

PRÜFUNG DES DIGITEL STAUBSAMMLERS  
DHA 80 MIT PM10-EINLAß NACH  
PREN 12341

Auftraggeber:  
**Digitel Elektronik AG**  
*alte Gasse 18*  
*CH-8604 Hegnau*

Prüfinstitut:  
**UMEG** - Gesellschaft für Umweltmessungen  
und Umwelterhebungen mbH  
*D-76185 Karlsruhe*

*Karlsruhe, April 1999*

Zusammenfassung ..... 3

1    Allgemeines..... 6

2    BewertungskriterienderPrüfungnachprEN12341[1] ..... 6

3    EingesetzteGeräte,MeßorteundVersuchsdurchführung ..... 11

4    Ergebnisse ..... 16

Literatur ..... 22

Anhang ..... 23

## Zusammenfassung

Die Prüfung des Digital Staubsammlers DHA80 mit PM10 Vorabscheider, hergestellt von der Firma Digital Elektronik AG CH-Hegnau, erfolgte durch die UMEG, Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen mbH, D-76185 Karlsruhe.

Die Typprüfung wurde im Zeitraum Januar 1997 bis Juli 1997 gemäß dem Entwurf der EN 12341 (1997 english version) durchgeführt und gemäß dem Schluß-Entwurf prEN 12341 (Dezember 1997 deutsche Fassung) ausgewertet. Auftraggeber war die Firma Digital Elektronik AG alte Gasse 18 CH-8604 Hegnau. Die gewählten Meßorte waren:

Karlsruhe-Nordwest	(Stadttrandlage),
Stuttgart-Hafen	(Industriegebiet),
Stuttgart-Mitte	(Zentrumslage),
Verkehrsmessstation Stuttgart	(Straßenmeßpunkt)
Stuttgart-Solitude	(Hintergrund eines Ballungsraumes).

Je Meßort standen für die Prüfung

zwei Kleinfiltergeräte mit Massenflußregelung und Derenda PM10-Einlaß	(Referenzgerät),
zwei Digital High-Volume Sampler DHA80 mit PM10-Einlaß	(Testgerät)
ein Digital High-Volume Sampler DHA80 mit Ringspalt-Einlaß	(Klassiergerät)

zur Verfügung. Bei allen verwendeten Meßgeräten wird die Schwebstaubkonzentration in der Probenluft gravimetrisch bestimmt.

Während der Prüfung wurden mit den Referenzgeräten Schwebstaubkonzentrationen der PM10-Fraktion im Bereich von  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bis zu  $228 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gemessen. Der Mittelwert der gemessenen PM10-Fraktion betrug  $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Der Anteil der PM10-Fraktion am Gesamtstaub betrug zwischen 41 % und nahezu 100 %. Somit wurden auch Extremsituationen erfaßt. Für die Auswertung gegenüber dem Referenzgerät 1 standen 326 Wertepaare zur Verfügung, für die Auswertung gegenüber dem Referenzgerät 2 standen 314 Wertepaare zur Verfügung.

Um die beiden Testgeräte miteinander zu vergleichen, soll gemäß der prEN12341 [1] das zweiseitige Vertrauensband um die Ausgleichsgerade berechnet werden. Für Konzentrationswerte  $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  darf der Vertrauensbereich den Wert  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nicht überschreiten, für Konzentrationswerte  $> 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  darf der Vertrauensbereich den Wert 0,05 nicht überschreiten. Ein Vergleich der Testgeräte miteinander liefert ein Ergebnis von  $2,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Konzentrationsbereich  $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und den Wert 0,00 im Konzentrationsbereich  $> 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Damit erfüllt das Testgerät die Anforderung, um mit dem Referenzgerät verglichen zu werden.

Als zusätzlicher Versuch wurden die Referenzgeräte miteinander verglichen. Ein Vergleich der Referenzgeräte miteinander liefert ein Ergebnis von  $4,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Konzentrationsbereich  $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und den Wert 0,01 im Konzentrationsbereich  $> 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Das zweiseitige Vertrauensband  $CI_{95}$  der Referenzgeräte ist somit breiter (d.h.: die Messung mit den Referenzgeräten ist weniger präzise als mit den Testgeräten).

Als nächster Schritt wurden die funktionalen Zusammenhänge  $y=f(x)$  zwischen den mit den Testgeräten (y) und den mit den Referenzgeräten ( $x_1$  und  $x_2$ ) gemessenen Konzentrationswerten in Form von Referenz-Äquivalenz-Funktionen ermittelt.

Diese Funktionen sind getrennt für das jeweilige Referenzgerät 1 und 2 in Kapitel 4, für alle 5 Meßorte zusammengefaßt, grafisch dargestellt. Die grafischen Darstellungen für jeden Meßort und jedes Referenzgerät sind im Anhang des vorliegenden Berichts eingebunden.

In den Abbildungen ist der in der prEN12341 [1] geforderte Akzeptanzbereich eingezeichnet, in dem die Ausgleichsgerade liegen muß, außerdem sind alle wichtigen statistischen Kenngrößen dargestellt.

In der Tabelle 1 sind die Steigungen der Regressionsgeraden und die Variationskoeffizienten  $R^2$  der Testgeräte gegenüber den Referenzgeräten 1 und 2 je Meßort zusammengefaßt.



**Tabelle 1:** Steigungen und Variationskoeffizienten der Regressionsgeraden zwischen den Testgeräten und den Referenzgeräten 1 und 2

Meßort	Referenzgerät 1		Referenzgerät 2	
	s	R <sup>2</sup>	s	R <sup>2</sup>
Karlsruhe-Nordwest	0,99	0,97	1,00	0,96
Stuttgart-Mitte	1,04	0,98	1,00	0,98
Verkehrsmeßstation Stuttgart	1,04	0,95	1,04	0,96
Stuttgart-Hafen	1,10	0,98	1,00	0,97
Stuttgart-Solitude	0,96	0,94	0,93	0,94
alle Meßorte	1,03	0,97	1,01	0,97

Wie aus Tabelle 1 zu erkennen ist, ergeben die linearen Regressionen der an den fünf Standorten ermittelten Meßergebnisse der zu prüfenden Digital High Volume-Sampler DHA80 mit dem jeweiligen Kleinfiltergerät als Referenzgerät Steigungen der Regressionsgeraden von 0,93 bis zu 1,10. Werden alle Meßorte zusammengefaßt, ergibt sich eine Steigung von 1,03 gegenüber dem jeweiligen Referenzgerät 1 und eine Steigung von 1,01 gegenüber dem jeweiligen Referenzgerät 2. Die Ausgleichsgeraden liegen somit innerhalb des geforderten zweiseitigen Vertrauensbandes.

Der Wert des Variationskoeffizienten liegt separat betrachtet zwischen 0,94 und 1,00. Am Meßort 'Stuttgart-Solitude' wäre er somit geringer als der geforderte Variationskoeffizient von 0,95. Dies liegt möglicherweise an spezifischen örtlichen Gegebenheiten. Die prEN12341 [1] schreibt jedoch ausdrücklich vor, alle Daten in einem Datensatz zusammenzufassen. Für alle Stationen zusammengefaßt liegt der Variationskoeffizient für beide Referenz-Äquivalenzfunktionen bei 0,97 und ist damit größer als der geforderte Variationskoeffizient von 0,95.

Der Digital High-Volume Sampler mit PM10 Vorabscheider erfüllt somit die Forderungen der prEN12341 [1] sowohl hinsichtlich der Vergleichbarkeit zweier Testgeräte miteinander als auch hinsichtlich der Vergleichbarkeit mit einem Referenzverfahren. Er kann somit als Äquivalenzsampler eingesetzt werden.

## 1 Allgemeines

Die Prüfung des Digital Staubsammlers DHA80 mit PM10-Einlaß, hergestellt von der Firma Digital Elektronik AG CH-Hegnau, erfolgte durch die UMEG, Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen mbH, D-76185 Karlsruhe.

Die Typprüfung wurde im Zeitraum Januar 1997 bis Juli 1997 gemäß dem Entwurf der EN 12341 (1997 english version) durchgeführt und gemäß dem Schluß-Entwurf prEN 12341 (Dezember 1997 deutsche Fassung) ausgewertet. Auftraggeber war die Firma Digital Elektronik AG alte Gasse 18 CH-8604 Hegnau.

## 2 Bewertungskriterien der Prüfung nach prEN 12341 [1]

Zum Test auf Gleichwertigkeit der Staubmessungen mit verschiedenen Sammelsystemen wurden die Bewertungskriterien der prEN 12341 [1] herangezogen.

Dieser Normenentwurf beschreibt ein Verfahren zur Überprüfung der Gleichwertigkeit von Sammelsystemen der Staubfraktion nach der PM10-Konvention mit einem Referenzsammler im Feldtest.

Zur Überprüfung der Gleichwertigkeit von Testgeräten und Referenzgeräten werden zwei Testverfahren durchgeführt:

**A: Vergleichbarkeit der Testgeräte untereinander**

aus der Unsicherheit der Staubmessungen zwischen Doppelbestimmungen der Testgeräte.

**B: Vergleichbarkeit von Testgerät und Referenzgerät**

aus der Referenz-Äquivalenz-Funktion, welche die Beziehung der ermittelten Massenkonzentrationen von Testgerät und Referenzgerät ausdrückt.

## A: Test auf Vergleichbarkeit der Testgeräte untereinander

Zum Test auf Vergleichbarkeit werden die Differenzen  $D_i$  zwischen den Konzentrationswerten  $Y_{i,1}$  und  $Y_{i,2}$  statistisch geprüft. Im Idealfall liefern die Testgeräte gleiche Konzentrationswerte, wodurch  $D_i = Y_{i,1} - Y_{i,2} = 0$  ist.

### Vorschrift für die Durchführung des Testverfahrens:

(Aa) Vergleichbarkeit der Testgeräte für Durchschnittskonzentrationen  $Y_i < 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$

- berechnen der Durchschnittskonzentration  $Y_i$  der  $i$ -ten Parallelmessung
- wählen aller Durchschnittskonzentrationen  $Y_i < 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- wählen der Anzahl der Konzentrationspaare  $n_{<100}$  für  $Y_i < 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- berechnen der Differenzen  $D_i = Y_{i,1} - Y_{i,2}$
- berechnen der absoluten Standardabweichung  $s_a$  nach:

$$s_a = \sqrt{\frac{D_i^2}{2n_{<100\mu\text{g}/\text{m}^3}}}$$

- wählen des zugehörigen Studentfaktors  $t_{n_{<100\mu\text{g}/\text{m}^3};0,975}$ , definiert als das 0,975 Quantil des zweiseitigen Konfidenzintervalls der Student t Verteilung mit  $(n_{<100} - 2)$  Freiheitsgraden
- berechnen des zweiseitige Konfidenzintervalls  $CI_{95}$  für die Durchschnittswerte  $Y_i \leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gemäß

$$CI_{95} = s_a * t_{n_{<100\mu\text{g}/\text{m}^3};0,975}$$

Die Testgeräte erfüllen die Anforderung nach Vergleichbarkeit für  $Y_i \leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wenn gilt:

$$CI_{95} \leq 5 \mu\text{g}/\text{m}^3.$$

(Ab) Vergleichbarkeit der Testgeräte für Durchschnittskonzentrationen  $Y_i > 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$

- wählen aller Durchschnittskonzentrationen  $Y_i > 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- wählen der Anzahl der Konzentrationspaare  $n_{>100}$  für  $Y_i > 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- berechnen der Differenzen  $D_i = Y_{i,1} - Y_{i,2}$
- berechnen der relativen Standardabweichung  $s_r$  nach:

$$s_r = \sqrt{\sum \left(\frac{D_i}{Y_i}\right)^2 \cdot \frac{1}{2n_{>100\mu\text{g}/\text{m}^3}}}$$

- wählen des zugehörigen Studentfaktors  $t_{n_{>100};0,975}$ , definiert als das 0,975 Quantil des zweiseitigen Konfidenzintervalls der Student t Verteilung mit  $(n_{>100} - 2)$  Freiheitsgraden
- berechnen des zweiseitigen Konfidenzintervalls  $CI_{95}$  für die Durchschnittswerte

$$Y_i > 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

nach:

$$CI_{95} = s_r * t_{n_{>100\mu\text{g}/\text{m}^3};0,975}$$

Die Testgeräte erfüllen die Anforderung nach Vergleichbarkeit für  $Y_i > 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wenn gilt:

$$CI_{95} \leq 0,05 \text{ (} \leq 5 \text{ \%)}$$

Wenn die Testgeräte die Anforderungen nicht erfüllen, werden sie aus dem Äquivalenztest entfernt.

## B: Test auf Vergleichbarkeit von Testgerät und Referenzgerät

Der Test untersucht die Beziehung zwischen den mit dem Testgerät und Referenzgerät aus Parallelmessungen ermittelten Staubkonzentrationen. Im Idealfall ermittelt das Testgerät die gleiche Staubfraktion wie das Referenzgerät, so daß gilt:  $y = x$ .

### Vorschrift für die Durchführung des Testverfahrens:

- berechnen der Funktion  $y = f(x)$  zwischen Testgeräte  $y$ - und Referenzgeräte  $x$ -Konzentrationen durch lineare Regressionsanalyse.
- berechnen des zweiseitigen Vertrauensbandes (**CI-Schranke**),  
 $y = x \pm 10 \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)}$  für Konzentrationen  $x \leq 100 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ ,  
 die vom Referenzsammler erhalten wurden  
 $y = 0,9 \text{ bzw. } 1,1 * x \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)}$  für Konzentrationen  $x > 100 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ ,  
 die vom Referenzsammler erhalten wurden.

### Erstellen einer Grafik mit

- der Geraden der Sollfunktion mit  $y = x$
- dem zweiseitigen Vertrauensband (**CI-Schranke**)
- den gemessenen Datenpaaren  $\{X_i, Y_{i,1}\}$  und  $\{X_i, Y_{i,2}\}$
- der berechneten Referenz-Äquivalenzfunktion  $y = f(x)$ .

Das Testgerät erfüllt die Anforderungen als Äquivalenzgerät, wenn

- der Varianzkoeffizient  $R^2 \geq 0,95$  über dem relevanten Konzentrationsbereich ist und
- die berechnete Referenz-Äquivalenzgerade innerhalb des zweiseitigen Vertrauensbands (**CI-Schranke**) über dem relevanten Konzentrationsbereich liegt.

Die Referenz-Äquivalenz-Funktion  $y = f(x)$  wurde jeweils mittels linearer Regressionsrechnung mit Nulldurchgang ermittelt.

Zur Ermittlung der Funktion  $y = f(x)$  wurden die Meßwertpaare zuvor einem Ausreißertest unterzogen.

### Ausreißertest:

Es wurde zunächst aus allen Wertepaaren die Referenz-Äquivalenz-Funktion  $y = f(x)$  mit der Reststandardabweichung  $s_{y,A1}$  berechnet.

Die Reststandardabweichung  $s_{y,A1}$  wird ermittelt gemäß

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i - Y_{F,i})^2}{n - 2}}$$

mit:

$n$  Anzahl der Wertepaare

$y_i$  Konzentration der  $i$ -ten Messung [ $\mu\text{g/m}^3$ ]

$Y_{F,i}$  über die Funktion  $y = f(x)$  ermittelte Konzentration [ $\mu\text{g/m}^3$ ]

Die Vorauswahl potentieller Ausreißer erfolgt rechnerisch durch Ermittlung der Residuen

$(y_i - Y_{F,i})$ . Potentieller Ausreißer ist jedes Wertepaar mit auffällig großem Residuum. Die Wertepaare werden absteigend nach der Größe der Residuen sortiert. Nach Eliminierung des ersten Wertepaars aus dem Datenkollektiv wird eine neue Funktion  $y = f(x)$  mit der Reststreuung  $s_{y,A2}$  berechnet.

Die Prüfung erfolgt nun mittels F-Test.

### F-Test:

Die Reststreuungen  $s_{y,A1}$  und  $s_{y,A2}$  der beiden Geraden werden auf signifikante Unterschiede überprüft. Der Prüfwert

$$PW = \frac{(n_{A1} - 2) \cdot s_{yA1}^2 - (n_{A2} - 2) \cdot s_{yA2}^2}{s_{yA2}^2}$$

wird mit dem Tabellenwert  $F(f_1=1, f_2 = n_{A2} - 2, P=95\%)$  verglichen. Bei  $PW > F$  liegt ein Ausreißer vor

und das Wertepaar wird aus dem Datenkollektiv entfernt. Der Test wird für alle Wertepaare durchgeführt.

**Testverfahren:**

Mit zwei Testgeräten werden Doppelbestimmungen durchgeführt und die Reproduzierbarkeit  $R_D$  anschließend berechnet nach:

$$R_D = \sqrt{\frac{\bar{y}}{s_a \cdot t_{n-1,0,95}}}$$

mit:

$\bar{y}$  Klassenmittelwert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

$s_a$  Standardabweichung aus Doppelbestimmungen [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

$$s_a = \sqrt{\frac{D_i^2}{2n}}$$

$D_i$  Differenz der Konzentationen  $Y_{i,1}$  und  $Y_{i,2}$  des jeweiligen Wertepaares

$n$  Anzahl der Meßwertpaare

$t_{n-1; 0,95}$  Studentfaktor für  $P = 95 \%$ .

### 3 Eingesetzte Geräte, Meßorte und Versuchsdurchführung

Die meßtechnische Bestimmung der Schwebstaubkonzentration erfolgte in Form von Tagesmittelwerten (0.00 Uhr bis 24.00 Uhr) nach der gravimetrischen Methode. Dieses Meßverfahren wird im allgemeinen bei Schwebstaubmessungen in der Luftreinhaltung eingesetzt und ist in der VDI-Richtlinienreihe 2463 beschrieben. Prinzipiell besteht dieses Verfahren zum einen aus der Probenahme vor Ort und zum anderen aus der Bestimmung der gesammelten Schwebstaubmasse im Labor. Für die Vergleichsmessungen nach prEN12341 [1] wurden je Meßort folgende Geräte eingesetzt:

- 2 Kleinfiltergeräte mit MFC-Volumenstromregelung mit Derenda PM10-Einlaß, Probenahmestrom: 2,3 m<sup>3</sup>/h (als Referenzgerät)
- 2 Automatische Staubprobensammler DIGITEL Typ DHA-80 mit 10 µm-Einlaß, Probenahmestrom: 30 m<sup>3</sup>/h (als Testgerät)
- 1 Automatischer Staubprobensammler DIGITEL Typ DHA-80 mit Ringspalteinlaß, Probenahmestrom: 30 m<sup>3</sup>/h (als Klassiergerät (Ausnahme Meßort Stuttgart Solitude))

In Abbildung 3.1 ist der prinzipielle Aufbau eines bei der UMEG verwendeten Kleinfiltergerätes (Referenzgerät) und in Abbildung 3.2 der prinzipielle Aufbau eines Digital High-Volume Samplers DHA-80 (Testgerät) dargestellt. Abbildung 3.3 zeigt das Testgerät als Fotografie (die Bedienungsanleitung des Testgerätes ist im Anhang des vorliegenden Berichts eingebunden).

Das Klassiergerät entspricht im Aufbau dem Testgerät, außer dem Einlaß, der beim Klassiergerät ein Ringspalteinlaß nach VDI 2463 Bl.11 [2] ist.

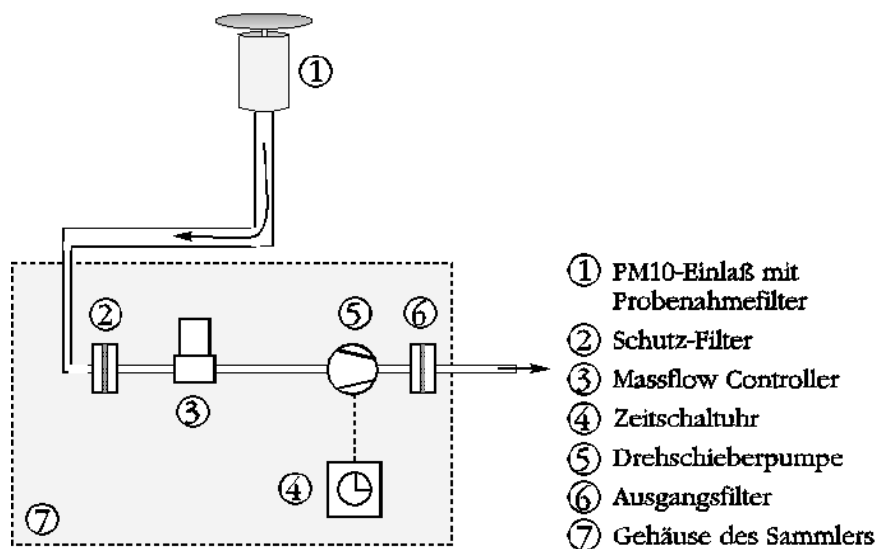
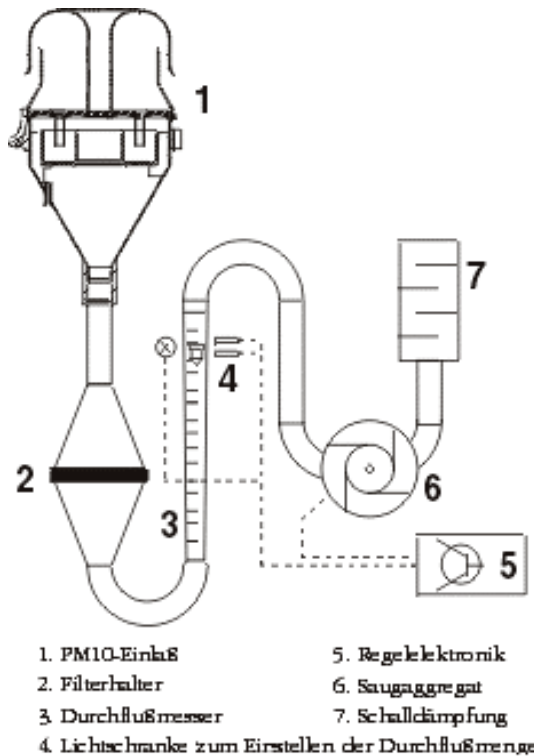


Abbildung 3.1: Aufbau des Kleinfiltergerätes mit PM10-Einlaß (Referenzgerät)



**Abbildung 3.2:** Funktionsschema des Digital High-Volume Samplers DHA80

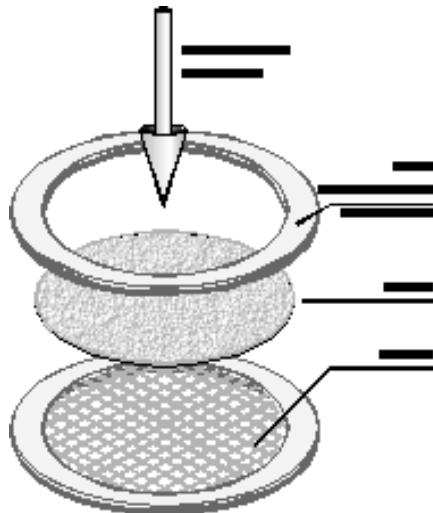
**Abbildung 3.3:** Digital High-Volume Sampler mit abgenommener Turbinenverkleidung

Die Geräte wurden auf den jeweiligen angegebenen Volumenstrom hin überprüft bzw. eingestellt und im Zeitraum Januar - Juli 1997 an den Meßstationen (siehe Tabelle 1) aufgestellt. Am Meßort 'Stuttgart-Solitude' wurde auf Grund der geringen verfügbaren Anschlußleistung kein Klassiergerät aufgestellt.

Als Filtermaterial kamen bei den Messungen von Schwebstaub Glasfaserfilter (Macherey & Nagel 85/70BF) zum Einsatz. Die Bestimmung der auf dem Filter gesammelten Schwebstaubmasse erfolgt im Labor durch Differenzwägung. Vor der Beprobung wird das Leergewicht des mindestens 48 Stunden bei 21 °C und 55 %rF äquilibrierten Filters mittels einer Analysenwaage (Mettler AE 240) bestimmt. Nach der Probenahme wird das Filter erneut mindestens 48 Stunden äquilibriert und mit der selben Waage das Gesamtgewicht des Filters mit Schwebstaub bestimmt. Durch Differenzbildung wird die auf dem Filter abgeschiedene Schwebstaubmasse ermittelt. Aus der Kenntnis der Masse und des über das Filter geleiteten Volumens läßt sich somit die Schwebstaubkonzentration, z. B. in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , angeben.

Für die Durchführung von Schwebstaubmessungen in der Praxis ist von großer Wichtigkeit, daß die Filter während des Transports sicher verwahrt werden. Weder beim Einlegen oder Herausnehmen des Filters in die bzw. aus der Probenahme-Einrichtung noch beim Transport dürfen sich Fasern vom Filter lösen. Auch darf ein Filter auf keinen Fall direkt berührt werden.

Bei der UMEG wurden zu diesem Zweck spezielle Filterrähmchen für das verwendete Kleinfiltergerät entwickelt, in die die Filter schon bei der Vorbereitung im Labor eingelegt werden. Die Filterrähmchen bestehen aus einem Kunststoff-Gitter mit Rand, auf das das Filter gelegt und fixiert wird (Abbildung 3.4).



**Abbildung 3.4:** Kunststoffiterrahmen für Filter mit einem Durchmesser von 47 mm

Der Digital High Volume-Sampler DHA 80 ist bereits mit ähnlichen Filterrahmen aus Metall ausgestattet, die auch zum automatischen Probenwechsel verwendet werden. Der Filterdurchmesser der High-Volume Filter beträgt 150 mm.

### Meßorte

In Tabelle 2 sind die an den fünf Meßorten eingesetzten Geräte aufgelistet.

**Tabelle 2:** Verteilung der eingesetzten Geräte auf die fünf Meßorte

Meßort (Lage)	Referenzgerät		Testgerät		Klassiergerät
	Derenda 1	Derenda 2	Digitel 1	Digitel 2	Digitel 3
Karlsruhe-Nordwest (Stadtrandlage)	S/N: 520 Bj.: 7/95	S/N: 521 Bj.: 7/95	S/N: 183 Bj.: 04/90	S/N: 184 Bj.: 04/90	S/N: 325 Bj.: 04/92
Stuttgart-Hafen (Industriegebiet)	S/N: 50.1-12 Bj.: 8/95	S/N: 50.1-18 Bj.: 8/95	S/N: 181 Bj.: 04/90	S/N: 298 Bj.: 6/96	S/N: 286 Bj.: 09/94
Stuttgart-Mitte (Zentrumslage)	S/N: 50.1-13 Bj.: 8/95	S/N: 50.1-2 Bj.: 8/95	S/N: 130 Bj.: 11/87	S/N: 131 Bj.: 11/87	S/N: 250 Bj.: 08/92
Verkehrsmeßstation Stuttgart (Straßenmeßpunkt)	S/N: 50.1-10 Bj.: 8/95	S/N: 50.1-1 Bj.: 7/95	S/N: 118 Bj.: 11/87	S/N: 119 Bj.: 11/87	S/N: 260 Bj.: 07/93
Stuttgart-Solitude (Hintergrund)	S/N: 50.1-3 Bj.: 8/95	S/N: 50.1-5 Bj.: 8/95	S/N: 186 Bj.: 04/90	S/N: 354 Bj.: 03/93	kein Klassiergerät

Ballungsraum)			
---------------	--	--	--

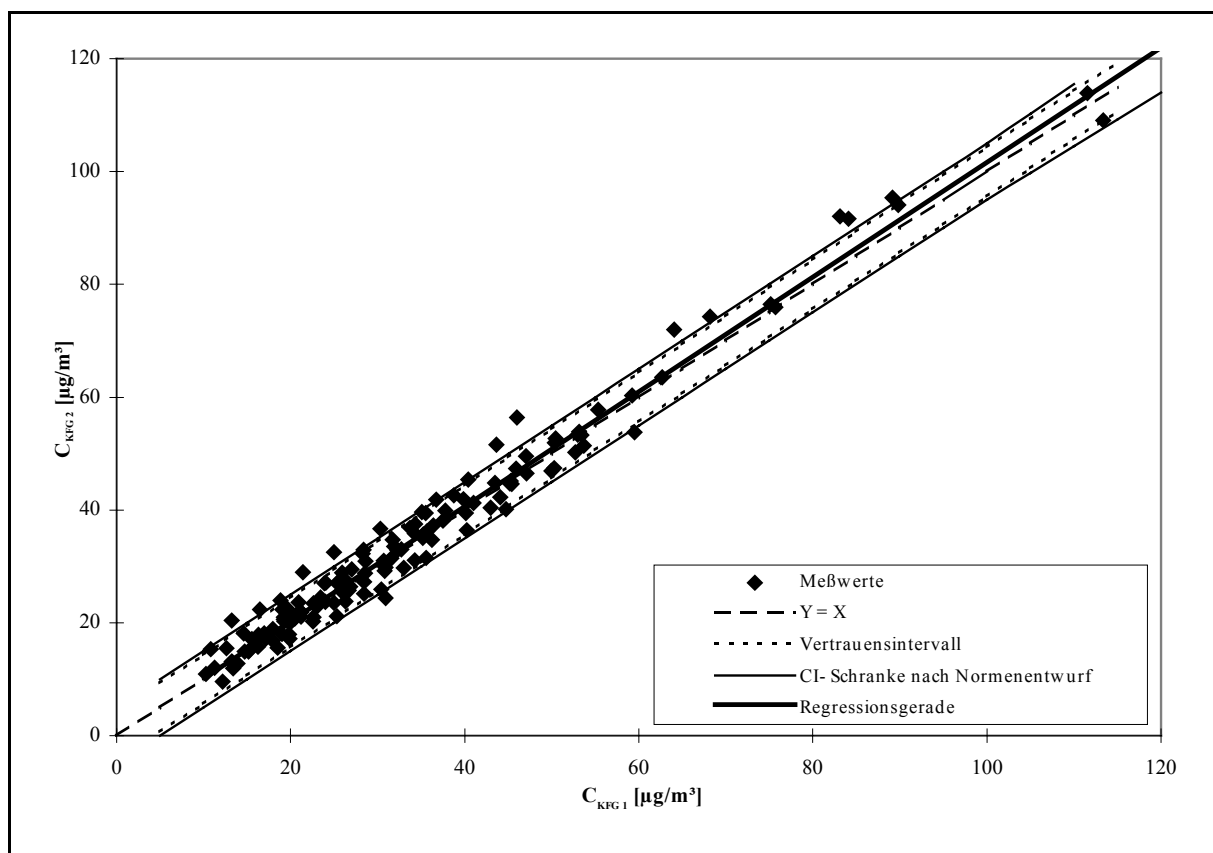
Tabelle 3 zeigt charakteristische Merkmale der Meßorte während der Versuchstage. Für die Stuttgarter Meßorte 'Stuttgart Solitude', 'Stuttgart-Mitte' und 'Verkehrsmeßstation Stuttgart' wurden die meteorologischen Daten der nahegelegenen Stuttgarter Station: Stuttgart Bad Cannstadt verwendet. Ebenso wurde bei der Station 'Stuttgart-Hafen' für Temperatur und Feuchte verfahren. Für den Meßort 'Karlsruhe-Nordwest' wurden die Daten der nahegelegenen Station Karlsruhe West verwendet. Für eine kontinuierliche Umgebungsdruckmessung stand für alle Stationen als nahegelegenster Meßpunkt die Station Mosbach zur Verfügung.

*Tabelle 3: Charakteristische Merkmale der fünf Meßorte während der Versuchstage*

		PM10	PM10/TSP	V <sub>wind</sub>	t <sub>amb</sub>	rel. Feuchte	Niederschlags- summe
		[µg/ m <sup>3</sup> ]	[%]	[m/ s]	[°C]	[%rF]	[mm] (gesamt)
<b>Karlsruhe Nordwest</b>	min	17	43	0,7	-6,9	30,7	41,5
	max	228	96	5,8	24,2	83,5	
	mittl.	43	76	2,4	11,5	55,2	
<b>Stuttgart Hafen</b>	min	13	44	0,9	-3,2	36,6	35,6
	max	121	97	5,4	23,2	93	
	mittl.	33	77	2,3	10,2	62,1	
<b>Stuttgart Mitte</b>	min	12	41	0,9	-3,2	36,6	37,5
	max	139	100	4,4	23,2	93	
	mittl.	36	68	1,9	10,2	62,1	
<b>Verkehrsmeßstation Stuttgart Mitte</b>	min	27	46	0,9	-3,2	36,6	37,5
	max	132	93	4,4	23,2	93	
	mittl.	57	62	1,9	10,2	62,1	
<b>Stuttgart Solitude</b>	min	10		0,9	-3,2	36,6	37,5
	max	92		4,4	23,2	93	
	mittl.	27		1,9	10,2	62,1	
<b>alle Stationen</b>	min	10	41	1	-7	31	
	max	228	100	6	24	93	
	mittl.	39	71	2	10	61	

## 4 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Prüfung sind in den Abbildungen 4.1 bis 4.6 dargestellt. Sie zeigen jeweils den Vergleich zwischen den angegebenen Geräten. Bei Parallelmessungen mit gleichen Sammelsystemen und Parallelmessungen mit Testgeräten und Referenzgerät ist jeweils die Idealfunktion  $y=x$ , die ermittelte Regressionsgerade  $y = f(x)$  mit Nulldurchgang, das berechnete Vertrauensintervall  $CI_{95}$  und die CI-Schranke nach Normenentwurf eingetragen. Außerdem ist der Variationskoeffizient  $R^2$  der Regressionsgeraden dargestellt. Nachdem zwei Referenzgeräte parallel betrieben wurden, konnte deren Übereinstimmung nach dem Testgeräte-Kriterium der prEN 12341 [1] überprüft werden, bevor sie als Referenzgerät herangezogen wurden. Das Ergebnis dieser Prüfung ist in Abbildung 4.1 dargestellt.



**Abbildung 4.1:** Vergleich zwischen den Kleinfiltergeräten KFG (1+2) mit PM 10 Vorabscheider (alle Meßorte Zeitraum 15.01.97 bis 06.07.97)

**Regression**

$$C_{GS050\ 2} = 1.02 * C_{GS050\ 1}$$

$$R^2 = 0.99$$

$$CI_{95<100} = 4.4$$

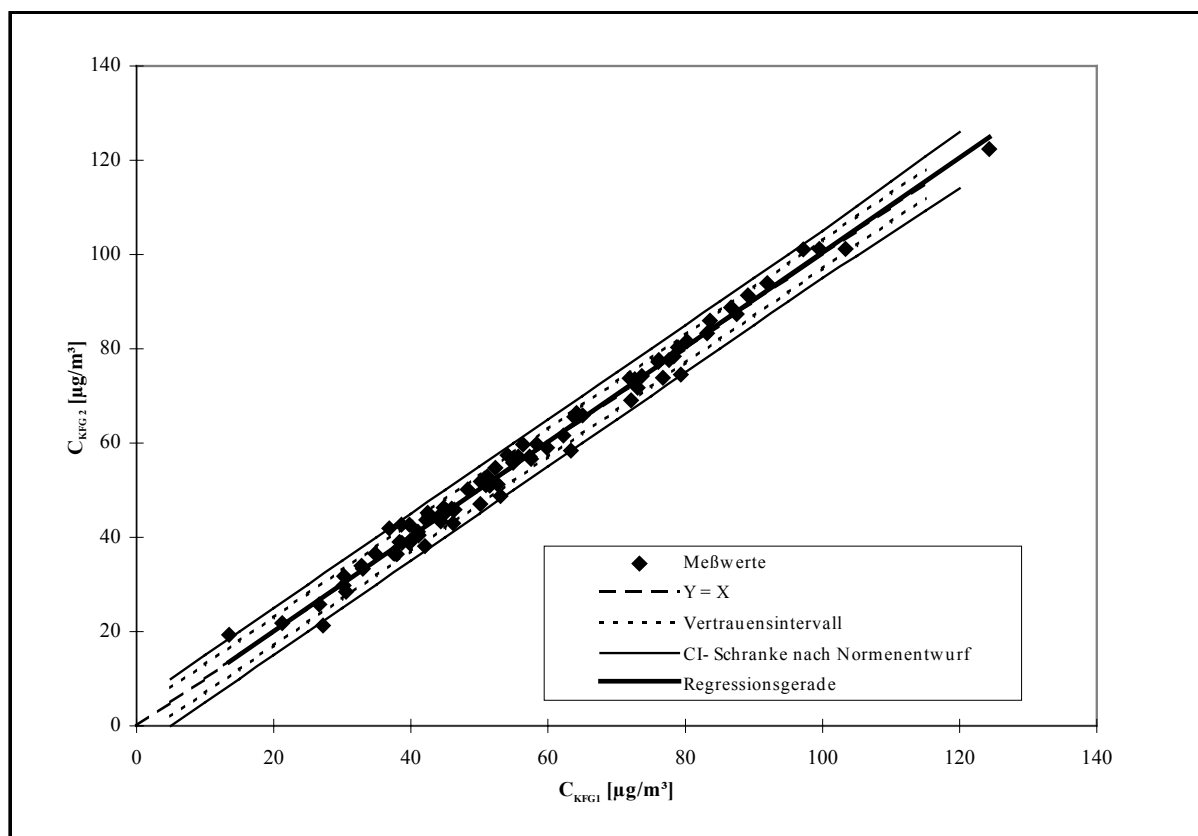
$$CI_{95>100} = 0.01$$

$$n_{\text{gesamt}} = 150$$

$$n_{\text{Ausreißer}} = 8$$

Wie in Abbildung 4.1 zu erkennen ist, liegt das Vertrauensintervall (CI berechnet) gerade noch innerhalb der in der prEN 12341 [1] geforderten Schranke. Die Ergebnisse entsprechen in etwa denen, die im

Zeitraum Oktober 1995 bis Februar 1996 an der Meßstation 'Karlsruhe-Nordwest' mit einem nicht modifizierten Gerät mit der originalen Flügelradanemometer-Volumenstromregelung gewonnen wurden. Diese Ergebnisse sind in der Abbildung 4.2 dargestellt. Nach prEN 12341 [1] würde das Kleinfiltergerät mit PM10-Einlaß für Gleichwertigkeitsuntersuchungen mit einem Referenzgerät zur Verfügung stehen. Hier wurde es jedoch als Referenzgerät gewählt, da der montierte PM10-Einlaß demjenigen entspricht, der in der prEN 12341 [1] als Einlaß für Low-Volume Sampler beschrieben ist.



**Abbildung 4.2:** Vergleich zwischen zwei Kleinfiltergeräten KFG mit PM 10 Vorabscheider (Meßort Karlsruhe Nordwest, Zeitraum 10.10.1995 bis 27.02.1996)

**Regression**

$$C_{GS0502} = 1.004 \cdot C_{GS0501}$$

$$R^2 = 0.989$$

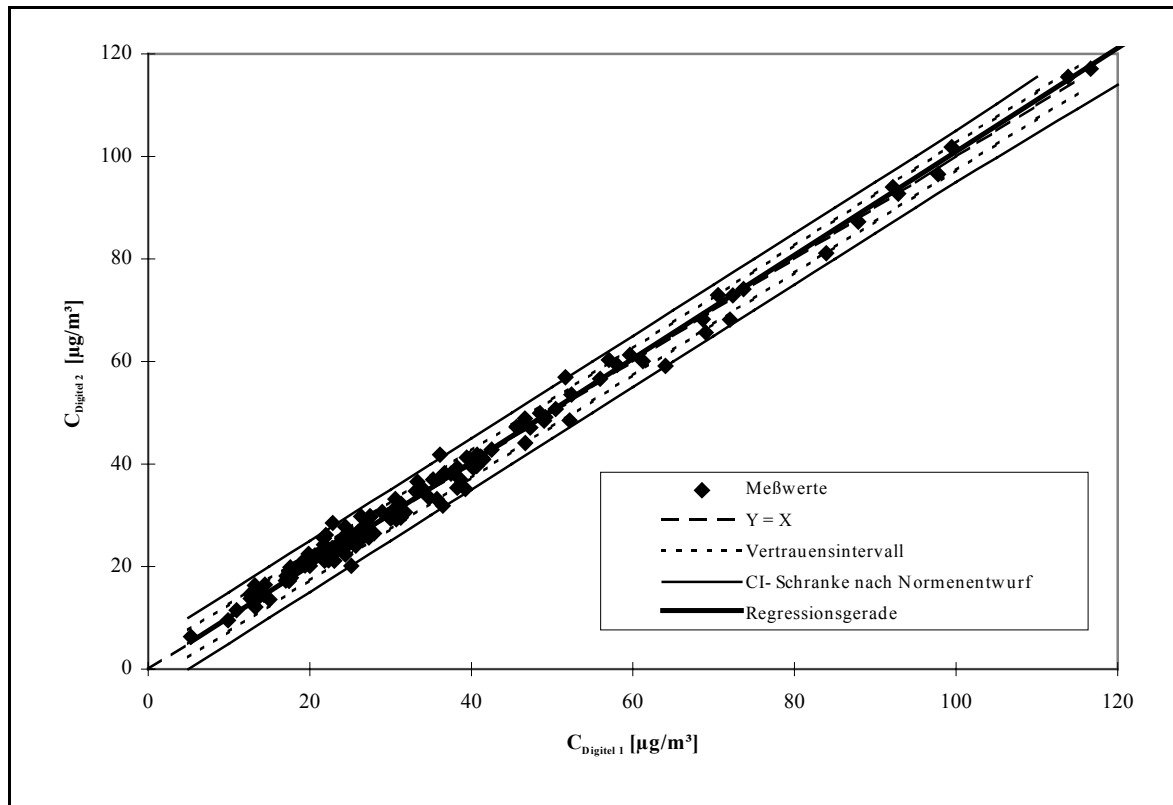
$$CI_{95<100} = 3.0$$

$$CI_{95>100} = 0.004$$

$$n_{\text{gesamt}} = 88$$

$$n_{\text{Ausreißer}} = 6$$

Als nächster Schritt wurde die Testgeräte Prüfung für den Digital High - Volume Sampler mit PM10-Einlaß durchgeführt. Das Ergebnis ist in Abbildung 4.3 dargestellt.



**Abbildung 4.3:** Vergleich zwischen zwei Digital HighVolume-Samplern mit PM 10 Vorabscheidern an allen Meßorten (Zeitraum 15.01.97 bis 06.07.97)

**Regression**

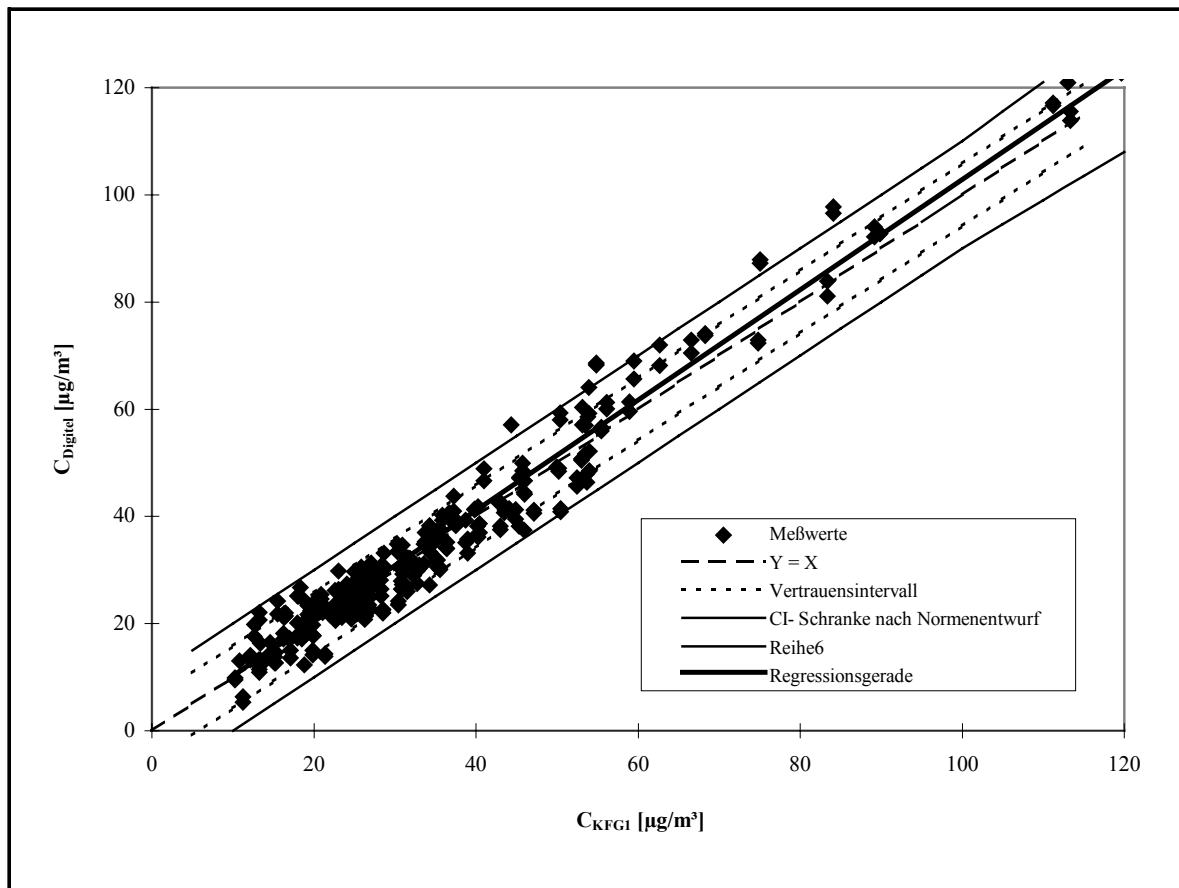
$$C_{\text{Digitel 2}} = 1,01 * C_{\text{Digitel 1}}$$

$$R^2 = 1,00$$

$CI_{95 < 100} =$	2,7
$CI_{95 > 100} =$	0,00
$n_{\text{gesamt}} =$	150
$n_{\text{Ausreißer}} =$	10

Wie in Abbildung 4.3 zu erkennen ist, liegt das Vertrauensintervall (CI berechnet) deutlich innerhalb der in der prEN 12341 geforderten Schranke (das berechnete Konfidenzintervall ist hier deutlich kleiner als beim Referenzsammler (vgl. Abbildung 4.1). Nach prEN 12341 [1] erfüllt der Digital High-Volume Sampler mit PM10-Einlaß die Forderung für Gleichwertigkeitsuntersuchungen mit einem Referenzgerät. Während des gesamten Meßzeitraumes wurden je Meßort sowohl zwei Referenzgeräte als auch zwei Testgeräte betrieben. Daher konnte die Auswertung nach prEN 12341 [1], die nur ein Referenzgerät, jedoch zwei candidate Geräte vorsieht sowohl auf das Referenzgerät 1 als auch auf das Referenzgerät 2 bezogen werden.

Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 4.3 (für Referenzgerät 1) und 4.4 (für Referenzgerät 2) dargestellt.

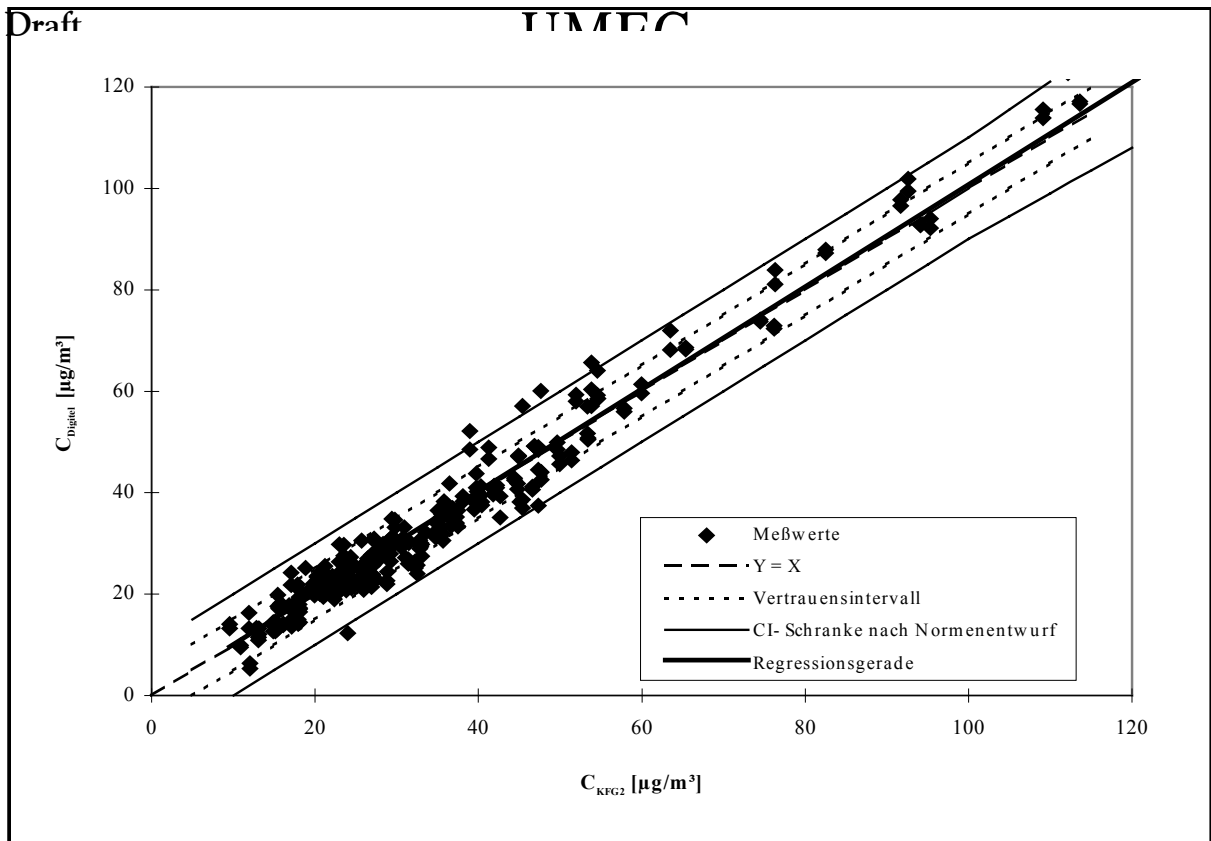


**Abbildung 4.4:** Vergleich zwischen den Digital HighVolume-Sampler mit PM 10 Vorabscheidern und dem Kleinfiltergerät KFG (1) an allen Meßorten (Zeitraum 15.01.1997 bis 06.07.1997)

<b>Regression</b>		<b>CI<sub>95&lt;100</sub></b> =	5.8
$C_{\text{Digital}} =$	$1.03 * C_{\text{GS 050}}$	<b>CI<sub>95&gt;100</sub></b> =	0.01
$R^2 =$	0.97	<b>n<sub>gesamt</sub></b> =	326
		<b>n<sub>Ausreißer</sub></b> =	20

Wie in Abbildung 4.4 zu erkennen ist, liegt die berechnete Referenz-Äquivalenzgerade im relevanten Konzentrationsbereich deutlich innerhalb des zweiseitigen Vertrauensbands (CI-Schranke). Der Variationskoeffizient  $R^2$  ist mit 0,97 höher als der geforderte Variationskoeffizient ( $R^2_{\text{gefordert}} = 0,95$ ). Somit erfüllt der Digital High-Volume Sampler mit PM10-Einlaß die Forderungen der prEN 12341 als Äquivalenzsampler zu Referenzsampler Nr.1.

Abbildung 4.5 zeigt den Vergleich mit Referenzsampler Nr.2



**Abbildung 4.5:** Vergleich zwischen den Digital HighVolume-Sampler mit PM 10 Vorabscheidern und dem Kleinfiltergerät KFG (2) an allen Meßorten (Zeitraum 15.01.1997 bis 06.07.1997)

**Regression**

$$C_{\text{Digital}} = 1.01 * C_{\text{GS 050}}$$

$$R^2 = 0.97$$

$CI_{95 < 100} =$	5.0
$CI_{95 > 100} =$	0.01
$n_{\text{gesamt}} =$	314
$n_{\text{Ausreißer}} =$	20

Wie in der Abbildung 4.5 zu erkennen ist, liegt die berechnete Referenz-Äquivalenzgerade im relevanten Konzentrationsbereich auch hier deutlich innerhalb des zweiseitigen Vertrauensbands (CI-Schranke). Auch ist der Variationskoeffizient  $R^2$  mit 0,97 wieder höher als der geforderte Variationskoeffizient ( $R^2_{\text{gefordert}} = 0,95$ ). Somit erfüllt der Digital High-Volume Sampler mit PM10-Einlaß auch gegenüber Referenzsammler 2 die Forderungen der prEN 12341 [1].

Im Anhang auf den Abbildungen A1 bis A10 befinden sich die Einzelauswertungen je Meßort jeweils für Referenzgerät 1 und Referenzgerät 2. Die wichtigsten statistischen Kenngrößen dieser Auswertungen sind in Tabelle 4 dargestellt.

**Tabelle 4:** Steigungen und Variationskoeffizienten der Regressionsgeraden zwischen den Testgeräten und den Referenzgeräten 1 und 2

Meßort	Referenzgerät 1		Referenzgerät 2	
	s	R <sup>2</sup>	s	R <sup>2</sup>
Karlsruhe-Nordwest	0,99	0,97	1,00	0,96
Stuttgart-Mitte	1,04	0,98	1,00	0,98
Verkehrsmeßstation Stuttgart	1,04	0,95	1,04	0,96
Stuttgart-Hafen	1,10	0,98	1,00	0,97
Stuttgart-Solitude	0,96	0,94	0,93	0,94
alle Meßorte	1,03	0,97	1,01	0,97

Wie in Tabelle 4 zu erkennen ist, ergeben die linearen Regressionen der an den fünf Standorten ermittelten Meßergebnisse der zu prüfenden Digital High Volume-Sampler DHA80 mit dem jeweiligen Kleinfiltergerät als Referenzgerät Steigungen der Regressionsgeraden von 0,93 bis zu 1,10. Werden alle Meßorte zusammengefasst, ergibt sich eine Steigung von 1,03 gegenüber dem jeweiligen Referenzgerät 1 und eine Steigung von 1,01 gegenüber dem jeweiligen Referenzgerät 2. Die Ausgleichsgeraden liegen somit innerhalb des geforderten zweiseitigen Vertrauensbandes.

Der Wert des Variationskoeffizienten liegt separat betrachtet zwischen 0,94 und 1,00. Am Meßort 'Stuttgart-Solitude' wäre er somit geringer als der geforderte Variationskoeffizient von 0,95. Dies liegt möglicherweise an spezifischen örtlichen Gegebenheiten worauf auch die vergleichsweise große Abweichung der Steigungen hindeutet. Die prEN12341 [1] schreibt jedoch ausdrücklich vor, alle Daten in einem Datensatz zusammenzufassen. Für alle Stationen zusammengefaßt liegt der Variationskoeffizient für beide Referenz-Äquivalenzfunktionen bei 0,97 und ist damit größer als der geforderte Variationskoeffizient von 0,95.

Der Digital High-Volume Sampler mit PM10-Einlaß erfüllt somit die Forderungen der prEN12341 [1] sowohl hinsichtlich der Vergleichbarkeit zweier Testgeräte miteinander als auch hinsichtlich der Vergleichbarkeit mit einem Referenzverfahren.

## Literatur

- [1] prEN 12341 Richtlinien Schluss-Entwurf:  
Luftbeschaffenheit-Ermittlung der PM10-Fraktion von Schwebstaub-  
Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit  
von Meßverfahren und Referenzmethode Dezember 1997  
Ref.Nr.prEN 12341:1997 D
- [2] VDI 2463 Blatt 11 Entwurf:  
Messen von Partikeln  
Messen der Massenkonzentration (Immission) Filterverfahren-  
Filterwechsler Digital DHA-80  
Februar 1995

Draft

**UMEG**

Anhang

**Tabelle A1:** Massenkonzentration der Test- und Referenzgeräte am Meßort Stuttgart-Mitte

<b>Datum</b>	<b>KFG 1</b> [µg/ m <sup>3</sup> ]	<b>KFG 2</b> [µg/ m <sup>3</sup> ]	<b>Digitel PM10</b> [µg/ m <sup>3</sup> ]	<b>Digitel PM10</b> [µg/ m <sup>3</sup> ]	<b>Digitel Ringspalt</b> [µg/ m <sup>3</sup> ]	<b>Anteil PM 10</b> [%]
15.01.97	137.1	140.8	138.8	146.5	150.4	95
17.01.97	116.4	122.9	135.8	Ausfall	135.5	100
21.01.97	Ausfall	Ausfall	39.1	34.8	45.6	81
25.01.97	62.7	63.5	72.0	68.1	80.8	87
31.01.97	53.8	54.6	58.5	Ausfall	76.4	77
06.02.97	31.9	33.5	32.1	Ausfall	54.0	59
12.02.97	10.8	15.4	13.0	Ausfall	20.3	64
16.02.97	34.2	31.0	27.2	Ausfall	42.8	64
20.02.97	15.5	17.1	21.8	24.2	31.3	73
24.02.97	25.0	26.9	27.7	Ausfall	48.3	57
28.02.97	24.0	23.7	24.0	25.5	51.1	48
06.03.97	19.2	20.6	20.0	20.1	34.5	58
12.03.97	89.8	94.1	92.8	92.7	124.9	74
16.03.97	20.1	21.3	22.8	22.7	29.1	78
20.03.97	25.0	32.5	25.7	24.0	33.2	75
24.03.97	35.1	39.7	22.4	21.3	26.5	82
01.04.97	36.4	37.3	34.0	35.1	55.0	63
05.04.97	16.5	22.3	22.0	21.4	30.4	71
09.04.97	33.7	36.8	35.3	36.9	56.5	64
15.04.97	23.4	24.5	23.1	21.1	37.6	59
21.04.97	28.3	32.3	25.1	26.5	39.0	66
25.04.97	44.1	42.2	41.4	40.9	79.3	52
01.05.97	35.2	35.1	36.5	31.9	49.2	70
07.05.97	13.2	13.1	13.3	12.1	23.6	54
13.05.97	28.6	30.9	30.6	33.2	71.8	44
17.05.97	38.7	42.6	39.3	35.1	Ausfall	
23.05.97	24.0	27.1	27.3	25.7	36.1	73
29.05.97	17.0	18.1	17.0	17.3	41.9	41
04.06.97	37.5	38.1	38.3	39.3	56.2	69
10.06.97	26.9	Ausfall	27.3	22.8	47.3	53
16.06.97	20.1	21.6	22.9	23.5	35.6	65
20.06.97	12.6	15.5	17.6	19.8	22.8	82
26.06.97	14.6	18.1	14.5	16.5	21.9	71
02.07.97	13.2	20.4	20.6	22.1	32.0	67
06.07.97	25.3	21.2	21.7	25.5	28.8	82
10.07.97			21.5	23.9	34.1	67

**Tabelle A2:** Massenkonzentration der Test- und Referenzgeräte am Meßort Verkehrsmeßstation Stuttgart

Datum	KFG 1 [µg/ m <sup>3</sup> ]	KFG 2 [µg/ m <sup>3</sup> ]	Digitel PM10 [µg/ m <sup>3</sup> ]	Digitel PM10 [µg/ m <sup>3</sup> ]	Digitel Ringspalt [µg/ m <sup>3</sup> ]	Anteil PM10 [%]
15.01.97			158.1	158.9	178.1	89
17.01.97	133.4	130.6	143.8	Ausfall	155.0	93
21.01.97	55.4	57.8	55.9	56.6	75.0	75
25.01.97	83.4	76.3	83.9	81.1	122.9	67
31.01.97	75.1	82.5	87.9	87.3	134.7	65
06.02.97	83.6	92.6	99.4	101.8	203.9	49
12.02.97	54.8	65.4	68.6	68.2	140.6	49
16.02.97	53.9	54.6	64.0	59.2	97.5	66
20.02.97	64.1	72.1	Ausfall	85.7	160.2	54
24.02.97	68.3	74.5	73.7	74.1	161.5	46
28.02.97	66.6	56.9	70.5	72.9	Ausfall	
06.03.97	54.0	39.0	52.2	48.5	103.1	49
12.03.97	111.2	113.6	116.7	117.1	162.8	72
16.03.97	45.4	44.9	47.3	47.1	78.6	60
20.03.97	58.9	60.0	59.6	61.3	82.5	73
24.03.97	75.8	76.0	52.4	53.6	83.7	63
01.04.97	53.5	53.3	51.7	56.9	85.4	64
05.04.97	45.7	49.6	48.5	49.9	87.1	57
09.04.97	56.1	47.7	61.2	60.1	100.9	60
15.04.97	35.8	39.9	40.2	39.3	69.3	57
21.04.97	35.5	36.1	36.3	37.7	52.5	71
25.04.97	74.8	76.2	72.4	72.9	155.5	47
01.05.97	53.7	51.4	46.3	48.0	71.3	66
07.05.97	28.4	27.2	30.6	30.9	60.8	51
13.05.97	49.9	46.9	49.2	49.1	Ausfall	
17.05.97	53.0	53.4	50.5	50.7	80.1	63
23.05.97	44.9	40.3	39.4	41.3	74.4	54
29.05.97	26.8	26.4	26.5	27.0	41.9	64
04.06.97	50.2	47.3	49.0	48.4	73.5	66
10.06.97	38.9	35.5	35.7	33.2	68.5	50
16.06.97	36.3	34.8	Ausfall	34.2	62.3	55
20.06.97	47.2	46.6	41.2	40.6	77.5	53
26.06.97	52.4	50.0	45.6	47.2	85.9	54
02.07.97	42.9	44.4	42.5	42.8	80.8	53
06.07.97	35.0	Ausfall	35.5	35.5	50.9	70
10.07.97			35.1	35.9	51.8	69

**Tabelle A3:** Massenkonzentration der Test- und Referenzgeräte am Meßort Stuttgart-Hafen

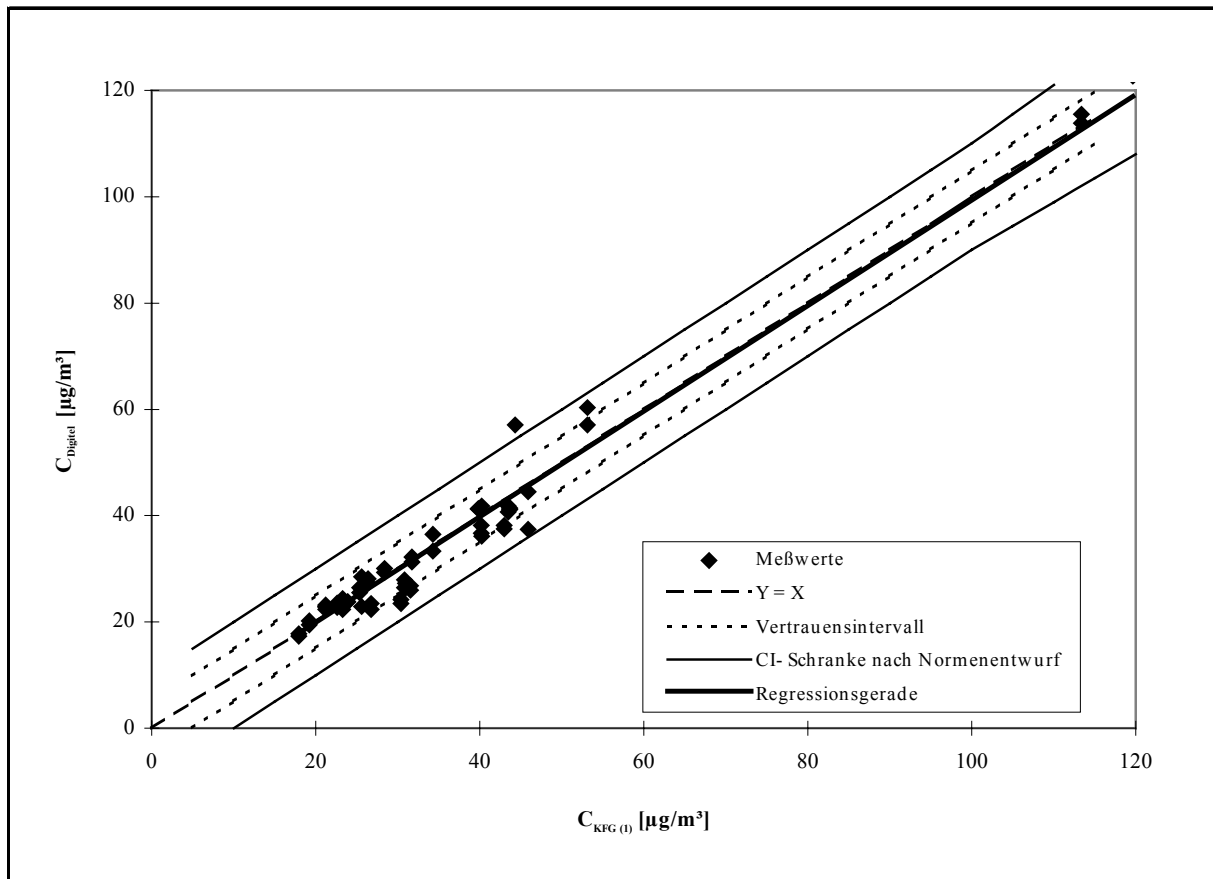
Datum	KFG 1 [µg/ m <sup>3</sup> ]	KFG 2 [µg/ m <sup>3</sup> ]	Digitel PM10 [µg/ m <sup>3</sup> ]	Digitel PM10 [µg/ m <sup>3</sup> ]	Digitel Ringspalt [µg/ m <sup>3</sup> ]	Anteil PM10 [%]
15.01.97			127.1	122.5	135.8	92
17.01.97	113.0	128.1	125.6	120.9	131.8	94
21.01.97	40.4	45.4	38.6	37.0	44.2	86
25.01.97	59.5	53.8	69.0	65.7	70.1	96
31.01.97	50.4	51.9	58.0	59.3	71.1	83
06.02.97	34.3	35.8	38.3	35.3	43.8	84
12.02.97	13.9	12.8	13.1	13.3	18.4	72
16.02.97	30.9	30.6	30.7	29.2	31.5	97
20.02.97	18.5	15.6	17.4	17.2	27.4	63
24.02.97	37.2	39.7	43.8	40.9	54.6	78
28.02.97	30.3	36.6	34.8	33.4	48.1	71
06.03.97	20.9	23.6	25.4	24.6	26.9	93
12.03.97	84.1	91.7	97.8	96.5	116.6	83
16.03.97	19.3	20.2	21.7	23.4	27.3	82
20.03.97	25.9	28.8	24.4	27.8	32.5	80
24.03.97	37.7	39.9	22.8	23.5	29.3	79
01.04.97	33.0	29.7	30.3	30.9	39.8	77
05.04.97	19.9	19.9	19.7	21.5	18.8	>100
09.04.97	36.7	41.8	40.7	39.6	Ausfall	
15.04.97	26.7	25.8	24.6	25.6	38.0	66
21.04.97	27.0	29.5	31.2	29.5	40.0	76
25.04.97	Ausfall	47.7	42.6	44.1	68.6	63
01.05.97	30.7	31.0	30.3	30.7	39.5	77
07.05.97	13.4	11.9	13.2	16.3	21.6	68
13.05.97	25.8	25.7	30.6	8.2	37.7	51
17.05.97	45.3	45.1	38.2	9.4	53.7	44
23.05.97	25.0	23.5	27.5	29.7	37.7	76
29.05.97	14.7	14.9	14.3	14.5	22.0	66
04.06.97	30.9	29.8	33.1	34.7	46.5	73
10.06.97	23.0	23.0	26.4	29.8	41.6	67
16.06.97	19.6	22.5	19.9	22.5	29.1	73
20.06.97	18.0	18.9	25.1	20.1	24.5	92
26.06.97	18.8	24.0	12.3	24.3	30.3	60
02.07.97	20.2	22.9	Ausfall	24.1	33.1	73
06.07.97	18.3	27.7	Ausfall	26.7	28.3	94
10.07.97			24.8	26.7	33.4	77

**Tabelle A4:** Massenkonzentration der Test- und Referenzgeräte am Meßort Stuttgart-Solitude

<b>Datum</b>	<b>KFG 1</b> [µg/ m <sup>3</sup> ]	<b>KFG 2</b> [µg/ m <sup>3</sup> ]	<b>Digitel PM10</b> [µg/ m <sup>3</sup> ]	<b>Digitel PM10</b> [µg/ m <sup>3</sup> ]
15.01.97	50.5	52.7	41.4	40.9
17.01.97	46.0	56.4	46.7	44.1
21.01.97	28.4	25.2	22.1	22.4
25.01.97	33.6	29.4	34.8	31.2
31.01.97	41.0	41.3	46.6	48.9
06.02.97	19.8	17.9	14.2	15.0
12.02.97	11.2	12.0	5.3	6.3
16.02.97	26.3	23.8	20.8	22.2
20.02.97	15.2	14.9	12.7	13.8
24.02.97	21.1	22.1	22.0	23.6
28.02.97	21.4	29.0	13.9	14.3
06.03.97	15.2	15.2	12.6	14.6
12.03.97	89.2	95.3	92.2	94.0
16.03.97	19.0	22.4	19.0	20.7
20.03.97	22.6	23.4	22.0	26.2
24.03.97	36.1	36.1	14.6	17.8
01.04.97	28.5	28.8	22.0	22.6
05.04.97	19.0	18.1	17.9	19.4
09.04.97	32.3	32.8	29.0	30.6
15.04.97	24.6	25.9	20.8	21.9
21.04.97	22.0	19.8	22.0	21.6
25.04.97	35.6	31.5	30.1	30.4
01.05.97	35.2	35.7	31.8	30.6
07.05.97	10.3	10.9	9.9	9.5
13.05.97	16.3	17.9	21.9	21.1
17.05.97	28.2	28.3	29.9	28.1
23.05.97	26.4	26.9	22.2	21.4
29.05.97	17.1	17.2	15.0	13.6
04.06.97	32.7	33.1	27.4	29.8
10.06.97	22.6	21.0	20.6	22.0
16.06.97	19.9	17.2	17.7	17.8
20.06.97	12.2	9.5	13.2	14.0
26.06.97	13.3	13.1	10.9	11.5
02.07.97	16.3	15.8	17.1	18.2
06.07.97	20.5	20.8	24.5	23.8
10.07.97			25.4	23.8

**Tabelle A5:** Massenkonzentration der Test- und Referenzgeräte am Meßort Karlsruhe Nordwest

<b>Datum</b>	<b>KFG 1</b> [µg/ m <sup>3</sup> ]	<b>KFG 2</b> [µg/ m <sup>3</sup> ]	<b>Digitel PM10</b> [µg/ m <sup>3</sup> ]	<b>Digitel PM10</b> [µg/ m <sup>3</sup> ]	<b>Digitel Ringspalt</b> [µg/ m <sup>3</sup> ]	<b>Anteil PM10</b> [%]
15.01.97	119.7	112.2	122.7	136.3	169.4	76
17.01.97	229.3	227.2	241.0	247.7	266.9	92
21.01.97	40.2	36.4	36.1	41.8	42.1	93
25.01.97	44.3	45.4	Ausfall	57.0	64.1	89
31.01.97	53.1	53.8	57.0	60.3	75.4	78
06.02.97	43.5	44.8	40.7	41.8	55.5	74
12.02.97	Ausfall	16.1	13.9	14.1		
16.02.97	31.5	31.4	26.0	26.8	28.6	91
20.02.97	26.7	25.8	22.4	23.5		
24.02.97	Ausfall	Ausfall	29.3	29.9	33.2	89
28.02.97	43.0	40.4	37.5	38.2	87.2	43
06.03.97	30.9	24.4	26.4	27.3	62.6	43
12.03.97	113.4	109.1	113.8	115.5	141.4	81
16.03.97	31.7	34.7	31.3	32.2	35.3	90
20.03.97	26.4	27.5	27.3	28.1	33.1	84
24.03.97	45.4	44.6	29.6	30.0	39.0	77
01.04.97	30.8	29.2	27.9	26.5	40.0	68
05.04.97	26.0	27.5	27.0	27.2	43.7	62
09.04.97	39.8	41.9	41.3	41.2	63.4	65
15.04.97	21.2	21.1	23.2	22.8	36.5	63
21.04.97	23.3	23.5	24.4	22.4	30.5	77
25.04.97	45.9	47.3	37.4	44.5	75.7	54
01.05.97	40.2	39.5	36.7	38.2	44.2	85
07.05.97	Ausfall	Ausfall	14.2	13.7	16.8	83
13.05.97	30.4	25.9	23.4	24.2	33.9	70
17.05.97	43.6	51.6	41.1	41.5	56.3	73
23.05.97	28.4	32.9	30.0	29.3	38.5	77
29.05.97	19.2	21.0	19.4	20.2	28.0	71
04.06.97	34.3	37.5	33.3	36.5	43.9	80
10.06.97	25.3	27.0	26.4	25.5	36.9	70
16.06.97	23.9	27.0	23.7	23.8	30.8	77
20.06.97	21.2	21.9	22.3	22.9	28.2	80
26.06.97	18.0	16.8	17.3	17.8	22.8	77
02.07.97	25.6	27.4	22.9	28.5	34.7	74
06.07.97	22.6	20.3	22.8	23.6	24.2	96
10.07.97			23.2	22.5	29.5	78



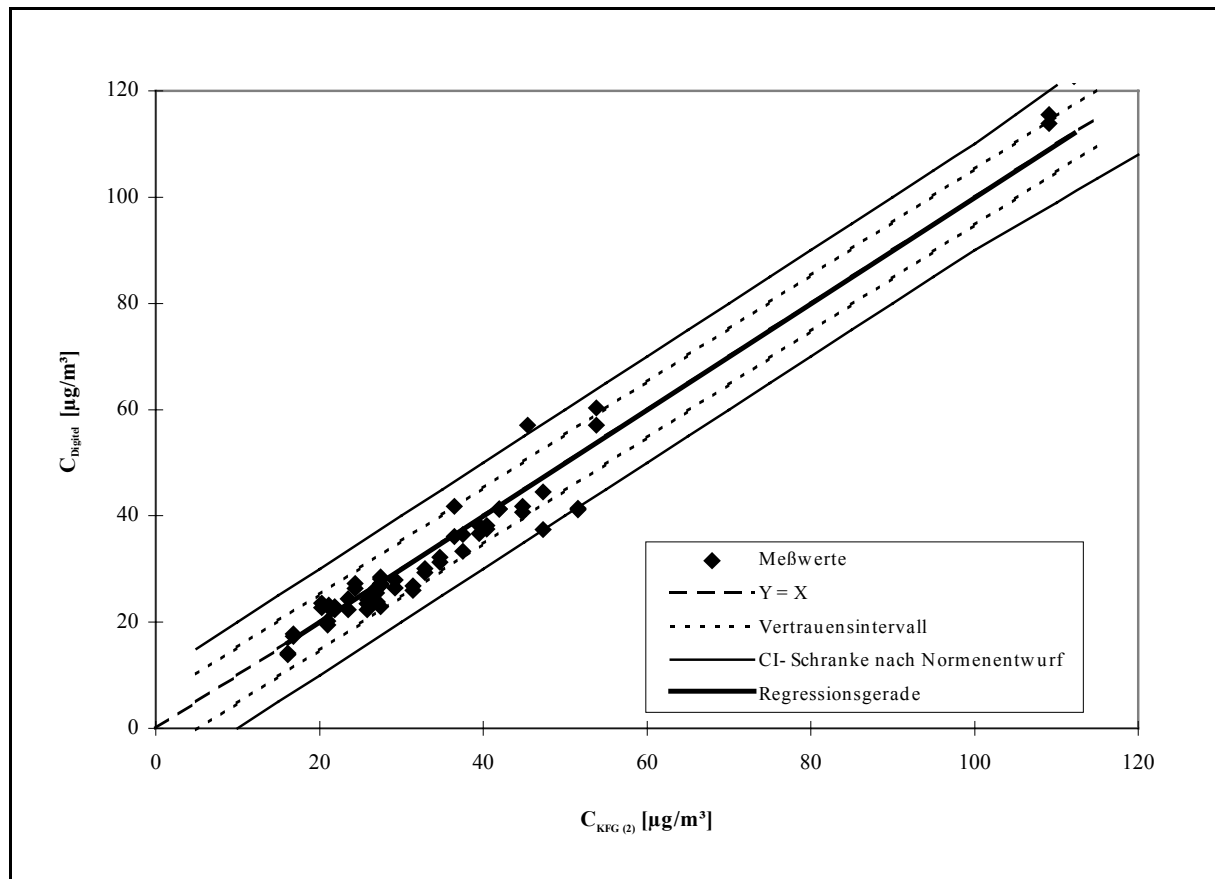
**Abbildung A1:** Vergleich zwischen den Digital HighVolume-Sampler mit PM 10 Vorabscheidern und dem Kleinfiltergerät KFG (1) am Meßort Karlsruhe Nordwest (Zeitraum 15.01.1997 bis 06.07.1997)

**Regression**

$$C_{\text{Digital}} = 0.99 * C_{\text{KFG (1)}}$$

$$R^2 = 0.97$$

$CI_{95 < 100} =$	4.9
$CI_{95 > 100} =$	0.01
$n_{\text{gesamt}} =$	63
$n_{\text{Ausreißer}} =$	5



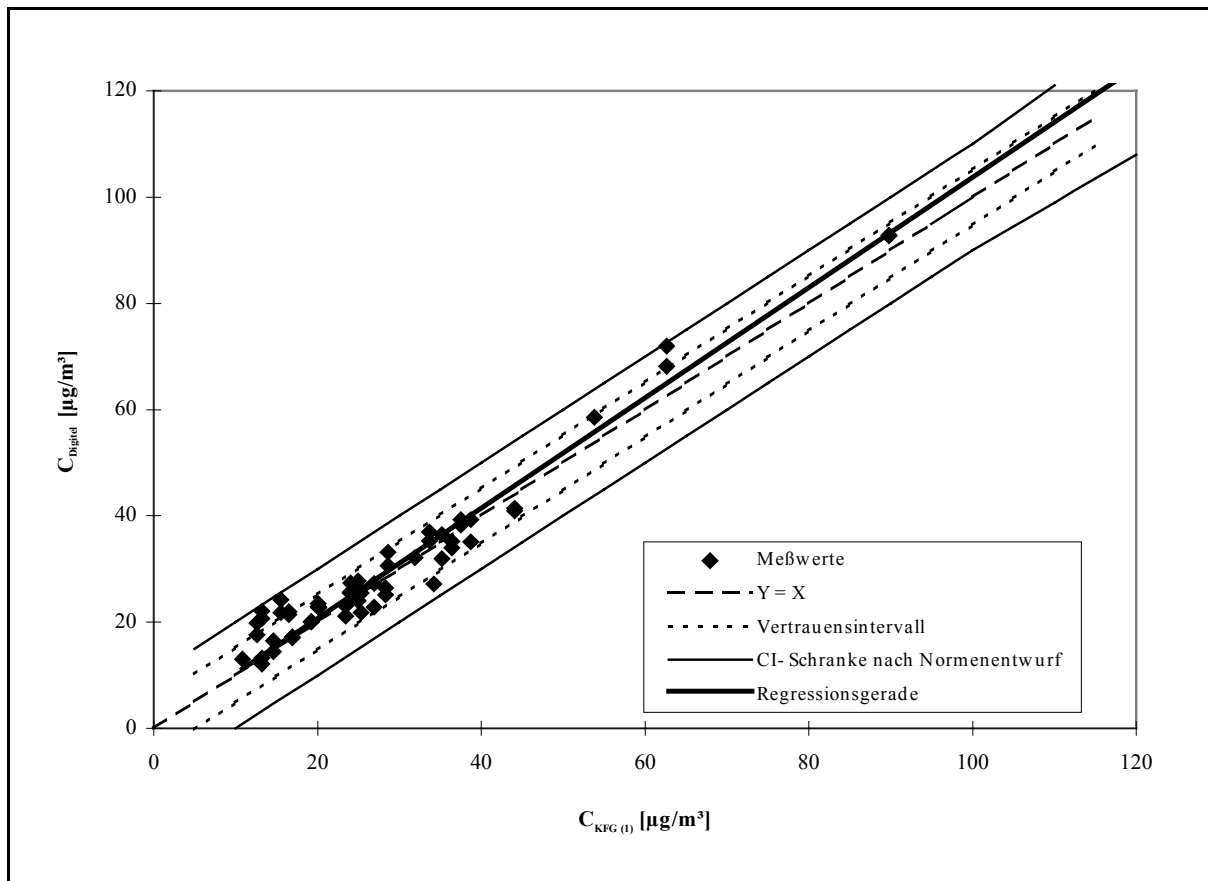
**Abbildung A2:** Vergleich zwischen den Digital HighVolume-Sampler mit PM 10 Vorabscheidern und dem Kleinfiltergerät KFG (2) am Meßort Karlsruhe Nordwest (Zeitraum 15.01.1997 bis 06.07.1997)

**Regression**

$$C_{\text{Digital}} = 1.00 * C_{\text{KFG (2)}}$$

$$R^2 = 0.96$$

$CI_{95 < 100} =$	5.3
$CI_{95 > 100} =$	0.02
$n_{\text{gesamt}} =$	65
$n_{\text{Ausreißer}} =$	5

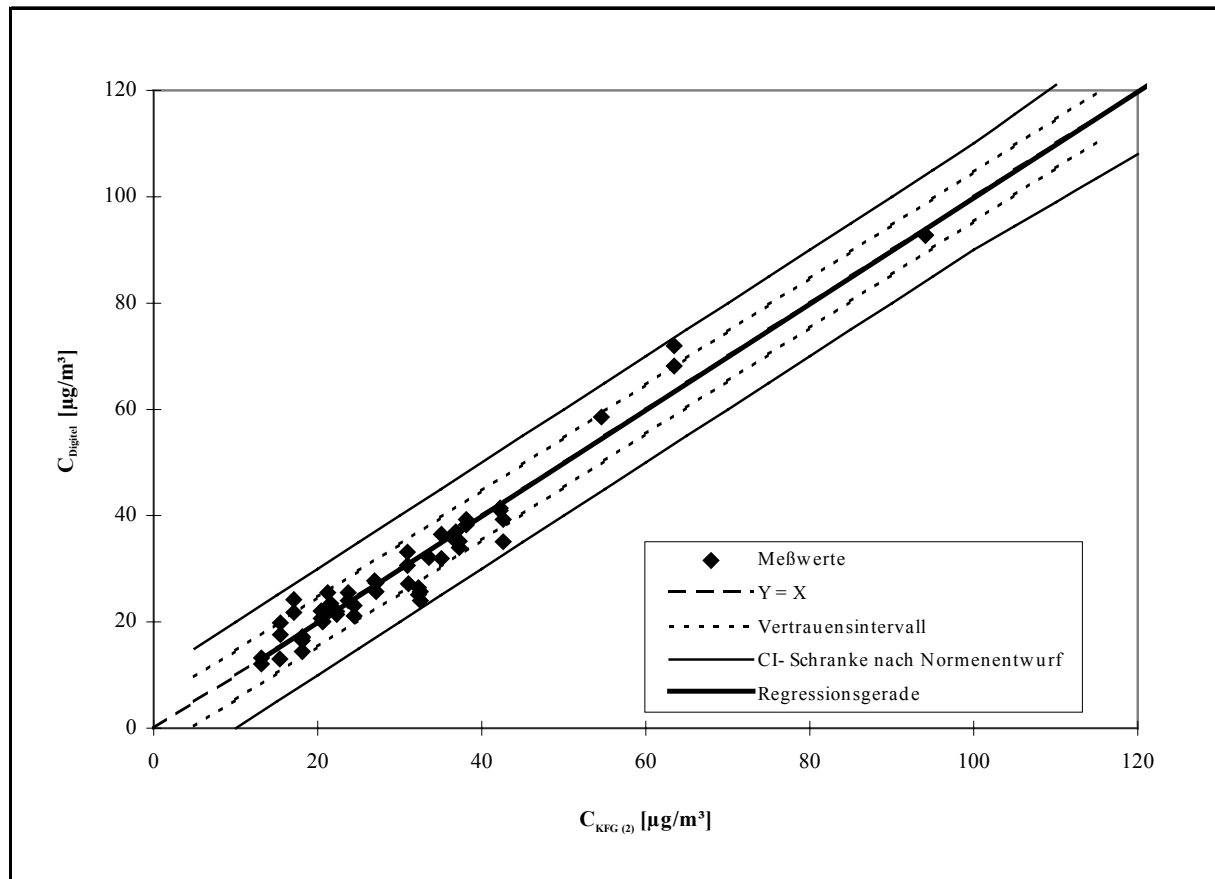


**Abbildung A3:** Vergleich zwischen den Digital HighVolume-Sampler mit PM 10 Vorabscheidern und dem Kleinfiltergerät KFG (1) am Meßort Stuttgart Mitte (Zeitraum 15.01.1997 bis 06.07.1997)

**Regression**

$C_{\text{Digital}} = 1.04 * C_{\text{KFG (1)}}$   
 $R^2 = 0.98$

$CI_{95 < 100} =$	5.2
$CI_{95 > 100} =$	0.01
$n_{\text{gesamt}} =$	65
$n_{\text{Ausreißer}} =$	6



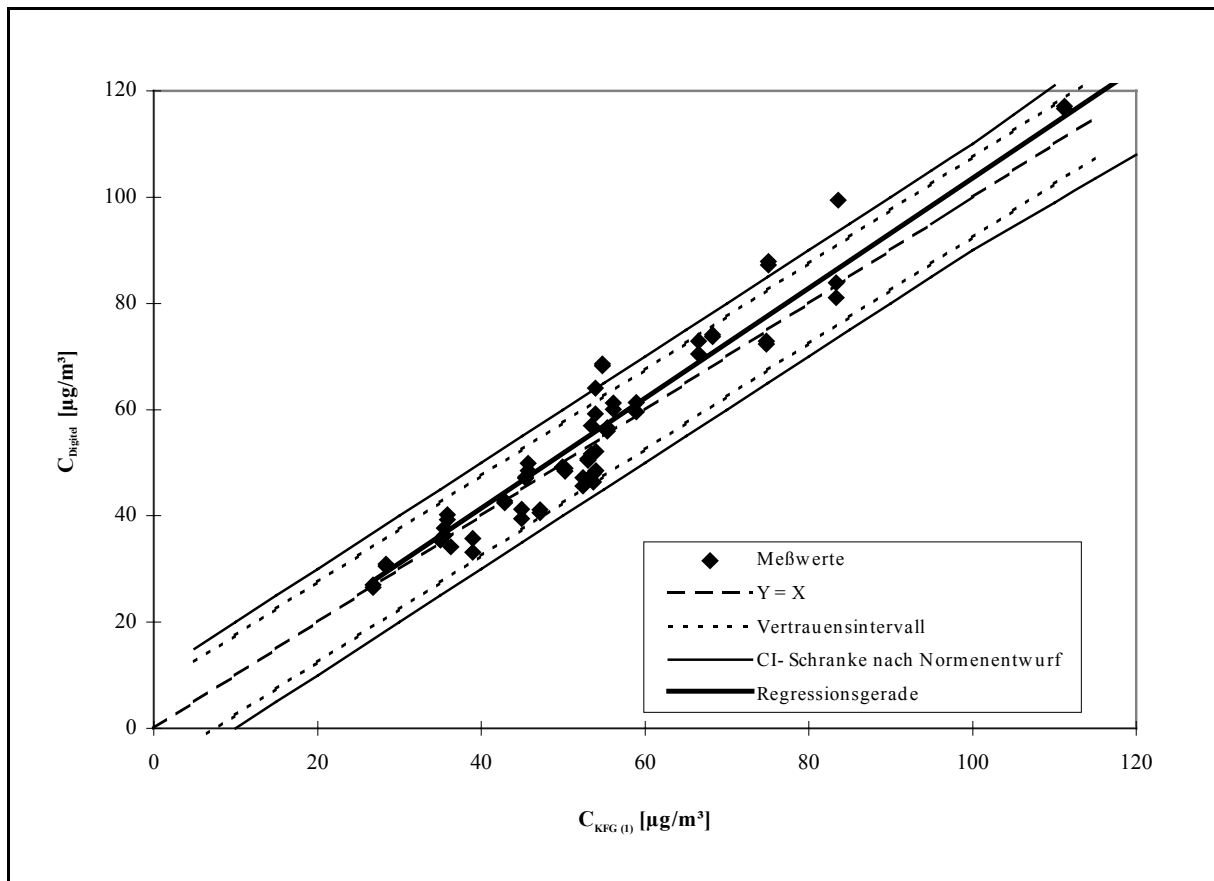
**Abbildung A4:** Vergleich zwischen den Digital HighVolume-Sampler mit PM 10 Vorabscheidern und dem Kleinfiltergerät KFG (2) am Meßort Stuttgart Mitte (Zeitraum 15.01.1997 bis 06.07.1997)

**Regression**

$$C_{\text{Digital}} = 1.00 * C_{\text{KFG (2)}}$$

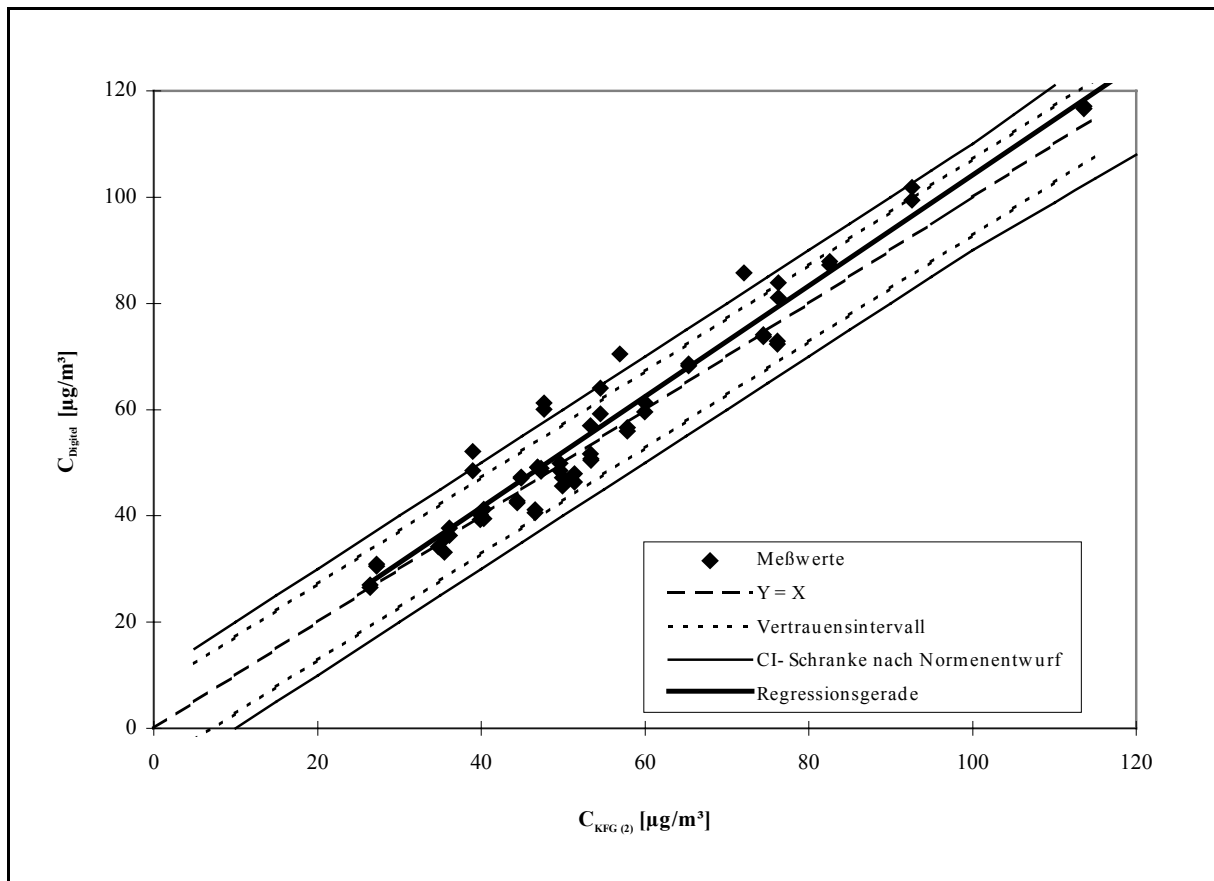
$$R^2 = 0.98$$

$CI_{95 < 100} =$	4.6
$CI_{95 > 100} =$	0.01
$n_{\text{gesamt}} =$	63
$n_{\text{Ausreißer}} =$	6



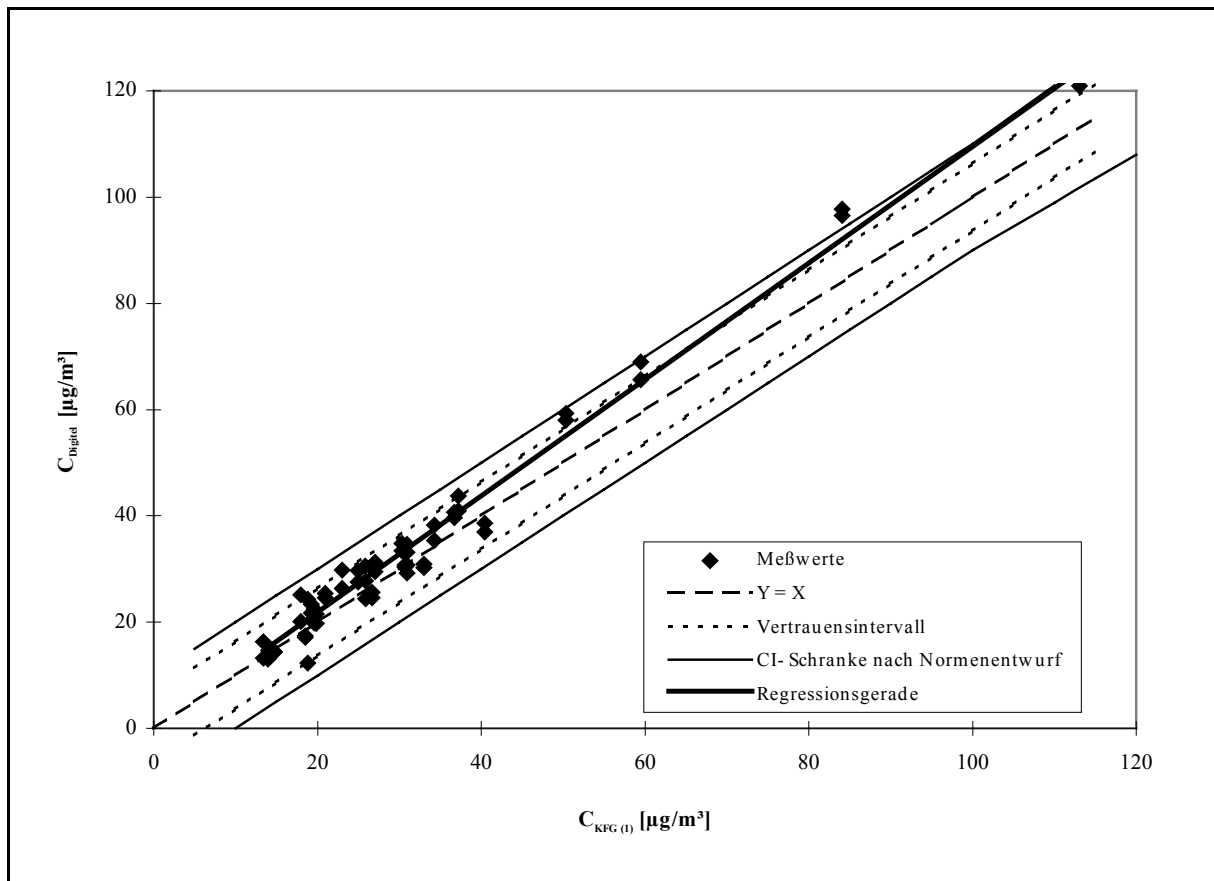
**Abbildung A5:** Vergleich zwischen den Digital HighVolume-Sampler mit PM 10 Vorabscheidern und dem Kleinfiltergerät KFG (1) am Meßort Verkehrsmeßstation Stuttgart (Zeitraum 15.01.1997 bis 06.07.1997)

<b>Regression</b>		<b>CI<sub>95&lt;100</sub></b> =	7.5
$C_{\text{Digital}} =$	$1.04 * C_{\text{KFG (1)}}$	<b>CI<sub>95&gt;100</sub></b> =	0.02
$R^2 =$	0.95	<b>n<sub>gesamt</sub></b> =	65
		<b>n<sub>Ausreißer</sub></b> =	4



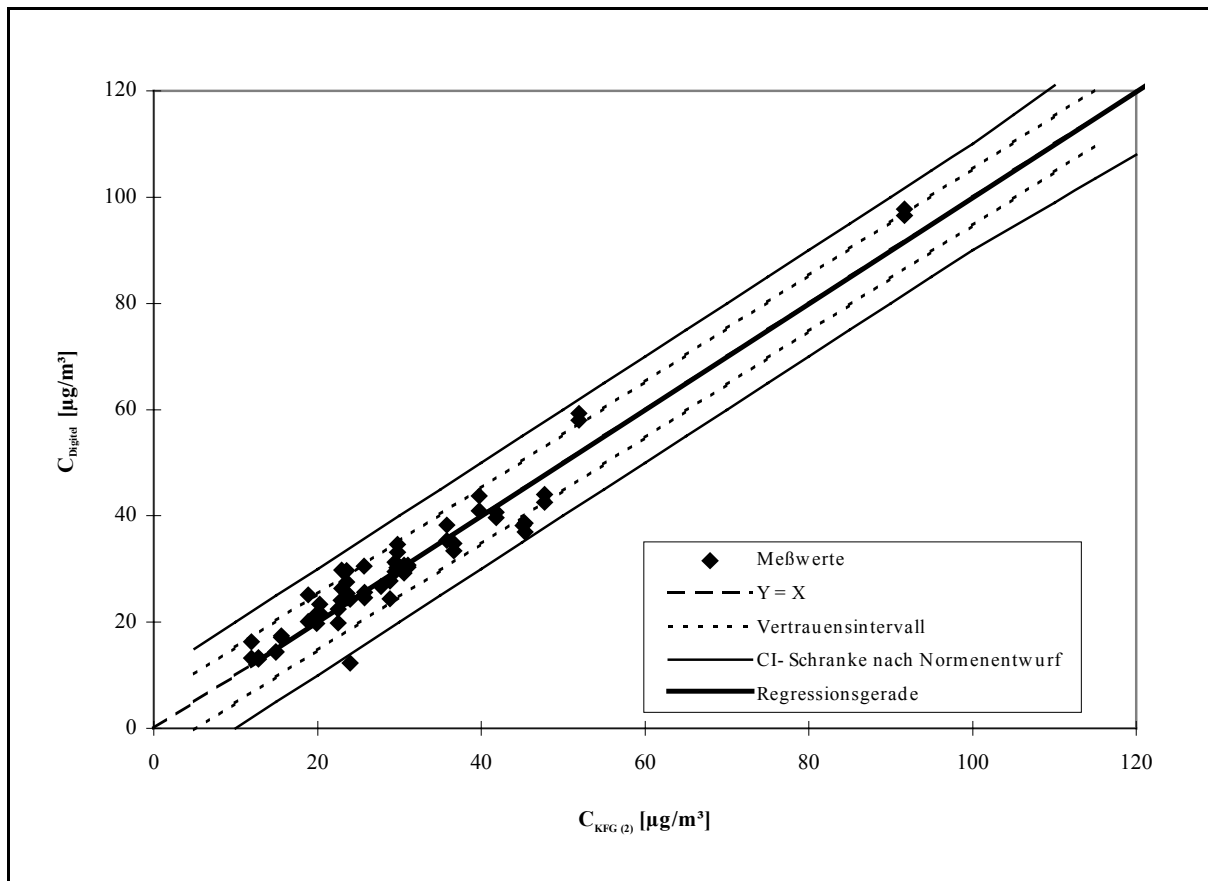
**Abbildung A6:** Vergleich zwischen den Digital HighVolume-Sampler mit PM 10 Vorabscheidern und dem Kleinfiltergerät KFG (2) am Meßort Verkehrsmeßstation Stuttgart (Zeitraum 15.01.1997 bis 06.07.1997)

<b>Regression</b>		<b>CI<sub>95&lt;100</sub></b> =	7.2
C <sub>Digital</sub> =	1.04 * C <sub>KFG(2)</sub>	<b>CI<sub>95&gt;100</sub></b> =	0.02
R <sup>2</sup> =	0.96	<b>n<sub>gesamt</sub></b> =	63
		<b>n<sub>Ausreißer</sub></b> =	3



**Abbildung A7:** Vergleich zwischen den Digital HighVolume-Sampler mit PM 10 Vorabscheidern und dem Kleinfiltergerät KFG (1) am Meßort Stuttgart Hafen (Zeitraum 15.01.1997 bis 06.07.1997)

<b>Regression</b>		<b>CI<sub>95&lt;100</sub></b> =	6.3
$C_{\text{Digital}} =$	$1.10 * C_{\text{KFG (1)}}$	<b>CI<sub>95&gt;100</sub></b> =	0.02
$R^2 =$	0.98	<b>n<sub>gesamt</sub></b> =	62
		<b>n<sub>Ausreißer</sub></b> =	5

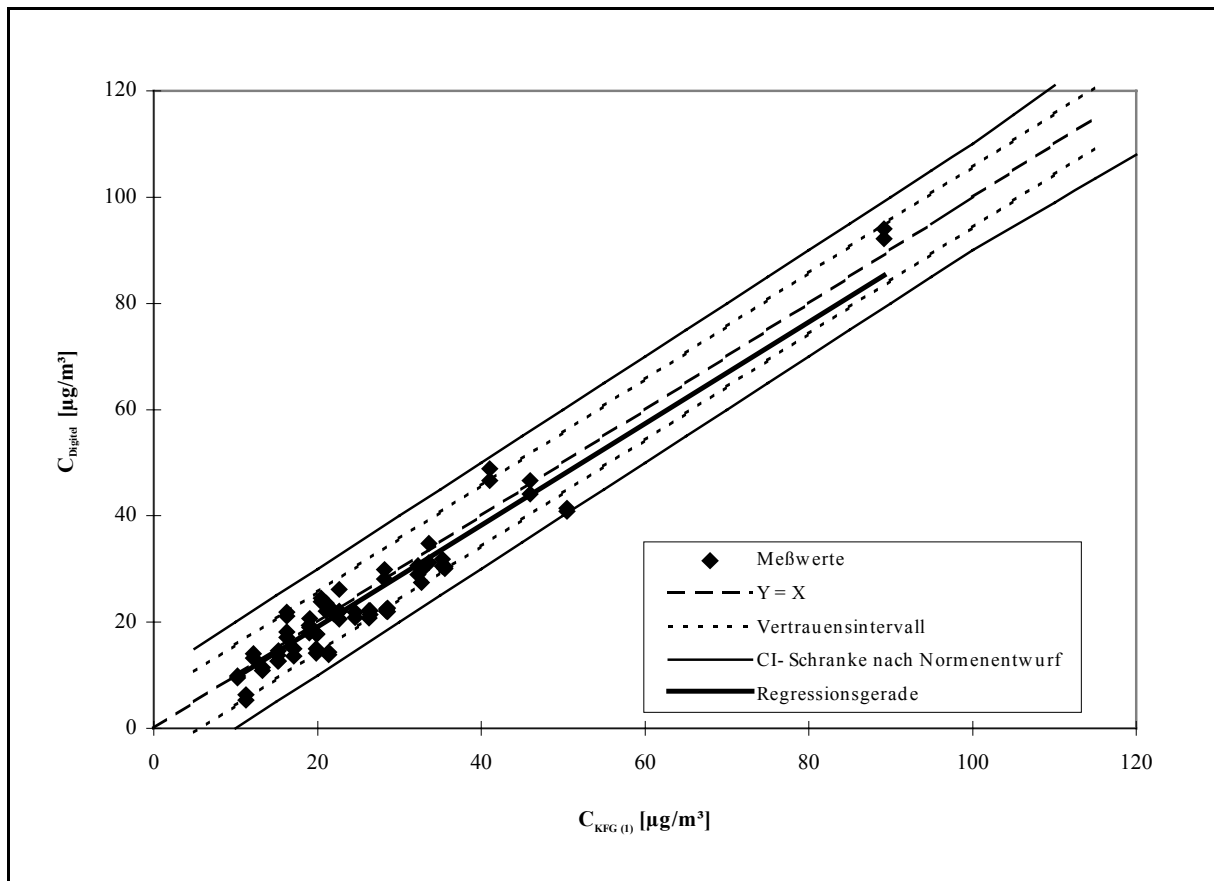


**Abbildung A8:** Vergleich zwischen den Digital HighVolume-Sampler mit PM 10 Vorabscheidern und dem Kleinfiltergerät KFG (2) am Meßort Stuttgart Hafen (Zeitraum 15.01.1997 bis 06.07.1997)

**Regression**

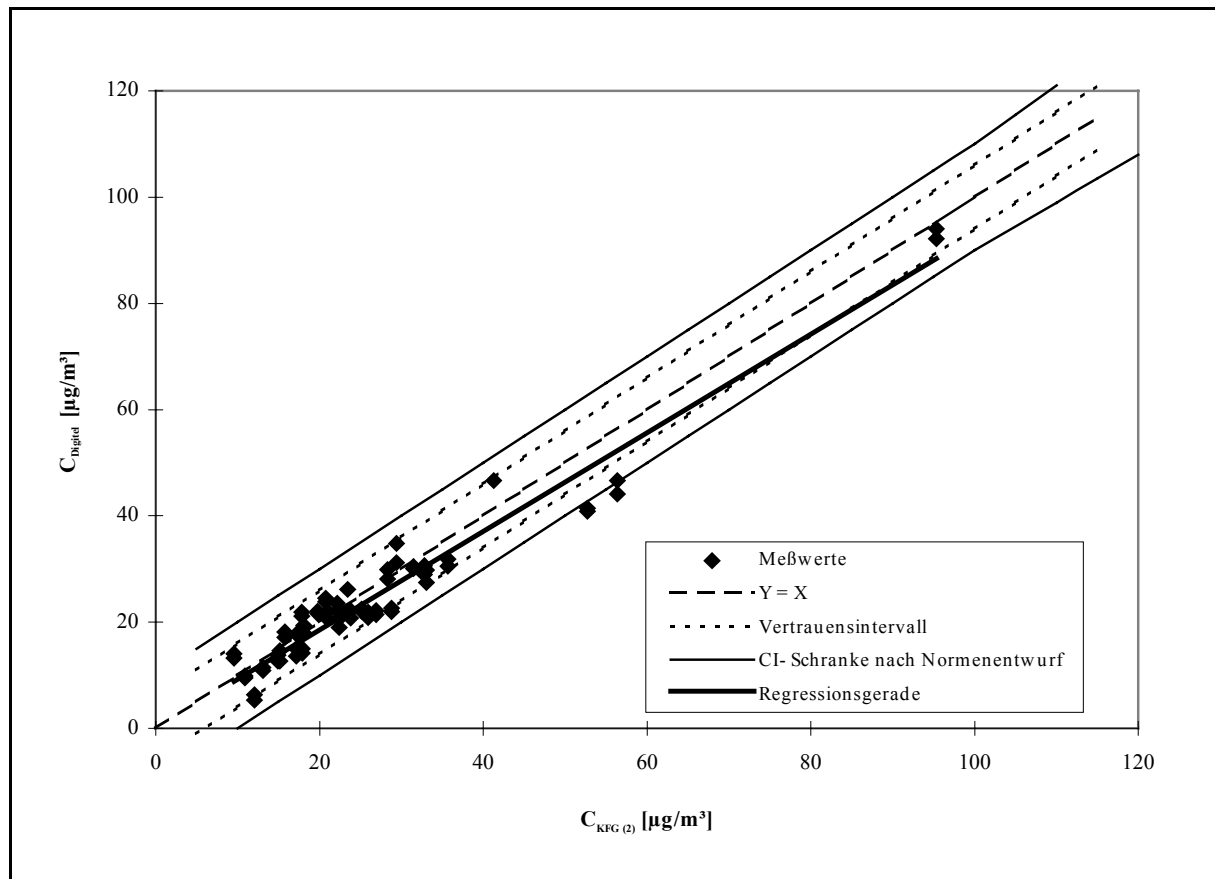
$C_{\text{Digital}} = 1.00 * C_{\text{KFG (2)}}$   
 $R^2 = 0.97$

$CI_{95<100} =$	5.3
$CI_{95>100} =$	0.01
$n_{\text{gesamt}} =$	66
$n_{\text{Ausreißer}} =$	6



**Abbildung A9:** Vergleich zwischen den Digital HighVolume-Sampler mit PM 10 Vorabscheidern und dem Kleinfiltergerät KFG (1) am Meßort Stuttgart Solitude (Zeitraum 15.01.1997 bis 06.07.1997)

<b>Regression</b>		<b>CI<sub>95&lt;100</sub></b>	5.7
$C_{\text{Digital}} =$	$0.96 * C_{\text{KFG (1)}}$	<b>CI<sub>95&gt;100</sub></b>	-
$R^2 =$	0.94	<b>n<sub>gesamt</sub></b>	70
		<b>n<sub>Ausreißer</sub></b>	2



**Abbildung A10:** Vergleich zwischen den Digital HighVolume-Sampler mit PM 10 Vorabscheidern und dem Kleinfiltergerät KFG (2) am Meßort Stuttgart Solitude (Zeitraum 15.01.1997 bis 06.07.1997)

<b>Regression</b>		<b>CI<sub>95&lt;100</sub></b>	6.0
$C_{\text{Digital}} =$	$0.93 * C_{\text{KFG(2)}}$	<b>CI<sub>95&gt;100</sub></b>	-
$R^2 =$	0.94	<b>n<sub>gesamt</sub></b>	70
		<b>n<sub>Ausreißer</sub></b>	5