

STF90 A06035 – Åpen

RAPPORT

Teknologiforskning – hva er det?

Ida Solheim og Ketil Stølen

IKT

Samvirkende og tiltrodde systemer

Mars 2007

**SINTEF IKT**

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøksadresse Oslo: Forskningsveien 1
Telefon: 22 06 73 00
Telefaks: 22 06 73 50

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

SINTEF RAPPORT

TITTEL

Teknologiforskning – hva er det?

FORFATTER(E)

Ida Solheim og Ketil Stølen

OPPDRAGSGIVER(E)

SINTEF

RAPPORTNR. STF90 A06035	GRADERING Åpen	OPPDRAGSGIVERS REF.	
GRADER. DENNE SIDE Åpen	ISBN 82-14-02861-2	PROSJEKTNR.	ANTALL SIDER OG BILAG 22 sider
ELEKTRONISK ARKIVKODE Teknologiforskning.doc	PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Ketil Stølen <i>Ketil Stølen</i>	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Randi Eidsmo Reinertsen <i>Randi Eidsmo Reinertsen</i>	
ARKIVKODE	DATO 2007-03-06	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Bjørn Skjellaug <i>Bjørn Skjellaug</i>	

SAMMENDRAG

Hensikten med rapporten er å bidra til en bedre forståelse av hva teknologiforskning er, og hvordan slik forskning bør bedrives. Rapporten peker på likheter og ulikheter mellom klassisk forskning og teknologiforskning, og mellom teknologiforskning og aksjonsforskning. Hypoteser, prediksjoner og etterprøving settes i system og belyses ved eksempler. Rapporten konkluderer med at de tre nevnte formene for forskning har klare likhetstrekk og med fordel kan utføres etter den samme overordnede metoden.

Hovedbudskapet i denne rapporten er at teknologiforskning har en forskningsmetode, og at denne har store likhetstrekk med klassisk forskningsmetode. Videre har forfatterne ønsket å inspirere teknologiforskere til mer bevisst bruk av forskningsmetode, ut fra den overbevisning at metode gjør forskningen mer effektiv. Forskningsmetode minner nemlig forskeren om *hva* som skal gjøres, *når* det skal gjøres, og *hvorfor*.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Forskning	Research
GRUPPE 2	Teknologiforskning	Technology research
EGENVALGTE		

INNHold

Forord	3
1 Innledning	4
1.1 Bakgrunn	4
1.2 Klassisk forskning, teknologi og teknologiforskning	4
1.3 Denne rapporten	5
2 Klassisk forskningsmetode	5
2.1 Mål: Kunnskap om virkeligheten	5
2.2 Hypoteser, prediksjoner og etterprøving	6
2.3 Et klassisk eksempel	6
2.4 Resultatenes gyldighet	7
2.5 En iterativ prosess	7
3 Metode for teknologiforskning	8
3.1 Mål: Nye og bedre artefakter	8
3.2 Hypoteser, prediksjoner og etterprøving	8
3.3 En iterativ prosess	9
3.4 Hva skiller teknologiforskning fra teknologiutvikling?	9
4 Klassisk og teknologisk metode – forskjeller og likheter	11
4.1 Hva er “virkeligheten”?	11
4.2 Når artefakter testes på levende vesener	11
4.3 Forskerens motiv og interessentens motiv	11
4.4 En omforent forståelse	12
5 Aksjonsforskning	12
5.1 Hva er aksjonsforskning?	12
5.2 Mål: Forbedret organisasjon/virksomhet	13
5.3 Hypoteser og prediksjoner	13
5.4 Etterprøving gjennom samhandling og læring	13
5.5 En iterativ prosess	14
5.6 Hva er spesielt med aksjonsforskning?	15
5.7 Forholdet mellom aksjonsforskning og teknologiforskning	16
6 Etterprøving	17
6.1 Strategier for etterprøving	17
6.2 Hvilken strategi bør man velge?	18
7 Etterprøving i praksis	19
7.1 Etterprøving i forskning og utvikling	19
7.2 Eksempel på etterprøving – nytt kjernekraftverk	19
7.3 Hva lærer vi av kjernekrafteksemplet?	20
7.4 Eksempel på etterprøving – ny metode for risikoanalyse	20
7.5 Hva lærer vi av risikoanalyseeksemplet?	21
8 Konklusjon	21
Referanser	22

Forord

Denne rapporten er nært knyttet til SINTEFs interne kurs i forskningsmetodikk, hvor Ketil Stølen har undervist i flere år. De to andre kursholderne, Randi Eidsmo Reinertsen and Erik Wold, har støttet arbeidet med rapporten og kommet med nyttige innspill. Dessuten har kursdeltakerne gitt mange verdifulle tilbakemeldinger på tidlige utgaver av rapporten. Takk til dere alle!

Noe av arbeidet med rapporten er blitt delfinansiert av FoU-prosjektet MODELWARE (FP6-IST 511731). MODELWARE er samfinansiert av EUs program "Information Society Technologies", som hører inn under sjette rammeprogram (2002–2006). Rapporten reflekterer kun forfatternes egne meninger. EU er ikke ansvarlig for rapportens innhold eller for hvordan innholdet kan bli brukt.

Oslo, 2007-03-06
Forfatterne

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Forskningsmetode er et relevant tema for alle som bedriver forskning i en eller annen form, fra grunnforskning til anvendt, industriell forskning. Det finnes en mengde litteratur, også på norsk [5], om hvordan forskeren bør arbeide, hvilke metoder forskeren bør bruke, osv. Utredninger om forskningsmetode tar typisk utgangspunkt i forskning innenfor naturvitenskap eller samfunnsfag, og formidler retningslinjer til disse fagenes forskere.

Hva så med teknologifagene? Kan forskningsmetode for de klassiske vitenskapene uten videre anvendes av skipsdesignere, brokonstruktører, informatikere og andre teknologer? Eller er det en vesentlig forskjell når det gjelder problemformulering, hypoteseutforming og angrepsmetoder? Ved å belyse disse spørsmålene ønsker forfatterne å bidra til en bedre forstått og mer allment anerkjent forskningsmetode for teknologer.

1.2 Klassisk forskning, teknologi og teknologiforskning

Det finnes mange definisjoner av forskning. Ifølge Merriam-Webster [11] er forskning “undersøkelse eller eksperimentering rettet mot oppdagelse og tolkning av fakta, revisjon av aksepterte teorier eller lover i lys av nye fakta, eller praktisk anvendelse av slike nye eller reviderte teorier eller lover” (forfatterens oversettelse). Forskere formulerer hypoteser og tester så disse ved hjelp av eksperimenter eller observasjoner, slik som forklart i en rekke lærebøker (for eksempel [6]). Denne framgangsmåten, som gjerne kalles *den vitenskapelige metode*, er anerkjent og innarbeidet innenfor naturfag og samfunnsfag. Siden metoden har røtter tilbake til antikkens filosofer og vitenskapsfolk, velger vi her å kalle den *klassisk forskningsmetode*. (*Klassisk* henspiller ikke bare på antikkens gresk-romerske kultur, men betyr også “mønstergyldig” [2].) Videre definerer vi *klassisk forskning* til å være forskning som fokuserer på verden rundt oss, og som søker etter ny viten om naturen, verdensrommet, menneskekroppen, samfunnet osv. Forskeren spør: *Hvordan er virkeligheten?*

Teknologiforskning tar et annet utgangspunkt. Ordet *teknologi* kommer fra det greske *tekhne*, som betyr kunst, ferdighet [11]. Teknologi har mange forskjellige definisjoner, men de er alle spunnet rundt “den praktiske anvendelsen av kunnskap for å lage ting” (jamfør f.eks. Bokmålsordboka [2]). Med “ting” menes her menneskeskapte objekter, og slike vil vi i fortsettelsen kalle *artefakter*. Teknologiforskeren prøver å lage artefakter som er bedre enn dem man har fra før, for eksempel raskere, nyttigere eller mer pålitelige [13]. Med dette utgangspunktet definerer vi teknologi og teknologiforskning slik:

Teknologi er “læren om artefakter med vekt på deres tilvirkning”.

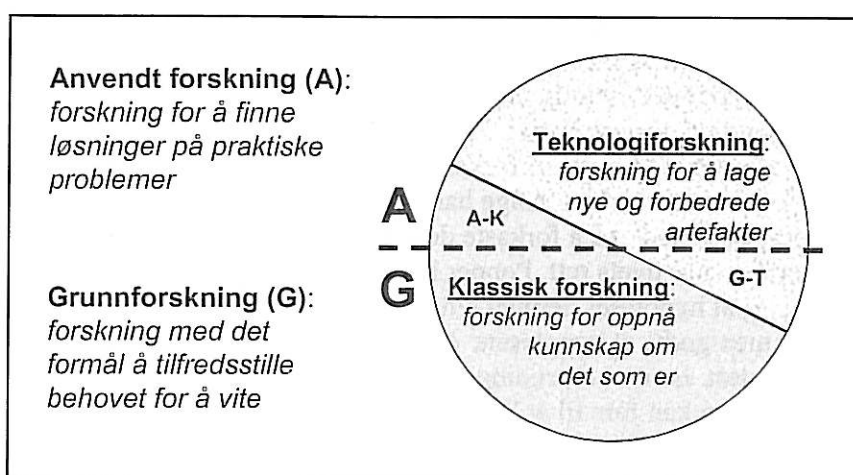
Teknologiforskning er “forskning for å frambringe nye og forbedrede artefakter”.

Teknologiforskeren søker etter prinsipper og idéer for tilvirkning av nye artefakter, eller forbedring av eksisterende artefakter, som kan være materialer, automater, medisiner, oljeutvinningsmetoder, dataprogrammer osv. Det grunnleggende spørsmålet er: *Hvordan frambringe et nytt/forbedret artefakt?*

Da vi nå har trukket opp den viktigste skillelinjen mellom klassisk forskning og teknologiforskning, er det relevant å spørre hvordan disse to variantene forholder seg til grunnforskning og anvendt forskning. Vi definerer grunnforskning og anvendt forskning slik:

Grunnforskning er “forskning med det formål å tilfredsstille behovet for å vite”.
Anvendt forskning er “forskning for å finne løsninger på praktiske problemer”.

Mens klassisk forskning har sin tyngde innenfor grunnforskning, har teknologiforskning sin største utbredelse innenfor anvendt forskning. Figur 1 illustrerer dette forholdet. Det verd å merke seg at en del av den klassiske forskningen er anvendt (**A-K** i figuren); for eksempel ble termodynamikken utviklet for å øke effektiviteten i dampmaskiner. På den annen side kan teknologiforskning befinne seg innenfor grunnforskningens område (**G-T** i figuren). Som eksempel kan vi tenke oss en vakker skulptur som det er mulig å realisere takket være teknologiforskning på materialer. Et annet eksempel er Rubiks kube, som på 1980-tallet ble et populært leketøy for både små og store. I disse eksemplene er teknologiforskningen et middel for å lage artefakter som ikke løser praktiske problemer, men som er vakre eller morsomme.



Figur 1: Klassisk forskning og teknologiforskning finnes innenfor både grunnforskning og anvendt forskning.

1.3 Denne rapporten

I dette kapitlet har vi gjennomgått hensikten med rapporten og definert noen sentrale begreper. De to neste kapitlene presenterer hovedelementene i klassisk forskningsmetode (kapittel 2) og i teknologiforskningsmetode (kapittel 3). I kapittel 4 ser vi nærmere på forskjeller og likheter mellom disse to metodene. Kapittel 5 gir en kort introduksjon til aksjonsforskning og plasserer denne i forhold til teknologiforskning. Kapittel 6 tar for seg etterprøving/hypotesetesting generelt, og kapittel 7 gir eksempler på etterprøving innenfor teknologiforskning. Kapittel 8 oppsummerer og konkluderer.

2 Klassisk forskningsmetode

2.1 Mål: Kunnskap om virkeligheten

Forskerne i de klassiske vitenskapene er opptatt av fenomener i virkeligheten. Det finnes *teorier* som er kommet fram som resultater av tidligere forskning. Disse teoriene kan forskerne enten støtte seg til, eller utfordre. En teori har ikke livets rett før den er blitt bekreftet av observasjoner,

og den lever helt til den blir motbevist. Et eksempel på en teori som er forkastet, er Ptolemaios' lære om jorda som universets sentrum¹ [15].

2.2 Hypoteser, prediksjoner og etterprøving

Utgangspunktet for en teori er forskerens spørsmål og hans eller hennes forsøksvise antakelser om hva svarene kan være. En *hypotese* er en slik antakelse. Forskeren kan ha et sett av alternative hypoteser. Så gjelder det å finne ut om hypotesen stemmer med virkeligheten. Dette kalles *etterprøving* (eller *hypotesetesting*), og det gjøres ved hjelp av ulike typer *undersøkelser* (*observasjoner*). Etterprøvingen tar gjerne utgangspunkt i *prediksjoner*, som er utsagn om hva som vil skje dersom hypotesen stemmer. En prediksjon er på formen: *Hvis H (hypotesen) er sann, så vil også P (prediksjonen) være sann*. Observasjoner som viser at P er sann, vil dermed støtte hypotesen H. Men observasjoner som viser at P er usann, gir grunn til å forkaste H.

Undersøkelser kan altså støtte (bekrefte, styrke) en hypotese, men ikke gi noe endelig bevis. Kan vi derimot finne et endelig motbevis? Dette spørsmålet bringer oss inn på et viktig prinsipp i etterprøving av hypoteser, nemlig *falsifiserbarhet*. Det går ut på at hypoteser må kunne forkastes (falsifiseres) gjennom observasjoner. Prinsippet innebærer at en hypotese som er blitt styrket av mange observasjoner, allikevel må forkastes dersom det finnes et moteksempel. Karl Popper² var en talsmann for falsifiserbarhet. Ifølge ham skal etterprøving ikke være forsøk på å støtte en teori eller hypotese, men forsøk på å forkaste den. Bare teorier som gjennom slike tester bekrefter sin evne til å overleve, har livets rett. Popper inntok det standpunkt at etterprøving ikke kan gi endelige svar, og at hypoteser dermed alltid forblir antakelser. Derfor må forskerne ikke forsøke å unngå kritikk, men godta at hypotesene deres kan bli forkastet [12]³. Poppers standpunkter er mye referert og diskutert. En av innvendingene går ut på at en hypoteses omliggende teori kan inneholde feil – som kan føre til at hypotesen forkastes på feilaktig grunnlag. Dette kan skje når den omliggende teorien bidrar med hjelpehypoteser som er feilaktige [6]⁴.

2.3 Et klassisk eksempel

Legen Ignaz Semmelweiss levde i Østerrike-Ungarn på 1800-tallet. Hans forskning på barsel-feber [6] er et berømt eksempel på klassisk forskningsmetode. Semmelweiss var bekymret for den store andelen av nybakte mødre som døde av barsel-feber på en bestemt fødeavdeling ved det sykehuset hvor han arbeidet. På denne avdelingen var det medisinerstudenter som hjalp de fødende kvinnene. Ved det samme sykehuset var det også en annen fødeavdeling, som ble betjent av jordmødre, og hvor dødeligheten var langt lavere. Semmelweiss' hypotese var at barsel-feber skyldtes et stoff som medisinerstudentene hans uvitende overførte fra obduksjonssalen til fødeavdelingen. Han påla derfor studentene å vaske hendene med klorkalkopløsning før de gikk inn på fødeavdelingen. Etter dette sank dødeligheten blant barselkvinnene på denne avdelingen fra over 12 % til drøyt 2 %, som var sammenlignbart med tallet for den andre fødeavdelingen. Semmelweiss' prediksjon var altså: Hvis barsel-feber skyldes et smittestoff fra obduksjonssalen, så vil barselkvinnene ikke bli syke dersom fødselshjelperne på forhånd vasker hendene med klorkalkopløsning. Prediksjonen viste seg å slå til, og Semmelweiss' hypotese ble styrket⁵.

¹ Klaudios Ptolemaios, geograf, astronom og astrolog, levde trolig i Alexandria ca. år 90–168. Hans geosentriske modell hadde bred støtte blant både europeere og arabere i over tusen år.

² Karl Popper, østerriksk vitenskapsfilosof, 1902–1994.

³ side 98–104

⁴ side 30–33

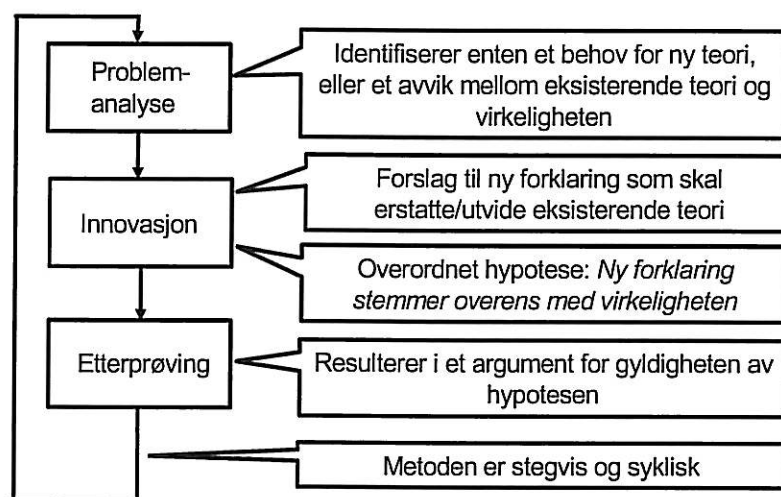
⁵ En annen sak var at Semmelweiss' forklaring ikke ble godtatt av det medisinske etablissement, fordi den stred mot gjengs oppfatning om sykdommers årsaker, og fordi leger nektet for å ha medvirket til dødsfall.

2.4 Resultatenes gyldighet

Mens hypoteser er generelle utsagn om en hel populasjon, eller alle oppførsler av en viss type, så gjelder prediksjoner kun noen utvalgte individer, eller oppførsler. Det er altså viktig å kunne generalisere resultatet av en undersøkelse – fra å gjelde de utvalgte tilfellene til å gjelde alle tilfeller. Derfor må både prediksjoner og undersøkelsesmetoder velges med omhu. Undersøkelsene må dokumenteres slik at kolleger og andre kan etterprøve resultatene. En forsker som får sin hypotese styrket gjennom observasjoner, kan påberope seg ny viten (ny teori). I motsatt fall kan forskeren prøve igjen med andre typer undersøkelser, eller rett og slett søke etter en annen forklaring.

2.5 En iterativ prosess

Når ny teori er oppnådd, har forskeren grunnlag for nye spørsmål, med nye hypoteser og undersøkelser. Klassisk forskning er altså en iterativ prosess.



Figur 2: Hovedstegene i klassisk forskningsmetode

Figur 2 viser hovedstegene i denne prosessen, som er:

1. *Problemanalyse* – Forskeren identifiserer et behov for ny teori. Dette behovet har oppstått fordi det mangler teori, eller fordi forskeren mener at eksisterende teori ikke stemmer med virkeligheten.
2. *Innovasjon* – Dette er den kreative delen av forskningen. I dette steget formuleres de nye spørsmålene, og gode idéer klekkes ut. Noen ganger er nytenkningen beskjeden, men likevel nyttig, f.eks. anvendelse av eksisterende teori på et annet område av virkeligheten. Andre ganger kan nytenkningen være banebrytende, som da Einstein utarbeidet sin relativitetsteori. Forskeren arbeider etter en overordnet hypotese om at den nye forklaringen stemmer overens med virkeligheten.
3. *Etterprøving* – Dette kalles også hypotesetesting. Forskeren undersøker virkeligheten for å finne ut om det nye forslaget til forklaring (hypotesen) stemmer. Hypotesen danner utgangspunkt for prediksjoner om virkeligheten. Forskeren formulerer prediksjoner og undersøke deretter om prediksjonene slår til. Dersom det man observerer, stemmer med prediksjonene, bruker forskeren dette til å argumentere for at den nye forklaringen stemmer med virkeligheten. Gjentatt styrking av hypotesen bidrar til å “opphøye” den til teori.

Det hender at forskerens observasjoner snarere svekker enn styrker hypotesene. Det er ikke dermed sagt at undersøkelsene er bortkastet! Tvert om kan slike resultater også gi ny viten, eller oppfordre til nye iterasjoner i forskningsspiralen problemanalyse – innovasjon – etterprøving.

3 Metode for teknologiforskning

3.1 Mål: Nye og bedre artefakter

Teknologiforskeren er opptatt av hvordan man kan lage nye eller forbedre eksisterende artefakter, for eksempel en ny robot, nye algoritmer for et datamaskinprogram, en ny konstruksjonsmåte for ei bru, en ny hostesaft, et nytt opplegg for pasientbehandling etc. Motivasjonen er et behov for et nytt artefakt, eller et behov for å forbedre et eksisterende artefakt.

Forskeren samler inn krav om hvordan artefaktet skal være. Det skal for eksempel tåle et visst trykk, gi sikrere analyseresultater, håndtere et komplekst problem innen en gitt tid, etc. Slike krav kommer enten fra eksisterende brukere (hvis artefaktet trenger forbedring) eller fra nye eller potensielle brukere (hvis denne typen artefakt ikke finnes ennå). I tillegg samler forskeren inn krav og synspunkter fra andre interessenter, for eksempel fra dem som skal vedlikeholde artefaktet eller tjene penger på det.

3.2 Hypoteser, prediksjoner og etterprøving

Etter at kravene er samlet inn, setter forskeren i gang med å lage et artefakt som skal i møtekomme kravene. Selv om ingen har gjort dette før, antar forskeren at det er mulig. Det viktige spørsmålet er *hvordan* det skal gjøres i praksis. Dette er en innovativ fase; her får forskeren bruk for sin kreativitet og tekniske innsikt. Når artefaktet er ferdig, må forskeren vise at det faktisk oppfyller de kravene som er stilt, og dermed det (potensielle) behovet som ligger til grunn. Teknologiforskerens overordnede hypotese er: *Artefaktet tilfredsstiller behovet.*

For å etterprøve den overordnede hypotesen må forskeren formulere underhypoteser som sier noe om artefaktets egenskaper, for eksempel:

H1: Artefakt A er brukervennlig

Men heller ikke slike hypoteser kan testes uten videre. Derfor bruker forskeren prediksjoner, dvs. forutsigelser om hvordan artefaktet vil oppføre seg under gitte forhold. Prediksjonene kan avledes av behovet og de krav som er kommet til uttrykk. Det er vesentlig at prediksjonene formuleres slik at de kan forkastes; vi sier da at de er falsifiserbare⁶. La oss se på følgende prediksjoner:

P1: Artefakt A kan brukes etter kort tids opplæring.

P2: Artefakt A kan skrive ut 5000 ord på papir i løpet av ett minutt.

P1 kan ikke falsifiseres uten videre, for først må man bli enige om hva “kort tids opplæring” betyr. Derimot er det langt enklere å finne ut om P2 er usann.

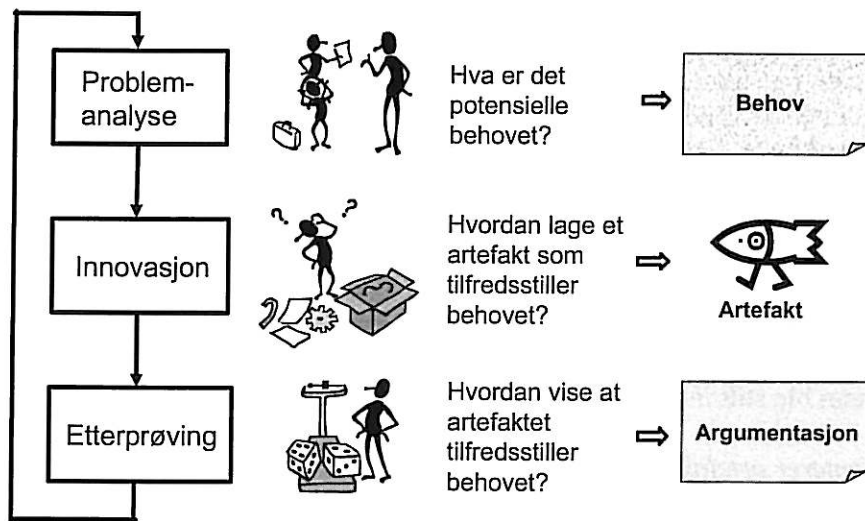
Prediksjonene danner utgangspunktet for etterprøvingen (hypotesetestingen). Etterprøvingen kan være en like stor utfordring for teknologiforskeren som det å lage artefaktet. Kapittel 6 gir en oversikt over ulike strategier for etterprøving.

⁶ Jamfør diskusjonen på slutten av kapittel 2.2.

Teknologiforskning produserer ikke alltid artefakter som er helt ferdige, sett fra brukerens synsvinkel. Det er vanlig å lage en såkalt funksjonell prototyp, som må være god nok til å utsettes for den etterprøvingen som trengs. Virker prototypen lovende, kan den senere videreutvikles til et ferdig, salgbart produkt. Slik ferdigstilling gjøres typisk av andre enn forskere.

3.3 En iterativ prosess

Dersom etterprøvingen gir positive resultater, kan forskeren argumentere for at artefaktet tilfredsstillende behovet. Forskeren har da sannsynliggjort at det nye artefaktet er nyttig, eller at det er bedre enn forgjengeren. Men dersom resultatene spiker, må forskeren justere kravene, og eventuelt bygge et nytt artefakt og etterprøve dette. Teknologiforskning er altså en iterativ prosess, akkurat som klassisk forskning.



Figur 3: Hovedstegene i teknologiforskningsmetode

Figur 3 viser hovedstegene i denne prosessen, som er:

1. *Problemanalyse* – Forskeren kartlegger et potensielt behov for et nytt eller forbedret artefakt ved å interagere med mulige brukere og andre interessenter.
2. *Innovasjon* – Forskeren forsøker å konstruere et artefakt som tilfredsstillende behovet. Den overordnede hypotesen er at artefaktet tilfredsstillende behovet.
3. *Etterprøving* – Forskeren tar utgangspunkt i det potensielle behovet og formulerer prediksjoner om artefaktet. Så undersøker forskeren om prediksjonene slår til. Dersom resultatene er positive, kan forskeren argumentere for at artefaktet tilfredsstillende behovet.

Som i klassisk forskning er det også her slik at positive resultater styrker hypotesene, men de *beviser* ingenting. Negative testresultater eller utilfredsstillende svar svekker hypotesene, men stimulerer samtidig til nye iterasjoner i forskningsspiralen problemanalyse – innovasjon – etterprøving.

3.4 Hva skiller teknologiforskning fra teknologiutvikling?

Forskning og utvikling nevnes så ofte i samme åndedrag at det er blitt til et fast uttrykk, jamvel en forkortelse (FoU). Dette er med god grunn, for i teknologifagene er forskning og utvikling nært relaterte. På den ene siden vil et forskningsprosjekt typisk inneholde noe utvikling, og på den

andre siden kan et utviklingsprosjekt involvere en forskningsdel. Teknologiutvikling kan med fordel bedrives etter samme metode som teknologiforskning.

Det som skiller teknologiforskning fra teknologiutvikling, er at artefaktet representerer *ny kunnskap* av interesse for andre. Skal vi avgjøre om en aktivitet er teknologiforskning eller teknologiutvikling trenger vi å svare på tre sentrale spørsmål:

1. Representerer artefaktet ny kunnskap?
2. Har den nye kunnskapen interesse for andre?
3. Er den nye kunnskapen og resultatene dokumentert på en måte som muliggjør etterprøving?

La oss se på et eksempel: En stor bedrift trenger å fornye sitt IT-system for anskaffelser av materiell. Det viser seg at ingen standardsystemer kan tilfredsstillende det behovet som brukerne i denne bedriften har. Heller ikke andre bedrifter av tilsvarende type (og som "vår" bedrift kjenner til) kan skilte med noe liknende. Derfor trenger man å lage vesentlige deler av anskaffelsessystemet fra bunnen av. Bedriftens IT-folk samarbeider med kolleger for å spesifisere det systemet som skal lages. Etter mange runder med programmering, prøving og nye krav er systemet klart til bruk. Det viser seg at et flertall av brukerne er fornøyde med resultatet, fordi de nå har fått enklere arbeidsrutiner og bedre oversikt over anskaffelsene, og dessuten kan avse tid til oppgaver som tidligere ble forsømt.

I dette eksemplet ble resultatet en suksess ettersom artefaktet, det nye anskaffelsessystemet, tilfredsstilte det behovet som var avdekket i bedriften. La oss nå prøve å svare på de tre spørsmålene som ble stilt innledningsvis:

1. *Representerer artefaktet ny kunnskap?* Ser vi på det nye anskaffelsessystemet i og for seg, kan det tenkes at dette systemet er det eneste i sitt slag. Men det er ikke dét som er avgjørende. Det vesentlige spørsmålet er om noen av systemets egenskaper (for eksempel design, arkitektur) representerer ny innsikt, og om denne innsikten kan ha betydning for andre som skal lage liknende systemer. Dette leder hen til neste spørsmål, som gjelder relevans.
2. *Har den nye kunnskapen av interesse for andre?* Det er slett ikke sikkert at det nye anskaffelsessystemet har interesse utenfor den bedriften som eier det. På den annen side kan systemet eller noen av dets komponenter ha allmenn interesse dersom prinsippene de bygger på, er nye og kan gjenbrukes i andre sammenhenger.
3. *Er den nye kunnskapen og resultatene dokumentert på en måte som muliggjør etterprøving?* Suksesshistorier uten dokumentasjon blir kun løse påstander. Forskning krever dokumentasjon, dvs. at arbeidet skal være så godt beskrevet at andre skal kunne gjenta og verifisere det. Momenter som kan tenkes å trekke kunnskapen og resultatene i tvil, må også gjøres rede for og drøftes.

Et resultat som tilfredsstillende de tre kriteriene over, representerer forskning og er dermed verdt å publisere. Poenget med publisering er å gjøre resultatet kjent blant andre forskere og allmennheten. På den måten kan resultatet debatteres og eventuelt utsettes for kritikk, samt bidra til videre forskning og/eller utvikling. Formidlingsprosessen er derfor av stor betydning både for forskningen og for samfunnet for øvrig.

4 Klassisk og teknologisk metode – forskjeller og likheter

4.1 Hva er “virkeligheten”?

Ovenfor har vi skilt mellom forskning på virkeligheten og forskning rettet mot det å lage menneskeskapte objekter – artefakter. Den første metoden kaller vi klassisk, den andre kaller vi teknologisk. Men hva er så “virkeligheten”? De fleste vil vel hevde at virkeligheten omfatter en mengde menneskeskapte ting. Når vi snakker om teknologiforskning, er vi imidlertid interesserte i tilvirkningen av *nye* artefakter, nemlig slike som er i ferd med å lages og etterprøves, eller som ennå befinner seg kun på tegnebrettet eller på idéstadiet. Gamle artefakter, slike som allerede er etablert i våre (eller forskerens) omgivelser, må derimot sies å tilhøre virkeligheten, og forskning på slike følger klassisk forskningsmetode.

4.2 Når artefakter testes på levende vesener

Levende vesener tilhører utvilsomt virkeligheten, og kan ikke betegnes som noe artefakt i vår forstand. Men hvordan skal vi klassifisere forskning som skal frambringe et nytt artefakt, men som er avhengig av levende vesener til etterprøvingen? Et eksempel: La oss tenke oss at det skal utvikles en ny medisin som skal oppfylle følgende krav:

- Medisinen skal være mer effektiv enn alle andre medisiner for samme lidelse.
- Medisinen skal gi færre bivirkninger enn sammenliknbare medisiner.

Kravene konkretiseres og tallfestes og gjøres om til en mer detaljert oppskrift på den nye medisinen. Etter hvert blir medisinen prøvd på frivillige pasienter, og deres reaksjoner på medisinen blir nøye registrert⁷. Det som testes i denne sammenhengen, er altså et nytt artefakts virkning på mennesker med en bestemt lidelse (virkeligheten). Resultatet av testen sammenliknes med det behovet som var utgangspunktet: Er medisinen mer effektiv, og gir den færre bivirkninger? Slik forskning er altså teknologiforskning, selv om mennesker eller andre levende vesener brukes i testingen.

4.3 Forskerens motiv og interessentens motiv

Som vi har sett, er behovet for ny viten om virkeligheten det som driver klassisk vitenskap framover. Innenfor teknologiforskning er det imidlertid annerledes. For teknologiforskeren er det ideen om det nye artefaktets gode egenskaper som er drivkraften. Artefaktet antas å skulle tilfredsstillende et behov for større effektivitet, bedre lønnsomhet, mer skjønnhet eller liknende. Den utfordringen som ligger i å få til dette, er hva som trigger teknologiforskerens innsats. Imidlertid er det som regel ikke teknologiforskeren som eier det behovet som skal tilfredsstilles. Det behovet eies av en (potensiell) interessent, som kan være en organisasjon (for eksempel en bedrift), en gruppe enkeltpersoner (for eksempel personer med bevegelseshemming) eller andre. Forskjellen på teknologiforskerens motiv og interessentens motiv er som følger:

Forskeren er interessert i å finne opp, eller forbedre, et artefakt som *eventuelt* kan avhjelpe interessentens problem.

Interessenten er interessert i å få sitt behov tilfredsstillt, f. eks. forbedre sin virksomhet eller gjøre den mer effektiv.

⁷ Her vil vi anta at forskerne passer på å måle resultatene på en slik måte at de unngår slagside. Innenfor medisin er det vanlig å bruke såkalt dobbelt blindforsøk med kontrollgruppe. Det innebærer at verken pasienten selv eller dennes lege vet om det er medisin som gis, eller om det er en ikke-virksom erstatning.

Dette tilsynelatende motsetningsforholdet trenger ikke representere noen konflikt mellom de to partene. Tvert om er det meningen at forskerens syn og interessentens syn skal bidra til et felles mål: et nytt eller bedre artefakt som gagnar interessenten.

4.4 En omforent forståelse

Hittil har vi konsentrert oss om forskjellen på klassisk forskning og teknologiforskning. Men allerede figur 2 og 3 antyder at klassisk forskningsmetode og teknologiforskningsmetode følger et felles mønster. Tabellen nedenfor framhever dette mønsteret ved å sammenlikne hovedelementene i klassisk forskning med hovedelementene i teknologiforskning.

Tabell 1: Hovedelementene i klassisk forskningsmetode og teknologiforskningsmetode

	<i>Klassisk variant</i>	<i>Teknologivariant</i>
Problem	Behov for ny teori	Behov for nytt artefakt
Løsning	Nye forklaringer (ny teori)	Nytt artefakt
Det som løsningen skal sammenliknes med	Relevant del av virkeligheten	Relevant behov
Overordnet hypotese	De nye forklaringene stemmer overens med virkeligheten	Det nye artefaktet tilfredsstillende behovet

Utgangspunktet for begge variantene er et behov. I den klassiske varianten er behovet en ny teori, mens i teknologivarianten er behovet et nytt artefakt. Løsningen man søker, er i klassisk forskning nye forklaringer som er gode nok til å kvalifisere til ny teori. Løsningen i teknologiforskning er det nye artefaktet. For å finne ut om den nye løsningen holder mål, må man sammenlikne den med noe:

- I den klassiske varianten finner man opp nye forklaringer og sammenlikner dem med en relevant del av virkeligheten. Den overordnede hypotesen er at de nye forklaringene stemmer overens med virkeligheten.
- I teknologivarianten finner man opp et nytt artefakt og sammenlikner det med det potensielle behovet. Den overordnede hypotesen er at det nye artefaktet tilfredsstillende behovet.

I begge variantene er den overordnede hypotesen på formen “B løser problemet A”. A er behovet for ny teori, eller behovet for et nytt artefakt. B er en ny forklaring, eller et nytt artefakt, som tilfredsstillende behovet som er identifisert. Vi har tidligere vært inne på at hypoteser etterprøves ved hjelp av prediksjoner. Hvordan prediksjonene skal etterprøves, behandles i kapittel 6.

5 Aksjonsforskning

5.1 Hva er aksjonsforskning?

Det som i litteraturen er kjent som aksjonsforskning, er forskning og/eller utvikling rettet mot forbedring av prosesser eller systemer innenfor virksomheter/organisasjoner. Målet er å redusere eller eliminere organisasjonsmessige problemer ved å forbedre virksomheten. Aksjonsforskeren bringer endring inn i virksomhetens prosesser ved selv å gripe inn og deretter observere effekten av endringene. Det spesielle ved aksjonsforskning er at *forskeren og forskerens aktiviteter inngår*

som en del av forskningsobjektet. Med andre ord, forskeren og objektet for forskningen er ikke klart atskilte.

Aksjonsforskning oppstod på midten av det tjuende århundret innenfor sosialpsykologi (se for eksempel [9],[14]), og har senere vært brukt hovedsakelig innenfor samfunnsforskning og medisin. Etter hvert har det utviklet seg mange varianter av aksjonsforskning. Noen eksempler er aksjonslæring, deltakende observasjon og klinisk feltarbeid [1]. Aksjonsforskning er blitt kritisert for å produsere mye aksjon og lite forskning [4]. Selv om “aksjonsforskning” refererer til termen “forskning”, er mye av det som betegnes som aksjonsforskning svært utviklingsorientert, og aksjonsforskerens arbeid grenser ofte til konsulentvirksomhet. Derfor er aksjonsforskning ikke nødvendigvis forskning slik vi har definert dette begrepet i kapittel 3.4. Aksjonsforskning kan med rette kalles forskning bare når den framskaffer ny viten som er dokumentert på en måte som muliggjør etterprøving, og som er av interesse for andre.

I fortsettelsen skal vi ta for oss aksjonsforskning slik den er definert av Davison et al. [3] og Baskerville et al. [1], og se på forholdet mellom aksjonsforskning og teknologiforskning.

5.2 Mål: Forbedret organisasjon/virksomhet

I aksjonsforskning skal man løse et praktisk problem av sosial/organisasjonsmessig art ved å innføre endringer. Deltakerne skal gjennom dette oppnå ny kunnskap om både situasjonen, endringsprosessene og resultatene. Aksjonsforskeren bygger på antakelsen om at en virksomhet må studeres som en helhet dersom man skal oppnå ny kunnskap om den. Det er derfor nytteløst å dele den opp i komponenter og betrakte for eksempel informasjonssystemene for seg.

Det er viktig at deltakerne har en felles forståelse av hva som skal gjøres, og er klar over metodens fordeler og ulemper for den virksomheten hvor metoden skal brukes. En skriftlig samarbeidsavtale er derfor en fordel. Foruten å inneholde klientens samtykke, bør samarbeidsavtalen bl.a. avklare hva som er forskerens interesse, og hva som er virksomhetens/klientens interesse, i det arbeidet som skal gjøres.

5.3 Hypoteser og prediksjoner

Aksjonsforskeren og klienten må først komme fram til en felles forståelse av det problemet de vil løse. Deretter må de ble enige om hvilke aksjoner som er hensiktsmessige for å oppnå den ønskede forbedringen i virksomheten. Den overordnede hypotesen i aksjonsforskning er: *Aksjon A medfører at virksomhetens forbedringsbehov tilfredsstilles*. A kan være en enkelt aksjon eller en rekke aksjoner. Fra denne hypotesen kan man avlede mer detaljerte hypoteser som for eksempel:

H1: Aksjon A vil medføre at arbeidsstokken blir mer stabil.

En mulig prediksjon av denne hypotesen er:

P1: Neste år vil det være 50 % færre som sier opp sin stilling for å gå over i annen virksomhet.

Prediksjonene i aksjonsforskning er vanligvis på formen: *I situasjon S og under rådende forhold F, G og H, ventes aksjonene A, B og C å resultere i X, Y og Z*. Ifølge [3] utgjør slike prediksjoner teorien i kanonisk aksjonsforskning, og skiller den dermed fra aksjonslæring (som er uten teori).

5.4 Etterprøving gjennom samhandling og læring

Etterprøvingen av prediksjonene må nødvendigvis foregå i virksomheten selv. Aksjonsforskeren deltar i de planlagte aksjonene sammen med de ansatte og eventuelle andre impliserte; hun eller

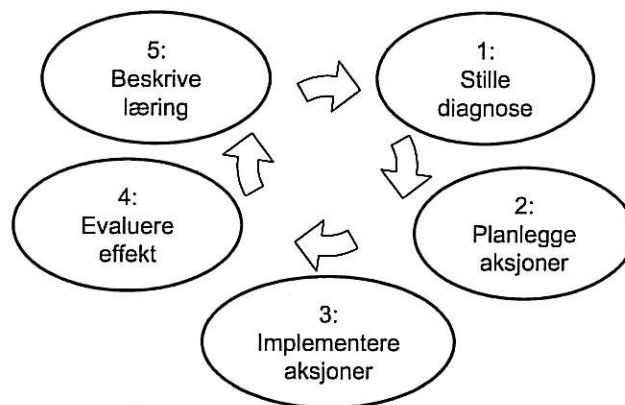
han blir altså en del av sitt eget forskningsobjekt. Dette er en vanskelig balansegang som aksjonsforskeren må kunne takle.

Aksjonene kan tenkes å innvirke på individene i virksomheten; for eksempel endre deres roller og ansvar, eller kreve at de ansatte utvikler nye ferdigheter. Også virksomhetens struktur og systemer kan komme til å bli endret. Derfor er det nødvendig med en grundig vurdering av situasjonen både før og etter endringen.

Etter endringen må aksjonsforskeren og de involverte gå igjennom resultatene på en systematisk og kritisk måte for å finne ut hva de har lært. Det de først og fremst må spørre seg, er om de gjennomførte aksjonene hadde den ønskede effekt. Hvis svaret er ja, er det nødvendig å undersøke om det opprinnelige problemet er løst. Hvis problemet viser seg å være løst, må de finne ut om dette er takket være de gjennomførte aksjonene, eller om løsningen hadde andre årsaker. En annen type lærdom gjelder aksjonsforskning som rammeverk; i hvilken grad det var nyttig for denne typen problem, og på hvilken måte det eventuelt bør justeres på grunnlag av erfaringene.

5.5 En iterativ prosess

Dersom effekten av aksjonene viser at virksomheten har oppnådd den ønskede forbedring, er aksjonsforskeren fornøyd. Hvis aksjonene derimot *ikke* hadde den ønskede effekt, trengs det en revurdering av framgangsmåten. Det kan bli nødvendig med en ny aksjonsplan, og kanskje man også må reformulere problemet. Altså er aksjonsforskning en iterativ prosess, på linje med klassisk forskning og teknologiforskning.



Figur 4: Aksjonsforskningens fem faser (fritt etter [1])

Figur 4 viser aksjonsforskningens fem faser, som er [1]:

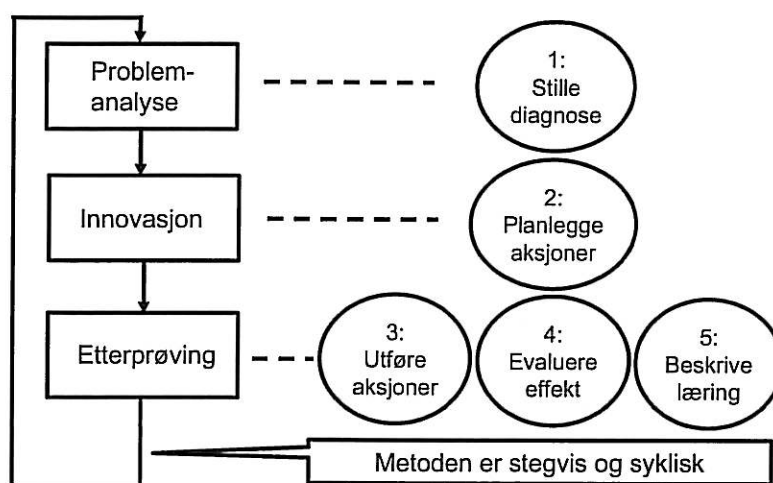
1. *Stille diagnose* – identifisere hovedproblemene som ligger under virksomhetens ønske om forbedring. Resultatet er en beskrivelse av virksomhetens problemområde og behov.
2. *Planlegge aksjoner* – for å løse/avhjelpe hovedproblemene. Denne planleggingen gjøres av aksjonsforskeren og virksomhetens folk (“praktikerne”) i samarbeid.
3. *Utføre aksjoner* – for å oppnå den ønskede endring. Praktikerne og aksjonsforskeren samarbeider om å gå aktivt inn og forandre virksomhetens prosesser.
4. *Evaluere effekt* – uansett om den ble negativ eller positiv. Praktikerne og aksjonsforskeren undersøker om aksjonene hadde den ønskede effekt, og i så fall om denne effekten virkelig løste problemene. I motsatt fall blir det nødvendig å revurdere framgangsmåten, og muligens også hypotesen.

5. *Beskrive læring* – for tre grupper interessenter: virksomheten selv, den involverte aksjonsforskeren og det internasjonale forskningsmiljøet.

5.6 Hva er spesielt med aksjonsforskning?

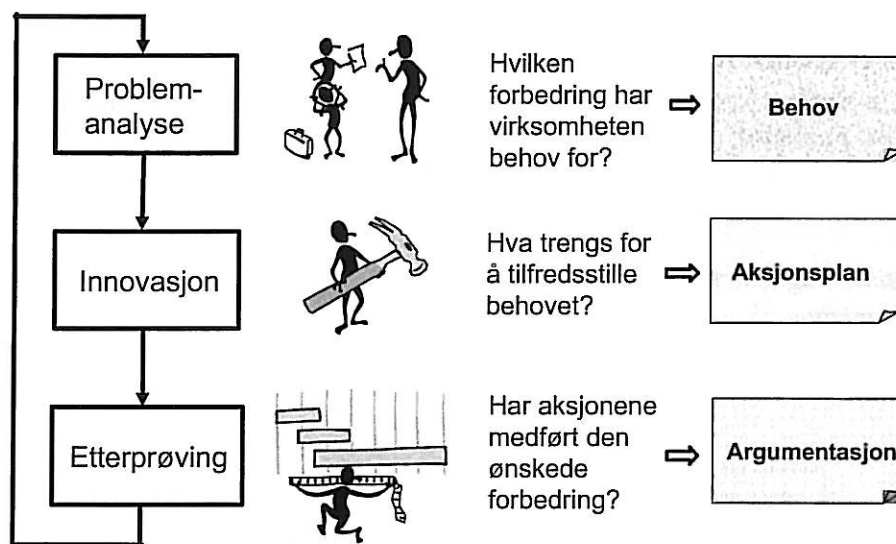
Ved første øyekast kan det se ut til at aksjonsforskning er noe helt annet enn teknologiforskning og klassisk forskning. Men hvis vi ser nærmere på aksjonsforskningens fem faser, vil vi se at de passer ganske godt inn i det mønsteret vi har fra før. Figur 5 viser hvordan de fem fasene kan plasseres:

- *Stille diagnose* tilsvarer *Problemanalyse*.
- *Planlegge aksjoner* tilsvarer *Innovasjon*.
- *Utføre aksjoner*, *Evaluere effekt* og *Beskrive læring* utgjør til sammen *Etterprøving*.



Figur 5: Aksjonsforskningens fem faser (til høyre) sammenliknet med de tre hovedfasene i klassisk forskningsmetode og teknologiforskningsmetode (til venstre)

Figur 6 framstiller aksjonsforskning i de tre fasene vi kjenner fra før. Problemanalysen identifiserer behovet for forbedring i virksomheten, og resulterer i en beskrivelse av dette. Innovasjonsfasen resulterer i en aksjonsplan. Etterprøvingen resulterer i en argumentasjon for gyldigheten av den overordede hypotesen, som er at aksjonene medfører de ønskede forbedringene i virksomheten.



Figur 6: Aksjonsforskning i tre faser

5.7 Forholdet mellom aksjonsforskning og teknologiforskning

Ettersom vi ovenfor har sett hvordan aksjonsforskning føyer seg inn i mønsteret til teknologiforskning, er det naturlig å spørre seg hva disse to forskningsmetodene faktisk har til felles. Er de i bunn og grunn samme sak, eller er den ene et spesialtilfelle av den andre? Tabell 2 sammenlikner essensen i teknologiforskningsmetode med essensen i kanonisk aksjonsforskningsmetode. Utgangspunktet for begge variantene er et behov. I teknologiforskning er behovet et nytt artefakt, mens aksjonsforskning adresserer et forbedringsbehov i en virksomhet. Løsningen man søker, er i teknologiforskning et nytt artefakt som tilfredsstiller behovet. Innenfor aksjonsforskning er løsningen en forbedret virksomhet som tilfredsstiller behovet. Vi ser at i begge variantene er den overordnede hypotesen på formen "B løser problemet A". B er enten et nytt artefakt, eller en forbedret virksomhet, som tilfredsstiller det behovet som er identifisert.

Tabell 2: Hovedelementer i teknologiforskningsmetode og (kanonisk) aksjonsforskningsmetode

	<i>Teknologiforskning</i>	<i>Aksjonsforskning</i>
Problem	Behov for nytt artefakt	Behov for forbedret virksomhet
Løsning	Nytt artefakt	Aksjonsplan
Det som løsningen skal sammenliknes med	Relevant behov	Relevant forbedringsbehov
Overordnet hypotese	Det nye artefaktet tilfredsstiller behovet	Aksjonene gir en forbedret virksomhet som tilfredsstiller behovet

Aksjonsplanen, som representerer løsningen i aksjonsforskning, går ofte ut på å innføre eller endre en produksjonsmetode, et økonomistyringsverktøy, et kundeoppfølgingssystem, personalpolitikken, organisasjonskartet eller noe annet som har konsekvenser for virksomhetens effektivitet, lønnsomhet eller lignende. Hensikten er å forbedre virksomheten. For å oppnå dette

griper aksjonsforskeren inn i virksomhetens gjøren og laden ved for eksempel å innføre en ny metode, og gransker deretter både sin egen opptreden og virkningen av den.

Som vi var inne på i kapittel 4.3, er en virksomhet et menneskeskapt objekt, altså et artefakt i seg selv. Utvikling av en virksomhet kan dermed betraktes som teknologiutvikling. Aksjonsforskning kan i så fall forstås som et spesialtilfelle av teknologiforskning (eller teknologiutvikling). Forskjellen ligger i at aksjonsforskeren selv inngår som en del av del objektet som er gjenstand for aksjoner og gransking.

Aksjonsforskning legger føringer på valg av etterprøvningsstrategi. Kapittel 6 tar for seg etterprøving generelt, og kapittel 7 gjør nærmere rede for etterprøvningsstrategier innenfor aksjonsforskning.

6 Etterprøving

6.1 Strategier for etterprøving

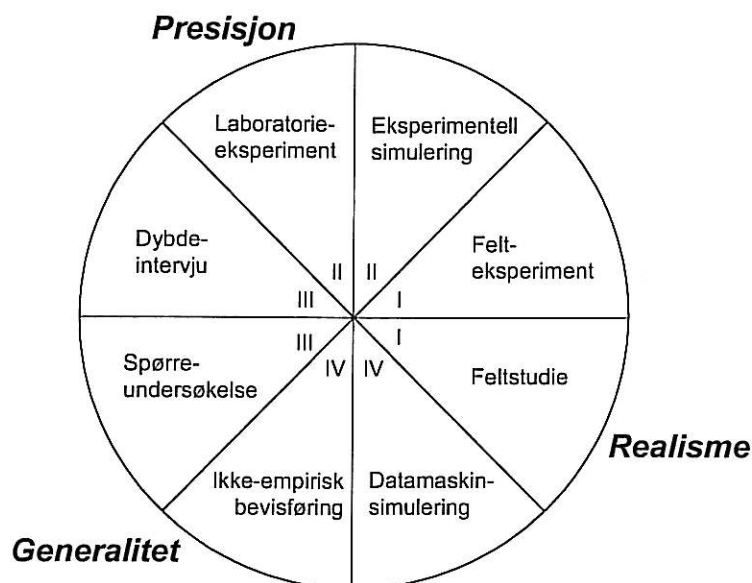
Som vi tidligere har vært inne på, innebærer etterprøving det å finne ut om prediksjonene slår til. Uansett om det man skal undersøke, er en del av virkeligheten eller et nytt artefakt, finnes det ulike måter å gjøre dette på. De mest vanlige strategiene er ifølge McGrath [10]:

- laboratorieeksperiment – som gir forskeren stor grad av kontroll og mulighet til å isolere de variablene som skal undersøkes;
- eksperimentell simulering – laboratorieforsøk som simulerer en relevant del av virkeligheten;
- felteksperiment – forsøk som utføres i en naturlig omgivelse, men hvor forskeren griper inn og manipulerer en bestemt faktor;
- feltstudie – direkte observasjon av “naturlige” systemer, med minst mulig innblanding fra forskeren;
- datamaskinsimulering – som opererer på en modell av et gitt system;
- ikke-empirisk bevisføring – argumentasjon basert på logisk resonnement;
- spørreundersøkelse – innsamling av informasjon fra et bredt og nøye sammensatt utvalg av personer; og
- dybdeintervju – innsamling av informasjon fra noen få enkeltpersoner. Svarene kan ikke generaliseres i samme grad som svarene fra en spørreundersøkelse, men de er mer presise.

Figur 7 viser de åtte strategiene i en sirkel, gruppert i fire grupper:

- I Etterprøvingen utføres i en naturlig omgivelse.
- II Etterprøvingen utføres i en konstruert omgivelse.
- III Etterprøvingen er uavhengig av omgivelse.
- IV Etterprøvingen er uavhengig av empiriske målinger.

Vi skal i fortsettelsen se nærmere på egenskaper ved disse strategiene og drøfte hva som bør bestemme valget av strategi.



Figur 7: Strategier for etterprøving (etter McGrath [10])

6.2 Hvilken strategi bør man velge?

McGraths figur viser også tre ønskede egenskaper:

- generalitet – at resultatene gjelder på tvers av populasjoner,
- presisjon – at målingene er presise, og
- realisme – at etterprøvingen utføres i omgivelser som likner virkeligheten.

Det beste ville selvsagt være å velge en strategi som skårer høyt på både generalitet, presisjon og realisme. Men det lar seg ikke gjøre i praksis. Figuren viser dette ved at de tre egenskapene er plassert langt fra hverandre på sirkelen. Vi ser at laboratorieeksperimenter skårer høyt på presisjon, og feltstudier har størst realisme. Størst generalitet finner vi i spørreundersøkelser og ikke-empirisk bevisføring. Løsningen blir da å *velge flere strategier som utfyller hverandre*. Ved valg av strategier må forskeren bl.a. ta stilling til følgende spørsmål:

- Er strategien gjennomførbar? Tid og kostnad er to viktige begrensninger ved valg av etterprøvningsstrategi. I tillegg kommer tilgjengelighet til de personene som eventuelt skal delta i etterprøvingen. Eksperimenter krever grundig planlegging og involverer vanligvis mange mennesker, og er derfor kostbare. Den andre ytterligheten er datamaskinsimulering, som ikke involverer mennesker, og som derfor kan være billig og rask å utføre dersom det er mulig og relevant.
- Hvordan kan man være sikker på at en måling forteller noe om den egenskapen som det er meningen å måle? Det gjelder å isolere den egenskapen som skal måles, og så gjøre rede for alle faktorer som kan tenkes å påvirke resultatet. Dette temaet behandles i både lærebøker og artikler (for eksempel [8], [7]).
- Hva skal til for å falsifisere prediksjonen? Etterprøving har ingen verdi dersom et positivt resultat er gitt på forhånd, eller dersom falsifikasjon er umulig. Derfor er det om å gjøre å velge strategier som eventuelt kan medføre at prediksjonen forkastes, selv om det skulle innebære at artefaktet er mislykket.

Etterprøvningsstrategiene kan betraktes som redskaper som forskeren kan bruke til å undersøke om prediksjonene slår til. Disse redskapene gir ulike muligheter, men også begrensninger. Det lar seg for eksempel ikke gjøre å teste et systems funksjoner ved hjelp av et dybdeintervju(!). Dermed oppstår et avhengighetsforhold: *Når forskeren har valgt sine redskaper (strategier), har han/hun også til en viss grad valgt sine undersøkelser (prediksjoner)*. Det er fordi prediksjonene må kunne falsifiseres ved hjelp av de valgte teststrategiene. Kan de ikke det, må forskeren enten reformulere prediksjonene eller velge andre strategier for etterprøving.

7 Etterprøving i praksis

7.1 Etterprøving i forskning og utvikling

Vi har tidligere sett at teknologiforskning likner på *teknologiutvikling*, men at forskning stiller krav om frambringelse av ny kunnskap som er dokumentert på en måte som muliggjør etterprøving og har interesse for andre (kapittel 3.4). Uansett om vi snakker om forskning eller utvikling, er grundig etterprøving viktig. Det er jo slik man kan dokumentere at artefaktet faktisk oppfyller det behovet som ligger til grunn. Dermed kan forskeren skaffe seg argumenter for artefaktets relevans, mens utvikleren kan skaffe seg salgsargumenter. Av denne grunn bør også teknologiutvikleren benytte seg av de etterprøvningsstrategiene som er presentert i kapittel 6.

I fortsettelsen skal vi gjennomgå noen praktiske anvendelser av etterprøvningsstrategier. Vi gjør dette i form av to eksempler: ett som favner mange ulike etterprøvningsstrategier (kapittel 7.2), og ett som tar for seg aksjonsforskning spesielt (kapittel 7.4).

7.2 Eksempel på etterprøving – nytt kjernekraftverk

Dette tenkte eksemplet gjelder konstruksjon av et nytt kjernekraftverk. Vi legger til grunn at det meste som skal gjøres, er *teknologiutvikling*, men at det også er rom for noe teknologiforskning. Siden kompleksiteten i et kjernekraftverk er meget stor, vil vi konsentrere oss om noen få utvalgte artefakter, nemlig bygninger, kontrollrom og reaktor.

Sikkerhet mot ulovlig inntreden

Det er spesielt viktig å føre streng kontroll med adgangen til kjernekraftverkets område og til dets bygninger. Tiltak som gjerder, vakter, ID-kort, kameraer osv. er aktuelle. La oss tenke oss at de sikkerhetsansvarlige har laget en spesifisering av hvordan adgangskontrollen skal fungere. For å undersøke om adgangskontrollen er tilstrekkelig, bør man kombinere flere etterprøvningsstrategier, for eksempel:

- laboratorieeksperiment – robusthets- og pålitelighetstester av ID-kort;
- ikke-empirisk bevisførsel – teoretisk gjennomgang av de adgangskontrollsystemene som planlegges, ledsaget av en argumentasjon om at de til sammen tilfredsstillende behovet. Dette gjøres helst før anlegget er ferdig. Her er det relevant å vise til studier utført på liknende systemer ved liknende installasjoner;
- feltstudie – undersøkelse av hvordan de ulike sikkerhetstiltakene og -prosedyrene fungerer til daglig;
- felteksperiment – planlagte provokasjoner for å teste sikkerhetssystemene. Sikkerhetsvaktene kjenner ikke til aksjonene på forhånd.

Hensiktmessig kontrollrom

Kontrollrommet i et kjernekraftverk må være innrettet slik at det understøtter effektiv overvåkning og styring av alle prosessene i kraftverket, inklusive reaktoren. Før planleggingen av kontrollrommet starter, kan det være nyttig å samle inn erfaring fra andre kjernekraftverk. Det kan gjøres ved besøk og omvisning på utvalgte kraftverk, kombinert med

- spørreundersøkelse – der spørsmålene er utformet på forhånd, og det dermed blir relativt enkelt å sammenlikne svarene. Spørreundersøkelser krever begrenset tid av hver deltaker og kan derfor sendes ut til mange personer;
- dybdeintervju – som har en langt friere form og gir mye mer detaljert og presis informasjon enn en spørreundersøkelse. Ettersom dybdeintervjuer tar lang tid, bør de gjennomføres med kun noen få, utvalgte enkeltpersoner.

Slik innsamling av informasjon fra andre kontrollrom kan betraktes som etterprøving av de hypotesene som lå til grunn for utformingen av disse kontrollrommene. Samtidig gir denne informasjonen viktige innspill til neste iterasjon i en forskningsspiral om kontrollrom. Det er altså i overgangen til denne neste iterasjonen at vårt eksempel kommer inn.

La oss nå tenke oss at relevant erfaring er samlet inn, og at planen for det nye kontrollrommet foreligger. Da kan det være lønnsomt å lage et kunstig kontrollrom først, og så eksperimentere med dette til man er fornøyd. Deretter kan man gå i gang med å bygge det virkelige kontrollrommet. I det kunstige kontrollrommet bruker man IT-systemer til å simulere virkeligheten. To typer simulering kan være aktuelle:

- eksperimentell simulering – som simulerer reaktoren og prosesser rundt den. Operatørene i det kunstige kontrollrommet interagerer via kontrollrommets IT-systemer med en reaktorsimulator istedenfor en virkelig reaktor. En slik teknikk brukes ofte til å optimalisere kontrollrom med hensyn til potensielle ulykkes scenarier;
- datamaskinsimulering – som simulerer operatørene i tillegg til reaktoren og de omkringliggende prosessene. Å simulere operatørene vil si å oversette menneskelige handlinger til aksjoner som utføres av datamaskiner. Den som er ansvarlig for simuleringen, vil på forhånd sette sammen flere sekvenser av aksjoner, og hver av disse sekvensene vil da simulere en type menneskelig oppførsel.

Effektiv reaktor

Brenselstavene i reaktoren må være konstruert slik at de gir best mulig effekt. Nye typer brenselstaver testes i et egnet laboratorium før de eventuelt settes i drift. Laboratorieeksperimenter gir forskeren mulighet til å teste én variabel om gangen mens de andre holdes konstant.

7.3 Hva lærer vi av kjernekrafteksemplet?

Eksemplet over viser at prinsippene for etterprøving gjelder for både forskning og utvikling. Verken forskeren eller utvikleren er i stand til å verifisere sine resultater fullt ut, men tester sine hypoteser via et antall prediksjoner ved hjelp av de etterprøvningsstrategiene man har til rådighet.

7.4 Eksempel på etterprøving – ny metode for risikoanalyse

Som vi var inne på i kapittel 5, kjennetegnes aksjonsforskning av at forskeren innfører endringer i en virksomhet eller prosess, at forskeren er en del forskningsobjektet, og at de øvrige deltakerne bidrar til forskningen. Et spørsmål som da naturlig melder seg, er hvordan forskeren skal sette seg selv og sin egen opptreden under lupen. Nedenfor beskrives et reelt eksempel som viser hvordan dette kan gjøres.

Et forskerteam har, innen rammen av et EU-støttet FoU-prosjekt, utviklet en ny metode for risikoanalyse. Metoden omfatter bl.a. et nytt grafisk språk for å uttrykke aktiva, trusler, sårbarheter, sannsynligheter etc. I EU-prosjektet fikk forskerteamet anledning til å gjennomføre en første iterasjon som resulterte i første versjon av metoden. I denne runden gjennomførte man enkle felteksperimenter og eksperimentelle simuleringer til etterprøving av metoden. Dette var ikke aksjonsforskning, men vanlig teknologiforskning.

Senere er metoden blitt videreutviklet og etterprøvd i flere store bedrifter. Disse nye iterasjonene er blitt utført i form av aksjonsforskning. Forskerens inngripen har vært å innføre den nye risikoanalysemetoden i en virksomhet, og samtidig tillemppe den til nye krav og lokale behov, som ofte har kommet til uttrykk under selve risikoanalysen. Dermed har forskerens evne til å improvisere hatt stor betydning for resultatet, sammen med de øvrige deltakernes velvilje og åpenhet for å prøve nye ting. En spørreundersøkelse har vært sentral i etterprøvingen, med spørsmål både om metodens egnethet i og for seg, og om forskerens opptreden i risikoanalyse-møtet. Etterpå har forskeren gått kritisk igjennom resultatene fra spørreundersøkelsen samt egne erfaringer fra risikoanalyse-møtet. Resultatet fra hver iterasjon har vært en rapport med forbedringsforslag til metoden, både når det gjelder utviklingen av språket, og når det gjelder den praktiske anvendelsen av metoden i risikoanalyse-møter.

7.5 Hva lærer vi av risikoanalyseeksemplet?

Det viktigste å ta med seg fra eksemplet over, er for det første at aksjonsforskerens inngripen og klientenes deltakelse til sammen frambringer resultater. For det andre er det verdt å merke seg at ikke alle etterprøvningsstrategier er like godt egnet til aksjonsforskning. De som egner seg spesielt godt, er:

- felteksperiment – fordi her skal forskeren faktisk gripe inn;
- spørreundersøkelse – fordi det vanligvis er mange personer involvert; og
- dybdeintervju – fordi dette gir mer utfyllende og presis informasjon og derfor bør brukes i tillegg til spørreundersøkelse.

8 Konklusjon

I både klassisk forskning, teknologiforskning og aksjonsforskning er utgangspunktet en overordnet hypotese på formen “B løser problemet A”. I klassisk forskning er A et behov for ny teori, i teknologiforskning er A et behov for et nytt artefakt, og i aksjonsforskning er A et behov for forbedring av en virksomhets prosesser/systemer. I alle variantene må den overordnede hypotesen spesialiseres til mer konkrete hypoteser, som igjen brukes som utgangspunkt for prediksjoner. En prediksjon er en påstand om hva som vil skje (under gitte forhold) dersom hypotesen er sann. Forskeren tester prediksjonene ved hjelp av ulike etterprøvningsstrategier, som helst bør kombineres for å gi et troverdig resultat.

Klassisk forskning, teknologiforskning og aksjonsforskning er altså nært beslektet. Alle tre metodene er iterasjoner over de tre hovedfasene:

1. *problemanalyse* – som resulterer i en beskrivelse av behovet;
2. *innovasjon* – som resulterer i en løsning på problemet og en overordnet hypotese; og
3. *etterprøving* – som resulterer i et argument for gyldigheten av den overordnede hypotesen.

Aksjonsforskning kan forstås som et spesialtilfelle av teknologiforskning, der virksomheten er artefaktet, og der forskeren inngår som en del av forskningsobjektet.

Hovedbudskapet i denne rapporten er at teknologiforskning har en forskningsmetode, og at denne har store likhetstrekk med klassisk forskningsmetode. Videre har forfatterne ønsket å inspirere teknologiforskere til mer bevisst bruk av forskningsmetode, ut fra den overbevisning at metode gjør forskningen mer effektiv. Forskningsmetode minner nemlig forskeren om *hva* som skal gjøres, *når* det skal gjøres, og *hvorfor*.

Imidlertid er det ikke alltid slik at alt “går på skinner”. Forutsetninger kan svikte, hypoteser må kanskje forkastes underveis, og forskeren kan oppdage nye forhold som ingen hadde tenkt på i begynnelsen. I slike situasjoner kan det se ut som arbeidet mangler struktur og mål. Men nettopp da kan metoden komme en til unnsetning. Løsningen på floken kan være en ny iterasjon der forskeren orienterer seg på nytt og reformulerer hva som egentlig er behovet.

Referanser

- [1] Baskerville, R.L.: Investigating Information Systems with Action Research. In: Communications of the Association for Information Systems. 2 (1999)
- [2] Bokmålsordboka, <http://www.dokpro.uio.no/ordboksoek.html>, 2005-09-05
- [3] Davison, R.M., M.G. Martinsons, and N. Kock: Principles of canonical action research. In: Info Systems J(14) (2004) 65-86
- [4] Dickens, L. and K. Watkins: Action research: rethinking Lewin. In: Management Learning(30) (1999) 127-140
- [5] Hartvigsen, G.: Forskerhåndboken. Høyskoleforlaget (1998)
- [6] Hempel, C.: Philosophy of Natural Science. Prentice-Hall (1966).
- [7] Kaner, C. and W.P. Bond. Software Engineering Metrics: What do They Measure and How Do We Know? 10th International Software Metrics Symposium, Metrics 2004.
- [8] Kitchenham, B.: Software Metrics. Measurement for Software Process Improvement. Blackwell Publishers (1996)
- [9] Lewin, K.: Frontiers in group dynamics. In: Human Relations(1) (1947) 5-41
- [10] McGrath, J.E.: Groups: interaction and performance. Prentice-Hall (1984)
- [11] Merriam-Webster Online Dictionary, <http://www.webster.com/>, 2005-09-05
- [12] Popper, K.: Unended Quest. An Intellectual Autobiography. Routledge, (1992).
- [13] Skolimowski, H.: The Structure of Thinking in Technology. In: Philosophy and Technology. Readings in the Philosophical Problems of Technology, R. Mackey, Editor, The Free Press (1983) 44
- [14] Trist, E. and K. Bamforth: Social and psychological problems of longwall coal mining. In: Human Relations(4) (1951) 3-38
- [15] Wikipedia, the free encyclopedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/Almagest>, 2005-11-27
- [16] Wilson, E.B.: An Introduction to Scientific Research. Dover Publications (2005)