

Bäume werden durch Überdüngung und Versauerung geschwächt

Luftschadstoffe belasten den Wald

Die Belastung der Wälder durch stickstoffhaltige Luftschadstoffe liegt immer noch deutlich über den Belastungsgrenzen, die langfristig verkraftbar sind. Die Waldböden werden überdüngt und versauern zunehmend. Dadurch gerät die Nährstoffversorgung der Bäume aus dem Gleichgewicht. Die Bäume werden weniger resistent gegenüber Trockenheit, Stürmen und Schädlingen. Es braucht deshalb wirkungsvolle Massnahmen, um stickstoffhaltige Luftschadstoffe und ihre Auswirkungen zu vermindern.

Wälder erfüllen wichtige Funktionen für uns Menschen – sie speichern das Wasser bei Niederschlägen und geben es während trockener Perioden wieder frei, liefern Energieholz und schützen vor Erdbeben sowie Lawinen. Zudem bieten sie uns einen Erholungsraum, in dem wir Ruhe finden können. Ebenso sind viele Tierarten und Insekten auf den Wald als Lebensraum angewiesen. Der Wald ist eines der artenreichsten Ökosysteme und leistet einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Artenvielfalt.

Auswirkungen der Luftschadstoff-Belastung

Leider werden die Wälder regelmässig durch menschliche Aktivitäten bedroht. Im 18. Jahrhundert waren es grossflächige Abholzungen, heute sind es vor allem die Luftschadstoffe und der Klimawandel, welche dem Wald zu schaffen machen. Wir sind gefordert, mit den richtigen Massnahmen den Ausstoss stickstoffhaltiger Luftschadstoffe zu vermindern, um den Fortbe-

stand der Wälder auch in Zukunft zu ermöglichen.

Ammoniak (NH₃) und Stickoxide (NO_x)

Durch Luftschadstoffe wie Ammoniak (NH₃) und Stickoxide (NO_x) werden erhebliche Mengen an Stickstoff (N) in die Wälder eingetragen. Zwei Drittel des N-Eintrags stammen aus den NH₃-Emissionen der Landwirtschaft, insbesondere aus der Tierhaltung (Gülle), ein Drittel aus den NO_x-Emissionen von Verkehr, Heizungen, Industrie und Gewerbe (Verbrennungsprozesse).

Der Stickstoff gelangt auf zwei Wegen aus der Luft in die Wälder und ins Freiland: entweder über Auswaschung durch Regen oder direkt durch Deposition (Ablagerung) auf Blättern sowie der Pflanzen- und Erdoberfläche. Auf-

Regula Rometsch
Abteilung Lufthygiene
AWEL Amt für
Abfall, Wasser, Energie und Luft
Postfach, 8090 Zürich
Telefon 043 259 29 95
regula.rometsch@bd.zh.ch
www.luft.zh.ch

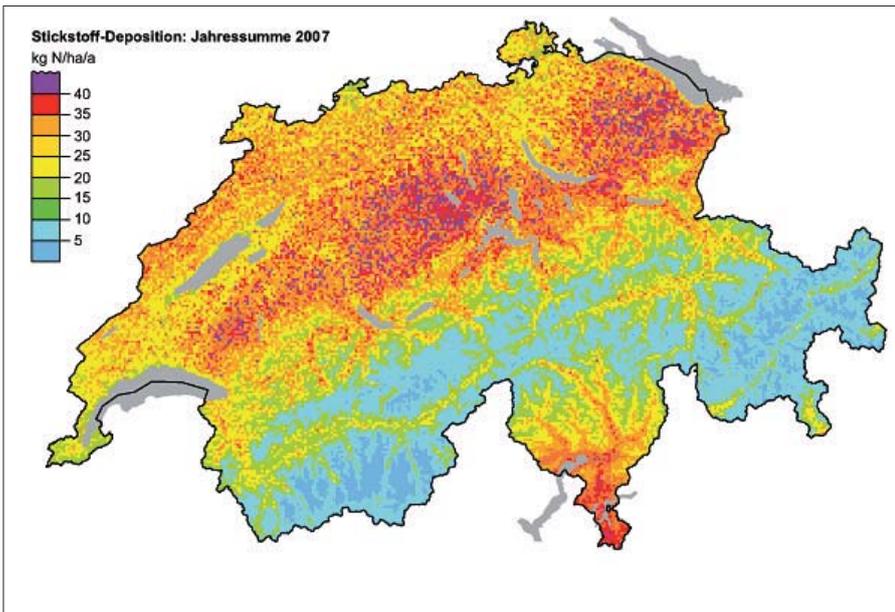
Hans-Peter Stutz
Abteilung Wald
Forstdienst
Telefon 043 259 27 41
hans-peter.stutz@bd.zh.ch

Luft



Beim Sturm Lothar wurden auf durch Luftschadstoffe versauerten Böden rund fünfmal mehr Bäume entwurzelt als auf neutralen Böden. Im Bild: Beobachtungsfläche in Frienisberg.

Quelle: BAFU/IAP 2011



Stickstoff-Eintrag in der Schweiz 2007 (Jahressumme).

Quelle: BAFU

grund ihrer grossen Kontaktfläche sind die Baumkronen besonders effizient in der Aufnahme von Luftschadstoffen. So nehmen die Wälder deutlich mehr Schadstoffe auf als andere Ökosysteme wie beispielsweise Wiesen.

Einfluss des Klimawandels

Der Klimawandel bringt generell wärmere Temperaturen und eine veränderte Verteilung der Niederschläge. So haben die Hitzetage in der Schweiz in den letzten Jahrzehnten deutlich zugenommen, und es wird damit gerechnet, dass Trockenperioden in Zukunft häufiger vorkommen werden. Höhere Temperaturen fördern die Vermehrung und Ausbreitung von Schädlingen, welche die Wälder beeinträchtigen können. Gleichzeitig hat sich die Häufigkeit intensiver Niederschläge im Winter und Herbst um bis zu 70 Prozent gesteigert.

Voraussichtlich wird die Niederschlagsmenge bis 2050 im Winter um 10 Prozent zunehmen. Umso wichtiger wird die Funktion der Wälder als Wasserspeicher und als Schutz vor Erdbeben. Da die Luftschadstoff-Belastung die Widerstandsfähigkeit der Wälder gegenüber Sturmereignissen, Trockenheit, Frost und Schädlingen vermindert, kann der Klimawandel künftig grössere Schäden anrichten.

Belastungsgrenzen (Critical Loads) für den Stickstoff-Eintrag

90 Prozent der Schweizer Wälder leiden unter einem übermässigen N-Eintrag. Ähnlich ergeht es den Wäldern in umliegenden Ländern. Da Luftschadstoffe keine Grenzen kennen, wurden im Jahr 2003 in einem internationalen Abkommen (Protokoll von Göteborg) Belastungsgrenzen (sogenannte Critical Loads) für empfindliche Ökosysteme festgelegt. Werden diese längerfristig überschritten, entstehen irreversible Schäden. Für Wälder liegt die Belastungsgrenze bei 10 bis 20 Kilogramm Stickstoff pro Hektare und Jahr.

Folgen des übermässigen Stickstoff-Eintrags

Die Stickstoff-Belastung der Wälder im schweizerischen Mittelland beträgt jährlich rund 30 bis 40 Kilogramm Stickstoff (N) pro Hektare. Der übermässige N-Eintrag führt zu einer Überdüngung und Versauerung der Waldböden.

Eine kurzfristige, leichte Überdüngung des Bodens führt zu einem vermehrten Wachstum der Bäume, insbesondere der Sprossorgane. Bei einer längerfristi-

gen und stärkeren Überdüngung wird das Wachstum jedoch eingeschränkt, da der übermässige Stickstoff-Eintrag eine Versauerung des Waldbodens verursacht. Diese führt zur Auswaschung von wichtigen Nährstoffen wie Magnesium und Kalium. Zudem wird giftiges Aluminium freigesetzt. Dadurch wird das Wachstum der Wurzeln beeinträchtigt, und es entsteht ein Nährstoffungleichgewicht. Zudem nehmen mit dem Stickstoff-Eintrag auch die Mykorrhizapilze im Boden ab. Diese leben in einer Gemeinschaft mit den Bäumen und erleichtern diesen die Wasser- und Nährstoffaufnahme sowie die Abwehr von Schädlingen. Die Folge ist eine verminderte Resistenz der Bäume gegenüber Sturmereignissen, Trockenheit, Frost und Schädlingen.

Die Versauerung des Bodens führt auch dazu, dass die Zahl der Regenwürmer abnimmt. Diese erfüllen wichtige Funktionen für den Wald, indem sie Streu abbauen und wichtige Nährstoffe freisetzen, den Boden durchmischen und Humus bilden – sie sind in ihrer Funktion für den Wald unersetzlich. Der übermässige N-Eintrag fördert stickstoffliebende Bodenvegetation wie beispielsweise die Brombeere. Diese kann sich stark vermehren und den Aufwuchs nachwachsender Bäume erschweren.

Ozon verfärbt das Laub

Ozon hemmt das Wachstum der Bäume, insbesondere der Wurzeln. Der in den Blättern oder Nadeln gebildete Zucker wird nur noch eingeschränkt in die Wurzeln transportiert. Dadurch nehmen die bereits erwähnten Mykorrhizapilze ab. Ozon vermindert, ähnlich wie der Stickstoff, die Widerstandsfähigkeit der Bäume. Auch vorzeitiger Laubfall im Herbst kann durch Ozon verursacht werden. Bereits im Juli sind bei verschiedenen Baumarten typische Verfärbungen zu beobachten, welche auf die Ozonbelastung zurückzuführen sind. Diese können sich in diffusen helleren, rötlichen oder braunen Punkten oder einer Herbstfärbung mit



Nährstoff-Mangelsymptome bei einer Buche äussern sich in verfärbtem Laub.

Quelle: BAFU/IAP 2011

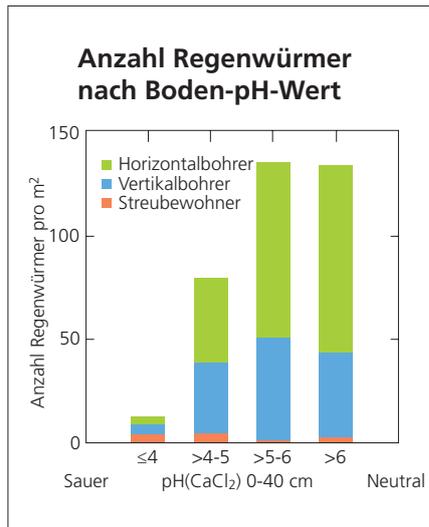
braunen Stellen auf grünen Blättern äussern.

Schwefeldioxid versauert den Boden

In den 70er und 80er Jahren leistete auch Schwefeldioxid (SO_2) in der Luft durch Deposition einen wesentlichen Beitrag zur Bodenversauerung. Durch die Entschwefelung von Brenn- und Treibstoffen konnte der Beitrag des SO_2 bis Anfang der 1990er Jahre wirkungsvoll gesenkt werden. Heute ist die SO_2 -Belastung noch für rund 25 Prozent der versauernden Wirkung von Luftschadstoffen verantwortlich. Die Ammoniak-Emissionen (NH_3) tragen 50 Prozent und die Stickoxid-Emissionen (NO_x) 25 Prozent zur Versauerung bei.

Massnahmen vorantreiben

Zum Schutz unserer Wälder muss in erster Linie der Ausstoss stickstoffhaltiger Luftschadstoffe vermindert werden. Da zwei Drittel der N-Einträge aus den Ammoniak-Emissionen der Landwirtschaft stammen, müssen die Massnahmen primär im Bereich der Landwirtschaft ansetzen. Auch die Bildung von Ozon (O_3) muss vermindert werden, indem der Ausstoss der beiden



Regenwürmer können in sehr sauren Böden kaum mehr existieren.

Quelle: BAFU/IAP 2011

Vorläuferschadstoffe – Stickoxide (NO_x) sowie flüchtige Kohlenwasserstoffe (VOC) – vermindert wird.

Bund setzt finanzielle Anreize

Im Bereich der Fahrzeuge und Maschinen passt der Bund die Abgasgrenzwerte laufend an den neusten Stand der Technik an – dasselbe gilt auch für die Bereiche Industrie und Feuerungen. Bis Ende der 90er Jahre konnte die NO_x -Belastung der Luft mit diesen Vorschriften deutlich gesenkt werden. Hingegen blieb die NH_3 -Belastung relativ stabil auf zu hohem Niveau. Die NH_3 -Emissionen sollen nun mit finanziellen Anreizen im Bereich Landwirtschaft vermindert werden (Ressourcenprogramm siehe unten).

Kanton will NH_3 reduzieren

Im Massnahmenplan Luftreinhaltung des Kantons Zürich sind viele Massnahmen zur Reduktion der NO_x -Emissionen aus dem Verkehr sowie aus den Feuerungen enthalten (ZUP Nr. 60/2010). Zur Reduktion der NH_3 -Emissionen hat der Regierungsrat beschlossen, ein Ressourcenprojekt zu erarbeiten und beim Bund einzureichen (siehe rechts). Mit weiteren Massnahmen im Bereich



*Dr. Marco G. Pezzatti, Stellvertretender Amtschef, Amt für Landschaft und Natur ALN
marco.pezzatti@bd.zh.ch*

Was will das Ressourcenprojekt Ammoniak für den Kanton Zürich?

Stickstoffemissionen sind aus ökologischer und ökonomischer Sicht schlecht. In die Luft entweichende Nährstoffe sind für die Nutzpflanzen verloren. Die Landwirtschaft ist daran interessiert, die Verluste von Dünger möglichst gering zu halten. Am wirksamsten sind Massnahmen, die bei der Ausbringung und der Lagerung von Hofdünger ansetzen. Das ALN hat daher zusammen mit dem AWEL und Vertretern des Zürcher Bauernverbands ein Ressourcenprojekt Ammoniak erarbeitet und beim Bund zur Genehmigung eingereicht. Das Programm soll ab 2012 sechs Jahre dauern und die Ammoniakbelastung der Luft u.a. mit der Förderung des Schleppschlauchverfahrens bei der Ausbringung von Gülle um rund 20 Prozent dauerhaft reduzieren. Das vom Bund im Januar 2011 genehmigte Projekt kostet 26 Mio. Franken. Diese werden zu 80 Prozent vom Bund getragen. Der Regierungsrat hat im Juni 2011 beschlossen, beim Kantonsrat ein Kredit für die Restfinanzierung zu beantragen. Gegenwärtig wird der Antrag in der Kommission für Energie, Verkehr und Umwelt diskutiert. Wenn alles rund läuft, kann das Projekt 2012 starten.

Industrie und Gewerbe sorgt der Massnahmenplan auch für eine Reduktion der VOC-Emissionen.

Ressourcenprojekt Ammoniak

Im Rahmen des Ressourcenprogramms unterstützt der Bund ressourcenschonende Projekte mit finanziellen Beiträgen. In vielen Kantonen werden be-



Schleppschlauchsysteme reduzieren die Ammoniak-Emissionen bei der Gülle-Ausbringung um rund 30 Prozent.

Quelle: Juchhof

Mit nachhaltiger Waldbewirtschaftung Bodenversauerung vorbeugen

Auch eine nachhaltige Waldbewirtschaftung kann dazu beitragen, die Bodenfruchtbarkeit trotz ungünstiger Entwicklungen möglichst gut zu erhalten. Beispielsweise sollten Laub und Äste nicht verbrannt, sondern im Wald liegen gelassen werden, da sie am meisten Nährstoffe enthalten. In den Wintermonaten ist die Verbrennung von Ästen und weiteren Waldabfällen im Kanton Zürich ausserdem verboten, weil dabei viel Feinstaub entsteht und dies zu hohen Belastungswerten bei Smogperioden beitragen kann (siehe ZUP Nr. 63/2010).

Das Liegenlassen von Ästen und Laub ist insbesondere auf bereits stark versauerten Böden wichtig. Der Boden wird mit dieser Massnahme auch vor Austrocknung geschützt und das liegen gelassene Totholz bietet Lebensraum für viele Lebewesen. Bei der Baumartensmischung ist darauf zu achten, dass Baumarten mit gut abbaubarer Streu gefördert werden. Auch ist es wichtig, keine flächigen Verjüngungsschläge vorzunehmen und die Böden nicht freizustellen. Zudem sollten Waldböden immer in denselben Fahrwegen (Rückgassen) befahren werden, da auch die Bodenverdichtung zur Bodenversauerung beiträgt.

Weitere Anstrengungen notwendig

Zur Reduktion der Luftschadstoffe werden bereits viele Massnahmen umgesetzt. Trotzdem können die angestrebten Emissionsziele für Ammoniak und Stickoxide gemäss Prognosen in näherer Zukunft nicht eingehalten werden. Zum Schutz unserer Wälder sind deshalb weitere Massnahmen notwendig. So müssen bei der künftigen Ausrichtung der Agrarpolitik wirksame Massnahmen getroffen werden. Neben den Massnahmen von Bund und Kanton kann auch jeder einzelne mit Massnahmen im Bereich der Ernährung oder der Mobilität einen Beitrag leisten. Da der Hauptanteil der NH₃-Emissionen der Landwirtschaft aus der Tierhaltung stammt, können mit einer reduzierten Fleischproduktion auch die NH₃-Emissionen vermindert werden. Mit dem Verzicht auf Fleisch kann jeder Einzelne einen Beitrag zur Verminderung des N-Eintrags leisten. Dies hat den positiven Nebeneffekt, dass gleichzeitig der Ausstoss klimarelevanter Methan-Gase reduziert wird. Auch eine Reduktion der NO_x-Emissionen hilft, den übermässigen N-Eintrag zu vermindern. Dies kann erreicht werden, indem auf Autofahrten verzichtet wird und indem durch eine tiefere Raumtemperatur im Winter der Brennstoffverbrauch der Heizung reduziert wird.

reits Ammoniak-reduzierende Projekte umgesetzt. Das Ziel ist, den Stickstoff in der Gülle effizienter für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen zu nutzen, indem die NH₃-Verluste aus der Gülle in die Luft vermindert werden. Wichtigste Massnahme ist die finanzielle Förderung von Schleppschlauchsystemen bei der Gülle-Ausbringung. Mit dem bisher üblichen System des Pralltellers wurde die Gülle breitflächig durch die Luft gespritzt. Mit dem Schleppschlauch wird sie bodennah abgelegt, die NH₃-Emissionen können um rund 30 Prozent vermindert werden (Foto oben).

Auch der Kanton Zürich hat dem Bund ein entsprechendes Projektgesuch eingereicht, welches Anfang 2011 vom Bund genehmigt wurde. Die Umsetzung des Projektes ist jedoch noch nicht gesichert, da der Kantonsrat die Finanzierung beschliessen muss. Der Bund übernimmt 80 Prozent der Projektkosten, die restlichen 20 Prozent übernimmt der Kanton. Der Entscheid des Kantonsrats wird 2011 erwartet, das Projekt soll Anfang 2012 starten.