

## **RADON- ZERFALLSPRODUKTKONZENTRATIONEN UND AEROSOL-KORNGRÖSSENVERTEILUNGEN IN STÄDTISCHEN UND ALPINEN REGIONEN DES LANDES SALZBURGS IM VERGLEICH MIT DEM AUFTRETEN VON ATEMWEGSERKRANKUNGEN UND ALLERGIEN BEI KINDERN**

STEPHAN KAGERER, THOMAS RETTENMOSER UND WERNER HOFMANN

Institut für Physik und Biophysik; Universität Salzburg, Hellbrunnerstraße 34  
A - 5020 Salzburg

### **Zusammenfassung**

Zur Bestimmung der Aktivitätskonzentrationen der Radon-Zerfallsprodukte und der Aerosol- Korngrößenverteilungen wurden Luftproben mit Hilfe eines sogenannten Highvolume-Samplers und eines Niederdruckkaskadenimpaktors gesammelt. Anschließend wurden die Proben mittels Alpha- und Gamma-Spektrometrie analysiert. Um das Datenspektrum zu erweitern wurden die Aerosolproben gewogen. Zur Kontrolle der Ergebnisse ergänzte ein sogenannter Portable-Dust-Monitor, welcher die Zahl der Aerosole zählt und in verschiedene Größenbereiche aufteilt, die Messungen.

Die oben beschriebenen Messungen wurden an drei verschiedenen Orten in der Stadt Salzburg und der näheren Umgebung durchgeführt: (I) Rudolfsplatz (urbane Region); (II) Tamsweg (alpine, bewohnte Region); Hallein, Winterstall (landwirtschaftlich genutzte Region). Auf Grund ihrer unterschiedlichen geographischen Lage sind diese Orte mit unterschiedlichen Arten von Aerosolen (biogene Aerosole, anthropogene Aerosole) belastet.

Die Messungen zeigten, dass die Gesamtmassenkonzentrationen in der Stadt Salzburg am höchsten waren, wohingegen die Radonzerfallsproduktkonzentrationen in Hallein Winterstall die höchsten Werte erreichten. Es ist jedoch zu erwähnen, dass die Größenverteilungen und die Zerfallsproduktkonzentrationen sehr von den örtlichen Witterungsbedingungen (z.B. Regenfall) und der Bodenbeschaffenheit (z.B. Radonausgasung) abhängen.

Die so erhaltenen Ergebnisse wurden mit einer vom Land Salzburg veröffentlichten Studie (Erste Salzburger Kinder-Gesundheitsuntersuchung) verglichen und untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Atemwegserkrankungen und Allergien bei Kindern und unseren Aerosolmessungen besteht.

Auf Grund des Vergleichs mit den Daten dieser Studie konnte eine gute Korrelation festgestellt werden.

## **Abstract**

Radon progeny concentrations and size distributions in ambient air were collected with a High Volume Sampler (HVS) and a Low Pressure Cascade Impactor (LPCI), and subsequently analysed by alpha or gamma spectrometry. Corresponding data for the mass and number concentrations of atmospheric aerosols were obtained by a laser-based portable Dust Monitor and by weighing the samples.

Measurements were performed at three locations in the Province of Salzburg, Austria:

(I) Salzburg City, representing an urban environment, (II) Tamsweg, as an example of an alpine environment, and, on a hill over (III) Hallein, representing a rural environment. As a result of their geographical differences, all three sites are exposed to a varying degree by anthropogenic and biogenic aerosols. The measurements indicated that total mass concentrations were highest in Salzburg; in contrast, radon progeny activity concentrations were highest in Hallein. Likewise, mass and number concentration distributions were centered around larger particle sizes in Salzburg, while radon progeny aerosols were slightly smaller in size as compared to the two other sites. It should be noted, however, that concentrations and size distributions were very sensitive to local weather conditions (e.g. rain fall) and soil composition (e.g. radon exhalation).

The results obtained in this measurement campaign were compared with the results of the "Erste Salzburger Kindergesundheitsuntersuchung" in order to investigate any relationship between aerosol concentrations and size distribution and the occurrence of respiratory diseases and allergies in children. Indeed, the comparison demonstrated a good correlation between exposure to airborne particulate matter and respiratory diseases.

**Key-words:** Atemwegserkrankungen, Radionuklide, Umweltaerosole, Radon Aerosolkonzentration, Aerosolgrößenverteilung

## **1 Einleitung**

Die Zunahme von Atemwegserkrankungen und Allergien bei Kindern wird seit vielen Jahren sowohl in Fachkreisen als auch in der Öffentlichkeit national und auch international zunehmend diskutiert.

Ein Beispiel für das große Interesse an diesem Thema ist die sogenannte ISAAC-Studie, der eine Vorstudie der Salzburger Landesregierung (Erste Salzburger Kinderuntersuchung; Eine umweltepidemiologische Studie des öffentlichen

Gesundheitsdienstes des Landes Salzburg) vorausgeht und die im Jahr 1996 erschienen ist.

Ziel dieser ISAAC- Studie (International study of allergy and asthma in childhood) war einerseits die Erhebung der Häufigkeit ausgewählter Symptome und Krankheiten und andererseits die Feststellung gesundheitsrelevanter Risikofaktoren. Innerhalb dieser Studie wurden alle möglichen Faktoren, die mit diesen Atemwegserkrankungen in Verbindung stehen könnten, diskutiert. So wurde auch der Faktor der Umweltaerosolbelastung in Betracht gezogen, jedoch basierte dieser Faktor nur auf Vermutungen.

Es ist daher naheliegend Untersuchungen in diesem Zusammenhang durchzuführen, und die Ergebnisse dann, soweit es möglich ist, mit dieser Studie in Zusammenhang zu bringen.

In dieser Arbeit wurden die Aerosolproben zur Bestimmung der Radon-Zerfallsproduktkonzentrationen und der Aerosol- Korngrößenverteilungen mit Hilfe eines High-Volume-Samplers und eines Niederdruck Kaskadenimpaktors der Firma Hauke gesammelt. Im Anschluß an die Messung wurden die Proben alpha- und gamma- spektrometrisch ausgewertet. Die Masse der atmosphärischen Aerosole wurde gravimetrisch bestimmt, die Anzahl der Partikel wurde mit Hilfe eines sogenannten Portable-Dust-Monitors, welcher auf dem Laser- Prinzip basiert, ermittelt.

Die Probenahmen wurden an drei Orten in der Stadt und im Land Salzburg durchgeführt. Die drei Punkte, Rudolfsplatz (städtisches Gebiet), Tamsweg (alpine Region), Hallein- Winterstall (landwirtschaftlich genutzte Region) sollen im folgenden genauer beschrieben werden.

In der Stadt Salzburg fanden die Messungen am Rudolfsplatz (Seehöhe: 425 m) statt. Der Rudolfsplatz befindet sich an einer sehr stark befahrenen Kreuzung von Hauptstraßen in der Altstadt von Salzburg. Der Anteil der Wohnhäuser in diesem Gebiet ist sehr gering.

Tamsweg (Seehöhe: 1040m) ist eine kleine Bezirkshauptstadt des Landes Salzburg im Lungau, in der Region der Hohen Tauern. Der genaue Messpunkt an diesem Ort befand sich an einer wenig befahrenen Straße, jedoch ist zu erwähnen, daß die Anzahl der Wohnhäuser in der Umgebung des Messplatzes sehr groß ist.

Der dritte hier zu erwähnende Probenahmestandort war Hallein/ Winterstall (Seehöhe: 650m). Dieser Messpunkt befindet sich ca. 200 m über der Bezirkshauptstadt des Tennengaus auf einem Anhang. Die Verkehrsdichte an diesem Ort ist extrem gering, weiters befinden sich keine Gebäude in der Nähe. Es soll aber erwähnt sein, dass zur Zeit der Probenahmen die Heuernte voll im Gange war.

Ein Niederdruck – Kaskadenimpaktor (LPCI) fand zur Sammlung der Proben für die Bestimmung der Alpha-aktivität und Massenkonzentration Verwendung. Dieser Impaktor benötigt zur Sammlung der Proben eine Pumpe, welche die Luft mit einem Unterdruck von 50 mbar durch die einzelnen Stufen des Impaktors ansaugt. Die Menge der so angesaugten Luft beträgt ca. 25 Liter pro Minute. Die Messdauer betrug im Fall dieser Messungen immer vier Stunden. Die Geschwindigkeit des Luftstroms bewirkt eine Impaktion der Teilchen nach ihrer Größe aufgeteilt in den verschiedenen Stufen des Gerätes. Der durchschnittliche Durchmesser der Partikel in den einzelnen Stufen des Impaktors soll durch die folgende Tabelle veranschaulicht werden.

Größenstufen des LPCI	Hauptdurchmesser [ $\mu\text{m}$ ]
1	0,0253
2	0,0498
3	0,0983
4	0,194
5	0,382
6	0,754
7	1,49
8	2,93

Tabelle 1: Größenverteilung des Niederdruckkaskadenimpaktors

Die Aerosolproben wurden auf Teflonfolien gesammelt. Für die Messung der Aktivitätsverteilung der Partikel wurden die Folien in einen Alpha-Spektrometer (Octete; EG&G Ortec) überführt. Dieses Gerät besteht aus acht Messkammern, die mit jeweils einem silicon-beschichteten Detektor ausgestattet sind. Die aus diesen Messungen erhaltenen Daten für die Alpha-Aktivität wurden in Gesamt-Alpha-Konzentrationen ( $\text{Bq}/\text{m}^3$  Luft) umgerechnet. Diese Umrechnung fand für jede der acht Stufen des Impaktors statt.

Zur Bestimmung der Verteilung der Massenkonzentration wurden die Folien mit einer 10- $\mu\text{g}$  Waage gewogen. Die Wägungen fanden vor und nach den Messungen statt. Die so erhaltenen Datensätze wurden im Anschluß in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Luft umgerechnet.

Die Gesamtaktivität wurde mit Hilfe der Proben des High-Volume-Samplers bestimmt.

Dieses Gerät saugt die Luft direkt auf einen Glasfaserfilter. Die Flussrate dieses High-Volume-Samplers beträgt ca. 650 Liter pro Minute. Hier betrug die Messdauer ca. drei Stunden. Die zu diesem Zweck verwendeten Filter hatten eine maximale

Porengröße von 10,7 nm und bestanden aus mikrofeinem Borosilikatglas. Die DOP (Diocetyl Phthalate) Effizienz der Filter beträgt 99,994%.

Für die Messung der Gesamtaktivitätskonzentration wurden die Filter mittels eines stationären oder transportablen In Situ Detektors analysiert. Beide zu diesem Zweck verwendeten Detektoren sind sogenannte Reinstgermaniumdetektoren. Die durch diese Messungen erhaltenen Ergebnisse wurden in Gesamtradonkonzentrationen ( $\text{Bq/m}^3$  Luft) umgerechnet. Um die Gesamtmassenkonzentrationen zu erhalten, wurden auch diese Filter gravimetrisch ausgewertet. Die Ergebnisse wurden in  $\mu\text{g pro m}^3$  Luft angegeben.

Die Anzahl der Partikel pro  $\text{m}^3$  Luft wurde mit Hilfe eines Portable Dust Monitors bestimmt, welcher nach dem Laserprinzip funktioniert. Dieser Dust Monitor hat eine Durchflussrate von 1,2 Liter pro Minute. Auch hier betrug die Messzeit vier Stunden. Der Dust Monitor teilt die gezählten Partikel in acht Größenfraktionen. Die Durchmesser der so gezählten Partikel sollen in der folgenden Tabelle dargestellt werden.

Stufe des Dust Monitors	Partikeldurchmesser [ $\mu\text{m}$ ]
1	0,35
2	0,5
3	0,7
4	1,0
5	2,0
6	3,5
7	5,0
8	6,5

Tabelle 2: Größenverteilung des Dust Monitors

Die Ergebnisse werden in Partikelanzahl pro Liter Luft angegeben. Die oben angeführten Messungen wurden zu unterschiedlichen Zeiten durchgeführt. Alle in dieser Arbeit angegebenen Werte sind Durchschnittswerte aller durchgeführten Messungen.

### 3 Ergebnisse

Die Verteilung der Aktivitätskonzentration wird in der folgenden graphischen Darstellung gezeigt.

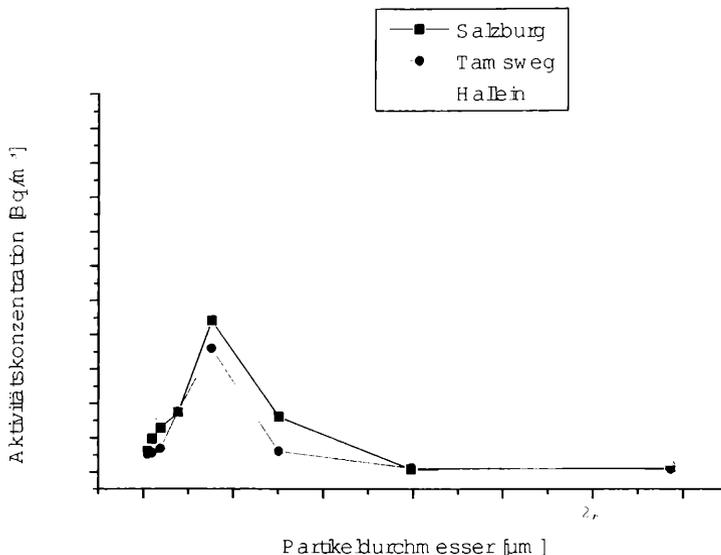


Abbildung 1: Größenverteilung der Aktivitätskonzentration an den 3 Messpunkten

Bei allen drei Verteilungen ist zu erkennen, dass sie ihr Maximum bei einer Größe von 200 bis 500 nm erreichen. Dennoch ist leicht zu erkennen, dass die Größenverteilung der Aktivitätskonzentration in der landwirtschaftlich genutzten Region am höchsten ist. Eine Ursache dafür könnte die Zusammensetzung des Bodens sein. Weiters wäre es möglich, dass nur an diesem Standort der Boden nicht durch Asphalt bedeckt ist, und aus diesem Grund das Radon leichter aus dem Boden in die Luft gelangen kann.

Die zweite Darstellung zeigt die Gesamtaktivitätskonzentration. Auch hier kann man einen Vergleich in Bezug auf die Verteilung der Aktivitätskonzentration machen. Die Gesamtaktivitätskonzentration im landwirtschaftlich genutzten Gebiet ist drei mal höher als an den beiden anderen Standorten.

Wenn man die Summen der Aktivitätsverteilungskonzentrationen mit den Verteilungskonzentrationen der Gesamtaktivität vergleicht, kann man sehen, dass beide Ergebnisse sehr ähnlich sind. Das zeigt, dass Radonzerfallsprodukte selten in kleineren oder größeren als den gemessenen Fraktionen existieren.

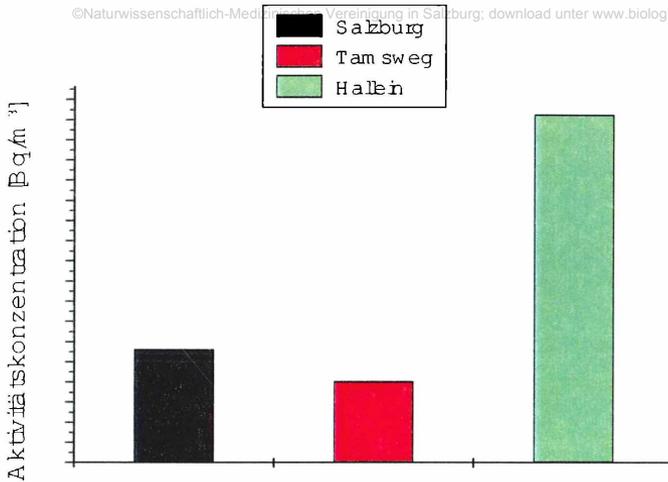


Abbildung 2: Gesamtaktivitätskonzentration an den 3 Messpunkten

Die Verteilung der Massenkonzentrationen ist, wie in der dritten Darstellung gezeigt wird, sehr unterschiedlich.

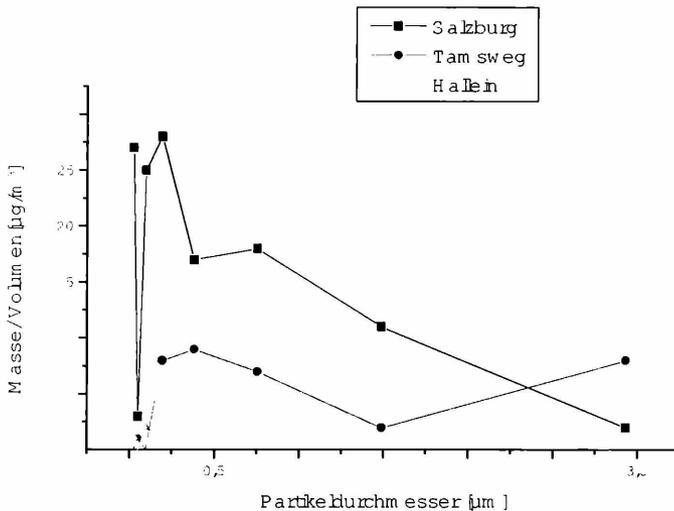


Abbildung 3: Massenkonzentration an den 3 Messpunkten

Wie aus der Darstellung ersichtlich ist, sind die Ergebnisse der alpinen und der ländlichen Region vergleichbar. Beide erreichen ihr Maximum in der Größenfraktion zwischen 200 und 500 nm. Die Ergebnisse der städtischen Region sind unvergleichlich höher, außerdem ist hier ein Maximum in einer Größe von 25 nm zu erkennen. Das mag durch die Aerosole hervorgerufen werden, die durch die Verbrennung von Treibstoff im Straßenverkehr entstehen.

Die Gesamtmassenkonzentration wird im folgenden Histogramm dargestellt.

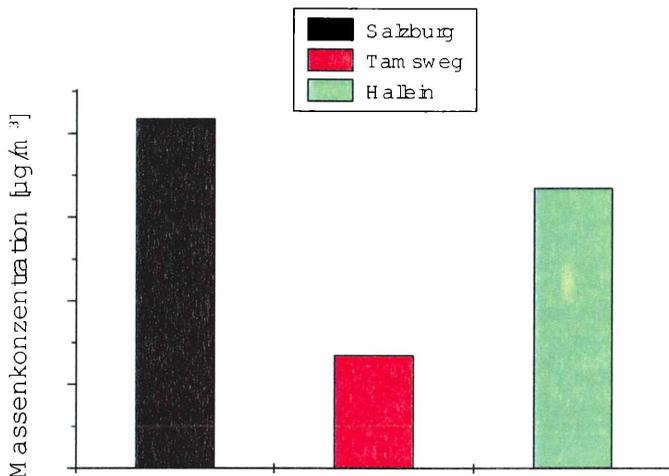


Abbildung 4: Gesamtmassenkonzentration an den 3 Messpunkten

Die Gesamtmassenkonzentration der Umgebungsluft in der Stadt ist etwa vier mal so groß wie im alpinen Gebiet. Jedoch ist sie nur kaum höher als im landwirtschaftlich genutzten Gebiet. Der Grund dafür könnte im relativ hohen Anteil von biogenen Aerosolen zu suchen sein, da zum Zeitpunkt der Messungen die Heuernte der landwirtschaftlichen Betriebe von Hallein voll im Gange war. Dieser geringe Unterschied ist nur bei den Filtern des High Volume Samplers zu erkennen, da diese biogenen Aerosole vom Kaskadenimpaktor nicht gesammelt werden können.

Die Summe der Verteilungen der Massenkonzentration der beiden anderen Messpunkte kann durchaus mit den Daten der anderen Messverfahren verglichen werden.

Die Verteilungen der Anzahl der Partikel an den verschiedenen Standorten sind relativ ähnlich. Einzig und allein im landwirtschaftlich genutzten Gebiet ist die

Anzahl der Teilchen ein wenig höher. Dieser Effekt wurde wahrscheinlich durch die im Vergleich zu den anderen verwendeten Messgeräten unterschiedlichen Größenfraktionen des Dust Monitors hervorgerufen. Da dieses Gerät, wie bereits erwähnt, auf dem Laserprinzip basiert, hat es eine physikalische Grenze, die den Messbereich einschränkt. Die bei den Messungen mit dem Kaskadenimpaktor erhaltenen Ergebnisse, sowohl bei der Verteilung der Massenkonzentration als auch bei der Verteilung der Aktivitätskonzentration, zeigen, dass das Maximum der Werte in einem Größenbereich von 350 nm zu finden ist. Der oben erwähnte Dust Monitor deckt aber nur einen Bereich bis zu 350 nm ab. Das heißt, dass die Größenfraktion der Aerosole, die für den Hauptbereich der Radonzerfallsproduktkonzentration und Massenkonzentration in der Umgebungsluft verantwortlich ist, von diesem Gerät nicht gemessen werden kann.

Die Messergebnisse des Dust Monitors werden in der nachstehenden Graphik veranschaulicht.

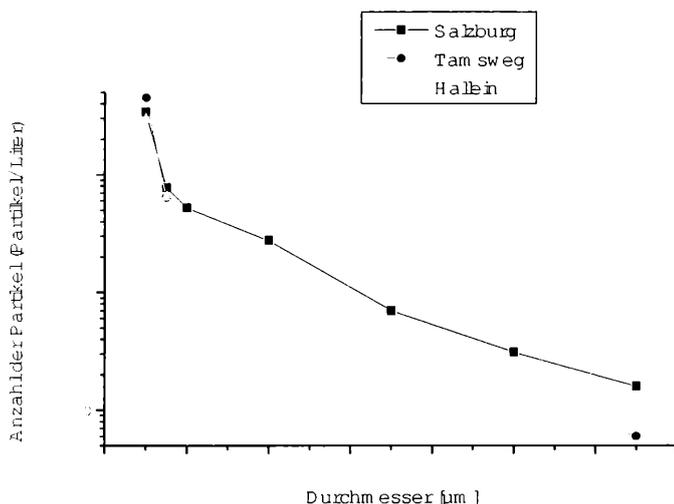


Abbildung 5: Vergleich der Anzahl der Partikel an den drei Messpunkten

#### 4 Vergleich mit Luftwegserkrankungen

Im folgenden Teil der vorliegenden Arbeit wird versucht, einen Zusammenhang zwischen den hier erhaltenen Messergebnissen und den Atemwegserkrankungen und Allergien bei Kindern herzustellen. Um diesen Vergleich erstellen zu können

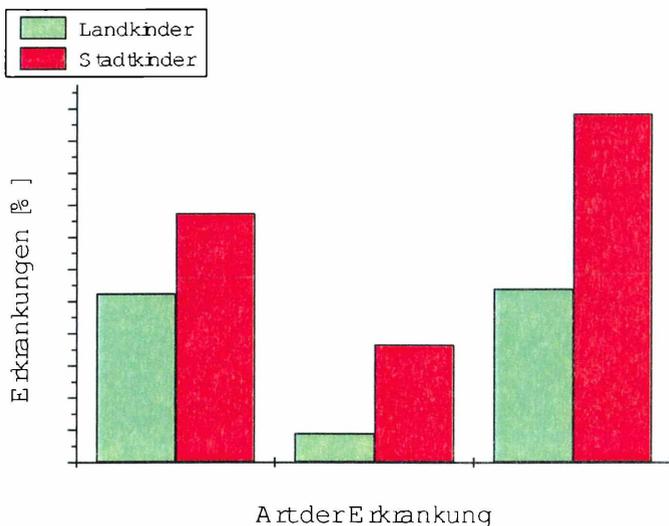
war es nötig auf Studien (ISAAC- Studie; Erste Salzburger Kindergesundheitsuntersuchung) der Salzburger Landesregierung zurückzugreifen.

Die Analyse der Krankheits- und Symptommhäufigkeit bei den Salzburger Kindern im Alter von 8 bis 10 Jahren zeigte, dass beispielsweise eine allergische Erkrankung wie Heuschnupfen mit 13,1% (Land: 10,5% / Stadt: 15,5%) als Lebenszeitprävalenz – entsprechend den internationalen Erfahrungen - auch in Salzburg als relativ häufig anzusehen ist.

Für die Erkrankung Asthma bronchiale fand sich einen Lebenszeitprävalenz von durchschnittlich 4,7% (Land: 1,8% / Stadt: 7,3%).

Asthma assoziierte Symptome traten bei etwa 16 % (Land: 10,8% / Stadt: 21,7%) der Kinder auf.

Die folgende Abbildung soll diese soeben aufgelisteten Daten veranschaulichen.



- 1.....Heuschnupfen
- 2.....Asthma bronchiale
- 3.....Asthma assoziierte Symptome

Abbildung 6: Vergleich der Häufigkeit von Atemwegserkrankungen bei Stadt- und Landkindern

Was bereits aus den vorher beschriebenen Werten deutlich sichtbar wurde, wird durch die graphische Darstellung noch unmittelbarer sichtbar. Die Anzahl der

Erkrankungen und Allergien ist in der Stadt merklich höher als in der ländlichen Region, was im Weiteren einige Vermutungen und Schlüsse zulässt.

Die im Rahmen der "Ersten Salzburger Kindergesundheitsuntersuchung" durchgeführten Lungenfunktionsuntersuchungen bestätigen die oben angeführten Daten. Landkinder wiesen eine signifikant bessere Lungenfunktion auf als Stadtkinder.

Um den oben dargestellten, vermuteten Zusammenhang zwischen Allergien und Atemwegserkrankungen und der Belastung der Luft mit Aerosolen noch zu bekräftigen, seien an dieser Stelle einige vergleichbare Beispiele aus anderen Studien angeführt.

Eine Schweizer Arbeitsgruppe fand Assoziationen zwischen der Inzidenz von Hustenepisoden und dem Sechswochenmittelwert von Schwebstaub bei 0 – 5 jährigen Kindern (Braun-Fahrländer, C., Ackermann-Leibrich, U., 1992)

Krankenhausaufnahmen wegen Bronchitis und Asthma zeigten in Utah Valley eine starke Assoziation mit den Partikelkonzentrationen, insbesondere mit kleinen Partikelfraktionen, hauptsächlich bei Kindern (Pope, 1989).

## **5 Schlussfolgerungen**

In der vorliegenden Arbeit wurde versucht einen Zusammenhang zwischen dem Anstieg der Erkrankungen der Atemwege bei Kindern und der Belastung der Luft mit Umweltaerosolen herzustellen. Zu diesem Zweck wurden an ausgewählten Orten mit Hilfe zur Verfügung gestellter Geräte zur Luftprobennahme, Messungen durchgeführt.

Diese Orte waren die Stadt Salzburg (Rudolfsplatz), als urbane Region und Tamsweg, sowie Hallein Winterstall als ländliche Regionen.

Bei einem Vergleich der Messergebnisse der hier ausgewählten drei Orte konnte ein eindeutiges Gefälle, was die Konzentration der Partikel in der Luft betrifft, von der Stadt zum Land hin nachgewiesen werden. Dieses Gefälle tritt auch im Bezug auf die Häufigkeit der Atemswegerkrankungen und Allergien auf.

Aufgrund dieser Tatsache ist es durchaus möglich, von einem Zusammenhang der Belastung der Luft mit Umweltaerosolen und den angesprochenen Erkrankungen zu sprechen.

Jedoch soll darauf hingewiesen werden, dass die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zwar einige Aussagekraft besitzen, dennoch aber durch eine größere Anzahl von Messungen, die im Rahmen vorliegender Arbeit bedauerlicherweise nicht möglich waren, noch bekräftigt werden müssten.

## Dank

Diese Studie wurde durch das Österreichische Forschungszentrum Seibersdorf, mit spezieller Teilnahme von Dr. Ferdinand Steger (Abteilung für Strahlenschutz) unterstützt.

## 6 Literatur

- L. MORAWSKA, M. JAMRISKA, Determination of the activity size distribution of radon progeny, 1997, Centre for Medical and Health Physics, Queensland University of Technology, Brisbane, Australia
- S. KAGERER, Untersuchungen eines möglichen Zusammenhanges zwischen der Belastung mit Umweltaerosolen und dem Auftreten von Lungenkrankheiten bei Kindern, 1999, University of Salzburg, Institute for Physics and Biophysics, Austria
- P. BIEBL, Luftgütebericht Oktober 1997 (Hg. Amt der Salzburger Landesregierung – Referat Immissionsschutz), Austria
- LAND SALZBURG (Abteilung Gesundheitswesen und Anstaltenverwaltung) / LANDESSANITÄTSDIREKTION (Referat Umweltmedizin und Landeskrankenhäuser Salzburg) / KINDERSPITAL SALZBURG (Hg.), ISAAC Studie 1995 / 1996 (International Study of Asthma and Allergies in Childhood). Studie zu Atemwegserkrankungen und Allergien bei Salzburger Kindern und Jugendlichen, Salzburg 1997, Austria
- G. OBERFELD (Amt der Salzburger Landesregierung), Erste Salzburger Kindergesundheitsuntersuchung. Langfassung. Eine umweltepidemiologische Studie des öffentlichen Gesundheitsdienstes des Landes Salzburg, Salzburg 1996, Austria

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereinigung in Salzburg](#)

Jahr/Year: 2001

Band/Volume: [13](#)

Autor(en)/Author(s): Kagerer Stephan, Rettenmoser Thomas, Hofmann Werner

Artikel/Article: [RADON- ZERFALLSPRODUKTKONZENTRATIONEN UND AEROSOLKORNGRÖSSENVERTEILUNGEN IN STÄDTISCHEN UND ALPINEN REGIONEN DES LANDES SALZBURGS IM VERGLEICH MIT DEM AUFTRETEN VON ATEMWEGSERKRANKUNGEN UND ALLERGIEN BEI KINDERN. 41-52](#)