Einsatz der Laser-Partikel-Meßtechnik zur Rationalisierung der Korngrößenanalyse (Ergebnisse eines Methodenvergleiches)

Rainer Paul, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Naumburger Straße 98a, 07743 Jena

Ziel:

Anwendung einer rationellen Methode zur Korngrößenanalyse bei Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit der genormten Methode

PROBLEMSTELLUNG:

Die Korngrößenverteilung ist eine wichtige Größe für die

- **BEURTEILUNG DER FRUCHTBARKEIT UND ÖKOLOGISCHER EIGENSCHAFTEN DER BÖDEN**
  - Wasserhaushalt
  - Lufthaushalt
  - technologische Eigenschaften
  - Nährstoffdynamik
  - biologische Aktivität

- **TYPISIERUNG DER BÖDEN**
  - Bodenart

Die Ermittlung der Korngrößenzusammensetzung ist in der **DIN 19683 Blatt 1 und 2** standardisiert. Sie setzt sich aus zwei indirekten Methoden der Partikelvermessung zusammen:

- Siebanalyse für Korngrößen > 0,063 mm
- Sedimentationsanalyse für Korngrößen < 0,063 mm

Die Methoden sind sehr zeitaufwendig und stark von den Fähigkeiten des Laboranten abhängig.

Wegen dieser Nachteile sollen sie durch effektivere und subjektiv unabhängigere Methoden abgelöst werden.

Laser-Beugungsspektrometer scheinen diese Forderung am besten zu erfüllen.

Ein Einsatz von Laser-Beugungsspektrometern setzt aber die Vergleichbarkeit zur genormten Methode voraus.

VERSUCH:

125 zufällig ausgewählte Bodenproben wurden nach dem genormten Verfahren und mit zwei Lasergeräten analysiert.

Vorbehandlung:

Nach den Vorschriften DIN 19683:
Absiebung auf 2 mm
Zerstörung der organischen Substanz
Dispergieren mit Natrium-Pyrophosphat
Für die Laseranalyse wurden die Einwaagen verringert:
Bindige Böden: 0,3 g Boden
Sandige Böden: 0,5 g Boden

Pyrophosphat wurde anteilig zugegeben.
Im Lasergerät erfolgte unmittelbar vor der Messung eine Ultraschallbehandlung der Intensität 150 Watt von 5 min Dauer.
Während der Messung wurde die Probe mit 1000 U/min gerührt.

Analyse

Die Analyse nach DIN wurde für die Partikel bis 0,063 mm als Siebanalyse, für die kleineren Partikel als Sedimentationsanalyse durchgeführt.
Der Laseranalyse wurde für die Partikel > 0,2 mm eine Siebung vorgeschaltet, die kleineren Partikel wurden mit dem Laser analysiert. Grund war die Schwierigkeit, die groben Partikel reproduzierbar der Probe zuzuteilen.

ERGEBNISSE:

▸ Kornverteilungskurven

Für tonarme Böden werden die gleichen Verteilungen wie mit der Sedimentationsanalyse festgestellt.
Mit zunehmender Bindigkeit des Bodens bestimmt das Lasergerät abweichende Verteilungen.
Die Abweichungen zeigen sich in einem geringeren Tonanteil und entsprechend höherem Schluffanteil.
Dieses Ergebnis wurde mit beiden geprüften Lasergeräten nahezu identisch ermittelt, obwohl sich die Geräte im technischen Aufbau und im Meßbereich unterscheiden. Die Ergebnisse sind bei gleicher Probenbehandlung gut reproduzierbar.

▸ Handhabbarkeit

Lasergeräte analysieren mit großer Schnelligkeit.
Die Bedienung der Geräte ist wesentlich unkomplizierter als die Durchführung der Sedimentationsanalyse, der subjektive Einfluß auf das Ergebnis ist gering.

▸ Fehlerquellen

Gegenüber der Sedimentationsanalyse gewinnt die Probenvorbereitung und -behandlung großen Einfluß auf das Ergebnis:

- die kleinen Mengen sind nur mit Probenteiler repräsentativ aufteilbar
- die Behandlung der Probe im Probenbehälter des Lasergerätes, Rühren und Ultraschall, stellen mechanische Belastungen der Probe dar, die sie in der Methode nach DIN nicht in dem Maße erfährt. Auf diese Belastung reagieren Böden mit bodenartspezifischer Intensität mit einer Zunahme des Feinanteils. Besonders stark reagieren Bodenarten innerhalb der Bodenarthauptgruppe Lehm.

ANPASSUNG DER ERGEBNISSE an die nach dem Verfahren nach DIN gewonnenen Ergebnisse

Zwischen den Tonanteilen nach beiden Verfahren bestehen gesicherte Beziehungen. Die Beziehungen beruhen darauf, daß der Anteil blättchenförmiger Tonminerale mit zunehmender Bindigkeit der Böden (Böden aus Triasablagerung) ansteigt.
Die Ergebnisse lassen sich durch zwei Regressionen erfolgreich anpassen

a) eine Regression für die Sande, Lehme und Schluffe
b) eine Regression für Tone

Die Regression a) wird für Materialien mit einem Anteil an Korngrößen von 2 bis 0,2 mm > 5 % und einem Tonanteil < 14 %, die Regression b) für Materialien mit < 5 % Grob- und Mittelsand und > 14 % Ton nach dem Laserergebnis angewandt. Die Grenzen sind gerätespezifisch. Die Anpassungskriterien sind der Analyse zu entnehmen. Eine sensorische Prüfung sollte kontrollierend vorgenommen werden.

Einige Böden sind nicht nach dieser Methode anpaßbar. Diese Böden besitzen eine sortierte Tonfraktion entweder nur aus großen Blättchen oder nur aus entsprechend kleinen Kugeln. Bei diesen Böden (jüngere fluvatile Ablagerungen) sollte weiterhin die Sedimentaionsanalyse angewandt werden.

URSACHEN DER ERGEBNISABWEICHUNG ZUR SEDIMENTATIONSANALYSE

Beide Methoden sind auf die **Vermessung kugelförmiger Partikel** ausgerichtet. Für abweichende Formen werden **Äquivalentdurchmesser** nach unterschiedlichen Verfahren bestimmt, bei der Sedimentation nach dem Sinkverhalten in Wasser, bei der Laseranalyse nach dem Beugungsbild, das die Lichtwellen bei der Beugung an den Partikelgrenzen erzeugen. Die Unterschiede treten vor allem bei der Vermessung blättchenförmiger Partikel auf. Die Abmessungen der Partikel übersteigen oft in einer Dimension die Klassengrenze für Ton. Trotzdem sedimentieren sie so langsam wie entsprechend kleine Kugeln. Im Laserstarhl aber werden sie etwa mit dem Mittel aus allen Dimensionen beurteilt. Sie werden als größere Teilchen erkannt.

EMPFEHLUNGEN ZUR FEHLERVERMEIDUNG:

a) Probenvorbehandlung: Die **Probenvorbehandlung** muß **nach DIN** erfolgen. Bodenarten mit chemisch gekitteten Mikroaggregaten reagieren auf die mechanische Behandlung durch Ultraschall und Rührer: Der Feinanteil wächst mit zunehmender Einwirkungsdauer. **Auf Ultraschall muß verzichtet werden**, der Rührer muß verwendet werden, aber mit **immer gleicher Drehzahl und gleicher kurzer Wirkungszeit.**

b) Probenteilung: Die geringen Mengen erfordern eine sehr gute repräsentative Probenteilung - **Probenteiler**

c) Probeneingabe: **Die Probe muß restlos überführt werden** - Feinsand kann sich schon während des Befüllens des Probenbehälters absetzen.

d) Geräte mit MIE-Software: Es müssen optische Konstanten vereinbart werden. Diese Konstanten dürfen nicht mehr verändert werden.

SCHLUßFOLGERUNGEN:

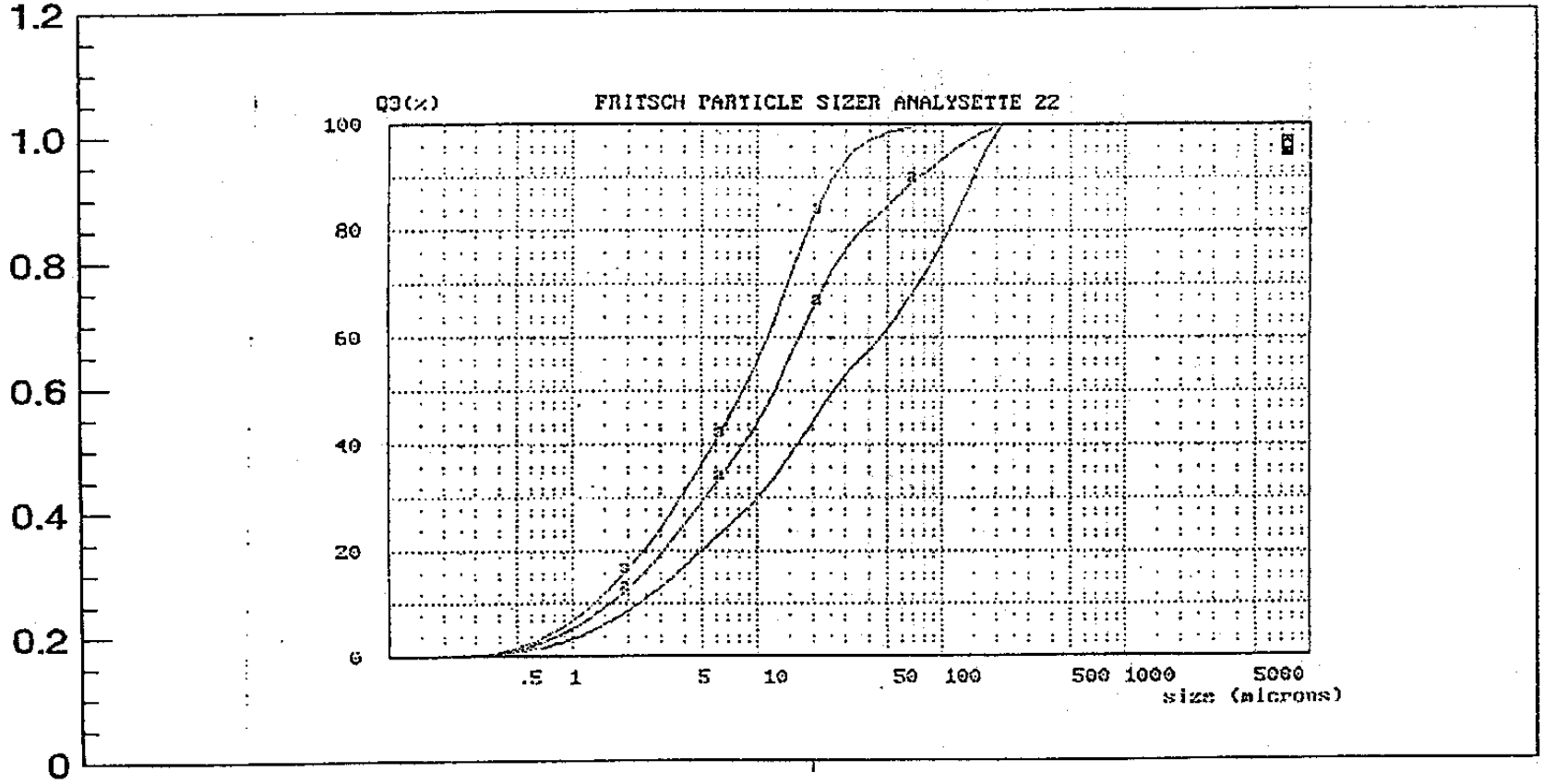
- Laser-Beugungsspektrometer sind in der bodenkundlichen Korngrößenanalyse einsetzbar.
- Sie sind schnell und reproduzieren die Ergebnisse gut.
- Es muß unbedingt eine Anpassung der Ergebnisse erfolgen.
- Die Anpassungsbeziehung ist in Voruntersuchungen im Vergleich mit den Ergebnissen nach der genormten Methode selbst zu ermitteln - entweder nach Musteranalysen oder einfacher durch Anpassung des Tonanteils und Ausgleich im Schluffanteil.
- Mit der Anpassungsbeziehung können bei ca. 80 % der Proben gute Übereinstimmungen zur genormten Methode erreicht werden, bei den restlichen Böden ist die Anpassung aus sachlichen Gründen nicht möglich.
- Die nicht mit dem Laserverfahren analysierten Böden können aber durch sensorische Vorbeurteilung des Materials erkannt werden.

In den Tabellen 2 bis 6 ist dargestellt, inwieweit die Bodenartzuordnung für die Mittelwertskurven beider Methoden übereinstimmt. 50 % der Bodenarten konnten nach dem Laserergebnis in die gleiche Bodenartuntergruppe eingruppiert werden wie nach der DIN-Analyse, bei 83 % wurde die Bodenarthauptgruppe richtig bestimmt.
Die Auszählung der Bodenartzuordnung für die Einzelproben ergab eine gute Übereinstimmung bei den Tonen und Schlufflehmen, Fehleinschätzungen dagegen bei den sandigen Schluffen und den lehmigen Sanden. Die Böden wurden aber immer in benachbarte Gruppen eingeordnet.

Identität der Bodenartbestimmung an gleichen Proben nach Ergebnissen der Laseranalyse und der Sedimentationsanalyse

Bodenart	Anteile in Untergruppe	Anteile in Gruppe	Anteile in Bodenart	Fehlbestimm. in
Tu3	100	100	100	
Tu2	71	76	100	
Uls	29	29	43	Ls2,Slu Lt2
Ul3/Ut3	0	100	100	
Ul4/Ut4	20/100	100	100	
Ut3	100	100	100	
Ls2	36	36	72	Slu,Uls
Ls3	17	50	67	Slu,Sl3
Ls4	0	0	0	Sl3
Lu	80	80	91	Ul4
Lt2	40	40	100	
Lts	0	0	0	Ts3
Su2	0			
Su3	0	0	100	
Sl u	0	0	0	Ls2,Lu
Sl2	0	100	100	
Sl3	38	75	88	Ls3
Sl4	40	60	60	Ls3
St2	33	33	100	

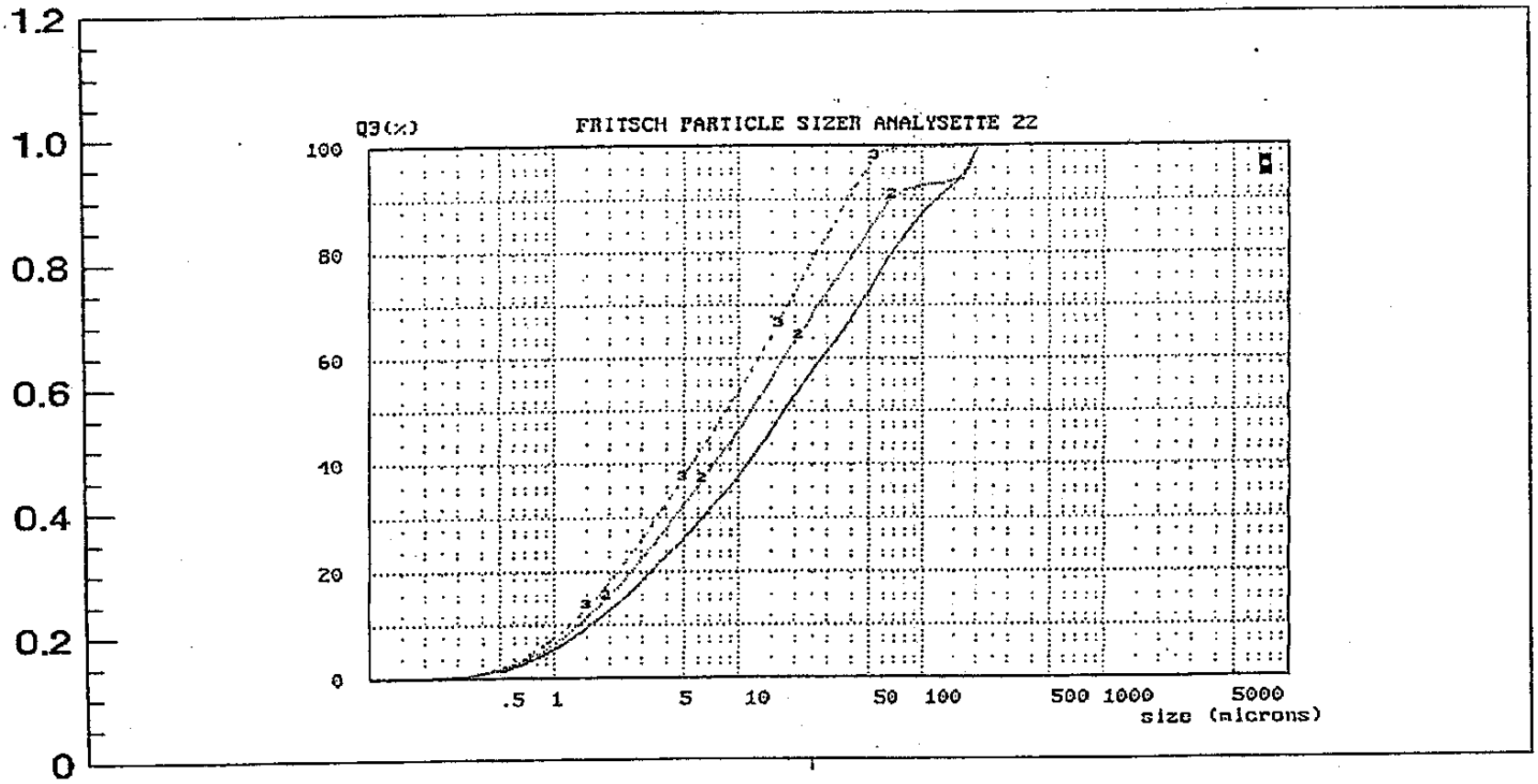
Einfluß des Ultraschalls
Bodenarthauptgruppe Lehm



Graph-in-the-Box EXECUTIVE

TONABW

Einfluß des Rührens
Bodenarthauptgruppe Lehm



3= 15 min Rühren

2= 5 min Rühren

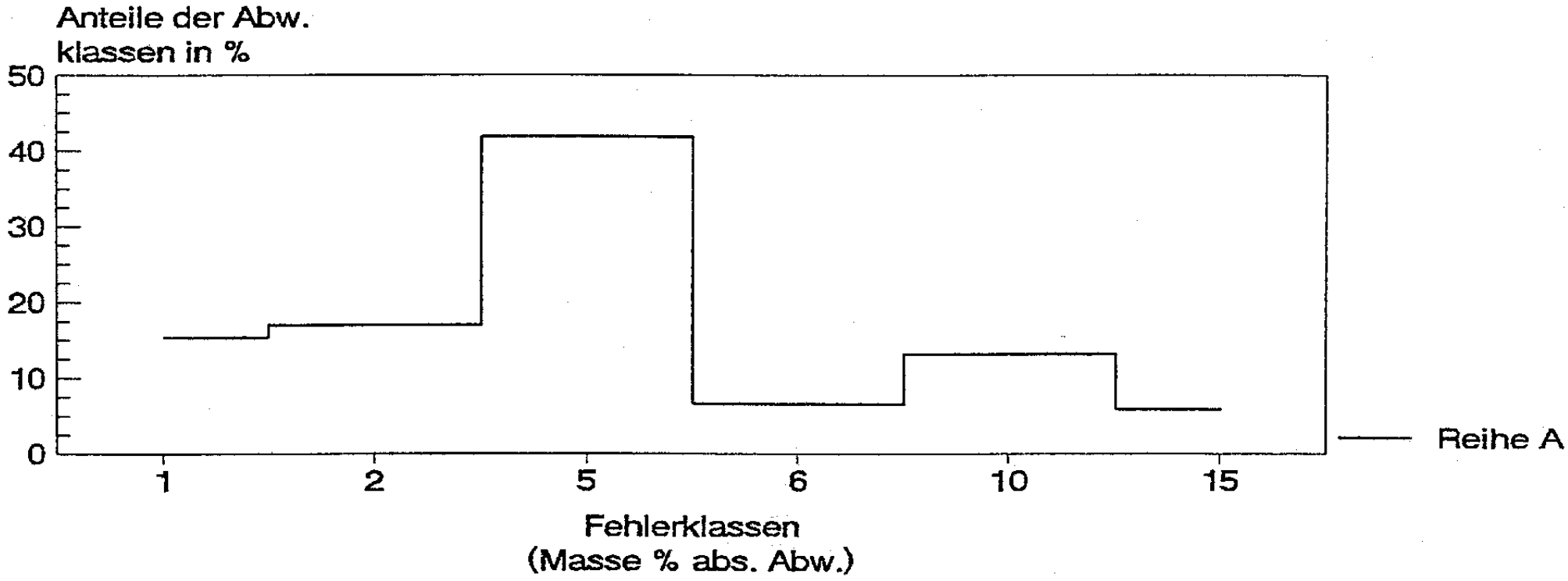
1=1 min Rühren

Graph-in-the-Box EXECUTIVE

TONABW

Abb.11: Abweichungen der Tongehalte (M.%) Laser korr. zu DIN nach Klassen

absolute Differenzen

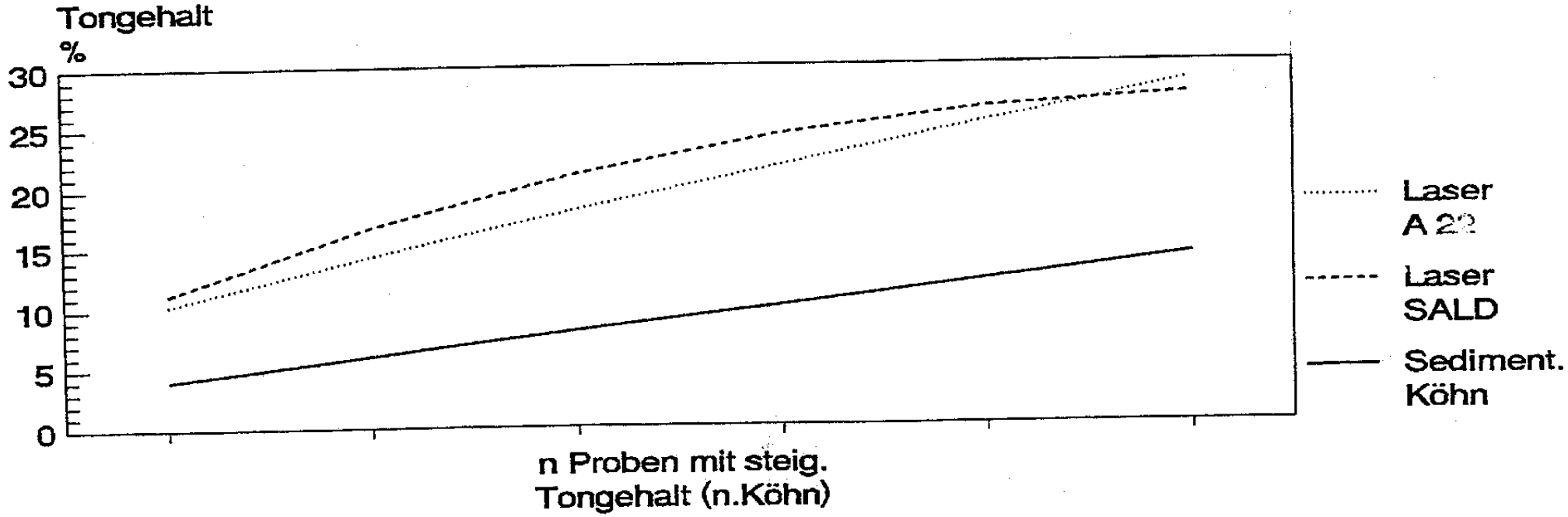


Graph-in-the-Box EXECUTIVE

TONABW

Anpassungsfunktionen des Tonanteiles mit Laser an das Ergebnis Sedimentation

Ausgleichskurve polyn. Regress. 2.Grades für Sand, Lehm und Schluff

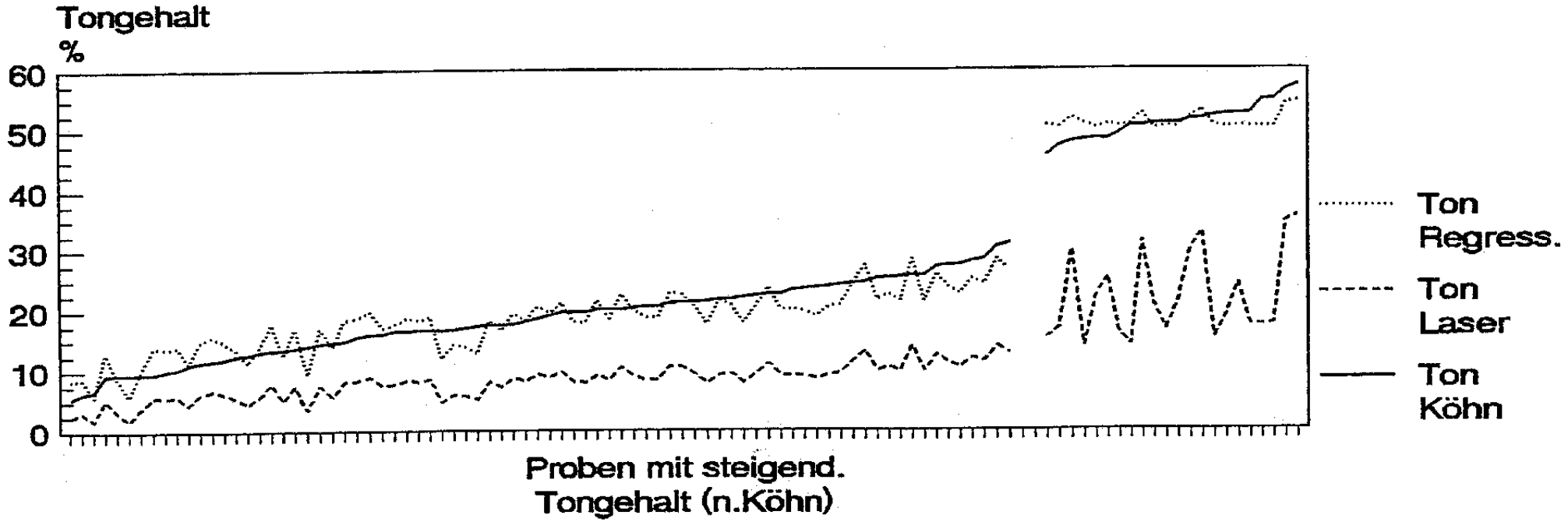


Graph-in-the-Box EXECUTIVE

SA22KORR

Abb.7: Vergleich der Tonanteile nach DIN und Laser und Anpassung mit polyn. Regr

Regr.1 für Tonanteile nach Laser < 14%, Regr.2 für Tongehalte > 14%

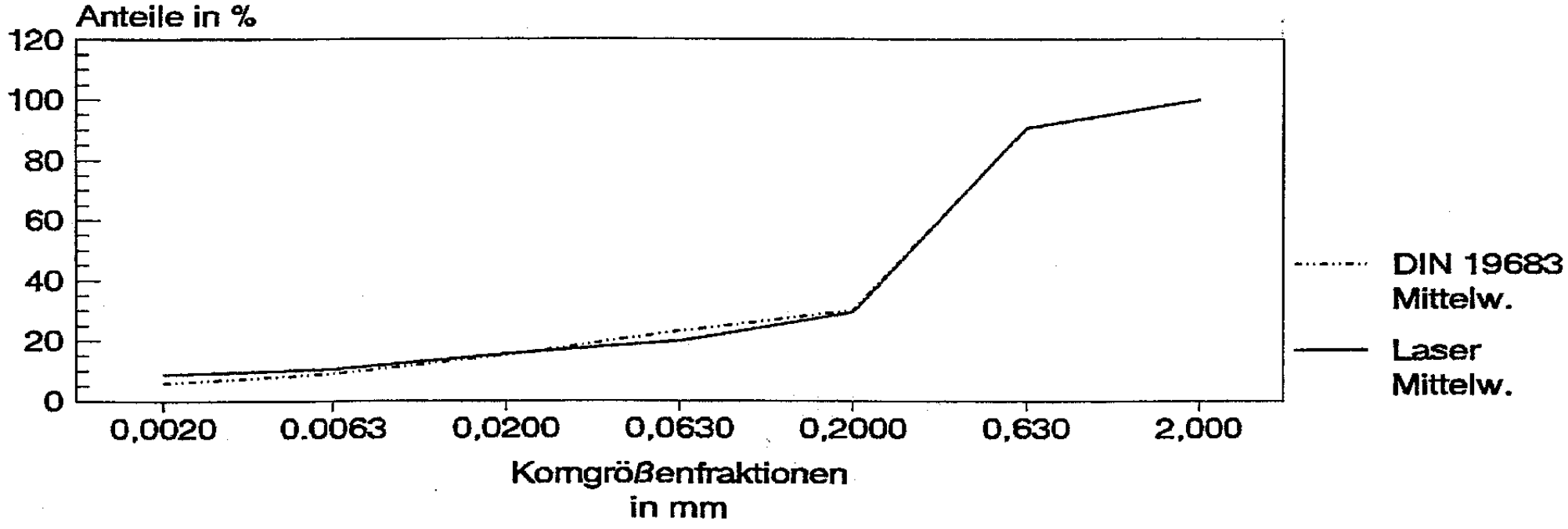


Graph-in-the-Box EXECUTIVE

TONVLAS3

Kornsummenkurven für schwach lehmigen Sand (Sl 2)

Vergleich der Analysen nach DIN 19683
Laser A 22 (bis < 0,2 mm) mit Korrektur



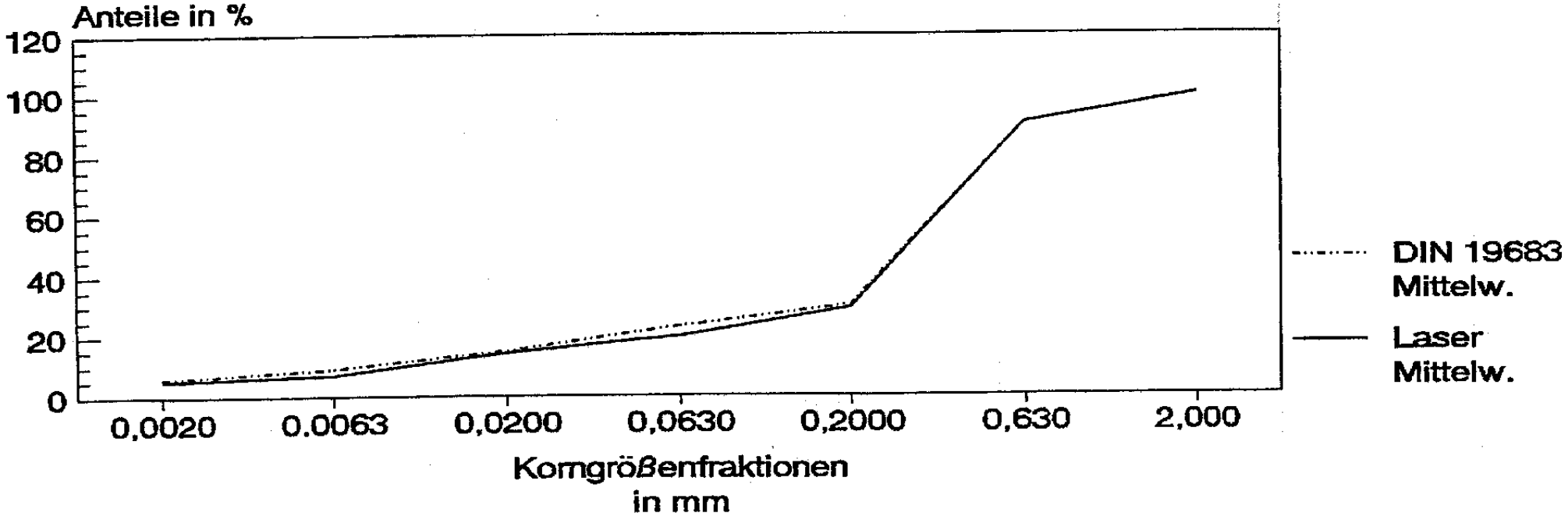
Graph-in-the-Box EXECUTIVE

A22SL2

Kornsummenkurven für schwach lehmigen Sand (Sl 2)

Vergleich der Analysen nach DIN 19683

Laser A 22 (bis < 0,2 mm) ohne Korrek

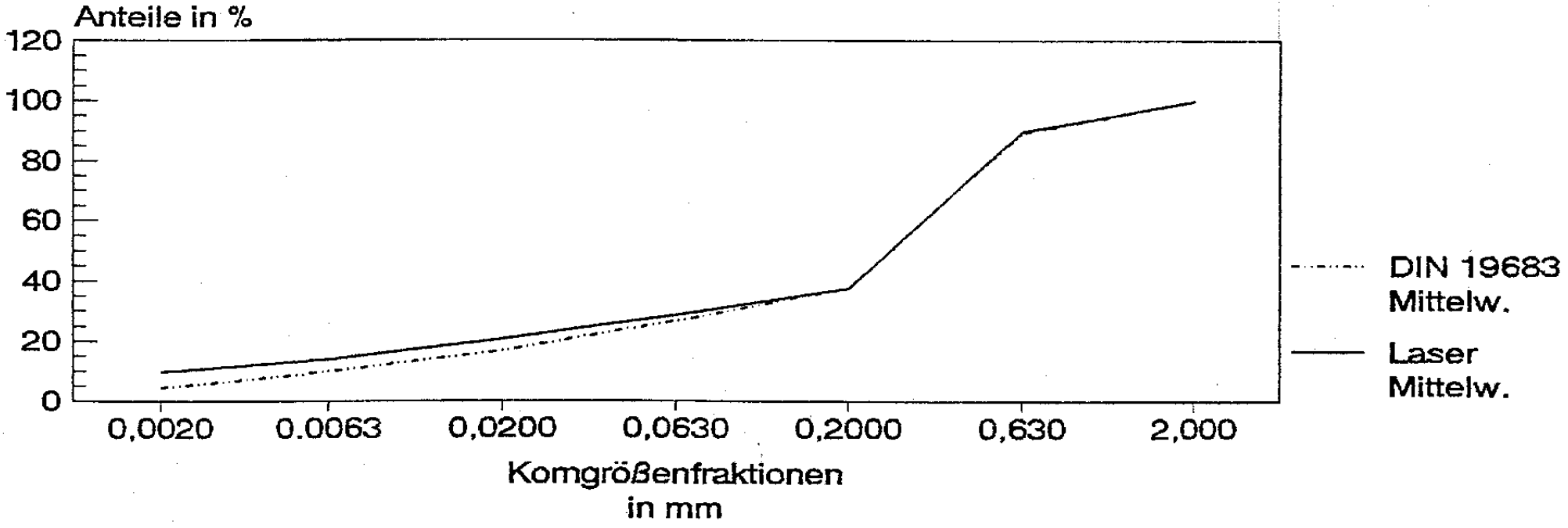


Graph-in-the-Box EXECUTIVE

A22SL2

Kornsummenkurven für schwach schluffigen Sand (Su 2)

Vergleich der Analysen nach DIN 19683
Laser A 22 (bis < 0,2 mm) mit Korrektur

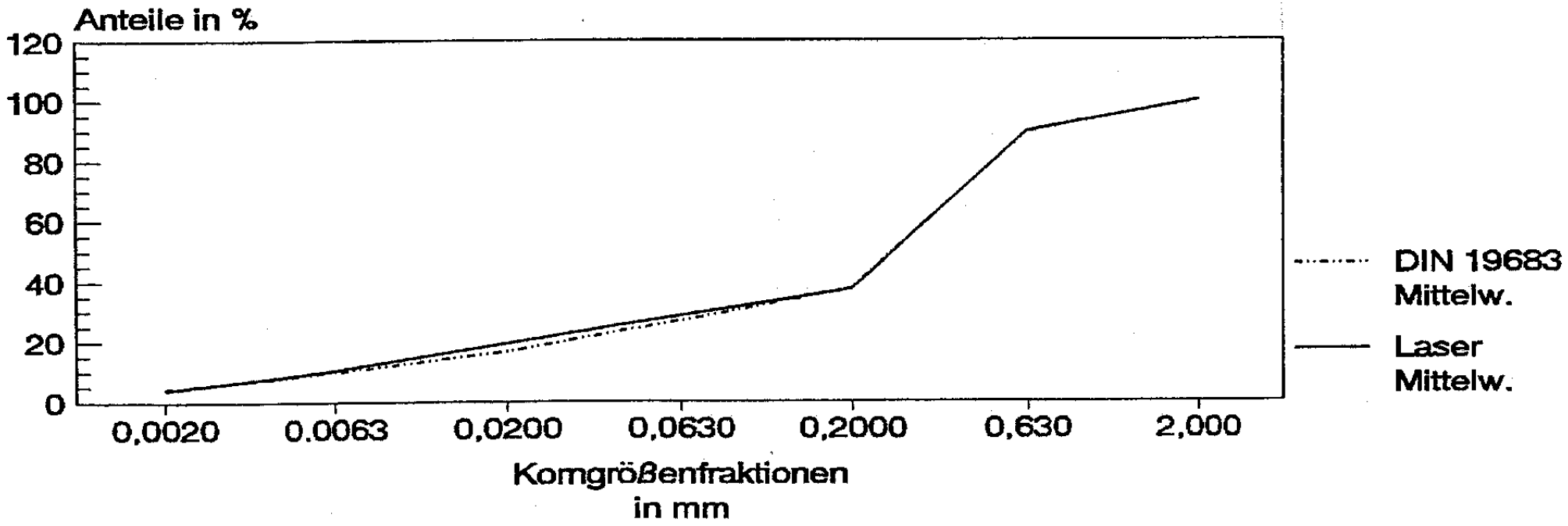


Graph-in-the-Box EXECUTIVE

A22SU2

Kornsummenkurven für einen schwach schluffigen Sand

Vergleich der Analysen nach DIN 19683 mit Laser A 22 (bis < 0,2 mm) ohne Korr.

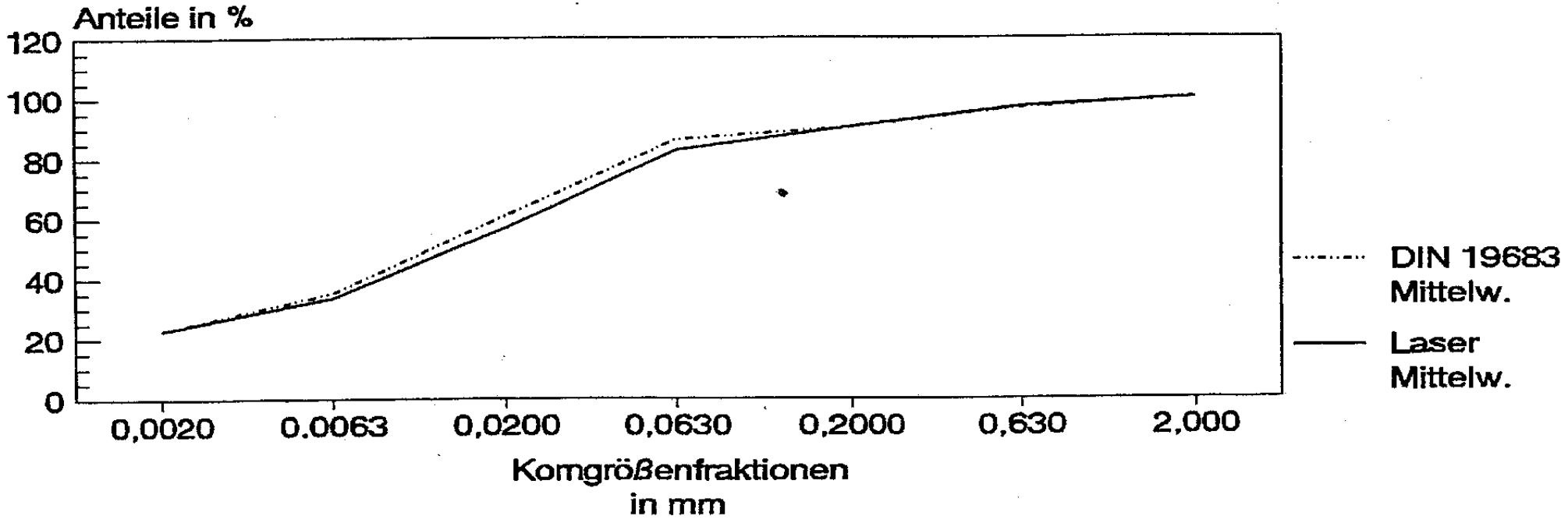


Graph-in-the-Box EXECUTIVE

A22SU2A

Kornsummenkurven für schluffigen Lehm (Lu)

Vergleich der Analysen nach DIN 19683 mit Laser A 22 (bis < 0,2 mm) Korrektur

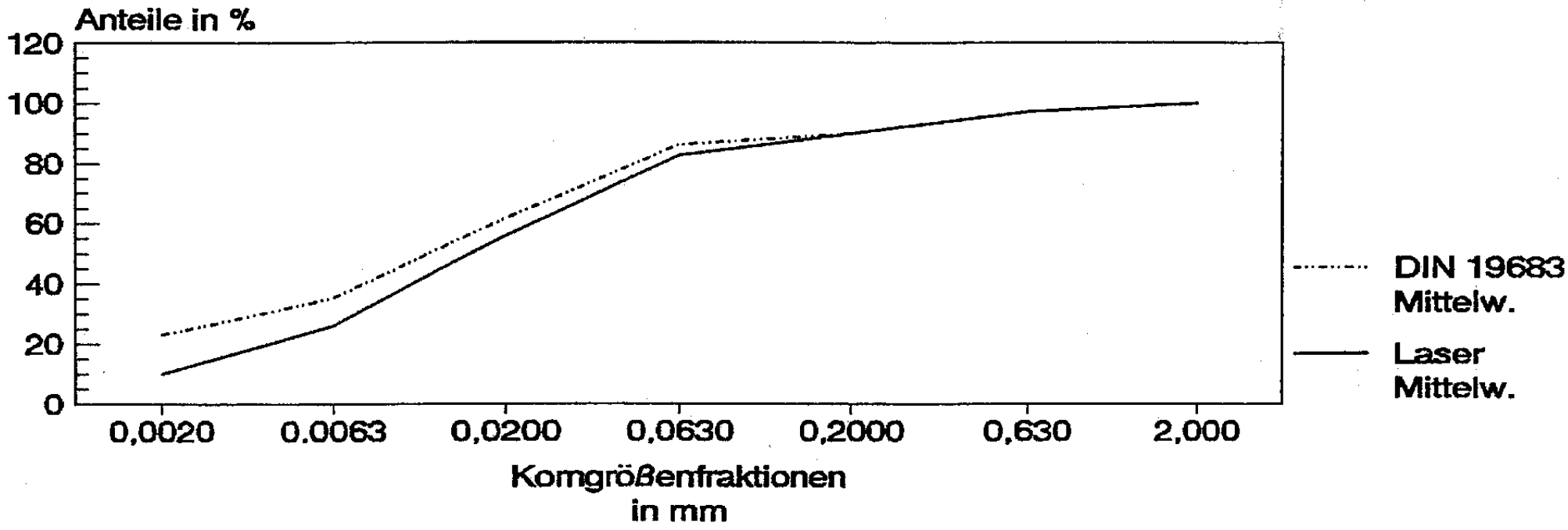


Graph-in-the-Box EXECUTIVE

A22LU1

Kornsummenkurven für schluffigen Lehm (Lu)

Vergleich der Analysen nach DIN 19683
Laser A 22 (bis < 0,2 mm) ohne Korrek.

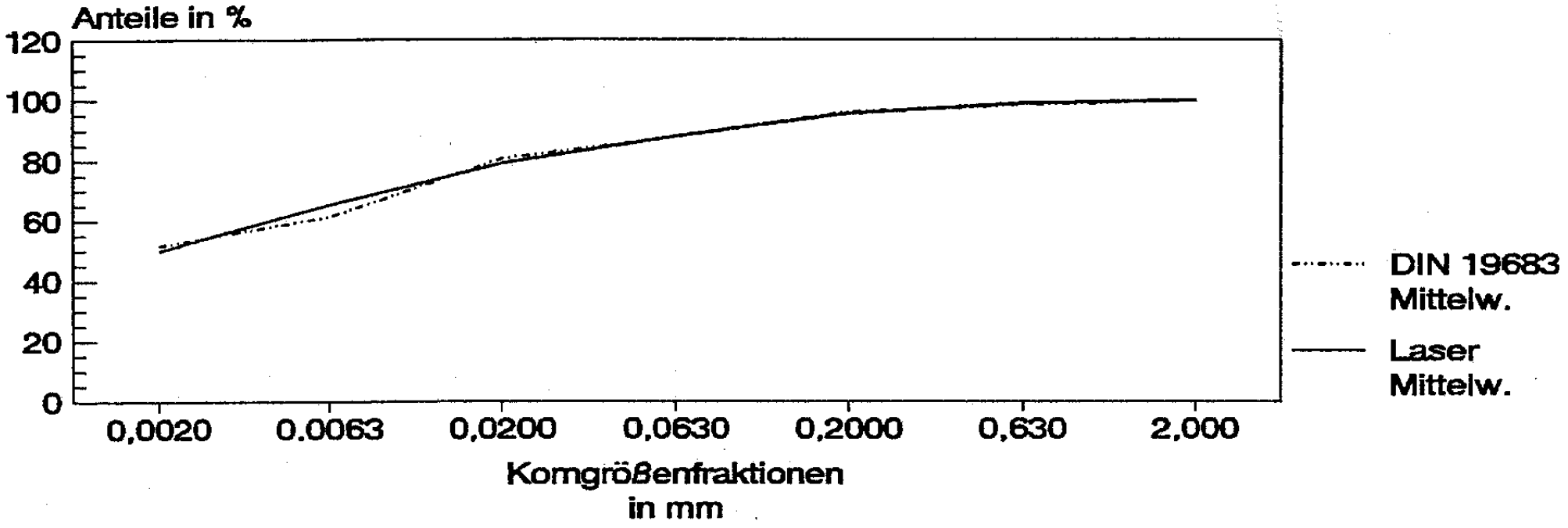


Graph-in-the-Box EXECUTIVE

A22LU0

Kornsummenkurven für schwach schluffigen Ton (Tu 2)

Vergleich der Analysen nach DIN 19683
Laser A 22 (ab < 0,2 mm) mit Korrektur

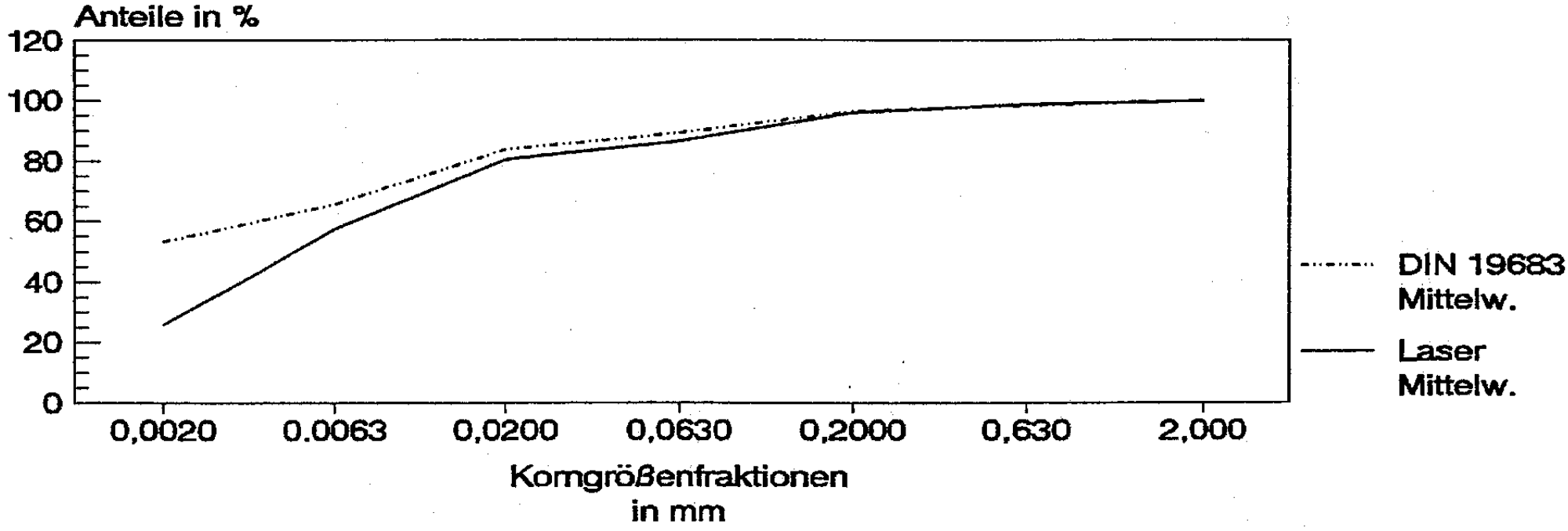


Graph-in-the-Box EXECUTIVE

A22TU2

Kornsummenkurven für schwach schluffigen Ton (Tu 2)

Vergleich der Analysen nach DIN 19683 mit Laser A 22 (bis < 0,2 mm) ohne Korr.



Graph-in-the-Box EXECUTIVE

A22TU2D_