

AKTUELLER STAND DER RADONKARTIERUNG IN DEUTSCHLAND UND EUROPA

STATUS OF RADON CARTOGRAPHY IN GERMANY AND IN EUROPE

Peter Bossew ¹, Bernd Hoffmann ¹, Valeria Gruber ²

¹ Bundesamt für Strahlenschutz, Köpenicker Allee 120-130, 10318 Berlin.

² European Commission, Joint Research Centre, Institute for Transuranium Elements,
Unit E.08 – Nuclear Security, Via E. Fermi 2749, 21027 Ispra (VA), Italy

Sächsischer Radontag, Dresden, 11.9.2012



Bundesamt für Strahlenschutz

| Verantwortung für Mensch und Umwelt | ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■



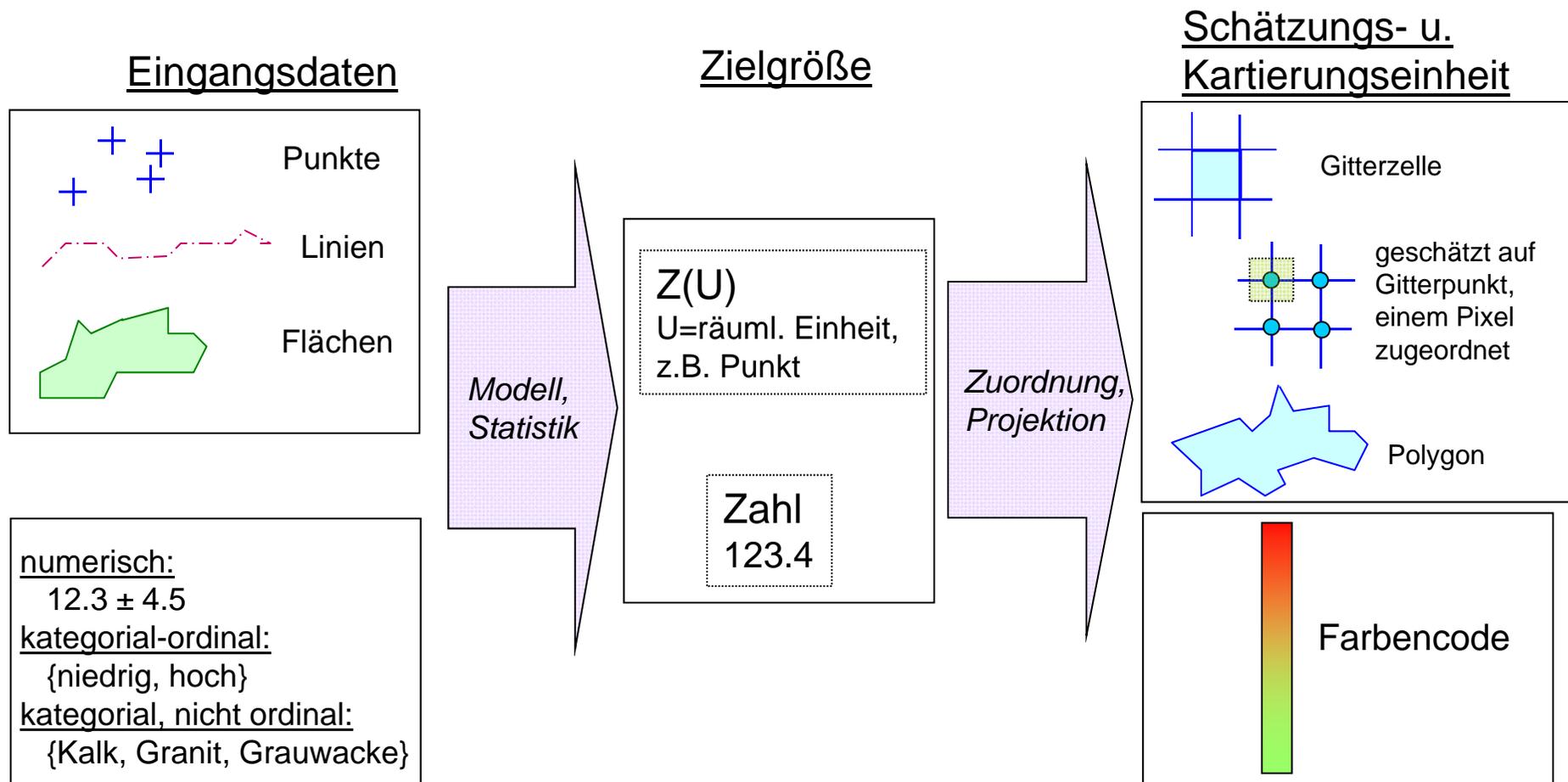
Inhalt

1. Wozu Rn-Karten?
2. Was ist Kartierung?
3. Beispiele:
 - Deutschland
 - Europa

Rationale: wozu Rn-Kartierung?

- Motivation in **Deutschland u.a. Ländern**:
 - Regionen erhöhten Rn-Risikos (**Rn prone areas, RPA**) erfassen → ev. Vorsorgemassnahmen: Baunormen; Sanierung; dichtere Surveys
 - Entwurf **EU-BSS**: Länder müssen RPAs ausweisen, “Rn action plan” erstellen
 - RPA bisher nicht klar definiert; ± Gebiet, in dem höhere Rn-Werte vorkommen; z.B.: Wahrscheinlichkeit, dass Referenzwert überschritten wird.
 - **“Radonvorsorgegebiet” (RVG)**: Gebiet, in dem (nach festzulegenden Kriterien) Massnahmen ergriffen werden sollten.
RPA und RVG anscheinend konzeptuell leicht verschieden!
 - In DE Debatte über die Sinnfälligkeit von RPAs/RVGs; nicht Thema dieser Präsentation! – noch Diskussionsbedarf!
- Motivation **EC**: Euratom ⇒ Daten über Umweltradioaktivität sammeln, darstellen, Methoden harmonisieren usw.

Reminder: Kartierung

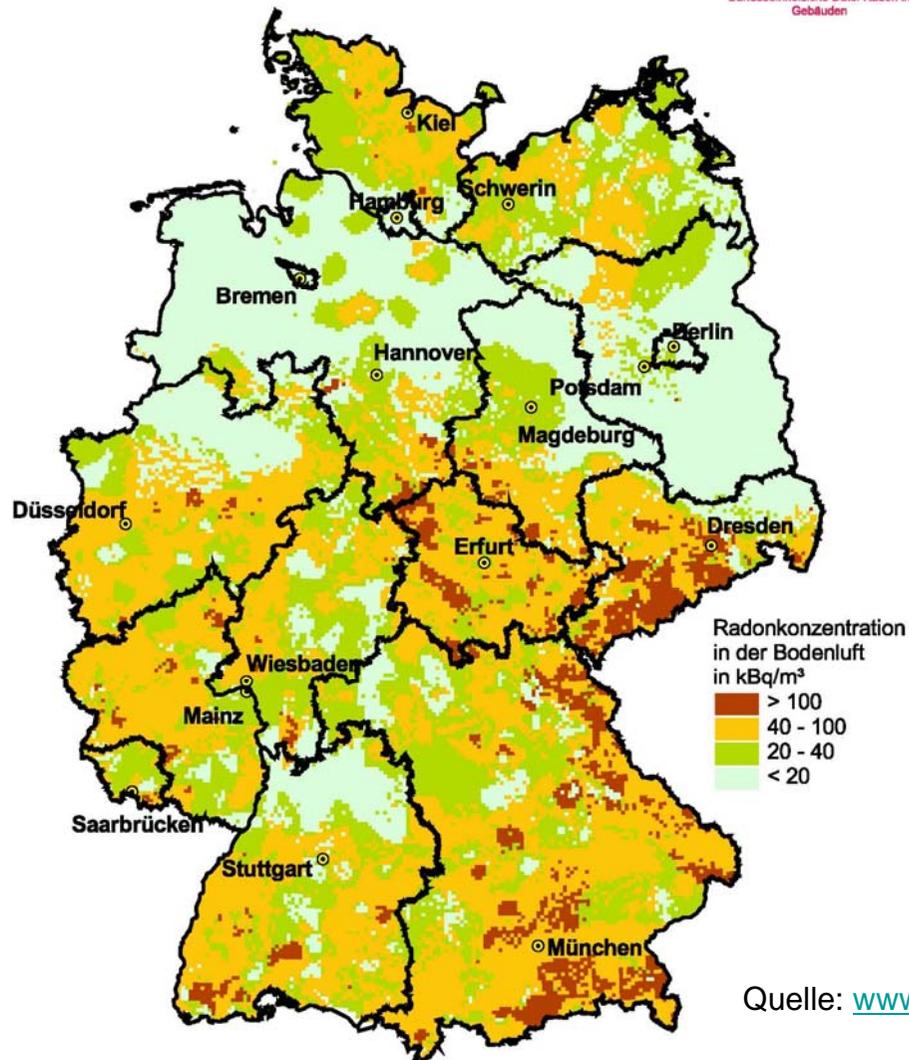


Bedingung an Z: räumliche Struktur, deren Darstellung Zweck der Kartierung ist, darf nicht durch "Rauschen" (natürliche Variabilität des beobachteten Prozesses, Unsicherheit des Beobachtungsprozesses) verdeckt werden

Unsicherheit

- **Realität:**
räumliche, zeitliche **wahre Variabilität** des untersuchten Prozesses
- **Eingangsdaten, Beobachtungsprozess:**
Beobachtungsunsicherheit (Probenahme, Messung);
Klassifizierungsunsicherheit
z.B.: **Geologie**: einem Messpunkt “richtige” Geologie zugeordnet ... hängt vom Masstab der geol. Karte und der Legende (Klassifizierungstiefe) ab;
z.B.: **Innenraum-Rn**: Raum richtig klassifiziert?
- **Modell:**
Auswahl des Modells, Modellparameter
geschätzt aus Daten, abgeleitet von a-priori-Wissen
- **Statistik:**
Schätzunsicherheit (z.B. Anzahl der Daten),
Schätzverfahren (oft besonders tricky bei geostatistischen Verfahren)

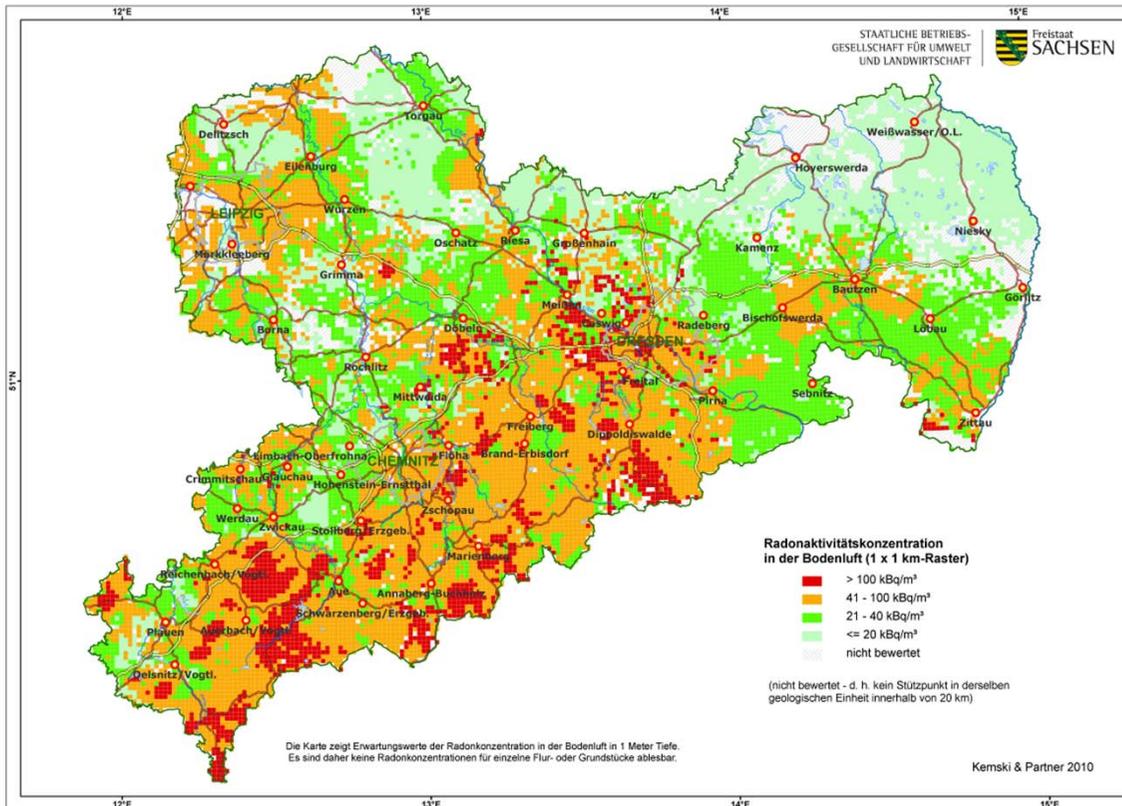
Deutschland: Boden-Rn



- Entwickelt von Kemski et al. seit 2001
- Messwerte Bodenluft: Kemski-Protokoll
- Ca. 4000 Werte
- 3 km x 3 km-Zellen
- Schätzung: IDW2 innerhalb geologischer Typen
- Geo-Typen: vereinfachte Geologie, Kemski et al.

Quelle: www.bfs.de/de/ion/radon/radon_boden/radonkarte.html

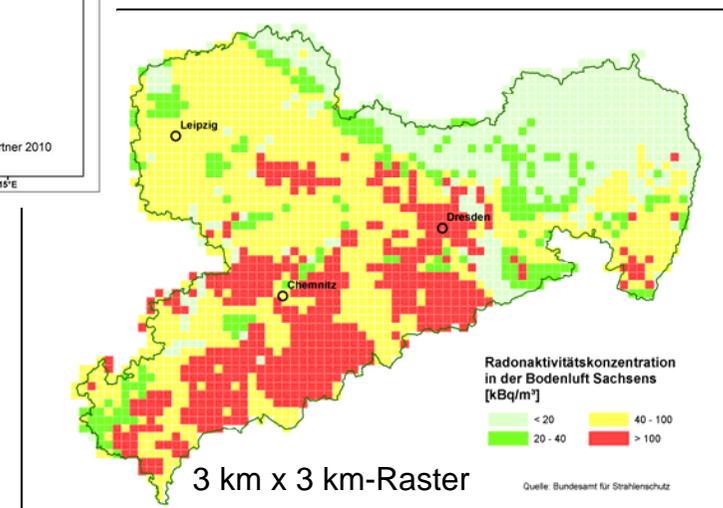
Sachsen: Boden-Rn



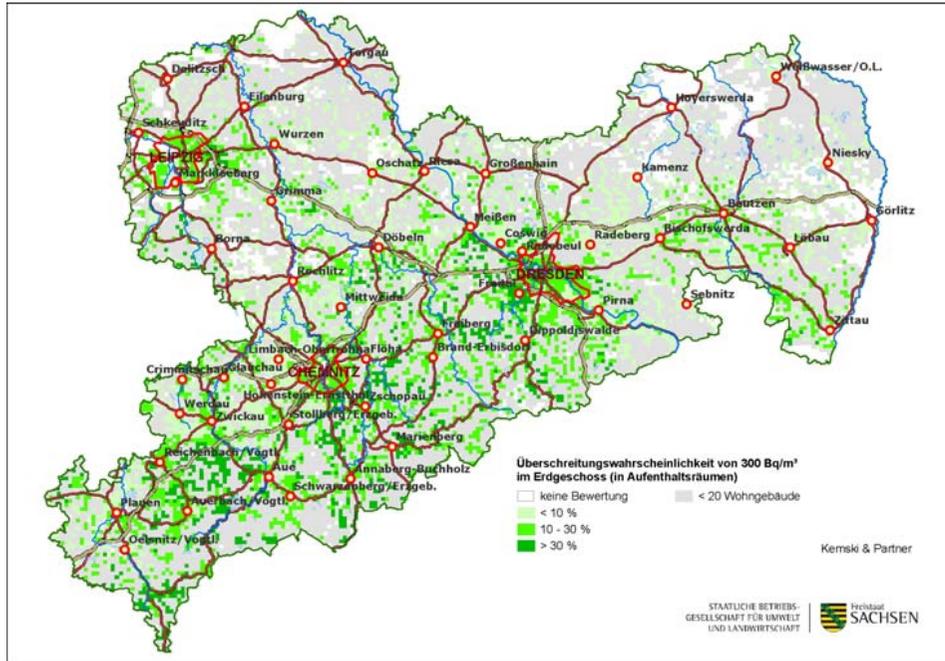
- Methode: wie zuvor;
- zusätzlich fast 1000 Messwerte
- 1 km x 1 km-Raster

! Effekt der Auflösung !

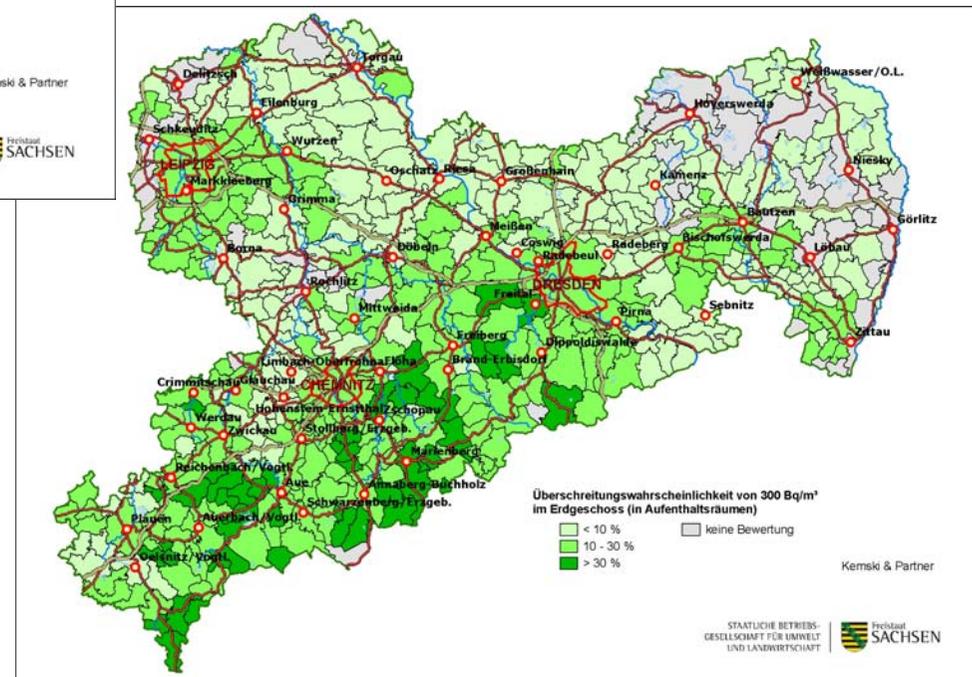
Quelle: www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/3331.htm



Sachsen: Wahrscheinlichkeit



- Wahrscheinlichkeit, dass die Rn-Konzentration in Wohnräumen (Erdgeschoss, langfristiges Mittel) 200 Bq/m³ übersteigt ~ Risiko
- geschätzt aus Daten

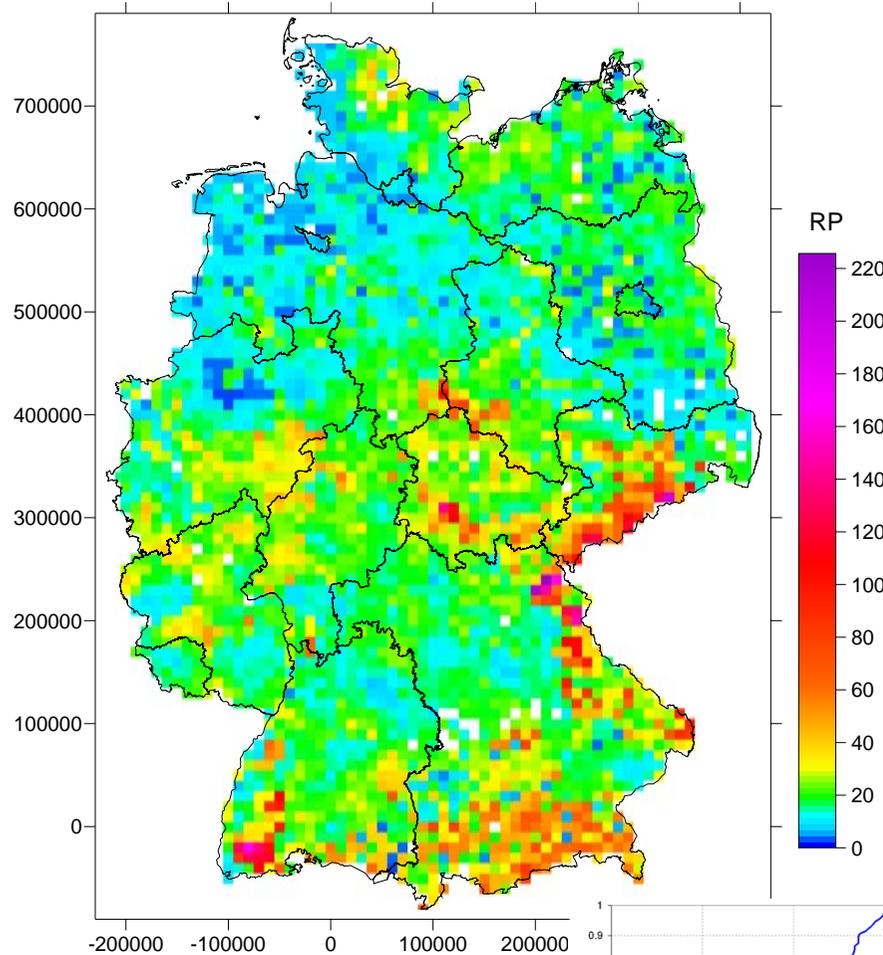


Räumliche Kartierungseinheiten:

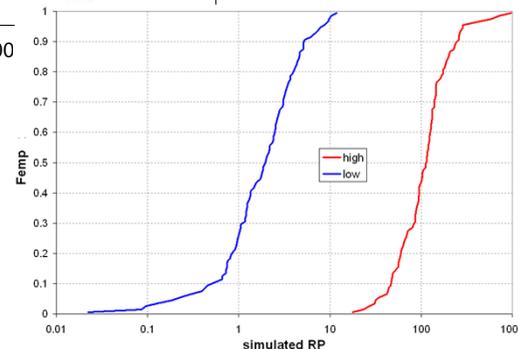
- 1 km x 1 km- Zellen (↑)
- Polygone: Gemeinden (→)

! Effekt der Kartierungseinheit !

Deutschland: Radonpotential



Methode ergibt an jedem Gitterpunkt die bedingte Wahrscheinlichkeitsverteilung



Radonpotential: "Neznal"-RP

$$RP := S / (-\log_{10} k - 10)$$

S = Rn-Konzentration Bodenluft (kBq/m³),
Kemski-Protokoll, k = Permeabilität (m²)

≈ auf Druckgradienten normierte
advective Komponente des Rn-
Flusses

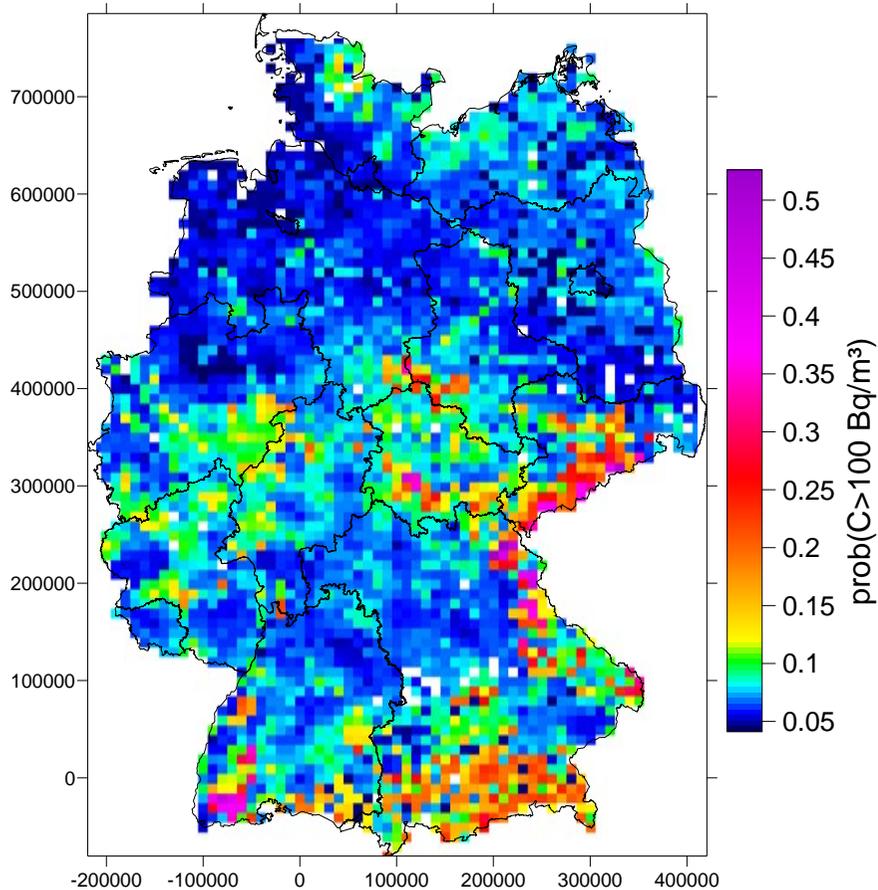
10 km x 10 km-Zellen,
Schätzung an Gitterpunkten, jeweils
Pixeln zugeordnet, in deren Mitte der
Punkt liegt

Projektion = GISCO Lambert azimuthal

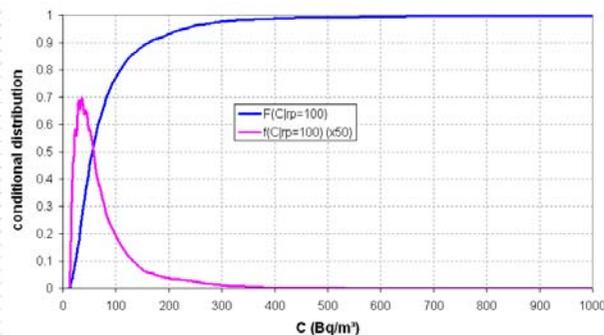
Schätzung:

- Gaussian sequential simulation
(basierend auf Variogramm, nscore transform, tail model)
- Werte: ergodic (über Realisierungen) conditional expectation
- Geologie als deterministischer Prädiktor
- Geo-Typen ähnlich wie bei Kemski

Deutschland: Wahrscheinlichkeit



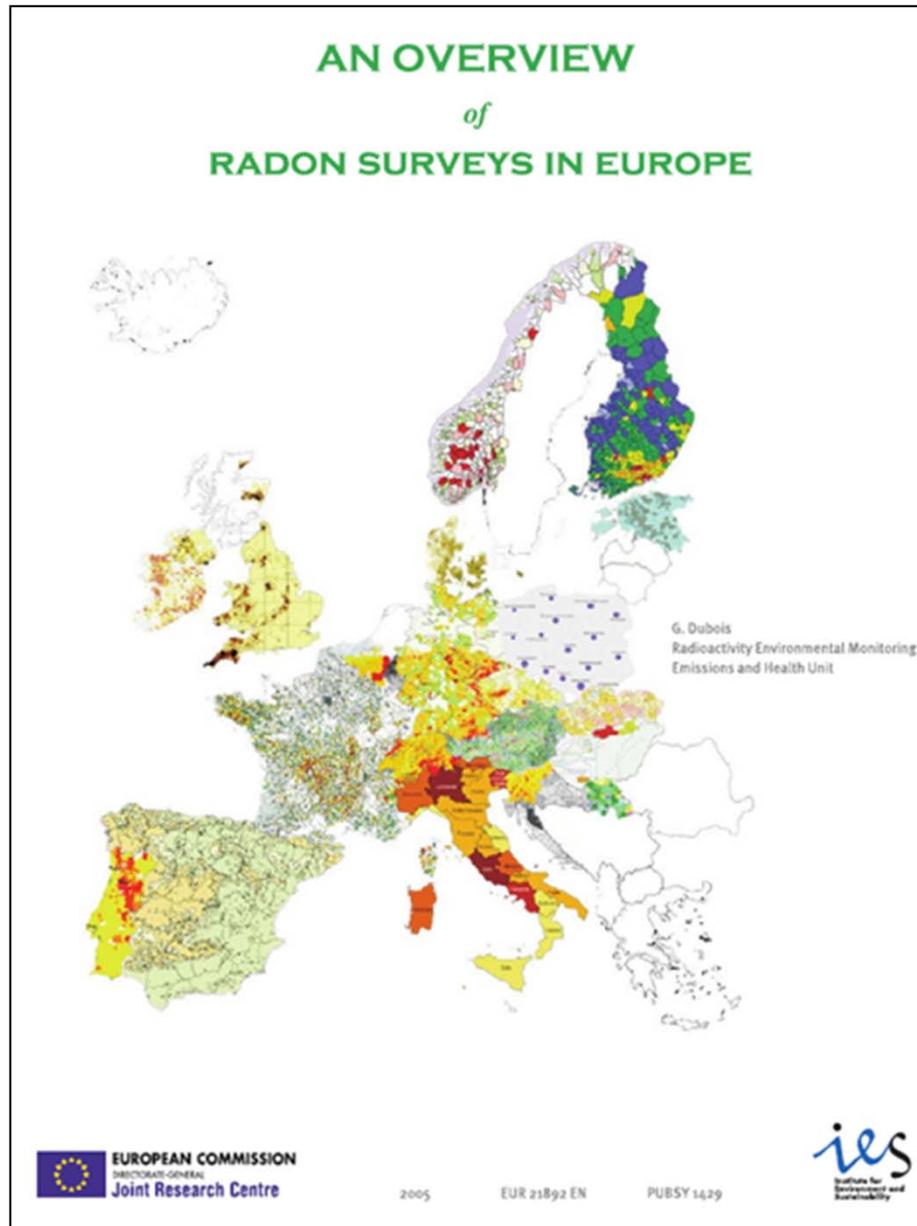
- **Wahrscheinlichkeit**, dass die Rn-Konzentration in Wohnräumen (langfristig, Erdgeschoss, Häuser voll unterkellert) **100 Bq/m³** übersteigt.
- 10 km x 10 km-Zellen
- **Geschätzt aus dem Radonpotential** (letzte Folie)
- **Stochastisches Transfermodell**, beruhend auf gemeinsamer Verteilung von RP und C, modellierte Copula
- **Vorläufige Version !**
Modifikationen zu erwarten!
(prob tw. unterschätzt)



$$E[C(x)|Z] = \int_{\Omega} dG_Z \int_{(c=0 \dots \infty)} c dF(c|Z(x)=z(x, \omega))$$

An jeden Gitterpunkt: Bedingte Verteilung der Innenraum-Konzentration

Europa: Ausgangslage 2005



- etliche Länder haben Radonkarten
- **methodisch heterogen!**
- verschiedene Eingangsdaten und Zielgrößen;
- verschiedene Kartierungseinheiten und Arten der Darstellung

⇒ Projekt:

- Harmonisierung
- „Europäischer Atlas der Natürlichen Strahlung“
- begonnen 2006

Europa: Projekt “Atlas of natural radiation”

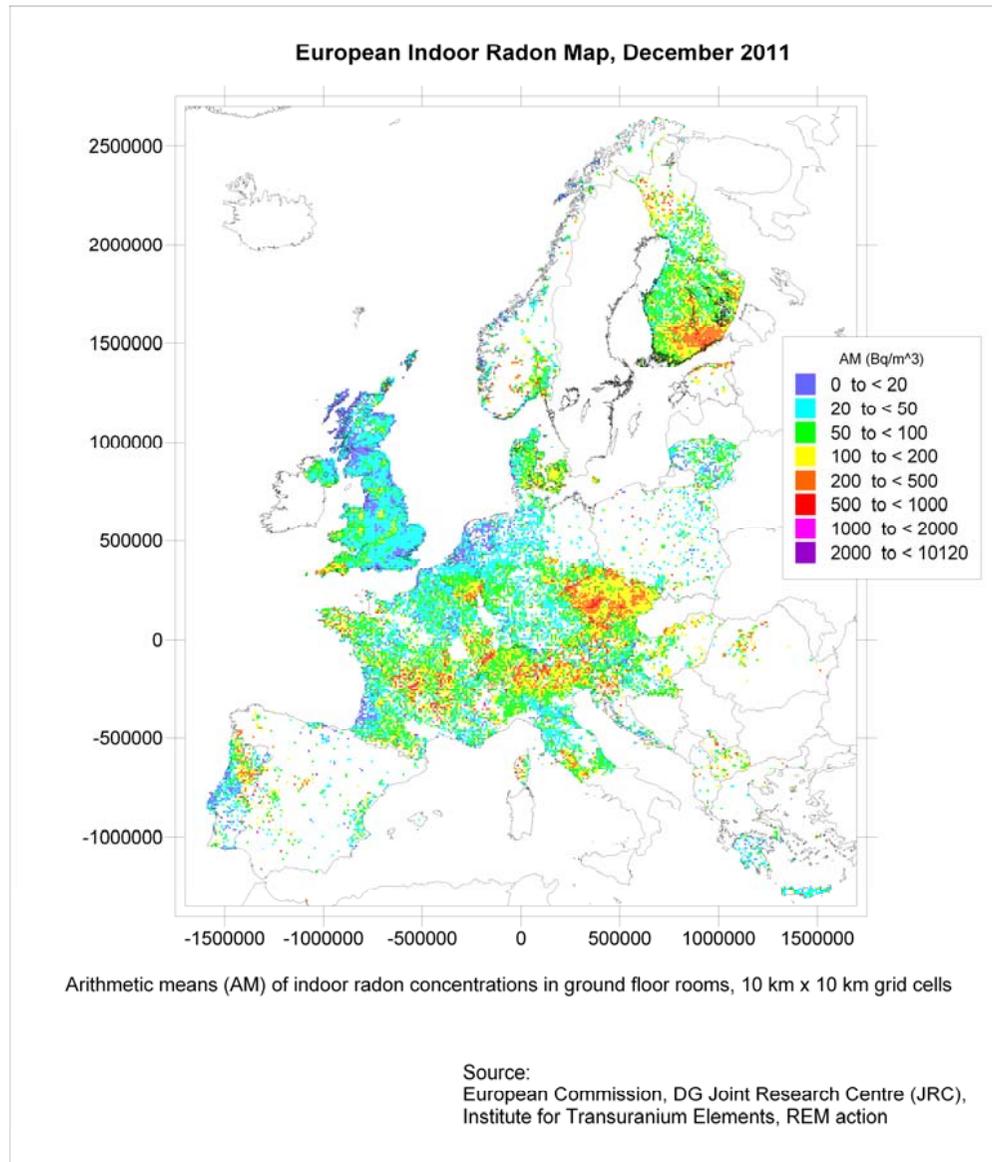
Zweck:

- Darstellung der Situation auf europäischer Ebene;
- Herstellung methodisch harmonisierter Datensätze;
- Erarbeitung, Diskussion von Methoden;
- ggf. Unterstützung zukünftiger Projekte.
- **Soll & kann nationale Hausaufgaben nicht ersetzen!**

Inhalt (dzt. Planung):

- *Karten:*
 - Innenraum-Radon (seit 2006 in Arbeit);
 - Geogenes Rn (seit 2008);
 - Kosmische Strahlung (seit 2010);
 - externe terrestrische Dosisleistung (erste Vorarbeiten);
 - Geochemie ?;
 - Wasser ?;
 - Gesamte Exposition ??;
 -
- *Artikel:* Grundlagen, Methoden

Europa: Rn-Innenraum (EIRM)



- Beschluss: Prag, 2006
- 10 km x 10 km-Zellen
- Wohnräume, Erdgeschoss
- Teilnehmer schicken Zellstatistik, nicht Originaldaten (Datenschutz!):
n, AM, SD, AM(ln), SD(ln), Min, Med, Max

Status:

- 25 Länder
- ca. 800,000 Messwerte

zusätzliche Untersuchungen:

- Europaweite Statistiken
- Homogenität über Grenzen?
- Anomalien, Ausreisser?

weisse Flächen:

- keine Daten
- Daten nicht elektronisch verfügbar
- Daten in nicht konvertierter Georeferenzierung

**Räumliches Mittel \neq Mittel der Exposition!
Karte reflektiert i.w. Geologie**

Europa: Karte des geogenen Rn (EGRM)

methodisch komplizierter !

Einfache Aggregation wie EIRM nicht möglich: Eingangsdaten zu heterogen, Datendichte i.a. nicht ausreichend

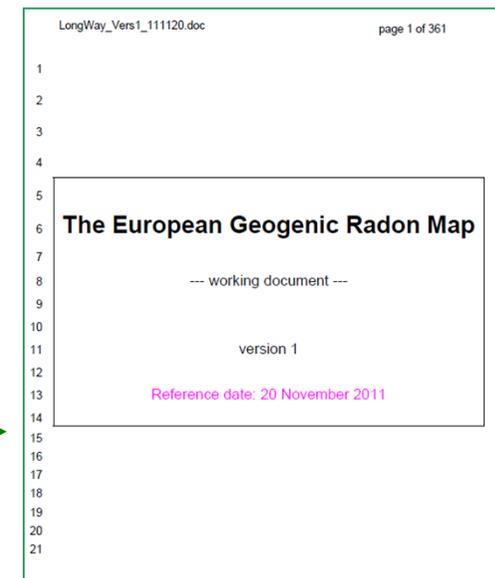
3 Stufen:

- 1) Karte, basierend auf **Geologie**
geologische Typen: basierend auf 'OneGeology'
Jedem Geo-Typ wird nach einem Algorithmus eine "Radon-Klasse" zugeordnet.
Kalibrierung: dzt. mit deutschen Daten (BURG)
- 2) Punktweise **Klassifizierung**:
Eingangsdaten (je nachdem, was regional verfügbar ist: Rn-Bodenluft, eU, standard. Innenraum-Rn, ODL, Geologie,...) wird mittels Klassifizierungstabelle ein ordinaler Indexwert zugeordnet.
(Methode \approx US-EPA)
- 3) Punktweise **RP**:
Eingangsdaten \rightarrow Transfermodell zu RP; Ergebnis: Karte des RP, kontinuierliche Skala (kann dann in Klassen aufgeteilt werden)

Kontinierlich: EGRM-Report: Grundlagen, Status, Methoden, Kochrezepte,...(derzeit v.1, 360 Seiten) \longrightarrow

Karte (1): erste Version wird nächste Woche in Prag präsentiert!

<Dresden-pb-120910>



Danke für Ihre
Aufmerksamkeit!

Postscriptum 1:

- recent article: [Harrison J.D. and Marsh J.W. \(2012\): Effective dose from inhaled radon and its progeny. In press, Ann. ICRP.](#)
- propose conversion factor for residential exposure:
14 mSv / WLM (F=0.4, f=0.1)
- 100 Bq/m³ x 1 a ≈ 0.44 WLM
(occupancy=0.8, breathing rate 0.78 m³/h)
- ⇒ **100 Bq/m³ → 6.2 mSv/a !!**
- so far ICRP 65 (1993): 4 mSv / WLM,
ICRP 103 (2007): 9 mSv / WLM
- new factor ⇒ **300 Bq/m³** (EU-BSS reference conc.) → **18 mSv/a !**
or 1 mSv/a → 16 Bq/m³
- consequence for reference values ??
consequence for 1 mSv/a concept ??

Postscriptum 2:

- A **new version** of the EU-BSS has been issued 25.6.
- Mainly corrections of errors and style, but also a few referring to content
- Article 4 (Definitions): (90) Radon-prone area means a geographic area or administrative region defined on the basis of surveys of concentrations of radon, **in indoor air or soil gas**, indicating that the percentage of **buildings dwellings** expected to exceed the national reference level is significantly higher than in other parts of the country [71];

Article 103

Radon action plan

1. Member States shall establish a **national** action plan to manage long-term risks from radon exposures in dwellings, buildings with public access and workplaces for any source of radon ingress, whether from soil, building materials or water. The action plan shall take into account the issues set out in Annex XVI **and be updated on a regular basis**.
2. ~~Member States shall forward the action plan and information on any identified radon-prone areas to the Commission. Member States shall update the action plan and information on radon-prone areas on a regular basis.~~ **Member States shall establish specific requirements in building codes to prevent radon ingress from soil and, as specified in the national action plan, from building materials, and require compliance with such building codes, in particular in radon-prone areas, so as to avoid radon concentrations exceeding the reference level for new buildings¹.**

maybe also other
changes!
to be found in: