Intercomparison of Mobility Particle Size Spectrometers

Project No.:	*MPSS-2017-6-9*
Principal Investigator:	G. Löschau
Home Institution:	*BfUL – Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft*
Participant:	
Candidate:	**DE-BFUL-Dresden-Winckelmannstraße**
Made by:	TROPOS
Counter (SN):	TSI CPC Model 3772, SN: 70807232
Software:	LabView Scan66, Version 6.1
Location of the quality assurance:	On-Site Intercomparison Dresden-Winckelmannstraße, Saxony, Germany
Comparison period:	Dec 15, 2017 – Dec 18, 2017
Last Intercomparison (with Project No.):	*MPSS-*

Summary of Intercomparison

Final Status:
The candidate passed the quality standards of ACTRIS and GAW in comparison to the TROPOS Reference MPSS. The deviation especially for particle sizes smaller than 20 nm is caused by fluctuations from the high voltage power supply. Once the supply is calibrated, it shifts to an offset again after hours.

IV. Qualitätssicherungsexperiment 2017
Dresden-Winckelmannstraße

1 Allgemeine Beschreibung

Beginn: 15.12.2017
Ende: 18.12.2017

Ort: Luftgütemessnetz Sachsen, Messstation Dresden-Winckelmannstraße

Letztes Qualitätssicherungsexperiment: OKT 2017

Prüfende Person: Dipl. –Met. Maik Merkel

Prüflinge: Partikelmobilitätsspektrometer MPSS DD-Winckelmann (Labview-Version: 2013; Software-Version: 5.7) mit neuer Funktionskontrolle, Prüf-CPC Modell 3772, Serien-Nr. 3772130901;
Probenahmesystem: PM1-Einlass

Referenzgeräte: MPSS Nr.1 – Leibniz-Institut für Troposphärenforschung (mit CPC-Modell 3772; Serien-Nr. 71011009; Labview-Version: 2013; Software-Version: 5.6);
Referenz-Partikelzähler Modell 3010, Serien-Nr. 2337
Messunsicherheit Vergl. Tabelle 1

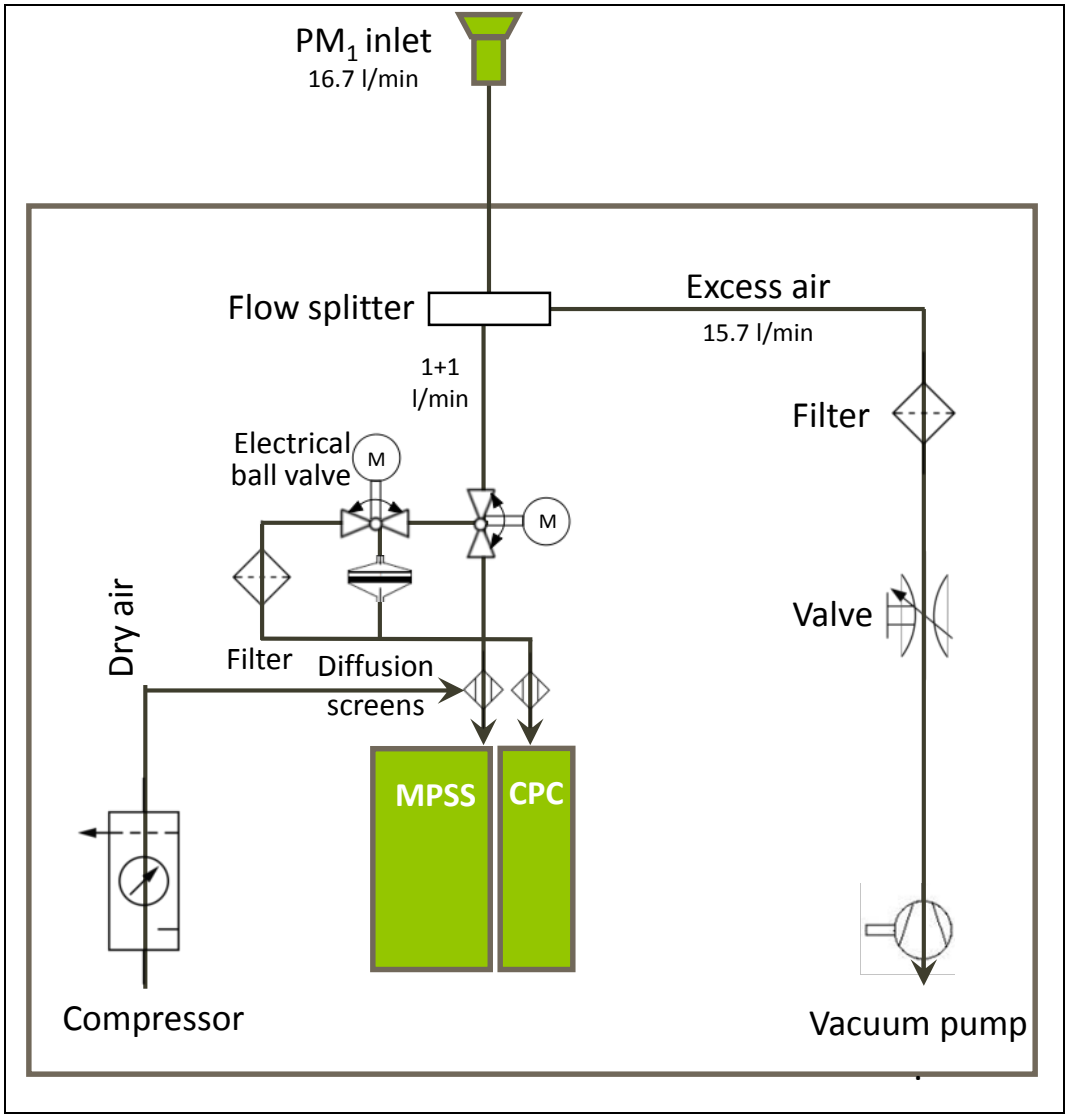
Hilfsmittel: Aerosolerzeugungseinheit PARI Boy mobile S
Nullfilter
Gilibrator (Gerät: T; letzte Kalibrierung: 2013)
Multimeter (Hersteller & Modell: Voltcraft Multimeter VC-220)
PSL 203 nm (Charge:44294 ; Haltbarkeitsdatum: 03/2018)

Tabelle 1: Messunsicherheit der Prüfmittel von TROPOS in der Luftgüte-Messstation

Zertifiziertes Prüfmittel	Messunsicherheit	Messgröße	Bezugszeitraum
Referenz MPSS TROPOS	10 %	Anzahlkonzentration 30 – 200 nm	36 h
	20 %	Anzahlkonzentration 10 - 30 nm und 200 – 800nm	36 h
Referenz CPC TROPOS	5 %	Gesamtanzahlkonzentration bis 10.000 P/cm³	1 h
Partikelgrößenstandard PSL TROPOS	2 %	Latex, 203 nm	3 scans
Referenz MAAP TROPOS	5 %	BC	36 h

2 Vorbereitung der Prüfung

2.1 Dokumentation des aktuellen Messbetriebes in der Messstation



2.2 Eingangsprüfung für MPSS und Prüf-CPC der Messstation

2.2.1 Durchflüsse MPSS

Dauer: 15.12.2017, 11:00 – 15.12.2017, 11:05

Ergebnis: Nebenstrom etwas zu niedrig, alle anderen Anforderungen erfüllt
Schleierluft wurde nicht gemessen, da Kalibrierung auf Basis von PSL 203 nm erfolgt
Flussrate Prüf-CPC nicht gemessen, da dieser nur bei Funktionskontrolle läuft

Tabelle 2: Ergebnisse und Bewertung der Eingangsprüfung des MPSS DD-Winckelmann

Messungen der Flussraten	Einheit	Ist-Wert	Soll-Wert	Anforderung	Bewertung	Korrektur (neuer Ist-Wert)
Nebenflussrate für Aerosolverteiler	l/min	**15.25**	15.67	± 0.10	Nicht erfüllt	15.64
Aerosolflussrate MPSS	l/min	0.987	1.000	± 0.05	erfüllt	-
Flussrate des Prüf-CPCs	l/min	----	1.000	± 0.05	erfüllt	-
Flussrate der Schleierluft	l/min	----	4.667*	± 0.50	erfüllt	-
Flussrate Schleierlufttrocknung	l/min	5.025	Min 5.000	+3.00	erfüllt	-
Flussrate Trocknung Aerosol für MPSS	l/min	1.532	Min 1.500 Max 2.000		erfüllt	-
Flussrate Trocknung Prüf-CPC	l/min	1.528	Min 1.500		erfüllt	-

* Wert der letzten TROPOS-Messung

2.2.2 Statuswerte CPC vom MPSS DD-Winckelmann und Prüf-CPC

Ergebnis: Alle Statuswerte in Ordnung, kein Eingreifen erforderlich

Tabelle 3: Statuswerte CPC vom MPSS DD-Winckelmann und Prüf-CPC

Status	SatT	Cond T	Optic T	CabT	Amb P	OrifP	Nozz P	LasC ur	LiqLvl	ANAI n1	ANAI n2	Flash St	USB St	FirmV
Einheit	°C	°C	°C	°C	kPa	kPa	kPa	mA		V	V			
Soll-Wert	39,0	22,0	40,0	20-35	88-108	70-88	1,9-3,2	15-88						
Anforderung	+/- 0,1	+/- 0,1	+/- 0,2											
Ist-Wert CPC MPSS	39.0	22.0	40.0	33.6	98.6	84.6	3.0	47	Full	0,00	0,00	Remov	Disc.	2,12
Ist-Wert Prüf-CPC	39.0	22.0	40.0	33.1	97.9	0.2	0.0	41	Full	0,00	0,00	Remov	Disc.	2.12
Bewertung	ok	ok	ok	ok	ok	Ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok

2.2.3 Hochspannung MPSS

Ergebnis: Die Anforderungen wurden nicht erfüllt.

Eingriff: Es erfolgte ein Eingriff in das Messsystem mit einer Korrektur der Hochspannungen.

Bewertung der festgestellten Abweichung:
Die Abweichungen waren kleiner als das Kriterium für ungültige Daten.

Datenvalidierung:
Eine Streichung der Daten N2, N3 im Zeitraum von OKT 2017 bis DEZ 2017 ist nicht erforderlich.

Tabelle 4: Hochspannung des MPSS DD-Winckelmann

Prüfpunkt	**Ist-Wert (Ausgangs-spannung)**	**Soll-Wert**		**Anforderung**	**Bewertung**	**korrigierter Wert**
		Eingangsspannung	**Ausgangsspannung**			
PP1 in V	3.10	0.004	5.00	25 %	*Nicht erfüllt*	5.10
PP2 in V	10.40	0.010	12.50	10 %	*Nicht erfüllt*	12.60
PP3 in V	986.5	0.800	1000.00	1 %	*Nicht erfüllt*	999.9

2.2.4 Nulltest MPSS DD-Winckelmann

Dauer: 31.07.2017, 11:20 – 31.07.2017, 11:35 MEZ
Bemerkung: Beim Nulltest des MPSS DD-Winckelmann wurde der Filter am Einlass des MPSS DD-Winckelmann angebracht.
Anforderung: < 2 Partikel/cm³ in jedem Größenkanal nach dem 3. Durchlauf (beinhaltet Hin- und Rücklauf).
Ergebnis: Anforderungen erfüllt, keine undichten Stellen (siehe Tabelle 4).

Tabelle 5: Integrierte Gesamtpartikelanzahl (in cm^{-3}) beim Nulltest

	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8
Scan 1 SMPS	0.7	1.8	3.5	1.6	1.3	1.5	0.7
Scan 2 SMPS	0.4	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1
Scan 3 SMPS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
Scan 1 Prüf-CPC	---						
Scan 2 Prüf-CPC	---						
Scan 3 Prüf-CPC	---						

3 Durchführung von zwei Prüfungen

3.1 Prüfung der Partikelanzahlkonzentrationsbestimmung des Prüf-CPC in Außenluft

3.1.1 Durchführung

Zeitraum: 17.12.2017 05:00 – 17.12.2017 07:00 (Plausibilitätstest)

- Alle Zeiten der Plausibilitätskontrolle werden in dieser Berechnung berücksichtigt
- Bei der Berechnung wurden die jeweiligen Flussraten sowie das Koinzidenzverhalten des Partikelzählers berücksichtigt

3.1.2 Anforderungen, Ergebnisse und Bewertung

Anforderungen: Anstieg 0,90 bis 1,10

R^2 gleich/größer 0,90

Die Prüfung ergab einen Minderbefund von 3 Prozent für die Zählrate des Prüf-CPC. Die Abweichung war kleiner als die Unsicherheit des Prüfmittels.

Beide Anforderungen wurden erfüllt.

Handlungsempfehlung: keine

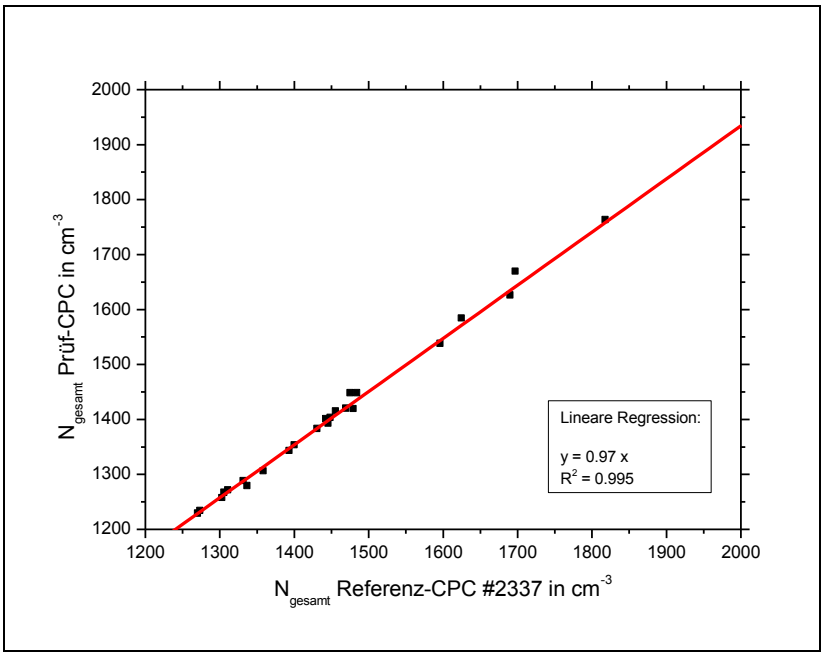


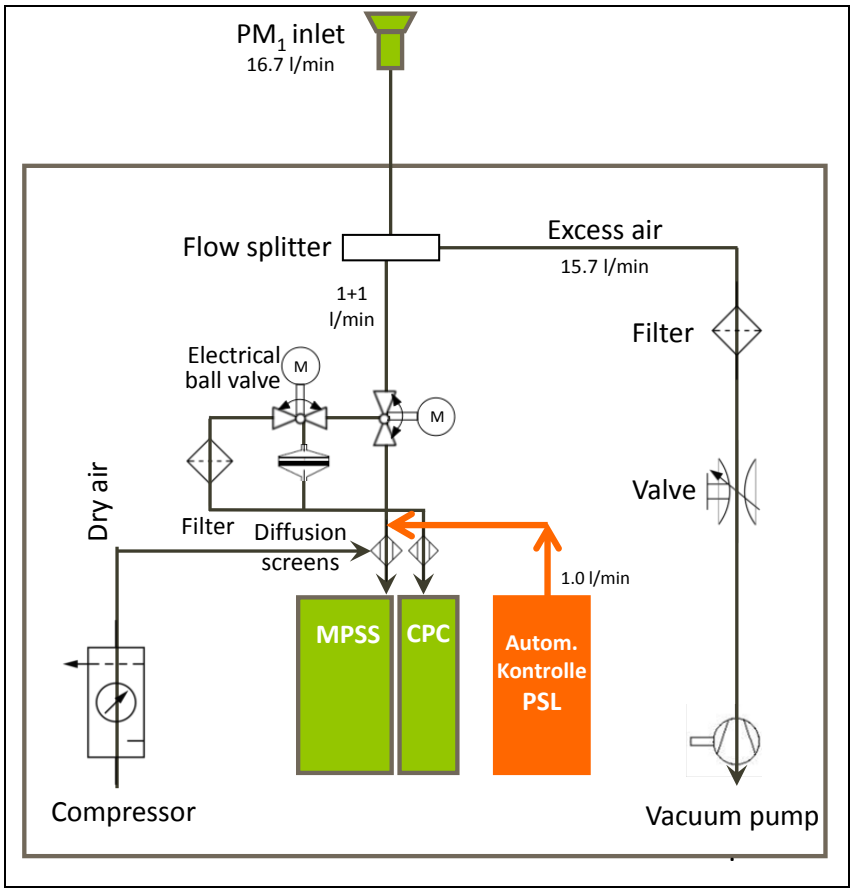
Abbildung 1: Lineare Regression der Gesamtanzahlkonzentration zwischen Prüf- Partikelzähler (Prüf-CPC – SN 3772130901) und TROPOS Referenz-Partikelzähler (SN 2337, Modell 3010) für einen Zeitraum von 2 Stunden für die Zeit des Plausibilitätstests.

3.2 Prüfung der Partikelgrößenbestimmung des MPSS mit Latex-Standard

3.1.3 Durchführung

Zeitraum: 15.12.2017 11:55 – 15.12.2017 12:15

→ Skizze Versuchsanordnung mit Flussbild mit Flüssen



3.1.4 Anforderung, Ergebnisse und Bewertung

Anforderung: +/-3 % für Soll-Partikelgröße 203 nm

p = 1000 hPa; T = 20°C
Die Prüfung ergab einen Modaldurchmesser (MPSS DD-Winckelmann): Do = 205.21 nm (2. Scan). Die Abweichung in der Partikelgröße betrug plus 1.1 Prozent. Die Abweichung war kleiner als die Unsicherheit des Prüfmittels.

Bewertung: Die Anforderung wurde erfüllt.

Handlungsempfehlung: keine

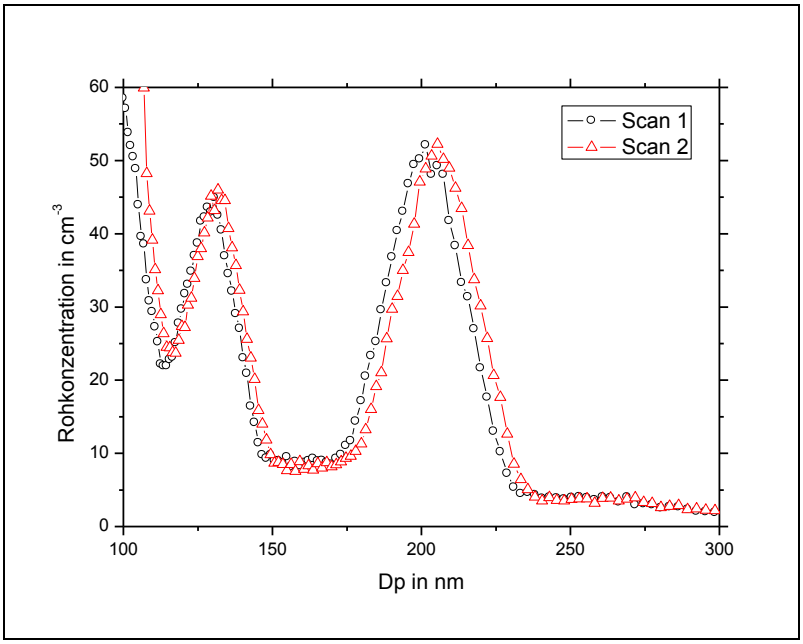
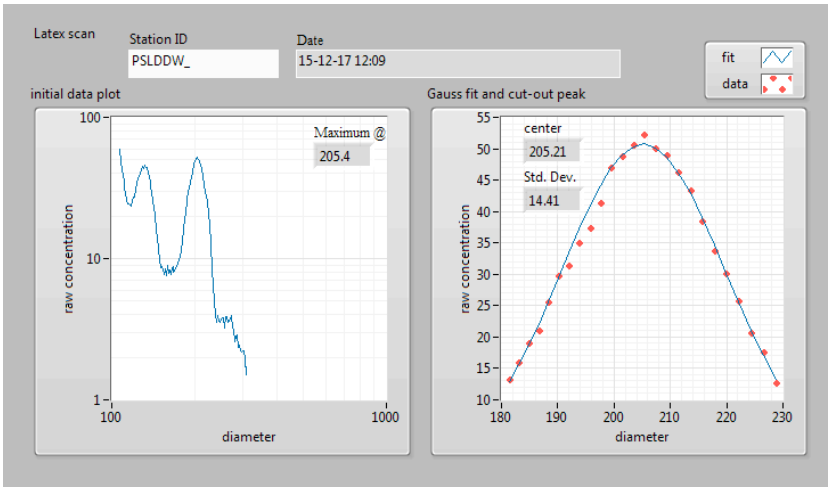


Abbildung 2: Rohkonzentrationsverteilung (in cm^{-3}) bei der Eingangsprüfung: Dargestellt sind zwei Latex 203 nm- Größenverteilungen (100-300 nm) für den Prüfling MPSS DD-Winckelmann.

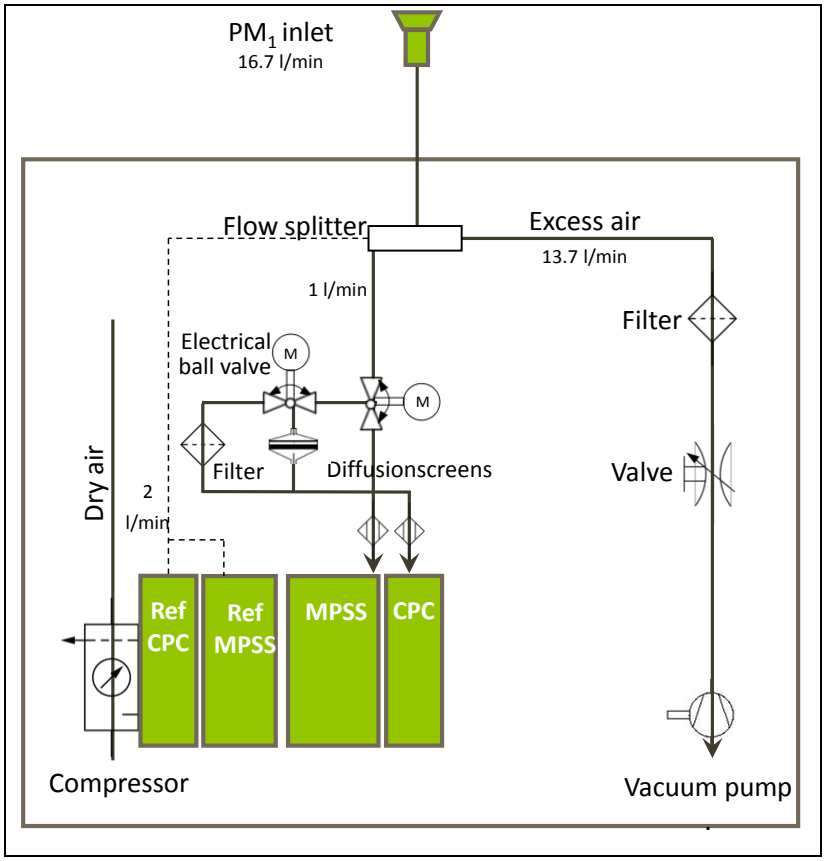


3.3 Prüfung der Bestimmung der Partikelgrößenverteilung des MPSS mit Außenluft

3.3.1 Durchführung

Zeitraum: 15.12.2017, 12:00 – 18.12.2017, 07:00

→ Skizze Versuchsanordnung mit Flussbild mit Flüssen:



Bemerkung: Für den Vergleich beider Partikelgrößenspektrometer mit Außenluft über einen Zeitraum von 3 Tagen wurde das Ref. MPSS Nr. 4 in den Aerosoleinlass des MPSS DD-Winckelmann integriert. Um die Vergleichbarkeit beider Geräte gewährleisten zu können, wurde darauf geachtet, dass

1. eine möglichst kurze Aerosolleitung zu verwenden und
2. die Trocknung beider Systeme erfolge durch ein im System eingebauten Nafiontrockner, der gewährleistet, dass die Feuchte unter 40 % liegt.

3.3.2 Anforderungen, Ergebnisse und Bewertung

Anforderungen: Zum Referenzgerät Ref. MPSS Nr. 4 wird eine Abweichung/Toleranz von +/-10 % zu, zugelassen, d.h. der Anstieg m der Regressionsgeraden für die Größenklassen N1 bzw. N2-N8 muss zwischen 0.9 und 1.1 liegen. Weiterhin muss das Bestimmtheitsmaß R^2 der Regressionsgeraden größer 0.9 sein.

Ergebnis: Das Ergebnis der Vergleichsmessung ist in Abbildung 3 im Zeitverlauf dargestellt. Das MPSS DD-Winckelmann erfüllte für sechs von sieben Komponenten die Anforderungen des Anstiegs.
Siehe auch Tabelle 7, 8 sowie Abbildung 4.

Bewertung: Die Abweichungen waren für sechs von sieben Komponenten kleiner als die Unsicherheit des Prüfmittels.

Handlungsempfehlung:

Ähnliche Abweichungen wurden im Jahr zuvor beobachtet. Danach erfolgte der Tausch des DMA. Nach einer weiteren Messperiode konnte allerdings ein Mehrbefund beobachtet werden, weshalb der DMA in der Vergangenheit wieder zurück getauscht werden musste. Deshalb wird diesmal am Instrument selbst nichts verändert.

Tabelle 6: Abweichungen der Komponenten N0 bis N8

Komponente	m	R^2	Bewertung	Korrekturvorschlag
N0 (3-5nm)	-	-	-	-
N1 (5-10nm)	-	-	-	-
N2 (10-20nm)	0.72	0.988	m nicht erfüllt	-
N3 (20-30nm)	0.90	0.997	erfüllt	-
N4 (30-50nm)	0.95	0.978	erfüllt	-
N5 (50-70nm)	0.96	0.997	erfüllt	-
N6 (70-100nm)	0.98	0.999	erfüllt	-
N7 (100-200nm)	1.01	0.999	erfüllt	-
N8 (200-800nm)	0.95	0.995	erfüllt	-

Tabelle 7: Zusammenfassung der Ergebnisse aus den Berechnung der einzelnen Größenklassen: Anstieg und Bestimmtheitsmaß der Regressionsgeraden sowie Mittelwerte und Standardabweichungen der einzelnen Geräte für die ausgewählten Zeiträume

Größenklasse	Anstieg	R^2	Referenz	Referenz	DDWi	DDWi
			Mittelwert	*Stabw*	*Mittelwert*	*Stabw*
N2(10-20nm)	0.72	0.988	1126	653	804	477
N3(20-30nm)	0.9	0.997	827	538	745	487
N4(30-50nm)	0.95	0.978	1039	675	990	655
N5(50-70nm)	0.96	0.997	655	460	630	443
N6(70-100nm)	0.98	0.999	593	468	582	460
N7(100-200nm)	1.01	0.999	688	511	697	510
N8(200-800nm)	0.95	0.995	237	97	224	96

Tabelle 8: Prozentuale Abweichung des MPSS für Mittelwert, 75-Perzentil, Median und 25-Perzentil

Komponente	Mittelwert	75-Perzentil	Median	25-Perzentil
N2 (10-20)	-28.6	-25.9	-28.4	-31.4
N3 (20-30)	-10.0	-12.0	-9.7	-10.1
N4 (30-50)	-4.8	-8.4	-7.1	-5.7
N5 (50-70)	-3.8	-0.4	-3.9	-2.2
N6 (70-100)	-1.9	-1.2	-1.7	-1.3
N7 (100-200)	1.4	0.1	1.5	2.5
N8 (200-800)	-5.2	-5.1	-4.2	-6.1

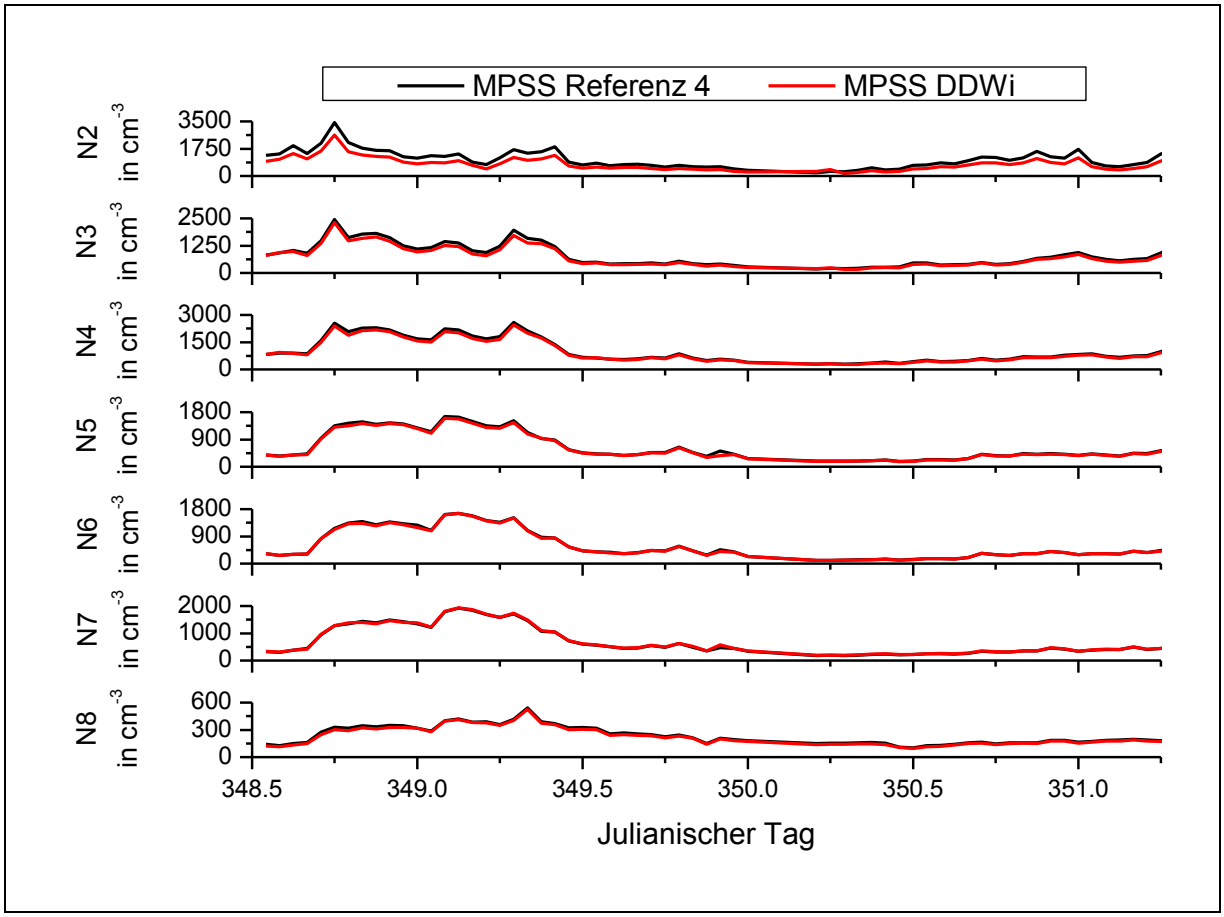


Abbildung 3: Zeitreihe der integrierten Gesamtpartikelanzahl für 7 Größenklassen (N2-N8), Stundenmittelwerte für einen Zeitraum von 4 Tagen: Vergleich von Referenzinstrument (MPSS Referenz 4) und Prüfling (MPSS DD-Winckelmann) für Außenluft (Zeitraum: 15.12.2017, 12:00 – 18.12.2017, 07:00); verfügbar waren 5-Minutenwerte.

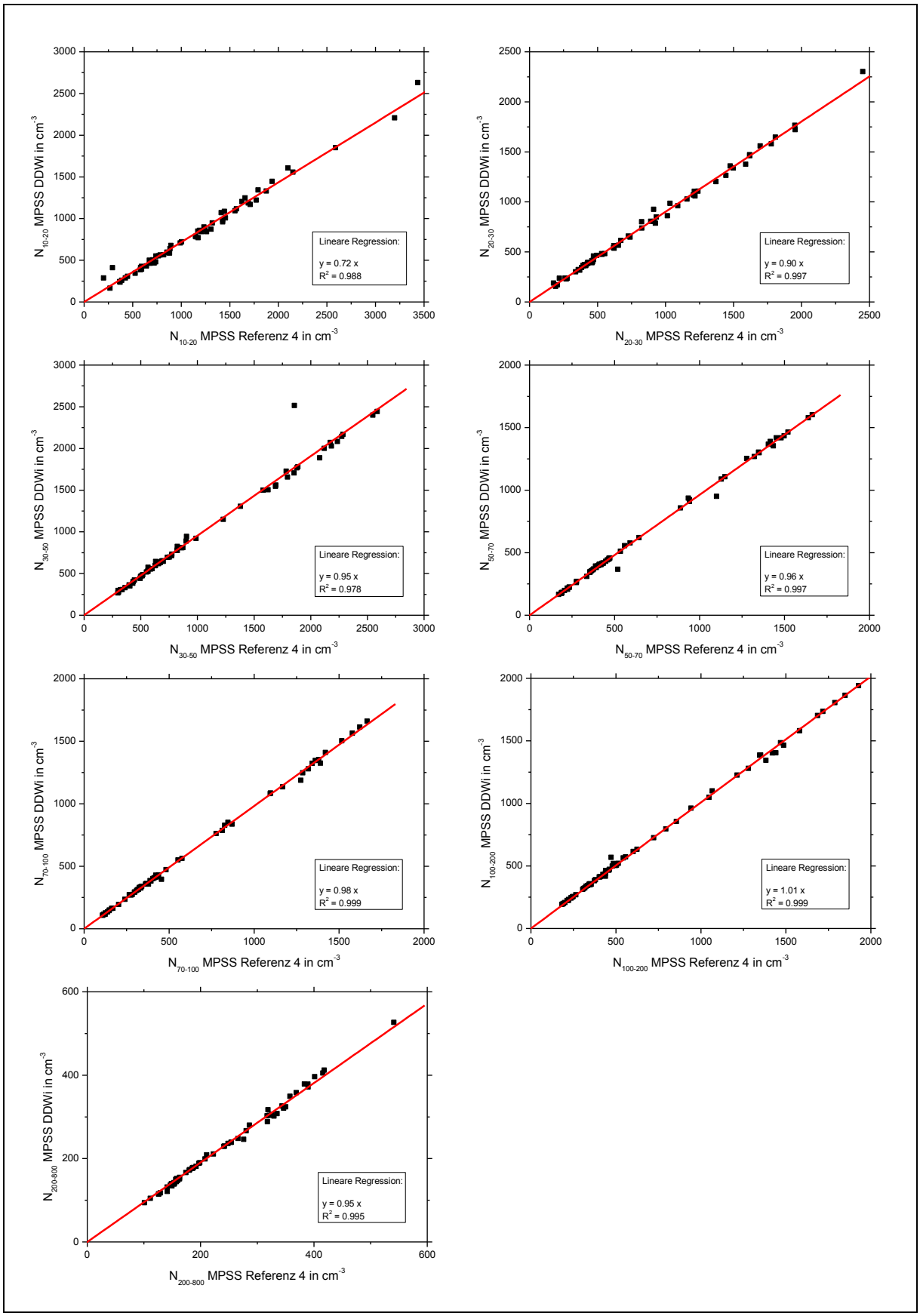


Abbildung 4: Regressionsgeraden zwischen Referenzinstrument (MPSS Referenz 4) und Prüfling (MPSS DD-Winckelmann) für Außenluft (Zeitraum: 15.12.2017, 12:00 – 18.12.2017, 07:00) für die 7 Größenklassen N2-N8, Stundenmittelwerte (verfügbar waren 5-Minuten-Werte).

4 Zusammenfassung

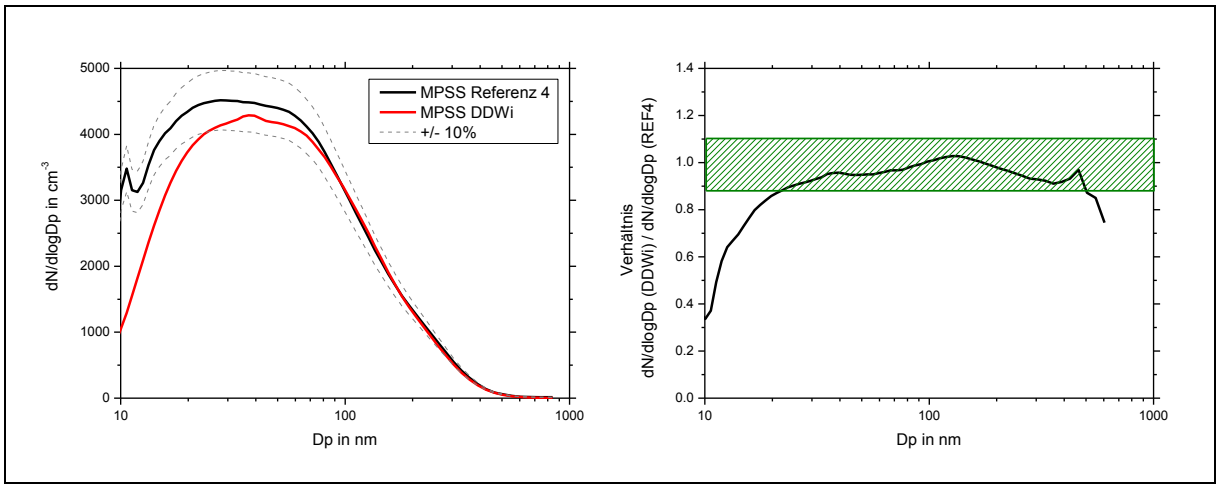


Abbildung 5: Vergleich der Partikelgrößenverteilung in Außenluft für die Größenspektrometer Referenzinstrument (MPSS Referenz 4) und Prüfling (MPSS DD-Winckelmann) (links) sowie das Verhältnis beider Größenverteilungen (rechts) für den Zeitraum 15.12.2017, 12:00 – 18.12.2017, 07:00, (verfügbar waren 5-Minuten-Werte).

Zeitreihen der Gesamtanzahlkonzentration:

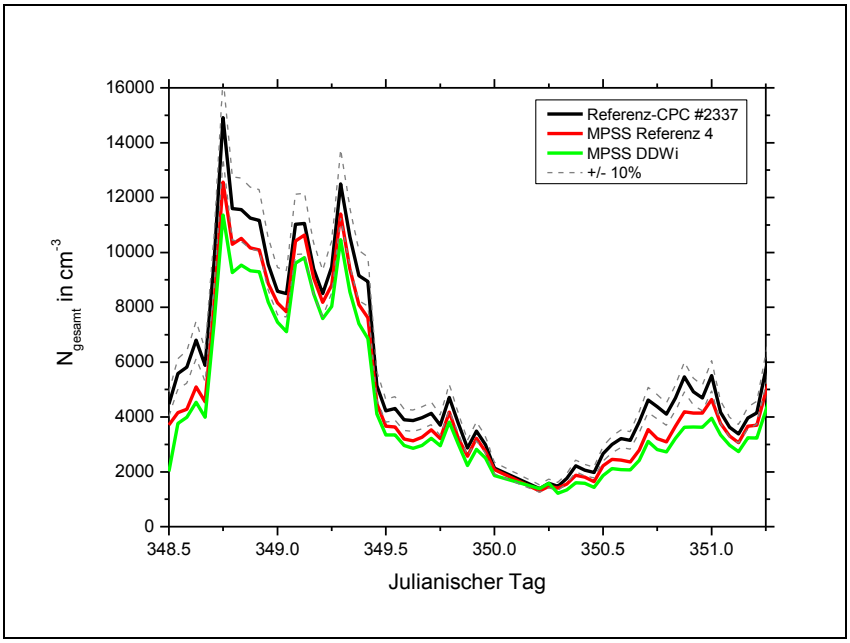


Abbildung 6: Zeitreihe der Gesamtanzahlkonzentration; dargestellt sind der Referenz-Partikelzähler vom TROPOS (SN 2337) in schwarz, das MPSS Referenz No. 4 in rot und das MPSS DD-Winckelmann in grün für den Zeitraum: 15.12.2017, 12:00 – 18.12.2017, 07:00, (verfügbar waren 5-Minuten-Werte); die zulässige Toleranz von 10 Prozent zum Totalzähler ist in grau dargestellt.

Lineare Regression der Gesamtpartikelanzahlkonzentration:

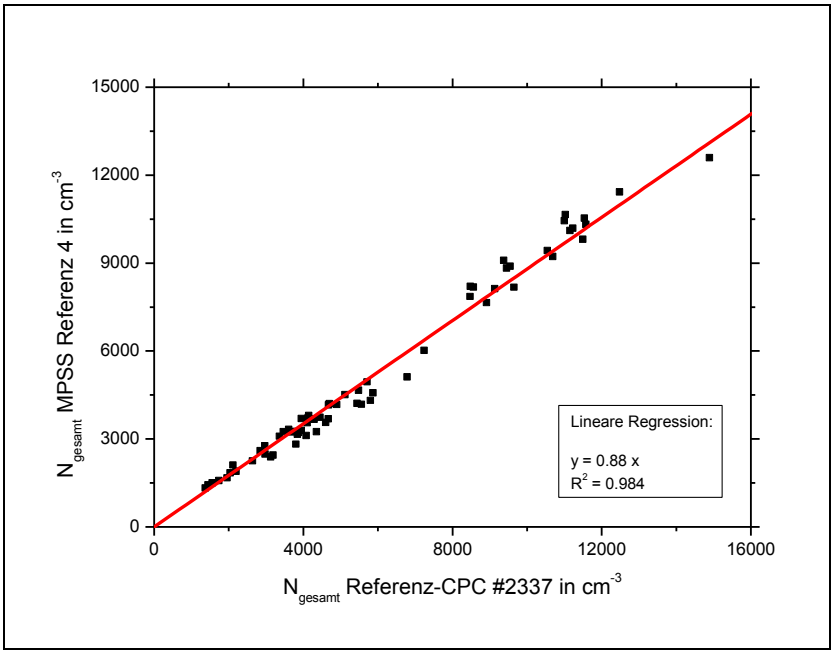


Abbildung 7: Lineare Regression der Anzahlkonzentration zwischen dem TCPC Referenz (SN 2337) und dem MPSS Referenz 4 für den Zeitraum: 15.12.2017, 12:00 – 18.12.2017, 07:00, Stundenmittelwerte (verfügbar waren 5-Minuten-Werte).

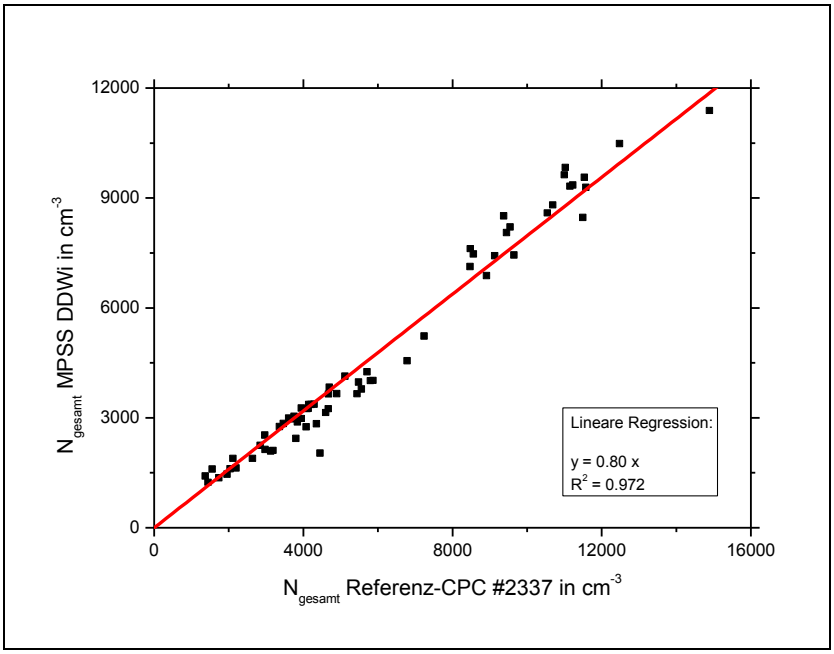


Abbildung 8: Lineare Regression der Anzahlkonzentration zwischen dem TCPC Referenz (SN 2337) und dem MPSS DD-Winckelmann für den Zeitraum: 15.12.2017, 12:00 – 18.12.2017, 07:00, Stundenmittelwerte (verfügbar waren 5-Minuten-Werte).

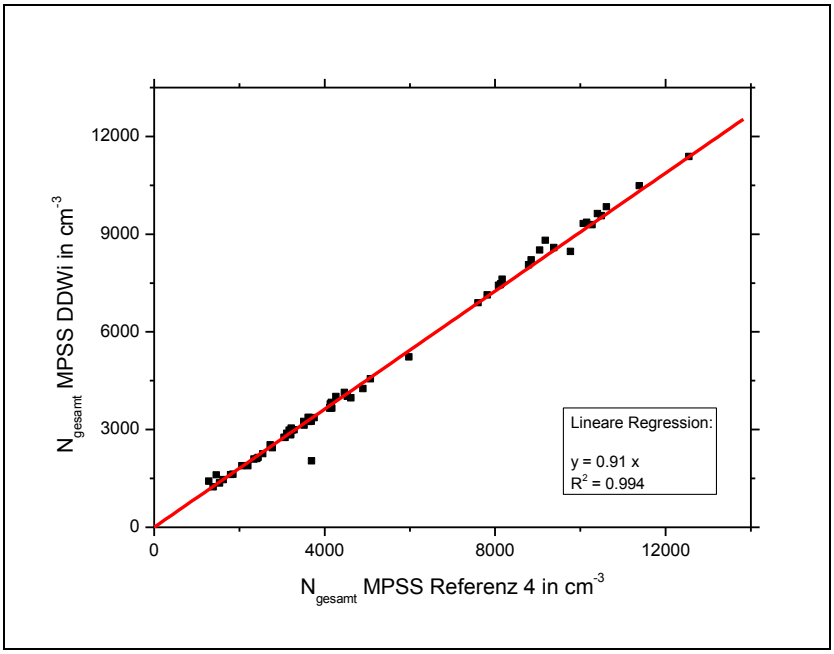


Abbildung 9: Lineare Regression der Anzahlkonzentration zwischen dem MPSS Referenz 4 und dem MPSS DD-Winckelmann für den Zeitraum: 15.12.2017, 12:00 – 18.12.2017, 07:00, Stundenmittelwerte (verfügbar waren 5-Minuten-Werte).