Intercomparison of Mobility Particle Size Spectrometers

Project No.:	***OSIA-2016-2-9***
Principal Investigator:	
Home Institution:	*BfUL – Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft*
Participant:	
Candidate:	**DE-BFUL-Dresden-Nord**
Made by:	TROPOS
Counter (SN):	TSI CPC Model 3010, SN: 2342 TSI UCPC Model 3025, SN: 1321
Software:	LabView Scan66, Version 6.1
Location of the quality assurance:	On-Site Intercomparison Dresden-Nord, Saxony, Germany
Comparison period:	September 09, 2016 – September 12, 2016
Last Intercomparison (with Project No.):	*MPSS-*

Summary of Intercomparison

Pre-Status:
The candidate passed the quality standards of ACTRIS and GAW during the incoming checks. The system is within the range of +/-10% of the TROPOS Reference MPSS.

Final Status:
The candidate passed the quality standards of ACTRIS and GAW.

III. Qualitätssicherungsexperiment 2016
MPSS Dresden-Nord

1 Allgemeine Beschreibung

Beginn: 09.09.2016
Ende: 12.09.2016

Ort: Luftgütemessnetz Sachsen, Messstation Dresden-Nord

Letztes Qualitätssicherungsexperiment: APR 2016

Prüfende Person: Dipl. –Met. Maik Merkel

Prüflinge: Partikelmobilitätsspektrometer (T)MPSS DD-Nord (Labview-Version: 2013; Software-Version: 5.7) mit neuer Funktionskontrolle (Prüf-CPC3772; Serien-Nr. 3772121101; letzte Kalibrierung: APR 2016)
Probenahmesystem: PM1-Einlass

Referenzgeräte: MPSS Nr.2 – Leibniz-Institut für Troposphärenforschung (mit CPC-Modell 3772; Serien-Nr. 70835059; Labview-Version: 2013; Software-Version: 5.6)
Total-CPC Modell 3760A, SN 235
Messunsicherheit Vergl. Tabelle 1

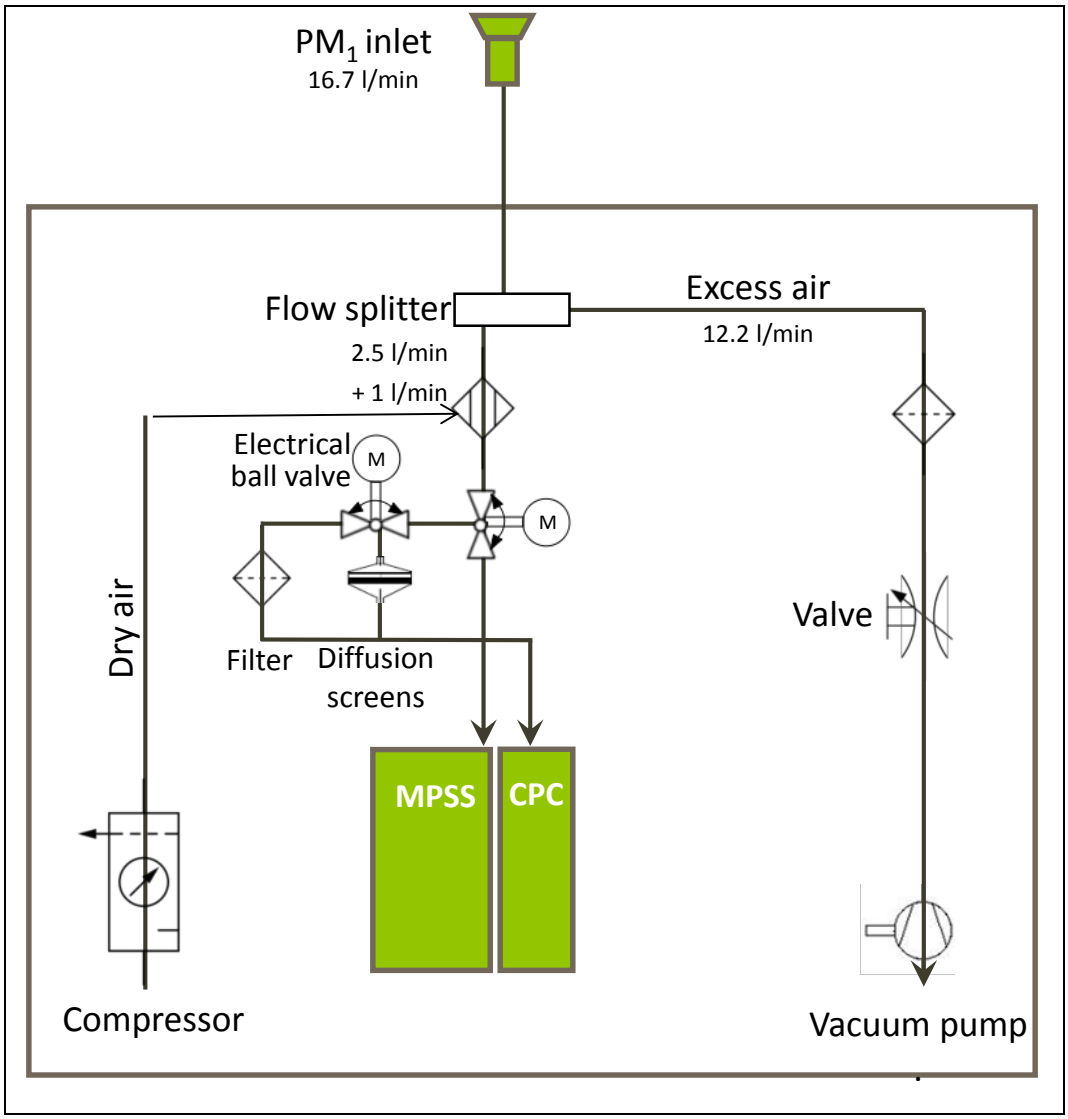
Hilfsmittel: Aerosolerzeugungseinheit Mobiler Aerosolstandard (PariBoy)
Nullfilter
Gilibrator (Gerät: T; letzte Kalibrierung: 2013)
Multimeter (Hersteller & Modell: Voltcraft Multimeter VC-220)
PSL 203 nm (Charge: 44294; Haltbarkeitsdatum: 03/2018)

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: 09.09.2016, 12:10 – 09.09.2016, 12:15

Ergebnis: Anforderung des Nebenstroms wurde nicht erfüllt!
Dieser wurde um 2 lpm auf 12.16 lpm gesenkt, da ein MPSS Referenz sowie ein Referenz-Partikelzähler am Einlass integriert wurden

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

Messungen der Flussraten	Einheit	Ist-Wert	Soll-Wert	Anforderung	Bewertung	Korrektur (neuer Ist-Wert)
Nebenflussrate für Aerosolverteiler	l/min	14.46	14.17	± 0.10	**nicht erfüllt**	12.16
Aerosolflussrate MPSS	l/min	2.521	2.500	± 0.10	erfüllt	-
Flussrate der CPCs	l/min	UCPC: 1.503 CPC: 1.023	UCPC: 1.500 CPC: 1.000	± 0.1/0.05	erfüllt	-
Flussrate der Schleierluft	l/min			± 0.50	erfüllt	-
Flussrate Schleierlufttrocknung	l/min	DMA: 5.520 UDMA: 14.83	Min 4.000 DMA Min 10.00 UDMA	+3.00	erfüllt	5.050 15.28
Flussrate Trocknung Aerosol für MPSS	l/min	2.709	Min 1.500 Max 5.000		erfüllt	-

2.2.2 Statuswerte CPC vom MPSS DD-Nord

Ergebnis: Alle Statuswerte in Ordnung, kein Eingreifen erforderlich

Tabelle 3: Statuswerte CPC vom MPSS DD-Nord 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		70-88	1,9-3,2	15-88						
Anforderung	+/-0,1	+/-0,1	+/-0,2											
Ist-Wert UCPC MPSS	39,0	10,1	37,0	ok					Full					
Ist-Wert CPC MPSS	ok	ok	ok	ok					Full					
Ist-Wert Prüf-CPC	39,0	22,0	40,0	37,5	99,1	0,1	0,0	41	Full					
Bewertung	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok

2.2.3 Hochspannung MPSS

Ergebnis: Die Anforderungen wurden erfüllt.

Eingriff: Es erfolgte ein Eingriff in das Messsystem mit einer geringfügigen 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 APR 2016 bis SEP 2016 ist nicht erforderlich.

Tabelle 4: Hochspannung des MPSS DD-Nord

12.5 kV – Hochspannungsversorgung:

Prüfpunkt	**Ist-Wert (Ausgangs-spannung)**	**Soll-Wert**		**Anforderung**	**Bewertung**	**korrigierter Wert**
		Eingangsspannung	**Ausgangsspannung**			
PP1 in V	5.70	0.004	5.00	25 %	erfüllt	4.95
PP2 in V	100.4	0.080	100.00	10 %	erfüllt	
PP3 in V	1000.9	0.800	1000.00	1 %	erfüllt	

3.5 kV – Hochspannungsversorgung:

Prüfpunkt	**Ist-Wert (Ausgangs-spannung)**	**Soll-Wert**		**Anforderung**	**Bewertung**	**korrigierter Wert**
		Eingangsspannung	**Ausgangsspannung**			
PP1 in V	3.76	0.010	3.5	25 %	erfüllt	
PP2 in V	28.1	0.080	28.00	10 %	erfüllt	
PP3 in V	280.1	0.800	280.00	10 %	erfüllt	

2.2.4 Nulltest MPSS

Dauer: 09.09.2016, 11:50 – 09.09.2016, 12:05 MEZ
Bemerkung: Beim Nulltest des MPSS DD-Nord wurde ein Nullfilter am Einlass des Größenspektrometers angebracht.
Anforderung: < 2 Partikel/cm³ in jedem Größenkanal nach dem 3. Durchlauf (beinhaltet Hin- und Rücklauf).
Ergebnis: Anforderungen erfüllt, keine undichten Stellen (siehe Tabelle 5).

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

	Prüf-CPC	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8
Scan 1 MPSS	-	517	810	1247	608	388	1115	33
Scan 2 MPSS	-	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
Scan 3 MPSS	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1

3 Durchführung von drei Prüfungen

3.1 Prüfung der Partikelanzahlkonzentrationsbestimmung zwischen Referenzzähler und Prüf-Partikelzähler

3.1.1 Durchführung

Zeitraum: 11.09.2016, 05:00-07:00 (Plausibilitätstest)

3.1.2 Anforderungen, Ergebnisse und Bewertung

Anforderungen: Anstieg 0.90 bis 1.10

R^2 gleich/größer 0.90

Die Prüfung ergab einen Mehrbefund von 3 Prozent im Zählverhalten des Prüf-CPCs im Vergleich zum Referenz-Partikelzähler. Die Abweichung war kleiner als die Unsicherheit des Prüfmittels.

Beide Anforderungen wurden erfüllt.

Handlungsempfehlung: keine

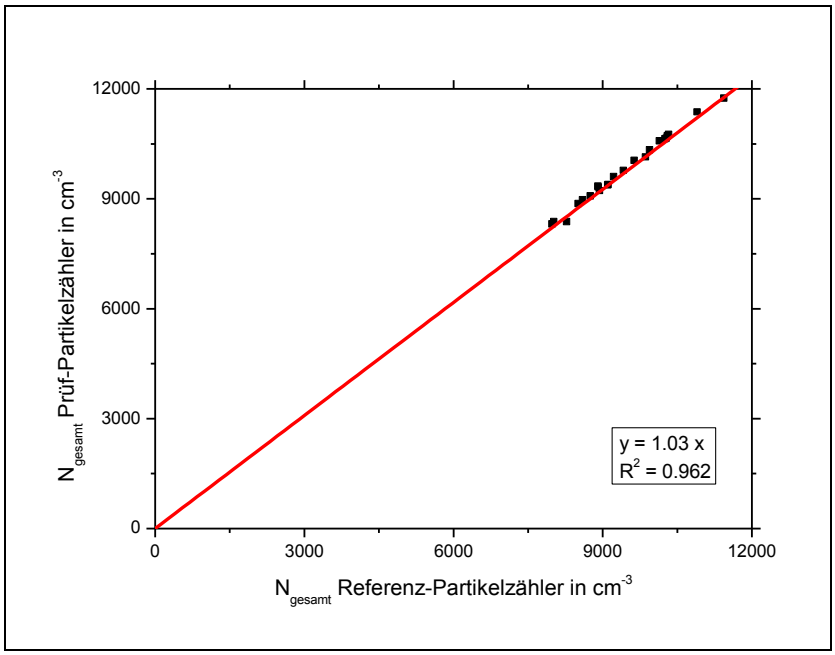
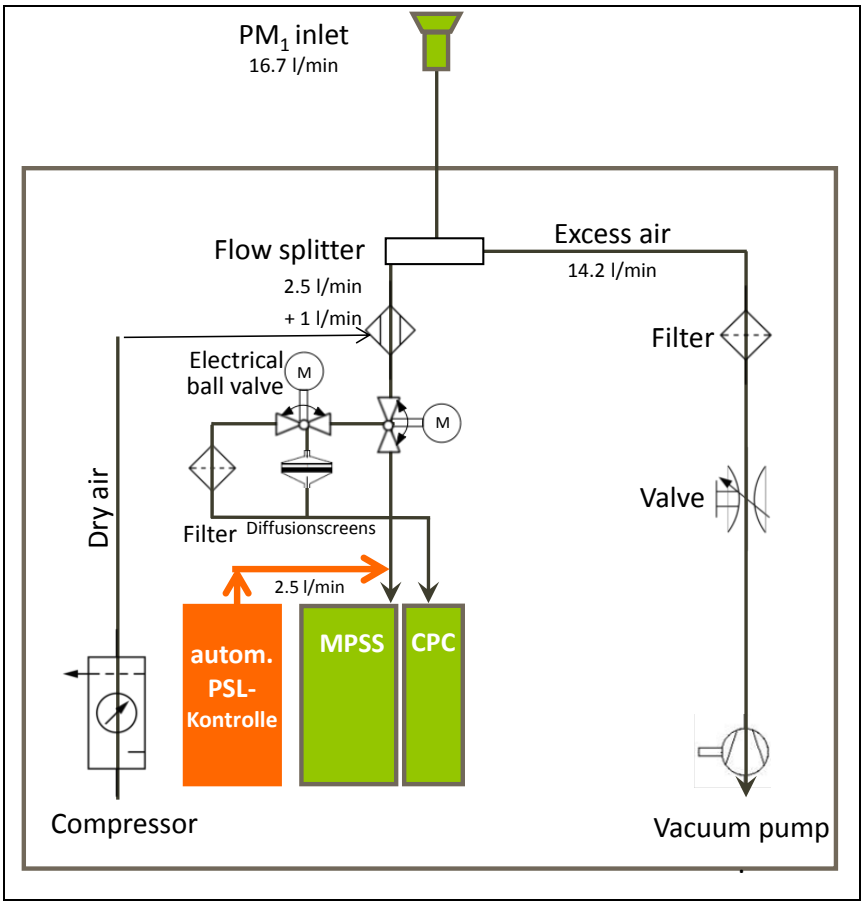


Abbildung 1: Lineare Regression zwischen Referenz-Partikelzähler (SN 235) und Prüf-Partikelzähler (SN 3772121101) für die Bestimmung der Gesamtanzahlkonzentration in Außenluft während der Funktionskontrolle (Plausibilitätstest); verfügbar waren 5-Minuten-Mittelwerte.

3.2 Prüfung der Partikelgrößenbestimmung des MPSS mit Latex-Standard

3.2.1 Durchführung

Zeitraum: 09.09.2016, 12:40 – 09.09.2016, 12:50



3.2.2 Anforderung, Ergebnisse und Bewertung

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

Die Prüfung ergab einen Modaldurchmesser (MPSS DD-Nord): D_o = 198.92 nm
Die Abweichung in der Partikelgröße betrug -2.0 %. Die Abweichung war kleiner als die Unsicherheit des Prüfmittels.

Bewertung: Die Anforderung wurde erfüllt.

Handlungsempfehlung: keine

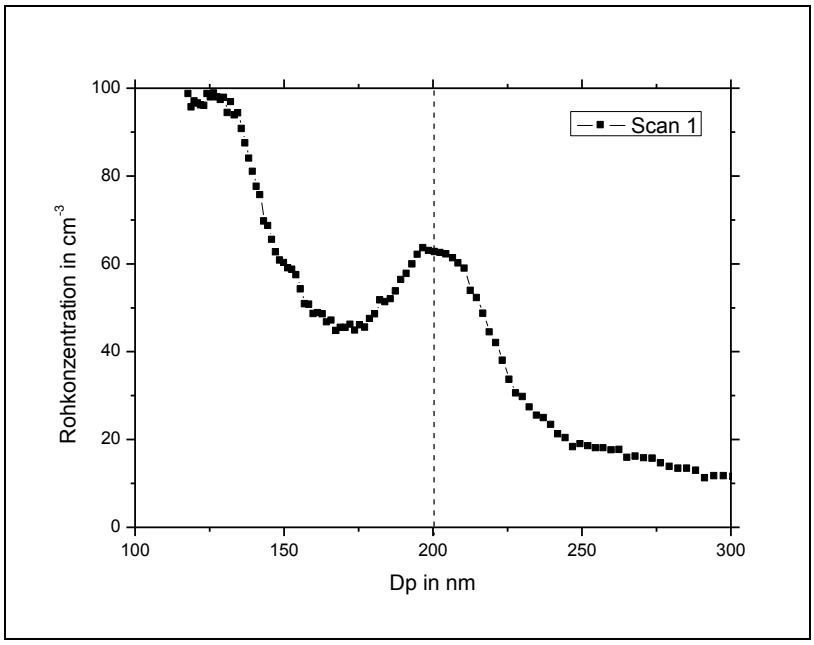
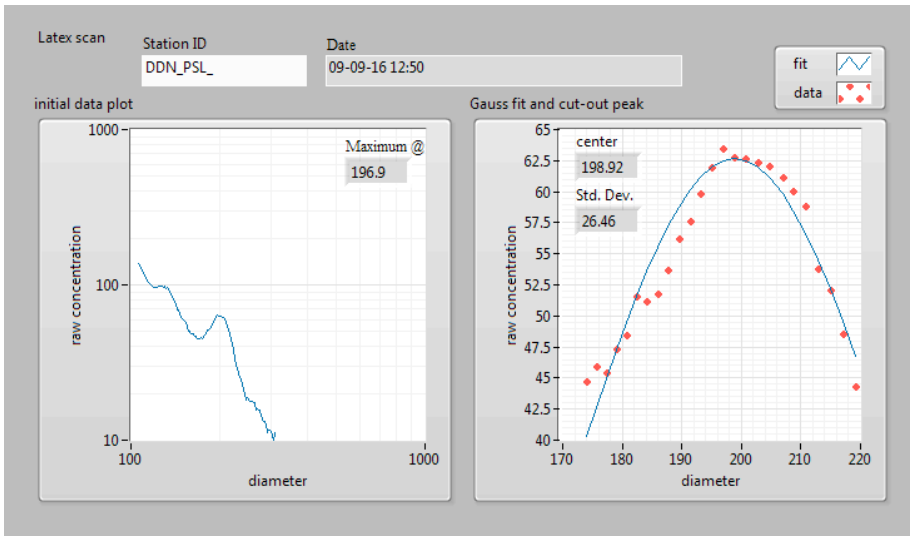


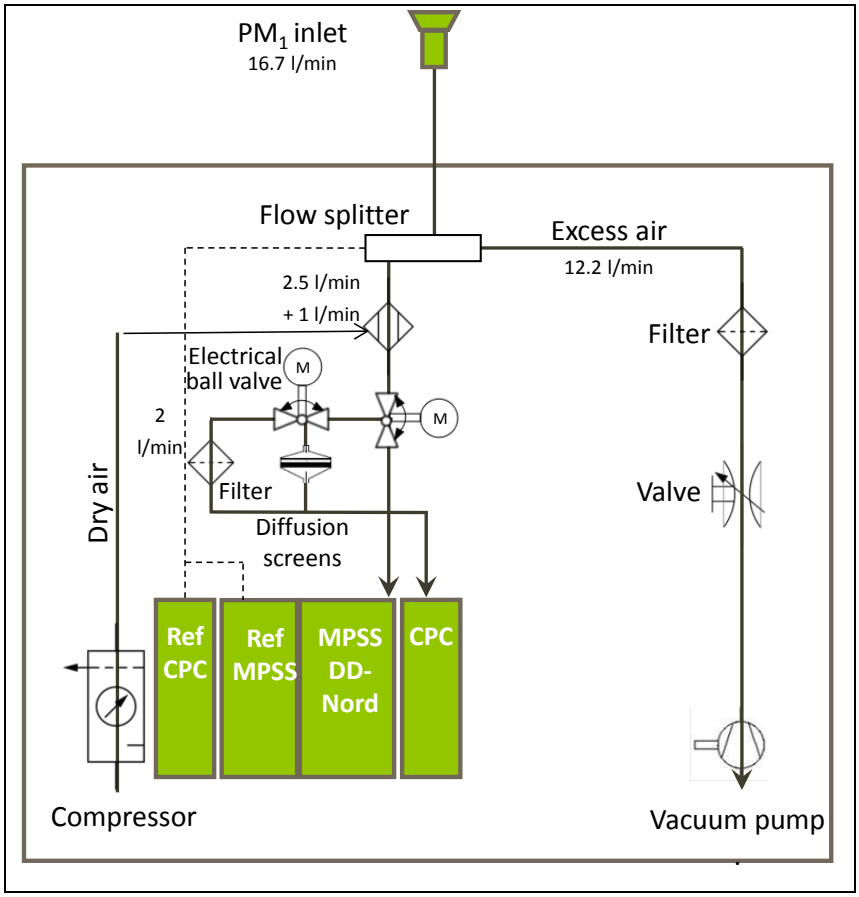
Abbildung 2: Rohkonzentrationsverteilung (in cm^{-3}) bei der Eingangsprüfung: Dargestellt ist eine Latex-203 nm- Größenverteilung (100-300 nm) für den Prüfling MPSS DD-Nord.



3.3 Prüfung der Bestimmung der Partikelgrößenverteilung des MPSS mit Außenluft

3.3.1 Durchführung

Zeitraum: 09.09.2016, 14:00 – 12.09.2016, 08:00



Bemerkung: Für den Vergleich beider Partikelgrößenspektrometer mit Außenluft über einen Zeitraum von 4 Tagen wurde das MPSS DD-Nord zum Referenz-Gerät verglichen. Um die Vergleichbarkeit der Geräte gewährleisten zu können, wurde darauf geachtet, dass

1. eine jeweils gleich lange 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 MPSS Referenz Nr. 2 wird eine Abweichung/Toleranz von +/- 10 % 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-Nord erfüllte für sieben von sieben Komponenten die Anforderungen des Anstiegs der linearen Regression.
Die Anforderungen im Bestimmtheitsmaß werden bei sechs von sieben Komponenten erfüllt (Tabelle 6).
Siehe auch Tabelle 8, Tabelle 8 sowie Abbildung 3.

Bewertung: Die Abweichungen waren für sieben von sieben Komponenten kleiner als die Unsicherheit des Prüfmittels (im Anstieg).

Handlungsempfehlung: keine

Tabelle 6: Abweichungen der Komponenten N0 bis N8

Komponente	m	R^2	Bewertung	Korrekturvorschlag
N0 (3-5nm)	-	-	-	-
N1 (5-10nm)	-	-	-	-
N2 (10-20nm)	1.02	0.880	R^2 nicht erfüllt	-
N3 (20-30nm)	0.97	0.971	erfüllt	-
N4 (30-50nm)	0.97	0.988	erfüllt	-
N5 (50-70nm)	0.97	0.996	erfüllt	-
N6 (70-100nm)	0.95	0.994	erfüllt	-
N7 (100-200nm)	0.92	0.993	erfüllt	-
N8 (200-800nm)	0.90	0.984	erfüllt	-

Tabelle 7: Zusammenfassung der Ergebnisse aus den Berechnung der einzelnen Größenklassen: Anstieg und Bestimmtheitsmaß der Regressionsgeraden sowie Mittelwerte und Standardabweichungen der einzelnen Geräte über den gesamten Zeitraum

Größenklasse	**Anstieg**	**R^2**	**Referenz**	**Referenz**	**DD-Nord**	**DD-Nord**
			Mittelwert	*Stabw*	*Mittelwert*	*Stabw*
N2 (10-20 nm)	1.02	0.88	1501	1164	1626	1136
N3 (20-30 nm)	0.97	0.971	1240	902	1249	819
N4 (30-50 nm)	0.97	0.988	2018	1443	2005	1349
N5 (50-70 nm)	0.97	0.996	1485	1064	1453	1016
N6 (70-100 nm)	0.95	0.994	1479	923	1414	860
N7 (100-200 nm)	0.92	0.993	2043	749	1887	685
N8 (200-800 nm)	0.9	0.984	601	134	540	121

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

Komponente	Mittelwert	75-Perzentil	Median	25-Perzentil
N1	---	---	---	---
N2	+8.3	-1.9	+20.6	+12.0
N3	+0.7	-1.2	+13.8	+9.4
N4	-0.7	+1.3	+0.3	+3.6
N5	-2.1	-1.7	-0.2	+2.4
N6	-4.4	-3.8	-1.1	-2.8
N7	-7.7	-5.7	-6.3	-7.1
N8	-10.2	-9.2	-9.6	-11.0

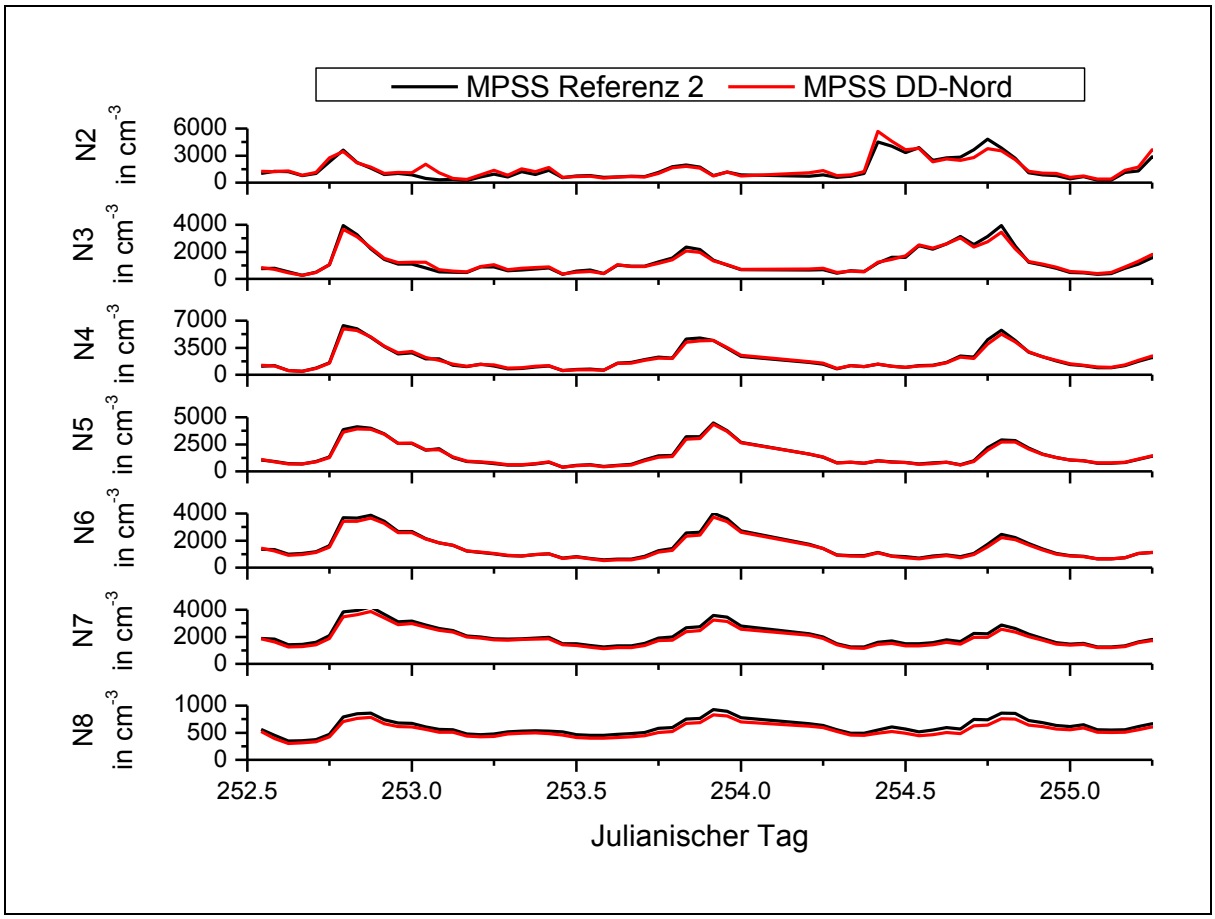


Abbildung 3: Zeitreihe der integrierten Gesamtpartikelanzahl für 7 Größenklassen (N2-N8), Stundenmittelwerte für einen Zeitraum von 4 Tagen: Vergleich von Referenzinstrument (MPSS Referenz 2) und Prüfling MPSS DD-Nord für Außenluft (Zeitraum: 09.09.2016, 14:00 – 12.09.2016, 08:00).

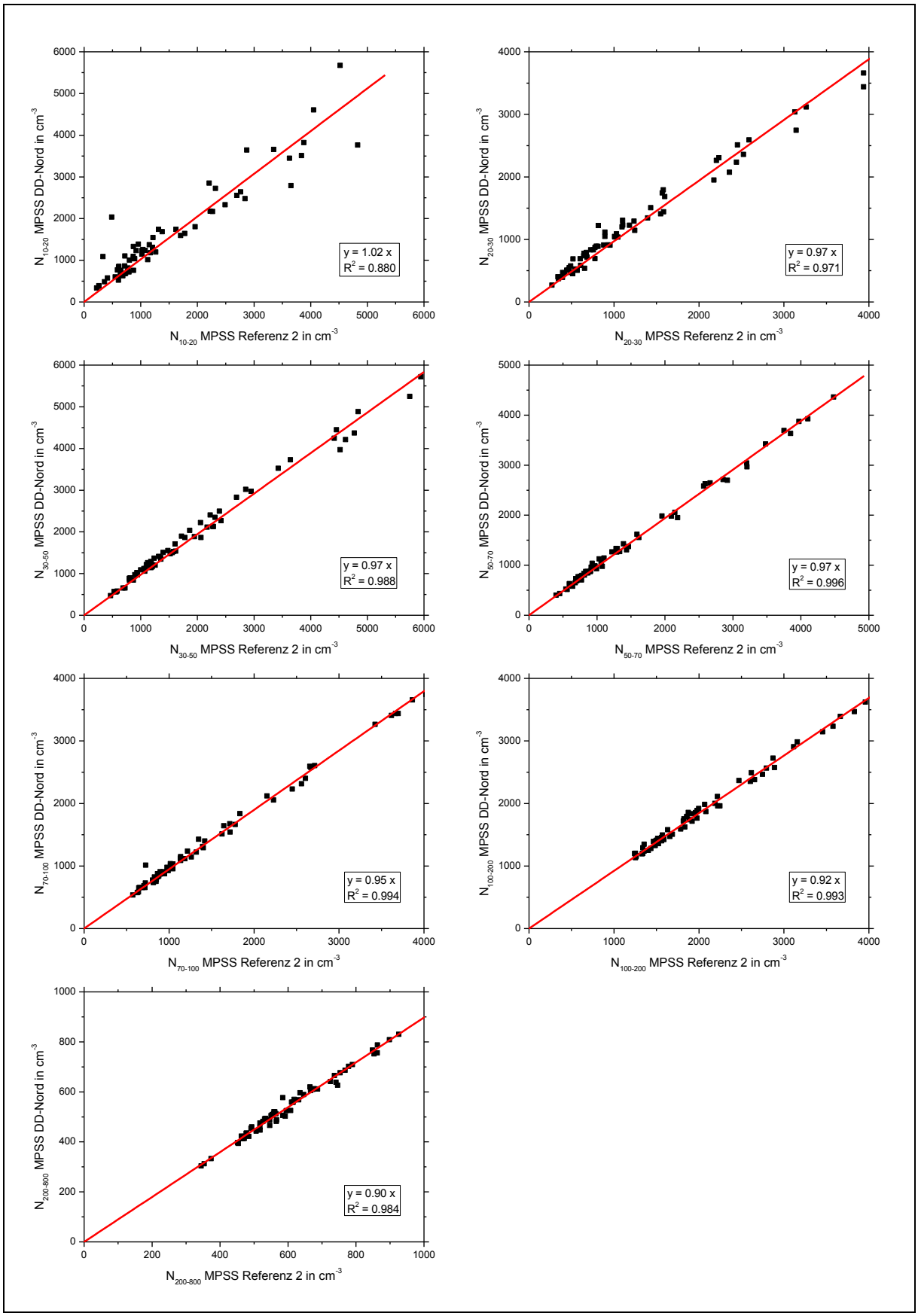


Abbildung 4: Regressionsgeraden zwischen Referenzinstrument (MPSS Referenz 2) und Prüfling (MPSS DD-Nord) für Außenluft (Zeitraum: 09.09.2016, 14:00 – 12.09.2016, 08:00) für die 7 Größenklassen N2-N8, (Stundenmittelwerte).

4 Zusammenfassung

Gesamter Zeitraum:

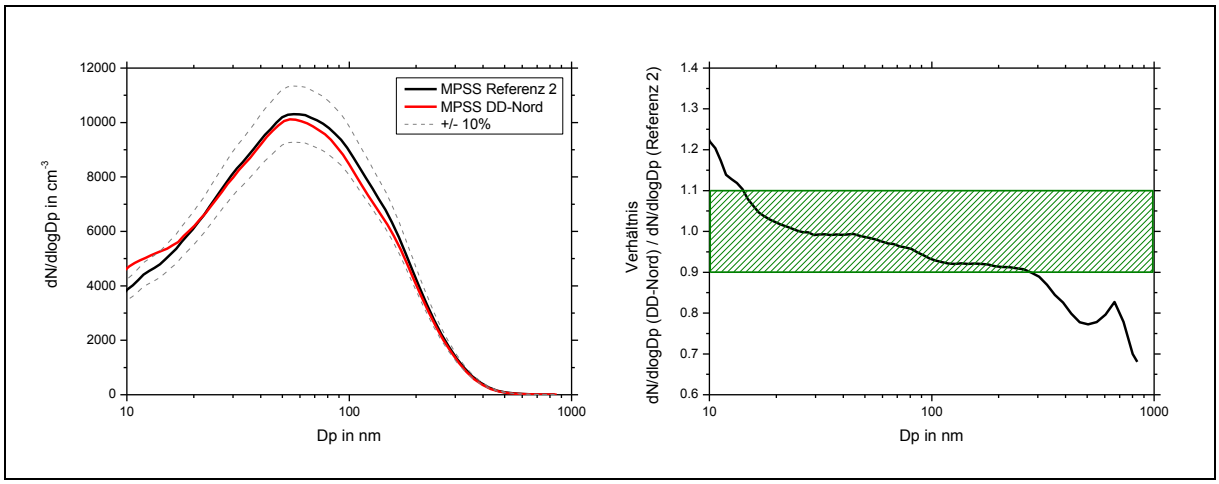


Abbildung 5: Vergleich der Partikelgrößenverteilung in Außenluft für die Größenspektrometer Referenzinstrument (MPSS Referenz 2) und Prüfling (MPSS DD-Nord); Zeitraum: 09.09.2016, 14:00 – 12.09.2016, 08:00; der Toleranzbereich von plus/minus 10 Prozent ist in grau dargestellt.

Zeitreihe der Gesamtpartikelanzahl:

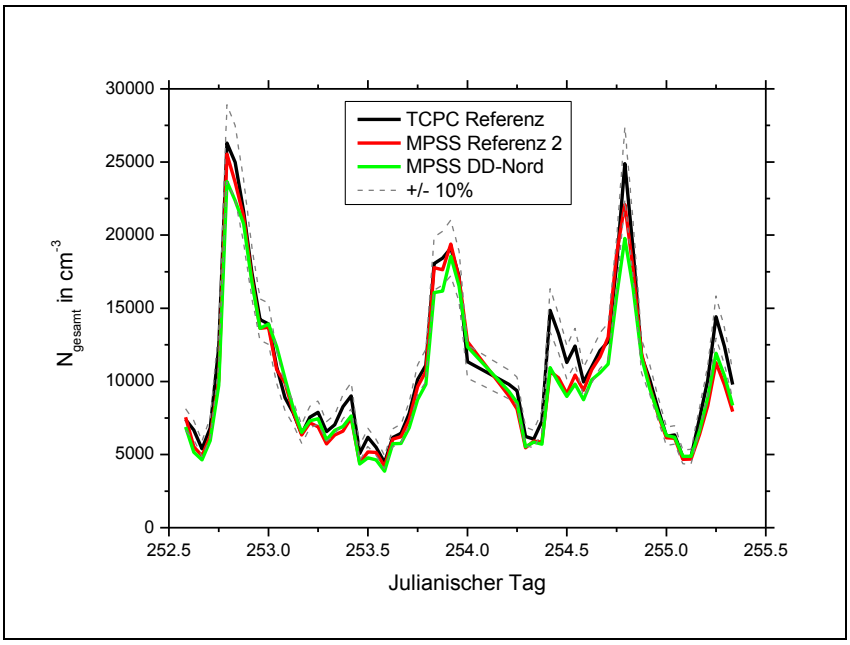


Abbildung 6: Vergleich der Gesamtpartikelanzahl für Außenluft zwischen Prüfling MPSS DD-Nord und dem Referenzinstrument (MPSS Referenz 2) sowie dem Referenz-Partikelzähler SN 235; Zeitraum: 09.09.2016, 14:00 – 12.09.2016, 08:00; der Toleranzbereich von plus/minus 10 Prozent ist in grau dargestellt.

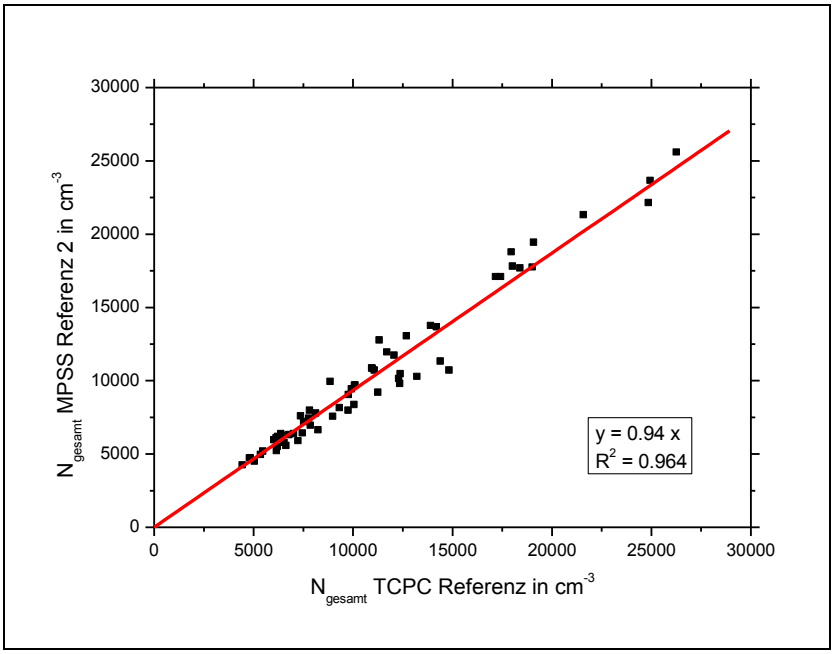


Abbildung 7: Lineare Regression für Außenluft zwischen Prüfling MPSS Referenz 2 und dem Referenz-Partikelzähler SN 235; Zeitraum: 09.09.2016, 14:00 – 12.09.2016, 08:00; verfügbar waren 5-Minutenwerte.

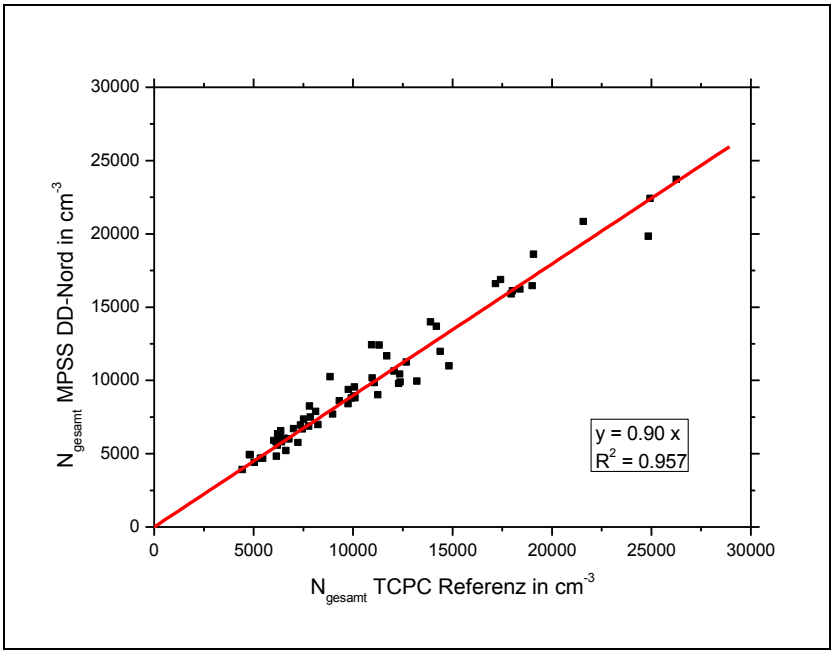


Abbildung 8: Lineare Regression für Außenluft zwischen Prüfling MPSS DD-Nord und dem Referenz-Partikelzähler SN 235; Zeitraum: 09.09.2016, 14:00 – 12.09.2016, 08:00; verfügbar waren 5-Minutenwerte.

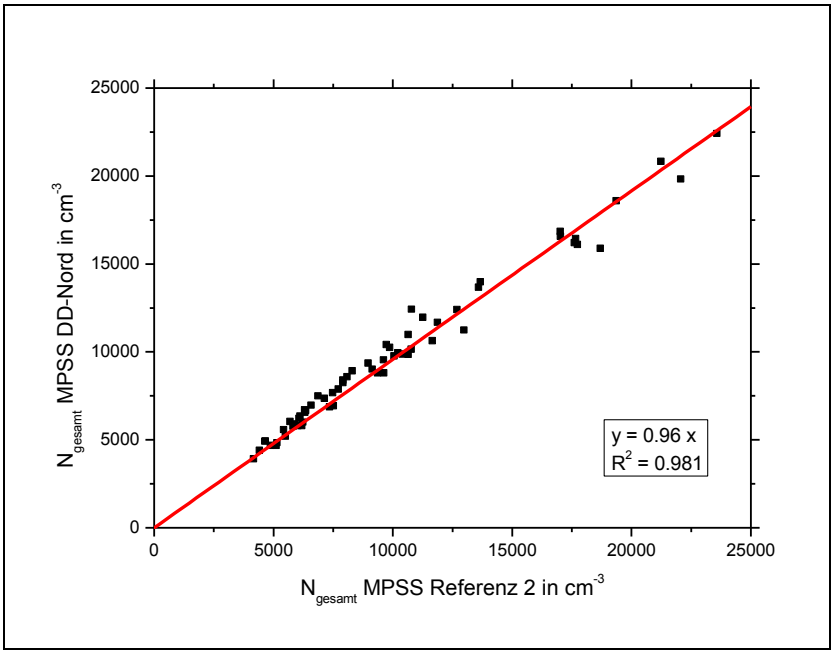


Abbildung 9: Lineare Regression für Außenluft zwischen Prüfling MPSS DD-Nord und dem MPSS Referenz 2; Zeitraum: 09.09.2016, 14:00 – 12.09.2016, 08:00; Stundenmittelwerte (verfügbar waren 5-Minutenwerte).