



Ex-situ Carbonatisierung: eine erste Vorkonzeptstudie

10.12.2024

Dr. Roberto Palazzolo

Dr. Roberto Palazzolo



FACHGEBIETE

- Thermische Aufbereitungsprozesse
 - Energie- und Materialrückgewinnung
 - Rauchgasreinigungsanlage
 - Sondermüllaufbereitung
 - Prozessoptimierung
- Head of Branch Winterthur und Umwelttechnik Expert
 - Mehr als 20 Jahre im Engineering / Anlagenbau mit Schwerpunkt auf Energie aus Abfall, Energierückgewinnungsanlage aus Sondermüll und Rauchgasreinigungsanlage
 - Spezielle Fähigkeiten:
 - Prozessdesign und Simulation
 - Projektleitung
 - Machbarkeit Studie
 - Dozent bei DICCA / Università degli Studi di Genova : «Multiscale analysis and computer simulation of chemical processes»
 - M. Sc. Chemieingenieurwesen / Università degli Studi di Genova
 - Ph.D. Weltraumwissenschaft und –Technik / Università degli Studi di Genova / European Space Agency (FASES Project)

Ziele



- Erste «Engineering» Schätzung den folgenden Kennzahlen einer CO₂ Mineralisierungsanlage:
 - Medienverbrauche
 - Stromverbrauch
 - Platzbedarf
- Erste grobe Definition der Apparate und Einheiten (Anzahl und Dimensionen der Reaktoren usw..)
- Evaluierung der Abhängigkeit zwischen prozessspezifischen einstellbaren Parameter (Reaktionsausbeute und Speicherkapazität) und Kennzahlen

Randbedingungen

- Nassverfahren: Mineralisierungsreaktion erfolgt in Nassbereich («Slurry») und diskontinuierlich
- Thermische Aktivierung (600-650°C) nötig für Serpentine, aber nicht für Olivine.
- Speicherkapazität der Anlage: 1 bis 10 ton CO₂ pro Stunden (ca. 8000 Stunden pro Jahr)
- CO₂ per Tankwagen geliefert (20 barü): bis 900 ton CO₂ pro Zug
- Theor. Spezifische Speicherkapazität: 60 - 140 kgCO₂/ton Mineral
- Reaktionsausbeute: 15% - 35%; Einstufiges Nassverfahren (pH-Regelung mit CO₂)
- Produkt: 50% TS
- Hauptapparate (z.B. Reaktoren, Nassmühle, Tanks, Filterpresse, Elektrolyseur, usw..) wurden als fixe «Module» betrachtet.

Ergebnisse der Studie: Kennzahlen

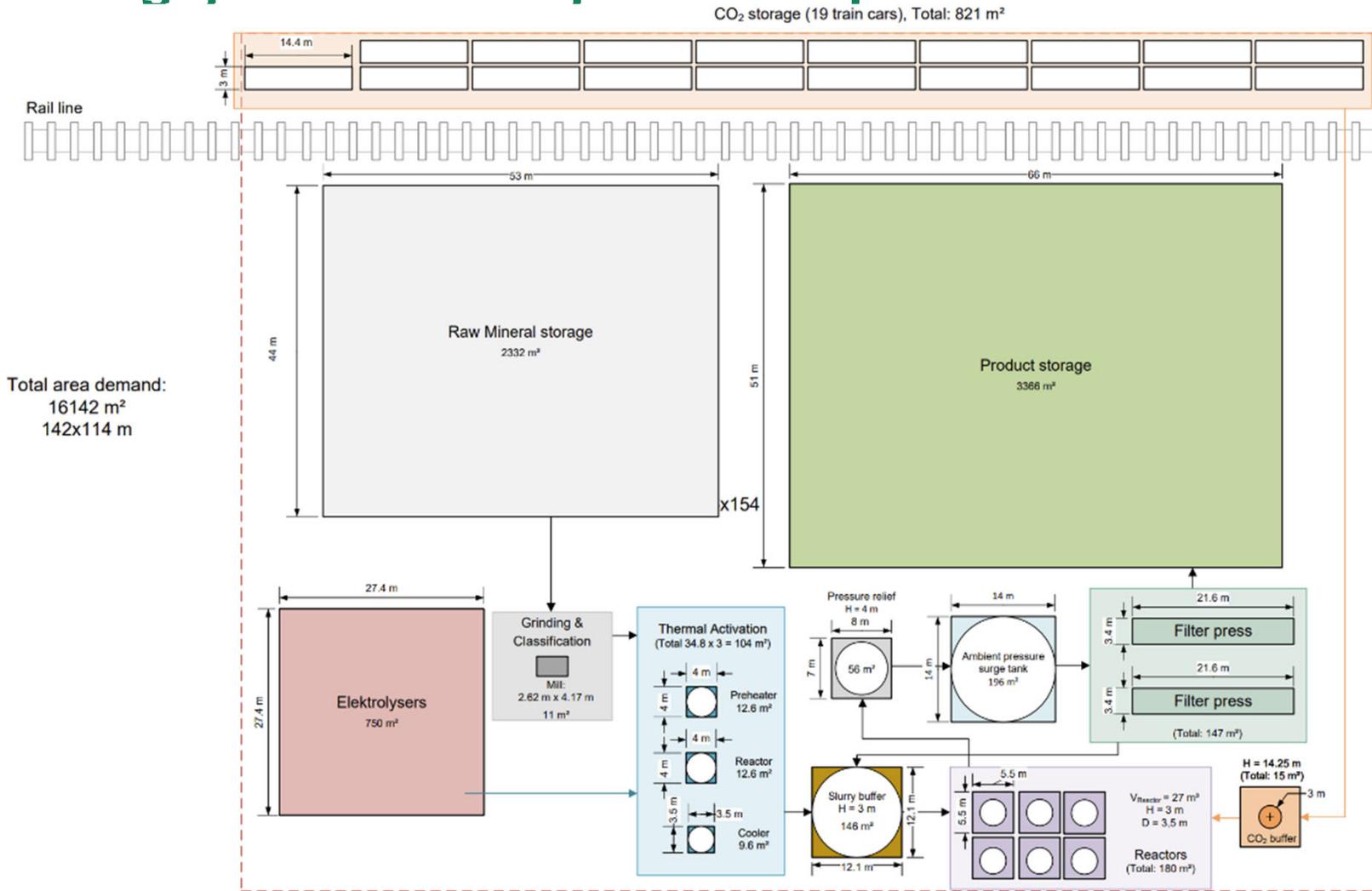


Serpentine

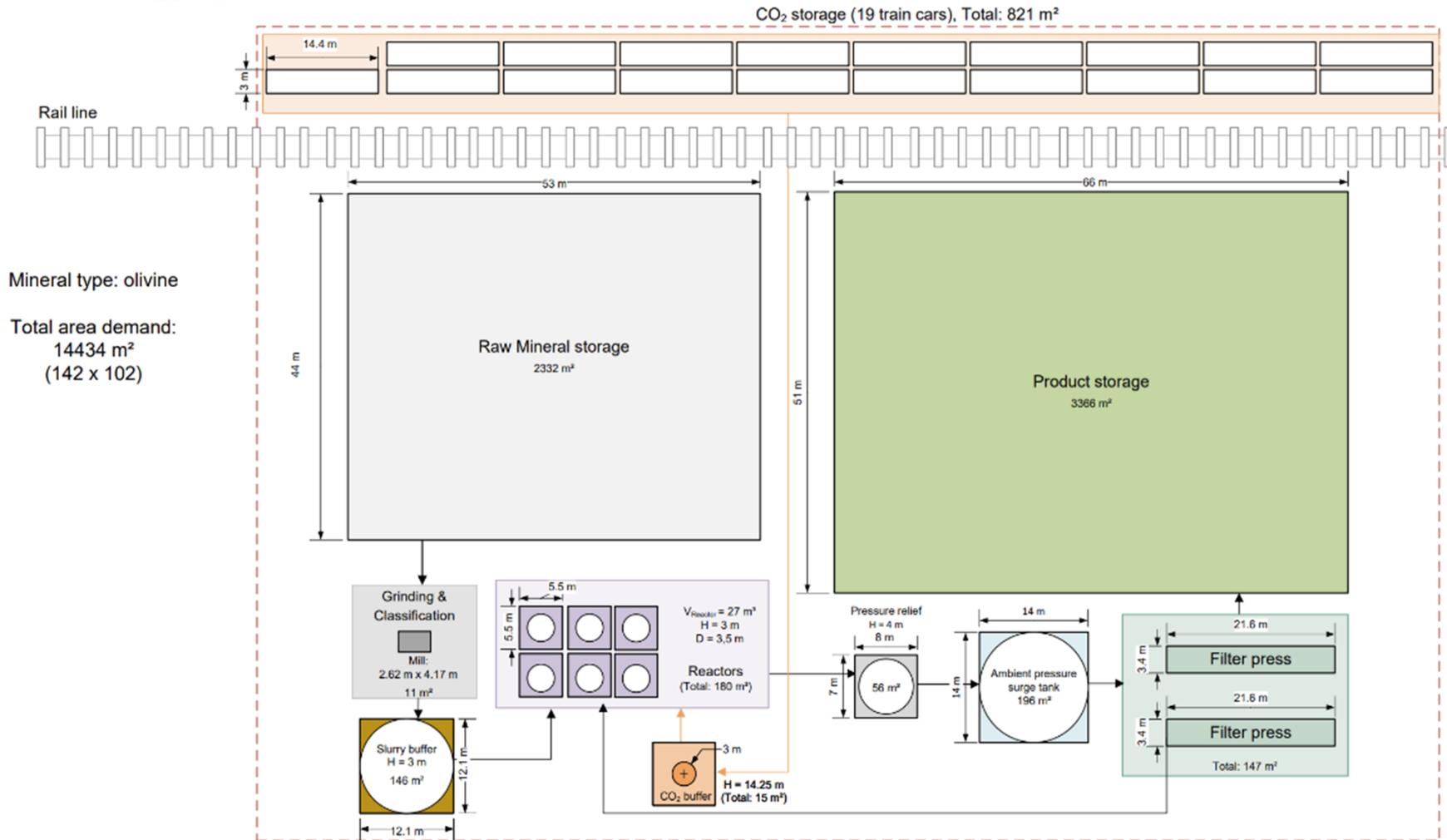
Olivine

		Serpentine			Serpentine			Olivine			Olivine		
CO2 Durchsatz	ton/h	1	5	10	1	5	10	1	5	10	1	5	10
Reaktionsausbeute	% theoretical max.		15%			25%			35%			25%	
thermische Aktivierung	JA/NEIN		JA			JA			JA			NEIN	
Rohmineralien Bedarf	kg CO2 / ton Rohmin.	60	60	60	100	100	100	140	140	140	100	100	100
Produkt	ton Produkt / ton CO2	35.3	35.3	35.3	22.0	22.0	22.0	16.3	16.3	16.3	22.0	22.0	22.0
	ton/h	35.3	176.7	353.3	22.0	110.0	220.0	16.3	81.4	162.9	22.0	110.0	220.0
Stromverbrauch	MWh / ton CO2	9.4	9.4	9.4	5.6	5.6	5.6	4.0	4.0	4.0	0.5	0.5	0.5
	MW avg.	9.4	46.8	93.7	5.6	28.1	56.3	4.0	20.1	40.3	0.5	2.4	4.7
Wasserverbrauch	m3 / h avg.	19.2	96.1	192.2	11.9	59.7	119.3	8.8	44.0	88.1	11.0	55.1	110.3
	m3/ton CO2	19.2	19.2	19.2	11.9	11.9	11.9	8.8	8.8	8.8	11.0	11.0	11.0
H2 Verbrauch	Nm3/h avg.	1'829	9'143	18'286	1'097	5'486	10'971	784	3'918	7'837	40	175	343
Reaktoren	#	9	43	85	6	26	51	4	19	37	6	26	51
Tankvolumen	m3	1'185	5'925	11'849	731	3'656	7'311	537	2'683	5'367	731	3'656	7'311
	m3/(ton/h CO2)	1'185	1'185	1'185	731	731	731	537	537	537	731	731	731
Platzbedarf	m2	18'209	47'284	81'969	16'142	33'190	55'430	15'065	27'055	43'035	14'434	28'481	46'222
	% Lager (Mineralienl)	35%	29%	28%	35%	31%	28%	36%	32%	30%	39%	36%	34%
	m2/(ton/h CO2)	18'209	9'457	8'197	16'142	6'638	5'543	15'065	5'411	4'303	14'434	5'696	4'622

Aufstellungsplan: 25% Serpentine 1 tph CO₂

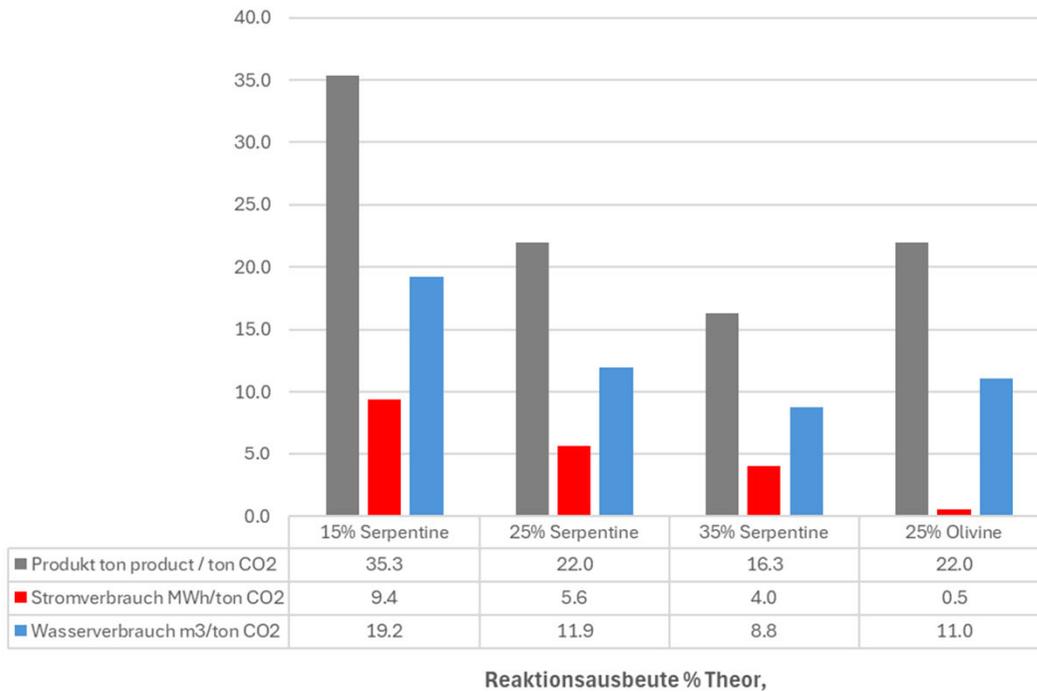


Aufstellungsplan: 25% Olivine 1 tph CO2

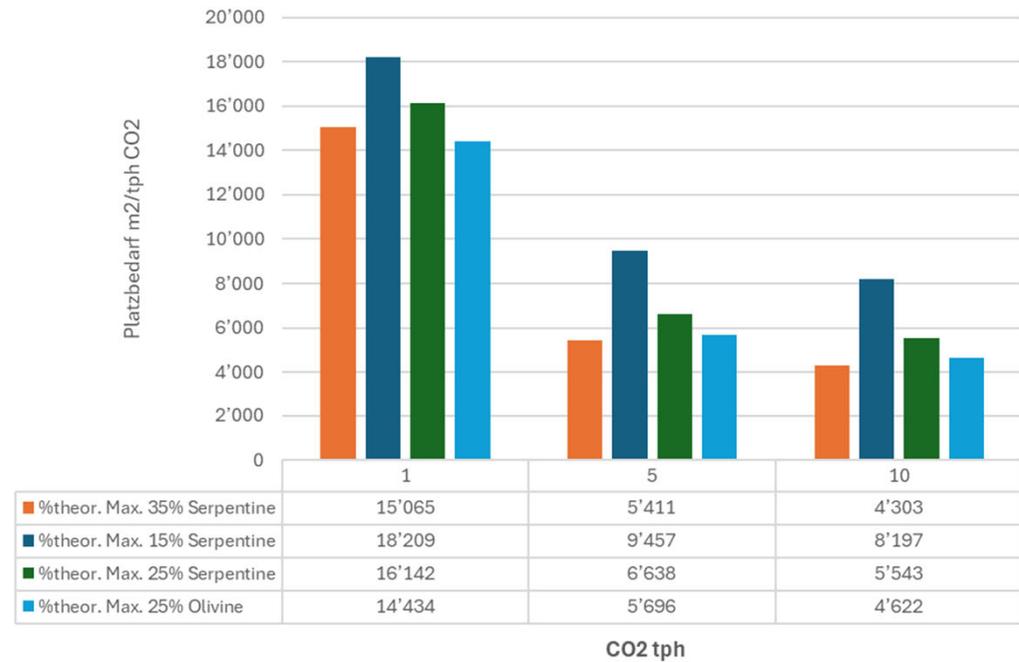


Ergebnisse der Studie: Skalierbarkeit

Spezifische Kennzahlen vs. Reaktionsausbeute



Spezifische Platzbedarf vs. CO2 Speicherdurchsatz



Schlussfolgerungen

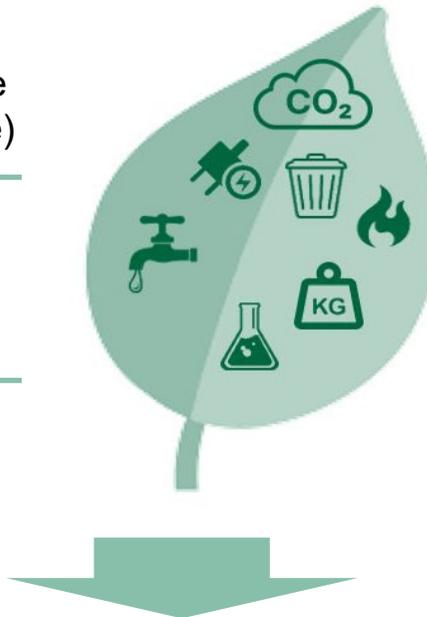
Herausforderungen

Die Energieverbrauch steigt >10x wenn die thermische Aktivierung nötig ist (Serpentine)

Skalierbarkeit des Prozesses wird stark von Reaktionsausbeuten beeinflusst

Welche mineralischen Rohstoffe sind in Zukunft verfügbar bzw. sollen in Zukunft eingesetzt werden?

Gibt es einen Markt für das Produkt?



Chancen und Lösungsansätze

... Synergie mit bestehenden oder neuen thermischen Anlagen nutzen

... Potential für eine Kernprozessoptimierung vorhanden (Forschung & Entwicklung)

... Flexibilität und Erweiterbarkeit der Anlagenplanung muss erhöht werden (Entwicklung Engineering)

Zusammenarbeit zwischen Betreiber, Engineering und Prozessentwickler/Technologie-Inhaber

Referenzen & Support

- ❑ Energieverbrauchskennzahlen : [\(PDF\) Mineral Carbonation: Energy Costs of Pretreatment Options and Insights Gained From Flow Loop Reaction Studies](#)
- ❑ Reaktionsbedingungen: R. IXP [Ex Situ Aqueous Mineral Carbonation | Environmental Science & Technology](#)
- ❑ Carbonatisierung Studie: [\(PDF\) Impact of alkalinity sources on the life-cycle energy efficiency of mineral carbonation technologies](#)
- ❑ F&E: [ETH Zürich -Dissolution of activated serpentine](#)
- ❑ Logistik: CO2-Transport ETH Studie , Olten 3.12.2019
- ❑ News: [MCI & RHI Magnesita in Österreich](#)

Vielen Dank für die Zusammenarbeit:





**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Dr. Roberto Palazzolo
Head of Branch Winterthur
+41 76 3698132
roberto.palazzolo@vtu.com