

---

# TEKNOLOGI FOR SAMFUNNET

---

NTH I EN BRYTNINGSTID 1985 - 1995



Jens G. Balchen er professor emeritus ved NTNUs Institutt for teknisk kybernetikk. FOTO: GØRIL KLEMETSEN

Glimt fra virksomheten

## Teknisk kybernetikk – et fagområde i sterk vekst

Av Jens G. Balchen

**Den kjente amerikanske MIT-matematikeren, professor Norbert Wiener, lanserte i 1947 begrepet cybernetics som læren om "control and communication in the animal and the machine" (Wiener, 1948 Technology Press, J. Wiley). Cybernetics er avledet av det greske ordet kybernetes som betyr "rormann eller den som styrer".**

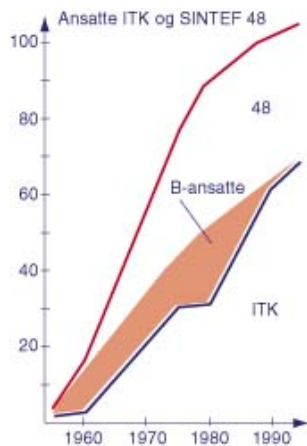
En latinsk variant av det samme ordet er gubernare, som finnes igjen i guvernør (eng. regulator) og guvernør. Allerede tidlig i forrige århundre arbeidet fysikeren og filosofen André Mariè Ampère med cybernetique som "læren om det å regjere". Regulerings teknikken, som er en viktig del av teknisk kybernetikk, har som fagdisiplin eksistert i flere hundre år. Vi kjenner jo bl.a. James Watt's berømte regulator for dampmas-kinen. Men under den 2. verdenskrig skjedde det en dramatisk ekspansjon av det teoretiske såvel som det teknologiske fundament for det som da gjerne ble betegnet servoteknikk.

**Figur 1: Den tekniske kybernetikks elementer og relasjoner til andre fagfelter og kulturer.**

	<b>Adferdsteori</b>	Fiskekybernetikk
	<b>Systemanalyse + simulering</b>	Økologi/Fysiologi Industrielle systemer
	<b>Systemteori</b>	Matematikk
	<b>Prosessregulering</b>	Prosess + Energiteknikk
	<b>Robotteknikk</b>	Maskinteknikk
<b>KYBERNETIKK</b>	<b>Navigasjon + Fartøystyring</b>	Marinteknikk
	<b>Instrumenteringsteknikk</b>	Målefysikk
	<b>Datateknikk</b>	Programvare Elektronikk
	<b>DAK</b>	CAMO CYPROS
	<b>Diagnose</b>	Medisin

Dette hadde selvsagt å gjøre med utviklingen av nye våpensystemer som i høy grad var preget av "automatisk styring". MIT var et av de viktigste forskningssentre for den nye utviklingen som Wiener ga viktige bidrag til. Men Wiener var også interessert i biologiske og sosiologiske spørsmål, og så for seg en utvikling der man kunne benytte metoder fra analyse av komplekse tekniske systemer også på biologiske og sosiologiske systemer. Wiener var en av de første til å erkjenne viktigheten av begrepet informasjon som noe som kan genereres, måles, transmitteres, lag-res, foredles og forbrukes på like fot med ener-gi, materialer o.l. I våre dager er informasjons-teknologi blitt en helt avgjørende faktor i næringslivet og alle menneskers dagligliv. Tek-nisk kybernetikk og informasjonsteknologi er i betydelig grad sammenfallende begreper som er sprunget ut av det samme teoretiske funda-ment og som benytter de samme teknologiske virkemidler. Et forsøk på å beskrive den tekniske kyber-netikks elementer og relasjoner til andre fagfelter og kulturer er vist i [figur 1](#). Her er kybernetik-kens 10 delområder (systemteori,

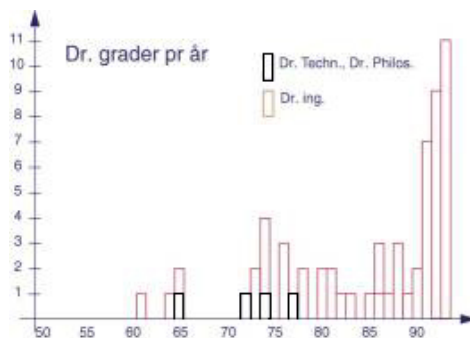
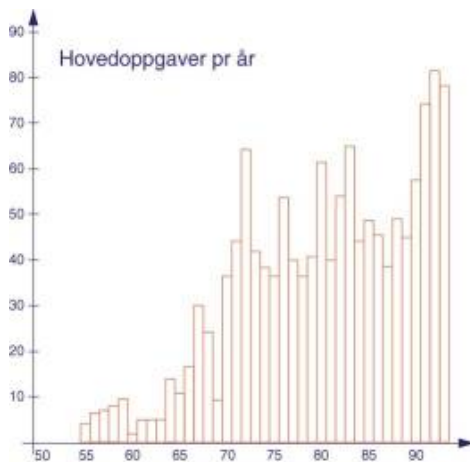
prosessregulering, robotteknikk, navigasjon + fartøystyring, instrumenteringsteknikk, datateknikk, datamas-kinnassistert konstruksjon, diagnose, adferdsteori, systemanalyse + simulering) relatert til kjente vitenskapelige og tekniske disipliner.



Figur 2: Antall fast ansatte i vitenskapelige og tekniske stillinger samt stipendiater.  
FIG: TEKNISK KYBERNETIKK

### NTH TIDLIG MED I 1950-ÅRENE

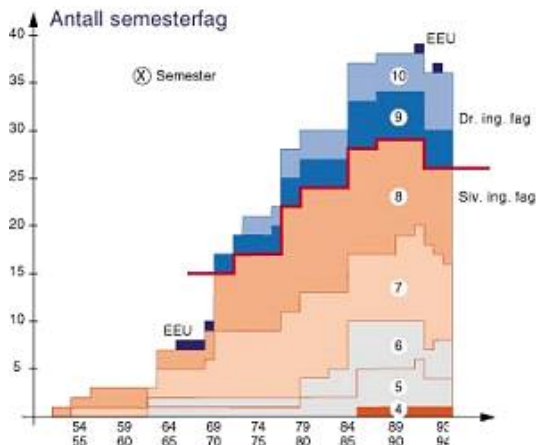
Allerede omkring 1950 kom det igang en rekke forsknings- og utdanningsprogrammer ved universiteter, særlig i USA og England, innen teknisk kybernetikk (servoteknikk). Flere nordmenn fikk utdanningsstipend for å videreutdanne seg. Norges tekniske høg-skole (NTH) kom med allerede fra 1950, og i 1954 ble det opprettet et dosentur i Regu-leringsteknikk ved Elektroteknisk avdeling. Dermed var Institutt for Reguleringssteknikk etablert som senere (i 1972) hadde vokst slik i faglig bredde, at instituttet fikk betegnelsen Institutt for teknisk kybernetikk (ITK).



Figur 3a og b : Antall uteksaminerte sivilingeniører og doktoringeniører.  
FIG: TEKNISK KYBERNETIKK

Fra sin begynnelse i første halvdel av 1950- årene frem til 1995, var det en sterk utvikling i omfanget av undervisning, forskning, beman-ning og budsjetter. Et inntrykk av denne utvik-lingen får en i [figur 2](#) som viser antall fast ansatte i

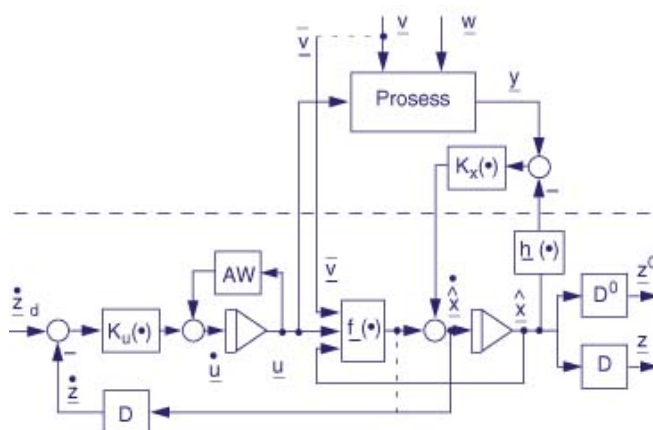
vitenskapelige og tekniske stillinger og stipendiater, i [figur 3](#) antall uteksaminerte sivil-ingeniører og doktoringeniører, og i [figur 4](#) antall underviste fag på sivilingeniør- og dok-torgradnivå. I 1995 hadde Instituttet 8 professorer, 1 førsteamanuensis, 1 amanuensis og 5 professor II. Forskning har alltid vært høyt prioritert ved Institutt for teknisk kybernetikk. Den første bevilgning til et forskningsprosjekt ved Institut-tet fikk man fra Norges Teknisk - Naturviten-skapelige Forskningsråd (NTNF) allerede i 1952 (før instituttet ble formelt etablert) til utvikling av Analogregnemaskinen Diana. Siden har Instituttet mottatt forskningsbevilgninger hvert eneste år uten avbrudd fra den samme kilden. Instituttet har gjennomført alene og sammen med andre institutter (fremfor alt SIN-TEF avd. Regulerings-teknikk), et stort antall betydelige forskningsprogrammer som det skal gis glimt fra i det følgende.



Figur 4: Antall semesterfag på sivilingeniør- og doktorgrad-nivå.  
FIG: TEKNISK KYBERNETIKK

## KYBERNETIKK – EN FASCINERENDE VITENSKAP MED MANGE GRENER

Kybernetikken, som altså er en informasjonsvi-ten-skap, handler om hvordan man styrer dyna-miske systemer. Et dynamisk system kan være alt fra et fartøy, en kjemisk reaktor, en elektrisk generator, et fiskeredskap, en fiskestim, et organ i menneskekroppen, eller en gruppe individer (dyr eller mennesker). Å forstå og beskrive på en rasjonell måte hvordan kompliserte systemer oppfører seg dynamisk ved gjensidige påvirkninger mellom forskjellige delelementer er en grunnleggende forutsetning i kybernetikken. Det er mange stu-denter som i årenes løp har hatt en sterk opple-velse når de gjennom sin undervisning i regule-ringsteori forstår hvordan de kan beskrive komplekse systemers adferd gjennom bruk av effektive matematiske verktøy. Ved Institutt for teknisk kybernetikk har man i over 40 år fremfor alt arbeidet med den teknis-ke delen av kybernetikken, men også gitt bidrag til visse grener av biokybernetikken. Vi kan gjerne støtte oss til [figur 1](#) i beskri-velse av de forskjellige innsatsfelter som har dominert kybernetikken ved Instituttet. Og da er det naturlig å begynne øverst med systemteori.



Ulineær modellbasert regulering

Figur 5: Ulineær Modellbasert regulering (prinsippsskisse).  
FIG: TEKNISK KYBERNETIKK

Kanskje den største del av instituttets virksomhet, har vært viet til teoretisk analyse av komplekse systemer i forskjellige sammenheng-er. Mange av instituttets vitenskapelige medarbeidere er høyt teoretisk skolerte og har gitt viktige bidrag til den internasjonale litteratur på området. Ofte er de systemteoretiske arbeider knyttet til konkrete problemstillinger, f.eks. i forbindelse med prosessregulering, robotteknikk, navigasjon og fartøystyring eller generell industriell systemanalyse. Dette har gjort at mange av bidragene har vært særlig verdifulle.

### Prosessindustri

Den industrigren som i lengre tid har bidratt mest til norsk økonomi, er prosessindustrien, omfattende elektrometallurgisk industri, treforedlingsindustri, olje- og gassindustri, petrokjemisk industri o.l. Det er derfor ikke unaturlig at en hovedaktivitet ved Institutt for teknisk kybernetikk alltid har vært utvikling av nye metoder for automatisering av prosessindustriens mangeartede prosesser. Praktisk talt alle typer prosessindustri i Norge har hatt forsknings- og utviklingssamarbeid med Instituttet og dets kandidater og det er hevet over tvil at disse samarbeidsaktiviteter har gitt mange viktige resultater. Institutt for teknisk kybernetikk var tidlig i 1960-årene en pioner i Norge på utvikling av datamaskinstyring av elektrometallurgiske prosesser i aluminiumindustrien og i ferrolegerings- og stålindustrien. Disse aktivitetene har fortsatt med økende innsats i 30 år. Et karakteristisk trekk ved Instituttets forskningsaktivitet innen prosessregulering har vært utvikling av såkalt modellbasert regulering som har vært lansert av Instituttet overfor industrien helt siden tidlig i 1960-årene. Omkring 1980 opplevde man et dramatisk gjennombrudd av denne metodikken i industriell praksis og det er gledelig å konstatere at de felter Instituttet hadde valgt for sin forskning, viste seg å være fruktbare. Modellbasert regulering (figur 5) er karakterisert ved følgende typiske trekk:

- En dynamisk, matematisk modell som beskriver atferden til den aktuelle fysiske prosessen relativt detaljert, simuleres i en datamaskin i "sann tid". Modellens indre tilstandsvariable som ikke er målbare, tvinges til å følge fysikkens tilstandsvariable ved at modellen kontinuerlig oppdateres slik at modellens beregnede målevariable blir mest mulig lik de virkelige målingene i den fysiske prosessen. Dette betegnes tilstandsestimering.
- Modellbasert regulering realiseres nå ved at optimale endringsmønstre i prosessens styringsvariable (pådrag) utledes av modellens indre tilstandsvariable.

### Datastyring

Virkeliggjøring av modellbasert regulering for komplekse industrielle prosesser er blitt mulig takket være den enorme utvikling av datamaskinteknikken som har gitt stor beregningskapasitet og -hastighet til lav pris. Utvikling av det teoretiske fundament og datamaskinprogrammer for realisering av modellbasert prosessregulering har vært et høyt prioritert forskningsområde ved Institutt for teknisk kybernetikk i 30 år.

Instituttet har tre professorater som dekker systemteori og reguleringsteknikk.



Figur 6: Instituttet har bidratt til utviklingen av industriell robotteknikk i Norge gjennom samarbeid med flere av landets robotprodusenter og Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk ved Maskinavdelingen.

FIG: TEKNISK KYBERNETIKK

## **Mekanisk industri**

Mekanisk industri omfattende stykkproduserende industri, elektroteknisk industri og verftsindustri, har i høy grad tatt i bruk metoder fra den tekniske kybernetikk i automatisering av sine produksjonsprosesser. Dette gjelder fremfor alt numeriske styrte verktøymaskiner og industri-roboter. Institutt for teknisk kybernetikk kom tidlig med i utviklingen av numerisk styrte verk-tøymaskiner allerede omkring 1955 sammen med daværende Institutt for maskinteknisk fabrikkdrift ved NTH. Blant annet sammen med Kongsberg Våpenfabrikk ble det tidlig utviklet systemer der en generell datamaskin ble brukt til direkte banestyring av forskjellige typer verktøymaskiner. I en lang periode var slike systemer et av Kongsberg Våpenfabrikks viktigste produktområder. Instituttet har bidratt til utviklingen av industriell robotteknikk i Norge gjennom samarbeid med flere av landets robotprodusenter og Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk ved Maskinavdelingen ([figur 6](#)). Gjennom en rekke omfattende forskningsprogrammer i 1980-årene, særlig Program for robotforskning ved NTH, har Instituttet drevet fundamental forskning på utvikling av nye styringsalgoritmer for industriroboter og har utdannet et stort antall sivilingeniører og doktoringeniører med robotteknikk som spesialfelt. I 1989 fikk Instituttet et eget professorat i robotteknikk.

## **Navigasjon og fartøystyring**

Styring av en industrirobot henføres ofte til fellesbetegnelsen bevegelsesstyring fordi det finnes et felles teoretisk fundament for styring av komplekse bevegelsesprosesser, enten disse er roboter eller f.eks. farkoster. Derfor er det et nært faglig samspill mellom robotteknikk og fagområdet navigasjon- og fartøystyring (eng. guidance and control of vehicles). I Norge er det lang tradisjon for utvikling og tilpasning av nye teknologier for styring av skip og andre marine farkoster. Institutt for teknisk kybernetikk kom tidlig med i denne utviklingen allerede i 1950-årene og det var i 1960- og 70-årene en rask og sterk ekspansjon innen datamaskinbasert automatisering av handelskip. Norske bedrifter har fått en dominerende plass i denne sektoren på verdensbasis. I 1995 fikk Instituttet et eget professorat i Navigasjon og fartøystyring.

## **Dynamisk posisjonering.**

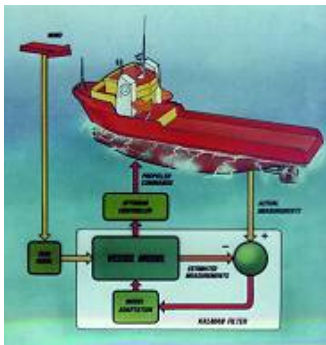
1970- og 80-årene var preget av en hektisk og krevende utvikling innen en ny anvendelses sektor for kybernetiske systemer, nemlig dynamisk posisjonering av boreplattformer, boreskip, rørleggingsfarkoster o.l. i offshore/oljesektoren ([figur 7](#)). Instituttet spilte da en avgjørende rolle i den grunnleggende utvikling av nye teknologiske løsninger som på kort tid gjorde at norske systembedrifter ble nærmest enerådende på verdensmarkedet.

## **MOBATEL**

Senere har også kybernetiske metoder ved styring av ubemannede undervannsfarkoster og hurtiggående passasjerbåter blitt en viktig sektor ved Instituttet. Som endel av et større forskningsprogram med betegnelsen Undervannsrobotikk har en rekke av instituttets doktorander bearbeidet det såkalte MOBATEL-prosjektet (MOdellBASert TELeoperasjon av en fritt svømmende undervannsfarkost over en smal-båndet kommunikasjonskanal) ([figur 8](#)). MOBATEL-prosjektets resultater forventes å få stor betydning når små fritt svømmende (uten kabel) undervannsfarkoster skal brukes på store dyp i offshore oljesammenheng.

## **Styrkeområde**

For å støtte forskning og undervisning på dette og beslektede områder av kybernetikken i marin sektor, opprettet NTH i 1992 et "Styrke-område i Fartøystyring" ved Institutt for teknisk kybernetikk i samarbeid med SINTEF avd. Reg-uleringsteknikk.



Figur 7: Dynamisk posisjonering av boreplattformer, boreskip, rør-leggingsfarkoster o.l. i offshore/ oljesektoren.

FIG: TEKNISK KYBERNETIKK

Mange av instituttets studenter og kandidater søker til dette fagområdet både fordi det er en viktig sektor av norsk næringsliv og fordi det har store faglige utfordringer.

### Instrumenteringsteknikk

Ethvert cybernetisk system for styring av komp-lekse prosesser trenger data fra sensorer i pro-sessen. Dette problemområdet er en velutviklet fagdisiplin som ved Institutt for teknisk cybernetikk har betegnelsen instrumenteringsteknikk som også har et eget professorat. Dette fagområdet omfatter et bredt spektrum av kunnskaper fra de enkelte sensorer for alle tilstandsstørrelser (men ikke selve målefysikken), systemer for omsetting, transmisjon og presentasjon av måldata og datamaskinsystemer for implementering av store industrielle automatiseringssystemer.

### Mann-maskin-kommunikasjon

En spesiell sektor innen dette feltet er mann-maskin-kommunikasjon (eller operatør-prosedyre-kommunikasjon) som har gjennomgått en rivede utvikling i parallell med den grafiske datateknikk. Et helt nytt trekk i dette bildet er den nye utvikling innen tredimensjonal visualisering eller virtuell virkelighet (virtual reality) og som gir nye muligheter for kommunikasjon mellom menneske og maskin i cybernetiske systemer (figur 9). Et eksempel på dette er operatørens styring av en ubemannet undervannsbåt som nevnt ovenfor under beskrivelsen av MOBATEL-prosjektet. Operatøren styrer en simulert mate-matisk modell av farkosten i et landskap som genereres kunstig av datamaskinene og som fremkommer stereoskopisk. Fartøystyre-operasjonene gjennomføres i sann tid selv om den virkelige bevegelse foregår 5-10 sekunder senere p.g.a. forsinkelsen i den langsomme ultralyd kommunikasjonen. Også i prosessautomatisering byr den nye visualiseringsteknikken på interessante muligheter for effektiv presentasjon av store mengder data for prosessoperatøren. En professor II dekker dette fagområdet ved Instituttet.



Figur 9: Virtuell virkelighet (virtual reality) gir nye muligheter for kommunikasjon mellom menneske og maskin.

FIG: TEKNISK KYBERNETIKK

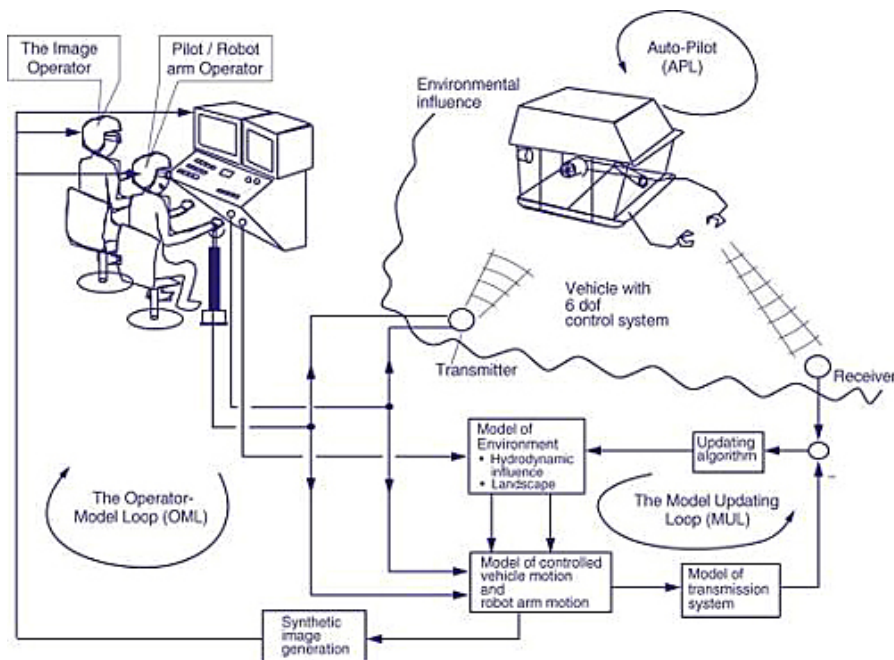
### Sikkerhetsanalyse

Under feltet instrumenteringsteknikk hører også viktige problemer relatert til system-sikkerhet som har fått sterkt øket aktualitet f.eks. ved bygging av store, særdeles komplekse automatiseringssystemer i offshore-sektoren der store verdier står på spill. Det er ikke bare ønskelig, men nå også mulig å konstruere komplekse systemer for en spesifisert sikkerhet.



## Datamaskinteknikk

Den moderne datamaskinteknikk startet i 1950- årene ved Institutt for teknisk kybernetikk (den gang Institutt for reguleringsteknikk). Datamaskinen er den viktigste komponenten i et kybernetisk system. Til implementering av komplekse overvåkings- og reguleringsalgoritmer som i ytelse langt overgår det menneskelige operatører kan prestere har datamaskinen gjennom de siste ca. 30 år overtatt fullstendig i forhold til annet utstyr. På grunn av det sterke prisfall på datakraft samtidig med den dramatiske økning i kapasitet, brukes datamaskiner idag i stort antall i moderne automatiseringssystemer. Mens Instituttet deltok i utviklingen av både utstyr og maskinnær programvare for 30-35 år siden, har innsatsen i de senere år endret seg mere i retning av syntese av større dataproseseringssystemer med utgangspunkt i komplekse datatekniske byggeblokker som idag finnes tilgjengelig på markedet. Den samme utvikling har skjedd innen programvarer. I slutten av 1960-årene leverte instituttet sammen med SINTEF de første versjoner av operativsystemet SINTRAN som ble basis for Norsk Data's eventyrlige utvikling. Den senere internasjonalisering, standardisering og tilnærmet monopolisering av et fåtall utviklingsretninger i regi av store multinasjonale selskaper har gjort at Instituttets innsats er blitt fokusert mot mere anvendelsesrettet programvareutvikling. Instituttet har to profesorer i datateknikk, en i sanntidsdatateknikk og en i datasystemarkitektur.



Figur 8: ModellBasert TELEoperasjon (MOBATEL) av en fritt svømmende undervannsfarkost over en smalbandet kommunikasjonskanal.

FIG: TEKNISK KYBERNETIKK

## Datamaskin Assistert Konstruksjon (DAK)

En spesiell sektor som har hatt instituttets oppmerksomhet gjennom 30 år, er datamaskin-assistert konstruksjon av reguleringsystemer (DAK). Dette fagområdet som også har sin parallell på en rekke andre fagfelter der konstruksjon er aktuelt, benytter seg av numerisk løsning av matematisk formulerte synteseregler for å finne en optimal dimensjonering av et komplekst reguleringsystem. Det første av disse systemene kom i bruk ved instituttet i midten av 1960-årene og var implementert på instituttets GIER-datamaskin. Senere kom flere andre mere avanserte DAK-systemer som DAREK og CYPROS. I 1983 ble firmaet Camo A/S (Computer-Aided Modeling) etablert basert på DAK-systemet CYPROS (Cybernetic Program System) som i lang tid var et av de ledende produkter i denne sektor på verdensbasis. Men etterhvert er det også på dette feltet blitt slik at den sterke internasjonale konkurranse på området har ledet til dominans av noen få programsystemer fra store selskaper. Camo A/S har i de senere år konsentrert sin innsats innen programvarer for kjemometrisk modellering og har her en ledende posisjon. Instituttet har en professor II innen DAK-feltet.



Fig 10: Utvikling av "intelligente" proteser styrt av nervesignaler.  
FOTO: JENS SØRAA

### Ikke-tekniske disipliner

Alle de felter som hittil er presentert hører hjem-me innen teknisk kybernetikk. Selv om Instituttet for det meste forsker og underviser innen tek-niske disipliner, er det også lang tradisjon for spissinnsats innen noen ikke-tekniske disipliner. Det første av disse hadde sitt utspring i slutten av 1960-årene der de første forsøk ble gjort på anvendelse av kybernetisk metodikk i medisinsk diagnose. Det dreide seg da om utvik- ling av en matematisk modell og en simulator for det menneskelige kardiovaskulære system med henblikk på å diagnostisere anomalier i form av stenoser, klaffefeil etc. Dette innledende arbeidet ledet til utvikling av ny måleteknikk for måling av blodstrøm basert på ultralyd doppler signalana-lyse. I de ca. 25 år som er gått siden denne inn-ledningen, er det investert en betydelig innsats i denne diagnoseteknikken ved flere av NTH's institutter og forskningsinstitutter. Firmaet Ving-med Sound A/S i Horten som produserer utsty-ret, er blitt et av verdens ledende i denne sekto-ren. I de senere år er en rekke nye initiativ tatt for utvidet samspill mellom Institutt for teknisk kybernetikk og de medisinske forskningsmiljø-er, f.eks. innen utvikling av intelligente proteser. Det dreier seg her om å realisere proteser av f.eks. en hånd med fingre som kan styres av de nervesignaler som kan detekteres i huden på en amputert arm ([fig. 10](#)). Dette felt synes å ha mange muligheter. Det er også innledende akti-viteter innen bruk av mikroroboter og avansert tredimensjonal visualisering (virtuell virkelig-het) som nytt virkemiddel i forbindelse med kik-hull- kirurgi.

### Fiskekybernetikk

Av felter innen ikke-teknisk kybernetikk er det imidlertid fremfor alt det som ved Instituttet har fått populærbetegnelsen fiskekybernetikk, som har tiltrukket seg oppmerksomhet. Omkring 1970 ble det etablert et stort forsk-ningsprogram med betydelig støtte fra NTNF under betegnelsen System for styring av fisk. Målsettingen med denne forskningen var å utvikle kybernetiske metoder i

- Redskapsutvikling for fangst og sankning av vill fisk
- Nye metoder for oppdrett av fisk i store avstengte områder (havbruk)
- Automatisert industriell produksjon av hummerunger med henblikk på havbeite i av-grensede områder langs Norges kyst.

Disse utviklingsområdene har vært bearbeidet kontinuerlig siden innledningen omkring 1970 og en rekke firmaer er etablert for videreføring av resultatene i kommersiell form, bl.a. Hav-bruksteknologi A/S og Norsk Hummer A/S. For styring av adferden til vill fisk i sjøen, er det utviklet flere metoder basert på såkalt kondisjonering som kan tolkes som en mild form for dressur. For å lokke fisk til et redskap er det f.eks. mulig å bruke en kombinasjon av lyd, lys og mat som medfører at etter kort tid vil store mengder fisk samle seg rundt kondisjone-ringsutstyret. Dette kan utnyttes til fangst. På den annen side kan man lage et fiske-stengsel ([figur 11](#)) som hindrer fisken i å vandre ut av et avgrenset område ved hjelp av kondisjo-nering der lys og lydsignaler kombineres med elektrisk støt fra lange vertikale elektroder i van-net. Fisken lærer sammenhengen mellom lys og lyd på den ene side og elektrisk støt på den annen side og holder seg på ærbødig avstand.

### Matematisk modellering

Det er utviklet en teori for fisks adferd i havet som forklarer hvorfor en samling av fisk (stim) oppfører seg slik den gjør under påvirkning av de eksterne stimuli som temperatur, lys, strøm, plankton etc. Denne teorien er basert på at fis-ken til enhver tid maksimaliserer sitt eget vel-befinnende. Når de eksterne, geofysiske og bio-



logiske betingelser er kjente, vil det da være mulig å forutsi fiskens vandring. Denne problemstillingen har ledet til en omfattende aktivitet innen modellering av mari-ne, økologiske systemer. Et stort forsknings-program med betegnelsen HAVBIOMODELLER startet omkring 1975 med målsetting å utvikle datamaskinbaserte numeriske modeller for det hierarki av fysiske og biologiske prosesser som bestemmer de forskjellige fiskearters popula- sjon, vekst og vandring i et havområde. Formå-let med en slik modellering er å gi et verktøy for kvantitativ estimering og forvaltning av de marine fiskeressurser. Instituttet har et profes-sorat II i økologisk modellering.

### **Biotelemetri**

I forbindelse med de forskjellige prosjektene relatert til fiskekybernetikk er det ved Instituttet bygget opp betydelig kompetanse innen den spesielle måleteknikk som er nødvendig for å innhente fysiologiske såvel som geometriske data fra fritt svømmende fisk. Dette feltet innen biotelemetri har fått stor oppmerksomhet og mange fascinerende instrumenteringssystemer er utviklet. Den siste utviklingen i denne sekto-ren er DAHABU-systemet for kartlegging av bunnssubstratets kvalitet langs Norges kyst med henblikk på utsetting av hummerunger for hav-beite. DAHABU er en datastyrt undervannsfar-kost som slepes bak Instituttets forskningsfartøy "Balchazar". Det er utviklet med finansiering fra NTNF (PUSH-programmet) med stor innsats av Instituttets prosjektstudenter.



Figur 11: Et fiskestengsel som hindrer fisken i å vandre ut av et avgrenset område ved hjelp av kondisjonering. Lys- og lyd-signaler kombineres med elektriske støt fra lange vertikale elektroder i vannet.

FIG: TEKNISK KYBERNETIKK

### **Industriell modellering**

Utvikling av store programsystemer for simule-ring av komplekse prosesser (svarende til HAV-BIOMODELLER for havets økologiske prosesser) har sin parallell også for industrielle systemer. Instituttet har helt siden sin etablering hatt modellering og simulering som en hovedaktivitet. Til å begynne med var analog-regnemaskinen det viktigste virkemiddel, sene-re (etter 1960) kom den digitale datamaskin og nå arbeidsstasjoner i større nett. Dynamiske simuleringsmodeller for større industrielle komplekser har til formål å bedre prosessfor-ståelsen for derved å finne frem til forbedringer i prosessutformingen, optimalisering av para-metre, utvikling av styringskonsept og utprø-ving av dette før implementering. I Norge finnes en betydelig industriell aktivitet innen utvikling og bruk av datamaskinbaserte simulatorer for industriprosesser. Mye av den-ne virksomheten er bl.a. basert på tidligere prosjekter ved Institutt for teknisk kybernetikk.

### **REKRUTTERINGEN AV STUDENTER TIL FAGOMRÅDET TEKNISK KYBERNETIKK**

Ethvert institutt vil ønske seg at de beste studen-ter søker til deres fagretning. Derved er sann-synligheten størst for gode resultater og det igjen vil gi gunstig rekruttering. Hva som er en god student er selvsagt et sammensatt spørsmål idet en ønsker både studenter med sterkt teore-tisk legning, evne og lyst til konstruksjon, og kanskje legning for eksperimentelt arbeide. Et teknisk universitet har utvilsomt et problem når det gjelder kommunikasjon med potensielle søkere til et avansert teknisk studium der de fleste befinner seg i vide-regående skole. Enkelte klassiske, tekniske disipliner er det forholdsvis lett å formidle informasjon om. Men det viser seg at i mange tilfeller er den forståelse elever i videregående skole har av f.eks. NTH's fagretninger, svært mangelfull eller sogar direkte gal. Lærerne og rådgivningsapparatet i de videregående skoler synes ikke å ha kompetanse og underlag forøv-rig til å gi ungdommen adekvat orientering. Det mest effektive synes

å være at universitetenes egne informasjonsavdelinger med utgangspunkt i instituttens beskrivelser utarbeider mere effektive veiledninger. Kanskje har det vært litt for stor vekt på bruk av attraktive fargerike bilder fremfor enkel og lett forståelig tekst som forklarer studentene om valgmulighetene og deres konsekvenser f.eks. med hensyn til yrkesvalg etter studiene. Tidligere var det mest vanlig at de nye studenter ble opptatt ved en avdeling med en betegnelse som for de fleste var relativt lett å forstå, såsom Maskinavdelingen, Bygningsingeniøravdelingen, Elektro- data-avdelingen. Etter to år med relativt generell grunnfagsundervisning skulle studentene velge sin spesialisering. Dette system hadde den fordel at studentene selv fikk danne seg et bilde av hva de forskjellige alternative fagretningene sto for og hvordan mulighetene var for fremtidig utvikling. Behovet for avansert informasjonsvirksomhet fra NTH's side var da ikke særlig stor. En ulempe med denne metoden som ofte ble påpekt, var at det er behov for å starte spesialundervisning tidligere p.g.a. den stadig økende stoffmengde. Dessuten har studentene behov for å vite at det faktisk finnes studieplass ved den studieretning de ønsker. Store svingninger i tilstrømmingen av studenter til en studieretning er uheldig, både sett ut fra studentenes og instituttens side. For Institutt for teknisk kybernetikk har rekrutteringsforholdene i perioden 1985-95 vist endel uheldige tendenser som forhåpentligvis snart kan korrigeres. Opptaket til Fakultet for elektro- og datateknikk har vært delt i tre "linjer", nemlig Elkraftteknikk, Elektronikk og Datateknikk/Teknisk Kybernetikk. Det har vist seg at de nye studenter som var interessert i "data" var relativt godt orientert om det faglige tilbud innen generell programmeringsmetodikk og f.eks. administrativ databehandling, men var mindre informert om hvor utdannelse i datasystemutvikling, industriell datateknikk og de øvrige sider av teknisk kybernetikk foregikk. Det var ganske tydelig at nye studenter som var rekruttert fra ingeniørhøgskolene for å studere videre på NTH hadde et klarere bilde av hvilke studieretninger de ville velge enn studenter som ble rekruttert fra videregående skoler. Informasjonsteknologi, som for tiden er det mest anvendte samlebegrep for de tekniske disipliner som genererer, transmitterer, foredler og forbruker informasjon, bør på et teknisk universitet ikke fragmenteres, men snarere samles slik at både forskning og undervisning kan bli bedre koordinert mot samlete mål. Næringslivet har åpenbart en klar oppfatning om betydningen av slik samling for å nå høyere mål og det er ønskelig at man i fremtiden lar næringslivets kompetanse komme sterkere til uttrykk i den faglige strukturering av de teknologiske studiers fakulteter og institutter.

#### **FORSKNING KNYTTET TIL DOKTORGRADSUTDANNELSE**

Institutt for teknisk kybernetikk har siden slutten av 1950-årene hatt en jevn økning i produksjon av doktorgrader, men særlig fart i denne virksomheten kom det i midten av 1980-årene. Da hadde tidligere rektor ved NTH, professor Inge Johansen, tiltrådt som administrerende direktør i NTNf og gikk sterkt inn for at en økende del av NTNf's forskningsressurser skulle brukes til forskning utført av doktorander, særlig ved NTH. Riktignok hadde mange stipendiater hatt støtte fra NTNf tidligere, men det nye nå var en mere aktiv holdning til doktorgradsforskningen som forskningspolitisk virkemiddel. Instituttet har spilt en dominerende rolle i store forskningsprogrammer med en betydelig grad av doktorgradsforskning, nemlig:

- MIP (Metodeprogram i Prosessindustrien) (1985) med 9 doktorgradsstipendiater
- PRORO (Program for Robotforskning ved NTH) (1987) med 15 doktorgradsstipendiater
- PROMIA (Program for prosessmodellering, -instrumentering og automatisering) (1988) med 9 doktorgradsstipendiater
- MOBATEL (Program for undervannsrobotikk) (1991) med 11 doktorgradsstipendiater
- IKS (Intelligente Kybernetiske Systemer) (1991) med 4 doktorgradsstipendiater
- INPRO (Integrerte Produksjonssystemer for Prosessindustrien) (1993) med 9 doktorgradsstipendiater
- ORD ( Distribuert Prosessregulering) (1995) med 5 doktorgradsstipendiater
- "Styrkeområdet i fartøystyring" som i 1992 ble opprettet av NTH og SINTEF ved Institutt for teknisk kybernetikk har 2 post.doc.-kandidater.

Fra 1985 til og med første halvår 1996 er det ved Instituttet tildelt 62 doktorgrader. I 1995 var det totalt registrert 50 doktorgradskandidater ved Instituttet.

### **INTERNASJONALE AKTIVITETER OG PUBLIKASJONSVIRKSOMHET**

Institutt for teknisk kybernetikk har alltid vært sterkt internasjonalt orientert. Alle dets lærere har gode internasjonale kontakter og har hatt tildels lange utenlandsopphold. Både lærere og kandidater er hyppige foredragsholdere, arrangører og deltagere ved internasjonale fagkonferanser. Den faglige kontakt er sterkest til USA, men også de største europeiske land, våre naboland og Japan er med i Instituttets internasjonale samarbeidssfære. Instituttet har ofte besøk av utenlandske gjester, særlig i forbindelse med doktorgradsdisputaser og gjesteforelesninger. Men antallet gjesteforskere som har mere langvarige opphold, er etter manges oppfatning for lite. Dette skyldes nok økonomiske forhold idet få utenlandske universiteter stiller midler til disposisjon for lengre opphold ute og de norske forskningsbevilgningene prioriteres til norske forskere. Prosjekter som gjør det mulig for utenlandske studenter å ta en doktorgrad i Norge eksisterer ikke bortsett fra i spesielle programmer rettet mot utviklingsland. Med hensyn til effektiviteten i internasjonal kontakt og faglig informasjonsutveksling, er imidlertid forholdene ganske gunstige. Internasjonale publikasjoner, både ved faglige konferanser og i refererte tidsskrifter, er en av de viktigste måter for internasjonal faglig kontakt. Instituttet ønsker å være godt representert med faglige publikasjoner på høyt nivå. En undersøkelse av publikasjonshyppigheten ved Instituttet viser at det kom en vesentlig stigning mot slutten av 1980-årene og i 1990-årene. Dette skyldtes fremfor alt overgangen til fokusering på dr.ing.-kandidatsforskning med spesifiserte mål om publikasjonsmengde og konferansedeltagelse. Forskere ved Instituttet som tidligere var engasjert i SINTEF hadde en relativt lav publikasjonshyppighet. Et annet forhold av betydning var selv-sagt økningen i antall lærere. I perioden 1985 -95 ble det fra Instituttet presentert 250 internasjonale publikasjoner. Flere av Instituttets lærere er medlemmer av redaksjonsråd for internasjonale tidsskrifter og kan derved påvirke den faglige utvikling. I 1979 besluttet Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd, som resultat av et forslag og saksforberedelse fra Instituttet, å opprette en internasjonal forskningsbulletin (research bulletin) med navnet "Modeling, Identification and Control - MIC". Dette tidsskrift kommer ut kvartalsvis og kunne i 1994 feire sitt 15 års jubileum. MIC har et Redaksjonsråd med medlemmer fra norsk forskning og industri og en Støtteorganisasjon der nesten alt som finnes av forskningsinstitusjoner og industri innen fagområdet er representert. Redaksjonsfunksjonen utføres av Instituttet. MIC har høy internasjonal anseelse og vektlegger høy kvalitet på sine publikasjoner. Det er det eneste teknisk-vitenskapelige tidsskrift i Norge.

### **INSTITUTTETS FORHOLD TIL NÆRINGSLEVESRETTE FORSKNING OG ETABLERING AV NY VIRKSOMHET**

Helt siden etableringen i midten av 1950-årene har Instituttets ledelse, lærere og studenter vært preget av ønsket om å være med på å skape nye muligheter i norsk næringsliv gjennom forskning og utdanning innen praktisk bruk av kybernetiske metoder. Dette har gitt som resultat at Instituttet har samarbeidet med de fleste industrielle bransjer i Norge og med de viktigste industribedrifter i disse bransjene. Det har alltid vært en bevisst målsetning ved Instituttet og den samarbeidende SINTEF avd. Regulerings-teknikk å få ingeniører med høy kompetanse innen teknisk kybernetikk ut i næringslivet for der å skape virkelige resultater. Som oftest skjedde dette gjennom allerede eksisterende bedrifter, men i mange tilfeller ble også grunnlaget lagt for nye bedrifter. Instituttet var således det direkte utgangspunkt for dannelsen av firmaet Comtec A/S i Trondheim omkring 1966 med Nobø Fabrikker A/S som kapitalbase. Omtrent samtidig hadde Instituttet en sterk medvirkning ved dannelse av Norcontrol i Horten (kapitalbase Noratom, Kongsberg Våpenfabrikk, Norsk Hydro) der en rekke av Instituttets kandidater utgjorde den første staben. Nesten samtidig med dette ble Norsk Data A/S startet der flere av Instituttets tidligere studenter var gründerne. I mange år var det et intimt samarbeid mellom Instituttet og disse tre firmaene. Fra tidlig i 1970-årene da utvikling av nye metoder innen dynamisk posisjonering av farkoster for offshoreindustrien begynte, var Instituttet direkte med i dannelsen av norske industriaktiviteter. Det nye firmaet Kongsberg Alba-tross ble startet med stab med bakgrunn direkte fra Instituttet. Dette firmaet ble ganske snart verdens ledende på Dynpos-markedet og har siden

beholdt denne ledelsen. I 1990-årene er ABB også kommet inn i denne bransjen og har et nært samarbeid med Instituttets fagfolk. Som nevnt foran var Instituttet direkte med ved etableringen av CAMO A/S i 1983 idet bedriftens første produkt, programsystemet CYPROS, var utviklet ved Instituttet. Instituttets lærere har alltid hatt et nært samarbeid med næringslivet om formidling av kontakt til kandidater og studenter om ansettelse. Mange av Instituttets kandidater har allere-de gjennom sine prosjekter hatt kontakt med industribedrifter og går direkte over i stillinger i bedriftene der deres spesielle kvalifikasjoner er ettertraktet. Gjennom mange år hadde Instituttet et nært samarbeid med Servoteknisk Utvalg og senere AUDA-komiteen (Automatisering og Databehandling) av NTNf og bidro til utforming og gjennomføring av mange av denne komiteens store forskningsprogrammer. Nær 2000 sivilingeniører og 80 dr. ingeniører er tilført norsk næringsliv og forskning i årenes løp.

### **SINTEF AVD. REGULERINGSTEKNIKK**

Selskapet for industriell og teknisk forskning ved NTH (SINTEF) ble grunnlagt i 1950 og allerede i 1955 var dets Avdeling for Reguleringsteknikk (avd. 48) etablert med daværende dosent Jens G. Balchen som leder. Avdelingens formål var å være et bindeledd og forvaltningsorgan for samspillet mellom Instituttet, industrien og NTNf. I perioden frem til omkring 1970 var det sterk vekst i den eksternt finansierte bemanning av det helt integrerte fagmiljøet. Avd. 48 var et særdeles fleksibelt og hensiktsmessig forvaltningsorgan i denne gründerperioden. De unge forskerne hadde status som "stipendiater" og var som oftest engasjert bare i få år før overgang til ansettelse i industrien. Dette forholdet endret seg noe ettersom SINTEF i 1970-årene og senere utviklet seg mer i retning av å bli en organisasjon med sin egen strategi forskjellig fra bare å være et forvaltningsorgan for NTH. Samspillet med avd. 48 var utvilsomt en av grunnene til at Instituttet i de første 20 årene hadde en utdannings- og forskningskapasitet som var langt større enn de ressurser NTH ydet. En betydelig del av Instituttets lærerstab er f.eks. rekruttert gjennom avd. 48. Den såkalte SINTEF-B ordningen som er et rent økonomisk og personalmessig forvaltningsorgan uten noen egen forskningspolitisk målsetting er svært hensiktsmessig for Instituttet. Den svarer i store trekk til den funksjon SINTEF hadde i de første 25 år av sin eksistens. Etter den omorganisering som har pågått i SINTEF synes det som at SINTEF-B ordningen er blitt svekket, noe som må beklages.

### **PERSPEKTIVER**

Selv om kybernetikken allerede kan sies å være en moden vitenskap med svære praktiske implikasjoner, er det først i de seneste år at folk flest er blitt kjent med dens innhold. Kybernetikkens problemstillinger og metoder tas i økende tempo i bruk i de fleste sektorer av næringsliv og forvaltning med det resultat at behovet for kvalifiserte fagfolk bare øker. Kybernetiske metoder har bl.a. et svært anvendelsespotensial i Norges tradisjonelle næringer som i prosessindustrien, i marin teknologi og i fiskeriteknologi. Derfor er det viktig at det fortsatt satses på utdanning og forskning i denne fremtidsrettede fagdisiplinen der Norge allerede har gjort seg sterkt gjeldende i over 40 år.

