

**NEUTRONEN,  
MENSCHEN,  
IDEEN**

**AUF DEN SPUREN DES ZUFALLS**

# Diffusion

in Flüssigkeiten **Adolf Fick 1853**

# Diffusion in festen Materialien

W. Roberts-Austen

G. v. Hevesy und F. Paneth: Radioaktive Indikatoren („Tracer“)

Wie bewegen sich die Atome?

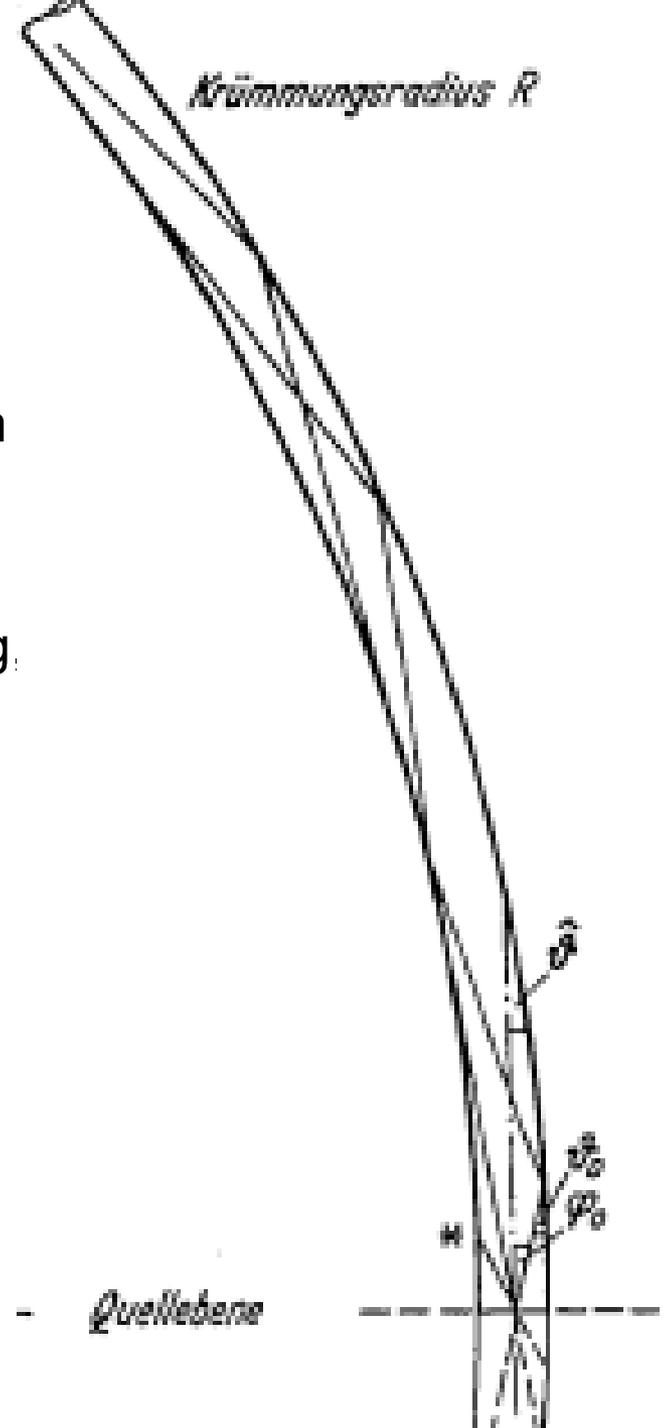
**Zufällige** Sprünge dorthin, wo Platz ist.

**Kann man das einzelne Atom verfolgen?**

Möglich durch ganz **langsame Neutronen**,  
die aber muss man erst raussortieren  
aus Maxwell-Boltzmann-Verteilung

In Geschichte gewöhlt...

Springers Erkenntnis – Zufall und Genie:  
**gekrümmter Neutronenleiter**



Der erste gekrümmte Neutronenleiter wurde von Springers Doktorand Josef Christ vertikal aus dem Swimming Pool gebaut.

Die revolutionäre Idee dahinter war die Krümmung, um nur noch **thermische bis kalte Neutronen** ohne schnelle Neutronen zu haben.

**Nukleonik Bd. 4, Heft 1, S. 23 (1962)**

---

**Über die Entwicklung eines Neutronenleiters am FRM-Reaktor**

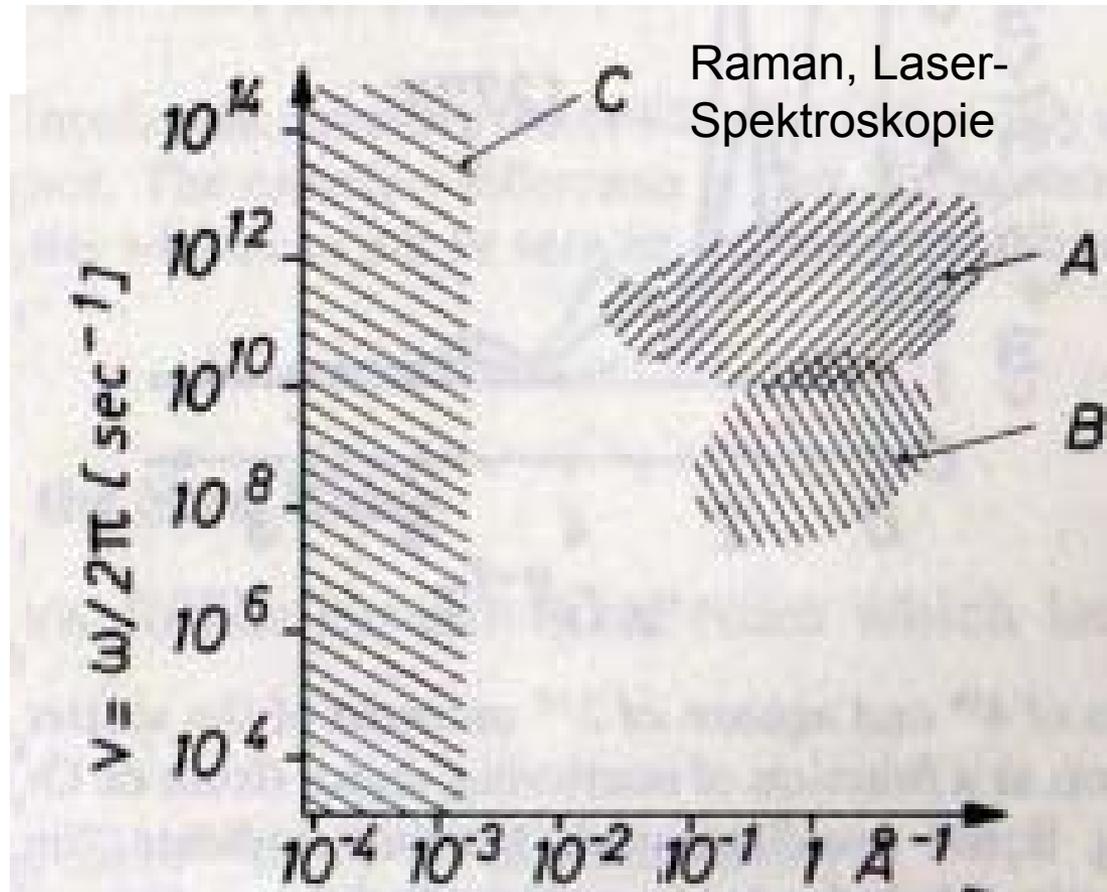
Von JOSEF CHRIST und TASSO SPRINGER

(Laboratorium für Technische Physik der Technischen Hochschule München)

Mit 2 Textabbildungen

*(Eingegangen am 9. November 1961)*

**T. Springer** „Quasielastische Neutron Scattering for the Investigation of **Diffusive Motions** in Solids and Liquids” (1972)



Konventionelle Spektrometer

Rückstreu-Spektrometer  
(QNS)

Sehr schnelle  
Diffusionsprünge  
erforderlich

$\kappa$

# Atomsprung in festem Na

PHILOSOPHICAL MAGAZINE A, 1979, Vol. 39, No. 6, 797-814

## Investigation of the self-diffusion in solid sodium using quasielastic neutron scattering†

By M. ATT-SALEM

Institut für Festkörperforschung der KFA, D-5170 Jülich,  
West Germany

T. SPRINGER and A. HEIDEMANN

ILL, Rue des Martyrs, 78 Grenoble, France

and B. ALKFELD‡

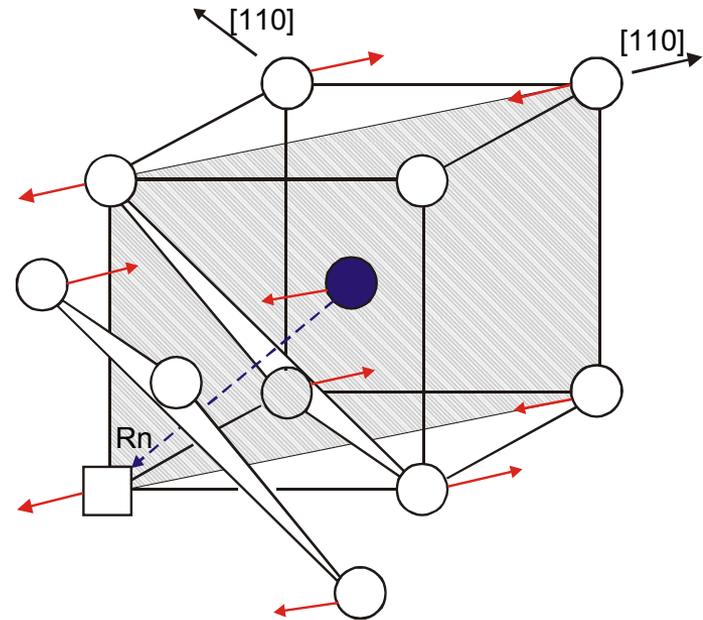
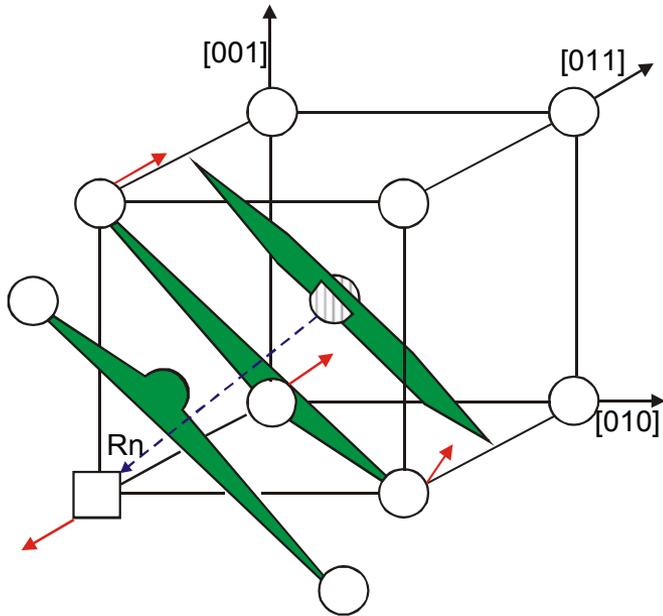
Solid State Division, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge,  
Tennessee 37830, U.S.A.

[Received 5 September 1978 and accepted 9 January 1979]

**Vorbild für folgende eigene Forschung**

# Titan-Metall

Sehr schnelle Diffusionsprünge ! Warum?



Phononen-kontrollierte Diffusion

$$S(\kappa, \omega)$$

Sehr schnelle Diffusionssprünge erforderlich

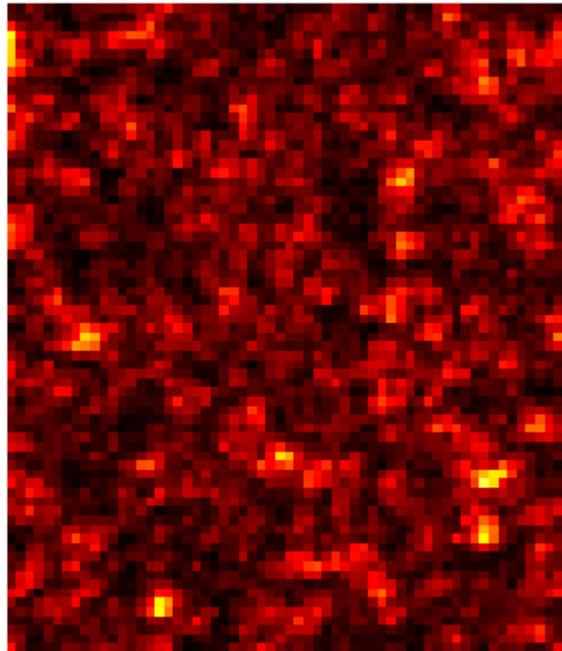


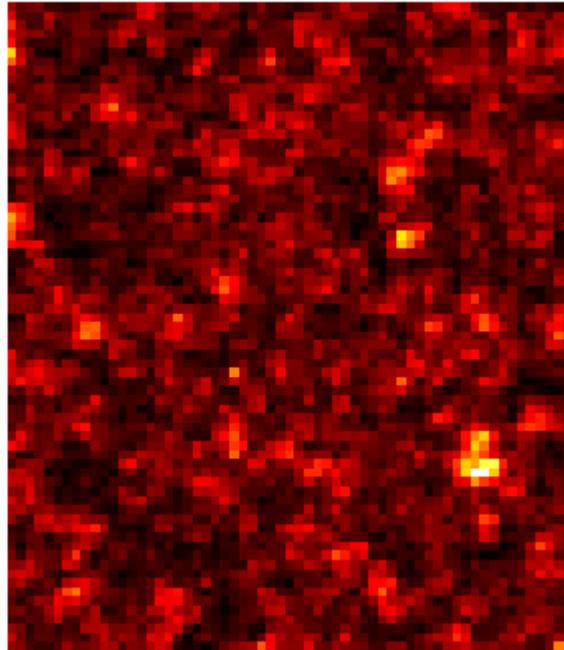
**Wie könnte man  
langsamere Diffusionssprünge  
verfolgen ?**

# Synchrotron-Röntgenstrahlung: Röntgen-Korrelationsspektroskopie XPCS

*Kohärent*

**konstruktive** u. **destruktive** Interferenz  
„speckle“

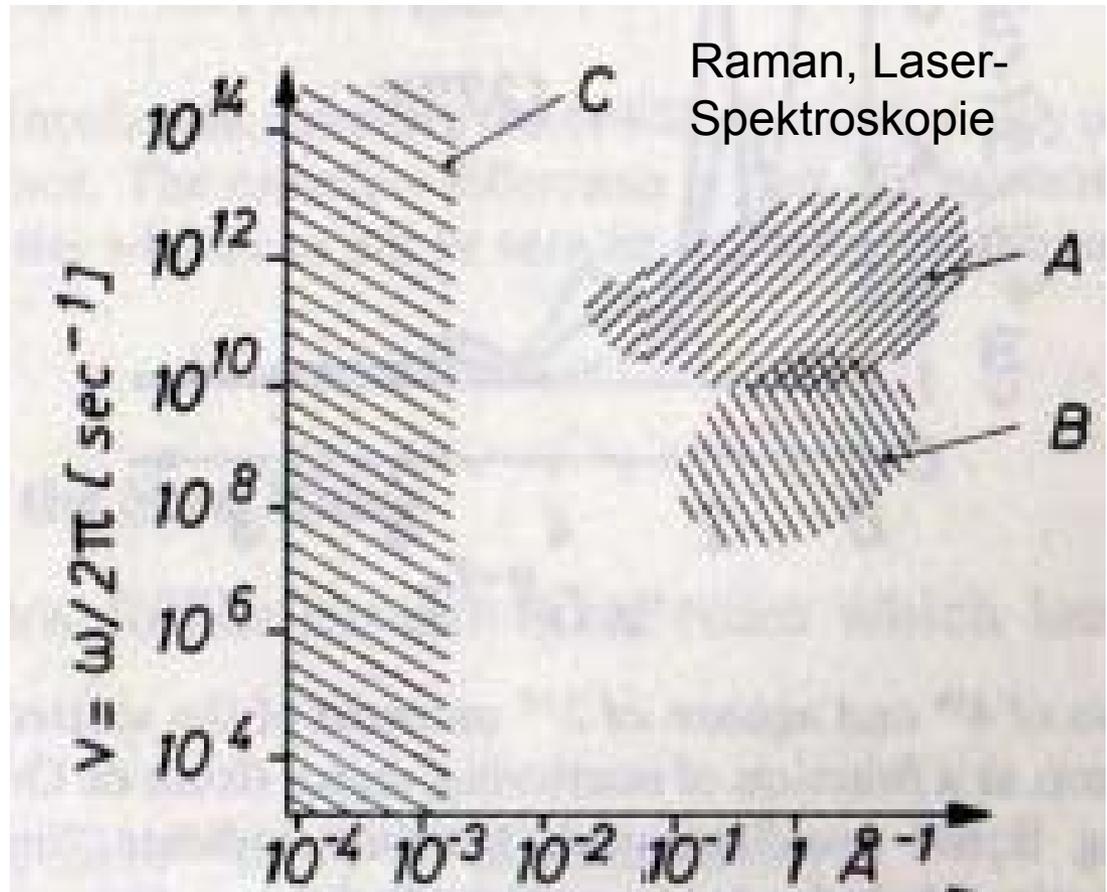
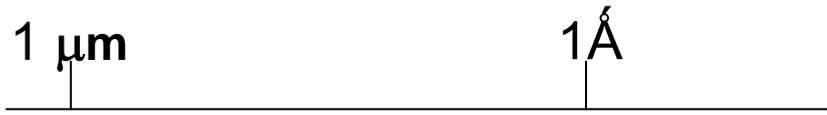




**Langsame Diffusionssprünge verfolgbar**

$$S_{\text{coh}}(\kappa, t)$$

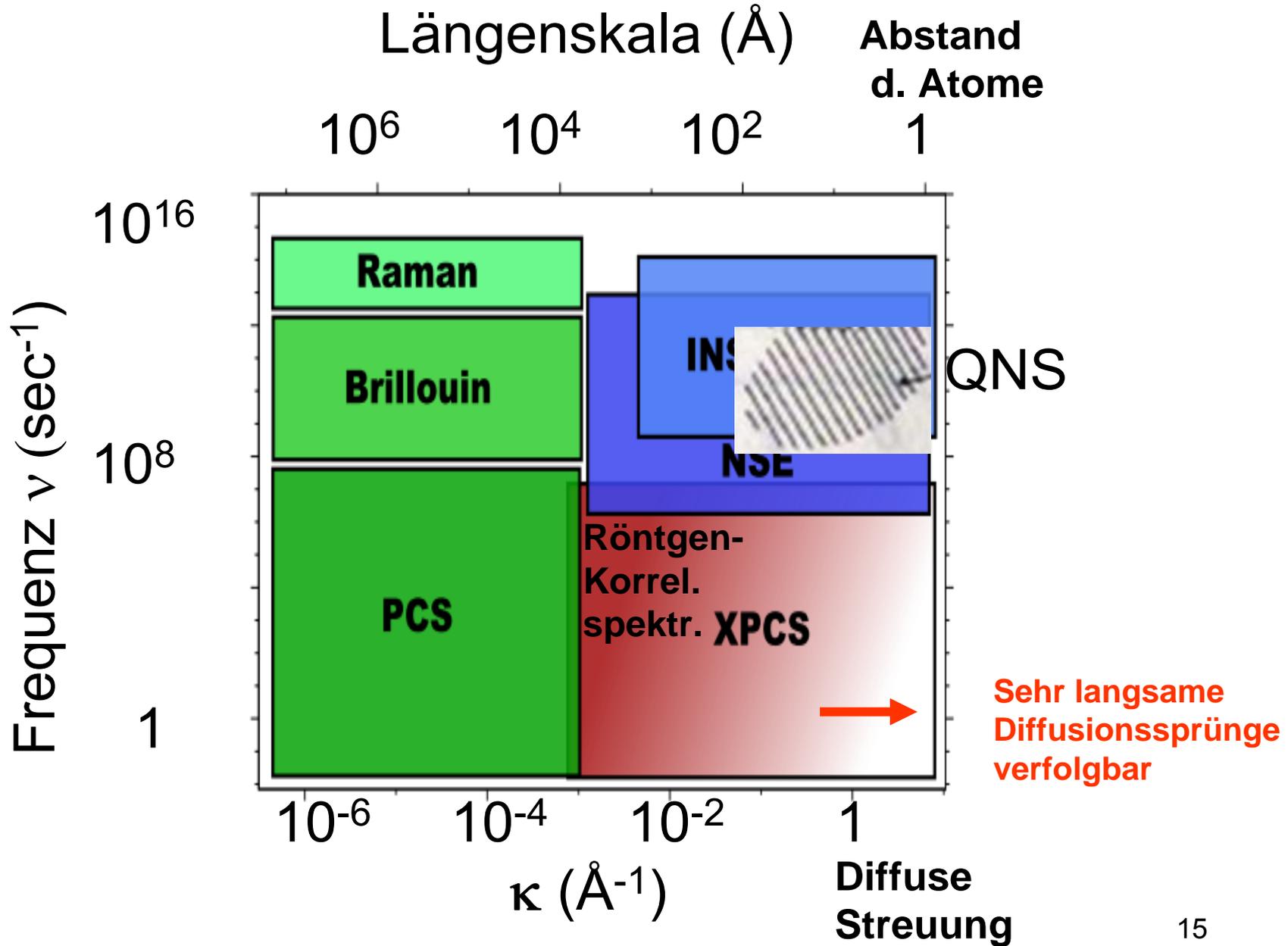
# T. Springer, 1972



Konventionelle Spektrometer

Rückstreu-Spektrometer  
(QNS)

$\kappa$



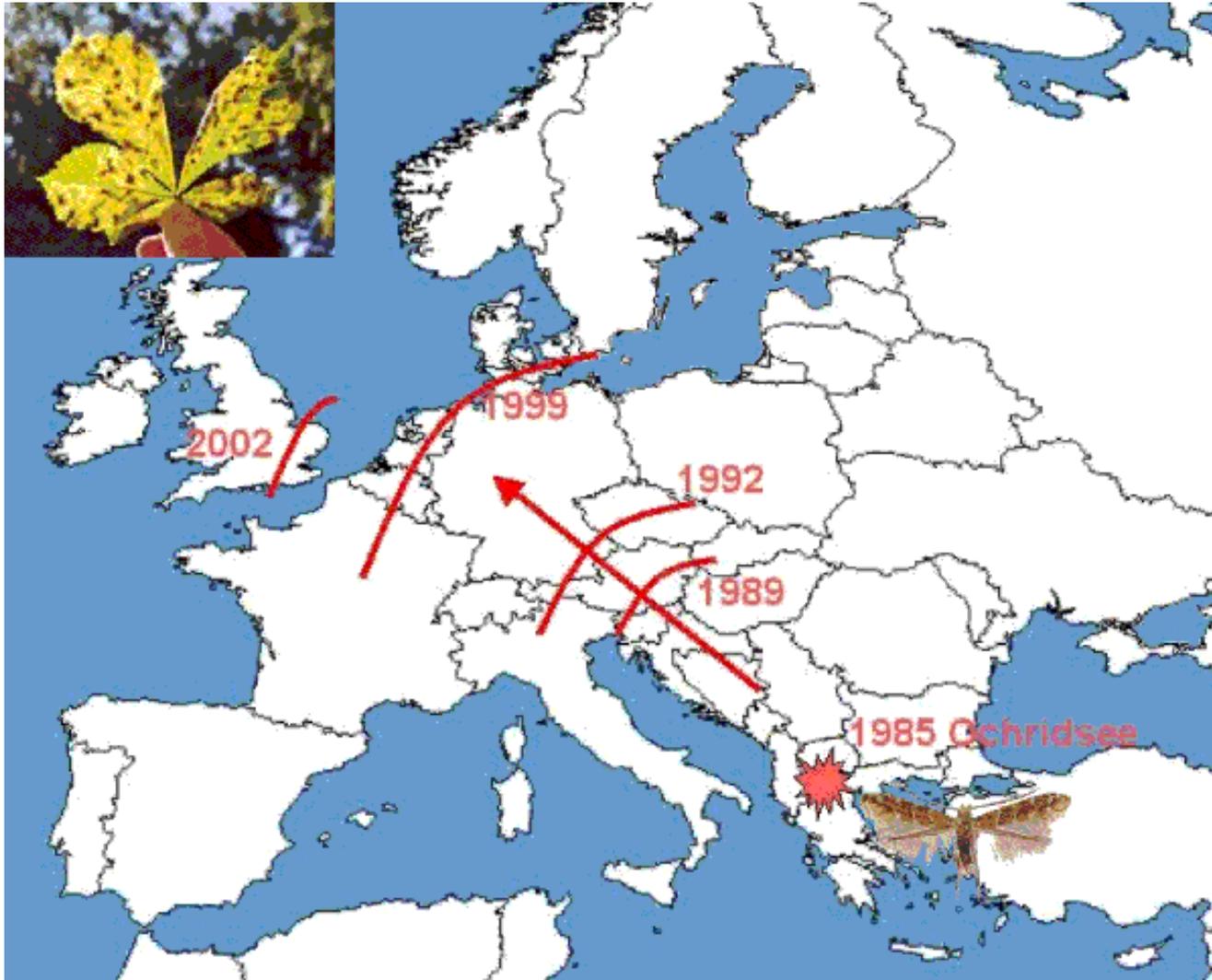
# Menschen auf den Spuren des **Zufalls** (mit Tasso Springer durch die neuen Bundesländer)



Naumburger Dom 1990/1991

# Ausbreitung der Kastanien-Miniermotte

M. Gilbert, J.-C. Gregoire, J.F. Freise, W. Heitland



# Diffusion jenseits der Physik

- Ausbreitung von Pflanzen, Tieren, Menschen und Ideen.
- Besonders relevant in einer sich **schnell verändernden Welt**
  - Klima
  - Migrationsströme von Menschen, Tieren, Pflanzen

Jetzt ist die Einzelbewegung einfach, man braucht keine Neutronen.

Aber wie schreitet Ausbreitung voran?

**Wege des Zufalls**, *und doch* entsteht eine **“Diffusionsfront“**  
**(Fisher: wave of advance)**.

Komplizierter als in Physik: Ausbreitung in „Habitat“

# Ausbreitung

des aus den USA eingeschleppten  
**„Ragweed“ (Ambrosia artemisiifolia)**  
in Österreich und Deutschland

Zusammenarbeit mit Ökologen

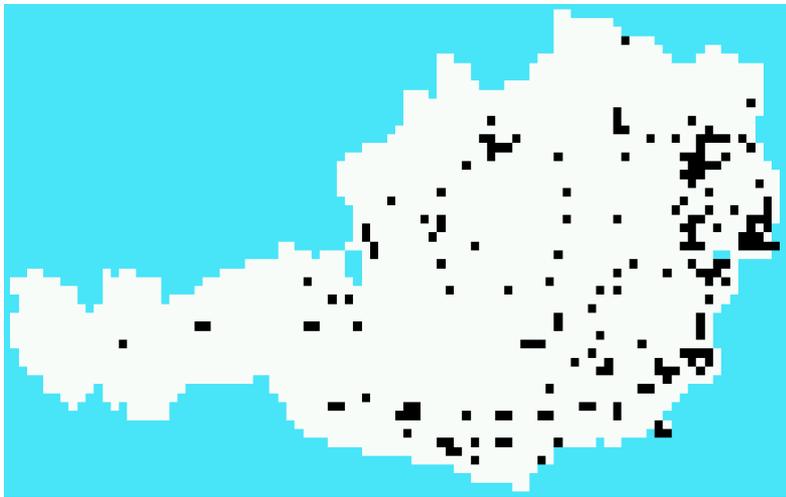


Pollen erregen starke **Allergien** im Spätsommer,  
wenn andere Allergien abgeklungen sind.

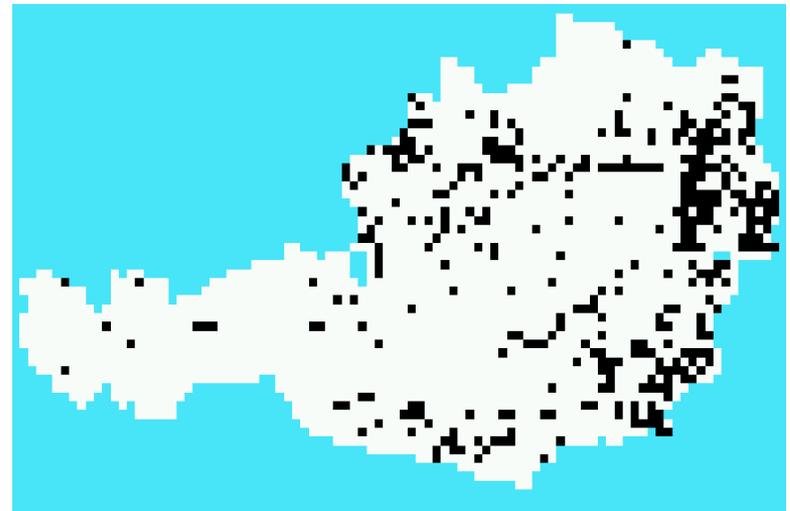


**Wir berücksichtigen die  
progressive Ausdehnung seines Habitats  
auf Grund der Klima-Änderung,  
um die Ausbreitung (“Diffusion”)  
in den nächsten Jahrzehnten vorherzusagen.**

**a) Simulation des fortschreitenden Befalls Österreichs durch Ragweed  
in der Vergangenheit**



1990



2005

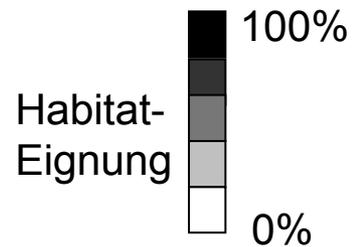
**Diffusionsmodell  
(Gauß-Verteilung)**

**Computer-Simulation (Zufall)  
wie bei Diffusion in Festkörpern**

## b) Veränderung des Habitats für Ragweed auf Grund einer Klimaprognose



Habitat heute



Habitat-Vorhersage 2050

# **Vorhersage der Ausbreitung bis 2050 auf der Basis von**

## **a) Diffusionsmodell**

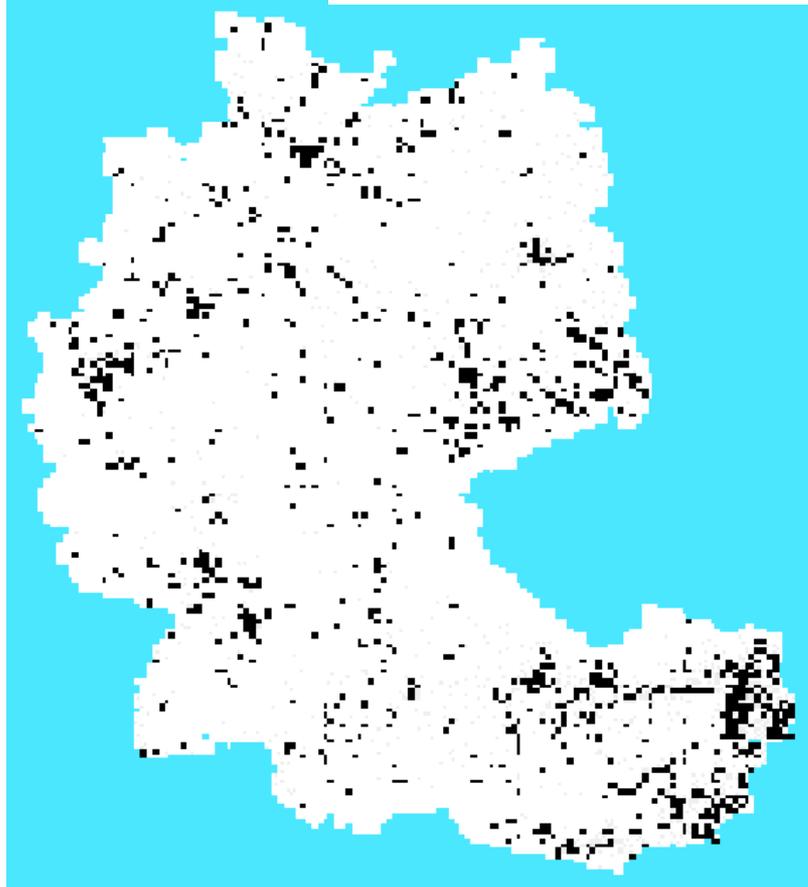
**aus österreichischen Daten (1990 bis 2005) erarbeitet**

## **b) Habitat-Vorhersage**

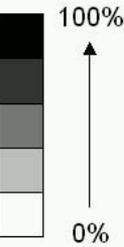
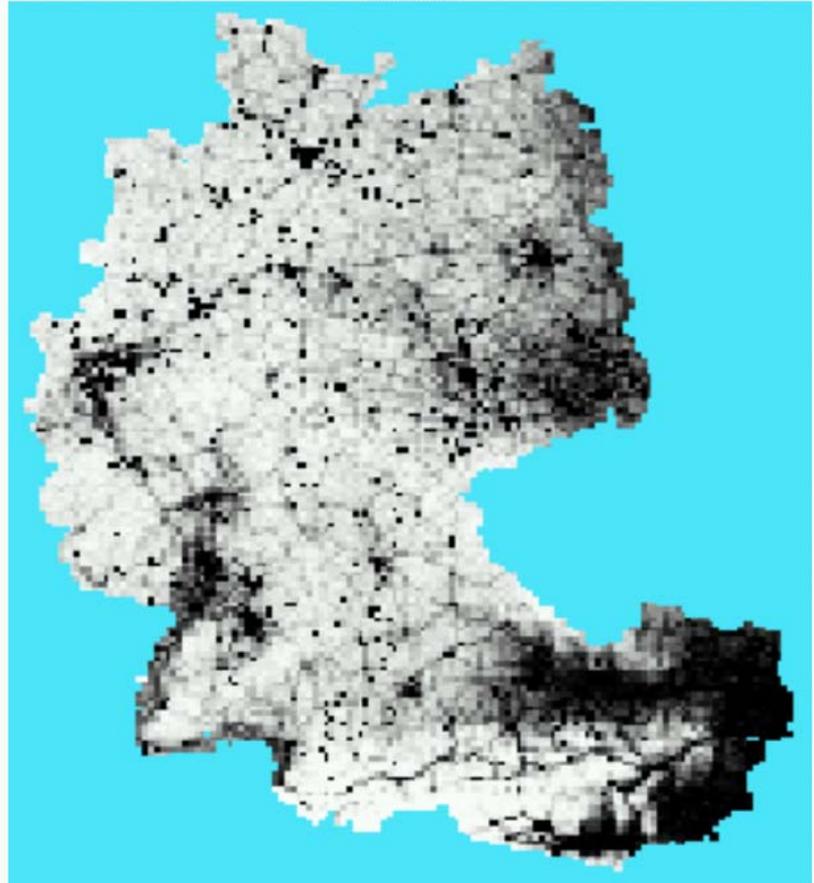
**auf Grund der Klimaveränderung**

**jetzt für Österreich u. Deutschland**

2006



2050



M. Smolik, S. Dullinger, F. Essl, I. Kleinbauer, M. Leitner,  
J. Peterseil, L.-M. Stadler, G. Vogl

J.Biogeography 2010



ENV.B.2/ETU/2010/0037: [OJ 2010/S 137-210135](#) (17/07/2010)

**Assessing and controlling the spread and the effects of common ragweed  
in Europe**

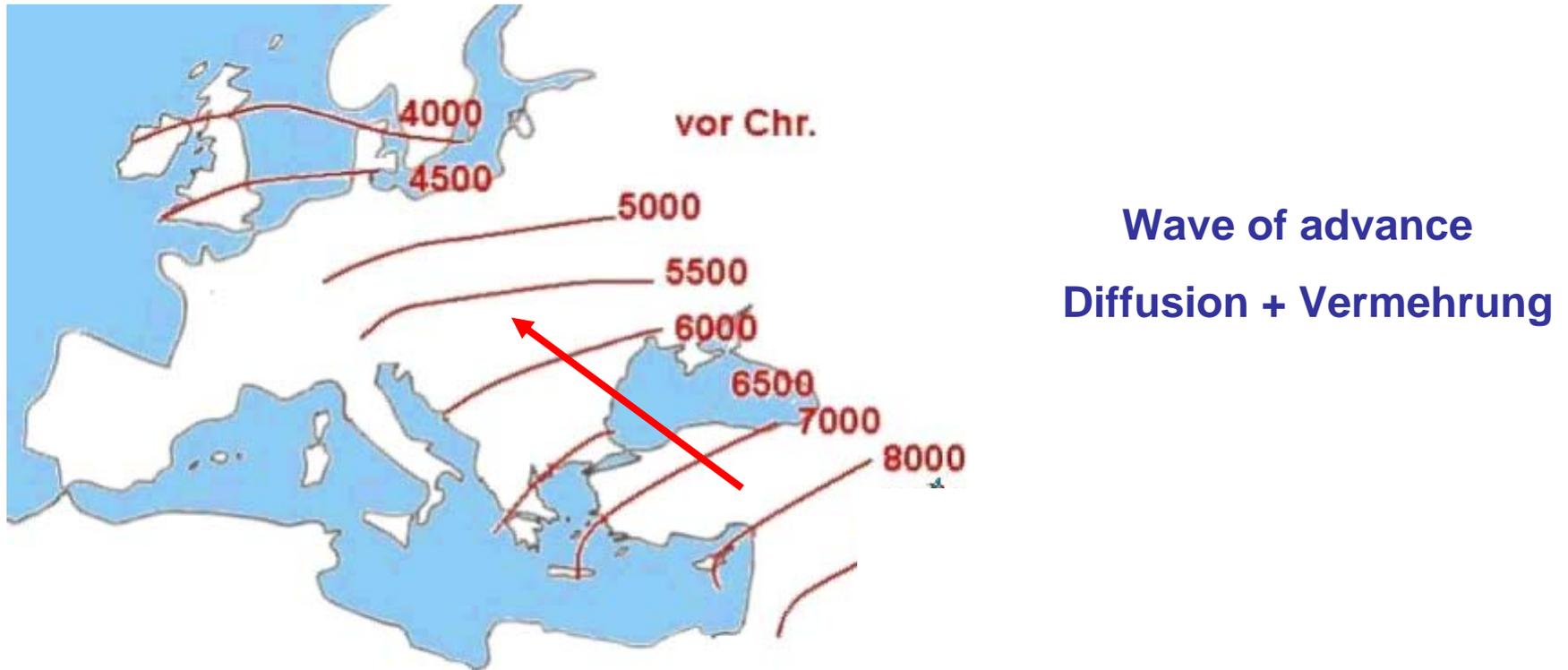
For this task the contractor is expected to develop new data and a new model which can be based on existing models if available<sup>4</sup>. Four different climatic scenarios and the policy scenarios on which the model will be run based on the four SRES scenario families of the International Panel on Climate change. The model should enable to map the non affected areas that are at risk of being infested by the ragweed with a prioritisation of the risk depending on different parameters and vectors (e.g. agriculture land, climate conditions, vicinity to populated area). The model, though developed for ragweed, should be designed as much as possible in a way to be also useable for other invasive species.

---

<sup>4</sup> Modelling the spread of ragweed : Effects of habitat, climate change and diffusion, VOGL G. et al. ; The European physical journal. Special topics, 2008, vol. 161

# Einwanderung von Ackerbauern in der Jungsteinzeit aus dem Nahen Osten nach Europa

A. Ammerman & L.L.Cavalli-Sforza



Haben sich nur die Technologien (die Ideen) ausgebreitet  
oder stammen wir alle von diesen Einwanderern ab?

Demische oder kulturelle Diffusion?

# **Ausbreitung von Sprachen**

**Spektrum der Wissenschaft, Aug. 2010**

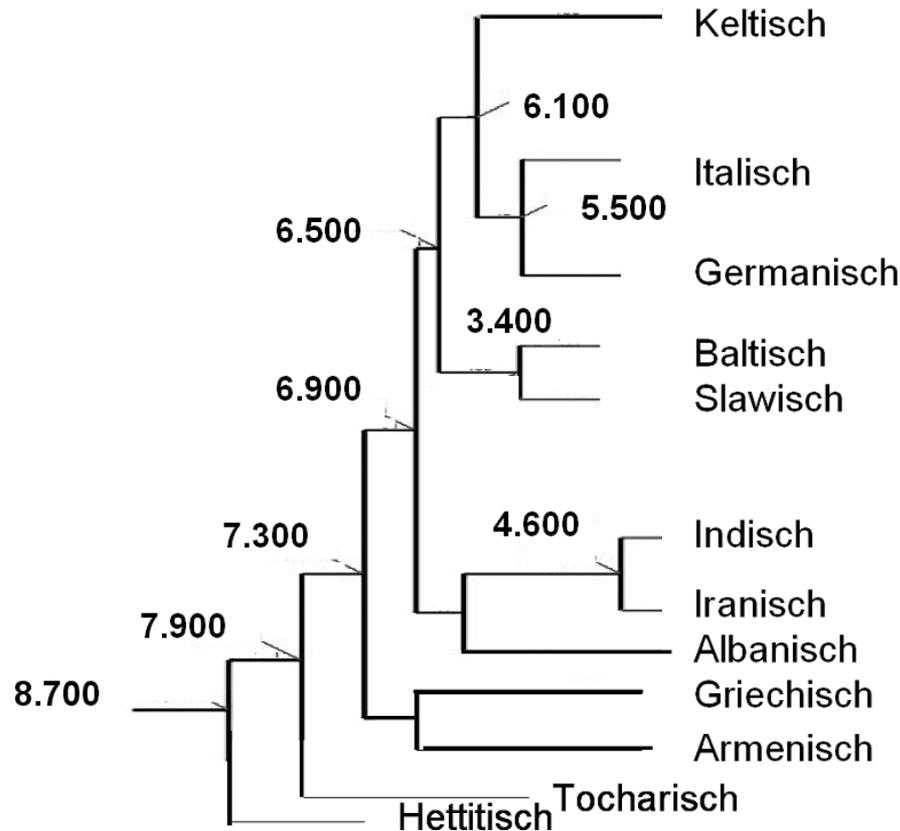
# Ausbreitung der indogermanischen Sprachen in Europa

## C. Renfrew: Diffusion

• Ähnlichkeit mit Ausbreitung des Ackerbaus



## Zeitlicher Sprachbaum der indogermanischen Sprachfamilie



R.D. Gray und Q. Atkinson, Nature (2003)

D. Stauffer: Kluft zwischen Geistes- und Naturwissenschaften

Lieber Herr Springer!

Vielen Dank für alles, was Sie für die  
Entwicklung der Neutronenphysik und  
speziell als Bahnbrecher der Dynamik  
getan haben!