

## Effiziente Verbreitung von Schadstoffen

### *Transport aus tiefen Alpentälern in grosse Höhen*

Der alpenquerende Strassenverkehr belastet nicht nur die betroffenen Täler, sondern hinterlässt seine Spuren auch in den darüber liegenden Luftschichten. Eine entscheidende Rolle kommt dabei den talaufwärts wehenden Winden zu, welche die verunreinigte Luft in grosse Höhen verfrachten.

*few.* Die Alpen gelten als ökologisch besonders fragiler Lebensraum. Vielerorts werden daher gegenüber dem zunehmenden alpenquerenden Strassenverkehr Bedenken geäussert, führt dieser doch zu einer grossen Umweltbelastung in den betroffenen Tälern. Der Einfluss der grossen Verkehrsachsen reicht jedoch weit über die eigentlichen Talgebiete hinaus, wie Forscher des Paul-Scherrer-Instituts (PSI) in Villigen am Beispiel des Misox zeigen konnten. Die Schadstoffe des motorisierten Verkehrs werden, zumindest bei gewissen Wetterlagen, aus den Tälern hinaus in hohe Lagen verfrachtet, wo sie dann über grössere Gebiete hinweg verbreitet werden können.

#### **Strassenverkehr als massgeblicher Faktor**

Die Gruppe um André Prévôt vom Labor für Atmosphärenchemie des PSI hat im Rahmen des europäischen Projektes «Vertical ozone transport in the Alps» die Auswirkungen des Strassenverkehrs auf der San-Bernardino-Route auf die Luftqualität im obern Misox untersucht. Im Sommer 1996 führten die Forscher an mehreren Schönewettertagen umfangreiche Messungen durch. Dabei interessierten insbesondere die Belastungen der Luft mit flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), die als Vorläufersubstanzen an der Bildung von troposphärischem Ozon beteiligt sind. Kernstück der Untersuchungen stellten die Messungen dar, die mit einem Motorsegler der Firma MetAir, Illnau, durchgeführt wurden.

An schönen Sommertagen wird die Luftqualität im Misox massgeblich durch Berg- und Talwinde geprägt. Von Bedeutung sind insbesondere die bergaufwärts wehenden Winde, welche sich am späteren Vormittag einstellen und bis am Abend wehen. Die Forscher haben herausgefunden, dass an solchen Tagen das Drei- bis Fünffache des Talvolumens zwischen Grono am Eingang des Calancats und Pian San Giacomo oberhalb von Mesocco aus dem Tal hinaus vertikal nach oben in Lagen über 2000 Metern verfrachtet wird. Durch diesen Mechanismus gelangen grosse Mengen von belasteter Talluft über die planetare

Grenzschicht hinaus in die freie Troposphäre. Bis in Höhen von 3500 Metern über Meer konnten die Wissenschaftler beobachten, dass die Belastung der Luft mit flüchtigen organischen Verbindungen im Verlaufe des Tages zunimmt. Bei einigen Substanzen wurde am Nachmittag auf verschiedenen Höhenlagen eine mehr als doppelt so hohe Konzentration gemessen wie am Morgen.

Durch einen Vergleich der Zusammensetzung der Schadstoffe mit Daten, die bei einer früheren Studie im Gubristtunnel erhoben wurden, konnte gezeigt werden, dass der Strassenverkehr der dominierende Faktor für die Luftbelastung im Misox und in den darüber liegenden Luftschichten ist. Prévôts Gruppe hat berechnet, dass an den Messtagen auf einer Höhe von 2500 Metern die Luft über dem Tal am Nachmittag zu 20 bis 45 Prozent aus aufgestiegener Talluft bestand. Auf einer Höhe von 3500 Metern stammten immerhin noch 15 Prozent der Luft aus dem Tal. Der Strassenverkehr wirkt sich also auch weit abseits des Talgebiets auf die Luftqualität aus. Dies ist besonders an schönen Sommertagen mit einer hohen Ozonproduktion von Bedeutung.

#### **Spuren der Nacht**

Die Forscher haben aber nicht nur die Luftbelastung in der Höhe, sondern auch am Talboden selber gemessen. Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass die Belastung dort sehr stark von den Wetterverhältnissen abhängt. Einen Einfluss haben beispielsweise Niederschläge, welche sich reinigend auswirken. Aber auch an schönen Tagen ist die Belastung je nachdem ganz verschieden. So beobachteten die Forscher etwa an einigen Messtagen, dass bei Grono die Schadstoffkonzentration im Verlaufe des Tages stark variierte. Zwischen 9 und 12 Uhr morgens erreichte die VOC-Konzentration die geringsten Werte. Die Belastung stieg dann im Verlaufe des Nachmittags kontinuierlich an und erreichte am frühen Abend schliesslich ihren höchsten Wert. Im Verlaufe der Nacht gingen die gemessenen VOC-Konzentrationen dann allmählich wieder

zurück. Einen solchen Verlauf der VOC-Konzentration beobachtet man, wenn in der Nacht von Norden her weniger belastete Luft über den San-Bernardino-Pass weht und die Talluft im Misox durch sauberere Luft erneuert wird.

Im Gegensatz dazu stehen andere Messtage, an denen es keine vergleichbare Variation der Belastung gab. Der Grund liegt offenbar darin, dass in der Nacht zuvor die reinigenden Winde von Norden ausblieben und dafür bereits recht stark vorbelastete Luft aus der Poebene durch das Tal hinauf strömte. Zwar gab es am Talboden selbst auch in diesen Nächten eine talabwärts gerichtete Strömung; doch diese Luft stammte eben nicht aus den «sauberen» Gebieten im Norden, sondern es handelte sich um vorbelastete Luft aus dem Süden, die entlang des Talbodens zurückströmte. Die Ereignisse der vorausgehenden Nacht hinterlassen ihre Spuren übrigens auch in den höheren Lagen: Während die Luft nach Nächten mit

Nordwind am Morgen entlang des gesamten Höhenprofils dieselbe geringe Belastung aufwies, wurde nach Nächten mit Südwind in den höheren Lagen bereits bei den Morgenflügen eine Vorbelastung der Atmosphäre festgestellt.

Interessant wäre es nun, ähnliche Daten auch im Frühling und Herbst zu erheben und diese mit den Messungen aus dem Sommer zu vergleichen. Prévôt vermutet, dass im Frühling, wenn die Berge noch mit Schnee bedeckt sind und die Erwärmung der Erdoberfläche daher anders ist, die vertikalen Austauschprozesse nicht gleich ablaufen wie im Sommer. Im Frühherbst dürfte hingegen eine ähnliche Situation vorliegen wie im Sommer, während im Winter allgemein mit geringeren Belastungen der oberen Luftschichten zu rechnen ist, da in dieser Jahreszeit die verunreinigte Luft eher im Tal unten bleibt.

Quelle: *Atmosph. Environ.* 34, 1413–23; 4719–26 (2000).