Gemeinschaftsausschuss Strahlenforschung (GAST)

„20 Jahre wissenschaftliche Erkenntnisse nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl“

Heidelberg, 15.-17. März 2006

# Radioökologische Modelle

Heinz Müller

GSF – Institut für Strahlenschutz

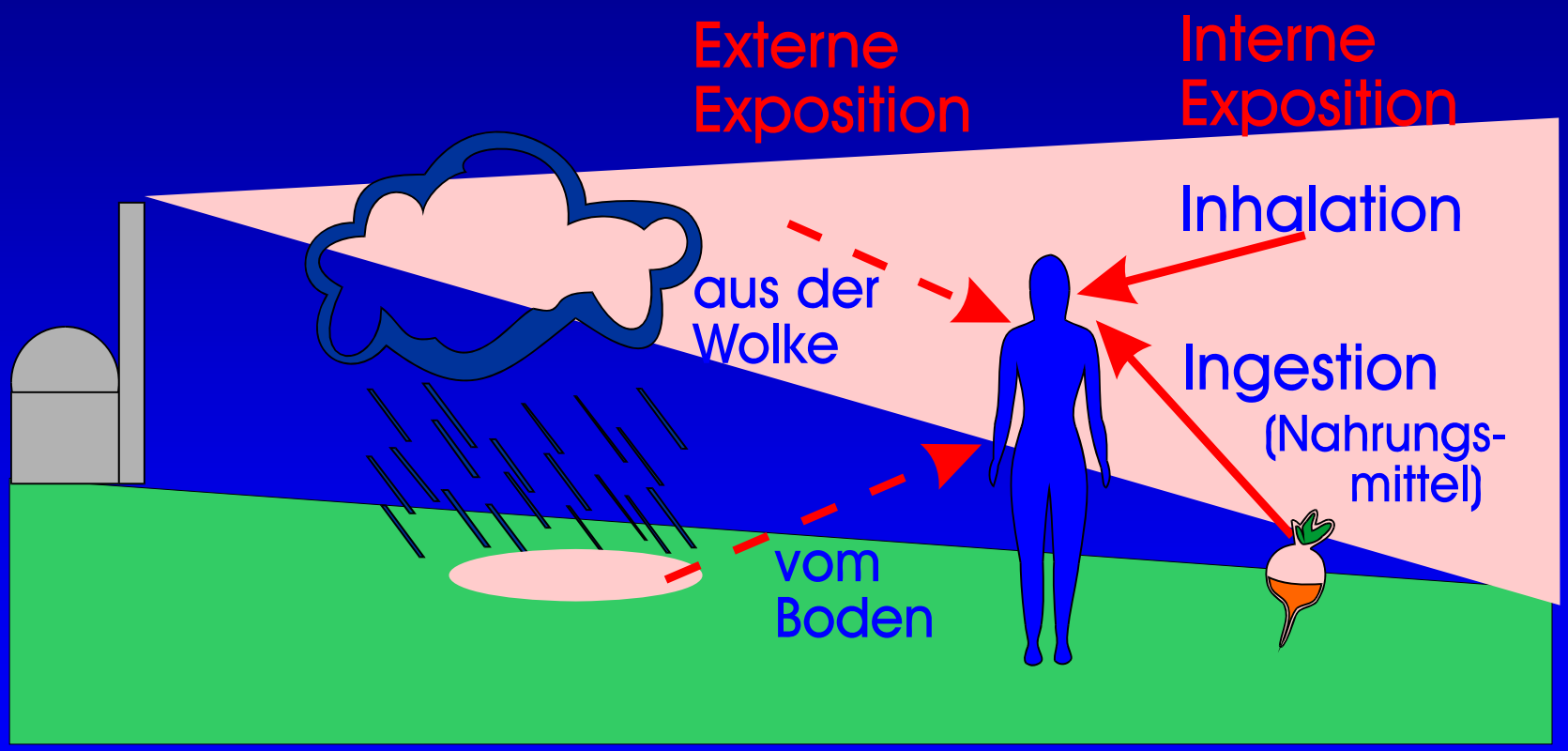
# Überblick

- Was ist ein radioökologisches Modell?
- Wie war der Stand der Modellentwicklung zum Zeitpunkt des Tschernobyl-Unfalls?
- Wie haben wir das Modell angewandt?
- Was haben wir gelernt?
- Wie ist der Stand der Modelle heute?
- Wo gibt’s noch Probleme und was tun wir dagegen?

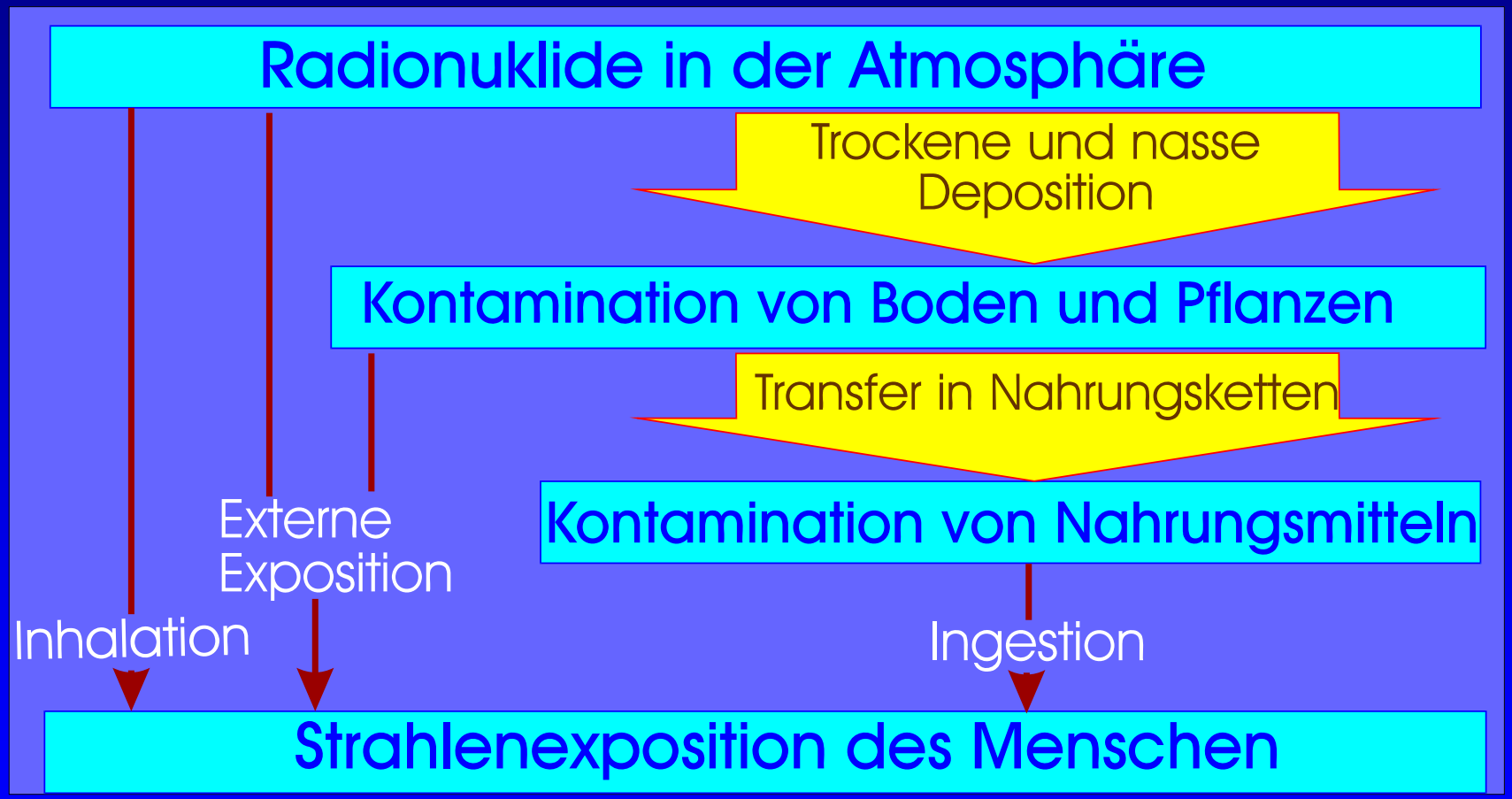
# Überblick

- Was ist ein radioökologisches Modell?
- Wie war der Stand der Modellentwicklung zum Zeitpunkt des Tschernobyl-Unfalls?
- Wie haben wir das Modell angewandt?
- Was haben wir gelernt?
- Wie ist der Stand der Modelle heute?
- Wo gibt’s noch Probleme und was tun wir dagegen?

# Das Problem


Externe Exposition
Interne Exposition
Inhalation
aus der Wolke
Ingestion
(Nahrungs-mittel)
vom Boden

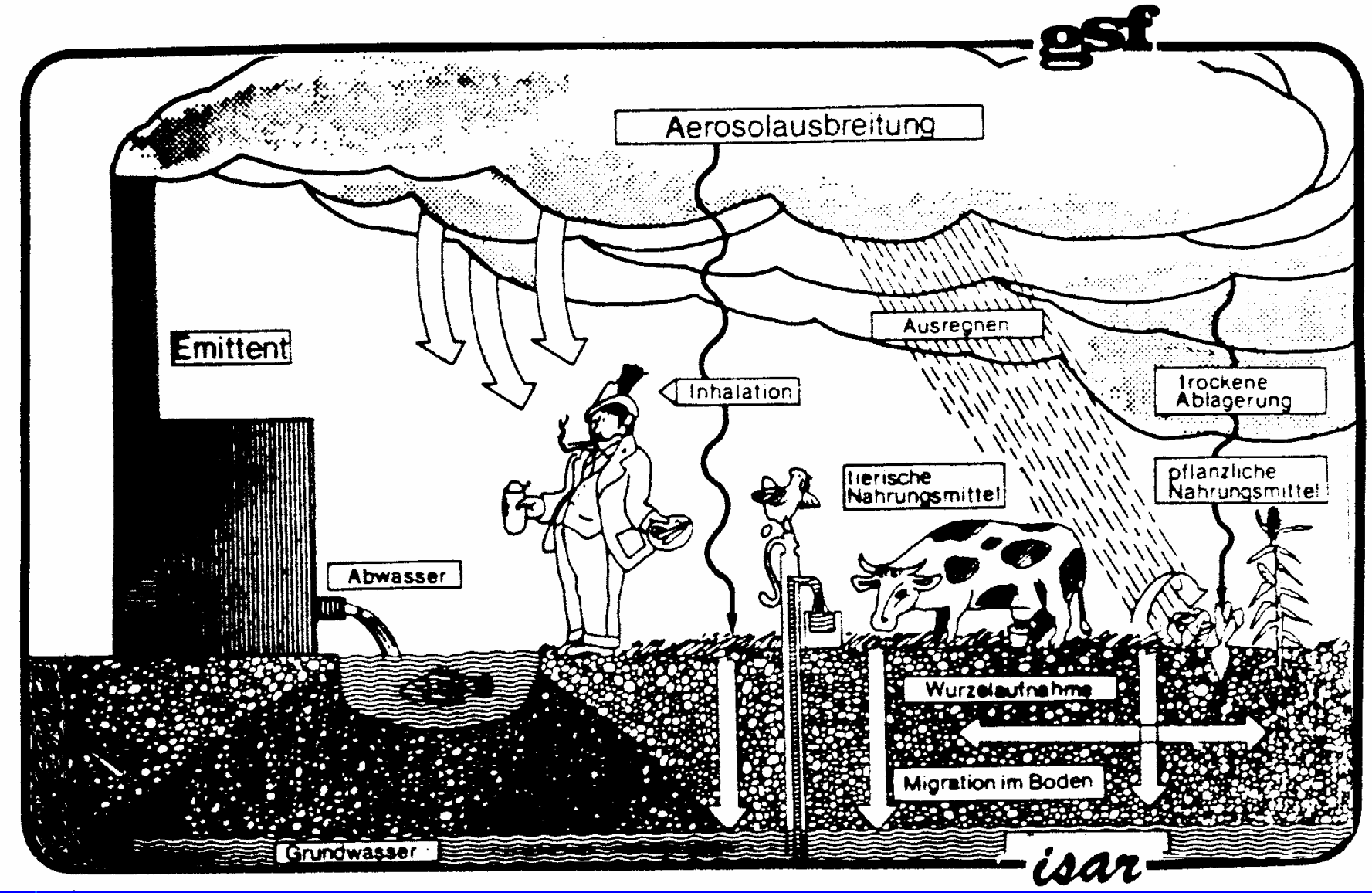
# Radioökologisches Modell



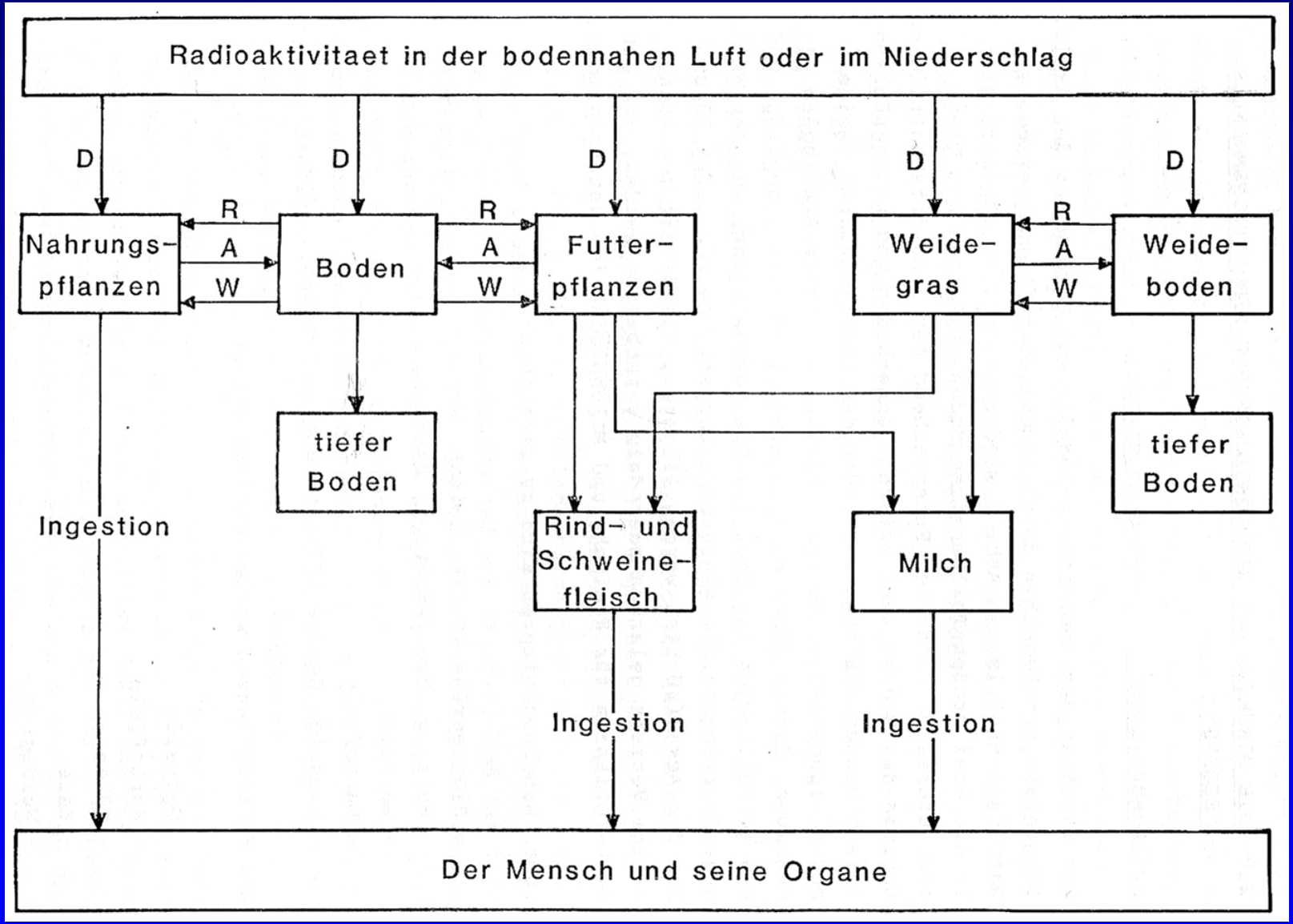
# Überblick

- Was ist ein radioökologisches Modell?
- Wie war der Stand der Modellentwicklung zum Zeitpunkt des Tschernobyl-Unfalls?
- Wie haben wir das Modell angewandt?
- Was haben wir gelernt?
- Wie ist der Stand der Modelle heute?
- Wo gibt’s noch Probleme und was tun wir dagegen?

# ECOSYS-82: Szenario



# ECOSYS-82: Nahrungsketten



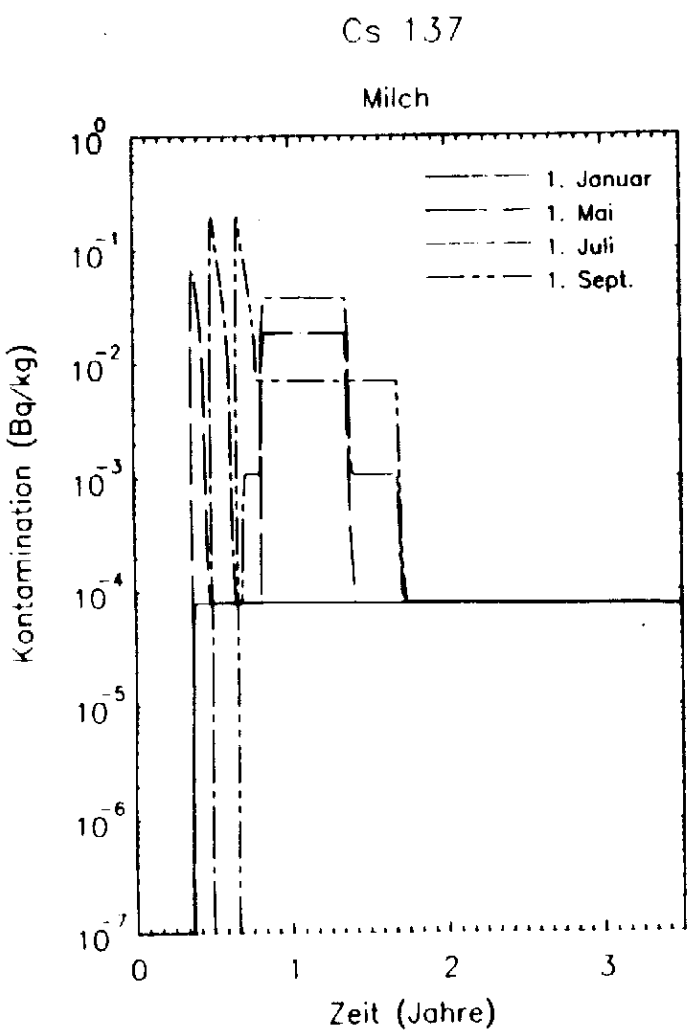
# Berücksichtigte Produkte

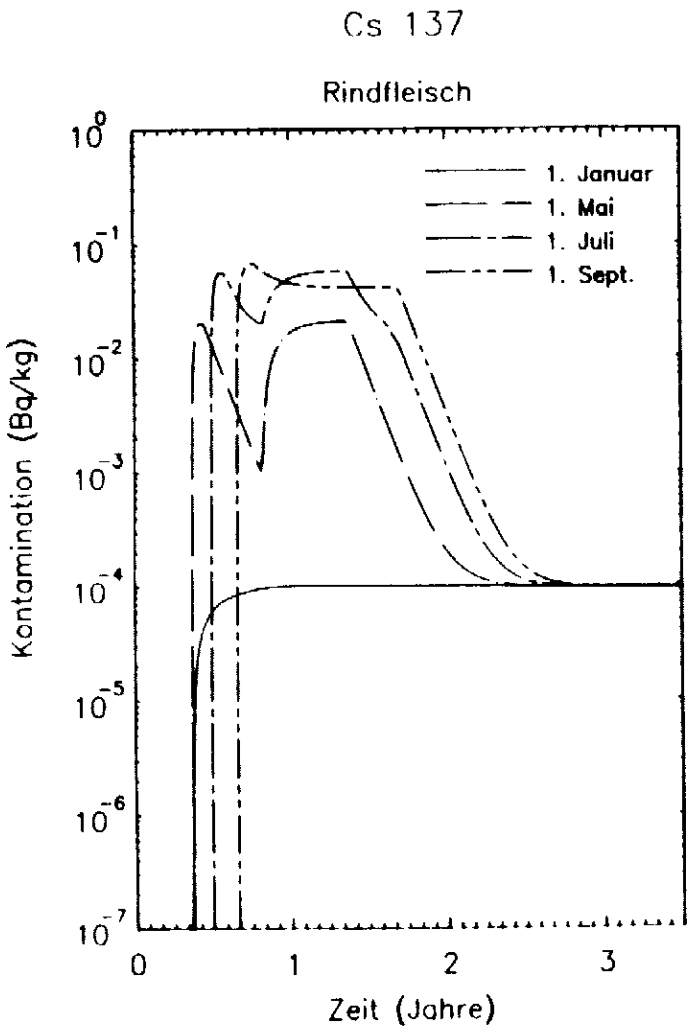
| ECOSYS-82/85 |
| --- |
| Gras |
| Futtermais<br>Rüben<br>Getreide |
| Kartoffeln<br>Blattgemüse<br>Wurzelgemüse<br>Nichtblattgemüse |
| Milch |
| Rindfleisch<br>Schweinefleisch |

# Überblick

- Was ist ein radioökologisches Modell?
- Wie war der Stand der Modellentwicklung zum Zeitpunkt des Tschernobyl-Unfalls?
- **Wie haben wir das Modell angewandt?**
- Was haben wir gelernt?
- Wie ist der Stand der Modelle heute?
- Wo gibt’s noch Probleme und was tun wir dagegen?

# Ergebnis-Beispiele von ECOSYS-85



# Abgeschätzte Dosis

(Mai 1986)

**Erwachsene** **Raum München, effektive Dosis in mSv**

**(Selbstversorger, keine Verzehrsänderungen)**

| | **1 Jahr** | **50 Jahre** |
|---|---|---|
| Wolkenstrahlung | 0,001 | 0,001 |
| Bodenstrahlung | 0,2 | 1,5 |
| Inhalation | 0,03 | 0,03 |
| Ingestion | 0,6 | 1,1 |
| Summe | **0,8 (0,5-1,1)** | **2,6 (1,5-4)** |

Zum Vergleich:
Mittlere Dosis durch natürliche Strahlenquellen: 2,4 mSv/Jahr

# Überblick

- Was ist ein radioökologisches Modell?
- Wie war der Stand der Modellentwicklung zum Zeitpunkt des Tschernobyl-Unfalls?
- Wie haben wir das Modell angewandt?
- Was haben wir gelernt?
- Wie ist der Stand der Modelle heute?
- Wo gibt’s noch Probleme und was tun wir dagegen?

# Messungen nach Tschernobyl

- Aktivitäten in
  - Luft
  - Boden
  - Pflanzen
  - Tierprodukte
  - Gesamtnahrung
  - Ganzkörper
- Ortsdosisleistung

# Abgeschätzte Dosis

(~~Mai 1986~~ 2006)

**Erwachsene** **Raum München, effektive Dosis in mSv**

**(~~Selbstversorger~~ Durchschnittsbevölkerung)**

| | **1 Jahr** | **50 Jahre** |
|---|---|---|
| Wolkenstrahlung | 0,001 | 0,001 |
| Bodenstrahlung | ~~0,2~~ 0,1 | ~~1,5~~ 0,7 |
| Inhalation | 0,03 | 0,03 |
| Ingestion | ~~0,6~~ 0,15 | ~~1,1~~ 0,35 |
| Summe | **~~0,8~~ 0,3** | **~~2,6~~ 1,1** |

Norddeutschland: * 1/3 Voralpengebiet: * 2

# Das Modell hat sich bewährt

- Die Kontamination der wichtigsten Nahrungsmittel lässt sich befriedigend gut vorhersagen
- Die Größenordnung der Strahlenexposition der Bevölkerung lässt sich abschätzen
- Die Abschätzungen können sehr schnell gemacht werden, ohne dass auf Messwerte in Nahrungsmitteln gewartet werden muss.

# Schwachstellen des Vor-Tschernobyl-Modells

- Eigenschaften verschiedener Pflanzenarten nicht genügend berücksichtigt
- Regionale Futtermittel können wichtig sein
- Verarbeitungsprozesse müssen detaillierter berücksichtigt werden

=>Stärkere Diversifizierung der betrachteten Produkte notwendig

- Jahreszeitliche Entwicklung von Pflanzenentwicklung und Tierfütterung muss detaillierter berücksichtigt werden
- Annahme lokaler Nahrungsproduktion unrealistisch für Durchschnittsbevölkerung, aber Prognose realer Nahrungsmittelströme nicht möglich

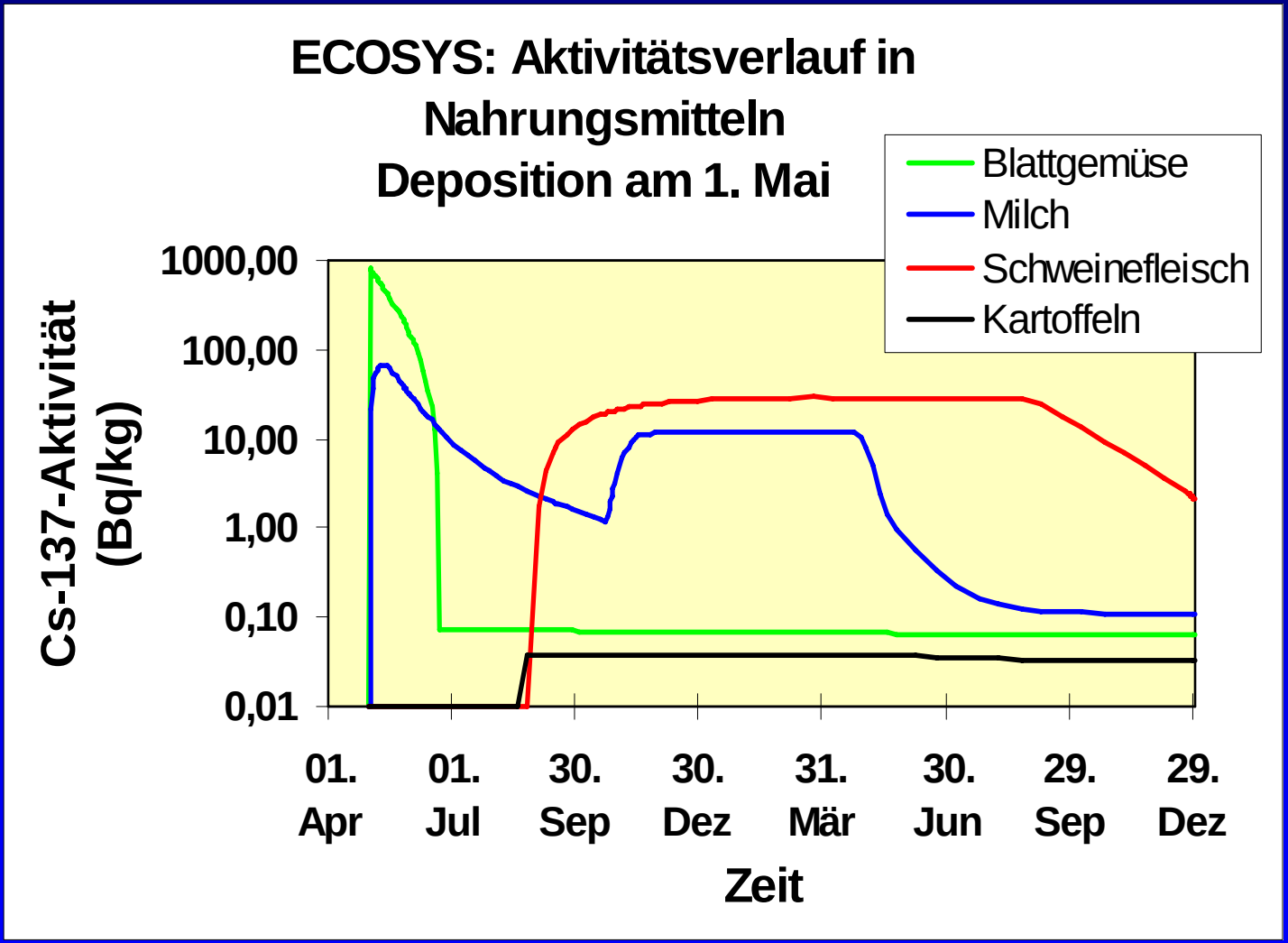
# Überblick

- Was ist ein radioökologisches Modell?
- Wie war der Stand der Modellentwicklung zum Zeitpunkt des Tschernobyl-Unfalls?
- Wie haben wir das Modell angewandt?
- Was haben wir gelernt?
- Wie ist der Stand der Modelle heute?
- Wo gibt’s noch Probleme und was tun wir dagegen?

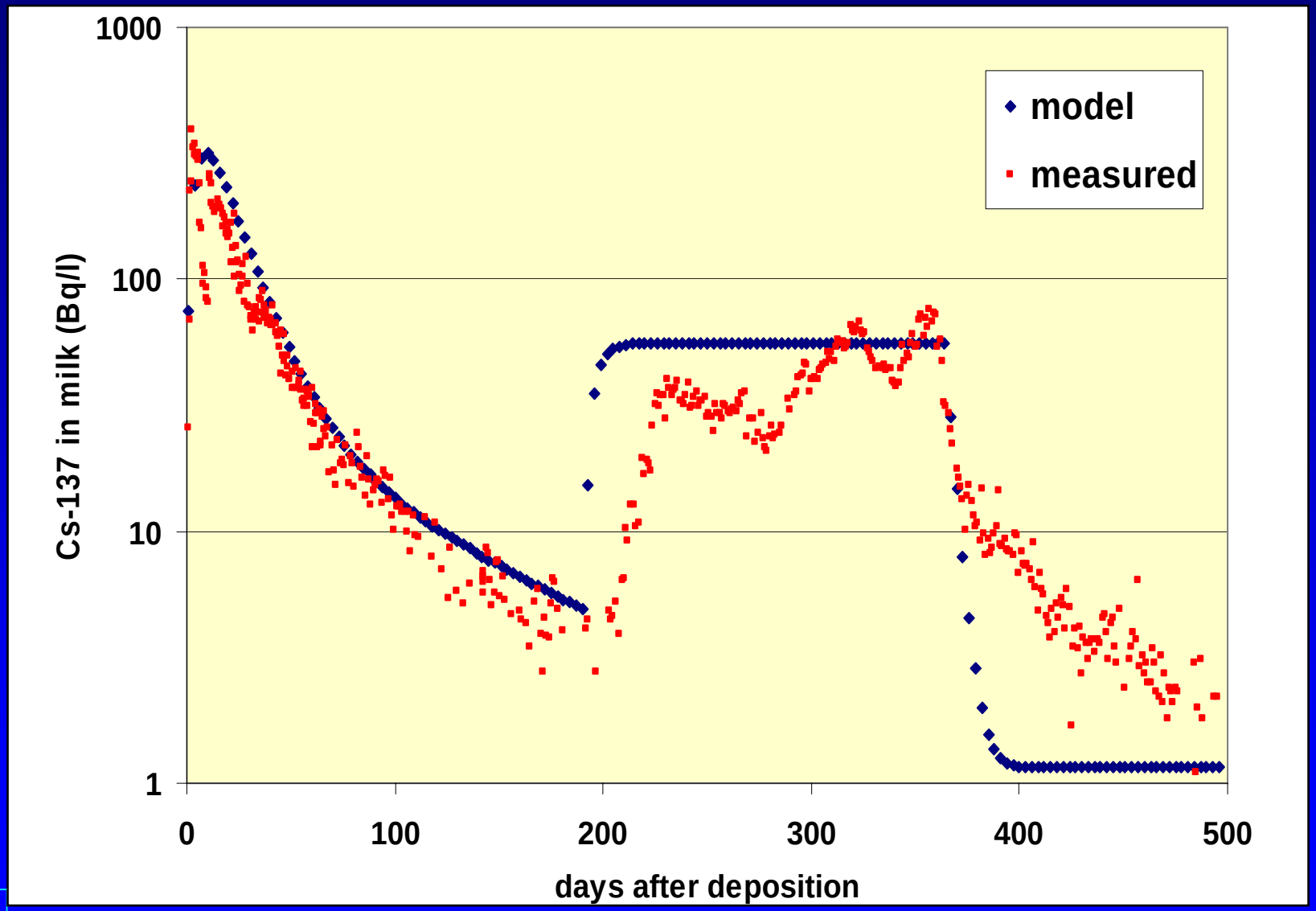
# Zunahme der Komplexität: Produkte

| ECOSYS-82/85 | ECOSYS-87 | |
|---|---|---|
| Gras | Gras (2 Arten) | Kuhmilch |
| | Heu/Silage (2 Arten) | Schafmilch |
| Futtermais | Mais, Maiskolben | Ziegenmilch |
| Rüben | Rüben, Rübenblatt | Kondensmilch |
| Getreide | Winter-, Sommergerste* | Rahm |
| | Winter-, Sommerweizen* | Butter |
| | Roggen* | Käse (2 Arten) |
| | Hafer* | |
| Kartoffeln | Kartoffeln | Rindfleisch (Kuh) |
| Blattgemüse | Blattgemüse | Rindfleisch (Bulle) |
| Wurzelgemüse | Wurzelgemüse | Schweinefleisch |
| Nichtblattgemüse | Fruchtgemüse | Kalbfleisch |
| | Obst | Lammfleisch |
| Milch | Beeren | Hühnchen |
| | | Rehfleisch |
| Rindfleisch | Bier | |
| Schweinefleisch | | Eier |
| | * jeweils Vollkorn, Mehl, Kleie | |

# Aktivitätsverlauf in Nahrungsmitteln



# Aktivitätsverlauf in Milch



# Überblick

- Was ist ein radioökologisches Modell?
- Wie war der Stand der Modellentwicklung zum Zeitpunkt des Tschernobyl-Unfalls?
- Wie haben wir das Modell angewandt?
- Was haben wir gelernt?
- Wie ist der Stand der Modelle heute?
- Wo gibt's noch Probleme und was tun wir dagegen?

# Unsicherheiten bei Modellprognosen

- Modelle vereinfachen die Realität
- Natürliche Variabilität vieler Prozesse (räumlich, zeitlich, wetter- und witterungsbedingt)
- Transportwege der Nahrungsmittel
- Verhalten der Bevölkerung

# Reduzierung der Prognoseunsicherheiten

- Strahlenschutz-Vorsorgegesetz (Ende 1986)
  => **I**ntegriertes **M**ess- und **I**nformations**s**ystem (IMIS)
  => Bessere und schnellere Informationen über radiologische Situation aus Messungen
- Aber: nur Information über Vergangenheit, räumlich und zeitlich lückenhaft
- Kombination von Messdaten und Prognosemodellen:
  => Datenassimilation
  => Bessere Vorhersagen, geringere Unsicherheiten