

Kurzfassung EcoCatch Lunz (Februar 2010)

Das EcoCatch Projekt in Lunz/See wurde von einem interdisziplinären Konsortium, mit Beteiligung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Universität Wien, Technische Universität Wien sowie dem WasserKluster Lunz durchgeführt. Der Hauptaugenmerk lag auf einem verbessertem Verständnis der Deposition in einem Reinluftgebiet sowie den Reaktionen von Ökosystemleistungen auf klimatische sowie immissionsbedingte Änderungen. Die wichtigsten Hauptergebnisse der EcoCatch-Studie sind folgende:

Feinstaubmessungen

Im Zeitraum von April 2007 bis Dezember 2008 wurden im Ortsgebiet von Lunz am See Feinstaubmessungen durchgeführt, um die Aerosolzusammensetzung in einem Hintergrundgebiet in Niederösterreich im Jahresverlauf chemisch zu charakterisieren und eine Zuordnung der wichtigsten Aerosolquellen zu erstellen. Diese Quellenzuordnung erfolgte mittels eines „Makrotracer“ Modells (Bauer et al. 2007). Besonderes Interesse wurde dabei auf die Darstellung der Bedeutung der Biomasseverbrennung an der Feinstaubkonzentration gelegt, da sich diese in den vergangenen Jahren sowohl für Österreich als auch international als bedeutend erwiesen hat. Im Monatsmittel ergaben sich Konzentrationswerte von 8,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (September 2007) bis 33,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Dezember 2007). Der Messpunkt kann mit den Hintergrundmessstellen Enzenkirchen (Oberösterreich), Illmitz (Burgenland), Klöch (Steiermark), Pillersdorf (Niederösterreich), Vorhegg (Kärnten) und Zöbelboden (Oberösterreich) verglichen werden. Allerdings liegen für diese Messpunkte keine Werte zur chemischen Zusammensetzung der Aerosolproben vor. In der Mehrheit der Monate konnten mehr als 70% der Aerosolmasse einzelnen Quellen und Substanzklassen zugeordnet werden. Es ist anzunehmen, dass ein wesentlicher Teil des unidentifizierten Aerosolanteils dem Mineralstaub zugeordnet werden kann. Der nicht-identifizierte Rest ist im Sommer größer als im Winter. In den Sommermonaten ist gerade durch die Lage des Messpunktes neben einem Tennisplatz von einer merkbaren Belastung durch mineralische Komponenten auszugehen. Partikeln, die aus Pflanzendebris und Bioaerosole stammen fallen unter das unidentifizierte organische Material (Sonstiges OM).

Im Jahresmittel stellen das sekundäre anorganische Aerosol (26%) und der Holzrauch (21%), neben einem doch deutlichen unidentifizierten Anteil (27%) die stärksten Aerosolfraktionen dar. Auch der KFZ-Verkehr (8%) trägt erkennbar zur PM₁₀ Belastung bei, doch mit einem deutlich geringeren Anteil. In den Wintermonaten kann der Anteil an Holzrauch über 50% der PM₁₀ Gesamtkonzentration steigen. Wenn man den 3-Monatsmittelwert (Okt.–Dez.) mit anderen Stationen vergleicht zeigt sich, dass die Fraktion vom Aerosol, die aus der Biomasseverbrennung stammt, in Lunz deutlich höher ist als zum Beispiel in Bockberg (Stadt-Hintergrundmessstation, AQUELLA-Projekte), Knittelfeld oder Köflach (ländliche Stationen, AQUELLA-Projekte). Dieser Vergleich zeigt wie wichtig der Holzrauch als Teil des Aerosols in kleinen Gemeinden und ländlichen Gegenden ist. Dabei bleiben die Absolutwerte für PM₁₀ in Lunz deutlich geringer als an den anderen Meßpunkten.

Aerosole können natürlichen oder anthropogenen Ursprungs sein; die Partitionierung dieser Quellen aber auch sekundärer Transformationen ist schwierig, kann aber auf Basis der ionischen und organischen Zusammensetzung erfolgen. Auch die Konzentrationen von N und C sowie deren isotopische Zusammensetzung (¹⁴N, ¹⁵N; ¹²C, ¹³C) haben das

Potential die Quellen und Prozessierung von Aerosolen zu unterscheiden. Die Auswertung der Isotopengehalte der Aerosole zeigte:

1. die Isotopenzusammensetzung der Aerosole weist im Zeitraum große Abweichungen auf, und lässt den Schluss zu, dass die Quellen (primäre, sekundäre Aerosole) für N und C in der Untersuchungsperiode stark variierten,
2. die hohen N Gehalte weisen auf starke sekundäre Umformung und sekundäre N Quellen in den Aerosolen hin, auch der teilweise sehr hohe C Gehalt weist teils auf hohe Anteile an biogenen organischen Materialien (und Ruß) in den Aerosolen hin,
3. die Korrelationen von $\delta^{13}\text{C}$ bzw. $\delta^{15}\text{N}$ mit klimatischen Parametern weisen auf die Möglichkeit hin, die primären und sekundären Prozesse der Aerosolbildung besser diskriminieren zu können. Die Beziehung zwischen $\delta^{13}\text{C}$ und $\delta^{15}\text{N}$ demonstriert, dass die Prozesse der Aerosolbildung für C und N gekoppelt sind und ähnlichen Kontrollen unterliegen, und
4. dass die Kombination chemisch-biochemischer Tracer (z.B. anorganische Ionen für sekundär gebildetes Aerosol; Ruß für Kfz Emissionen; NaCl für Streusalz; Levoglucosan für Holzrauch), isotopischer Tracer (N und C Isotope und N Gehalte) und Trajektorienanalysen wesentlich tiefere Einblicke in die Entstehung und den Transport von Aerosolen zulässt.

Stoffeintrag

Der Stoffeintrag durch Deposition kann über drei Wege erfolgen die Nasse Deposition, die Trockene Deposition und die Nebeldeposition (Okkulte Deposition). Die meistens Eintragsmessungen beschränken sich auf die Bestimmung der nassen Deposition, da an vielen Standorten dieser Depositionsweg bereits einen sehr großen Anteil der Gesamtdeposition ausmacht. Dies gilt auch für Lunz am See. Im Vergleichszeitraum April 08 bis Juli 09 lag, vergleicht man Nasse und Trockene Deposition, der Anteil der Nassen Deposition für SO_x immer über 80 %, für NO_x und NH_x immer über 60%. Die geringsten Anteile der Nassen Deposition wurden im Frühjahr und Herbst bestimmt, wenn auch die Gesamtdeposition gering war. Gerade in diesen Monaten kam es zu intensiveren Nebelereignisse, wodurch ein zusätzlicher Stoffeintrag gegeben ist, der aber sicher nicht an die Nasse Deposition heranreicht. Ionenkonzentrationen im Nebelwasser sind besonders im Winter deutlich höher als im Regen.

Luftmassen-Rückwärtstrajektorien

Um den Effekt von Ferntransport in Lunz/See genauer zu untersuchen wurde eine Trajektorien-Analyse der Luftmassen durchgeführt. Diese Analyse wurde mit dem Programm HYSPLIT, das von der NOAA kostenlos web-basiert zu Verfügung gestellt wird, errechnet. Damit lässt sich die Herkunft (ozeanisch: Atlantik, Mittelmeer; kontinental: stark, schwach oder nicht industrialisierte oder landwirtschaftlich genutzte Gebiete) und der Transportweg der Luftmassen nachvollziehen und kategorisieren. Der Einfluss dieser Parameter auf Regenchemie sowie Aerosolkonzentration und -chemie wurde mittels Clusteranalyse und ANOVA untersucht.

Die Auswertung der Rückwärtstrajektorien der Luftmassen (Regen, Aerosole) zeigte:

1. dass eine eindeutige geografische Zuordnung von Luftmassen mit sehr geringer Schadstoffbelastung (z.B. Südlicher Atlantik) und solchen mit hohem Grad an Luftverschmutzung (Osteuropa, Teile Mittel- und Südeuropas sowie Belgien-Südsandinavien) möglich ist.
2. dass die Aerosolkonzentrationen aber auch der Regenchemismus (Ammonium, Nitrat, Sulfat, Kalzium, Natriumchlorid) die Quellen in Bezug auf Landwirtschaft, Verkehr, Industrie u.a. aufschlüsseln lassen.
3. dass eine räumlich besser aufgelöste Analyse der Luftmassen aus Cluster 5 (Mittel- und Südeuropa: Schweiz, Süddeutschland, Tschechische Republik, Slowakei, Polen, Ungarn, Norditalien und den Balkanländern), der mit 108 Ereignissen den Hauptanteil der Luftmassen in Lunz/See stellte, eine präzisere Quellenzuweisung der verschmutzten Luftmassen innerhalb dieser heterogenen Region erlauben würde.

Nährstofftransport und Umwandlungen

Wasser und Nährstoffe werden innerhalb eines Ökosystems entlang des Flusspfades von Regenwasser bis hin in das Grundwasser und den Bach transportiert. Im Kronendach des Waldbestandes kommt es bereits zu den ersten Austauschprozessen zwischen Regenwasser und Blatt- bzw. Borkenoberflächen. Zusätzlich werden beim Regen Stoffe, die während Trockenperioden auf pflanzlichen Oberflächen akkumulieren (Trockendeposition), von diesen Oberflächen abgewaschen. Es kommt somit zu einer Veränderung der chemischen Zusammensetzung des Regenwassers während es durch das Kronendach trauft (sogenannter Kronentrauf). Ein Teil des Kronentraufs erreicht direkt den Bach, ein Teil läuft oberflächlich ab (Oberflächenabfluss). Ein weiterer Teil des Kronetraufs dringt in den Oberboden ein (Bodenwasser) und fließt als oberflächennahes Wasser im Oberboden ab („Interflow“) bzw. dringt in tiefere Bodenschichten (Grundwasser) ein. In Auwaldsystemen steht das Grundwasser in engem Austausch mit dem Bachbett (Sedimentkörper) und fließt zum Teil mit dem Bachwasser in den Lunzer See ab. Entlang dieses Flußpfades wurden >2500 Wasserproben zwischen 2007 und 2010 besammelt, und deren chemische Zusammensetzung vermessen. Zusätzlich wurden Sauerstoff- und Wasserstoff-Isotopenverhältnisse ($\delta^{18}\text{O}$ und $\delta^2\text{H}$ -Werte) in Niederschlägen und in verschiedenen ökosystemaren Wasserfraktionen entlang des Abflusspfades (Kronentrauf, Bodenwasser, Grundwasser, Fluss) gemessen. Zusammenfassend zeigte die Untersuchung des Chemismus der verschiedenen Wässer entlang des Flußpfades von Niederschlag, Kronentrauf, Bodenwasser, Grundwasser in den Fluss folgendes:

1. Die hohe isotopische Variabilität zwischen einzelnen Niederschlagsereignissen erlaubt eine Verwendung dieser Parameter als Tracer entlang des Abflusspfades. Obwohl das Bodenwasser stark grundwasserbeeinflusst ist, kann man nach starken Sommerniederschlägen mit einer gewissen Verzögerung doch bis zu 30% Niederschlagswasser im Bodenwasser finden.
2. Die Tatsache, dass die $\delta^{18}\text{O}$ und $\delta^2\text{H}$ -Werte im Grundwasser generell niedriger liegen als Werte im aufsummierten Jahresniederschlag, lässt auf einen beträchtlichen Eintrag von Abflusswasser aus höheren Regionen schließen.
3. An verschiedenen Übergangsstellen („hotspots“) entlang des Flusspfades im Auwald kommt es zu überdurchschnittlich starken Änderungen im Chemismus des Wassers, insbesondere im Kronenraum, Oberboden, Grundwasserbereich und Sedimentbett.

4. Die stärkste Zäsur in der Hydrochemie des Auwaldsystems findet an der Grenze Atmosphäre zu Boden (und nachgeschaltete Kompartimente) statt, wo bestimmte Stoffe zurückgehalten, transformiert oder angereichert werden.
5. Es gibt somit keine direkte Verbindung zwischen Einträgen und Austrägen, also atmosphärischer Deposition und hydrologischem Export. Das System Auwald als Ganzes fungiert als Transformator und Puffer der eingetragenen Stoffe.
6. Eine genauere Analyse der Abflussspitzen während unterschiedlicher Abflusssituationen (EMMA, Hydrographenseparation) erlaubt ein tieferes mechanistisches Verständnis der Raten und Kontrollen dieser Retentionsmechanismen.

Wolfgang Wanek, Marianne Popp, Anne Kasper-Giebl