

# Kapitel 3

## Thermische Bewegung

# Molekularer Ursprung von Reibung

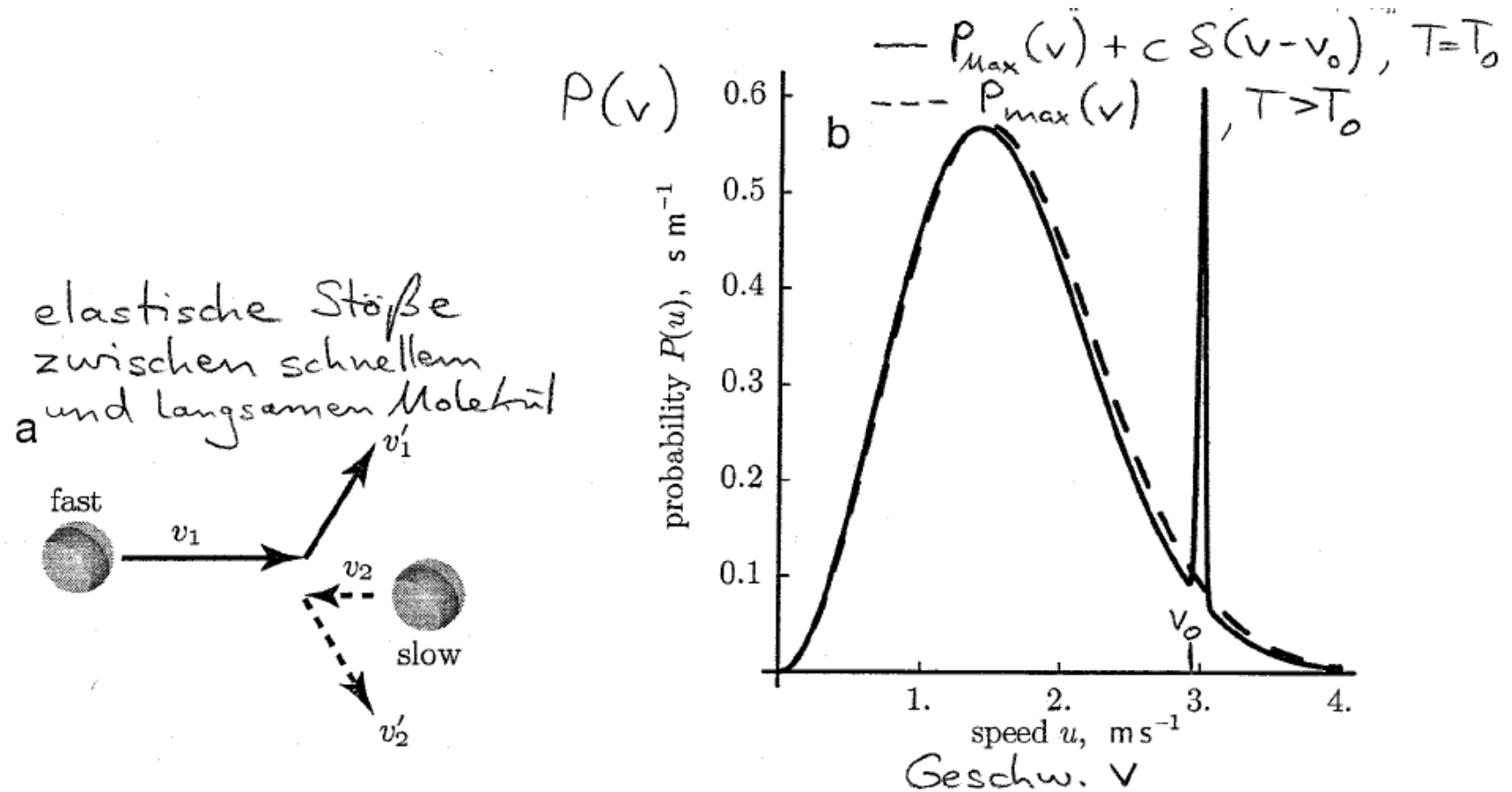


Figure 3.9: (Schematic; sketch graph.) (a) When a fast billiard ball collides with a slow one, in general both move away with a more equal division of their total kinetic energy than before. (b) An initial molecular speed distribution (solid line) with one anomalously fast molecule (or a few, creating the small bump in the graph) quickly reequilibrates to a Boltzmann distribution at slightly higher temperature (dashed line). Compare Figure 3.8.

## Eine historische Lektion zur Vererbung

- ① Gregor Mendel (Augustinerabt): viele Versuche zur Vererbung von Merkmalen bei Gartenerbsen (Blütenposition, Samenfarbe, Samenform, Hülsenform, -farbe, Blütenfarbe, Stängelänge)
- ⇒ 1865: (i) Genetischer Code  $\equiv$  Ansammlung von Faktoren (→ Merkmale) mit zwei oder mehreren Allels (→ Optionen)
- (ii) Gewöhnliche Zellen eines Individuums sind diploid, entstehen durch Mitose. Sie enthalten 2 Kopien von jedem Faktor mit demselben (homozygoten Ind.) oder verschiedenen (heterozygoten Ind.) Allels
- (iii) Samenzellen sind haploid, entstehen durch Meiosis. Nur eine Kopie eines Faktors. [Fig. 3.11]

# Mendels Vererbungs- Lehre

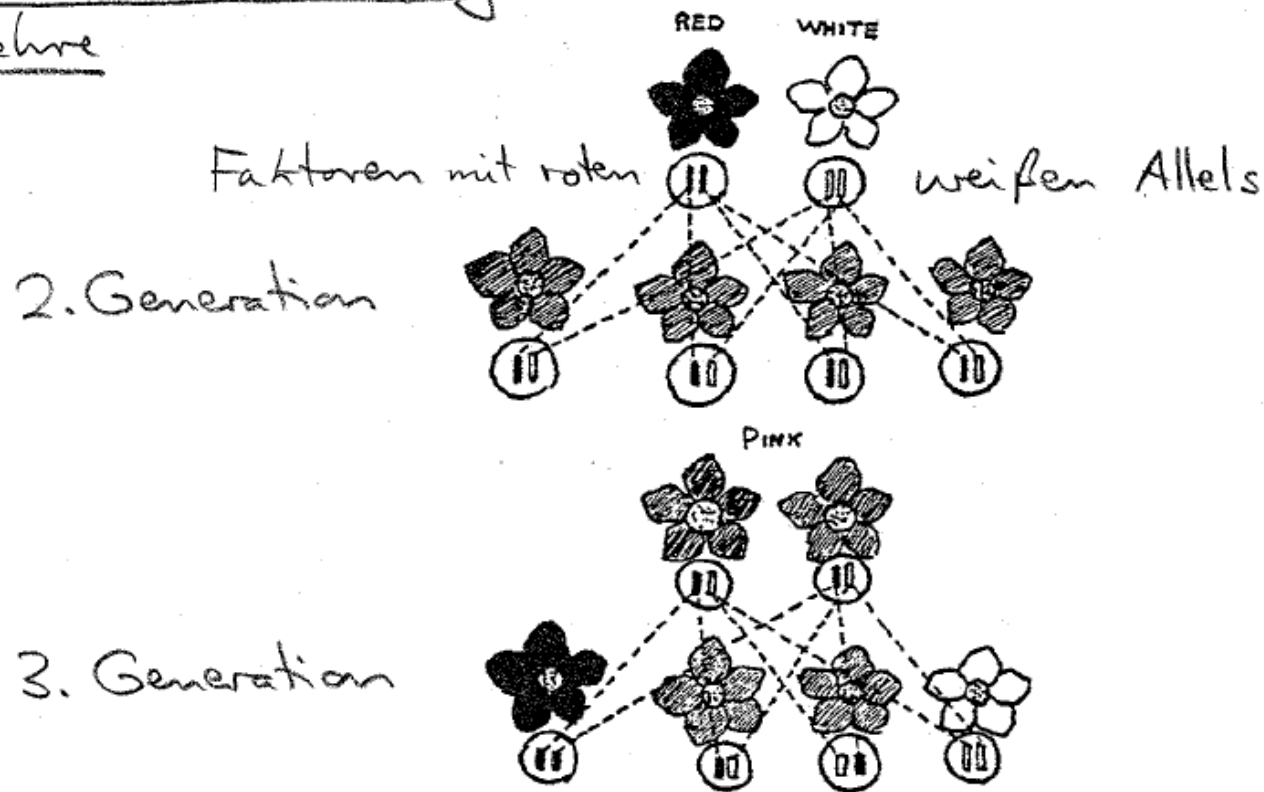


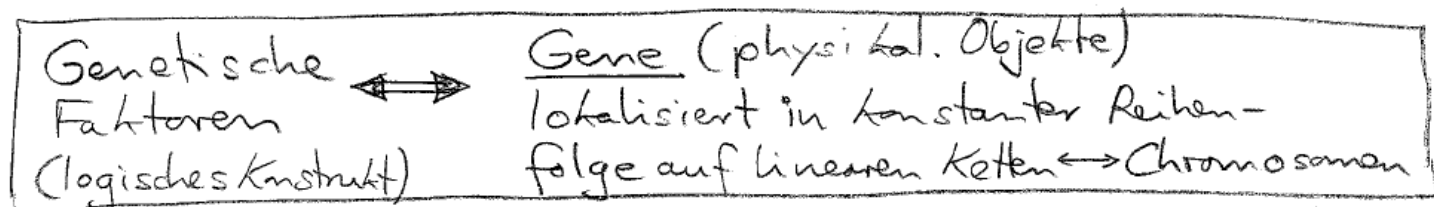
Figure 3.11: (Diagram.) (a) Purebred red and white flowers are cross-pollinated to yield offspring, each with one chromosome containing the "red" allele and one with the "white" allele. If neither allele is dominant, the offspring will all be pink. For example four-o'clocks (a flower) exhibit this "semidominance" behavior. (b) Interbreeding the offspring of the previous generation, we recover pure white flowers in one out of four cases. Even in other species, for which the red allele is dominant, one in four of the second-generation offspring will still be white. [From (Gamow,

## Zell-Biologie

- ②  $\approx$  1870: E. Haeckel: Zellkern als Sitz der Vererbung  
1882: W. Fleming: Vor Zellteilung: Ausbildung von Chromosomen  
in doppelter Ausführung
- ③ 1900: Wiederentdeckung der Mendelschen Ergebnisse  
W. Sutton/T. Boveri: Mendel's Faktoren  $\equiv$  physikal. Objekte ("Gene"),  
die in den Chromosomen sitzen
- ④ W. Bateson/C. Correns: "Verknüpfung"  $\hat{=}$  Merkmale werden zusammen  
vererbt
- ⑤ ab 1909: Embryologe T. Morgan: Experimente mit Fliege *Drosophila*  
 $\rightarrow$  Suche nach statistischen Mustern bei Vererbung

$\Rightarrow$  Körper- und Augenfarbe: in 9% ist Verknüpfung aufgehoben  
 $\Rightarrow$  "Crossing over" [Fig. 3.12]

Sturtevant: Hypothese: lineare Anordnung  
von Faktoren  $\longleftrightarrow$  Wahrscheinlichkeit  
von Crossing over  
 $\sim$  Abstand der Faktoren  
[Fig. 3.13]



# "Crossing over"

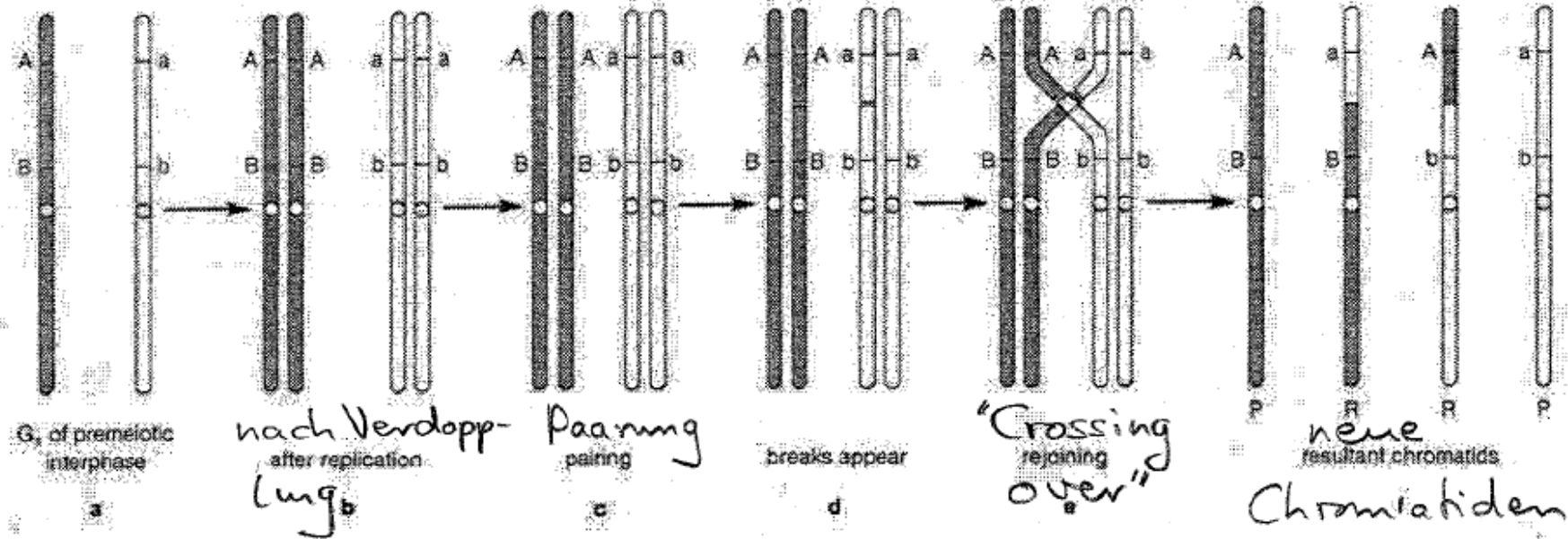
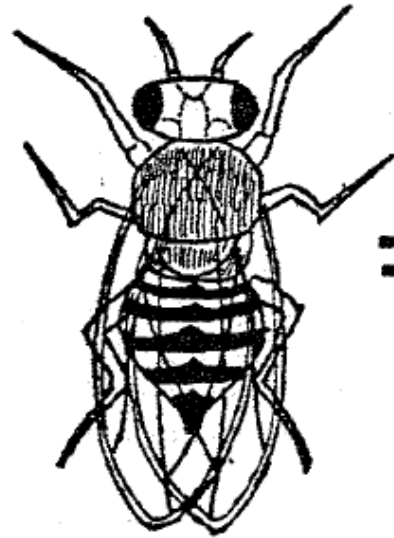


Figure 3.12: (Diagram.) Meiosis with crossing-over. (a) Before meiosis, the cell carries two homologous (similar) copies of a chromosome, carrying genes A, B on one copy and potentially different alleles a, b on the other. (b) Still prior to meiosis, each chromosome gets duplicated; the copies are called "chromatids." (c) During prophase I of meiosis, the homologous chromatid pairs are brought close together, in register. "Recombination" may then occur: (d) Two of the four paired chromatids get cut at corresponding locations. (e) The broken ends "cross over," that is they rejoin with the respective broken ends in the opposite chromatid. (f) The cell ends up with two unchanged chromatids, and two "recombinants," chromatids carrying new combinations of alleles. The four chromatids then separate into four germ cells by a four-way cell division.

Gene auf linearen  
Trägern



Fliege *Droso-  
philia*

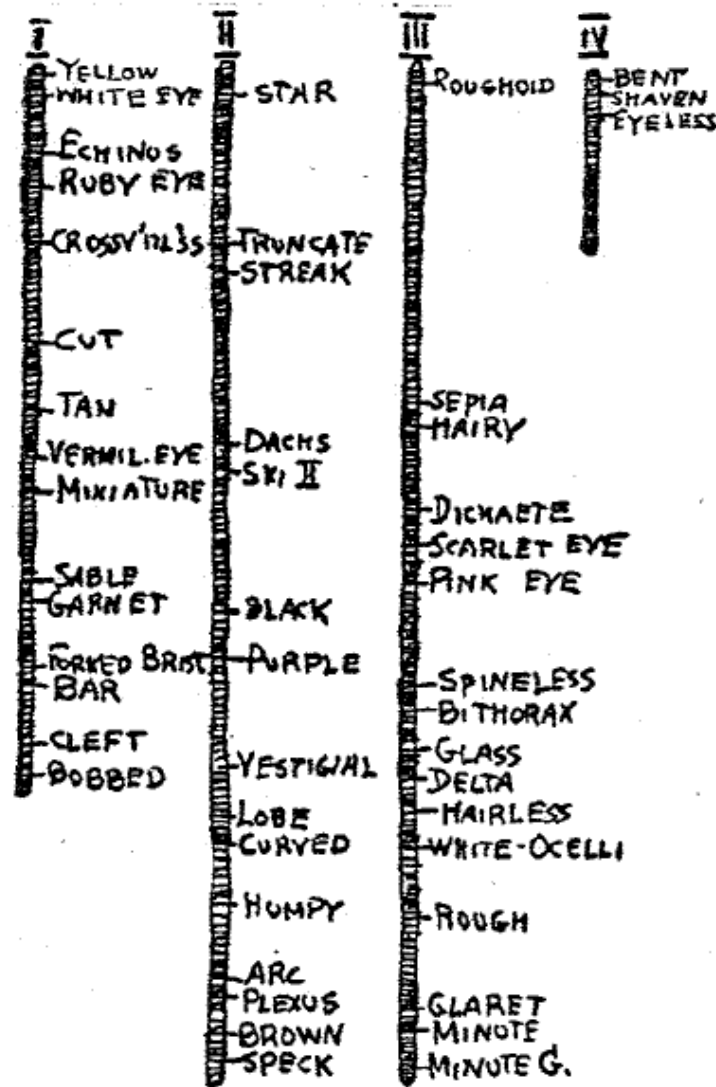
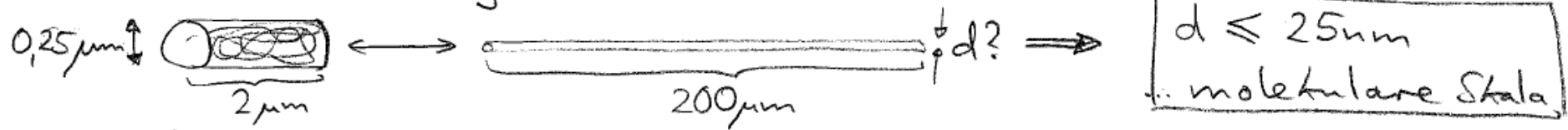


Figure 3.13: (Diagram.) Partial map of the fruit fly genome as deduced by the 1940's from purely genetic experiments. The map is a graphical summary of a large body of statistical information on the degree to which various mutant traits are inherited together. Traits shown on different lines assort independently. Traits appearing near each other on the same line are more tightly coupled than those listed as far apart. [From (Gamow, 1961)]

offen: - Bausteine der Chromosome  
- Größe der Gene

⑥ Muller's Abschätzung (1935): Chromosom Fliege



Problem: starke thermische Fluktuationen in Nanowelt  
↔ Stabilität der Gene?

⇒ stabile Anordnung in Nanowelt: Moleküle

Bsp:  $E_{\text{Bindung}}(\text{C-C}) = 140 k_B T_r$  (QT, Heitler-London)

→ thermisch induzierte Mutationen sind selten

⇒ Chromosomen ↔ Einzelmoleküle ??



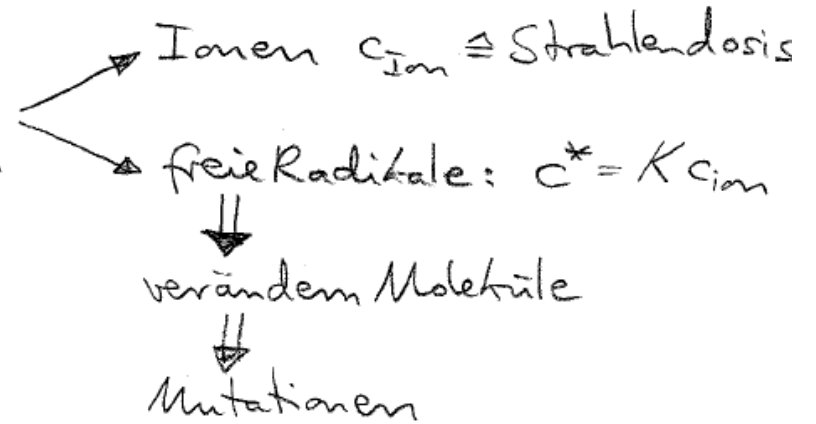
⑦ 1927: Muller/Timoféeff: Mutationen  $\leftrightarrow$  Röntgenstrahlen  
 Zahl der "  $\sim$  Strahlendosis

Modellierung durch Delbrück:

Rö-Strahl  $\rightarrow e^- \rightarrow$  Aufbrechen von Bindungen

Wahrscheinl. der Mutation durch ein Radikal in Vol. V

$$P(\text{Mutation}) = P_1 K V C_{\text{ion}} \cong \text{Experiment}$$



$\Rightarrow$  molekulare Träger der Gene  $\equiv$  Polymere mit exakter Sequenz als Informationsspeicher ("aperiodischer Kristall")  
 Stabilität aufgrund chem. Bindung

⑧ Biochemie: DNS ist molekularer Träger

1953: Watson (Genetiker) & Crick (Physiker) & Rö-Strahlung  
 $\leftrightarrow$  Doppelhelix-Modell