



NebioSens

Prof. Dr. Martin Löffler-Mang

Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung	2
2.	Vorwort	2
3.	Ziele des Projekt	2
4.	Nebelkammer	3
5.	Referenzsensor	4
6.	Sichtweitenbestimmung	5
7.	Erster Sensorprototyp	6
8.	Ausblick	8
9.	Autoren	8
10.	Literaturverzeichnis.....	9



NebioSens

Prof. Dr. Martin Löffler-Mang

1. Zusammenfassung

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines preiswerten Sensors für die Erfassung und Unterscheidung von Nebel- und Wolkenteilchen. Einsatz könnten solche Sensoren in automatischen Netzen von Wetterdiensten und im Verkehrsbereich finden z.B. zur Steigerung der Sicherheit durch automatische Geschwindigkeitsbegrenzungen oder auch auf Flughäfen. Selbst ein Einsatz im PKW zur Information oder Warnung wäre denkbar.

Realisiert werden soll eine Anordnung die eine IR-Sendediode als Lichtquelle verwendet, sowie sieben weitere Photodioden als Empfänger, die in verschiedenen, charakteristischen Winkeln angeordnet sind. Durch Auswertung und Vergleich der Signalamplituden an den Photodioden soll dann eine Aussage getroffen werden, ob und in welcher Weise diese Messanordnung für die Charakterisierung von Sichtweiten bei Dunst bzw. Nebel eingesetzt werden kann.

Zur Realisierung des Projektes wurden auch die entsprechenden Voruntersuchungen durchgeführt und eine Reihe von Messaufbauten angefertigt.

2. Vorwort

Atmosphärische Eintrübungen werden durch Aerosole und Hydrometeore hervorgerufen, die durch ihre Art und Konzentration bestimmend für die Sichtweite sind. Bisherige Praxis im Messnetz des Deutschen Wetterdienstes (DWD) ist die Bestimmung der Sichtweite durch einen Beobachter anhand von markanten Geländeformationen. Da der DWD aber seine Beobachterzahl stark reduzieren muß, sucht er in verschiedenen Bereichen nach automatischen Sensoren.

Für die Ermittlung der Sichtweite mit optischen Messinstrumenten kommen hierbei zwei physikalische Effekte zum Tragen. Bestrahlt man ein Messvolumen mit einer Lichtquelle, so kommt es einerseits zur Lichtstreuung und andererseits zur Lichtabsorption.

Mit einer Transmissometeranordnung werden beide Effekte erfaßt, denn es wird ausgewertet, wie viel Prozent des emittierten Lichtes den Ort des Empfängers erreicht. Transmissometer sind groß und teuer, sie benötigen für eine ausreichende Genauigkeit eine Messstrecke von mehreren Metern.

Bei Streulicht-Messgeräten wird ein Empfänger in einem geeigneten Winkel zur Lichtquelle positioniert. Ermittelt wird der von den Teilchen im Messvolumen unter diesem Winkel gestreute Lichtanteil. Dieser Anteil ist aber nicht nur eine Funktion des Winkels, sondern auch der Teilchenart. Deshalb liefert ein Standard-Streulichtgerät aus der Labormesstechnik mit einem Empfänger bei unbekannter Teilchenart (z.B. Dunst, Tröpfchen, Eiskristalle) keine eindeutigen Ergebnisse.

Als Grundlage für ein neues Messkonzept sollte deshalb eine Anordnung mit mehreren Empfängern aufgebaut werden.

3. Ziele des Projekt

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines preiswerten Prototypensensors für Nebel- und Wolkenteilchen. Es sollen einerseits die Streueigenschaften der verschiedenen Teilchen unter

NebioSens

Prof. Dr. Martin Löffler-Mang

verschiedenen Beobachtungswinkeln zum Unterscheiden von flüssigen und eisförmigen Teilchen ausgewertet werden. Andererseits soll die Intensität des gestreuten Lichts unter verschiedenen Winkeln und die Abschwächung (Extinktion) in Vorwärtsrichtung zur Bestimmung der Sichtweite genutzt werden.

In der ersten Phase des Projektes sollten durch eine sorgfältige Patent- und Literaturrecherche die bereits vorhandenen Ideen möglichst vollständig erfaßt und die angedachte Lücke für die eigene Entwicklung abgesichert werden.

Die zweite Projektphase war für vorbereitende Arbeiten vorgesehen. Hierzu gehören vor allem die Entwicklung eines geeigneten Referenzsensors und der Aufbau einer Nebelkammer, mit der im Labor unter realistischen Bedingungen Messungen durchgeführt werden können.

Die dritte Projektphase hatte den Bau eines ersten Sensorprototyps zum Ziel.

4. Nebelkammer

Um im Labor realistische Bedingungen für die Nebelmessung erzeugen zu können, wurde zunächst eine Nebelkammer (siehe Abbildung 1) aufgebaut. In ihr kann Nebel in unterschiedlicher Dichte erzeugt werden. Als Nebelquelle wird ein Ultraschallzerstäuber (siehe Abbildung 2) verwendet. Die Stärke der Nebelerzeugung kann mit der Höhe der Wassersäule über dem Ultraschallerzeuger reguliert werden. Ein Ventilator in der Kammer sorgt für eine gleichmäßige Verteilung des Nebels.

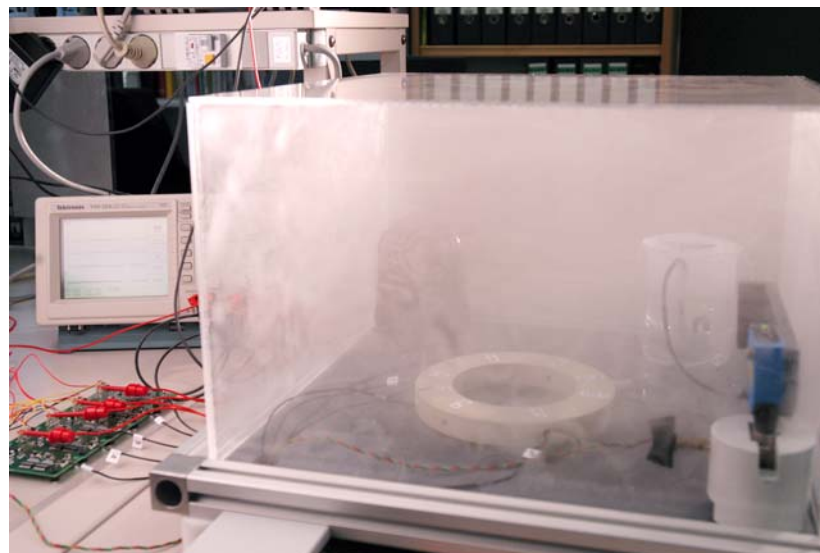


Abbildung 1: Nebelkammer

NebioSens

Prof. Dr. Martin Löffler-Mang



Abbildung 2: Ultraschallzerstäuber

5. Referenzsensor

Um bei Messungen in der Nebelkammer einen Vergleichswert für die Dichte des Nebels angeben zu können, ist ein Referenzsensor erforderlich. Dazu stand ein Laser-Reflexionslichttaster zur Verfügung. Bei dem eingesetzten Sensor handelt es sich um einen Laser-Reflexionslichttaster mit Analogausgang vom Typ FT 50 RLA-40 der Fa. Sensopart (siehe Abbildung 3). Dieser Sensor dient eigentlich als Entfernungsmesser es zeigte sich aber, daß er auch auf Nebeltropfen reagiert. Dabei soll Sensor nicht direkt die Nebeldichte angeben, sondern es soll nur ein Referenzwert bestimmt werden, damit bei unterschiedlichen Messungen in der Nebelkammer ein Vergleichswert für die Dichte des Nebels angegeben werden kann, bzw. daß es möglich ist, Versuchsbedingungen zu reproduzieren.

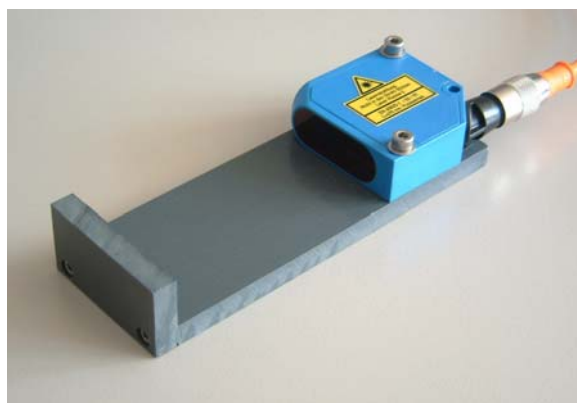


Abbildung 3: Sensor mit Reflexionsfläche



NebioSens

Prof. Dr. Martin Löffler-Mang

6. Sichtweitenbestimmung

Um die Nebelkonzentration in der Nebelkammer mit realen Nebelverhältnissen vergleichen zu können, muß aus dem gemessenen Extinktionssignal die tatsächliche Sichtweite berechnet werden.

Das Licht wird im Nebel exponentiell abgeschwächt. Diese Abschwächung kann nach folgender Formel berechnet werden:

$$P(x) = P_0 e^{-\sigma_e x}$$

mit σ_e = Extinktionskoeffizient
 x = Laufstrecke
 P_0 = Anfangsleistung
 $P(x)$ = Leistung nach Strecke x

Zur Umrechnung in die Sichtweite S_n wird die Formel

$$S_n = \frac{-\ln(0,05)}{\sigma_e} = \frac{3}{\sigma_e}$$

benutzt.

Aus der Abschwächung der Lichtleistung kann somit die Sichtweite berechnet werden. In Abbildung 4 sind als Beispiel Messungen mit sehr dichtem Nebel mit Sichtweiten bis 50 m dargestellt.

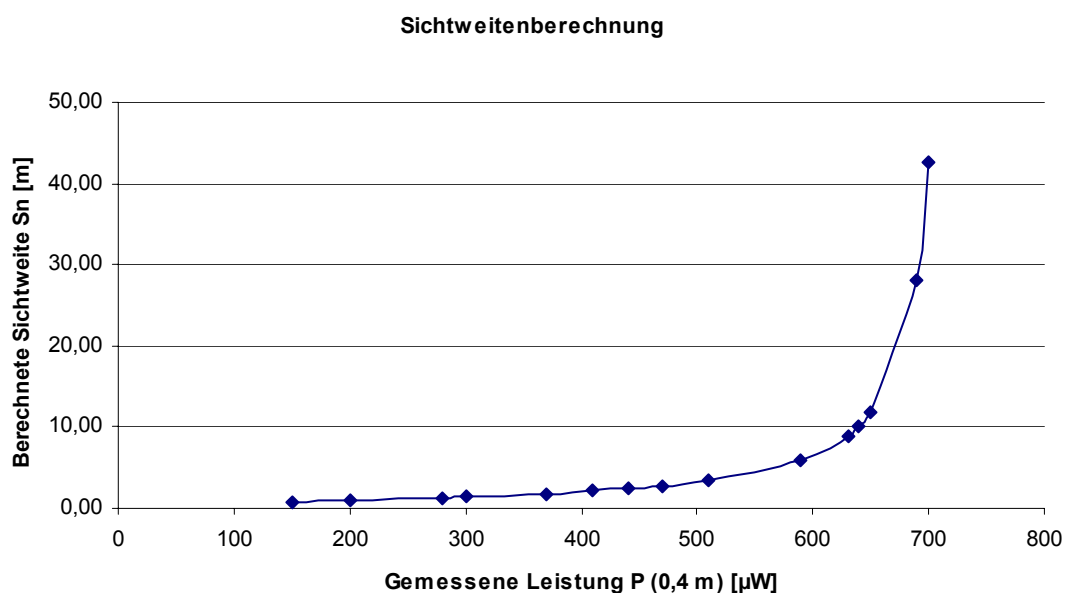


Abbildung 4: Sichtweitenbestimmung

NebioSens

Prof. Dr. Martin Löffler-Mang

7. Erster Sensorprototyp

Transmissometer sind aufgrund ihres Messverfahrens die naheliegendste Methode zur Bestimmung der Sichtweite, da sie prinzipiell direkt die Extinktion (Abschwächung) messen. Dafür muß eine Messstrecke aus Sender und Empfänger aufgebaut werden, die möglichst lang sein sollte und die sehr genau ausgerichtet sein muß. Je länger die Messstrecke ist, desto empfindlicher wird sie aber gegen Einflüsse der atmosphärischen Turbulenz auf den Lichtweg. Außerdem muß die Ausgangsleistung der Sendequelle kontinuierlich überwacht werden, da sonst keine sinnvolle Interpretation der Empfangsleistung vorgenommen werden kann. Und schließlich wird durch relativ starke Vorwärtsstreuung an den Hydrometeoren das Extinktionssignal verfälscht und die Sichtweite überschätzt.

Die Bestimmung der Sichtweite auf der Basis von Streulicht-Messgeräten nutzt die Signalintensität des am Teilchen gestreuten Lichtes. Für flüssige Niederschläge bietet sich hier ein Streuwinkel von ca. 30° an, da bei diesem Winkel die Streuphasenfunktion nahezu unabhängig von der Tropfengrößenverteilung ist. Die Messgenauigkeit wird im wesentlichen durch die Geometrie des Streulichtensors bestimmt. Bezüglich der Variation des Messwinkels sollte das Messvolumen möglichst klein sein. Andererseits muß das Messvolumen möglichst groß sein, um die Tropfendichte repräsentativ zu erfassen. Für Temperaturen über 0°C und damit flüssigen Nebel- und Wolkentröpfchen sind entsprechende Streulicht-Messgeräte kommerziell verfügbar. Für eisförmige Teilchen weisen die Streuphasenfunktionen keinen Streuwinkelbereich auf, in dem der Wert der Phasenfunktion unabhängig von der Teilchengröße ist. Dies bedeutet, daß die Sichtweite bei Vorhandensein von festen Partikeln nicht mit einem einzigen Streulichtsensor bestimmt werden kann. Dennoch kann man durch geeignete Kombination von mehreren Sensoren unter verschiedenen charakteristischen Winkeln eine Messung prinzipiell durchführen, siehe Abbildung 5.

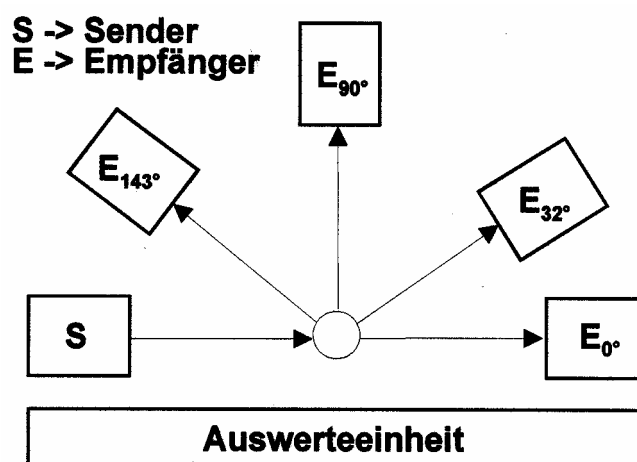


Abbildung 5: Prinzipielles Messkonzept

Der Sinn der gewählten Winkel läßt sich wie folgt erklären: Unter 0° wird der Partikelquerschnitt durch eine einfache Transmissionsmessung ermittelt. Die Winkel 32° , 90° und 143° wurden aus theoretischen Betrachtungen mittels der Phasenfunktionen gewählt. Die ersten beiden

NebioSens

Prof. Dr. Martin Löffler-Mang

Messwinkel werden verwendet, um eine Unterscheidung zwischen festem und flüssigem Niederschlag zu ermöglichen. Dazu wird der Quotient aus den beiden Messwerten unter 32° und 90° verwendet. Aus dem Quotienten der Streulichtmessung unter 32° und 143° kann schließlich eine Unterscheidung zwischen verschiedenen Dunst- und Nebelarten getroffen werden.

Nach diesem Prinzip wurde ein Sensorprototyp aufgebaut. Abbildung 6 zeigt den Sensorkörper in den Sender und Empfänger unter den o. a. Winkeln eingesetzt werden können. Als Lichtquelle wird eine Laserdiode verwendet, als Empfänger dienen Fotodioden. Jede der Empfängerdiode besitzt eine eigene Lock-In-Verstärkerplatine (Abbildung 7). Die Laserdiode arbeitet gepulst und ist über ein Taktsignal mit den Verstärkern synchronisiert. Dadurch werden Einflüsse durch Fremdlicht ausgeschlossen.

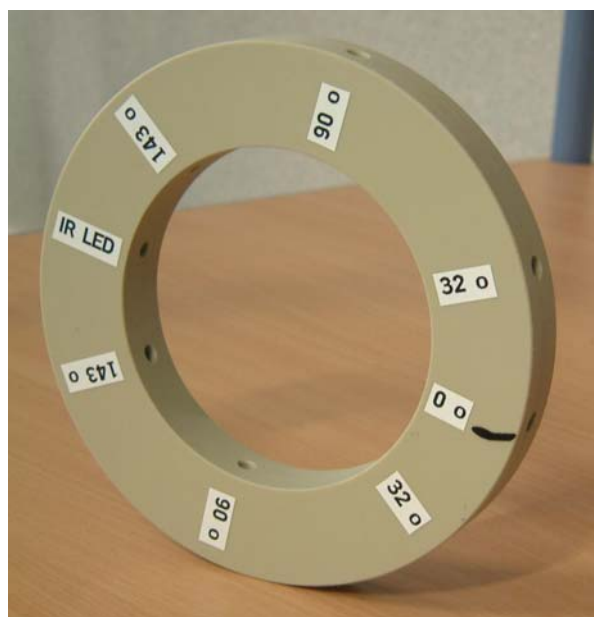


Abbildung 6: Sensorkörper

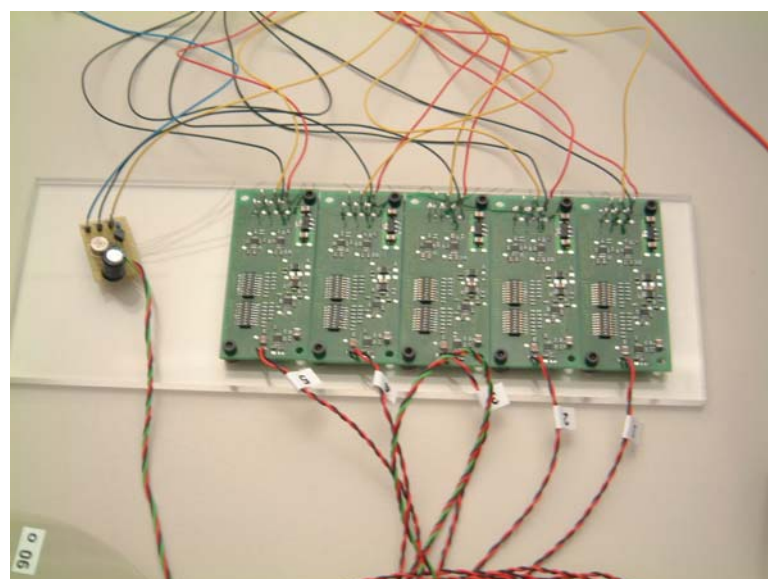


Abbildung 7: Verstärkerplatinen



NebioSens

Prof. Dr. Martin Löffler-Mang

Durch zahlreiche Versuche konnte gezeigt werden, daß dieser Aufbau als Basis für die weiteren Untersuchungen geeignet ist.

8. Ausblick

Zur Zeit wird das Projekt im Rahmen einer Diplomarbeit fortgeführt. Hier sind als nächstes folgende Schritte geplant:

- Aufbau einer optimierten Sammelplatine
- Automatische Auswertung der Sensorsignale
- Integration des Sensors in eine Wetterstation

9. Autoren

Projektleiter

Prof. Dr. Martin Löffler-Mang
Labor: Optische Mess- und Lasertechnik
Fachbereich: GIS
E-Mail: loeffler-mang@htw-saarland.de
Homepage: <http://www.htw-saarland.de/fb/gis/mst>
Tel. 049-681-5867-247
Fax 049-681-5867-414

Wissenschaftliche Mitarbeiter

Dipl.-Ing. (FH) Markus Gier
E-Mail: markus.gier@htw-saarland.de
Tel. 049-681-5867-437
Fax 049-681-5867-414

Kooperationspartner

Ott Messtechnik GmbH, Kempten



NebioSens

Prof. Dr. Martin Löffler-Mang

10. Literaturverzeichnis

Beard K.V.:

Terminal Velocity and Shape of Cloud and Precipitation Drops Aloft. *J. Atmos. Sci.* **33** (1976) p.851-864

Bear K.V., Chjuang C.:

A New Model for the Equilibrium Shape of Raindrops. *J. Atmos. Sci.* **44** (1987) p.1509-1514

Bohren C.F., Huffman D.R. :

Absorption and Scattering of Light by Small Particles. *Wiley & Sons* New York (1983)

Gunn R., Kinzer G.D.:

The Terminal Velocity of Fall for Water Drops in Stagnant Air. *J. Meteorol.* **6** (1949) p.49-50

Heintzenberg J., Wendisch M., Yuskiewicz B., Orsini D., Wiedensohler A., Stratmann F., Frank G., Martinsson B.G., Schell D., Fuzzi S., Orsi G.:

Characteristics of Haze Mist and Fog. *Contrib. Atmos. Phys.* **71** (1998) p.21-31

Hulst H.C. van de:

Light Scattering by Small Particles. *Wiley & Sons* New York (1957)

Macke A., Mueller J., Raschke E.:

Single Scattering Properties of Atmospheric Ice Crystals. *J. Atmos. Sci.* **53** (1996) p.2813-2825

Macke A., Mitchell D., Bremen L. von:

Monte Carlo Radiative Transfer Calculations for Inhomogeneous Mixed Phase Clouds. *Phys. Chem. Earth (B)* **24** (1999) p.237-241

Marshall J.S., Palmer W.M.:

The Distribution of Rain Drops with Size. *J. Meteorol.* **5** (1948) p.165-166

Pruppacher H.R., Klett J.D.:

Microphysics of Clouds and Precipitation. *Kluwer Academic Publishers* Dordrecht (1997)