



Doctoral Thesis

## Methodische Weiterentwicklungen in der Aeroradiometrie

**Author(s):**

Bucher, Benno

**Publication Date:**

2001

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004157337> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

# METHODISCHE WEITERENTWICKLUNGEN IN DER AERORADIOMETRIE

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER NATURWISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

**Benno Bucher**

Dipl. Natw. ETHZ  
geboren am 25. Januar 1970  
von Emmen, Kanton Luzern

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. L. Rybach, Referent  
Dr. G. Schwarz, Korreferent  
Prof. Dr. A. Green, Korreferent

2001

## Zusammenfassung

Neben den klassischen Anwendungen in der Rohstoffsuche und bei geologischen Kartierungen wird die Aeroradiometrie aufgrund der Geschwindigkeit und der geringen Kosten pro Flächeneinheit vermehrt auch im Strahlenschutz eingesetzt. Für eine entsprechende Einsatzbereitschaft muss das Messsystem ständig unterhalten und weiterentwickelt werden. Diese Aufgabe und die wissenschaftliche Unterstützung der Nationalen Alarmzentrale (NAZ) wird im Auftrag der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen durch die Forschungsgruppe Geothermik und Radiometrie des Institutes für Geophysik an der ETH Zürich wahrgenommen. Im Rahmen dieses Auftrages sollen zum einen das Messsystem und die Auswertemethodik weiter ausgebaut und zum anderen die Mitarbeit der Schweiz am EU-Projekt „European Coordination of Environmental Airborne Gamma Ray Spectrometry“ (ECEAGS) ermöglicht werden.

Mit einem neuen GPS-Empfänger, der neben dem C/A-Code auch den für militärische Zwecke reservierten P-Code nutzen kann, konnte die Genauigkeit der Positionen enorm erhöht werden und liegt nun bei  $\pm 10$  m. Diese Genauigkeiten werden unabhängig vom Relief erreicht, da der Empfänger im Gegensatz zu DGPS nicht auf UKW-Signale angewiesen ist, welche die Korrekturen übertragen. Neben diesem Austausch des GPS-Empfängers konnte im Bereich der Hardware auch mit Tests gezeigt werden, dass eine Datenübertragung via Mobiltelefonie vom Helikopter zu einer Bodenstation möglich ist. Damit sind die Voraussetzungen geschaffen, die Messflüge und ihre Resultate an einem beliebigen Standort am Boden mitzuverfolgen.

Als Ersatz für die DOS-basierte Auswertesoftware „Gamero“ wurde eine benutzerfreundliche Software auf einer Windows-Plattform geschaffen. Diese ist einfach über Menüs zu steuern und der Benutzer wird so geführt, dass keine fehlerhaften Auswertungen mehr möglich sind. Die Auswertung enthält alle Korrekturen, die auch bei „Gamero“ verwendet werden. Während den Messflügen kann die neue Software auch online betrieben werden. Dabei werden die Messdaten vom Messsystem ausgelesen, ausgewertet und online direkt in einer Karte dargestellt. Zusammen mit anderen Überwachungswerkzeugen wird die Suche und Lokalisierung radioaktiver Quellen dadurch wesentlich vereinfacht. Durch die online Auswertung während des Messfluges wird ein enormer Zeitgewinn erreicht, liegen die Resultate doch bereits bei der Landung vor. In Kombination mit einer Datenübertragung vom Helikopter zum Boden wäre es nun möglich, an einem beliebigen Ort die Messflüge und die daraus resultierenden Resultate online auf einer Karte mitzuverfolgen.

Mit Hilfe der erreichten hohen Genauigkeit in der Positionierung konnte nun erstmals bewiesen werden, dass das Radar über Wäldern und Talflanken falsche Flughöhen über Grund liefert. Über Wäldern beträgt die mittlere Abweichung der Radarhöhe von der tatsächlichen Höhe rund 20 m. Um diese Fehler zu eliminieren wurde ein Korrekturverfahren entwickelt, bei dem die Radarhöhe durch die Barometerhöhe und ein digitales Geländemodell ersetzt werden. Durch diese Korrektur kann eine in der Vergangenheit erfolgte Unterschätzung der  $^{40}\text{K}$  Aktivitäten um 20 % vermieden werden.

Die neue SDI-Methode zur Dosisleistungsbestimmung liefert für die Aeroradiometrie äusserst genaue Resultate. Im Mittel liegen die Unsicherheiten der Resultate unter 10 %. In den berechneten Dosisleistungen ist alle Strahlung von Radionukliden mit Gammalinien im Bereich

von 240 keV bis 3000 keV sowie der kosmische Beitrag berücksichtigt. In der Berechnung sind auch Korrekturen für den Background des Helikopters und die unterschiedlichen Flughöhen enthalten.

Eine Pilotstudie zeigte die enormen Möglichkeiten eines Geographischen Informationssystems (GIS) in der flexiblen Darstellung und Analyse von aeroradiometrischen Daten. Sie belegte auch die für eine Archivierung nötige Voraussetzung einer Datenbank, die sowohl die Rohdaten wie auch die Kalibrationsdaten der verschiedenen Messflüge enthalten muss. Aufgrund der Erfahrungen aus der Pilotstudie wurde schliesslich ein Grobkonzept für ein GIS und die entsprechenden Datenbanken erstellt.

Die bilateralen Vergleichsflüge mit Österreich und Deutschland bestätigten die gute Kalibration des schweizerischen Messsystems. Die in der Schweiz gebräuchliche Kalibration mit Punktquellen erwies sich dabei durchaus ebenbürtig zu Kalibrationen mit Calibration Pads. Die Stabilität der Spektren, die bei den beiden ausländischen Teams leider nicht immer gegeben war, wurde als Grundvoraussetzung für zuverlässige und genaue aeroradiometrische Resultate identifiziert. Aus den bilateralen Vergleichsflügen konnten auch Ansprüche an zukünftige Interkalibrationsmessungen definiert werden. So müssen für eine wirkliche Interkalibration Position, Flughöhe über Boden, Barometer- oder GPS-Höhe, Temperatur sowie kosmische Zählrate und das ganze Spektrum aufgenommen werden, wobei die Stabilität der Spektren vorausgesetzt wird. Im gemeinsamen Messprogramm muss mit jedem Messsystem ein Steigflug und ein Messflug über einer grösseren Wasserfläche durchgeführt werden. Schliesslich sind auch möglichst viele gammaspektrometrische Bodenmessungen vorzusehen, um eine gute Vergleichsbasis für die aeroradiometrischen Daten zu erhalten.

Schliesslich belegte die Analyse von mehrjährigen Messungen in der Umgebung der Kernkraftwerke eine sehr gute Reproduzierbarkeit der aeroradiometrischen Resultate. Die Unterschiede in der Dosisleistung von Jahr zu Jahr werden hauptsächlich durch Radon und seine Tochterisotope in der Atmosphäre sowie die Bodenfeuchtigkeit verursacht. Die Schwankungen der aeroradiometrischen Ergebnisse liegen etwa im selben Bereich wie diejenigen von Bodenmessungen mit Reuter Stokes Ionisationskammern.

## Summary

Besides the usual applications in resources exploration and for geological mapping airborne gamma ray spectrometry is also used in radiation protection because of the velocity and the low costs per unit area. For operational emergency preparedness in radiation protection the helicopter-borne equipment needs a continuous maintenance and development. By mandate of the Swiss Nuclear Safety Inspectorate (HSK) the Research Group for Geothermics and Radiometrics at the Institute of Geophysics, ETH Zurich performs this task. Within the scope of this mandate the airborne radiometric equipment as well as the data acquisition and processing methodology should be further developed. On the other hand the research group should participate as the Swiss partner in the EU project "European Coordination of Environmental Airborne Gamma Ray Spectrometry" (ECEAGS).

The position accuracy could be improved towards  $\pm 10$  m using a new GPS receiver which can utilise the military P-code. This means an improvement in accuracy of five to ten times compared to the old receivers. Further tests showed that data can be transmitted from the system in the helicopter to a base station. So it is now possible to follow the airborne gamma spectrometry results anywhere on the ground during the measuring flights.

To replace the DOS based data processing software "Gamero" a new user friendly software was created. This is running on a Microsoft Windows platform on a laptop. It can be steered by menus. Also it leads the user in a way that no mistakes can be done during the data processing steps. The new software includes all the corrections in its data processing procedure which are already used in "Gamero". During the measuring flights the software works online. It reads the data from the measuring system, processes the data, and displays the results in a map. Besides the map other features of the software show measured spectra, raw and processed data. With all these tools the new software makes it easy to search for lost radioactive sources. The online data processing and mapping saves a lot of time because the results can already be presented at landing. In combination with data transfer from the helicopter to a base station it is now possible to follow the results in a map in real time at any place.

On the basis of the reached position accuracy it could be proved that the ground clearance measured by radar above forests is erroneous. The average deviation above forests is about -20 m. So a method was developed which replaces the radar height by the difference between baro altitude and a digital terrain model. This correction reduces the underestimation of the radioactivity in forests. For  $^{40}\text{K}$  the correction makes a difference of about 20 %.

The new spectrum dose index (SDI) method leads to very accurate results for the dose rate. In the average the accuracy is better than 10 %. Furthermore the calculated dose rate contains all radiation between 240 keV and 3'000 keV and the cosmic contribution. The method has been extended to include corrections for the background of the helicopter and for varying flight altitudes.

In a pilot project the enormous potential of geographical information systems (GIS) in flexible displaying and analysis of aeroradiometric data was demonstrated in several examples. Furthermore it became obvious that a data bank is needed for the data management of a GIS. In that way a data archive can also be realised. So a rough draft for a real GIS and the corresponding data bank was designed.

The measuring flights together with the teams from Austria and Germany and the comparison of ground and airborne gamma spectrometry results proved the good calibration of the Swiss airborne radiometric system. Also it can be concluded that the calibration with point sources as it is used in Switzerland is equivalent to the calibration with pads.

As the basic condition for a comparison of aeroradiometric results the stability of spectra could be identified. Unfortunately the Austrian and German team didn't have stable spectra all over the flights. On the basis of the experiences made in the common exercises with Austria and Germany the demands for such flights in the future could be defined: A basic data set which includes position, flight altitude above ground, baro or GPS altitude, temperature, cosmic count rate and the whole spectra from 40 keV to 3'000 keV has to be taken; the measuring programme has to contain an ascending flight and an flight over a large water surface for each aeroradiometric system; a lot of ground measurements which are used for the controlling of the aeroradiometric results has to be carried out.

The good reproduction of aeroradiometric results could be proved by the analysis of the data measured over the last ten years in the surroundings of the Swiss nuclear facility sites. The differences in the results from year to year is caused by radon and its daughter isotopes in the atmosphere and by the water content of the soil. For a single point the differences over the years in the dose rate calculated from aeroradiometric data are similar to those of ground measurements with Reuter Stokes ionisation chambers.