

# **Wilhelm Ostwald**

## **-100 Jahre Nobelpreis-**

2. Jahrestreffen der Senior Expert Chemists (SEC)

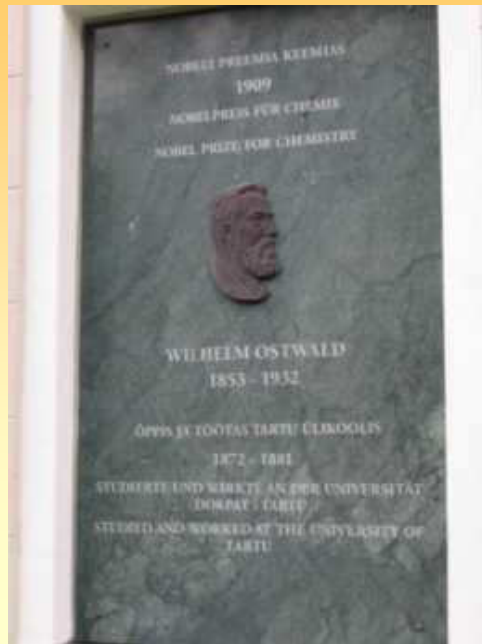
Hanau 7. bis 9.5. 2009

# Nobelpreisurkunde

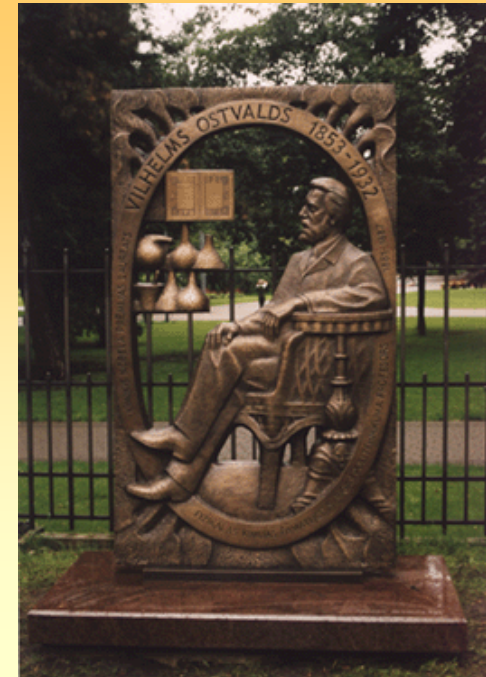


„ für seine Leistungen über Katalyse und seine grundlegenden Untersuchungen über chemische Gleichgewichtsverhältnisse und Reaktionsgeschwindigkeiten“

# Lebensstationen



2.9.1853/1887  
**Riga/Dorpat**



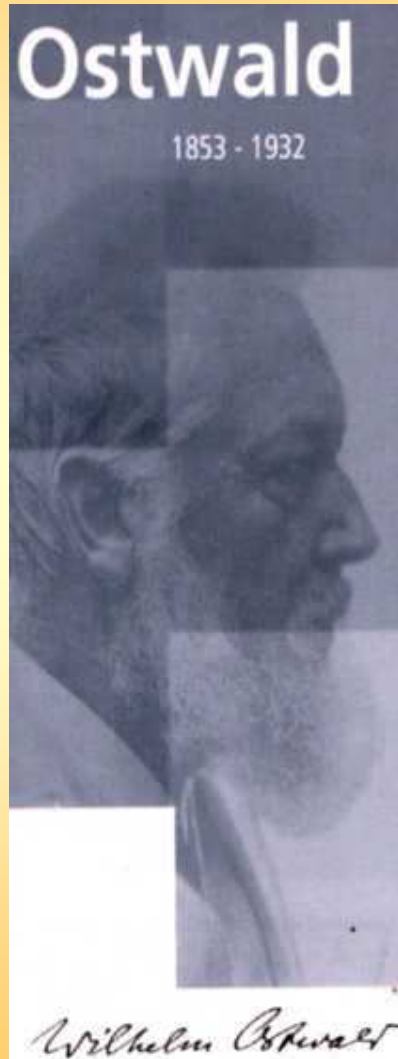
1887/1906  
**Leipzig**



1906/4.4.1932  
**Großbothen**



# Wissenschaftliche Stationen



1871 Abitur in Riga

1872/75 Studium in Dorpat, anschließend Assistentenzeit

1878 Doktordissertation

1882 Professur in Riga

**1885 Lehrbuch für Allgemeine Chemie, 1. Band**

**1887 Gründung der Zeitschrift für Physikalische Chemie**

1887 Berufung nach Leipzig

**1889 Einweihung des Physikalisch-Chemischen Institutes  
der Universität Leipzig**

1906 Trennung von der Universität Leipzig

Bis 1932 Privatgelehrter in Großbothen

# Bedeutung der Katalyse

**„Katalyse ist die Beschleunigung eines langsam verlaufenden Vorganges durch die Gegenwart eines fremden Stoffes“ Ostwald 1894**

Durch Katalyse werden beeinflusst:

90 % aller Produkte der chemischen u. petrochemischen Industrie,  
zwei Drittel aller Verfahren

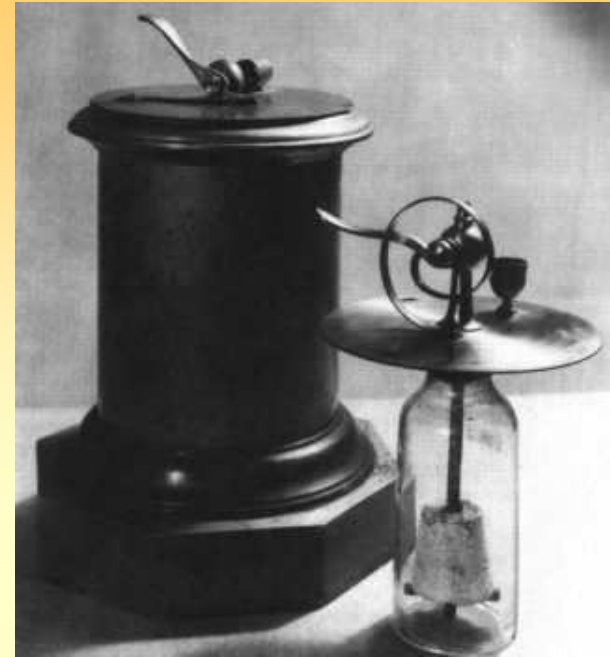
„Überlegt man, dass die Beschleunigung der Reaktionen durch katalytische Mittel ohne Aufwand an Energie, also in solchem Sinne gratis vor sich geht, und dass in aller Technik, also auch in der chemischen, Zeit Geld ist, so sehen Sie, dass die **systematische Benutzung katalytischer Hilfsmittel die tiefgreifendsten Umwandlungen in der Technik erwarten lässt.**“ Ostwald 1902

# Vorgeschichte



Johann Wolfgang Döbereiner  
(1780/1849)

29. Juli 1823 → Goethebrief



Jöns Jacob Berzelius (1779/1848)  
→ Liebigstreit

„Die katalytische Kraft scheint eigentlich darin zu bestehen, dass Körper durch ihre bloße Gegenwart und nicht durch ihre Verwandtschaft die bei diesen Temperaturen schlummernden Verwandtschaften erwecken.“

# Arbeiten Ostwalds zur Katalyse

Messungen der Säureleitfähigkeit und der **Geschwindigkeit** der Methylacetathydrolyse und der Rohrzuckerinversion (Riga 1884)

Programm zur Eröffnung des neuen Institutes 1897:

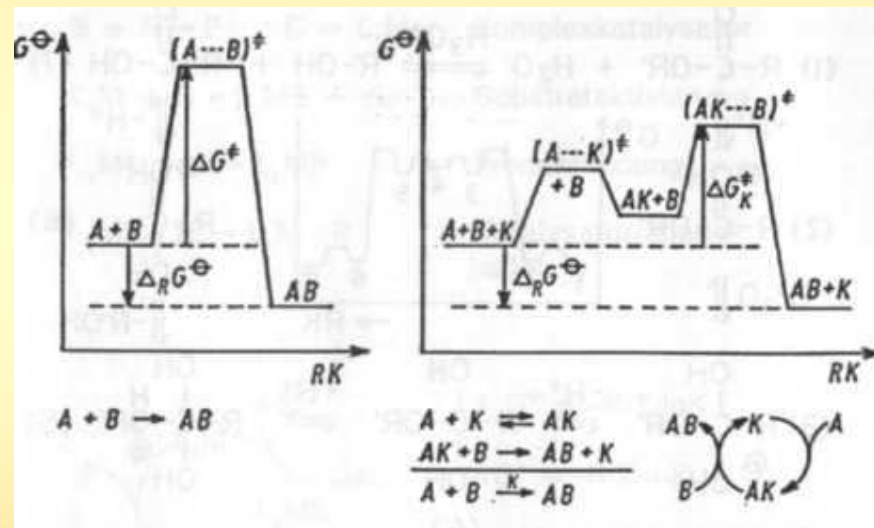
„Ein Stückchen Urwald wenigstens müssen wir haben, und das Glück des Vordringens ins möglichst Unbekannte wollen wir um keinen Preis missen. Und von allen Richtungen, die wir zu diesem Zweck einschlagen konnten, schien mir keine dankbarer und hoffnungsreicher zu sein als die **Katalyse**.“



Industrielle Anwendungen zur Ammoniaksynthese und zur **Salpetersäure-Synthese**

# Quantitative Vorstellungen

Ostwald: „dass bei der Katalyse Zwischenreaktionen auftreten können und dass solche möglichen Zwischenreaktionen vorhanden sind, die insgesamt viel **schneller verlaufen** als die unmittelbare oder Hauptreaktion.“



$$k = \frac{dc}{dt}$$

Reaktionsgeschwindigkeit

$$k = A \cdot e^{-\frac{E}{RT}}$$

Arrhenius

$$k = \frac{k_B T}{h} e^{-\frac{\Delta G^*}{RT}}$$

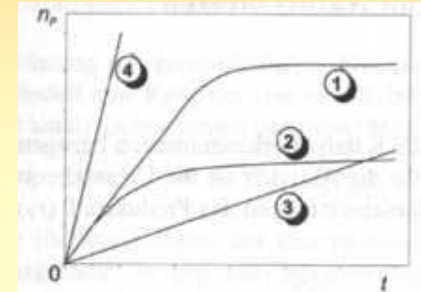
Eyring



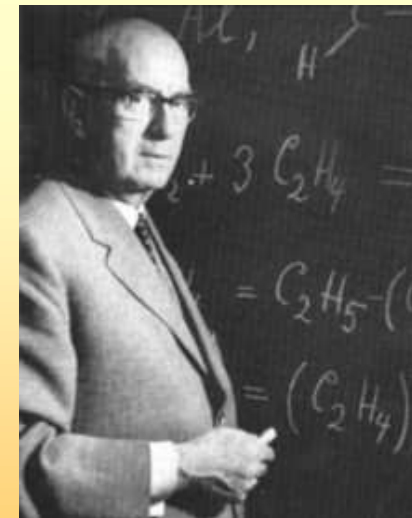
# Industrielle Anwendungen der Katalyse



Alwin Mittasch (1869/1953)  
Aufbau eines Katalyselabors bei der BASF  
Mehrstoffkatalysatoren  
Katalysatoren für die Ammoniaksynthese



Karl Ziegler (1898/1973)  
Metallorganische Mischkatalysatoren  
Kunststoffproduktion



# Wissenschaftliche Durchdringung

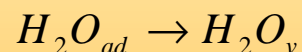


Irving Langmuir (1881/1957), Nobelpreisträger 1932  
Chemisorption, Langmuir-Hinshelwood-Mechanismus,  
definierte Einkristall-Oberflächen

→ **Oberflächenchemie** –  
Messmethoden, Theorie

Gerhard Ertl (1936), Nobelpreis 2008  
Mechanismus der Ammoniaksynthese

Döbereiners Feuerzeug

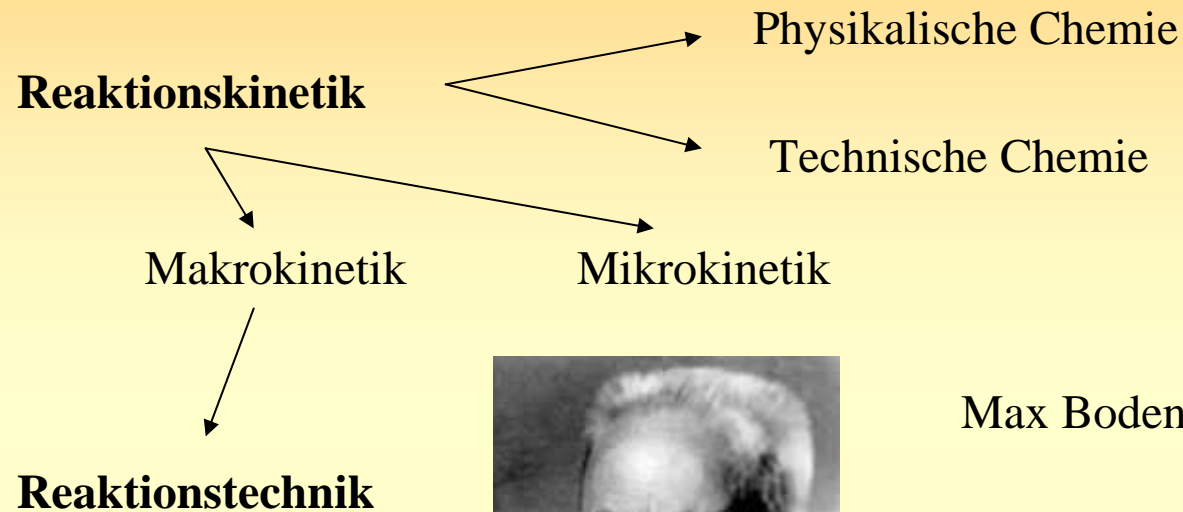


→ **Nanowissenschaften**

Exzellenzcluster **Unicat**

Deutsche Gesellschaft für Katalyse

# Allgemeine Bedeutung der Katalyseforschung



Max Bodenstein (1871/1942)

**Bodensteinzahl**

$$Bo = \frac{wL}{D} = \frac{\text{Konvektion}}{\text{Diffusion}}$$

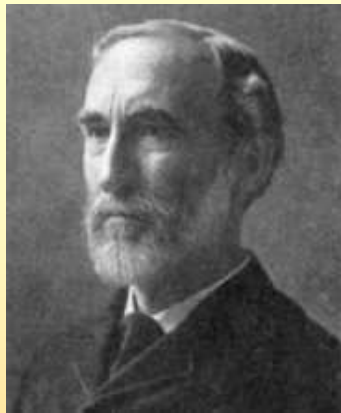
USA: Arthur A. Noyes, Chemical Engineering

Deutschland: Verfahrenstechnik

# Chemische Reaktion und Thermodynamik

Verwandtschaftslehre - Affinität

Berthelot  $Q > 0$



$dG < 0$  nichtumkehrbarer Prozess

$dG = 0$  Gleichgewicht

$dG = dH - T dS$  Freie Enthalpie  
 $dG = - dW$  Arbeitsfähigkeit

Willard Gibbs (1839/1903)

# Natürliche Prozesse

Chemische Reaktion  $dG < 0$

Komponentenstrom  $dc, dp_a < 0$

Stoffstrom  $dp < 0$

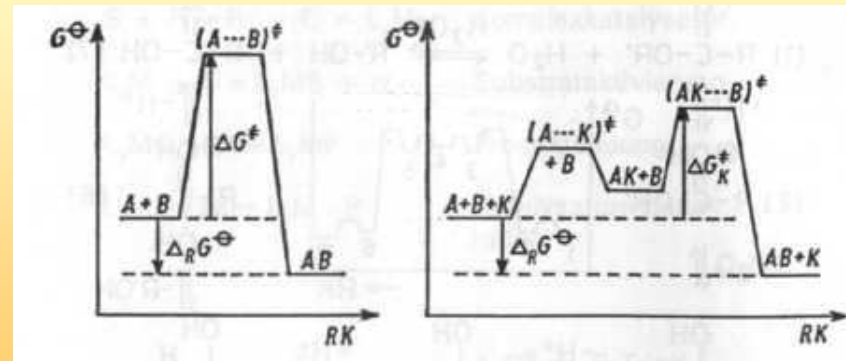
Wärmestrom  $dT < 0$

Elektrischer Strom  $dU < 0$

→ **Thermodynamik Irreversibler Prozesse (TIP)**

Verallgemeinerung

$$dS \geq 0$$



# Ostwalds Verdünnungsgesetz

$$\frac{c_2^2}{c_1} = K$$

Verdünnungsgesetz

$$K_c = \prod_i c_i^{\nu_i}$$

Gleichgewichtskonstante

$$\Delta^0 G = -RT \ln K_c$$

Zusammenhang von  
Gleichgewichtskonstante und  
freier Enthalpie  
( $dG = 0$  für  $dp = dT = 0$ )



Veröffentlicht 1888 in der  
Zeitschrift für physikalische Chemie

# Formulierungen des II. Hauptsatzes

1. Clausius



Rudolf C. (1822/1888)

2. Unmögliche Reaktionen



3. Planck

Max P. (1858/1947)  
Nobelpreis 1918

4. Ostwald: **perpetuum mobile II. Art**



# Technische Energetik

$$W = E + A$$

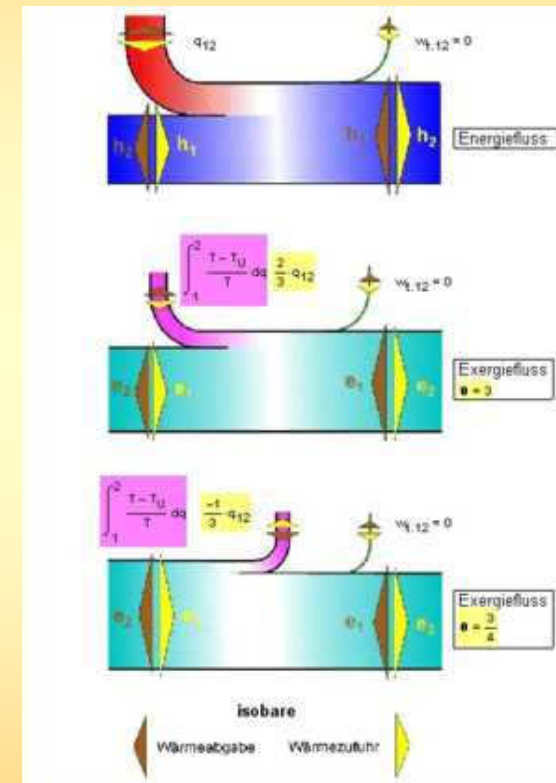
Energie = Exergie + Anergie

$$\Delta E = \Delta G - (T - T_U)\Delta S$$

Zusammenhang von  
freier Enthalpie und Exergie



**Technische Thermodynamik**







**Wilhelm Ostwald**  
Eine gelebte Idee: **Großbothen** und  
das **Haus „Energie“**

