



Alpines Pumpen – Massenfluß und Spurenstofftransport

P. Winkler (1), **M. Lugauer** (2)

(1) Hechenbergstr. 9, D-82362 Weilheim, (2) Hauffstr. 3, D-87719 Mindelheim

Bei hoher Sonneneinstrahlung erwärmt sich der Alpenraum tagsüber rascher als das umgebende Alpenvorland. Ein sich dadurch im Alpenraum bildendes Hitzetief saugt aus dem Umland in einer 1 – 1,5 km mächtigen Schicht Luft aus einer Entfernung bis zu 100 km vom Alpenrand an. Die angesaugte Luft wird in den Alpen konvektiv nach oben gemischt bis in Höhen deutlich über dem Gipfelniveau. Die Ansaugschicht über dem Vorland bleibt nach oben hin begrenzt, weil darüber eine kompensierende Absinkbewegung stattfindet, die den Vertikalaustausch und die Wolkenbildung hier reduziert. Dieser Prozeß findet im Sommerhalbjahr an etwa 80% aller Tage statt.

In einem groß angelegten Feldexperiment des Projektes VERTKATOR im Raum Oberbayern im Juli 2002 wurden an mehreren geeigneten Tagen Datensätze gewonnen, aus denen die in der Ansaugschicht entstehenden Massenströme aus Vertikalsondierungen in ihrer tageszeitlichen Entwicklung an mehreren Punkten abgeleitet werden konnten. Flugkampagnen mit mehreren Flugzeugen am späten Vormittag und Nachmittag lieferten meteorologische Daten und Spurenstoffkonzentrationen aus verschiedenen Höhen. Der daraus berechnete Massenstrom wird im Gebiet der Nordalpenkette konvektiv nach oben transportiert, wobei das Inntal den Südrand bildet. Dieser Massenstrom bewirkt eine etwa 30-prozentige Zumischung von bodennahe Luft in die obere Schicht (1,8 bis 3,7 km NN), was die von anderen Autoren angegebene Größenordnung bestätigt. Eine weitere Abschätzung ergab, daß die gemessene Absinkbewegung oberhalb der Ansaugschicht im Alpenvorland so groß ist, daß die bodennahe Schicht (1-1,5 km ü. Gr.) im Laufe eines Tages komplett ersetzt wird. Der horizontale Massenstrom reicht aus die bodennahe Schicht vollständig in den Alpenraum zu transportieren.

Mit einem einfachen Boxmodell lassen sich die Massenströme der Ansaugschicht, der konvektiven Mischungszone und der Luftströme oberhalb der Ansaugschicht miteinander verbinden und darstellen. Die Grenzen der einzelnen Boxen wurden aus den Ergebnissen des Feldexperimentes festgelegt. Dieses Boxmodell konnte mittels geeigneter Luftbeimengungen (Benzol, Toluol, welche nur bodennahe Quellen besitzen) überprüft und bestätigt werden, da sich die Konzentration in der oberen Schicht aus den unabhängigen Massenströmen berechnen läßt. Die berechnete Konzentration stimmt mit Messungen vom Flugzeug aus recht gut überein. Ein Sonderverhalten zeigt Radon, dessen in der Höhe gemessene Konzentration sich mit Hilfe des Box-Modells nicht erklären lassen.

Diese Fallstudie zeigt, wie Spurenstoffe aus einem weiten Umland der Alpen einerseits verstärkt in die freie Troposphäre gelangen und andererseits in sie sensiblen Ökosysteme der Hochalpen. Beispielsweise finden sich in hochalpinen Seen semivolatile Spurenstoffe (Pestizide, PCB's, Organochloride) welche die Konzentrationen in den tieferen Lagen um das 10 bis 100-fache übersteigen. Derartige Anreicherungen werden nicht nur in den Alpen, sondern in vielen Hochgebirgen festgestellt. Die unter den hohen Temperaturen der tiefen Lagen flüchtigen Stoffe rekondensieren bei den tiefen Temperaturen der Hochlagen und reichern sich somit dort an.

Alpines Pumpen, als ein häufiger tagesperiodischer Vorgang, dürfte einer der Hauptmechanismen sein, der neben dem Transport von Sturenstoffen aus der Grenzschicht in die freie Troposphäre auch für die Anreicherung semivolatiler Substanzen in den Hochlagen verantwortliche ist.

Diese Arbeit wurde durch Fördermittel des BMBF (FKZ 07ATF45-TP6) finanziell unterstützt.