickschlamm	Viel und schlecht verwertbare Abfälle	Viel und mehrheitlich verwertbare Abfälle	Wenig Abfälle
Abfall				
Abfallart und –Menge (t/a)	P-abgereicherter Dickschlamm	Viel und schlecht verwertbare Abfälle	Viel und mehrheitlich verwertbare Abfälle	Wenig Abfälle
Verwertbarkeit (ja/nein)				
Gefahrstoff (ja/nein)				
Umweltgutschrift Produkt				
Vermiedene Umweltbelastung substituiertes Primärprodukt (UBP/t)	RG < 50% Rohphosphat-Ersatz	RG < 50% Superphosphat-Ersatz ODER RG > 75% Rohphosphat-Ersatz	RG > 75% P-Säure-Ersatz	RG > 75% Superphosphat-Ersatz
Energiebilanz				
Energiebedarf bzw. –Bilanz (MWh/a)	Hoher Energiebedarf; keine bis geringe Energienutzung aus KS	Hoher Energiebedarf; mittelmässige Energienutzung aus KS	Geringer Energieaufwand; gute Energienutzung aus KS	Geringer Energieaufwand; vollständige Energienutzung aus KS
Transportaufkommen				
Transportleistung (tkm)	6.5 - 8.0 Mio. tkm	5.0 - 6.5 Mio. tkm	3.5 - 5.0 Mio. tkm	2.0 - 3.5 Mio. tkm

Tabelle 10: Bewertungsmethode für die Dimension Umwelt

Kriterium	1 (schlecht)	2 (mittel)	3 (gut)	4 (sehr gut)
Investitionsbedarf				
Investitionskosten (€)	> 26 Mio.	18-26 Mio.	10-18 Mio.	< 10 Mio.
Betriebsaufwand				
Operative Kosten (€/a)	> 3 Mio. €	2-3 Mio. €	1-2 Mio. €	< 1 Mio. €
Transportaufwand				
Anfallende Transportkosten (€/a)		>1'100'000 €	<1'100'000 €	
Markterlös Produkt				
Erlös aus Produktabsatz (€/t Produkt)	< 20 €/t	20-100 €/t	100-400	> 500 €/t

Tabelle 11: Bewertungsmethode für die Dimension Wirtschaftlichkeit

Kriterium	1 (schlecht)	2 (mittel)	3 (gut)	4 (sehr gut)
Robustheit/Komplexität				
Ausgereiftheit (TRL) Verfahrenstechnische Komplexität	Gross-technischer Nachweis der Funktionstüchtigkeit in Einsatzumgebung ausstehend; anspruchsvolle Verfahrenstechnik; kein Stand der Technik (kritische ungeklärte Aspekte vorhanden)	Gross-technischer Nachweis der Funktionstüchtigkeit in Einsatzumgebung ausstehend; einfache Verfahrenstechnik	Gross-technischer Nachweis der Funktionstüchtigkeit in Einsatzumgebung teilweise erbracht (1 von 2 Verfahrensstufen); vergleichsweise einfach	Grosstechnischer Nachweis der Funktionstüchtigkeit in Einsatzumgebung erbracht
Abhängigkeit Infrastruktur				
Erforderliche Infrastruktur Abhängigkeit von Dritten/Fremdanlagen	KS-Entsorgung durch Dritten erforderlich	KS-Entsorgung mit P-Rückgewinnung über 2 Verfahren. Die P-Rückgewinnung (z.B. Ascheaufbereitung) erfolgt ausserhalb der Region	KS-Entsorgung mit P-Rückgewinnung über 2 Verfahren. Die P-Rückgewinnung erfolgt innerhalb der Region.	KS-Entsorgung mit P-Rückgewinnung über 1 Verfahren

Tabelle 12: Bewertungsmethode für die Dimension Entsorgungssicherheit

Kriterium	1 (schlecht)	2 (mittel)	3 (gut)	4 (sehr gut)
Dünger Landwirtschaft				
Qualität Recyclingprodukt (Schadstoffgehalte, Ähnlichkeit zu heute applizierten Düngern bezogen auf P ₂ O ₅ -Gehalt, Wasserlöslichkeit)	Direktapplikation von Klärschlamm	Direktapplikation von "schadstoffhaltigem" P-Recyclat	Direktapplikation von "schadstoffarmem" P-Recyclat	P-Säure als Ausgangsmaterial für Düngerherstellung; TSP
Anlagenstandort Politik				
Politische Akzeptanz für neue Entsorgungsinfrastruktur an entsprechenden Standorten	Trocknung und/oder thermische Verwertung in Bozen	ExtraPhos auf 5 grössten ARA (u.a. ARA Bozen); Teiltrocknung in Bozen	ExtraPhos auf 5 grössten ARA (u.a. ARA Bozen); Trocknung (und thermische Verwertung) auf ARA Tobl	Alle erforderlichen Anlagen auf ARA Tobl

Tabelle 13: Bewertungsmethode für die Dimension Entsorgungssicherheit