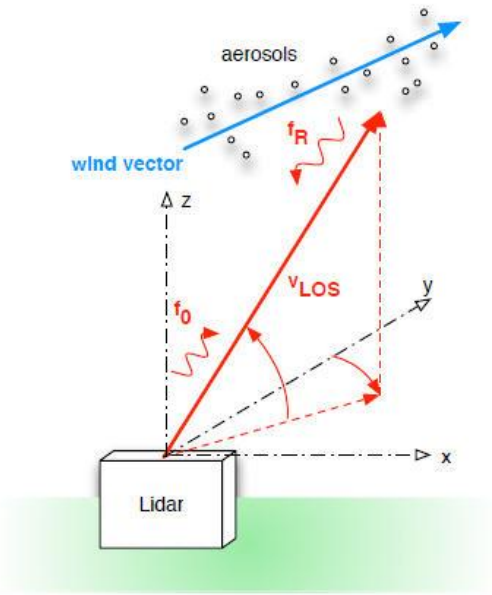
LiDAR Messsystemanalyse Wiederholbarkeit und Stabilität



Ludwig Wagner, GWU-Umwelttechnik GmbH

GWU-Umwelttechnik

Gliederung

- Kurzporträt GWU-Umwelttechnik GmbH
- LiDAR Systeme
- Messsystemanalyse
- Unabhängige Verifikation
- Zusammenfassung

GWU-Umwelttechnik

Kurzporträt GWU-Umwelttechnik GmbH

- GWU-Umwelttechnik (seit 1986)
  - Mitarbeiteranzahl : 17 (Stand 2017)
    4 Meteorologen 5 Ingenieure
    4 Techniker 4 Administration & Büroangestellte
  - Werksvertretung von führenden Herstellern für Sensor- und Systemmesstechnik
  - Speziallisierung auf Remote Sensing
  - Service Center für LiDAR´s

Lloyd's Register LRQA

Zertifikat

Hiermit wird bescheinigt, dass das Managementsystem von:

GWU-Umwelttechnik GmbH

GWU-Umwelttechnik GmbH, Bonner Ring 9, 50374 Erftstadt, Deutschland
durch Lloyd's Register Quality Assurance geprüft und bewertet wurde und den folgenden Normen entspricht:

ISO 9001:2015

P.G. Cornelissen
Ausgestellt von: Lloyd's Register Deutschland GmbH für und im Auftrag von: Lloyd's Register Quality Assurance Ltd

Dieses Zertifikat ist nur in Verbindung mit dem Zertifikatsanhang gültig, wobei dieser Anhang mit den zugehörigen Niederlassungen die gleiche Referenznummer haben muss.

Bestehendes Zertifikat: 01. Juni 2017
Dieses Zertifikat ist gültig bis: 31. Mai 2020
Zertifikat-Nr.: 10019607

Erstmalige Zulassung:
ISO 9001 – 17. Mai 1999

Gültigkeits-Nr.: ISO 9001 – 0017994

Das Managementsystem ist anwendbar für:

Beratung, Vertrieb, kundenspezifische Systemkonfiguration, Installation und Service von mess- und datentechnischen Anlagen sowie Geräten aus Lasertechnik und Optik.

UKAS MANAGEMENT SYSTEMS
001

Kurzporträt LiDAR Hersteller Leosphere

- Leosphere (seit 2004)
  - Mitarbeiteranzahl : >100 (Stand 2017)
  - Hersteller von bodengebundenen und gondelbasierten LiDAR Systemen zur atmosphärischen Umweltüberwachung
  - Leosphere bietet eine industriel gefertigte breite Produktpalette an Doppler Wind LiDAR Systemen an
  - Um den Wartungsbedarf und ggfls. Reparaturbedarf zeitnah zu erfüllen wurden Service Center eingeführt

GWU-Umwelttechnik

Kurzporträt LiDAR Hersteller Leosphere

Industrie Referenz

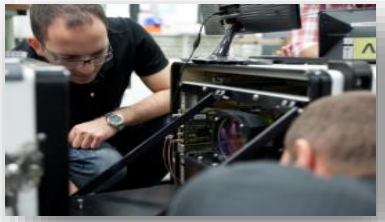
950+

Produkt Verkäufe
Markt Akzeptanz (IEC, wtg, DNV-GL, …)

Innovation

15%

R&D
LiDAR Labor



Lokaler Support&Service

50+

Partner

4 Service Center

Wachstum

22 M€

Umsatz in 2017
> 100 Mitarbeiter

Produktionskapazität

150

LiDAR´s/Jahr
ISO Zertifiziert

GWU-Umwelttechnik

Gliederung

- ✓ Kurzporträt GWU-Umwelttechnik GmbH
- ➢ LiDAR Systeme
- ➢ Messsystemanalyse
- ➢ Unabhängige Verifikation
- ➢ Zusammenfassung

GWU-Umwelttechnik

LiDAR ➔ Light Detection And Ranging

- Aktives Fernmessgerät zur kontinuierlichen und entfernungsabhängigen Erfassung von physikalischen Zustandsgrößen der Atmosphäre (z.B. Temp., Feuchte, Wind)

- Plattformen:
  flugzeuggetragen
  satelittengetragen
  gondelbasiert
  schwimmend
  bodengebunden

- Fokus auf Doppler Wind LiDAR ➔ Wellenlänge λ = 1,54 µm

GWU-Umwelttechnik

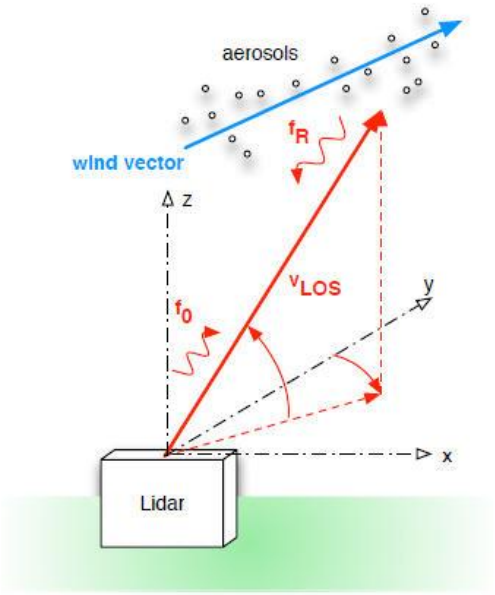
LiDAR ➔ Light Detection And Ranging

Dauerstrichlaser (cw) versus gepulste Laserquelle

- **Zwei verschiedene Doppler Wind LiDAR Varianten**
  Dauerstrichlaser (Continuous Wave, CW)
  Gepulste Laserquelle

- **Hauptunterschied**
  Erlangen der Entfernungsinformationen

- **Merke**:
  LiDAR = Volumenmessung
  keine in situ Punktmessung
  homogenes Windfeld



GWU-Umwelttechnik

CW LiDAR / Pulsed LiDAR

Gliederung

- ✓ Kurzporträt GWU-Umwelttechnik GmbH
- ✓ LiDAR Systeme
- ➢ Messsystemanalyse
- ➢ Unabhängige Verifikation
- ➢ Zusammenfassung

GWU-Umwelttechnik

Wiederholbarkeit und Stabilität

Definitionen:

Wiederholbarkeit

Ein Maß dafür, wenn Messungen von verschiedenen Messeinheiten unter unveränderten Bedingungen die gleichen Ergebnisse zeigen.

Stabilität

Ein Maß dafür, wie eine Messeinheit unter unveränderten Bedingungen über die Zeit hinweg misst.

GWU-Umwelttechnik

Wiederholbarkeit und Stabilität

LiDAR HERSTELLER

HERSTELLUNG

Unabhängig von atmosphärischen Bedingungen

FAIL?

VALIDATION (pass/fail Test)

Vergleichsmessung

Prüfling zur Referenz

PASS?

KUNDE

Messkampagnen mit optionaler unabhängiger System Verifikation in Abhängigkeit der Messaufgabe

Wartung / Reparatur

GWU-Umwelttechnik

Genauigkeit und Präzision

Definitionen:

Genauigkeit

Die Annäherung eines Messwerts an einen wahren Wert oder Referenz einer Messgröße.

Präzision

Die Messrichtigkeit wird durch wiederholtes Messen als Abweichung des Mittelwertes von einem Referenzwert ermittelt.

➔ Hohe Genauigkeit
➔ Geringere Präzision

➔ Hohe Präzision
➔ Geringere Genauigkeit

GWU-Umwelttechnik

Wiederholbarkeit und Stabilität

Frage

Warum ist die Wiederholbarkeit und Stabilität von Windmessungen von Bedeutung?

Industrie- und Kundenfeedback

1. Reduziert Unsicherheiten für Leistungsmessungen und Ertragsbewertungen

2. Fördert die Entwicklung von „komplexen" Anwendungen

3. Erhöht das allgemeine Vertrauen innerhalb der Branche

GWU-Umwelttechnik

Wiederholbarkeit und Stabilität

Studie über 595 Datensätze

Thema:
Wiederholbarkeit der Messungen

Zeitraum 06/2012 bis 02/2017
448 Systeme – Typ WINDCUBE,
(bodengebundene Wind LiDAR Systeme)
Herstellerverifizierung in Orsay, (France)

GWU-Umwelttechnik

Wiederholbarkeit und Stabilität

Genauigkeit

	HWS @ Height
Datensatz 1	0,01 m/s
Datensatz 2	-0,01 m/s
Datensatz 3	0,02 m/s
…	
…	
…	
Datensatz 595	0,01 m/s

Präzision

	HWS @ Height
Datensatz 1	0,05 m/s
Datensatz 2	0,03 m/s
Datensatz 3	0,04 m/s
…	
…	
…	
Datensatz 595	0,02 m/s

GWU-Umwelttechnik

Wiederholbarkeit und Stabilität

Genauigkeit

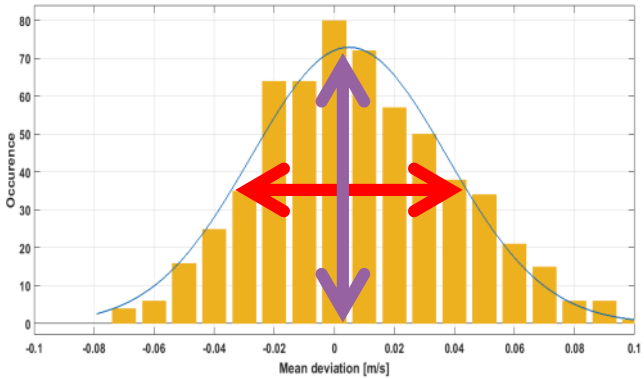
	HWS @ Height
Datensatz 1	0,01 m/s
Datensatz 2	-0,01 m/s
Datensatz 3	0,02 m/s
…	
…	
…	
Datensatz 595	0,01 m/s

Mittlere Abweichung der Genauigkeit

0,01 m/s

Standard Abweichung der Genauigkeit

+/-0,03m/s



GWU-Umwelttechnik

Wiederholbarkeit und Stabilität

Statistik für alle 595 Datensätze			40m	80m	120m	160m	200m
Parameter	Unit						
Wind-geschwindigkeit	m/s	Genauigkeit	-0,01 ±0,03	0,00±0,02	0,00±0,03	0,01±0,03	0,02±0,04
		Präzision	0,07±0,02	0,05±0,02	0,05±0,02	0,06±0,03	0,07±0,03
Windrichtung	°	Genauigkeit	0,17±1,47	0,17±1,46	0,18±1,46	0,17±1,47	0,16±1,48
		Präzision	1,37±1,12	0,84±0,80	0,82±1,01	0,84±1,02	0,86±1,16
TI	%	Genauigkeit	-0,1±0,6	-0,1±0,3	-0,1±0,3	-0,1±0,3	-0,1±0,5
		Präzision	1,6±0,7	1,0±0,8	0,9±0,6	1,0±0,7	1,1±0,8

GWU-Umwelttechnik

Wiederholbarkeit und Stabilität

Statistik für alle 595 Datensätze			40m	80m	120m	160m	200m
Wind-geschwindigkeit	m/s	Genauigkeit	0,01±0,03	0,01±0,02	0,01±0,02	0,01±0,03	0,02±0,04
		Präzision	0,07±0,02	0,05±0,02	0,05±0,02	0,06±0,03	0,07±0,03
Windrichtung	°	Genauigkeit	0,57±1,[illegible]	0,[illegible]±1,4[illegible]	[illegible]±1,4[illegible]	0,17±1,47	0,16±1,48
		Präzision	1,37±1,12	0,84±0,80	0,82±1,01	0,84±1,02	0,86±1,16
TI	%	Genauigkeit	[illegible]±0,6	[illegible]	[illegible]±[illegible]	[illegible]	[illegible]
		Präzision	1,6±0,7	1,0±0,8	0,9±0,6	1,0±0,7	1,1±0,8

Analyse zeigt eine sehr hohe Genauigkeit und Präzision der LiDAR Systeme.

Gültig für WS/WD in allen Höhen.

Eine sehr hohe Wiederholbarkeit und Stabilität!

GWU-Umwelttechnik

Wiederholbarkeit und Stabilität

Studie über 595 Datensätze

Thema:
Stabilität der Messungen

Zeitraum 06/2012 bis 02/2017
448 Systeme – Typ WINDCUBE,
(bodengebundene Wind LiDAR Systeme)
Herstellerverifizierung in Orsay, (France)

GWU-Umwelttechnik

Wiederholbarkeit und Stabilität

In der Flotte von 448 Systemen identifizierten wir einige Systeme mit folgenden Eigenschaften:

1. Verifikationen über 1, 2 or 3 Jahre nach der ursprünglichen Verifikation (Jahr 0)

2. Systeme ohne größere Reparaturen im « optischen Kreislauf »

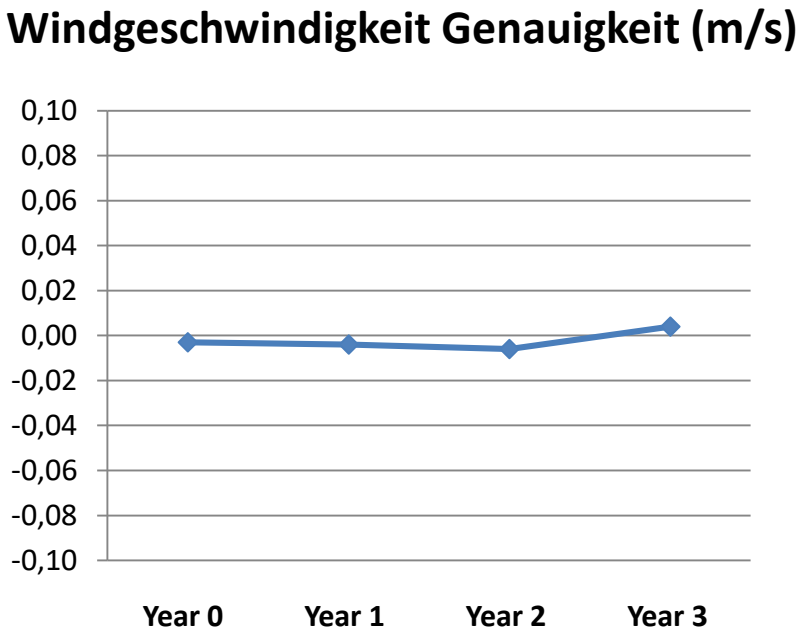
GWU-Umwelttechnik

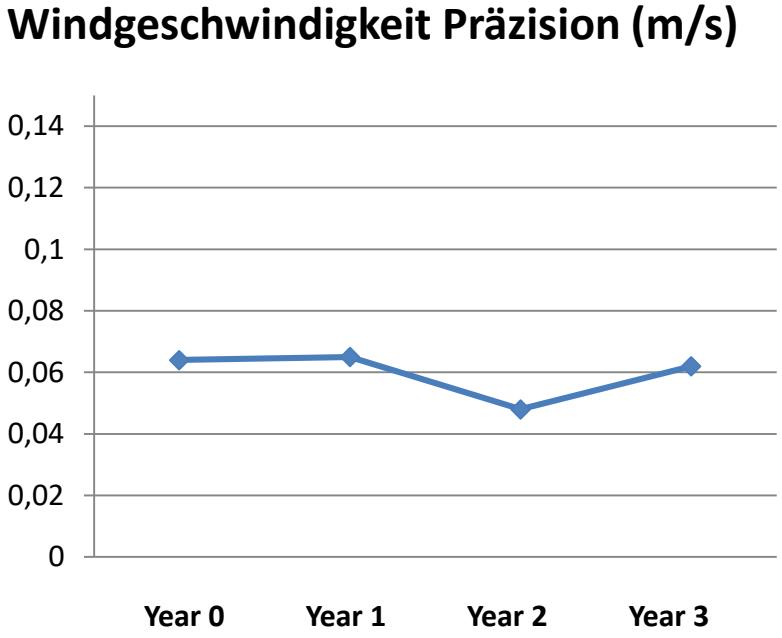
Wiederholbarkeit und Stabilität

@120m			Year 0 (20 units)	Year 1 (11 units)	Year 2 (9 units)	Year 3 (3 units)
Parameter	Unit	Statistik				
Wind-geschwindigkeit	m/s	Genauigkeit	-0,00 ± 0,02	-0,00 ± 0,02	-0,01 ± 0,02	0,00 ± 0,03
		Präzision	0,06 ± 0,03	0,07 ± 0,03	0,05 ± 0,02	0,06 ± 0,01
Windrichtung	°	Genauigkeit	0,10 ± 1,03	0,79 ± 0,86	0,35 ± 0,82	0,71 ± 0,80
		Präzision	1,20 ± 1,70	0,81 ± 0,65	0,45 ± 0,21	0,54 ± 0,15
TI	%	Genauigkeit	-0,09 ± 0,19	-0,14 ± 0,29	-0,11 ± 0,30	0,05 ± 0,18
		Präzision	1,09 ± 0,73	1,14 ± 0,86	0,73 ± 0,57	0,52 ± 0,06

GWU-Umwelttechnik

Wiederholbarkeit und Stabilität





GWU-Umwelttechnik

Wiederholbarkeit und Stabilität

Studie über 595 Datensätze

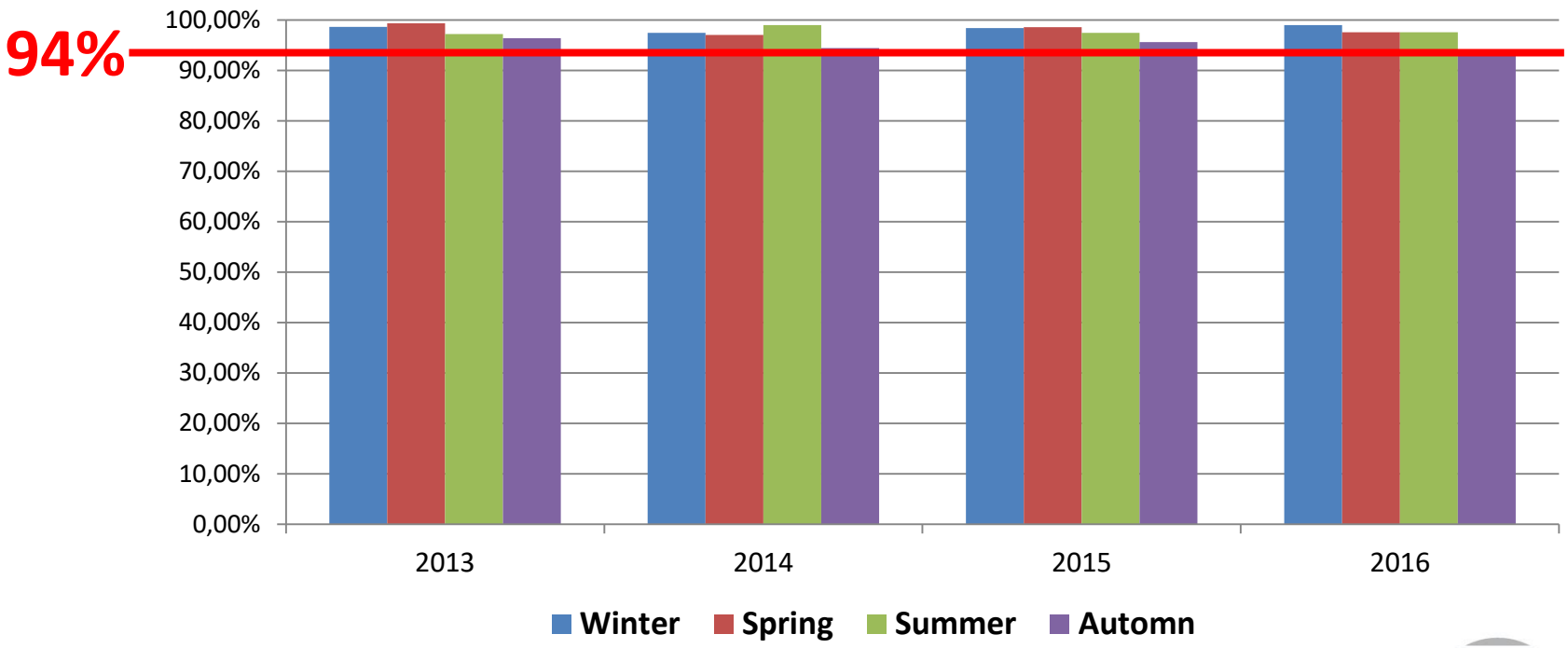
Thema:
Stabilität der Messungen

Zeitraum 06/2012 bis 02/2017
448 systems – WINDCUBE, bodengebundene Wind LiDAR Systeme
Validations in Orsay, (France)

GWU-Umwelttechnik

Wiederholbarkeit und Stabilität

10-min Datensätze, 1 Hz Messungen (100% = 600 Messungen)
Datenverfügbarkeit > 80% Schwellwert für jedes System, ohne Filterung



GWU-Umwelttechnik

Gliederung

- ✓ Kurzporträt GWU-Umwelttechnik GmbH
- ✓ LiDAR Systeme
- ✓ Messsystemanalyse
- ➢ Unabhängige Verifikation
- ➢ Zusammenfassung

GWU-Umwelttechnik

Unabhängige Verifikation

GWU-Umwelttechnik

Unabhängige Verifikation

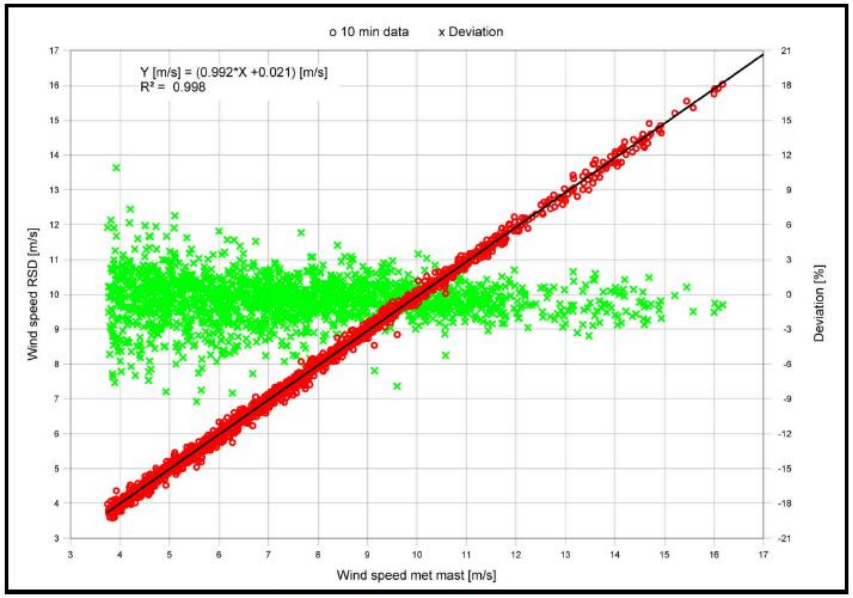


Chart 2: wind speed RSD vs. met mast 10 min data 134 m

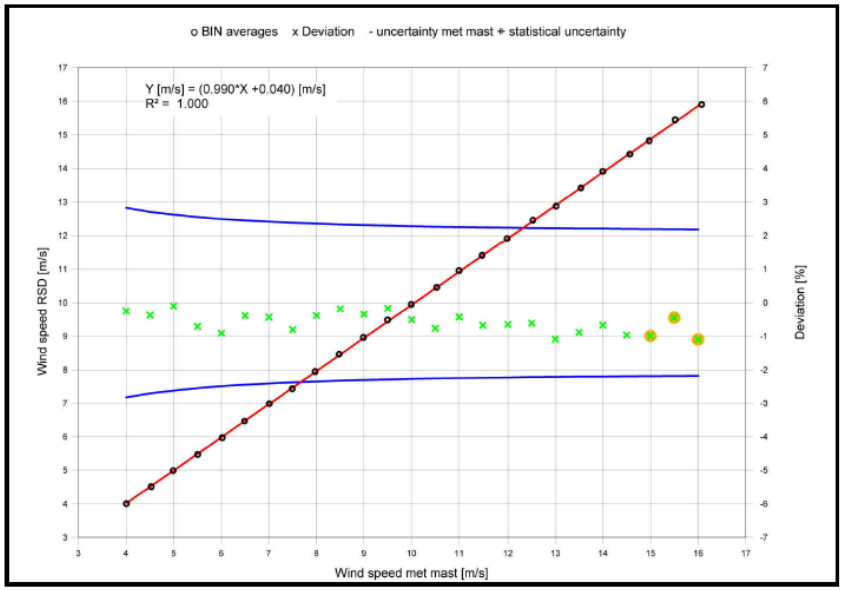


Chart 3: wind speed RSD vs. met mast bin method 134 m (including non significant values)

GWU-Umwelttechnik

Unabhängige Verifikation

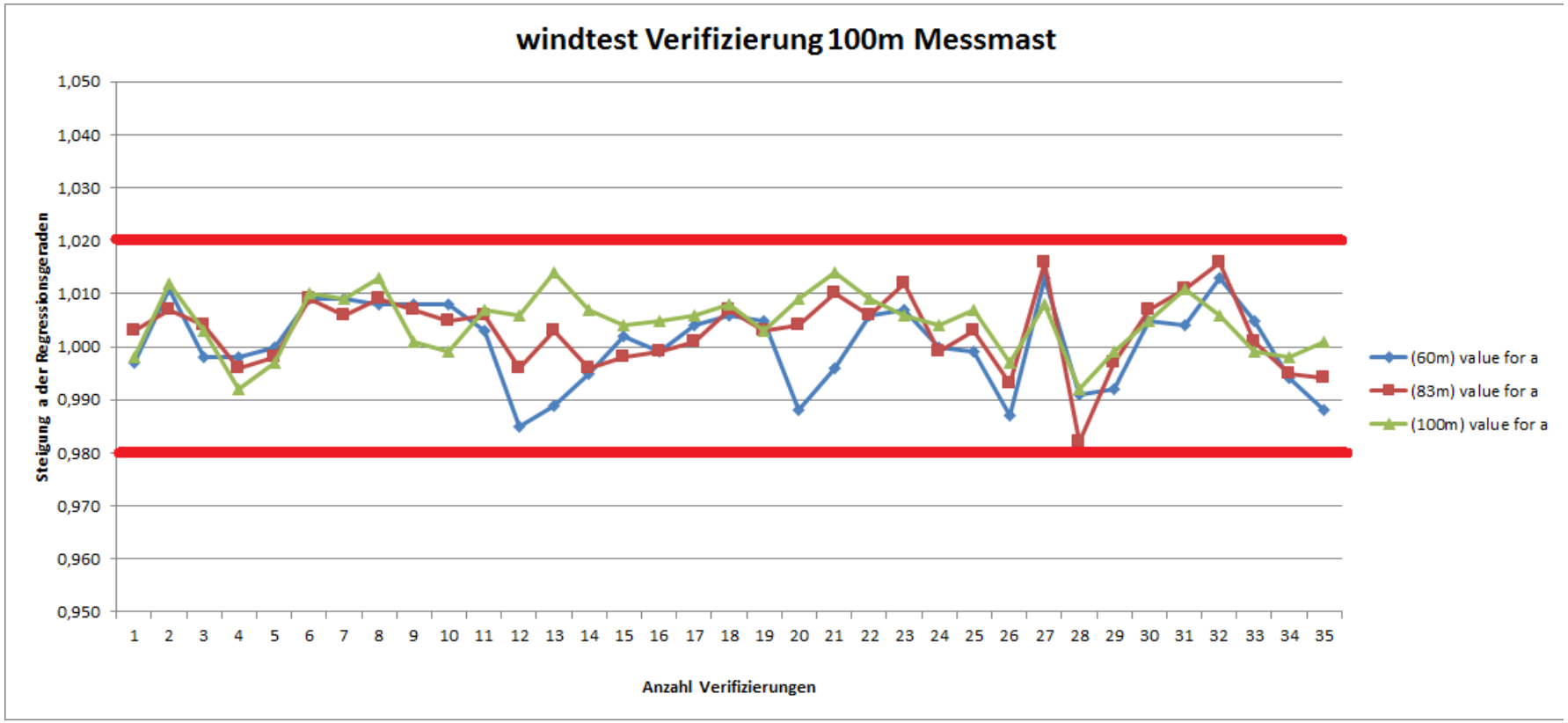
Jahr	Anzahl Verifizierungen	Messmast
2014 - 2017	63	100m
2017 - heute	34	134m

2014 - 2017	100m Messmast		
	Steigung	Offset	R^2
60m	1,009	0,006	0,989
83m	1,003	-0,011	0,994
100m	1,002	-0,005	0,994

2017 - heute	134m Messmast		
	Steigung	Offset	R^2
101m	0,994	0,042	1,000
120m	0,995	0,039	1,000
134m	0,997	0,081	1,000

GWU-Umwelttechnik

Unabhängige Verifikation



GWU-Umwelttechnik

Zusammenfassung

- LiDAR Systeme
  Ziel von Doppler Wind LiDAR Messungen ist die Charakterisierung der räumlichen und zeitlichen Variabilität des Windfeldes

- Messystemanalyse
  Wiederholbarkeit und Stabilität
  Genauigkeit und Präzision

- Unabhängige Verifikationen

- Wiederholbarkeit und Stabilität ist ein guter Indikator für die Qualität, Genauigkeit, Langzeit-Stabilität eines Produktes

GWU-Umwelttechnik

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit
www.gwu-group.de