



NyIng

Vad är en ingenjör?

Bo Dahlbom

Kajsa Ellegård

Bernt Ericson

Jan Hult

Ingemar Ingemarsson

AnnMarie Israelsson

Leif Johansson

Arne Kaijser

Leif Larsson

Stig Ottosson

Kjell Thorén

Red: Ingela Björck

Vad är en ingenjör?

Utgiven 1998 av
Institutionen för systemteknik
vid Linköpings universitet

Redaktör: Ingela Björck
Layout: Forma Viva, Linköping
Omslag: Johnny Dahlgren Grafisk Produktion
Tryckeri: LTAB, Linköping

NyIng-projektet

Linköpings Universitet har fått ett nationellt uppdrag att förnya ingenjers- och civilingenjörsutbildningarna. Uppdraget har lagts på Linköpings Tekniska högskola (LiTH). Projektledare är professor Ingemar Ingemarsson och till verkställande ledamöter har utsetts universitetsadjunkt Kent Hartman och biträdande professor Håkan Hult. Vi har valt namnet NyIng.

Vi har delat in verksamheten inom NyIng-projektet i fem huvudområden:

- Vad är en ingenjör?

- Lärande och undervisning

- Utbildningens innehåll och organisation

- Relationer mellan högskolan och samhället

- Rekrytering

Föreliggande skrift ingår i en skriftserie som dokumenterar NyIngs arbete.

Innehållsförteckning

En yrkesroll med nya krav Ingemar Ingemarsson	6
Vad är en ingenjör? Jan Hult	19
Ingenjörer i takt med tiden? Arne Kaijser	31
Ingenjören idag och i morgon Stig Ottosson	49
Ingenjörerna och det intellektuella kapitalet Leif Larsson	61
Med kunskaper, känslor och flexibilitet Kjell Thorén	75
Lyhörd för samhällets behov Leif Johansson	87
Mer meningsfull inläring Bernt Ericson	95
"Sorry, it is not practical!" Kajsa Ellegård	103
Med kugghjul istället för hjärta? AnnMarie Israelsson	119
Från ingenjör till itenjör Bo Dahlbom	129

En yrkesroll med nya krav

AV INGEMAR INGEMARSSON

Om du fick frågan "Vad är en ingenjör?", vad skulle du svara? Det beror på hur du uppfattar frågan. Ett svar är en etymologisk tolkning av ordet ingenjör. Ett annat svar skulle kunna vara en karakteristik av en ingenjör. "Ingenjörsmässighet", låt oss återkomma till det begreppet! Man skulle också kunna svara: "En ingenjör är en person som har examinerats från en ingenjörsutbildning". Det är ett banalt svar, men det pekar på att det kan vara naturligt att diskutera ingenjörsutbildningen i sammanhanget.

För att klargöra kraven på dagens och – framför allt – morgondagens ingenjörer har vi försökt att besvara frågan "Vad är en ingenjör?" Svaret på den frågan rymmer mycket av den teknik-

kultur som blivit en stor del av vårt samhälle. I denna kultur finns värden som vi är angelägna att bevara, men också sådant som vi skulle vilja förändra.

NyIngs mål är att förnya ingenjörsutbildningarna¹ i Sverige. I regeringens uppdrag ingår att åstadkomma förändringar i bland annat lärande och undervisning och i utbildningarnas innehåll och organisation. Allt för att öka rekryteringen till utbildningarna och för att säkerställa att expansionen kan ske med bibehållen kvalitet. Detta är bakgrunden till att vi är intresserade av svaret på frågan ”Vad är en ingenjör?”.

Vi – det är ledningsgruppen för NyIng-projektet – bad ett antal människor med olika bakgrund att skriva ner sina reflektioner på frågan. Medvetet gav vi ingen tydligare styrning. För att få en allsidig belysning av ämnet tillfrågade vi författare som har funderat över ingenjörens roll och utbildning, men som inte alla är tekniker.

Resultatet är den föreliggande antologin. Bidragen är författarnas egna. Efter det att bidragen färdigställts samlade vi (NyIngs planeringsgrupp) författarna tillsammans med Margareta Josefsson, själv civilingenjör och tidigare chef för Ericsson Software Technology AB, till en idékonferens. Då diskuterades frågan ”Vad är en ingenjör?” med utgångspunkt från artiklarna. Nedanstående referat baseras både på antologin och på vad som sades vid idékonferensen.

INGENJÖRSUTBILDNINGENS MÅL

Ett svar på frågan kan vi finna i Högskoleförordningen. Där anges målen² för ingenjörsutbildningarna. De uppvisar stora likheter, men också viktiga skillnader. För att erhålla högskole- respektive civilingenjörsexamen skall studenten ha:

”.... – tillägnat sig kunskaper i matematik och naturvetenskapliga ämnen i en sådan omfattning som fordras för att förstå och kunna tillämpa de matematiska och naturvetenskapliga grunderna för det valda teknikområdet.

– förvärvat kunskaper om och färdigheter i att handha (utforma för civ.ing.) produkter, processer och arbetsmiljö med hänsyn till människors förutsättningar och behov samt till samhällets mål avseende sociala förhållanden, resurshushållning, miljö och ekonomi.

– förvärvat kunskapsmässiga förutsättningar att, efter något års yrkesverksamhet inom sitt område,

- kunna medverka i utveckling av och svara för utnyttjande av känd teknik i produktion och konstruktion. (högskoleingenjör)

respektive

- självständigt kunna svara för utveckling eller utnyttjande av ny teknik på internationellt konkurrenskraftig nivå. (civilingenjör)

.....”

Målen för ingenjörsutbildningen kan inte vara statiska. I takt med samhällets förändring förändras kraven på utbildningen. Exempelvis framhålls ofta följande krav på en ingenjör:

– kompetens att kommunicera och samarbeta med andra ingenjörer inom samma och andra teknikområden, men också med människor inom andra professioner, t.ex. ekonomer, beteendevetare, konstnärer och andra med anknytning till ingenjörens profession.

– förändringskompetens för att under en livslång yrkesverksamhet som ingenjör eller civilingenjör kunna anpassa sig till förändrad teknik och förändrad yrkesroll.

INGENJÖRSMÄSSIGHET

Om vi försöker att karakterisera en ingenjör, kan vi då finna någonting gemensamt mellan alla de olika typerna av ingenjörer? Kan vi tala om ”ingenjörsmässighet”? En liten komplikation är också att vi har olika typer av ingenjörer. I Sverige i dag har vi högskoleingenjörer och civilingenjörer. En gång i tiden hade vi

även gymnasieingenjörer och institutsingenjörer. Dessutom har vi ingenjörer inom en mängd fackområden som kan vara rätt olika till sin karaktär.

I Nying-projektets inledning samlade vi vid ett tillfälle en grupp yrkesverksamma ingenjörer för att diskutera begreppet ”ingenjörsmässighet”. För att få en allsidig belysning av begreppet valde vi en grupp med olika erfarenhet och bakgrund. Män och kvinnor, unga och äldre. En del sysslade med konstruktion, andra med utveckling av tekniska system. En del var chefer på olika nivåer.

Gruppen fick först genom ”brainstorming” komma fram till områden av ingenjörsmässighet och sedan rangordna dem efter hur viktiga de ansågs vara. Slutligen placerades också områdena i ordning efter upplevd brist hos dagens nytexaminerade ingenjörer.

Resultatet blev att ingenjörsmässighet karakteriseras av:

- Teknisk kompetens
- Social kompetens
- Helikoptersyn (dvs helhetssyn och överblick)
- Resultatinriktning
- Administrativ kompetens
- Kvalitetstänkande
- Kreativitet
- Flexibilitet
- Verklighetsförankring
- Språkkompetens
- Kunskapstörst
- Ledarförmåga
- Etisk kompetens

- Ansvarskännande

Viktigast ansågs teknisk kompetens vara. Därefter kom, utan inbördes rangordning, social kompetens, helikoptersyn och resultatnriktning.

Störst brist ansåg gruppen det vara inom social kompetens (speciellt kommunikationsförmåga). Därefter ansågs bristen vara lika stor avseende helikoptersyn, resultatnriktning och verklighetsförankring. Med teknisk kompetens avsåg gruppen teknisk bredd, breda baskunskaper, överslagsförmåga, duktighet, metodkunnande och produktionsinriktning.

Social kompetens menade man var kommunikationsförmåga, att vara bra på att skaffa sig kontaktnät och att kunna kommunicera med andra yrkesgrupper, – ekonomer, utbildare etc. Vidare vana att jobba i tvärfunktionella team, vilja att dela med sig av sin kompetens, pedagogisk kompetens, kåranda och något annat intresse än jobbet – balans i tillvaron.

Med helikoptersyn avsåg man helhetssyn, förståelse av kedjan kundkrav – användning, att kunna hitta kritiska delavsnitt, förmåga att koppla teori och praktik, att göra rätt saker och att ifrågasätta.

Resultatinriktad är man om man har kundfokus, förmåga att fokusera stenhårt vid behov, förmåga att få saker gjorda, klarar att slutföra uppgifter, är uthållig och lagom (dvs tillräckligt) bra.

Verklighetsförankring, menade gruppen, karakteriseras av verklighetsnärhet, tillämpbarhet, användarvänlighet och förmåga att koppla teori och praktik.

INGENJÖRSROLLEN

Min egen synvinkel är akademisk. I hela mitt liv, med undantag för korta sommarpraktikperioder under studietiden, har jag vistats på utbildnings- och forskningsinstitutioner. Dessa har varit av vitt skilda slag, från en period som lärare vid Marinens tele-

skola, i en renodlad utbildarroll, till ett år vid IBM Thomas J Watson Research Center i en ren forskarroll.

Dock ser jag mig främst som utbildare.

Under denna tid, som nu omfattar nästan 40 år, har jag sett ingenjörer utbildas och verka inom och utanför de akademiska institutionerna. Det kan kanske vara intressant att ta del av mina reflektioner kring ingenjörnsrollen från min speciella utsiktspunkt.

Ingenjörnsrollen har förändrats. Det är måhända en banal iakttagelse, men den får kanske lite större betydelse om den formuleras annorlunda: Hur påverkar den ändrade ingenjörnsrollen ingenjörsutbildningen? Detta gör att jag helst, liksom övriga författare i denna antologi, diskuterar både ingenjörnsrollen och ingenjörsutbildningen. Låt mig börja med ingenjörnsrollen.

För mig som växte upp i Göteborg på 50-talet hägrade Chalmers liksom för många andra teknikintresserade pojkar. Marianne Fredriksson har på ett fint sätt beskrivit detta i sin bok "Simon och ekarna". På den tiden var det inte lika självklart om man var flicka. Men pojken skulle gå på Chalmers. Helst skulle han dessförinnan gå på "Chalmers lägre" som Tekniska gymnasiet i Göteborg fortfarande kallades i folkmun. Bilden av den ingenjör man skulle bli var också klar: en man i vit rock med en 12,5 cm räknesticka i bröstfickan. (Den räknesticka man sedan använde dagligen var 25 cm lång; 12,5 cm-stickan användes huvudsakligen som statussymbol i bröstfickan.) Ingenjören var en solitär. En expert som anlätades av andra när kravet på tekniska kunskaper blev högt. För andra kunskaper än tekniska fick man gå till någon annan.

Visst är bilden hårt stilerad, men ändå verklighetstrogen. Efter tiden på Chalmers försvann de flesta av mina kamrater ut till industrin. När jag träffade dem talade de gärna om sin tekniska verksamhet. Till och med räknestickan satt på plats i fickan. Men ingenjörnsrollen skulle snabbt komma att förändras.

Under 60- och 70-talen kom teknikens och teknikerns roll i samhället att diskuteras närgånget och kritiskt. Rachel Carson hade skrivit "Tyst vår", teknikern framställdes i vulgärdebatten som miljöförstörare. Revolutionsåret 1968 passerades och akademisk utbildning, inklusive civilingenjörsutbildning, förlorade mycket av sin tidigare status. Detta avspeglades i ansökningssiffrorna till de tekniska högskolorna; 1974 hade Linköpings tekniska högskola färre förstahandssökande per plats än någonsin hittills.

Ingenjörsyrkets status återhämtade sig snabbt. Ansökningssiffrorna gick upp. Lönerna steg. Men ingenjörssrollen hade förändrats. Från att varit den ensamme experten hade ingenjören blivit en lagarbetare och en person som engagerades i ett vitt spektrum av roller. Detta syns mycket tydligt i de rubriker som diskussionen om "ingenjörsmässighet" (se ovan) gav upphov till. Social och administrativ kompetens, helhetssyn, flexibilitet, ledarförmåga, språkkompetens och etisk kompetens var inte begrepp som var aktuella 1963 då jag tog civilingenjörsexamen.

Har ingenjörsutbildningen förändrats i takt med den förändrade ingenjörssrollen? Svaret blir mestadels ja om man ser till det tekniska innehållet i utbildningen. Ny teknik har snabbt trängt in i utbildningsprogrammen. Andra efterfrågade förändringar av innehållet har gått långsammare. Muntlig och skriftlig kommunikation är ett exempel. Gruppen som diskuterade begreppet ingenjörsmässighet fann att den största bristen hos dagens nyutexaminerade ingenjörer gäller just kommunikationsförmåga.

Formerna för ingenjörsutbildningen har förändrats betydligt långsammare än innehållet. Visst har vi fått projektkurser och andra inslag i utbildningarna där studenterna arbetar i grupper, men med hänsyn till den nya ingenjörssrollen borde teknologerna tidigare och i större utsträckning arbeta i lag. En teknik som förändras i allt snabbare takt kräver också att ingenjören under sin utbildningstid tränas i att sätta sig in i nya situationer och att då själv formulera problem, inte bara att lösa välformulerade uppgifter. Detta framkom tydligt vid idékonferensen.

I dag börjar c:a 15 % av en årskull på ingenjörsutbildning. Så stor andel av befolkningen kommer i framtiden att ha högre teknisk utbildning, om tendenserna håller i sig. Samtidigt blir tekniken en alltmer tydlig, ja kanske påträngande del av vår kultur. Detta kommer att ställa nya krav på ingenjören. Teknikern kommer inte som hittills att kunna ställa sig utanför samhällsdebatten. Vi kommer att behöva människor med ett solitt teknik-kunskande inom journalistkåren, i media, i politiken, bland beslutsfattare, som lärare på alla stadier. Hur ser då framtidens ingenjör ut?

Teknikens allt större andel av vår kultur kommer också att ställa krav på människor som inte är ingenjörer. Rollerna för humanister, samhällsvetare, ekonomer, jurister och andra kommer att behöva förändras. Detta reser många stora frågor och ställer oss inför nya stora förändringsbehov. Dessa ligger dock utom ramen för både NyIng-projektet och denna bok.

BIDRAGEN TILL ANTOLOGIN

Texterna återspeglar de olika möjligheterna att tolka frågan "Vad är en ingenjör". **Jan Hult** börjar med att citera uppslagsbäckernas definition av ordet ingenjör och fortsätter sedan med en kritisk tillbakablick på sin egen utbildning. Som den teknikhistoriker han är ger han läsaren en historisk skildring av hur ingenjörnsrollen i Europa har danats.

I högskoleverkets mål (se ovan) talas om de "naturvetenskapliga grunderna för det valda teknikområdet". Jan Hult ställer frågan om det inte snarare är teknikvetenskapen som bör vara grunden för den tekniska utbildningen. Teknikvetenskap är enligt Hult "inriktad på att förstå och beskriva egenskaper hos konstruerade tekniska system". Vid idékonferensen kritiserade han ytterligare naturvetenskapens, särskilt fysikens, roll i den tekniska utbildningen. Det är intressant att jämföra detta med vad Bo Dahlbom skriver i sitt bidrag till antologin. Se nedan!

Jan Hult avslutar med att karakterisera ingenjören via de metoder han eller hon använder.

Arne Kaijser ser även han kritiskt tillbaka på sin egen utbildning till civilingenjör. Han avslutar detta avsnitt med att konstatera det "inte är de tekniska kunskaperna i sig som jag främst haft nytta av utan snarare förmågan att sätta mig in i och analysera nya områden." – Är detta kanske en viktig karakteristik av en ingenjör?

Kaijser gör sedan en exposé över den svenska ingenjörsutbildningens historia som också den slutar i en kritik av "kampen om schemat" inom de tekniska utbildningarna. Vad är det som gör att vi har en tendens att tränga samman alltför mycket stoff inom en begränsad utbildningstid?

Som avslutning önskar sig Kaijser en "förändringsprocess som involverar studenter, lärare och avnämare", en process som innebär en anpassning av formerna för och innehållet i utbildningen för att anpassa sig till en föränderlig ingenjörssroll. Han slår också ett slag för en vidareutveckling av de dubbla kompetenser (t ex teknik och ekonomi, teknik och medicin, teknik och miljö) som har etablerats på en del håll i landet.

Stig Ottosson ser i uppsatsen "Ingenjören i dag och i morgon" en förändrad ingenjörssroll betingad av att "produktutvecklingen i allt högre grad fått till syfte att tjäna oss människor och förbättra vår livskvalitet." Han tar också upp de förändringar som orsakas av att produktlivslängderna blir allt kortare och produkterna allt mer komplexa. Vilka krav ställer detta på framtidens ingenjörer? Att kunna formulera problem, att snabbt och effektivt söka kunskap, att vara beredd att byta arbetsplats flera gånger i sitt liv samt bredare kunskaper än vad forna tiders ingenjörer behövde är bara några av de kompetenser Ottosson efterfrågar. Vilken är högskolans roll i denna förändrade värld? I ett avslutande avsnitt har Ottosson konkreta synpunkter på vad ingenjörsutbildningen bör innehålla.

Leif Larsson ger en personlig bakgrund till sitt tekniska intresse och illustrerar sedan yrkesrollen med historien om hur den första jetmotorn konstruerades och "såldes" till finansiärer och

flygplanskonstruktörer. Dessa avsnitt bildar sedan bakgrund till en genomgång av vad som är viktigt för en ingenjör. Helhetssyn, koncentration på förbättrad livskvalitet, kreativ förmåga ("Här finns det utrymme för att pröva många nya former av undervisning och examination vid landets universitet och högskolor") och kommunikationsförmåga är några av de egenskaper Larsson framhåller. Han betonar också kravet på "mjuka kunskaper" och skriver att "flera ingenjörer har misslyckats för att de inte kunde anpassa sig till arbetet i integrerade team" än "på grund av brist på kunskaper i matematik eller hållfasthetslära". Detta påstående upprepade han också vid idékonferensen.

Kjell Thorén betonar bredden hos ingenjörsyrket och hur utbildningen har gjort det möjligt för ingenjörer att ha vitt skilda uppgifter. Han betonar utbildningens grundläggande ämnen. Detta kom också fram under idékonferensen, där bland andra Margareta Josefsson framhöll vikten av en balans mellan grundläggande ämnen, tillämpade ämnen och icke-tekniska ämnen. Thorén betonar till exempel behovet av språkkunskaper.

Thorén berör också problemen med den ökande innehållsmängden i utbildningen och teknologernas förkunskaper. Kanske man skulle fundera på nivågruppering?

Han ger exempel på viktiga personliga egenskaper hos ingenjörer: användbarhet, produktivitet, relation till medarbetare. Han avslutar med en karakterisering av framtidens ingenjörer. Stabila grundkunskaper, bredd och flexibilitet är väsentliga.

Leif Johansson bidrar till antologin genom ett referat av en intervju med honom, gjord av Ingela Björck. Från sin utgångspunkt som chef för Volvo ser han ingenjören som bygger produktionssystem i vilket andra människor skall arbeta och produkter som andra människor skall använda. Detta ställer stora krav på ingenjörerna, att till exempel känna ansvar för teknikens möjliga följder. Johansson tycker att ingenjörerna gör detta. Överhuvudtaget verkar han rätt nöjd med ingenjören sådan han ser ut i dag. (Vi får anta att "han" också kan vara en "hon".)

Johansson tycker inte att det är konstigt att inte ingenjören deltar särskilt mycket i den offentliga debatten. Längre fram i intervjun säger han sig uppskatta ingenjörer med insikter i samhällskunskaper och humaniora, men menar att sådan bildning knappast är de tekniska högskolornas sak.

Som flera andra betonar Johansson hur viktiga grundkunskaperna är. Det är inte alltid så viktigt vilket utbildningsprogram en nyanställd civilingenjör har gått igenom. Den ingenjörsmässiga och naturvetenskapliga grunden är den viktigaste.

Bernt Ericson ser alltför många nyutexaminerade ingenjörer som tappat sin intellektuella nyfikenhet. Han är inte negativ till ingenjörerna, men anser det vara förödande att de inte känner längtan efter att skaffa sig nya kunskaper. Med den ansatsen är det kanske inte förvånande att intervjun med Ericson handlar mycket om ingenjörsutbildningen. Han vill gärna se verklighetsbaserade projekt redan från starten av utbildningen. De grundläggande ämnena skall finnas kvar i samma utsträckning som nu, men inte bara komma i början av utbildningen.

Som flera andra av författarna till antologin betonar han att ingenjören måste kunna kommunicera både inom och utom sitt fack. Detta kan övas genom en lämplig uppläggning av utbildningen. Att lägga in speciella kommunikationskurser skulle bara förvärra den redan besvärande höga stofffrängseln.

Ericson ser positivt på de förändringar som sker mot en aktivare inlärning, men tycker att de går för långsamt. Han ser ingen större risk att en annorlunda uppläggning av studierna driver bort de teoretiska begåvningarna. Systemet måste anpassas till det stora flertalet tekonologer. Han tycker dock att det är märkligt att civilingenjörsutbildningarna har lägre antagningspoäng än läkarutbildningarna. Ingenjörsutbildningarnas dragningskraft måste förbättras!

Kajsa Ellegård är den första i raden av författare som inte har teknisk bakgrund. Hon har däremot studerat tekniker (bl a på Volvo) och ser (som Leif Johansson) det som allt viktigare att in-

genjörer kan reflektera över sociala konsekvenser av tekniska förändringar. Hon anlägger också ett brukarperspektiv och anser att tekniska lösningar måste utvecklas i samverkan mellan ingenjörer och brukare. Detta ställer krav på ingenjörens kommunikationsförmåga. Ellegård skriver mycket om kartans roll i sammanhanget.

Skiljer ingenjörer alltför tydligt mellan yrkesjaget och privatjaget? Kanske – Ellegård är dock hoppfull och tycker att teknikens kulturella ådra (visad till exempel genom studentspex!) kan leda till att bryta den tekniska konvention som betraktar människan som objekt.

AnnMarie Israelsson ser tillbaka på den tid då ingenjören var en hjälte. (Själv kom jag att tänka på Jules Vernes böcker *En världsomsegling under havet* och *Den hemlighetsfulla ön*). Hur kommer det sig att hennes bild har förändrats? Hon tar, liksom Jan Hult, sin utgångspunkt i olika tolkningar av ordet ingenjör. Detta leder henne till en kritisk betraktelse av ingenjören. Hon konstaterar, som Leif Johansson, att ingenjörernas röster sällan hörs i den offentliga debatten.

Uppsatsen avslutas i en mer optimistisk ton där Israelsson ser en ny ingenjör med fast förankring i verkligheten, med uppfinningsrikedom, fantasi och kreativitet. En ingenjör i samhällets och människornas tjänst.

Bo Dahlbom avslutar antologin med en provokativ uppsats där han ser en samhällsförändring som påminner om industrialiseringen och som pekar fram mot en ny ingenjörssroll. Rollen präglas bland annat av att företagen i första hand är tjänsteutövande. Från att konstruera teknik måste ingenjören alltmer uppmärksamma hur tekniken användes. Dahlbom skriver om artefaktvetenskap.

Tillämpningen av den på teknik kommer i mina ögon mycket nära den teknikvetenskap som Jan Hult skriver om i sin uppsats och som han ytterligare förstärkte på idékonferensen. Vilka konsekvenser får detta för utbildningen? Kanske skall vi ersätta na-

turvetenskapen med något annat som grund för tekniken?

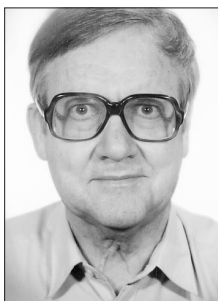
FOTNOTER

1. Med "ingenjörsutbildning" avser vi i detta sammanhang både högskole- och civilingenjörsutbildning. När det är väsentligt att skilja på de två utbildningarna använder vi respektive beteckningar. Likaledes använder vi beteckningen "ingenjör" för aningen "högskoleingenjör" eller "civilingenjör" där det inte är väsentligt att skilja på de två kategorierna.

2. Högskoleförordningens Bilaga 2, (utöver de allmänna målen i högskolelagen).

Vad är en ingenjör?

AV JAN HULT



Inför varje förändring av en utbildning är det värdefullt att kasta en blick bakåt för att se hur utbildningen en gång växt fram.

Jan Hult, teknikhistoriker och professor emeritus i hållfasthetslära vid Chalmers, ger en bild av ingenjörsutbildningens historia i Sverige och utomlands. Han visar bland annat att dagens fråga om avvägningen mellan praktiskt ingenjörskunnande och

teoretisk vetenskaplig grund har gamla rötter – den ställdes redan i England på 1800-talet.

Svaret på rubrikens fråga beror på vem man frågar, och på vilket språk. En representant för Civilingenjörskörbundet CF skulle kanske ge ett annat svar än en etnolog. Ordet encignerius (för ingignerius) är belagt i italienskan redan år 1196, då i betydelsen krigsbyggmästare. Det engelska ordet engineer ges följande definitioner i två välkända lexika:

Webster's New World Dictionary of the American Language, 1953:

engineer = "the operator of an engine, especially, the driver of a railroad locomotive".

The Concise Oxford Dictionary, 1990:

engineer = "a person who makes or is in charge of engines".

Här återspeglas en 1800-talsbild av ingenjören som sysslar med motorer och maskiner, och som har skiftnyckel, oljekanna och trasselsudd till hands. I dag finns ingenjören på ett kontor omgiven av datorer, faxar och kopiatorer.

Ingenjörskapet har hela tiden ändrat karaktär. Det måste vara angeläget att ingenjörsutbildningen planerar för denna förändring och inte låses vid dagens teknik. När jag ser tillbaka på min egen tid som teknolog vid KTH slår det mig att utbildningen i huvudsak var inriktad på att lösa 1940-talets tekniska problem med 30-talets tekniska hjälpmedel.

I kursen Numerisk analys använde vi handvevade räknemaskiner av märket Facit, en vidareutveckling av den gamla Odhner-snurran från 1886.

I en omfattande kurs om Radiorör fick vi lära oss att rita upp olika karakteristika för alla dessa varianter som kallades dioder, trioder, tetroder och pentoder; radiorör som då fanns i massor i Elfors och Clas Ohlsons kataloger. Detta var omistlig kunskap för ingenjörer, fick vi höra. Det var nog ingen på KTH som visste att transistor-effekten hade upptäckts året innan.

I ämnet Telegrafi och telefoni lärde vi oss en grafisk metod att,

direkt på ritbrädet, konstruera karakteristikor för låg- och högpassfilter med hjälp av s k frekvenstransformationer. Jag minns det som en oerhört genial metod, rentav estetiskt tilltalande i sin elegans. Men jag tror inte metoden kom att få någon egentlig användning inom industrin. Datorerna stod ju bakom hörnet och väntade.

Vid mitten på 1940-talet fanns det 100 000 ingenjörer i Sverige. I dag finns det tre gånger så många. Och ändå ropar industrin och samhället efter fler. Överallt behöver man ingenjörer. Deras utbildning blir alltmer en angelägenhet för hela samhället.

Inför varje reform av en utbildning är det ofta nyttigt att först begrunda den tidigare utvecklingen, ty ”om man inte ser bakåt innan man ser framåt, får man en vacker dag se upp.”

INTERNATIONELL UTVECKLING

... the one cause upon which there was most unanimity of conviction is that France, Prussia, Austria, Belgium, and Switzerland possess good systems of industrial education for the masters and managers of factories and work-shops, and that England possesses none.

(utdrag ur "Letter from Dr. Lyon Playfair to The Rt. Hon. Lord Taunton", Journal of the Society of Arts, Vol. XV (1867), 477-8)

Dr Playfair hade just återvänt till London från världsutställningen i Paris, där han medverkat som domare. Det han hade fått se där gjorde honom orolig.

Bakgrunden var följande. Sommaren 1851 hade en Exhibition of the Works of Industry of all Nations anordnats i Hyde Park i London. I den stora utställningshallen, senare känd som The Crystal Palace, visades industriprodukter från hela världen. Framgången blev enorm för värdlandet. Alla besökare kunde konstatera den brittiska positionen som det klart ledande industrilandet.

Denna första världsutställning inspirerade snart till flera. Under de närmast följande 50 åren anordnades liknande utställningar i bland annat New York, Paris, Philadelphia och Chicago. Ett slags nationernas tävlan hade utvecklats, och intresset var stort inte bara bland utställarna utan också bland ländernas regeringar. Det citerade brevet från Dr Playfair till Lord Taunton, tidigare President of the Board of Trade, var en varning för att England höll på att bli efter i utvecklingen i jämförelse med andra länder. Dr Playfair såg bristen på ingenjörutbildning som den avgörande orsaken till denna eftersläpning.

FÖREBILDER PÅ KONTINENTEN

De första ansatserna till en organiserad ingenjörutbildning i Europa kom i bergshanteringen i Tyskland. Redan 1702 fanns i Freiberg en skola för gruvbrytning och metallhantering, som 1765 blev en Bergakademie. Andra sådana inrättades i Clausthal 1775, Madrid 1777 och S:t Petersburg 1780.

I Frankrike kan högre ingenjörutbildning sägas ha börjat med École nationale des Ponts et Chaussées (1747) och École des Mines (1783). Den mycket kända École Polytechnique, som grundades 1794, dvs under revolutionsåren, skapades för att vara en teoretiskt avancerad förskola till de egentliga ingenjörutbildningarna.

Berömda matematiker blev lärare, och många av de första årgångarnas elever blev själva matematiker av världsklass. Den statliga franska ingenjörutbildningen fick inte bara en teoretisk prägel utan också en militär, något som än i dag i viss mån präglar École Polytechnique.

De franska ingenjörsskolorna var helt skilda från universiteten, och ett liknande system började växa fram i andra länder på kontinenten efter Napoleonkrigen. På tyska kom de att kallas Technische Hochschulen. En av de första inrättades i Wien 1815. Sedan följde tekniska högskolor i Darmstadt, München, och flera andra städer. Tankar hade funnits på att vidga universitetens pro-

gram till att inrymma också högre ingenjörsutbildning, men detta stupade i regel på kompakt motstånd från dessa traditionstyngda läroanstalter med rötter i medeltiden.

EN BRITTISKA TRADITIONEN

I England hade man alltid blivit ingenjör på ett helt annat sätt; genom att gå som lärling – apprentice – hos en verksam ingenjör. Förklaringen kan sökas i de tidiga, enorma framgångarna för brittisk industri. England hade också haft sin revolution: den industriella. Aktörerna där var inga högutbildade ingenjörer. Män som Richard Arkwright, James Hargreaves, Samuel Crompton och Thomas Newcomen hade visat att folk utan en teoretisk utbildning kunde utveckla ny teknik som till slut omvandlade hela samhället. De fick efterföljare som Thomas Telford, George och Robert Stephenson och Henry Maudslay, som saknade egentlig skolutbildning men skaffade England ett världsrykte som industrination.

Det var viktigt för England att behålla sitt försprång. Ända till 1825 var det straffbart för engelska tekniker att ta anställning utomlands. Export av engelska spinnmaskiner var förbjuden ända in på 1840-talet. När England så noga vaktade på sitt eget industriella övertag, fanns det bara ett att göra för länderna på kontinenten: att själva börja utveckla ny teknik och ny ingenjörsutbildning.

Dr Playfairs iakttagelser vid Parisutställningen hade gjort honom övertygad om att det brittiska lärlingssystemet inte räckte till inför det kommande 20:e århundradets ökande krav på tekniskt kunnande. En utbildning på vetenskaplig grund framstod som alltmer nödvändig. I brevet till Lord Taunton föreslog Playfair att en regeringskommission skulle ges i uppdrag att göra en grundlig undersökning av den tekniska utbildningens betydelse för utvecklingen av industri och välbstånd. Detta kan ses som början till en omorientering av den brittiska ingenjörsutbildningen.

En tidig ansats i denna riktning hade gjorts i Glasgow redan hundra år tidigare. John Anderson, professor i "natural philosophy", hade börjat hålla föreläsningar för allmänheten ("anti-toga lectures"). Här visade han hur vetenskaplig kunskap kunde utnyttjas för teknisk utveckling. Han vände sig särskilt till hantverkare, som inte behövde betala någon inträdesavgift, och kom därmed att ligga i ständig fejd med sina kolleger vid universitetet.

Detta ledde till att John Anderson i sitt testamente donerade medel till att starta ännu ett universitet i Glasgow – "for useful learning". År 1797 startade "John Anderson's Institution" som idag heter University of Strathclyde och är en av Storbritanniens ledande tekniska högstskolor. En av dess första professorer, George Birkbeck, flyttade senare till London och grundade "The London Mechanics' Institution", en skola för elementär ingenjörsutbildning. Liknande "mechanics' institutes" kom senare att inrättas på flera ställen. Några utvecklades vidare till högre läroanstalter, bl.a. i Manchester och Edinburgh.

Den första brittiska professuren i "engineering" vid ett traditionellt universitet inrättades 1840 – i Glasgow, säkerligen en reaktion på John Andersons utmaning. Men nymodigheten mötte motstånd från de gamla etablerade disciplinerna. Ännu 20 år senare ansåg många vid universitetet att detta inte kunde betraktas som ett område "in which a degree should be conferred".

Under 1800-talets sista decennier kom högre ingenjörsutbildning i gång på allt fler ställen, bl.a. vid Imperial College, King's College och University College i London. Denna satsning kom dock så sent, och var så begränsad, att England fann sig distanserat som industrination av både Tyskland och USA redan före sekelskiftet 1900.

Trots att man i England byggde ut allt fler av de befintliga universiteten med tekniska fakulteter, kom i stället de rena tekniska högstskolorna i Tyskland och Österrike att bli förebilder för många läroanstalter i Europa och även i USA.

"SKRAPAR MAN PÅ EN SVENSK..."

"Skrapar man på en svensk, så kommer det fram en ingenjör", heter ett gammalt talesätt. Det är en omhuldad självbild: att bara Sverige haft sådana tekniska genier som Christopher Polhem, John Ericsson, Gustaf Dalén, Gustaf De Laval, Sven Wingquist, Carl Edward Johansson, Johan Petter Johansson

Christopher Polhem, hedrad med porträtt på vår 500-kronors-sedel, har blivit uppmärksammas inte minst i internationell teknikhistorisk litteratur för sitt pedagogiska grepp på ingenjörsutbildning. Med sitt mekaniska alfabet – en samling trämodeller som visar enkla mekanismer – ville han visa hur varje maskin kan ses som uppbyggd av ett antal enkla grundmekanismer, på samma sätt som en dikt är uppbyggd av ett antal bokstäver.

Det Laboratorium Mechanicum, baserat på modellsamlingen, som Polhem inrättat i Falun och därefter i Stjernerund och Stockholm, blev senare grunden till Teknologiska Institutet som startades 1827. Femtio år därefter ändrades namnet till Kongl. Tekniska Högskolan, som vi känner som KTH.

I den "slöjdskola" som grundades i Göteborg 1829 levde också arvet från Polhem vidare. Eleverna fick själva förfärdiga mekaniska modeller i metall, modeller som i dag finns att bese i Chalmers historiska samlingar. Här var det fråga om problem-baserad inlärning och "hands on". I dag torde ytterst få chalmersister själva kunna tillverka någon av de olika modellerna, i all synnerhet inte utan sådana verktygsmaskiner som fräsmaskin eller slipmaskin, maskiner som båda var okända i början av 1800-talet.

Före både Teknologiska Institutet i Stockholm och Chalmersska Slöjdskolan i Göteborg inrättades Fahlbergsskola 1819. Utöver dessa tillkom under första hälften av 1800-talet Bergsskolan i Filipstad och "slöjdskolor" i Linköping, Norrköping, Malmö och Eskilstuna. Här till kom senare tekniska

elementarskolor, föregångare till de tekniska läroverken, i Malmö, Norrköping, Örebro och Borås. Även om dessa var huvudsakligen praktiskt inriktade fick de en avgörande betydelse för den snabba industrialisering som inleddes i Sverige under andra hälften av 1800-talet.

TEKNIKVETENSKAP

Begreppet vetenskaplig grund är inte okontroversiellt. Det finns de som hävdar att matematik och naturvetenskap, särskilt fysik, är de fundament på vilka all ingenjörsutbildning måste bygga, medan resten ”bara” skulle vara en fråga om praktisk tillämpning – och därmed kunna behandlas mer översiktligt. En sådan uppfattning har, om än i inlindad form, tidvis förts fram vid diskussioner om utbildningen vid tekniska högskolor.

Detta synsätt återspeglas i traditionen att inleda ingenjörsutbildning med omfattande fristående kurser i just matematik och fysik, ofta utan någon beröring med den tekniska värld där de blivande ingenjörerna kommer att verka. Det har inte sällan hänt att lärare i dessa ämnen varit helt obekanta med teknikvetenskaperna och ingenjörsvärlden.

Man kan rent av, som C.P. Snow – men med ett annat fokus – tala om två kulturer vid tekniska högskolor. Mellan den klassiska matematisk-naturvetenskapliga och den moderna teknikvetenskapliga kulturen finns grundläggande skillnader, till en del lika tydliga som mellan humaniora och naturvetenskaperna.

Vad menas då med grundläggande teknikvetenskaper? Är inte uttrycket en motsägelser i sig själv? Enklast är här att ge ett exempel: den vetenskap som behandlar olika tekniska systems egenskaper. Den är, liksom t.ex. den klassiska mekaniken, uppbyggd kring axiom, grundläggande satser. Med en gemensam, strikt definierad begreppsapparat beskrivs mekaniska, hydrauliska, pneumatiska eller elektromagnetiska systems egenskaper såsom styvhet, tröghet, dämpning, stabilitet och egenfrekvenser. Dessa relateras dels till egenskaper hos de ingående delarna, dels

till systemets konstruktiva uppbyggnad, dess arkitektur. Ämnesområdet som sådant har inget med traditionell naturvetenskap att göra. Det är en grundläggande, renodlad teknikvetenskap som står helt på egna ben.

Även om naturvetenskaplig forskning utnyttjar tekniska hjälpmedel är dess enda syfte att genom experiment och systematiska observationer förstå och beskriva naturen (i vid mening). Lagbundenheter som framträder ur observationsmaterialet kan till sist få status av "naturlagar". Allt mer förfinade observationer kan senare leda till att "naturlagarna" modifieras – medan naturen själv inte förändras utan förblir ständigt densamma.

Teknikvetenskapen är i stället inriktad på att förstå och beskriva egenskaper hos konstruerade tekniska system. Härmed kan man på ett systematiskt sätt också ändra systemen till att bättre uppfylla uppställda villkor. Arbetet kan bedrivas som systematisk provning ("trial and error", se nästa avsnitt) eller som teoretisk analys av uppställda modeller. Sådan analys är baserad på kända naturlagar och matematiskt stringenta operationer. Detta gör att naturvetenskap och teknikvetenskap ofta flyter samman i det allmänna språkbruket, såsom för det tekniska museet i London. Det har ju namnet Science Museum.

EN INGENJÖRSMETOD

Polhem har blivit känd inte bara för sin teknikpedagogiska grundsyn och för sina idéer om industriell massproduktion, till en del realiserade i det av honom startade bruket Stjernerund. Mycket har också skrivits om hans experimentanordning för systematisk undersökning av vattenhjuls effektivitet. Genom att stegvis ändra formen på vattenhjulets skovlar, och för varje sådan ändring mäta hur effekten ändrades (trial and error), kunde han söka sig fram till en lämplig skovelform. På samma sätt kunde han bestämma ett bästa värde på vattenströmmens riktning och vattenhjulets optimala varvtal.

Detta sätt att arbeta, med experiment och parametervariation,

är en effektiv ingenjörsmetod anpassad för att ringa in en optimal lösning på ett konstruktionsproblem genom systematisk utprovning. I sin bok *What Engineers Know and How They Know It* (1990) skriver Walter G. Vincenti insiktsfullt om detta arbetssätt.

Vincenti är själv en framstående flygplanskonstruktör, forskare och teknikhistoriker. Han påpekar att ingenjören utöver de rent tekniska variablerna alltid måste beakta ekonomiska och inte sällan estetiska aspekter. Sociala konsekvenser, inte alltid förutsägbara, kan också ofta ha betydelse. Ingenjörskapet är höggradigt flerdimensionellt.

Vincenti karakteriserar ingenjörskapet som en pågående "variation-selection process". Hela tiden prövas alternativa varianter på lösningar till det aktuella tekniska problemet.

Vincentis argumentation kritiserades, i en recension några år senare (VEST Tidskrift för vetenskapsstudier 7:3(1994), 103-107). Efter en tekniksociologisk betraktelse av ett av Vincentis avsnitt, som behandlar utprovning av flygplanspropellrar, drog recensenten slutsatsen att det inte finns "möjlighet att med direkt hänvisning till ett experiment, eller till teknikens 'faktiska' egenskaper, avgöra vilken av t ex två propellrar som fungerar bäst."

Det är möjligt att detta är ett vetenskapsteoretiskt intresseväckande påstående, men för en ingenjör som själv arbetar med att systematiskt jämföra två olika propellrar måste uttalandet uppfattas som ytterst egendomligt. Inlärd hjälplöshet har aldrig gagnat teknisk utveckling.

Exemplet illustrerar den oförstående, ibland avståndstagande, attityd till det praktiskt inriktade ingenjörskapet som tidvis marknadsförs, bl.a. i vetenskapsteoretiska studier. Det händer emellertid sällan att ingenjörerna anser sig behöva gå i svaromål. De har ofta angelägnare arbetsuppgifter.

INGENJÖREN MITT IBLAND OSS

Det går inte längre att känna igen en ingenjör på utseendet; han går inte längre omkring med en räknesticka. Han är dessutom inte sällan en hon.

Det är sällan ingenjörer skriver inträngande och insiktsfullt om ingenjörer. Walter Vincenti är ett intressant undantag. I romankonsten och filmkonsten möter man oftare karikatyler än analyserande porträtt. De flesta studierna av ingenjörer som yrkesmän och samhällsmedborgare är gjorda av personer med annan yrkesinriktning.

Kanske är det främst en pragmatisk attityd till arbetet som är det gemensamma draget i ingenjörers verksamhet. Medan forskare inom olika vetenskaper ibland, särskilt vid högtidliga tillfällen, säger sig söka Sanningen, har ingenjörer oftast mer konkreta mål: att få fram något användbart, något som kan realiseras utan för stora kostnader och helst utan negativa biverkningar på miljön eller på samhällsutvecklingen i stort. Märkvärdigare än så är det inte.

LITTERATUR

Eric Ashby, *Technology and the Academics*. Macmillan & Co, London 1959. (Appendix pp 111-113: "Letter from Dr. Lyon Playfair to The Rt. Hon. Lord Taunton").

Svante Beckman, "Bilder av ingenjören". *Polhem* 3:4a (1985), 205-220.

Boel Berner, *Teknikens värld: Teknisk förändring och ingenjörarbete i svensk industri*. Arkiv förlag, Lund 1981.

Boel Berner, "Experiment, teknikhistoria och ingenjörens födelse". *Dædalus Tekniska Museets Årsbok 1982*, 39-52.

Boel Berner, *Sakernas tillstånd: Kön, klass, teknisk expertis*. Carlssons Bokförlag, Stockholm 1996. (Kap. 1 och 3).

Robert Angus Buchanan, *The Engineers: A History of the Engineering Profession in Britain 1750-1914*. Jessica Kingsley Publishers. London 1989.

Mikael Hård, "Då ingenjörssrollen formades". Polhem 1:2 (1983), 26-32.

Michael Lindgren, "Den Kongliga Modellkammaren – en trädimensionell upplevelse". Polhem 10:4a (1992), 360-372.

Henry Petroski, *To Engineer is Human: The Role of Failure in Successful Design*. St. Martin's Press, New York 1985.

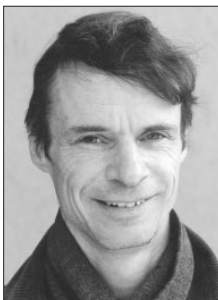
Nils Runeby, *Teknikerna, vetenskapen och kulturen: Ingenjörsoch undervisning och ingenjörorganisationer i 1870-talets Sverige*. Historiska institutionen, Uppsala universitet 1976.

Rolf Torstendahl, *Teknologins nytta: Motiveringar för det svenska tekniska utbildningsväsendets framväxt framförda av riksdagsmän och utbildningsadministratörer 1810-1870*. Historiska institutionen, Uppsala universitet 1975.

Walter G. Vincenti, *What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies from Aeronautical History*. Johns Hopkins University Press, Baltimore 1990.

Ingenjörer i takt med tiden?

AV ARNE KAIJSER



Den svenska ingenjörsutbildningen har ända från början formats i en dragkamp mellan olika grupper som var och en försökt hävda sina intressen, skriver civilingenjören och teknikhistorikern **Arne Kaijser**. Utifrån sina erfarenheter som teknolog i Lund och lärare vid KTH förespråkar han nya former för ingenjörsutbildningen, en större flexibilitet och fler "dubbelkompetenser".

Vad är en ingenjör? Det enklaste svaret är att ingenjör är en titel man får efter att ha genomgått en ingenjörsutbildning, och med vars hjälp man kan få vissa typer av arbeten. En intressant följdfråga är naturligtvis om utbildningen ger en bra grund för dessa arbeten. Det är denna fråga om förhållandet mellan utbildning och arbete som min uppsats handlar om. Min huvudtes är att (civil)ingenjörsutbildningen behöver förändras ganska radikalt, bland annat för att de arbeten som ingenjörer får idag är av mycket mer varierande slag än förr.

Jag börjar med att beskriva innehållet i min egen civilingenjörsutbildning, och relaterar sedan denna till de arbetsuppgifter som jag haft i några olika ingenjörsanställningar. Efterhand omskolade jag mig till teknikhistoriker, och i den andra delen av uppsatsen redogör jag för vilka faktorer som påverkat den svenska ingenjörsutbildningen över tiden. I den avslutande delen diskuterar jag hur utbildningen kan förändras för att bättre förbereda de blivande civilingenjörerna för deras framtida verksamhet.

FRÅN TEKNOLOG TILL TEKNIKHISTORIKER

Hösten 1968 började jag läsa teknisk fysik på Tekniska Högskolan i Lund. Det kändes väldigt spännande och utmanande att börja plugga på riktigt. Skillnaden mot gymnasiet var stor. Undervisningen bestod av föreläsningar, räkneövningar och laborationer, och veckoschemat var i stort sett fyllt från 8 till 5 varje dag. Föreläsningarna ägde rum i stora salar, ofta med uppåt 200 teknologer. Det var en undervisningssituation som inte direkt uppmuntrade till att ställa frågor till föreläsaren.

På räkneövningarna var vi i allmänhet ca 20 elever åt gången, ofta ledde av en teknolog i en högre årskurs som räknade tal på tavlan. Här var naturligtvis möjligheterna att ställa frågor större, men ett relativt högt tempo och ibland bristande pedagogik hos assistenten innebar begränsningar. Vi kompenserade bristerna i undervisningen genom att lära av varandra. Den viktigaste inläringen ägde ofta rum på rasterna eller efter lektionerna.

Både föreläsningar och räkneövningar gick till stor del ut på att lösa typtal eller tal från tidigare tentor i ämnet. Tentorna såg nästan likadana ut oberoende av ämne. De bestod i de allra flesta fall av mellan fem och sju tal, som alltid hade precis de uppgifter som behövdes för att lösa problemet. Det gällde att komma på vilken av de formler man lärt sig som skulle tillämpas, och att därefter lösa den ekvation som man ställde upp.

I en del ämnen bestod en stor del av undervisningen av laborationer, där vi arbetade i grupp med en assistent till hjälp. Inför varje laboration fick vi dels en bakgrund till det experiment vi skulle utföra, dels en detaljerad instruktion som gjorde att arbetet liknade matlagning efter recept. Labbrapporten skrev vi för det mesta med hjälp av en labbrapport som lånats av en "fadder" i en högre årskurs. Då kunde vi plankta texten men sätta in våra egna mätvärden och rita egna diagram.

Efter något år kändes det inte längre särskilt spännande och utmanande på teknis. Jag slog av lite på studietakten för att få mer tid för andra saker, och började dessutom läsa på universitetet vid sidan av. Först läste jag sociologi, vilket var en omvälvande upplevelse. Här var studenterna kritiska och ifrågasättande, och argumenterade ofta emot sina lärare. Skillnaderna mot teknis, där läraren alltid sågs som en auktoritet, var mycket stor. Sedan fortsatte jag med matte, vilket också blev en stor kontrast mot teknis. Universitetsmatematiken var till stor del inriktad på att ge en förståelse av begrepp och bevis, inte bara på att lösa typtal.

* * *

Efter fem år i Lund fick jag så ut min civilingenjörsexamen. Nu var jag en legitimerad ingenjör, även om jag knappast kände mig som en sådan.

Min första anställning var som utredare på Ingeniörsvetenskapsakademien i Stockholm. Arbetet bestod i att göra utredningar och översikter inom framtidsstudier, teknikvärdering och forskningspolitik. Senare har jag även arbetat i statliga myndig-

heter som handläggare av forsknings- och utvecklingsprojekt inom energiområdet, och som administratör av energibistånd till u-länder.

Alla dessa jobb har jag i första hand fått tack vare min civilingenjörsexamen, och mina närmaste kolleger har också varit civilingenjörer. Ändå tycker jag att det funnits en rätt stor diskrepans mellan arbetsuppgifternas karaktär och det jag fick lära mig på teknis. Att kunna uttrycka sig skriftligt och muntligt har varit mycket viktigt i alla uppgifter, men det fick jag ingen som helst övning i på teknis.

Det har också varit väsentligt att göra analyser av samspelet mellan teknik och samhälle – både hur ekonomiska, politiska och sociala faktorer påverkar förutsättningarna för att genomföra tekniska projekt, och vad ett genomförande kan få för samhällsliga följder. Inte heller här hade jag fått någon som helst skolning. Jag hade alltså egentligen behövt en betydligt bredare utbildning i bagaget.

Det jag främst har haft nytta av är dels en teknisk och naturvetenskaplig allmänbildning, dels ett visst mått av ingenjörsmässigt angreppssätt, t.ex. att göra överslagsberäkningar, försöka förstå systemsamband och göra enkla modeller av komplicerade skeenden. Däremot har jag inte alls utnyttjat mina specialkunskaper – jag har t.ex. aldrig behövt lösa en integral sedan jag slutade på teknis. Jag skulle nog ha haft större nytta av att läsa lite färre tekniska ämnen men på ett ”djupare” sätt; det är nämligen inte de tekniska kunskaperna i sig som jag främst haft nytta av utan snarare förmågan att sätta mig in i och analysera nya områden.

Under mina år på IVA kom jag fram till att arbetsuppgifterna egentligen krävde en betydligt bredare bakgrund än mina teknisstudier hade gett mig. Därför valde jag att vidareutbilda mig. Först läste jag ekonomisk historia, därefter började jag doktorera i ”teknik och social förändring” på den tvärvetenskapliga temainstitutionen i Linköping. Sedan början av 90-talet har jag

arbetat som forskare och lärare vid Avdelningen för teknik- och vetenskapshistoria på KTH.

När jag kom till KTH år 1991 slogs jag av hur lite som tycktes ha förändrats sedan jag själv var teknolog tjugo år tidigare, både när det gällde vilka ämnen man läste och det sätt på vilket undervisningen bedrevs och tentorna utformades. De tekniska högskolorna tycktes vara rätt tröga och svårföränderliga institutioner. Det här fick mig att intressera mig för den tekniska utbildningens historia, och frågor som varför vi har den ingenjörsutbildning som vi har i det här landet, hur formerna och innehållet vuxit fram och vilka grupper som främst har format utbildningen.

I det följande ger jag en översikt över ingenjörsutbildningens historia som i huvudsak bygger på andra historikers forskning.

1 DEN SVENSKA INGENJÖRSUTBILDNINGENS HISTORIA

Det är rätt uppenbart att ingenjörsutbildningarna mer än många andra utbildningar har formats av det omgivande samhället. Utvecklingen har sett mycket olika ut i olika länder beroende på skillnader i näringslivsstruktur och industrialiseringsförlopp. Man kan studera ingenjörsutbildningens utveckling i ett land som en kamp mellan olika grupper med skilda intressen. I Sverige är det i första hand fyra grupper som varit involverade i denna kamp.

En första grupp utgörs av avnämarna av de utexaminerade ingenjörerna: industrier, offentlig förvaltning, skolor och universitet etc. Avnämarnas primära intresse har varit att få användbara ingenjörer med lämpliga kunskaper, insikter och färdigheter. Inom denna grupp har det tidvis funnits starkt skiljaktiga åsikter om vad en ingenjör bör kunna.

En andra grupp består av lärarna vid de tekniska högskolorna. De har intresse av att utöka det egna ämnets undervisningsvolym för att trygga sin och sina medarbetares försörjning.

Också här har det funnits motstridiga viljor inte minst mellan lärare från grundläggande respektive tillämpade ämnen.

En tredje grupp utgörs av professionella intresseföreningar för ingenjörer, såsom Teknologföreningen, Ingeniörsvetenskapsakademien och på senare år Civilingenjörsförbundet. Dessa sammanslutningar har ett intresse av att höja ingenjörernas status i förhållande till andra yrkesgrupper.

En fjärde grupp består av teknologerna som har intresse av att få bästa möjliga förutsättningar för att göra en framgångsrik karriär. Teknologerna hade förr ett mycket begränsat direkt inflytande över utbildningens inriktning, men har haft ett betydande indirekt inflytande genom sina val av utbildningar och kurser.

Förändringarna i utbildningens innehåll och form kan alltså ses som ett resultat av en ständigt pågående dragkamp inom och mellan dessa aktörsgrupper där de relativa styrkeförhållandena varierat över tiden. Låt oss nu se hur ingenjörsutbildningen har vuxit fram i detta kraftfält.

* * *

De första skolor som kan betecknas som ingenjörsskolor etablerades under 1820- och 30-talen. Vid denna tid var jordbruket fortfarande den helt dominerande näringen i Sverige. Bergsbruket var den viktigaste industrigrenen med en lång tradition. I några av de större städerna inleddes en gradvis industrialisering, och mekaniska verkstäder, kemiska industrier och textilfabriker började etableras. Sverige var också en betydande militärmakt med en stor armé och flotta.

Tre typer av ingenjörsskolor etablerades kring år 1820. Nära Stockholm grundades Högre Artilleriläroverket på Marieberg (1818) som gav teknisk utbildning för militära behov, bl.a. väg- och vattenbyggnadskonst för fortifikationen. Falu bergsskola (1819) och bergsskolan i Filipstad (1830) inrättades för att tillgodose bergsbrukets växande behov av mer kvalificerad arbetskraft. I en del städer med industrier öppnades s.k. ”slöjds-

kolor” med undervisning i bl.a. maskinteknik och kemisk teknologi. Linköping (1824) var först och följdes snart av Norrköping (1825), Stockholm (1827), Göteborg (1829), Eskilstuna (1829) och Malmö (1831). De nya ingenjörsskolorna inrättades på avnämarnas initiativ och utformades för att tillgodose de växande behoven av tekniskt skolad arbetskraft inom viktiga sektorer.

Stora förändringar ägde rum inom ingenjörsutbildningen kring år 1870. Då skedde en snabb utbyggnad av en rad storskaliga tekniska system: järnvägar, telegrafer, kanaler, gasverk och VA-system. För att bygga och underhålla dessa infrasystem behövdes ingenjörer med en bredare och en mer teoretisk skolning än vad de befintliga skolorna kunde erbjuda. Detta bidrog till två viktiga förändringar i den svenska ingenjörsutbildningen vid denna tid. År 1869 överfördes såväl utbildningen i gruvteknik vid skolorna i Falun och Filipstad som utbildningen i väg- och vattenbyggnad vid Marieberg till Teknologiska Institutet i Stockholm. Sju år senare gavs denna skola högskolestatus och fick sitt nuvarande namn, Kungliga Tekniska Högskolan.

Ansvaret för att bygga ut infrasystemen i Sverige gavs till stor del åt nybildade offentliga verk som Statens Järnvägsstyrelse, Statens Telegrafstyrelse och kommunala vatten och avloppsverk. Många ingenjörer blev således ämbetsmän i offentliga hierarkier. Traditionellt besattes de högsta posterna i offentliga organisationer av jurister med en examen från något av de ”riktiga” universiteten. Ingenjörerna inom dessa offentliga verk började därför en långvarig kamp mot ”juristväldet” och för att höja ingenjörskårens status. De spelade en aktiv roll vid etableringen av Svenska Teknologföreningen år 1887. Föreningen blev en stark förespråkare för en mer teoretiskt inriktad ingenjörsutbildning, bland annat för att detta ansågs kunna höja statusen hos ingenjörerna som yrkesgrupp.

Teknologföreningens krav fick statsmakternas gehör. Utbildningen på KTH fick kring sekelskiftet gradvis en allt mer naturvetenskaplig och teoretisk inriktning. År 1906 tillsattes en

statlig utredning med uppgift att se över ingenjörsutbildningen, vilket ledde till att riksdagen sex år senare beslöt att kraftigt utöka och modernisera utbildningen vid KTH. I samband med riksdagsbehandlingen av detta förslag ifrågasattes ingenjörsutbildningens ökande betoning på naturvetenskap och teori framför allt av representanter för industrin. De ville ha en modernisering av annat slag.

Under de föregående decennierna hade en mycket snabb industrialisering ägt rum i Sverige. Många av dagens främsta företag inom mekanisk verkstadsindustri och elektroteknik etablerades under denna period. Ledande ingenjörer och företagsledare inom dessa industrier hade fått en del av sin utbildning i USA och var influerade av de nya idéer om "Scientific Management" som utvecklats av Frederick Taylor och andra. De var år 1910 drivande vid bildandet av Sveriges Industriförbund. Bland förbundets första aktiviteter var att kritisera läroplanen vid KTH för att vara alltför teoretisk och inriktad på naturvetenskap och teknik, och försumma ämnen som ekonomi och företagsledning.

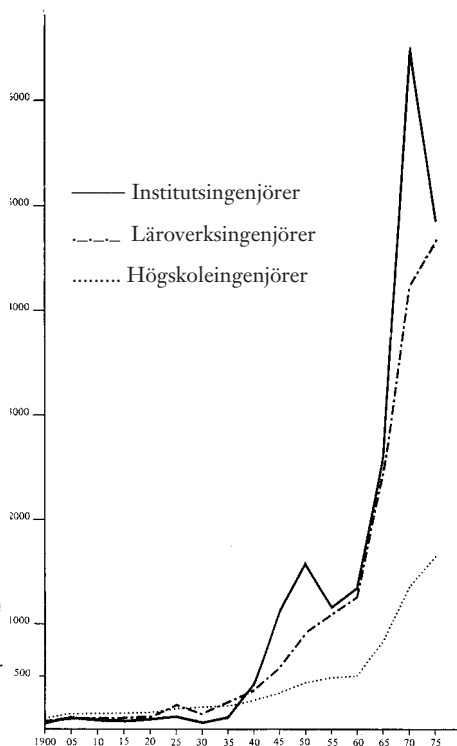
I samband med riksdagsdebatten om KTHs modernisering tog Industriförbundet initiativ till en petition som krävde en radikal förändring av högskolans inriktning. Den undertecknades av 103 ledande män inom industrin, med särskilda yttranden från ett antal f.d. elever vid KTH. Petitionen ledde till en animerad debatt, där den av utredningen föreslagna inriktningen mot naturvetenskap och teknik främst försvarades av KTHs lärare och av ingenjörer inom de offentliga verken för infrastystem.

Den intensiva diskussionen ebbede ut efter första världskrigets utbrott och återupptogs inte efter kriget. Orsaken låg delvis i att ledande industrirepresentanter fick en förändrad syn på vetenskapens roll i ingenjörsutbildningen. Företag som ASEA och LM Ericsson blev högteknologiska under mellankrigstiden. De utvecklade nya komponenter och system och behövde då ingenjörer med en solid teoretisk skolning. Tongivande industrimän ställde sig därför på KTH-lärarnas sida vad gällde inriktningen

på naturvetenskap och teori, och läroplanen förblev i stort sett oförändrad. Ett viktigt resultat av förkrigsdebatten blev dock den nya institutionen för "Industriell ekonomi och organisation", som inrättades på 1920-talet och blev något av en spjutspets för de tayloristiska idéerna i svensk industri.

KTH var givetvis inte den enda tekniska skolan i Sverige vid denna tid. Från 1800-talets mitt inrättades tekniska läroverk och senare också tekniska institut för ingenjörer på mellannivå. Fram till 1930-talet var ändå högskoleingenjörer den största ingenjörskategorin. Därefter har dock utbildningen av instituts- och läroverksingenjörer expanderat betydligt snabbare, vilket framgår av fig. 1. Vidare har fler tekniska högskolor tillkommit efterhand. År 1937 blev Chalmers formellt en högskola (vilket den i praktiken hade varit sedan sekelskiftet). På 1960- och 70-talen

Fig 1.
Årligen utexaminerade
högskole-, läroverks-
och institutsingenjörer
1896/1900 till 1971/75.
Femårsgenomsnitt.



inrättades nya tekniska högskolor i Lund, Linköping och Luleå.

* * *

Sedan 1920-talet har utbildningen vid de tekniska högskolorna successivt förändrats på två sätt: mot mer teori och mot ökad specialisering.

Trenden mot mer teori, växande inslag av grundläggande naturvetenskap och matematik, har präglat alla ingenjörsutbildningar. År 1932 inrättades dessutom en ny utbildningslinje för teknisk fysik med särskilt stark inriktning på sådana ämnen. Också införandet av en teknologie doktorsgrad år 1927 och en växande forsknings- och utvecklingsverksamhet vid högskolorna under efterkrigstiden har bidragit till den allt starkare betoningen av teori och vetenskap.

Bakom utvecklingen ligger först och främst ett starkt önskemål från viktiga avnämare. Inom svensk industri har företag inom vetenskapsbaserade teknikområden som elektroteknik, tele-teknik, flygplanstillverkning, kemiska processer och läkemedel vuxit i betydelse. Dessutom har mer sofistikerade produktionsprocesser införts i de mer traditionella industrierna. De professionella intresseföreningarna har också strävat efter att höja ingenjörernas status, varvid en vetenskaplig bas för ingenjörssyrket och en allt mer universitetsliknande karaktär hos de tekniska högskolorna varit betydelsefulla inslag.

Även krafter inom högskolorna har bidragit till denna trend. Företrädarna för de grundläggande ämnena har fått en växande status inom lärarkollegiet och har därmed haft ett stort inflytande över läroplanernas utformning. Högskolorna har också haft ett växande behov av att rekrytera utexaminerade ingenjörer till forskarutbildning och lärartjänster. En starkare betoning av teoretiska inslag har då gjort det lättare att få fram lämpliga kandidater. I viss mån har också teknologerna stött utvecklingen mot mer teori av arbetsekonomiska skäl: goda grundkunskaper i matematik underlättar inlärnigen av många andra naturvetenskapliga och tekniska ämnen. Men det har också funnits ett del-

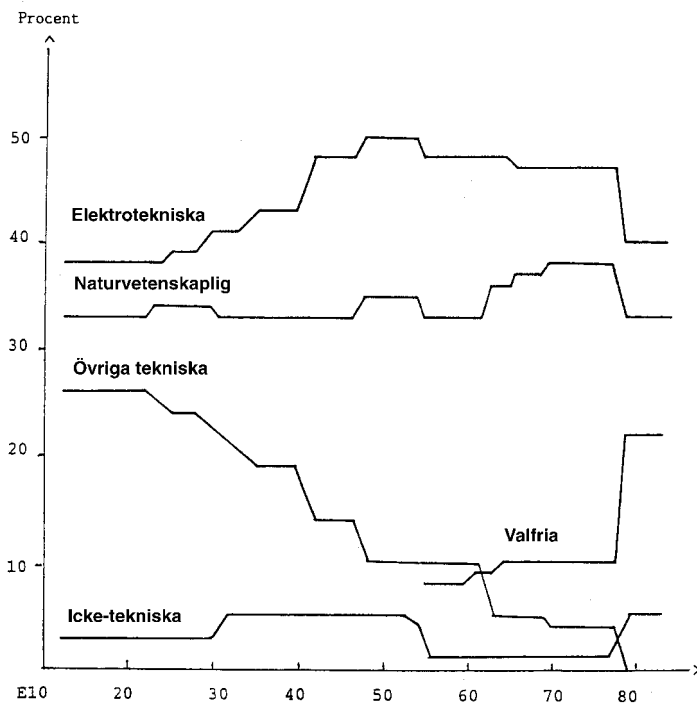


Fig 3. Ämnesgruppernas relativa andel av totala antalet terminsveckotimmar åk 1-4. EXX anger kursomfånget för en teknolog inskriven 19XX.

framgår att E-teknologerna i början av seklet utbildades till en slags tekniska generalister. "Övriga tekniska ämnen" utgjorde då mer än en fjärdedel av utbildningen. Efter hand har utbildningen blivit allt mer specialiserad mot elektroteknik. De valfria ämnen som anges i diagrammet är nämligen så gott som uteslutande elektrotekniska tillämpningsämnen. De valfria ämnena infördes i mitten av 50-talet i samband med att två studieinriktningar infördes – tele- respektive elkraftteknik. Andelen valfria ämnen utökades kraftigt i slutet av 70-talet då ytterligare fyra studieinriktningar infördes. De matematiskt-naturvetenskapliga ämnenas andel har som synes varit tämligen konstant.

Längst ner i diagrammet finns de "icke-tekniska ämnenas" andel i utbildningen, som har gått i vågor. Delvis som ett resultat av

den animerade debatten kring år 1910 om behoven av mer ekonomi och företagsledning infördes kurser i ämnena national-ekonomi, industriell ekonomi, rättskunskap och teknisk hygien. Industriell ekonomi fick ökat utrymme i schemat under 1930-talet när taylorismens förespråkare var som starkast. Vid mitten av 50-talet hade trenden vänt, och dessa kurser blev nedbantade.

Under 1980-talet ökade åter de "icke-tekniska ämnenas" andel av ingenjörsutbildningen. Renässansen berodde till stor del på ett förändrat samhällsklimat. Energidebatten och miljödebatten hade fört in tekniken mitt på den politiska arenan. Det tydligaste uttrycket för de nya strömningarna var rektorsvalet på Chalmers våren 1983. Professor Tor Kihlman utmanade den sittande rektorn Sven Olving med syfte att försöka få in fler humanistiska inslag i utbildningen. Valkampanjen fördes i hög grad i göteborgspressen, och Kihlman inledde med en artikel rubricerad "En duktig tekniker måste förstå sig på samhället". Olving svarade med en artikel med rubriken "Rektor är inte chefsideolog!". Utgången av striden blev att Olving vann och satt kvar, men Kihlman blev vald till vice rektor med särskilt ansvar för att införa mer humaniora.

Ett program för Människa-Teknik-Samhälle infördes därför på Chalmers år 1985, till vilket två dagar per år avsattes för alla teknologer. Några år senare följde KTH exemplet med ett Teknik-Människa-Samhälle-program med valfria kurser i bl.a. industriell ekonomi och organisation, teknikhistoria och språk. Numera måste varje KTH-examen innehålla 12 poäng från sådana kurser.

Om man ser till ingenjörsutbildningen i dess helhet, kan man konstatera att det pågår en ständig kamp om schemat mellan företrädare för olika ämnen på de tekniska högskolorna. De grundläggande ämnena har en stark ställning i denna kamp på grund av att de av tradition har en stor andel obligatoriska kurser. De tillämpade ämnena och de icke-tekniska ämnena är däremot till stor del konkurrenter om studenternas gunst. De måste försöka övertyga teknologerna om att just deras ämne är

en bra språngbräda för en spännande och lukrativ karriär, och de är sårbara för växlingar i studenternas preferenser. Studenterna har fått en starkare ställning i kampen om schemat, inte bara för att de fått en ökad representation i beslutande organ på olika nivåer, utan framförallt för att den ökande andelen valfria ämnen har gett dem en betydande ”konsumentmakt”.

Också intressenter utanför högskolorna deltar i kampen om schemat. Industrin och ingenjörorganisationerna är mest aktiva, medan statliga och kommunala myndigheter – som sammantagna utgör den största arbetsmarknaden för ingenjörer – spelar en tämligen passiv roll. I synnerhet de stora exportföretagen är mycket väl representerade i planerings- och beslutsorgan inom högskolorna, medan små högteknologiska företag, som kan komma att bli viktiga framtida avnämare av ingenjörer, har betydligt mindre inflytande.

Den tröghet och svårföränderlighet i ingenjörsutbildningen, som jag talade om tidigare i denna uppsats, kan i någon mån förklaras av den sega och ihållande kampen om schemat. De många motstridiga intressena blockerar ofta varandra, vilket gör det väldigt svårt att stryka etablerade kurser. Det är betydligt lättare att lägga till nya. Detta är en förklaring till att utbildningens längd förlängts från fyra till fyra och ett halvt år. Det ständiga trycket på schemat gör det också svårt att genomföra några större förändringar i utbildningens former och att integrera olika ämnen med varandra. Utbildningens karaktär av korvstoppling tenderar därmed att konserveras.

INGENJÖRSUTBILDNING I TAKT MED TIDEN?

Min slutsats av egna erfarenheter och av historiska studier är att ingenjörsutbildningen kommit ur takt med tiden. Den har en rad allvarliga problem. Ett har att göra med utbildningens auktoritära karaktär. Studenterna uppmuntras inte till ett kritiskt ifrågasättande. Undervisningen bygger på plikt och disciplin snarare än på lust och nyfikenhet. Den som vill klara tentan – det övergripande målet i varje kurs – gör klokest i att lära sig precis det

som läraren rekommenderar, varken mer eller mindre. En indirekt konsekvens av den auktoritära formen är att teknologerna får en falsk föreställning om att de flesta problem de kommer att ställas inför i sitt framtida arbetsliv har en exakt lösning; att det bara handlar om att komma på vilken ekvation som ska tillämpas. Men verkligheten är sällan så idealiserad som tentaproblemen ger sken av. Ofta finns en rad icke-tekniska faktorer som komplicerar bilden.

Ett annat problem har att göra med den starka betoningen på färdigheter i matematiska beräkningar och datoranvändning, medan träningen i skriftlig och muntlig kommunikation ofta är närmast obefintlig. Denna mycket allvarliga brist kan skapa betydande handikapp i den framtida yrkesverksamheten. I de flesta andra universitetsutbildningar läggs en mycket större betoning på övning i att diskutera och argumentera samt i att strukturera och formulera sina tankegångar i skrift. Ett näraliggande problem är den starka betoningen på individuell inläring och examination på de tekniska högskolorna. I arbetslivet sker allt mer arbete i projektform, och det är då viktigt att ha en god förmåga att samarbeta med andra och att kommunicera väl inom en grupp.

Jag anser att det behövs rätt genomgripande förändringar av formerna för undervisningen. I de grundläggande matematisk-naturvetenskapliga ämnena bör det ges mer tid till eftertanke och en strävan efter en djupare förståelse snarare än en förmåga att lösa typtal. Hellre djupare insikter inom lite färre områden än ytliga kunskaper på många områden – det tror jag ger bättre förutsättningar för framtida lärande på egen hand. Studenterna bör vidare få större ansvar för sin egen inläring, och inläringen bör inom de mer tillämpade ämnena i högre grad vara inriktad på problembaserade grupparbeten än på individuella tentor. Projektarbeten bör helst vara baserade på riktiga exempel från ”verkligheten”, så att teknologerna får en insikt i att ”icke-tekniska” faktorer ofta spelar en avgörande roll för vilka lösningar som är möjliga att genomföra.

Det behövs också en större flexibilitet vad gäller innehållet i utbildningen. Arbetsmarknaden för civilingenjörer förändras hela tiden. Det är färre som får "klassiska" ingenjörsarbeten inom industrin. En undersökning vid Massachusetts Institute of Technology visade nyligen att hela 80 procent av de examinerade ingenjörerna sökte sig till yrken som inte var av traditionell ingenjörstyp.

Jag vill plädера för att fler teknologer bör skaffa sig en dubbelkompetens, d.v.s. komplettera sina tekniska kunskaper med kunskaper inom ett annat område. Kombinationer av teknik och ekonomi, teknik och medicin samt teknik och miljö finns redan på vissa håll, och kan säkert både utvecklas och öka i omfattning.

Att kombinera teknik och språk/kultur är också en intressant möjlighet. Studenten skulle då specialisera sig på t.ex. ryska och studera inte bara det ryska språket utan också rysk historia, kultur, ekonomi, lagstiftning, politisk struktur etc. Självfallet skulle han eller hon också uppmuntras att göra sitt examensarbete vid ett universitet i Ryssland.

Utifrån min egen yrkeserfarenhet som utredare och handläggare på IVA och i statlig förvaltning vill jag också plädера för behovet av dubbelkompetens inom teknik och samhälle. Vid sidan av de ordinarie teknikstudierna skulle studenten då läsa en del samhällsvetenskapliga kurser och framförallt göra större projektarbeten t.ex. om politiska beslutsprocesser kring stora tekniska projekt, eller om effekterna av tekniska förändringar av olika slag.

En satsning på dubbelkompetensutbildningar förutsätter en ökad samverkan mellan tekniska högskolor och andra universitet och högskolor, och det gäller att finna smidiga former för detta. Jag tror också att det vore mycket värdefullt om en del projektarbeten kan genomföras av studenter med olika grundkompetens, t.ex. om studenter med teknisk respektive medicinsk grundkompetens samarbetar i projekt kring medicinsk teknik.

Ovan har jag angett några konkreta exempel på förändringar, men det allra viktigaste är att försöka initiera en föränd-

ringsprocess som involverar många studenter, lärare och avnäm-
mare. Längre har nästan alla ingenjörsutbildningar stöpts i en
mycket likartad form. Det är nu hög tid att åstadkomma en stör-
re mångfald och pröva olika pedagogiska former och nya kom-
binationer av kunskapsområden. Målet bör vara att framtida tek-
nologer ska tycka att det är spännande och utmanande inte bara
när de börjar sin utbildning utan också när de är mitt uppe i den.
De måste också få kompetensen för och lusten till ett livslångt
lärande, vilket är ett villkor för att vara och förbli en ingenjör i
takt med tiden.

LITTERATUR

Torsten Althin, KTH 1912-62, Stockholm 1970

Boel Berner, Teknikens värld. Teknisk förändring och ingenjörsarbete i
svensk industri, Lund 1981

Boel Berner, Sakernas tillstånd. Kön, klass, teknisk expertis,
Stockholm 1996

Henrik Björck, Teknikens art och teknikernas grad. Föreställningar om
teknik, vetenskap och kultur speglade i debatterna kring en teknisk
doktorsgrad, 1900-1927, Uppsala 1992.

Elisabeth Ferm, Elektroteknisk utbildning under 100 år, Examensarbete
vid Avdelningen för teknik och vetenskapshistoria, KTH (TRITA-HOT
89/2020)

Svante Lindqvist, En sliten och alldeles för trång bonjour? Den histo-
riska bakgrunden till KTHs organisatoriska struktur, Bilaga 1 till KTHs
organisationsutredning 1994.

Svante Lindeqvist (red.), En pizza technologica och en sexa humaniora.
Pressdebatten kring rektorsvalet på Chalmers 1983, (TRITA-HOT
85/2014)

Bosse Sundin, Ingenjörsvetenskapens tidevarv, Umeå 1981

Fig 1. Årligen utexaminerade högskole-, läroverks- och institutingen-
jörer 1896/1900 till 1971/75. Femårsgenomsnitt. (Från Berner 1981)

Figur 2. Professurer vid KTHs E-sektion under 1900-talet (Från Ferm
1989)

Figur 3. Ämnesgruppernas relativa andel av totala antalet termins-
veckotimmar på KTHs E-sektion. EXX anger kursomfånget för en
teknolog inskriven 19XX. (Från Ferm 1989)

Ingenjören idag och imorgon

AV STIG OTTOSSON



Livslängden på nya produkter – inte bara inom IT, utan även inom andra områden – sjunker ständigt. Då måste också tiden för produktutvecklingen minskas, utan att kvaliteten försämras. De krav detta ställer på framtidens ingenjörer och deras utbildning beskrivs här med konkreta exempel och förslag av **Stig Ottosson**. Han är teknisk dr i fysik samt civilekonom, har varit verksam

inom industrin och är biträdande professor i produktutveckling vid högskolan i Halmstad.

En person som är ingenjör förväntas i allmänhet att ha en teknisk förståelse och att kunna analysera och lösa problem av teknisk art eller med teknisk koppling. En ingenjör förväntas också ha praktiskt användbara matematiska och naturvetenskapliga kunskaper.

Medan de första ingenjörerna konstruerade och skötte krigsmaskiner, så har dagens ingenjörer alltmer kommit att tjäna mänskligheten med att utforma sina konstruktioner och att marknadsföra, sälja, sköta, och underhålla dem. Utvecklingen över århundradena har således i en ökande takt gått från ett mekanistiskt till ett alltmer humanistiskt tänkande. Produktutvecklingen har i allt högre grad fått till syfte att tjäna oss människor och förbättra vår livskvalitet. Det är ur detta nya perspektiv som utbildningen av framtidens ingenjörer måste ses.

Samtidigt som ingenjörens roll har ändrats över tiden, så har strukturkapitalet fått en ökande konkurrens av humankapitalet. Detta betyder bl.a. att rykande skorstenar inte längre är liktydigt med framsteg och välstånd i den utvecklade världen. I icke-marknadsekonomier är dock fortfarande strukturkapitalets tänkande dominerande, även om öppningar sker mot nytt tänkande även där vilket ger nya marknadsmöjligheter för svenska företag (Ottosson 1997). Ny humanistisk ingenjörsteknik med kretsloppstänkande och energisnålhet har således blivit en exportvara.

ALLT KORTARE PRODUKTLIVSLÄNGDER

Idag är den kommersiella livslängden för vissa produkter inom t.ex. informationsteknologi (IT) inte längre än sex månader. Medan produktutvecklarna under ångmaskinens tidevarv enbart arbetade med mekanisk konstruktion, så krävs av produkt- och processutvecklarna liksom deras chefer idag ofta att de har goda kunskaper både om mekaniska konstruktioner, elektroniska konstruktioner, kraftsystem, datorteknik, mikrodator teknik, ergonomi och miljöteknik. Samtidigt måste teknikerna ha en mängd icke-tekniska kunskaper och god inlevelseförmåga för att kun-

na sätta sig in i användarnas situation. Ju mera allmänt accepterat det blir att det är användarna och produkternas användning som är det väsentliga i all produktutveckling och inte kunden, den som betalar eller attesterar fakturorna, desto viktigare blir begreppet empatisk design (Ottosson 1998).

Livscykeltiden för konkurrerande produkter är strikt marknadsstyrd. De konkurrerande företagen, som i ökande grad finns på en global marknad, kan enbart påverka livscykeltiden genom att sänka den ännu mera och därmed öka trycket på sina konkurrenter. Samtidigt skapar man då också egna marknadsfördelar eftersom den som är först ut på marknaden med nyheter får många marknadsfördelar. Man har till exempel större möjligheter att etablera en ny prisnivå och att få ett större marknadsintresse. Alla aktörer på marknaden påverkar den totala situationen för den bransch de verkar i, med spridningseffekter till andra branscher om teknikutvecklingen där är långsammare än i den egna branschen. För att vara konkurrenskraftigt måste varje företag ständigt söka minska sin egen produktutvecklingstid utan att tappa i kreativitet, kvalitet och användbarhet.

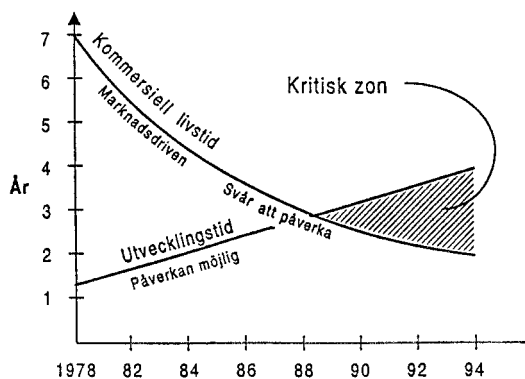


Fig. 1 Den kommersiella livslängdens utveckling för en elektronikprodukt jämförd med produktutvecklingstidens utveckling om samma utvecklingsverktyg och metoder hade använts. Kurvorna bygger på verkliga mätningar under tiden 1978 – 1990 (Eversheim 1990) samt extrapoleringar från denna tid-

punkt (Ottosson 1998)

Figur 1 visar ett exempel på hur snabbt livslängden har sjunkit för jämförbara elektronikprodukter under en längre period. 1978 var den kommersiella livslängden för en nyintroducerad sådan produkt cirka sju år. 1994 skulle den uppskattade produktlivscykeln ha varit bara cirka två år om samma utvecklingsverktyg och utvecklingsstrategier hade använts. Utvecklingstiden skulle samtidigt ha stigit från cirka ett till cirka tre år eftersom teknikinnehållet och kraven på produkterna ökat. Utan nya arbetsätt och nya utvecklingsverktyg hade branschen som helhet fått en allt besvärligare situation, när utvecklingstiden gick mot att bli dubbelt så lång som produkternas kommersiella livslängd.

En viktig effekt av de allt kortare livslängderna, den alltmera avancerade teknikanvändningen och de ökande kraven på produkterna är att företag i den kritiska zonen markerad i figur 1 tvingas utveckla produkter för vilka man inte vet hur flera generationers företrädare har mottagits av marknaden.

Komplexiteten i nya produkter kommer att fortsätta att öka, liksom behovet av tvärteknologiskt tänkande. Produktutvecklingstiden kommer därmed att fortsätta att öka om man inte kan finna andra sätt att organisera och utföra produktutvecklingen. Projektbaserad verksamhet med integrerade team organiserade i "planetorganisationer" (projektledaren i centrum med medarbetarna runt omkring sig i direktkontakt med varandra) samt öppna lokaler är exempel på hastighetsökande åtgärder (Ottosson 1997-B). Genom strategier för "dynamisk produktutveckling" (Dynamic Product Development – DPD) och genom att utnyttja t.ex. Virtual Reality (VR) ökas takten ytterligare (Ottosson 1998). I informationsbruset kommer även kraven att öka på unika lösningar som kan skyddas med patent, mönsterskydd och varumärken. Man måste se till att de funktionella värdena maximeras tillsammans med sensuella värden/perceptionsvärden som form, ytbeskaffenhet, färg, lukt, och ljud och metavärden som varumärke, förtroende och image. (Ottosson 1998).

Produktlivscykeltiden varierar för olika produkter och beror på om de är av typen låg-, medium- eller högteknologiprodukter. Insatsen av industriell forskning och utveckling (FoU) varierar också med produktlivslängden, så att företag som utvecklar produkter med kort livslängd lägger större del av sin fakturerade omsättning på FoU än vad som är vanligt för produkter med längre livslängd. Figur 2 visar några typiska värden på FoU-insatser i förhållande till livslängden för några branscher. Stora individuella skillnader förekommer dock på företagsnivå t.ex. när ett litet och aggressivt företag försöker att ta sig in på en marknad med långa produktlivscykler.

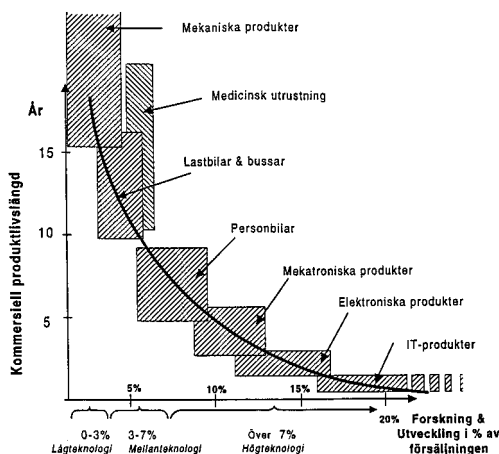


Fig. 2 FoU i % av totala omsättningen i förhållande till den kommersiella produktivslängden för några branscher (Ottosson 1998-B)

NYA KRAV PÅ FRAMTIDENS INGENJÖRER

Kraven på framtidens högskoleutbildade ingenjörer kommer att skilja sig från kraven på gårdagens ingenjörer. Detta beror på ökande medvetenhet, ökande global konkurrens, snabb kunskapsuppbyggnad, IT och den allt hetsigare utvecklingstakten. De framtida ingenjörerna måste därför i en helt annan omfatt-

ning än nu själva kunna formulera sina problem. De måste också snabbt och effektivt kunna söka den kunskap som behövs för att lösa problemen. För att lyckas krävs utöver en grundläggande teknisk/naturvetenskaplig kunskap en social kompetens, kreativitet, en god förmåga att kommunicera med andra, vana att aktivt använda datorer och IT, samt ett flexibelt och dynamiskt tänkande.

Framtidens ingenjörer i branscher med snabb teknikutveckling kommer att byta arbetsplats många gånger i sitt liv. Samarbete med andra yrkeskategorier och individer från andra kulturer kommer att bli allt vanligare. Detta kommer att kräva bredare kunskaper än vad forna tiders ingenjörer behövde. Inte minst för den egna "överlevnaden" kommer behovet av ordentliga kunskaper i innovationsteknik, produktutveckling, projektledning och immaterialrätt att bli allt starkare för varje högskoleutbildad ingenjör oberoende av utbildningsprogram. Kunskaper om småföretagandets villkor blir också allt viktigare, då större organisationer för maximal snabbhet och effektivitet kommer behöva att klyvas i mindre och autonoma enheter (se t.ex. Hogsved 1997 och Goshal & Bartlett 1998).

Då komplexiteten ökar och allt fler konflikter uppstår mellan t.ex. samhällskrav, miljökrav, etiska krav, användarkrav och företagsekonomiska krav kommer behovet av divergerande problemlösning att öka (d.v.s. att varje problem inte har en enda lösning utan många lösningar att välja mellan). Dagens högskoleutbildade ingenjörer saknar i stort sett utbildning och träning i divergerande problemlösning. Konvergerande problemlösning passar för datorer och kräver allt mindre teoretiska kunskaper, medan divergerande problemlösning inte kan utföras av datorer. Behovet av ingenjörer med utbildning och kunskaper i projektledning och teknikstyrning ökar därför.

Empati – förmågan att sätta sig in i och förstå andra människors situation och föreställningar – kommer att bli allt viktigare för ingenjörens framgång. Centrala inslag i kunskapsmassan för framtida ingenjörer måste vara ergonomi, människa-maskin,

miljöteknik, industriell design och kvalitetsteknik. I dagens ingenjörsutbildning ingår i allmänhet inte sådana kunskaper i det obligatoriska kursutbudet.

Återanvändbarhet och påbyggbarhet blir allt viktigare i framtiden för att spara tid och resurser i produkt- och processutvecklingen. Detta kräver goda produktbeskrivningar samt ordentliga ritningar och flödesscheman för varje produkt och process. Inte minst krävs det att programutvecklarna har som vana att rita flödesscheman innan de startar sin kodning. Alltför ofta utförs idag programmering utan ordentliga "ritningar" (s.k. "spagetti-programmering"), vilket är förödande ur många synvinklar och knappast ingenjörsmässigt.

Ju mera programvarustyrdd vår vardag blir, desto viktigare blir också att programmen är väl dokumenterade både i bild och text. Generellt sett finns stora brister i arbetsmetodiken hos unga civilingenjörer och högskoleingenjörer oberoende av utbildningsprogram. Man har helt enkelt inte lärt sig abstrakt och konceptuell problemlösning och startar ofta på detaljnivå utan att ha helheten klar för sig. Just i det tidiga skedet av produkt- och processutveckling har datorn visat ha en negativ inverkan i detta avseende. Med kedjan PAD (Pencil Aided Design), MAD (Model Aided Design) och CAD (Computer Aided Design) kommer man ofta runt problemet (Ottosson 1998-C).

Kretsloppstänkande och energibesparing blir allt viktigare ur kommersiell synvinkel för industrin. Få ingenjörer har utbildning i dessa viktiga ämnen. Den svenska industrins elenergipriser är idag ungefär hälften av vad tyska och österrikiska företag får betala. Det lär dock inte dröja länge innan vi tvingas att ha likvärdig prissättning i Sverige som övriga EU-länder, med svåröverskådliga effekter för industrin och sysselsättningen.

HÖGSKOLANS ROLL

Dagens ingenjörsutbildning utgår från att de som skall utbildas är manliga studerande som kommer direkt från gymnasiet. Till

högskolorna kommer dock nu allt fler äldre studerande och kvinnliga studenter. Utbildningen får dessutom, med de kortare produktlivslängderna och den allt snabbare kunskapsgenereringen, i ökande grad karaktären av "färskvara". Detta gör att kraven på återkommande uppfräschningsutbildning ökar.

Av historiska skäl utgår pedagogiken från utbildningen av manliga studenter. Det innebär bl.a. att man utgår från en abstrakt värld innan man kommer till en konkret verklighet. Erfarenheten visar att äldre studerande och kvinnor föredrar det motsatta: att börja med den konkreta verkligheten för att ur denna nå en alltmer abstrakt förståelse. Utbildningsmetodiken måste ändras så att man utgår från äldre studerandes krav, vilket även gör utbildningen bättre för yngre studerande.

Av historiska skäl har utbildningsprogrammen också blivit starkt fackinriktade. Behovet av renodlade maskintekniker, elektrotekniker och datortekniker kommer dock att minska till förmån för tekniker som kan blanda alla dessa och andra fackinriktningar. Kanske skulle utbildningarna av M-, E- och D-ingenjörer bytas ut mot Mekatronikingenjörer som har specialiserat sig på något område. Industrin kommer att behöva tvärvetenskapliga ingenjörer och behovet av utvecklingsingenjörer, ergonomiingenjörer, merkantilingenjörer, designingenjörer, patentingenjörer etc. kommer att öka. Behovet av varierande teknisk/naturvetenskaplig grundutbildning kommer att bli alltmera uttalat – tväremot de tankar som framförts om ett gemensamt första år för alla teknologer.

Den ökande globala konkurrensen kräver ett ökande mått av entreprenörskap som i sin tur kräver decentraliserade och mindre enheter nära marknaden. Dagens storföretagsfokus i utbildningarna av ingenjörer (och ekonomer) måste blandas upp med ett allt starkare småföretagsfokus ju längre utvecklingen går.

Vid produkt-, process- och företagsutveckling måste ett samspel ske mellan divergerande och konvergerande problemlösning. Övning via "skarpa" industriprojekt bör komma in i de flesta

högre ingenjörutbildningarna. Man måste också genomföra övningar med kreativa metoder. Vidare borde ingen högskoleutbildad ingenjör få lämna högskolan utan grundläggande kunskaper i innovationsteknik, produktutveckling, immaterialrätt, miljöteknik, kvalitetsteknik, ergonomi, industriell design, företagsekonomi och marknadsföring. (Med grundläggande avses kurser om 2 – 3 poäng. Det är allmänt sett mycket viktigt inom ingenjörutbildningen att slå vakt om de kurser som är mindre än 5 poäng).

Tid till viktiga nya utbildningsmoment kan i allmänhet tas från matematikutbildningen, som i de flesta ingenjörutbildningar torde ha fått en för stor plats med dagens datorbaserade hjälpmedel. Matematikutbildningen bör också differentieras efter teknologernas inriktning. Tekniska fysiker måste naturligtvis ha en stor mängd matematik i sin utbildning, medan t.ex. en I-ingenjör inte torde behöva mer än 15 poäng för att klara sina tilltänkta arbetsuppgifter på ett kvalificerat sätt.

En ingenjör som inte kan kommunicera väl med sin omgivning får inte gehör för sitt arbete. Övning i rapportskrivning, presentationsteknik och muntlig kommunikation under utbildningstiden är därför synnerligen viktigt. Några av de muntliga redovisningarna bör ske på engelska som en förberedelse för ingenjörernas kommande industriella verklighet. I beskrivande ämnen bör muntliga tentamina utnyttjas både för att förstärka kunskapen och för att öva kommunikationsförmågan. Däremot är det mycket tveksamt om man skall ha en obligatorisk språkutbildning i ingenjörutbildningarna på högskolenivå.

Ingen ingenjör kommer i framtiden att vara befriad från terminalarbete vid dator. Att skriva med pekfingrarna är oekonomisk användning av tiden och koncentrationsförmågan. Högskolan måste se till att teknologerna kan "maskinskrivning" via icke-poänggrundande övningar. Teknologerna måste också veta hur man skriver korta och koncisa rapporter eftersom tid är och blir en bristvara. Långa och "flummiga" rapporter finns helt enkelt inte utrymme för i industrin! Kvalitet blir viktigare än kvantitet

ur denna och andra synvinklar.

Föreläsningar som utbildningsform kan ifrågasättas om antalet studenter är fler än 50, eftersom tvåvägskommunikation därmed blir svår att genomföra. Nya IT-hjälpmedel bör utnyttjas allt mer, vilket kan minska den traditionella utbildningens omfattning. I matematiskt baserade ämnen och tekniska tillämpningsområden bör datorbaserad utbildning komma in i utbildningen mycket mer än idag. I beskrivande ämnen måste lärarkåren hela tiden uppdatera sin litteratur och sina exempel.

Den högre ingenjörsutbildningen förutsätter att alla studerande har gymnasiekompetens. Kunskaper förvärvade genom arbete och icke akademiska kurser har lågt värde för tillträde till den akademiska världen. Här krävs en annan syn i framtiden, så att brister i gymnasieutbildningen kan kompenseras med andra kunskaper och erfarenheter. En 40-årig institutsingenjör som arbetat som konstruktör i halva sitt liv borde t.ex. ha förutsättningar att bli en minst lika bra civilingenjör som en nybakad student, utan att först behöva gå vägen via Komvux eller tekniska basår.

Industrin kommer att kräva allt flera forskarutbildade medarbetare. Idag talas det enbart om vikten av att avlägga doktorsexamen före 30-årsdagen. I industrin arbetar man alltmera i projektform samtidigt som doktorsarbetet är strikt individualiserat. Istället för att fokusera på att få fram unga teknologie doktorer borde man istället kräva att alla tekniska doktorander har minst ett års industrierfarenhet innan de antas till doktorsutbildningen. De som inte har industriell erfarenhet efter civilingenjörsexamen kan få filosofie lic- eller doktorsexamen.

Civilingenjörer med många års industriell erfarenhet ses inom det akademiska systemet sällan som potentiella doktorander. För att industrianställda civilingenjörer och andra skall kunna doktorera måste de läsa alla doktorandkurser på samma sätt som "vanliga" doktorander. De skall helst också befinna sig på institutionen på heltid, vilket är oförenligt med deras anställningar.

Livserfarna industridoktorander borde i stället kunna räkna sig sin erfarenhet och kunskap till godo med kanske 40 av de 50 poäng som normalt krävs för teknisk doktorsexamen.

Begreppet ”industridoktorand” kräver i övrigt ett organisatoriskt nytänkande. Industridoktorander kan – rätt skött – bli en stor tillgång för svenskt samhälle och svenskt näringsliv. En viktig förutsättning är dock att de höga murarna mellan universitet och näringsliv rivs. Det borde också vara naturligt att forskare och kvalificerade företagsrepresentanter då och då byter platser.

UTVECKLINGINGENJÖRSPROGRAMMET I HALMSTAD

Det treåriga högskoleingenjörsprogrammet vid Högskolan i Halmstad bygger i stor utsträckning på ovan redovisade principer. Grundtanken är att teknologerna skall få baskunskaper i många områden, varefter de i tre stora projekt bygger kunskapsbroar mellan grundkunskaperna genom att själva söka upp den kunskap som behövs för att klara av projektarbetena. Samtidigt tränas de i teamarbete och projektledning.

Utbildningen är inriktad på maskinteknik och elektroteknik, med specialkunskaper i produktutveckling (dynamisk produktutveckling, ekodesign, prototypstillverkning, människa-maskin, kvalitetsteknik, re-engineeringprojekt och nyproduktutvecklingsprojekt) och innovation (innovationsteknik, marknadsföring, immaterialrätt, projektledning, innovationsprojekt och kommunikation). Högskolans utvecklingsingenjörer har visat sig framgångsrika både när det gäller priser för examensarbeten, sökta patent och startandet av egna företag.

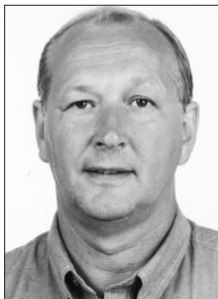
LITTERATUR

- Hogsved, Bert-Inge (1997): Klyv Företagen!, Ekerlinds Förlag, Falun
- Eversheim, W. (1990): Trends and Experiences in Applying Simultaneous Engineering in Germany, 1st International Conference on Simultaneous Engineering, London, December

- Goshal, Sumantra och Barlett, Christopher A (1998): The Individualized Corporation, Heinemann, London
- Ottosson, Stig (1997): Technology Transfer to Former Non-market Economies, International Conference on Management of Technology, Göteborg, Juni
- Ottosson, Stig (1997-B): Innovation och Företagsförnyelse, Tervix AB (Ljunghögsvägen 19, 44831 Floda)
- Ottosson, Stig (1998): Dynamisk Produktutveckling, Tervix AB (Ljunghögsvägen 19, 44831 Floda)
- Ottosson, Stig (1998-B): Technovation, Vol 18 No 4, pp 235-244
- Ottosson, Stig (1998-C): Qualified Product Concept Design, Journal of Engineering Design, Vol 9 No 2, pp 107-119

Ingenjörerna och det intellektuella kapitalet

AV LEIF LARSSON



Ingenjörer misslyckas sällan i sitt arbete på grund av bristande kunskaper i matematik eller hållfasthetslära. Däremot kan de misslyckas på grund av att de inte kan anpassa sig till en grupp eller fungera som ledare. En bra ingenjör måste kunna kommunicera och vara kreativ, och även vara ödmjuk, menar **Leif Larsson**, adjungerad professor vid institutionen för konstruktions- och

produktionsteknik i Linköping. Han ger personliga erfarenheter från sina tidigare arbetsplatser Volvo Aero och Saab, där han bland annat deltog i JAS-projektet.

"Att bli ingenjör och skaffa en grön lodenrock"! Så löd ett av mina fem mål, när jag som artonåring försökte ta tag i livet. Jag växte upp på landet i en liten fiskeby som heter Botten och ligger i södra delen av Vänern. Livet var ganska hårt för mig som barn. Mor dog när jag var liten. När jag var fjorton år flyttade jag hemifrån och försökte klara av livet på egen hand.

Nu fanns på hembygden en ung man som hette Silas. Han var ungefär tio år äldre än jag och var inte bara ingenjör utan dessutom civilingenjör. Han uppträdde med stor auktoritet och såg i mina ögon ut att behärska varje situation. Han hade dessutom en grön lodenrock.

När jag var arton år skrev jag ner mina fem livsmål på en liten papperslapp. Ett av dem var att jag skulle utbilda mig till ingenjör. Det blev hos Statens skola för vuxna i Norrköping, där det tog sammanlagt fem år att bli gymnasieingenjör. Undervisningen var lite speciell. Man fick läsa fem veckor vid skolan följt av hemmastudier på ungefär sju månader. Det innebar att jag kunde ha ett vanligt arbete för att klara livsuppehållet. Det var mycket slitsamt, men det gick!

Vad fanns det då för drivkraft bakom mina stora ansträngningar till att bli en ingenjör? Jag ville visa mig själv och världen att jag fanns till och att jag dög som människa. I mina ögon var en ingenjör en person med fullständig kontroll i varje situation. Det var alltså inte ett brinnande teknikintresse som förde in mig på denna yrkesbana.

Med tjänstledighet från Volvo Aero blev jag sedan civilingenjör vid Chalmers. Som industridoktorand tog jag dessutom examen som teknologie doktor, också vid Chalmers.

Under sammanlagt femton år har jag haft ledande befattningar vid Volvo Aero Corporation och Saab AB. Den mesta tiden har jag lett utvecklingsavdelningar med upp till 350 ingenjörer. Det har gett mig en bra förståelse för vad en ingenjör kan åstadkomma när det gäller att utveckla komplexa produkter. Både flygmotorer och JAS 39 GRIPEN är produkter som har en stark

påverkan på den tekniska utvecklingen i stort i Sverige.

Med erfarenheter från mitt eget ingenjörarbete och från tiden som ledare för produktutveckling av flygmotorer och flygplan ska jag försöka ge min bild av vad en ingenjör är. Jag kommer också att ge glimtar från den miljö där ingenjörerna ska bedriva sitt arbete. Hans von Ohains utveckling av den första flygande jetmotorn får illustrera några viktiga aspekter på ingenjörskapet.

På senare tid har en starkt ökande uppmärksamhet riktas mot företagets intellektuella kapital. Det innebär ett kraftigare fokus på ingenjörernas erfarenheter och kunskaper. Företagens årsredovisning kommer inte endast att ta upp maskiner och materiella tillgångar utan också beskriva det mänskliga kapitalet. Kraven på kunskaper hos ingenjörer i en snabbt föränderlig miljö kräver också en bättre dialog mellan näringslivet och utbildningssystemet. Jag kommer även att ge min syn på viktiga kunskapskrav för att ingenjörerna ska kunna bidra till förbättrade livsvillkor för människor.

VOLVO AERO CORPORATION

Åren vid Volvo präglades mycket av utmaningen att få ett gott samarbete med vår amerikanska samarbetspartner General Electric (GE). Att bedriva ett integrerat utvecklingsarbete med Atlanten emellan innebär en del komplikationer. Den största inverkan på ingenjörskapet hade dock kulturskillnaderna mellan Sverige och USA. Att vara "storebror" är en vanligt förekommande attityd i amerikanska företag. Jag möttes ofta av mina amerikanska värdar av inställningen "och vad har du då för problem min lille vän". En annan skillnad är att i USA har medarbetarna ofta en mycket större respekt för sin chef än vad vi är vana vid i Sverige. "The boss might be wrong, but he is still the boss", sa en av GE:s ingenjörer till mig sedan chefen för ett GE-team över en natt – och tvärsen mot sina medarbetares åsikter – hade satt ihop en aktivitetsplan för nio månaders ingenjörarbete. Det krävdes en omfattande insats för att komma över de kultu-

rella skillnaderna mellan Volvo och GE. För att göra det möjligt att hålla leveranstider och få en god kvalitet på JAS-motorn tog vi bland annat beteendevetare till hjälp. Efter några års enträget arbete lyckades vi få ett förtroendefullt och gott arbetsklimat.

Bland ingenjörerna vid Volvo Aero fanns en utpräglad känsla av ansvar för att piloten i flygplanet skulle kunna lita på våra produkter. Den starka närheten till kunden Flygvapnet, och de piloter som flög flygplanen med endast en motor i varje flygplan, satte sin prägel på ingenjörsarbetet.

Själv deltog jag vid ett flertal tillfällen i utredningar av flygplanshaverier. Varje ingenjör kände en oerhörd respekt för kvalitetsens betydelse i arbetet. Misstag kunde innebära att en pilot miste livet och att förtroendet för vårt arbete ifrågasattes. Ingenjörsarbetet var dock alltför mycket koncentrerat på att lösa tekniska problem. Ekonomi, planering och marknadsfrågor sköttes av specialister på andra avdelningar inom företaget.

SAAB AB

De fem år jag hade ansvar för systemavdelningen vid Saab Military Aircraft dominerades av arbetet med att slutföra utvecklingsarbetet på JAS 39 Gripen. Av de ca 350 ingenjörer som arbetade på avdelningen var flertalet engagerade i arbetet med de mekaniska och elektroniska systemen till detta flygplan. Det mesta av utvecklingsarbetet var inriktat mot att minimera den fysiska och mentala belastningen på piloten. Detta kallas för Människa-Maskin-Interaktion.

Mitt under den pågående Vattenfestivalen 1993 störtade ett JAS-plan i Stockholm. Därmed kom hela projektet att ifrågasättas. Ingenjörerna vid Saab – speciellt de som var ansvariga för styrsystemet på flygplanet – gick igenom en form av sorgearbete. Under lång tid kom flera offentliga och interna utredningar att granska vårt sätt att bedriva ingenjörsarbetet. När vi stod mitt uppe i all denna uppmärksamhet kändes det mycket tungt. Jag

minns speciellt när en känd politiker i en TV-intervju, med ett uttryck myntat av Gunnar Adler-Karlsson, kallade ingenjörerna vid Saab för "adrenalinstinna hannar" som av enbart tekniskintresse drivit ett av Sveriges största industriprojekt till en katastrof.

Ur denna kaotiska situation kom dock något mycket positivt. Vi fick anledning att se över vårt sätt att arbeta, hur vi fattade beslut och hur arbetet var organiserat. Den stora komplexiteten i en sådan produkt kräver ett processtyrt arbetsätt och ett kraftfullt datorstöd. Tidigare flygplansprojekt har i stor utsträckning kunnat vila på enskilda experters axlar. En handfull gurus med ett brett kunnande och en bra helhetssyn såg till att det blev enastående flygplan. Men JAS med sina 35 datorer och mikroprocessorer ombord blev alltför komplext för den mänskliga hjärnan. Här måste det till en noggrant styrd process och kraftfulla dataverktyg. Mängden information om ett flygplansprojekt, som ska tas fram och lagras, är enorm. Här finns möjligheter till stora besparingar och kvalitetshöjningar genom dagens förnämliga datorhjälpmedel.

Vi fann också att organisationen hade stor betydelse för resultatet. Fram till början av 90-talet hade de flesta företag i världen en funktionell organisation. Det innebär att man har olika avdelningar och en chefhierarki för varje kunskapsområde såsom hållfasthet, aerodynamik och inköp. Under mitten av 90-talet gick många företag över till en sorts matrisorganisation, en blandning mellan projekt- och funktionsorganisation. Här har ingenjören fördelen av att få utvecklas inom sin disciplin. Dessutom finns det en kraftfull drivning av verksamheten mot enskilda projektmål. Priset man får betala är att organisationen blir komplex och alla medarbetare har minst två chefer.

De senaste åren har många företag mer och mer börjat gå över till en produktorienterad organisation. Arbetet med s.k. integrerad produktutveckling genomförs med multidisciplinära team. Teamen är tillfälliga och existerar bara så länge ett visst projekt pågår. Denna typ av organisation har ett mycket starkt fokus på

den produkt som ska utvecklas. Risken är dock att kunskapen inom respektive disciplin utarmas.

Saab har genomgått dessa faser av organisationsförändringar. Varje form av organisation kräver ledare med unika kvalifikationer. I en funktionell organisation premieras djupa kunskaper inom det aktuella området. Att leda ett team av medarbetare från olika kunskapsområden kräver kunnande i projektledning och gruppdynamik. Det har inneburit att tre av fyra chefer är nya i sin roll. Eftersom systemutveckling är en starkt expansiv bransch är personalomsättningen också stor. Tre av fyra ingenjörer är anställda de senaste fem åren. Kunskapen om en produkt är därför begränsad, och det blir en stor utmaning att få allmän uppslutning kring företagets strategiska affärsplan.

Jag har mer än en gång slagits av den starka känsla för flyg och flygplan som behärskar ingenjörerna vid Saab. Med livet som insats kommer piloten att flyga det flygplan ingenjören varit med om att konstruera. Hos dessa ingenjörer finns inbyggt ett starkt incitament för hög kvalitet och flygsäkerhet. Det blir därmed en stor utmaning att få balans mellan den tekniska kvaliteten, tiden och kostnaden för produkten.

DR. HANS P. VON OHAIN – JETMOTORNS FADER

Jag tror att vi kan få en god uppfattning om vad en ingenjör är genom att följa Hans von Ohains bedrift och jämföra den med dagens ingenjörsarbete. Vid ett par tillfällen har jag fått möjlighet att träffa von Ohain och lyssna till hans fantastiska historia. Von Ohain var en ung tysk på 22 år, som 1933 blev intresserad av en ny princip för motorer till flygplan. Han var då ingenjör och höll på med studier för doktorsexamen.

Von Ohain hade fått idén till en helt ny typ av motorer, s.k. jetmotorer, som ersättning för propellerförsedda motorer som dittills varit den enda typen av motor för att driva flygplan. Sex år efter von Ohains första utkast flög det första flygplanet i världen med en jetmotor som drivkälla.

Von Ohain insåg tidigt att om han skulle lyckas få någon intresserad för sina idéer till jetmotorn behövde han kunna demonstrera sin maskin. Han fick kontakt med bilreparatören Max Hahn, som hade tillgång till egen verkstad. Tillsammans byggde de med mycket enkla medel en första prototyp. Den fungerade endast delvis, men i alla fall tillräckligt för att kunna demonstrera att principen fungerade.

Med denna prototyp samt ett enormt personligt engagemang lyckades von Ohain intressera ägaren till ett företag som byggde flygplan. Företaget var Heinkel Corporation och ägaren hette Ernst Heinkel. Von Ohain fick ett litet team av ingenjörer till sitt förfogande. I dag skulle vi kalla det för ett multidisciplinärt team med olika kompetenser representerade. Man lyckades med den fantastiska bedriften att på omkring tre år lösa alla de grundläggande tekniska problem som måste klaras av för att jetmotorn skulle fungera. De tekniska problemen spände över en hel rad kunskapsområden, som hållfasthet, metallurgi, aerodynamik och förbränning. Men redan då fungerade alltså integrerad produktutveckling. Von Ohain såg till att få in den kompetens i sitt team, som var nödvändig för att ta fram en flygmotor på rekordtid.

Den 27 augusti 1939 flög alltså det första jetmotorförsedda flygplanet någonsin. Under ett antal år fick sedan von Ohain möjlighet att, tillsammans med ett team, fortsätta utvecklingen av jetmotorn. Det är slående att jämföra dagens mest avancerade jetmotor med de första som togs fram för mer än femtio år sedan. I princip ser de likadana ut. Nya material och bättre datorstödda beräkningsmetoder har dock gjort dagens motor betydligt mer effektiv än gårdagens. Dragkraften per kilo motor är c:a tio gånger högre hos JAS-motorn än hos den som von Ohain konstruerade.

Vad var då nyckeln till att von Ohain, inte mer än 28-årig, lyckades genomföra sitt banbrytande arbete? Lite får vi naturligtvis tillskriva turen att träffa rätt människor vid rätt tillfälle. Men utan von Ohains enorma entusiasm och obändiga framåtanda hade det inte lyckats. Han var redan från början inställd på att ta fram

modeller och prototyper för att demonstrera sina idéer för omvärlden. Både finansiärer och ingenjörer med olika bakgrund var beroende av att få se tankarna visualiserade. Det är något som dagens ingenjörer har minst lika stort behov av. Våra produkter är betydligt mer komplexa än dåtidens konstruktioner, men vi har andra hjälpmedel. Med digitala modeller går det att på ett mycket tidigt stadium av utvecklingsarbetet simulera produkter. Virtuellt verklighet är ett annat hjälpmedel som säkerligen kommer att få stor betydelse i framtidens ingenjörarbete.

En annan viktig faktor var att von Ohain arbetade tillsammans med ingenjörer med olika kunskap och kompetens. I dag har vi en vidare syn på integrerad produktutveckling. Både kunder och leverantörer kan finnas representerade i ett team.

Kostnaden är en faktor som står betydligt mer i fokus idag än för femtio år sedan. I det pionjärbete jag beskrivit var siktet helt inställt på att lösa de tekniska problemen. Von Ohain hade en idé där han lyckades finna en tillämpning och där det så småningom visade sig finnas en enorm marknad. Idag är det absolut nödvändigt att utgå från marknadens krav och önskemål och finna en lösning som tillfredsställer dessa behov.

INTELLEKTUELLT KAPITAL

En utgångspunkt för de flesta företag är att "Medarbetarna är företagets viktigaste resurs". Detta till trots är det mycket sällan som balansräkningen tar upp några andra resurser än de materiella tillgångarna. Därför har begreppet "intellektuellt kapital" börjat användas i allt fler sammanhang.

Att ge ägare, investerare och andra aktörer en korrekt bild av företagets aktuella situation och potential har alltid varit viktigt. Som en del av detta har analyser och mätningar av företagets intellektuella kapital blivit mer och mer uppmärksammade på senare tid. Orsaken är att företagets balansräkning normalt inte omfattar mer än olika materiella tillgångar vilket säger ganska lite om konkurrenskraft baserad på kompetens och om företa-

gets framtida potential. Speciellt i företag inom kunskapssektorn är det angeläget att lyfta fram det intellektuella kapitalet som en tillgång. I takt med att kunskapssamhället växer fram blir medarbetarnas kompetens och initiativförmåga av allt större betydelse.

Här är ett förslag till definition av det intellektuella kapitalet, som jag använt vid en studie på SAAB:

”Det intellektuella kapitalet vid ett företag utgörs av medarbetarnas samlade kunskap och erfarenhet och deras förmåga och vilja att använda denna kompetens för att tillfredsställa kundernas önskemål (humankapitalet), samt den miljö och de förutsättningar som företaget erbjuder för att medarbetarna ska kunna verka för företagets affärsidé (strukturellt kapital).”

Internationellt har det intellektuella kapitalet fått stor uppmärksamhet genom forskarna Robert Kaplan och David Norton, som utvecklat ett synsätt och en teknik som kallas ”Balanced Scorecard” (BSC). Filosofin går ut på att bryta ned företagets strategiska mål till operativa mål i olika delar av företaget. Den strategiska planen bryts ned i mätbara mål inom fyra områden: finansiella mål, kundmål, interna processmål samt mål för lärande och tillväxt. Det viktigaste med detta synsätt är den starka kopplingen mellan företagets strategi och de mätbara mål som finns på olika avdelningar och för olika verksamheter inom företaget. BSC är mer en filosofi än ett färdigt verktyg.

I Sverige har det intellektuella kapitalet fått stor uppmärksamhet tack vare Leif Edvinsson på Skandia. Edvinsson fick det s.k. ”stora hjärnpriset” i Storbritannien i början av 1998 för sina banbrytande insatser inom detta område. Han har för Skandia tagit fram en metod att göra bokslut för det intellektuella kapitalet. Han har modifierat tekniken för ”Balanced Scorecard” så att den stämmer med förhållandena på Skandia. Det första kvartalsbokslutet för intellektuellt kapital är mycket enkelt och har sitt fokus på kvalitén i företagets kundrelationer. Att lyfta fram de

osynliga värdena har inneburit en revolution i sättet att leda företaget. Fokus har förskjutits från kortsiktighet till strategier för en långsiktig och uthållig förmåga till utveckling.

VIKTIGT FÖR EN INGENJÖR

Mina egna erfarenheter från ingenjörsarbete och de senare årens ledning av ett stort antal ingenjörer i utveckling av komplexa produkter har gett mig en uppfattning om vilka egenskaper som är viktiga för en framgångsrik ingenjör. Här ska jag försöka dela med mig några av dessa tankar.

Jag tror att den viktigaste egenskapen hos en ingenjör bör vara att kunna se helheten och syftet med sitt arbete. Resultatet måste i förlängningen leda till att människors livskvalitet förbättras. När teknisk utveckling blir ett självändamål är det fara å färde. Det var det som politikern hävdade hade skett med JAS-projektet efter flygplanshaveriet i Stockholm – att vi ”adrenalinstinna teknikhannar” aldrig kunde få nog av teknikutveckling för dess egen skull. Jag hävdar dock att detta inte var ett stort problem i JAS-projektet. I ett av landets största industriprojekt finns ett starkt incitament för att hålla både tids- och kostnadsramar. Utvecklingsarbetet sträckte sig över en lång tidsperiod och utfördes till fast pris. Men visst finns det många exempel på när ingenjörer önskat göra s.k. ”guldplätering” av produkten för att tillfredsställa sitt eget tekniska intresse.

Om man har en förbättrad livskvalitet för ögonen glömmar man inte bort miljöpåverkan av det man skapar. Jag anser att det i allmänhet fortfarande finns för liten inriktning på verkliga miljöhänsyn vid produktutveckling. Men jag är övertygad om att när majoriteten av ingenjörer får en helhetssyn på sitt arbete kommer det att innebära ett mycket stort miljöengagemang.

En annan effekt av ett helhetstänkande i ingenjörsarbetet är fokus på frågor runt samverkan mellan människan och maskinen. Det brukar ibland kallas för Människa-Maskin-Interaktion, MMI. Inom flygområdet är pilotens säkerhet och arbetsmiljö en

mycket central fråga. Men det finns ett stort antal produkter på marknaden där MMI har kommit långt ner på prioriteringslistan. Ett klassiskt exempel är videoapparaten, som nästan ingen medelålders eller äldre person klarar av, åtminstone inte när det gäller att programmera in inspelningen av kommande TV-program. Här tror jag det är nödvändigt med en påtaglig uppräckning i ingenjörsutbildningen! De produkter som tas fram måste vara anpassade till människan och inte tvärtom.

KREATIV FÖRMÅGA

För en ingenjör är den kreativa förmågan helt avgörande för framgång i arbetet. I allt väsentligt går ingenjörsarbetet ut på att lösa problem av olika slag. Det gäller alltså att kunna identifiera vad som är problem och sedan komma fram till en lösning. Det är alltför vanligt att ingenjören i stället fastnar i att administrera, ta fram dokumentation etc.

För att kunna vara kreativ finns en del viktiga förutsättningar. Kulturen och det osynliga kontraktet mellan medarbetare och företaget har en mycket stor betydelse. Om arbetsklimatet är förlåtande eller bestraffande avgör om en medarbetare ska våga släppa lös sin kreativitet eller inte. Det är av vikt att utbildningsmiljön ger en träning i att vara kreativ och skapande. Här finns det utrymme för att pröva många nya former av undervisning och examination vid landets universitet och högskolor.

Ingenjören måste också ha en bra baskunskap. Det finns en fara med ett allt för stort fokus på tillämpad forskning med inriktning på att stärka näringslivets konkurrenskraft. Forskningen påverkar grundutbildningen, och man kan då förledas att tro att baskunskap inte är viktig längre. För den kreativa processen är dock baskunskapen inom t ex kemi, fysik och matematik nödvändig.

En helhetssyn på tid, teknik och kostnad har avgörande betydelse för en effektiv och kreativ process. Här finns det ganska stora brister. Grundutbildningen är ofta alltför smal. En ingenjör på

en teknisk linje för till exempel i allmänhet för lite utbildning i ekonomi. En maskiningenjör har alldeles för lite kunskap om elektronik. Ändå finns det nästan inte några rent mekaniska produkter längre. De flesta produkter innehåller både mekanik och elektronik och styrs av en inbyggd mikroprocessor.

På företagen lever för mycket kvar av filosofin från den tid då verksamheten var organiserad efter olika kunskapsområden. Ekonomiavdelningen sköter ekonomin, planering och tidsuppföljning görs av projektkontoret, tekniken sköts av ingenjörer. Här finns mycket stor potential till förbättringar, både i ingenjörsutbildningen och på företagen.

KUNNA KOMMUNICERA

I vårt kunskapssamhälle är kommunikation ett nyckelbegrepp. En viktig ingrediens i det strukturella kapitalet vid ett företag är att det finns en god möjlighet till kommunikation. Flexibla lokaler med möjlighet till samlokalisering av integrerade produktteam gynnar starkt ett effektivt arbete. Studier vid MIT, Massachusetts Institute of Technology, visade för över 20 år sedan att om avståndet mellan två ingenjörer översteg 75 meter så minskade kommunikationen drastiskt.

Det skulle vara intressant att se hur de nya möjligheterna till kommunikation har påverkat behovet av samlokalisering. När vi på Volvo Aero hade två olika team med kontor på c:a 100 meters avstånd fann vi att kommunikationen mellan teamen och vår samarbetspartner i USA var minst lika god som den teamen emellan!

Ett vanligt problem är också att de olika datormiljöerna inte kan kommunicera med varandra. För något år sedan sände vi iväg elva ingenjörer att bevaka den stora flygmässan i Paris. Deras reserapport blev skriven med nio olika typer av ordbehandlare, vilket innebar stora svårigheter att kommunicera.

Att på ett tidigt stadium av en produktutveckling ta fram digitala modeller av produkten är av betydelse i många avseenden.

Som vi såg av historien med von Ohain var möjligheten att förmedla idéerna till olika intressenter en förutsättning för att lyckas. Dagens moderna datormiljö ger oanade möjligheter att i ett tidigt skede beskriva en produkt. Därefter kan modellen kompletteras med alla erfarenheter under produktens hela livslängd. Detta är bland annat av oerhört stor betydelse för att nya medarbetare ska kunna förstå vad som gjorts tidigare.

MJUKA KUNSKAPER

Av alla ingenjörer jag har varit ledare för är det ingen som har misslyckats i arbetet på grund av brist på kunskaper i matematik eller hållfasthetslära. Däremot har flera ingenjörer misslyckats för att de inte kunde anpassa sig till arbetet i integrerade team. Att inte acceptera att man är beroende av ekonomen eller beteendevetaren i teamet kan göra klimatet hämmande och göra att man misslyckas med sin uppgift. Många civilingenjörer kommer att hamna i en ledarroll. Inte alla har fått tillräcklig träning i hur man hanterar en sådan situation. Det är stor skillnad på att lösa ekvationer och att försöka utveckla och uppmuntra sina medarbetare.

Jag är övertygad om att det krävs mer utbildning i mjuka ämnen. En ingenjör måste ha förståelse för att tekniken är till för människan och inte tvärtom. I vår globala ekonomi behöver förståelsen för andra kulturer öka. Även om förbättringar gjorts måste en förbättring av ingenjörernas kunskap om ekonomi bli avsevärt bättre. Eftersom jag inte anser att det är lämpligt med en förlängd studietid hävdar jag att de mjuka ämnena måste få ökat utrymme på bekostnad av de rent tekniska ämnena. Det behövs en större flexibilitet i utbildningen för att få en anpassning till den snabbt förändrade omvärlden.

Näringslivet måste också vara berett att definiera sina krav på kompetens. En bättre dialog mellan näringslivet och universitet och högskolor är nödvändig.

VI ÄR BARA MÄNNISKOR

Min ungdoms uppfattning att en ingenjör har fullständig kontroll över varje situation i livet har förändrats en hel del. Vi är bara människor när allt kommer till kritan. Det helt avgörande för om du ska lyckas som ingenjör är din inställning till livet och dina medmänniskor.

För några år sedan lärde jag mig en läxa. Vi höll på med ett stort förändringsprojekt vid Volvo Aero. Både en ny organisation och nya arbetsmetoder skulle genomföras samtidigt. Jag var ledare för projektet, med ett konsultföretag till hjälp. Som ett led i projektet gjorde vi en undersökning bland ingenjörerna om vilka drivkrafter de ansåg var viktigast i arbetet. Att få uppmärksamhet från sin chef visade sig komma mycket högt på listan. Det var också av stor betydelse för medarbetarna att få attribut som symboliserade status. Antalet fönster på kontoret, typ av matta på golvet och andra sådana faktorer hade en förvånansvärd hög prioritet. Lönen kom först på tredje plats. Jag kände mig lite stolt över att jag kommit över sådana små saker i livet. Jag kunde numera ägna mig åt att filosofera över mänsklighetens stora frågor, tyckte jag.

När jag kom tillbaka efter semestern hände dock något förfärligt. Jag hade sedan flera år en parkeringsplats för min tjänstebil inne på området. VD hade plats nummer ett och jag hade min bil på plats nummer åtta. Nu gick det ett rykte om att reglerna för parkeringsplatser skulle göras om. Det ansågs troligt att min bil skulle parkeras utanför grindarna. Jag sov inte på tre nätter. Efter tre dygn bestämde jag mig. "Om min bil flyttas utanför grindarna lämnar jag företaget". Jag hade offrat nästan allt för företaget, och så skulle jag utsättas för detta hemska öde...

Historien lärde mig att jag är bara en människa. Under ytan har jag precis samma grundläggande behov av uppmärksamhet och trygghet som mina medarbetare. Glöm aldrig att vare sig utbildning eller titel förändrar våra grundläggande mänskliga behov!

Med kunskaper, känslor och flexibilitet

AV **KJELL THORÉN**



Civilingenjörsutbildningens kvalitet får i nte försämrats under trycket av allt större studentkullar. Kanske behövs en nivå-gruppering, så att "bredden" inte drar ner "toppen"? Det undrar **Kjell Thorén** i den här artikeln, där han också framhåller behovet av att stimulera också känslan och fantasin hos en blivande ingenjör, och varnar för att låta de nya IT-verktygen helt

ersätta traditionella överslagsberäkningar. Kjell Thorén har arbetat som överingenjör vid ABB Stal i Finspång och ABB Kraftwerke i Baden, Schweiz, samt medverkat i utbildningsråd och linjenämnd vid Linköpings universitet.

Vad är en ingenjör? var frågan – bara snäppet enklare att besvara än frågan ”Vad är en människa?”...

Ingenjörer bekläder de mest skiftande poster i vårt samhälle. De bidrar starkt till att skapa de ting samhället har eller förväntas få behov av, och till att driva, förvalta och underhålla dem. Ingenjörer utvecklar nya produkter och samlar specialkunskaper, tillräckligt attraktiva på världsmarknaden för att kunna säljas och ge landet nödvändiga exportinkomster. Verksamheten utgör förutsättning för hög sysselsättning och god livskvalitet. Se där vilken stor betydelse ingenjören har i samhället, och hur viktigt det är att den yrkesförberedande utbildningen är av högsta kvalitet och förmedlar kunskaper om rätt saker!

Ingenjörsyrket är mångfacetterat. Förutom att arbeta med vitt skilda produktområden har ingenjörerna också många vitt skilda uppgifter som t.ex. forskning, utveckling, konstruktion, produktion, inköp, marknadsföring, försäljning, drift, underhåll och återvinning. Hur skall man kunna ordna högskoleutbildning på djup och bredd för ett sådant spektrum av yrkesaktiviteter och med en någorlunda träffsäkerhet, dvs sannolikhet för att den valda inriktningen på högskolan verkligen motsvarar yrkesarbetets behov? Dessutom skall utbildningen ge förkunskaper för den spetsteknologi Sverige behöver för att, trots höga arbetskraftskostnader, kunna hävda sig i den internationella konkurrensen.

GRUNDER KONTRA TILLÄMPNINGAR

I många fora diskuteras avvägningen mellan grunder, tillämpningsämnen och arbetsträning i högskoleundervisningen. Jag tror att den avvägning man nått är ganska bra. Grundkunskaperna är naturligtvis viktigast och de första åren ägnas mest åt grunder. Tillämpningsämnena behövs för att ge grundkunskaperna en mening, för att ge teknisk orientering inom några begränsade områden och för att möjliggöra problemlösning som arbetsträning, enskilt eller i grupp.

En egen erfarenhet av ämnesval fick jag när jag efter fem års in-

dustrierfarenhet som civilingenjör fortsatte med ett års studier och en Master of Science vid MIT, Massachusetts Institute of Technology. Där erbjöds då liksom nu världens bästa kurser i en del spännande spetsvetenskapliga ämnen. Men studierådgivaren frågade efter vad jag egentligen kunde i matematik, mekanik, termodynamik, strömningsteknik m.fl. grundläggande ämnen. Spetsvetenskapliga ämnena är i alla fall föråldrade efter tio år, menade han. Jag valde förstås grunderna...

Detta betyder inte att jag förordar ett enda stort grundprogram på högskolan, men den egentliga specialiseringen kan knappast ske förrän i industrin efter anställning. Även om man råkat träffa rätt med studieinriktningen så ligger de tillämpade specialkunskaperna på arbetsplatsen, inom ett smalt område, på högre nivå än vad skolan kan förmedla. Man väntar sig inte inom industrin att en nyutexaminerad ingenjör skall vara produktiv det första halvåret.

HÅLLA KVALITETEN, TROTS TRYCKET

Utvecklingen går allt fortare, förnyelse och anpassning av högskolornas ämnesutbud måste drivas alert. Om förändringen innebär ett tillägg av nytt stoff medan det äldre, icke-mer-så-omistliga blir kvar, så glömmer man att dygnet bara har 24 timmar. Någonstans måste det skäras. Jag minns diskussioner i Linjenämnd M när en ämnesföreträdare fått förslaget att skära något i timantalet i en kurs eftersom ett annat ämne behövde vidgas. Hans förståelse för detta var naturligtvis begränsad: hur kunde man bara föreslå att linjens kanske viktigaste ämne skulle beskäras? Vi blev dock i allmänhet någorlunda överens till utbildningskvalitetens fromma. Omfördelning är alltså nödvändig. Man bör givetvis också utnyttja den pedagogiska utveckling som sker i form av nya metoder, nya verktyg och nya sätt att arbeta.

Från många håll framhävs att Sverige behöver skarpare ingenjörer för att vår industri skall kunna hävda sig i den hårdnande konkurrensen. Bättre och kraftfullare utbildning är ett måste.

Samtidigt behövs fler ingenjörer. Det är dock bara vissa politiker som kan göra sig helt oberoende av statistikens lagar och tro att alla kan utbilda sig till samma nivå. Vi ser nu hur gymnasieutbildningen delvis misslyckas och att extra satsningar måste göras för att få de svaga godkända, vilket betyder mindre resurser till de mer begåvade.

Linköpings Tekniska Högskola har med objektiva matematikprov för nybörjarteknologer visat hur kunskaperna i matematik stadigt försämrats. Högskoleutbildningen måste börja med propedeutiska kurser för att hämta in de kunskaper som gymnasiet borde ha förmedlat, vilket slösar bort dyrbar tid.

Risken finns att nivåkraven på civilingenjörsutbildningen sänks under trycket av sämre nybörjare och större kullar. Jag tror man måste ställa in sig på att utbilda civilingenjörer med nivåskillnader inte bara i betygsskalan utan även i omfattningen och djupet av inhämtade kurser. De mer begåvade teknologerna bör få möjlighet att bedriva intensivare studier.

MER ICKE-TEKNISKA ÄMNET?

Jag tror att alla som skall lyckas bra som ingenjörer måste ha någon humanistisk anknytning eller känsloträning. Med vänster hjärnhalva söker vi med analys och syntes klarlägga fakta utan att förfalla till tyckande. Detta kan synas vara ett kallt sätt att arbeta och är det också: full objektivitet kräver stringens. Men när man fastnat i en tankebyggnad eller ett problem för att bitar saknas i underlaget, då gäller det att ta till fantasin för att komma vidare. Man hör ibland sägas att det inte är de tekniska byggs-tenarna utan människans fantasi som begränsar tekniska utvecklingen!

En öppen attityd och "högt i tak" i skolan och på arbetsplatsen stimulerar säkert fantasin. Kan den även tränas? Möjligen om man ser till att även högra hjärnhalvan får träning. Känslan måste övas och tillfredsställas, så att det inte blir för stor obalans i kroppen och den logiska hjärnhalvan tappar i effektivitet. Här

tycker jag mig ha egen erfarenhet. Jag menar nu inte den slags känsloträning som ibland förekommer på chefsutbildningskurser, där man kan börja med att skälla ut varandra och sluta med att gråta tillsammans. Nej, jag avser ett humanistiskt känsloungagemang, kanske ett känslorus, som uppnås genom att lyssna på god musik, läsa skönlitteratur eller poesi, spela ett instrument, sjunga i kör, se på film, beundra eller utöva konst, lyssna till fågelsång..... ja vad som helst som berör våra känslor på ett positivt sätt, som känns uppbyggligt för anden och utgör en lisa för själen.

Om detta nu är ett så nödvändigt komplement till ingenjörsutövningen, skall det då inte in som kursmoment? Nej, det tror jag inte är möjligt, men högskolorna bör ge möjligheter för eleverna att frivilligt engagera sig i något humanistiskt, genom att till exempel ordna intressanta föreläsare och stödja aktiviteter som körsång, orkesterspel och konstnärliga kurser. Det ger faktiskt bättre ingenjörer, kanske med bättre fantasiförmåga.

Mer eller mindre obligatoriska humaniorakurser finns nu på de tekniska högskolorna, och många fler diskuteras. Men också här gäller att begränsa sig. Huvudmålet är att utbilda allt bättre ingenjörer, och då finns helt enkelt inte mycken tid för annat än teknik.

Ett konkret förslag skulle kunna vara att ägna 5 procent av studietiden till humaniora.

Förmågan att uttrycka sig i tal och skrift på främmande språk är då viktigast. Internationaliseringen kommer med EU att gå mycket fort , och snart sagt alla ingenjörer kommer att åtminstone tidvis arbeta tillsammans med kollegor som inte har svenska som modersmål. Viktigast är förstås engelskan. Alla civilingenjörer borde obligatoriskt avlägga "körkortsprov" i muntlig och skriftlig engelska. Den som inte har tillräckliga kunskaper från gymnasiet får gå på extrakurser.

En viss nivå på kunskaper i ett andra främmande språk borde också bevisas. Språkkunskaper betyder oerhört mycket. Den som

inte kan lägga fram sin sak, eller argumentera för sin produkt på ett klart och övertygande sätt i ett möte eller förhandling, står sig slätt. Tyvärr måste många nytutexaminerade ingenjörer bedömas som svaga i engelska.

IT KAN INTE ERSÄTTA TEKNISKT OMDÖME

En otrolig utveckling har skett inom IT-området de senaste tio åren. Vi har nya verktyg att skriva, räkna och rita med, liksom mycket bättre och snabbare metoder för informationssökning, kommunikation och datalagring. Högskolorna har följt med bra i allmänhet. Nytutexaminerade ingenjörer imponerar på oss äldre med sin vana och oförskräckta hantering av IT. Det är utmärkt, eftersom de snabbt blir produktiva i arbetsuppgifter som innehåller mycket datahantering. Dagens hård- och mjukvara på IT-området kommer att ändras snabbt, men de inlärda principerna består troligen och unga ingenjörer är flexibla.

Dagens mjukvara ger fantastiska möjligheter att t.ex. inom området maskinteknisk hållfasthet räkna med finit element-analys och visa spänningar, deformationer, temperaturer med mera även under transienta förhållanden. Detta har inneburit ett stort steg framåt i utvecklingen av t.ex. tillförlitliga turbiner. En nytutexaminerad ingenjör klarar detta efter en kort träningsstid.

Något tycks ändå gått förlorat i utbildningsprocessen. Förmågan att göra överslagsberäkningar med hjälp av övervägda förenklingar och formelsamling verkar ha sjunkit betänkligt.

En vanlig gång i ett utvecklingsarbete är att en konstruktör först skissar på ett nytt maskinelement, kanske utan att lägga ned särskilt stor möda på dimensioneringen eftersom hållfasthetsspecialisten senare skall räkna igenom detaljen med bra verktyg. Problemet är att det för unga ingenjörer bara tycks finnas ett sätt att räkna; fullständig FEM-analys. Efter 3-4 veckor presenterar den unga ingenjören sitt resultat i färggranna bilder och – konstruktionsutkastet visar sig uruselt. Vid ny granskning framgår det ofta att man utan att räkna borde ha insett att de-

taljen inte klarar sina uppgifter. Ingenjören får börja om med ett nytt utkast och ett nytt 3-veckorsvarv, vilket blir tidsödande och dyrt. Felet är att man inte lärt sig att på ett tidigt stadium använda genvägar för att kunna göra en preliminär bedömning och se om resultaten har rätt storleksordning. Denna träning har troligen fått stå tillbaka för entusiasmen med de nya precisa IT-verktygen.

NÅGRA VIKTIGA INGENJÖRSEGENSKAPER

Till frågan ”Vad är en ingenjör?” hör även vilka personliga egenskaper som en framgångsrik ingenjör behöver och blir bedömd efter. Några sådana är

- användbarhet
- produktivitet
- relation till medarbetare
- ledarförmåga

ANVÄNDBARHET

När en nyutexaminerad civilingenjör anställs gör arbetsgivaren en stor långtidsinvestering. Självfallet måste nyttan på sikt överstiga kostnaden. Vid anställningsintervjun försöker arbetsgivaren förstå om den sökande kommer att kunna passa in i företaget, arbetsuppgifterna, medarbetarkollektivet m.m.

Nyttan för företaget – som kan vara olika även när det gäller individer med likvärdiga förkunskaper – avgör på sikt var den anställda hamnar i ranking- och lönelistan. Kunskaper och träning ökar nyttan. Intresse för att öka och fördjupa kunskaperna är en förutsättning i dagens föränderliga industri.

Flexibilitet och anpassningsförmåga har blivit alltmer betydelsefullt. Omprioritering av arbetsuppgifter förekommer ofta. Man behöver kunna hålla flera bollar i luften samtidigt. Arbetet byter karaktär flera gånger under livet på grund av omvärldsförändringar, produktbyte (planerat eller påtvingat), kapacitetsomflyttning inom företaget, ”job rotation”, befordran, de-

gradering, nya arbetsgivare med mera. De senaste 20 åren har det blivit mycket vanligt med snabba kast. Att räkna med ständigt förändring har blivit ett rättesnöre. En del individer anpassar sig lätt, andra lider.

Förmågan att kunna resa sig igen efter en degradering eller omflyttning värdesätts högt idag. En degradering skall inte tolkas som misslyckande utan beror ofta på t.ex. ett samgående mellan två företag eller två avdelningar inom ett företag, som gör att man plötsligt står med en dubbel uppsättning chefer. Förr kunde en sådan degradering slå hårt mot egot. Nu är händelsen så vanlig att den inte behöver tära på individens anseende, om anpassningsförmågan finns. Flexibilitet är alltså väsentligt.

Krishantering är ett annat viktigt område. I vissa företag förefaller det vara kris jämt, men normalt är den övergående. När något går snett, t.ex. driftstopp i en produktion eller för en levererad produkt, blir det bråttom eftersom företaget gör stora ekonomiska förluster varje timme. Då skiljs agnarna från vetet bland de anställda. Erfarenhet och kunskaper hjälper naturligtvis, men hur mycket en person kan bidra med i en krisprocess varierar också starkt mellan olika individer.

En normal situation är att ingen från början förstår vad som orsakat problemet. Ett flertal medarbetare engageras, en snabb analys sätts igång och resultaten bearbetas. Beslut fattas om åtgärder som kan innebära konstruktion, upphandling, tillverkning, montage, drifttagning på kortast möjliga tid. Vissa individer har svårt att verka under stress i sådana krissituationer, medan andra nästan trivs i hetluften. Hur kan utbildningen öka den personliga flexibiliteten och förbereda för effektiva insatser i krissituationer?

PRODUKTIVITET

Personlig produktivitet är givetvis en viktig del av användbarheten och en väsentlig faktor vid lönesättningen. Det gäller att arbeta rationellt, driva sig själv och jobba snabbt utan avkall på

kvaliteten. Helt felfritt arbete begärs inte, men fel som kan få svåra följder får inte förekomma. Ingenjörers beräkningsarbete kontrolleras ju sällan i praktiken, och vissa resultat kan vara svåra att bedöma även för en erfaren chef. Beräkningarna måste därför vara riktiga, eftersom fel kan bli katastrofala och inte märkas förrän efter lång tid.

Arbetspress låter kanske obehagligt. I extremfall är det verkligen obehagligt, t.ex. om en arbetsplats rationaliserats för hårt – då kan press bli stress. I normalfallet fungerar dock ingenjören bra under viss press. Det är nog en inbyggd egenskap hos en ingenjör att vilja vara produktiv. Teknologerna övas i produktivitet genom exempelvis hög studietakt, schemalagda kurser och täta tentamina med tidsbegränsning. Nyutexaminerade ingenjörer brukar lätt kunna anpassa sig till takten på arbetsplatsen.

RELATIONEN TILL MEDARBETARE

Nästan alla yrkesverksamma ingenjörer arbetar i en grupp, organisatorisk eller tillfälligt skapad för t.ex. ett utvecklingsprojekt. Effektivt grupparbete förutsätter att medarbetarna tränas för detta och passar in väl beträffande kunskaper och personliga egenskaper.

Resultatet av grupparbetet skall vara bättre än summan av de individuella bidragen, vilket kräver att gruppen fungerar bra. Personliga relationer blir viktiga. Ledarstilen måste passa. Inga auktoritära förutfattade meningar får finnas, och alla måste motiveras att bidra. Arbetet måste ge resultat. Fastnar diskussionen i flum eller motsättningar måste grupplederen rycka in och deltagarna inordna sig. Grupparbete kan övas och bli effektivt även med mycket olika personligheter i gruppen. Olikheter kan vara befrämjande för resultatet.

Ingenjörer fungerar ofta bra även i grupparbete utanför jobbet, t ex i föreningslivet. De är tränade att inte råka i luven på varandra även vid diametralt skilda åsikter och vet hur man för en diskussion framåt och försöker nå enighet och resultat. Mitt in-

tryck är att nytutexaminerade ingenjörer fått en bra träning i grupparbete under studietiden.

LEDARFÖRMÅGA

Troligen är ledarförmågan genetiskt betingad. Förhållanden under uppväxt- och studietiden har säkert också starkt inflytande på lämpligheten som ledare. En lista över goda ledaregenskaper blir lång, starkt beroende av gruppen som skall ledas och ingalunda okontroversiell. Lämpligt är förstås att ha goda kunskaper, vara resultatsinriktad, kunna planera, administrera och ställa kvalitetskrav. I umgänget med sin personal måste ledaren kunna samarbeta med olika personlighetstyper, kunna lyssna, se sina medarbetares styrkor och svagheter, vara omutligt rättvis och aldrig ljuga. Han eller hon skall försöka få sina medarbetare att växa.

Chefer och ledarämnen skickas av företagen på speciella ledarskapskurser. Bör utbildning bedrivas också inom högskolornas ram, som en förberedelse för eventuellt framtida ledarskap?

VAD ÄR EN INGENJÖR I FRAMTIDEN?

Somliga hävdar, med hänvisning till IT-utvecklingen, att man inte kan göra några säkra förutsägelser för längre tid än fem år. Vilken svår situation för dem som skall planera högskoleutbildningen! Denna måste ju ändå karaktäriseras av viss kontinuitet och långsiktighet, samtidigt som den ska anpassas till omvärldens snabba förändringar. Några industriella utvecklingstrender av vikt kan här nämnas:

Internationalisering

Det internationella samarbetet har ökat mycket snabbt, och trenden fortsätter. Förr var den svenska hemmamarknaden kanske viktigast och materialköpen kunde ofta ske i Sverige. Den tiden är sedan länge förbi, och rivna murar inom EU ger ökad skjuts åt internationaliseringen. Kommunikationsmedel av många slag underlättar samarbetet, men nödvändiga språkkunskaper måste

man besitta själv.

Konkurrensen hårdnar

Företag som är huvudleverantörer inom ett visst produktområde blir allt större, färre och mer specialiserade. Diversifieringens tid är förbi. Med morgondagens kommunikationer har de flesta företag världen som marknad. Det räcker inte längre att dominera på hemmamarknaden. Fusioner, samverkansformer och företagsnedläggningar blir vanliga. Ibland behövs fler medarbetare, ibland blir ingenjören över. Personlig flexibilitet blir en bra tillgång. Bruksorter, där man kunde anställas som nyutexaminerad och sluta som pensionär, blir nog ovanliga.

Samverkan med underleverantörer

Förtroendefullt samarbete med ett fåtal underleverantörer har blivit en succé. Underleverantören utvecklar själv, i samarbete med huvudleverantören, en produktenhet och svarar för kvalitet, framtagning, enhetsmontage, leverans Just In Time och lagerhållning. En bilstrålkastare exempelvis består av många detaljer som förr köptes var för sig eller i flera poster. Idag tillhandahåller underleverantören en komplett enhet, färdig att med ett par snäpp monteras i bilen på några sekunder. Denna trend kommer att fortsätta.

Tekniken blir djupare

Mer avancerad teknik kräver fler specialister. Företagen har bara råd att hålla sig med spetskunnande inom sin kärnverksamhet. Framflyttning av företagets positioner – t ex genom utveckling av nya produkter, ombyggnader och tillbyggnader – kommer i allt högre grad att utföras i projektform där specialistkompetens hyrs in för en begränsad tid. Projektinsatserna blir allt kraftfullare och kortvarigare. Vi torde få se en ökande skara konsulter/specialister som tjänar bra med pengar men flyttar omkring och inte har garanti för kontinuerlig sysselsättning.

Ingenjörens utbildning

Vad ovanstående betyder för uppläggningsen av framtidens högskolekurser lämnar jag åt därtill mer skickade personer att

reda ut. Klart är att framtidens ingenjör behöver:

- stabila grundkunskaper
- kunskaper inom ett inte allt för snävt tillämpningsområde
- träning i att snabbt sätta sig in i nya problemställningar
- träning i att arbeta i projektform
- goda språkkunskaper
- fortbildningskurser av flera slag
- specialistkurser, typ internationella spetskurser på en till två veckor

Lyhörd för samhällets behov

LEIF JOHANSSON intervjuad av **INGELA BJÖRCK**



– En riktig ingenjör är en människa som via kunskaper och kanske också egenskaper utifrån en naturvetenskapligt underbyggd, intellektuellt sund grund försöker skapa ordning och reda i komplexa problem och aktivt delta i samhällsbygget.

Så definierar Volvos koncernchef **Leif Johansson** begreppet "ingenjör" i den här intervjun. Leif Johansson har haft ledningen för Volvokoncernen i två år och arbetade dessförinnan i 17 år i olika befattningar på Electrolux.

” En människa som via kunskaper och kanske också egenskaper utifrån en naturvetenskapligt underbyggd, intellektuellt sund grund försöker skapa ordning och reda i komplexa problem och aktivt delta i samhällsbygget”.

Denna Leif Johanssons definition innehåller många pusselbitar, där några kan kräva sina förtydliganden. Med ”naturvetenskapligt underbyggd, intellektuellt sund grund” menar han att ingenjören inte bara ska tycka utan också kunna argumentera för sin sak med logiska och vetenskapligt baserade sakskaäl. Detta är viktigt för trovärdigheten, och för att kunna föra en sansad diskussion både med yrkeskollegor och med icke-tekniker.

Att ingenjören ska ”aktivt delta i samhällsbygget” ingår också i Leif Johanssons definition. Ingenjören utarbetar produktionssystem i vilka andra människor ska arbeta, och produkter som andra människor ska använda. I båda fallen måste han eller hon vara lyhörd för människornas och samhällets behov.

Ska då ingenjören vara en aktiv pådrivare i utvecklingen, eller snarare en samhällets tjänare som utför de uppgifter som åläggs honom eller henne? Både - och, menar Leif Johansson.

– Ingenjören ska visa samhället vilka tekniska möjligheter som finns, och vad olika alternativa lösningar innebär. Ingenjören ska också ge samhället det som efterfrågas, säger han.

ÖPPEN DIALOG NÖDVÄNDIGT

– I praktiken råder alltid en växelverkan. Ta IT till exempel: här hade inga konsumenter för 10 år sedan kunnat efterfråga de tjänster och produkter som finns idag. Men i takt med den tekniska utvecklingen har nya behov och nya möjligheter växt fram.

IT är knappast en kontroversiell teknik idag. Den ses inte som ett samhällshot, vilket dess föregångare datoriseringen ibland gjorde. Men det finns andra tekniker som väcker starka känslor – kärnkraften är en, gentekniken en annan. Leif Johansson talar om den konflikt som finns mellan strömningar i samhället som

vill ringa in och begränsa den tekniska utvecklingen, och teknikerna själva som vill få använda de nya rön som ständigt görs.

Här finns inga enkla lösningar, bara nödvändigheten av en öppen dialog.

– Teknikerna måste lyssna på det samhällets företrädare säger. De bör även själva känna ansvar för teknikens möjliga följder. Men icke-teknikerna måste också inse att det är tekniken som skapat vår välfärd. Vi kan inte alltid kan överblicka alla följder av ny teknik, men detta får inte leda till en allmän teknikfientlighet!

Att ingenjörer inte skulle ta ansvar för teknikens effekter för människan är, tycker han, generellt sett en fördom snarare än ett faktum. Ingenjörens uppgift i samband med en produkt eller ett produktionssystem är att koppla samman människa och teknik på ett sätt som löser problem, inte skapar dem. Det tycker Leif Johansson att ingenjörerna oftast lyckas bra med. Som exempel nämner han ergonomiska produkter som Atlas Copcos tryckluftsdrivna handverktyg och Husqvarnas avvibrerade och kastskyddade motorsågar, samt ABB:s industrirobotar som tagit bort många tunga lyft och monotona arbetspgifter.

INGEN ENSTÖRING

Samhälleligt viktiga uppgifter har ingenjören alltså. Däremot deltar han inte särskilt mycket i den offentliga debatten, vilket Leif Johansson inte tycker är konstigt.

– Ingenjörer är tränade i att arbeta med fakta, inte i att ha åsikter eller skapa regler för samhällslivet. Där har samhällsvetare och humanister ett företräde.

– Däremot kan ingenjören aktivt föreslå lösningar när det gäller till exempel miljöfrågor. Dessa har ju ofta inslag av systemkaraktär, och systemtänkande är en sak som dagens ingenjörer är bra på.

Bilden av en ingenjören som en kantig enstöring, dålig på att ut-

trycka sig och på att kommunicera med andra utanför sitt skrå, ser Leif Johansson också generellt sett som en fördom. Fördomen kan, tror han, bygga på hur det såg ut på 40- och 50-talens ritkontor.

– Där satt ingenjörerna hela dagarna vid sina ritbord. Var och en arbetade med sitt, och de behövde sällan ha några kontakter med andra.

– Tyvärr tror till exempel skolans yrkesvägledare ofta att det fortfarande ser ut på det sättet, om än med en dator på bordet. Detta är en djupt olycklig fördom, som jag gör mitt bästa för att bekämpa!

– Om ingenjören verkligen var så isolerad i sitt arbete, så skulle jag nog inte heller vilja söka mig till tekniken. Men det ser ju inte alls ut på det sättet inom industrin idag, där man nästan alltid arbetar i forskarlag eller arbetsgrupper.

VÄL RUSTADE

Leif Johansson har stor respekt för dagens nyutexaminerade civilingenjörer. Han tycker att de kan mer än ingenjörerna ur hans egen generation, både om samhället och om sina tekniska ämnen.

– Jag är inte någon anhängare av tesen att civilingenjörerna blir sämre och sämre! säger han med eftertryck. Snarare tycker jag att de som kommer ut idag är de bästa jag sett!

Jämfört med ingenjörer från andra länder ser han de svenska civilingenjörerna som väl så bra rustade för att möta den snabba internationaliseringen. Detta är nog en positiv följd av Sveriges litenhet: vi vet att vi måste lära oss språk och anpassa oss till internationella sammanhang, eftersom omvärlden knappast lär anpassa sig till oss.

Leif Johansson ser annars inga större skillnader mellan svenska ingenjörer och ingenjörer från andra länder i västvärlden. Skillnaden ligger snarare i ingenjörernas arbetsmarknad, där den

svenska arbetsmarknaden – återigen på grund av landets litenhet – är mycket bredare. Stora länder och stora företag utomlands har en mer uppdelad arbetsmarknad, där ingenjörerna blir specialister och mycket sällan har en generalistroll.

Utomlands träffar man också sällan en civilingenjör i affärsledande position, vilket man gör i Sverige. (Leif Johansson själv, med en Chalmersexamen i bagaget, är ett exempel). En förklaring till det är att ingenjörsmässiga, ingenjörstunga företag har en så dominerande roll i det svenska industrisamhället. Den svenska civilingenjörsutbildningen har ju också en praktisk industri- och hantverksbakgrund snarare än en akademisk-vetenskaplig bakgrund.

SVÅRARE VARA GENERALIST

Den ”riktige ingenjör” som Leif Johansson beskrivit – en idealbild som enligt hans åsikt oftast stämmer bra med verkligheten – har varit sig ganska lik de senaste årtiondena. Det som skiljer dagens ingenjörer från gårdagens är att det förut var lättare att vara generalist. Kunskapsmassan var mer begränsad, det var möjligt att få en överblick över ett helt ämnesområde. Nu driver den ökande kunskapsmängden fram en specialisering som Leif Johansson inte tycker är helt lycklig.

– Visst behöver vi specialister, säger han. Men vi behöver också generalister!

Han talar om den allt större komplexitet som tvingar fram ett systemtänkande. Gränserna suddas ut mellan gamla ämnen. Material- och konstruktionslära, design, kretsloppsanpassning och produktionsteknik överlappar delvis varandra, för att nämna ett exempel. Då måste det finnas generalister som kan se helheten och greppa över hela systemen. Samtidigt måste det finnas experter med spetskunskaper på kritiska områden, där ett kunnande på djupet är nödvändigt. De två kunskapsprofilerna kompletterar och samverkar med varandra: ett företag som vill utvecklas måste ha båda kompetenserna.

Av samma skäl är det inte alltid så viktigt vilket utbildningsprogram en nyanställd civilingenjör har gått igenom. Det kan förstås vara viktigt just i anställningsögonblicket, om man vill fylla en lucka på ett visst ställe. Men om personen i fråga stannar i företaget, och inte utvecklar sig till specialist utan till generalist, då har ämneskunskaperna från hans eller hennes tekniska högskola mindre betydelse. Den ingenjörsmässiga och naturvetenskapliga grunden blir då det viktigaste.

TEORIN VIKTIG

Grunden är överhuvudtaget alltid viktig, menar Leif Johansson.

– All min erfarenhet talar för att det är de teoretiska baskunskaperna man har nytta av i längden. Själv har jag fortfarande användning för mina kunskaper om grundläggande termodynamik, men det jag läste i tillämpad elektronik har jag inte haft någon nytta av på länge.

Han är därför tveksam till både alltför stora kurser i tillämpade ämnen och alltför stora inslag av icke-tekniska ämnen, eftersom det riskerar att gå ut över de grundläggande, teoretiska kunskaperna. Leif Johansson uppskattar ingenjörer med insikter i samhällskunskaper, humaniora och andra icke-tekniska kunskapsfält, men anser att sådan bildning knappast är de tekniska högskolornas sak. Den får snarare överlämnas till teknologernas fritid och till det omgivande samhället.

– Det finns en övertro på att lyfta in en snutt samhällskunskap, en snutt filosofi och en snutt historia, och tro att det gör teknologen till en bättre människa...

– Risken är stor att de icke-tekniska momenten är för små och snuttiga för att åstadkomma några verkliga förändringar, men ändå stora nog för att ta värdefull tid från den tekniska utbildningen!

Vill man ge civilingenjörerna kunskaper i icke-tekniska ämnen, så kunde man kanske i stället tänka sig ett femte påbyggnadsår,

menar han. Då kunde de första 4 1/2 åren i lugn och ro ägnas åt naturvetenskap och teknik. Sedan kunde civilingenjören, efter en tid i yrkeslivet, komma tillbaka till högskolan för att avrunda sin utbildning.

– Det är så oerhört mycket teknik och naturvetenskap som ska in i den korta utbildningstiden på teknisk högskola. Alla de andra kunskaperna, det är sådant vi talar om i samband med begreppet "livslångt lärande". Att åstadkomma en bra teknisk utbildning och samtidigt pressa in den mängd av kunskaper som hör till ett livslångt lärande, det är ju alldeles omöjligt! menar Leif Johansson.

Mer meningsfull inläarning

BERNT ERICSON intervjuad av INGELA BJÖRCK



– Om en läkare från 1800-talet kom in i en av dagens operationssalar skulle han inte alls känna igen sig. Modern kirurgisk utrustning och nya metoder har ändrat yrkets förutsättningar totalt. En lärare från 1800-talet skulle däremot inte ha svårt att känna igen sig i ett av dagens klassrum. Där är det bara den svarta tavlan som bytt färg!

Det säger **Bernt Ericson**, forskningschef vid Ericsson, i en intervju där han betonar behovet av en ny pedagogik vid ingenjörsutbildningarna.

Utbildning måste inte vara lika med att en lärare lär ut ny kunskap till sina elever, menar Bernt Ericson. Det är ett gammaldags sätt att se på inläring, och inte det mest naturliga. Det är ju inte så vi själva som barn tillägnat oss nya färdigheter och nya kunskaper – ett barns inläring handlar i de allra flesta fall om att se, undersöka och prova sig fram.

– Man måste gå från ”education”, där läraren är den aktiva parten, till ”learning”, där eleven är den aktive. Läraren bör bli mentor och inspiratör i stället för föredragshållare, säger Bernt Ericson.

Som exempel ger han en person som fått i uppdrag att lösa ett visst problem eller berätta om ett visst ämne. De kunskaper han eller hon inte redan har får han skaffa sig under arbetets gång för att klara av uppgiften. Då blir kunskapsinhämtandet meningsfullt och därmed effektivt.

– Det är en skillnad i storleksordningen 1:50 mellan en mediocker och en riktigt duktig programmerare, säger Bernt Ericson med ett exempel hämtat ur den egna verksamheten.

– Lika stor skillnad kan det vara i inläringseffektivitet mellan den som *tvungas* lära sig något och den som *vill* skaffa sig samma kunskap. Det man tycker är intressant och viktigt, det tar man till sig snabbt, och de kunskaperna sitter kvar!

TAPPAT NYFIKENHETEN

Bernt Ericson har sett alltför många nytutexaminerade ingenjörer som tappat sin intellektuella nyfikenhet. De är sugna på att få göra konkreta arbetsuppgifter men känner ingen längtan efter att skaffa sig nya kunskaper.

– Det är ju förödande! säger han med eftertryck.

– Jag vill ha ett system där varenda färdig ingenjör har nyfikenheten kvar. Man ska vara ännu mer inspirerad till att läsa och lära sig när man är färdig med utbildningen, inte mindre!

Bernt Ericson är inte alls negativ till dagens unga ingenjörer. De vågar mera, tar egna initiativ och kommer med egna idéer. De yngre ingenjörerna har fostrats mer till individer och mindre till kuggar i ett system än tidigare generationer, vilket han tycker är bra.

Däremot brister det i de unga ingenjörernas förmåga att lösa problem. De kan analysera problemen men är inte lika duktiga på att utifrån ett ingenjörsmässigt tänkande föreslå olika möjliga lösningar.

Både detta och bristen på nyfikenhet ser han som utbildningens fel:

– De första två åren läser man grundläggande ämnen för ämnenas egen skull. Studenterna ser inga samband mellan ämnena, och inga långsiktiga mål med läsandet. Det finns till och med lärare som förklarar att ”du kommer nog inte att ha någon användning för detta ute i näringslivet, men du måste lära dig det för tentans skull!”

VILL SE RESULTAT

Bernt Ericson tror att det är denna uppläggning, mer än de eventuellt bristande mattekunskaperna, som får så många nya teknologer att hoppa av det första året.

– Ungdomar idag är otåliga, de vill se snabba resultat. Om de då tvingas lägga ner massor av tid på något de inte ser nyttan med, så tappar de intresset, menar han.

– Idag upplevs ingenjörsutbildningarna som så ointressanta att de blir ett andrahandsval för många. Det är förstås svårt att hålla kvar sådana studenter, om de tvingas börja med ett års vanvettiga studier av integraler och matematik för matematikens egen skull!

Studierna måste kännas meningsfulla och spännande om de ska locka dagens ungdomar. Och det kan de bli, menar han, om de läggs upp på ett annat sätt: kring projekt och konkreta, verklig-

hetsbaserade problem. De grundläggande ämnena behöver inte krympa i omfång, bara läggas ut på ett annat sätt. De skulle kunna "strimlas upp" och läggas längs med hela utbildningen i stället för att ligga som en kompakt klump i botten, för att uttrycka saken enkelt.

Tillämpningarna skulle alltså komma in redan från starten, kombinera med relevanta mindre matte- och fysikavsnitt. Teknologerna skulle på ett tidigt stadium få konkreta uppgifter att tampas med, som "Bygg en datorstyrd vattenvärmare!"

Uppgifterna bör vara konkreta problem, gärna sådana som lokala företag verkligen behöver hjälp med. Bernt Ericson tror inte på idén att de framtida ingenjörerna ska utbildas ute på företagen – det ser han som för opraktiskt – men däremot på täta kontakter som kan gynna både näringslivet och teknologerna.

När uppgifterna är verklighetsbaserade ska arbetssättet också vara det. Därför bör teknologerna arbeta i grupper och träna sig i att redovisa sina kunskaper för varandra.

– Dagens ingenjörer måste kunna kommunicera både inom och utom sitt fack. Här brister det mycket, menar han.

– Jag kan till exempel se det i samtalen mellan våra ingenjörer och våra kunder. Ingenjören fastnar i tekniska detaljer som kunden inte är intresserad av: han eller hon vill bara veta hur systemet fungerar för användaren.

NYTT ARBETSSÄTT HELLRE ÄN NYA KURSER

Bernt Ericson tror mer på ett nytt arbetssätt än på nya kurser som hakas på den existerande utbildningen. Om teknologerna arbetar projekt- och problembaserat, så kan till exempel miljötankande bli ett naturligt inslag i de frågeställningar de får att arbeta med. Några särskilda kurser i kommunikation ska inte heller behövas, om arbetena görs i grupper och redovisningarna blir till övningar i muntlig och skriftlig framställning.

Han tror också att detta kan bli ett sätt att komma tillrätta med

teknikens ständigt växande kunskapsstoff. Att bara trycka in mer stoff i dagens utbildningsmodell går inte. Men med en annan modell, där de ökade kunskapsmängderna sätts in i sitt sammanhang och upplevs som viktiga för ett konkret arbete, så kan det gå.

– Man lär sig ju mer när man upplever inläringen som meningsfull, understryker han än en gång.

Sin egen utbildning – elektroteknik på KTH – upplevde han som måttligt meningsfull.

– Vi började med en massa fysik och matematiska formler utan att ha en aning om vad det skulle vara bra för. Under hela utbildningen läste vi inget om vad ingenjörsarbete är, utan bara en massa kurser som inte hade något med varandra att göra. Det var oerhört svårt att se någon koppling mellan de olika moment som ingick i utbildningen, säger han.

Så blev också de första erfarenheterna av praktiskt ingenjörsarbete något av en kulturchock. När Bernt Ericson började arbeta som konstruktör vid Ericsson var han väl tränad i att läsa in sig på nya områden, men dåligt tränad i att skapa. Han var bättre på analys än på syntes, precis så som det ofta är än i dag.

Nu håller ingenjörsutbildningen trots allt på att ändra sig. Både inom och utanför NyIngs ramar pågår olika försök med en aktivare och mer problembaserad inläring.

"FÖR LÅNGSAMT"

– Det är bara synd att det går så långsamt! tycker Bernt Ericson. Näringslivet skriker efter folk som har ett tvärkunnande och inte bara är duktiga inom sin egen snäva specialitet. Ett sådant tvärkunnande får man just genom att lösa verklighetsbaserade problem.

En problembaserad inläring åstadkommer enligt hans åsikt inte, eller inte huvudsakligen, generalister. De färdiga ingenjörerna kommer fortfarande att vara specialister var och en på sitt

område, men de kan tala med och förstå andra utanför sin specialitet. Bernt Ericson brukar ge skillnaden mellan ett häftstift och en spik som illustration: spiken har en smal profil hela vägen, medan häftstiftet har sin smala specialitet men därutöver också en bredd.

Kommer då inte en annorlunda uppläggning av utbildningen att driva bort de teoretiska begåvningarna, de duktigaste studenterna som man verkligen borde värna om ? Bernt Ericson tror inte att risken är stor. Han föreställer sig att de grundläggande ämnena alltid måste finnas kvar som valbara alternativ i kurskatalogen. De briljanta teoretikerna eller de individualistiska uppfinnarsnillena hittar nog sina studieområden ändå. De kanske inte alls läser vid en svensk teknisk högskola i framtiden, utan plockar samman distanskurser från MIT och andra utländska lärosäten.

– Det är inte för det lilla fåtalet toppbegåvningar vi ska optimerat systemet. De klarar sig alltid! säger han.

– Systemet måste i stället anpassas till det stora flertalet teknologer, och motsvara deras behov så väl som möjligt.

KOMPLEXA SYSTEM

Svenska ingenjörer hävdar sig bra vid en internationell jämförelse, menar Bernt Ericson. Sverige har faktiskt ovanligt många multinationella företag per capita, företag som är inriktade på komplexa system som bilar, lastbilar, stridsflygplan, telekom-system, kraftsystem och pappersproduktion.

– Jag tror att vi kan bygga komplexa system på ett mer effektivt sätt än andra, säger han och berättar en anekdot som exempel. När Ericsson en gång deltog i arbetet med ett styrsystem för satelliten TeleX, så fick man besök av kollegor från ett franskt telekomföretag. Fransmännen visades in i ett laboratorium där det satt ett 15-tal personer, den grupp som arbetade med styrsystemet.

– ”Var är resten då, alla de andra?” frågade fransmännen. De var övertygade om att vi försökte lura dem. I deras företag satt flera hundra personer och arbetade med motsvarande uppgift!

Om svenska ingenjörer är bra på komplexa system, så kan det enligt Bernt Ericson åtminstone delvis bero på den prestigefria svenska attityden till teamarbete. Ingenjörer i Sverige är inte lika konkurrensinriktade som till exempel i USA; de har inte samma behov av att glänsa som individer på bekostnad av teamet.

Verkligt framstående insatser borde dock kunna belönas bättre, menar han. Det skulle inte vara så självklart att det alltid är styrelsemedlemmarnas och direktörernas insatser som ska premieras högst.

– Att en individ på en annan nivå skulle tjäna mer än VD anses idag omöjligt. Ändå kanske företaget gjort stora vinster just på grund av den individens arbete.

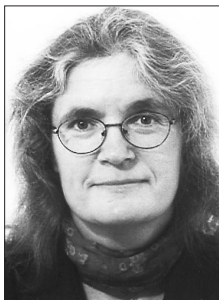
– Här borde företagskulturen ändras. Det är viktigt inte minst för att attrahera ungdomar till ingenjörsyrket.

– Unga människor av idag vill synas, inte bli en likformig kugge i ett maskineri. De skulle vilja höra att den som kommer med nya, spännande idéer faktiskt kan bli belönad! säger Bernt Ericson.

Han tycker det är märkligt att det ska vara lägre intagningspoäng till civilingenjörsutbildningen än till läkarutbildningen. Båda yrkena är viktiga, båda vill på olika sätt förbättra människors villkor. Den gamla bilden av ingenjören som hjälte lär (och bör) aldrig gå att återupprättas, men utbildningarnas dragningskraft måste förbättras – inte minst genom att själva utbildningarna förbättras.

"Sorry, it is not practical!"

AV **KAJSA ELLEGÅRD**



Varför visar det sig ibland att ingenjörs-
tekniska lösningar, som sett fina ut på
papperet, inte alls fungerar i praktiken?
Är det för att ingenjörerna varit för
dåligt tränade i att kommunicera med
dem som ska producera och använda
deras konstruktioner? Kanske är det så,
och kanske har detta delvis att göra med
brister i ingenjörernas människosyn,

menar **Kajsa Ellegård**, kulturgeograf verksam vid Tema-
institutionen i Linköping samt vid Göteborgs universitet.

"Sorry, it is not practical!", utbrister fabrikschefen i Chaplins "Moderna Tider" när ett tekniskt underverk, en matningsautomat, plötsligt börjar löpa amok vid det löpande bandet med Charlie Chaplin som arbetare i sina griparmar. Så länge matningsautomaten fick "torrsimma", och visa sina underfundigt uttänkta funktioner i kontorsmiljö och utan någon fastspänd människa vid "matningsbordet", så fungerade den utmärkt. Men när människa och maskin skulle samspela praktiskt gick det inte så bra. Detta anslår temat för min betraktelse kring frågan "Vad är en ingenjör?"

CIVILINGENJÖREN I SAMHÄLLET

På 1930-talet arbetade cirka 7.000 civilingenjörer i Sverige, 50 år senare fanns det ca 52.000. Nu ökar antalet ingenjörer starkt: hösten 1997 började till exempel hela 15.000 nya studenter läsa på civilingenjörsutbildningen och högskoleingenjörsutbildningen. Civilingenjörens roll i samhället kommer därmed att bli mer synlig och genomgripande än hittills. Vi kommer att få ingenjörer inom yrkesområden där annan utbildning tidigare dominerade, samtidigt som ingenjörnsrollen inom traditionell ingenjörsverksamhet kommer att förändras, inte minst för att nya tekniker ställer krav på en funktionsintegrerad och mindre hierarkisk arbetsorganisation.

När så mycket som ungefär 15 procent av varje årskull ska rekryteras till civilingenjörer måste vi också fundera över frågan: Hur mycket traditionell ingenjörsmässighet tål vårt samhälle?

En ingenjör måste kunna räkna utomordentligt bra och hur matematikutbildningen för teknologer organiseras har jag inga initierade synpunkter på. Som samhällsvetare kan jag emellertid konstatera att det blir allt viktigare att ingenjörer också kan reflektera över sociala konsekvenser av tekniska förändringar. Därför tror jag att utbildningen i många stycken måste ändras, så att kunskap om människor och sociala aspekter på ingenjörskonsten ges ett naturligt utrymme i skolningen till vardagligt ingenjörstänkande. Idag besitter endast en del civilingenjörer

sådan kunskap. Många av dem är äldre och har lång erfarenhet av samspel (eller brist på samspel) mellan människa och teknik. De har erövrat kunskapen genom reflektioner över sitt arbete och i sina konfrontationer med lösningar som bäst kan beskrivas med utropet "Sorry, it is not practical!"

Träning i att vidga det traditionellt tekniskt inriktade problemlösningstänkandet och reflektera över andra konsekvenser än de tekniskt beräkningsbara bör integreras i ingenjörsutbildningen. Det bör inte bara läggas bredvid i en speciell strimma, eftersom det kommer att bli en nödvändig del av den moderna ingenjörens yrkeskunnande.

Resultatet av en lyckad förnyelse av ingenjörsutbildningen kan innebära att yrket blir mer attraktivt, inte minst för unga kvinnor – och det är nog nödvändigt om de höga rekryteringsmålen ska kunna nås.

Genom informations- och kommunikationsteknikens utveckling har ingenjörskonsten kommit att gripa in i områden där det tidigare inte var så vanligt med tekniska insatser, som skola, administration och omsorg.¹ Här kommer det materiella ingenjörstänkandet rakt in i en värld där sociala värden länge varit huvudfokus. Inom serviceverksamheterna är den sociala dimensionen avgörande för resultatets kvalitet, och det räcker inte att tekniken i sig fungerar. Ingenjörer som verkar i sådana miljöer måste kunna bedöma sociala konsekvenser av föreslagna tekniska åtgärder. Här måste ingenjören också i mycket större utsträckning än vad som hittills krävts kunna kommunicera med beteendevetenskapligt och samhällsvetenskapligt skolade yrkesutövare.

Ingenjörens verksamhetsområde kommer således av allt att döma att breddas, vilket ställer nya krav på utbildningen. Samtidigt kommer innehållet även i traditionell ingenjörsverksamhet att förändras. Snabb utveckling och smidigt förändringsarbete betonas allt mer, och ingenjörerna måste i långt högre grad än hittills vara beredda att kommunicera om specialiserade produk-

tionsrelaterade frågor med människor med annan utbildnings- och erfarenhetsbakgrund än deras egen. Även detta ställer krav på förändringar i ingenjörsutbildningen.

VEM BLIR HJÄLTE?

Uppfinnar-Jocke i Kalle Anka fascinerade mig ständigt i min barndom. Han var den sanne hjälten, den som hittade lösningar på problem som föreföll fantastiskt utmanande – men samtidigt alldeles omöjliga. Min lillebror brukade syssla med att hitta kluriga lösningar på svåra problem. Han tyckte så synd om gatso-parna som måste göra något så tråkigt som att gå och städa på gator och torg. Han bekymrade sig därför mycket över hur han skulle kunna hitta på en fungerande pappersmagnet så att gatso-parna slapp gå med sina stålpinnar och ta upp pappersbitar, en efter en. Jag tyckte att idén med pappersmagnet var jättebra och kunde inte begripa varför inte någon hade kommit på det förr. Vi lanserade idén för mamma. Hon tyckte att vi borde förstå varför man inte ska kasta papper på gatan...

Både min lillebror och jag var naturligtvis oändligt mycket mer fascinerade av den tekniska lösningen, ”en pappersmagnet”, än av den trista förnumstigheten i att undvika att skapa problem. Mamma pekade dock på sitt sätt ut en ny ingenjörssroll för oss genom att insistera på att tekniken inte löser alla problem, utan att många problem kan lösas genom att tänka och handla på ett annat sätt.

I många fall kan en social inbäddning av tekniska lösningar betyda minst lika mycket för ett lyckat resultat som själva tekniken. Ett sådant synsätt genomsyrar emellertid inte ingenjörsutbildningen. Ansatser till att avsiktligt och samtidigt bedriva tekniskt och socialt förändringsarbete sprids mycket långsamt. Jag tror att det delvis beror på att ingenjörerna inte i sin utbildning tränats för sociala förändringar och att många ingenjörer är skeptiska mot sociala inslag i sin yrkesverksamhet. Jag tror också det beror på att produktionspersonalen inte alltid driver på för att få medverka i förändringsarbetet. För dem är det

mycket jobbigare att anstränga sig att själva lära sig att göra saker på ett nytt sätt än att överlåta åt någon annan (här ingenjören) att åstadkomma en lösning av teknisk natur. Eftersom det är så tungt att ändra på sina egna vanor kan man föredra att låta ingenjören få spela hjälterollen om det lyckas – och få stå med hundhuvudet om det inte går så bra...

Teknik måste kunna hanteras och förstås av brukaren för att fungera. Förr eller senare måste därför var och en försöka ändra på sina vanor. Frågan är alltså om detta ska ske i efterhand, så att människan anpassas till den redan installerade teknikens krav, eller om det ska ske i samverkan med en socialt skolad ingenjör redan från förändringsprocessens början? Mitt svar är klart och tydligt att tekniska lösningar som ska användas i produktion av varor och tjänster måste utvecklas och införas i samverkan mellan ingenjörer och brukare. Annars blir frustrationen stor på båda håll och det tar onödigt lång tid att genomföra förändringar.

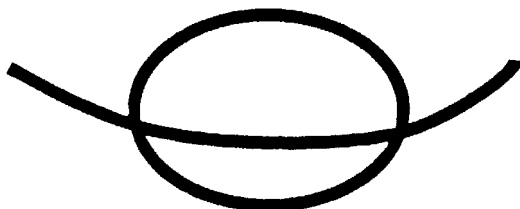
INGENJÖREN SOM YRKESMAN OCH PRIVATPERSON

I min erfarenhetsvärld spelar ingenjören minst två roller: en som yrkesverksam och en som privatperson. Ingenjörens yrkesjag ser tekniken som människans medel att betvinga naturens krafter. Människan (läs ingenjören) är subjekt och naturen eller artefakter är objekt för hans arbete. Objekten förutsätts vara påverkbara på ett entydigt och förutsägbart sätt. Detta har länge varit en framgångsväg: "Om jag lutar planet lite mer så hasar min klots ner lite snabbare". Formler och regler hjälper ingenjören att lösa problem och kontrollera processer och flöden av materia. I teorin kan resultatet bli perfekta tekniska lösningar. Yrkesjaget är perfektionistiskt och har under sin skolning lärt sig att det finns lösningar som är antingen rätt eller fel. Yrkesjaget har under hela sin utbildningstid varit duktig och gjort rätt, men vet inte riktigt hur det känns att göra fel och är därför lite rädd för att fela.

Mellan det stolta resultatet av yrkesjagets ansträngningar, hans teoretiskt väl fungerande tekniska lösningar, och lösningarnas

genomförande i en social värld, finns ett glapp där ingenjörens sociala tillkortakommanden avslöjas. Något fattas när tekniska lösningar och människor ska samspela praktiskt, vilket skapar utrymme för kommentarer som "Sorry, it is not practical!"

Människor har olika erfarenheter och olika föreställningar om hur världen ser ut. Därför är deras bilder av en och samma arbetsplats komplexa och varierande. Under sin utbildning får ingenjören ändå lära sig att avbilda människor i produktionen som om de vore lika. Därmed underförstås att individernas olika värderingar och erfarenheter inte spelar någon större roll för produktionsresultatet. Verklighetens färgstarka människor reduceras i ingenjörens fabrikslayouter till objekt, avbildade enligt samma princip som artefakter, ting, se figur 1.



Figur 1. Ingenjörstecken för en människa i layouter.

Symbolen illustrerar att det här ska stå en människa för att mata en maskin så att produktionen kan flyta. Så kan man betrakta en utrustning, den står kvar där den placerats om man inte flyttar den, den ser likadan ut och utför samma moment i produktionen dag efter dag. Men jag tycker inte att man ens bör antyda människans roll i produktionen på samma vis, eftersom det är så fjärran från den verkliga situationen. Även om man ansträngt sig för att göra arbetsmomenten så enkla och lika som möjligt, så är det svårt att få tekniken att fungera helt planenligt. Människornas variationsrikedom och komplexitet slår ändå

igenom eftersom de kan må bra eller dåligt, kan vara mer eller mindre koncentrerade på själva arbetet och vara nöjda eller missnöjda med sitt jobb olika dagar. Sådana sociala faktorer sätter spår i arbetsutförandet, dvs hur tekniken utnyttjas.²

I ingenjörens dagliga arbete med layouter och liknande tror jag dessvärre att risken för att han omedvetet hanterar människor som objekt är stor. Vid öppna diskussioner skulle hans reflektioner sannolikt leda till att han tänker annorlunda. Kanske räcker det därför med att tydliggöra riskerna med att framställa människor som objekt för att få ingenjören att ändra sin omedvetna syn?

Ingenjörens privatjag är ofta intresserat av kultur, musik, konst, litteratur, teater, språk, resor, mat, viner osv. Det är områden som till skillnad från hans yrkesfält präglas av stor generositet när det gäller tillåten (eller rent av eftersträvad) variationsrikedom, och där alla mänskliga sinnen aktiveras och utnyttjas. Privatjagets kulturella ådra börjar odlas tidigt, och det är nog inte för inte som generation efter generation av just teknologer är så framgångsrika med att skriva och framföra teaterspex. Därför har säkert yrkesjaget ingen medveten strävan att betrakta människor som lika och rita in dem i layouterna som om de vore objekt. Detta är snarare en teknisk konvention som grundläggs tidigt i skolningen till ingenjörsyrket. Den bör därför inte vara så svår att bryta, men det krävs ett tydligt alternativ!

O R I E N T E R I N G S H J Ä L P M E D E L V I D K O M M U N I K A T I O N

Kartans roll

Människor utvecklar ständigt sin förmåga att kommunicera med varandra, både med hjälp av tal och skrift, av bilder, kroppsrörelser, blickar, gester, ljud och lukter, och nya tekniska hjälpmedel. För att kunna kommunicera om innehållet i ett budskap räcker det emellertid inte att ha bra kommunikationsmedel. Vi måste också veta vad som menas med de begrepp som används och därigenom komma överens om hur vi kan jämkra ihop olika

ståndpunkter – eller erkänna att det föreligger olika uppfattningar.

För att nå ömsesidigt meningsfull kommunikation i en viss situation underlättar det att ta fram en bild av det fenomen som vi gemensamt kan anknyta våra diskussioner till. Eftersom jag är kulturgeograf liknar jag en sådan bild vid en karta. För att kartan ska vara användbar i kommunikationssyfte duger det inte att var och en har sin subjektiva karta. Vi måste redan när kartan ritas upp komma överens om kriterier för hur olika företeelser ska avbildas och sedan hålla kriterierna i minnet när vi använder kartan. På geografispråk säger vi att projektion, skala, norrpil och konsekventa tecken för det som avbildas måste anges.

Varje människa har sin alldeles egna bild av sin omgivning, som naturligtvis utgår från hennes uppfattning om det hon vet om världen. Den som till exempel bor i Östergötland har en annan subjektiv bild av Sveriges geografi än en människa vars subjektiva karta genererats i en Norrlandsort. Den som emellertid använder en karta i en atlas, ritad enligt gängse regler för projektion, kartografiska symboler, norrorientering etc. kan däremot orientera sig väl oavsett om hon är från Östergötland, Norrland eller någon annan plats.

Om en karta ska användas av människor från många olika grupper och platser, men om bara en av grupperna känner till kriterierna för hur kartan har ritats, så kommer övriga grupper att få problem. De som inte kan läsa kartan går lätt vilse i terrängen. Här finns en uppenbar koppling till ingenjörens nya roll i arbetslivet. Om olika världsbilder (kartor) utvecklas i olika delar av ett industri- eller tjänsteföretag – om exempelvis en bild skapas av och är giltig för gruppen ingenjörer, medan en helt annan bild skapas parallellt av produktionsavdelningens personal – så är det högst sannolikt att det blir svårt att göra effektiva förändringar i produktionen och regelstrukturen. Man har helt enkelt utvecklat olika subjektiva kartor för att orientera sig i samma verklighet – och båda parter anser att den andra gruppen gått vilse.

Karta och makt

Varför uppstår problem när människor i olika grupper inom en organisation samtidigt utvecklar och vidmakthåller olika bilder av samma produktion och dess förutsättningar? Att olika erfarenheter skapat olika kartbilder är en förklaring – men det kan inte bara handla om detta. En annan förklaring rör maktförhållanden i verksamheten. Varje grupp inom ett företag vill ha kontroll över sitt eget arbete och sin arbetssituation. Produktionspersonalen skaffar sig makt genom att kontrollera flödets faktiska fysiska förlopp genom verksamheten. I analogi med terrängen kan man säga att de har trampat upp och känner alla stigar och genvägar, och därför har deras subjektiva karta stor detaljeringsgrad. När förutsättningarna för flödet ändras, till exempel genom att en ny utrustning införs, rycks en del av produktionspersonalens historiskt etablerade kontrollmöjligheter (makt) över flödet undan. Deras osäkerhet ökar och deras gamla stigar leder inte längre dit de brukade – om de alls finns kvar. Medvetet eller omedvetet kan de då, för att bibehålla sin maktposition, agera så att förändringen försenas eller inte alls kan genomföras.

Ingenjörens makt är den omvända. Han har möjlighet att ändra i det materiella flödet, och därmed rucka på förutsättningarna för produktionspersonalens kontroll. Ingenjören kan med andra ord ändra på själva terrängens utseende, flytta på stenar och leda om stigar och bäckar.

Om produktionspersonal, å ena sidan, har temporär men full kontroll över det rutinmässiga fysiska flödet av produkter eller tjänster i den anläggning (terräng) som de känner och har erfarenhet av, så har ingenjören, å andra sidan, kontroll över terrängens utformning och förändring. Införandet av ny utrustning sätter fysiska spår i terrängen och innebär att layouten över fabriken måste förändras.³ Därmed måste alla berörda orientera sig på nytt i produktionsterrängen – de måste rita om sin subjektiva karta och successivt lära sig kontrollera det nya.

Jag tror att ingenjörernas stora makt över den fysiska utrust-

ningen är en viktig förklaring till att problem ofta uppstår vid förändringar, eftersom ingenjören inte självklart kommunicerar på ett sätt som produktionspersonalen förstår. De flesta ingenjörer har hittills inte förväntats ägna sig åt sådan verksamhet och de saknar skolning för ändamålet. Detta har i sin tur legitimerat en negativ inställning till social förankring av tekniska förändringar, vilket gör ingenjörerna mindre intresserade av att diskutera villkoren för nya tekniska lösningar i produktionen.

Det krävs alltså bättre och mer konstruktivt inriktad kommunikation mellan ingenjörer och produktionspersonal inför förändringar i verksamheter. Jag menar absolut inte att man kan rösta om huruvida en viss utrustning eller ett visst program är mer tekniskt effektivt än ett annat – en sådan syn på förberedelse och förankring av tekniska förändringar är mig fjärran. Den rent tekniska lösningen kan man ”räkna på”. Däremot kan det vara svårt att få även den tekniskt sett mest fulländade lösning att fungera i praktiken om inte ingenjörerna kommunicerar och gör överenskommelser med dem som ska nyttja den nya utrustningen i sitt arbete baserade på ömsesidig förståelse av förändringen.

Den tekniskt briljante ingenjör som inför sofistikerade förändringar utan att ha gjort noggranna förberedelser med berörd personal åstadkommer sannolikt ett sämre resultat än den ingenjör som inte är lika briljant, men som är tillräckligt tekniskt duktig och som samtidigt förmår att hantera införandet socialt. Onödigt höga kostnader och utdragna förändringsprocesser kan undvikas exempelvis genom att låta olika personalgrupper, utifrån sina respektive perspektiv men med en gemensamt överenskommen bild av verksamhetsprocessen, kommunicera om tänkbara konsekvenser av den förändrade tekniken och produktionsuppläggningsen.

HIERARKIER OCH MÄNNISKOBILD

Kanhända delvis som en följd av att människor i layouter över produktionen reducerats till identiska objekt (jämför figur 1) ger ingenjörens yrkesjag, ibland omedvetet och ibland medvetet,

människor olika värde beroende på deras position i yrkeslivet. Åtminstone inom industriell produktion tycks en del ingenjörer i kraft av sin längre teoretiska utbildning se sig som överlägsna dem som sköter eller övervakar produktionsflödet. Detta tar sig enligt min erfarenhet en rad olyckliga uttryck. Osynliga men betydelsefulla murar byggs upp mellan de olika grupperna. Murarna hindrar reflekterad kommunikation mellan ingenjörer och produktionspersonal om produktionen och dess villkor, och kan lätt göra allt förändringsarbete mycket svårt och utdraget.

Mina erfarenheter från andra länder är dock att murarna mellan olika funktionella nivåer är högre där än i Sverige. Ansvar och befogenheter är strikt uppdelade mellan nivåer och avdelningar. Inom ramen för denna strikta uppdelning hålls möten med produktionspersonal, arbetsledare och produktionstekniker där produktionspersonalen får redogöra för sina förbättringsidéer i olika former av kvalitetscirklar. Sett från mitt utifrånperspektiv utnyttjas situationen av ingenjörer och företagsledning, genom att produktionspersonalen svarar på frågor för att de måste. De får inte på något annat sätt vara aktiva i utformningen och införandet av nya tekniker.

För svenska förhållanden gäller, inte minst om vår industriproduktion ska kunna hävda sig i den globala konkurrensen, att vi måste utnyttja de komparativa fördelarna av att vi tidigt började utveckla mindre hierarkiska arbetsformer. Resultaten har varit speciellt lyckade där produktionslag fått ansvara för alla uppgifter i hela kedjan från kundmottagning, via produktion av vara eller tjänst fram till leverans till kund.⁴ Här bör den nya ingenjörsutbildningen utnyttja erfarenheterna, se vad som varit förbildligt och vidareutveckla detta.

Problemet med människosynen under skolningen av ingenjörer är i detta sammanhang värt en stunds reflektion. Minst två förhållanden behöver ändras för att komma bort från det som idag utgör hinder: människosynen och ingenjörernas självbild. För att ändra människosynen bör det som något hårdraget kan karaktäriseras som pennalistiska inslag i daningen av teknologer

elimineras, vilket konkret innebär att nollning och insparkar på högskolorna bör upphöra.

Nollning som symbol för en dold människosyn

Många tycker att nollning är roligt, och att det är roligt när människor gör bort sig eller gör saker som man inte förväntar sig att de ska göra. Det är klart att man ska ha roligt under sin studietid, och humor och satir är utvecklande för kreativiteten om det sker exempelvis i teaterns former där alla inblandade spelar vissa roller. Jönsens roll är lika viktig för åskådarens behållning av föreställningen som retstickans. Men det är inte bra när rollerna tilldelas personer som inte vågar eller tillåts säga att de inte vill vara med, när det alltså sker utanför skådespelets former. Högskolorna bör inte gå med på att de nyantagna teknologerna redan i början av utbildningen lär sig acceptera företeelser som har pennalistiska inslag, som exempelvis nollningen.

Nollningen kan bidra till att någon eller några teknologer per år och högskola utvecklar en uttalad människosyn där det är legitimt att se ner på den svagare eller underordnade. Samtidigt får troligen betydligt fler teknologer genom nollningen en dold människosyn som signalerar att det "kanske inte är så farligt att ta den starkares parti" i en konflikt. Det bekymmersamma för företagen och nationen är förstås att denna människosyn riskerar att försvåra arbete med förändringar och förbättringar av verksamheten.

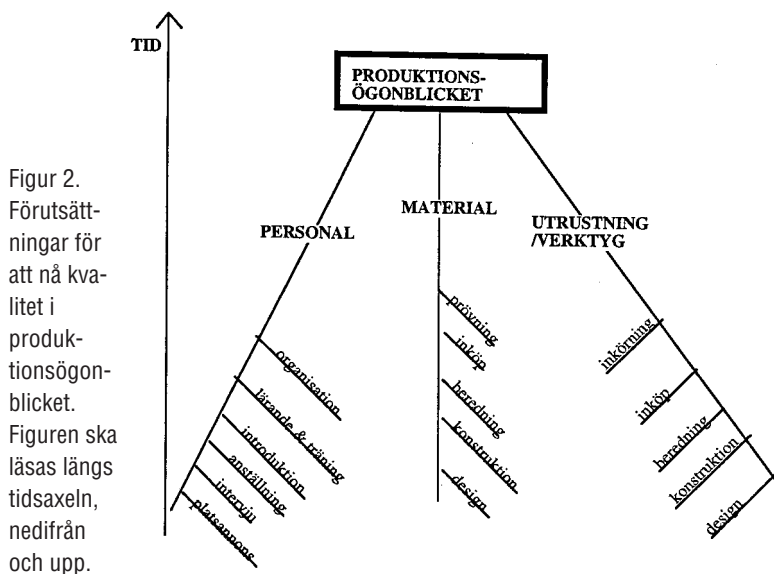
Kvalitet i produktionsögonblicket

En mer reflekterad människosyn kan skapas genom att utveckla andra introduktionsritualer än nollning. Ansvar för detta bör vila på personer som fungerar som positiva förebilder för teknologer: företagsledare, uppfinnare, visionära och handlingskraftiga ingenjörer och konstnärer. Teater och spextraditionen är en utmärkt utgångspunkt!

Vad gäller ingenjörernas självbild, så kan den förändras genom att man betraktar kvalitetsbegreppet. De flesta är överens om att kvalitet inte bara är resultatet, varan eller tjänsten som produ-

ceras, inte heller bara den enstaka maskinen eller det enstaka datorprogrammet, dvs resultatet av ingenjörens traditionella uppgifter. Kvalitet åstadkoms genom att hela produktionsprocessen inbegrips, vilket kan tydliggöras genom att fokusera på produktionsögonblicket. Just i detta ögonblick avslöjas om samverkan mellan alla olika specialister och yrkesutövare under såväl design, konstruktion, processberedning, produktion och service fungerar tillfyllest. Det är i produktionsögonblicket som värde genereras, ett värde som kan bli högre ju större möda man lägger ner på att skapa gynnsamma – tekniska och sociala – förutsättningar för dess genomförande.

Ingenjören och den direkte producenten måste tydligare samverka så att bästa kvalitet på varan eller tjänsten åstadkoms just i produktionsögonblicket. Det räcker inte att ingenjören har utvecklat perfekta tekniker och verktyg, om inte dessa kan användas av personalen. Det räcker heller inte att tekniken är perfekt och att personalen behärskar den fullständigt, om materialet är av låg kvalitet.



Bilden i figur 2 visar att kvalitet genereras i produktionsögonblicket om alla förberedelser är gjorda. Kvalitet kan inte åstadkommas om förutsättningarna saknas i någon del av helheten.⁵ Eftersom produktionsögonblicken ständigt avlöser varandra måste uppföljning och förbättringsarbete också ständigt pågå, vilket innebär att kommunikation mellan ingenjörer och producenter måste ske fortlöpande. Då får inte ingenjörerna betrakta de människor som i produktionsögonblicket sammanför alla erforderliga förutsättningar för kvalitetsprodukter med en nedlåtande människosyn, som om de vore utbytbara och identiska objekt.

INGENJÖRSUTBILDNINGENS UTMANING IDAG

Vad behöver göras för att ingenjörsutbildningen ska kunna möta de nya krav som ställs i vårt alltmer teknikintensiva samhälle, så att de nya ingenjörernas kunnighet passar för de verksamheter de kommer att engageras i? Traditionsbrott i utbildningen är nödvändiga, men de får inte vara så stora att rekryteringen försvåras.

Ingenjörer måste i betydligt större utsträckning än hittills arbeta närmare och tillsammans med de människor som producerar varor och tjänster. Ingenjören kommer således att utgöra en daglig resurs för problemlösning för människorna i produktionen. Även det omvända förhållandet gäller: kunnigheten och erfarenheterna hos människorna i produktionen blir en allt viktigare resurs för ingenjörens utvecklingsarbete, inte minst för att det ställs större krav på snabbhet i förändringsprocesserna. Med gemensamma "kartor" över produktionsförutsättningarna kan ingenjörerna och de produktionsverksamma tillsammans snabbt åstadkomma stora förbättringar. Detta innebär att gränser mellan traditionella nivåer bryts upp och att mer effektiva situationer för ömsesidigt lärande och utvecklingsinriktat produktivt arbete kan skapas.⁶

Idéflödet mellan pre-production (design, konstruktion, produkt-, process- och produktionsberedning) och produktion av

varor och tjänster måste också öppnas ytterligare för att snabba åstadkomma bättre och mer välgrundat förändringsarbete. Exempelvis bör arenor för regelbundet och handlingsorienterat utvecklings- och förändringsarbete skapas där idéer och förslag kan dryftas av personal med olika specialisering och erfarenhetsbakgrund – ingenjörer och andra i verksamheten. Ingenjörer bör också diskutera långsiktigt betydelsefulla produktionsrelaterade konsekvenser av förändringar, till exempel konstruktionsändringar, direkt med kompetenta och erfarna brukare i produktionen.

Båda dessa fora innebär att ingenjörerna själva blir brukare av andras direkta erfarenheter av tekniken i sitt arbete. Alltså bryts inte bara gränsen mellan nivåer utan också gränser mellan traditionella funktioner upp. Detta kräver en tydlig ledning av verksamheten och konstruktivt kreativa rutiner för att hantera problemlösning, utvärdering och spridning av idéer. Uppbrottet från traditionella vertikala och horisontella gränsdragningar kan göras på ett naturligt sätt, dels då det ställs nya krav på verksamhetens förändringsbenägenhet och dels då ingenjörerna utvecklar större förståelse för att tänka i både tekniska och sociala termer som resultat av den nya ingenjörsutbildningen.

Människor har och bör ha olika kompetenser, olika utbildningar och olika roller i verksamheten, och var och en av behövs för att åstadkomma kvalitet i produktionsögonblicket. Detta är en grundläggande föreställning som jag tycker bör genomsyra den nya ingenjörsutbildningen. Människosynen måste därför diskuteras grundligt inom utbildningen av ingenjörer, både så som den framstår direkt i kurserna och så som den framträder indirekt. Då blir det lättare för ingenjören att aktivt delta i införandet av nya tekniker inte bara inom traditionell industriell verksamhet utan också i mer servicebetonade näringar. Socialt tränade ingenjörer kommer att bli en eftertraktad yrkesgrupp på arbetsmarknaden för att de har tränat sin sociala förmåga och för att de därmed kan göra ett bättre ingenjörsjobb i komplexa företag med snabbt växlande produktion och höga kvalitetskrav.

FOTNOTER

1. Vården har däremot sedan länge haft stark teknikorientering.
2. Dessa oförutsägbara, individuella variationer är ett av skälen till att det teoretiskt sett mycket effektiva löpande bandet inte är så effektivt i en verklig produktionsmiljö.
3. Gunnar Myrdal skrev i sin bok "Om objektivitetsproblemet i samhällsvetenskaperna" att "Fakta sparkar", och ansåg att det inte går att komma ifrån att det som faktiskt sker sätter spår i verkligheten. För teknikerna är detta mycket påtagligt eftersom deras verksamhet kan ändra terrängen och därför måste alla kartor ritas om.
4. Till exempel i ABB's T50-projekt och i Volvos fabrik i Uddevalla, nuvande Autonova AB.
5. Vem vill höra kommentaren "Sorry, it is not practical!" när en ny utrustning körs igång?
6. Jag har själv prövat ett sätt att avbilda arbetsprocessen i bilmontering med en tidsgeografisk metod. Den avbildningen (eller kartan) ligger nära ingenjörers flödestänkande. Den tar hänsyn till vilka störningar och problem som uppstår under genomförandet av arbetsprocessen. Man kan jämföra den planerade arbetsprocessen med det arbete som faktiskt genomförts i verkligheten med hjälp av dessa tidsgeografiska kartor.

Med kugghjul i stället för hjärta?

AV ANNMARIE ISRAELSSON



Ordet ingenjör, har det med "geni" att göra, eller med det prosaiska "gignere", föda? Varför bleknade ingenjörernas gamla hjältegloria, så att uttrycket "social ingenjörskonst" blev något negativt, och ingenjörerna till och med under en period skälldes för kapitalistlakejer? Dessa och andra frågor kring begreppet ingenjör diskuteras av **AnnMarie Israelsson**. Hon

har varit informationschef för dåvarande högskolan i Luleå samt chef för Teknikens Hus i Luleå, och engagerat sig mycket för att intressera inte minst flickor för teknikens område.

När jag en gång för många år sedan skulle byta jobb, från den s.k. kulturella sektorn till den tekniska i form av dåvarande byggforskningsinstitutet, kom en god vän med en kommentar som överraskade mig. Åh, sa hon, på sin ädlaste skånska, så härligt för dig att få vara där det vimlar av smalhöftade ingenjörer! Och jag som ska va´ kvar bland de bleka bibliotekarierna!

Varje människa har givetvis sin egen föreställning om både ingenjörer och bibliotekarier. Min goda vän ville säkert inte förtala bibliotekarier, hon ville snarare förmedla sin bild av ingenjörer, och det var den jag blev överraskad av. Jag hade ju också genom åren format min bild av ingenjören, och några speciella fysiska företrädan hade jag inte sett som det typiska.

När jag nu långt senare började reflektera över min bild av ingenjören kom jag genast – och först – ihåg min goda väns kommentar om de smalhöftade. Ingenjörens yttre skepnad är förstås ändå inte särskilt viktig, annat än i ett könsperspektiv. För att gå vidare ställde jag därför rubrikens fråga till några människor i min närhet. Jag fick ganska olika svar:

En civilingenjör av den äldre skolan:

En person som på frågan "Vad blir 2x2?" tar upp sin räknesticka och säger: "Ungefär 4".

En kvinnlig högstadieselev som just valt till gymnasiet:

En tråkig typ med kugghjul i stället för hjärta.

En samhällsintresserad kvinnlig akademiker i medelåldern:

En "smal" men duktig yrkesman som är bra på teknik men som inte ser till miljön eller till humanistiska värden.

En nyfiken elvaåring:

En gubbe som uppfinner saker, förstås!

EN GÅNG VAR INGENJÖRERNA HJÄLTAR

Alla våra föreställningar om ingenjören har förstås rötter i historien. Jag har förstått att under 1800-talet och en bra bit framöver var ingenjörerna hjältar. De stod för utveckling, för en ny tid, för djärva bedrifter på det tekniska och naturvetenskapliga området och för att i grunden förändra det svenska samhället och världen. Det var Baltzar von Platen med Göta kanal. Det var bröderna John och Nils Ericson med lok och järnvägar, och Lars Magnus Ericsson med telefonen. Det var Gustaf Dahlén med fyrarna. Det var också den precise äventyraren ingenjör Andréé med ballongfärden, och så småningom alla flygets pionjärer. Den svenska ingenjörskonsten lade grunden till det svenska välståndet, det har vi fått lära oss.

Jag kunde också förstå att med den tekniska, industriella och ekonomiska utvecklingen blev ingenjören en person att vörda och se upp till. Han hade makten och kunskaperna, och dessutom pengarna. På bruksorterna i Bergslagen var ”ingenjörn” stor i det lokala samhället – representant för en ny överklass, men också nästan ett slags fadersgestalt, som styrde och ställde till det bästa för alla.

De unga männen i den ökande medelklassen ville gärna bli som han. Ingenjör skulle man bli om man ville komma någonstans här i världen. I de filmer från 30- och 40-talen som nu är eftermiddagsnöje i TV och som man ser med ett överseende leende, verkar ingenjörerna visserligen lite träaktiga men oftast hederliga och lyckade.

I min gymnasieklass på 50-talet ville också de flesta pojkarna bli ingenjörer. De hade lagt de barnsliga drömmarna på hyllan, drömmarna om att bli brandman, lokförare eller som Nacka Skoglund fotbollsspelare i Italien. Men trängseln var stor på de då fåtaliga tekniska högskolorna, och ett misslyckande på en enda studentskrivning kunde betyda att man inte kom in på utbildningen. Flera kunde, som några av mina studentkamrater, falla igenom av nervositet i sina muntliga studentförhör så att de inte

fick de betyg som KTH eller Chalmers krävde. Personliga misslyckanden i gymnasiet gjorde att många blev lärare eller statstjänstemän, fast de hellre hade velat bli ingenjörer.

Jag har sedan ibland undrat vad detta har betytt, inte bara för personerna som misslyckades utan också för dem som lyckades, och för ingenjörsutbildningarna och hela ingenjörs kåren. Kanske en del av den kåranda som bl.a. yttrat sig i nollning på gränsen till pennalism har sitt ursprung i teknologernas känsla av att höra till den absoluta eliten, till dem som lyckades. Kanske kan ingenjörers ibland demonstrerade oförmåga att se utöver sitt eget område också vara en funktion av att man redan från början kände sig vara bäst.

Ingenjörsyrket hade en åtråvärd kombination av makt och kunskap. Ändå uppfattade jag och säkert många med mig den tidens ingenjör som en samhällets tjänare. Med teknikens hjälp skapade han ordning och god funktion i verklighetens kaos. Han kunde vara lite slätstruken och småtråkig som person, men en hedervärd yrkesman... ja, man hade han ju alltid varit.

Men så småningom förändrades den här bilden av ingenjören, också min egen. Hur gick det egentligen till? Hur kunde hjälteglorian blekna så pass radikalt att det till slut i vissa fall blev nedsättande att kallas ingenjör? Hur kunde t.ex. begreppet social ingenjörskonst uppstå, med sin negativa laddning av klåfingrigt ingripande i samhällsprocessen och i människors liv? Ingenjören var ju tidigare den som i kraft av sina kunskaper ordnade och ställde i samhället och använde tekniken så bra som möjligt, till människornas fromma. Var kom uppfattningen om klåfingrighet ifrån?

GENI I INDUSTRIENS TJÄNST?

Kommen så här långt i mina funderingar kring ingenjören blev jag tvungen att gå till en ordbok och ta reda på själva ordets ursprung. Det var intressant läsning. Jag hade nog trott att ordet främst hade att göra med geni – inte för att alla ingenjörer är

genier, men ordlikheten fanns ju. Ett flertal ljus gick emellertid nu upp för mig, på gott och ont.

Först tvingades jag inse att det franska ordet ingénieur ursprungligen betecknade en som byggde krigsmaskiner, och grundordet engin betydde krigsmaskin. En civilingenjör är alltså en civil byggare av krigsmaskiner. En del av våra svenska s.k. exportframgångar har faktiskt berott på detta, mindes jag. Kanske också många flickors instinktiva motvilja mot teknik skulle kunna hänga ihop med kopplingen till krig?

Via några hänvisningar i ordboken kom jag så småningom ändå fram till ordet geni. Då hade jag på vägen passerat bl a ingenium som betyder natur, skaplynne och begåvning. Ordet geni är förstås franskt och hör i sin tur ihop med det latinska ordet genius, skyddsande. Men, säger ordboken, detta ord genius kom så småningom att betyda vett, smak och kvickhet, trots att dess rot är trivialare än så: det latinska verbet gignere som betyder föda, och som också är roten till det franska gagner, vinna eller tjäna, t.ex. tjäna pengar.

Med de här ordförklaringarna i minnet tyckte jag mig se hur bilden av ingenjören som samhällstjänare förändrades av de politiska strömningarna frampå 60-talet. Ingenjören, med sin knytning till industri och näringsliv, sågs som ett instrument för kapitalets styrning av medborgarna. Kapitalistlakej var ordet i dåtidens vokabulär.

Genast hade ingenjören kommit ut på hal is. Vett, smak och kvickhet var det inte längre tal om – nej, nu var det främst fråga om att tjäna pengar, att föda sig och kapitalet – gignere! I och med detta blev ingenjörens rykte tvivelaktigt. Han blev beskylld för att vara okänslig, se människor och samhälle som maskiner, och då var steget inte långt till att ingenjörskonst blev något man rent av kunde anklagas för. Där tyckte jag mig se ursprunget till uttrycket social ingenjörskonst: att se individer som kuggar i samhällsmaskineriet och ingenting annat.

Undra på då att det kunde vara svårt att få unga människor på 70- och 80-talen att ägna sig åt ingenjörstudier och ingenjörssyrket. Bara de allra mest teknikhängivna ville bli ingenjörer. Ungdomar med en mera kritisk syn på tekniken och med sociala ambitioner för sitt framtida liv höll sig borta från de tekniska utbildningarna. Det var säkerligen inte bra för vare sig utbildningarna, ingenjörsskrået eller tekniken i sig.

Först i det individcentrerade 90-talet började vi se en rejäl ökning av ingenjörens status. Men det handlade mest om att tjäna pengar, föda sig, gignere. Kopplingen till kapitalet var alltså obruten. Jag och många med mig har hos ingenjörer sett en okänslighet för allmänmänskliga frågor, som t.ex. kunde yttra sig som ointresse inför kopplingen mellan teknik och miljö eller brist på kritisk blick på den egna verksamheten. Inte för inte myntades begreppet genetic engineering: att manipulera med arvsanlag för att skapa en levande maskin.

Jag känner att jag har svårt att komma förbi vulgärbilden av ingenjörerna som ett lite snävt tänkande men manipulerande gäng i storindustrins tjänst, de flesta dessutom män. Och vissa utslag av ingenjörskonsten i sen tid har onekligen gett näring åt den bilden. Många av de storföretagsledare som i dag figureerar i fallskärmsmanhang är faktiskt i grunden ingenjörer. Jag har dessutom märkt en särskilt bland de äldre i kåren utbredd föreställning om att en ingenjör kan klara i stort sett allt i ett företag, från ekonomi till personalfrågor, utan att darra på manschetten. Något annat skulle vara att erkänna en svaghet – eller att få inse att man inte sett till att anställa de rätta medarbetarna.

Ingenjören har som sagt alltid varit man, men de senaste tio åren har det ändå börjat komma in en del kvinnor i kåren. Inte bara de duktiga pappa-ingenjörens flickor, som gärna gått klassisk maskinteknisk linje, utan också andra: samhällsbyggare från Luleå med miljöengagemang, arbetslivsorienterade KTH-are, språkkunniga ekonomiingenjörer från Linköping. Detta ska man glädjas åt – men samtidigt inte tro att ingenjörssyrket över en natt

kommer att förändras genom kvinnlig påverkan. För vem har fostrat de nya kvinnliga ingenjörerna? Det är först när kvinnorna skaffat sig prestige och respekt genom egna framgångar, både i utbildning och arbetsliv, som de kan tänkas orka förändra systemet.

Och vart har uppfinnaren tagit vägen, den som elvaåringen såg och som använder sin fantasi för att lösa små eller stora mänskliga problem. Finns han eller hon numera på de stora företagens utvecklingsavdelningar? Eller är det bland forskarna på de tekniska högskolorna man ska leta?

Jag upptäcker att min bild av ingenjören genom tiderna är mycket splittrad, och frågar mig varför. Kanske beror det på att ingenjören i sin verksamhet har varit beroende av den rådande tidsandan. Så länge ingenjören har funnits har han, och numera även hon, verkat och måst verka inom ramar som satts upp av samhället runt omkring.

Detta gäller ju inte bara ingenjörer, kan man tycka. Men kanske gäller det i särskilt hög grad just ingenjörer, eftersom ingenjörerna så länge varit samhällets tjänare. Det har berott på samhället vilka uppgifter ingenjören har fått, förutom när det gäller uppfinnare som framtonat som ett egensinnigt släkte som sysslar med det som roar dem själva.

Men, invänder någon, det har också varit ingenjörerna som har drivit på samhällsutvecklingen. Tänk på 1800-talets pionjärer – eller 1990-talets kommunikationstekniker! Utan den tekniska utvecklingen skulle samhället inte se ut som det gör.

INGENJÖRERNA OCH SAMHÄLLET

Min fråga är då: på vems uppdrag och i vems intresse drivs samhällsutvecklingen av tekniken och av teknikens företrädare, ingenjören? Om man vill se ingenjören som problemlösare – vems problem löser han numera?

Samhällsengagemanget, lusten att vara med och bestämma sam-

hällsinriktningen, tycks ofta vara mindre hos ingenjörer än hos vissa andra yrkesgrupper. Ingenjörernas röster hörs sällan i den offentliga debatten, annat än möjligen för att försvara den tekniska utvecklingen som sådan. Ingenjörer är sällan politiker, med intresse för att driva på samhällets utveckling i den ena eller den andra riktningen. Om ingenjören i sin yrkesroll har möjlighet att välja i vilken riktning samhället ska påverkas – avstår hon/han då från detta och svär sig fri från ansvaret?

Min vulgärbild är kanske sann. Ingenjören är kanske trots allt den smala, ensidigt teknikfokuserade person som hon/han ofta framställs som.

Men går det verkligen att isolera teknikens utveckling från samhällets, i alla dess olika delar? Teknik och samhälle är i dag oupplösligen sammanflätade till en tät väv, där det är svårt att se de olika inslagen. Kanske är det just därför som vi nu sysselsätter oss med att söka fastställa vad en ingenjör är – för att ingenjören har blivit allt anonymare i den allt tätare föreningen mellan teknik och samhälle?

I går var ingenjören en konstruktör som konstruerade vid ritbordet, men som också på platsen kunde följa hur hans instruktioner och idéer efterlevdes och avläsa resultatet av sin verksamhet ute i produktionen. Ingenjören märktes. Ingenjörskonsten fanns. Fortfarande lever den här lyriska föreställningen om ingenjörskonst – alldeles nyss t ex i lanseringen av en ny bil: "Ingenjörskonst. Växellådan är en dröm, bromsarna tryggheten själv och motorerna silkgare än någonsin".

Men i dag är ingenjören behagligt avskärmad från verkligheten vid sin dator. Ritningen är tredimensionell och ger redan på skisstadiet i datorn en känsla av säkerhet åt sin konstruktör. Verkligheten kanske kan lämnas där utanför – ritningen på dataskärmen blir minst lika verklig. Och dessutom lättare att manipulera.

Ingenjören blir mer och mer en specialist, som tar sig an en eller annan detalj som visserligen kan vara viktig, men som inte vägs

in i ett större sammanhang. Till slut har ansvaret för tekniken flutit ut så att ingen egentligen kan ta det. Det kanske är då vi får sådana resultat som det vi såg vid det miljöskadliga tunnelbygget genom Hallandsåsen.

EN NY INGENJÖR

En innovatör på Volvo föreställde sig en gång för några år sedan ett helt nytt sätt att bygga bilar, i en vision av den framtida bilfabriken. Projektet handlade, såvitt jag kunde förstå, om att skapa en generell kompetens hos alla i ett arbetslag för att bygga en hel bil från början till slut – enkelt uttryckt att ge bilbyggarna specialistkompetens som generalister. Tyvärr gick hela projektet i kvav i 80-talsturbulensen och fabriken hann aldrig tas i bruk innan den var nerlagd. Även om vissa delar av tänkandet finns kvar så fick idén inte komma till sin rätt.

Skulle en ny problembaserad ingenjörsutbildning kunna ge ingenjören en motsvarande specialistutbildning till generalist som den bilbyggarna skulle ha fått? Jag tror mig se att detta skulle kunna ge en enastående möjlighet att förnya ingenjörsutbildningarna genom att koppla samman lärande med den tekniska och samhälleliga verklighet som varje människa – även ingenjören – måste se som en helhet.

En ingenjör skulle då bli en person som med fast förankring i verkligheten och med erfarenhet och kunskaper kan gripa sig an en mängd olika frågor. En person som kan byta fokus när det krävs och tillmötesgå rättmätiga krav och önskemål från brukare av olika slag utan att ge avkall på kvalitet i vare sig tekniska eller samhälleliga lösningar.

Problem skulle då lösas med utgångspunkt från denna verklighet och med hänsyn till verklighetens krav och förhållanden – även sett i ett större samhällsperspektiv. Samarbete över kunskaps- och erfarenhetsgränser, också med människor utanför den tekniska sfären, skulle bli självklart. För även om det krävs specialistkunskaper för att lösa speciella problem, så krävs det ännu

mera av generella kunskaper för att se problemens räckvidd och lösningarnas konsekvenser.

En person med uppfinningsrikedom, fantasi och kreativitet, egenskaper som frigörs i en inspirerande utbildning, där mångsidig kunskap samordnas och byggs samman till en helhet, till samhällets och människornas tjänst – se, det vore allt en riktig ingenjör!

Från ingenjör till itenjör

AV **BO DAHLBOM**



Ingenjörerna har hittills varit experter på teknik – på maskiner, produktion och industriell organisation. Men tjänstesamhället behöver andra sorters ingenjörer: sådana som är experter på IT, tjänsteutövning och teknikens användning i människors liv. Kan de utbildas på de tekniska högskolorna? Vad ska de lära sig, och hur? Det diskuteras här av **Bo Dahlbom**, professor i informatik vid Handelshögskolan i Göteborg samt docent i teoretisk filosofi och tidigare forskare i vetenskapsteori.

Argumentationen i den här uppsatsen är mycket enkel. Den industriella revolutionen avskaffade bondefamiljen och ersatte den med ingenjörer och fabriksarbetare. Den nu pågående IT-revolutionen avskaffar på liknande sätt ingenjörerna och fabriksarbetarna och ersätter dem med – ja, det är just frågan. I svaret på den finns förhoppningsvis en ny ingenjör och en viktig uppgift för våra tekniska högskolor. Annars får vi väl lägga ned dem, som vi gör med våra fabriker...

Liksom den fria bonden var bärare av det svenska bondesamhället, så är ingenjören skapare av det moderna industrisamhället. En effekt av industrialiseringen var att bönderna försvann. Männen med spett och lie, kvinnorna och barnen med mjölkspann och smörkärna, ersattes av skördetröskor och korvfabriker. Industrisamhället gav ingenjören och hans maskiner huvudrollen även i livsmedelsproduktionen.

Just nu pågår en samhällsförändring, med informationsteknologin som kraftfull motor, som i mycket påminner om industrialiseringen. Industriproduktionen fortsätter att öka, men dess villkor förändras så att industrisamhällets ingenjör hamnar i bakgrunden på samma sätt som en gång bonden. I den här uppsatsen försöker jag beskriva olika inslag i den pågående samhällsförändringen som påverkar det traditionella ingenjörsyrket och pekar fram emot en ny ingenjörssroll. Men först ett avsnitt om den gamla ingenjören, det moderna samhällets skapare och hjälte.

MASKINER – INGENJÖRER – FABRIKER

Industrialiseringen skedde fort i Sverige. På bara några decennier förvandlades ett fattigt bondeland till ett modernt industrisamhälle med järnvägar, städer, fabriker och industriföretag. Ingenjören spelade huvudrollen i denna förändring. Med sina kunskaper om maskiner hade han en nyckelroll i utvecklandet av nya produkter, i uppbyggnaden av fabriker och i ledningen och organisationen av arbetet i dessa fabriker. Ingenjören byggde det moderna samhället. Och han byggde det som en maskin.

Ingenjörerna använde sin kunskap om maskiner när de organiserade arbetet med maskinerna. De moderna fabrikerna blev själva en sorts maskiner. Fabrikerna blev i sin tur modell för annan mänsklig verksamhet: skolor, sjukhus, bostäder och kontor kom alla att utformas som fabriker (Dahlbom 1996, 1997a).

Ingenjörer utbildas på tekniska högskolor utformade som andra skolor i industrisamhället, d.v.s. som produktionsanstalter för utbildning på vetenskaplig grund. Skolan är en fabrik vid sidan om samhället, där ingenjören ska lära för livet ute i den "riktiga" fabriken. Med tiden blir det teoretiska, vetenskapliga innehållet i utbildningen alltmera omfattande. Samtidigt växer kraven på mera praktik, att under utbildningsmässiga former få se hur det går till "i verkligheten".

Med sin tekniska utbildning som grund har ingenjören huvudrollen i det moderna industriföretaget, ofta med uppgifter som kräver förmåga att leda och organisera arbete, samarbeta, marknadsföra, sälja, kommunicera, ge service och support. På skolan finns mycket liten plats för övning i dessa färdigheter, och än mindre tid för studier av samhällets utveckling och mänskliga behov. På grund av industriföretagens dominerande roll som arbetsplatser och förebilder är det ingenjören som, ofta tämligen omedvetet, driver samhällsutvecklingen – men utan några särskilda kunskaper om samhället.

Sedan länge pågår en process för att förändra utbildningen av ingenjörer. Den bygger på att ingenjörssyrket skall behålla sin kärna av teknisk kompetens relativt oförändrad, men kompletterad med kommunikativa färdigheter, samhällskunskap och humanistiska intressen. Min bedömning av läget är annorlunda och mitt förslag till förändring av ingenjörssyrket är mer radikalt. Med utgångspunkt i den pågående samhällsförändringen vill jag beskriva en ingenjör som kan vara med och forma det nya samhället, en ingenjör inriktad på tjänsteutövning och teknikens användning, som uppfattar tekniken som ett samhällsfenomen och som är medveten om sin roll som samhällsbyggare.

När ett samhälle först industrialiseras är behovet av produkter stort. Ingenjörerna blir experter på produktion. Med stigande produktivitet och växande marknader ökar sedan konkurrensen, och fokus förskjuts från produktion och distribution till marknadsföring, försäljning och service. Samtidigt förändras produktionen från att huvudsakligen ha varit inriktad på tung industri till att bli alltmera konsumtionsinriktad. Om ingenjörerna i 1900-talets början typiskt producerade maskiner som skulle användas av andra ingenjörer, så ägnar de sig vid 1900-talets slut alltmer åt produktion av konsumtionsvaror, service och användarsupport.

När jordbruket rationaliseras försvinner bönderna. Från att i Sverige år 1860 ha varit ca 80 procent av de sysselsatta, är de nu färre än 3 procent. När industrin automatiseras försvinner fabriksarbetarna. Från att år 1960 ha varit ca 50 procent av de sysselsatta, är de nu ca 15 procent och minskningen fortsätter. Så förvandlas Sverige från ett bondeland till ett industrisamhälle till ett samhälle där 85 procent av de sysselsatta ägnar sig åt någon form av tjänsteutövning. Industrins produkter emballeras i allt tjockare lager av tjänster, och bilproducenterna förvandlas till företag i resetjänstbranschen.

När fokus flyttar från produktion till tjänsteutövning, från fabrik till affär, flyttar också makten i näringslivet från industrin till marknaden. Finansinstituten och de som kan marknaden tar makten över producenter och leverantörer. Tydligast ser vi denna utveckling i industrialiseringens avant garde: textilindustrin. Där ligger idag makten hos modedesigners och små lätttrörliga aktörer som "outsourcar" allt utom design, varumärke och marknadsidé. Att äga en textilfabrik skänker ingen status. Vi börjar se en liknande utveckling i resten av industrin.

I denna utveckling följer naturligtvis ingenjörerna med. De kan välja mellan att bli underleverantörer av basmoduler i en allt mer standardiserad industriproduktion, utflyttad till någon kinesisk

storstadsförort, eller att bli utvecklare, designers och marknadsförare av nya idéer, tjänster och produkter på den globala marknaden. Valet är enkelt.

Industrin producerar med maskiner, men när industriföretagen omvandlas till tjänsteföretag är det en annan teknik som trängs undan maskinerna och blir företagets stomme: informationsteknologin. Maskinerna styrs med datorteknik och i den mån arbetarna samarbetar, så gör de det alltmer med hjälp av IT. Från att ha varit helt åtskilda områden utan kontakt – datorteknik i bilmotorn och ADB på ekonomiavdelningen – blir informationsteknologin en sammanhängande väv av teknik. Programvaran i bilmotorn, IT-tjänsterna i bilen, IT-stödet vid konstruktion, reparation och underhåll, IT-stödet för samarbete i tillverkningen, de gamla informationssystemen och nya system för marknadsföring och försäljning, allt vävs samman under ett och samma gränssnitt.

I industrisamhällets barndom säljer varorna sig själva. Industrin kan koncentrera sig på produktionen. På dagens marknader kämpar företagen om kunderna och fokus flyttas från produktion till marknadsföring, försäljning och kundvård – till tjänsteutövning. Snart är alla företag i första hand tjänsteutövande – vare sig de tillverkar bilar, kullager eller papper. De kan inte längre nöja sig med att producera, utan måste utveckla nya tjänster, i vilka produkterna kan förpackas. De måste utveckla användningen av IT.

Maskinerna rationaliserade jordbruket och gav samtidigt bondbarnen arbete i fabrikerna. Nu rationaliserar informationsteknologin varuproduktionen och förvandlar arbetarna till tjänsteutövare. Många bönder vägrade på sin tid att lära sig industriproduktionens villkor utan fortsatte med ett hantverksmässigt jordbruk. På samma sätt har många ingenjörer svårt att förstå tjänsteutövningens villkor. De verkar uppfatta tjänsteutövning som en sorts varuproduktion, "tjänsteproduktion" som sker i fabriker och sedan levereras till kunden. Fabriker har formats av ingenjörer som fokuserar på tekniken, inte på tjänsterna, medan kunderna stängs ute. Fabriker omges med

brandväggar, stängsel och skyltar: "Obehöriga äga ej tillträde! Varning för kund!"

Varor produceras med maskiner, men tjänster utövas med IT. När alla företag i första hand är tjänsteutövande, behövs en ny sorts ingenjör, som kan utveckla och använda informationsteknologi för samarbete och sambetjäning. Dagens ungdomar vill hellre blir rockstjärnor än ingenjörer, men framtidens ingenjörer måste kunna även underhållning och media. Det är inte ungdomarna det är fel på utan högskolor och företag som sitter fast i ett förlegat fabriktänkande. Det är hög tid att börja utbilda morgondagens "stå-upp ingenjörer".

TEKNIKANVÄNDNING

Om ingenjörerna i början av 1900-talet kunde koncentrera sig på att få tekniska artefakter att fungera, så måste de nu i stället alltmer uppmärksamma hur tekniken används, vilken roll den spelar i människors liv och hur (väl) den spelar den rollen. Denna förändring innebär en revolution för ingenjörskonsten genom att bädda in den i ett socialt sammanhang, och göra artefakter i användning snarare än artefakterna själva till ingenjörens arbetsuppgift (Dahlbom & Mathiassen 1997).

Ett exempel är hur den ökande miljömedvetenheten påverkat ingenjörskonsten. Till att börja med var en typisk ingenjörskonstreaktion att uppfatta miljöfrågor som konsekvenser som det låg politiker och andra beslutsfattare att hantera. När allmänhetens intresse växte kom frågorna att påverka ingenjörsarbetet och skapade på så sätt irritation. Så småningom kom dock miljöpåverkan att bli ett område för ingenjörskunnande: vi har fått ingenjörsämnen som miljöteknik och fysisk resursteori, och en mer allmänt utbredd uppfattning att miljöfrågor ingår i tekniska problem.

På liknande sätt kan vi se hur ingenjörsarbetet måste ta allt större hänsyn till sociala och mänskliga aspekter, i takt med att tekniken blir ett allt viktigare inslag i den moderna människans var-

dagsliv. Det är inte bara så att ingenjörernas nya uppgifter kräver samhällskunskaper och social kompetens. Om det vore så enkelt, då kunde vi nöja oss med att importera några samhällsvetare och humanister utan kunskaper i teknologi och låta dem ge kurser i ingenjörsutbildningen. Nej, i stället krävs det en förändring i vår syn på den tekniska kompetensen. Ingenjören behöver inte i första hand nya förmågor vid sidan om de gamla. Ingenjören behöver förändra sina gamla förmågor.

Vid våra tekniska högskolor förvärvar ingenjörerna idag i bästa fall en någorlunda väl avgränsad teknisk kompetens. I denna ingår mycket litet kunskap om det sammanhang i vilket tekniken normalt förekommer och om vanor och kompetens hos de människor som där använder tekniken. När användarna alls finns med är det som "human factors", vilka ofta läggs till i efterhand eller överläts till "kognitiva psykologer" att ta hand om. Men allt detta förändras nu.

Datortekniken har redan inneburit stora förändringar i vad som idag utgör teknisk kompetens. Vilken teknik du än arbetar med, så har programmering blivit ett allt större inslag i ditt arbete. Den pågående explosionen av informationsteknologi kommer att innebära ännu större förändringar.

Så länge datorer var en sorts maskiner och användes som automater, låg deras användbarhet i att de kunde ersätta människor. På samma sätt som när maskinerna tog över efter verktygen, så innebar datortekniken att ingenjörerna kunde utveckla en kompetens som inte behövde räkna med någon användare. Kraften hos informationsteknologin ligger däremot i dess beroende av människor. IT är en teknik som, både som verktyg och som medium, involverar och utvecklar människors handlingar och mänsklig interaktion. Datorteknikens vision var en alltmera automatiserad värld, där maskinerna ersatt människorna.

Med informationsteknologin är det i stället människorna som hamnar i centrum. Tekniken blir ett kitt som håller oss samman, ett medium för våra tankar och drömmar, en arena för

våra liv, ett njutningsmedel och ett skräckkabinett.

Den pågående utvecklingen i Sveriges viktigaste ingenjörsföretag illustrerar väl denna förändring. Exemplet kan användas för att med större kraft formulera de nya krav som idag ställs på ingenjörerna och därmed på de tekniska högskolorna.

Idag arbetar 7.300 civilingenjörer i företaget, som nyanställer flest ingenjörer i Sverige. Sedan drygt ett årtionde pågår i företaget den förändring som kännetecknar alla högteknologiska industriföretag idag, och som innebär att företagets identitet blir programutveckling. Förändringen sker under trycket av konkurrens från företag i datorteknikbranschen vilka idag hotar de traditionella telekom-företagen.

Samtidigt pågår en mer genomgripande omställningsprocess som innebär att företaget arbetar sig allt längre upp i förädlingskedjan av sina produkter och kommer allt närmare de slutliga användarna. Ingenjörerna måste behärska allt från tekniken i telefoner och kommunikationsnät till vad användarna kan tänkas vilja göra med telefonerna och hur de vill att de skall se ut. Fokus förskjuts från den tunga infrastrukturtekniken – växlar, stationer, sändare, och antenner – som länge varit det man varit världsledande och tjänat pengar på, till terminalerna och de tjänster som dessa kan erbjuda. Elektroingenjörerna som blivit programmerare behöver nu också bli mediakonsulter, konsthantverkare och vardagslivssociologer.

SAMHÄLLET SOM TEKNIK

När samhällets fokus förändras från produktion till service, måste också ingenjörskonstens inriktning förändras. Så länge ingenjörerna ägnade sig åt militära uppgifter, vägbyggen eller tung industri och inte lade sig i vårt vardagsliv, så länge var det möjligt att resonera som om tekniken var någonting vid sidan om samhället. Vi kunde uppfatta tekniken som en grund för ekonomisk tillväxt, utan att ge den en huvudroll i själva samhällslivet. Ingenjörerna kunde hålla på med sina maskiner någonstans

i bakgrunden medan politiker, jurister och ekonomer på den upplysta scenen debatterade samhällets utveckling. Då kunde man tala om sociala konsekvenser av tekniken och introducera universitetsämnena med namn som ”teknik och social förändring” – som om teknik och samhälle var två olika fenomen. Idag är detta inte längre möjligt.

Ett samhälle är organiserad mänsklig verksamhet. All verksamhet är beroende av teknik, och samhällets gränser sätts av tekniken. När tekniken förändras, förändras samhället. Ett samhälle kan därför definieras som en teknik, ett sätt att organisera bruket av tekniken, och en mängd idéer om tekniken och dess bruk som förklarar såväl tekniken som andra företeelser. Detta är Marx materialistiska samhällsteori: produktivkrafterna organiseras i produktionsförhållanden, och tillsammans bäddas de in i en ideologisk överbyggnad.

Så länge tekniken dominerades av verktyg och maskiner kunde tekniken och samhället uppfattas som två fenomen vid sidan av varandra. Verktygen var något man kunde lägga ifrån sig och maskinerna hade sin plats i fabriken. Visserligen påverkades människan av tekniken, men den kunde ändå ses som något utanför och vid sidan om människan.

Informationsteknologin är annorlunda. I många avseenden är den en förlängning av oss själva, ett yttre minne, en bärare av vårt sociala nätverk. Och den har gjort oss uppmärksam på hur väsentlig tekniken alltid varit i vår identitet. Vad är en fotbollsspelare utan boll, en författare utan ordbehandlare, en musiker utan instrument, en konsult utan overheadbilder? Alla dessa roller som tillsammans utgör den moderna människans identitet är otänkbara utan teknik.

Samhällsvetenskaperna börjar därför äntligen ta tekniken på allvar. Äntligen börjar de förstå att tekniken är ett samhällsfenomen minst lika väsentligt som politiken. De utarbetar kunskaper och teorier om tekniken – hur den utvecklas, sprids, formar mänsklig verksamhet, begränsar och befriar oss, ger makt, kan

kontrolleras. I en tid när ingenjören alltmer kommit att ägna sig åt teknikens användning blir sådana frågor allt viktigare som ingredienser i den tekniska kompetensen. Så sker det ett närmande mellan ingenjörskonsten och samhällsvetenskapen. Samhällsvetarna lär sig mer om tekniken, ingenjörerna mer om samhället.

Bör då ingenjörskonstens naturvetenskapliga arv kompletteras med traditionell samhällsvetenskaplig teori? Nej, då skulle dess börda bli än tyngre. Redan tvingas ju den unge problemlösare som söker sig till en teknisk högskola att ta sig igenom år av gamla, väl etablerade, stendöda teorier i matematik och fysik. Det närmande som nu synes ske mellan ingenjörskonst och samhällsvetenskap inbjuder i stället till en helt annan vetenskaplig grund för dem båda.

ARTEFAKTVETENSKAP

I Herbert Simons underbara lilla bok från 1969, *The Sciences of the Artificial*, finns ett program för en ny vetenskap som grund för ingenjörskonsten. Den moderna världen är en konstgjord värld, en värld av artefakter, säger Simon, men den moderna vetenskapen är en vetenskap om naturen. Något är fel. Vi lever inte längre i naturen utan i en artificiell värld, men ändå bygger vi vår förståelse om världen på en vetenskap om naturen. I stället borde vi utveckla en vetenskap om den artificiella värld vi verkligen lever i, en vetenskap om artefakter.

Medan man i naturvetenskaperna undersöker hur saker och ting är, så frågar man i artefaktvetenskaperna hur saker och ting skulle kunna vara. Artefaktvetenskaperna är designvetenskaper. Ett av Simons motiv för sin kampanj för en vetenskap om artefakter är de stora brister naturvetenskaperna har som grund för utbildningen i praktiskt inriktade ämnen:

"In view of the key role of design in professional activity, it is ironic that in this century the natural sciences have almost driven the sciences of the artificial from profes-

nal school curricula. Engineering schools have become schools of physics and mathematics; medical schools have become schools of biological science; business schools have become schools of finite mathematics...Few doctoral dissertations in first-rate professional schools today deal with genuine design problems, as distinguished from problems in solid-state physics or stochastic processes.”(s. 56)

Vetenskaperna, säger man, ”upptäcker” hurdan världen är. Alla de som sysslar med att ”uppfinna” världen, gör så utanför vetenskapens ramar. Det betyder att de som intresserar sig för den värld vi lever i, världen av artefakter, för att vinna vetenskaplig status måste avstå från att aktivt intressera sig för de möjligheter till förändring och utveckling som de tycker sig se. Men denna bild av vetenskapen är falsk. Vad är det kemister gör i sina laboratorier? När denna bild får styra samhällsforskningen leder den till att det som uppenbarligen är denna forsknings uppgift – att medverka till formandet av det goda samhället – måste förklädas för att erkännas.

För sådär en två hundra år sedan var det möjligt att med idén om historien inleda en nyorientering av det institutionaliserade kunskapssökandet. Historia är något radikalt annorlunda än naturvetenskap. Begreppet samhälle har inte varit lika lyckosamt. Visserligen har det legat till grund för fakultetsindelningar och institutionsbildande, men samhällsvetenskaperna fortsätter att framstå som underliga hybridkombinationer av historia och naturvetenskap. Måhända skulle begreppet artefakt kunna åstadkomma det begreppet samhälle inte kunnat: lägga grunden för ett självständigt och eget alternativ till såväl naturvetenskap som historia.

Här är inte platsen för någon längre utläggning om artefaktvetenskaperna (se i stället Dahlbom 1993, 1997b). Några korta ord bara: Vi har en annan inställning till artefakter än vi har till naturen. Vi har ett annat ”kunskapsintresse”. I naturvetenskaperna vill vi veta hurdan världen är; i artefaktvetenskaperna är vi intresserade av hur den skulle kunna vara, och hur vi kan få

den sådan. Artefakter väcker vårt missnöje och utmanar oss att förbättra dem. Vårt intresse för hur de är konstruerade motive-
ras av vår önskan att göra dem bättre.

I artefaktvetenskapen vill vi lära oss om artefakterna som de uppfattas av användaren; hur tekniken bäst beskrivs och klassificeras från det perspektivet och inte bara med utgångspunkt i produktionen. En sådan vetenskap är designorienterad från ett brukarperspektiv, med inriktning på förbättringar i användningskvalitet och inte bara i produktkvalitet. Tekniken uppfattas som ett socialt fenomen och inte bara som en mekanism. Såväl konstruktionen av konkreta artefakter som teorin om dessa artefakter i användning måste ta sig an frågan vad god teknik är, och ha en uppfattning om svaret.

Naturvetenskapen söker generella principer för att avslöja det väsentliga och bestående i naturens på ytan föränderliga kaos. I artefakternas värld är de tillfälliga egenskaperna ofta de mest intressanta, och "artefaktlagar" är lokala designlösningar snarare än allmänna principer. Även om vi söker allmänt användbara designlösningar, så är vi intresserade av undantag, risker, olyckor, och haverier även om de är osannolika resultat av en kombination av sällsynt sammanfallande faktorer.

Naturvetenskaperna producerar kunskap som en abstrakt vara. Kunskapsarbetet måste dokumenteras, eftersom det endast är det sätt (metoden) på vilket kunskapen vunnits som garanterar att det verkligen är kunskap. I naturvetenskapen bedöms du på dina dokument: "publish or perish". Ingenjörerna tar ofta lätt på uppgiften att dokumentera, och det med rätta. En ingenjörssamhet som övertar naturvetenskapernas byråkratiska dokumentationskrav förlorar i kreativ kraft. I artefaktvetenskapen är det som i tekniken den lyckade konstruktionen, kvaliteten på den tekniska lösningen som räknas: "patent or perish".

Genom att betona det systematiska i allt kunskapssökande förvandlas naturvetenskapen till ett byråkratiskt administrerande av idéer, och det kreativa inslaget i kunskapssökandet lämnas

outrett. Kreativiteten uppfattas som mindre rationell, ett nödvändigt men inte helt rumsrent inslag i det vetenskapliga arbetet. I teknikens värld är i stället kreativiteten i fokus eftersom uppgiften här är konstruktion snarare än undersökning. Heuristiska tumregler, intuition, tyst kunskap, erfarenhet och mekande, sunt förnuft och gott omdöme kan öppet erkännas.

Vetenskapens idé är underbar såväl i vetenskapen som utanför den. Det är det moderna västerländska samhällets idé om rationalitet: att hålla sig till ämnet, respektera fakta och argument, eftersträva objektivitet och gå till verket systematiskt och metodiskt. Denna idé är lika viktig i polisundersökningar, i rätten, i statsapparaten, i utbildningen, i sjukvården och i produktionen som i vetenskapen. Men det är en idé som har ett pris. Den förutsätter att världen är lika rationell som metoden, och den hjälper oss föga att hantera en komplex och kaotisk föränderlighet. Den tillämpas på bekostnad av kreativt nytänkande, och kommer gärna i konflikt med en strävan att förverkliga ännu inte utforskade möjligheter.

Vår naturliga attityd till artefakter är att använda dem, inte betrakta dem. Naturen är inte till för oss, men våra artefakter är det, och det i är första hand därför de är intressanta att studera. Artefaktvetenskapen erkänner vårt engagemang i världen av artefakter och döljer inte det faktum att artefakterna är intressanta för den roll de spelar i våra försök att forma ett gott samhälle, ett gott liv. Artefaktvetenskapernas objektivitet utspelar sig alltid mot en medveten bakgrund av värden. Det grundläggande syftet är att skapa en artificiell värld som gör livet mer värt att leva.

Artefaktvetenskapen förenar teknik och samhällsintresse i en ny förståelse av den värld vi skapar för oss att leva i. Den kan komma tillrätta med 1900-talets förvanskade bilder av tekniken som ett sätt att skapa tillväxt (ekonomi), som någonting spännande att utveckla (teknologi), som någonting farligt att varna för - (humanism), som någonting självklart i vardagslivet, som någonting att bortse ifrån bland vetenskapsmän. Arte-

faktvetenskapen vill att vi skall ta naturens artificiella gränssnitt på lika stort allvar som naturen själv. Den vill att ingenjörskonstens grund inte längre skall vara en idealiserande, objektiv naturvetenskap för vilken människor är mänskliga faktorer, utan att ingenjörerna får stöd i en konstruktiv samhällsvetenskap med intresse för lokala designprinciper och tillfälligheter snarare än allmänna lagar, för heuristik snarare än metoder, med ett engagerat intresse i att förändra och utveckla den komplexa, kreativa interaktionen mellan människor och deras konkreta artefakter.

LÄRANDE

Det pågår just nu en informationsteknologisk revolution som förändrar grunderna för vårt samhälle. Industrisamhällets centralt kontrollerade fabriksorganisationer ersätts med serviceorienterade, mobila och distribuerade nätverk av samarbetspartners som är mycket nära eller omedelbart på själva marknaden. Ingenjörerna och de tekniska högskolorna ligger inte först i denna utveckling, men det är hög tid att de försöker återvinna förlorat inflytande.

På samma sätt som hastigheten i näringslivet ständigt ökar måste hastigheten i utbildningen öka. Det duger inte att under 4-5 år utbilda en ingenjör enligt fastlagda läroplaner som kanske varit oförändrade under flera år och med lärare som har mycket liten kontakt med näringslivet. När fabriken förlorar sin roll som centrum och bas för det moderna industriföretaget, måste utbildningsfabriken också avvecklas. Den nya ingenjörsutbildningen måste i mycket större utsträckning integreras med näringslivet. Utbildningen måste ut på marknaden.

Industrisamhällets skola med sina läroplaner och sina idéer om utbildning som produktion i en fabrik långt ifrån den verklighet där eleven så småningom skulle få använda sina kunskaper håller på att överges. Den snabba tekniska utvecklingen och samhällsförändringen tvingar fram idéer om livslångt lärande och samarbete. Förmågan att samarbeta och snabbt lära sig blir viktigare än djupa kunskaper. Samarbete i grupper och nätverk

premierar skillnader i kompetens snarare än den standardform som skolan ville ge oss alla. Vi arbetar oss raskt fram emot ett samhälle där skolan avvecklas och ersätts med inläring som ett ständigt pågående inslag i all verksamhet.

För de tekniska högskolorna innebär detta ett mycket bredare samarbete med näringslivet och samhället i övrigt. Studenterna måste ut i verkligheten för att lära sig. Utbildningen måste bli mycket mer probleminriktad och problemen måste bli mycket mer realistiska – helst så realistiska att de är verkliga problem som någon vill ha en lösning på. I stället för att projekten har formen av avslutande examination i vilken tidigare inhämtade kunskaper skall prövas, blir projekten utgångspunkt för reflektion och inhämtande av nödvändiga kunskaper.

Med tiden måste detta innebära att våra ingenjörer utbildas i näringslivet snarare än på tekniska högskolor vid sidan om samhället. De tekniska högskolorna förvandlas till virtuella team av lärare, vilka utan särskild arbetsplats arbetar som konsulter och rådgivare i näringslivets lärande organisationer. Se där en utmaning för våra gamla utbildningsfabriker!

SLUTSATS

Det pågår en samhällsrevolution. Villkoren för näringsliv, arbetsliv, och vardagsliv förändras. Ingen kan ha någon särskilt välgrundad uppfattning om vart samhällsutvecklingen är på väg, annat än på några få års sikt. Att med bestämdhet uttala sig om den framtida ingenjörsutbildningen vore därför befängt. Men mitt förslag handlar inte om framtiden utan om de krav som idag ställs på ingenjören. Vad framtiden kommer att kräva återstår att se.

Idag vill vi ha en ingenjör med intresse för tjänsteutövning och teknikens användning, med insikter om tekniken som samhällsfenomen och medvetenhet om sin egen roll som samhällsförändrare. Vi vill ha en ingenjör som inte deformerats av lång vistelse på institution, utan som lär sig det mesta av vad hon kan

på marknaden. Vi vill ha en ingenjör som vet mer om IT än om maskiner, och därför kallar vi henne ibland, lite skämtsamt, för ”itenjör”.

LITTERATUR

- Dahlbom, B. (1993) En vetenskap om artefakter. VEST: Tidskrift för vetenskapsstudier, årgång 6, nr 4.
- Dahlbom, B. (1996) Vägen till pratsamhället. IT-revolutionen och vetenskapen. Tvärsnitt, årgång 18, nr 4.
- Dahlbom, B. (1997a) Välkommen till pratsamhället! Tidskrift för dokumentation, årgång 52, nr 1/2.
- Dahlbom, B. (1997b) Going to the Future. I J. Berleur & D. Whitehouse (red.) An Ethical Global Information Society: Culture and Democracy Revisited. London: Chapman & Hall.
- Dahlbom, B. & Mathiassen, L. (1993) Computers in Context. The Philosophy and Practice of Systems Design. Cambridge, Mass.: Blackwell.
- Dahlbom, B. & Mathiassen, L. (1997) The Future of Our Profession. Communications of the ACM, årgång 40, nr 6, juni.
- Simon, H. A. (1969) The Sciences of the Artificial. Cambridge, MA: The MIT Press. En andra, utvidgad, upplaga kom 1981.



Samhällets utveckling ställer nya krav på högskoleingenjör- och civilingenjörsutbildningarna. Förutom de rena ingenjörskunskaperna behöver en ingenjör också kunna kommunicera inom och utom sitt fack, besitta kreativitet och flexibilitet samt vara medveten om teknikens etiska och miljömässiga aspekter.

Hur ska dessa krav mötas i utbildningen? Hur kan pedagogiken förändras i riktning mot en mer aktiv inlärningsprocess? Dessa och andra frågor tas upp av Nylng, ett nationellt projekt för förnyelse av ingenjörsutbildningarna.

I Nylng-antologin "Vad är en ingenjör?" diskuteras kännetecknen för en ingenjör förr, nu och i framtiden.

Bland författarna finns teknikhistoriker, tekniker, utbildare, samhällsvetare, naturvetare samt representanter för näringslivet.