

HiT Working Paper no. 4/2003

# **Science Didactic**

Challenges in a period of time with focus on learning  
processes and new technology

**Per Arne Åsheim, editor**

**Faculty of Arts, Folk Culture and Teacher Education (Notodden)**

**Telemark University College  
Porsgrunn 2003**

HiT Working Paper no. 4/2003  
ISSN 1501-8520 (printed)  
ISSN 1503-3759 (online)

Series title: HiT Working Paper or HiT notat

Telemark University College  
Post Box 203  
N-3901 Porsgrunn  
Norway  
Telephone: +47 35 57 50 00  
Fax: +47 35 57 50 01  
Website: <http://www.hit.no/>

Printed by Reprographic Centre, Telemark University College-Bø

© The authors/Telemark University College

No part of this publication may be reproduced except in accordance with the Copyright Act, or the Act Relating to Rights in Photographic Pictures, or the agreements made with Kopinor, The Reproduction Rights Organisation of Norway

Photo/Motive : Per Ola Jussola, Roar Krakenes, Per Arne Åsheim

# Science Didactic

**Challenges in a period of time with focus on learning processes and  
new technology**

An assembly of articles based on lectures at “*The Notodden conference  
2002*”

Utfordringer for naturfagdidaktikken i en tid med fokus på lærerprosesser  
og nye læremidler

En samling artikler basert på foredrag ved ”*Notodden konferansen  
2002*”



Per Arne Åsheim (editor)

Institutt for lærerutdanningsfag  
Avdeling for estetiske fag, folkekultur og lærerutdanning



## Foreword

*"The Notodden conference"* in science didactic has a long and well-established tradition among Norwegian colleges and universities. The name is well known among our fellow scientists throughout our country. In 2002 the conference was held at Lifjell hotel in Telemark, Norway from October 14<sup>th</sup> - October 16<sup>th</sup>. The program was tightly packed, and fourteen different lectures were presented during the forty-eight hours meeting. Some of the lecturers have written an article based on their lectures. These articles are assembled in this paper under the title: *Challenges in a period of time with focus on learning processes and new technology*. Two articles are in English and three in Norwegian.

It is difficult to predict the future of learning, and the impact ICT will have, not only on what, but also on how we learn. We hope that this paper can be a small contribution to future discussion.

Thanks to the writers of the articles. We are grateful for your efforts. Our second thanks goes to all delegates and contributors at the conference. Thanks also to the *Ministry of Education and Research* for supporting the conference financially.

Per Arne Åsheim  
Head of conference



# Contents

<b>Foreword .....</b>	<b>1</b>
<i>Per Arne Åsheim.....</i>	<i>1</i>
<b>Contents .....</b>	<b>3</b>
<b>Revisiting the case for science in education .....</b>	<b>5</b>
<i>E.W.Jenkins, Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds, Leeds LS2 9JT, UK.....</i>	<i>5</i>
References .....	16
<b>Visiting Anna .....</b>	<b>19</b>
<i>Hafthor Gudjonsson. University of Education, Reykjavik. Iceland.....</i>	<i>19</i>
References .....	28
<b>Kreativitet og naturfag.....</b>	<b>30</b>
<i>Per Morten Kind. Institutt for fysikk, Norges Teknisk Naturvitenskapelige Universitet Trondheim.....</i>	<i>30</i>
Referanser:.....	38
<b>Lærebøker i kjemi gjennom hundre år.....</b>	<b>40</b>
<i>Vivi Ringnes, Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling (ILS), Universitetet i Oslo.....</i>	<i>40</i>
Referanser .....	48
<b>IKT brukt i UTE-skole sammenheng i natur og miljøfag .....</b>	<b>51</b>
<i>Førsteamanuensis Dag Atle Lysne, høgskolelektor Bjørn Tore Esjeholm og høgskolelektor Stig Misund. Høgskolen i Finnmark, Follums vei 31, 9509 Alta. ....</i>	<i>51</i>
Litteratur .....	54





## Revisiting the case for science in education

*E.W.Jenkins, Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds, Leeds LS2 9JT, UK*

*Edgar Jenkins is Emeritus Professor and, until 2000, was Professor of Science Education Policy. He is a former Head of the School of Education (1980-84 and 1991-5) and was Director of the Centre for Studies in Science and Mathematics Education from 1997-2000. He has taught chemistry and biology in secondary/high schools and been heavily involved in training science graduates for the teaching profession. He has extensive experience of assessment and examining in science, and has acted as a consultant on a range of science education issues to a number of governments or their agencies.*

*He is the author or co-author of many books, articles or research papers, and from 1984 to 1997 edited the international research review journal, *Studies in Science Education*. He is also the Editor of recent volumes of the UNESCO series, *Innovations in Science and Technology Education*, and serves on the Editorial Boards of several international research journals concerned with science education. He is a member of the Association for Science Education, the European Science Educational Research Association, and a Fellow of the Royal Society of Arts and of the Royal Society of Chemistry. He serves on the Education Committee of the Royal Society of London.*

The starting point for this paper is the belief that many of the arguments traditionally put forward to justify the teaching of science in schools have been called into question, if not undermined, by some of the research in science education that has been undertaken in recent years. What follows is an exploration of some of these arguments and the research evidence that challenges them, together with an initial attempt to put the case of science for all on a more secure and defensible basis than seems to me to be the case at present.

Two preliminary points need to be made. The first is to emphasise my belief that science has a distinctive contribution to make to general education. Nothing in the following paragraphs, some of which is critical and, occasionally, speculative, should be taken as reflecting what might be called an anti-scientific stance. Anti-science forces and critics of science are always present in society, together with those who would seek to harness science for political ends. Readers do not need to be reminded of the emergence in the last century of Lysenkoism in the former Soviet Union or of the attempt to create an Aryan science by the National Socialist party in Germany: there is neither intention nor desire to add support here to these and similarly dangerous perversions.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> For an indication of the need for on-going vigilance with respect to science and political ideology, see, for example, Holton 1993, especially chapter 6. For a specific example of harnessing science to political ends, see Weiss 1994.

The second preliminary comment is that, for the most part, the paper is concerned with science education in western, industrialised democracies. In other societies, notably African, Caribbean or Islamic countries, much of what follows would need to be supplemented by other considerations.<sup>2</sup>

So, what are the arguments for teaching science to children? To begin to answer this question, it is convenient to turn to a report produced in England in 1867 for the British Association for the Advancement of Science (BAAS 1868). Although this report was concerned with one country, with the scientific education of boys rather than boys and girls, and science was to be understood as principally physics and chemistry, the case which it presented acquired a wider, international appeal. That case for teaching science was said to rest on five different grounds.

First, it offered an excellent mental training by ‘providing the best discipline in observation and collection of facts, in the combination of inductive and deductive reasoning, and in accuracy of thought and language’. The parallel here was, of course, with the mental training claimed for the study of Latin and Greek, widely acknowledged as the essence of a liberal education. The underlying psychology in all cases was a faculty psychology, which supported the notion that the mind could be developed by suitable mental exercises, just as physical exercises could develop the body.

Secondly, science was to be taught because it helped balance the curriculum, or, in the terms of the report, offer an ‘antidote’ to a curriculum that was heavily skewed towards the study of the humanities. The notion of ‘balance’ here is of some interest.

Thirdly, there is a cultural case that can be made for teaching science. Put simply, scientific knowledge is essential to any claim to being an educated person. This claim was revived, almost a hundred years later, in a particular and ultimately unhelpful form in C.P.Snow’s notion of the ‘two cultures’ and his reference to understanding the second law of thermodynamics as an indication of what it meant to be educated (Snow 1959).

The fourth argument was that studying science could give pleasure – a claim that does not perhaps feature prominently today - and, finally, science was to be studied because scientific knowledge was useful. In the context of English liberal education, ‘being useful’ was not so much an argument *for*, as an argument *against*, the inclusion of science in the secondary school curriculum, and the fact that utility is the last of the five arguments presented in the 1867 report is significant.

The most salient aspect of the report, however, was the distinction drawn between scientific information and scientific training. This distinction has survived to the present day, not least in the form of the so-called content-process debate. At the heart of this debate are two notions. The first is that because scientific knowledge is open to change, acquiring that knowledge is not, of itself, sufficient to sustain the case for science in education. The second is that, unlike scientific information, the scientific habit of mind, ‘the process’, the ‘method’, call it what you will, does not change, despite the fact that particular scientific techniques obviously do so.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> For an overview of some relevant issues, see Aikenhead 1996 and Cobern 2000. For science education and Islam, see Loo 2001. For the Caribbean, see George and Glasgow 1999.

<sup>3</sup> For ‘process science’, see Wellington 1989.

This commitment to teaching scientific processes, to scientific skills, to scientific method and to scientific investigation, has endured, although the language in which it has been expressed has changed. It has also been underpinned at different times by different ideas about how learning takes place and thus about how science should be taught. Today, faculty psychology and behaviourism have given way to constructivism, a term that now perhaps carries so many meanings as to lack any meaning at all (Matthews 1998; Jenkins 2000). Secondary schooling is now a mass phenomenon, school science is often compulsory at least in some form, and science itself is intimately bound up with production; yet we continue to teach science with the intention of getting students to 'think scientifically'. This commitment was evident in Henry Armstrong's heurism in the early twentieth century, in the major curriculum projects of the 1960s, in the so-called 'process science' programmes of the 1980s, and, today, in a variety of national curricula, goals, standards and attainment targets. In the 1960s, students were to be taught to behave like 'practising scientists'. Today, to use the English national curriculum as an example, one quarter of that curriculum is devoted to something called 'scientific enquiry', but similar commitments can be found in many other education systems. This 'scientific enquiry' is defined as 'developing and evaluating explanations through experimental evidence and modelling' and the overriding rationale, as befits mass schooling, is 'science for all' and 'scientific literacy' so that students will be able to function effectively in the modern technologically-dominated world.

Science is also taught because there is knowledge that we think students should know and because we believe that such knowledge is useful both personally and economically in relation to employment and technological innovation. The position, therefore, would seem to be that, despite more than a century of profound social and educational change and the emergence of a political commitment to science for all, there has been little fundamental change in the purposes for which science is taught. We still want students to learn some scientific concepts, understand something of the nature of science, and be able to apply the knowledge they acquire to a range of social, personal, technological or other issues.

The remainder of this paper raises some questions about this rationale from four different perspectives that derive from four rather different research literatures. The first of these is the literature relating to the public understanding of science and scientific literacy. The second body of work, which is not entirely unrelated, is the literature that has explored the interaction of knowledge with action. This is followed by a number of comments about the nature of science, although I must caution that I make no claim to being a philosopher of science. Attention is then given briefly to the central arguments that relate science education and economic development before, finally, by way of conclusion, offering some hint at a way forward.

### **Scientific literacy as a curriculum goal**

The term scientific literacy is a beguiling slogan, perhaps even a powerful myth,<sup>4</sup> that sustains multiple meanings and rationales. The relevant research literature highlights two contrasting methodological approaches to its understanding and estimation. The first seeks to establish what science the wider public knows by means of surveys and questionnaires ('What is a virus? etc.) The Eurobarometer is an example of work of this kind as is much of the work of Miller in the USA (e.g., Miller and Pifer 1993). The results in all countries are generally regarded as very disappointing, although they are interesting and sometimes significant. What

---

<sup>4</sup> See Shamos 1995.

are the implications for health care, for example, of the finding that about 70 per cent of British people believe that antibiotics kill viruses? The criticism that is usually levelled at survey research of this kind is that it seeks to find out how much the public know of the science that scientists think they should know.

An alternative approach to estimating scientific literacy is to ask what science lay adults need to know, how they come to know it, why they learn it and what use, if any, they make of it. This was the approach adopted by a study in Leeds about ten years ago. It involved interviewing groups of adults who were coping with a problem of direct interest to them and which had a scientific dimension. The groups included elected local politicians making decisions about the storage of toxic waste, elderly people living on their own and managing a domestic energy budget, people living near and/or working in a nuclear facility and the parents of children with Down's syndrome (Layton *et al.* 1993). The findings of this and of a number of other studies (e.g., Wynne 1996) shed some light on the claim that everyone needs to learn science at school in order to function effectively in the modern world. The relevant conclusions from a wide range of studies are as follows.

*1. The interest of citizens in science (and technology) is differentiated by science, social group and gender.*

It makes little sense to speak of either a general interest in science or of a general public. Instead, it is necessary to recognise that there are significant differences between social groups, including between men and women. As an example, women consistently display less confidence in science than men, tend to see less benefit and more risk in technological innovation, and be less optimistic than men about technological solutions to social problems. Likewise, an interest in a particular science or in aspects of a science, such as genetics, cosmology or evolutionary theory is no guarantee of a wider interest in science in general.

*2. For most adults, interest in science and technology is linked to decision-making or action.*

The underlying notion here is that of *science for specific social purposes* (Layton *et al.* 1986). These purposes may relate to a variety of contexts and issues ranging from personal matters such as health, diet, medication or child care, to employment (such as safety at work and risk assessment), leisure (choosing the best fishing rod, pair of skis or sewing machine) and protest (for example, extending an airport runway, objecting to GM crops).

Anyone who wishes, individually or as part of a group, to engage in a debate about an issue that has a scientific dimension sooner or later has to learn some of the relevant science. For example, opposing an application to extend an airport runway on the grounds of environmental noise will require, among much else, an understanding of the logarithmic decibel scale. Similarly, people born into a family with a history of hypocholesterolaemia will need some knowledge of genetics and the mechanism of inheritance if they to understand the origin and nature of the risk confronting them.

However, the knowledge needed in circumstances such as these may not be in a form that is useful. Knowledge of the genetic origins of Down's syndrome is of little help to parents coping with the problems of rearing a Down's syndrome child. The knowledge may also be unavailable, as in the aftermath of the Chernobyl explosion, or be highly uncertain or contentious. For example, do high-voltage power lines or masts for transmissions by mobile telephone constitute hazards to the health of those who live near them?

3. *Adults choose a level of explanation that is adequate for the purpose in hand.*

This point can be expressed in another way. This is that scientific knowledge may be too sophisticated and over-elaborate for the purpose in hand. Thus, it is often adequate to work with a fluid model of electricity or of heat rather than with the electronic or kinetic model that science teaches. These ‘everyday’ models should not be dismissed out of hand. They are well tested by experience and satisfy the purpose in hand. Equally it is important not to valorise, in some general way, common-sense understanding over scientific understanding in some way. Such everyday understanding can be not only wrong but also dangerous.

4. *Adults consider scientific knowledge alongside other knowledge and understanding available to them.*

Growing up involves constructing a body of practical knowledge that is tried and tested against personal and vicarious experience. When considering how to act in matters that have a scientific dimension, the relevant scientific knowledge is always considered alongside this other experiential knowledge base.

Elderly people managing a domestic energy budget often know very well what science ‘tells’ them to do to keep warm and reduce their fuel bills, e.g., insulate the roof, double glaze the windows, keep the bedroom curtains closed in the day, move to a smaller house. Yet this sound scientific advice often conflicts with other, greater priorities for them, such as the wish to continue to live near their family or friends, or a careful calculation that they are unlikely to live long enough to recover the capital costs of some of the changes they are being advised to make.

In the aftermath of the Chernobyl disaster, local farmers in the north west of England had knowledge about how to feed their sheep in the winter that conflicted with the advice of the scientists to bring the animals down from the contaminated hills to feed in the valley bottoms. If they had followed this scientific advice, there would have been no feed for the winter (Wynne 1996).

To put the issue simply, people do not behave like rational scientific isolates. Life is simply much more complex than that.

5. *Adults consider scientific knowledge alongside its social and institutional connections.*

There is no surprise here. It’s simply that when presented with scientific knowledge, people ask ‘Who is telling me and why am I being told?’ It should be noted that some of that knowledge now comes in alternative forms, e.g. ‘Greenpeace science’ where the battles are often about methodology or the significance, reliability or generalisability of data, as in the 1960s and 1970s between the Environmental Protection Agency in the USA and the oil companies over lead in petrol (Collingridge and Reeve 1986).

Enough has perhaps been written to support the contention that teaching science at school because the knowledge taught will be useful to the student as a future citizen begs a number of important questions about how those citizens respond to, and use, scientific knowledge in their everyday lives.

The non-expert adult turns out to be rather complex in his or her dealings with science. These dealings cannot be accounted for simply in terms of ignorance or knowledge, the message cannot be separated from the messenger, the scientific information required to ground action in the everyday world is often not available or is open to question, and everyday thinking in response to science-related issues is much more complex than is usually acknowledged (Jenkins 1997).

### **The interrelationship of knowledge and action**

The relationships between knowledge and its dissemination and use have been studied from a variety of perspectives for the best part of a century (e.g., Bernstein 1971; Gadamer 1981; Eisner 1991). In the present context, the central concern relates to the claim that science is to be taught in schools because scientific knowledge is useful. In the context of scientific literacy and the public understanding of science, such utility often refers to empowering citizens to understand and contribute effectively to science-related issues and debates of interest and concern to them. However, it also frequently refers to the importance of scientific knowledge in underpinning technological advance, a notion that sometimes leads to the glib equation<sup>5</sup> of technology with applied science. It is not suggested here that utility is, in some general way, an inappropriate element of the rationale for teaching science in schools. Rather it is argued that the utilitarian claims for school science are naïve and misleading to an extent that makes it difficult, if not impossible, to defend them as commonly presented.

For example, there is strong evidence that important distinctions can be drawn between scientific knowledge and the knowledge required for technological action – or, more generally, between school knowledge and practical action. If it is to be argued that the knowledge of science acquired at school is useful for technological purposes, Aitken's comments, derived from his study of the origins and development of radio, brings the central issue into focus.

Information that is generated within one system exists in a particular codified form, recognisable by and useful to participants in that system. If it is to be transferred from one system to another – say from science to technology - ... it has to be translated into a different code, converted into a form that makes sense in a world of different values (Aitken 1985: 18-19).

To put the point another way,

It is the explicitness of codified knowledge that is both its strength and limitation in relation to action. Its strength is that it is learnable and discernible as a cultural object, that it forces reflection and planning. Its weakness is that explicit knowledge needs to

---

<sup>5</sup> Such an equation simultaneously reduces technological imagination and creativity to mere application and valorises what might be called pure over applied science with all that that implies for the status of engineering and technology.

be approached on its own terms, so that there is always some gap between it and the problem of action that needs to be solved (Holzner and Marx 1979: 252).

The American philosopher, John Dewey, typically but not uniquely, sought to bridge this gap by claiming that understanding has to be in terms of how things work and how to do things, i.e., understanding is, by its very nature, related to action, whereas information, by its very nature, is isolated from action. The contention here, of course, is that school science is about information – in this Deweyian sense – rather than understanding.

To be useful, the scientific knowledge encountered in formal schooling has to be reworked and integrated with other kinds of knowledge and judgements if it is to be functional for practical action. No one has illustrated this point better than Layton in a seminal paper that explores the relationship of school science to practical action from a variety of perspectives.

...water- and excreta-borne diseases account for a very high percentage of all sickness in developing countries and the design and implementation of interventions for the control of these diseases is a matter of great practical importance. The biological classification of such diseases, however, is in terms of the causal agents such as viruses, bacteria, protozoa or helminths. This is much less useful as a basis for action than an environmental classification which groups diseases into sets of communicable infections with similar environmental transmission patterns. With knowledge reworked in this way, it becomes clear whether, for example, the provision of reliable domestic water supplies or of improved sanitation facilities should have priority in efforts to improve health and the quality of life (Layton 1993: 144)

Reworking knowledge in this way is only one of a number of transformations that may be needed to render scientific knowledge useful. Layton offers the following indicative typology.

...adjusting the level of abstraction of scientific knowledge (e.g., very few everyday, even industrial, practical situations involving acids require understanding at the level of a proton donor), ‘repackaging’ knowledge in order to bring into fruitful relationships components of scientific knowledge which disciplinary and pedagogical considerations have disjoined; and ‘recontextualising’, in the sense of building back into the sciences all those real life ‘complications’ which had been eliminated in the attempt to gain scientific purchase on the problem. ‘Collapsing’ data to yield a practical measure is yet another operation (Layton, *op.cit.*: 145)

There are, of course, plenty of historical examples of both the power and the limitations of scientific knowledge in the context of use. Perhaps the best known example is Maxwell’s equations relating electricity and magnetism, one of the great achievements of mid-nineteenth century physics. Moving from these equations to constructing a reliable working linear induction motor required much new science, a science that today would be called engineering science. Real materials do not behave as in Maxwell’s idealised world. Heat losses and hysteresis, among many other properties of these materials, come into play and have to be overcome or accommodated.

There are some parallels here with recent work in cognitive psychology that is known by a variety of names such as ‘everyday cognition’, ‘cognition in practice’ and ‘everyday understanding’. The key focus is the importance of context in everyday activities. Lave’s

work is perhaps the most familiar and she has done more than anyone to illuminate the complexity of the thinking of those identified as 'just plain folks' (Lave 1988).

There are resonances, too, with the idea of teachers' practical knowledge but perhaps enough has been written in the preceding paragraphs to underscore the point that scientific knowledge – the knowledge of high church science – has significant limitations in the context of use, whether that use be action, decision-making or technological innovation. Those limitations, as contended above, offer a challenge to any claim that science is to be taught at school because scientific knowledge is in some straightforward way, 'useful' to the population at large.

### **School science education and the nature of science.**

Helping students to gain some insights into the nature of science forms part of school curricula in most countries of the world and it is a topic that features prominently, in one form or another, in the international science education literature. For some science educators, such insights are best achieved by teaching aspects of the history and philosophy of science. For others, the approach lies through courses of science, technology and society (STS). The most common strategy, however, is to involve students in some kind of practical work in the school laboratory or in the field, and, as indicated earlier, this is a strategy that has survived in some form from the earliest days of school science teaching. In England and Wales, the first of the four Attainment Targets that make up the current science national curriculum is entitled Scientific Enquiry. This requires teachers to teach their students how to plan experiments and how to obtain, evaluate and present evidence, and similar commitments can be found, sometimes differently expressed, in education systems in most parts of the world (Black and Atkin 1996).

I want to make two comments upon this approach to giving students an insight into the nature of science, comments which I think do not usually feature in the voluminous literature about practical work in school science. The first is that the view of the way in which science is conducted that it presents is very partial and, to that extent, misleading, principally because school science courses are themselves narrower in scope than they might be. In most cases, especially in the later years of secondary education, such courses continue to be dominated by the 'basic' disciplines of physics, chemistry and biology. Numerous attempts at integration, known by a variety of umbrella titles such as general science or integrated science, have done little to challenge this domination, despite some acknowledgement of the claims of earth, space or environmental science. A broader view of what school science might be would allow attention to be given to important methodological differences between the various sciences while emphasising their underlying commitment to common canons of evidence and argument. Secondary school science has, in my view, concentrated far too much on the controlled and reproducible experiments of laboratory science to the near exclusion of those sciences that do not lend themselves so readily to laboratory work of this kind, e.g., geology, in which hermeneutic and historical modes of reasoning are also important. In failing to capture this methodological diversity, school science also fails to introduce students to the roles that science has come to play in the modern world, whether as basic, strategic or applied science or as the too frequently ignored mandated science that underpins the work of bodies charged with setting standards and framing regulations relating to such matters as health and safety at work and environmental pollution.

This narrowness of school science is no less evident in the science education research agenda. Those researchers whose work has revealed so much about children's 'everyday'



understanding of scientific ideas have, for the most part, focused attention on concepts usually associated with physics, biology and, to a lesser extent, biology. Children's understanding of other important scientific concepts, such as that of deep time which lies at the heart of geological science and evolutionary theory, have been largely ignored. Likewise, historians and philosophers of science have paid relatively little attention to interpretative and narrative forms of science, concentrating, for example, upon physics and the Copernican revolution rather than earth science and the profound intellectual revolution that followed the work of Hutton and Werner.

What is offered to students, therefore, as insights into how science is conducted is unlikely to help them to develop much understanding of either the scope of modern science or its methodological diversity and richness.

The second comment is that the emphasis in school science courses is upon the epistemic characteristics of science, i.e., the concern is with its methods, techniques and validity. The ontological character of the natural sciences, i.e., what sort of knowledge of the physical world science generates, seems to be almost totally ignored. I want to argue that this ontological aspect of science has a direct bearing upon the contribution that science can hope to make to general education. Donnelly (2002) has suggested three characteristics of science that are relevant to the case being put forward here. The first is that science is concerned with the *elimination of the personal*. Natural science offers no place for such characteristics as judgement, purpose or personality in *its account of the universe*. This, of course, is not to say that these characteristics do not feature in the way scientific research is conducted. Ultimately, science seeks to offer an account of the material world that is mind invariant, or to use an unfashionable word, objective.

The second is that this scientific account of the material world does not accommodate ethical or moral considerations. Again, it is important to be clear what is being claimed here. It is not denied that science engages with ethical issues or that ethical concerns enter into scientific research. Equally, there is no implication that scientists are in some way unethical. What is being claimed is that the natural sciences, in their account of the world, accord no ethical status to the phenomena that are studied.

The third characteristic of the natural sciences is a lack of the reflexivity that distinguishes work in this field from that in the social sciences. As Donnelly observes (*op. cit.* 139 and 140), 'the physical universe is held to be independent of our knowledge of it'<sup>6</sup> and is '*a fortiori* unresponsive except in mechanistic ways, that is to say, ways which are themselves continuous with the material worldview of science'.

Given these three characteristics, at least three things seem to follow. The first is that it makes no sense to talk about versions of scientific understanding captured by such phrases as African science, feminist science or even gay science. Secondly, STS courses and their derivatives, whatever their intrinsic merits, are likely to have more in common with courses in politics, history and sociology than they are with courses in the natural sciences. Such courses transform the goal of school science education from helping students develop an understanding of the material world into promoting insights into the generation, use and implications of scientific knowledge. Whether such a transformation is desirable seems questionable. Thirdly, features such as the elimination of the personal and the lack of

---

<sup>6</sup> Donnelly also comments that this is 'potentially...an empirically refutable claim.'

reflexivity call into question the extent to which the natural sciences can contribute to the moral, personal and social, as distinct from the intellectual, development of young people, i.e., to their general education.

## Science education and economic development

The literature relating to science education and economic development is substantial and the belief that investment in science education is a precursor of human-capital-based economic prosperity commands global support. A useful introduction to the field has been prepared by Drori (2000) and Wolf (2002) has offered a trenchant critique of what she refers to as the ‘myths about education and economic growth’. In the present context, three brief comments are appropriate.

First, the economic argument for school science for all is now perhaps the most frequently deployed of all the arguments presented for teaching science at school. It has an added significance in the context of the developing world where it offers a rationale for the financial support provided by a variety of international Non-Governmental Organisations (NGOs) and International Governmental Organisations (IGOs). Large-scale assessment initiatives such as the Third International Mathematics and Science Study (TIMSS) and the OECD Programme for International Student Assessment (PISA) are all about something called the ‘world class standards’ that schools must ‘deliver’ as a precondition of economic success.<sup>7</sup> The impact of these and other international comparisons of student achievement on education policy are considerable and should not be underestimated (Drori 200: 28). The economic argument has also sustained a global expansion in science education, evidenced, for example, by a doubling of the number of scientists and engineers every 10-15 years since 1950 (Cozzens 1997). The essence of the economic case is captured in the comment that increasing competition in the market place is in reality a battle of the science laboratories and classrooms.

Secondly, underpinning this growth is the view that science education is to be judged by its enhancement of, or at least its relationship to, economic growth. This model is one that promotes a vision of science education that is national, systematically planned, economy-centred and utilitarian. Given this, it is important to acknowledge that the model linking science education to economic development has not been empirically tested, and that the research agenda has been described as at an impasse, with many of the findings conflicting or contradictory. For example, a study of the relationship between TIMSS test scores and economic growth revealed a positive relationship. However, neither scientisation of the workforce nor increased scientific activities showed any direct link with economic wellbeing. There are simply too many powerful intervening factors, such as the general literacy rate, the level of investment and the support given by fiscal and other financial strategies, to allow the model to have much validity.<sup>8</sup>

Finally, whatever the validity of the science education for development model, it is not one that is likely to appeal to young people, perhaps especially so in the industrialised west, when they come to make career choices. It seems, therefore, that, like the other claims for

---

<sup>7</sup> For TIMSS, PISA and related issues, see Shorrocks-Taylor and Jenkins (2000).

<sup>8</sup> Drori (2000; 53, drawing upon Bracey 1998) cites another example, namely that the ‘correlation coefficient between TIMSS math ranking and the ranking of international competitiveness (produced annually since 1994 by The World Economic Forum for up to 25 countries) is very close to zero.’

compulsory school science discussed earlier in this paper, the economic case is neither straightforward nor uncontested.

### **A way forward?**

This paper has made four broad claims. First, the scientific knowledge acquired at school is of limited practical use in the world of action or decision-making. Typically, it requires significant transformation and is always weighed alongside other personal and/or contextual knowledge. Secondly, the insights offered by school science into how science is conducted emphasise the epistemological characteristics of science to the neglect of the ontological. They also fail to do justice to the scope of modern science and its methodological diversity and richness. Thirdly, science has a limited contribution to make to moral, personal and social development because, ontologically, it seeks to eliminate the personal and engages in an instrumental, non-reflexive, way with a material world that is not shaped by ethical considerations. Finally, the links between science education for all and economic growth are poorly understood and the claims made for compulsory school science as a precondition for economic growth are difficult to sustain. In addition, economic arguments seem unlikely to persuade young people to pursue scientific careers, especially in the developed world.

If these claims are accepted, school science education needs reform. What direction might such a reform take? Perhaps the first step is for the science education community to engage with some of the arguments presented above and, to the extent that they can be accepted, reject those claims of science for all that cannot be sustained. Only then will school science acquire a rationale that will not burden it with responsibilities it cannot realistically hope to meet. It is also perhaps timely to revisit the classical construction of school science in terms of physics, chemistry and biology and give due attention not simply to earth or space science but also to the many new sciences that have emerged in recent years, including the so-called system sciences. Hurd has written provocatively on this issue. He writes that 'hundreds of new sciences have been created that are unrepresented in school science curricula' and comments that many of these 'focus on human welfare and on social and economic progress'.

The biosciences now dominate the physical sciences as the center of research. Science has become a basis for social action in our culture and is becoming more a civic science. Strategic research is more socially driven than theory driven. Developments in contemporary science and technology are major elements in the ...shift to a knowledge-based economy. The sum of these changes has outmoded the rationale and goals underlying science curricula in schools and most colleges (Hurd 1998: 86).

Hurd is writing from the perspective of the USA but his comments are of wider significance for the rationale and content of school science courses. In broad terms, they point towards a school science that is broader in vision than at present, the goal of which is to help prepare young people for life in the twenty-first century rather than principally for the further study of science itself. The argument of this paper, however, is that such a goal is unlikely to be achieved by STS courses or by the incorporation of elements of the history, philosophy and sociology of science into existing programmes. Rather it requires a renewed commitment to what is arguably the principal task of science teaching, namely to teach students science in interesting and thought provoking ways that accord with their needs, interests and abilities and which reflect the variety of roles that science has come to play in the modern world. No one pretends that this is an easy or straightforward task. The great differences between

students, together with the 'tyranny of abstractions' that characterises much of scientific knowledge, constitute a formidable set of difficulties. The biggest challenge, however, is likely to lie in convincing those who teach science that scientific knowledge, together with some understanding of the confidence that can be placed in it, really can be taught to all students. If *science* for all is to have any meaning, it is a challenge that must be met and overcome

## References

- Aikenhead, G.S. 1996, Science Education: Border Crossing into the Subculture of Science, *Studies in Science Education*, 27, 1-52.
- Aitken, H.G. 1985, *Syntony and Spark. The origins of radio*, Princeton NJ, Princeton University Press.
- BAAS 1868, *Report of the (Dundee) Meeting*, London, Murray, xxxix-liv.
- Bernstein, R. J. 1971, *Praxis and Action*, Philadelphia, University of Pennsylvania Press.
- Black, P. and Atkin, J.M. 1996, *Changing the Subject. Innovations in science, mathematics and technology education*, London, Routledge/OECD.
- Bracey, G.W. 1998, Are US students behind? *American Prospect*, 37, 1, 64-72.
- Cobern, W.W. 2000, *Everyday thoughts about nature: a worldview investigation of important concepts students use to make sense of nature with specific attention to science*, Dordrecht, Kluwer.
- Collingridge, D. and Reeve, C. 1986, *Science Speaks to Power: The Role of Experts in Policy Making*, London, Frances Pinter.
- Cozzens, S. 1997, The discovery of growth. In J.Krige and D.Pestre (eds.), *Science in the twentieth century*, Amsterdam, Harwood Academic Publishers, 1217-42.
- Dewey, J. 1946. The challenge of democracy to education. In J.Dewey, *Problems of Man*, New York, Philosophical Library.
- Donnelly, J.F. 1992, Instrumentality, Hermeneutics and the Place of Science in the School Curriculum, *Science and Education*, 11 (2), 135-53.
- Drori, G.S. 2000, Science Education and Economic Development: Trends, Relationships and Research Agenda, *Studies in Science Education*, 35, 27-58.
- Eisner, E. 1991, *The enlightened eye: qualitative enquiry and the enhancement of educational practice*, New York, Macmillan.

Gadamer, H.G. 1981 (translated by F.G.Lawrence), *Reason in the age of science*, Cambridge MA, MIT Press.

George, J. and Glasgow, J. 1999, *The boundaries between Caribbean beliefs and practices and conventional science*, Kingston, Jamaica, UNESCO.

Holton, G. 1993, *Science and Anti-Science*, Cambridge MA, Harvard University Press.

Holzner, B. and Marx, J.H. 1979, *Knowledge application. The knowledge system in society*, Boston, Allyn and Bacon.

Hurd, P. deH. 1998, *Inventing Science Education for the New Millennium*, New York, Teachers College Press.

Jenkins, E.W. 1997, Scientific and Technological Literacy for Citizenship: What can we learn from research and other evidence? In S.Sjøberg and E.Kallerud (eds.), *Science, Technology and Citizenship. The public understanding of science and technology in science education and research policy*, Oslo, Norsk institutt for studier av forskning og utdanning, 29-50.

Jenkins, E.W. 2000, Constructivism in school science education: Powerful model or the most dangerous intellectual tendency? *Science and Education*, 9 (6), 577-98.

Lave, J. 1988, *Cognition in practice. Mind, mathematics and culture in everyday life*. Cambridge MA, Cambridge University Press.

Layton, D. 1993, The relationship of school science to practical action. In E.W.Jenkins (ed.), *School Science and Technology: Some issues and perspectives*, Leeds, Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds, 118-59.

Layton, D., Davey, A. and Jenkins, E.W. 1986, Science for Specific Social Purposes (SSSP): perspectives on adult scientific literacy, *Studies in Education*, 13, 27-52.

Layton, D., Jenkins, E.W., Macgill, S. and Davey, A. 1993, *Inarticulate science? Perspectives on the public understanding of science and some implications for science education*, Driffield, Studies in Education.

Loo, S.P. 2001, Islam, Science and Science Education: Conflict or Concord, *Studies in Science Education*, 36, 45-78.

Matthews, M. (ed.) 1998, *Constructivism in Science Education: A Philosophical examination*, Dordrecht, Kluwer.

Miller, J.D. and Pifer, L.K. 1993, *Public Attitudes Towards Science and Technology 1979-93, Integrated Codebook*. Chicago, International Center for the Advancement of Scientific Literacy, Chicago Academy of Sciences.

Shamos, M.H. 1995, *The Myth of Scientific Literacy*, New Brunswick NJ, Rutgers University Press.

- Shorrocks-Taylor, D. and Jenkins, E.W. 2000, *Learning from Others. International Comparisons in Education*, Dordrecht, Kluwer.
- Snow, C.P. 1959, *The Two Cultures and the Scientific Revolution*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Weiss, S.F. 1994, Pedagogy, professionalism and politics: biology instruction during the Third Reich. In M. Renneberg and M. Walker, *Science, Technology and National Socialism*, Cambridge, Cambridge University Press, 184-96.
- Wellington, J.J. (ed.) 1989, *Skills and Processes in Science Education. A Critical Analysis*, London, Routledge.
- Wolf, A. 2002, *Does Education Matter? Myths about education and economic growth*, London, Penguin books.
- Wynne, B. 1996, Misunderstood misunderstandings. Social identities and public uptake of science. In A. Irwin and B. Wynne (eds.), *Misunderstanding Science? The public reconstruction of science and technology*, Cambridge, Cambridge University Press.

## Visiting Anna

Hafthor Gudjonsson. University of Education, Reykjavik, Iceland

*Originally educated as biochemist from the University of Tromsö (in 1976). He started to teach chemistry in a secondary school in Iceland in 1979. A decade later he was hired to establish a teaching or didactics course for prospective science teachers within the teacher educator programme at the University of Iceland, which he have taught ever since. In 1997 he went to Canada to study with Gaalen Erickson at the University of British Columbia, a project that resulted in a doctoral thesis addressing his own practice as teacher educator, titled "Teacher learning: a pragmatic self-study". Currently he is the head of a new graduate program in science education at Iceland's University of Education. Research interests include teacher learning and science education.*

### Introduction

Recently I had a conversation with a young woman who was about to be graduated as a primary school teacher from a university in Iceland. Asking her how she felt about the teacher education program now when she was approaching the end of it she pointed to her recent experiences from practicum teaching in a primary school saying that she could not see that "all those theories" she had been learning in the teacher education program were of much help to her. Elaborating on this issue a bit further, she came down saying that beginning to teach was like beginning "something totally new" and that the teacher education program now appeared as "another world" far away and with little connection to her classroom situation.

This article focuses on practicum or student teaching. I am wondering what happens when student teachers start teaching in real school settings. I am wondering how we should think about this part in the learning to teach process. For many, student teachers and teacher educators alike, practicum is the single most beneficial segment of this process. Others are more sceptical, even contending that it has "failed to evolve much beyond the medial apprenticeship training model, has not developed a sound theoretical basis, and has no uniform or standard structure", to quote Guyton and McIntyre (1990, p. 514).

How people think of the school practicum component of the teacher education program may depend on how they think about the whole process of learning to teach. Here, views vary considerably (Feiman-Nemser 1990). For many, learning to teach is something that occurs in the courses of the teacher education program. Here, the students learn the necessary knowledge. Coming to the practicum, they *apply* this knowledge. Korthagen and Kessels (1999) refer to this view as "the application-of theory-model" and claim that it is the model most teacher education programs build on. However, they (and many others; see Wideen, Mayer-Smith and Moon 1998 for a review) also contend that it is not effective and suggest an alternative "realistic approach" to teacher education. Contrary to the traditional model in which knowledge about teaching is considered as "a created subject" to be transferred to the student teacher, the realistic approach sees it as "a subject to be created by the learner, that is, the student teacher" (p. 7). Consistent with this view of learning to teach, the starting point of teacher education programs would be "the real problems encountered by student teachers

during field experiences” and the student teacher involved would “develop his or her own knowledge in the process of reflection in the process on practical situations in which a personal need for learning was created” (p. 7).

Korthagen and Kessels’ (1999) realistic approach may be seen as a part of a movement against traditional ways of thinking about teacher learning and even about learning in general. Learning, many scholars think, should be thought about not as confined to the brain but rather as a *social* or *contextual* thing (e.g. Lave and Wenger 1991, Rogoff 1990). In other words, learning should be seen as interplay between the person and the physical, social and cultural environment. Speaking this way, we have come close to social constructivist and socio-cultural ways of speaking about human thinking and learning, and by the same token, close to my own views in this regard.

### **Who am I?**

I am a teacher educator working both at the University of Iceland and at Iceland’s University of Education. Originally educated as a biochemist from the University of Tromsø in Norway, I started to teach chemistry in a secondary school in Reykjavik in 1979. Roughly a decade later I joined the teacher education program at the University of Iceland as a part-time lecturer and was given the responsibility of helping prospective science teachers to learn how to teach their subjects (e.g. chemistry, biology and physics). In doing this, I became attracted to the notion of *constructivism* that was gaining popularity in these years, especially among teacher educators. Following this idea, (science) teachers should stop seeing their students as *knowledge receivers* and start seeing them as *knowledge makers* (e.g. Driver 1983). Looking to future science teaching from this perspective I envisioned an era of understanding replacing mindless remembering of facts and principles. Unfortunately, trying to make this new idea part of my teaching practices, I did not experience much success. Some years later I wrote the following about those experiences:

However, there was a problem. Trying to make use of the constructivist ideas in my chemistry teaching I experienced difficulties. It did not seem to align so well with the “storyline” of my school. I felt I was running into a “wall” or being caught into a web of complexities. (Gudjonsson 2002, p. 3)

The quote is taken from my doctoral thesis that I defended at the University of British Columbia in August 2002. Reading this quote now, my thoughts go to the woman I told of at the beginning of this article, the student teacher I was conversing with and that was complaining about “all those theories” that she did not feel helpful when beginning to teach in a real school classroom. In my view, our stories are related. Both point to the school as a culture where particular forms of life and ways of speaking reign and resist alternative forms and ways of speaking, e.g. some of the many theories teacher educators see as promising for educational purposes. Constructivism, I hold, is an example of such a theory because it wants us to speak about knowledge, learning, and teaching in ways that do not fit very well with normal discourse. Accordingly, trying to implement constructivist ideas in schools, one is likely to run into a wall of cultural constraints.



## My thesis

I named it *Teacher learning and language: A pragmatic self-study*. Sounds complicated to you, I assume. Actually, I tend to think of this study as an inquiry into the *complexities* of learning to teach. Anyway, the main issue is *teacher learning*. I am asking what it means to learn to teach or how we should speak of this issue. As indicated in the title, I am claiming that *language* is an important element in teacher learning. Following Richard Rorty (1999), the American pragmatist philosopher, I tend to think of language as a *tool* we use to cope with the environment and deal with our projects (rather than a passive medium of representation). Building a chair we need certain tools like a hammer and a saw. Dealing with our projects we need words and other symbols. Actually, the words we chose are not neutral to our projects but shape them or, more precisely, shape the way we think and act. Having been accustomed to speak (or think) of our students as receivers of our knowledge we tend to treat them as such, e.g. as “receptacles waiting to be filled” as Jerome Bruner (1996) suggest.

I speak of my study as a “self-study”. This term points to the fact that I was approaching the issue of teacher learning by inquiring into my own practices as a teacher educator, in particular my attempts to rebuild those practices in light of ideas I had come to like while studying in Canada from 1997 to 1999. During this time I had, for example, become attracted to the notion of the teaching as a *reflective practice* with roots in Schön’s (1983) idea of “the reflective practitioner”. Following this lead, the key to effective teacher learning lies in *reflecting with others on personal teaching experiences* (Munby and Russel 1998), a view that is also central to Korthagen and Kessels’ (1999) realistic approach to teacher education mentioned above.

However, returning to Iceland from my studies in Canada I was also carrying with me ideas of learning that describe it as a *social* rather than a individual brain/mind thing. As hinted at above, struggling to weave constructivist ideas into my ways of teaching I found my surroundings (my old school in particular) kicking me back. Likewise, observing my student teachers teach in their practicum periods I had problems linking their ways of teaching to things stressed in my course or in the teacher education program as a whole. Their teaching, it appeared to me, was usually fairly traditional, with lecturing and note-taking as prominent descriptors. In particular, most of them seemed to push aside the constructivist ideas I was emphasizing, even though they had been showing strong interest in those ideas in my course at the university.

In my doctoral study, I was looking at the process of learning to teach from a *pragmatic* perspective or, we might as well say, from a *linguistic* perspective because contemporary pragmatism takes language as a key to understanding the social world. In this view, social reality is a matter of *conversation*. Learning, in this view, may be spoken of as a matter of acquiring and learn how to use cultural tools, words and other symbols in particular. Thinking about practicum, for example, we may think of our students as being in the process of picking up words and ways of speaking characteristic of the school and of the school department they have entered. This process, I argue, has two sides, a passive one and an active one. On the passive side, the student teacher needs to align with the forms of life or the culture of the school. On the active side, the student teacher will always be trying to figure out *her own* way of being and acting in the new environment, developing her “own voice” out of the heterogeneous mix of voices she encounters, including both theories taught in the teacher educator program and habitual ways of speaking in the school.

In the rest of this chapter I will be focusing on one particular student teacher with the pseudonym “Anna”. Anna was participating in my science teaching course at the University of Iceland in the school year 1999 to 2000, the year I was collecting data for my doctoral thesis. One of the main chapters of my thesis is a story of a visit I made to her while she was doing her practicum in a secondary school in March 2000. Visiting her I was both fulfilling my duties as a faculty supervisor and inquiring (as a doctoral student) into the very issue of practicum that had been puzzling me for years. That is, I was going to see if Anna was teaching “adequately” but also intending to study “what Anna was really learning in this place”, hoping that in doing so I might come up with a better understanding of what it means to begin teaching in a school and how that event relates to the overall process of learning to teach. My rationale for doing this was quite simply that I had, for a number of years, been puzzled by this component of teacher education we call “practicum”, feeling that something “strange” happened to my student teachers as soon as they began to teach in real classroom. In particular it appeared that things they learnt in my course “evaporated” upon contact with the school classroom. Could it be the case?

### Visiting Anna

The visit to Anna took place on a cold morning in Reykjavik in early March 2000. I observed Anna teaching three lessons, chemistry in all cases. Afterwards I sat down with her and Jane, her school adviser, and we talked about Anna’s practicum in general and of the chemistry lessons that morning in particular. Reminded of my researcher role I made attempts to record events as they occurred. I made field-notes while observing Anna’s teaching and I audio taped our conversations. Back home that very day I began to analyse these records, hoping that the analysis would bring me a step forward in my attempts to understand what happens to my student teachers when they enter the school and start teaching.

Did it?

Yes, in a sense it did but not the way I had expected. To begin with, I was disappointed. Studying my records I could not really see anything interesting, at least not things that I felt might bring me closer to a solution of the “practicum puzzle” that was hunting me. Looking at my field-notes, for example, I could most of all see a lot of chemistry related stuff. After all, Anna had been teaching chemistry and I had been following her doing that. Listening to the audiotape I could only hear the “usual talk”, that is things I had been saying for years and things my student teachers had been saying for years.

How ordinary! How mundane!

Gradually though I began to see my records differently. Gradually the “usual talks” began to appear as *interesting* to me. This change was associated with a profound change in my way of thinking about the world, a turn toward pragmatism. With this turn I began to see my records, including the “usual talks”, as *my reality and the reality of my students*. Alas, reading my journal and listening to the audiotape I was gaining “pictures” from our realities, our ways of being together and our ways of building our lives together.

Given that we construct our realities by the words we use, these realities will change when we start using new words or practice new ways of speaking. Extending this line of argument we may start thinking of inquiry as a matter of developing new ways of speaking. That is, the role of the researcher, in this view, is figuring out better ways of describing our current social practices, “better” in the sense that they would point to better ways of doing things, e.g. helping people how to learn to teach. Indeed, this how I came to think about my own research, that is when becoming a pragmatist.

As told, looking at my records from a pragmatic vantage point, they transformed into “little treasures” really worth inquiring into because they were telling examples of how we were *co-constructing* our social reality. Allow me to provide you with an example of such co-construction, a piece from our post-teaching conference where we (Anna, Jane, and I) were co-constructing the terms “class” and “different classes”:

1. [I:] Now I have been with you in three lesson... have been writing a lot [one may hear me scramble through the pages of my journal]
2. [Anna:] Jesus! [Apparently, a sound addressing the many pages I have been writing rather than something divine.]
3. [I:] ... and, ...ehe..., this is something that I will look close into later and work out.. and, and, I am just saying that I have been feeling well [referring to my observing Goldie] ... I feel somehow this has been running so, so... without any big obstacles and, and, what I find most valuable is somehow... I experience you such that you glide so well into this role...I don't know, what do you feel...about the time you have spent here? Not so many days but...what, isn't this your third or fourth day?
4. [Anna:] The first class was dreadful...
5. [Jane:] It wasn't, it wasn't dreadful. But one could see a great difference between the first class and the next when you repeated things right away. It wasn't dreadful, I would not say that. Not at all. But the second class was significantly better. You were very quick to discover what you need to do differently, you see.
6. [I, addressing Goldie:] But why did you feel it was so dreadful?
7. [Anna:] Now, I started to read wrongly the list with students' names, forgot one name, marked off a wrong name and then when I was scanning the names and figuring out if I was remembering the faces I asked, “Is John here?” ...no, “Where is John?” and then, of course, he was not in there.. and I had already marked him as being present. And then I needed to go through the list all over again and this was so stupid, you see! When you begin like this it is so difficult to get something....

Very ordinary, is it not? – But nevertheless something real and, from my point of view, something important and interesting. Besides, at least from a pragmatic - sociocultural point of view, *learning* is taking place. Our talk is not merely a “talk” but a purposeful activity, a social construction, a building process (Gee and Green 1999). Together, we are – in this part of our discussion – constructing together meanings for the terms “class” and “different classes”. As every teacher knows, such terms are often heard in teachers' talks. We teachers talk a lot about classes, in particular when beginning the school year and we have got new classes. Anna needs to be induced into this talk, become a partner in the ongoing discussion of classes. During the practicum and prior to our conversation she had been experiencing “different classes” and now she was in need of articulating and making sense of her experiences. And Jane and I were there to assist her in this learning process, join her in her efforts to learn to speak in the spirit of her profession.

My point is that “talks” of the sort given may be spoken of as *learning acts*, important elements in the process of learning to teach. Anna's learning in the school practicum, I argue, may be spoken of as a process of *adapting* to this new environment. This adaptive process involves physical objects like the blackboard but it is also and significantly a process of picking up words from colleagues and learning to assemble those words in accord with the rules of the school culture(s), learning to say things in ways that make sense to her colleagues

so that effective and meaningful communication is attained. Such an adaptation, I would think, is a prerequisite for the newcomer to be able to function smoothly in the new environment. Anna needs to learn how to speak of classes, both for the purpose of being able to communicate with her colleagues and even for the purpose of being more able to cope with her future classes. And she needs to learn how to use a host of other “school terms” (e.g. teaching, learning, and knowledge) in ways compatible with ways of speaking in this school culture. From my pragmatic point of view, these are cultural tools she needs in order to be able to cope effectively with the specific environment she is entering.

Seeing things this way, learning to teach, at least the practicum part of it, becomes a very piecemeal process, occurring in such small steps that they are hardly discernable and, accordingly, not easy to articulate. This may help explain the fact that although student teachers often feel that they are “learning a lot” during their practicum teaching they tend to run into difficulties when asked to explicate what they mean by that “learning a lot”. As noted by Carter and Anders (1996), students entering teacher education programs have been accustomed to think of learning as learning facts and principles from books. Learning from experience, on the other hand, is an alien task for them and so it is even for us teacher educators because we are also children of our culture; a culture that tends to speak of professional practice as a matter of applying research-based theories to solve practical problems (Schön 1983). In the view I am defending, such theories may have a rightful place in the learning to teach process but not in the way the tradition suggests. The central task of teacher education, I argue, is to help the student teachers develop their personal vocabularies, figure out ways of speaking that suits them and that may point to promising ways of helping others (their students) learn and grow. Research-based theories are, in this view, one of many resources available for student teachers in search of their own teacher identity. Anna, in my story, was in search of such an identity. In that process, she did not find my constructivist views particularly useful or, at least, not as important as “the realities of the school”. Accordingly, she was, from the beginning of her practicum, very attentive to the practices of the school and to the ways things were spoken of in the school, including things like “classes”. This helps explain the feeling I had when following her practicum teaching, namely that the school was somehow “engulfing” her. In a sense it was (i.e. by “pushing” her to adapt to existing forms) but we should keep in mind that she was quite willing to “let go with the flow”, to align with the forms of life of the school, e.g. keen to pick up words and phrases the teachers were using to guide their actions and weave them into her own web of words, her emerging teacher vocabulary.

### **Seeing action as mediated**

My visit to Anna took place in March 2000. Approximately two years later I was done with my story of that visit. That story was very different from the “original story”, that is, the records I made during the visit. It was different because in the meantime I began to study authors that made me start thinking in new ways about the world and about human beings. I have already mentioned Richard Rorty, the pragmatist philosopher who helped me start thinking of reality as a matter of conversation. However, I was also studying some socioculturalist authors who enabled me to start thinking of human thinking and action as a contextual or situated issue. Aligning my original story of my visit to Anna with these sociocultural views of human beings I began to think of her less as an “individual” and more as an “individual-continuous-with-her-environment”. Let us take a closer look at this issue.

Following traditional psychological views, we tend to think of human beings as “individuals” separated from their environment that in turn surrounds them like a container. Thinking, in

this view, is a purely mentalistic and individual act and action is seen as something that flows automatically from what is going on in the mind (Bruner 1996). This view of human beings and human thinking and action has been under attack for some years by various alternative theories such as Situated Cognition theory (e.g. Lave 1988, Rogoff 1990), neo-Vygotskian Activity Theory models (e.g. Engström 1987, Wertsch 1991) as well as general Cultural Psychology (e.g. Cole 1996). Common to these theories, Lemke (1999) holds, is that they regard thinking

as a kind of material action, and that it is conducted not just in and by the brain, but the whole body, making constant use of material tools and artifacts in the environment, and interpreting its own actions and their results by means of socially learned and culturally specific systems of meaningful signs, such as the languages of words, diagrams, and mathematical symbols. (p. 2)

Analysing the records I had made from my visit to Anna, I was guided by this kind of framework, in particular by the sociocultural view of human action developed by James A Wertsch in his book, *Voices of the Mind* (Wertsch, 1991). His most central claim in this book is that

human action typically employs ‘mediational means’ such as tools and language, and that these mediational means shape the action in essential ways. According to this view, it is possible, as well as useful, to make an analytic distinction between action and mediational means, but the relationship between action and mediational means is so fundamental that it is more appropriate, when referring to the agent involved, to speak of ‘individual(s)-acting-with-mediational-means’ than to speak simply of ‘individual(s)’. Thus, the answer to the question of who is carrying out this action will invariably identify the individual(s) in the concrete situation and the mediational means employed. (Wertsch, 1991, p. 12)

As told, my visit to Anna took place in March 2000. Observing her teaching I felt she was doing quite well as may be seen from the excerpt given above. Saying that she was doing well, however, I was judging her relative to customary practices in secondary schools rather than what I tend to think of as good teaching practices. Indeed, following her teaching I felt I was witnessing once a gain a phenomenon that I had seen many times before when observing my student teachers teaching in a practicum setting, namely a tendency of their part to teach in ways that do not fit particularly well with ideas we speak of as examples of good practices in my course, e.g. constructivist ideas. So, following Anna’s teaching I was, once again, experiencing that she was in a sense doing well but at the same time falling prey to what some authors speak of as the “pull” of the traditional school culture (Putnam and Borko 2000). That is, entering the school student teachers tend to relapse into habitual ways of teaching almost instantly.

### **How should such events be spoken of?**

To begin with, when analysing the records I had made of my visit to Anna I tended to focus on her as person, as an individual. Coming under the influences of socioculturalist authors, however, I began to see her as continuous with her environment. That is, I began to understand that it was possible to describe her actions in *social* rather than *psychological* terms. Besides, it began to dawn to me that by *re-describing* Anna’s actions in social and cultural terms I might come up with a *useful* description, that is a story that might enable me and even other teacher educators to understand better what it takes to start teaching in a school and why things our student teacher learn in our programs often appear of little use when it comes to the practicalities of the classroom.

The key to the matter, for me, was Wertsch notion of “mediated action” spoken of above. Now I found that it might be a good idea to stop thinking about Anna as an “individual” and start thinking of her as an “individual-acting-with-meditational-means” to use terms from Wertsch. Approaching Anna the teacher this way I began to see her actions as being mediated by a host of meditational means or, if you like, by her physical, social and cultural environment, for example the very arrangements of chairs and tables, and the presence and positions of the blackboard and the overhead projector. The very presence of such instructional aids and their positions “push for” certain behaviour on the part of the teacher, e.g. standing in front of the class and writing on the blackboard and doing most of the speaking. Besides, the culture of the school supports her acting this way because this type of behaviour is what most people (teachers included) usually link to the term “teaching”.

Anna’s teaching actions were, I feel justified to say, strongly shaped by these these environmental things and their associated cultural meanings. However, I also found that her actions were shaped by the “languages” in use in this place, that is her mother tongue (Icelandic) and the social language called “chemistry”. Inquiring into the former we will see that it abounds with metaphors pointing to certain images of teaching, learning and knowledge. Thus, in Icelandic (as in English and Norwegian) knowledge is usually spoken of as it were a commodity transportable from one mind to another, teaching as an act of delivering this commodity and learning as the act of receiving it. Given the frequent use of such modes of speaking in schools (and in other places in society as well) one is tempted to believe that these modes will shape how teachers and student teachers think and act, i.e. pushing them to think about and do their teaching in accord with the rules of their mother tongue.

Last of the items on my list of meditational means but maybe the most powerful one when it comes to (science) teaching in secondary schools is the *subject matter*. In Anna’s case it was chemistry, a subject matter that also happens to be my specialty. Usually we (subject specialists) think of the subject matter as something we have at our disposal, a handy tool that we can manipulate almost at will, especially when we have been teaching it for years. While this stance may be justified we should also consider the possibility that the subject matter may influence the way we think and act as teachers. Thinking of Anna, I can certainly say that she was teaching chemistry. However, I also feel justified to say that chemistry was *instructing her* or – with Wertsch – mediating her teacher actions. For example, in one of the classes I was observing her she was explaining to her students a particular sample problem centring on the concept of heat transfer between two chemical systems. In doing so, she - plausibly enough - followed the procedure the field of chemistry has developed for this type of problem; and she spoke about this problem in ways familiar to most chemists. Seeing chemistry as a language-game (as I do), Anna was, in her teaching, following to the rules of that game. In doing so, these rules “took over” her thinking, partially at least, thus mediating her thinking and action in a way that secured an appropriate path to the right solution of the problem involved. Playing chess, we may feel like being in control of the game. However, once into the game it “takes us”, i.e. begins to guide our thinking and mediating the “moves” we do on the chessboard. In Icelandic, we have a saying that goes “sjá smiðs augu” and that may be translated to “see carpenter’s eyes”. It is meant to underscore that when we start build a thing (say a chair) it tends to act back on us and affect our way of looking. We do something to the thing but the thing is also doing something to us. An interaction and a continuity is established.

Going back to the little snapshots from the beginning of the conversation I had with Anna and her school adviser, we find me saying the following:

I feel somehow this has been running so, so... without any big obstacles and, and, what I find most valuable is somehow... I experience you such that you *glide so well into this role...*

I emphasize the last part of the quote because it serves to remind me (once again) of the fact that I have often be surprised by how easily many of my students seem to align with the forms of life characteristic of secondary school science teaching. Seeing this issue from a sociocultural point of view, however, helps me make sense of this observation. The subject matter, if well understood by the student teacher involved, is not a neutral tool but a cultural tool that guides her steps, instructs her how to teach chemistry and how to navigate successfully through a lesson.

## Epilogue

Describing traditional teacher education programs, Feiman-Nemser and Buchmann (1989) criticised them for their narrow view of learning to teach:

The typical programs of teacher preparation treat learning to teach as an additive process that largely bypasses person and setting. None of these models illuminates the role of prior beliefs or preconceptions in teacher learning. Nor do they take into account the influence of program features, settings, and people as they interact over time.  
(p.368)

I agree with these authors. In my view, learning to teach should be spoken of as a complex interplay of people and settings. The article presented here underscores this point of view, stressing the importance of environmental factors like the classroom and the languages involved, seeing these not as neutral factors but as cultural tools shaping both what is learned and how.

Adopting such a view, I argue, may help us teacher educators figure out new and possibly better ways of working with our student teachers. For one thing, we may now be in a position to understand better the *complexities* involved for student teachers who are trying to link their school experiences to their formal teacher preparation (because now we have a vocabulary better suited to this task). Thirdly, we may now be able to think about teacher learning as a *linguistic building process* during which our students make efforts to expand their vocabularies and develop their ways of speaking. Given that we manage to make such a “linguistic turn” we are likely to give more weight to the issue of language and the role of conversation in our programs. At least, this is what has happened to me. I have changed to way I work with my student teacher in such a way that “talks” are given priority. Typically, the students reflect on and write about the “theme of the day” before entering class. Coming to the class they continue to grapple with the theme, both in small groups and in a all class discussion. Lots of reflections, writings and talks, one might say and let it be said that I would have hesitated to give so much time to such activities had I not learned to think of teacher learning as a socio-linguistic issue or, if we like, as a matter of figuring out one’s own voice. Having taken this stance, however, I began to see these linguistic activities as central tasks. Prior to this linguistic turn I had come to think with Parker J. Palmer (1998) that knowing *who you are* as teacher is a prerequisite for experiencing a successful teacher career. Having made this turn, I feel more able to articulate this “knowing who you are as teacher”. It is, in short and in my view, intimately connected with the words one is able to pick up from other

people's vocabularies and weave into one's own web of words for the purpose of being able to help other people (students) learn and grow.

I began this article by telling you about a young student teacher who did not feel "all those theories" she had become familiar with in the teacher education program were of much use to her when beginning to teach. Often such stories are taken as indicative of a "gap" between theory and practice, either our student teachers do not learn our theories and principles well enough or they are not able to use them properly in practice if not both. Such accounts, I argue, are grounded in a *dualistic* model of the human mind in which knowledge is taken to be a commodity transferable from one brain to another. In the socio-cultural (or socio-linguistic) model I am defending, the human mind is seen not seen as a container-like thing separated from the body and the rest of the world but as "organized habits" to borrow a from Dewey (1916 / 1944) who said that:

When children go to school they already have 'minds' – they have knowledge and dispositions of judgement which may be appealed to through use of language. But these 'minds' are the organized habits of intelligent response which they have previously acquired by putting things to use in connection with the way other people use things. (p. 32-33)

Try replace "children" with "student teachers" and "school" with "the teacher education program" and see what you get. In my view you get a useful description of a student teacher about to begin her formal teacher preparation. Now, she does not appear to us as a receptacle to be filled with research-based theories but rather as a human being whose habits, including linguistic habits, have been moulded through extensive interactions with other people for years and years. In other words, she has become a person with distinctive qualities. And this is our point of departure. Learning to teach, I argue, should be thought of as an attempt to help prospective teachers to figure out who they are and who they want to be as teachers. However, we should also try make them aware of that reorganizing old habits may not be a simple thing to do and we should inform them that current forms of life in schools, including old ways of speaking in schools, tend to mediate our thinking and our actions, for good or bad.

## References

- Bruner, J. (1996). *The Culture of Education*. Harvard University Press.
- Carter, K. & Anders, D. (1996). Program pedagogy. In F. B. Murray (Ed.), *The Teacher Educator's Handbook. Building a Knowledge Base for the Preparation of Teachers*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.
- Cole, M. (1996). *Cultural Psychology*. Harvard University Press.
- Dewey, J. (1916/1944). *Democracy and Education*. New York: The Free Press.
- Driver, R. (1983). *The Pupil as Scientist?* Open University Press.
- Engström, Y. (1987). *Learning by Expanding*. Helsinki: Orienta-Konsultit Oy.
- Feiman-Nemser, S. and Buchmann, M. (1989). Describing teacher education: A framework and illustrative findings from a longitudinal study of six students. *The Elementary School Journal*, 89 (3), 365 – 377.



- Feiman-Nemser, S. (1990). Teacher preparation: structural and conceptual alternatives. In W.R. Houston, M. Haberman and J. Sikula (Eds.), *Handbook of Research on Teacher Education*. Macmillan Publishing Company.
- Gee, J. P. & Green, J. L. (1999). Discourse analysis, learning, and social practice: A methodological study. In P. D. Pearson & A. Iran-Nejed (eds.), *Review of Research in Education*, 23, pp. 119 – 169.
- Gudjonsson, H. (2002). *Teacher Learning and Language: A Pragmatic Self-study. An unpublished doctoral thesis*. University of British Columbia, Canada.
- Guyton, E. & McIntyre, D.J. (1990). Student teaching and school experience. In W.R. Houston, M. Haberman and J. Sikula (Eds.), *Handbook of Research on Teacher Education*. Macmillan Publishing Company.
- Korthagen, F.A. J. & Kessels, J. P. A. M. (1999). Linking theory and practice: Changing the pedagogy of teacher education. *Educational Researcher*, 28(4), 4 - 17.
- Lave, J. & Wenger, E. (1991). *Situated Learning. Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lave, J. (1988). *Cognition in Practice: Mind, Mathematics, and Culture in Everyday Life*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lemke, J. L. (1999): <http://academic.brooklyn.cuny.edu/education/jlemke/papers/barcelon.htm>
- Munby, H. & Russel, T. (1998). Epistemology and context in research on learning to teach science. In B.J. Fraser and K.G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education*, Part Two, p. 695 - 706. Kluwer Academic Publishers.
- Palmer, P.J. (1998). *The Courage to Teach. Exploring the Inner Landscape of a Teacher's Life*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Putnam, R. T and Borko, H. (2000). What do new views of knowledge and thinking have to say about research on teacher learning? *Educational Researcher*, 29 (1), pp. 4-15.
- Rogoff, B. (1990). *Apprenticeship in Thinking*. New York: Oxford University Press.
- Rorty, R. (1989). *Contingency, Irony, and Solidarity*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rorty, R. (1999). *Philosophy and Social Hope*. Penguin Books.
- Schön, D. (1983). *The Reflective Practitioner. How Professionals Think in Action*. BasicBooks
- Wertsch, J.V. (1991). *Voices of the Mind. A Sociocultural Approach to Mediated Action*. London: Harvester Wheatsheaf.
- Wideen, M., Mayer-Smith, J. & Moon, B. (1998). A critical analysis of the research on learning to teach: Making the case for an ecological perspective on inquiry. *Review of Educational Research*, 68(2), 130 - 178.

## Kreativitet og naturfag

Per Morten Kind. Institutt for fysikk, Norges Teknisk Naturvitenskapelige Universitet  
Trondheim

*Per Morten Kind har doktorgrad i naturfagdidaktikk fra Universitetet i Oslo (1996). Han har arbeidet ved lærerutdanningen ved Høgskolen i Telemark og ved Norges teknisk – naturvitenskapelige universitet i Trondheim. Han har vært leder for Nasjonalt nettverk for naturfautdanning og deltatt i flere læreplangrupper. I dag er han tilsatt i fagdidaktisk stilling ved Institutt for fysikk. Hans forsknings har spesielt vært rettet mot praktisk arbeid og elevnes forståelse av naturvitenskapens egenart. Han arbeider i dag med flere prosjekter knyttet til fysikkfaget i videregående skole.*

Throughout the world, national governments are reorganizing their education systems to meet the challenges of the twenty-first century. One of the priorities is promoting creativity and innovation.

*Ken Robinson, Chair, National Advisory Committee on Creative and Cultural Education*

Kreativitet er et viktig tema for skolen. Det trekkes gjerne frem blant de store utfordringene for en skole som skal utdanne mennesker for det 21. århundret. Kreativitet har imidlertid hatt en relativ liten plass i diskusjonene knyttet spesifikt til naturfag. Dette til tross for at vi også her har sette en omfattende og svært dyptgripende debatt omkring fagets målsetning og innhold.

Målet med denne artikkelen er todelt. For det første er det et forsøk på å si noe om kreativitet innen naturfaget slik det er i dag. Med naturfag menes i denne sammenheng først og fremst fagets slik det fremstilles i det fagdidaktiske forskningsfeltet, men det vil også bli noe fokus på fagets utforming i norsk grunnskole. Som nevnt har vi hatt mye diskusjon om naturfagets mål og innhold. Det første målet med denne artikkelen er en analyse av kreativitetens rolle i denne debatten. Innfallsvinkelen for å gjøre dette vil være en gjennomgang av to dokumenter som begge drøfter fremtidens skole. Det andre målet er å utdype selve kreativitetsbegrepet og reflektere over hvilken rolle det *kan* spille i naturfag. Dette er delvis en diskusjon om naturfagets egenart. Er naturfag et naturlig område for å arbeide med kreativitet?

### **To dokumenter - samme utgangspunkt, men ulik konklusjon**

Det er publisert mange dokumenter om utfordringer for dagens skole som skal møte morgendagens samfunn. De to dokumentene som vil bli skissert her er: "*Beyond 2000 - science education for the future* (Millar og Osborne 1998)" og "*All Our Futures: Creativity, Culture and Education* (NACCCE 1999)". Begge dokumentene er britiske og resultater av visjonære utredninger om hva fremtidens skole bør inneholde. Det første dokumentet er skrevet spesielt for naturfag og er en rapport etter et seminarprogram. Dokumentet har fått stor anerkjennelse og siteres ofte innen forskningsfeltet "science education". En av grunnene

til dette er trolig at det fremfører en argumentasjon med stor tilslutning. Dokumentet reiser fire prinsipielle spørsmål (Millar og Osborne 1998, s 2000):

- What are the success and failures of science education today?
- What science education is needed by young people today?
- What might be the content and structure of a suitable model for a science curriculum for all young people?
- What problems and issues would be raised by the implementation of such a curriculum, and how might these be addressed?

Når disse spørsmålene skal besvares trekkes det frem synspunkter på naturvitenskap, på elever og deres behov, på samfunnets behov og på naturfagets rolle i forhold til begge disse behovene. Det andre dokumentet er mer generelt for alle fag i skolen. Utgangspunktet her er en "Advisory Committee" satt ned av det britiske utdanningsdepartementet, med mandatet:

*To make recommendations to the Secretaries of State on the creative and cultural development of young people through formal and informal education: to take stock of current provision and to make proposals for principles, policies and practice.*  
NACCCE 1999, s. 2

Det ble altså reist som et politisk tema at skolen skal utvikle elevenes kreative evner, og det ble satt neden egen komité som skulle se hvordan dette kan gjøres. Komiteen bestod av 18 medlemmer med profesjonell bakgrunn fra mange ulike områder. De publiserte sin rapport med analyser og anbefalinger i 1999.

Arbeidene med de to dokumentene hviler på en felles tanke: At morgendagens samfunn byr på utfordringer dagens skole ikke er egnet til å møte. Dette settes i sammenheng med at samfunnet endres svært raskt. De raske endringene er blant annet knyttet til teknologisk utvikling, men gjelder også mange andre områder. Dette leder mennesker ut i en usikker tilværelse, der livsbetingelser knyttet til lokalsamfunn, arbeidsplasser etc. ikke er så stabile som vi har vært vant til. En av årsakene til denne situasjonen er globalisering. Globaliseringen skjer spesielt innen handelsmarked og økonomi, men det er også en mer generell globalisering av kulturer. Skal elevene møte denne situasjonen må de ha en mye bredere utdanning og de må utvikle mer generelle egenskaper enn det som har vært vektlagt i skolen til nå. Begge dokumentene bruker begrepet "empowerment" om utdanningens mål. Elevene skal gjennom utdanningen bli i stand til å ha kontroll over egen livssituasjon og ikke bli et offer i samfunnets utvikling.

Fra dette grunnlaget leder de to dokumentene i svært ulike retninger. Naturfagdokumentet trekker frem det demokratiske perspektivet og behovet samfunnsborgere har til å forstå og delta i debatt omkring sosiovitenskapelige problemstillinger:

*The ever-growing importance of scientific issues in our daily lives demand a populace who have sufficient knowledge and understanding to follow science and scientific*

*debates with interest, and to engage with the issues science and technology poses – both for them individually and for society as a whole.*

*Millar og Osborne 1998, s. 2001*

Dokumentet fremhever som et viktig mål for naturfagundervisningen at elevene skal bli ”scientific literate”, - som vi gjerne oversetter med naturvitenskapelig allmenndannet. Det vektlegges særlig to sider. Det ene er at elevene må bli ”insiders” i forhold til den naturvitenskapelige kulturen. De må bli kjent med og opparbeide forståelse for det naturvitenskapelige verdensbildet og den enorme betydningen dette har hatt for utviklingen av vår kultur.

*Not to have some understanding of <the scientific ideas about the Universe> is to be, in a very real sense, an ”outsider”, excluded from elements of our common culture in much the same way as a person who is unable to read.*

*Millar og Osborne 1998, s. 2008*

Den andre siden er elevenes evnen til selv å tenke og argumentere ”vitenskapelig”. Naturvitenskapelig kunnskap er basert på framlegging av evidens og saklig rasjonell argumentasjon. Synspunkter og påstander innen naturvitenskapen blir derfor vurdert kritisk av vitenskapssamfunnet før de etableres og aksepteres som holdbare forklaringer. Denne rasjonelle tilnærmingen til problemer og kunnskap fremheves som en viktig side av allmenndannelse:

*By considering the ways in which evidence and argument have been employed to establish reliable knowledge about the natural world, and by gaining experience in developing one’s own arguments, and in scrutinising those of others about natural phenomena <...> young people acquire and develop important skills and understandings.*

*Millar og Osborne 1998, s. 2008*

Det fremheves at dette er egenskaper som elevene vil trenge senere i livet i mange ulike sammenhenger, både i arbeidslivet og i dagliglivet mer generelt.

Ser vi på det kreativitetkomiteens dokument, finner vi en annen type argumentasjon. Én viktig forskjell er at det her legges mye større vekt på arbeidsmarkedet og på de økonomiske sidene ved utfordringen nevnt innledningsvis. Både samfunnets økonomi og den individuelle økonomien gjøres til et hovedpoeng. Utgangspunktet er her at globaliseringen og den teknologiske utviklingen sammen har skapt en ny situasjon med hardere konkurranse og en annerledes situasjon på arbeidsmarkedet. I den vestlige verden synker behovet for tradisjonell industriell og manuell arbeidskraft, mens behovet øker innen informasjonsteknologi og ulike former for serviceyrker. Dette resulterer i større behov for ”human resources”, slik som kommunikasjon, innovasjon og kreativitet. Det fremheves at den delen av næringslivet som kalles ”the intellectual property” (også referert til som ”the weightless economy”, Seltzer og Bentley 1999), dvs virksomhet som utvikler ideer fremfor varer, er i ferd med å bli den største i flere land. I denne sektoren finner vi stor bredde med typisk kreativ underholdnings industri, som reklame, design, film, software og computer service mm., og mer vitenskaps- og teknologirettet industri, som bioteknologi, farmasøytisk industri, informasjonssystemer osv..

Arbeidstakerne møter her en helt annen situasjon, og de fleste må forvente å skifte jobb og kanskje yrke flere ganger i sin karriere.

*There is a growing emphasis on freelance work, short contracts, self employment and entrepreneurial ability.  
NACCCE 1999, s. 19*

Flernasjonale selskaper bruker arbeidere fra hvor som helst på kloden basert på behovet for ferdigheter og kompetanse. Det stilles også stadig større krav til elementær akademisk kompetanse, selv om dette alene ikke er nok.

*Increasingly, employers and others emphasise the need for the qualities and aptitudes which academic qualifications are not designed to produce – powers of creativity, of communication, of empathy and adaptability, and social skills.  
NACCCE 1999, s. 21*

Kreativitetsdokumentet drøfter også samfunnssituasjonen mer generelt på en måte som ligger nærmere det vi finner i naturfagdokumentet, men også her med et noen forskjellige resonnement og med forskjellige konklusjoner. Det legges vekt på at samfunnet forandrer seg ved at etablerte rammer løses opp: de tradisjonelle familiestrukturene svekkes, vitenskap flytter etiske grenser og lokale kulturer blir mer globale. ”Empowerment” for kreativitetskomiteen er derfor en kapasitet til å håndtere alt dette og samtidig bidra til å lede samfunnet i en ønsket retning gjennom verdiskaping og produksjon. Denne kapasiteten mener de kan oppnås gjennom det de kaller en ”creative and cultural education”.

De to skisserte dokumentene er valgt fordi de representerer to ulike argumentasjonsrekker. Som nevnt bygger de begge på tanken om at globalisering og samfunnsutvikling gir skolen nye utfordringer. Argumentasjonen representert ved kreativitetsdokumentet fremhever behovet for kreativitet, idèutvikling, og innovasjon. Dette gjelder både i næringsliv og det enkelte menneske. På politisk plan har vi sett denne argumentasjonen fremført med stor styrke i mange land de siste årene. Storbritannias egen statsminister er ett eksempel på dette, når han i forrige valgkampanje skisserte de tre viktigste politiske sakene som ”Education, education and education”. Naturfagdokumentet fremfører på lignende måte en argumentasjonsrekke som står svært sentral innen feltet ”science education”. Den skiller seg på to viktige områder. For det første er næringslivets behov tonet noe ned. Det fokuseres isteden på opprettholdelsen av demokratiske verdier. For det andre legges det mer vekt på evnen til rasjonell tenking enn på kreativitet.

Det er ikke nødvendigvis noen motsetning mellom de to argumentasjonsformene. De kan sies å representere ulike utfordringer, og tilsvarende oppgaver skolen må løse. Når det gjelder de skisserte dokumentene er det allikevel noe påfallende i hvor stor grad de omgår hverandres poenger. Holder vi fokus på naturfag og kreativitet, synes det som om fagmiljøet i svært liten grad har tatt inn over seg argumentasjonen som fremføres i kreativitetsdokumentet. I dokumentet *Beyond 2000* brukes ordet kreativitet kun i to sammenhenger, begge knyttet til at utvikling av nye teorier innen vitenskapen krever et kreativt element:

*Pupils should become familiar with stories about the development of important*

*ideas in science which illustrate the following general ideas:... that scientific progress can depend on careful and painstaking work, and also on creative conjecture (e.g. the roles of Franklin and of Watson and Crick in establishing the structure of DNA).*  
Millar og Osborne 1998, s. 2022

Behovene for at elevene selv skal utvikle kreative evner for jobb eller samfunnsliv er aldri nevnt. Isteden legges det svært stor vekt på å utvikle elevenes rasjonelle evner, slik som kritisk kildegransking og argumentasjon:

*To sustain a healthy and vibrant democracy <we need a public who are> appreciating the value of science and its contribution to our culture <and that> can engage critically with issues and arguments which involve scientific knowledge.*  
Millar og Osborne 1998, s. 2004

Det er grunn til å spørre hvorfor det "nye" naturfaget så sterkt vektlegger de rasjonelle sidene ved faget fremfor de kreative. Spørsmålet kan ikke drøftes i noen dybde her, men noe av årsaken ligger trolig i den historiske utviklingen knyttet til progressive undervisning med vekt på "prosesser" som var dominerende på 1960 og til dels 70-tallet. Mange innen naturfagets didaktikk argumenterte den gang sterkt for prosess basert undervisning som skulle gi et viktig bidrag til generelle intellektuelle ferdigheter (e.g. Gagne 1965). Trolig ser vi nå et "pendelutslag" i andre retningen basert på den sterke kritikken som har blitt fremført av denne epoken (slik som hos Millar og Driver 1987).

### **Kreativitet som begrep i forskning og utdanning**

Det er ingen enkelt oppgave å definere kreativitet. Begrepet brukes noe forskjellig i ulike sammenhenger og definisjoner bygge dessuten ofte på helt bestemte teoretiske beskrivelser og forutsetninger. Den britiske NACCCE- komiteen bruker følgende definisjon

*Imaginative activity fashioned so as to produce outcomes that are both original and of value.*  
NACCCE 1999, s. 30

Definisjonen understreker flere karakteristikk ved kreativitetsbegrepet. For det første er det en prosess, en aktivitet, som bygger på *forestillingsevnen*. Man tenker eller handler "imaginært". For det andre har denne aktiviteten en *hensikt*. Den sikter mot en eller annen målsetning, - noe man ønsker å oppnå. For det tredje skal dette utbytte eller produktet være *originalt*. Originalt kan være *individuellt* i forhold eget arbeid og prestasjoner, *relativ* i forhold andre det er naturlig å sammenligne seg med (f. eks andre skoleelever på samme alder) og *historisk* i forhold til ethvert tidligere bidrag på det aktuelle feltet. Det fjerde og siste punktet som understrekes i definisjonen, er at produktet skal ha en viss *verdi* i forhold til målsetningen.

Innen kreativitetsforskning har det vært en tydelig historisk utvikling i forståelsen og bruken av kreativitetsbegrepet. Denne utviklingen har vært parallell til og skjedd i interaksjon med forskning og utvikling på flere andre felter. Dette kommer tydelig frem når vi ser på argumentasjon og bruk av begrepet innen det politiske og økonomiske feltet, og tilsvarende innen utdanning. Jeffery og Craft (2001) beskriver hvordan kreativitetsforskning har endret seg fra en fokus på psykologiske faktorer hos genier og begavede mennesker på 50-tallet, til en mer sosial - psykologisk tilnærming slik vi finner det i dag. I den tidligere perioden var det

vanlig å bruke kreativitetstester som forsøkte å måle kreativitet på samme måte som intelligens (Torrance 1974). På 70-tallet dreide forskningen mer bort fra produkt og mot kreativitet som prosess. Kreativitet ble da sett på som "imaginativens" (Elliot 1971), dvs som en evne til å fantasere og utvikle bilder eller forestillinger. Gjennom de siste tiårene har påvirkningen fra sosial - psykologien vært svært tydelig. I dag rettes det mye oppmerksomhet mot kreativitet hos ordinære mennesker i ordinære situasjoner. Vi finner begreper som "Little Creativity" (Craft 2001), "Coping strategies" (Hargreaves 1978) "Individual Empowerment" (Lucas 2001) og "Creative literacy" (Woods 2001). En annen påvirkning fra sosial - psykologien har vært oppfatningen av selve kreativetsbegrepet som sosialt influert. Det legges da vekt på at sosiale strukturer påvirker den individuelle kreativiteten (Rhyammar og Broling 1999). Jeffery og Craft (2001) mener det frem til 90-tallet var fire ulike fokus for kreativitetsforskningen: Den kreative personen, kreativets prosessen, miljøfaktorer som påvirker kreativitet og det kreative produktet. Med påvirkningen fra sosial - psykologien har disse faktorene blitt mye mer integrert. Dette sees på forskningsmetodene som er blitt mer kvalitative og etnografiske. Man studerer kreativitet i en bestemt sammenheng, dvs. et miljø slik som på en arbeidsplass. Mange studier har også vært gjort på kreativitet i skolesammenheng, for eksempel på læreres forståelse av kreativitet (Fryer 1996) og på kreativitet i klasserommet (Beetlestone 1998, Woods 1990, 1995, Woods og Jeffery 1996).

I den sosial - psykologiske fremstillingen av kreativitet legges det stor vekt på samspillet mellom den enkelte og gruppen han/hun er en del av. Kreativitet knyttes mye til det å ha mot og selvtillit til å tenke originalt og annerledes. Risikobegrepet står derfor sentral. På den andre siden legges det også vekt på at grupper av mennesker i et samspill kan være kreative. Dette er noe av grunnlaget for en svært samstemt enighet innen kreativitetsforskningen om at kreativitet kan utvikles og læres (se Craft, Jeffery og Leibling 2001). Læringspotensiale er mye knyttet til utviklingen av den enkeltes holdninger (slik som selvtillit, mot og ønske om å tenke originalt) og i evnen til å samarbeide med andre.

Det er klare sammenhenger mellom utviklingen innen kreativitetsforskningen og interessen for kreativitet innen det politiske og økonomiske området. Vi finner at den sosial - psykologiske ideen om kreativt teamarbeid er blitt moderne bedriftsfilosofi. I denne "filosofien" fokuseres det på kreativitet i forhold til behovet for at bedrifter er effektive og tilpassningsdyktige i et konkurranseutsatt marked. Organisasjoner skal da være kreative og "single minded" (Jeffery og Craft 2001). Det fokuseres imidlertid også på behovet for å gi hver enkelt arbeidstaker en utfordrende og interessant arbeidsplass.

*Encouraging creativity in organizations may well not only enhance market share, but also serve to ensure higher levels of commitment from employees.*

Jeffery og Craft 2001, s. 4

NACCCE- komiteen mener erfaringer og forskning omkring kreativitetsbegrepet peker mot tre fundamentale temaer som bør ligge til grunn for all utvikling av kreativitet i utdanningssammenheng (NACCCE 1999, s. 41-42):

- *Creativity is best constructed not as a single power, which you either have or do not, but as multidimensional.*

Kreativitet betraktes her som en sammensatt prosess som involverer mange ulike mentale funksjoner og personlige egenskaper. Det understrekes at disse funksjonene og egenskapene er ikke ”spesielle”, men heller ordinære. Det er hensikten, ønske om å skape originale produkter, som er spesielt.

- *Some creative abilities are ”domain specific”*

Kreativitet behandles ikke som en generell egenskap som kan overføres og anvendes på alle områder, men mer som en områdespesifikk egenskap.

- *The creative strengths of any person may be specific to particular fields or types of activity*

På samme måte som at kreativitet er områdespesifikt, fremsetter komiteen synet om at ulike personer vil ha et potensiale for å utvikle kreative evner på avgrensede områder.

### **Utvikling av kreativitet gjennom naturfag**

Det neste spørsmålet er hva naturfaget kan bidra med i utviklingen av kreativitet i skolesammenheng. I enkelte tilfeller kan vi lett få inntrykk av at naturfag uvilkarlig bidrar til å utvikle elevenes kreativitet, særlig fordi naturvitenskapen i seg selv er kreativ. I læreplan for grunnskolen finner vi f. eks at:

*Vitenskapelig arbeidsmåte utvikler både kreative og kritiske evner, og er innen rekkevidde for alle*  
KUF 1996, s. 24

Det er imidlertid mange grunner til å reise spørsmål ved dette forenklete resonnetet. Vitenskapsfilosofen Thomas Kuhn (1977) hevder det ikke først og fremst er kreativitet som preger naturvitenskapen:

*Both my own experience in scientific research and my reading of the history of science lead me to wonder whether flexibility and open-mindedness have not been to exclusively as characteristics for basic research*  
Kuhn 1977, s 226.

Han hevder ytterligere at det kanskje heller ikke er ønskelig at forskere skal være spesielt kreative. Kuhn bygger sin argumentasjon på forståelsen av *paradigmer* innen vitenskapen. Disse paradigmene har en kjerne av allment etablert viten og metoder. For å bli tatt opp i og arbeide videre med et paradigme kreves lang utdanning, der studentene først og fremst skal ”innordne seg” og lære eksisterende teorier. Når de så er blitt forskere vil de fleste arbeide med mindre oppgaver innen dette etablerte paradigmet

*Under normal conditions the research scientist is not an innovator but a solver of puzzles, and the puzzles upon which he concentrates are just those, which he believes can both be stated within existing scientific tradition*



Kuhn understreker videre at denne mangelen på kreativitet har vært en nødvendighet for vitenskapens fremskritt. Før de mer solide paradigmenes etableres preges forskningen av det Kuhn kaller *før- vitenskap*. Dette er en svært lite progressiv fase, selv om forskernes kreativitet her står mer i fokus. Kuhn bruker forskning og teorier på lys som et eksempel. Før det ble etablert et mer fast paradigme innen denne forskningen på 1900-tallet, eksisterte det mange ulike lys - teorier. Forskerne på vei inn i feltet måtte forholde seg til alle disse og veie opp evidens i forhold til hver og en, kanskje også komme opp med sin egen teori. Dette var åpenbart en periode for ”åpne” og kreative forskere ute fordommer og fastlagte oppfatninger, men som nevnt en lite progressiv periode. Først når det ble etablert et mer entydig paradigme skjedde det en raskere utvikling. Kuhn konkluderer derfor med at en utdanning som ikke først og fremst er preget av kreativitet, men innføring i etablert viten, er mest kompatibel med vitenskapelig fremskritt.

Kuhn (1977) har imidlertid et interessant etterord, der han gjør et prinsipielt skille mellom teknologer og naturvitenskapelige forskere. Dette er ifølge Kuhn to svært ulike grupper, og han hevder den førstnevnte er preget av en annen mennesketype. Teknologene møter mer konkrete enkeltproblemer som skal løses, og er derfor mer avhengig av evnen til å komme opp med spontane og originale ideer.

Sett opp i mot Kuhns fremstilling bygger læreplanens fremstilling av vitenskap mer på det han kaller den før - vitenskapelige perioden. Det er da *den enkelte forsker* må beherske det L97 hevder er typisk for vitenskapelig arbeidsmåte:

- evnen til undring og å stille nye spørsmål
- evnen til å finne mulige forklaringsmodeller på det en har observert
- evnen til å gjennom kildegransking, eksperimenter eller observasjon å kontrollere om forklaringene holder

Fremstillingen er imidlertid mindre dekkende for forskeren slik han/hun arbeider i dag. Resonnementet over antyder at vi ikke uten videre kan vende oss til naturvitenskapen for å finne grunnlaget for å arbeide med kreativitet i skolens naturfagundervisning. I det minste om vi ønsker å bygge på en streng autentisk versjon av vitenskapelig arbeidsmåte. Resonnementet kan imidlertid også brukes mer som en påminning om at vi skal være noe forsiktige med begrunnelsen for hvorfor naturfag bør være kreativt fag. Vi må søke argumenter basert på pedagogiske målsetninger fremfor vitenskapens egenart når vi skal begrunne elementer i skolefaget.

Læreplanens fremstilling kan derfor gjerne tjene som et pedagogisk ideal og en arbeidsmåte vi ønsker at elevene skal anvende og lære. Vi finner da at naturfag har gode rammer for utvikling av kreativitet. Både kortere elevøvelser og større prosjektarbeider med åpne problemstillinger og metoder er svært godt egnet for dette. Det unike med naturfaget er kanskje først og fremst de *praktiske omstendighetene*, dvs. arbeid i laboratoriet og ute i naturen, og ikke at vi bygger på noen bestemt metode. Naturfenomener og de naturfaglige forklaringsmodellene setter svært god rammer for at elevene skal kunne reise spørsmål, søke forklaringer og gjennomføre undersøkelser for å teste ut disse. I en slik sammenheng kan man også, med tanke på motsetningene mellom de to argumentasjonsmåtene nevnt tidligere i artikkelen, ivareta både de rasjonelle og de kreative sidene.

Det bør kanskje legges til at åpne prosjekter og elevøvelser ikke er noe uproblematisk arbeidsform. Det er tidkrevende og det kan være svært tilfeldig hvilket faglig utbytte elevene får. Det er også vanskelig å finne åpne problemstillinger som er tilpasset elevenes kunnskapsnivå og som kan gjennomføres i oppstykkede økter á 45 minutter. Etter innføringen av L97 har det foregått mye utviklingsarbeid omkring slike spørsmål i norsk skole. Inntrykket er imidlertid at arbeidet med å løse slike problemer og utviklingen av åpne prosjekter som arbeidsform har ligget noe utenfor naturfaget. Det er mange ubesvarte spørsmål omkring hvordan vi best kan gjennomføre og hva vi helst skal vektlegge, når det gjelder åpne øvelser og prosjektarbeider i naturfag.

Et viktig og interessant spørsmål er imidlertid om naturfagundervisningen skal bli mer preget av åpne øvelser og prosjektarbeider *fordi* skolen i større grad skal bidra til å utvikle elevenes kreativitet. Kanskje ligger det et overordnet mandat i politikernes argumentasjon om behovet for kreativitet, innovasjon og "empowerment", som er så viktig at det bør få mer konkrete konsekvenser for fagets innhold og oppbygging. Konklusjonen i denne artikkelen må være en utfordring til fagmiljøet om å ta opp denne diskusjonen. Ser vi på den skolepolitiske debatten, med politikernes argumentasjon om behovet for å utvikle generelle ferdigheter for å møte fremtidens samfunn, er det lite som tyder på at problemstillingen vil bli mindre aktuell i tiden fremover.

## Referanser:

Beetlestone, F. (1998) *Creative Children, Imaginative Teaching*. Buckingham: Open University Press

Craft, A (2001) Little c Creativity. I Craft, A, Jeffrey, B. og Leibling, M. (red.) *Creativity in Education*. London: Continuum

Craft, A, Jeffrey, B. og Leibling, M. (red.) *Creativity in Education*. London: Continuum

Elliott, R.K. (1971). Versions of Creativity. *Proceedings of the Philosophy of Education Society of Great Britain*, 5(2)

Fryer, M. (1996) *Creative Teaching and Learning*. London: Paul Chapman

Gagné, R.M. (1965). The Psychological basis for science - a process approach. *AAAS miscellaneous publication*. Washington: AAAS

Hargreaves, H. (1978) Towards a theory of classroom coping strategies. I Barton L. og Meighan, R. (red.) *Sociological Interpretations of Schooling and Classrooms*. Driffield: Nafferton Books

Jeffrey, B. og Craft, A (2001) Introduction: The universalization of Creativity. I Craft, A, Jeffrey, B. og Leibling, M. (red.) *Creativity in Education*. London: Continuum

(KUF) Det kongelige kirke-, utdannings- og forskningsdepartementet (1996). *Læreplanverk for den 10-årige grunnskolen*. Oslo: Nasjonalt læremiddelsenter

Kuhn, T. (1977) *The Essential Tension. Selected Studies in Scientific Tradition and Change*. Chicago: The University of Chicago Press

Lucas, B. (2001) Creative Teaching, Teaching creativity and Creative Learning. I Craft, A, Jeffrey, B. og Leibling, M. (red.) *Creativity in Education*. London: Continuum

Millar, R. og Driver, R. (1987). Beyond Processes. In *Studies in Science Education*, 14, p.33-60.

Millar R. and Osborne J. (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. London: King's College

National Advisory Committee on Creative and Cultural Education (NACCCE) (1999). *All our Futures: Creativity, Culture and Education*. London: DFEE

Ryhammar, L. og Broling, C. (1999) Creativity research: historical considerations and main lines of development. *Scandinavian Journal of Educational Research*. 43(3), s. 259-73.

Seltzer, K. og Bentley, T. (1999) *The Creative Age: Knowledge and Skills for the New Economy*. London: Demos

Torrance, E.P. (1974) *Torrance Tests of Creative Thinking*. Lexington, MA: Ginn and Company

Woods, P. (1990) *Teacher Skills and Strategies*. Lewes: Falmer Press

Woods, P. (1995) *Creative Teachers in Primary Schools*. Buckingham: Open University Press

Woods, P. (2001) Creative Literacy. I Craft, A, Jeffrey, B. og Leibling, M. (red.) *Creativity in Education*. London: Continuum

Woods, P. og Jeffery, B. (1996) *Teachable Moments: The Art of Teaching in Primary Schools*. Bucingham: Open University Press

# Lærebøker i kjemi gjennom hundre år

Vivi Ringnes, Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling (ILS), Universitetet i Oslo

*Vivi Ringnes er B. Sc fra University of Edinburgh, cand. Scient og dr. scient fra universitetet i Oslo med en avhandling om elevers kjemiforståelse. Vivi Ringnes har i mange år undervist i naturfagene i videregående skole og i praktisk-pedagogisk lærerutdanning. Vivi Ringnes er fra 1982 ansatt ved Universitetet i Oslo – først ved Skolelaboratoriet i kjemi og senere som førsteamanuensis ved Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling (ILS). Hun har skrevet fagbøker som ”Navn på kjemiske stoffer” (1996) og med Merete Hannisdal ”Kjemi i skolen - undervisning og læring” (2000). Hun er også medforfatter på læreverket “Kjemien stemmer” for 2Kj og 3KJ.*

## Fokus på lærebøker 1914 – 1970

Gamle lærebøker må ikke kastes. De kan gi oss verdifull informasjon om et fags utvikling. Forord og innledning sier noe om forfatterens syn på kjemi som vitenskapsfag, om deres begrunnelser for kjemi som skolefag, og om hvordan de tenker seg undervisningen i klassen. Den løpende tekst indikerer hva de anser for viktig å formidle til elevene av og om kjemi. Ofte har én lærebok utkommet over mange tiår, og da er det interessant å studere de forskjellige utgavene.

Denne artikkelen viser brokker av skolens kjemifag slik det presenteres i noen lærebøker vi har ved ILS. Den eldste bevarte kjemiboken vår for gymnaset er fra 1914. Vi har ellers spredte eksemplarer fra første halvdel av 1900-tallet, og et godt utvalg fra siste halvdel av århundret. I denne artikkelen er det lærebøker for tidsrommet 1914 - 1970 som først og fremst er studert. Bøker etter 1970 er lite omtalt i artikkelen for de er kjent for de fleste lesere og kan også lett finnes i et skolebibliotek. Artikkelen omtaler kort kjemi på grunnskolenivå og vier større plass til lærebøker i kjemi for gymnaset. Spesiell vekt er lagt på gymnassbøkernes forord og innledninger, og på deres presentasjon av atomteori og elektrolyse i lys av datidens viten i kjemi.

## Kjemi i grunnskolen - Kjemi ikke for jenter

Fra 1889 gikk almueskolen over til en folkeskole med lokalt selvstyre. I Oslo kommunes (1930) undervisningsplan av 1924 for 4.-7. klasse hadde gutter i alt 10 timer naturfag, mens jentene bare hadde 7 timer. Reduksjonen innebar at jentene ikke fikk undervisning i kjemi som var timebelagt til 7. klasse. Ble virkelig kjemi betraktet som så vanskelig at jentene måtte skånes for faget? Eller var det om å gjøre å samle timer fra teorifag for å lære jenter husstell? Fra 130 sider til 14 sider kjemi

En titt på en lærebok i fysikk og kjemi (Slettemark og Bergo 1924) avler medlidenskap med de guttene som på to uketimer skulle gjennom 131 sider med detaljrik stoffkunnskap i kjemi. Riktignok er formler ikke brukt, og riktignok sies det i forordet at boken "ikke er tenkt å

skulle læres utenat. Det er især forsøkene som skal gi forståelse", men hvilken forståelse "gir" boken? Leseren kan selv vurdere dette utdraget:

"Fosfor fremstilles nu mest av apatitt. Den hetes op i elektrisk ovn sammen med sand og kull til omkring 150 °. For at fosforet ikke skal brenne fylles hele apparatet med en luftart som er fri for surstoff, f.eks. lysgass. Kiselsyren i sanden driver fosforsyren ut av apatitten, og surstoffet i syren tas op av kullet, så fosforet blir fritt. ...I naturen forbinder fosforsyren sig med kalsium og andre metaller til fosforsure salter, fosfater. Av dem fremstilles nu våre viktigste gjødningsstoffer. Apatitt og fosforitt er slike fosforsure salter. De inneholder for det meste kalk, fosforsyre og surstoff. Ved svovelsyre omsettes f.eks. apatitt til det lett oppløselige superfosfat. Det er et av de viktigste gjødningsstoffer....." (Slettemark og Bergo 1924: 147)

Skolemyndighetene kom etter hvert til at "De gamle kunnskapskrav i orienteringsfagene førte ikke til at elevene fikk mange varige kunnskaper" (Oslo kommune 1954). Omfanget av pensum måtte reduseres, og arbeidsskoleprinsippet tas på alvor. Fra tidlig på 1900-tallet hadde nemlig G. Kerschensteiners ideer om at praktisk-manuelt arbeid ville gi barn rikere utviklingsmuligheter enn passiv tilegnelse av kunnskap vunnet mange tilhengere. I Oslos nye undervisningsplan for folkeskolen, som omtrent var identisk med normalplanen av 1939 for byfolkeskolen, ble arbeidsskoleprinsippet knesatt i norsk folkeskole. De teoretiske kravene i naturfag ble redusert, og minstekrav innført. I fysikk og kjemi skulle elevene gjennomføre 20 "lettere elevforsøk", og også jenter skulle nå lese kjemi. I en lærebok etter 1939-planen (Andersen og Nygaard 1948) er kjemistoffet kraftig beskåret, og elevarbeid har fått en bred plass. På de 14 sidene i boken som er viet kjemi, er 17 forsøk beskrevet.

Utviklingen videre for kjemi som en del av et naturfag/O-fag/natur- og miljøfag over flere undervisningsplaner/mønsterplaner/læreplaner er nok i hovedsak kjent for leseren. En kort oversikt er gitt i Ringnes og Hannisdal (2000:18pp). Noe i nærheten av omfanget av lesestoff/lærerstoff i kjemi fra 1920-tallet kom man aldri senere i grunnskolen.

### **Kjemi i gymnaset - Kjemikurs 1896 - 1974**

I det treårige gymnasium måtte alle elever fra 1896 gjennom et kjemikurs. Kurset lå i første klasse og var på fire timer - tre timer med kjemi og én time med fysiologi. Fra 1935 ble det samme kjemikurset fulgt av elever i 3. realskoleklasse. Fra 1948 ble kjemi et linjefag på naturfaglinjen med 3+3+3 timer. De nevnte kjemikursene opphørte med etableringen av videregående skole i 1974. Da fikk man et felles naturfag på 5 timer i 1. klasse videregående og kjemikursene 2KJ med 3 timer og 3KJ med 5 timer i henholdsvis VK I og VK II. Se ellers Valdermo (1995) og Ringnes og Hannisdal (2000:14pp).

### **Forfattere av lærebøker**

Fra første halvdel av 1900-tallet er det to læreverker for gymnaset som blir spesielt nevnt nedenfor. Det er fordi de har hatt store markedsandeler og er brukt gjennom flere tiår. De har dermed formet flere generasjoners oppfatning av og kunnskaper i kjemi. Forfatterne av læreverkene er "Ole Johannesen og Dr. Carl Nicolaysen" slik det står på tittelsiden i bøkene fra Aschehoug, og Sverre Bruun på Olaf Norlis forlag.

Etter 1970 fikk Tor Brandts lærebøker på Aschehougs forlag stor innflytelse på undervisning og læring. Også bøkene til E. Wang Lund (1970) som ble videreført av K. Reistad og L. Sydnes som Gyldendals læreverk i kjemi fra 1972 til d.d. (2003), fikk stor utbredelse. Ole Johannesen og Carl Nicolaysens bøker 1897 – 1936.

Johannesen og Nicolaysens *Lærebok i kemi for gymnasiet* ble første gang utgitt i 1897. I forordet skriver forfatterne at undervisningen bør støtte seg til eksperimenter, men at beskrivelser av forsøk hører hjemme i en lærerveiledning. En slik utkom to år etter. Læreboken omtalte "de viktigste elementer og deres forbindelser". Teksten er i 1916-utgaven rik på formler og detaljer om f.eks. natriumsalter som klorid, oksid, hydroksid, karbonat, hydrogenkarbonat, nitrat, sulfat, borat og silikat! Ingen nomenklaturregler gis, og periodesystemet vises heller ikke. Den 12. utgaven i 1936 som er revidert av en annen person, inkluderte forsøksbeskrivelser og "et forsøk på en almenforståelig fremstilling av den nye atomlæren".

### **Sverre Bruun med bøker 1914 - 1965**

Den personen som fikk størst innflytelse på kjemiundervisningen i første halvdel av 1900-tallet var Sverre Bruun (1886 – 1985). Hans meritter er kjent gjennom Olaf Norlis (1964) skrift ved 50 års jubiléet for utgivelsen av Bruuns første lærebok i kjemi. Bruun ble cand.real. i 1910 med kjemi hovedfag og med matematikk, fysikk, botanikk og geografi med astronomi i fagkretsen. Etter pedagogisk eksamen fikk han ansettelse ved Tønsberg høgre skole der han siden virket. Bruun fikk ry som en meget dyktig lærer. Han ivret for arbeidsskoleprinsippet, og kommunestyret bevilget penger til innredning av en naturfagavdeling med laboratorium på hans skole. Der kunne Bruun demonstrere forsøk for elevene, og også tilby dem å utføre elevøvelser etter skoletid. Han utviklet en serie med forsøk, og fra 1926 inkluderte hans læreverk i kjemi egne hefter med elevøvelser. For lærere utga han tillegg med veiledning til elevøvelsene.

Bruun var medlem av "Undervisningsrådet" fra 1929 - 1957. Han forfattet rettleddninger for skolerom og reiste rundt og holdt kurs og foredrag. I 1948 fikk han ridderkorset av St. Olavs orden "for fortjeneste av naturfagundervisningen ved våre skoler". Bruuns *Lærebok i kjemi for gymnasiet* ble gjennom 17 utgaver fra 1914 til 1964 trykket i 135 000 eksemplarer. Med det lave antall elever som tok artium i første halvdel av 1900-tallet, kan man trygt si at Bruuns bøker dominerte markedet. I tillegg utga Bruun kjemibøker både for lavere og høyere trinn - for realskolen i 1941-45, for linjedelt ungdomsskole plan 2 i 1962, og for 1.-3. klasse på gymnasets naturfaglinje fra 1958.

### **Kjemiens hva, hvordan og hvorfor**

Forordet eller innledningen i lærebøker fra første halvdel av 1900-tallet viser at forsøk stod sentralt i kjemiundervisningen i gymnasiet. Elevøvelser var en anbefalt aktivitet allerede etter undervisningsplanen av 1911. I forordet fra en lærebok flere tiår senere leser vi at "etter reglementet for kjemiundervisningen skal den skje etter arbeidsskoleprinsippet slik at elevøvelser inngår som et organisk ledd i undervisningen" (Løvold 1941). I læreboken til Haraldsen og Melbye (1943) beskrives i alt 92 forsøk hvorav 42 er illustrerte. Forfatterne gir nettopp eksperimenteringen og den treningen forsøkene gir i å observere som begrunnelse for kjemi i skolen:

Kjemiens store pedagogiske betydning ligger fram for alt i at den ved hjelp av enkle og oversiktlige eksperimenter gjør det mulig å øve opp elevenes iakttagelsesevne, og lære dem til å gi uttrykk for det de ser. Vi har derfor latt forsøkene få en forholdsvis bred plass i boka. (Haraldsen og Melbye 1943:7)

Gjennom hele 1900-tallet frem til slutten av 60-årene fokuserte lærebøkene - uavhengig av forfatteren - på en detaljert stoffkjemi illustrert med forsøk. Stoffene ble presentert med navn, formuler og egenskaper og med anvendelser for stoffet, ja ofte også forekomst til og fremstilling av det. Det ble gjort lite for å forklare egenskapene og reaksjonene til stoffene. Verken nomenklaturregler, elektronkonfigurasjon, bindingslære eller periodesystem ble omtalt eller i hvert fall sjelden integrert i teksten forøvrig. Å forstå stoffkjemien ut fra lærebokteksten må ha vært svært vanskelig. En desillusjonert kjemididaktiker ved Pedagogisk Seminar uttrykte da også, like etter krigen, denne kraftsalven om kjemien i gymnaset i sin bok om arbeidsmåter i faget:

Det er en fordel ved faget at det praktisk talt er nytt og derved har nyhetens interesse. Her unngår en vanskelighetene med "de konsentriske sirkler" som er et problem ved fysikkundervisningen. Det kan synes noe underlig at et fag med et så teoretisk særpreg velges som skolefag i gymnaset og spesielt at det innføres på et så tidlig trinn. I den alder kan nok elevene lære om de kjemiske teorier for så vidt som de kan danne seg en slags forestilling om teoriens innhold. Men det er nærmest tragisk når de må nøye seg med forestillingen og ikke kan få rede på det eksperimentelle og tankemessige grunnlag for teoriene. For de fleste elever er formelen  $HCl$ ,  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$  osv. bare teoretiske forestillinger. (Lindstad 1950:96)

Allerede i 1914 ropte to kjemilærere et tilsvarende varsko på den leksikale omtalen av stoffene. I forbindelse med utgivelsen av Bruuns førsteutgave sendte KUD et rundskriv om godkjenning "til alle artiumberettigede høiere almenskoler" der departementets rådgivere etter en lengre rosende omtale kritiserer forfatteren for mangelfull systematisering:

Likeledes vilde det været nyttig og naturligt, om boken hadde paapekt, at der er metaller, som gjennom fælles egenskaper viser indbyrdes slægtskap, selv om man ikke kunde ført fremstillingen herav frem til en systematisering av elementerne (Olaf Norlis forlag 1974:25).

Men læreboktekstene fortsatte i samme sporet. Vi leser da også i en av Bruuns (1965) bøker at den nye utgaven kan uten vanskelighet brukes ved siden av eldre utgaver. Noen grunnleggende endring i planene for kjemi i gymnaset kan nok ikke ha skjedd de første 60 år av århundret. Men om ikke planene endret seg mye, skjedde det nyvinninger både i kjemien og i kjemididaktikken. Det virker som om kunnskapen om denne utvikling i liten grad er fanget opp av forfatterne.

Bruun hevder i sine bøker et empiristisk vitenskapssyn. All kunnskap kommer utenfra, og den er erfart gjennom våre sanser. Hans tanker om vitenskapen og naturen er nedfelt i lærebøkene med nesten identisk tekst gjennom 50 år. Se figur 1. Vekten på "den naturvitenskapelige arbeidsmåte" i kjemiundervisningen med observasjoner av enkelthendelser under eksperimentering antas å ville lede elevene frem til generaliseringer i beste positivistiske tradisjon.

**Figur 1.**

Bruun 1916	Bruun 1965
<p>Det vi virkelig <i>vet</i> om naturen, innskruker seg til hvad vi har erfaret med vore sanser. Alt andet er teori som kan være mere eller mindre vel begrundet.</p> <p>Den naturvidenskabelige arbeidsmetode beror paa iagttagelse og beskrivelse av stoffene og de fænomener som er knyttet til dem. Ved at sammenstille erfaringsresultatene vil vi ofte kunne opdage en viss regel-mæssighet, som gjør det mulig at betrakte dem som ytringer av en fælles regel eller lov. Naturlovene <i>ordner</i> fænomenerne i grupper. Videre sier de, at naar den samme række betingelser indtræffer, kan vi vente den samme virkning. Ved <i>teorier</i> forsøker vi at <i>forklare</i> naturlovene. Teoriene kan naa en mere eller mindre høi grad av sandsynlighet, men absolut visshet blir de aldrig.</p> <p>Vor opgave i det følgende kemikursus skal være dels at lære at kjende de kemiske stoffer og fænomener vi træffer paa i det daglige liv, dels gennem iakttagelse og slutning at prøve at faa indblik i naturvidenskabens arbeidsmetode og paa en maate føle os frem til sandhetsværdien av dens teorier.</p>	<p>Det vi virkelig vet om naturen, er bare det vi har erfart med sansene. Alt annet er teori og hypotese som en kan ha mer eller mindre gode grunner for.</p> <p>Den naturvitenskapelige arbeidsmetode bygger på iakttagelse og beskrivelse av det vi skal utforske. Ved å stille sammen erfaringsresultatene vil vi ofte kunne oppdage en viss regelmessighet, som gjør det mulig å se dem som ytringer av en felles <i>regel</i> eller <i>lov</i>. Naturlovene <i>ordner</i> fenomenene i grupper. Videre sier de at når den samme rekke vilkår kommer igjen, kan vi vente samme virkning. Ved <i>teorier</i> og hypoteser prøver vi å forklare naturlovene. Teoriene kan nå en mer eller mindre høy grad av sannsynlighet, men full visshet gir de aldri.</p> <p>Vår oppgave i dette kjemikurset, skal være dels å lære å kjenne flere grunnstoffer og fenomener, dels gjennom iakttagelse og slutning å prøve å få et nærmere kjennskap til naturvitenskapens arbeidsmetode og på en måte føle oss fram til den sannhetsverdi teoriene har.</p> <p>Videre skal vi få et større kjennskap til kjemisk laboratoriearbeid og til kjemisk industri.</p>

Først da Bruun var 84 år overtok andre hans forfatterskap (Bruun 1970). Men Råstad og Markali var tro mot Bruuns positivistiske tanker og brukte forordet uforandret med denne setningen innskutt før slutten:

Men vi skal først og fremst få mer kjennskap til rimelige forklaringer på hvorfor stoffene oppfører seg som de gjør, og få større kjennskap til fellestrekk hos grunnstoffene og deres forbindelser. Bruun (1970 ved Råstad og Markali).

Jeg våger den påstanden at kjemien slik den ble presentert i de rådende læreverkene helt opp til 1965 har gitt flere generasjoner med nordmenn forestillingen om kjemi som et uforståelig fag som må pugges.



## Nye lærebøker for gymnaset - gammel viten?

I det følgende vil jeg rette søkelyset mot enkelte nyvinninger i kjemien og mot hvor lang tid det tok før denne viten ble innarbeidet i skolens lærestoff. Bakgrunnskunnskapen er nedenfor *kursivert*. Et eksempel er atomers oppbygning, et annet er prinsippene for elektrolyse. Hva man visste om atomers oppbygning per 1914 og 1932?

*Katodestråler viste seg å være hurtige negativt ladde partikler med svært lavt e/m forhold. J. Thomson bestemte elektronenes masse til 1/2000 av hydrogenatomets masse. Han hevdet i 1897 om elektronene at "korpusklene synes å utgjøre en del av allslags materie under de mest ulike betingelser; det synes derfor naturlig å betrakte dem som noen av de byggesteiner atomene er bygd opp av" (Tyrén 1946:33). Noen analog positiv partikkel var ennå ikke oppdaget, og fordi atomene var elektrisk nøytrale, måtte de også inneholde positiv ladning, så Thomson fremsatte sin rosinbollemodell. Arbeid med radioaktive stoffer hadde frem mot 1910 ført til bestemmelsen av tre typer radioaktiv stråling: alfa (heliumkjerner), beta (elektroner) og gamma (liknende røntgenstråler). Elektronets ladning var nå bestemt og også massen av kjerner. I 1911 fremsatte Rutherford sin atomhypotese om en kjerne med all den positive ladningen og mesteparten av massen, og med elektroner rundt kjernen - omtrent som planetene rundt solen. Den radioaktive strålingen måtte stamme fra kjernen, og den inneholdt derfor også elektroner. I en forelesning i "Chemical Society" i London sier Rutherford: .. resultater viser tydelig at tunge atomers kjerner inneholder både positivt ladde heliumkjerner og negative elektroner, og leder til den alminnelige oppfatning at alle atomers kjerner består av hydrogenkjerner, heliumkjerner og elektroner. Det er også alminnelig antatt at selve heliumkjernen er en sekundær bestanddel, som er sammensatt av fire vannstoffkjerner og to elektroner, hvis dette er så, da kan vi anta at alle atomers kjerner er sammensatt av vannstoffkjerner eller såkalte protoner, pluss negative elektroner (Tyrén 1946:65).*

Det ble registrert en rekke datteratomer i de forskjellige radioaktive seriene. Selv om massene til to eller flere slike atomer var ulike, kunne de ha like kjemiske egenskaper. F. Soddy kalte i 1911 slike atomer med samme atomnummer og ulik masse for isotoper. Arbeidet med røntgenspektra ledet H.G.J. Moseleys i 1913 til å anta at fra ett grunnstoff til det neste i periodesystemet økte kjernens positive ladning (atomnummeret) med én enhet, og det ble ett elektron mer rundt kjernen. I 1914 fremsatte N. Bohr sin modell med elektroner i bestemte baner rundt kjernen. Det vanskelige forholdet med en kjerne som var pakket tett sammen av mange positive og negative partikler, ble løst av J. Chadwick i 1932. Han bombarderte beryllium med alfa - partikler og fikk en stråling som ikke ble avbøyd i elektriske eller magnetisk felt. Med dette var nøytronet oppdaget, og ett nøytron kunne erstatte ett proton og ett elektron i atomkjernen.

## Hva skriver lærebøker om atomer oppbygning 1914 – 1965?

Hvordan forholdt så lærebøkene seg til denne tidfestede nye viten? I de eldste lærebøker jeg råder over (Bruun 1914, Johannesen og Nicolaysen 1916), er ikke elektroner og protoner nevnt. Bøkene presenterer en *atom- og molekylteori* som sier at et "legeme" er bygget opp av molekyler som holdes sammen av kohesjonskrefter, og at molekylene videre lar seg dele i atomer. Atomene i et molekyl holdes sammen av en affinitets - kraft. Atomene er selv udelelige - helt opp mot krigens dager. Selv om Løvold (1941) under "Metaller" skriver om radium og radioaktiv stråling kombineres ikke den negative beta-strålingen med elektroner. Noen bøker forteller om elektroner og protoner (Lindstad og Lindeman 1926), men ofte som

et tillegg helt sist i boken (Johannesen og Nicolaysen 1936). Begge partiklene presenteres som kjernepartikler i tråd med naturviternes oppfatning rundt 1914. Forklaringen er denne: ”Den nuværende oppfatning av grunnstoffenes sammenfattes i Rutherford-Bohr’s atommodell. Etter denne består atomene av en tung kjerne med høy egenvekt og altså lite volum. Kjernen er bygget op av mindre deler, *protoner*, som har relativ vekt 1 og positiv ladning lik elementærkvantumet; de er ”vannstoffjoner. Protonene som kjernen er bygget av, er tildels sammensluttet i grupper på 4, og disse er heliumjoner eller alfa-partikler. Dessuten inneholder kjernen et bestemt antall elektroner, *kjerneelektroner*. Vekten av kjernen bestemmes av antallet protoner den inneholder, for elektronenes vekt er forsvinnende liten i sammenligning med protonenes. - Kjernens positive ladning er gitt ved antallet protoner minus antallet kjerneelektroner. Utenom kjernen kretser et større eller mindre antall elektroner, som kalles *yttre-elektroner* eller *planetelektroner*; atomet er et planetsystem i liten målestokk. For nu å få et utadtil nøytralt atom må antallet planetelektroner være lik kjernens positive ladning” (Johannesen og Nicolaysen 1936:187).

Disse forfatterne har tydeligvis ikke registrert at nøytroner var oppdaget fire år tidligere. Bruun fikk med seg nøytronene noen år senere, men informasjonen om atomenes elementærpartikler ble satt med liten skrift i et tillegg bakerst i boken (Bruun 1938:137). Haraldsen og Melbye (1943:117) er de første som både presenterer den ”Rutherford-Bohrske atommodell” og gir elektronfordelingen for de 18 første grunnstoffene. Men de integrerer heller ikke dette i resten av kjemien for både elektronskall og oppbygningen av periodesystemet beskrives først etter all den uorganiske kjemien. Den ”nye” viten kan derfor ikke ha bidratt til elevens forståelse av stoffkjemien. På 1950-tallet inkluderer Bruun et par sider, og igjen med liten skrift, om atomkjerner og elektronfordeling (Bruun 1953:99). Teksten står etter ”Radium”, og følges ikke opp i senere emner i læreboken. Det er først på 1960-tallet at elektronfordelingen i Bruuns lærebøker benyttes til å illustrere dannelsen av molekyler med kovalente bindinger (Bruun 1960:21).

Det tok mange tiår før Soddys idéer om *isotoper* fant veien til lærebøkene. I én bok står det: ”Alle atomer av samme grunnstoff antas å være helt like, også i vekt.” (Johannesen og Nicolaysen 1936:27) og i en annen: ”I et grunnstoff har alle atomene samme vekt og er ellers også helt like.” (Løvold 1941:8). Bare ett av de undersøkte læreverkene omtalte isotoper som atomer med ulik masse. I tråd med tidens oppfatning av atomkjerners sammensetning av protoner og elektroner skrev de: ”Atomer i et og samme grunnstoff vil ... ha .. samme atomnummer, men antallet av protoner kan være forskjellig, og derved også atomenes vekt” (Lindstad og Lindeman 1926:91). Hvilken kunnskap hadde man om elektrolyse i 1916?

M. Faraday hevdet i 1832 at under en elektrolyse delte et oppløst molekyl seg i motsatt ladde fragmenter som migrerte til de ”passende” polene. Den minste elektriske ladningen kalte han elektrisitetsatom, mens W. Whewell lagde ordene ion, anode og katode. S. Arrhenius fastslo i 1887 at før elektrolysen startet, var den oppløste elektrolytten dissosiert i ioner – fullstendig ved uendelig fortykning. I 1891 introduserte G.J. Stoney ordet elektron om den enhetsladningen som ion av enverdige grunnstoff har i en elektrolyse. J. J. Thomsons elektron senere i tiåret er bundet til den negative ladningen. I 1916 utviklet G. Lewis sin valenselektronteori og forklarte hvordan atomer og molekyler ble ionisert gjennom opptak eller avgivelse av elektroner. Omvendt vil ioner nøytraliseres ved å ta opp eller avgi elektroner.

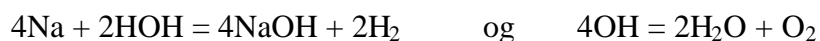
## Hva skriver lærebøker om elektrolyse 1914 – 1965?

Bruun (1914) poengterer i forordet til sin første lærebok at: ” Dissosiasjonsteorien har faat en forholdsvis bred plads, dels fordi den er blit en bærende teori i den moderne kemi, ... dels fordi den gir et udmerket eksempel paa en naturvidenskabelig teori...”(Bruun 1914:3). I forordet til 1938-utgaven sier Bruun at dissosiasjonsteorien er blitt noe forenklet, men forklaringen han gir på elektrolysen er den samme. Lewis idé om ioner med opptak og avgivelse av elektroner er ikke berørt nesten 20 år etter at de ble fremsatt: ”...Når klorvannstoffmolekylene blir løst op i vann, d.v.s. fordeler seg i rummet mellom vannmolekylene, antar vi at krefter fra vannmolekylene nedsetter kraftvirkningen mellom de ladde vannstoff- og kloratomer som er bundet sammen til molekyler. Klorvannstoffmolekylene *blir for største delen spaltet i frie, ladde vannstoff- og kloratomer.* ... Stikker vi ned i oppløsningen to elektroder som er forbundet med et batteri .., vil de positive vannstoffjoner trekkes til den negative elektroden, *katoden*; de kalles derfor *katjoner*. De negative klorjoner vil trekkes til den positive elektrode, *anoden*; de kalles *anioner*. **Ved elektrodene vil ionene forene sig med elektrisitet som er motsatt deres egen.** De vil nøytraliseres til almindelige atomer. Derefter .. vil to og to atomer forene seg til .... På denne måten mener man at elektrisitetstransporten foregår i væsken, altså ved at **anionene vandrer, og nøytraliserer elektrisitet som kommer fra batteriet** til anoden, og kationene vandrer ...” (Bruun 1914:30 og 1938:34 med 1938-ortografi. Min utheving, to steder).

I følge Bruun 1914 - 1938 vil altså negative ioner (anioner) forene seg med positiv elektrisitet ved elektroden, og denne positive elektrisitet kommer fra batteriet. I hvor stor grad lærebokforfattere delvis skrev av hverandre, vites ikke, men faktum er at andre forfattere brukte samme forklaring til ut på 1940-tallet: ”Vannstoff-jonene vandrer hen til den negative elektrode og avgir sine ladninger, følgelig blir jonene nu *almindelige* vannstoff-atomer *uten* ladning....(Lindstad og Lindeman 1926:46). Så snart jonene ankommer til elektrodene, utlades de, og nu slår to uelektriske vannstoffatomer sig sammen til ett vannstoffmolekyl og skiller sig ut som vannstoff-gass ved katoden” (Johannesen og Nicolaysen 1936:65). ” I det øyeblikk jonene når fram til elektrodene, vil de avgi sin ladning; vannstoffjonene avgir sin positive ladning til katoden og blir til nøytrale vannstoffatomer som forener seg to og to til vannstoffmolekyler; klorjonene avgir sin negative ladning til anoden og blir til nøytrale kloratomer som to og to danner klormolekyler. Derfor får vi vannstoffutvikling ved katoden og klorutvikling ved anoden” (Haraldsen og Melbye 1943:68).

Et annet forhold som vekker oppmerksomhet når man leser gamle lærebøker er at forklaringen baseres på primære elektrolyseprodukter som for elektrolyse av HCl, og på *sekundære elektrolyseprodukter* fra NaOH. ” Elektrolysen av HCl er grei å forstå efter den teori som er opsatt; vi får direkte utskilt de stoffer som jonene består av, og derfor kalles klorret og vannstoffet primære elektrolyseprodukter.... Men hvorledes kan elektrolysen av NaOH bare gi vannspalting?” (Johannesen og Nicolaysen 1936:67).

Disse forfatterne og også Bruun 1914 - 1953 forklarer elektrolysen av natronlut med at Na<sup>+</sup>-ioner utlades til Na-atomer, og OH<sup>-</sup>-ioner utlades og gir OH. Fra disse primære elektrolyseprodukter (Na og OH) får man de sekundære produktene hydrogengass og oksyngengass:



I Bruun 1960 er forklaringen på elektrolyse av natronlut endret til at H<sup>+</sup>-ionene lettere utlades enn Na<sup>+</sup>-ionene og derfor dannes det hydrogengass (som primærprodukt). Men utladningen av

$\text{OH}^-$  med sekundærproduktet fastholdes, også i Bruun 1965. Først når læreverket videreføres av andre forfattere (Bruun m. fl. 1979) kan vi lese at det er vannmolekyler som tar opp eller avgir elektroner i tråd med forklaringen i dagens lærebøker. Pendelen svinger.

### **Fra 1970 fokus på mikronivået – internasjonal trend**

Tor Brandts første kjemibok (Brandt 1970) representerte noe helt nytt i Norge, og nye utgaver fikk fort stor utbredelse i gymnaset og senere i den nye videregående skolen. Boken var en oversettelse med noe bearbeiding av en svensk lærebok av skolekjemikerne S. Andersson og I. Leden. Da jeg på begynnelsen av 1980-tallet hadde et forkurs i kjemi for nordiske studenter, satt nesten alle med denne læreboken på sitt eget språk: svensk, islandsk, dansk og norsk.

For første gang i en lærebok pekte forfatterne (Brandt 1970) på hva kjemi som vitenskapelig fagfelt representerer. Både stoffene med deres egenskaper, reaksjoner og oppbygning (produktet) og arbeidsmåtene analyse og syntese (prosessen) ble presentert. Mens forsøk var den røde tråden i gamle lærebøker inkluderte Brandt bare noe over 20 forsøk i sin bok. I stedet viet han hele 40 sider til kjemiens mikronivå. Boken startet rett på atomstruktur, elektronskall og periodesystemet og fortsatte med kjemisk binding og stoffers oppbygning. Denne viten brukte forfatteren til å strukturere omtalen av grunnstoffene og deres forbindelser på makronivå og til å begrunne reaksjonene. Også den tredje dimensjonen i kjemien (Ringnes og Hannisdal 2000:37pp) - representasjonen av stoffene med formler og ikke minst nomenklaturregler for formlene - ble også tatt med i læreboken. Man kan trygt si at Brandts lærebok var en pedagogisk nyvinning, og at den gjorde oppgaven som kjemilærer lettere. Men den berømte pendelen slo nok for langt ut på 1970-tallet med den store vekt på teoretisk kjemi og kjemiens mikronivå.

### **Lærebøker ved århundreskiftet**

Tor Brandt tilpasset sin lærebok i kjemi etter hvert til forskjellige læreplaner i gymnaset/reformgymnaset/videregående skole, og også andre forfattere skrev nye og interessante læreverk (Wang Lund og Reistad 1977, Valdermo 1986). Flere av læreverkene er kommet i reviderte utgaver og med nye medforfattere og er fremdeles i bruk i studieretningsfaget kjemi. Etter den nye læreplanen av 1996, er også nye læreverk produsert som Grønneberg m.fl. (1997). Pendelen ser nå ut til å svinge, om ikke tilbake, så i en annen retning i rommet. I dag er den leksikale varianten av stoffkjemien oppgitt, forsøk noe nedtonet og kjemi i dagliglivet i fokus. Kjemiens tre dimensjoner er alle bevisst på.

Forhåpentlig vil det bli tid til en bredere historisk undersøkelse av lærebøker og undervisningen i kjemi på 1900-tallet, men så omfattende som Riis Larsens (1998) undersøkelse i Danmark, blir den nok ikke.

### **Referanser**

Andersen M. og Nygaard K. (1948): *Fysikk og kjemi for folkeskolen*. Gyldendal, Oslo

Brandt T. (Andersson S. og Leden I.) (1970): *Kjemi for gymnaset*. Aschehoug, Oslo

Bruun S. (1914): *Lærebok i kemi*. 1. utgave. Olaf Norli, Oslo

- Bruun S. (1938): *Lærebok i kjemi*. 6. utgave. Olaf Norli, Oslo.
- Bruun S. (1953): *Lærebok i kjemi for den høgre skolen*. 13. utgave. Olaf Norli, Oslo
- Bruun S. (1960): *Lærebok i kjemi for den høgre skolen*. 16. utgave. Olaf Norli, Oslo
- Bruun S. (1965): *Lærebok i kjemi for realskolen og gymnasiet (unntatt naturfaglinjen)*. 18. utgave. Olaf Norli, Oslo
- Bruun S. (1970): *Kjemi for gymnaset Alternativ plan ved Hans Råstad og Joar Markali*. Olaf Norli, Oslo
- Grønneberg T., Hannisdal M., Pedersen B. og Ringnes V. (1997): *Kjemien stemmer 2KJ*. Cappelen, Oslo
- Haraldsen H. og Melbye R. (1943): *Lærebok i kjemi for gymnaset*. Grundt Tanum, Oslo
- Johannesen O. og Nicolaysen C. (1916): *Lærebok i kemi*. 7. utgave. Aschehoug, Oslo
- Johannesen O. og Nicolaysen C. (1936): *Lærebok i kjemi for gymnaset*. 12. utgave. Aschehoug, Oslo
- Lindstad O. og Lindeman J. (1926): *Lærebok i kjemi*. Gyldendal, Oslo
- Lindstad O. (1950): *Fysikk og kjemi*. Gyldendal, Oslo. I en serie av bøker med Rektor Herman Ruge (red.): *Arbeidsmåten i den høgre skolen*. Gyldendal, Oslo
- Løvold L. (1941): *Lærebok i kjemi for gymnaset*. Aschehoug, Oslo
- Olaf Norlis forlag (1964): *Sverre Bruun og Olaf Devik – et lærebokjubileum*. Oslo
- Oslo kommune (1930): *Oslo folkeskole. Undervisningsplaner*. J.Chr. Gundersen, Oslo
- Oslo kommune (1954): *Undervisningsplan for Oslo folkeskole. Denne planen er i hovedsaka som normalplanen for byfolkeskolen 1939*. Aschehoug, Oslo
- Riis Larsen B. (1998): *Otte kapitler af kemiundervisningens historie. Træk af den gymnasiale kemiundervisnings historie gennem 400 år*. Historisk-kemiske skrifter nr. 9. Dansk Selskab for Historisk Kemi.
- Ringnes V. og Hannisdal M. (2000): *Kjemi i skolen – undervisning og læring*. Høyskole Forlaget, Kristiansand
- Slettemark S.K. og Bergo A. (1924): *Fysikk og kjemi for folkeskolen*. Aschehoug, Kristiania
- Tyrén H. (1946): *På vei mot atomalderen*. Gyldendal, Oslo
- Valdermo O.H. (1986): *Proton. Kjemi 2KJ Tretimerskurs*. Universitetsforlaget, Oslo

Valdermo O.H. (1995): *Hvem sine interesser og hvem sine behov er nedfelt i kjemifaget i den videregående skolen (gymnaset)?* Dr.scient. avhandling. UiT

Wang Lund E. (1970): *Kjemi for gymnaset*. Gyldendal, Oslo

Wang Lund E. og Reistad K. (1977): *Kjemi for den videregående skolen Grunnbok 3 timers kurs*. Gyldendal, Oslo

## **IKT brukt i UTE-skole sammenheng i natur og miljøfag**

Førsteamanuensis Dag Atle Lysne, høgskolelektor Bjørn Tore Esjeholm og høgskolelektor Stig Misund. Høgskolen i Finnmark, Follums vei 31, 9509 Alta.

*Fokuset i artikkelforfatternes FOU-arbeid ligger mot opplæringen innenfor teknologifaget i grunnskolen. Foruten den egenverdi dette har prøver de også ut ulike former for tverrfaglige opplegg der biologi og fysikk står sentralt sammen med teknologi. Pedagogisk bruk av IKT-verktøyet har vært fokusert i deres arbeid. Med utgangspunkt i praktisk arbeid utenfor klasserommet søker de å bruke dette verktøyet både til å fremme læringen av faglig innhold og til å koble opplæringen ute sammen med det som skjer inn i klasserommet. Problemorientert arbeid, med høg kreativitetsprofil, danner grunnpilaren i prosjektene.*

### **Innledning.**

Prosjektet fokuserer på bruken av IKT - verktøyet for å fremme læringen av det faglige innholdet i Natur- og miljøfag i grunnskolen, med særlig vekt på teknologi, fysikk og biologi. Utgangspunktet er praktiske situasjoner utenfor klasserommet med høg grad av elevaktivitet i tråd med tankegangen innenfor "UTE-skole" som opplæringsform.

I følge L-97 skal det satses på en utstrakt bruk av ulike former for praktisk arbeid i opplæringen i grunnskolen. Slike arbeidsformer får brei støtte i ulike undersøkelser når det gjelder arbeidet med å nå målene knyttet til holdninger og ferdigheter i L-97 (se for eksempel Bagøyen (1999) for en oversikt). Manglende relevans for det virkelige liv, sett fra elevenes ståsted, kan nettopp være noe av årsakene til at naturfagene ofte vurderes negativt (Sjøberg, 2002, a). Likevel ser det ut til at man ut fra resultatene fra "TIMSS" (The Third International Mathematical and Science Study) (Sjøberg, 1998) bør stille spørsmål ved hvorvidt utstrakt bruk av praktisk elevarbeid fremmer læring av faglig teori. Vårt prosjekt søker å utvikle konkrete eksempler på elevprosjekter der IKT er brukt for å knytte sammen faglig teori og arbeidet i praktiske situasjoner utenfor klasserommet.

Naturfagene lider også under negative holdninger til deler av det innholdet og de aktivitetene som presenteres (Sjøberg, 2002, b). I dette prosjektet ønsket vi å utvikle praktiske elevprosjekter, som elevene opplever som meningsfulle og positive samtidig som vi arbeider med relativt vanskelige begreper innenfor fysikk. Arbeidet skulle legge til rette for diskusjoner i ulike grupper om praktiske problemer som måtte løses gjennom tekniske konstruksjoner og bruk av IKT - utstyr, og da særlig digital bildebehandling. Slik ville arbeidet inneholde betydelige kreative elementer, og vi støttet oss til de pedagogiske ideer som ligger bak bruken av entreprenørskap i skolen (Ødegård, 2000), der identifisering av problemer, løsningsforslag og utprøving av disse står sentralt.

Målene ved prosjektet var:

- at elevene skulle få positive opplevelser tilknyttet arbeidet med abstrakte begreper
- å støtte behandlingen av teoretisk fagstoff ved hjelp av praktisk elevarbeid utenfor klasserommet der situasjonene blir tydeliggjort ved bruk av IKT - verktøyet

- å bruke IKT til å arbeide med analyse, løsning og utprøving av praktiske problemer.

### Metoder

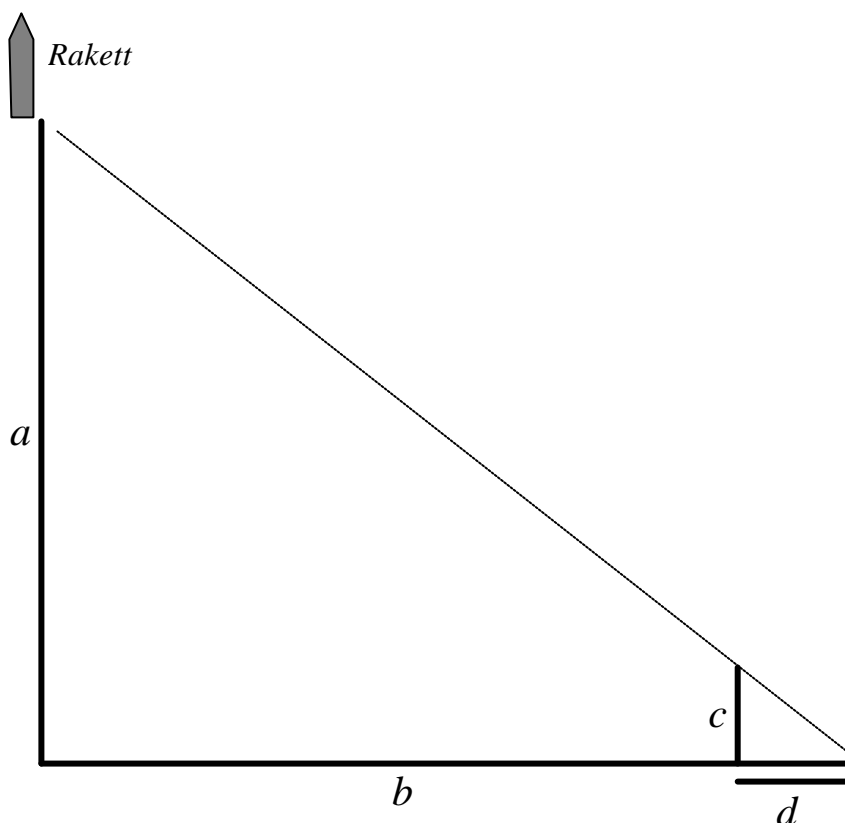
Prosjektet omhandler utprøving av digitale bilder og film for å konkretisere situasjoner fra det virkelige liv utenfor klasserommet med objekter i rask bevegelse. Det praktiske arbeidet er knytta til diskusjoner av abstrakte begreper innenfor fysikk.

Deler av elevarbeidet ble videofilmet, og det ble gjort observasjoner av elevene samt at de svarte individuelt på enkle spørreskjema i slutten av prosjektet. I tillegg skrev de gruppevis rapporter fra arbeidet.

### Resultater og diskusjon

I L97 er energi, energioverganger, fart og tyngdekraft sentrale begreper innenfor fysikk på ungdomstrinnet. Dette er begreper som mange elever opplever som vanskelige p.g.a. høgt abstraksjonsnivå. Vi gjennomførte prosjektet sammen med lærere og elever på ungdomstrinnet ved Talvik skole i Finnmark. De 26 elevene ble delt i 5 grupper av lærerne ved skolen. Hver gruppe utførte det praktiske arbeidet. Diskusjonene vekslet mellom å gå innad i disse gruppene og i plenum. I forkant av prosjektet hadde klassene arbeidet med energibegrepet ut fra en læreboksmessig innfallsvinkel, og de hadde lært om likeforma trekantar.

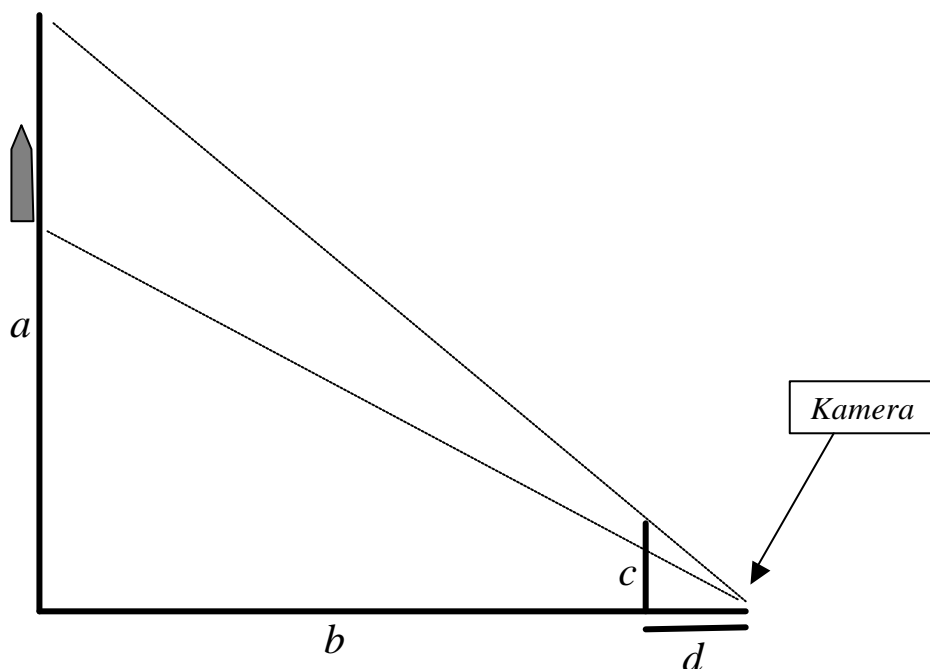
Første utfordring som ble gitt til elevene, var å finne en måte å måle hvor høgt en rakett gikk når vi skjøt den rett opp. Gruppene kom raskt frem til at man kunne bruke likeforma trekantar og en felles figur ble tegnet på tavla støttet av kommentarer fra elevene (figur 1).



**Figur 1.** Viser hvordan en likeforma trekant kan brukes til å regne ut høgden på en rakettbane ( $a$ ) dersom man kjenner  $b$ ,  $c$  og  $d$ .



På den kunne vi regne ut  $a$  dersom vi kjente  $b$ ,  $c$  og  $d$ . Hvordan måler vi så høgden dersom raketten ikke går helt opp (figur2 )? Etter noe diskusjon enda vi på at man kunne lage en målestav og plassere den på  $c$  og sette et kamera slik figur 2 viser.



**Figur 2.** Viser plasseringen av kameraet som tok bildeserier av oppskytningen. Målestaven (se teksten) var plassert i  $c$ .

Tanken var å skyte rekker med stillbilder, ca 10 pr. sek. når raketten gikk i luften. Man kunne så i etterkant beregne toppunktet på bana, ved å analysere bilder av raketten på topp med målestaven i forkant. Og man kunne beregne farten i de ulike faser av bana når man visste tidsforskjell mellom de ulike bildene. Hver gruppe skulle få utdelt bildeserier av oppskytningene. Dermed var den første praktiske utfordringen klar: Å lage en målestav som var 5 m. høy der man kunne lese av skalaen på et bilde vist på en PC-skjerm. Her ble det flere runder med prøving og feiling før gruppene fant gode måter å merke målestavene på. Deretter måtte fjell og himmel prøves og vurderes som bakgrunn ved at en tennisball ble kastet opp og bilder ble tatt. Så stod det kun igjen å beregne hvor lang  $b$  og  $d$  måtte være når  $c$  var 5 m. og man kunne risikere at raketten gikk 100 m. opp i luften. Dette problemet ble også først behandlet gruppevis og førte til livlige diskusjoner.

Hver gruppe satte deretter sammen et byggesett av en rakett. Det var klart for første oppskytning etter at de ulike plassene var målt opp ute. Raketten gikk opp, og kameraet svikta. På grunn av tekniske problemer måtte vi gå over til å bruke digital video. Dette gjorde at bildeanalysen måtte foregå på TV-skjerm i felles gruppe. Prinsippene er de samme, men det førte til at elevaktiviteten ble redusert noe. Vi gjorde en ny oppskytning, og toppunktet på bana ble identifisert. Raketten gikk 4,5 m. opp på målestaven. Hver gruppe diskuterte så hvordan man kunne regne ut den virkelige banehøgden ut fra de forholdstall man hadde.

I bakkant av oppskytingen fikk gruppene presentert følgende problem: Hvor var den kjemiske energien i rakettmotoren blitt av i de ulike delene av bana? Diskusjonen om energi og energioverføringer ble fulgt opp i felleskap etterpå.

Flere oppskytinger ble gjort med økt vekt på raketten og med sterkere motorer. Hver gang laget gruppene begrunna prediksjoner på hvordan raketten ville gå. I bakkant av oppskytingene ble kreftene som virket på raketten diskutert.

Observasjoner av elevene i prosjektperioden viste blant annet at jentene var like aktive som de fleste av guttene. Dette gjaldt både i de praktiske problemløsningene og i de teoretiske diskusjonene. Resultatene tilknyttet det faglige teoristoffet er enda for lite bearbeida til at man kan trekke noen konklusjoner, men den enkle spørreundersøkelsen mot slutten av prosjektet indikerer at mer enn 75 % av elevene hadde god forståelse av de begrepene som var fokusert, altså energi, energioverganger og tyngdekraft. Kanskje viktigst var det likevel at alle elevene beskrev prosjektarbeidet i svært positive vendinger. De hadde fått en positiv opplevelse på tross av at vi arbeida med abstrakte begreper innenfor fysikken.

## Litteratur

Bagøien, T. E. 1999. *Barn i friluft, om verdifullt friluftsliv*. SEBU Forlag, Oslo.

KUF. 1996. *Læreplanverket for den 10-årige grunnskolen*.

Sjøberg, S. 1998. *Naturfag som allmenndannelse, en kritisk fagdidaktikk*. Ad Notam, Gyldendal, Oslo.

Sjøberg, S. 2002, a. *Three Contributions to Science Education*. Unipub AS, Oslo.

Sjøberg, S. 2002, b. *Science for the children? Report from the Science and Science-project*. Unipub AS, Oslo.

Ødegård, I. K. R. 2000. *Fremtiden på timeplanen. Pedagogisk entreprenørskap – en innovasjonsstrategi i opplæring og utdanning*. Høgskoleforlaget AS. Kristiansand S.