

# Exposure systems and dosimetry of large-scale in vivo studies

**Doctoral Thesis**

**Author(s):**

Berdiñas Torres, Verónica J.

**Publication date:**

2007

**Permanent link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-005477801>

**Rights / license:**

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

Diss. ETH No. 17429

# Exposure Systems and Dosimetry of Large-Scale *In Vivo* Studies

A dissertation submitted to the  
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
ZURICH

for the degree of  
Doctor of Sciences

presented by

VERÓNICA J. BERDIÑAS TORRES

M.Sc. Physics, University of Santiago de Compostela  
born 22. 04. 1975  
citizen of Spain

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. W. Fichtner, examiner  
Prof. Dr. N. Kuster, Prof. Dr. L. Martens, co-examiner

2007

# Summary

Growth of the mobile communication market and the widespread use of wireless technologies has awakened public concern to the associated possible health risks and consequently the interest of health authorities to promote and demand careful risk assessment.

A look at the numerous contributions on risk assessment in the last decade from cell, animal and human exposure studies shows sometimes conflicting and controversial findings, which might be due to deficient exposure setup designs, the use of inadequate methods, poor documentation and insufficient dosimetric assessment.

This thesis focuses on the improvement of the exposure characterization and the enhancement of the dosimetry of RF-EMF large-scale *in vivo* animal studies. In Chapter 2, a description of the newest technological methods used in this thesis is presented. A universal methodology was developed in Chapter 3 to obtain comprehensive and detailed dosimetric information identified as the minimal requirements for *in vivo* experiments testing EMF potential hazards.

Relevant parameters for the comparison of animal studies involving RF-EMF exposure were investigated in Chapter 4. Significant uncertainty of the SAR values related to the discretization of the anatomical models was observed. Large variations of the whole-body averaged and peak spatial SAR were obtained at different frequencies and polarizations, and in particular for organ-specific averaged SAR.

Chapter 5 of this thesis presents the dosimetry results of the 1800 MHz DCS rat exposure setup, developed for the PERFORM A European project, and which is one of the most complete dosimetric assessments of its kind ever performed. It delivers high quality information about SAR strengths and distributions in all of the animals

within the study and over their entire lifetime, a detailed uncertainty analysis, and the assessment of the SAR variations distinguishing between variations within one exposure session and variations over lifetime.

The last part of this thesis deals with reverberation chambers and their use as exposure setups for large-scale *in vivo* studies. Chapter 6 is an introduction to reverberation chamber theory. In the next four years NIEHS is performing a number of lifetime bio-assay experiments to evaluate the potential toxicology/carcinogenicity of cell phone RF radiation in unrestrained rats and mice. The performed research on the preliminary dosimetric study of these experiments, presented in Chapter 7, made NIEHS redesign the original exposure protocol in order to improve the animal exposure and reduce the cost. The research undertaken to determine a suitable implantable wireless transducer to monitor animal body temperature during its exposure in a reverberation chamber was the topic of Chapter 8. The challenge of designing and developing a water system to be used inside a reverberation chamber was successfully faced in Chapter 9.

Three different exposure setups for large-scale *in vivo* animal studies are compared in Chapter 10, in terms of efficiency, SAR variations, space requirements and cost.

The present thesis provides insights and methodology aspects to allow the good exposure design of future RF-EMF large-scale long-term *in vivo* experiments. This work presents guidelines to perform high quality dosimetric assessment which substantially enhances the relevance of the experiment results, allows their interpretation, and permits the replication of the studies by independent laboratories in a reliable manner.

# Zusammenfassung

Der steigende Einsatz von Funktechnologien im täglichen Leben, insbesondere im Bereich der Mobilkommunikation, verbunden mit einem stetigen Wachstum der entsprechenden Märkte, wirft in zunehmendem Masse die Frage nach etwaigen Gesundheitsrisiken dieser Technologien auf. Gesundheitsbehörden reagieren auf diese Trends, indem sie eine sorgfältige Abschätzung der Gefahren durch verschiedene Institutionen fördern und von den Anbietern entsprechende Stellungnahmen verlangen.

Den zahlreichen wissenschaftlichen Publikationen der letzten zehn Jahre, die sich mit den möglichen Gesundheitsrisiken von elektromagnetischer Strahlung beschäftigen, liegen oft experimentelle Erhebungen zugrunde. Dabei kann es vorkommen, dass ähnliche Studien zu gegensätzlichen oder umstrittenen Ergebnissen führen. Mögliche Gründe dafür sind Mängel im experimentellen Aufbau, Anwendung von unzulänglichen Methoden, dürftige Dokumentation und unzureichende dosimetrische Bewertung.

Diese Dissertation konzentriert sich auf die Verbesserung der Expositionierung und die Erweiterung der RF-EMF (Radio Frequency ElectroMagnetic Field) Dosimetrie bei *in vivo*-Tierstudien, die in grossem Massstab durchgeführt werden. Kapitel 2 beschreibt die neuesten technologischen Methoden, die in dieser Dissertation benutzt werden. In Kapitel 3 wird eine universelle Methodik entwickelt, um umfassende und ausführliche dosimetrische Informationen zu erhalten - das sind die minimalen Anforderungen für Experimente *in vivo*, die die potentiellen EMF-Gefahren untersuchen.

In Kapitel 4 werden relevante Parameter für den Vergleich von Studien, bei denen Tiere mit RF-EMF bestrahlt werden, untersucht.

Eine signifikante Streuung der SAR-Werte im Zusammenhang mit der Diskretisierung der anatomischen Modelle wird beobachtet. Zudem stellt sich heraus, dass es grosse Unterschiede beim Vergleich der SAR-Werte gibt, wenn einmal über den gesamten Körper, und einmal über jedes einzelne Organ gemittelt wird. Diese Werte hängen darüber hinaus stark von der Frequenz und der Polarisierung des einfallenden Feldes ab.

Kapitel 5 dieser Dissertation zeigt die Anwendung der bisher vorgestellten Methoden zur Auswertung der Dosimetrie der Bestahlungseinrichtung 1800 MHz DCS für Ratten, die für das Europäische Projekt PERFORMA entwickelt wurde. Dabei handelt es sich um eines der komplettesten jemals ausgeführten dosimetrischen Bewertungssysteme. Es liefert hochwertige Informationen über die SAR Intensitäten und Streuungen in allen Tieren über deren ganzen Lebenszeitraum, eine ausführliche Analyse der Streuung, und die Bewertung der SAR Abweichungen, wobei zwischen Abweichungen innerhalb einer Bestrahlungssitzung und Abweichungen über die ganze Lebenszeit unterschieden wird.

Der letzte Teil dieser Dissertation befasst sich mit Modenverwirbelungskammern und ihrer Anwendung beim Aufbau von Bestahlungseinrichtungen für *in vivo* Studien in grossem Umfang. Kapitel 6 gibt eine Einführung in die Theorie der Modenverwirbelungskammer. Das NIEHS wird in den nächsten vier Jahren eine Vielzahl biologischer Experimente durchführen, um den potentiell toxikologischen Einfluss der RF-Strahlung von Mobiltelefonen auf freilaufende Mäuse und Ratten über deren gesamte Lebensdauer auszuwerten. Eine vorausgehende dosimetrische Studie dieser Experimente wird in Kapitel 7 vorgestellt. Die resultierenden Ergebnisse veranlassten das NIEHS dazu, das ursprüngliche Protokoll der Bestrahlung umzugestalten, um die Bestrahlung der Tiere zu optimieren und Kosten zu reduzieren. Die Forschungsarbeit, um einen passenden drahtlosen, implantierbaren Sensor zu finden, um die Körpertemperatur des Tieres während der Bestrahlung zu überwachen, ist das Thema von Kapitel 8. Die Herausforderungen, die sich bei der Entwicklung und dem Einbau einer passenden Wasserkühlung ergeben, sind in Kapitel 9 beschrieben.

Drei verschiedene Aufbauten von Bestahlungseinrichtungen für umfangreiche *in vivo* Tierstudien werden im Kapitel 10, in Bezug auf Effizienz, SAR Veränderungen, Platzbedarf und Kosten verglichen.

Die vorliegende Dissertation bietet Einblicke und methodologische Aspekte, um Bestrahlungseinrichtungen für langfristige und umfangreiche *in vivo* RF-EMF Experimente zu entwerfen. Diese Arbeit zeigt Richtlinien, um eine hochwertige dosimetrische Auswertung durchzuführen, die die Zuverlässigkeit der experimentellen Resultate wesentlich verbessert und ihre Interpretation und die Wiederholung der Studien durch unabhängige Laboratorien auf zuverlässige Art ermöglicht.