

# Modellierung vertikaler Niederschlagsprofile anhand von Mikro-Regen-Radar-Daten, meteorologischen Profildaten und Neuro-Fuzzy-Modellen

S. Banzhaf, E. Reimer, S. Sodoudi, G. Peters  
sabine.banzhaf@gmx.de

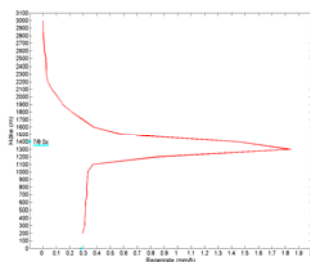
## Ziel der Arbeit

Zur besseren 3D Analyse des Niederschlags wurden Daten eines beim DWD Lindenberg operierenden Mikro-Regen-Radars des Meteorologischen Instituts Hamburg herangezogen. Im Mittelpunkt des Interesses stand hierbei das Vertikalprofil des Niederschlags, welches unter anderem auch durch Verdunstungsprozesse geprägt ist. Mit Hilfe von Neuro-Fuzzy-Systemen wurde das Vertikalprofil des Niederschlags anhand anderer meteorologischer Größen wie Niederschlag am Boden, Temperatur, relative Feuchte etc. parametrisiert, um auf Verdunstungsprozesse in der Troposphäre schließen zu können.

## Das Mikro-Regen-Radar

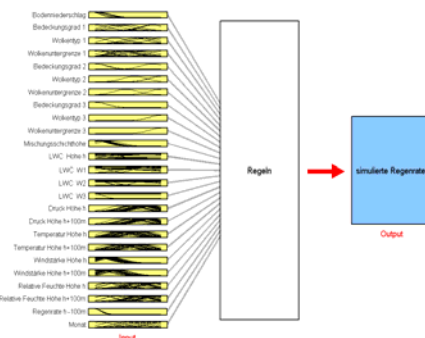
Das Mikro-Regen-Radar (MRR) ist ein 24 GHz FM-CW Doppler Radar. Anders als bei dem konventionellen Regenradar, wird hier das Signal vertikal nach oben abgestrahlt. Ein Teil des gesendeten Signals wird beim Kontakt mit Regentropfen zum MRR zurückgeworfen. Dieses empfangene Signal ist dem transmittierten Signal gegenüber frequenzverschoben. Anhand der Frequenzverschiebung kann von der Tropfenfallgeschwindigkeit ausgehend auf die Tropfenverteilung und die daraus abgeleitete Regenrate geschlossen werden.

Der Algorithmus des Mikro-Regen-Radars zur Ermittlung der Tropfenverteilung ist nur auf die flüssige Phase anwendbar. Daher wird die Regenrate im Bereich der Schmelzschicht stark überschätzt (siehe Abbildung).



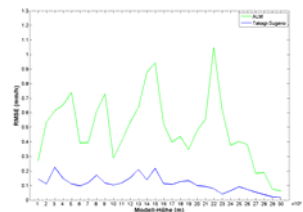
## Neuro-Fuzzy-Modelle

Neuro-Fuzzy-Systeme basieren auf einer Kombination von Fuzzy-Systemen und neuronalen Netzen. Kern eines Neuro-Fuzzy-Systems ist die nichtlineare Abbildung von Eingangsgrößen auf



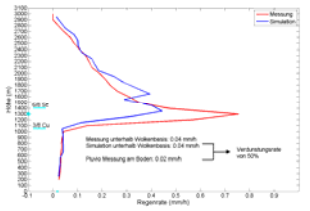
eine Ausgangsgröße gestützt auf eine Liste von Regeln. Diese Regeln werden in einer Trainingsphase anhand bekannter Eingangs- und Ausgangsparameter vom lernfähigen Neuro-Fuzzy-Modell selbstständig erstellt und optimiert. Nach Erstellung des Regelwerkes führt ein dem System bis dahin unbekannter Satz von Eingangsgrößen zu einer simulierten Ausgangsgröße.

## Ergebnisse und Ausblick



In der Untersuchung wurden zwei verschiedene Neuro-Fuzzy Methoden, die Takagi-Sugeno Methode und die Active Learning Method, verwendet. Anhand jeder Methode wurden jeweils 30 Neuro-Fuzzy Modelle für die Höhen von 100m bis 3000m erstellt und anhand von Testdaten validiert. Hierbei wurden nur stratiforme, homogene Niederschlagsereignisse betrachtet. Der Root Mean Square Error der Takagi-Sugeno Modelle war für alle Höhenmodelle geringer, als der der Active Learning Method Modelle (siehe Abbildung links).

Mit Hilfe der 30 Takagi-Sugeno Modelle konnten simulierte Niederschlagsvertikalprofile erstellt und mit den vom Mikro-Regen-Radar gemessenen Vertikalprofilen verglichen werden (siehe Beispiel Abbildung rechts). Rückschlüsse auf Verdunstung in der Troposphäre sind möglich.



Die erstellten Neuro-Fuzzy-Modelle sollen in den Treiber eines chemischen Transportmodells, das TRAMPER Analysesystem, integriert werden.