

# Waldsterben durch Luftverschmutzung?

## Unterbewerteter Stellenwert des Menschen

Die Diskussion um das Waldsterben ist bis zu einem fanatisch verfochtenen Glaubenskrieg entartet. Verschiedenste Theorien über Ursachen und deren Bekämpfung wurden auf- und zum Teil wieder verworfen. Auch die Gefahren der Luftverschmutzung werden unterschiedlich interpretiert und gewichtet. Ist sie wirklich Hauptursache für das offenbar junge Problem Waldsterben? Der zweiteilige Diskussionsbeitrag setzt sich mit dieser Frage - wohlverstanden nicht gerade zeitkonform - skeptisch auseinander.

Höchste, vom Motorfahrzeugverkehr herrührende lokale Immissionskonzentrationen werden im allgemeinen in unmittelbarer Nähe der Strasse, bei wenig Wind und dichter Bebauung sowie vor allem bei stockendem Kolonnenverkehr registriert. Die Verkehrsbehinderung (oder -beruhigung) durch Lichtanlagen und ähnliches ist daher nicht nur ein meist untaugliches Mittel zur Verminderung des Verkehrsaufkommens, sondern aus der Sicht der Luftreinhaltung auch eine ungünstige Massnahme.

Die Schadstoffemissionen der Fahrzyklen Leerlauf, Anfahren, Schrittempo sind zwar nicht unbedingt vergleichbar mit Überlandfahrten. Werden jedoch die grosse Verweilzeit eines Fahrzeugs innerhalb eines kleinen Streckenabschnittes und die fehlende Schadstoffdurchwirbelung infolge geringer Fahrgeschwindigkeit berücksichtigt, so ist die grosse örtliche Luftbelastung durch den stockenden Verkehr einleuchtend. Für den Schweizer Wald insgesamt sind solche Schadstoffmaxima jedoch kaum von Bedeutung, weil

### Ein unzulässiger Vergleich

Viele Schweizer nehmen im allgemeinen zuviel Kochsalz zu sich! Keinem verantwortungsbewussten Journalisten, Politiker oder Wissenschaftler würde es nun einfallen, den Hausfrauen die enorme Giftigkeit anhand der für den Menschen tödlichen Dosis (nach nicht mehr ganz taufrischer Literatur bei einem halben Kilogramm) zu suggerieren.

Anders beim Waldsterben. Um den Einfluss der Luftverschmutzung auf die Wälder anschaulich zu demonstrieren, werden z.B. auf Bilder von der CSSR zurückgegriffen. Die abgestorbenen Bäume befinden sich aber im allernächsten Einflussbereich von punktförmigen Schadstoffquellen gewaltigen Ausmasses. Die auf die bedauernswerten Wälder einwirkenden Schadstoffkonzentrationen erreichen dort Spitzenwerte, die in der Schweiz nicht einmal punktuell, geschweige denn auf einer Fläche, erreicht werden. Zudem werden dort die für eine synergistische Wirkung bekannten Hauptschadstoffe Schwefeldioxid und Stickoxide teilweise gleichzeitig während der Vegetationsperiode (grösste Schadenwirkung!) ausgestossen.

diese hohen Abgaskonzentrationen mit zunehmendem Abstand zum Emissionsort sofort auf Bruchteile der ursprünglichen Strassenrandkonzentrationen absinken und - selbst für den Laien feststellbar - keine signifikanten Vitalitätsunterschiede zwischen Bäumen an Strassenrändern, in stark belasteten Gebieten und «weitab jeglicher Zivilisation» bestehen.

Regional oder sogar überregional hohe Immissionskonzentrationen sind dann möglich, wenn eine grossflächige, starke Emissionsquelle (wie z.B. eine Stadt) mit einer besonders austauscharmen Wetterlage, einer sogenannten Inversion, zusammenfällt.

### Schadenbeginn im Mittelland

Im Normalfall sinkt die Lufttemperatur mit zunehmender Höhe um etwa

0,5°C pro 100 m. So kann es beispielsweise in einer klaren Nacht durch Auskühlen der Erdoberfläche zur Bildung eines Kaltluftsees kommen, in der kälteren Jahreszeit oft begleitet von Nebel. Der obere Abschluss dieser kälteren Luftschicht ist für emittierte Schadstoffe (mit Ausnahme besonders beschaffener Punktquellen) im allgemeinen schlecht durchlässig, d.h. die Schadstoffe reichern sich innerhalb der Inversionsschicht an. Aus Messungen ist bekannt, dass die vertikale Schadstoffverteilung innerhalb der Inversionsschicht unter Berücksichtigung obiger Ausnahme relativ homogen ist; die von den Bergen herab oder aus Flugzeugen ersichtliche, scheinbare obere Schadstoffanreicherung beruht auf einer optischen Täuschung. Über der Inversionsschicht sind die Schadstoffkonzentrationen klein. Je geringer ferner die Dicke der Inversionsschicht und je intensiver die Inversion, um so schneller werden - gleichbleibende Emissionen vorausgesetzt - hohe Schadstoffkonzentrationen innerhalb der Inversionsschicht gemessen. Oder umgekehrt: Wenn die Inversionsobergrenze z. B. bei 800 m ü.M. liegt (das ist im Mittelland etwa 400 m über Grund), sind selbst bei grossen Emissionen, stark ausgeprägten und mehrtägigen Inversionsschichten keine hohen Immissionskonzentrationen innerhalb der Inversionsschicht und schon gar nicht über der Inversionsobergrenze (alpine Gebiete, Bannwälder usw.) möglich. Ein grossflächiges Waldsterben mit einer konventionellen Luftverschmutzung als Hauptverursacher dürfte daher einen Schadenbeginn im Mittelland und in der Nähe von Emissionsquellen voraussetzen.

Der Zweifel am signifikanten Zusammenhang zwischen Luftverschmutzung und dem Waldsterben wird auch

### Von Walter R. Müller

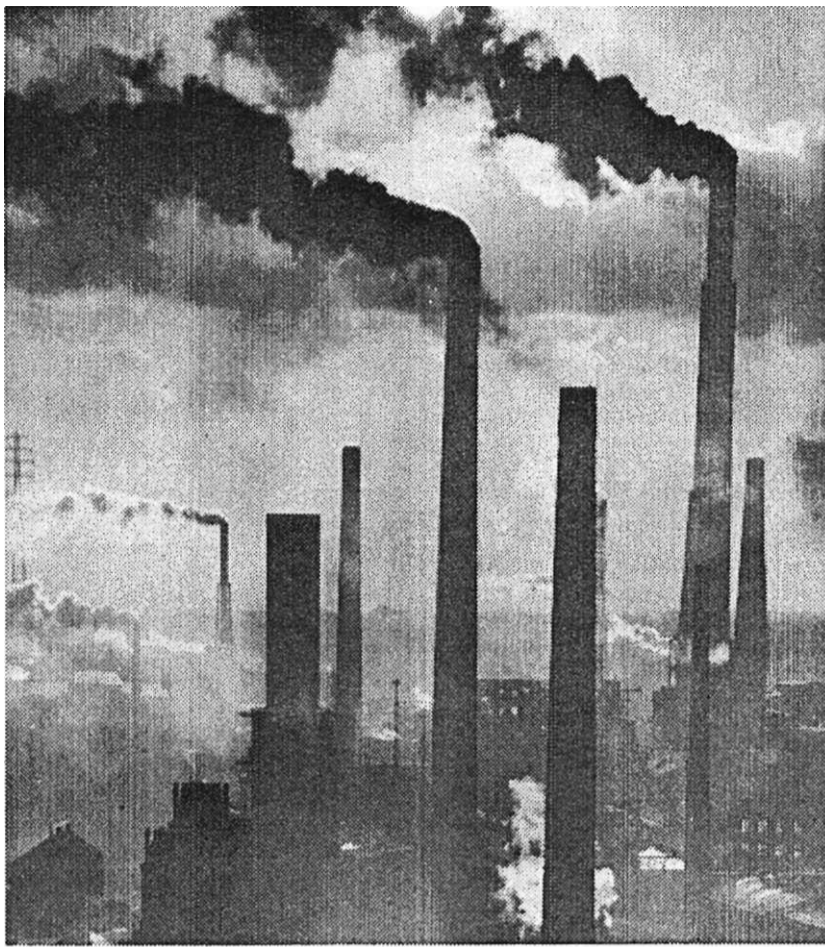
durch folgende Tatsache gestützt: Trotz ähnlichem Schadstoffausstoss wie heute hat sich innerhalb der letzten 5 bis 7 Jahre weder in Reinluftgebieten noch in den am stärksten belasteten Regionen ein richtiges Waldsterben bemerkbar gemacht. Und nun soll plötzlich bei durchaus vergleichbaren Emissionen ein Waldsterben auftreten, gleichzeitig in der schwerstbelasteten und den gänzlich unbelasteten Gebieten?

### Waldsterben durch sauren Regen?

Die in der Luft als natürlicher Bestandteil vorhandene Kohlensäure bildet mit dem Niederschlagswasser ein Gleichgewicht. Der Regen reagiert daher auch bei völlig reiner Luft sauer! Die Oxide von Schwefel und Stickstoff, aber auch Salzsäure usw. aus Kehrlichtverbrennungsanlagen usw. vermögen nun den Säuregrad des Regens bedeutend zu erhöhen. Da das Regenwasser im allgemeinen nur schwach gepuffert ist, genügen bereits kleinste Mengen einer Säure für einen grösseren Aziditätsanstieg. Solche sind vor allem im unmittelbaren Einflussbereich von Grossemissionen festgestellt worden. Bei schwachen Schadstoffkonzentrationen wie z.B. bei über weite Distanzen verfrachteten Schadstoffen ergibt sich ein Gleichgewicht mit nur geringer Niederschlagsazidität. Behauptungen, wonach aus England verfrachtete Luftschadstoffe als saurer Regen in Schweden die Wälder und Seen abtöten, sind daher mit Skepsis aufzunehmen. In Schweden und Finnland sind übrigens aufgrund der torfähnlichen Bodenbeschaffenheit praktisch alle Seen bereits seit Menschengedenken sauer.

### Sofortmassnahmen

In der Schweiz reagiert der Boden wegen des Kalkgehalts im allgemeinen alkalisch, d.h. der pH-Wert liegt über dem Neutralwert von 7. Dies sehr zum Leidwesen der Gärtner und ähnlicher Berufsleute, denn optimale Bodenaktivität, Wachstum und Ertrag setzen meist einen schwach sauren Boden voraus. So wird z.B. in der Literatur für die Fichte ein optimaler pH-Wert-Bereich des Bodens von 5 bis 6,5 angegeben. Im Gegensatz zum Regenwasser ist der Boden meist stark gepuffert, d.h. selbst mit grossen Säure- oder Lauggaben



Smogbildung findet hauptsächlich über Städten, weniger im Hinterland statt. Neben der Konzentration der Ausgangsstoffe spielt die Intensität der Sonnenstrahlung eine entscheidende Rolle dabei. (Foto SHZ-Archiv)

verändert sich die Bodenazidität kaum. Diese Tatsache ist mit den Resultaten langjähriger Dauerdüngerversuche belegbar, ändert sich doch der pH-Wert des Bodens bei jährlichen Gaben von 30 g/m<sup>2</sup> eines stark sauer reagierenden Mineraldüngers nur unwesentlich. Demgegenüber steht die jährliche Bodenbelastung mit etwa 4 g/m<sup>2</sup> Säure, sofern alle in der Schweiz ausgestossenen Schadstoffe durch den Regen ausgewaschen werden. In unmittelbarer Umgebung von grösseren Emittenten (z. B. in der Nähe von Kehrlichtanlagen oder einer Cellulosefabrik, wo Schwefeldioxid sogar in deutlich riechbaren Konzentrationen auftreten soll), sind die Werte um Zehnerpotenzen höher als im Alpengebiet. Dem Wald geht es aber in der Nähe der aufgeführten Emittenten fast genauso gut oder schlecht wie im Alpengebiet. Der Vergleich mit Dünger zeigt aber: Massnahmen gegen die Luftverschmutzung und damit gegen die unerwünschte Bodenbelastung durch ausgewaschene Schadstoffe sollten doch umgehend eingeleitet werden

### Fortsetzung von Seite 25

sogenannten Smogindikatorpflanzen in der Stadt Zürich gesucht und entdeckt.

Saurer Nebel als Verursacher des Waldsterbens schliesst die schon fast feststehenden Ursachen «saurer Regen» und «Windverfrachtungen mit oder ohne Ozonbildung» praktisch wieder aus, denn bei Nebel ist Regen und/oder Wind eher unwahrscheinlich. Das Körnchen Wahrheit in der Nebeltheorie liegt - wie vorstehend beschrieben - im möglichen grossflächigen Auftreten hoher Schadstoffkonzentrationen, ist doch Nebel meteorologisch oft an eine Inversion gebunden. Die hinsichtlich dieser Erscheinung früher gegebenen Erläuterungen gelten ebenso für die hauptsächlich in Frage kommende Art von Nebel und machen diesen als wesentlichen Verursacher der Waldschäden unwahrscheinlich. Da die Nebelbildung zudem vorwiegend auf die Vegetationspause Spätherbst und Winter beschränkt ist und die Waldschadenkarten mit den von Satelliten aufgenommenen Nebelkarten ungenügend korrelieren, dürfte auch diese Theorie vermutlich nicht die letzte bleiben.

ist vor allem die Intensität der Sonnenstrahlung ein wichtiger Faktor für die Smogbildung. Nach gewissen Ansichten sollen nun die Ausgangsstoffe von den Orten ihrer Entstehung (u.a. Städte, stark befahrene Strassen usw.) über grössere Distanzen in abgelegene Reinluftgebiete verfrachtet werden und erst dort unter der Einwirkung des Sonnenlichtes zu Waldschäden führen. Diese Theorie tönt zwar für den Laien einleuchtend und könnte die fehlende örtliche Korrelation zwischen Waldschäden und Schadstoffemissionen erklären. Nur: Die Smogbildung über Los Angeles, Paris usw. findet vorwiegend in den Städten und weniger im entfernteren Hinterland statt, also dort, wo hohe Schadstoffkonzentrationen (wesentlich höhere als in der Schweiz je gemessene!) auftreten.

Warum sollte dies in der Schweiz anders sein? Wenn z.B. die gewaltigen Schadstoffmengen aus der Agglomeration Zürich - ohne dort Schaden anzurichten - zum 30 km entfernten Bachtel verfrachtet werden, so braucht es dazu Wind. Ob dieser Wind sehr schwach bläst und demnach eine kleine Verfrachtungsgeschwindigkeit (d.h. eine lange Reisezeit mit den entsprechenden Verdünnungseffekten) resultiert oder umgekehrt, nach jeder bekannten Ausbreitungsrechnung sowie messtechnisch begründeten Modellen sind die Schadstoffkonzentrationen am Bachtel durch die Transportverteilung auf Bruchteile der ursprünglichen Konzentrationen über Zürich abgesunken. Und wenn die Smogbildung in und um Zürich nicht oder nur wenig einsetzt, so tut sie das auch nicht mehrfach verstärkt hinter dem Pfannenstiel und erst recht nicht am Bachtel. Dies schliesst allerdings nicht aus, dass die Ozonkonzentration am Bachtel im Jahresmittel möglicherweise höher ist als in der Stadt Zürich. Hinsichtlich der Verteilung «natürliches» und «smogbedingtes» Ozon steckt die Forschung aber noch in den Kinderschuhen, was nicht mit dem Herumreichen von entsprechend ausgewählten, teils recht widersprüchlichen Messungen mitsamt den noch widersprüchlicheren Interpretationen überdeckt werden kann. Diesbezügliche Schadstoffmessungen ohne gleichzeitige Angabe der genauen Randbedingungen wie Messort, Wind, Globalstrahlung, übrige Schadstoffkonzentrationen usw. und ohne ausreichende statistische Auswertung bzw. Abstützung sind nur beschränkt aussagekräftig.

Übrigens: Forstwissenschaftler haben vor rund zehn Jahren die Smogvorboten auch nicht am Bachtel, sondern mit

Fortsetzung auf Seite 26

### Mensch und Waldsterben

Noch nie sind bei der Verteilung von Subventionen Geschrei und Gerangel ausgeblieben; das ist nicht nur das Privileg der Landwirtschaft. Und es braucht sehr viel Charakter, mit den Treibstoffzollgeldern vor Augen sich damit zufriedenzugeben, dass der vom Bund bezahlte Helikopter die Stämme aus dem schlecht erschlossenen und daher seit Jahrzehnten kaum mehr gepflegten Wald abtransportiert! Nichts gegen Unterstützungen. Aber wenn vom Verursacherprinzip die Rede ist, d.h. der Verursacher muss für die entstehenden Unkosten aufkommen, dann wird damit gleichzeitig ein Zusammenhang zementiert, der nicht nur kaum mehr je entflechtbar wäre, sondern im jetzigen Zeitpunkt nicht bewiesen ist.

Auf die (lange) Aufzählung, wer wegen Ansehen, Sachzwängen, aus finanziellen Gründen usw. am sogenannten Waldsterben mitmacht, mitmachen möchte oder mitmachen muss, wird verzichtet. Der Stellenwert, den der Mensch in dieser Angelegenheit einnimmt, ist jedoch bis heute eindeutig unterbewertet worden!

\*Teil I siehe SHZ-Nr. 9 vom 28.2.1985.