

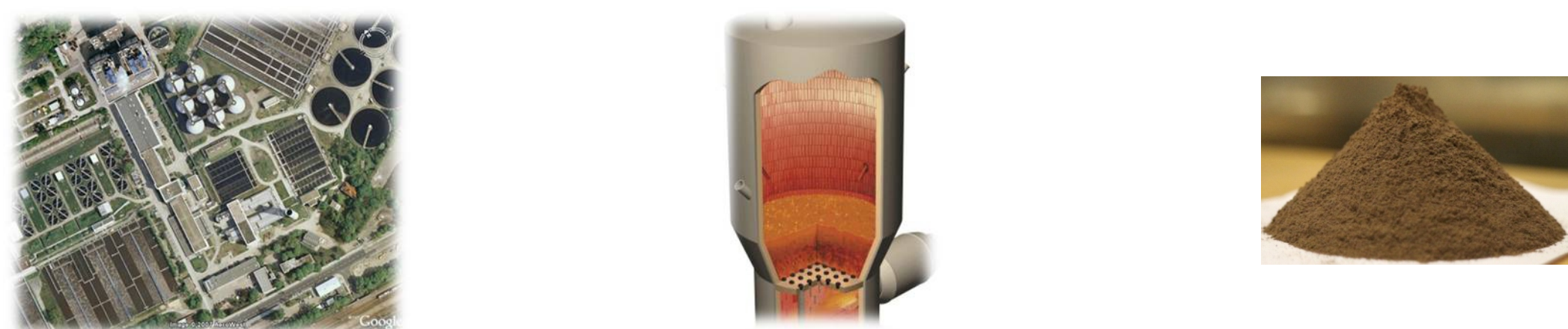
Entwicklung einer Online-Prozessanalytik für die Regelung eines Verfahrens zur Rückgewinnung von Wertstoffen aus Klärschlammmaschen (KSA)

Das Element Phosphor - essentiell und nicht substituierbar!

- Neben Wirtschaftsdüngern (z.B. Gülle) ca. 140.000 t Phosphor als mineralischer Phosphordünger nötig
- ca. 560.000 t Phosphor werden durch Ernte entzogen
- Der Weltmarkt wird von wenigen Exportländern beherrscht
- Die EU hat keine relevanten Vorkommen
- Rohphosphate sind oft mit Uran und Cadmium belastet!

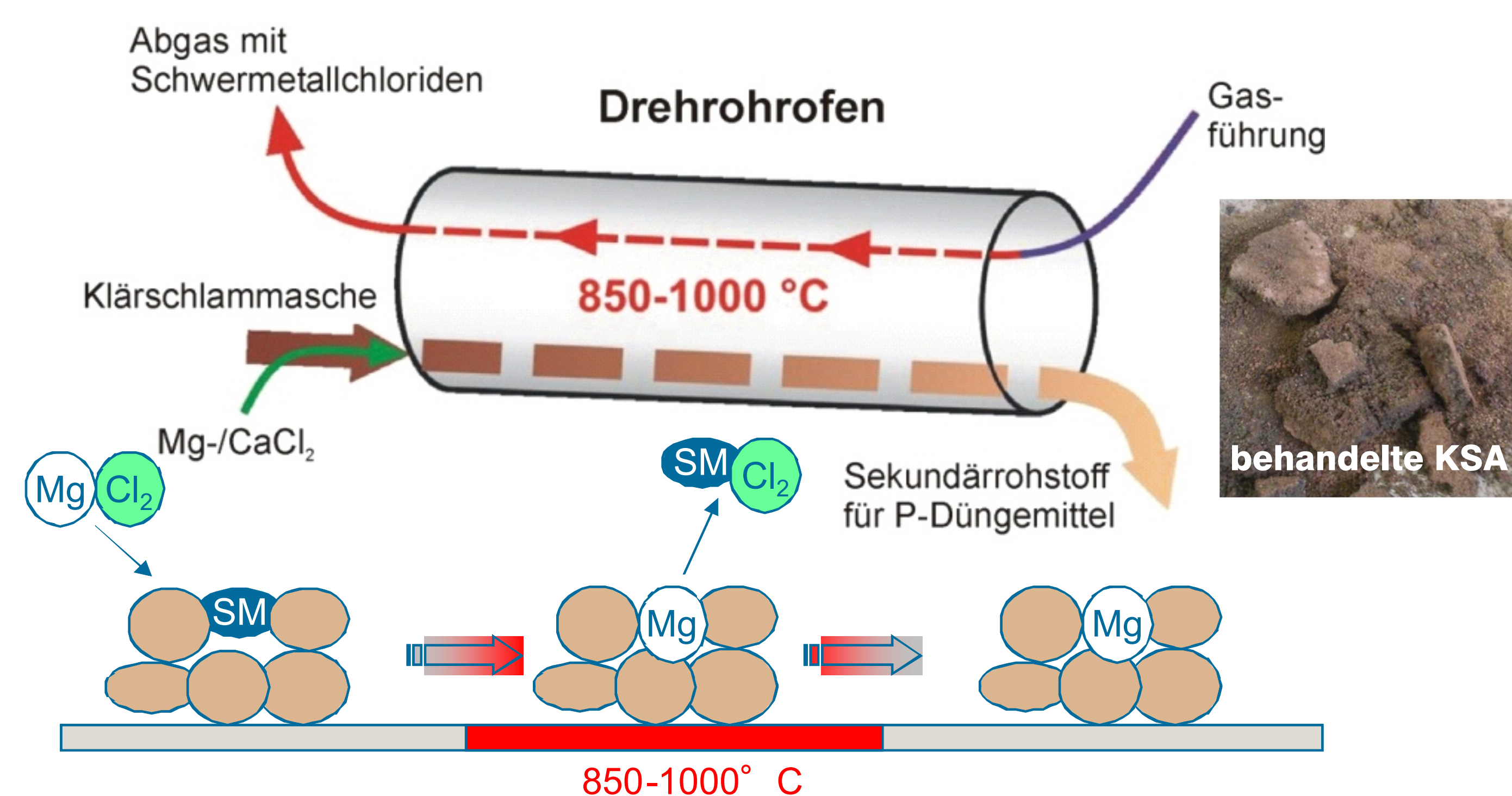
Abwasser = Rohstoff

➤➤➤ Abwasser: Potential von mehr als 60.000 t P/a (D) ◀◀◀



- Kläranlagen erzeugen ~ 2 Mio. t/a Klärschlamm
- 26 Mono-Verbrennungsanlagen erzeugen aus ~ 0,8 Mio. t/a Klärschlamm ca. 300.000 t/a Klärschlammasche (KSA)
- Hauptelemente Calcium, Silicium, Phosphor, Eisen und Aluminium
- Nebenbestandteile Schwermetalle wie Kupfer, Zink, Cadmium und Blei
- Schlechte Bioverfügbarkeit des Phosphors

Nutzbarmachung der KSA (FB 4.4)



- Zugabe eines Cl-Donators ($MgCl_2/CaCl_2$) zur Klärschlammasche
- Thermochemische Behandlung bei $850-1000^{\circ}C$
- Bildung und Verdampfung flüchtiger Schwermetallchloride
- Bildung neuer P-haltiger Mineralphasen mit hoher Bioverfügbarkeit

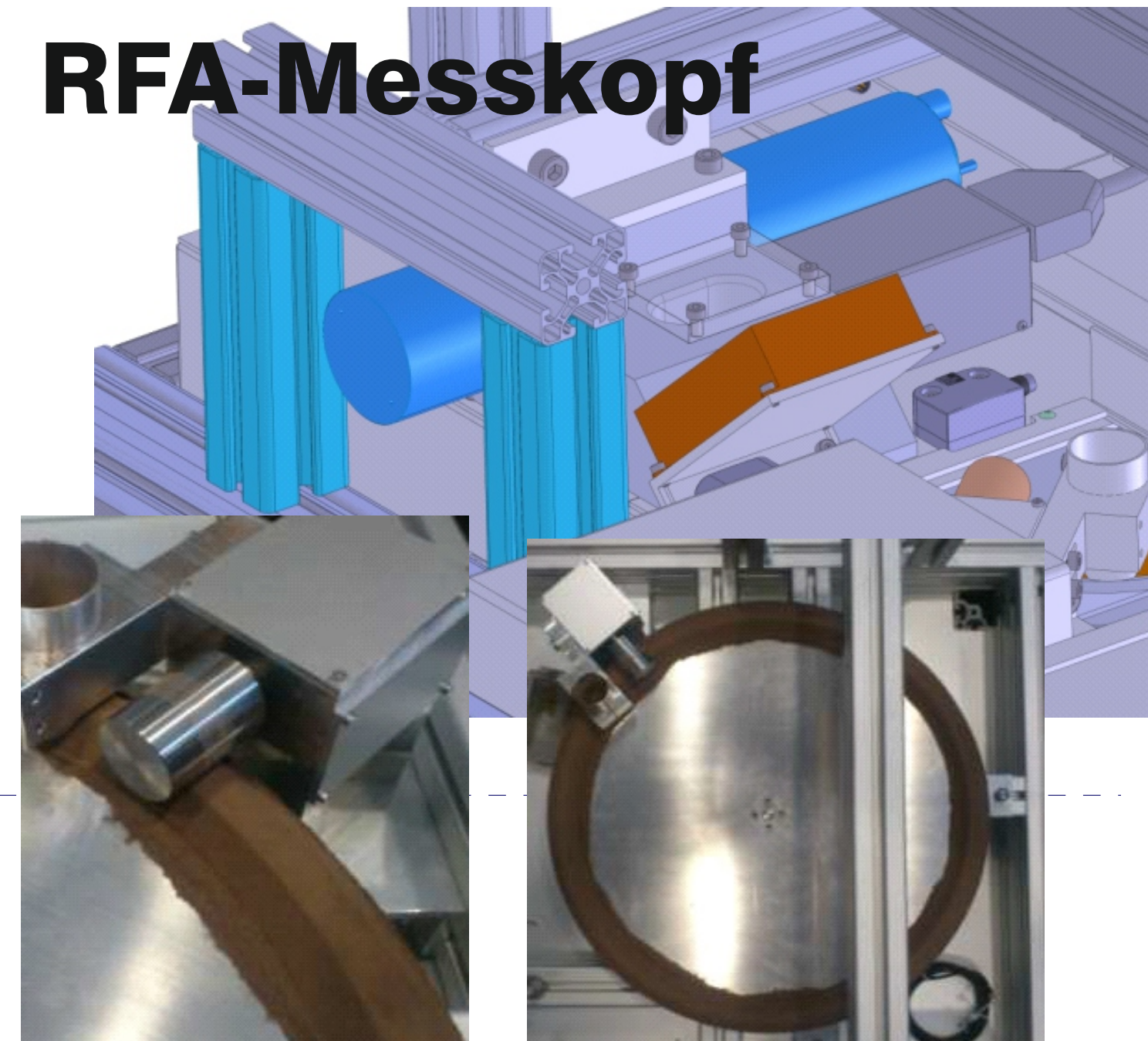
Das gemeinsame Projektziel ...

... ist die auf viele andere Bereiche übertragbare Entwicklung eines Online-Analysenverfahrens zur Bestimmung von Elementgehalten mit LIBS und/oder RFA



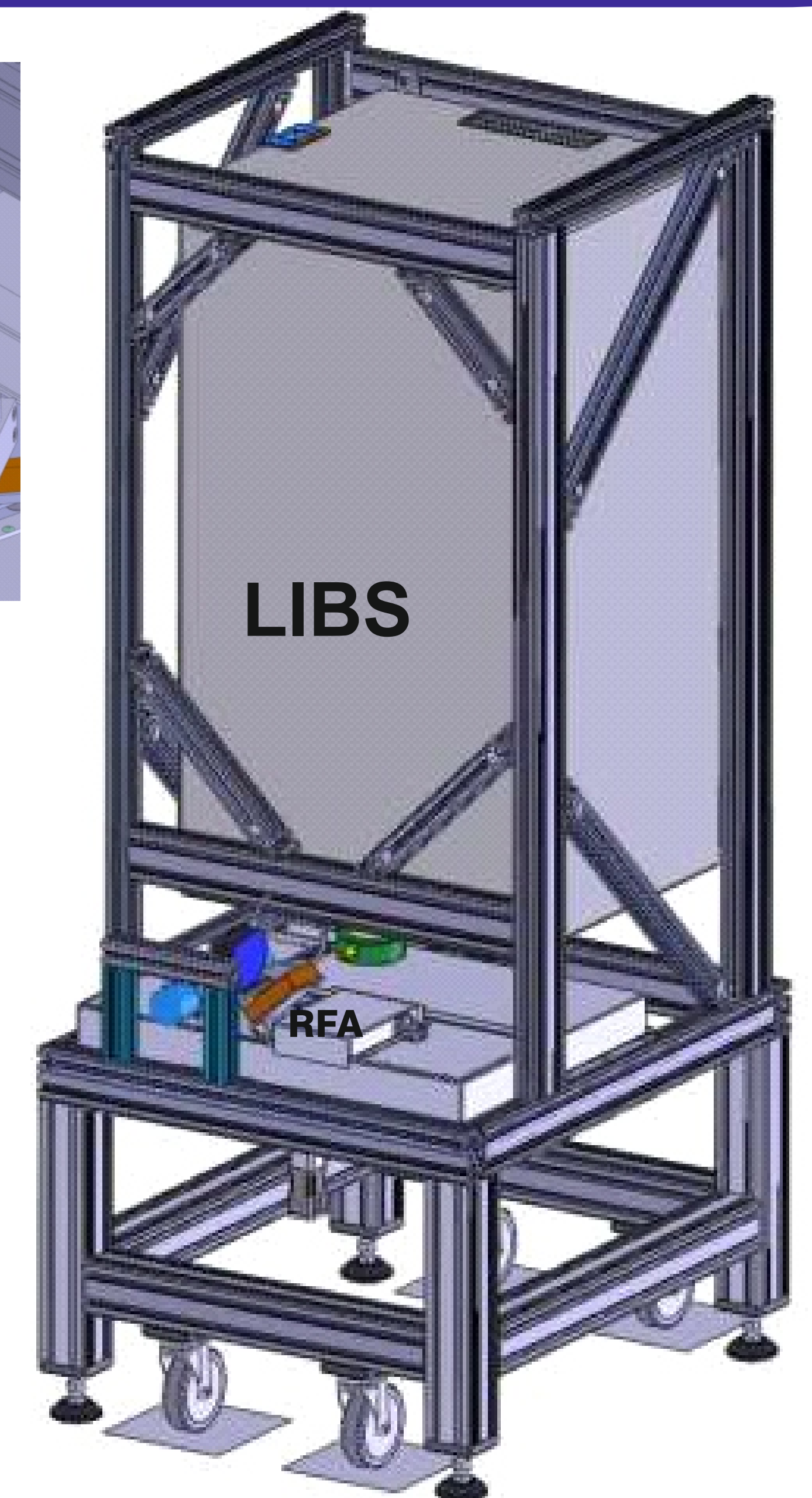
Online-Analysatoraufbau

RFA-Messkopf

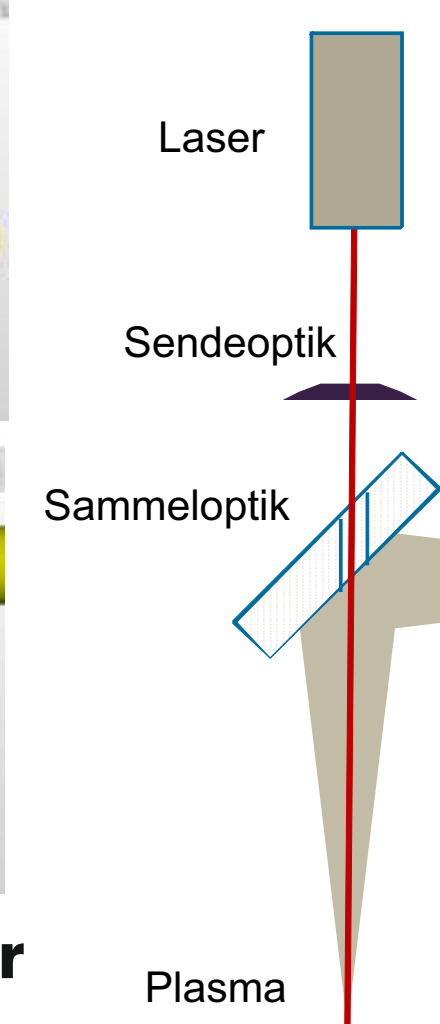
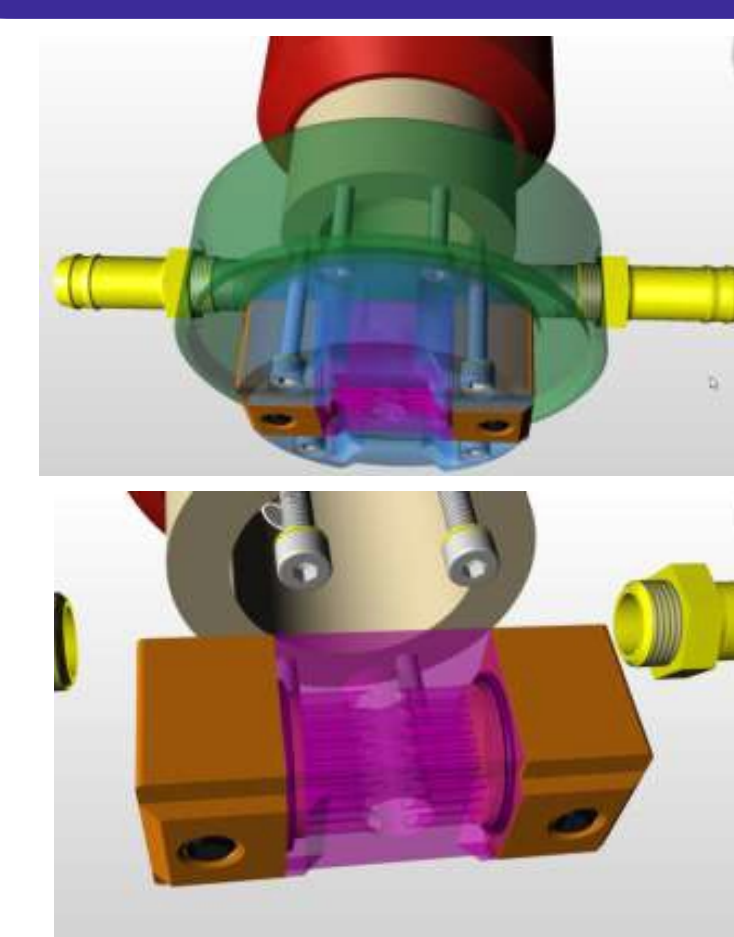


Gemeinsamer LIBS-RFA-Messplatz

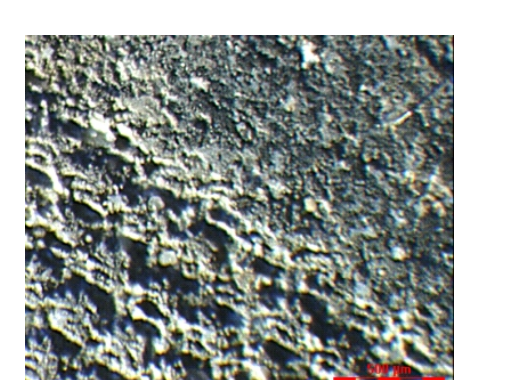
- geeignet für beide Messgeräte
- transportabel, stabil, geeignet für alle folgenden Projektschritte



Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS)



Plasma: Leistungsdichte ca. $2-5 \text{ GW/cm}^2$



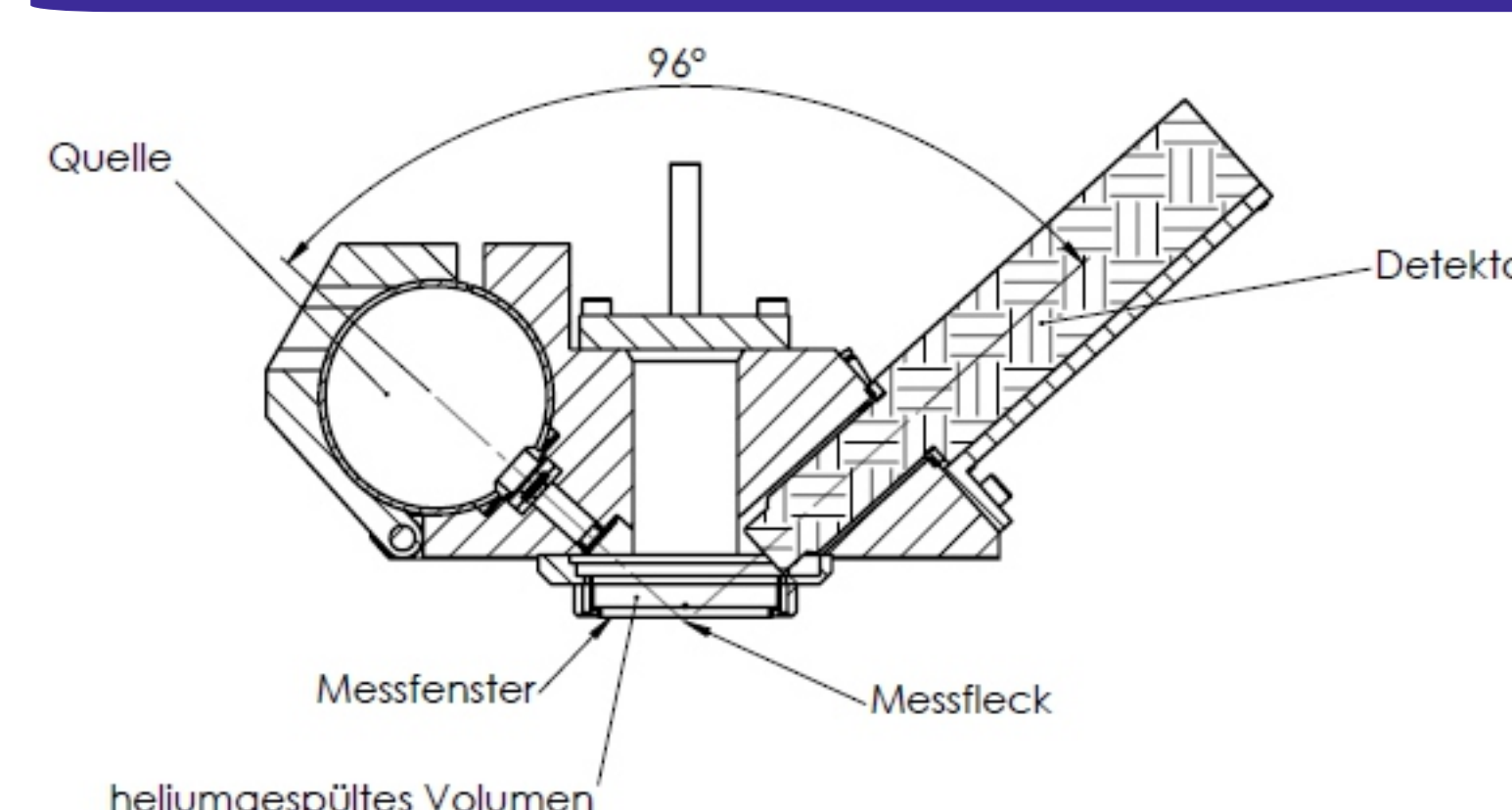
Plasmaspur in der KSA

Element	Messbereich	Nachweisgrenze
Phosphor	3 – 12 %	~ 0,5 %
Zink	100 – 3.000 ppm	~ 100 ppm
Kupfer	100 – 2.000 ppm	< 100 ppm
Blei	20 – 300 ppm	~ 20 ppm

Aufbau des Lasers zur Vermeidung von Stäuben

Auswertung über ein Echelle-Spektrometer mit simultanem Wellenlängenbereich 200-600nm, $R=15.000$

Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)



Schema des neu konstruierten RFA Messkopfes

Element	Nachweisgrenze
Phosphor	< 0,5 %
Kupfer	< 100 ppm
Zink	< 100 ppm

Referenzmaterialentwicklung

