

Einfluss der Mineralfaserabfallqualität auf die Verwertung als Bindemittelkomponente mittels thermochemischer Behandlung in Österreich

K. Doschek-Held¹, A.C. Krammer¹, F. Lobner¹, S. Steiner², F.R. Steindl^{2,3}

¹ Montanuniversität Leoben – Lehrstuhl für Thermoprozesstechnik

² Technische Universität Graz – Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie

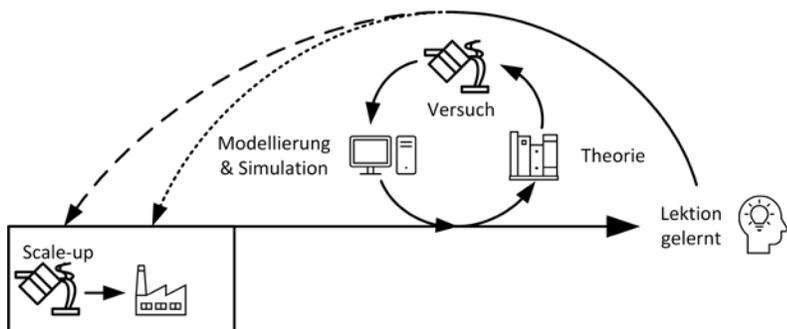
³ Technische Universität Graz – Institut für Angewandte Geowissenschaften

Recy & DepoTech
Leoben, 14.11.2024

WO AUS FORSCHUNG ZUKUNFT WIRD



Dipl.-Ing. Dr.mont., BSc
Klaus Doschek-Held
 Arbeitsgruppenleiter
Hochtemperaturprozesstechnik



- ORCID – PuRe
- Prozessoptimierung – Energie- und Materialeffizienzsteigerung
- disruptive Prozessentwicklung zur nachhaltigen Inwertsetzung von Reststoffen

Akronym (Link)	Projekte – Auszug
Recover-Met-Binder	Wertmetallrückgewinnung und Bindemittelbereitstellung aus der Elektroofenroute als Beitrag zur sektorübergreifenden Kreislaufwirtschaft
ReMFra	Recovering metals and mineral fraction from steelmaking residues
FuLIBatter	Future Lithium Ion Battery Recycling for Recovery of Critical Raw Materials

AGENDA

- Einleitung und Zielsetzung
- Material und Methode
- Ergebnisse und Diskussion
- Schlussfolgerung und Ausblick

Einleitung und Zielsetzung



(FMI Fachverband Mineralwolleindustrie e.V., 2023)

- Künstliche Mineralfasern (KMF), insbesondere Glaswolle (GW) und Steinwolle (SW), sind synthetisch hergestellte, anorganische Fasern
 - Anwendung als Dämmstoff → thermische und akustische Eigenschaften (FMI Fachverband Mineralwolleindustrie e.V., 2023)

- Mineralfaserabfälle → Produktion, Bauprojekte, Renovierung und Gebäuderückbau

- Allgemeine Unterscheidung – Mineralwolle
 - „alte Mineralwolle“ (vor 1998) → gefährlicher Abfall
 - „neue Mineralwolle“ (nach 1998) → nicht gefährlicher Abfall
 1. freigezeichnet (EUCEB oder RAL) oder
 2. nachweislich von einem Mitglied der österreichischen Fachvereinigung Mineralwolleindustrie hergestellt oder
 3. chemisch-analytischer Nachweis der Nichtgefährlichkeit (Fachvereinigung Mineralwolleindustrie, 2021)

Einleitung und Zielsetzung



Inverkehrsetzung – Dämmstoffmarkt – Österreich – 2022 (Demacsek, 2024)

- Dämmstoffmarkt gesamt: 5,99 Mio. m³
- Mineralwolle (GW & SW): 2,36 Mio. m³

(FMI Fachverband Mineralwolleindustrie e.V., 2023)



Aufkommen – Abfall – Österreich – 2022

- künstliche Mineralfaserabfälle: rd. 20.000 t (Bernhardt et al., 2024)
- Dichte: (12 – 180) kg m⁻³ (Fachvereinigung Mineralwolleindustrie, 2021)
→ (0,11 – 1,7) Mio. m³

(Albrecht & Beyer, 2014)



Sammlung und Behandlung – Österreich – 2022 (Bernhardt et al., 2024)

- KMF-Abfälle mit gefahrenrelevanten Fasereigenschaften → Asbest-Kompartimentsabschnitt → Baurestmassen-, Reststoff- oder Massenabfalldeponie
- KMF-Abfälle ohne gefahrenrelevante Fasereigenschaften → 74 % deponiert (Baurestmassen- und Massenabfalldeponie), 21 % verbrannt (Rostfeuerung), 5 % exportiert

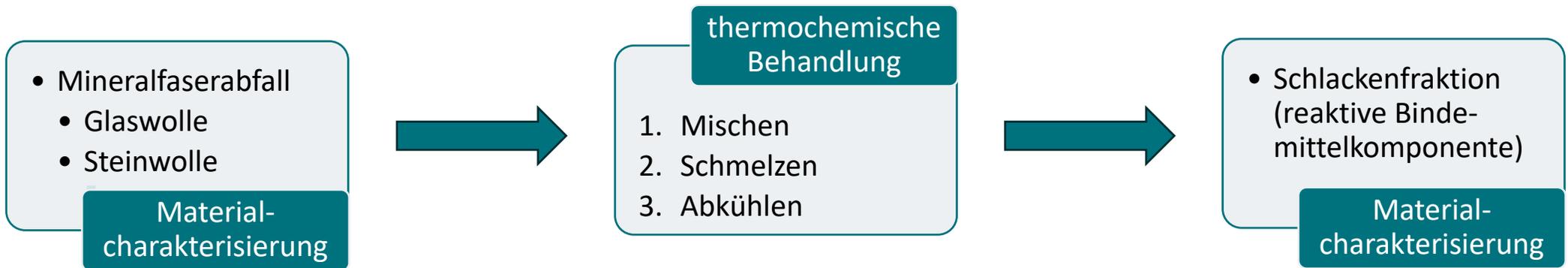
(Albrecht & Beyer, 2014)

Einleitung und Zielsetzung

- **Rechtliche Rahmenbedingungen**
 - Gemäß der Recycling-Baustoffverordnung (Bundeskanzleramt, 2016) in Verbindung mit der ÖNORM B 3151 (A.S.I., 2022) besteht die Verpflichtung, künstliche Mineralfasern im Zuge des Gebäuderückbaus zu entfernen.
 - Novellierung Abfallverzeichnisverordnung 2020 (Bundeskanzleramt, 2020)
 - Abfallarten „verunreinigte Mineralfaserabfälle“ (SN 31430) und „Mineralfaserabfälle“ (SN 31416 und SN 31437 jeweils inkl. Spezifizierungen):
 - ohne gefahrenrelevante Fasereigenschaften (SN 31416 inkl. Spez. 41, 42, 43, 44; SN 31430),
 - mit gefahrenrelevanten Fasereigenschaften (SN 31437 Spez. 41, 42, 43, 44).
 - Novellierung Deponieverordnung 2021 (Bundeskanzleramt, 2021)
 - bis Ende 2024 prüfen ob Recycling- od. Verwertungsmöglichkeit für KMF-Abfälle besteht
 - Deponierungsverbot ab 2027

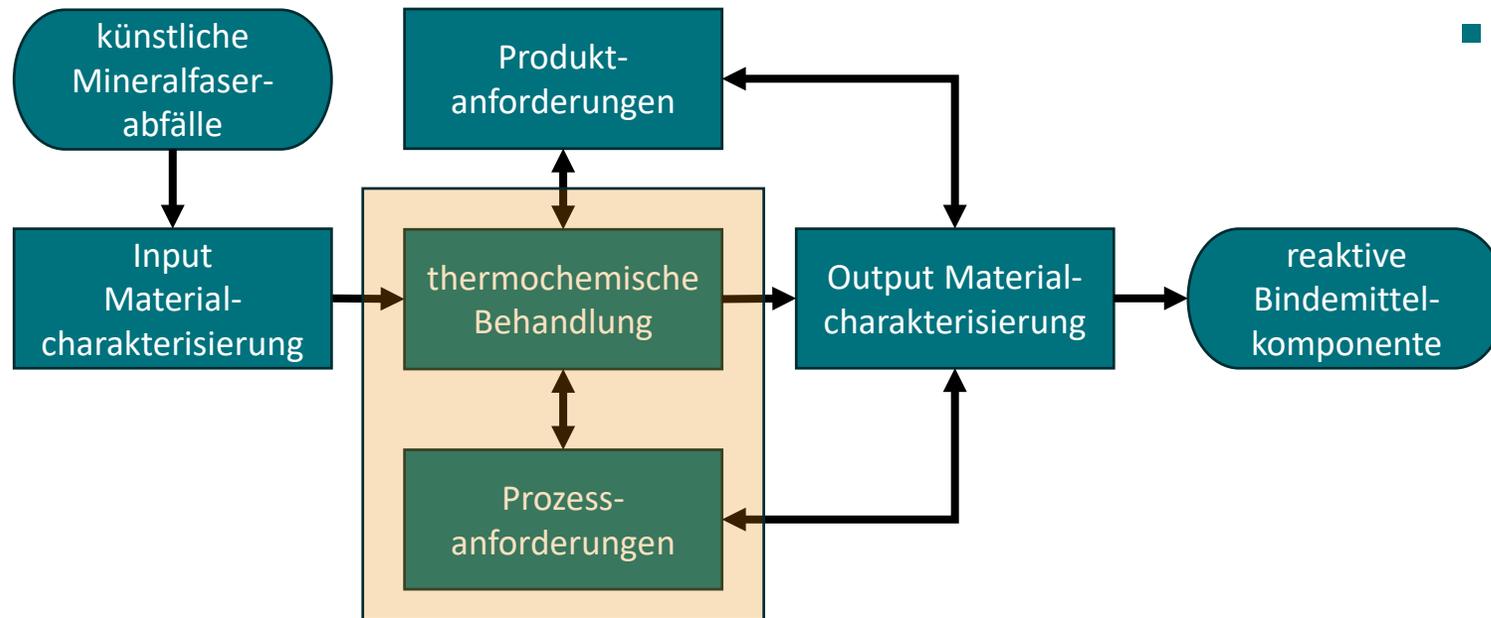
Einleitung und Zielsetzung

- BitKOIN – Zielsetzung
 - Entwicklung CO₂-reduzierter Bindemittel durch thermochemische Konversion mineralwollabfallhaltiger Reststoffkombinationen
- übergeordnete Ziele
 - Abfallvermeidung, Deponieraumschonung, Entsorgungssicherheit, Beitrag zur Kreislaufwirtschaft
- Projektschwerpunkt TPT
 - thermochemische Behandlung (Doschek-Held et al., 2023 & 2024)



Einleitung und Zielsetzung

- thermochemische Behandlung – Einflussdiagramm



- Forschungsfrage

- Welchen Einfluss hat die Abfallqualität, chemische Zusammensetzung, auf die thermochemische Behandlung, insbesondere auf die Temperatur und die dynamische Viskosität?

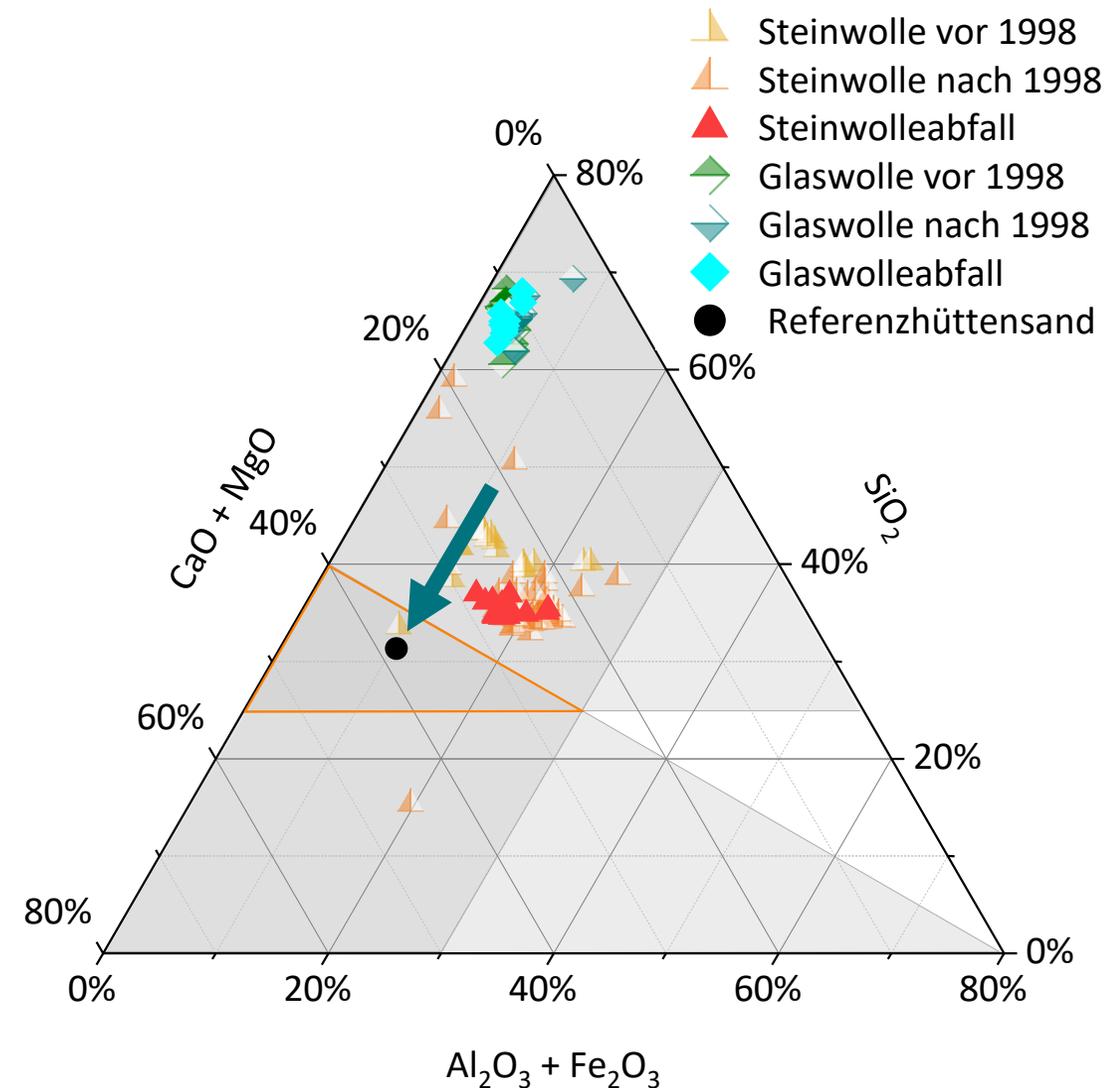
Material und Methode

- Prozesseinflussgrößenbestimmung – Ablaufschema
 - Schmelzen & Abkühlen
 - dynamische Viskosität als Maß für die Zähigkeit eines Fluids
 - Funktion der chemischen Zusammensetzung und Temperatur



Ergebnisse und Diskussion

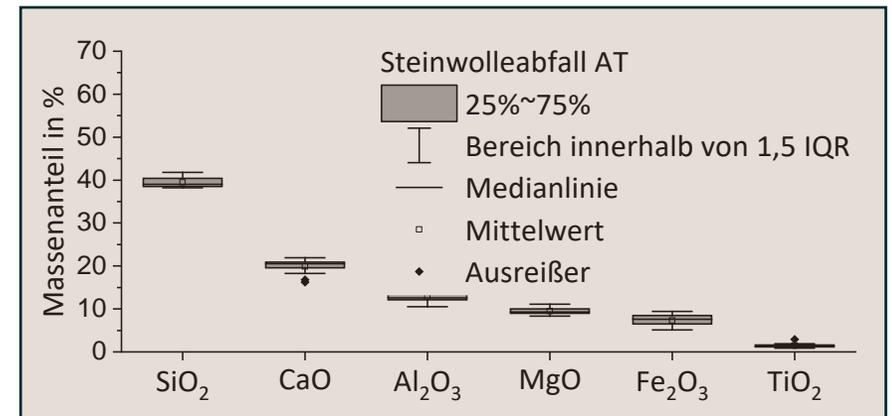
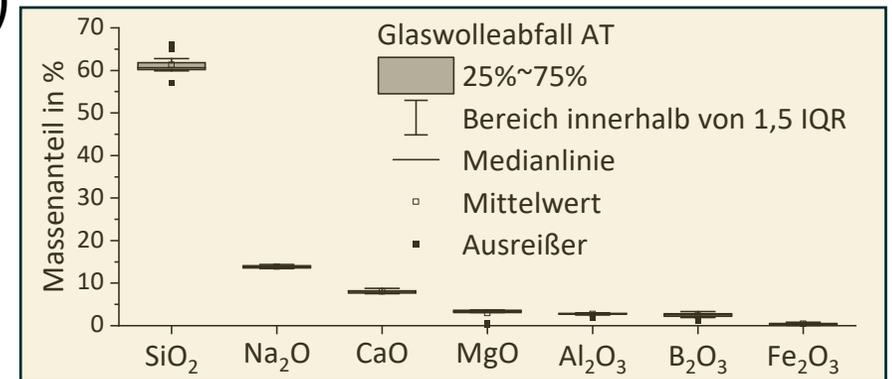
- Materialcharakterisierung – künstliche Mineralfaserabfall in Österreich (AT)
 - Dreistoffdiagramm
 - oranger Bereich → Zielbereich reaktive Bindemittelkomponente (Steindl et al., 2023)
 - Neuware und Abfall – EU
 - Glas- und Steinwolle vor 1998 (Seywerth, 2024)
 - Glas- und Steinwolle nach 1998 (Seywerth, 2024)
 - Glas- und Steinwolleabfall – AT (Sattler, 2024)
 - Al_2O_3 -Erhöhung – Biolöslichkeit (Guldberg et al., 2000)
 - aktive Bindemittelkomponente
→ Zugabe von Calciumträgern als Korrekturstoff



Ergebnisse und Diskussion

- Materialcharakterisierung – Mineralfaserabfallzusammensetzung
 - Stichprobenumfang je Abfallart 13 (Sattler, 2024)

w in %	Glaswolleabfall – AT			Steinwolleabfall – AT		
	Min	Md	Max	Min	Md	Max
SiO ₂	57,2	60,6	66,1	38,2	39	41,8
CaO	7,5	8,1	8,8	16,2	20,5	21,9
Al ₂ O ₃	1,9	2,8	3	10,5	12,6	15,2
Fe ₂ O ₃	0,0	0,4	0,8	5,1	7,6	9,4
Na ₂ O	13,4	13,9	14,4	2,3	2,7	3
K ₂ O	0,9	1,4	1,6	0,4	1,2	2,1
MgO	0,3	3,4	3,7	8,3	9,3	11,1
P ₂ O ₅	0,0	0,0	0,1	-	-	-
TiO ₂	0,0	0,1	0,1	0,9	1,3	2,9
B ₂ O ₃	1,0	2,6	3,3	-	-	-



Ergebnisse und Diskussion

- Prozesseinflussgröße – dynamische Viskosität (Urbain, 1987)

- Glaswolle

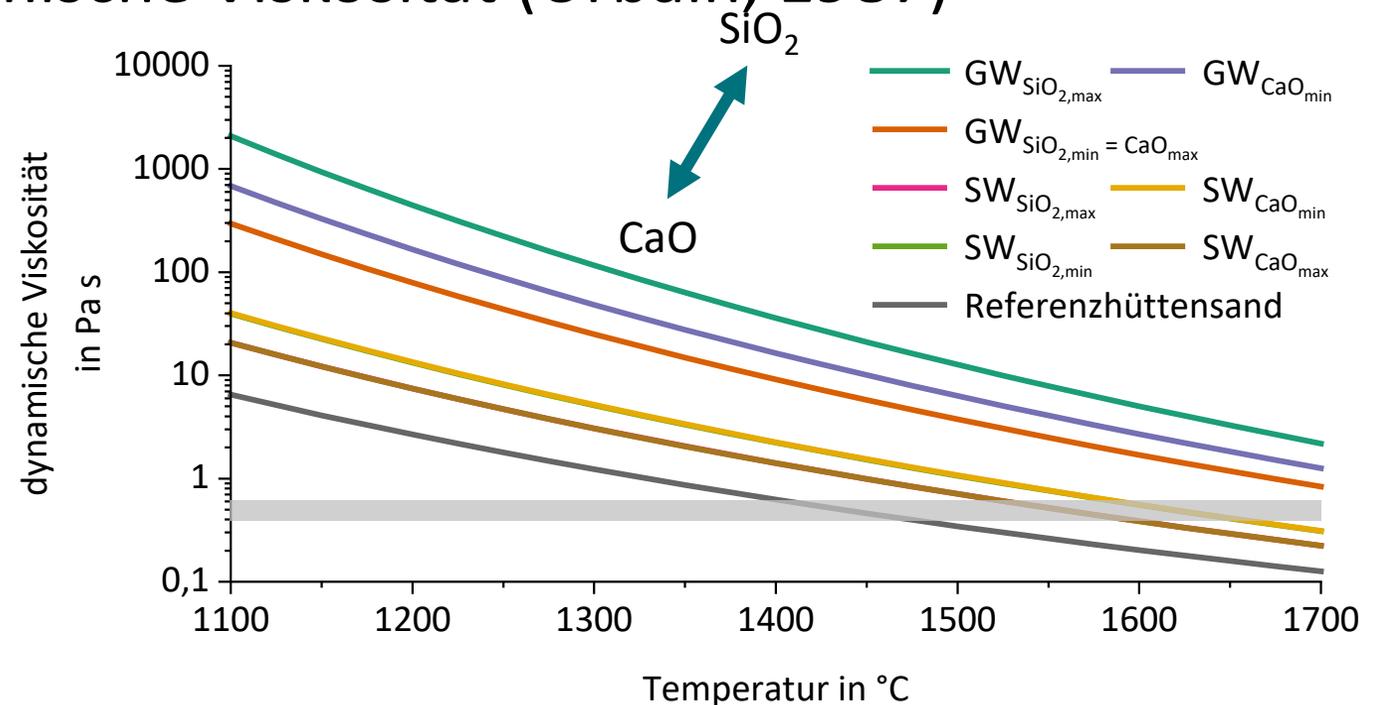
- SiO₂: min/max
- CaO: min/max

- Steinwolle

- SiO₂: min/max
- CaO: min/max

- Referenzhüttensand

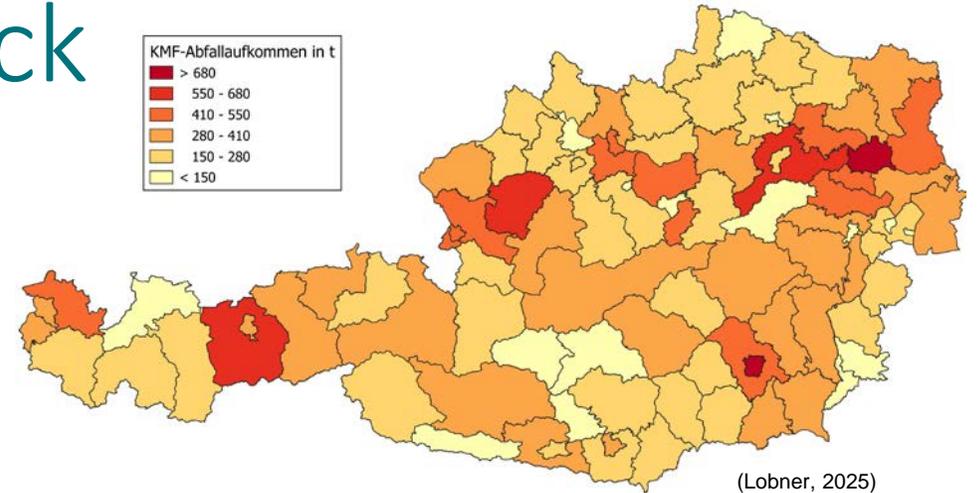
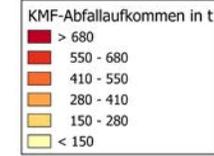
- Nassgranulation
 - (0,3 – 0,5) Pa s [Ehrenberg.2006]



Schlussfolgerung und Ausblick

- Der Einfluss der chemischen Zusammensetzung wird im Wesentlichen durch den Unterschied zwischen Glaswolle- und Steinwolleabfall bestimmt.
 - Glaswolleabfall: SiO_2 , Na_2O , CaO und MgO
 - Steinwolleabfall: SiO_2 , CaO , Al_2O_3 und MgO
- Als wesentliche Prozesssteuergröße für die thermochemische Behandlung wurde der Massenanteil an Calciumoxid identifiziert, der wiederum auch für die Bindemittleignung relevant ist.
 - Steuergröße zur ökologischen und ökonomischen Optimierung des Verwertungsansatzes
- Generell stellt die Schwankungsbreite der chemischen Zusammensetzung eine Herausforderung an die Robustheit des Verwertungsansatzes dar. Ein AVAW-Projektschwerpunkt liegt daher auch auf der Qualitätssicherung der Sammlung und Aufbereitung.

Schlussfolgerung und Ausblick



- Abfallanfall – Probabilistische Modellierung
 - Bestand/Neubau – Gebäudedatenbank
 - Renovierung/Abbruch – Renovierungsdatenbank

- Evaluierung von alternativen mathematischen Modellen und Datenbankwerten für die dynamische Viskosität inklusive Referenzmessungen (Hochtemperaturviskosimetrie)

- Prognosemodellentwicklung – künstliche Intelligenz (KI) und maschinelles Lernen (ML)
 - Prozessoptimierung

- Funktionsnachweis auf Systemebene



DANKE FÜR
IHRE AUFMERSAMKEIT!

Klaus.Doschek-Held@unileoben.ac.at

@ tpt@unileoben.ac.at

f www.facebook.com/MULeoben

o www.instagram.com/montanunileoben/

Literatur

- A.S.I. (15. 05 2022). ÖNORM B3151 - Rückbau von Bauwerken als Standardabbruchmethode. Von <https://www.austrian-standards.at/de/shop/onorm-b-3151-2022-05-15~p2622876> abgerufen
- Albrecht, A., & Beyer, B. (01. 04 2014). Künstliche Mineralfasern. Von https://www.zaw-sachsen.de/wp-content/uploads/abfallbriefe/ZAW-Westsaechsischer-Aballbrief_2014-04_Kuenstliche-Mineralfasern.pdf abgerufen
- Bundeskanzleramt. (27. 10 2016). *Recycling-Baustoffverordnung, Fassung vom 07.06.2024*. Von <https://www.ris.bka.gv.at/NormDokument.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20009212&Artikel=&Paragraf=&Anlage=5&Uebergangsrecht=> abgerufen
- Bundeskanzleramt. (1. 4 2021). *Deponieverordnung 2008, Fassung vom 07.06.2024*. Von <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20005653> abgerufen
- Bundeskanzleramt. (23. 9 2020). *Abfallverzeichnisverordnung 2020, Fassung vom 07.06.2024*. Von <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20011285&FassungVom=2024-06-07> abgerufen
- Bernhardt, A., Brandstätter, C., Broneder, C., Gold, C., Neubauer, C., Oliva, J., . . . Thomas, W. (15. 05 2024). Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich - Statusbericht 2024 für das Referenzjahr 2022. Von https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:7119f610-1180-4337-8837-f5c45e73b4b5/BAWP_Statusbericht_2024.pdf abgerufen
- Demacsek, C. (25. 04 2024). Pressemitteilung - Dämmstoffmarkt. Von <https://www.gdi2050.at/presse.html?file=files/gdi/download/2024-04%20Tempo%20f%C3%BCr%20die%20Bauwirtschaft.pdf&cid=2361> abgerufen
- Doschek-Held, K., Krammer, A., Steindl, F. R., Sattler, T., & Juhart, J. (31. 10 2023). Mineral Wool Waste as Supplementary Cementitious Material - A Novel Thermochemical Treatment Approach. Von <https://zenodo.org/records/10468154> abgerufen
- Doschek-Held, K., Krammer, A., Steindl, R. F., Sattler, T., & Juhart, J. (2024). Recycling of mineral wool waste as supplementary cementitious material through thermochemical treatment. *Waste Management Research*, 8.
- Fachvereinigung Mineralwolleindustrie . (19. 07 2021). Unterscheidungsleitfaden Mineralwolle. Von https://www.fmi-austria.at/wp-content/uploads/2021/07/FMI-Unterscheidungsleitfaden_MW_web.pdf abgerufen
- FMI Fachverband Mineralwolleindustrie e.V. (29. 06 2023). Umwelt-Produktdeklaration - Mineralwolle-Dämmstoff im mittleren Rohdichtebereich. Von https://www.fmi-mineralwolle.de/fileadmin/user_upload/wp-uploads/2018/01/Mineralwolle-Daemmstoff_im_mittleren_Rohdichtebereich_EN15804_A2.pdf abgerufen
- Lobner, F. (2025). Stoffliche Verwertung von Mineralfaserabfällen - Arbeitstitel Masterarbeit. Von in Bearbeitung. abgerufen
- Mineralwolleindustrie, F. (19. 07 2021). Unterscheidungsleitfaden Mineralwolle. Von https://www.fmi-austria.at/wp-content/uploads/2021/07/FMI-Unterscheidungsleitfaden_MW_web.pdf abgerufen
- Guldberg, M., Meringo, A. d., Kamstrup, O., Furtak, H., & Rossiter, C. (2000). The development of glass and stone wool compositions with increased biosolubility. *Regulatory toxicology and pharmacology* : RTP, 184–189.
- Sattler, T. M. (7. 1 2024). Development of Innovative Recycling Processes for Mineral Wool Waste. Von <https://pureadmin.unileoben.ac.at/ws/portalfiles/portal/26589483/AC17130074.pdf> abgerufen
- Seywerth, R. (22. 3 2024). Einfluss der Zusammensetzung von Mineralfaserabfällen auf die Recyclingfähigkeit als Sekundärzählstoff. Von <https://doi.org/10.34901/mul.pub.2024.059> abgerufen
- Steindl, F. R., Doschek-Held, K., Weisser, K., Juhart, J., Grengg, C., Wohlmuth, D., & Mittermayr, F. (9. 6 2023). Mineral Residues and By-Products Upcycled into Reactive Binder Components for Cementitious Materials. Von https://doi.org/10.1007/978-3-031-33187-9_15 abgerufen
- Urbain, G. (3 1987). Viscosity estimation of slags. *steel research*, S. 111-116.