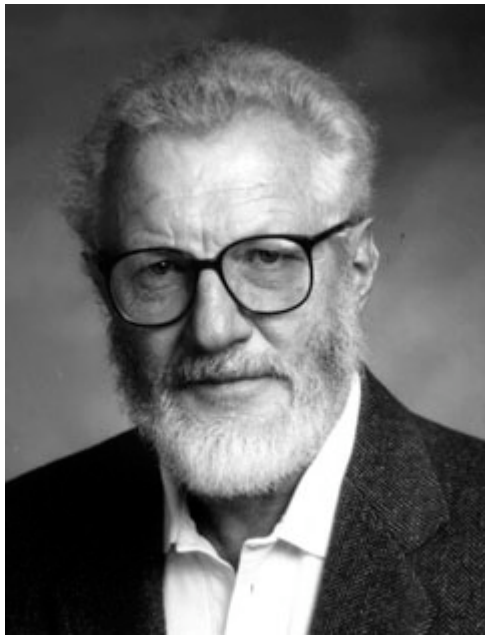
From Do-it-yourself Quantum Mechanics to Nanotechnology? The History of Experimental Semiconductor Physics in Germany,1970-2000.

Christian Kehrt
Helmut-Schmidt-Universität Hamburg

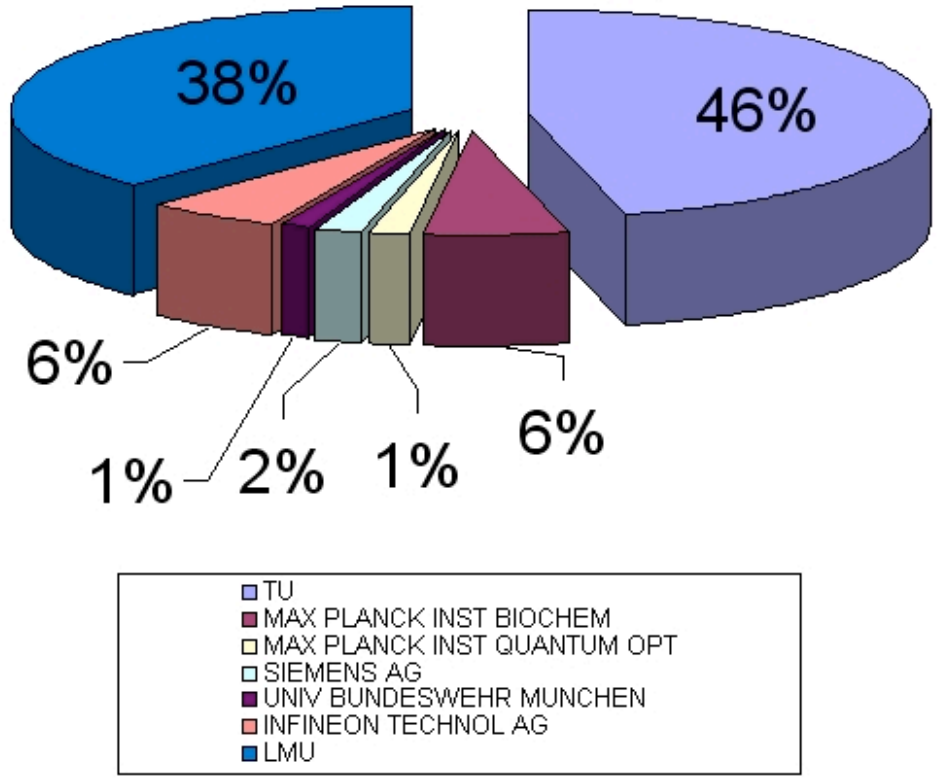
I. From semiconductor physics to „nanotechnology“?
II. Munich nanonetworks
III. 70s: a new Quantum Generation
IV. The technoscientific practice of do-it-yourself-quantum-mechanics
V. 80s: the foundation of the Walter-Schottky-Institute
VI. 90s: Crisis and reorientation
VII. Conclusion: The reinvention of semiconductor physics



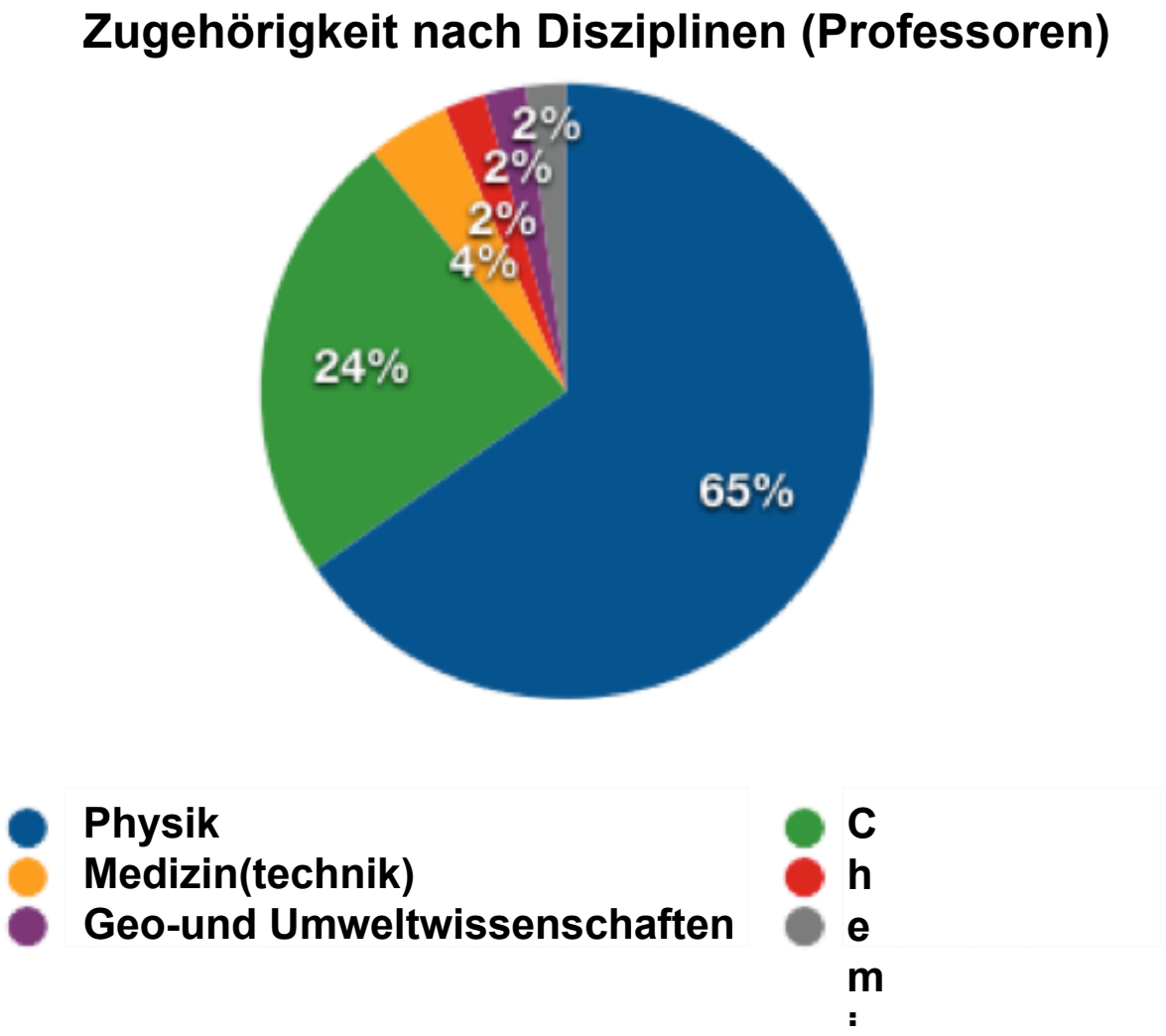
„Given the hype surrounding nanotechnology, few people realize that some of us have been practicing nanotechnology for over 30 years – we just didn‘t call it nanotechnology“

Herbert Kroemer: Nanowhatever. Do we really know where we are heading?, in: Phys. Stat. Sol. (A) 202 (2005) 6, p. 959.

100 most cited nanopublications in Munich



disciplines of the Center for Nanoscience



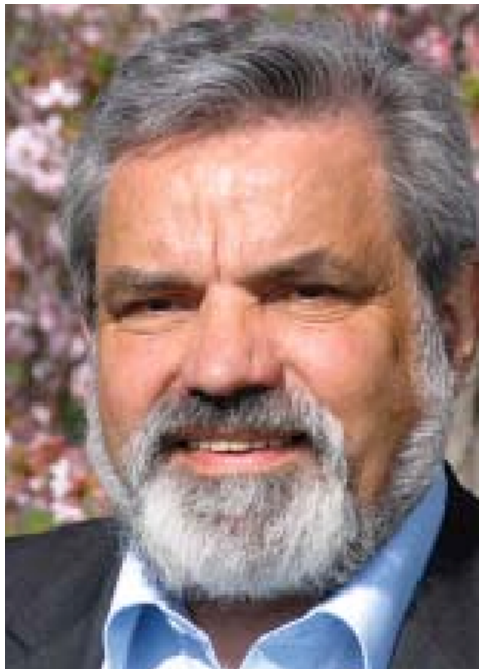
Prof. Kotthaus, experimental physics LMU founding father of CeNS

„ […] die Idee so was zu machen, ehrlich gesagt, hat mich an sich bewegt seit Anfang der 80er Jahre, als ich gesehen habe, wie in den USA solche Zentren entstanden sind. Die Vorbildfunktion hat für mich das QUEST. QUEST heißt eben ‚quantum-electronic-structures' und war eine Zusammenarbeit von Wissenschaftlern in Santa Barbara, die eben wirklich auf gemeinsamen Interessen beruht, ich war damals praktisch jeden Sommer ein bis zwei Monate in Santa Barbara, das hat natürlich auch wieder andere Gründe."

Prof. Kotthaus, experimental physics LMU

founding father of CeNS

“Also, da war das ungewöhnlich, aber es gab andererseits, ich meine „Esaki“ hat bei IBM die Molekularstrahlepitaxie angefangen Anfang der 70er-Jahre. Und das ist auch das, was mich völlig fasziniert hat. Da muss ich sagen, für mich der Träger war, als Leute künstliche Festkörper gebaut haben durch Schichtung von Materialien. Und das war auch im Grunde genommen der Beginn der Nanowissenschaften im experimentellen Bereich, also wenn man Feynman mal weglässt.“



Gerhard Abstreiter, director of Walter-Schottky-Institute TUM

„Ich war Doktorand, auch der erste Doktorand im Lehrstuhl von Professor Koch, der `73 da neu aufgebaut wurde und man könnte grob sagen, das war so eine Art Vorläufer für Nanowissenschaften, dieser Sonderforschungsbereich“

Prof. Weimann,
MBE practitioner

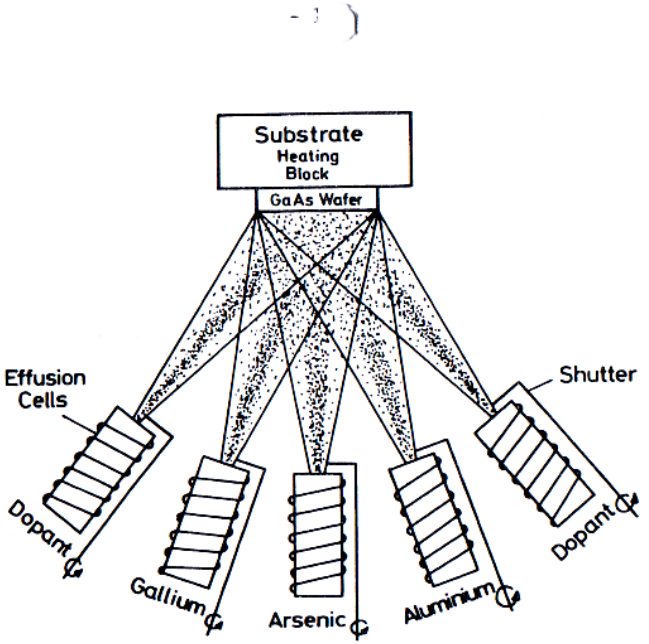
„Ich meine, Quantenfilm oder Quantenbrunnen oder Quantentröge, oder wie immer, Potenzialtöpfe haben wir es eigentlich früher genannt. Die hat man in den 30er Jahren schon gerechnet. Das kam auf, nachdem man die Quantisierung eingeführt und sich an die gewöhnt hatte. Es gab ja die Modelle, aber immer nur als Gedankenmodelle. Hier konnten wir das jetzt wirklich im Bauelement, im Halbleiter ausnutzen, herstellen, und tatsächlich auch sehen, dass man sehr viel bessere Bauelementeeigenschaften bekommen hat.“

Leo Eski‘s idea of the superlattice
Nobel Prize 1973

„It should be possible to obtain a novel class of man made semiconductor materials, at least as far as eclectronic properties are concerned, and one expects the properties to depend not only on band parameters of the host crystal, but also on the characteristics of the superlattice.“

Leo Esaki, R. Tsu: Superlatticde and negative differential conductivity in semiconductors, in IBM J.Rs. Develop. (1970), P. 61.

The technoscientific practice of Molecular Beam Epitaxy



theoretical and experimental physicists in dialoge, Klaus Ploog (right) at the MPI Stuttgart, early 1980s

Prof. Koch, beginning of semiconductor physics at the TU Munich

KOCH: Und wenn ich solche Elektronen in Nanostrukturen einbaue oder habe, oder die Elektronen erschienen dadurch, dass man sie injiziert, oder irgendetwas macht, dass ein Elektron da ist, und wenn dann ein Elektron in solchen Dimensionen sozusagen beherbergt ist, eingesperrt ist, dann ändern sich seine Eigenschaften.

KEHRT: und das ist spannend?

KOCH: Das ist absolut spannend. Das ist ganz grundlegende Physik. Das sind Heisenberg und Sommerfeld, Sommerfeld nicht so richtig, aber Heisenberg und May Planck us. Also die ganze Quantenpyhsik der Elektronen kommt da zum Tragen.“

Hawaii Conference 1972 on quantum phenomena in metal surfaces and semiconductors

Vorne, von links nach rechts: S. Kawaji, G. Baraff, F. Stern, Y. Uemura, A. Fowler, T. Sugano, J. Zemel, H. Ezawa, G. Dorda, S. Tanuma.
Zweite Reihe, von links nach rechts: H. Sakaki, Y. Matsumat, Y. Takeishi, T. Ando, C.T. Sah, M. Kobayashi, F. Koch.
Dritte Reihe, von links nach rechts: E. Brown, P. Stiles, D. Prange, B. Wheeler.

Gerhard Dorda, basic research on new quantum phenomena at Siemens

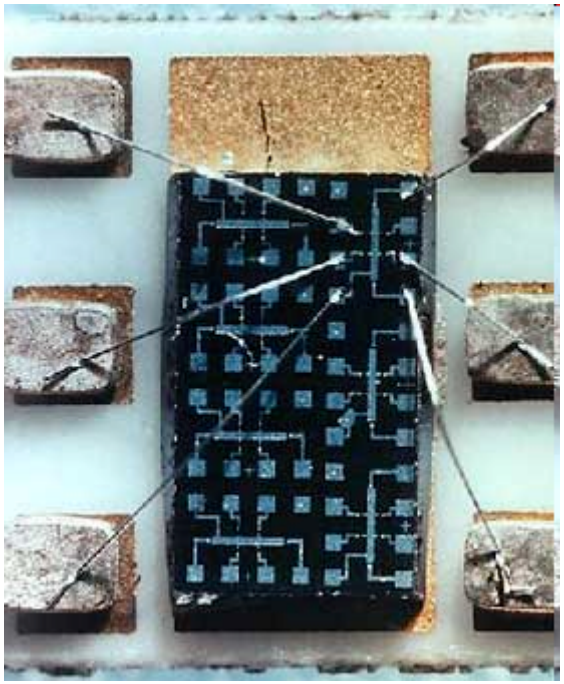
“Das ist mein inneres Bestreben, immer so Grundlagenfragen zu erörtern. Ich habe das nebenbei weiter getrieben und eben über die Universitäten. Und sie haben das dann anerkannt, insofern dass sie sagten, na ja, ich bin der typische Forscher. Man nennt das U-Boot-Tätigkeit, also im Untergrund, ohne dass jemand was, weil es nicht gebilligt war, wusste. Und wenn ich dann erfolgreich war, bin ich wieder aufgetaucht. Und die sagen, wenn man das so macht, ist es auch okay. Es ist also tolerierbar. Und ich bin ein typischer Forscher dieser Art, haben sie gesagt. Und dann, also nach dem Nobelpreis selbstverständlich, habe ich dann absolute Freiheit bekommen. Ich konnte dann quasi machen, was ich wollte. Sie sagen mir, ich bin der letzte Mohikaner bei Siemens, weil noch vor dieser Zeit, als sie angefangen haben bei Siemens, mit Halbleitern zu arbeiten, da haben sie ja auch die III-V-Halbleiter entdeckt. Das war doch in Erlangen.“

Klitzing‘s Nobel Prize 1980
The discovery of the Quantum Hall effect

„Measurements of the Hall voltage of a two dimensional electron gas, realized with a slicon metal oxide semiconductor field effect transistor, show that the Hall resstance at particular, experimentally well defined surface carrier concentrations has fixed values which depend only on the fine structure-constant and speed of light, and is insensitive to the geometry of the device“

Klaus v. Klitzing, Gerhard dorda, M. Pepper: New Method for high accuracy determination of the fine structure constant based on quantized hall resistance, in: Physical Review Letters 45 (1980) 6, p. 494.

Klitzings Hall measurements with Mosfets from Siemens



von Klitzing‘s insight

„KOCH: Diese Struktur wurde für uns geschaffen, genau so wie Hitachi für ihre Forscher das machten und benachbarte Hochschulen. Und daraus wurde dann die Grunderkenntnis gewonnen. Der wahre Verdienst von Klitzing ist nicht dies Stufen, die haben die Japaner vorher gehabt und ich hatte japanische Besucher hier, die mir diese Daten zeigten und so was. Es war nicht die Erkenntnis, dass da Stufen drin sind. Wir hatten einen Theoretiker, der saß im Nebenraum. Der sagte mir damals: Vergiss die Stufen, das ist ein mathematischer Artefakt. Von Klitzing hat da erkannt: Augenblick mal, eine Naturkonstante steckt darin. Und die Bedeutung seiner Entdeckung war wirklich darauf hinzuweisen, dass bis auf unendlich viele Stellen hinterm Komma...“

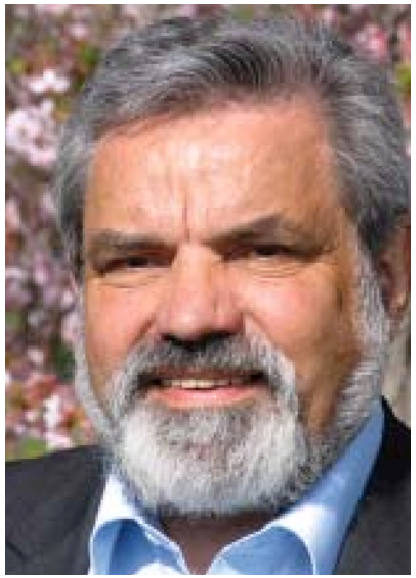
The foundation of the Walter-Schottky-Institute 1987

Munich Valley: regional competition in the 80s

v. Klitzings‘ Nobel Prize

Technology transfer between university and industry

Large MBE and clean room facilities



Gerhard Abstreiter, director of Walter-Schottky-Institute TUM

On finding new principles:

KEHRT: “Aber was sie hier machen, das ist Naturwissenschaft, keine engineering science?

ABSTREITER: Das ist zwischendrin. Wir haben auch engineering, aber im Sinn nicht das klassische engineering, sondern wirklich neue Prinzipien.”

Prof. Koch on Nanotechnology

KEHRT: D.h. es gibt so eine Wegorientierung von der Mikroelektronik als Schlüsseltechno-logie?

PROFESSOR KOCH: Ja.

KEHRT: In diesen Forschungsfeldern, die vorher näher an der Mikroelektronik dran waren.

PROFESSOR KOCH: So ist es. Ganz richtig. Also das, was Abstreiter, ich und Kotthaus in den frühen 70er-Jahren machten und in die 80er hinein... Mitte der 80er fing sich an, das zu divergieren. Dann in den 90ern, als die Firmen sich zurück ziehen, dann haben solche Nanoforschungsinstitute ganz andere Dinge, die weit weg sind von der wirklichen Anwendung.“

Crisis and reorientation in the 90s

- crisis of national innovation system
- cut of longterm research funds
- global competition and short innovation cycles
- growing dominance of the life sciences
- need for a new technological vision at the end of the 20th century

Conclusion: The reinvention of semiconductor physics

- 70s: a new Quantum Generation
- from quantum wells to quantum wires and quantum dots
- close cooperation with industry
- 90s: crisis of physics
- transdisciplinary orientation towards the life sciences
- extrascientific affordances: media, ecomnomy
- Mode II or technoscience?