

SPG MITTEILUNGEN

COMMUNICATIONS

DE LA SSP

NR. 27

Mai 2009

INHALT - CONTENU - CONTENTS

Die SPG unterstützt die Schweizer Physik-Olympiade	2
Schweizer Physik-Olympiade: Helle Köpfe beherrschen das Licht	2
Olympiades de Physique: Lumière sur des esprits éclairés	4
Series: Progress in Physics (13): Wave-particle duality of light for the classroom	6
Series: Progress in Physics (14):	
Mapping the Electronic Surface Potential of Nanostructured Surfaces	9
Serie: Physik Anekdoten (5): Jost Bürgi erfand nicht nur die Sekunde	13
Physics, Society and the Promotion of Young Physicists	17
The Water Mill Model	17
Modern Physics at the Liceo di Locarno	18
Vorstand der SPG, Impressum	20

Digitalisierung der "Helvetica Physica Acta"



Seit längerer Zeit besteht von diversen Seiten der Wunsch, die renommierte Zeitschrift "Helvetica Physica Acta" (HPA), welche der SPG gehört und von 1928-1999 erschienen ist, in elektronischer Form verfügbar zu machen. Diesem Wunsch kann nun endlich entsprochen werden.

In Zusammenarbeit mit der ETH Zürich und dem Konsortium der Schweizer Hochschulbibliotheken wird ein Digitalisierungsprojekt gestartet, welches alle Jahrgänge der HPA umfasst und diese online zur Verfügung stellt. Dabei wird sowohl eine Volltextsuche in den Artikeln als auch das Blättern in den Jahrgängen der Zeitschrift möglich sein. Besonders erwähnenswert ist, daß der Zugriff auf die HPA für die Benutzer kostenlos sein wird.

Sobald das Online-Angebot verfügbar ist, werden wir Sie ausführlich informieren.

Die SPG unterstützt die Schweizer Physik-Olympiade

Eine der Aufgaben der SPG ist die Nachwuchsförderung. Es ist in der Tat notwendig, die Jugend für die Naturwissenschaften zu motivieren, sie von deren wichtigen Rolle in unserer Welt zu überzeugen, und zu zeigen, dass es sogar Spass machen kann, Physik zu lernen.

Um diesem Ziel näherzukommen, hat die SPG beschlossen, die Schweizer Physik-Olympiade finanziell zu unterstützen. Gleichzeitig werden zwei neue Preise geschaffen, welche den beiden besten Finalisten der Olympiade zugesprochen werden: der "SPG Nachwuchsförderpreis" und, sofern weibliche Teilnehmer darunter sind, der "SPG Frauenförderpreis". Beide Preise sind mit CHF 500.- dotiert.

Eine Vereinbarung mit dem Verband Schweizerischer Wissenschafts-Olympiaden (VSWO) regelt die Details der Förderung, welche vorerst auf 5 Jahre ausgelegt ist.

Einen Bericht über die Medaillenfeier, welche am 29. März 2009 in Aarau stattfand, und in deren Rahmen die beiden Preise zum ersten Mal verliehen wurden, lesen Sie ab Seite 2.

La SSP soutient les Olympiades Suisses de Physique

Un des devoirs de la SSP est de participer à l'encouragement à la relève. En effet il est nécessaire de motiver les jeunes vers les sciences naturelles, et de leur permettre de réaliser l'importance qu'elles jouent dans notre monde et le plaisir qu'ils peuvent retirer en étudiant la physique.

Pour atteindre ce but, la SSP a décidé de soutenir financièrement les Olympiades Suisses de Physique. Deux nouveaux prix ont aussi été créés pour récompenser les deux meilleurs finalistes de la présélection suisse: le "Prix Relève de la SSP" pour le meilleur participant et en cas de présence féminine pour la meilleure participante. Les deux prix sont dotés de CHF 500.-.

Un arrangement avec l'Association des Olympiades Scientifiques Suisses règle les détails de cette collaboration pour une première période de 5 ans.

Vous pouvez lire en page 4, le compte rendu sur la cérémonie officielle de remise des médailles qui a eu lieu le 29 mars 2009 à Aarau et où les prix de la SSP ont été attribués pour la première fois.

Schweizer Physik-Olympiade: Helle Köpfe beherrschen das Licht

An der 15. Schweizer Physik-Olympiade in Aarau holten Dominik Wild der Kantonsschule Wettingen (AG), Dominik Gresch der Stiftsschule Einsiedeln (SZ), Patrick Schwendimann der Kantonsschule Baden (AG), Raphael Steiner vom Gymnasium Laufen (BL) sowie Simon Bettler der Kantonsschule Kollegium Schwyz je eine Goldmedaille. Damit qualifizierten sie sich gleichzeitig für die Internationale Physik-Olympiade, welche diesen Sommer in Mexiko stattfindet. Die drei besten erhielten zudem je einen Nachwuchsförderpreis der Schweizerischen Physikalischen Gesellschaft. Raphael Steiner gelang ein Exploit: die Goldmedaille in Physik durfte er genau 24 Stunden nach der Auszeichnung als bester Schweizer Mathematiker entgegen nehmen.

Die Teilnehmer der diesjährigen Schweizer Physik-Olympiade blieben am Finalwochenende nicht im Dunkeln. Sie hantierten geschickt mit Lichtsensoren, Multimetern und optischen Gittern, überlegten und stellten Berechnungen an, bis sie auf Grund der Erkenntnisse aus dem Planck'schen Strahlungsgesetz die Zusammenhänge zwischen Temperatur und Strahlung einer Halogenleuchte ermitteln konnte. „Dass man mit eigentlich einfachen Messungen und Überlegungen auf die Planck'sche Konstante stossen kann, die ich zuvor nur aus der Theorie kannte, hat mich sehr stark beeindruckt!“, meint Patrick Schwendimann aus Rudolfstetten (AG), einer der Goldmedaillengewinner, begeistert. Ebenfalls Gold



und die Qualifikation für die Internationale Physik-Olympiade in Mexiko holten sich Simon Bettler aus Steinen (SZ), Raphael Steiner aus Meltingen (SO), Dominik Gresch aus Pfäffikon (SZ) und Dominik Wild aus Remetschwil (AG). Gresch, Schwendimann und Wild (*von links nach rechts, zusammen mit C. Rossel*) gewannen zudem - dank ihrer hervorragenden Leistung - die Nachwuchsförderpreise der Schweizerischen Physikalischen Gesellschaft.

Was den Start erleichtert

Auch wenn der Frühling auf sich warten lässt, ist es ideal, etwas von Physik zu verstehen. In einer weiteren Aufgabe mussten die Teilnehmenden berechnen, wie ein Dieselmotor ausgestattet sein muss, wenn er nach einer kalten Winternacht am Morgen mittels Vorglühen gestartet werden soll. Das Wissen um physikalische Zusammenhänge wie Kompression, Temperatur und Kolbenvolumen erwies sich hier als hilfreich. „Die Art der Aufgabenstellung der Physik-Olympiade hat mir ganz besonders gefallen, weil man sich den Lösungsweg Schritt für Schritt selber erarbeiten muss und nicht auf eine 08/15 Standardlösung zurückgreifen kann!“, meint der Schwyzer Kantonsschüler Simon Bettler. Im Vorbereitungslager an der EPF Lausanne hätten sie trainiert, wie man an völlig unbekannte Probleme herangehen könne. Dies werde ihm über die Olympiade hinaus nützen.

Physik für die Zukunft

Christophe Rossel, Präsident der Schweizerischen Physikalischen Gesellschaft, zeigte, wie Physik von Klimatologie, über Nanotechnologie bis hin zur Teilchenphysik entscheidende Antworten auf Fragen der Menschheit liefern würde – und immer stärker mit den anderen Wissenschaften vernetzt sei. Nun sei es an den anwesenden Nachwuchsphysikern, ihren Beitrag zu neuen Erkenntnissen zu leisten. Stephan Campi vom Departement für Bildung, Kultur und Sport des Kantons Aargau lobte den Einsatz und das Engagement der Schüler und betonte: „Genau solche Leute wie euch brauchen wir!“



Vielseitige Begegnungen

„Bei der Physik-Olympiade begegnet man Personen mit ähnlichen Interessen, es werden angeregte Unterhaltungen geführt und doch sind die Leute sehr unterschiedlich – und das ist auch der Reiz daran!“, betonte Dominik Wild, der im letzten Jahr die Schweiz bereits in Vietnam vertreten durfte. Die Physik stelle dabei eine Verbindung her, wie sie zugleich auch verschiedenste Wissenschaftsgebiete verbinde. „Diese Vielseitigkeit und Interdisziplinarität sind einer der Aspekte, die mich am meisten an der Physik faszinieren!“

Claudia Appenzeller-Winterberger, Verband Schweizer Wissenschafts-Olympiaden

Olympiades de Physique: lumière sur des esprits éclairés

Lors de la 15^{ème} Olympiade Suisse de Physique à Aarau, Dominik Wild de la Kantonsschule Wettingen (AG), Dominik Gresch de la Stiftsschule Einsiedeln (SZ), Patrick Schwendimann de la Kantonsschule Baden (AG), Raphael Steiner du Gymnasium Laufen (BL) ainsi que Simon Bettler de la Kantonsschule Kollegium Schwyz ont chacun décroché une médaille d'or. Marco Goretti du Gymnase de Bugnon (VD) a gagné une médaille d'argent. Michael Ferguson et Arnaud Oechslin, du Gymnase de Nyon (VD), sont repartis avec une médaille de bronze. Aurélia Thiébaud de Marin (NE) a reçu le prix „Jeune physicienne“ qui récompense une bonne performance féminine.

Cette année, on aura peine à dire des participants à l'Olympiade Suisse de Physique qu'ils étaient dans le noir total... Ils ont en effet dû s'affairer autour de capteurs photosensibles, de multimètres et autres structures optiques, réfléchir et calculer jusqu'à pouvoir déterminer la relation entre la température et le rayonnement d'une lampe halogène, en se basant sur la loi de Planck. « Que l'on puisse tomber sur la constante de Planck – que je ne connaissais que de la théorie – à partir de simples mesures et réflexions m'a vraiment impressionné ! » explique Patrick Schwendimann de Rudolfstetten (AG), l'un des médaillés d'or. Simon Bettler de Steinen (SZ), Raphael Steiner de Meltingen (SO), Dominik Gresch de Pfäffikon (SZ) et Dominik Wild de Remetschwil (AG) ont également gagné l'or et une qualification pour l'Olympiade Internationale 2009 qui se tiendra au Mexique. De plus, Gresch, Schwendimann et Wild (*de gauche à droite, avec C. Rossel*), grâce à leur remarquable performance, ont remporté un prix d'encouragement à la relève de la part de la Société Suisse de Physique (SSP).

Ce qui facilite le démarrage

Même si le printemps se fait attendre, il est idéal de comprendre un peu mieux la physique. Dans l'un des problèmes à résoudre, les participants devaient déterminer comment se comportait un moteur Diesel ayant passé une nuit d'hiver dehors et qu'on voulait faire démarrer le matin, en le réchauffant. Des grandeurs et relations physiques telles la compression, la température ou le vo-

lume des pistons se sont vraiment révélées d'une grande aide. « La manière dont sont posés les problèmes de l'Olympiade de Physique m'a particulièrement plu, parce que l'on doit rechercher un chemin de résolution par soi-même, pas à pas, et qu'on ne peut se servir d'une solution standard ! » explique Simon Bettler. Durant le camp de préparation à l'EPFL, les gymnasiens ont en effet eu l'occasion d'apprendre à aborder et résoudre des problèmes totalement inconnus; en tous les cas, cela leur servira également au-delà de ces Olympiades.

La physique pour le futur

Christophe Rossel, président de la SSP, a montré comment des domaines allant de la physique du climat à celle des particules, en passant par les nanotechnologies, pourraient apporter des réponses déterminantes aux questions de l'humanité, et de quelle manière ils étaient de plus en plus fortement reliés à d'autres sciences. Et de fait, les futurs physiciens présents sur place auront certainement leur pierre à apporter à l'édifice de la connaissance. Stephan Campi, du Département de l'éducation, de la culture et du sport du canton d'Argovie, a loué l'engagement des élèves et souligné : « Nous avons exactement besoin de gens tels que vous ! »

Rencontres variées

« Lors de l'Olympiade de Physique, on rencontre des personnes avec divers intérêts, on mène des discussions animées et les gens sont donc très différents – et c'est ce qui apporte justement tout son charme ! » souligne Dominik Wild, qui avait déjà représenté la Suisse au Vietnam, l'année dernière. La physique s'est ainsi présentée comme un lien, tout comme elle permet de relier nombre de domaines scientifiques. « Cette diversité et l'interdisciplinarité sont des aspects qui me fascinent au plus haut point en physique ! »

Claudia Appenzeller-Winterberger, Association des Olympiades Scientifiques Suisses



Progress in Physics (13)

Wave-particle duality of light for the classroom

A. Weis¹ (antoine.weis@unifr.ch) and T. L. Dimitrova^{1,2} (doradimitrova@uni-plovdiv.bg)

¹ Physics Department, University of Fribourg, Fribourg, Switzerland

² University of Plovdiv "Paissi Hilendarski", Plovdiv, Bulgaria

Two-beam interference

The double slit – one of the simplest optical components – has played, and continues to play a role of utmost importance in the discussion of the borderline between classical and quantum physics. There is probably no single person with a Master's degree in physics who has not heard (or read) about Feynman's beautiful discussion of the double slit experiment performed with individual particles. It is well accepted that the interference pattern from a double slit, used by Thomas Young and others in the 19th century to "demonstrate" the wave nature of light, is the result of the superposition of many individual events, in each of which the "photon interferes with itself", in the phrasing of P. A. M. Dirac. Very few, however, are the people who have actually seen (or, even less, heard) this experiment as a real presentation.

Single electron interference

Experimental pictures illustrating how a smooth (classical) interference pattern arises from single particle events when single electrons are made to interfere have been recorded by several scientists, of which the recording by Tonomura et al. [1] is the most well known. We recall that Feynman also used electron interference in his textbook discussion. In 2002 Tonomura's experiment was chosen in a reader poll of *Physics World* as the "most beautiful experiment in physics" [2]. However, beautiful as the Tonomura experiment is, the apparatus used is a "black box", that hardly gives any didactical insights in a public or lecture demonstration. It thus leaves (or confirms) the impression that quantum mechanics happens at a small, i.e., invisible scale, and that it has no macroscopic implementation.

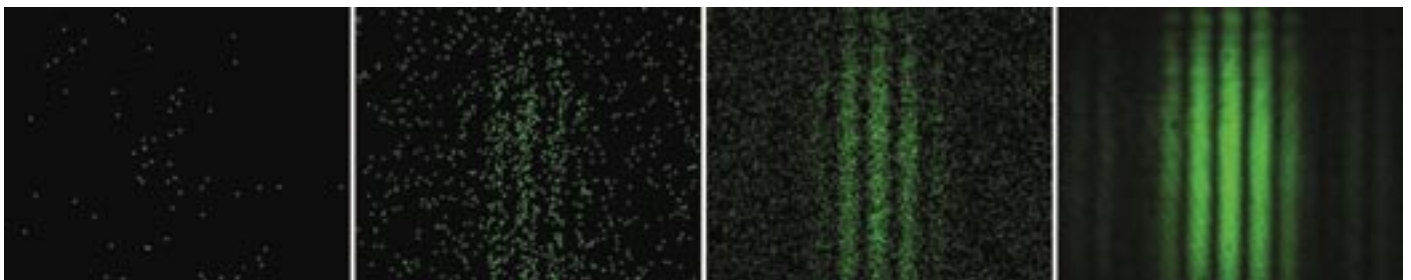


Figure 1. Single-photon camera recording of photons from a double slit illuminated by very weak laser light. Left to right: single frame, superposition of 200, 1'000, and 500'000 frames.

Single photon interference with a CCD camera

In 2003, A. Weis and R. Wynands at the University of Bonn (Germany) designed a lecture demonstration experiment of single photon interference from a double slit [3]. Light from a laser pointer was so strongly attenuated that at each instant there was only a single photon between the double slit and the detector. The diffracted light was recorded by a single photon imaging camera consisting

of an image intensifier (multichannel plate, MCP) followed by phosphor screen and a CCD camera. When adding consecutive camera frames one sees the gradual appearance of the smooth classical interference pattern (Fig. 1). This demonstration thus nicely illustrates the continuous transition from the quantum picture of light to its wave interpretation. In 2005 one of us (A.W.) improved this experiment by using a camera with a higher pixel resolution [4]. The pictures of Fig. 1 were recorded with that improved system.

Single photon interference with a Mach-Zehnder interferometer

This beautiful experiment has the drawback that the camera used costs more than 20'000 EUR. It also has the danger that a younger student may not be so astonished about it, since he may believe that a single photon may easily "slip" through both slits whose separation can barely be seen by the unaided eye. In 2007 T. Dimitrova and A. Weis have developed an alternative two-path interference experiment [4], by replacing the double slit with a Mach-Zehnder interferometer (MZI), and the CCD camera with a photomultiplier (PM). Fig. 2 illustrates the general layout of that experiment.

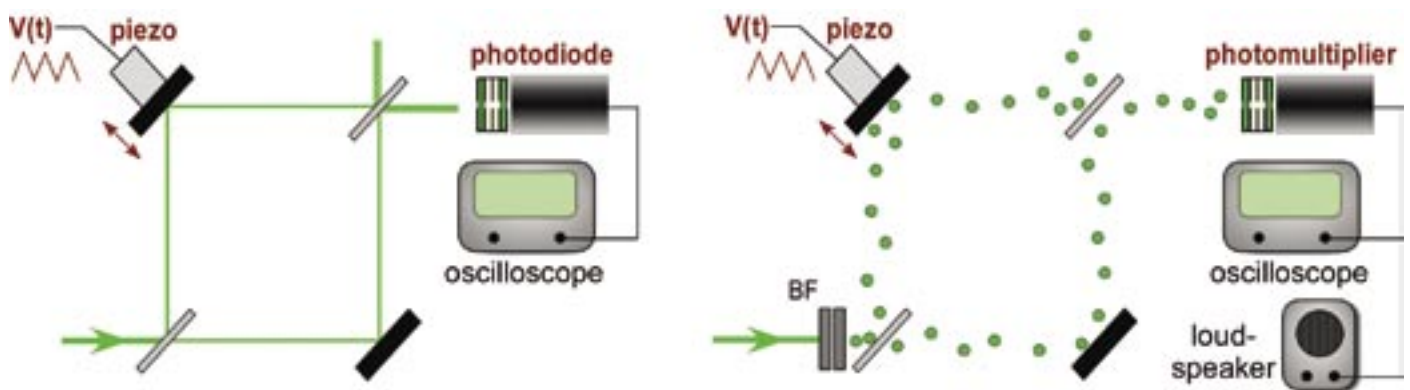


Figure 2. Mach-Zehnder interferometer operated with strong light (left) and with individual photons (right). BF: attenuating filters. A 5 mW green laser is used as primary light source.

The use of a MZI "opens" the black box and allows the visualization of the interfering paths. The macroscopic spatial separation of the beams is well visible and allows easy manipulations of the light in the two paths, such as the selective blocking of one path, the selective change of one path length, or the insertion of which-path labeling polarizers. Conventionally the wave nature of light is presented by projecting the interference pattern on a screen (projection mode). Alternatively, one may displace one of the MZI mirrors by a piezo-transducer (Figure 2, left) driven by a periodic voltage ramp (scanning mode). In this way the path length difference of the two MZI arms undergoes a periodic change whose effect can be recorded by a photodiode with a small aperture (bottom trace of Fig 3). The interference pattern thus appears as a sinusoidal variation of the photocurrent displayed on an oscilloscope.

For experiments with individual photons (Figure 2, right) we insert strongly attenuating filters at the entrance of the MZI. The exiting light is registered by a single photon detecting photomultiplier (PM) equipped with a collimator and filters that suppress stray light sufficiently to perform the demonstration in daylight environment. The PM pulses are sent to an oscilloscope and to a loudspeaker so that single photon events can both be seen and heard. In the scanning mode the oscilloscope display of single photon events looks random. However, when many oscilloscope traces are averaged (top traces of Fig. 3), individual pulses pile up to yield the smooth sinusoidal modulation that is typical for waves. The transition from the observation of individual particles (photons) to the typical intensity distribution of interfering waves corresponds to the observation in the CCD camera experiment (Fig. 1).

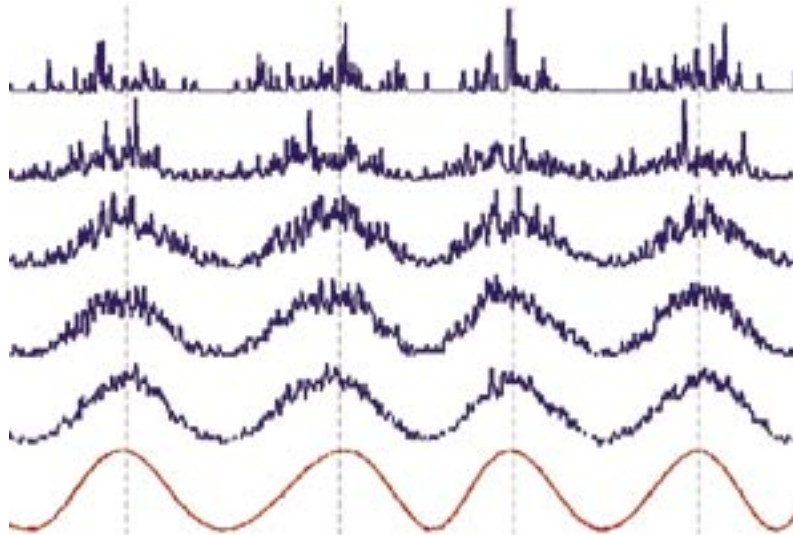


Figure 3. Digital oscilloscope traces of PM pulses produced by single photons (blue) from the MZI in scanning mode. The top trace is a single trace, and below are averages of 4, 16, 64, and 128 traces, respectively. As more and more traces are accumulated, the particle aspect reduces to shot noise on a classical interference pattern. Bottom trace (red): classical interference fringes from strong light recorded by a photodiode.

The demonstration thus shows, in a single experiment that the wave-particle duality is an inherent property of light. Both the particle and the wave nature are seen simultaneously and independently from the experimental conditions. It also illustrates that the wave aspect is related to the propagation of light, while the particle aspect is connected to its detection.

The photon interferes with itself

The most astonishing fact that each photon "interferes with itself" can be shown in the following way. The PM is positioned (in projection mode) at an interference minimum, thus detecting only a few (background) photons (Fig. 4, left). When one of the two arms is blocked, the rate of detected photons is seen (and even more dramatically, heard) to increase (Fig. 4, right). This shows that when each photon is forced to follow a specific path (right), its probability to be detected is higher than when it is left with a choice of two possible paths (left). The photon thus seemingly knows, whether or not both paths are open, a demonstration of macroscopic delocalization.

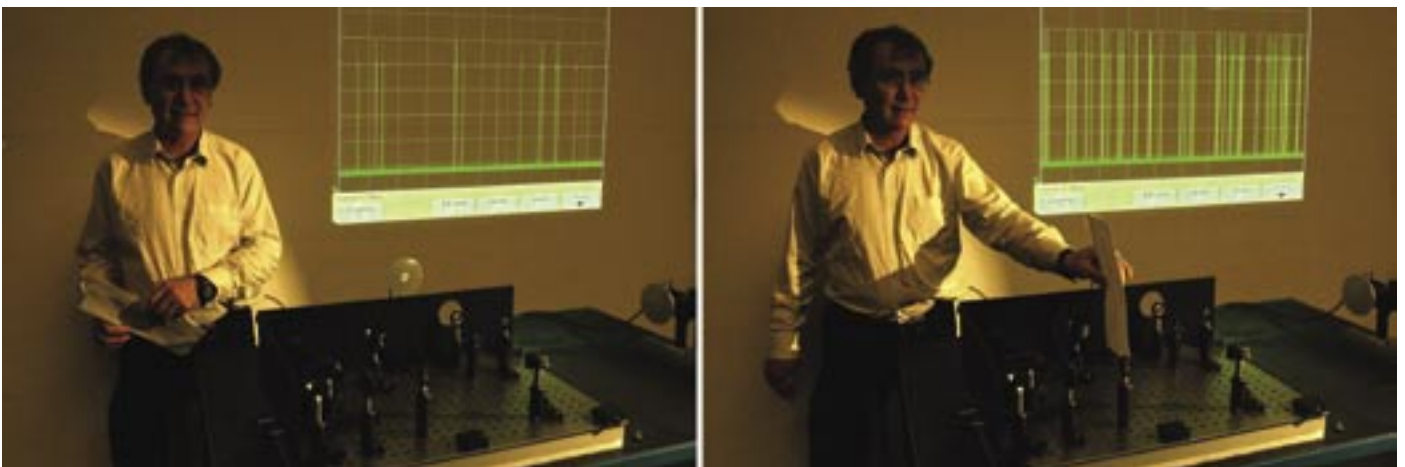


Figure 4. Demonstration that each photon interferes with itself.

Left: a small background photon rate is observed when the photons have a choice of two paths. The photon pulses are seen as wall projection of an oscilloscope trace. Right: the photon count rate increases when one path is blocked, thereby forcing the photons to follow a specific path.

Copies of the device presented here are currently operated as lecture demonstration experiments at the universities of Fribourg and Plovdiv, and at ETH-Zurich and EPF-Lausanne, while student laboratory versions are used at the University of Bonn and at EPF-Lausanne.

The authors thank the mechanical and electronics workshops of the Physics Department at the University of Fribourg for skillful help. A. W. acknowledges the assistance of G. Monney for setting up the interferometer and H. Vuillème for preparing the photographs of Fig. 4.

References:

[1] Tonomura A., Endo J., Matsuda T., Kawasaki T., and Ezawa H., *Demonstration of single-electron build-up of an interference pattern*, Am. J. Phys. 57 (1989) 117.

[2] Crease R. P., *The most beautiful experiment*, Physics World, September 2002, p. 19 (<http://physicsworld.com/cws/article/print/9746>).

[3] Weis A. and Wynands R., *Three demonstration experiments on the wave and particle nature of light*, Physik und Didaktik, 1/2 (2003) 67.

[4] Dimitrova T. L. and Weis A., *The wave-particle duality of light: a demonstration experiment*, Am. J. Phys., 76 (2008) 137-142

Progress in Physics (14)

Mapping the Electronic Surface Potential of Nanostructured Surfaces

Pascal Ruffieux, EMPA, nanotech@surfaces Laboratory, Feuerwerkerstr. 39, 3602 Thun

Introduction

A detailed knowledge of the local electronic properties of solids and their surfaces is crucial for an understanding of a large variety of processes, ranging from electron scattering in transport phenomena to catalytic reactions, which show pronounced site specificity. Recently, site-specific adsorption on inorganic surfaces has been reported for organic molecules on laterally inhomogeneous surfaces consisting mainly of varying stacking sequences of the outermost atomic layers. However, the understanding of the relevant local physical properties responsible for the site-specific substrate-adsorbate interactions remains very poor.

Among the first important parameters investigated for surfaces is the work function, which defines the minimum energy required for removing an electron from a metal to infinity at 0 K. However, a number of important surface-related phenomena, such as catalytic processes and electron emission, cannot be described with this macroscopic work function but require knowledge of local variations of the electrostatic potential close to the surface. This directly implies that local probes have to be used for the surface potential determination relevant for the above-mentioned phenomena. The pioneering work enabling the experimental determination of the local surface potential was based on photoemission of adsorbed xenon (PAX), which probes the surface potential at about 0.2 nm above the surface via the Xe electron states, which are pinned to the local vacuum level due to a weak coupling between the Xe atoms to the surface [1]. Various techniques based on scanning probe microscopy, including Kelvin probe force microscopy and local barrier height measurements, are currently applied in order to overcome the missing imaging capability of PAX, which is crucial for complex nanostructured surfaces. However, both methods are either limited in spatial resolution or in the ability to quantitatively determine the local surface potential.

An alternative way to characterize the local surface potential is the analysis of the field emission resonances (FERs), which are detected with scanning tunnelling microscopy (STM) when applying voltages larger than the tip work function. Their sensitivity to variations of the surface potential

has first been discussed by Binnig *et al.* [2] and has been applied for the qualitative description of surface potential modulations of thin ionic and oxide films grown on metal surfaces. Recently we showed [3] that the combination of the local detection of the FERs with STM and their modelling using a 1D model potential between STM tip and sample allows for a quantitative determination of the surface potential with a spatial resolution of ~ 1 nm. The method thus uses the marked proximity of the FERs to the surface and their sensitivity to local variations of the surface potential. It is applied for examining the site-specific interactions of C_{60} molecules deposited on a nanostructured template surface formed by deposition of two monolayers (MLs) of silver on Pt(111).

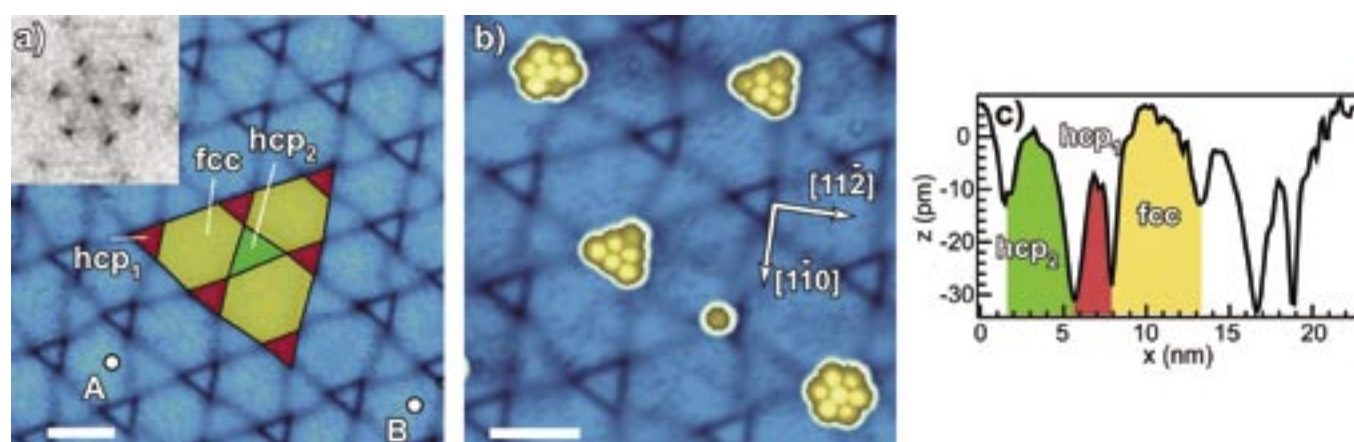


Figure 1: STM topography measurements of the as-prepared 2 ML Ag/Pt(111) strain relief pattern (a) and after addition of ~ 0.05 ML of C_{60} (b) [$T = 77$ K, $V = 2$ V, $I = 2$ nA]. The intense spots in the Fourier-transformed image [inset in (a)] reflect the high degree of long-range order achieved for the strain-relief pattern. The unit cell of the pattern contains three stacking areas labelled hcp_1 , hcp_2 and fcc and has a hexagonal symmetry with a lattice parameter of ~ 6.9 nm. (c) Height profile from A to B, as shown in (a).

Experimental

Experiments have been performed with a low-temperature STM (Omicron) working under ultrahigh vacuum conditions (base pressure $2 \cdot 10^{-10}$ mbar). The Ag/Pt(111) strain relief pattern has been prepared by depositing 2 ML of silver on a clean Pt(111) surface and by subsequent annealing of the sample to 530°C . C_{60} fullerenes were deposited from a resistively heated quartz crucible where the deposition rate was determined with a quartz microbalance [4,5].

The annealing of two MLs of silver deposited on Pt(111) leads to the formation of a strain relief pattern exhibiting a high degree of long-range order. The apparent depressions in the STM topography image (Fig. 1) separate the three stacking domains labelled hcp_1 , hcp_2 , and fcc . They evolve from the relieving of strain built up by the lattice mismatch of $\sim 4\%$ between Ag and Pt.

Regarding molecular deposition on the strain relief pattern we find a highly inhomogeneous immobilization of the molecules on the different surface domains. Deposition of C_{60} molecules at ~ 150 K followed by an annealing step to room temperature yields to the formation of stable molecular clusters, which are preferentially located in the hcp_1 region [Fig. 1(b)]. This brings up the question of which local physical property determines the site-selective adsorption of C_{60} on the Ag/Pt strain relief pattern.

Local surface potential determination

The energy positions of the FERs are determined by locally acquiring $z(V)$ spectra with the feedback loop closed, i.e. under constant current conditions. Accordingly, during the voltage ramp, the tip is further retracted from the surface when new states contribute to the tunnelling current. This results in a stair-shaped $z(V)$ curve, which, by numerical differentiation, directly reveals the energy position of the lowest FERs (Fig. 2). Recording a large number of such spectra along a line crossing

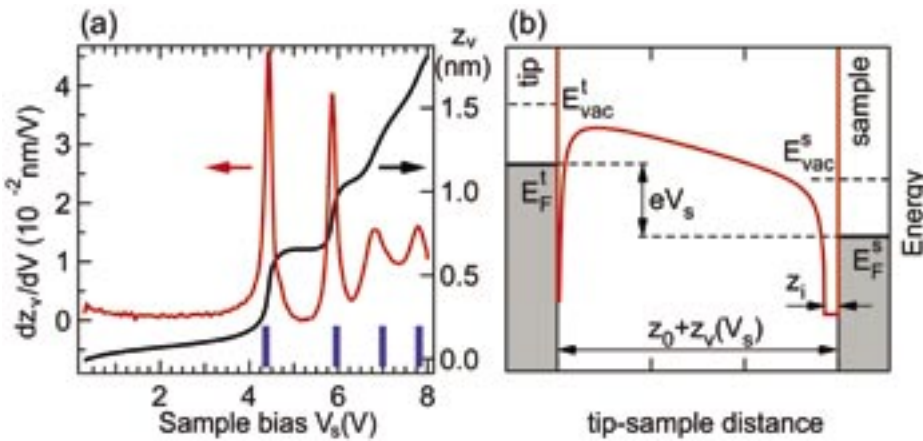


Figure 2: (a) Experimental $z(V)$ curve (black) recorded in the hcp_2 region. The differentiated curve (red) reveals the energy first four FERs. (b) Relevant parameters of the model potential used for the numerical simulation of the FERs.

potential $V(z)$ between surface and tip takes into account the applied sample bias V_s , the varying tip-sample distance z_t , the image plane z_i at the sample surface and varying surface potential $\Delta\phi$ [Fig. 2(b)], leading to the expression

$$V(z) = \frac{-1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{4} \left(\frac{1}{z} + \frac{1}{z - (z_t - z_i)} \right) - \frac{V_s - \Delta\phi/e}{z_t} \cdot z$$

The unknown parameter such as tip work function and image plane position z_i are determined by fitting the energy position of the simulated FERs to the four measured ones in the hcp_2 region where the smallest lateral variation of the energy position is observed. These parameters are then kept constant and only the local surface potential $\Delta\phi$ is varied in the model potential in order to get the best agreement with the measured FERs.

Due to the increasing spatial extent of the FERs for higher order resonances we limit our analysis to the lowest two states. With this restriction a lateral resolution of the order of 1 nm is achieved for the FER-based surface potential determination. According to this analysis we can determine the surface potential at positions z_v where spectra have been recorded (Fig. 3). We find a surface potential variation of 0.35 eV when comparing the fcc region with the hcp_1 region. A similar analysis has been performed for a set of spectra acquired on a dense two-dimensional (2D) grid in the vicinity of the hcp_1 region allowing the determination of the 2D surface potential landscape [Fig. 4(a)].

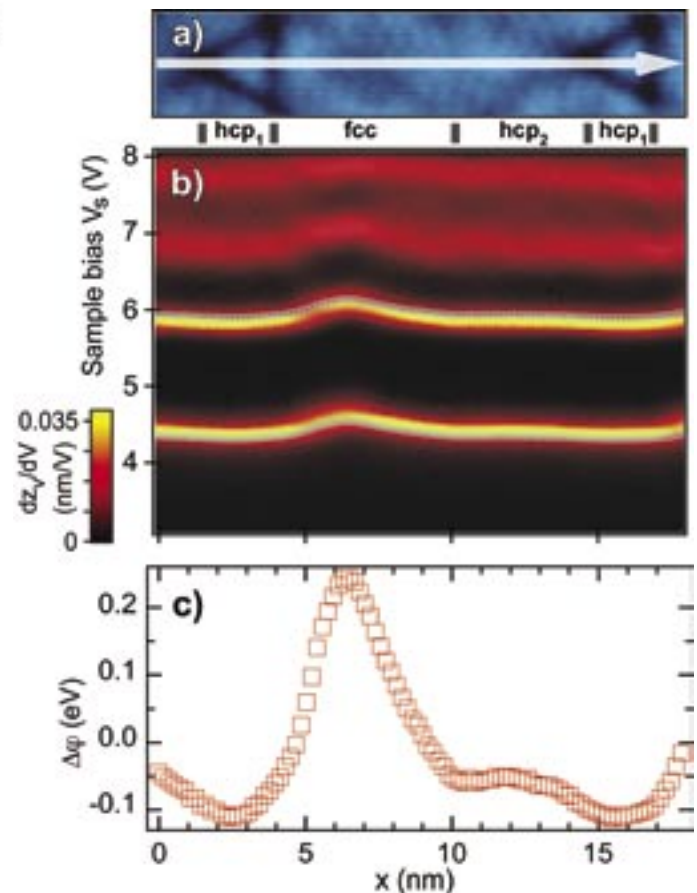


Figure 3: (a) Topography image acquired simultaneously with spectroscopic data. (b) Colour-coded representation of a series of 100 $dz/dV(V)$ spectra recorded along the line indicated in (a). (c) Variation of the local surface potential as determined with a fit of $\Delta\phi$ in the model potential considering the two lowest FERs.

In order to further corroborate the appropriateness of the proposed method for a quantitative determination of the surface potential landscape, we have performed PAX experiments [3]. This method is well established as a local work function probe for heterogeneous surfaces with the limitation of the missing simultaneous imaging of the surface. Figure 4(b) shows a Xe4d PAX spectrum for a 0.7(2) ML Xe coverage. In contrast to PAX spectra recorded on Ag(111), on the Ag/Pt strain relief pattern both spin-orbit split states reveal a broad distribution characterized by two main contributions (FWHM 0.30 eV). Since the binding energies in PAX are directly linked to local variations of the surface potential by $\Delta E_B^i(i, j) \cong -\Delta\varphi(i, j)$ at two dissimilar surface sites i and j [1], this indicates a broad distribution of the local work function within the unit cell with two main contributions separated by 0.30 eV. These results can be compared to the FER-based analysis of the surface potential landscape by performing a histogram analysis of the local surface potential across the different surface domains. This analysis yields a broad distribution with two dominant contributions centred at -0.08 eV (mainly hcp_1 and hcp_2) and 0.2 eV (fcc). Their separation of 0.28 eV is in excellent agreement with PAX.

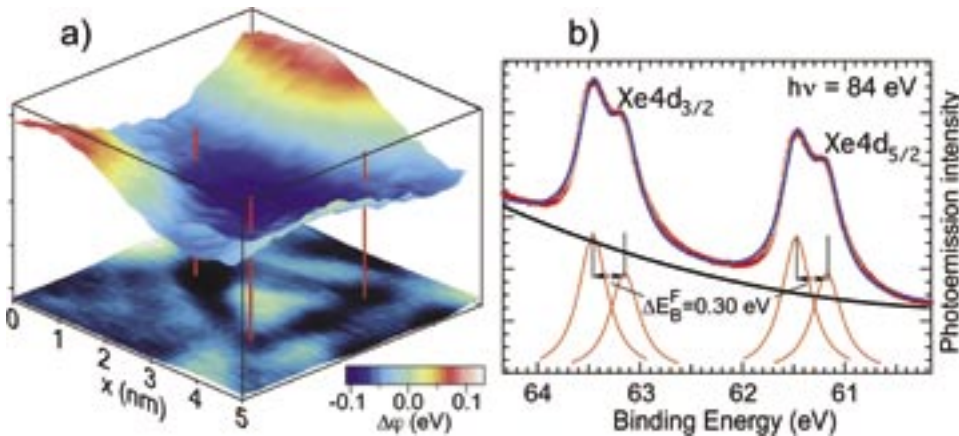


Figure 4: (a) Three-dimensional representation of the surface potential landscape near the hcp_1 region as determined by applying the fitting procedure to the 30 x 30 spectra acquired on the 5 x 5 nm² scan area. The bottom image shows the simultaneously acquired topography image.

(b) Photoelectron spectrum of the Xe4d states recorded from the Ag/Pt(111) strain relief pattern covered with 0.7(2) ML of Xe [3].

The observed variations of the local surface potential are firmly related to local changes of the in-plane lattice parameter a . From a careful analysis of atomic resolution STM images, we find average lattice parameters of 299(5), 289(4) and 180(4) pm for the hcp_1 , hcp_2 and fcc domains, respectively. From an electron (and hence dipole) point of view this directly suggests a lowering of the work function for increasing lattice parameter, in agreement with the FER-based analysis of the local work function.

Conclusions

The local analysis of the FERs based on scanning tunnelling spectroscopy allows the determination of the surface potential landscape with simultaneous imaging of the nanostructures. The lateral resolution of the method depends on the spatial extent of the FERs and can thus be limited by choosing the lowest FERs. When restricting the analysis to the two lowest FERs this yields a resolution of the order of ~1 nm. Regarding the understanding of site-selective interactions on nanostructured surfaces this gives access to an important surface property that is involved in adsorbate-substrate interactions with partial ionic bonding character. Furthermore, it allows the determination of lateral electric fields, which is relevant for the description of site-specific interactions of polarisable adsorbates.

References

- [1] K. Wandelt, Thin Metal Films and Gas Chemisorption (Elsevier, Amsterdam, 1987).
- [2] G. Binnig et al., Phys. Rev. Lett. 55, 991 (1985).
- [3] P. Ruffieux et al., Phys. Rev. Lett. 102, 086807 (2009).
- [4] K. Ait-Mansour et al., Nano Lett. 8, 2035 (2008).
- [5] K. Ait-Mansour et al., Phys. Chem. C, in press (2009), DOI:10.1021/jp901378v

Physik Anekdoten (5)

Wer im Jahr der Astronomie 2009 an Galileo Galilei denkt und in Verbindung mit dem 400. Jubiläumsjahr der "Astronomia Nova" ebenfalls Johannes Kepler und Tycho Brahe feiern würde aber dabei gleichzeitig Jost Bürgi übersähe, vergäbe sich die Gelegenheit, im gleichen Zug eines Freundes Keplers und eines Bekannten Brahes zu gedenken, der nicht ohne Einfluss auf die Entwicklung dieses epochalen Werkes der Neuzeit war. Autor Fritz Staudacher beleuchtet im folgenden Beitrag einige Aspekte dieses Toggenburger Renaissancegenies, die nach Meinung des Autors bis anhin im Schatten standen und von denen die Gefahr besteht, dass diese immensen Beiträge eines Schweizers für die Kultur- und Technikgeschichte immer mehr in Vergessenheit geraten.

Hinweis: Auf www.sps.ch finden Sie eine ausführlichere Fassung des nachfolgenden Artikels, angereichert mit weiteren, sehr interessanten Details.

Indication: Sur www.sps.ch vous trouvez une version française de cet article avec plus de détails.

Bernhard Braunecker, SPG-Sekretär

Jost Bürgi erfand nicht nur die Sekunde

Wir kennen ihn als den Erfinder der Logarithmen, als den Konstrukteur unübertroffener Himmelsgloben, als einen der Pioniere der Algebra und des Rechnens mit Dezimalbrüchen, sowie als den Schöpfer originärer Reduktions-Rechenzirkel und Triangulations-Distanzmessausrüstungen: den Lichtensteiger Uhrmacher, Mathematiker und Astronomen Jost Bürgi (1552–1632). Dass er erstmals die Zeiteinheit der Sekunde mass, ist eines der weitem unbeachteten und unterschätzten Verdienste dieses leisen Toggenburgers.

Die Sekunde ist die heute am genauesten definierte und für unser heutiges technisches Weltgeschehen wohl wichtigste physikalische Einheit. Erstmals getickt hat die "pars minuta secunda" in einem Uhrwerk des Schweizers Jost Bürgi 1585 am Hof des Landgrafen Wilhelm IV in Kassel – und entwickelte sich seither mit leisem Ticken und später mit immer genaueren Oszillatoren weltweit zum heutigen Zeitstandard !

"Dauer der kleinsten Note in einem mässig langsamen Lied"

Der hessische Landgraf Wilhelm IV unterrichtete den Astronomen Tycho Brahe am 14. April 1586 in einem Brief stolz über sein neues "Minuten- und Sekundenührlein", welches innerhalb von 24 Stunden höchstens eine Minute variere. Das bedeutete für die Zeitmessung eine gewaltige Genauigkeitssteigerung: die besten Uhren der damaligen Zeit wiesen eine Abweichung von einer Viertelstunde auf ! Wie man ein so kurzes Zeitintervall von einer Sekunde wahrnimmt und sich vorstellen kann, wusste



Quelle: Wikipedia

1586 ausserhalb der Sternwarte von Kassel allerdings noch niemand. Der Kasseler Hofastronom Christoph Rothmann schilderte die gefühlte Dauer dieser neuen Zeiteinheit deshalb wie folgt: "Die Dauer einer Sekunde ist nicht so sehr kurz, sondern kommt der Dauer der kleinsten Note in einem mässig langsamen Lied gleich. Die Unruhe (oder Balancier) wird nicht auf gewöhnliche, sondern auf ganz besonders neu erfundene Weise so getrieben, dass jede ihrer Bewegungen einer einzelnen Sekunde entspricht." ((LW22)). Den Schöpfer dieses neuen Wunderwerkes Jost Bürgi beschrieb der Landgraf Wilhelm IV dem dänischen Astronomen Brahe gar als einen "an Spürkraft zweiten Archimedes".

Mit dreimonatigem Federantrieb und Kreuzschlaghemmung

Dank seiner Erfindungen der Kreuzschlaghemmung und des dreimonatigem Federantriebs mit automatisiertem Zwischenaufzug, sowie dank der Entwicklung und Fertigung eines perfekt ausgelegten Räderwerks mit feinstem Zahnschliff hatte es Jost Bürgi geschafft, kleine astronomische Observationsuhren hoher Ganggenauigkeit mit Sekundenangabe zu entwickeln und zu bauen ((O2/59)). Damit ermöglichte und nutzte er erstmals den Einsatz einer Uhr als wissenschaftliches Präzisionsinstrument. Zusammen mit einem von ihm gebauten Sextanten mit Visierstab liess sich nun anhand der Mittagssonne die lokale Ortszeit und die geographische Lage sowie die Durchgangszeit und Distanz von Fixsternen, Planeten und anderen Himmelskörpern nach der Methode der raumzeitlichen Vermessung weit genauer als jemals zuvor bestimmen – und dies bereits sieben Jahrzehnte vor Christian Huygens Pendeluhr ((Ha161)), mit der man gemeinhin den Beginn des "Sekundenzeitalters" assoziiert.

Jost Bürgi war seit 1579 an der ersten feststehenden Sternwarte der europäischen Neuzeit am Hof des hessischen Landgrafen Wilhelm IV von Hessen-Cassel als Hofuhrmacher angestellt und daselbst ebenfalls als Instrumentenverantwortlicher und astronomischer Gehilfe des "weisen" Landgrafen tätig. Von 1584 bis 1590 arbeitete Bürgi dort auch mit dem Hofmathematiker Christoph Rothmann zusammen und übernahm nach dessen Weggang in Kassel zusätzlich zu seinem Amt als Fürstlicher Hofuhrmacher von 1590 bis 1604 ebenfalls die Aufgaben des Hofmathematikers und Hofastronomen. Schon Jost Bürgis junger Zeitgenosse Willebrord Snellius (1580-1626) – ein holländischer Mathematik-Professor und bekannt auch vom Snellschen Brechungsgesetz, der auch die astronomischen Beobachtungen der Kasseler Sternwarte publizierte – nannte den Schweizer "eine ausserordentliche Persönlichkeit, die zugleich ein brillanter Uhrmacher, ein tüchtiger Astronom und ein hervorragender Mathematiker ist: eine wohl einmalige Kombination in der Geschichte der Uhrmacherkunst."

Drei Koryphäen ihres Gebietes in Prag am Kaiserhof

Bekannter noch als für seine astronomischen Orientierungs-Sekundenuhren war Jost Bürgi bis an den Kaiserhof in Prag für seine Himmelsgloben mit differenzierten astronomischen Abläufen und unübertroffener Anschauungskraft. Der habsburgische Kaiser Rudolf II in Prag wünschte sich die persönliche Überbringung eines solchen Himmelsglobus-Wunderwerkes vom Hersteller aus Kassel. Das führte Jost Bürgi 1592 erstmals zum Kaiser in Privataudienz auf den Hradschin.

Natürlich kannten die an der Jahrhundertwende am Kaiserhof Rudolfs II zu Prag tätigen Astronomen Tycho Brahe und Johannes Kepler auch Jost Bürgis Wunderwerke der Uhrmacherkunst, sowie seine Vermessungsinstrumente. Sie hatten auch Kenntnis von seinen astronomischen Beobachtungs-

fähigkeiten und seinen damals einzigartigen Rechenmethoden. Bereits 1592 hatte sich Brahe in Kassel erkundigt, wie weit denn Bürgi mittlerweile mit seinen Sinustabellen sei ((O2/101)). Wie man erst kürzlich herausfand, wurde der dänische Exilant Tycho Brahe 1601 in Prag mit Quecksilber ermordet – und das anscheinend von einem aus seinem Geburtsland eingereisten Verwandten ((S)).

Kepler schätzte und nutzte Bürgis Qualitäten und Methoden sofort

Ab 1604 arbeitete und wohnte Jost Bürgi auf dem Prager Hradschin, und zwar als Kaiserlicher Hofuhrmacher. Zusätzlich beobachtete er als Assistent des kurzsichtigen Johannes Kepler ebenfalls Fixsterne, Planeten, Sonne und Mond, genauso wie er es schon vorher während Jahrzehnten in Kassel erfolgreich praktiziert hatte. Als Autodidakt ohne höhere Schulbildung und Lateinkenntnisse beeindruckte er den akademisch gebildeten Mathematiker Kepler in Prag mit seinen autonom weiterentwickelten Dezimalbruch-Rechenmethoden – die Kepler von ihm übernahm ((Ha174)) – sowie mit seinen Progresstabuln (Logarithmentafeln). Aus den jahrzehntelangen Aufzeichnungen Tycho Brahes leitete Johannes Kepler den elliptischen Verlauf der Bahn des Mars um die Sonne ab.

In diesen Datensätzen von Tycho Brahe waren auch Informationen über die Positionen von Himmelskörpern verarbeitet, die Jost Bürgi in Kassel in unzähligen nächtlichen Beobachtungen mit Sekundenührlein, Sextant und Logarithmenberechnung gewonnen hatte. Aufgrund des mit Tycho Brahe freundschaftlich verbundenen Landgrafen Wilhelm hatten die beiden damals führenden europäischen Sternwarten von Kassel und Uranienburg während Jahrzehnten in einer lebhaften Korrespondenz und in gegenseitigen Besuchen Informationen und Erfahrungen ausgetauscht.

Jost Bürgi hatte die Logarithmen vor John Napier entdeckt

Obwohl Bürgi seine von ihm "Arithmetische und Geometrische Progresstabuln" genannten Logarithmentafeln bereits viele Jahre vor John Napier (1614) entwickelt hatte, veröffentlichte der schreib- und publikationsscheue Bürgi diese erst 1620, so dass der schottische Lord lange Zeit ohne böse Absicht auch als ihr Erfinder betrachtet wurde. Wegen des in Prag 1618 ausgebrochenen Dreissigjährigen Krieges und wegen Geldmangels konnten jedoch nicht einmal der Auflagendruck der Bürgischen "Progresstabuln", sowie die Redaktion und die Korrekturen der beizufügenden Benutzungsanleitungen abgeschlossen werden. Seit Nicolas Raimarus Ursus Bezeugung von 1588 ((LW101)) und der Aussage von Kepler 1627, dass Bürgi schon viele Jahre vor der Napierschen Publikation die Logarithmen entwickelt hatte, hätte diese zeitliche Prioritätenfrage geklärt sein können – zumindest für Eingeweihte im deutschsprachigen Raum. Doch auch in Bezug auf die qualitative Seite besetzt Bürgis Lösung nach Auffassung Heinz Lutstorfs von der ETH Zürich den Spitzenplatz: "Im Unterschied zu Napiers Tafeln sind die Bürgischen echte Logarithmentafeln im modernen Sinne" ((LW13)). Mit seiner Berechnungsmethode der Sinuswerte ist Bürgi ebenfalls zum Begründer algebraischer Methoden in der Geometrie zu zählen, gemäss Lutstorf vergleichbar mit dem Einfluss von Descartes ((LW41)). Kepler bezeugt in seinem "Auszug aus der uralten Messekunst Archimedis" sogar, dass er von Bürgi das Verfahren der abgekürzten Multiplikation gelernt habe ((LW40)). Es gibt daher heute kaum noch einen Zweifel: ohne Bürgis Mathematik-Innovationen wären die Berechnungen Keplers nicht so schnell erfolgt, und die Ellipsenform der Bahn des Mars und später der anderen Planeten um die Sonne nicht so zügig definiert worden.

Während dreieinhalb Jahrhunderten – bis zur Verbreitung des Computers – blieben Logarithmen und logarithmische Rechenschieber das zentrale Rechenwerkzeug in Wissenschaft und Technik.

Ohne diese heute bereits weitgehend vergessenen Hilfsmittel ist die Erschaffung vieler Werke der Neuzeit und sind die Konstruktionen des Industriezeitalters bis hin zur Weltraumfahrt kaum vorstellbar.

Der vom Kaiser persönlich geadelte Mathematiker Jost Bürgi

Nicht für seine Uhrmacherkunst, sondern für seine wissenschaftlichen Leistungen als Mathematiker wurde Jost Bürgi am 16. März 1609 von Kaiser Rudolf II sogar in den Adelsstand erhoben. Als persönliches Meisterstück seiner Uhrmacherkunst betrachtete Jost Bürgi selbst seine 1610 gebaute Bergkristalluhr mit getrennten Stunden-, Minuten- und Sekundenanzeigen, Armillarsphäre, Mondblatt, Kreuzschlaghemmung, Wiederaufzug und Bergkristall-Sternenglobus (heute im Kunsthistorischen Museum Wien). Wie für Kepler, veränderte sich mit dem Tod des toleranten und wissenschaftsbegeisterten Kaisers Rudolf II ab 1612 auch für den Protestanten Bürgi die Situation entscheidend. Als in Prag 1618 mit dem Fenstersturz der böhmischen Adeligen der Dreissigjährige Krieg ausgebrochen und 1620 die Schlacht am Weissen Berg verloren war, verliess der Protestant Jost Bürgi nach Prager Quellen 1622 die Stadt ganz ((L162)). Gemäss anderen Berichten lebte Jost Bürgi sogar bis 1631 in Prag, bevor er inmitten der schlimmsten Kriegswirren endgültig nach Kassel zurückkehrte und dort am 31. Januar 1632 hochverehrt starb. Bereits sein Freund Johannes Kepler hatte Bürgi prophezeit, "er werde als Uhrmacher und Mathematiker wohl einmal so berühmt werden wie es Albrecht Dürer als Maler gewesen ist".

Wird Bürgi schon wieder in einem Archiv vergessen?

Der Drehbuchautor und Regisseur Michael Havas schuf über Jost Bürgi mit der Zürcher Condor-Film 1990 einen Dokumentarfilm ("Himmel hab' ich gemessen"), der von den grossen öffentlichen Fernsehsendern der Schweiz, Deutschlands, Tschechiens und Neuseelands ausgestrahlt wurde und der in den USA und in Japan Auszeichnungen erhielt ((H)). Bedauerlich ist es, dass momentan keine Betrachtungsmöglichkeit dieses dreiteiligen, insgesamt 135-minütigen Dokumentardramafilms besteht und dass im Jahr der Astronomie auch keine Fernsehausstrahlung vorgesehen ist. Der Film ruht versunken im Archiv des Schweizer Fernsehens und wäre noch immer sehr aktuell und bereichernd. Im audiovisuellen Digitalzeitalter scheint es für das leise Schweizer Universalgenie Jost Bürgi noch gefährlicher geworden zu sein, übersehen oder leider ganz vergessen zu werden – und dies obwohl gerade er es mit seinen mathematischen Methoden vorbereitete . . .

Fritz Staudacher, Widnau

Bibliographie:

- ((H)) Michael Havas (Film-Drehbuch und Regie): Himmel hab' ich gemessen / The Cosmic Triangle. Condor-Film Zürich 1990 (Produzent: Rüdiger Findeisen).
 ((Ha)) Heinz-Dieter Hausteil: Weltchronik des Messens. Walter de Gruyter, Berlin 2001.
 ((L)) Heinz Lutstorf: Die Logarithmentafeln Jost Bürgis. Bemerkungen zur Stellenwert- und Basisfrage. Schriftenreihe der ETH-Bibliothek, Wissenschaftsgeschichte Band 3, Zürich 2005.
 ((LW)) Heinz Lutstorf und Max Walter: Jost Bürgi's Progress-Tabulen, nachgerechnet und kommentiert. Schriftenreihe der ETH-Bibliothek, Nr. 28. Zürich 1992.
 ((O1)) Ludwig Oechslin: Der Bürgi-Globus. Schweizerisches Landesmuseum Zürich, 2000. ((O2)) Ludwig Oechslin: Jost Bürgi. Verlag Ineichen, Luzern 2000.
 ((S)) Matthias Schultz: Giftspur im Sternenschloss. In: Der Spiegel 3/2009, S. 112-114.

Physics, Society and the Promotion of Young Physicists

Bernhard Braunecker, SPS-Secretary; Bernd Braunecker, University of Basel

At the annual council meeting of the European Physical Society EPS in March 27, 2009, delegates from several countries (Germany, Italy, France, Poland, Croatia, Hungary, Czech Republic, Ukraine) complained of tendencies in their countries to substitute the traditional physics lectures at secondary schools by courses of 'Integrated Natural Science', merging physics, chemistry, biology etc. The delegates commissioned the EPS presidency to intervene at high European political institutions against the downgrade of physics. Even if Switzerland successfully rejected similar efforts in the mid-1990s, we should nevertheless ask why politicians tend to misvalue the importance of physics at secondary schools? An often heard criticism is that the contents of the lessons do not reflect modern physics, and thus let physics appear as a discipline being not distinguishable from natural science as it was taught at the end of the 19th century.

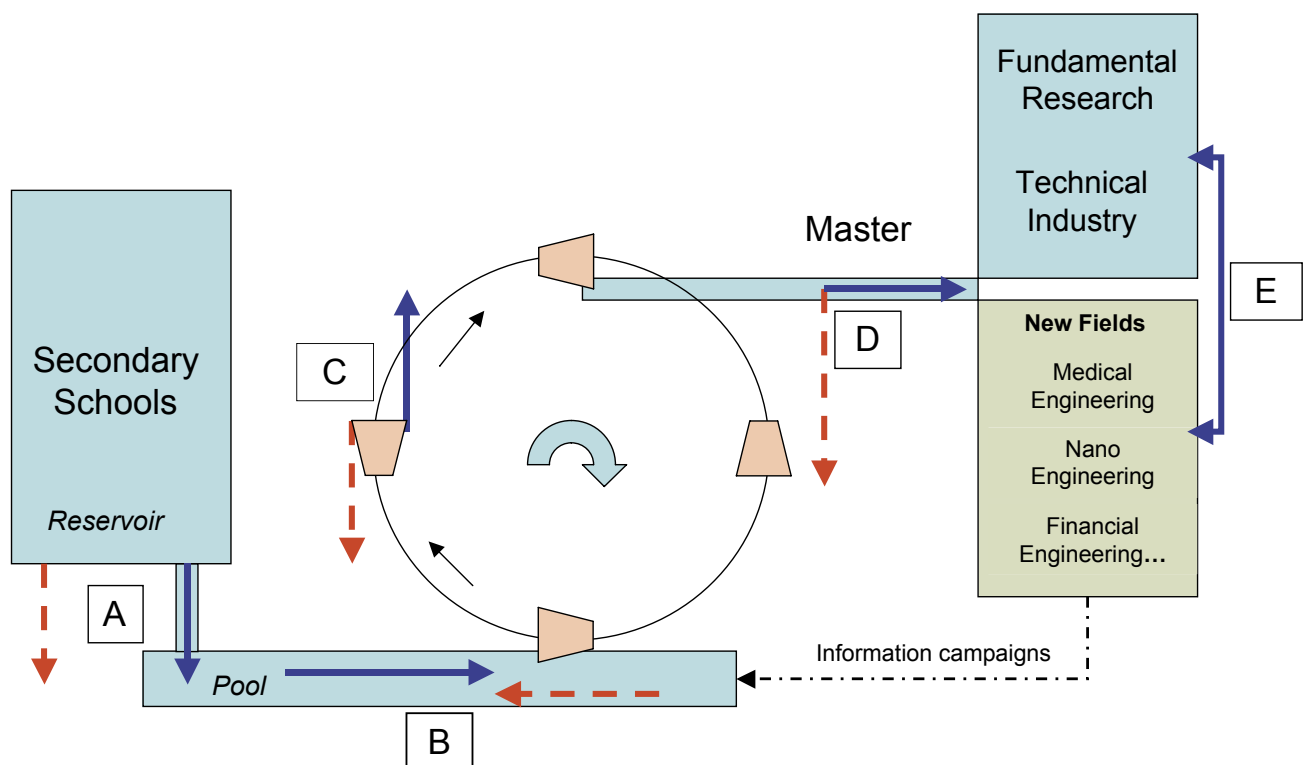
We are, therefore, well advised to take this criticism as a cause to reconsider the entire process of guiding students from secondary schools to the master level at universities, and from there to their profession in research and industry. We need to identify the weaknesses in this process and we need to ask how to eliminate them in order to obtain a maximum performance, i.e. to motivate brilliant students to choose physics for their studies and to keep them with us into their professional careers.

The Water Mill Model

In the following figure we visualize this process as a *water mill*. We start by considering the secondary school system as a *reservoir* to fill the *pool*, from which the physical institutes at the universities recruit their students. We describe thereby the university as a *wheel to pump* most efficiently students from the pool up to the master level, from where they may move to industry etc. The goal is an optimization of the quantity and quality of the *student flow*.

The blue arrows in the figure express the promotion flow of students, which we have to optimize, while the red dashed arrows indicate undesired leaks or losses. The promotion and the leaks have both to be understood, and appropriate means to accelerate, respectively, to fix them have to be found.

In our model we identify five critical processes: At the secondary schools, the reservoir, we have to confront *all* students with the important role, which physics plays in our high-tech society. A part of these students with the necessary skills can be encouraged to take up studies in natural sciences or engineering. This is *Process A*. These students then fill the pool below the wheel. Now we must



convince as many of them as possible to go for physics (*Process B*). In *Process C* we have to ask, how to increase the efficiency of the physics studies, and in *Process D*, how to bridge the gap between university and industry, or in other words, how to intensify the knowledge transfer in both directions. Finally, in *Process E*, we should treat a problem of growing importance with which physicists in industry are faced, the insufficient knowledge of the latest achievements in physics and engineering research and their inherent potential to be used for applications.

We start our analysis of the critical processes by presenting below an interesting and promising idea to tackle the problems of Processes A and B. Examples of Processes C through E will be addressed in the forthcoming issues of these SPS communications.

Processes A and B can in fact be approached from two sides, which we may call *pull* and *push*. On the *pull* side universities and in cooperation Swiss academies actively try to recruit future students. Examples are the SATW

Tec-Days, where external experts inform the students at the schools about today's fundamental and industrial research activities, and the Saturday Morning Physics events held at the University of Basel, allowing the students to get in touch also with the location of modern research. On the *push* side the encouragement for physics comes from within the schools themselves. As there are many more opportunities and much more time to do so than with the sporadic activities from the universities, an optimization of the processes on the *push* side is in the long run more effective.

The following text describes a possibility how this can concretely and successfully be done. Dr. Christian Ferrari from the Liceo di Locarno describes his approach to modernize physics at secondary schools. His method may be also attractive with regard to the EPS problem mentioned at the beginning. C. Ferrari graduated in physics at the EPFL in 1999 and received his PhD in mathematical physics at the EPFL in 2003. Since then he is teaching physics at the Liceo di Locarno.

Modern Physics at the Liceo di Locarno

Christian Ferrari, Liceo Cantonale di Locarno

My primary goal in teaching is to cover physics from Galilei up to the end of the 20th century, thus adding a century of discoveries to the traditional program. The motivation is twofold: Firstly, all students at secondary schools should be confronted with modern physical ideas (like genetics is presented in biology classes) as a part of the general culture, the mandate of every educational institution. Secondly, we need to convince the best of the students that physics is an intriguing option for a professional career.

Modern physics is taught at Locarno in two ways: In one-year projects, and in the specialization classes "Physics and applications of mathematics" (PAM) or in the optional classes "Physics". PAM is a course where physics and mathematics are coordinated so that the students reach a stronger mathematical background.

One-year Projects: In the one-year projects the students have been so far mainly involved in topics of quantum physics or relativity theory (see Box 1). My main motivation is that with the choice of cutting-edge topics the fascination of physics is best transmitted, and the students can gain enough selfconfidence to take up studies in natural sciences and in particular in physics. Mandatory for these projects is an intense coaching, allowing the students to achieve a thorough understanding.

Classes: During classes I teach the following selection of modern physics:

(a) Special relativity, where I start from the Galilean re-

Box 1: One-year projects (since 2004)

Quantum physics

From delocalisation to teleportation using nonlocality, Nicola Ghiringhelli

Delocalisation and quantum cryptography, Tiziano Zamaroni

Einstein-Podolsky-Rosen argument and nonlocality, Sacha Gianini

Atomic Models from Thompson to quantum physics, Marco Tognetti (supervised together with Gianni Boffa)

The black body and the beginning of quantum physics, Simone Colombo (with Gianni Boffa)

Cryptography, Anna Rapp

Tunneling effect and nuclear phenomena, Thomas Pferdekämper

Quantum Computer, Dorian Hautlé and Gionata Genazzi

Relativity theory and applications

From Relativity to the Black Holes, Enea Di Dio

Global Positioning System, Sandro Mani

Cosmology: Evolution and Model of the Universe, Vanessa Mordasini

Gravitational waves, Matteo Tomasini

General Relativity and Macrococosmos, Dalibor Drzajic (with Stefano Russo)

The project by Nicola Ghiringhelli won the award for the best "diploma project" of the secondary schools of the Sopraceneri (Ticino) issued by the ETH Zurich at the occasion of its 150th anniversary.

Almost all these projects can be found on [1].

lativity principle and develop the historical path up to the Einstein's axioms, pointing out the epistemological breakdown with Newtonian mechanics. I then discuss the concepts of special relativity and their modern experimental tests (e.g. the speed of light experiment at CERN).

(b) Quantum physics, which is exposed in more detail in Box 2.

(c) An introduction to subatomic particles, where I present some aspects of nuclear fusion and fission (also in relation with the mass-energy equivalence of special relativity). Moreover, I give a descriptive introduction to the Standard Model of elementary particles.

In my teaching I base myself on the threefold unifying concept of observable, system state, and time evolution for both classical and quantum physics. With this concept I could achieve a seamless, natural transition from classical to quantum that is very well perceived by the students.

Very much to my pleasure this approach has been proved successful. Out of 15 students having followed PAM, and having finished school, 9 started studies in Physics, Mathematics, Engineering or Biology with success (see

also Box 3). In view of these "statistics" I think I could improve on Process A in the aforementioned water mill model. The further motivation to study physics, Process B, is harder to judge at the present time. It seems to me, however, that a step in the good direction is taken with the one-year projects.

During my experience in teaching quantum physics I could benefit from a vivid exchange of opinions with Prof. Valerio Scarani (University of Singapore, previously University of Geneva). This collaboration gave good results, in particular for the one-year projects. I also interact with two colleagues in Ticino, Dr. Matteo Nota and Dr. Saverio Prinz. With the former I proposed a course of advanced training for teachers, and with the latter I made an institute project realizing the PAM course, which is strongly supported also by the direction of the Liceo, and I wish to acknowledge Dir. Fulvio Cavallini for this.

The exchange of knowledge between university researchers and secondary school teachers is, in my opinion, a great chance and a necessity for the continuing education and for improving the quality of the classes. Modern physics calls for that!

Box 2: Didactics of quantum physics

I start with an overview of classical physics with its epistemological foundation. Determinism, compatibility, the measurement process, and the system state are discussed. Those are later compared with quantum phenomena to show their failure or need for change in status. After a short historical development of quantum theory, I present the Stern-Gerlach experiment as an example of a system that cannot be explained classically. This allows me to introduce the structure of modern quantum physics: Observables, states, and time evolution, and so to integrate the threefold unifying concept, with which the students are already familiar from classical physics. The study of spin-1/2 and particle interferences with the help of a Mach-Zehnder interferometer (MZI) shows the main ideas of one-particle quantum physics (incompatibility, delocalization, and superposition states). The mathematical tools are from basic linear algebra for the PAM class. In the optional "Physics" course I use the approach of [2], which avoids the matrix formalism. Spin-1/2 and MZI can be used to explain quantum correlations (e.g., with a Franson-type interferometer), the Bell theorem, Aspect experiments, and the key concepts of entanglement and nonlocality.

[1] http://www.liceolocarno.ch/Liceo_di_Locarno/Internetutti/ferrari/LAM.html

[2] V. Scarani, *Initiation à la physique quantique*, Vuibert, 2003 (3e éd. 2006); available also in English and German.

Box 3: Feedback by a former student

"What convinced me to study physics is the bizarre behavior of Nature when we look at relativistic or quantum phenomena. For example I was most impressed by the counterintuitive results of incompatibility of some observables. Moreover, the learning of modern physics as we had it at the Liceo has numerous didactical advantages, because it shows the close relation between physics and mathematics. During the first year at EPFL I could profit, in contrast to most of my colleagues, of this teaching and see why and how the mathematical theory is useful for interpreting Nature." (*Alba Grassi, Physics EPFL, 2nd year*).

Vorstandsmitglieder der SPG / Membres du Comité de la SSP

Präsident / Président

Dr. Christophe Rossel, IBM Rüschlikon, rsl@zurich.ibm.com

Vize-Präsident / Vice-Président

Dr. Tibor Gyalog, Uni Basel, tibor.gyalog@unibas.ch

Sekretär / Secrétaire

Dr. Bernhard Braunecker, Braunecker Engineering GmbH, braunecker@bluewin.ch

Kassier / Trésorier

Dr. Pierangelo Gröning, EMPA Thun, pierangelo.groening@empa.ch

Kondensierte Materie / Matière Condensée (KOND)

Dr. Urs Staub, PSI, urs.staub@psi.ch

Angewandte Physik / Physique Appliquée (ANDO)

Dr. Ivo Furno, EPFL-CRPP, ivo.furno@epfl.ch

Astrophysik, Kern- und Teilchenphysik / Astrophysique, physique nucléaire et corp. (TASK)

Dr. Klaus Kirch, PSI Villigen, klaus.kirch@psi.ch

Theoretische Physik / Physique Théorique (THEO)

Prof. Frédéric Mila, EPFL, frederic.mila@epfl.ch

Industrial Physics

Dr. Ernst Ramseier, Leica Geosystems AG, ernst.ramseier@leica-geosystems.com

SPG Sekretariate / Secrétariats de la SSP

Mitgliederverwaltung, Webseite, Druck, Versand, Redaktion Bulletin & SPG Mitteilungen / Service des membres, internet, impression, envoi, rédaction Bulletin & Communications de la SSP

S. Albietz, SPG Sekretariat, Departement Physik, Klingelbergstrasse 82, CH-4056 Basel
Tel. 061 / 267 36 86, Fax 061 / 267 37 84, sps@unibas.ch

Buchhaltung / Service de la comptabilité

F. Erkadoo, SPG Sekretariat, Departement Physik, Klingelbergstrasse 82, CH-4056 Basel
Tel. 061 / 267 37 50, Fax 061 / 267 13 49, francois.erkadoo@unibas.ch

Administratives Sekretariat / Secrétariat admin.

Susanne Johner, SJO@zurich.ibm.com

www.sps.ch

Impressum:

Die SPG Mitteilungen erscheinen ca. 2-4 mal jährlich und werden an alle Mitglieder sowie weitere Interessierte abgegeben.

Verlag und Redaktion:

Schweizerische Physikalische Gesellschaft
Klingelbergstr. 82, CH-4056 Basel
sps@unibas.ch, www.sps.ch

Redaktionelle Beiträge und Inserate sind willkommen, bitte wenden Sie sich an die obige Adresse.

sc | nat 

Member of
the Swiss Academy of Sciences

SATW

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften
Académie suisse des sciences techniques
Accademia svizzera delle scienze tecniche
Swiss Academy of Engineering Sciences