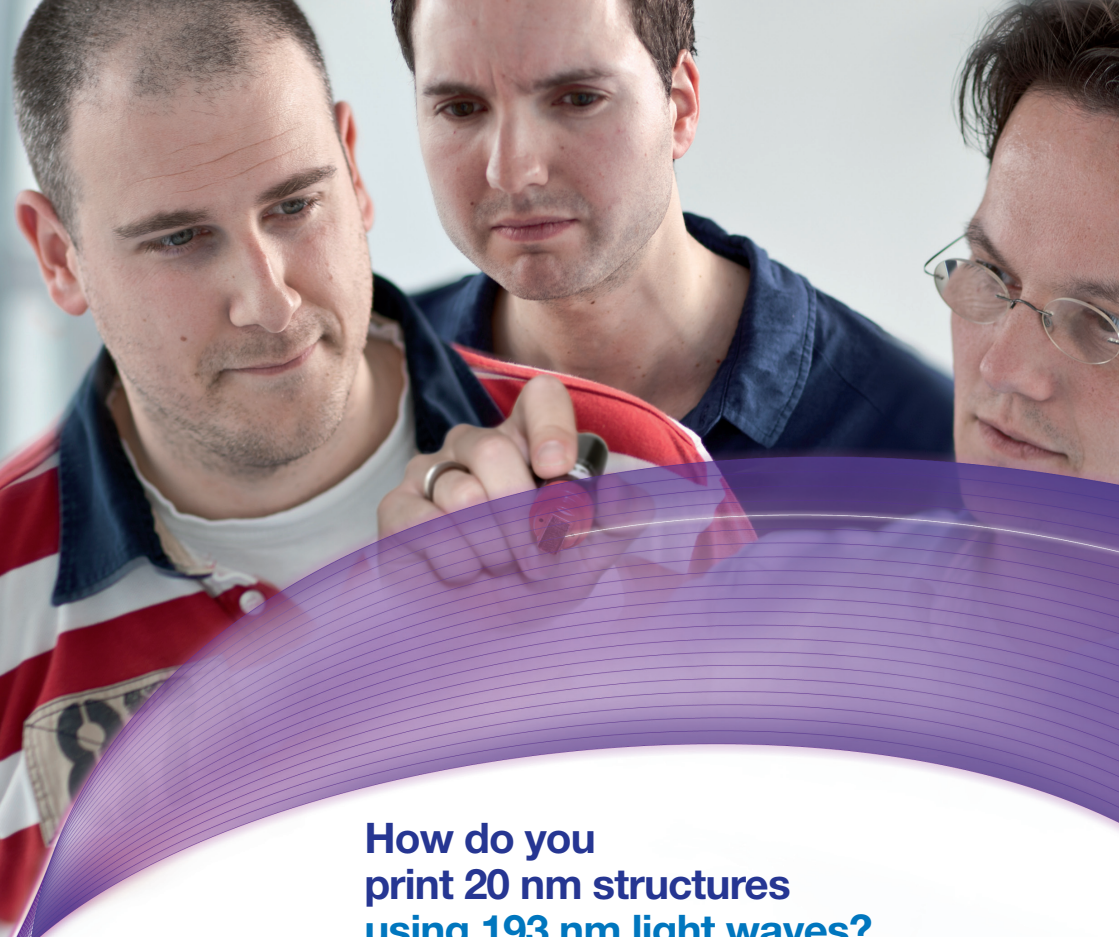
De theoreet
Een laatsten maal Compaijen

Under the Microscope
Focus on focused ion beam

Audiofocus
Focus aan twee kanten

Francken Vrij Focus

Jaargang 19, editie 3



How do you print 20 nm structures using 193 nm light waves?

Join ASML as a Physics Engineer to find out.

We bring together the most creative minds to develop lithography machines that are key to producing cheaper, faster, more energy-efficient microchips. Our machines image billions of structures in a few seconds. And we intend to be imaging even more billions, because our latest technology will create microchip features of just 20 nm, using light waves of 193 nm. That's like drawing an extremely fine line using an oversized marker. So we need talented Physicists who can design, model and manipulate at nanometer levels.

If you're up for it, you'll be part of a multidisciplinary team with plenty of freedom to experiment and learn new skills.

www.asml.com/careers

ASML

/ASML @ASMLcompany

For students who think ahead

Colofon

De Francken Vrij is het periodiek verenigingsorgaan van de Technisch Fysische Vereniging 'Professor Francken' en wordt verspreid onder haar leden, sponsoren en andere geïnteresseerden.

ISSN:	*2213-4840 (print)*
	2213-4859 (online)
Jaargang:	*19, 2014/2015*
Nummer:	*Juni 2015*
Oplage:	*Duizend*
Volgend thema:	*N.B.T.*
Deadline:	*13 september 2015*
Hoofdredacteur:	*Paul Wijnbergen*
Redactie:	*Serte Donderwinkel*
	Kathinka Frieswijk
	Jasper Pluijmers
	Eva Visser
Eindredacteur:	*Steven Groen*

Redactie-adres:
T.F.V. 'Professor Francken'
t.a.v. Francken Vrij
Nijenborgh 4
9747 AG Groningen
Telefoon: 050 363 4978
E-mail: franckenvrij@professorfrancken.nl

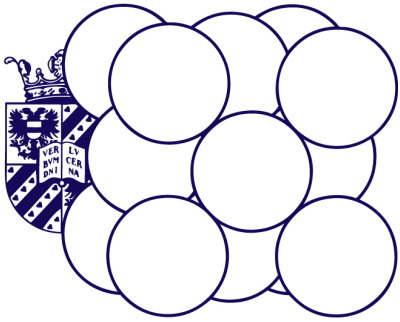
Met dank aan:
prof.dr. J.Th.M. de Hosson, Casper Dijkstra, Jasper Compaijen, Samuel Hoekman en prof. P. Dendooven et al

Adverteerders:
ASML2, Thales6, Ziam 55, Schut Meettechniek 56

Om te adverteren in de Francken Vrij kunt u contact opnemen met de bedrijvencommissaris van T.F.V. 'Professor Francken', via bedrijvencommissaris@professorfrancken.nl

Redactioneel

Daar is hij dan alweer: de laatste *Francken Vrij* van dit collegejaar. Het is dan misschien de laatste, maar zeker niet de minste. Wederom hebben we weer een geweldig nieuw commissielid mogen ontvangen en daar zijn we erg blij mee. Er is gelukkig ook genoeg inspiratie voor de toekomst, dus volgend jaar verschijnt hij zeker weer. Helaas moeten we met deze Francken Vrij ook afscheid nemen van onze vaste scribent prof. dr. J.Th.M. de Hosson. Wij zijn hem als commissie zeer dankbaar voor al zijn bijdrage en wij wensen hem al het beste voor de toekomst. Deze uitgave staat er nog een 'Under the microscope' klaar, dus ik wens iedereen veel leesplezier met deze uitgave en prof. dr. J.Th.M. de Hosson: bedankt namens de hele vereniging.



12

Focus on focused ion beam

21

Looking up

Onze rubrieken

7 Chairman's preface

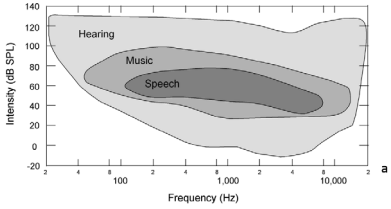
8 News of the Association

12 Under the microscope
Prof. dr. de Hosson on materials science.

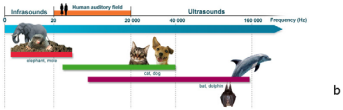
34 An inside view
KVI-CART

42 De Theoreet
Een laatsten maal Compaijen

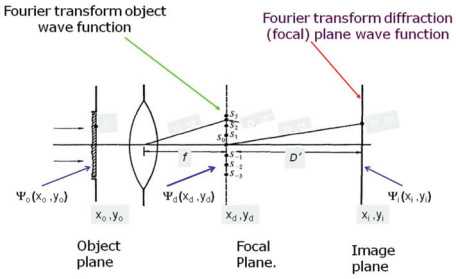
45 In het buitenland
Casper Dijkstra in Stockholm



a



b



26

Audiofocus

42

Hoe slechter de lens, hoe beter het beeld

Van onze scribenten

10 The new board
Who is the new board? They will introduce themselves

21 Looking up
Jasper thinks about telescopes

24 Ode aan Jeff
Onze dank is groot

26 Tussen de oren
Natuurkunde van een klinisch-fysicus

53 Katverhaal
To see or not to see

Innovative Solutions
START WITH THALES

Op het gebied van veiligheid is Thales één van de meest innovatieve bedrijven ter wereld. We bieden alle krijgsmachtonderdelen en civiele hulpdiensten de middelen om hun taken optimaal te kunnen uitvoeren. Onze producten kunnen overal ter wereld worden ingezet op vrijwel ieder type platform: te land, ter zee en in de lucht.
www.thalesgroup.com/nl

THALES
Smarter. Safer.

Chairman's preface

By Hilbert van Loo

People usually tend to start their last talks or presentations with sentences like: 'all good things come to an end', but in my opinion the ending of some things is not as tragic as people sometimes say. Usually ending something is just shifting your focus towards other goals. For example the Francken Vrij you are reading is, as you might notice, gradually being translated into English. This end of a Dutch Francken Vrij means a shift of focus towards a more international association, which is, by the way, not only a focus point of our association but of the university as a whole.

Not only the Francken Vrij is changing, but also my fellow board members and I are changing our focus. When you will be reading this, we won't be your beloved board members anymore and our successors are in charge of running the association. Hopefully, our focus wil then lie on studying again. Ending a year like this will probably have a weird impact on our daily focus and you will therefore see us at Francken often. 'All good things come to an end', why this peace also has an end. I would like to end with wishing our successors the best of luck in the coming year and I would also like to seize this opportunity to thank my fellow board members, Friso Wobben, Steven Groen and Serte Donderwinkel, for this fantastic year! *Dettig!*

News of the association

This is already the last News of the Association written by me. Luckily, as the end of the year was approaching, the board 'Ingenieus' did not slow down. On the contrary, the final spurt was tremendous and many fun activities were organized. Find out more about it!

By Serte Donderwinkel

Francken Game jam

This year, a new activity appeared on the agenda of the association. At March 6 to 8 the Francken Game jam took place. During this weekend, the different teams were challenged to build a video game or a board game. Experienced game builders gave a training and helped the participants where needed. The results were very impressive! The different games can be played at: http://goo.gl/YzYhoX.

Hitchhiking Competition

Early in the morning of March 14, ten teams of Francken members left for a yet unknown destination. For their transportation they had to rely on the help of kind drivers. After a day full of success, failure, interesting people, psychopaths, sport cars, campers, adventure and fun, everyone safely arrived in Luxembourg.

Beta Business Days

From March 17 to March 19, the Beta Business Days took place. Yes, indeed, this year the BBD took three days instead of two. Furthermore, a congress on renewable energy was organized for the first time during the BBD. However, most elements, like interesting lectures, cases, interviews

and trainings did not change and were good as always. It was an ideal opportunity for science students to orient on possible careers.

SLEF India

At April 13, finally the time had come for 19 brave Franckenmembers to leave for India. It was a very interesting trip during which not only the institutes and companies of India, but also its culture, climate and smell were discovered. The journey was full of contrasts between poor and rich, dirty and clean and hot and air-conditioned. If you want to read more about the adventures of the participants, visit: http://goo.gl/Uhcjty.

Francken beer released

Finally, the time has come that we can come to 'gebouw 13' to enjoy a 'Gebouw 13'. During the Vrijmibo at May 8, after an interesting talk by Vladimir Derenskyi, a researcher from the group Photophysics and Optoelectronics, the homebrewed beer was released. Most people enjoyed it, although

the chairman of the committee went home with a black eye due to a fired crown cork.

Symposium

This year's Franckensymposium was themed 'Light Matters'. Interesting speakers from all over the country and from both universities and companies shed their light on photonics-related topics. The subjects ranged from cloaking to photonic-spintronic memories and from lumieres to the newest lasers. It was a varied and interesting day!

The new board

'Daadkracht!': Jelle, Max, Evelien and Pieter

Jelle Bor

Dear members of the most beautiful Association of Applied Physics T.F.V. 'Professor Francken'. I'm Jelle and I would like to be the president of the 31st board of Francken. Many of you may know me already.

Last year I joined the lustrum committee and in addition you can often find me in the Francken room to chill with the other awesome Francken members, 'it can fine out' (AKA that´s perfect). I'm an astronomy student in the end of my second year and I'm originally from 's-Hertogenbosch. Yes, I know what you're thinking right now. Besides that, I'm a creative and musical person, but for more information about this you should contact me. Another justified observation is that I'm very glad that we're taking the first steps to make our association more international. Note that this piece of text is written in English. Concludingly, I want to say that I hope we are going to have a great year, but I think we don't have to hope for it, we'll make it a fantastic year!

Max Kamperman

Almost three years ago, I moved all the way from beautiful Borculo to Groningen to study Applied Physics. After having a flying start, I found out being a student is more than attending classes and doing exams. Hence, it was time for me to do something more, something different. The first thing that followed was joining the promoteam of Physics, in which I continue to stimulate prospective students to join us at the RUG. Furthermore, I had been planning to join a committee for a while, until I saw the vacancy for the 31st board of Francken. Although I haven't been an active member up to a while ago, I just went for it. And now I am proud to say that, at the time of writing this, I am the candidate secretary and -commissioner of education. It has already been an amazing year, including joining S.L.E.F. to India and moving to *Franckenhuisje* I and I look forward to the amazing time that is coming!

Evelien Zwanenburg

Hi, I am Evelien. Next year I will be doing the finances of our association. Or let's say, next year I hope to be doing the finances, because at the moment I am still candidate treasurer and one never knows what will happen at the General Assembly. At the moment I am a second year Physics student, but I am still not sure whether I want to switch to Applied Physics. This is typically me, to not choose until I really have to make a choice. In my first year I only did the committee that almost every freshmen does, the so called 'Sjaarscie'. This was something I really enjoyed, therefore this year I decided to be in the activity committee, the Fraccie. The activities of the Fraccie are one of the things you can know me from, for example the movie nights, the werewolf activity or the pub quiz. I really liked being an active member and decided to take it a step further, becoming a board member and study a bit less for a year. That is where I am now, almost at the beginning of my board year. I am excited about it and look forward to make next year fantastic with Jelle, Max and Pieter. I hope to see you in the Francken room or at one of the many activities!

Pieter Wolff

Dear Francken members, a beautiful face belongs to a beautiful name. It is not generally known, but the beautiful name behind this beautiful face is Petrus Arnoldus Josephus Wolff, generally known as '*lekkere Pieter*'. After two years of being an active Francken member and being able to nag the boards of T.F.V. 'Professor Francken', I wanted to devote my life to living in the Franckenroom and boardroom and pretend to be doing stuff for the association. Besides being a Francken member, I study Applied Physics, and because of my ambitious and creative mind, I'm also able to follow the Energy and Environment track from physics. Within T.F.V. 'Professor Francken' I am self-declared to be the most beautiful, intelligent, awesome, sexy, and modest member of T.F.V. 'Professor Franken'. Money was never a big motivation for me, except as a way to keep score. The real excitement is playing the game. I'm honoured to play the game for Francken. Not to make us much rich, but to give much to our members.

Focus on Focused Ion Beam

Upon approaching the 20th anniversary of our periodical 'Francken Vrij' this contribution will be my last one, i.e. in my capacity of column writer of 'onder de loep' ('under the magnifying glass'), ….and that is so because eventually this Faculty sends everyone to pension (I thought we are adapting the American educational system?). For me, D-day is September 1st 2015 but nonetheless, as my colleague Sir Peter Hirsch in Oxford-UK was always saying "on pension but not retired, Jeff!". Therefore I plan to stay in active service to the MK applied physics-materials science group as an official 'honorary professor applied physics' in the years to come.

By prof.dr. Jeff Th. M. De Hosson

Fortunately, the theme chosen by Steven, Paul, Serte, Kathinka, Eva and Jasper of the current issue is 'focus', which is indeed the 'focal point' for any microscopist. Historically, two optical systems have made a major impact in science and technology, the telescope and the microscope. Although Galileo was probably not the first to invent the refracting telescope, the rapid development of the instrument during 1609 has resulted in his accreditation as the father of the telescope today. The Dutch spectacle maker Hans Lippershey, holding the first patent ever in history on a telescope, is usually credited for that a few years earlier. Historians attribute the invention of the first microscope to Hans and Zacharias Janssen in the 1590s, see Figure 1. In 1610, a year after his interest in the telescope, Galileo started to work on the microscope. The then new field of science, called "microscopy", opened up the unsuspected world of the ultra-small. The discovery by later scientists, in particular Antonie van Leeuwenhoek in Delft,

Figure 1: left: Zacharias Janssen credited with inventing the microscope. Right: Reproduction of first compound (2 lenses) microscope, circa 1590.

of the existence of bacteria prompted the sterilization of surgical equipment taken for granted today, saving millions of lives ever since.

Interestingly, like Galileo also our Nobel Laureate Frits Zernike (1888-1966) started in astronomy being assistant of Jacobus Cornelius Kapteyn in Groningen (1851-1922) before he turned to (phase contrast optical) microscopy. It goes without saying that optical microscopy has made a substantial contribution to mankind but that is equally true for electron microscopy in the development of new materials. At several occasions in the past (*Francken Vrij* 6.2, 7.1, 8.3, 13.3, 18.3 et cetera) I have addressed recent progress in microscopy, like high-resolution transmission electron microscopy and ultra-fast observations transmission electron microscopy (UFO-TEM), see for more details a recent review in [1].

Also a real breakthrough in microscopy was the development of electron holography. After World War II Dennis Gabor

(Nobel Prize Physics 1971) became interested in the field of electron microscopy, but at that time proper focus and aberrations in electron lenses seemed to fundamentally limit the resolving power of the electron microscope. Therefore, Gabor proposed a different approach, in his own words: 'Why not take a bad electron picture, but one which contains the whole information, and correct it by optical means. No wonder we lose the phase, if there is nothing to compare it to! Let us see what happens if we add a standard to it, a coherent background'. A couple of years ago we were exploring in MK with Tomáš Vystavěl electron holography to unravel functional properties of nano-clusters, indeed a very exciting MK research period!

In particular for applications in materials sciences, we should bear in mind that the actual linkage between the microstructure studied by electron microscopy on one hand and the physical properties of a material is almost elusive. The reason is that various physical properties are determined by the collective dynamic behavior of defects rather than by the behavior of an individual static defect [1]. Having said that, in this contribution I like to 'focus' on something novel for the preparation of specimens, i.e. on 'focused-ion-beams', a new instrumental approach that combines electrons and ions and that may lead to very challenging experimental opportunities to manufacture nano-sized objects.

The actual linkage between the microstructure studied by electron microscopy and the physical properties of a material is almost elusive.

Focused-ion-beam

In the PhD thesis work of Sergey Punzhin we 'focused' on FIB: focused ion beam technology in materials science. The effects of high-energy particles striking a material are a major concern in the nuclear materials industry, where reactor first wall, housings and the components used have to be designed with consideration of the influence of radiation, i.e. alpha, beta, gamma and neutron radiation. Such effects can be extremely detrimental to the operation of any (future) nuclear (fusion) reactor. Amongst them are, for example, the formation of voids within reactor walls, the embrittlement of affected surfaces, the formation of secondary phases or the formation of entirely new materials due to nuclear effects which can lead to the reduction of functionality of critical components like control rods. In the past the Mk group was quite actively involved in this field of research, unraveling the reasons of blister formation and void swelling in the first wall

reactor materials that may poison the hot plasma in fusion reactors [2].

But, high-energy particles may have also a beneficial use. The modern focused ion beam (FIB) instrument has a wide variety of applications in many fields, and is a versatile tool for sample preparation for scanning and transmission electron microscopy specimens. The FIB operates through either deposition or sputtering of materials to perform topological alterations to a specimen. In both cases, ions of a particular species, usually Ga+, He+, Ne+ or Ar+ are excited to a high energy, typically 30kV, and accelerated towards their target. An incident ion imparts a large amount of energy to the target surface and these events result in a series of effects: sputtering of material i.e. the release of the specimen surface atoms, ion implanta-

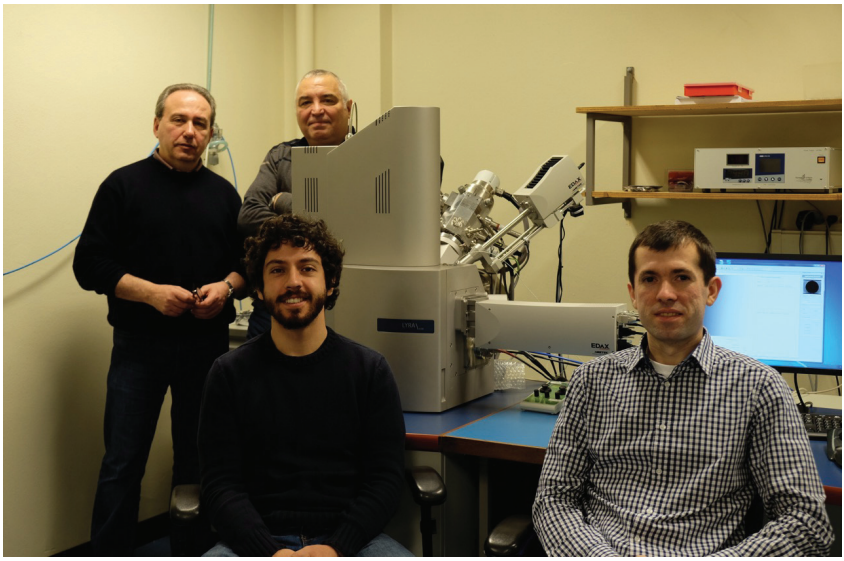


Figure 2: Dual beam FIB/SEM, MK-FIB team, standing David Vainchtein, Vašek Ocelík, sitting in front Diego Ribas Gomes and Mikhail Dutka.

tion and formation of defects along the ion trajectory within the material until it reaches a stopping point. The sputtering effect is the most common and traditional use for the FIB, where material can be precisely and most of the time also quickly removed.

However, a high-energy particle emitted from a FIB entering a material will also transfer its energy to adjacent particles through inelastic collisions. These particles will do the same to their own neighbors in a process of so-called "knock-on" effects. Whilst some particles displaced in this manner will recover to their initial locations in the atomic lattice, others will remain displaced as interstitial atoms, leaving behind Schottky and Frenkel vacancy-interstitial defects. In this manner, a single high-energy particle traveling through a material will create a large amount of defects, and continuous exposure to a beam of high-energy particles will create a defect-rich layer in a material that is approximately as deep as the maximum penetration depth of the accelerated ions. In metallic materials most of the vacancies are annihilated by the self-interstitials. But, a symmetry breaking appears since the image forces exerted on the interstitials closer to the surface are larger and they disappear at the surface that acts as a sink. Also interstitials are rather mobile (above 77 K) whereas vacancies become mobile above room temperature.

In the MK group we use a so-called dual beam FIB/scanning electron microscope (SEM) microscope (Lyra, Tescan, CZ) apparatus, see Figure 2. The ion beam spot size and ion current can be varied. The ion current operates on settings for 1 up to 10000pA and it is measured internally using a Faraday cup. One can envisage that very small, nano-objects of almost any material could be fabricated inside such a dual beam ion - electron microscope. In addition, we have observed a new phenomenon when preparing nanoporous materials.

One can envisage that very small, nano-objects of almost any material could be fabricated inside such a microscope.

As is often the case for many novel materials, interest in producing a nanoporous structure with an anisotropic pore structure stems from observing nature [3]. Specifically, the opalescence effect – variation in color based on direction of observation – seen in butterfly wings (Figure 3) and mother-of-pearl stems from the ordered chitinous scales for the former or calcium plates for the latter serving as photonic diffraction gratings. The brilliant color variation is a light effect described as opalescence and is a result of

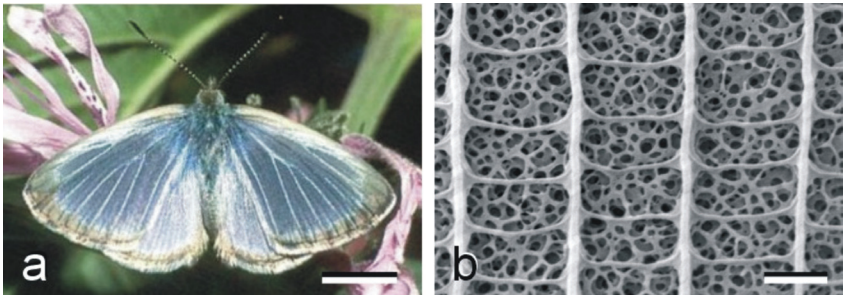


Figure 3: The lycaenid (blue) Zizina labradus (a) has scales that display a strong angular-dependent UV/violet reflection, due to a somewhat irregular porous 3D structure (b). Bars: a: 5 mm, b: 1 micrometer [9]

an ordered nanoporous lattice acting as a series of waveguides, only permitting through light of a particular frequency depending on the viewing direction. The use of waveguide materials such as this has been proposed for use in optical circuitry.

Why are porous materials or metal foams interesting materials, you may ask? The popularity of macrofoams i.e. porous materials where pore size is above the scale of tens of microns, stems from the intersection of a variety of desirable properties in industry [4]. For example, aluminum macrofoam boasts a high stiffness-to-density ratio, high capacity for energy absorption during compression, high temperature resistance, electrical and thermal conductivity, good machinability and cheap production costs. Such properties make macrofoams attractive in the construction and automotive industries, for example (Figure 4) [4,5].

While macrofoams are common materials with known applications in industry, the class of materials known as nanofoams is more exotic [6,7]. In general we may say that nanofoams share many properties with their macrofoam counterparts, such as the high surface-area-to-volume ratio, but also including the capacity for cheap production and easy machinability. In addition, however, nanoporous foams have seen usage in many applications beyond those of macrofoams, including nanofiltration systems, drug delivery platforms, catalysis, sensing and

actuation. A major advantage that nanoporous metals have is the ability to hold a lattice of nanoscale features whilst being able to be easily handled and transported, something metallic nanoparticles, for example, cannot provide.

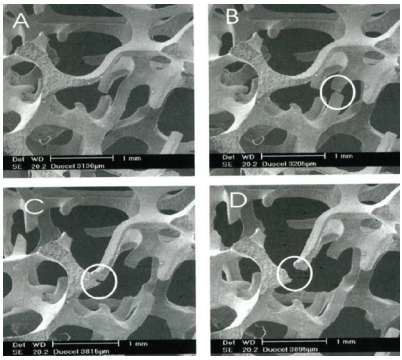
Metal-polymer based actuation materials have been developed in our group that offer extraordinary capacity for induced deformation. Current work by our PhD student Diego Ribas Gomes (see Figure 2) and Master student Jorrit Nijholt and also extensive work by our former MK PhD student Eric Detsi [7], now post-doc at UCLA, USA have demonstrated the potential of nanostructured metals to act as actuators, creating so-called "metallic muscles," with the ability to demonstrate the properties required of the modern actuator: low throughput voltage requirements, high extension yield, strength and stiffness.

Focused-Ion-Beam-Induced Bending

Sergey Punzhin [3,8] executed various experiments inside the focused ion beam /scanning electron microscope on porous nanopillars that were cut from a thin sheet of nanoporous Au, made by free corrosion of Au-Ag binary alloy foil with composition Au35Ag65 at%. The resultant sheet of nanoporous Au is considered to be homogeneously porous, provided that the source material is a high-quality alloy. Pillars then cut from this sheet have the same porosity characteristics as the source sheet. Non-tapering of the nanopillars sides was achieved by using a special Focused Ion Beam (FIB) milling technique (see Figure 5). Common milling techniques introduce tapering, where the cross-sectional area of the pillar decreases as a function of the distance from the base of the pillar such that the pillar is thickest at its base and thinnest at its tip.

When a pillar is exposed to the ion beam, we observed a remarkable phenomenon [3,8]: a gradual deformation towards the direction of the incident ion beam takes place as shown in Figure 6. A Cartesian coordinate system (x, y, z) is used to indi-

Figure 4: In-situ deformation in a Philips XL30-FEG-ESEM of Duocel 40 PPI macro foam with a relative density of approximately 7%. [5].



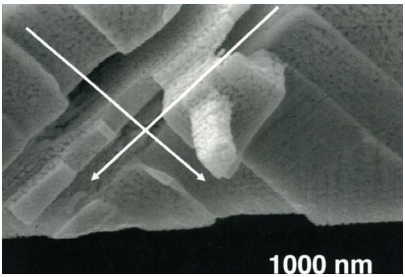


Figure 5: A typical nanoporous Au pillar prepared through FIB [3].

cate the respective directions of the ion beam and the pillars: the ion beam is incident from the y-direction under an angle of 55 degrees up from the y-axis and non-deformed pillars are initially oriented in the x-direction. As illustrated a pillar with initial diameter ~500nm does not undergo noticeable deformation upon ion beam exposure. Rather, a gradual reduction of the pillar diameter is observed. As a consequence, the aspect ratio will increase. As the diameter becomes small, a massive deformation of the pillar is observed, from the initial orientation in the x-direction to a different orientation in the y-direction.

This large deformation in microscopic nanoporous Au samples is very intriguing in the sense that it cannot be achieved in their macroscopic bulk counterparts, which are known for their highly brittle nature. The ion beam technique turns out to be a suitable tool to manipulate microscopic pillars and can therefore be exploited to investigate the mechanical behavior of microscopic samples, provided that a quantitative relationship is established between the ion beam radiation and the deformation of these microscopic samples.

Final remarks

While we have described the ions emitted by the FIB as high-energy, their energy profile compared to the particles used in high-energy nuclear experiments is extremely low, with acceleration energies rarely exceeding 50kV. Indeed we have found a novel approach to the investigation of the deformation of nanoporous Au at the nanoscale by exposing nanoporous Au nanopillars to a focused Ga+ ion beam. The observations regarding deformation- induced –focused-ion-beam exposure opens the possibility for micro-manipulation of extremely fine – easily at the submicron scale – features using nothing more than a combined dual electron –ion microscope. Our recent work demonstrates the capacity of nanoporous materials to deform in a rather ductile manner. In particular we observed a gradual massive deformation effect of the Au pillar (and similar results in Cu, Ni and Al) during Ga+ ion beam exposure, where

the pillar bends towards the ion beam up to extremely high deflections.

The deformation effects observed we have coined Ion-Beam-Induced Bending (IIB). So far, we have designed also a simple theoretical model that grasps the essentials (at least that is what we believe) so as to predict the deflection angle in the direction of the beam that relies on the aforementioned symmetry breaking between vacancies-interstitials during radiation at RT. If IIB can be demonstrated to be predictable at a high accuracy then a path opens to the possibility of using IIB as a method of characterization of the physical properties of extremely fine nano-features that are beyond the capacity of typical physical contact-based techniques to measure. So, let's focus on these ideas in the forthcoming years of MK!

Final chord: signing thankfully and proudly as your column writer and honorary member of the T.F.V. 'Professor Francken', transmitting tons of success to all of you and …..despite…..credit-related grants and loans, performance grants, loan schemes, binding study recommendation and what else do we have today …… do not forget to enjoy student life !

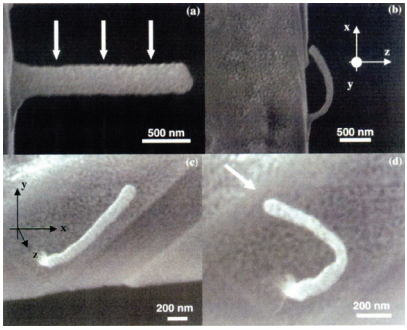


Figure 6: Preparation (upper row) and precision bending (lower row) of Au nanoporous pillar to form a complex shape. Arrows indicate projected direction of beam incidence.

References

[1] J Th M De Hosson, 'In-situ transmission electron microscopy', in: G. Van Tendeloo, D. Van Dyck, and S.J. Pennycook (eds.), Handbook of Nanoscopy, Weinheim: Wiley-VCH, 2012, pp.1097-1151.
[2] J H Evans, A van Veen, J Th M De Hosson, R Bullough, J R Willis, J. Nucl. Materials 125, 298 - 303 (1984)
[3] Sergey Punzhin, Performance of ordered and disordered nanoporous metals, PhD Thesis, University of Groningen, 25 October 2013, Groningen.
[4] E Amsterdam, Structural Performance and Failure Analysis of Aluminium Foams, PhD Thesis,University of Groningen, 18 April 2008, Groningen.
[5] K F L Michielsen, H De Raedt, J Th M De Hosson, Aspects of mathematical morphology. Advances in Imaging and Electron Physics 125 119-195 (2002).
[6] J Weissmuller, R N Viswanath, D Kramer, P Zimmer, R Wurschum, H Gleiter, Science 300, 312 (2003).
[7] E Detsi, Metallic muscles: enhanced strain and electrolyte-free actuation, PhD Thesis, University of Groningen, 23 November 2012, Groningen.
[8] Sergey Punzhin, Eric Detsi, Alexey Kuzmin, Jeff Th. M. De Hosson, J Mater Sci 49 5598-5605 (2014)
[9] G Palasantzas, J Th M. De Hosson, K F L Michielsen, D G Stavenga, In: Handbook of Nanostructured Biomaterials and Their Applications in Biotechnology, Vol. 1: Biomaterials (Nalwa HS, ed.), pp 273-301. 2005, American Scientific Publishers, California, USA.

Looking up

When hearing the theme 'Focus', most of you applied physicists are probably thinking about looking at small things. In India, I got acquainted with so called scanning electron microscopes, and while they are beautiful in their own way, as an astronomer I'd rather look up. I think about telescopes.

By Jasper Pluijmers

There are a few things you need to know about telescopes. First of all: size matters; when building telescopes, bigger is always better. The reason is pretty simple: if you have a bigger telescope, you can collect more light. This automatically means that you need a shorter time of observing in order to obtain the same result, which means more observations can be done. On itself the size is not that much of a problem, but combined with another property of the telescopes this becomes quite problematic. That is, that telescopes do not like atmosphere. Our atmosphere is pretty opa-

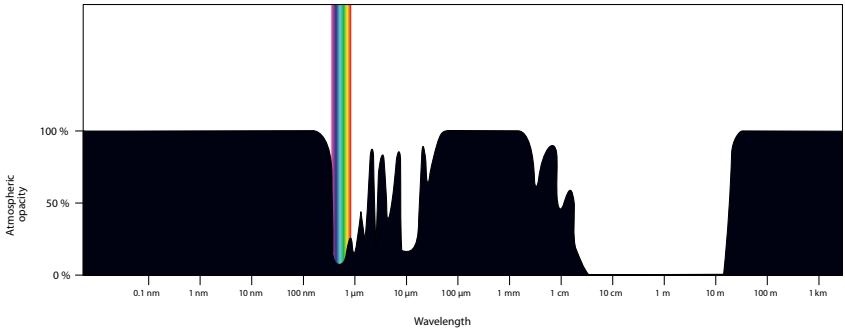


Figure 1: Atmospheric opacity plotted against wavelength.

que for a lot of wavelengths in which we do like to observe. As you can see in figure 1, the only waves that the atmosphere is completely translucent to are radio waves, and it's pretty translucent to the optical regime. As a human I am pretty happy with this property of the atmosphere, as this causes us not to get roasted by a lot of nasty gamma and X-ray sources, but as an astronomerI hate it, because this means that we have to go to space to observe in a lot of wavelengths. And the problem with going to space is that it is expensive and hard (About 10.000 dollars per kilo, which for a 11.000 kg telescope like the Hubble gets pretty expensive).

The Netherlands is the center of one of those big projects.

As we concluded in the previous paragraph, radio astronomy can be practiced on earth, and it is. There are some pretty big radio telescope projects going on right now, the biggest single dish telescope has a diameter of about 300m. Although this looks very cool and it doesn't have to go to space, the practicality of building such a device isn't going up with its size. That's why, instead of going much bigger, radio astronomers build a lot of small antennas and use interferometry to connect them and get very high angular resolutions. The downside of this is that you lose field of view.

The Netherlands is the center of one of those big projects called LOFAR, short for LOw-Frequency ARray. This is a project with antennas here in the Netherlands, connected with some in Germany, Great Britain, France and Sweden (figure 2). LOFAR, being used by scientists all over the world, looks at a lot of things. For example the Epoch of Reionisation, for which LOFAR looks at the 21-cm line in different redshifts, hoping to find out more about this phase of the universe wherein neutral hydrogen suddenly became ionized again.

For the regimes that get filtered out by

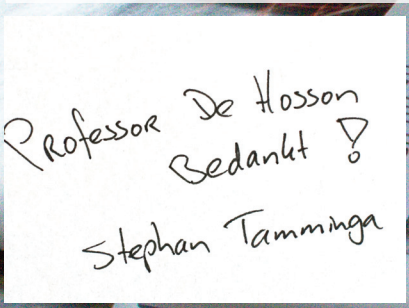
Figure 2: The connection of LOFAR-projects.

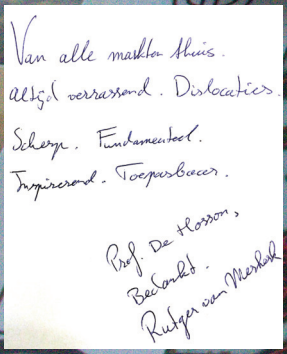
the atmosphere we indeed have to go to space, which brings in a whole lot of other problems. The first thing is that your telescope needs to survive the trip to space; most launches aren't that smooth. It is also a lot harder to change something about your telescope after it has launched. The famous example of course is the Hubble Space Telescope lens. In the weeks after it was launched, they discovered that the mirror was majorly flawed, so they actually had to send a new mission to replace some optic elements which would account for this flaw. When you have accepted the fact that space telescopes are difficult, and worked hard for the realization of such a project, the reward will be glorious. I would like to conclude this text with one of the most beautiful pictures in existence, made by the same Hubble Space Telescope of which I talked before. The Hubble Ultra-Deep field (figure 3) is the deepest possible visible light picture that can be taken. So I want everyone who reads this to look at the picture and take a moment to think about it: almost every object in this picture is a galaxy and these are the oldest object you will ever see in optical light.

Figure 3: Hubble deep space (background).

Ode aan Jeff

Omdat we met z'n alle prof. dr. De Hosson erg dankbaar zijn en erg dankbaar zullen blijven, heeft de redactie haar best gedaan om onze (oud)-hoofdredacteuren te benaderen om hen de kans te geven om onze Jeff nog even persoonlijk te bedanken.





Geachte Prof. Dr. De Hosson (Jeff),

In mijn studietijd in Groningen heb ik met veel plezier in Uw vakgroep materiaal onderzoek gedaan. Als oud hoofdredacteur van het verenigingsblad De Francken Vrij heb ik ook altijd veel steun gehad aan al Uw contributies elk kwartaal. Mijn herinneringen gaan vooral uit naar de 1e lustrum (SLEF) reis naar Zuid-Afrika in het jaar 2000, toen ik zelf actief bestuursl van de T.P.V. Professor Francken was. Deze studiereis was een perfect voorbeeld van een jonge groep gedreven studenten die onder begeleding van een ervaren professor het 'onmogelijke' voor elkaar kregen. De reis was een success en ook een eye-opener hoe Zuid Afrika zich na de Apartheid ontwikkeld had op het gebied van techniek en wetenschap in het bijzonder.

Ik wens U veel success in de toekomst en stuur U hierbij nog een foto van een mooie herinnering aan de Zuid-Afrika reis. Niet echt nano-materiaal, maar wel speciaal.

Met vriendelijke groeten,

Dr. Laurens Henry Willems van Beveren

T.F.V. 'Professor Francken'

Waren er maar meer stukjes zoals die van prof. De Hosson!

Dank,

Arjan Boerma

Beste Jeff,

Bedankt voor al je bijdragen en inzet voor de Franchen Vrij!

Wouter Boer

Beste Jeff,

Bedankt voor al je bijdrager aan de Franchen Vrij!

We hebben ervan genoten!

Paul Wynbergen

Geachte prof. De Hosson,

Beste Jeff,

Heel harkelijk dank voor al je inzet en energie voor de vereniging.

Harkelijke groet,

Mark Schenkel

Beste Jeff,

Bedankt voor alle boeiende bijdrages aan de Francken Vrij!

Jasper Bosch

Beste prof. De Hosson,

Als oud-hoofdredacteur van de Francken Vrij wil ik u hartelijk bedanken voor u bijdrages aan alle (uitroepteken) tot nu toe verschenen edities van ons verenigingsblad. Take care!

Met vriendelijke groet,

Ir. Guus Winter

Tussen de oren

Door Samuel Hoekman

De film 'Fantasia - The Sorcerer's Apprentice' van Walt Disney was bedoeld om Mickey Mouse op een groot voetstuk te zetten. Vlak voor de Tweede Wereldoorlog bracht Disney deze, nu klassieke, animatiefilm uit omdat in deze periode de populariteit van zijn grootorige muis afnam. Oorspronkelijk was het de bedoeling om een klein filmpje met een aantal muziekstukken te maken. Maar nadat Disney Leopold Stokowski, de dirigent van symfonieorkest van Philadelphia, bij de film betrokken had groeide het uit tot een ware productie. Beide heren bleken een ding gemeenschappelijk te hebben: ze waren ontzettende audiofielen! De kijker moest in de bioscoopzaal als het ware omringd worden door het symfonieorkest. Wat op het scherm gebeurde moest je kunnen horen; vloog er een bezem van links naar rechts dan moest je dat zien en kunnen horen. Op innovatieve en ingenieuze wijze ontwikkelden beide heren een surround-systeem voor in de bioscoop waarmee dit mogelijk was. Bovendien werd de muziek levensecht opgenomen door gebruik te maken van akoestiek en tientallen microfoons. Een artistiek pareltje dat zijn tijd vooruit was. Om ruimtelijk te horen heb je twee oren nodig. Met twee oren focus je op de bron van geluid dat je wilt horen en filter je stoorbronnen weg. Hoe werkt dat focussen, of richtinghoren, eigenlijk?

Gehoor

Geluid is een discrete serie drukpulsen door een met gas gevuld medium, waarbij energie botsingsgewijs van molecuul tot molecuul wordt overgedragen. Als we de druk nu refereren aan een vaste waarde,

dan kunnen we een uitspraak doen over de geluidssterkte en de geluidssterkte kunnen we dan weer relateren aan onze waarneming. De moleculaire beweging die op deze manier van punt tot punt wordt overgedragen laat zich weer op een continue manier beschrijven met golfmechanica. Een adequate manier om geluidssterkte zoals de mens dat waarneemt te relateren aan de fysische grootheid druk is door dat logaritmisch te doen:

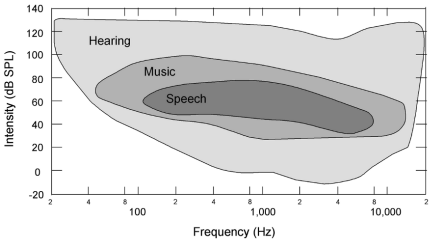
$$SPL = 10log(p/p_0)^2 \qquad (1)$$

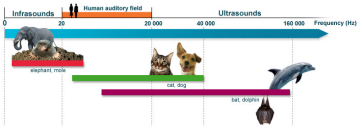
waarbij dB SPL intensiteit in decibel in Sound Pressure Level is , p het (gemeten) drukniveau in Pascal en p_0: een internationaal afgesproken referentiedrukniveau, $2 \cdot 10^{-5}$ Pascal.

Het menselijk gehoor is in staat om hele kleine en hele grote intensiteiten te kunnen verwerken. Overigens neemt de mens naast de intensiteit ook de frequentie op logaritmische schaal waar. De toonhoogte noemen we frequentie, in Hertz. Het zogenoemde dynamische bereik van de mens, tussen net hoorbaar en de pijngrens, is in figuur 1a weergegeven, het frequentiebereik van een aantal zoogdieren is in figuur 1b uitgezet.

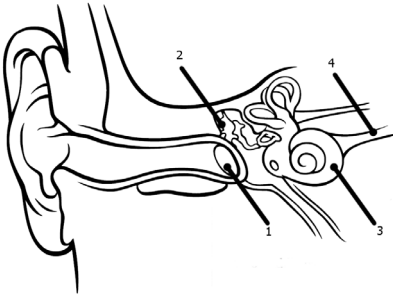
Auditief Systeem

Het gehoor is in technische zin een complex regelsysteem welke uit vier onderdelen bestaat, zie figuur 2. De gehoorgang verbindt de opening van de oorschelp (helemaal links in figuur 2) met het trommelvlies (1). Het trommelvlies is een zeer flexibel membraan welke geluidstrillingen opvangt, vervolgens in verschillende modi gaat trillen en de gehoorbeenketen (2) in

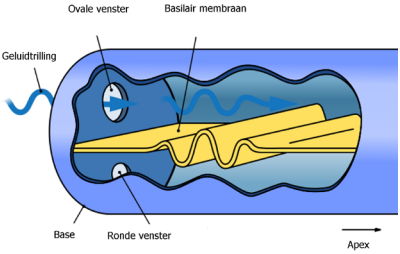




Figuur 1: Het dynamische bereik van de mens (a) en van een aantal zoogdieren (b).



Figuur 2: De onderdelen van het gehoor.



Figuur 3: De cochlea vanbinnen.

trilling brengt. De gehoorbeenketen bestaat uit de hamer, aambeeld en stijgbeugel, die zo genoemd worden omdat ze er op lijken. Dit zijn botjes van een paar millimeter groot. Toch is deze constructie zo gevormd dat er vanwege een hefboomeffect al wat voorversterking van geluid plaatsvindt.

De stijgbeugel is verbonden met de cochlea (3) via het ovale venster. Dit venster is een beweegbaar membraan dat de vloeistoffen in het slakkenhuis in trilling brengt. De cochlea is ongeveer 3,5 cm lang, en is in 2,5 winding opgewonden. In de cochlea bevinden zich drie kanalen, elk gevuld met twee verschillende vloeistoffen. In figuur 3 is een simplificatie van het binnenste van de cochlea weergegeven. Je ziet een stukje uitgerolde cochlea met daarin twee kanalen gescheiden door een geel membraan welke in trilling is doordat de vloeistof in de cochlea in trilling is. Dit gele membraan stelt het basilaire membraan voor, een plaat waarop zich haarcellen bevinden (niet in het figuur zichtbaar). Deze cellen zijn verbonden met de gehoorzenuw. Haarcellen hebben de eigenschap dat ze potentiaalverschillen genereren als het basilaire membraan heen en weer trilt. Dit potentiaalverschil wordt actiepotentiaal genoemd en wordt door de zenuw (4) overgedragen naar de hersenen. Haarcellen zijn frequentiespecifiek verdeeld in de cochlea en dat houdt in dat vooraan (base) de hoge frequenties gerepresenteerd zijn en achterin (apex) de lage frequenties.

Auditieve cues

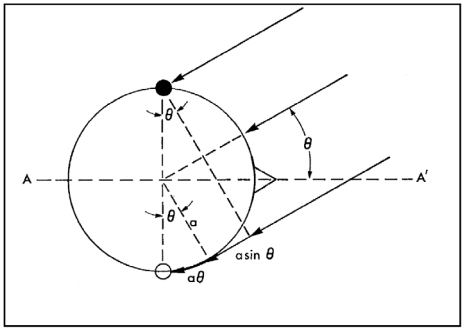
In het dagelijkse leven wordt echter van zowel de oren als ogen gebruik gemaakt om te bepalen waar geluid vandaan komt. Maar goed, je kunt met twee (normale) oren in principe de richting van waar een geluid vandaan komt bepalen en ook een afstandschatting geven. In het horizontale vlak maak je gebruik van drie soorten cues: verschillen in geluidsignalen tussen beide oren. De bekende Lord Rayleigh was de eerste die aantoonde dat zulke verschillen voor de mens hoorbaar zijn.

Allereerst hebben we een interauraal (=tussen beide oren) verschil in intensiteit: interaural level difference (ILD). Het hoofd zal geluidsgolven reflecteren en breken en wel de geluidsgolven die in lengte ongeveer even groot als het hoofd zijn. Met andere woorden, geluid dat bij het oor aan een kant van het hoofd komt is sterker dan het oor aan de andere kant. We noemen dit hoofdschaduweffect en het oor het verst van de geluidsbron ligt in de luwte. Voor geluid vanaf 3 kHz wordt dit effect sterker. De hoek van waar het geluid vandaan komt en de oorschelp van het oor dat het dichtst bij de bron zit spelen een rol; hiermee kan het verschil in geluidssterkte wel 40 dB worden. Daarnaast heb je in het verschil in fase; interaural phase difference (IPD) en verschil in (aankomst)tijd; interaural time difference (ITD). Verschil in afgelegde weglengte, dus ITD, hangt af van de afstand, de grootte van het hoofd en de hoek van waar het geluid vandaan komt. Zie figuur 4. Om dit in fysische termen te vatten kunnen we een klein model maken voor het verschil in weglengte D:

$$D = a(\theta + sin\theta), \qquad (2)$$

Waarbij a de straal van het hoofd is in meters, en θ de invallende hoek in bv. graden. Het verschil in aankomsttijd T is dan:

$$ITD = \frac{D}{v} \qquad (3)$$

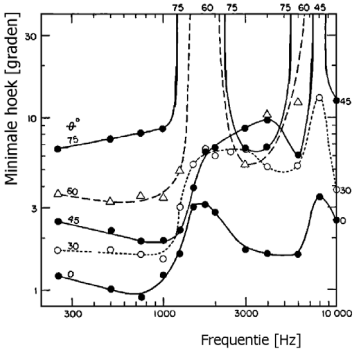


Figuur 4: Afhankelijkheidsfactoren ITD.

Waarbij v de geluidssnelheid is, vaak zo'n v = 343 ms-1. Het IPD kunnen we berekenen door:

$$IPD = 2\pi f(ITD) \qquad (4)$$

Waarbij f de frequentie is van het signaal. Onder de voorwaarden dat het brongeluid een kortdurend, periodiek en continu uitgezonden geluid is, komt theorie aardig met experiment overeen, maar om deze beschrijving algemener te maken moet bedacht worden dat de golfsnelheid eigenlijk niet onafhankelijk is van de frequentie. De fase-, groeps- en informatiesnelheid moeten namelijk meegenomen worden. Uit experimenten blijkt dat er in de ITD uit de verschillen tussen de fase- als in de groepscomponent van de golf aparte lokalisatie-informatie gewonnen wordt. Voor geluid kleiner dan 3 kHz speelt het faseverschil een grotere rol bij het lokaliseren.
De kleinst mogelijke verandering in hoek θ Minimum Audible Angle (MAA), die je kunt waarnemen is ongeveer 1 graad. Dit komt overeen met een ITD van zo'n 10 microseconde. Deze hoek hangt echter ook nog van de frequentie van het geluid af, zie figuur 5. Voor spraak geldt een andere minimale hoek omdat spraak bestaat uit snelle klankwisselingen. Bij spraak zijn intensiteitverschillen belangrijker.



Figuur 5: Minimum Audible Angle als een functie van frequentie.

Oorschelp

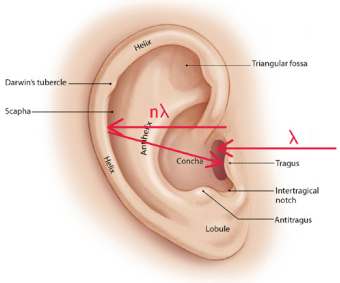
De oorschelp speelt een belangrijke rol bij het richtinghoren. De oorschelp werkt, afhankelijk van de afstand en richting, als een geluidsfilter. Geluidsgolven die van achter komen met een lengte kleiner dan de oorschelp komen niet of verzwakt om de oorschelp heen; dat zijn geluiden met een frequentie groter dan 2 kHz. Geluid dat het oor bereikt valt op de oorschelp, daarvan valt een deel direct in de gehoorgang en een deel wordt door de helix naar de gehoorgang gereflecteerd, zie figuur 6. Dit

gereflecteerde geluid legt een langere weg af en komt dus vertraagd aan bij de gehoorgang. Bij de gehoorgang wordt dit geluid bij het rechtstreekse geluid opgeteld. Als het gereflecteerde geluid door de langere weg een halve golflengte scheelt met het directe geluid dan komt het in tegenfase aan bij de gehoorgang en wordt het geluid verzwakt. Heeft het gereflecteerde geluid nu zo'n golflengte dat de langere weg een hele golflengte scheelt, dan komt het geluid in fase bij de gehoorgang aan vindt er versterking plaats. Ook hier speelt de hoek waaronder geluid vandaan komt een rol, maar in het algemeen wordt geluid met frequenties lager dan 2,5 kHz verzwakt en geluid groter dan 5 kHz versterkt. Op deze manier bepaal je ook de hoogtehoek van het geluid, zie figuur 7, je ziet dat het geluidsspectrum van het geluid van recht van voren verschilt met het geluid van boven.

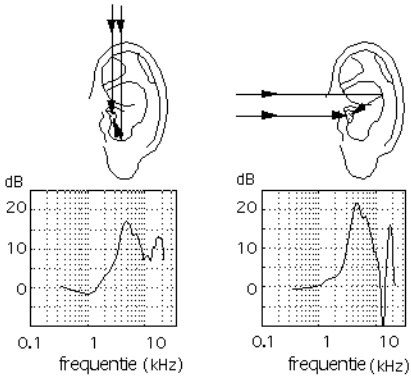
Een Centrale Rol

Als je de vorm van de oorschelp verandert, bijvoorbeeld door een oorschelpmal aan te brengen met slechts een gat voor de gehoorgang, dan blijkt dat het vermogen om ruimtelijk te horen, met name in de hoogte, wegvalt. Echter, dit vermogen herstelt zich langzaamaan weer totdat nauwkeurige lokalisatie weer mogelijk is. Je leert als het ware horen met nieuwe oren. Opmerkelijk is vervolgens dat als je de oorschelpvorm weer herstelt, door het verwijderen van de mallen, je direct weer goed lokaliseert; je hoeft het dus niet 'terug' te leren. Dit wijst op een adaptief centraal mechanisme, dus een lerend mechanisme op hersenstamniveau bij het ruimtelijk horen.

Stel, je hebt een complexe auditieve scene, zoals bijvoorbeeld tijdens een borrel of in de kroeg, hoe komen de bovengenoemde processen dan samen zodat je a) überhaupt kunt verstaan en b) ook nog eens kunt focussen op hetgeen je wilt verstaan? In de audiologie wordt dit fenomeen dat je kunt focussen en verstaan in rumoer het sinds 1953 het "Cocktail Party Effect" genoemd. Toentertijd was de cocktail party waarschijnlijk de meest rumoerige situatie



Figuur 6: De rol voor de oorschelp bij het richtinghoren.



Figuur 7: De hoogte-hoek van geluid.

waarin gehooronderzoekers zich konden bevinden.

De akoestische cues die je van oren krijgt worden kennelijk door een centraal (dus een neuraal) regelsysteem geïntegreerd. Ruimtelijke cues zijn hierbij belangrijk, want hoe meer een stoorbron fysiek van een doelbron gescheiden is, hoe beter deze doelbron hoorbaar wordt. Bij het centraal van elkaar scheiden van verschillende bronnen maak je gebruik van een verschijnsel dat het Binaural Masking Level Difference (BMLD) wordt genoemd. Binaural betekent hier gebruikmakend van beide oren en masking slaat op het maskerende effect van stoorgeluid op hetgeen je wilt horen. Een simpel voorbeeld van hoe je met BMLD verschillende bronnen scheidt met twee oren is het volgende: als je aan één oor een zuivere toon en tegelijk een breedbandige ruis laat horen en je maakt de ruis voldoende hard zodat de toon net niet meer te horen is en je biedt vervolgens op het andere oor die ruis identiek aan, dan wordt de toon weer hoorbaar; er is dan een ruisonderdrukkend mechanisme door het horen met beide oren! Dit voorbeeld geeft aan dat je beide oren op een centraal niveau beide signalen analyseert en zó bewerkt dat de toon weer hoorbaar wordt.

Centraal gebeurt het volgende: informatie (reeksen actiepotentialen uit de cochlea), worden van beide oren met elkaar vergeleken in bepaalde gebiedjes in de hersenstam. Vanuit de natuurkunde zal het je misschien bekend voorkomen: het principe is gelijk aan die van de coïncidentiemeting. Luidheid van signalen wordt in een bepaald gebiedje in de hersenstam gemeten door cellen die hiervoor specifiek gevoelig zijn en vervolgens vergeleken met luidheden afkomstig van het andere oor. Ook de tijdverschillen tussen de oren blijven in het neurale systeem behouden door triggering tussen beide cochlea's; geluid dat de basilaire membranen van beide cochlea's in trilling

brengt leidt alleen tot een actiepotentiaal als deze trilling gelijkgericht is. Zo blijft tijdsverschil- (fase)informatie behouden. Vanaf je geboorte heb je geleerd om het signaal dat je na deze verwerking hoort te koppelen aan een richting en zo goedmogelijk in rumoer te verstaan.

Onderzoek naar hoe het auditieve systeem precies weet waar welk geluid vandaan komt al dan niet in aanwezigheid van stoorbronnen is een heel actief veld. Duidelijk is dat geluidsverwerking al bij de beide oorschelpen begint en dat dit stereogeluid op een fascinerende manier omgezet en verder verwerkt wordt door het zenuwstelsel tot een ruimtelijke geluidsensatie. Net als de film Fantasia een knap staaltje techniek!

Leesvoer

http://en.wikipedia.org/wiki/Fantasia_(1940_film)
www.audiologieboek.nl
Ligtenberg, C. L. & Wit, H. P. (2012). Audiologie en audiometrie. Coutinho.
Carlile, S. (1996). Virtual Auditory Space: Generation and Applications. R. G. Landes Company.

Samuel Hoekman (1985) is klinisch fysicus-audioloog in opleiding. Van 2004 – 2011 studeerde hij Experimentele Natuurkunde aan de RUG. Op dit moment is hij werkzaam bij het Universitair Medisch Centrum Groningen, waar hij, naast patiëntenzorg, ook onderzoek doet naar geluidsverwerking op hersenstamniveau. Daardoor heb je misschien een aantal medestudenten met oordopjes zien rondlopen. Via sn.hoekman@gmail.com is hij bereikbaar voor vragen en commentaar.

Proton beam radiotherapy
Getting the patient into focus

The amount of imaging that is performed in hospitals worldwide is constantly increasing. Apart from this increase in volume, multimodal imaging, in which images obtained with different methods are combined, is becoming more important. This development is also seen in the field of radiotherapy, the treatment of cancer with ionizing radiation. Improving radiotherapy through imaging is most relevant when using beams of protons or heavier ions. New developments in imaging are needed to obtain better information of each individual patient before treatment as well as to verify whether each single irradiation was delivered according to plan.

By P. Dendooven et al.

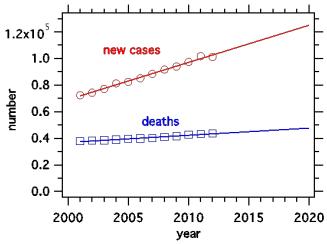
The research programme of the Medical Physics group of KVI-Center for Advanced Radiation Technology (KVI-CART), University of Groningen, is focussed on these developments. This research programme is performed in collaboration with the University Medical Center Groningen (UMCG) in the Groningen Particle Therapy Research Center (PARTREC), which is associated with the UMC Groningen Proton Therapy Center presently under construction on the UMCG campus and expected to treat the first patient in 2017 (Figure 1).

The advantage of protons

Since 2008, cancer is the leading cause of death in the Netherlands. Over the past

Figure 1: Impression of the UMC Groningen Proton Therapy Center [1].

Figure 2: New cancer patients and cancer-related deaths per year in the Netherlands in the period 2001-2012 [2]. Extrapolation to 2020 of a line through the data points indicates the expected trend.



10 years, the amount of new patients has increased by almost 3% per year and this trend is expected to continue in the next decades (Figure 2). The number of cancer-related deaths increases at a lower rate: over the last decade, a little over 1% per year. This shows that cancer treatment is gradually becoming more successful, but still leaving a lot of room for improvement.

For slightly more than 50% of all cancer patients radiotherapy, in which the tumour is irradiated with high-energy photons, is a part of their treatment. In general, tumours are surrounded by healthy tissue. This will be damaged by the irradiation, often resulting in a long-term negative influence on the quality of life of the patient. One of the major challenges of radiotherapy is to avoid irradiating healthy tissue. When using photons, a further reduction of the irradiation of healthy tissue is difficult because photons deposit their radiation dose gradually as a function of the depth in the tissue. Irradiations with protons can provide a solution: protons deposit their maximum dose at a specific depth, the so-called Bragg peak, which depends on their energy. Behind the Bragg peak the deposited dose quickly drops to zero. In order to completely irradiate a tumour that is usually larger than the width of the Bragg peak, a set of proton beams with precisely chosen energy and intensity is used. In comparison with photon irradiations, the ratio of dose to the tumour and the unavoidable dose to healthy tissue is much more favourable in proton irradiations (see Figure 3 for an example).

The proton therapy workflow

The planning and execution of a proton radiotherapy treatment contains several steps (Figure 4). On the basis of a CT image (Computed Tomography: 3-dimensional (3D) X-ray image) and other diagnostic information, the radiation oncologist localizes the tumour and identifies surrounding healthy tissue and organs. The radiation dose that needs to be given to the tumour as well as the maximum doses to the surrounding tissue and organs are then determined. The identification of organs-at-risk, for which a specific maximum dose may under no circumstances be exceeded, is

very important in this process because of possible complications. In the next step, the medical physicist is responsible for generating the treatment plan: the properties (energy, intensity and direction) of the proton beams that need to be fired at the patient in order to realise the dose distribution prescribed by the oncologist. To generate a treatment plan, the CT image needs to be translated to the 3D distribution of the proton energy loss in the patient. A treatment plan is usually executed over a period of 20 to 40 days: each day the full treatment plan is executed with a fraction of the overall dose, allowing healthy tissue to recover in between irradiations.

Physics for improved proton therapy

The research of the Medical Physics group of KVI-Center for Advanced Radiation

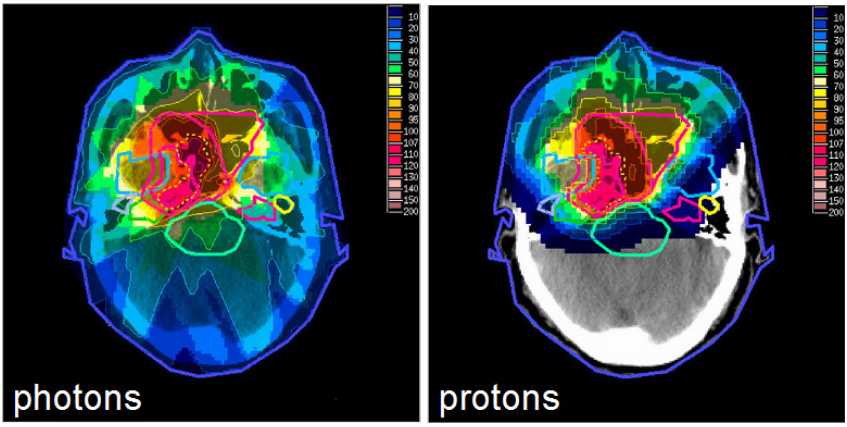


Figure 3: Comparison between a radiotherapy treatment plan using photons (left) and protons (right) for a tumour in the head-and-neck region [3]. Shown is a cross section through the head with the treatment plan (in colour) overlaid on top of the CT image. The colour scale indicates the radiation dose delivered; the red area receiving the highest dose is the tumour. In both cases, the tumour receives the same dose. However, in the treatment using protons, the dose in healthy tissue is much lower, in this case mostly in the brain. It is also clear that irradiations from more directions are needed when using photons.

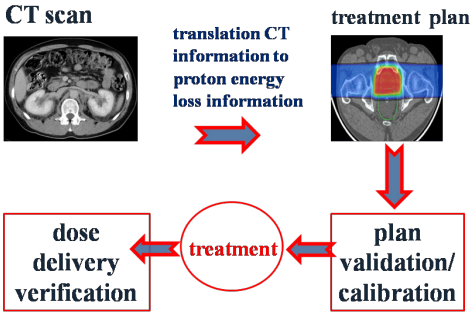


Figure 4: Schematic proton therapy workflow. See text for more information.

Technology [4] aims at improving proton therapy. We focus on (1) better treatment plans by providing more accurate information on the proton energy loss in the patient; (2) validation of treatment plans and (3) optimization of methods to verify whether an irradiation is performed according to plan.

Improved patient information

The fact that protons deposit a high dose in a relatively sharply defined volume of tissue means that the preparation and execution of an irradiation is more critical when using protons than when using photons. Indeed, a small shift of the irradiated volume with respect to the tumour can result in a high dose in healthy tissue and a too low dose in part of the tumour. Proton therapy planning is based on knowledge of proton range, the distance protons travel in the patient (the tumour and surrounding tissue) before they have lost all their energy. Presently, the range is determined by translating the CT image information into a 3D distribution of the proton energy loss. Since photons (used to make the CT image) and protons interact with matter in different ways, this translation results in an uncertainty of the proton range of about 3%, so 3 to 6 mm for tumours at a depth of 10 to 20 cm. This uncertainty is taken into account in the treatment planning process by including comparable safety margins around the tumour and organs-at-risk, but leads to suboptimal treatment plans in which more healthy tissue is irradiated than is in principle needed. From the clinical point of view, a lot can be gained by reducing the uncertainty in proton range to about 1%.

Reducing the proton range uncertainty for each individual patient requires more information concerning the anatomy and elemental composition of the tissues traversed by the protons in the patient. KVI-CART and the University Medical Center Groningen (UMCG) collaborate to investigate the usefulness of innovative CT tech-

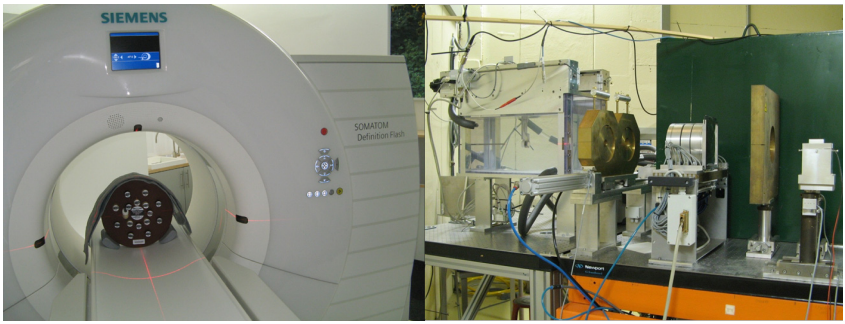
niques for this purpose. At the moment, the benefit of combining two CT images recorded at different X-ray energies, is assessed. Use is being made of dual energy CT (DECT) scanners that became available only recently. The way photon interactions depend on the density and composition of matter changes with photon energy. Therefore, DECT images yield more information on density and composition of the patient than standard CT images.

The research at KVI-CART uses a set of tissue equivalent materials of known composition. DECT images of these materials are made using a DECT scanner made available by Siemens (Figure 5, left). The energy loss of protons in these materials is determined with great precision during experiments with proton beams from the AGOR accelerator at KVI-CART (Figure 5, right). In these experiments, the range of protons can be determined with an accuracy of better than 0.1%.

Plan validation and calibration

The use of DECT results in more information, but does not avoid the fundamental issue of photons and protons interacting in a different way with matter. A better way, in principle, to determine the energy loss of protons in a patient is to use protons to obtain this information. By shooting a pro-

Figure 5: DECT scanner during the imaging of tissue-equivalent materials at Siemens (left); Setup at KVI-CART for measuring the energy loss of protons in different tissues (right).



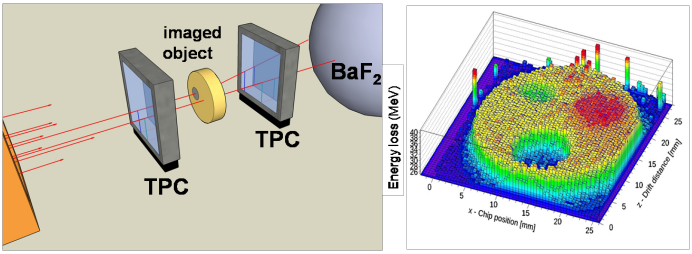


Figure 6: Left: Scheme of the proton radiography setup. Right: Proton radiograph of a CT solid water cylinder with three cylindrical inserts of different materials (air, water, glycerol), measured at KVI-CART.

ton beam through the patient and measuring both the proton scattering angle and the energy loss, a 2D image of the proton energy loss can be obtained that can be compared with predictions from the software used for treatment planning. In practice it is not really feasible to perform such proton radiography for each patient, mainly because the maximum proton energy available at treatment facilities (230 to 250 MeV) is not high enough for all patients. We therefore investigate how proton radiography can be used to better interpret (calibrate) information obtained via modern CT techniques. In collaboration with Nikhef in Amsterdam, detectors are developed for proton radiography based on recent developments in high-energy physics. These detectors, so called time projection chambers (TPC), allow the determination of the direction and position of individual protons before entering and after leaving a material (Figure 6). A scintillation detector (BaF2) is used to measure the residual energy of the proton. Comparing a measured radiograph (Figure 6) with a radiograph calculated on basis of CT-based information allows validation and/or calibration of the proton energy loss properties of a material.

In a state-of-the-art therapeutic proton irradiation thousands of so-called pencil beams are used to paint the tumour with the prescribed dose. The pencil beams have different energies to vary the position of the Bragg peak and thus the spot with the maximum energy loss. These pencil beams are defined in the treatment plan. To validate the treatment plan, the plan is delivered in a water volume and the dose is

measured at various positions in this volume. At KVI-CART we are developing a fast method to obtain a full 3D-dose profile by adding dose sensitive fluorescent material to the water and measure the fluorescence by a CCD camera at three sides of the water volume (Figure 7).

Dose delivery verification

While administering a radiation dose to a patient, discrepancies with respect to the treatment plan can occur due to e.g. anatomic changes since the treatment plan was made, uncertainty in the proton range (see above), uncertainties/errors in the positioning of the patient relative to the proton beam and errors in the execution of the treatment plan. Because protons, as compared to photons, deposit their dose more locally (the Bragg peak), such discrepancies are more likely to result in unacceptable errors in the dose that is actually delivered. Making full use of the advantages of protons thus requires a method of in-vivo dose delivery verification such that, if needed, the treatment can be adjusted. At the moment, the only practical method is positron emission tomography (PET) of the radioactive isotopes that are created through nuclear reactions of the proton beam in the patient. The distribution of these isotopes in the patient after irradiation indicates where the protons passed and are thus correlated to the dose delivered.

KVI-CART and UMCG collaborate in an investigation of the clinical benefit of in-vivo

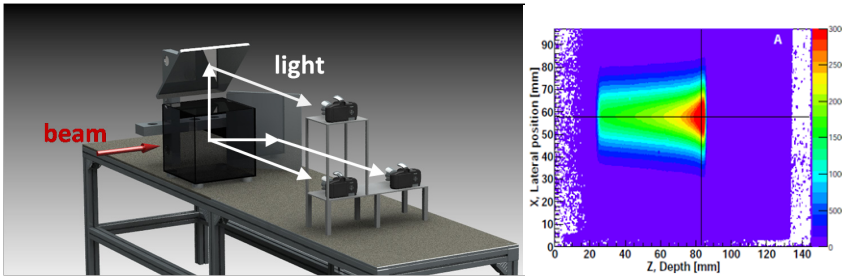


Figure 7: Left: Scheme of the optical 3D proton dose profile measurement. Right: Example of a 2D light intensity profile that is proportional to the proton dose profile, measured at KVI-CART. Protons enter from the left. The red colouring indicates the relatively higher dose in the Bragg peak.

verification of the dose delivered by means of PET. We make use of accurate and realistic Monte Carlo simulations based on patient data. Some results are shown in Figure 8. We recently showed that a flexible PET scanner consisting of 2 small panels makes as good images as a several times more expensive and less flexible commercial scanner. We work in parallel on the development of state-of-the-art PET equipment making use of the latest technology.

Getting the patient into focus

The combination of novel imaging techniques will lead to improved proton therapy treatment. It is essential is to obtain accurate information on the proton energy loss in the patient and to have in-vivo verification of dose delivery, and to combine this information with the treatment planning system. At KVI-CART, novel technology for this purpose is developed and its clinical benefit investigated.

References

[1] http://aasgroningen.nl/project/proton-therapy-centre-groningen/

[2] Nederlandse Kankerregistratie, beheerd door het Integraal Kankercentrum Nederland (IKNL), www.iknl.nl, september 2014

[3] Taheri-Kadkhoda et al, Radiation Oncology 2008 3:4

[4] www.rug.nl/kvi-cart/research/mp/

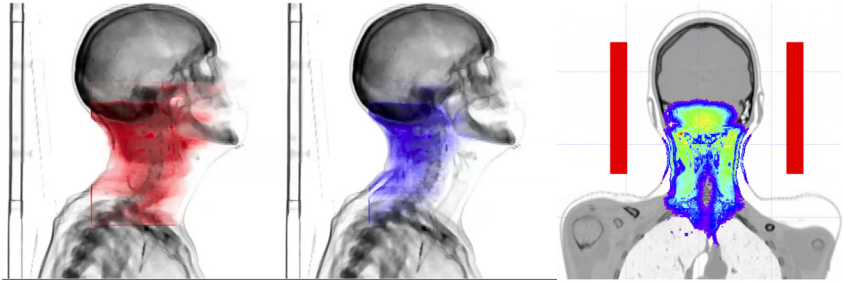


Figure 8: Left: simulated dose distribution (red) by proton irradiation. Center: distribution of oxygen-15, most often the most important radioactive nuclide created by the proton beam. Both distributions are superposed on top of the CT image on which the treatment plan is based. Right: PET scanner consisting of two small panels (red) in the optimum position for this specific irradiation and patient.

Hoe slechter de lens, hoe beter het beeld

Inderdaad, de titel verklapt het al, ik heb besloten Remko weer af te lossen. Het was natuurlijk wel prettig om even een flink stuk over echte theoretische fysica te lezen, en niet die semi-toepasbare onzin die ik elke keer uitkraam. Maar ach, ik ben tenslotte ook geen echte theoreet, en theorieën over multiversa zijn wat mij betreft dan ook 'gebrabbel in de ruimte'. Daarom heb ik besloten om toch maar weer een stukje optica aan te snijden en het lijkt deze keer nog prima binnen het thema passen ook.

Door Jasper Compaijen

De titel is misschien een klein beetje provocerend voor de fotografen onder ons (soit), voor anderen nodigt hij misschien uit om de schijnbare tegenstelling te begrijpen (bravo) en de echte ingenieurs denken misschien dat ze nu een supergoede lens kunnen maken uit … (sterkte).

Het doel van een camera of microscoop is om zo veel mogelijk informatie over het te bestuderen object te verkrijgen. De algemene aanname is dat de informatieoverdracht het grootst is als de beeldvorming ideaal is, dat wil zeggen, als het beeld gelijk is aan het object, afgezien van een vergroting. In de praktijk is het vaak zo dat een goede (vaak dure) lens in staat is om heel dicht bij die perfecte afbeelding te komen. Mindere lenzen bevatten vaak zogenaamde aberraties, oftewel lensfouten. Enkele bekende voorbeelden hiervan zijn sferische aberratie, te sterke breking aan de rand van de lens, astigmatisme (de reden dat ik bildragend ben) en coma, asymmetrie van de lens, niet te verwarren met het resultaat van een shotglaasje tequila op je oogbol.

Alle aberraties zorgen ervoor dat de verkregen afbeelding zal afwijken van de perfecte afbeelding en dat, volgens de algemene aanvaarde opvatting, de informatie-overdracht dus minder zal zijn. Zoals je misschien al zou verwachten, klopt dit helemaal niet. Het enige is dat we moeten af-

stappen van het idee dat de afbeelding die het meest op het object lijkt, ook per se de meeste informatie over het object bevat. Een bekend voorbeeld is het bestuderen van een zwak-fase-object, dat onder ideale omstandigheden een uniforme verdeling in het beeldvlak geeft, en dus geen informatie over het object bevat. Als het object een klein beetje uit focus bekeken wordt, krijgen we het object echter wel te zien, hetzij een beetje vervaagd.

Laten we eerst eens kijken hoe we kunnen bepalen hoe veel informatie een beeld bevat. Om hier iets over te kunnen zeggen, moeten we eerst weten hoe een beeld eigenlijk gevormd wordt. In Figuur 1 staat de beeldvorming in een microscoop schematisch weergegeven.

In het brandpuntsvlak zien we het Fraunhofer diffractiepatroon, gegeven door Fouriertransformatie van het object:

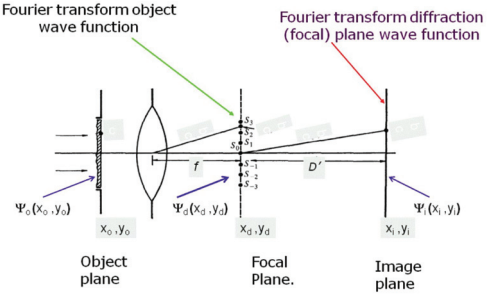
$$\Psi_d(x_d, y_d) = \int_{-A}^{+A} \int_{-B}^{+B} \exp\left(i\frac{x_d x_0}{f} + i\frac{y_d y_0}{f}\right)\Psi_0(x_0, y_0)dx_0 dy_0$$

In deze vergelijking is f de brandpuntsafstand en zijn A en B de afmetingen van de opening in het object vlak. Er bestaat een soort gelijke relatie tussen het diffractiepatroon Ψ_d en de beeldfunctie Ψ_i:

$$\Psi_i(x_i, y_i) = \int_{-E}^{+E} \int_{-G}^{+G} \exp\left(i\frac{x_d x_i}{D'} + i\frac{y_d y_i}{D'}\right)\Psi_0(x_d, y_d)dx_d dy_d$$

waarbij E en G nu de afmetingen zijn van de opening in het brandpuntsvlak. Feitelijk bestaat het maken van een afbeelding dus uit het twee keer Fouriertransformeren van het object. Aangezien twee keer de Fouriertransformatie nemen resulteert in de oorspronkelijke functie, afgezien van een constante factor (de vergroting!), geeft dit meteen een duidelijk idee van het maken van een afbeelding. Indien E en G oneindig

De algemene aanname is dat de informatie overdracht het grootst is als de beeldvorming ideaal is



Figuur 1: Beeldvorming in een miscroscoop.

Figuur 2: Harry Nyquist.

zijn, levert dit een perfecte afbeelding op. Voor het realistische geval van een eindige apertuur moeten we dus feitelijk de functiewaarden bepalen van het Fraunhofer patroon in het vlak (-E,+E,-G,+G). Naïef gezien zouden we zeggen dat we zo veel mogelijk informatie over het object krijgen als we maar zoveel mogelijk punten uit dit vlak nemen. Dit blijkt echter niet waar te zijn; interessant genoeg zijn er een eindig aantal, statistisch onafhankelijke punten, gegeven door $\mathrm{x}_{d,n} = n\pi D'/E$ en $\mathrm{y}_{d,m} = m\pi D'/G$. Dit volgt uit het zogenaamde Nyquist-bemonsteringstheorema (wat echt een prachtige vertaling is van *sampling theorem*) voor bandgelimiteerde functies. De optimale informatie-overdracht vindt dus plaats als alle punten die binnen de apertuur liggen, worden meegenomen in de beeldvorming. Om iets te kunnen zeggen over de invloed van lensfouten op de informatiedichtheid van het beeld, moeten we dus weten wat er met $\mathrm{x}_{d,n}$ en $\mathrm{y}_{d,m}$ gebeurt. Het is vast niet heel verrassend dat het behoorlijk ingewikkeld is om dit af te leiden voor elk type aberratie. Er zijn er echter behoorlijk wat die er voor zorgen dat de *sampling* punten dichter op elkaar komen te liggen, en dus meer onafhankelijke punten binnen de apertuur vallen. Dit betekent dat lensfouten er dus wel degelijk voor kunnen zorgen dat de afbeelding meer informatie over het object geeft dan in het geval van een perfecte afbeelding. Een slechte lens kan dus beter zijn dan een perfecte lens, belangrijk is wel dat we exact weten hoe slecht de lens eigenlijk is. En met deze wijze woorden rust de theoreet weer zijn koffer.

In het buitenland

Theoretische Natuurkunde in Stockholm

Door Casper Dijkstra

Gedurende langere tijd wist ik dat ik graag een uitwisselingsprogramma wilde doen. Vele mogelijke bestemmingen hebben de revue gepasseerd en vele hiervan zijn binnen de kortste keren weer weggestreept.

- Valencia: hoewel het een prachtige stad is, zijn Engelstalige colleges die toch Spaanstalig blijken te zijn geen pretje met een A1-talenkennis in het Spaans.
- Wenen: een soortgelijk probleem speelt hier. Hoewel er een uitwisselingscontract is, blijken er veelal Duitse colleges te worden gegeven.

Als klap op de vuurpijl was dit uitwisselingsprogramma in de natuurkunde met de RuG recent opgezegd en had ik een Spaanse natuurkundestudent ontmoet die na zijn derde studiejaar nog geen kwantummechanica en speciale relativiteitsleer was tegengekomen, waardoor de generalisatie dat Spanje niet *mi destinacion* zou zijn onvermijdelijk was. Opties als Leuven en Brussel bleven over: prima onderwijs, maar de charme van een uitwisselingsprogramma doen valt mijns inziens nogal in duigen wanneer je nog Nederlands alom hoort. Een optie die me nog enigszins aantrok was Umeå, een flinke studentenstad in Zweden. Echter, het idee om naar een 2,5 keer zo kleine stad als Groningen te gaan die pal onder de poolcirkel blijkt te liggen (400 km) trok mij ietwat minder aan. Kortom, graag wilde ik gebruik maken van de flexibiliteit die gepaard gaat met studeren aan een kleinschalige studie. Misschien moest ik zelf maar universiteiten benaderen in plaats

van te blijven hangen bij deze opties, dus ik maakte snel mijn keuze voor Zweden. In mijn verwachting zou je hier, net als in Nederland, een garantie hebben dat het onderwijs van een degelijk niveau is. Verder spreekt hun bevolking vloeiend Engels, hebben ze prachtige glooiende landschappen, staat het vrouwelijk schoon daar ook niet bekend om haar afstotelijke verschijning, zou je de praatjes van Nobel-laureaten kunnen bijwonen bij de jaarlijke prijsuitreiking in Stockholm en hebben ze, laten we eerlijk zijn, best een leuk, zingend taaltje. De studieadviseur en ik hebben contact onderhouden met de faculteit Fysikum in Stockholm en al snel konden de overeenkomsten worden ondertekend. Wat heel erg prettig was aan deze overeenkomst was dat er - ik geloof overigens dat dit in de natuurkunde zelden anders gaat, in tegenstelling tot bij veel van de alfawetenschappen - geen voorgekookt programma voor me klaarstond. In plaats daarvan kon ik de lijst met alle aangeboden vakken in semester 1 erbij pakken. Na veelvuldig mailverkeer met onze examencommissie - want vaak bleek er toch nog een ander, interessanter vak te zijn dan datgene dat al was goedgekeurd - was mijn *Learning Agreement* dan opgesteld.

Mijn ouders waren, net als ik, nooit in Zweden geweest en zij hadden een hoogst ongebruikelijk voorstel gedaan. Ze wilden graag een aantal dagen mee naar Stockholm - op zich nog begrijpelijk - maar wilden dit per auto doen. Dit zodat je onderweg de Zweedse natuur in je kunt opnemen in plaats van opeens te landen in Stockholm. Voor mij had dit als bijkomend voordeel dat ik ongelimiteerd veel (riskant woordgebruik, maar geloof me: als je een gemeubileerde kamer huurt kun je werkelijk alles wat je nog mee wilt daadwerkelijk meenemen) spullen kon meenemen, lees: koffiezetapparaat, gitaar en een fiets. Vooral een fiets is erg nuttig in Stockholm; ze hebben veel fietspaden en de stad is ook niet dermate groot dat je per se het openbaar vervoer hoeft te gebruiken. Redelijk wat Erasmus-studenten hebben in Stockholm ook een fiets aangeschaft, dit is wel een tikkeltje duurder dan in Groningen. Hoewel het met de auto een flinke reis is (je legt snel 1400 km af) en daardoor significant langer duurt dan de 2,5 uur vliegen vanaf Amsterdam vond ik dat dit toch een grote meerwaarde had. Stel dit zeker voor als je naar een Scandinavisch land gaat!

Op 21 augustus zijn we aangekomen in Stockholm. Opzettelijk heb ik van tevoren niet al te veel foto's e.d. van de stad opgezocht en dat wierp zeker zijn vruchten af: het was ontzettend gaaf om aan te komen in een stad ter grootte van Amsterdam en ter plekke uit te pluizen hoe de stad in elkaar steekt, vanaf waar je het beste uitzicht hebt over de stad, waar de campus zich nou eigenlijk precies bevindt, etcetera. Ook de realisatie hoe gigantisch veel be-

stemmingen snel bereikt kunnen worden vanaf Stockholm voor bijvoorbeeld een lang weekend vond hier pas plaats. Zo heb je bijvoorbeeld Lapland op 2 uur vliegen, de Baltische staten met een nacht op een cruise maar ook Sint Petersburg, waarvoor enkel een uitzondering op het verplichte visum geldt (max. 72 uur) als je er vanaf de Zweedse, Finse of Estse hoofdstad via het water heen reist. Allemaal leuk voor later, eerst zou de introductieweek beginnen en zou er toch echt eens aan de studie begonnen worden.

Er was een speciale *International Orientation Week* georganiseerd waarin formele, maar ook zeer informele presentaties werden gegeven over de universiteit en stad. Het was kenmerkend dat de Zweedse sprekers erg relaxed zijn en echt lekker doen wat ze zelf willen (bijvoorbeeld: de meeste sprekers hadden hun favoriete nummer aangevraagd en kwamen dan ook dansend het podium van het auditorium op) terwijl ze hierbij niet inleverden op de inhoudelijke informatie die ze verstrekten en de studenten ze ook op ieder moment mochten onderbreken met relevante vragen. Deze trend is zeker terug te zien in colleges, waar de docenten zich *casual* kleden en een interactieve leeromgeving stimuleren waarbij studenten altijd mogen onderbreken met vragen. Tijdens de presentatie werd duidelijk dat het beleid dat de universiteit voert redelijk vergelijkbaar is met dat van de RUG: vaak twee colleges en één werkcollege per vak per week, geen aanwezigheidsplicht, alleen de tentaminering kan erg verschillen per vak. Zelf heb ik tweemaal een schriftelijk tentamen gemaakt, eenmaal mondeling en tweemaal een thuistentamen. Veel van deze vakken gingen gepaard met een flink aantal huiswerksets.

Er werden ook veel praktische aandachtspunten behandeld, zoals of je een Zweeds rekeningnummer moet openen (bij veel Nederlandse banken betaal je 2 euro extra per keer dat je geld opneemt) en voor welke studenten het noodzakelijk is dat je je inschrijft in de gemeente (niet nodig voor uitwisselingstraject van een semester). Nadat alle relevante informatie eigenlijk wel behandeld was in een dag, waren er de overige vier dagen activiteiten ingepland zoals een IKEA-reis (ja, het is waar) en nog een informele presentatie over de stad zelf. Het is een hele andere opzet dan de KEI-week. Je wordt niet ingedeeld in groepjes en er wordt al helemaal niet exorbitant veel gedronken. Je leert echter op eigen houtje gauw een grote groep uitwisselingsstudenten kennen, van wie de meeste op dezelfde campus wonen als jijzelf. Deze campus, die een paar minuten lopen van de hoofdcampus is (natuurkunde is echter elders geplaatst), biedt huisvesting aan zo'n 3000 studenten en daardoor woon je op een steenworp afstand van zowat iedere *exchange student* met wie je bevriend bent

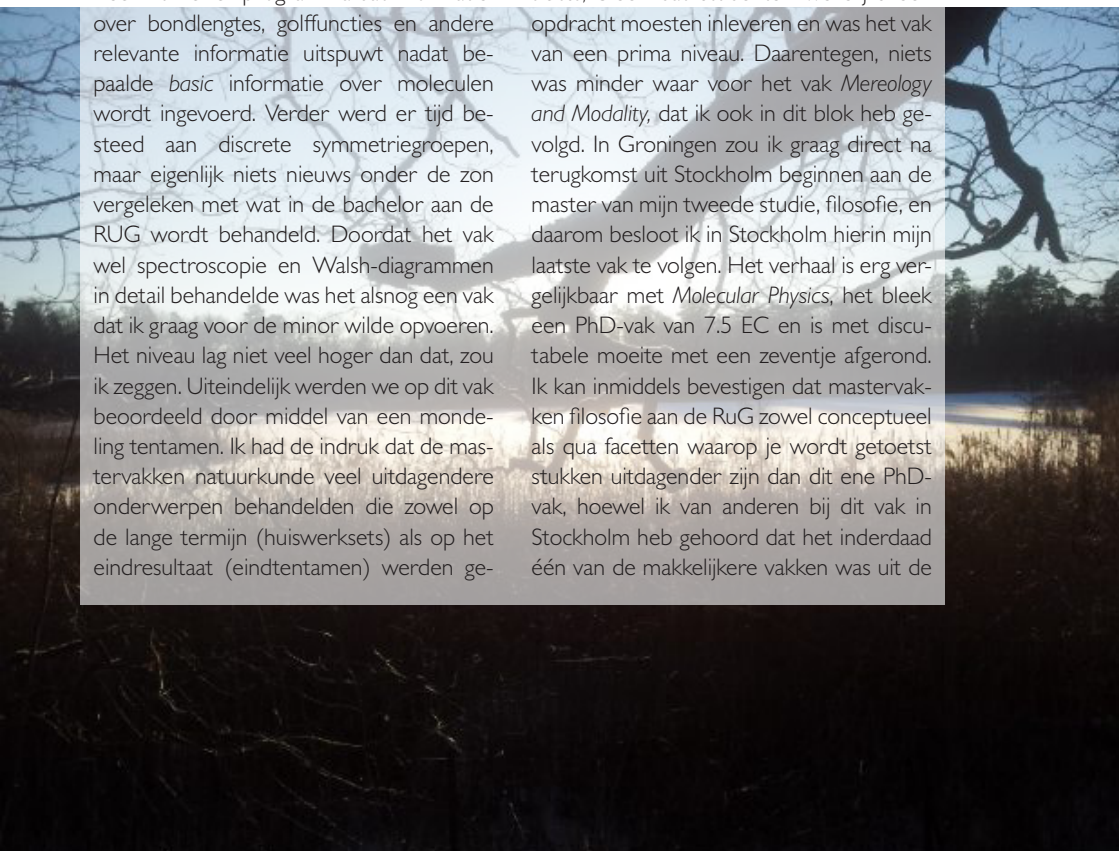
geraakt; een groot pluspunt zou ik zeggen. Net zoals in Nederland gaat het academische jaar begin september van start. Na de stad een week te hebben ontdekt was het tijd om te beginnen op de AlbaNova -campus. Hier is een apart natuurkunde/astronomiegebouw geplaatst, en in tegenstelling tot in veel steden was het hier niet het lelijke eendje van de campus - eerder een imposant, groot gebouw dat op een heuvel is gebouwd (aan de ene kant bevindt de ingang zich op de eerste verdieping, aan de andere kant op de vierde) dat ook nog eens voorzien is van een observatorium. Verbazingwekkend genoeg vonden mijn drie vakken allemaal plaats in hetzelfde lokaal. De vakken die in dit blok werden gedaan waren *Mathematical Methods used in Physics*, *Quantum Field Theory (QFT)* en *Molecular Physics*, voornamelijk de eerste twee bleken direct tijdsintensief. Zoals eerder verteld, is het gros van de docenten aan Stockholm University (SU) bijzonder eloquent, ik had de indruk dat ze hierdoor in korte tijd een groot scala aan onderwerpen helder konden expliceren aan de studenten. *Molecular Physics* begon echter vrij basaal - de eerste weken waren nogal een *recap* van concepten die in *Structure of Matter 1 en 2* zijn geïntroduceerd - en dit gaf daardoor extra tijd om de huiswerksets van de andere vakken degelijk uit te werken. Blok 1 was een interessant, doch erg pittig blok. Al snel raakte ik bevriend met een aantal uitwisselingsstudenten en Zweedse studenten en konden de krachten gebundeld worden voor de omvangrijke huiswerksets; eenmaal hebben we met zijn vieren een sessie gehad van 14:00 - 7:45 op de faculteit in iemands kantoor. Andere studenten bleken soortgelijke ervaringen gehad te hebben, voornamelijk bij *QFT*, waarbij iemand tegen de honderd kantjes had volgeschreven bij één van de vier huiswerksets (in *LaTeX* werden bij mij 37 pagina's geteld). Kortom, er worden vakken aangeboden in Stockholm waar je flink je schouders onder moet zetten.

De meeste sprekers hadden hun favoriete nummer aangevraagd en kwamen dan ook dansend het podium van het auditorium op.

Het tegenovergestelde geldt net zo goed voor enkele vakken. Na de herhaling van spectroscopische notaties en *LS-coupling* in

Molecular Physics werden weliswaar nieuwe concepten geïntroduceerd maar dit was gemakkelijk bij te benen. Het frappante was dat een Duitse vriend van mij (ook in de bachelorfase) en ik er in de derde week achterkwamen dat de anderen die bij het vak aanwezig waren stuk voor stuk PhD'ers in de scheikunde waren. Mijn klomp brak onmiddelijk. Het contrast tussen mastervakken natuurkunde en dit vak was werkelijk schrijnend. Het lastigste onderwerp van dit vak was *Quantum Chemistry*, overigens wel een gebied waarvan de wiskundige basis en rechtvaardigingen niet gemakkelijk zijn. De focus van dit vak lag echter voornamelijk op het leren gebruiken van Gaussian - een numeriek programma dat informatie over bondlengtes, golffuncties en andere relevante informatie uitspuwt nadat bepaalde *basic* informatie over moleculen wordt ingevoerd. Verder werd er tijd besteed aan discrete symmetriegroepen, maar eigenlijk niets nieuws onder de zon vergeleken met wat in de bachelor aan de RUG wordt behandeld. Doordat het vak wel spectroscopie en Walsh-diagrammen in detail behandelde was het alsnog een vak dat ik graag voor de minor wilde opvoeren. Het niveau lag niet veel hoger dan dat, zou ik zeggen. Uiteindelijk werden we op dit vak beoordeeld door middel van een mondeling tentamen. Ik had de indruk dat de mastervakken natuurkunde veel uitdagendere onderwerpen behandelden die zowel op de lange termijn (huiswerksets) als op het eindresultaat (eindtentamen) werden getoetst vergeleken met dit meer scheikundig georiënteerde vak.

Het verschil in niveau tussen studies bleek universiteitsbreed te bestaan. Ook wiskundigen werden flink aan het werk gezet, terwijl alle studenten van politicologie en rechten die ik ontmoet heb niet snel een *corridor party* oversloegen en een paar dagen voor hun deadline eens hun essayopzet begonnen op te stellen. Zij vonden hun uitwisselingsprogramma in het algemeen niet erg moeilijk. In blok 1B heb ik een vak gevolgd aan de tweede universiteit die Stockholm rijk is, de Kunglika Tekniska Högskulan (KTH). Ook hier, bij het vak *Programming and Computer Science for Physicists*, bleek dat studenten wekelijks een opdracht moesten inleveren en was het vak van een prima niveau. Daarentegen, niets was minder waar voor het vak *Mereology and Modality,* dat ik ook in dit blok heb gevolgd. In Groningen zou ik graag direct na terugkomst uit Stockholm beginnen aan de master van mijn tweede studie, filosofie, en daarom besloot ik in Stockholm hierin mijn laatste vak te volgen. Het verhaal is erg vergelijkbaar met *Molecular Physics*, het bleek een PhD-vak van 7.5 EC en is met discutabele moeite met een zeventje afgerond. Ik kan inmiddels bevestigen dat mastervakken filosofie aan de RuG zowel conceptueel als qua facetten waarop je wordt getoetst stukken uitdagender zijn dan dit ene PhD-vak, hoewel ik van anderen bij dit vak in Stockholm heb gehoord dat het inderdaad één van de makkelijkere vakken was uit de



lijst van *Advanced Courses*. Daarom vind ik het moeilijk hier verder vergelijkende uitspraken over te doen.

Desalniettemin raad ik iedere FWN-student die een uitwisselingsprogramma overweegt zeker aan Stockholm als optie te overwegen. Hoewel er naar mijn indruk stukken minder geldt dat je van studies kunt verwachten dat ze min of meer dezelfde werklast met zich meebrengen zit je in de *natural science*s eigenlijk wel gebakken. Het is overigens erg gemakkelijk in Stockholm om vakken aan de andere universiteit te volgen; zoals net verteld had ik een vak aan de KTH gedaan. Bij kwantumveldentheorie waren ook veel KTH'ers te vinden en SU-studenten die gevorderde statistische fysica wilden doen werd aangeraden het vak te volgen dat aan de KTH werd gedoceerd. Dit zou kunnen komen doordat Zweden geen collegegeld vraagt aan studenten uit de EU, waardoor er stukken minder administratie bij komt kijken wanneer er extra studenten voor een vak zijn aangemeld. Voor de student heeft het een grote meerwaarde, omdat je veel vrijheid hebt om je studieprogramma in te vullen met de vakken die je echt graag zou willen doen. Mastervakken aan Stockholm University zijn te halen door de gemotiveerde bachelorstudent, je zult hier wel veel tijd in moeten steken. Ik zou de masterstudenten die een uitwisseling overwegen aanraden de vakken van de KTH uit te pluizen. Zij bieden gevorderde vakken aan in statistische veldentheorie, symmetriegroepen en andere vakken die goed zijn in te voegen in een *Quantum Universe* master. Dit is eigenlijk enigszins verbazingwekkend, aangezien zij zich profileren als een technische universiteit (*Royal Institute of Technology* is hun Engelse vertaling). Dit is zeker hun expertise als je kijkt naar de studies die ze aanbieden, maar het is ook zeker aantrekkelijk voor de theoreticus. Zoals de naam van die universiteit al vrijgeeft is het helemaal een goede optie voor de Technisch Natuurkundige. Tevens hebben zij een *Energy & Environment-track.*

Er zijn genoeg barretjes rondom het centrum waar men voor minder dan 3 euro een halve liter op de kop tikt.

Naast het grote aanbod aan vakken dat gekozen kan worden wil ik nog aankaarten dat de stad zelf ook erg leuk is. De Gamla Stan, het imposante oude stadscentrum, is een plek waar studenten vaak heen gaan om te kijken bij het koninklijk paleis of het parlementsgebouw of om in één van de vele koehuisjes een koe met *kanelbullar* (kaneelsnack) te bestellen of een *Irish pub* te bezoeken. Bovendien wil ik enkele hardnekkige vooroordelen (voornamelijk de 'koud en duur'-argumenten) even kraken. Hoewel ik natuurlijk niet wil beweren dat Stockholm een warme plek is waar je snel even gaat liggen op een van de vele

strandjes, ben ik ervan overtuigd dat het ook niet echt koud is voor de gemiddelde Nederlander. Het is vaak een graadje of 3 à 4 kouder dan in Groningen en dat houdt in dat je niet noodzakelijk een nieuwe kledingcollectie hoeft aan te schaffen. Door het verschil in temperatuur merk je wel dat er veel vakker sneeuw ligt, wat mij stukken beter bevalt dan een graadje of 3 zonder sneeuw. Aan het kleine verschil in temperatuur raak je eigenlijk snel gewend. Wat ik een groter (en vervelender) verschil met Nederland vond was het gelimiteerde aantal zonuren. In de zomer kun je genieten van een ietwat langere dag, eigenlijk wel

prettig, maar zodra je echt de winter ingaat zul je merken dat je weinig zon ziet. Rond midden december is het pikkedonker om 15:15 uur en daarom kan het geen kwaad om bijvoorbeeld vitamine-D pillen mee te nemen.

Over de prijzen in Stockholm: ikzelf heb een kamer toegewezen gekregen (via de Housing Oce) op campus Lappis, hier stonden veelal `flats' van 3 tot 5 hoog waarin iedereen een identieke kamer bewoont (studio van 19 m2 met eigen badkamer en gedeelde keuken) voor iets minder dan 400 euro per maand. Deze campus heeft een eigen supermarkt (vaak met dezelfde aanbieding: kilo verse zalm voor 11 euro) en een fantastisch bos, waar vaak reeën zijn te spotten, naast de campus. De stad biedt veel mogelijkheden om de weekenden mee in te vullen, zelf heb ik een Tallinn - St Petersburg - Helsinki weekend gehad (cruise: 100 euro totaal inclusief Russisch entertainment ieder avond (zowel live aan boord als televisies waarin tankraces te zien zijn)) en heb ik eens naar Kiruna in Lapland gevlogen. En alcohol dan? Tuurlijk, die verhalen zijn waar. In supermarkten gaat het tot en met bier en cider van 3.5% (verbazingwekkend veel opties met 2.8% en 2.1% worden ook verkocht), voor overige producenten gaat men naar de Systembolaget, de staatswinkel. In het algemeen wordt er ook niet doordeweeks gedronken door de Zweden (dan zou het wel heel slecht met je gaan...), en dit houdt in dat iedereen ook aanwezig is wanneer colleges om 8 uur be-

ginnen en jijzelf flink wat geld overhoudt. Aan de andere kant liggen de Zweden er vrijdagavond stuk voor stuk rond 10 uur af en kun je ze bijvoorbeeld zien flauwvallen op het station. Een Groningse woensdagavond zou in relatief licht een gezonde optie zijn. Voor als je echt eens jezelf te buiten wilt gaan zijn er genoeg barretjes rondom het centrum waar men voor minder dan 3 euro (25krona/9.1 = 2.66 euro) een halve liter op de kop tikt - in het algemeen liggen de prijzen natuurlijk een stuk hoger. Wat erg veel gedaan wordt op de Lappis campus is

dat de bewoners van een gang zijn/haar verdieping openstelt voor de gehele campus, waarbij je soms een leuke kleinschalige setting hebt waarbij je nieuwe mensen leert kennen en de keer daarop een feest hebt met een paar honderd man (dit is eenmaal gebeurd, toen werden alle drie de verdiepingen geopend). Hierdoor betaal je nooit echt de hoofdprijzen en leer je al je buren,

bovenburen en onderburen ook eens kennen. Al met al ben je wel meer kwijt dan je in Groningen zou uitgeven, dit verschil ligt zo rond de 100 à 150 euro per maand. Vergeet daarbij natuurlijk dat je een leuke 250 euro per maand in je zak krijgt geschoven van de Erasmusbeurs. Daarbovenop, je OV-kaart, t.w.v. 102 euro per maand, wordt vergoed en je realiseert je dat je geen spaarvarken hoeft open te slaan om naar de grootste stad van Scandinavië te gaan!

Focus

Our sensory systems are constantly bombarded with a tremendous amount of information, only some of which will ever reach our conscious mind. In order to produce coherent behaviour when confronted with so many competing and distracting sources of stimulation in the environment, some things must be selected and others ignored. Focus is the essence of attention.

By Kathinka Frieswijk

If we were able to attend to everything going on around us, we would be constantly distracted and unable to carry out any action at all. For example, when I get distracted, I try to move forwards and backwards at the same time (and thus sometimes struggle to get through automatic gate machines).

Being able to focus your attention is obviously a highly appreciated quality while studying or going to class. After ten minutes of neurotic ballpoint-clicking from one of my fellow students, I generally give up listening to the professor and "do the rest of my time" by trying to match the Teenage Mutant Ninja Turtles theme song inside my head to the rhythm of the clicks. Even though this is quite a challenge (since a lot of beta-students seem to be rhythmically challenged), it does not fall under the heading of efficient time management. Thus, my interest was sparked by the workings of the attentional brain.

The attentional filter

Events can be perceived unconsciously, but will not enter conscious awareness without apperception, the process by which new experience is related to ideas already contained in mind. The concept of apperception might explain why people's minds seem to be hardwired for prejudice and stereotypes; their brains (sub)consciously store solely the experiences that consolidate their former beliefs.
The idea of apperception should probably not be taken to the extreme, which can be concluded from the urban legend in which the Native Americans could not

perceive Columbus' ships, because they did not have a concept of 'ship' in their minds. This legend is of course a load of bollocks (affirmed by Pocahontas in the movie 'Pocahontas' when she did perceive never-before-perceived ships and called them 'strange clouds'). Furthermore, Vikings beat Columbus to it 500 years earlier, so Native Americans had seen ships before.

The well-known Stroop test demonstrates our inability to completely filter out irrelevant information; when subjects were asked to name the colour of ink that a word is printed in, and to ignore the meaning of the word, performance was much more cumbersome and slower when the ink happened to form the name of a colour other than that of the ink.
Both the relevant (ink colour) and irrelevant stimuli (word meaning) are assumed to be processed in parallel, and both result in the activation of a response code. When the response code for the irrelevant dimension is processed faster and is different than that for the relevant stimulus, the irrelevant response code must be suppressed before the correct response can be selected.
If you read this, your word recognition skills are developed to the point where you cannot suppress reading at will. I'm just going to assume that if you consistently keep failing at the same Stroop test, you must have mad reading skills (see background below).

Hemispatial neglect

Having the attention span of a goldfish is not so bad when you compare it to attentional deficits caused by strokes, tumors, or traumatic injury to the right inferior parietal lobe. The most obvious characteristic of patients with hemispatial neglect syndrome is that they take no notice of anything that happens to left. They ignore people who talk to them while standing on their left side, they do not eat the food on the left half of their plate, and they do not shave the left half of their face (and also not the right side if they are female, I hope). The problem is not caused by primary sensory or motor deficits; the patient can, in principle, see the stimuli and perform the appropriate responses.
The inability to focus attention towards the left has one upside though; ignoring annoying people has never been so easy. By placing the ballpoint-click fellow in the left field, you are able to focus on the professor. On the downside, your lecture notes will only contain the right half of what is written on the blackboard. You can't have it all.

university of groningen / faculty of mathematics and natural sciences / zernike institute for advanced materials

Top Master programme in

Nanoscience

In addition to the 'regular' MSc-programmes in physics, applied physics, chemistry, and chemical engineering, our Faculty offers a selective master programme: the Top Master Programme in Nanoscience. This Programme distinguishes itself from the other programmes through the following characteristics:

- International orientation: all courses are taught in English and some 2/3 of the students come from abroad;
- Taught by leading scientists of the Zernike Institute for Advanced Materials;
- Aimed at a career in top-level research;
- Multi-disciplinary, uniting aspects of chemistry and physics, and aimed at understanding phenomena at the atomic/molecular scale;
- Selective: possession of a BSc-degree does not provide automatic entrance to the Programme;
- Challenging: about 20% heavier than regular MSc-programmes.

The Top Master Programme in Nanoscience aims to train the leading-edge scientists of the future. This is achieved by offering a challenging interdisciplinary programme and by admitting very talented and motivated students only. The educational programme is strongly intertwined with the research at the Zernike Institute: the courses are taught by international top-level scientists, and a large part of the programme consists of actually doing research alongside world-class scientists, using the state-of-the-art facilities of the Zernike Institute. Participants come from all over the world.

Quality assessment

In recent years, the Programme was evaluated by the Nederlands-Vlaamse Accreditatie Organisatie, and judged to be of exceptional quality. All aspects of the Programme were singled out as 'excellent'.

Application

To apply for the Top Master Programme in Nanoscience, send a motivation letter, explaining why you think this programme is suitable for you, and why you are a good candidate for this programme to Prof.dr. Caspar H. van der Wal (c.h.van.der.wal@rug.nl), annually before **May 1st** (for EU students). If this letter and your grades are sufficiently promising, you will be invited for an interview with members of the Admissions Board. The next cohort of students will start 1st September 2014.

More information

For further information, see www.rug.nl/zernike, or visit Prof. Caspar van der Wal (Programme Coordinator) or any of the currently participating students.

Schut Geometrische Meettechniek is een internationale organisatie met vijf vestigingen in Europa en de hoofdvestiging in Groningen. Het bedrijf is ISO 9001 gecertificeerd en gespecialiseerd in de ontwikkeling, productie en verkoop van precisie meetinstrumenten en -systemen.

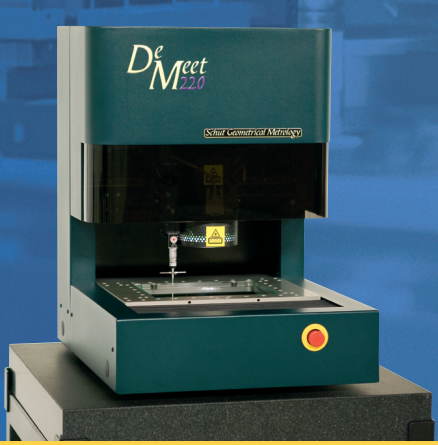
Aangezien we onze activiteiten uitbreiden, zijn we continu op zoek naar enthousiaste medewerkers om ons team te versterken. Als jij wilt werken in een bedrijf dat mensen met ideeën en initiatief waardeert, dan is Schut Geometrische Meettechniek de plaats. De bedrijfsstructuur is overzichtelijk en de sfeer is informeel met een “no nonsense” karakter.

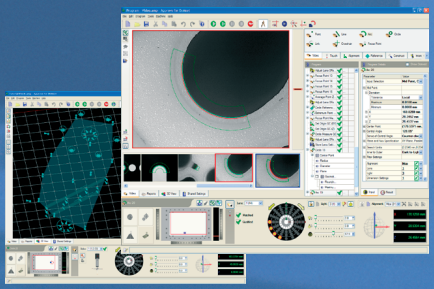
Op onze afdelingen voor de technische verkoop, software support en ontwikkeling van onze 3D meetmachines werken mensen met een academische achtergrond. Hierbij gaat het om functies zoals ***Sales Engineer***, ***Software Support Engineer***, ***Software Developer (C++)***, ***Electronics Developer*** en ***Mechanical Engineer***.

Er zijn bij ons ook mogelijkheden voor een technisch interessant **stage-** of **afstudeerproject**. Dit kan in overleg met de docent worden afgestemd.

Open sollicitaties zijn ook zeer welkom. Voor echt talent is altijd ruimte.

Voor meer informatie kijk op **www.Schut.com** en **Vacatures.Schut.com**, of stuur een e-mail naar **Sollicitatie@Schut.com**.





APPROVE for De Meet