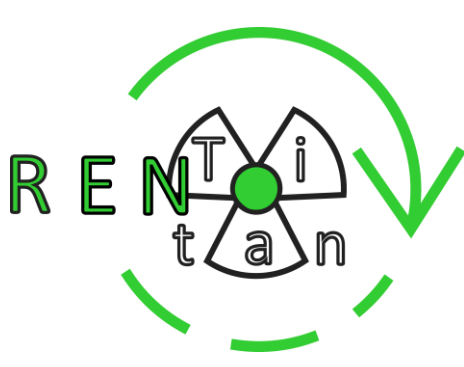


# RENO-TITAN: Aus Schwarz wird Weiß Strahlenschutz im Abbau und der Aufbereitung von Schwermineralsanden in Vietnam



GEFÖRDERT VOM



Conrad Dorer<sup>1</sup>, Christian Kunze<sup>2</sup>, Nguyễn Bá Tiến<sup>3</sup>, Lê Hùng Anh<sup>4</sup>, Lars Uhlig<sup>5</sup>, Anna Belousova<sup>5</sup>, Niclas Schuster<sup>1</sup>, Petra Schneider<sup>1</sup>

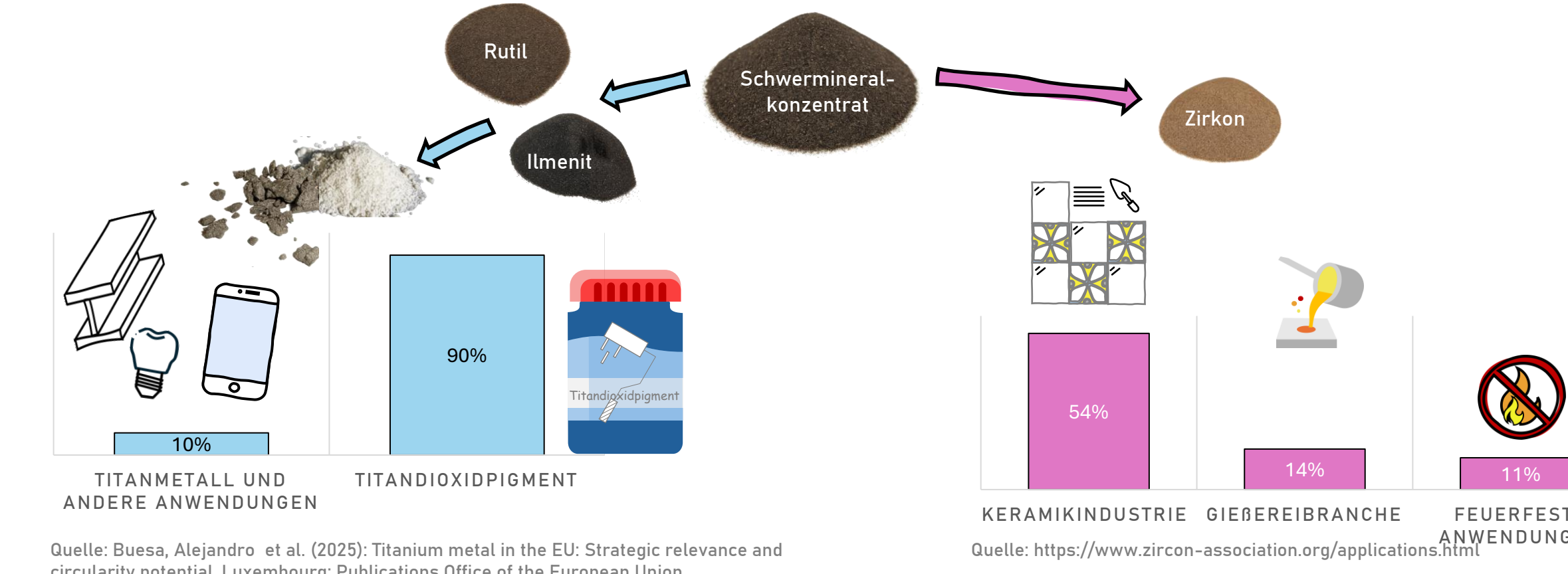
<sup>1</sup> Hochschule Magdeburg-Stendal, <sup>2</sup> Eurofins IAF Radioökologie GmbH, Radeberg, <sup>3</sup> Institute of Nuclear Science and Technology, Hanoi, Vietnam, <sup>4</sup> Industrial University of Ho Chi Minh City, Vietnam, <sup>5</sup> G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH

## Abstract

Das deutsch-vietnamesische CLIENT-II-Verbundprojekt RENO-TITAN (04/2023-03/2026), federführend in Deutschland von der Hochschule Magdeburg-Stendal koordiniert, widmete sich dem verbesserten **Management der bergbaulichen Rückstände der vietnamesischen Titanindustrie**, in denen sich natürlich vorkommende Radionuklide anreichern, sowie Fragen zum verantwortungsvollen Bergbau. Die Provinzen Lâm Đồng und Quảng Trị dienten dabei als Referenzregionen. Zum einen wurden die Stoffströme systematisch erfasst und charakterisiert, um eine belastbare Grundlage im Strahlen- und Umweltschutz zu schaffen. Zum anderen wurden sichere Verwertungs- und Entsorgungsoptionen bewertet und darauf aufbauend geprüft, unter welchen technischen und regulatorischen Voraussetzungen eine Wiederverwendung (z. B. in Baustoffen) verantwortungsvoll umgesetzt werden kann.

## Wofür werden Schwermineralsande abgebaut?

**Schwermineralsande** werden vor allem abgebaut, um Titanminerale wie **Ilmenit** ( $\text{FeTiO}_3$ ) und **Rutil** ( $\text{TiO}_2$ ) zu gewinnen. Daraus werden vor allem hochreines Titandioxid ( $\text{TiO}_2$ ) als wichtigstes Weißpigment (z. B. für Farben und Lacke, Papier, Kunststoffe) sowie Titanmetall (u. a. für Luftfahrt, Chemie und Medizin) hergestellt. Das dabei oft auch anfallende **Zirkon** wird in Keramik und feuerfesten Hochtemperaturanwendungen eingesetzt. Häufig stammen diese Rohstoffe aus Placer-Lagerstätten in Küsten- und Flusssedimenten.



## In drei Sätzen ...

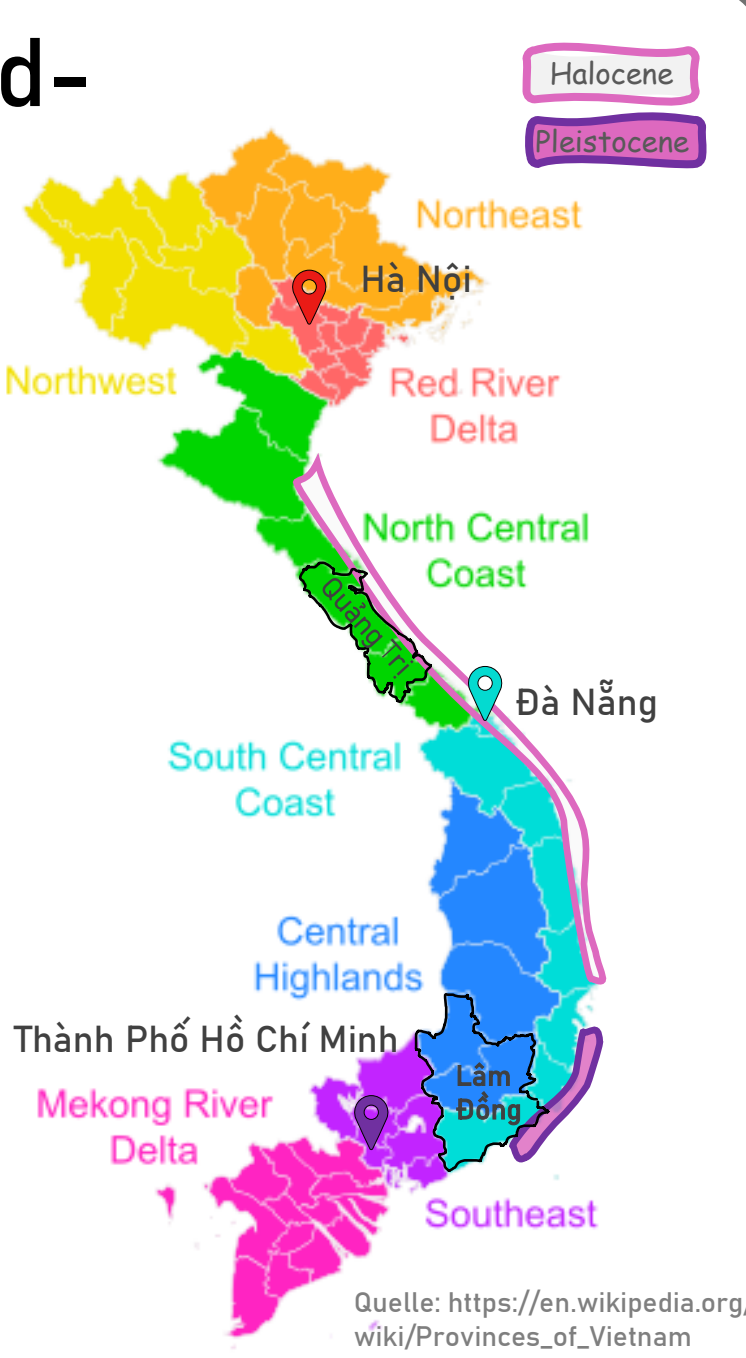
Schwermineralsande liefern Ilmenit und Rutil für die Herstellung von  $\text{TiO}_2$ -Pigment und Titanmetall.

Bei der Herstellung werden natürliche Radionuklide aufkonzentriert (NORM).

Das CLIENT-II-Projekt RENO-TITAN untersuchte den Umgang mit und mögliche Wiederverwendung von NORM-Rückständen aus dem Schwermineralsandabbau und dessen Weiterverarbeitung.

## Schwermineralsandabbau in Vietnam

In Vietnam konzentriert sich der Schwermineralsandabbau auf ausgewählte Küstenabschnitte in Zentral- und Südvietnam, darunter in den Provinzen Quảng Trị sowie Lâm Đồng (Küstenregion der früheren Provinz Bình Thuận).



Der vietnamesische „Masterplan für Exploration, Abbau und Verarbeitung von Mineralien 2021-2030“ (Vision bis 2050) setzt darauf, die Wertschöpfung von der Konzentratherstellung über die Weiterverarbeitung bis zur Produktion von Titandioxidpigment zu steigern.

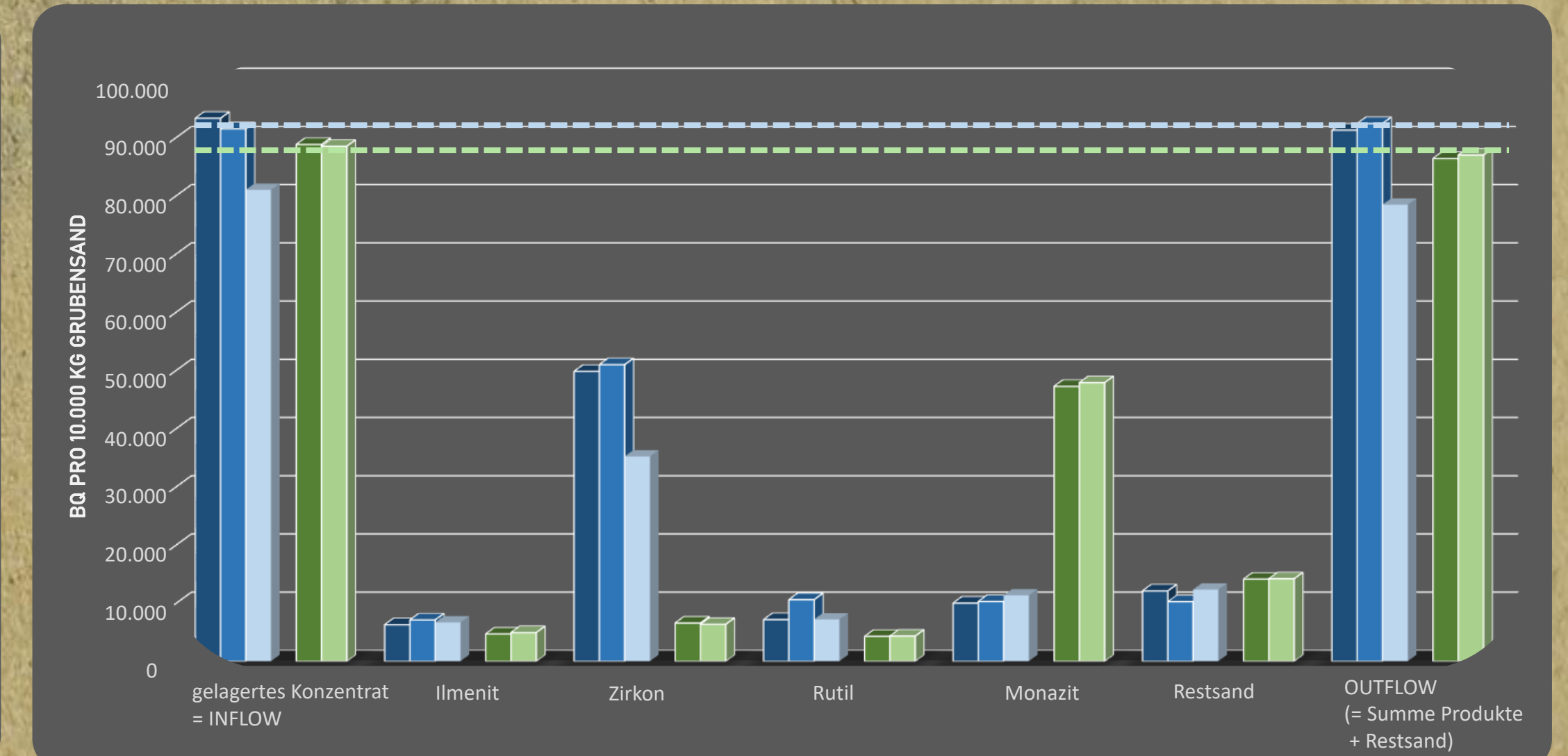
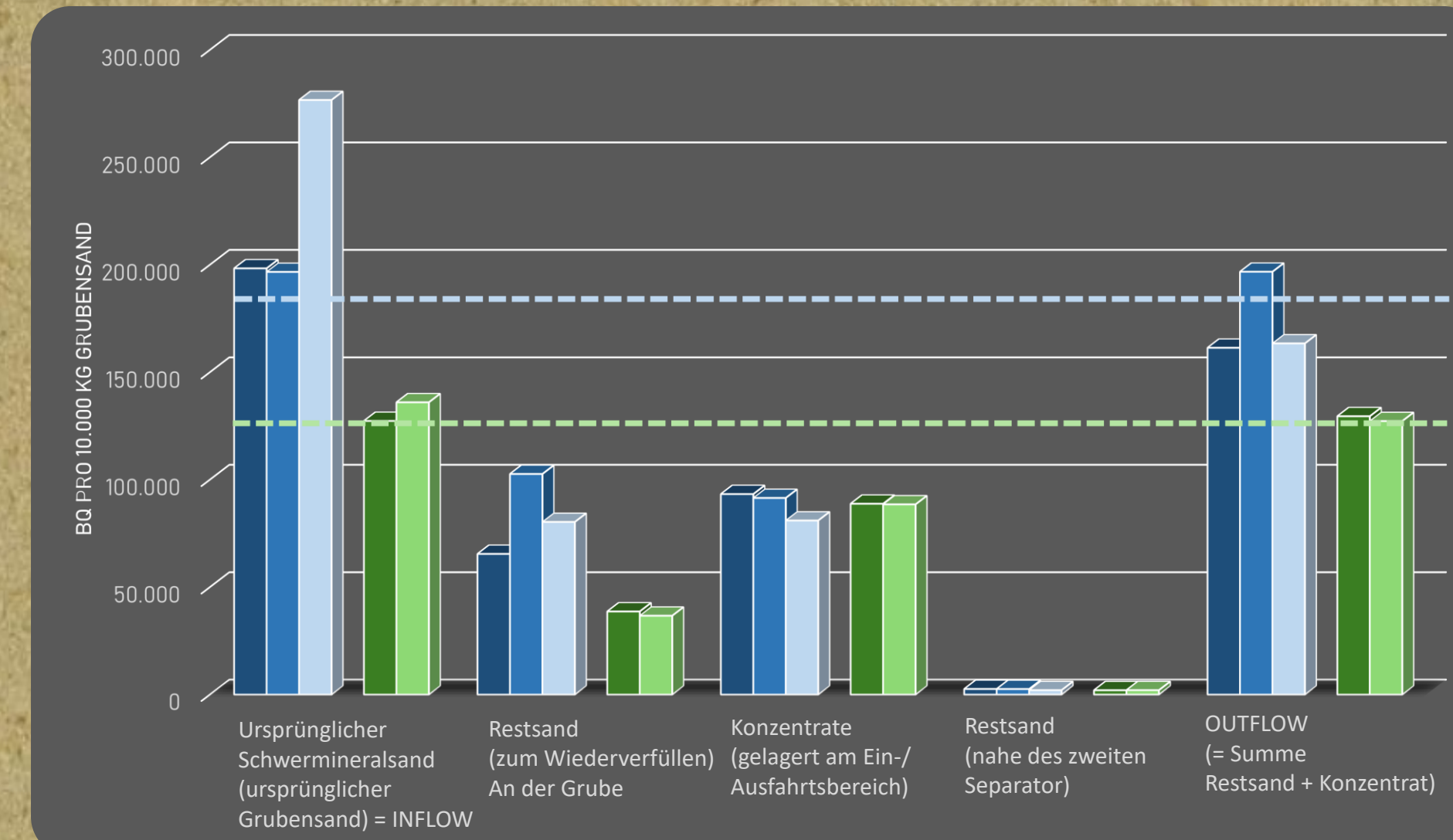
## Ergebnisse

Prozessschema: Radiologische und bodenmechanische Messungen von der Gewinnung aus dem Tagebau bis zum aufbereiteten Mineral in Vietnam am Beispiel zweier Unternehmen in den vietnamesischen Provinzen Quảng Trị und Lâm Đồng.

	Korndichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Ortsdosisleistung [nSv/h]	Anreicherung (im Vergleich zum Ausgangssand)	
			von U-238	von Th-232
Unternehmen 1; Unternehmen 2				
Schwermineralsande (sedimentäre Seifenlagerstätten)	2,64-2,66 2,64-2,65	100-190 100-110	1 1	1 1
Nassabbau (mit Saugbaggern)				
Nassaufbereitung (mittels Wendelscheidern)	2,64 2,64	130-160 75	0,3 0,4	0,3 0,6
Restsande nach 1. mechan. Trennung im Tagebau	3,04	240-250	6	8
Restsande nach 2. mechan. Trennung im Tagebau	---	---	4	11
Schwermineral-konzentrat	3,68-3,78 4,49-4,52	700-1.900 700-1.700	50-80 90; Staub 270	70-120 100; Staub 560
Ilmenit	4,30 4,55; Staub 4,24	k.D. 1.500	10 30	12 50
Zirkonsand (min 65%)	4,60 4,64	2.000 2.300	350 450	70 90
Rutil	3,95 n.a.	1.900 (90%) n.a.	40 n.a.	35 n.a.
Pseudo-Rutil	n.a. k.D.	n.a. 1.300	n.a. k.D.	n.a. k.D.
Monazit	4,8-5,3*	16.000 (57%) 10.000 (80%)	2.400 k.D.	17.000 k.D.
Abfallsand am Verarbeitungsstandort	3,11-3,51 k.D.	300-1.100 k.D.	7-70 k.D.	10-130 k.D.

\* Datenangaben aus der Literatur      n.a. = nicht anwendbar      k.D. = Keine Daten

Radionuklidbilanz: [ U-238, Ra-226, Pb-210 / Ra-228, Th-228 ]



## Wieso spielt NORM eine Rolle?

Bei der Gewinnung und Aufbereitung von Schwermineralen entstehen prozessbedingt Stoffströme, in denen sich natürlich vorkommende Radionuklide anreichern können, wodurch natürlich vorkommendes radioaktives Material (NORM) sowohl in Produkten als auch in Rückständen auftreten kann.

Dies liegt im Schwermineralsandbergbau besonders an bestimmten Begleitmineralen, wie Monazit und Zirkon, die Radionuklide der Uran- und Thorium-Zerfallsreihen enthalten. Je nach mineralogischer Ausgangslage und Prozessführung konzentrieren sich die Radionuklide in bestimmten Fraktionen.

## Was ist eine Radionuklidbilanz?

Eine Radionuklidbilanz ist die systematische Gegenüberstellung der ein- und ausgehenden stoffgebundenen Aktivitätsströme (fest, flüssig, gasförmig) eines einzelnen Knotenpunkts innerhalb eines technologischen bzw. industriellen Prozesses oder eines räumlich und zeitlich abgegrenzten Systems anhand der jeweiligen Massenströme jedes Teilstroms und der zugehörigen spezifischen Aktivität (Aktivitätskonzentration) für die relevanten Radionuklide. Sie dient dazu zu prüfen, ob alle relevanten Stoffströme hinsichtlich der in den Prozess ein- bzw. aus ihm ausgetragenen Aktivität erfasst sind, und Umverteilungen, Anreicherungen einzelner Radionuklide aufzuzeigen.

## Empfehlungen

- **Einheitliches, risikobasiertes Vorgehen** für den Strahlenschutz im Schwermineralsand-Bergbau und in der Aufbereitung in Vietnam, um fachlich korrekte, verhältnismäßige und rechtssichere Bewertungen zu ermöglichen und eine Über- oder Unterregulierung auf Provinzebene zu vermeiden.
- **Monitoring mit regelmäßigen Messungen** der Gamma-Dosisleistung, von Radon und staubrelevanten Nukliden sowie einem Grundwassermonitoring mit Fokus auf Radium-226 und Radium-228, damit Dosisabschätzungen nachvollziehbar abgeleitet und Maßnahmen gezielt festgelegt werden können.
- **Rückstände: Schutz von Umwelt und Wasser** durch abgedichtete Lagerflächen mit Sickerwasserkontrolle.
- **Rückstände: Wiederverwendung als Baustoff** bei gegebener bautechnischer Eignung unter Anwendung des vietnamesischen Baustandards TCXDVN 397:2007 „Natürliche Radioaktivität von Baustoffen – Sicherheitsniveaus bei der Verwendung und Prüfverfahren“ in mehreren Optionen möglich (auch mit Blick auf die bestehende Bausandknappheit im Land)