



CIVIMATICS



TVERRFAGLIG MATEMATISK
MODELLERING MØTER
SAMFUNNSKUNNSKAP

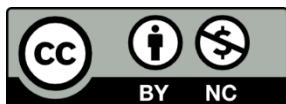


Co-funded by
the European Union

Erasmus+
Enriching lives, opening minds.

Project information

Project Acronym:	CiviMatics
Project Title:	CiviMatics – Interdisciplinary mathematical modelling meets civic education
Project Number:	2020-1-DE01-KA203-005707
Disclaimer:	This project has been funded with support from the European Commission. This communication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein
National Agency:	Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD)
Project Website:	https://www.civimatics.eu
Authoring Partner:	Institut für Didaktik der Demokratie, Leibniz University Hannover
Publishing Date:	October 2023
Editors:	Bastian Vajen & Heidi Strømskag
Suggested Citation:	Vajen, B., & Strømskag, H. (Eds.). (2023). <i>Tverrfaglig matematisk modellering møter samfunnskunnskap</i> . The CiviMatics Consortium.

Copyright:

This document is licensed under CC BY-NC 4.0. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>. The copyright of each chapter remains with the author(s).

Disclaimer: This license does not include the permission to use third-party figures or pictures included in this book. The respective copyrights still apply.

Consortium



Leibniz
Universität
Hannover

Leibniz University Hannover
Welfengarten 1
30167 Hannover, Germany
Bastian Vajen
b.vajen@ipw.uni-hannover.de



UNIVERSITATEA
BABEŞ-BOLYAI

Babeş-Bolyai University
Strada Mihail Kogălniceanu 1
Cluj-Napoca 400000, Romania
Florin Fesnic
fesnic@fspac.ro



NTNU

Norwegian University of
Science and Technology

Norwegian University of Science and
Technology
Høgskoleringen 1
7491 Trondheim, Norway
Heidi Strømskag
heidi.stromskag@ntnu.no



UNIVERSITÄT PADERBORN
Die Universität der Informationsgesellschaft

Paderborn University
Warburger Str. 100
33098 Paderborn, Germany
Lara Gildehaus
lara.gildehaus@math.uni-paderborn.de



universität
wien

University of Vienna
Universitätsring 1
1010 Wien, Austria
Nicola Nagy
nicola.nagy@univie.ac.at

INNHOLDSFORTEGNELSE

<i>Bastian Vajen / Lara Gildehaus / Heidi Strømskag</i> Introduksjon.....	5
<i>Heidi Strømskag</i> Matematisk Modellering Gjennom Studie – og Forskningsløyper.....	7
<i>Jakob Steinbachner / Nicola Nagy</i> Er klimakatastrofen rettferdig? Rettferdighet, ansvar og dekolonialistiske perspektiver.....	24
<i>Bastian Vajen</i> Tverrfaglig Utdanning i Samfunnskunnskap.....	36
<i>Lara Gildehaus / Michael Liebendörfer</i> Implementering av modellering i lærerutdanningen.....	44
<i>Florin Fesnic</i> Historier om Vitenskapelig Forskning.....	56
<i>Bastian Vajen / Heidi Strømskag</i> Oppsummering og utsikter.....	74

KAPITTEL 1

Introduksjon

Bastian Vajen, Lara Gildehaus, og Heidi Strømskag

med *Yael Fleischmann, Timon Foss-Jähn, Michael Liebendörfer, Nicola Nagy, Frode Rønning, og Jakob Steinbachner*

Denne håndboken inneholder resultatene fra Erasmus+-prosjektet CiviMatics og illustrerer en tilnærming der didaktikk i matematikk og samfunnskunnskap i lærerutdanningen ved universitetet, knyttes sammen. Målet med CiviMatics er å tilby pedagogiske verktøy for å styrke fremtidige læreres kompetanse til å håndtere komplekse samfunnsutfordringer i klasserommet, og å kombinere samfunnsvitenskapelige og matematiske perspektiver for å hjelpe studentene til å forstå ulike aspekter knyttet til disse problemstillingene. For å oppnå dette fokuserer prosjektet på normativ modellering, det vil si hvordan matematisk modellering og anvendelse av matematiske modeller former vår virkelighet og påvirker samfunnsdiskurser samt individuell og kollektiv atferd. For å eksemplifisere disse dimensjonene ved matematisk modellering vil ulike aspekter knyttet til klimaendringer og menneskelige aktiviteter som fremmer dem, bli brukt som eksempler.

Modellbegrepet bygger på forestillingen om et system, det vil si en virkelighet som er underlagt sine egne lover. En modell er resultatet av en transformasjon av et system, vanligvis en forenkling, som skal bidra til å generere kunnskap om det studerte systemet. For å besvare et spørsmål om et system forsøker man i praksis å bygge opp en modell som er enklere, sikrere og raskere å studere enn selve systemet. Modeller brukes altså til å besvare spørsmål eller utforske fenomener, eventuelt styrt av forskningsspørsmål. Modeller har alltid en beskrivende funksjon, men de kan også inneholde utsagn om hva et individ bør gjøre, og brukes til å analysere systemet de modellerer. I så fall kalles modeller preskriptive eller normative. Avhengig av hva som er tilfelle, kan en modell altså ha en deskriptiv, normativ eller preskriptiv funksjon. For eksempel klassifiseres prognosemodeller (f.eks. modeller for klimagassutslipp) som deskriptive, men de kan brukes normativt.

Modellering forstås som selve prosessen med å konstruere en modell av et system og bruke den til å besvare spørsmål om det aktuelle systemet. I den grad modellering innebærer verddivurderinger, snakker vi om normativ modellering. Modeller kan være preskriptive, men ikke normative (f.eks. en kakeoppskrift), men ofte vil preskriptive modeller være normative, fordi visse handlinger eller utfall anses som ønskelige. Det er viktig å være klar over at deskriptive modeller også kan være normative, for eksempel hvis de deskriptive kategoriene som brukes, er skjønnsmessige («normalvekt») eller implisitt verdsetter visse handlinger eller resultater. For eksempel vil en modell som relaterer CO₂-utslipp i et land til mennesker, ha andre konsekvenser enn en modell som relaterer CO₂-utslipp til økonomisk produksjon. Kort sagt: Selv om en modell kan brukes rent deskriptivt, det vil si som en modell av noe, slik tilfellet ofte er i for eksempel fysikk, kan den også brukes normativt, som en modell for noe.



Med utgangspunkt i disse aspektene inneholder modulene som er beskrevet i denne håndboken, ulike tilnærminger til hvordan man kan koble sammen samfunnskunnskap og matematikk i ulike undervisningssammenhenger på universitetsnivå. De ble implementert i lærerutdanningsemner for fremtidige samfunnskunnskaps- eller matematikklærere (Tyskland og Norge), i allmennlærerutdanningen (Østerrike) og i et program i statsvitenskap (Romania). Beskrivelsen i denne delen av håndboken er en forkortet versjon av modulene, og du finner mer informasjon om det teoretiske rammeverket, oppgavene, materialet og de didaktiske forslagene i den engelske versjonen av håndboken.

KAPITTEL 2

Matematisk Modellering Gjennom Studie- og Forskningsløyper

Heidi Strømskag

Institutt for Matematiske Fag, Norges Naturvitenskapelige Universitet, Trondheim

Introduksjon

Matematisk modellering gjennom studie- og forskningsløyper (MA3001, u.å.) er et 7,5 studiepoengs masteremne i matematikdidaktikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet i Trondheim (NTNU), utviklet for masterprogrammet «Lærerutdanning i realfag», for 8.–13. trinn. Forfatteren av kapitlet underviste dette emnet i 2022 da det ble gjennomført for første gang. Emnet ble fullført av ni studenter, som alle hadde matematikk som Fag 1 og enten fysikk (5), informatikk (2), biologi (1) eller kjemi (1) som Fag 2 i programmet (med antall studenter som hadde hvert emne vist i parentes).

Emnet MA3001 handler om undersøkelser som involverer matematisk modellering, der målet er å svare på såkalte *genererende spørsmål*, hovedsakelig relatert til klimaforandringer. Undersøkelsene er formet i et nytt didaktisk paradigme. Dette paradigmet innebærer å stille *spørsmål om verden* (Chevallard, 2015), og er forankret i *den antropologiske teorien for det didaktiske*, ATD (Chevallard, 2019). Metodologien som er utviklet i ATD for å stille spørsmål om verden, kalles *studie- og forskningsløyper* (SFL-er). I en SFL er det en dialektikk mellom forskning og studie, som karakteriserer enhver læringsaktivitet. «Forskning» referer til undersøkelse eller problemløsning, mens «studie» betegner konsultasjon av eksisterende (og tilgjengelig) kunnskap som initieres, ikke bare av læreren, men også av studenter. Begrepet «løype» betegner de mulige åpne banene som følges i en slik studieprosess. I lærerutdanningen er SFL-er et verktøy med et dobbelt formål: det ene er at lærerstudenter skal bli klar over eksistensberettigelsen til kunnskapen de må bli tilstrekkelig kjent med, for å svare på genererende spørsmål; det andre er at de skal utvikle kunnskap om hvordan SFL-er er et didaktisk verktøy for å studere åpne modelleringsspørsmål.

Emnets Infrastruktur

Kunnskapsmål

Dette er de integrerte kunnskapsmålene for emnet:

- Matematisk modellering av systemer: begrepene system og modell.
- Elementær algebra som modelleringsverktøy: formler som algebraiske modeller; formler som likninger med parametere.
- Den antropologiske teorien for det didaktiske: paradigmet som innebærer å stille spørsmål om verden; studie- og forskningsløyper; det herbartiske skjemaet.

Etter å ha fullført emnet kan studenten modellere systemer med parametere og svare på spørsmål om disse systemene ved hjelp av grunnleggende algebra og andre modelleringsverktøy. Videre kan studenten undersøke genererende spørsmål, Q , gjennom undersøkelser i form av SFL-er. Dette innebærer for det første å gjennomføre sykluser av følgende elementer: søke etter eksisterende svar på Q (i litteraturen og multimedieressurser); studere ulike arbeider (teorier, forsøksplaner, historiske studier, rapporter osv.) for å forstå de eksisterende svarene; og stille og finne delsvare på nye, avledede spørsmål for å lære om arbeidene de bygger på. For det andre innebærer det å skape en endelig (dog nødvendigvis foreløpig) svar på Q ved å gjøre opp status over de delvise svarene man har kommet frem til, og skrive en sluttrapport.

Undervisningsmetoder og Studieaktiviteter

MA3001 har forskjellige undervisnings- og studieformater: forelesninger, øvingstimer, undersøkelser i form av SFL-er og seminarer. Forelesningene gir en innføring i teoretisk kunnskap i matematikk og matematikdidaktikk, inkludert undersøkelsesmetoder og modellering. Øvingstimerne er organisert for å diskutere matematikkoppgaver relatert til innholdet i forelesningene, basert på studentenes løsninger på oppgavene. SFL-er er organisert på følgende måte: Et genererende spørsmål Q presenteres av foreleseren, som er veileder for klassens undersøkelser. Studentene arbeider i grupper for å studere og besvare Q , som forklart i innledningen. Klassen og foreleseren møtes regelmessig for å gjennomgå klassens arbeid med Q og for å bekrefte eller justere forløpet i studie- og forskningsprosessen. Det arrangeres også seminarer, der gruppene presenterer foreløpige rapporter og får tilbakemelding fra andre grupper og foreleseren på svaret som er under utarbeidelse, og de får eventuelt forslag til arbeider de kan vurdere å bruke.

Obligatoriske aktiviteter er følgende: Deltakelse i forelesninger og øvingstimer, gjennomføring og muntlig presentasjon av en SFL_{pilot}, gjennomføring av en SFL, inkludert muntlig presentasjon av midtveisrapport, tilbakemelding på en annen gruppes midtveisrapport, skriving av en endelig SFL-rapport og utforming av en plakat basert på den gjennomførte SFL-en.

Forkunnskapskrav, Faglig Innhold og Vurdering

MA3001 krever opptak til studieprogrammet «Lærerutdanning i realfag for trinn 8–13» ved NTNU og minimum 60 studiepoeng i matematikk. Pensum som er felles for alle studentene, oppgis i begynnelsen av semesteret (se Vedlegg). For hver gruppe er ressursene som velges og brukes til deres SFL, obligatoriske og kommer i tillegg til felleslitteraturen.

Emnet benytter seg av to typer vurdering. Formativ vurdering gjennomføres i to trinn: først ved at medstudenter og foreleser gir tilbakemelding på en foreløpig (halvveis) SFL-rapport, og deretter ved at foreleser gir skriftlig tilbakemelding på et utkast til den endelige SFL-rapporten. Summativ vurdering gjennomføres i form av en individuell muntlig eksamen, der studenten tar med seg en plakat designet av teamet, basert på den gjennomførte SFL-en. Karakterskalaen for muntlig eksamen består av bokstaver (A–F).

Kjøreplan for Emnet: Struktur og Innhold i Læringsenhetene

Enhet 1

Tittel	Modellering av systemer ved hjelp av algebra som modelleringsverktøy – Et nytt didaktisk paradigme
Varighet ¹	6 timer.
Organisering	5 × 45 min [Forelesninger] + 3 × 45 min [Øvingstimer].
Litteratur	<ul style="list-style-type: none"> - Chevallard, Y. (2015). Teaching mathematics in tomorrow's society: A case for an oncoming counter paradigm. In S. J. Cho (Ed.), <i>Proceedings of the 12th International Congress on Mathematical Education</i> (s. 173–187). Springer. - Niss, M. (2015). Prescriptive modeling: Challenges and opportunities. I G. Stillman et al. (Red.), <i>Mathematical modeling in education research and practice: Cultural, social and cognitive influences</i> (s. 67–79). Springer. - Strømskag, H., & Chevallard, Y. (2022). Elementary algebra as a modelling tool: A plea for a new curriculum. <i>Recherches en Didactique des Mathématiques</i>, 42(3), 371–409.
Temaer	Paradigmet om å stille spørsmål ved verden. Modellering av systemer. Algebra som modelleringsverktøy: Formler som algebraiske modeller, og formler som ligninger med parametere.
Spørsmål	Hva er <i>sammenhengen</i> mellom Celsius- og Fahrenheit-skalaene? Hva er <i>isolasjonsevnen</i> til to termoser? For en person som har et positivt testresultat for en sykdom, hvordan kan vi finne <i>sannsynligheten for å ha sykdommen</i> ?

Enhet 2

Tittel	Noen verktøy fra den antropologiske teorien om det didaktiske
Varighet	3 timer.
Organisering	2 × 45 min [Forelesning] + 2 × 45 min [Øvingstimer].
Felles litteratur	<ul style="list-style-type: none"> - Bosch, M., & Gascón, J. (2014). Introduction to the anthropological theory of the didactic (ATD). In A. Bikner-Ahsbals & S. Prediger (Eds.), <i>Networking of theories as a research practice in mathematics education</i> (pp. 67–83). Springer. - Chevallard, Y. (2019). Introducing the anthropological theory of the didactic: An attempt at a principled approach. <i>Hiroshima Journal of Mathematics Education</i>, 12, 71–114. - Markulin, K. et al. (2021). Project-based learning in statistics: A critical analysis. <i>Caminhos da Educação Matemática em Revista</i>, 11(1), 200–220.

¹ Tid brukt til selvstudium med oppgaver gitt i undervisningen, er ikke inkludert i kolonnen «Varighet». Derimot er tid stipulert for samarbeid med SFL-ene regnet med under «Varighet», der videre detaljer er gitt under «Organisering» (gjelder Enhet 3 og 4).

Temaer	Didaktisk system. Studie- og forskningsløyper. Herbartisk skjema.
Spørsmål	Hvordan skiller studie- og forskningsløyper seg fra problem-/prosjektbasert læring?

Enhet 3

Tittel	Klimaendringer
Varighet	5,25 timer.
Organisering	1 × 45 min [Forelesning] + 4 × 45 min [SFL _{pilot}] + 2 × 45 min [Presentasjon og diskusjon].
Litteratur	Litteratur valgt av hvert team i løpet av deres SFL.
Emne	Grunnleggende kunnskap om klimaendringer.
Genererende spørsmål	Hva er klimaendringer og hvorfor skjer de?

Enhet 4

Tittel	Karbonfangst og -lagring
Varighet	30 timer.
Organisering	6 × 45 min [Forelesninger og spørretime] + 30 × 45 min [SFL] + 4 × 45 min [Presentasjon og diskusjon].
Litteratur	- Strømskag, H. (2022, 21. januar). <i>Et notat om det herbartiske skjemaet – En dynamisk modell for studiet av et spørsmål</i> . Institutt for matematiske fag, NTNU. - Litteratur valgt av hvert team i løpet av deres SFL.
Temaer	Modeller av CCS konstruert av forskere. Parametere og deres innbyrdes sammenhenger.
Generering av spørsmål	Hvordan modelleres karbonfangst og -lagring i litteraturen? Hvilken matematikk er involvert i disse modellene? Hvilke parametere inngår, og hvilke relasjoner er det mellom dem?

Enhet 5

Tittel	Modelleringens rolle i skolematematikken – Design av modelleringsoppgaver
Varighet	3,75 timer.
Organisering	3 × 45 min [Forelesninger] + 2 × 45 min [Øvingstimer].
Litteratur	- Strømskag, H., & Chevallard, Y. (2022). Elementary algebra as a modelling tool: A plea for a new curriculum. <i>Recherches en Didactique des Mathématiques</i> , 42(3), 371–409.
Temaer	Systemer i den naturlige og i den sosiale verden.
Spørsmål	Hvordan kan matematikkoppgaver struktureres for å hjelpe studenter til å tilegne seg kunnskap om de involverte systemene?

Matematisk Modellering i MA3001

Begrepet modell, slik det brukes i MA3001, er basert på begrepet system, der et system er alt som har en virkelighet underlagt sine egne lover. En (geometrisk) kule er et eksempel på et system, spredningen av et virus i en befolkning er et annet eksempel. La S være et system. Vi sier at S' er en modell av S hvis vi ved å studere modellen S' kan besvare visse spørsmål om systemet S . Man forsøker å bygge en modell S' av S som gjør det enklere, sikrere og raskere å besvare spørsmål om systemet S ved å studere modellen S' enn ved å studere S «direkte». Strømskag og Chevallard (2022) har skissert fire prinsipper for bruk av elementær algebra ved modellering av fenomener og objekter i den naturlige og sosiale verden:

1. Studentene tar utgangspunkt i et system S og et spørsmål Q som stilles om det, og hvor en adekvat behandling ser ut til å involvere matematiske elementer.
2. Studentene bygger opp en modell S' av S , med tanke på spørsmålet Q , som bygges opp ved hjelp av elementær algebra (og inkluderer så mange parametere som synes hensiktsmessig).
3. De arbeider med S' for å utlede et svar som anses som tilstrekkelig når det gjelder Q .
4. Samtidig, som følge av denne prosessen med å spørre om S , oppdager studentene algebraens ressurser, studerer dem eller studerer dem nytt for å kunne bruke de verktøyene de har tilegnet seg på en hensiktsmessig og effektiv måte.

I MA3001 er det to forskjellige operasjoner som har med matematisk modellering å gjøre: Den ene innebærer at studentene selv konstruerer modeller av systemer, mens den andre innebærer at de undersøker modeller av systemer som er skapt av forskere i ulike fagområder. I begge tilfellene er målet å forstå systemer, men det er bare i det første tilfellet at elevene selv deltar i modelleringprosessen. Når elevene modellerer systemer, skaper de matematiske modeller som gjør det lettere for dem å svare på spørsmål om de aktuelle systemene. Et eksempel på en oppgave av denne typen er «Modellering av varmekapasiteten til to typer termoser». Et annet eksempel av denne typen er oppgaven «Modellering av sannsynligheten for å ha en sykdom gitt et positivt testresultat», som diskuteres i det påfølgende avsnittet.

På den annen side, når elevene undersøker modeller laget av forskere, studerer de sammenhenger mellom parameterne i disse modellene ved hjelp av kunnskap i matematikk og andre fagområder som de enten allerede behersker eller må tilegne seg i løpet av undersøkelsen. Før de primære SFL-ene om modeller utviklet av fagfolk, ble det gjennomført pilotundersøkelser med to formål: det ene var å utvikle bred kunnskap om klimaendringer, og det andre var å få erfaring med SFL-er i liten skala. Det genererende spørsmålet for de primære SFL-ene i 2022 handlet om karbonfangst og -lagring (CCS), en teknologi som innebærer fangst av karbondioksid (CO_2) fra industrielle kilder og kraftverk, og lagring i geologiske formasjoner under havbunnen.

I de to påfølgende seksjonene presenteres sammendrag av undersøkelser utført av studenter i emnet, som viser de to modelleringoperasjonene.

Undersøkelse 1: Sannsynlighet for å ha en Sykdom Gitt et Positivt Testresultat

Undersøkelsen som presenteres i dette avsnittet, handler om elevenes egen matematiske modellering.

Systemet som Skal Modelleres

Utgangspunktet er et system, S , som består av en populasjon med en smittsom sykdom og en screeningtest for sykdommen med 95 % pålitelighet. Testen gir ikke falske negative resultater (dvs. at

alle som har sykdommen, vil teste positivt for den). I mediene påpekes det at screeningtester kan være helt *illusoriske i den* forstand at en person som erklæres smittet av sykdommen, kan ha ekstremt lav risiko for faktisk å ha sykdommen.² Siden testens pålitelighet er ganske høy, høres dette paradoksalt ut, og spørsmålet er om påstanden virkelig kan være sann. Mer presist er spørsmålet, Q , som skal besvares: Hva er sannsynligheten for at en tilfeldig person som tar testen og tester positivt, faktisk har sykdommen?

Å konstruere en modell av dette systemet var den første modelleringsaktiviteten i emnet. Selv om studentene besvarte Q ved å modellere S , er redegjørelsen her basert på foreleserens løsningsforslag, som ble brukt som et referansepunkt i undervisningen, ved å fremheve viktige trekk ved en modelleringsprosess og den rollen elementær algebra spiller som modelleringsverktøy.

Konstruere en Modell av S og Bruke den til å Produsere Kunnskap om S

Dette er parameterne for S som vi velger å implementere:

- N er populasjonsstørrelsen
- a er forekomstraten (dvs. den relative hyppigheten av sykdommen i befolkningen).
- r er screeningtestens pålitelighet
- p er sannsynligheten for å ha sykdommen når man har testet positivt.

Vi har at aN er antall personer som er smittet av sykdommen, og $(1 - a)N$ er antall personer som ikke er smittet. Av de ikke-smittede blir $(1 - r)(1 - a)N$ funnet positive for sykdommen. Dette betyr at det totale antallet positive er lik $aN + (1 - r)(1 - a)N$. Sannsynligheten for å ha sykdommen etter å ha testet positivt er derfor gitt ved:

$$p = \frac{aN}{aN + (1 - r)(1 - a)N} = \frac{a}{a + (1 - r)(1 - a)}$$

En forenkling av dette uttrykket gir $p = \frac{a}{a + (1 - r)(1 - a)} = \frac{a}{1 - r + ra} = \frac{a}{a(\frac{1}{a} - \frac{r}{a} + r)} = \frac{1}{\frac{1}{a} - \frac{r}{a} + r} = \frac{1}{r + \frac{1 - r}{a}}$

Det vil si at følgende likhet er en modell for den søkte sannsynligheten:

$$p = \frac{1}{r + \frac{1 - r}{a}} \quad (S')$$

S' viser forholdet mellom parameterne i systemet S og gir svar på spørsmålet Q . Følgende observasjon forklarer det tilsynelatende paradokset i S :

For et fast r ser vi at når a øker, blir brøken $\frac{1 - r}{a}$ mindre, og dermed blir også nevneren $r + \frac{1 - r}{a}$ mindre, slik at sannsynligheten p øker.

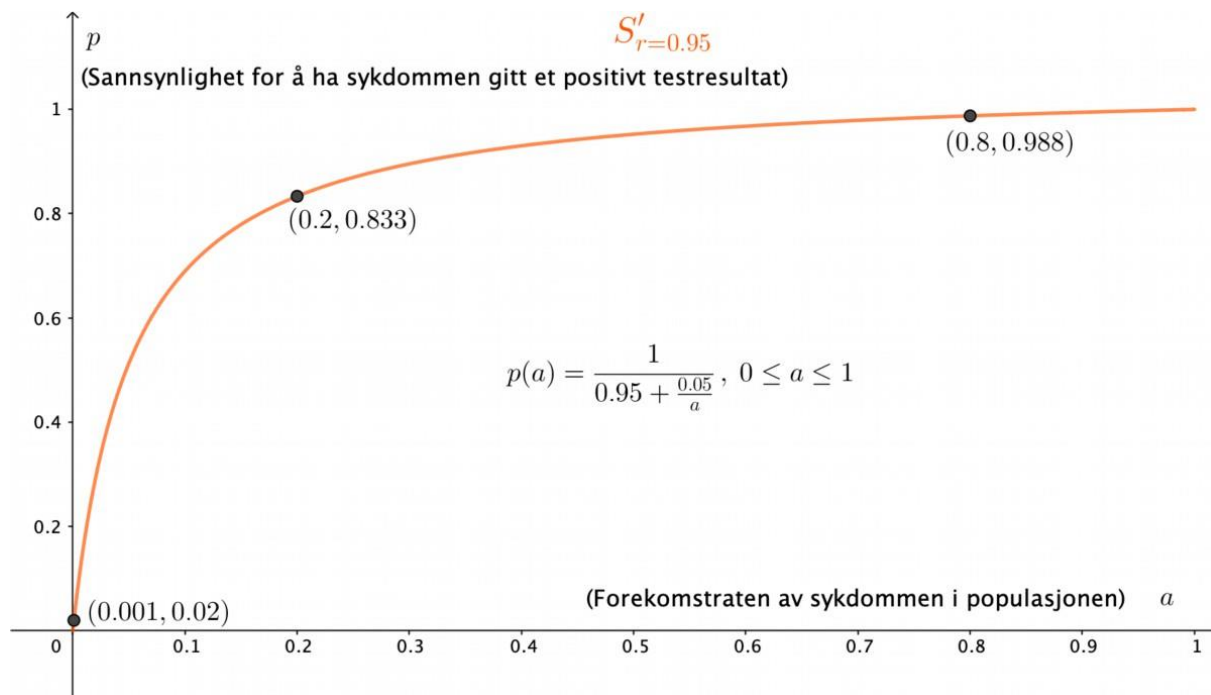
Vi observerer på S' at p ikke bare avhenger av r , men også av sykdommens relative hyppighet, a . Det vil si at små verdier av a gir små verdier av p . La oss sette $r = 95\% = 0,95$ og gjøre beregninger på $S'_{r=0,95}$ for å vise sammenhengen mellom p og a . Vår modell $S'_{r=0,95}$ er gitt ved funksjonen nedenfor, hvis graf er avbildet i Figur 1.

$$p(a) = \frac{1}{0,95 + \frac{0,05}{a}}, \text{ for } 0 \leq a \leq 1 \quad (S'_{r=0,95}).$$

² Det har blitt gjort av, for eksempel, den franske fysikeren og formidleren Étienne Klein (Klein, 2020).

Figur 1

En Modell av S med $r = 0,95$



Punktene i grafen viser følgende forhold mellom a og p :

- $a = 0,1 \%$ tilsvarer $p \approx 2 \%$.
- $a = 20 \%$ tilsvarer $p \approx 83 \%$.
- $a = 80 \%$ tilsvarer $p \approx 99 \%$.

For videre studium anbefales artikkelen «Why Every Clinician Should Know Bayes' Rule» av Tiemens et al. (2020).

Avslutningsvis ble probabilistiske resonneringer og elementær algebra brukt til å lage S' , en modell som relaterer sannsynligheten for å bli syk, gitt et positivt testresultat, til sykdommens forekomstrate og testens pålitelighet. Algebra ble brukt til å undersøke hvordan endringer i én parameter om gangen påvirket systemet, S . Videre ble algebraiske transformasjoner brukt til å utlede nye formler basert på den opprinnelige modellen, S' . ($S'_{r=0.95}$ er én av flere formler som ble utviklet i løpet av undersøkelsen.) Ved å bruke algebra som et verktøy for å modellere fenomener i den virkelige verden kan vi utforske systemers oppførsel på en kvantitativ og presis måte. Dette kan hjelpe oss til å utvikle ny innsikt i komplekse systemer og til å gjøre nøyaktige forutsigelser og ta fornuftige beslutninger.

Undersøkelse 2: SFL-er om Karbonfangst og -Lagring

Undersøkelsen som beskrives i dette avsnittet, handler om studentenes undersøkelse av modeller skapt av forskere. Det genererende spørsmålet for klassens undersøkelse var dette:

Q. «Hvordan modelleres karbonfangst og -lagring i litteraturen? Hvilken matematikk er involvert i disse modellene? Hvilke parametere inngår, og hvilke relasjoner er det mellom dem?»

En del grunnleggende kunnskap for å undersøke modeller for karbonfangst og -lagring (CCS) ble undervist i MA3001 som en blanding av forelesninger og seminarer. Kontekstuell kunnskap om

karbonfangst og -lagring ble introdusert som et utgangspunkt, og senere ble det undervist i ytterligere kunnskap basert på behov som dukket opp i løpet av studie- og forskningsprosessen. Noen publikasjoner ble foreslått av foreleseren, men de fleste ressursene studentene brukte, oppsto som følge av behovet for å studere eksisterende svar, arbeider og avledede spørsmål i løpet av undersøkelsesprosessen. En oppsummering av kunnskapen som ble formidlet i forbindelse med CCS-undersøkelsene, presenteres i de neste to seksjonene.

Hva er Karbonfangst og -Lagring?

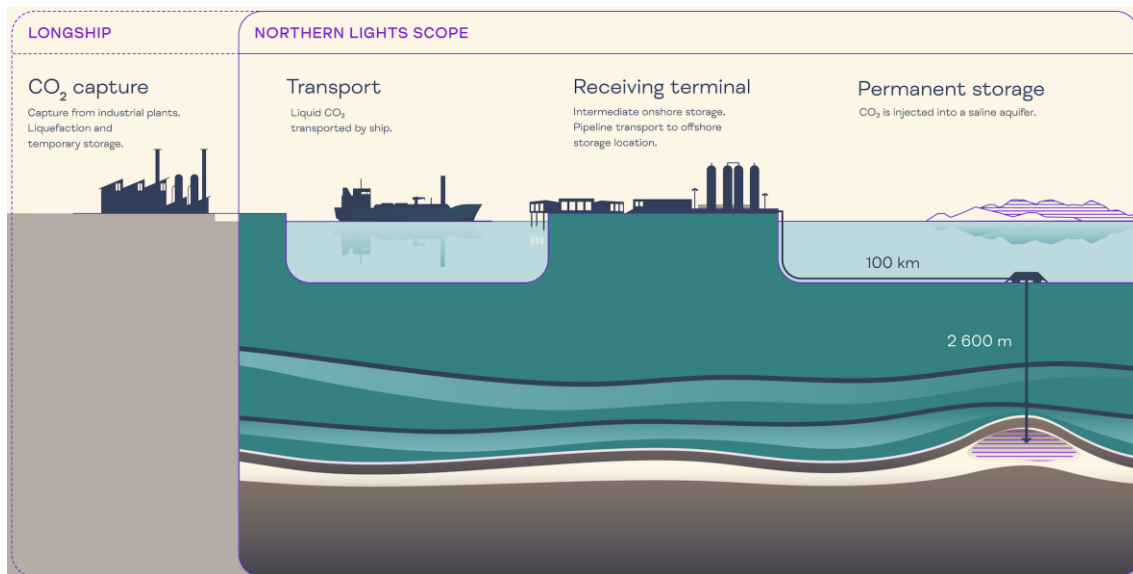
CCS omfatter to prosesser: for det første fangst av karbondioksid (CO_2) fra industrielle prosesser, for eksempel stål- og sementproduksjon eller kraftverk, og for det andre transport via skip eller rørledninger og lagring av den fangede CO_2 -en i dype geologiske formasjoner under havbunnen. Målet med CCS er å redusere mengden CO_2 som slippes ut i atmosfæren, og dermed bidra til å redusere klimaendringene.

Den norske regjeringen besluttet i 2020 å investere i fullskala CO_2 -fangst ved Norcems sementfabrikk i Brevik og i transport- og lagringsprosjektet Northern Lights (Stortingsmelding 33, 2019–2020). Norcems fangstanlegg er det første i sitt slag i verden, og Northern Lights JV, et samarbeid mellom Equinor, Shell og TotalEnergies, er det første CO_2 -lageret i Europa som er åpent for europeiske fangstoperatører. CO_2 -en vil bli transportert med skip til en landterminal på Vestlandet før den sendes videre gjennom en rørledning til et offshore CO_2 -lager 2600 meter under havbunnen i Nordsjøen for permanent lagring (se Figur 2). Dette prosjektet, kalt «Longship Project», skal etter planen være i full drift i 2024 (se «Carbon Capture, Utilisation and Storage,» 2023).

På et tidlig stadium i klassens undersøkelse av CCS bestemte foreleseren og studentene seg for å avgrense modellene som ble studert til enten karbonfangst eller karbonlagring. Nedenfor gis en kort bakgrunn om karbonlagring, som vil danne grunnlaget for en senere oppsummering av én gruppes undersøkelse av denne delen av CCS-teknologien.

Figur 2

Karbonfangst og -Lagring



Merknad. Figuren er hentet fra «About the Longship Project» (u.å.). Gjengitt med tillatelse.

Karbonlagring: En Kort Oversikt

Det er fire prosesser relatert til karbonfangst (se f.eks. Niemi et al., 2017): termiske, hydrologiske, kjemiske og mekaniske prosesser. Team A valgte å studere hydrologiske prosesser, som involverer bevegelse og oppførsel til væsker som vann og CO₂. Disse prosessene kan inkludere væskestrøm gjennom porøse steinformasjoner, fortregning av saltlake og andre væsker ved hjelp av injisert CO₂, og effektene av hydrostatisk trykk på bergartenes egenskaper og geomekaniske stabilitet. De neste avsnittene beskriver kort hva oppløsning av CO₂ i en underliggende hydrologisk strøm innebærer.

Normalt, når gass injiseres i et berglag, har den en tendens til å akkumuleres i strukturelle feller, som for eksempel antiklinaler. En antiklinal er en type geologisk formasjon der et berglag er brettet oppover til en ås-liknende form. Gass kan bli fanget i disse strukturene, og det sprer seg ikke nødvendigvis ut eller løses opp i den omkringliggende bergformasjonen. Imidlertid, i tilfellet med CO₂-injeksjon i porøse bergarter, strømmer vannet som er til stede i disse bergartene konstant på grunn av underliggende grunnvannsstrøm. Ettersom vannet strømmer, løser det kontinuerlig opp CO₂ som har blitt injisert i bergformasjonen, i stedet for å bare tillate det å akkumulere i en felle. Sentralt i denne oppløsningsprosessen er Darcys lov, som brukes i geologi, hydrologi og byggtknikk for å modellere strøm av grunnvann, olje og andre væsker gjennom porøse medier. Darcys lov sier at strømningshastigheten til en væske gjennom et porøst medium er proporsjonal med den hydrauliske gradienten og den effektive permeabiliteten til mediet (Fleurant & Bodin-Fleurant, 2019). Matematisk kan denne vitenskapelige loven uttrykkes som

$$\dot{V} = \frac{dV}{dt} = -kA \frac{dh}{dt} \quad (1).$$

Parameterne i Likning (1) er: \dot{V} er den volumetriske strømningshastigheten til væsken (dvs. volumet av væsken som passerer gjennom et gitt tverrsnitt per tidsenhet); k er den effektive permeabiliteten til det

porøse mediet (det vil si dens hydrauliske ledningsevne); A er tverrsnittet av mediet der væsken strømmer, $\frac{dh}{dt}$ er den hydrauliske gradienten, som representerer endringen i hydraulisk trykkehøyde (trykkforskjell) per avstandsenhet langs strømningsretningen, og det negative fortegnet indikerer at væsken strømmer fra høyere hydraulisk trykkehøyde til lavere hydraulisk trykkehøyde.

En Undersøkelse om Karbonlagring

Denne delen presenterer en forkortet versjon av SFL-en gjennomført av Team A. Systemet S som ble undersøkt, er karbonlagring i saltholdige formasjoner under havbunnen som strekker seg over et relativt stort område og har potensial til å lagre betydelige mengder CO_2 . Faguttrykkene som ble brukt i rapporten deres inkluderer følgende:

- *Akvifer* betegner en geologisk formasjon i bakken der bergarter eller sedimenter har en stor mengde grunnvann.
- *CO_2 -boble* i akviferer refererer til et volum av CO_2 som er injisert i en dyp, saltholdig akvifer med formål om karbonlagring. CO_2 -boblen sprer seg gjennom porene i bergarten, fortrenger saltvann og fyller tilgjengelig poreplass.
- *Injeksjonsbrønn* er en type brønn som brukes til å injisere væsker eller andre stoffer i bakken.
- *Injeksjonsrekke* er en gruppe injeksjonsbrønner som brukes sammen.
- *Mobilitetsforhold* i geologi er et mål på hvor lett en væske strømmer gjennom et porøst medium.
- *Permeabilitet* er et mål på hvor lett en gass eller væske kan trenge gjennom et porøst medium.
- *Porøsitet* er forholdet mellom volumet av tomrom i et materiale og det totale volumet.
- *Metning* refererer til brøkdelen av porevolumet som er okkupert av en spesifikk væske.
- *Superkritisk CO_2* refererer til tilstanden til CO_2 over sin kritiske temperatur ($31,1\text{ }^\circ\text{C}$) og kritiske trykk ($72,9\text{ atm}$). I denne tilstanden har CO_2 både gasslignende og flytende egenskaper.
- *Viskositet* er et mål på en væskes motstand mot strømming.

Team A presenterte et svar på Q_0 som bestod av en modell for å beregne CO_2 -lagringskapasiteten i dype, saltholdige akviferer på regionalt nivå, utviklet av MIT-eksperter innen miljøteknikk, Szulczewski og Juanes (2009):

$$C = \frac{2M\Gamma^2(1-s_{WC})}{\Gamma^2 + (2-\Gamma)(1-M+\Gamma)} \rho_{\text{CO}_2} \phi H W L_{\text{total}} \quad (2).$$

Likning (2) er en analytisk modell representert av et eksplisitt, lukket uttrykk, som er et eksisterende svar på Q_0 . Modellen er en rasjonal likning med 9 parametere, definert av Szulczewski og Juanes (2009, s. 3309): C er massen av fanget CO_2 ; M er mobilitetsforholdet, som måler fluiditet/viskositet av et stoff gjennom et porøst medium; Γ er fangstkoeffisienten for CO_2 ; s_{WC} er naturlig vannmetning i reservoaret; ρ_{CO_2} er tettheten til CO_2 ; ϕ er porøsiteten til reservoaret; H er netto sandsteintykkelse i reservoaret; W er lengden på injeksjonsrekken i reservoaret; og L_{total} er den totale utbredelsen av CO_2 -boblen etter at den er fanget. Når det gjelder inkluderte parametere, presenterte Team A formler for Γ og M . Fangstkoeffisienten, Γ , ble definert ved et forholdstall som involverer metningen av fanget CO_2 (s_{rg}), som refererer til andelen poreplass som er okkupert av fanget CO_2 , og naturlig vannmetning (s_{WC}), som refererer til andelen poreplass som er okkupert av fanget grunnvann:

$$\Gamma = \frac{s_{rg}}{1-s_{WC}} \quad (3).$$

Mobilitetsforholdet, M , ble uttrykt ved hjelp av viskositeten til saltvann (μ_w), viskositeten til CO₂ (μ_g) og den endelige relative permeabiliteten for CO₂ (k_{rg}^*):³

$$M = \frac{1}{\frac{\mu_w}{k_{rg}^*} \mu_g} \quad (4).$$

Innbyrdes Avhengighet Mellom Parametere

Identifikasjon av parametere som er involvert i S , og relasjoner mellom dem, var en del av Q_0 . Men Q_0 førte ikke til at studentene undersøkte de *matematiske* aspektene ved disse sammenhengene, noe som heller ikke var gjort i artikkelen de brukte som referanse. Så, med utgangspunkt i Bachu (2015) og Ketzer et al. (2009), vil forfatteren i de neste avsnittene anvende kvantitativ resonnering for å utdype forståelsen av Likningene (3) og (4).

Fangstkoefisienten. I Likning (3) representerer Γ brøkdelen av injisert CO₂ som effektivt blir fanget i undergrunnsreservoaret. Nevneren, $1-s_{wc}$, representerer den «ledige» plassen i reservoaret som er tilgjengelig for CO₂-fangst, og telleren, s_{rg} , representerer brøkdelen av den plassen som faktisk er okkupert av fanget CO₂. Dermed sammenlikner Likning (3) i hovedsak mengden fanget CO₂ (s_{rg}) med mengden tilgjengelig plass for fangst ($1-s_{wc}$) for å bestemme brøkdelen av injisert CO₂ som effektivt blir fanget (Γ). Med andre ord, hvis metning av fossilt grunnvann s_{wc} er relativt høy, vil det være mindre «ledig» plass tilgjengelig for CO₂-fangst, og dermed vil fangstkoefisienten Γ også være høy. En høy verdi av s_{wc} betyr mindre poreplass for CO₂-fangst, men også mer vannfortrengning av CO₂, noe som kan øke fangsteffektiviteten. Videre kan naturlig vann reagere med CO₂ og danne karbonsyre, noe som kan løse opp mineralene i reservoaret og skape ny poreplass for CO₂. Dette kalles mineralfangst, som er en viktig mekanisme for langsiktig lagring av CO₂ i formasjonen.

Hvis s_{rg} er lav, betyr det at en mindre brøkdel av den tilgjengelige plassen i reservoaret er okkupert av fanget CO₂. Dette kan skyldes faktorer som de geologiske egenskapene til reservoaret, injeksjonsstrategien eller egenskapene til injisert CO₂. Hvis s_{rg} er lav, vil fangstkoefisienten Γ også være lav, noe som indikerer at en mindre brøkdel av injisert CO₂ effektivt blir fanget. Dette kan ha implikasjoner for den generelle effektiviteten av CCS som en strategi for å bekjempe klimaendringer, ettersom en lavere fangstkoefisient betyr at en større andel av injisert CO₂ potensielt kan lekke ut i atmosfæren over tid. Generelt er det ønskelig med en høy fangstkoefisient for effektiv og langsiktig lagring av injisert CO₂, ettersom det indikerer en høyere grad av CO₂-bevaring i berggrunnen. Samlet sett gir Likning (3) en enkel måte å estimere fangstkoefisienten for injisert CO₂ i et undergrunnsreservoar på, basert på egenskapene til selve reservoaret.

Mobilitetsforholdet. I Likning (4) er mobilitetsforholdet M en dimensjonsløs størrelse som representerer forholdet mellom væskemobilitetene til den fortrengte væsken (saltlake) og den injiserte væsken (CO₂) i et undergrunnsreservoar. M gir innsikt i hvordan de to væskene vekselvirker og beveger seg gjennom reservoaret under prosesser som karbonlagring. Telleren i Likning (4), $\frac{1}{\mu_w}$, representerer den inverse verdien av saltlakens viskositet (dvs. saltlakens fluiditet). Når saltlakens viskositet øker, reduseres mobilitetsforholdet, noe som indikerer at det er vanskeligere for CO₂ å strømme gjennom

³ Endelig relativ permeabilitet for CO₂ bestemmes eksperimentelt ved å måle strømmen av CO₂ og saltlake gjennom en prøve av det porøse mediet under fast trykk og temperatur.

reservoaret. Motsatt, når saltlakens viskositet avtar, vil M øke, noe som indikerer at det er lettere for CO_2 å strømme gjennom reservoaret. Nevneren i Likning (4), $\frac{k_{rg}^*}{\mu_g}$, representerer forholdet mellom den endelige relative permeabiliteten for CO_2 (k_{rg}^*)—som er et mål på hvor lett CO_2 kan strømme gjennom reservoaret i forhold til saltlake—, og viskositeten til CO_2 . Når k_{rg}^* øker, vil M reduseres, noe som indikerer at det er lettere for CO_2 å strømme gjennom reservoaret i forhold til saltlake. Motsatt, når k_{rg}^* synker, vil M øke, noe som indikerer at det er vanskeligere for CO_2 å strømme gjennom reservoaret i forhold til saltlake.

Et høyere mobilitetsforhold antyder at den injiserte væsken har større mobilitet sammenlignet med den fortrente væsken. Dette betyr at den injiserte CO_2 -en lettere kan strømme lettere gjennom reservoaret, noe som kan føre til raskere bevegelse og potensielt mindre effektiv fortregning av saltlake. Motsatt indikerer et lavere mobilitetsforhold at den injiserte væsken har lavere mobilitet i forhold til den fortrente væsken. Dette tyder på at den injiserte CO_2 -en møter mer motstand eller har vanskeligere for å strømme gjennom reservoaret, noe som kan føre til langsommere bevegelse og potensielt mer effektiv fortregning av saltlaken.

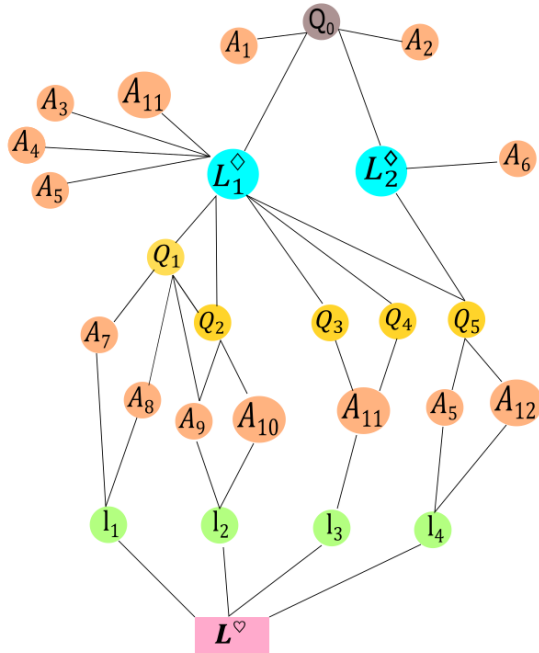
Oppsummert om M , kan vi si at forholdet mellom parameterne i Likning (4) er komplekst og avhenger av de spesifikke forholdene i reservoaret. Generelt er imidlertid et lavere mobilitetsforhold ønskelig for effektiv CO_2 -lagring, ettersom det indikerer at det er mindre sannsynlig at CO_2 vil migrere og eventuelt lekker ut av undergrunnslageret.

Et Forløpsdiagram for Studien til Team A

Figur 3 er en rettet graf som illustrerer forløpet av Team A's SFL, ledsaget av Tabell 1 som beskriver elementene i miljøet som ble skapt i løpet av undersøkelsen. Merk at publikasjoner som er sitert i Tabell 1, er ikke inkludert i referanselisten, siden tabellen bare er ment som en kort oversikt over det utførte arbeidet.

Figur 3

En SFL om Karbonlagring Gjennomført av Team A



Merknad. Q_0 = genererende spørsmål; Q_j = avledede spørsmål; L_i^\diamond = eksisterende løsninger; A_k = arbeider; l_m = delvise svar; L^\heartsuit = endelig svar på Q_0 . Gjengitt med tillatelse.

Tabell 1

Miljøet Dannet Under Studien til Team A

Genererende spørsmål
Q_0 : Hvordan er karbonfangst og -lagring modellert i litteraturen? Hvilken matematikk er involvert i disse modellene? Hvilke parametere inngår, og hva er relasjonene mellom dem?
Eksisterende svar L_i^\diamond
L_1^\diamond : Beregning av CO ₂ -lagringskapasitet i dype, saltholdige akviferer på regionalt nivå (Szulczewski & Juanes, 2009)
L_2^\diamond : Estimering av CO ₂ -lagringskapasitet (Bachu et al., 2007)
Avledede spørsmål Q_j
Q_1 : Hva er relasjonen mellom viskositet og permeabilitet i lagringen av CO ₂ ?
Q_2 : Hva er mobilitetsforholdet, og hvorfor er dette en viktig komponent i modellering av CO ₂ -lagring?
Q_3 : Hvilke forenklinger av modellene er gjort, og hva er konsekvensene av disse?
Q_4 : Er parameterne typisk beregnet ved teori eller som resultat av empiri?
Q_5 : Hvor viktig er trykk i beregning av lagringskapasitet?
Arbeider A_k
A_1 : «Dette må du vite om fangst og lagring av CO ₂ » (Sintef, 2019)
A_2 : Forskrift om lagring og transport av CO ₂ på sokkelen (Olje- og energidepartementet, 2014)
A_3 : Mekanismer for CO ₂ -fangst (CCP, u.å.)
A_4 : Artikkel om kapillærfangst for geologisk CO ₂ -lagring (Krevor et al., 2015)
A_5 : Video om forståelse av CO ₂ -lagring, laget av ekspert på feltet (Benson, 2021)

A ₆ : Norsk nettside for terminologi i petroleumsvirksomheten (Petroleumstilsynet, 2022)
A ₇ : Darcys lov for væskestrøm i et porøst medium («Darcy's law», 2022)
A ₈ : Masteroppgave om CO ₂ -lagring i sandstein og kalkstein (Kvinge, 2012)
A ₉ : Reservoarteknikk (Satter & Iqbal, 2016)
A ₁₀ : Artikkel om mobilitetsforhold (Bamidele et al., 2009)
A ₁₁ : Matematisk modell for avtrykket av CO ₂ -boblen i dype, saltholdige akviferer (MacMinn & Juanes, 2009)
A ₁₂ : Hvordan kan CO ₂ lagres under jorda? (National Energy Technology Laboratory, 2022)

Merknad. Delvise løsninger (I_m) er syntetisert et annet sted i rapporten til Team A. Gjengitt med tillatelse.

Konkluderende Kommentarer

Modelleringsaktivitetene som ble gjennomført i kurset ga flere fordeler for studentene, blant annet økt engasjement, evne til kritisk tenkning, forskningsferdigheter, kreativitet og problemløsningsferdigheter. Oppsummeringer fra de to undersøkelsene viser hvordan elementær algebra er et uunnværlig verktøy for modellering av systemer fordi det lar oss uttrykke avhengighet mellom parametere, analysere endringer, optimalisere ytelse, løse problemer og komme med forutsigelser. Ved å bruke elementære algebraiske metoder og kvantitativ resonnering kan vi få en dypere forståelse av verden rundt oss og ta velinformerte beslutninger basert på kvantitative data.

Å operere i et paradigme der man stiller spørsmål om verden—særlig med åpne spørsmål som det om CCS—er utfordrende både for lærere og elever. En ny *didaktisk kontrakt* (Brousseau, 1997) må forhandles frem, fordi læreren vanligvis ikke er en «ekspert» på systemene som studeres. Tanken om ikke å se læreren som den endelige autoriteten på kunnskap kan være vanskelig for begge parter, siden det krever at studentene tar mer ansvar for egen læring og, ikke minst, at læreren lar dem gjøre det. I tillegg innebærer innføringen av det nye didaktiske paradigmet nye oppgaver for både lærere og elever. Uttrykt i ATD-terminologi, endres lærerens topos og elevenes topos. For lærerens del innebærer det blant annet å formulere hensiktsmessige, *genererende spørsmål* en kritisk oppgave som er både ny og utfordrende. Når det gjelder studentene, forventes det nå at de skal fokusere intensivt på ett spørsmål over en lengre periode. Når det gjelder studentene, forventes det nå at de fokuserer intensivt på ett spørsmål over en betydelig varighet. Dette er ikke bare et ukjent territorium for dem, men det kan også bli en kilde til frustrasjon, spesielt hvis utholdenheten deres vakler. Strømskag (under utgivelse) rapporterer fra en annen SFL i lektorutdanning i realfag ved NTNU. Denne handler om differensialregning og gir en mer detaljert analyse av gevinster og utfordringer knyttet til å operere innenfor paradigmet som innebærer å stille spørsmål om verden.

Referanser

- About the Longship Project.* (u.å.). Northern Lights. <https://norlights.com/about-the-longship-project/>
- Bachu, S. (2015). Review of CO₂ storage efficiency in deep saline aquifers. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 40, 188–202. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2015.01.007>
- Brousseau, G. (1997). *The theory of didactical situations in mathematics: Didactique des mathématiques, 1970–1990* (N. Balacheff, M. Cooper, R. Sutherland, & V. Warfield, Red. & Overs.). Dordrecht: Kluwer. <https://doi.org/10.1007/0-306-47211-2>

- Carbon capture, utilisation and storage*. (2023). Equinor.com.
<https://www.equinor.com/energy/carbon-capture-utilisation-and-storage>
- Chevallard, Y. (2015). Teaching mathematics in tomorrow's society: A case for an oncoming counter paradigm. I S. J. Cho (Red.), *Proceedings of the 12th International Congress on Mathematical Education* (s. 173–187). Berlin: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12688-3_13
- Chevallard, Y. (2019). Introducing the Anthropological Theory of the Didactic: An attempt at a principled approach. *Hiroshima Journal of Mathematics Education*, 12, 71–114.
https://www.jasme.jp/hjme/download/05_Yves%20Chevallard.pdf
- Fleurant, C., & Bodin-Fleurant, S. (2019). *Mathematics for Earth science and geography*. Cham: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-69242-5>
- Ketzer, J. M., Iglesias, R., Einloft, S., Dullius, J., Ligabue, R., & de Lima, V. (2009). Water–rock–CO₂ interactions in saline aquifers aimed for carbon dioxide storage: Experimental and numerical modeling studies of the Rio Bonito Formation (Permian), southern Brazil. *Applied Geochemistry*, 24(5), 760–767. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2009.01.001>
- Klein, É. (2020). *Je ne suis pas médecin, mais je...* [Jeg er ikke lege, men jeg...]. Paris: Gallimard.
<https://lesmardisdelaphilo.com/wp-content/uploads/2020/04/Etienne-Klein-1.pdf>
- MA3001. (u.å.). *Matematisk modellering gjennom studie- og forskningsløyper*.
<https://wiki.math.ntnu.no/ma3001/2022v/matematiskmodellering/start>
- Niemi, A., Bear, J., & Bensabat, J. (2017). *Geological storage of CO₂ in deep saline formations*. Dordrecht: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-024-0996-3>
- St.meld. nr. 33. (2019–2020). *Langskip – Fangst og lagring av CO₂*. Olje- og energidepartementet.
<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-33-20192020/id2765361/>
- Strømskag, H. (under utgivelse). Study and research paths on differential calculus in teacher education. I *Proceedings of the 7th International Conference of the Anthropological Theory of the Didactic*. Birkhäuser.
- Strømskag, H., & Chevallard, Y. (2022). Elementary algebra as a modelling tool: A plea for a new curriculum. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 42(3), 371–409. <https://revue-rdm.com/2022/elementary-algebra-as-a-modelling-tool-a-plea-for-a-new-curriculum/>
- Szulczewski, M., & Juanes, R. (2009). A simple but rigorous model for calculating CO₂ storage capacity in deep saline aquifers at the basin scale. *Energy Procedia*, 1(1), 3307–3314.
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2009.02.117>
- Tiemens, B., Wagenwoorde, & Witteman, C. (2020). Why every clinician should know Bayes' rule. *Health Professions Education*, 6(3), 320–324. <https://doi.org/10.1016/j.hpe.2020.05.002>

VEDLEGG

Pensum for «Matematisk Modellering Gjennom Studie- og Forskningsløyper»**Obligatorisk litteratur** (for alle studenter)

- Bosch, M., & Gascón, J. (2014). Introduction to the anthropological theory of the didactic (ATD). I A. Bikner-Ahsbals & S. Prediger (Red.), *Networking of theories as a research practice in mathematics education* (s. 67–83). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05389-9_5 [Sider å lese: 67–73.]
- Chevallard, Y. (2015). Teaching mathematics in tomorrow's society: A case for an oncoming counter paradigm. I S. J. Cho (Red.), *Proceedings of the 12th International Congress on Mathematical Education* (s. 173–187). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12688-3_13
- Niss, M. (2015). Prescriptive modeling: Challenges and opportunities. I G. Stillman, W. Blum, & M. S. Biembengut (Red.), *Mathematical modeling in education research and practice: Cultural, social and cognitive influences* (s. 67–79). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-18272-8_5
- Strømskag, H. (2022, 21. januar). *Et notat om det herbartiske skjemaet – En dynamisk modell for studiet av et spørsmål*. Institutt for matematiske fag, NTNU.
- Strømskag, H. (2022, 23. mars). *Et notat om begrepet «didaktisk kontrakt»*. Institutt for matematiske fag, NTNU.
- Strømskag, H. (2022, 8. april). *Om dialektikken mellom systemer og modeller: Et eksempel med bremselengde*. Institutt for matematiske fag, NTNU.
- Strømskag, H., & Chevallard, Y. (2022a). Conditions for revitalizing the elementary algebra curriculum. I J. Hodgen, E. Geraniou, G. Bolondi, & F. Ferretti (Red.), *Proceedings of the 12th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (s. 620–627). Free University of Bozen-Bolzano og ERME. <https://hal.science/hal-03745443v1/document>

Støttelitteratur (for alle studenter)

- Barquero, B., Bosch, M., & Wozniak, F. (2019). Modelling praxeologies in teacher education: the cake box. I U. T. Jankvist, M. Van den Heuvel-Panhuizen, & M. Veldhuis (Red.), *Proceedings of the 11th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (s. 1144–1151). Utrecht University og ERME. <https://hal.archives-ouvertes.fr/CERME11/hal-02408705v1>
- Bauman, Z. (2007). Forbrukersamfunn (A. Peretz, Overs.). I G. E. Schjelderup & M. W. Knudsen (Red.), *Forbrukersosiologi: Makt, tegn og mening i forbrukersamfunnet* (s. 229–250). Cappelen.
- Chevallard, Y. (2019). Introducing the anthropological theory of the didactic: An attempt at a principled approach. *Hiroshima Journal of Mathematics Education*, 12, 71–114. https://www.jasme.jp/hjme/download/05_Yves_Chevallard.pdf

- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education* (6. utg., s. 201–204). Routledge.
- Doerr, H. (2007). What knowledge do teachers need for teaching mathematics through applications and modelling? I W. Blum, P. L. Galbraith, H.-W. Henn, & M. Niss (Red.), *Modelling and applications in mathematics education* (s. 69–78). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-29822-1_5
- Education is key to addressing climate change*. (u.å.). United Nations. Climate Action. <https://www.un.org/en/climatechange/climate-solutions/education-key-addressing-climate-change>
- Ely, R., & Adams, A. E. (2012). Unknown, placeholder, or variable: What is x ? *Mathematics Education Research Journal*, 24, 19–38. <https://doi.org/10.1007/s13394-011-0029-9>
- Markulin, K., Bosch, M., & Florensa, I. (2021). Project-based learning in statistics: A critical analysis. *Caminhos da Educação Matemática em Revista*, 11(1), 200–220. https://periodicos.ifs.edu.br/periodicos/caminhos_da_educacao_matematica/article/view/755/631
- Oversby, J. (2015). Teachers' learning about climate change education. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 167(8), 23–27. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.637>
- Strømskag, H., & Chevillard, Y. (2022b). Elementary algebra as a modelling tool: A plea for a new curriculum. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 42(3), 371–409. <https://revue-rdm.com/2022/elementary-algebra-as-a-modelling-tool-a-plea-for-a-new-curriculum/>
- Thagaard, T. (2009). *Systematikk og innlevelse: En innføring i kvalitative metoder* (3. utg.). Fagbokforlaget. [Sider å lese: 62–63.]

Tekster for det enkelte team

I tillegg til den obligatoriske litteraturen nevnt ovenfor, vil arbeidene hvert team har benyttet i sin SFL om karbonfangst- og lagring, være pensum for teamet.

KAPITTEL 3

Er klimakatastrofen⁴ rettferdig? Rettferdighet, ansvar og dekolonialistiske perspektiver

Jakob Steinbachner og Nicola Nagy

Institutt for lærerutdanning, Universitetet i Wien, Wien, Østerrike

Samfunnskunnskap og Lærerutdanning i Østerrike

Samfunnskunnskap⁵ betraktes som en mulighet og en nødvendighet for utviklingen av individuelle ferdigheter og samfunnet som helhet i en stadig mer kompleks hverdag. Samfunnskunnskap skal bidra til å håndtere individuelle spørsmål som egen identitet, men også samfunnsmessige problemstillinger som ulik fordeling av makt og ressurser mellom kjønnene, og på den måten bidra aktivt til å forme samfunnet og videreutvikle demokratiet og menneskerettighetene. Målet med undervisningen i samfunnskunnskap i Østerrike er en reflektert og refleksiv politisk bevissthet (BMBWF, 2018).

I Østerrike behandles samfunnskunnskap på ulike måter i forskjellige utdanningsinstitusjoner. Eksempler på dette er på den ene siden samfunnskunnskap i skolen og på den andre siden lærerutdanning i historie og samfunnskunnskap ved universitetet i Wien.

Som allerede nevnt er både opplæringen og faget samfunnskunnskap i Østerrike sterkt knyttet til skolefaget historie. Timene i skolen deles med faget historie (i de generelle skoleslagene) (jf. BMBWF/Zentrum Polis, 2022). I Østerrike er samfunnskunnskap et av de «tverrfaglige undervisningsprinsippene,» noe som innebærer at politiske spørsmål og demokratisk handling skal tas opp i skolen som overordnede institusjoner (jf. BMBWF, 2015). I Østerrike er utdanningen av lærere i samfunnskunnskap også knyttet til historiefaget. Et eksempel på dette er læreplanen for faget historie og samfunnskunnskap i bachelorgraden i pedagogikk ved Universitetet i Wien. Her inngår samfunnskunnskap i en «obligatorisk modulgruppe» med et omfang på 10 studiepoeng (jf. Universitetet i Wien, 2022). Av særlig interesse for denne modulen er målet om å gjøre studentene i stand til å håndtere og undervise i temaer som økologisk bærekraft og dets politiske implikasjoner samt ferdigheter for deltakelse på ulike nivåer (Universitetet i Wien, 2022, s. 11-12).

⁴ I denne teksten er begrepet «klimakatastrofe» primært brukt istedenfor alternativene «klimaendringer» eller «global oppvarming», siden konsekvensene av dette fenomenet kan bli katastrofale for menneskeheten og begrepene «oppvarming» eller «endring» yter det ikke full rettferdighet.

⁵ «Samfunnskunnskap» er den norske oversettelsen av det tyske begrepet *politische Bildung*.

Klimarettferdighet

Det sentrale temaet som spørsmålet om samfunnskunnskap og handlingsmuligheter utvikler seg rundt i denne modulen, er klimarettferdighet. På den ene siden skal årsakene til og mulighetene for handling mot klimakatastrofen diskuteres, og på den andre siden skal den urettferdige fordelingen av årsak og virkning undersøkes. Ulike perspektiver legges til grunn, og problemstillingen belyses fra ulike vinkler.

Fleischmann et al. (2021) fremhever at klimaet på planeten vår har gjennomgått kontinuerlige endringer gjennom geologisk tid, inkludert betydelige variasjoner i den globale gjennomsnittstemperaturen. De fortsetter:

Den nåværende oppvarmingen av klimaet skjer mye raskere enn tidligere oppvarmingshendelser. Det har blitt klart at menneskeheten har forårsaket mesteparten av oppvarmingen det siste århundret ved å slippe ut drivhusgasser for å drive våre moderne liv. Vi gjør dette gjennom forbrenning av fossilt brensel, jordbruk og arealbruk og andre aktiviteter som driver klimaendringene. Verdens meteorologiorganisasjon (WMO) rapporterte i 2017 at klimagassutslippene i jordens atmosfære har nådd det høyeste nivået på 800 000 år (Schlein, 2017). [...] Klimaendringene innebærer ikke bare temperaturstigning, men også ekstremvær, stigende havnivå, endringer i dyrebestander og leveområder og en rekke andre konsekvenser. (Fleischmann et al., s. 6)

I tillegg til de vitenskapelige debattene har også de urettferdige konsekvensene av klimakatastrofen fått journalistenes oppmerksomhet og har blitt diskutert, slik Chris Mooney viser i artikkelen «Why climate change is really, really unfair.» Han tar utgangspunkt i at «den generelle regelen globalt sett er at hvis en nasjon kommer til å lide under klimaendringene, er det svært sannsynlig at denne nasjonen ikke bidrar til problemet.» I artikkelen viser han at de landene som begår flest «miljødelegger» ofte lider minst av effektene, mens de som allerede er strukturelt vanskeligstilte, rammes hardere av klimakatastrofen (Mooney, 2016). Dette synet bekreftes i stor grad av vitenskapelige artikler. Harlan et al. (2015) antar for eksempel at klimakatastrofen oppfattes svært ulikt av rike og fattige—et perspektiv som vil forsterkes i fremtiden fordi politikken som føres for å håndtere klimakatastrofen, ekskluderer fattige og maktesløse individer. De mener til og med at klimakatastrofen hovedsakelig skyldes ulikheter, ettersom de mest marginaliserte landene og samfunnene produserer langt mindre utslipp enn rike individer. På bakgrunn av dette peker Harlan et al. (2015, s. 127–128) på klimakatastrofen som et av de mest interessante temaene for teoretisering av rettferdighet og ulikhet, fordi disse ulikhetene og rettferdighetene produseres systematisk og ikke er et resultat av individuelle handlinger.

Denne oppfatningen og den økende populariteten og betydningen har de siste årene ført til en rekke vitenskapelige publikasjoner og journalistiske utdypninger, samt andre omfattende prosjekter som globalfootprintnetwork, internasjonale vitenskapelige paneler som IPCC og tilsvarende relativiseringsbevegelser som NIPCC.

Rettferdighetsdiskusjoner

Først fokuserer vi på rettferdighetsdebatter på en filosofisk måte for å identifisere begrepene rettferdighet, likhet, likeverd og rettferdighet. Cook og Hegtvedt (1983) og Preisendörfer (2014) har utforsket begrepene likhet og rettferdighet i sine respektive arbeider. Cook og Hegtvedt fokuserer først

og fremst på byttrransaksjoner, og deres idé om likhet er basert på den fordelingen som hver aktør får ut av byttet. De anser et bytte som likt hvis alle involverte aktører får like mye ut av det, og ulikhet oppstår når forholdet mellom hva som gis og mottas varierer mellom aktørene (1983, s. 218).

Preisendörfer undersøker derimot begrepet rettferdighet og forsøker å skille det fra ulikhet, som ofte brukes om hverandre. Gjennom empirisk forskning forsøker han å identifisere faktorer som indikerer en overgang fra ulikhet til rettferdighet (2014, s. 34–35). Preisendörfer tar utgangspunkt i David Schlosbergs tredelte pakke, som omfatter "rettferdighet som fordeling", "rettferdighet som deltakelse" og "rettferdighet som anerkjennelse". Den første komponenten tar for seg rettferdighet som fordeling, den andre omfatter spørsmålet om rettferdige prosedyrer og muligheter for deltakelse, mens den tredje tar for seg minimumsstandarder for menneskeverd, respekt for individuell, sosial og kulturell integritet og beskyttelse mot tilsidesettelse og diskriminering (Preisendörfer, 2014, s. 33). Preisendörfers empiriske rettferdighetsforskning søker å identifisere faktorer som skiller ulikhet fra rettferdighet, og de skisserte faktorene fungerer som indikatorer for en slik overgang. Ved å analysere disse faktorene er det mulig å identifisere tilfeller av rettferdighet og utvikle strategier for å rette opp slike situasjoner.

Preisendörfer skisserer flere faktorer som letter overgangen fra ulikhet til rettferdighet (2014, s. 35–40):

1. Tydelig uttalte sosio-romlige ulikheter når det gjelder miljøbelastninger
2. Miljøbelastninger utover rimelige nivåer
3. Opphopning av ulemper
4. Forringelse av subjektivt velvære
5. Oppsplitting av dem som forårsaker/nyter godt av og dem som rammes
6. Frivillighet og muligheter for unndragelse
7. Muligheter til deltakelse og medbestemmelse

Mathematisk Modellering i Rettferdighetsdiskusjoner

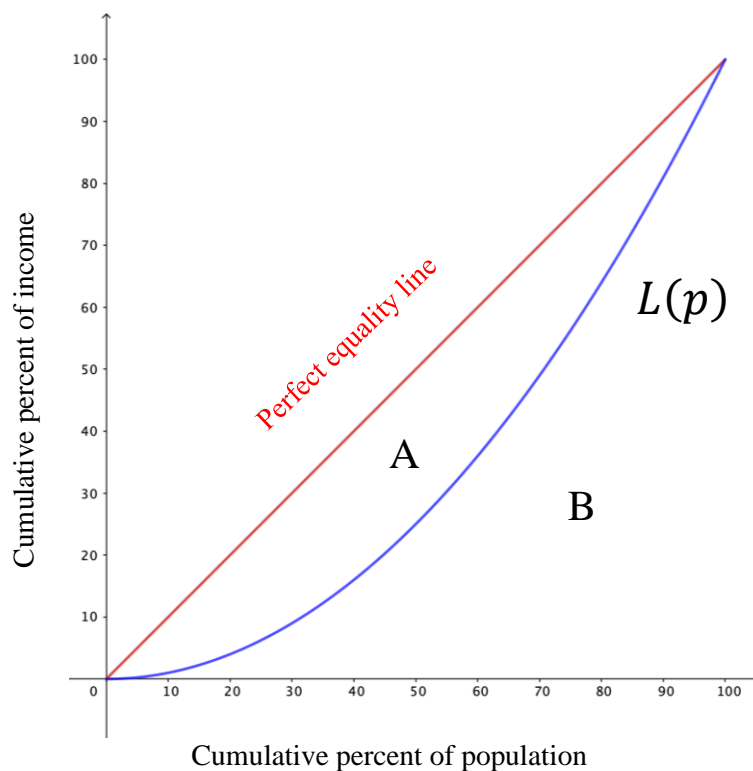
Politiske spørsmål i den moderne verden blir stadig mer komplekse og refererer til ulike disipliner, inkludert matematiske (jf. Gildehaus et al. 2021, s. 5–6; Lauß, 2022, s. 116–117). Det er derfor uunngåelig å ta i bruk matematiske modeller i politisk utdanning for å muliggjøre eller forstå beslutningsprosesser basert på dem. Dette er viktig, på den ene siden for å kunne ta beslutninger selv eller for å forstå beslutninger tatt av andre, og på den andre siden for å kunne evaluere gyldigheten og påliteligheten til modellene som beslutningene er basert på (Gildehaus et al. 2021, s. 6). En modell omtales her som en transformasjon av et system, "vanligvis en forenkling, som skal bidra til å generere kunnskap om det studerte systemet". For å besvare et spørsmål om et system forsøker man i praksis å bygge opp en modell som er enklere, sikrere og raskere å studere enn selve systemet. Modeller brukes altså til å besvare spørsmål eller utforske fakta, styrt av forskningsspørsmål. Modeller har alltid en deskriptiv funksjon, men de kan også inneholde utsagn om hva et individ bør gjøre. I så fall omtales modeller som preskriptive eller normative. Avhengig av tilfellet kan en modell altså ha en deskriptiv, normativ eller preskriptiv funksjon" (Gildehaus et al. 2021, s. 7). Når man arbeider med politiske problemer basert på matematiske modeller, er det på den ene siden viktig å lære og forstå den matematiske bakgrunnen. Normative modeller krever imidlertid også en politisk analyse for å kunne gjenkjenne politiske handlingsmuligheter og vurderinger innenfor dette systemet (Gildehaus et al. 2021,

s. 10). Et eksempel på et politisk problem som også refererer til matematiske deskriptive og normative modeller i ulike perspektiver, er klimakatastrofen, et annet kan være rettferdighetsdebatter. Deskriptive modeller om klimakatastrofen finnes for eksempel på nettstedet til globalfootprintnetwork.

For å bli klar over denne modellens normative aspekter og konklusjoner for politiske og sosiale beslutninger må den analyseres, for eksempel med hensyn til årsaker, konsekvenser og mulige tiltak for endring. Et annet tema som kan beskrives ved hjelp av matematiske modeller, er en debatt om rettferdighet. Gini-koeffisienten kan tjene som et eksempel på en matematisk modell som hovedsakelig beskriver sosioøkonomisk ulikhet i et samfunn (men også alle andre størrelsesfordelinger i datasett med ikke-negative størrelser) (Sitthiyot & Holasut 2020, s. 2).

Figur 2

The Gini-index



Gini-indeksen (se Figur 2) kan utledes fra Lorenz-kurven, som viser den kumulative normaliserte rangeringen av inntekt på x-aksen og den kumulative normaliserte inntekten på y-aksen. De første 10% på x-aksen representerer de 10% med lavest inntekt. Indeksen beregnes ved å dividere arealet mellom den perfekte likhetslinjen ($y=x$) og Lorenz-kurven med det totale arealet under likhetslinjen. En verdi på 0 indikerer perfekt likhet, mens en verdi på 1 representerer maksimal ulikhet (Sitthiyot & Holasut 2020, s. 2).

Det er flere fordeler ved å bruke Gini-indeksen. For det første oppsummerer den hele inntektsfordelingen i én enkelt statistikk, noe som gjør den relativt enkel å tolke. Den gjør det også enkelt å sammenligne land og samfunn med svært ulik befolkningsstørrelse. I tillegg oppdateres Gini-indeksen jevnlig av ulike land og internasjonale organisasjoner (Sitthiyot & Holasut 2020, s. 2).

Gini-indeksen har imidlertid sine begrensninger. En lavere Gini-indeks indikerer ikke alltid en jevnere inntektsfordeling, ettersom den ikke tar hensyn til den sosiale velferdsfunksjonen. Gini-indeksen er dessuten mer følsom for endringer i midten av inntektsfordelingen og mindre følsom for endringer i toppen eller bunnen. Ifølge Sithiyot og Holasut betyr dette at to eller flere land kan ha samme Gini-indeks, men vesentlig forskjellig inntektsfordeling (2020, s. 3).

Når man analyserer denne modellen og diskuterer lik og ulik fordeling og dens rettferdige eller urettferdige implikasjoner, kan normative aspekter ved rettferdighetsdebatter synliggjøres.

Ulike Perspektiver på Klimarettferdighet

Kjønn

Spørsmålet om ulikhet mellom kjønnene har blitt stadig mer sentralt i diskursen om klimarettferdighet, noe som ble påpekt av FNs kvinnekomité (2022) og FNs kvinnediskrimineringskomité (CEDAW) under deres 44. sesjon. I 2009 uttrykte OEDAW «sin bekymring over fraværet av et kjønnsperspektiv i [...] globale og nasjonale retningslinjer og initiativer om klimaendringer» (OEDAW, 2009, s. 7). De påpeker også «at klimaendringene ikke påvirker kvinner og menn på samme måte og har kjønnsdifferensierte konsekvenser. [Men] [...] kvinner er ikke bare hjelpeløse ofre for klimaendringene—de er mektige endringsagenter, og deres lederskap er avgjørende» (OEDAW, 2009, s. 7).

Perspektivene som presenteres av Arora-Jonsson (2011) belyser to hovedproblemstillinger knyttet til kjønn og klimakatastrofer. For det første er det mer sannsynlig at kvinner i sør rammes av klimakatastrofer enn menn, og for det andre er det mer sannsynlig at menn i nord forurenses miljøet enn kvinner. Begge steder er kvinner i mindre grad representert i beslutningstakinge organer.

Ny forskning om kjønn og klimaendringer understreker behovet for å fokusere på kvinners perspektiv på klimarettferdighet siden de er de fattigste av de fattige (Arora-Jonsson, 2011, s. 745–746), mer sårbar for naturkatastrofer (Arora-Jonsson, 2011, s. 746–747) og mer miljøbevisste, og dermed forurenses mindre (Arora-Jonsson, 2011, s. 747–748), samtidig som de har mindre mulighet til å initiere endringer (Arora-Jonsson, 2011, s. 749). Arora-Jonsson advarer imidlertid mot å behandle kvinner som en homogen gruppe, da dette har en tendens til å fremstille dem som lidende på grunn av deres marginale sosiale posisjon sammenlignet med menn. En slik framstilling kan føre til at de ikke får handlekraft, at deres sårbarhet konstrueres som et spesifikt kjønnsproblem, og at maktbalansen ignoreres, noe som forsterker forskjellene mellom kvinner og menn som gitte og uforanderlige. I stedet for å generalisere kvinners sårbarhet er det viktigere å forstå hvordan sosiale maktrelasjoner er konfigurert og hvordan sårbarhet produseres. Arora-Jonsson argumenterer for at en mer effektiv miljøforvaltning forutsetter aktiv deltakelse fra kvinner. Når kvinner inkluderes i beslutningsprosessene, får de ikke bare mer makt, men også andre perspektiver enn de mannlige, noe som beriker miljøforvaltningen (Arora-Jonsson, 2011, s. 749).

Arora-Jonssons konklusjoner støttes av uttalelsen fra FNs kvinnekomité (Committee on the Elimination of Discrimination against Women, CEDAW) på sin 44. sesjon, der det slås fast at likestilling mellom kjønnene er avgjørende for en vellykket igangsetting, gjennomføring, overvåking og evaluering av klimapolitikken. Komiteen oppfordrer statspartene til å inkludere likestilling som et overordnet prinsipp i FNs rammekonvensjon om klimaendringer (UNFCCC) (CEDAW, 2009, s. 8).

Dekolonialistiske Perspektiver

For å kunne diskutere dekolonialistiske perspektiver må begrepet kolonialisme først avklares. Vi vil bruke kolonialismebegrepet fra Osterhammel og Jansen (1995, s. 18–28). Rachel Harnett (2021, s. 139) antar at imperier og imperialism er en viktig faktor i fremveksten av klimakatastrofer. Det antas at moderne imperier har spilt en betydelig rolle i fremveksten av fossilt brensel. Videre argumenteres det for at klimakatastrofen omdefinierer allerede eksisterende sosiale, økonomiske og rasemessige ulikheter som oppstod under kolonialismen. Klimakrisen representerer dermed en ny form for imperialism.

Det faktum at klimakatastrofen, til tross for antagelsen om at den er den "største truselen mot menneskeheten" (Harnett 2021, s. 139), får langt mindre oppmerksomhet enn enkeltstående naturkatastrofer, forklares med «slow-violence theory» (Nixon, 2011, som sitert i Harnett, 2021, s. 140). Denne teorien går ut på at punktuelle katastrofer med noen få tusen døde får betydelig mer oppmerksomhet enn katastrofer over lengre tid med betydelig flere ofre på grunn av de mindre direkte merkbare konsekvensene.

I gjennomsnitt har samfunn i det globale nord mye større innvirkning på klimakatastrofer, mens folk i det globale sør ofte merker konsekvensene først og sterkest. I tillegg til klimakatastrofens konsekvenser for det umiddelbare livsmiljøet (som hyppigere sykdomsbølger, stigende havnivå og ekstreme temperaturer), har disse samfunnene andre ulemper som ofte skyldes deres tidligere koloniale fortid. De er mindre industrialiserte og sliter med å holde tritt med sine tidligere koloniherrer. I tillegg er klimatiltak ofte en ytterligere ulempe for disse landene, ettersom det ofte er vanskeligere for industrien å gjennomføre slike tiltak (Harnett, 2021, s. 139–146). Det er dette Harnett (2021, s. 146) kaller «grønn nykolonialisme.»

Generasjonsperspektiv

Endringer i forbruksmønsteret har ført til et skifte fra usikker overlevelse til økende velstand (Diprose et al. 2021, s. 103–106), og disse endringene har ført til mindre bærekraftige valg av produkter, noe som har skapt konflikter mellom generasjoner, og også geografiske konflikter (Diprose et al., 2021, s. 107). Til tross for at yngre generasjoner er mer bevisste på klimaproblematikken, bruker de ofte kortsiktige produkter eller luksusprodukter, og blir beskyldt av eldre generasjoner for ikke å føre en bærekraftig livsstil (Dirpose et al., 2021, s. 109–114). Disse konfliktene observeres også mellom by- og landbefolkningen, der sistnevnte kritiserer byboere for ikke å ha et mer ansvarlig og sunnere forbruk (Dirpose et al. 2021, s. 115–117).

Individuelle og Systemiske Tilnæringer

Klimakatastrofen stiller oss overfor en utfordring uten sidestykke. Våre kollektive bidrag til dette komplekse problemet involverer oss alle, men likevel er det vanskelig, om ikke umulig, å tildele ansvar for de resulterende dødsfallene på individnivå (Dale, 2015, s. 23–24). Etter å ha diskutert ulike

ansvarsbegreper som kausalt, moralsk og juridisk ansvar, konkluderer Dale med at disse ansvarsbegrepene av ulike grunner vanskelig kan beskrive eller veilede handling i klimakatastrofen (Dale, 2015, s. 23–38). Dette leder til konklusjonen om intervensjonsansvar for å håndtere klimakatastrofen på en globalt ansvarlig måte (2015, s. 38). Denne ideen innebærer en fremtidsrettet forståelse som retter blikket mot hva ulike aktører i systemet, som Dale kaller "agenter", kan gjøre, snarere enn hva som har blitt gjort så langt. Disse aktørene opererer på ulike nivåer i systemet og har ulik grad av makt til å skape endring, for eksempel et individ som handler med andre evner enn en statlig aktør. Dale identifiserer fire ulike «familier» av «agenter» (hvert individ i en familie) når det gjelder klimakatastrofer (Dale, 2015, s. 38–41): internasjonale organisasjoner og regimer, nasjoner og andre jurisdiksjoner, enkeltpersoner og bedrifter. Hver aktør og hver familie har mulighet til å gripe inn i klimakatastrofen (Dale, 2015, s. 38).

Didaktiske Tilnærminger til Undervisning om Klimarettferdighet

Undervisningsmodulen som presenteres her, er i tråd med tilnærmingen Social Science Issues (SSI) utviklet av Georg Lauß (2022). Dagens politiske diskurser baserer seg i økende grad på vitenskapelige funn, noe som krever at deltakerne har en grunnleggende forståelse av vitenskapelige metoder og terminologi for å kunne delta i meningsfulle diskusjoner (jf. Lauß, 2022, s. 116–117, og også Gildehaus et al., 2021, s. 5–6). SSI-tilnærmingen utvider omfanget av politisk utdanning ved å integrere vitenskapelige spørsmål og deres sammenhenger med etiske, moralske og politiske dimensjoner. Det primære målet er å fremme kritisk bevissthet basert på vitenskapelige funn, med faktiske kontroverser som utgangspunkt for læring. Tilnærmingen er basert på forskningsbasert læring, noe som setter elevene i stand til å utvikle en forståelse av komplekse problemer, utforske ulike løsninger, begrunne sine synspunkter og evaluere konsekvensene for ulike interessentgrupper (Lauss, 2022, s. 117–118).

For å operasjonalisere SSI-tilnærmingen i politisk utdanning foreslår Lauß en sekstrinns makrometode (Lauss, 2022, s. 118–120), som inkluderer:

- 1) introdusere casen, fortrinnsvis med en tilnærming uten forhåndsoppfatninger (for eksempel gjennom avisartikler eller nyhetskilder)
- 2) stille kontroversielle spørsmål for å stimulere til kritisk engasjement og oppmuntre elevene til å undersøke flere perspektiver
- 3) introdusere relevante vitenskapelige teorier, begreper og funn i forhold til den aktuelle problemstillingen
- 4) innlemme undersøkelsesbaserte læringskomponenter, der elevene selv samler inn data (for eksempel ved å forske på grenseverdier for svevestøv på bestemte steder)
- 5) legge til rette for diskusjoner om konfliktens sosiale og etiske dimensjoner
- 6) oppmuntre til reflekterte beslutningsprosesser, der relevansen av vitenskapelige argumenter vurderes med tanke på å fatte informerte politiske beslutninger.

En annen viktig didaktisk tilnærming til denne modulen er «Historisk og politisk læring med begreper» (Hellmuth & Kühberger, 2016), som understreker viktigheten av å bruke begreper for å strukturere informasjon og legge til rette for læring av historiske og politiske emner. Elevene oppfordres til å bygge videre på sine eksisterende begreper, som de har tilegnet seg gjennom hverdags erfaringer,

og tilpasse dem til nye situasjoner. På denne måten kan de bedre forstå og redusere kompleksiteten i abstrakte historiske og politiske saker.

I tråd med SSI-tilnærmingen tar denne modulen sikte på å utvikle elevenes kritiske bevissthet. Det overordnede spørsmålet «er klimakatastrofen rettferdig?» krever at elevene engasjerer seg i naturvitenskapelige begreper, spesielt slike som er basert på matematisk modellering, knyttet til klimakatastrofen og dens underliggende årsaker. Spørsmålet tar også for seg filosofiske begreper som likhet, likeverd og rettferdighet i forhold til rettferdighetsbegreper, samt politiske undervisningsmetoder som tematiserer klimakatastrofen og dens opplevde rettferdighet i det globale politiske systemet. Disse temaene og de tilhørende nøkkelbegrepene er de primære fokuspunktene i denne modulen, som dermed kombinerer perspektiver fra statsvitenskap, filosofi og matematikk.

Modulen er helt og holdent strukturert etter denne tilnærmingen. Først introduseres temaet klimarettferdighet gjennom en journalistisk artikkel, og dermed vekkes de første assosiasjonene til dette temaet og dets begreper, som samles og diskuteres i klassen. Deretter stilles det kontroversielle spørsmål om ulike undertemaer (rettferdighet, matematiske modeller, bærekraft, kjønn og klimakatastrofe, ...) (for eksempel om de mener klimakatastrofen er rettferdig eller hvilke problemer som ligger til grunn for den skjeve fordelingen av årsak og virkning av klimakatastrofen) for å oppmuntre elevene til å innta ulike perspektiver og delta i en kritisk debatt. Som et tredje trinn introduseres vitenskapelig teori for ulike undertemaer, som elevene selv skal anvende på casene som presenteres som et fjerde trinn, for å finne relevante data på egen hånd (for eksempel ved å bruke nettstedet til globalfootprintnetwork). Deretter diskuteres argumenter om problemets sosiale og etiske dimensjoner, for eksempel ved hjelp av ansvarsbegreper, før man som et siste trinn, senest på slutten av seminaret, vanligvis i slutten av hovedtemaene, øver på refleksjonsspørsmål og avgjørelser om temaet og besvarer dem ved hjelp av den nylig innlærte vitenskapelige teorien.

Læringsmål

Med utgangspunkt i Europarådets «Reference framework of competences for democratic culture» (2018), og i tråd med målene for denne modulen, vil en vellykket gjennomføring av denne modulen gjøre elevene i stand til å oppnå følgende:

#36: Diskuterer hva som kan gjøres for å gjøre samfunnet til et bedre sted.

#38: Tar grep for å holde seg informert om samfunnsspørsmål.

#62: Kan velge de mest pålitelige kildene til informasjon eller råd fra det tilgjengelige utvalget.

#69: Kan bruke eksplisitte og spesifiserbare kriterier, prinsipper eller verdier for å gjøre vurderinger.

#121: Kan vurdere samfunnets innvirkning på naturen, for eksempel når det gjelder

befolkningsvekst, befolkningsutvikling og ressursforbruk.

#122: Kan reflektere kritisk over risikoen forbundet med miljøskader.

#1140: Kan bruke eksplisitte og spesifiserbare kriterier, prinsipper eller verdier for å gjøre vurderinger.

#2058: Kan reflektere kritisk over sammenhengen mellom økonomiske, sosiale, politiske og miljømessige prosesser.

#2059: Kan forklare hvordan personlige valg, politiske handlinger og forbruksmønstre kan påvirke andre deler av verden.

Vurdering og ECTS-omfang

Denne modulen ble opprettet for å oppfylle kravene i delen «UF GP 08 Sozialkunde und Politische Bildung 2» i læreplanen for læreryrket i faget historie, politisk utdanning i bachelorgraden ved Universitetet i Wien. Denne delen tilsvarer et omfang på 4 studiepoeng. Som vurdering av emnet anbefales det å føre en læringsdagbok parallelt med seminardeltakelsen. På den ene siden er en læringsdagbok et instrument for å samle inn resultatene av en læringsprosess og kan brukes til vurdering av læreren, men på den andre siden er fokuset på en refleksjonsprosess om den lærendes egen kunnskapsøkning. Den eksplisitte utformingen kan variere (Forum Umweltbildung).

Avsluttende Kommentarer

For å forstå og vurdere dagens politiske problemer kreves det kunnskap innen ulike fagområder (se Gildehaus et al., 2021, s. 5–6; Lauß, 2022, s.116–117). Dette inkluderer økonomiske, miljømessige, matematiske og mange andre disipliner. Klimakatastrofen er et slikt problem som krever politisk dømmekraft og politisk engasjement i demokratier for å kunne løses. På grunn av den aktuelle relevansen og oppmerksomheten er det derfor en god idé å behandle spørsmål om rettferdighet i forbindelse med klimakatastrofen for å lære studentene kunnskaper og ferdigheter i ulike underemner. Denne modulen er et forslag til et seminar for fremtidige lærere, slik at de selv kan undervise i disse temaene i skolen. I tillegg til omfattende vitenskapelige bidrag om ulike undertemaer, belyses temaets relevans i det offentlige rom ved hjelp av journalistiske og andre kilder, og det øves på å analysere disse kildene frem til beslutningstaking. Læringsdagboken kan brukes til å reflektere over egen læringsprosess med tanke på egen fremtidig undervisning, noe som skal sikre resultatene av seminaret og gjøre det lettere for studentene å komme inn igjen.

Leseliste

I det følgende kapittelet finner du tekster og andre ressurser som studentene bør lese eller arbeide med i denne modulen.

Tekster

Arora-Jonsson, S. (2011). *Virtue and vulnerability: Discourses in woman, gender and climate change*. I: *Global Environmental Change* 21. (s. 744–751).
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.01.005>

Columbia Climate School (2022). *Colonialism Distorts the Quest to Save Heritage Threatened by Climate Change, Say Researchers*. State of the Planet.

<https://news.climate.columbia.edu/2022/02/14/colonialism-distorts-the-quest-to-save-heritage-threatened-by-climate-change-say-researchers/>

DEUTSCHE PRESSE-AGENTUR – DPA (03.07.2022). *Italy's Verona, Pisa limit water Supplies amid drought*. Daily Sabah.

<https://www.dailysabah.com/world/europe/italys-verona-pisa-limit-water-supplies-amid-drought>

Diprose, K. et. al. (2021). Intergenerational Perspectives on Sustainable Consumption. I: *Climate Change, Consumption and Intergenerational Justice. Lived Experiences in China, Uganda and the UK*. Bristol. (s. 103–127.)

Heggie, J. (18.06.2020). *The Leaky Boot: Where is Italy's Water Going?* National Geographic.

<https://www.nationalgeographic.com/science/article/partner-content-the-leaky-boot-italy>

IPCC (2018). *Summary for policymakers*. IPCC: <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/spm/>

IPCC (2023). *Summary for policymakers*. IPCC.

https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf

Jamieson, D. (2015). *Responsibility and Climate Change*. In: *Global Justice. Theory Practice Rhetoric*. Vol. 8 (2). (s. 23–43). <https://doi.org/10.21248/gjn.8.2.86>

Middlehurst, M. & T. Eisen (5.5.2021). *Climate justice and gender justice. an essential pairing to get resilience right*. NDI. <https://www.ndi.org/our-stories/climate-justice-and-gender-justice-essential-pairing-get-resilience-right>

Milken Institute School of Public Health (2020): *Equity vs. Equality: What's the Difference?* Milken Institute School of Public Health. <https://onlinepublichealth.gwu.edu/resources/equity-vs-equality/>

Mooney, C. (5.2.2015). *Why climate change is really, really unfair*. Washington Post.

<https://www.washingtonpost.com/news/energy-environment/wp/2016/02/05/why-climate-change-is-really-really-unfair/>

NIPCC (2021). *Climate change reconsidered II. Fossil fuels. Summary for policymakers*.

<http://climatechangereconsidered.org/wp-content/uploads/2018/12/Summary-for-Policymakers-Final.pdf>

Perez, C. S. (2020). *Poems*. ETropic: Electronic Journal of Studies in the Tropics, 19(1).

<https://doi.org/10.25120/etropic.19.1.2020.3676>

Shams, E. (2022). *Carbon colonialism: how the Global North are hiding their carbon emissions*.

Palatinate. <https://www.palatinate.org.uk/carbon-colonialism-how-the-global-north-are-hiding-their-carbon-emissions/>

Uzoma, P. (not available). *Colonialism and Climate Change*. University of Washington.

<https://uw.pressbooks.pub/121climatejustice/chapter/colonialism-and-climate-change/>

Andre ressurser

Chang, A. (2017). *The life cycle of a t-shirt*. TED-Ed.

https://www.youtube.com/watch?v=BiSYoeqb_VY

Common Sense Education (10.08.2018). *Rings of Responsibility*. Common Sense Education.

https://www.youtube.com/watch?v=fQSnzrB5bso&ab_channel=CommonSenseEducation

Oliver, J. (06.03.2028) *Wake up! (spoken word poetry)*. TEDx Talks.

https://www.youtube.com/watch?v=04rfgNvvXz8&ab_channel=TEDxTalks

Preshoff, K. (2018). *What's a smartphone made of?*. TED-Ed.

<https://www.youtube.com/watch?v=eIdJ22AfsO8>

Solli, R. (14.08.2018): *We can be more*. TEDx Talks.

https://www.youtube.com/watch?v=lm0r3yFh0zU&ab_channel=TEDxTalks

Referanser

Arora-Jonsson, S. (2011). *Virtue and vulnerability: Discourses in woman, gender and climate change*.

I: *Global Environmental Change* 21. (s. 744–751).

<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.01.005>

BMBWF. (2015). *Unterrichtsprinzip Politische Bildung, Grundsatzlerlass 2015*.

<https://rundschriften.bmbwf.gv.at/rundschriften/?id=700> (besøkt 23.05.2023)

BMBWF (2018). *Politische Bildung*.

<https://www.bmbwf.gv.at/Themen/schule/schulpraxis/uek/politbildung.html> (besøkt 23.05.2023)

BMBWF/Zentrum Polis. (2015). *Politische Bildung in den Schulen – tabellarische Übersicht*.

<https://www.politik->

[lernen.at/dl/qsmmJKJKoMIKnJqx4KJK/Politische_Bildung_in_den_Schulen_tab__bersicht_Stand_J_nner_2022_pdf](https://www.politik-lernen.at/dl/qsmmJKJKoMIKnJqx4KJK/Politische_Bildung_in_den_Schulen_tab__bersicht_Stand_J_nner_2022_pdf) (accessed on: 23.05.2023)

CEDAW. (2009). *Results of the forty-fourth and forty-fifth sessions of the Committee on the Elimination of Discrimination against Women*.

https://tbinternet.ohchr.org/_layouts/15/TreatyBodyExternal/SessionDetails1.aspx?SessionID=349&Lang=en (besøkt 14.03.2023)

Cook, K. S. / Hegtvedt, K. A. (1983). *Distributive Justice, Equity, and Equality*. In: *Annual review of sociology*. Vol.9 (1) (s. 217–241). <https://doi.org/10.1146/annurev.so.09.080183.001245>

Council of Europe (2018). *Reference framework of compétences for democratic culture*.

<https://rm.coe.int/prems-008418-gbr-2508-reference-framework-of-competences-vol-2-8573-co/16807bc66d>

Diprose, K. et al. (2021). *Intergenerational Perspectives on Sustainable Consumption*. In: *Climate Change, Consumption and Intergenerational Justice. Lived Experiences in China, Uganda and the UK*. Bristol. (s. 103–127.)

Fleischmann, Y., Rønning, F., Strømskag, H., Berger, C., & Mogiani, M. (2021). *Methane emissions causing climate change: An interdisciplinary inquiry*. https://www.idd.uni-hannover.de/fileadmin/idd/Projekte/CiviMatics/Methane_Problem_IO2.pdf (besøkt 23.11.2021)

Forum Umweltbildung (u.å.). *Das Lerntagebuch*. <https://www.umweltbildung.at/praxismaterial/das-lerntagebuch/> (besøkt 24.05.2023)

Gildehaus, L. et al. (2021). *Framework to develop normative modelling teaching materials*.

https://www.idd.uni-hannover.de/fileadmin/idd/Projekte/CiviMatics/CiviMatics_IO1_final.pdf (besøkt 23.05.2023)

Harlan, S. L./Pellow, D./Roberts J. T./Bell S. E. (2015). *Climate Justice and Inequality*. I: Riley,

Dunlap E. & Robert J. Brulle (Ed.). *Climate change and society. Sociological perspectives*.

(s. 127–163). Oxford. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199356102.003.0005>

Harnett, R. (2021). *Climate Imperialism: Ecocriticism, Postcolonialism, and Global Climate Change*.

ETropic: *Electronic Journal of Studies in the Tropics*, 20(2). (s. 138–155).

<https://doi.org/10.25120/etropic.20.2.2021.3809>

- Hellmuth, T. & C. Kühberger. *Historisches und politisches Lernen mit Konzepten*. In: Historische Sozialkunde. Geschichte – Fachdidaktik – Politische Bildung. 1(2016). (s. 3–8).
- Jamieson, D. (2015). *Responsibility and Climate Change*. I: Global Justice. Theory Practice Rhetoric. Vol. 8 (2). (s. 23–43). <https://doi.org/10.21248/gjn.8.2.86>
- Lauss, G. (2022). Politik – Natur – Wissenschaft: Der Social – Science – Issues (SSI) Ansatz in der Politischen Bildung. I: Oberle, M. / Stamer, M. (red.). *Politische Bildung in Internationaler Perspektive*. Schwalbach. (s. 116–123).
- Mooney, C. (5.2.2015). *Why climate change is really, really unfair*. Washington Post. <https://www.washingtonpost.com/news/energy-environment/wp/2016/02/05/why-climate-change-is-really-really-unfair/>
- Osterhammel, J. & J. Jansen (1995). *Kolonialismus. Geschichte, Formen, Folgen*. München. (translated as: Osterhammel, Jürgen. (2010). *Colonialism. A theoretical overview*. Princeton, NJ : Markus Wiener Publishers.)
- Preisendörfer, P. (2014). *Umweltgerechtigkeit*. I: SozW Soziale Welt. 65/1. (s. 25–45).
- Sitthiyot, T. & K. Holasut (2020): *A simple method for measuring inequality*. I: Palgrave Commun 6. <https://doi.org/10.1057/s41599-020-0484-6>
- University of Vienna (2022). *Teilcurriculum für das Unterrichtsfach Geschichte, und Politische Bildung im Rahmen des Bachelorstudiums zur Erlangung eines Lehramts im Bereich der Sekundarstufe (Allgemeinbildung) im Verbund Nord-Ost*. https://senat.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/s_senat/konsolidiert_Lehramt/Teilcurriculum_Geschichte__Sozialkunde_und_Politische_Bildung_BA_Lehramt.pdf (besøkt 23.05.2023)

Figurer

Figur 1. Biokapasitet og økologisk fotavtrykk per innbygger i Østerrike. Kilde:

https://data.footprintnetwork.org/?_ga=2.173269795.1067168564.1684845493-1316839659.1684845493#/ (besøkt 23.05.2023)

Figur 2. Gini-indeksen. I Sitthiyot, T. & K. Holasut (2020): *A simple method for measuring inequality*. I Palgrave Commun 6. (s. 2).

KAPITTEL 3

Tverrfaglig Utdanning i Samfunnskunnskap

Bastian Vajen

Institutt for Demokratididaktikk, Leibniz Universität Hannover, Hannover, Tyskland

Introduksjon

Målet med dette emnet er å introdusere studentene for prinsippene for og tverrfaglige tilnærminger til utdanning i samfunnskunnskap⁶. For å oppnå dette vil studentene først få en kort introduksjon til utdanning i samfunnskunnskap, som et fag og en helhetlig skoletilnærming. Etter dette vil studentene jobbe med metoder som kobler opplæring i samfunnskunnskap med andre fag, som geografi, historie, fysikk eller matematikk. På grunn av fokuset i dette prosjektet vil matematikkopplæring og dets potensiale for tverrfaglige læringsprosesser med utdanning i samfunnskunnskap, og vice versa, bli fremhevet. Til slutt forventes det at studentene jobber med egne ideer og utformer undervisningsplaner som kobler kompetanse i samfunnskunnskap med kompetanse i andre fag.

Målgruppen for dette emnet er studenter som, i beste fall, allerede har deltatt i en introduksjon til utdanning i samfunnskunnskap eller et lignende emne. Det er imidlertid også mulig for studenter uten tidligere kunnskap å delta i dette emnet, da det tilbyr en kort introduksjon til utdanning i samfunnskunnskap i sine første tre økter. Hver økt er designet for å vare i 90 minutter, da dette er en vanlig varighet for en seminarøkt ved tyske universiteter.

Ved Leibniz Universitetet i Hannover ble dette emnet designet for studenter som studerte politikk på bachelornivå med mål om å bli lærere i samfunnskunnskap etter å ha fullført sin mastergrad. Det ble inkludert i den innledende modulen for utdanning i samfunnskunnskap, som består av to seminarer. Det første emnet gir en generell introduksjon til utdanning i samfunnskunnskap, vanligvis tatt i løpet av det tredje semesteret, mens det andre fungerer som et avansert emne, som tilbyr en detaljert innsikt i ett bestemt element av samfunnskunnskapsundervisning. Studentene hadde frihet til å velge det andre emnet fra en rekke seminarer, for eksempel tverrfaglig undervisning i samfunnskunnskap, didaktikk for bærekraftig utvikling eller ikke-formell samfunnskunnskapsundervisning. For å bestå modulen, var studentene nødt til å delta på begge seminarer og skrive en semesteroppgave i slutten av enten det første eller det andre emnet, som ga dem ti ECTS-poeng. Å undervise i dette emnet som et uavhengig emne ville tilsvare omtrent fem til syv ECTS-poeng, avhengig av arbeidsmengden som kreves for den endelige eksamenen.

Målene med dette emnet er som følger: Studentene bør (a) forstå utdanning i samfunnskunnskap på et grunnleggende nivå, (b) forstå utdanning i samfunnskunnskap som en helhetlig skoletilnærming, (c) få innsikt i tverrfaglige muligheter for undervisning i samfunnskunnskap, (d) få forståelse av

⁶ «Samfunnskunnskap» er den norske oversettelsen av det tyske begrepet *politische Bildung*.

grunnlaget for matematikdidaktikk og matematisk modellering, (e) få innsikt i praktiske implementeringsmuligheter for tverrfaglig undervisning i samfunnskunnskap.

Undervisningsmetoder og Studieaktiviteter

Selv om dette emnet bruker forskjellige undervisnings- og studiemetoder, er hver økt strukturert på lignende måte ved å starte med en diskusjon av de obligatoriske pensumtekstene, en arbeidsfase (i gruppe) og en sammenligning og diskusjon av resultatene. Som en del av dette emnet blir studentene vanligvis bedt om å forberede en eller flere tekster for hver økt ved å lese dem og legge til kommentarer, spørsmål eller tilbakemeldinger under lesingen. For å oppmuntre til dette kan foreleseren gi bestemte obligatoriske spørsmål eller oppgaver studentene må fullføre før hver time, og dermed sikre at hver student kjenner innholdet i teksten til en viss grad. Basert på denne forberedelsen starter hver økt med diskusjon av de respektive obligatoriske lesetekstene, hvor enten studentene eller foreleseren kan starte prosessen ved å stille spørsmål eller gi kommentarer knyttet til visse elementer av tekstene.

Målet med denne første fasen er å rydde opp i misforståelser, forklare forbindelser til visse teorier studentene kanskje ikke er kjent med, å peke på tekstens sentrale budskap og å diskutere forskjellige meninger om teksten og dens fordeler. Denne innledende fasen følges av en oppgave studentene bør jobbe med under økten, som tar sikte på en dypere forståelse av øktens temaer og tekstene. Disse oppgavene jobbes vanligvis med i grupper og kan involvere forskjellige metoder, som begrepskartlegging, prioritetspill eller leksjonsplanlegging. Etter at oppgaven er ferdig, blir studentene bedt om å sammenligne og diskutere resultatene sine, knytte dem til øktens tema, tekstene og – om mulig – fagområdet som helhet.

Målet med denne prosessen er å tilby en dypere forståelse av litteraturen og dermed temaene for dette emnet, samtidig som det oppfordres til aktiv deltakelse fra alle studenter.

Krav, Pensum og Vurdering

Emnet ble designet for å undervises som en del av programmet Bachelor of Arts for studenter i statsvitenskap som ønsker å bli lærere etter å ha fullført sin mastergrad i utdanningsvitenskap. Fordi Leibniz Universitetet i Hannover tilbyr forskjellige typer lærerutdanningsprogrammer, var dette emnet åpent for framtidige lærere innen allmennutdanning, yrkesutdanning og spesialundervisning. Emnet benytter to typer vurdering. For å bestå emnet må studentene svare på et ukentlig spørsmål knyttet til de obligatoriske pensumtekstene for hver økt. Å bestå dette emnet er nødvendig for å tjene de 10 ECTS-poengene knyttet til introduksjonsmodulen for utdanning i samfunnskunnskap beskrevet i introduksjonen.

Som vurderingskomponent blir studentene bedt om å skrive en semesteroppgave (10–12 sider), som skal leveres innen utgangen av semesteret. Studentene står fritt til å velge sitt emne og forskningsspørsmål så lenge det er relatert til temaene dekket av dette emnet. Å velge eksamensform er vanligvis foreleserens ansvar, og andre typer eksamener, som en muntlig eller skriftlig eksamen, ville også være passende for denne typen moduler.

Emneplan: Struktur

Øktens tittel	Mål for økten og nødvendig lesing
01. Introduksjon og organisatoriske forhold	Denne økten bør inneholde en introduksjon til modulens struktur og hvilke krav som stilles til studentene for at de skal bestå eksamen i faget. Disse kravene kan selvfølgelig tilpasses, avhengig av retningslinjene ved det aktuelle universitet.
02. Utdanning i samfunnskunnskap – mål og kompetanse	Denne økten skal hjelpe studentene til å sette seg inn i målene og retningslinjene for utdanning i samfunnskunnskap. <i>Obligatorisk lesestoff</i> Himmelmann, G. (2013). Competences for Teaching, Learning and Living Democratic Citizenship. I M. Print & D. Lange (Red.), <i>Civic education and competences for engaging citizens in democracies</i> (s. 3–8). Sense Publishers. Sander, W. (2004). Incitement to freedom: competencies of political education in a world of difference. <i>The Development Education Journal</i> , 11(1), 9–11.
03. Utdanning i samfunnskunnskap – kompetanse og pedagogisk praksis	Målet med denne økten er å gjøre studentene kjent med kompetanser som diskuteres i forbindelse med undervisning i samfunnskunnskap. <i>Obligatorisk lesestoff</i> Print, M. (2013). Competencies for Democratic Citizenship in Europe. I M. Print & D. Lange (Red.), <i>Civic education and competences for engaging citizens in democracies</i> (s. 37–50). Sense Publishers. Reinhardt, S. (2013). Teaching for Democratic Learning. I M. Print & D. Lange (Red.), <i>Civic education and competences for engaging citizens in democracies</i> (s. 99–110). Sense Publishers
04. Utdanning i samfunnskunnskap – Demokratiske skoler	I denne økten skal studentene lære om den helhetlige skoletilnærmingen til utdanning i samfunnskunnskap, som fokuserer på demokratisk deltakelse og demokratisk praksis i skolen. <i>Obligatorisk lesestoff</i> Edelstein, W. (2011). Education for Democracy: reasons and strategies. <i>European Journal of Education</i> , 46(1), 127–137. https://doi.org/10.1111/j.1465-3435.2010.01463.x Solhaug, T. (2018). Democratic Schools – Analytical Perspectives. <i>JSSE - Journal of Social Science Education</i> , 17(1), 2–12. https://doi.org/10.4119/jsse-858
05. Tverrfaglig utdanning i samfunnskunnskap	Basert på innholdet i de siste øktene bør studentene diskutere behovet for et eget fag for utdanning i samfunnskunnskap (f.eks. knyttet til kompetansen til

<p>– Muligheter og begrensninger</p>	<p>en demokratisk borger som ble gjennomgått for to økter siden) og begynne å knytte innholdet i opplæring i samfunnskunnskap til andre fag.</p> <p><i>Obligatorisk lesestoff</i></p> <p>Syed, G. K. (2013). How Appropriate is it to Teach Citizenship through Main Curriculum Subjects? <i>Citizenship, Social and Economics Education</i>, 12(2), 136–142. https://doi.org/10.2304/csee.2013.12.2.136</p>
<p>06. Tverrfaglig utdanning i samfunnskunnskap – Samfunnsvitenskap</p>	<p>Målet med denne økten er at studentene skal bli kjent med tilnærminger og begreper fra andre fag (historie og geografi) og hvordan disse tilnærmingene kan relateres til begreper innen utdanning i samfunnskunnskap.</p> <p><i>Obligatorisk lesestoff</i></p> <p>Barton, K. C. (2017). Shared Principles in History and Social Science Education. I M. Carretero, S. Berger, & M. Grever (Red.), <i>Palgrave Handbook of Research in Historical Culture and Education</i> (s. 449–467). Palgrave Macmillan UK. https://doi.org/10.1057/978-1-137-52908-4_24</p> <p>Thornton, S. J. (2018). Geography as a Social Study: Its Significance for Civic Competence: Its Significance for Civic Competence. I E. E. Shin (Red.), <i>Spatial Citizenship Education: Citizenship Through Geography</i> (s. 10–21). Routledge.</p>
<p>07. Tverrfaglig utdanning i samfunnskunnskap – Andre fag</p>	<p>I denne økten skal studentene lære om sammenhengen mellom utdanning i samfunnskunnskap og andre fag, for eksempel naturfag eller språkopplæring.</p> <p><i>Obligatorisk lesestoff</i></p> <p>Davies, I. (2004). Science and citizenship education. <i>International Journal of Science Education</i>, 26(14), 1751–1763. https://doi.org/10.1080/0950069042000230785</p> <p>Porto, M. (2018). Intercultural Citizenship Education in the Language Classroom. I I. Davies, L.-C. Ho, D. Kiwan, C. L. Peck, A. Peterson, E. Sant, & Y. Waghid (Red.), <i>The Palgrave Handbook of Global Citizenship and Education</i> (s. 489–506). Palgrave Macmillan UK. https://doi.org/10.1057/978-1-137-59733-5_31</p>
<p>08. Matematikk-didaktikk – Filosofi</p>	<p>Ved å gå videre til et annet emne, som vil bli behandlet mer inngående enn de foregående, bør studentene bli kjent med prinsippene og filosofien bak matematikdidaktikk som grunnlag for de neste øktene.</p> <p><i>Obligatorisk lesestoff</i></p> <p>Ernest, P. (2018). The Philosophy of Mathematics Education: An Overview. In P. Ernest (Ed.), <i>The Philosophy of Mathematics Education Today</i> (pp. 13–38). Springer International Publishing.</p>

<p>09. Matematikk- didaktikk – Matematisk modellering</p>	<p>I tilknytning til den forrige økten vil studentene bli kjent med et sentralt element i matematikdidaktikk, matematisk modellering, og hvordan det kan relateres til undervisning i samfunnskunnskap.</p> <p><i>Obligatorisk lesestoff</i></p> <p>Blum, W., & Leiß, D. (2007). How do Students and Teachers Deal with Modelling Problems. I P. Galbraith, W. Blum, S. Khan, C. Haines, & C. R. Haines (Red.), <i>Mathematical modelling (ICTMA 12): Education, engineering and economics; proceedings from the twelfth international conference on the teaching of mathematical modelling and applications</i> (s. 222–231). WP Woodhead Publ; Horwood.</p> <p>Maass, K., Artigue, M., Burkhardt, H., Doorman, M., English, L. D., Geiger, V., Krainer, K., Potari, D., & Schoenfeld, A. (2022). Mathematical modelling – a key to citizenship education. I N. Buchholtz, B. Schwarz, & K. Vorhölter (Red.), <i>Initiationen mathematikdidaktischer Forschung</i> (s. 31–50). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-36766-4_2</p>
<p>10. (Tverrfaglig) Matematikdidaktikk – Deskriptive og normative modeller</p>	<p>I tilknytning til den forrige økten vil studentene bli kjent med tilnærminger som direkte kobler matematisk modellering til samfunnskunnskapsundervisning og hvordan man kan bruke normativ modellering i tverrfaglige læringsprosesser.</p> <p><i>Obligatorisk lesestoff</i></p> <p>Niss, M. (2015). Prescriptive Modelling – Challenges and Opportunities. I G. A. Stillman, W. Blum, & M. Salett Biembengut (Red.), <i>International Perspectives on the Teaching and Learning of Mathematical Modelling. Mathematical Modelling in Education Research and Practice: Cultural, Social and Cognitive Influences</i> (s. 67–79). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-18272-8_5</p> <p>Pohlkamp, S., & Heitzer, J. (2021). Normative modelling as a paradigm of the formatting power of mathematics: Educational value and learning environments. I D. Kollosche (Red.), <i>Exploring new ways to connect: Proceedings of the Eleventh International Mathematics Education and Society Conference</i> (s. 799–808). Tredition.</p> <p><i>Støttelitteratur</i></p> <p>Gildehaus, L., & Liebendörfer M. (2021). “CiviMatics – Mathematical Modelling meets Civic Education”, I D. Kollosche (Red.), <i>Exploring new ways to connect: Proceedings of the Eleventh International Mathematics Education and Society Conference</i> (Vol. 1, s. 167–171). Tredition.</p>

<p>11–12. Praktiske eksempler – Undervisningsplaner I + II</p>	<p>I løpet av disse to øktene skal studentene utvikle en mer dyptgående leksjonsplan som kobler utdanning i samfunnskunnskap med minst ett annet fag.</p> <p><i>Obligatorisk lesestoff</i></p> <p>Barwell, R. (2013). The mathematical formatting of climate change: critical mathematics education and post-normal science. <i>Research in Mathematics Education</i>, 15(1), 1–16. https://doi.org/10.1080/14794802.2012.756633</p>
<p>13. Konklusjon og evaluering</p>	<p>Målet med denne økten er enten å oppsummere innholdet i modulen og/eller å gi studentene en sjanse til å evaluere emnet. Det er derfor ikke noe strengt tidsskjema, og du kan også bruke denne økten som en joker hvis du trenger ekstra tid til å ta opp visse emner fra den forrige økten.</p>

Emneplan: Innhold og Sammenhenger

Det underliggende formålet med dette emnet er å lære studentene om områder der undervisning i samfunnskunnskap kan kombineres med andre fag – spesielt matematikk – og å legge til rette for en diskusjon om mulige fordeler og ulemper ved en slik tilnærming. Som med alle tverrfaglige læringsprosesser er det, i tillegg til den mulige fordelene ved å utvide forståelsen av sammenhengene mellom ulike vitenskapelige disipliner og forbedre evnen til å forstå hvordan ulike fagområder oppfatter, analyserer og løser visse problemer, også en utfordring å ta hensyn til hver enkelt disiplin og kombinere lignende kompleksitetsnivåer for hvert fag når man utformer læreplaner eller individuelle undervisningsenheter. Ettersom disse spørsmålene fortsatt er en del av en pågående akademisk debatt, kan de ikke løses i dette emnet. Men ved å utvide studentenes perspektiver på sitt eget fag og muligheten for å kombinere det med andre fag, kan det legge grunnlaget for å ta opp disse spørsmålene i løpet av emnet og være et første skritt i retning av å oppmuntre studentene til å innlemme tverrfaglige læringsprosesser når de blir lærere i skolen.

For å oppnå dette er emnet strukturert på en sekvensiell måte, der vi først presenterer prinsippene for samfunnskunnskapsfaget og deretter introduserer andre fag og de ulike måtene de kan bidra til eller overlappes med førstnevnte. Matematikkfaget har en fremtredende rolle her, i og med at det grunnleggende i faget også presenteres og diskuteres i detalj. Til slutt får studentene i oppgave å omsette det de har lært i løpet av emnet, til en tverrfaglig undervisningsplan ved å finne et relevant tema og utforme en leksjon rundt det, som kombinerer læringsmål fra minst to ulike fag.

Etter introduksjonsøkten starter emnet med en innføring i de sentrale målene for opplæring i samfunnskunnskap. For å hjelpe studentene med å begrepsfeste prinsippene for samfunnskunnskapsfaget, består pensum av to tekster av Himmelmann (2013) og Sander (2003) som belyser målene for undervisning i samfunnskunnskap (Sander, 2003) og dens bidrag til et demokratisk samfunn (Himmelmann, 2013). Hovedoppgaven i denne økten er å lage et begrepskart som skal hjelpe studentene til å forstå de ulike elementene i samfunnskunnskap som er nevnt i de obligatoriske tekstene, ved å visualisere dem. Resultatene kan også brukes som referansepunkt i senere økter når man diskuterer prinsipper og mål i andre fag.

Den neste økten fokuserer igjen på undervisning i samfunnskunnskap. Print (2013) og Reinhardt (2013) diskuterer ulike kompetanser og atferder hos demokratiske borgere, som samfunnskunnskapsundervisning bør legge til rette for. Ettersom dette temaet er en del av en kontroversiell diskusjon, og det ofte ser ut til at undervisning i samfunnskunnskap bør forberede studentene på alle slags spørsmål, består oppgaven i denne økten av et prioriteringsspill der studentene blir bedt om å prioritere utsagn om sentrale kompetanser hos demokratiske borgere og bruke det de mener er viktigst til å lage sin egen definisjon av hva undervisning i samfunnskunnskap bør oppnå. Resultatene kan brukes til å legge til rette for en diskusjon om andre fags bidrag og kan fungere som en ressurs i kommende økter.

Den fjerde økten er den siste som utelukkende setter søkelys på opplæring i samfunnskunnskap. Den innledes med et utvidet perspektiv gjennom arbeid med to tekster av Edelstein (2011) og Solhaug (2018). Disse beskriver opplæring i samfunnskunnskap ikke bare som et fag, men som en overordnet oppgave for hele skolen. Denne tilnærmingen til hele skolen har som mål å legge til rette for demokratisk deltakelse og demokratisk praksis i skolen, og tekstene foreslår ulike kriterier for å identifisere demokratiske skoler. På bakgrunn av dette er oppgaven for denne økten å skissere en leksjon eller en enhet som inneholder viktige elementer fra en demokratisk skole. Temaet er ikke begrenset til undervisning i samfunnskunnskap, eller et hvilket som helst fag for den saks skyld, og kan også omfatte prosjekter utenfor skolens pensum. Ideen er å tenke på hvordan bestemte metoder eller praksiser kan brukes til å lære studentene demokratiske ferdigheter og demokratisk atferd, uavhengig av fag. Målet med denne økten er dermed til en viss grad å frikoble undervisning i samfunnskunnskap fra et spesifikt fag og bruke dette som utgangspunkt for å introdusere måter andre fag kan knyttes til undervisning i samfunnskunnskap på.

Denne prosessen er også temaet for den femte økten, der studentene blir bedt om å lese en tekst av Syed (2013) som argumenterer for at det er mer hensiktsmessig å undervise i samfunnskunnskap gjennom andre fag enn å begrense det til ett lovpålagt fag. Særlig for tyske studenter, der samfunnskunnskap som fag har en lang tradisjon, er dette et kontroversielt utsagn. Denne økten skal derfor legge til rette for en diskurs om nødvendigheten av faget og andre fags evne og manglende evne til å undervise i temaer som vanligvis tas opp som en del av samfunnskunnskapsundervisningen. På bakgrunn av dette får studentene i oppgave å jobbe med skolens læreplaner og identifisere temaer som egner seg for andre fag, og temaer som ikke gjør det. Målet med denne økten er at studentene skal diskutere den selvstendige verdien av opplæring i samfunnskunnskap og sammenhengen med andre fag.

Denne sammenhengen utvides i den sjette økten, der historie og geografi introduseres som to fag som har visse fellestrekk med faget samfunnskunnskap. Den obligatoriske litteraturen til denne økten inkluderer tekster av Baron (2017) og Thornton (2018), som diskuterer dette med utgangspunkt i sine respektive fag. Oppgaven for denne økten er å bruke et av prinsippene for faget samfunnskunnskap – problemorientering – og velge et problem som analyseres fra et politisk og historisk og/eller geografisk perspektiv.

I den neste økten introduseres naturfag og språkfag kan knyttes til samfunnskunnskapsfaget, og med utgangspunkt i tekstene til Davies (2004) og Porto (2018) skal det igjen legges til rette for en diskusjon om kriteriene for en vellykket integrering av samfunnskunnskapsfaget med andre fag. Igen blir studentene bedt om å finne egnede temaer og læringsmål som tilfredsstillende prinsippene for opplæring i samfunnskunnskap og de diskuterte fagene.

Neste økt bygger videre på dette og introduserer prinsippene for matematikkfaget. Tanken her var å gå videre fra fag som synes å være nært knyttet til utdanning i samfunnskunnskap, for eksempel historie, og gjennom å diskutere språkfag og naturfag, komme frem til matematikk, et fag som ikke ofte forbindes med utdanning i samfunnskunnskap. I løpet av denne prosessen skulle studentene kontinuerlig reflektere over hva som er sentrale elementer i samfunnskunnskapsutdanningen, og om eller hvordan de kan inkluderes i andre fag. Målet med denne økten er å se om og hvor målene for matematikkundervisningen og samfunnskunnskapsundervisningen henger sammen eller til og med overlapper hverandre. Til dette formålet har vi valgt en tekst av Ernest (2018), som beskriver prinsipper og kontroverser i matematikdidaktikken. Andre tekster, for eksempel av Ole Skovsmose, kunne også vært egnet, men teksten av Ernest ble valgt fordi den gir en ganske kortfattet oversikt over matematikdidaktikk som disiplin. Hovedoppgaven i denne økten er igjen å lage et begrepskart og, hvis tiden tillater det, også sammenligne det med det som ble laget for samfunnskunnskapsundervisning i den andre økten. Hovedmålet med denne oppgaven er igjen å hjelpe studentene med å forstå det som skal leses, ved å visualisere sentrale elementer og skape et referansepunkt for fremtidige økter. Når det gjelder koblingen til opplæring i samfunnskunnskap, er matematikkens forhold til samfunnet som Ernest diskuterer, spesielt fruktbart.

I den neste økten introduseres modellering som et sentralt element i matematikkundervisningen, og studentene blir igjen bedt om å finne egnede temaer for tverrfaglige læringsprosesser som dekker både politiske og matematiske spørsmål. Tekstene til Blum og Leiß (2007) og Maass et al. (2022) skisserer både hvilken rolle matematisk modellering spiller i matematikkfaget i skolen og hvilken nytte den kan ha for samfunnskunnskapsundervisningen. Det sistnevnte aspektet vil bli tatt opp i neste sesjon, som introduserer prosessen med normativ modellering som er utviklet i forbindelse med dette prosjektet. Her vil tekster av Niss (2015) og Pohlkampf og Heitzer (2021) belyse den samfunnsmessige relevansen av matematisk modellering, hvordan normative antakelser er knyttet til matematisk modellering og implikasjonene for undervisning i modellering. Disse tekstene kan også suppleres med materiale fra CiviMatics-håndboken eller teksten av Gildehaus og Liebendörfer (2021).

De to siste øktene bør kombinere alle tekstene og materiellet som er diskutert tidligere, og gi studentene tid og rom til å utforme en detaljert undervisningsplan for et tema som kobler elementer fra samfunnskunnskapsundervisning med et annet fag. Valgmulighetene kan begrenses av foreleseren, for eksempel ved å spesifikt be studentene om å bruke samfunnskunnskap og matematikk, men dette bør avhenge av studentenes faglige bakgrunn. Hvis du gir studentene muligheten til å fordype seg i emner og sammenhenger som de synes er mest interessante, vil det mest sannsynlig føre til større engasjement fra studentenes side.

KAPITTEL 4

Implementering av Modellering i Lærerutdanningen

Lara Gildehaus og Michael Liebendörfer

Institutt for matematikk, Universitetet i Paderborn, Tyskland

Generell Introduksjon

I det følgende presenterer vi tre moduler som hver ble gjennomført som en del av henholdsvis et introduksjonsemne i matematisk tenking, et matematikkfaglig emne og et matematikkdiraktisk emne. Dette dekker alle typer forelesninger som tilbys ved universitetet i Paderborn for matematikklærerstudenter. Det sentrale, felles innholdet er normativ modellering, som beskrives nærmere nedenfor. Etter at normativ modellering er introdusert, er det en egen beskrivelse for hver av modulene, som inkluderer forankringen i emnet.

Integrering av normativ modellering i eksisterende emne har den store fordelen at undervisningen kan berikes direkte uten å måtte endre de formelle reglene for emnene. Normativ modellering forblir imidlertid alltid bare en liten del av emnet, som beholder sine sentrale læringsmål i henhold til emneplanene. Derfor er de tre modulene som presenteres her, ganske korte. Tilknytningen til det videre innholdet i modulene er mer eller mindre smidig. I introduksjonsemnet til matematisk tenking og i det matematikkdiraktiske emnet går dette bra, mens man i det matematikkfaglige emnet kan se at innholdet har en annen karakter.

Utformingen av modulene er basert på antakelsen om at studentene har hatt liten eller ingen erfaring med normativ modellering. Dette samsvarer med litteraturen (Blum & Ferri, 2009) og også med vår praktiske erfaring. Fra et didaktisk synspunkt er studentenes egne aktiviteter på området normativ modellering minst like viktig som å få forklart teorien om det. Derfor, og på grunn av den begrensede undervisningstiden som er satt av til modulene, er teorien om normativ modellering bare delvis behandlet i de tre modulene. Likevel anser vi det som svært nyttig å presentere den her i mer detalj enn det man finner senere i materialet. Det teoretiske grunnlaget ble utviklet i CiviMatics-prosjektet nettopp for å gi et grunnlag for undervisningen.

Bakgrunn: Normativ Modellering

Matematisk modellering er fast forankret i utdanningsstandardene for det tyske skolesystemet (Bildungsstandards, 2015) og inngår enten eksplisitt i lærerutdanningen eller implisitt via anvendt matematikk. Som nevnt tidligere i Kapittel 1 kan man med basis i teori skille mellom deskriptiv og normativ modellering.

Modellering som tema i skolen er sjelden normativ, men nesten alltid deskriptiv. Vanlige eksempler på oppgaver refererer på det meste til to ulike reelle modeller som hovedsakelig er deskriptive, og som deretter sammenlignes med tanke på hvor gode de er (Besser et al., 2020). Dette kan også ha å gjøre med at normativ modellering gir lærerne krevende oppgaver utover vanlig

modellering. Basert på de teoretiske tankene våre presenterer vi i det følgende tre implementeringer der lærerstudenter kan lære å undervise i normativ modellering. Implementeringene tar utgangspunkt i de introduserte (normative) modelleringssyklusene (Vos & Frejd, 2022) i Kapittel 1.

Modul 1: Introduksjon til Matematisk Tenking

Denne modulen består av to økter om normativ modellering i et generelt emne som introduserer matematisk tenking. Emnet var et 6-poengsemne i første semester av bachelorprogrammet for matematikklærere på mellom- og ungdomstrinnet (5. til 10. trinn). Det generelle målet med emnet var at studentene skulle tilegne seg inngående kunnskap om matematikk i en historisk og kulturell kontekst. Det mest fremtredende elementet er bevisbegrepet. Elevene skal få en innføring i prinsippene for matematisk bevisføring, samt hvordan man verifiserer argumenter når man fremsetter formodninger og beviser matematiske utsagn. Videre tar emnet for seg hvordan matematiske teorier er bygget opp (aksiomer, definisjoner og teoremer). I henhold til emneplanen skal emnet også inkludere matematisk modellering som en annen grunnleggende inspirasjon, bruk og måte å tenke matematisk på. I motsetning til tidligere år inkluderte vi normativ modellering i denne siste delen av forelesningen. Vi rapporterer bare delen om modellering, men ikke delene om bevis og matematiske teorier.

Læringsmål og Struktur

Læringsmålene for denne modulen er som følger:

- Studentene vet hvordan de kan bruke en modelleringssyklus til ulike formål, for eksempel til å analysere reelle problemer, analysere elevløsninger og utforme oppgaver. Studentene vet spesielt hva som menes med begrepene indre og ytre matematisk verden.
- Studentene kjenner forskjellen mellom deskriptiv og normativ modellering og kan diskutere denne forskjellen fra et didaktisk perspektiv.
- Studentene kan evaluere og diskutere relevansen av (normativ) matematisk modellering i skolen og reflektere over nødvendigheten av normativ matematisk modellering med tanke på opplæring i medborgerskap.

Det generelle emnet undervises i forelesninger og øvingstimer på campus. Både forelesningene og øvingstimene varer i 90 minutter og holdes én gang i uken gjennom hele semesteret (totalt 14 uker). I forelesningene presenteres og introduseres nytt innhold, mens dette vanligvis brukes i øvingsoppgaver under øvingstimene. I tillegg leverer studentene inn ukentlig obligatorisk hjemmearbeid med oppgaver som ligner på øvingsoppgavene fra forelesningene. Temaet (normativ) modellering undervises vanligvis på slutten av emnet. Vi tok opp temaet normativ modellering i to forelesninger, to øvingstimer og to hjemmeoppgaver. I det følgende presenterer vi disse to øktene med én forelesning, én øvingstime og én hjemmeoppgave om gangen.

Oversikt

Tittel	Normativ matematisk modellering
Varighet	4 x 90 min. + 1 x hjemmeoppgave

Organisering	2 x 90 minutter (forelesning) + 2 x 90 minutter (øvingstime) + 1 x hjemmeoppgave
Felles litteratur	<p>Blum, W., & Ferri, R. B. (2009). Mathematical modelling: Can it be taught and learnt? <i>Journal of mathematical modelling and application</i>, 1(1), 45-58.</p> <p>Blum, W., & Leiss, D. (2005). „Filling Up “-the problem of independence-preserving teacher interventions in lessons with demanding modelling tasks. I <i>CERME 4- Proceedings of the Fourth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education</i> (Vol. 1623). Sant Feliu de Guíxois: FUNDEMI IQS-Universitat.</p> <p>Gildehaus, L., & Liebendörfer, M. (2021). CiviMatics - Mathematical modelling meets civic education. I D. Kollosche (Red.), <i>Exploring new ways to connect: Proceedings of the Eleventh International Mathematics Education and Society Conference</i> (Vol. 1, s. 167-171). Tredition.</p> <p>Kaiser, G., Blum, W., Ferri, R. B., & Stillman, G. (2011). <i>Trends in teaching and learning of mathematical modelling</i>. Springer Netherlands.</p> <p>Marxer, M., Prediger, S., & Schnell, S. (2010). Wie verteilen wir die Müllgebühren? - Bildungswirksame Erfahrungen beim Entwickeln und Diskutieren normativer Modellierungen. <i>Praxis der Mathematik in der Schule</i>, 52(36), 19-25.</p> <p><i>I det følgende finner du en engelsk oversettelse av dette kapittelet (se Modul 3).</i></p> <p>Rellensmann, J. (2019). <i>Selbst erstellte Skizzen beim mathematischen Modellieren</i>. Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-24917-5</p>
Tema	<p>Introduksjon til normativ matematisk modellering</p> <p>Modelleringssyklusen</p> <p>Å utvikle normativ modellering</p>

Økt 1

Målet med den første forelesningen er å gi en grunnleggende oversikt over matematisk modellering. For å oppnå dette starter forelesningen med å aktivere studentenes forkunnskaper om matematisk modellering og forsøker deretter å bevisstgjøre dem på de politiske dimensjonene ved matematisk modellering i den videre prosessen. Derfor introduseres modelleringssyklusen (Blum & Leiß, 2005) basert på trinnvise eksempler. Deretter følger et eksempel der elevene bruker modelleringssyklusen på en spesifikk oppgave, «brannvesenet» (Rellensmann, 2019). Med utgangspunkt i en diskusjon om brannvesen-eksemplet introduseres normativ matematisk modellering. I den forbindelse diskuteres kort den indre og ytre matematiske verdenen, samt målene med modellering. Underveis defineres, identifiseres og sammenlignes normativ modellering med deskriptiv modellering. I en kort øvelse navngir og tilordner studentene normative og deskriptive modeller. Forelesningen starter med en diskusjon om spørsmålet «Hvordan fordeler vi søppelavgiftene?» (Marxer et al., 2010) som et eksempel på en normativ modelleringssoppgave i matematikkundervisningen, og avsluttes med en introduksjon av den normative modelleringssyklusen (Gildehaus & Liebendörfer, 2021).

I den første øvingstimen gjentas og utdypes innholdet i forelesningen. Modellering må identifiseres som normativ eller deskriptiv i Oppgave 1, og studentene blir bedt om å lage flere eksempler. Deretter starter studentene sin egen normative modellering ved å utvikle en passende problemstilling. Det gis noen eksempler i forbindelse med klimaendringer, men det er ikke obligatorisk

å velge disse. Studentene fullfører modelleringsprosessen i hjemmeleksen. En fullstendig øktplan for forelesningen og veiledningen, inkludert konkrete aktiviteter og referanser, finnes i den lange versjonen og i vedlegget på engelsk.

Økt 2

Målet med den andre forelesningen er å utdype og styrke ideen om normativ modellering og få studentene til å forstå hvordan de kan bruke dette prinsippet i matematikkundervisning senere. Forelesningen starter med en kort introduksjon og repetisjon av den normative modelleringssyklusen ved hjelp av et gitt eksempel. En artikkel om CO₂-regnskap blir presentert. Elevene blir bedt om å nevne viktige forutsetninger som ligger til grunn for CO₂-regnskapet. Ved hjelp av en annen artikkel skal elevene diskutere og anvende de andre trinnene i den normative modelleringssyklusen. Med utgangspunkt i modellering diskuteres andre mulige modelltyper. Til slutt diskuteres den normative bruken av prognosemodeller ved hjelp av et eksempel på det estimerte antallet lærere som trengs i årene som kommer. Helt til slutt i forelesningen oppsummeres modelleringen, og studentene blir spurt om deres individuelle holdninger til bruk av (normativ) modellering i fremtidige matematikktimer.






I øvingstimen blir hjemmearbeidet fra forrige uke presentert og diskutert. Studentene presenterer ulike resultater av modelleringen sin med ulike forutsetninger, etterfulgt av en generell diskusjon med alle studentene. En fullstendig plan for forelesningen og øvingstimen, inkludert konkrete aktiviteter og referanser, finnes i den lange versjonen og i vedlegget på engelsk.

Evaluerings og Kommentarer

Vi evaluerte modulene med to forskjellige studentkull. Selv om studentene teoretisk sett var forventet å ha grunnleggende kunnskaper om matematisk modellering, rapporterte de fleste av dem at de hadde svært lite erfaring med modellering i løpet av skoletiden. Matematisk modellering kan derfor være underrepresentert i skolen for tiden, og den trinnvise introduksjonen til modellering ved hjelp av modelleringssyklusen var nyttig. Etter den første forelesningen diskuterte studentene deskriptiv og normativ modellering ganske godt i øvingstimen, og de hadde i liten grad problemer med å identifisere normativ eller deskriptiv modellering i fem eksempler. Å bygge sine egne modeller var imidlertid en utfordring for de fleste av studentene.

Vi identifiserte to hovedutfordringer i modelleringsprosessen: For det første hadde de problemer med å identifisere et konkret spørsmål eller mål for modelleringen, særlig når de ikke tok utgangspunkt i de oppgitte eksemplene. For det andre ble de utfordret til å bruke og anvende krevende matematiske begreper i modellene sine. Derfor hadde alle modellene studentene utviklet, et svært elementært matematikkfaglig innhold, for eksempel proporsjonalitet og deskriptiv statistikk (se Figur 1 for et eksempel).

Når vi introduserer normativ modellering, anbefaler vi derfor å gi studentene retningslinjer i form av mulige spørsmål og mål å modellere, selv om dette begrenser modelleringsoppgavens åpne karakter. Man skal heller ikke undervurdere at det kan være utfordrende for studentene å anvende matematikkfaglig innhold på et åpent og selvvalgt problem, spesielt for førsteårsstudenter som vi hadde i vår implementering. Konkrete eksempler som også inkluderer avansert matematikk, kan være nyttige. Generelt var studentenes tilbakemeldinger på modelleringsoppgavene svært positive. De likte å bringe inn sine egne interesser og var svært engasjerte i diskusjonene og presentasjonene av arbeidet sitt.

Antriebsart	CO ₂ Verbrauch beim Fahren	CO ₂ Kraftstoffbereitstellung	CO ₂ Strombereitstellung	CO ₂ Auto-Produktion/Recycling
Benzin 	2 · 17 800	2 · 3200	0	5 300
Diesel 	2 · 16 300	2 · 3300	0	5 200
Hybrid 	2 · 17 100	2 · 2900	0	6 600
Elektro (Strom) 	0	0	2 · 15 300	8 500
Elektro (100% regenerativ) 	0	0	2 · 1000	8 200

Figur 1: Elevarbeid om karbonfotavtrykket til ulike biler

Modul 2: Matematikkfaglige Elementer

Modul 2 inkluderer en kort, hjemmearbeidsbasert implementering av normativ modellering innenfor et generelt emne i formell matematikk. Ved Universitetet i Paderborn gir dette emnet 6 studiepoeng for masterstudenter. Det er beregnet på grunnskolelærerstudenter (1. – 4. trinn) i tredje semester. Målet med emnet er at studentene skal tilegne seg inngående kunnskap om hvordan man arbeider matematisk. Fokuset er mer på strategier og tenking enn på spesifikt innhold. Spørsmål som f.eks: «Hvordan dannes matematiske begreper? Hvordan legitimeres matematisk kunnskap? Hvilke spørsmål beskjeftiger matematikkfaget seg med?» Med utgangspunkt i disse spørsmålene undervises det i generiske bevis, symbolske representasjoner og formelle bevis (f.eks. direkte og indirekte bevis i grunnleggende tallteori og algebra). I tillegg til dette innholdet gis det en kort introduksjon til modellering.

Etttersom implementeringen av (normativ) modellering som er utviklet her, hovedsakelig står for seg selv, er det mulig å bruke den i mange ulike emner. Læringsforutsetninger er generelt innhold fra skolens matematikkundervisning samt en grunnleggende forståelse av matematisk modellering. Studentene bør også være kjent med matematikdidaktiske begreper og være i stand til å lage og reflektere over oppgaver i henhold til fagspesifikke og didaktiske aspekter.

Læringsmål og Struktur

Læringsmålene for denne modulen er som følger:

- Studentene kjenner forskjellen mellom deskriptiv og normativ modellering og kan diskutere denne forskjellen fra et didaktisk perspektiv.
- Studentene kan evaluere og diskutere relevansen av (normativ) matematisk modellering i skolen og reflektere over nødvendigheten av normativ matematisk modellering med tanke på opplæring i medborgerskap.
- Studentene kan lage normative modelleringsoppgaver og reflektere over hvordan de kan brukes i klasserommet.

Det generelle emnet undervises gjennom forelesninger og øvingstimer på campus. Både forelesningene og øvingstimerne varer i 90 minutter og holdes én gang i uken gjennom hele semesteret (totalt 14 uker). I forelesningene presenteres og introduseres nytt innhold, mens dette vanligvis brukes i øvingsoppgaver under øvingstimerne. I tillegg leverer studentene inn en ukentlig obligatorisk hjemmeoppgave basert på

lignende oppgaver som dem som er behandlet i øvingstimene. I dette emnet er temaet modellering samlet i en hjemmearbeidsøkt, der studentene arbeider seg gjennom innholdet på egen hånd og fyller ut et øvingsark for dette formålet. Dermed kan denne økten enkelt integreres, for eksempel som «bonus-hjemmearbeid» eller som et undervisningsrelatert tillegg i ulike matematikemner.

Oversikt

Tittel	Kort innføring i normativ modellering
Varighet	1 x hjemmarbeid
Organisering	Uavhengig av emnet
Felles litteratur	Marxer, M., Prediger, S., & Schnell, S. (o. J.). <i>Wie verteilen wir die Müllgebühren? - Bildungswirksame Erfahrungen beim Entwickeln und Diskutieren normativer Modellierungen</i> . Tu-dortmund.de. Hentet 13. März 2023, fra http://www.mathematik.tu-dortmund.de/~prediger/veroeff/10-Marxer_Prediger_Schnell_PM-H36-Webversion.pdf
Tema	En engelsk oversettelse av den oppgitte teksten følger med øvingsarket i den lange versjonen av denne modulen. Normativ modellering i klasserommet på småskoletrinnet

Undervisningsøkta

Målet med hjemmearbeidet er å reaktivere ideen om modellering i matematikkundervisningen og utvide den med hensyn til normativ modellering. Basert på dette skal studentene reflektere over hvordan de kan integrere normativ modellering i matematikkundervisningen. Til dette formålet gis det en innledende oversiktstekst som studentene skal oppsummere. I neste trinn skal en eksempeloppgave om normativ modellering analyseres. Basert på dette skal studentene til slutt utvikle sin egen oppgave om normativ modellering og forklare det didaktiske potensialet i en slik oppgave. Den fullstendige øvingsplanen, inkludert øvingsark og aktiviteter, finnes i vedlegget på engelsk.

Evaluering og Kommentarer

Vi implementerte og evaluerte denne modulen med ett studentkull. Selv om modulen står mer eller mindre på egne ben, hadde studentene nesten ingen problemer med å finne ut av innholdet på egen hånd og skrev gode sammendrag. Vi må imidlertid huske på at de som andreårs masterstudenter var ganske erfarne. Alle studentene beskrev den andre oppgaven (å utvikle sin egen normative modellering og reflektere over hvordan de kan bruke denne i fremtidig undervisning) som svært motiverende. Når vi analyserte de utviklede modelleringsoppgavene, fant vi imidlertid ut at nesten alle studentene slet med å gi modelleringsoppgavene en åpen karakter. I stedet var de utviklede modelleringsoppgavene fylt med implisitt eller eksplisitt informasjon som formet studentenes antagelser. Et eksempel er vist i figur 3. Oppgaven starter med spørsmålet om hvordan vannkostnadene skal fordeles i en gitt husholdning. En familie bestående av fire medlemmer (mor, far, barn, baby) blir navngitt, samt den totale kostnaden på 400 €. I tillegg gis det informasjon om hvem som dusjer hvor ofte, noe som indikerer en ganske «tydelig» fordeling av vannkostnadene, og dette begrenser oppgavens normative potensial. I refleksjonen rundt implementeringen ga nesten alle studentene nøyaktig én konkret løsning på de utviklede

modelleringsoppgavene, i stedet for å reflektere over åpenheten og potensialet for å diskutere ulike løsninger. Når vi introduserer utviklingen av normative modelleringsoppgaver for elevene, bør vi derfor huske på at matematiske oppgaver ofte kommer med «én riktig løsning» som fremheves, og at matematikklærere kanskje ikke er vant til å lage åpne oppgaver.



Water costs of a family

This is how the four family members deal with water:



Father: showers every day
Daughter: showers every other day
Mother: showers every day, cooks with the water, cleans
Baby son: is bathed twice a week

The water costs in the household amount to 400 Euros in one year, how should the payment be divided among the family members?

Task:

- 1) In *individual work*, think about possible distributions and draw up terms for them.
- 2) Get together *in groups* and discuss your approaches. Agree on a solution.
- 3) Think about how the distribution would look if there were two annual costs?

Figur 2: Normativ modelleringsoppgave utviklet av en student

Modul 3: Normativ Modellering Innenfor Statistikkundervisningen

I det følgende presenterer vi en to-økters implementering av normativ modellering i et generelt emne i statistikkundervisning. Det generelle målet med dette emnet er at studentene skal tilegne seg inngående kunnskap om statistikk fra et didaktisk perspektiv. Mer konkret lærer studentene om utviklingen og aspektene ved begrepet relativ frekvens og beskriver typiske forståelsesutfordringer i forbindelse med regning med forholdstall og tilfeldighetsbegrepet. De kjenner til relevante «Grundvorstellungen» og «grunnleggende ideer» rundt statistikk og hvordan de kan brukes i læringsmiljøer. Studentene analyserer og evaluerer utdanningsstandarder og læreplaner for statistikk. De kan reflektere over didaktiske prinsipper for utforming av undervisning.

Målgruppen for dette emnet er fremtidige matematikklærere i det siste året av bachelorprogrammet (femte semester). Læringsforutsetninger er innhold fra statistikkundervisningen på skolen samt en grunnleggende forståelse av matematisk modellering. Ideelt sett har studentene allerede deltatt på et beslektet emne i Paderborn, «Elementer av statistikk,» der det samme innholdet behandles fra et formelt, matematikkfaglig perspektiv, for å gi studentene en generell forståelse av det fagspesifikke innholdet i statistikk.

Ved Universitetet i Paderborn er dette emnet en del av en 15 studiepoengs modul for bachelorprogrammer (7,5 poeng er avsatt til «Elementer av statistikk,» 7,5 poeng til «Undervisning i statistikk»). Emnet er beregnet på fremtidige matematikklærere i femte semester på mellom- og ungdomstrinnet (5. til 10. trinn).

Læringsmål og Struktur

Læringsmålene for denne modulen er som følger:

- Studentene vet hvordan de skal bruke den (normative) modelleringssyklusen, og de er i stand til å arbeide med dem fra ulike perspektiver, f.eks. ved å analysere eksisterende taks eller studenters løsninger samt utforme øvelser.
- Studentene kjenner forskjellen mellom deskriptiv og normativ modellering og kan diskutere denne forskjellen fra et didaktisk perspektiv.
- Studentene kan evaluere og diskutere relevansen av (normativ) matematisk modellering i skolen, spesielt i statistikkundervisningen, og reflektere over nødvendigheten av normativ matematisk modellering når det gjelder opplæring i medborgerskap.
- Studentene internaliserer hvordan (deskriptiv) dataanalyse og tilfeldigheter i reelle data kan kobles til beslutninger i matematisk modellering.

Det generelle emnet undervises i forelesninger og øvingstimer på campus. Både forelesningene og øvingstimene varer i 90 minutter og holdes én gang i uken gjennom hele semesteret (totalt 14 uker). I forelesningene presenteres og introduseres nytt innhold, mens dette innholdet vanligvis brukes i øvingsoppgaver under øvingstimene. I tillegg må studentene levere inn ukentlig obligatorisk hjemmearbeid med oppgaver som ligner på øvingsoppgavene.

Vi implementerte temaet (normativ) modellering midt i emnet i forbindelse med dataanalyse og ulike måter å bruke deskriptiv statistikk på, samt statistiske ferdigheter. Vi tok opp temaet normativ modellering i to forelesninger, to øvingstimer og to hjemmeoppgaver. Vi presenterer disse to øktene i det følgende.

Oversikt

Tittel	(Normativ) modellering og data
Varighet	4 x 90 min. + 2 x lekser
Organisering	2 x 90 minutter (forelesning) + 2 x 90 minutter (øvingstime) + 2 x hjemmearbeid
Felles litteratur	<p>Alsina, Á. (2022). On Integrating Mathematics Education and Sustainability in Teacher Training: Why, to What End and How?. I <i>Controversial Issues and Social Problems for an Integrated Disciplinary Teaching</i> (s. 9-21). Cham: Springer International Publishing.</p> <p>Baykal, I. & Semiz, G. K. (2020). Middle school pre-service mathematics teachers' opinions related to mathematics education for sustainability. <i>Eurasian Journal of Educational Research</i>, 20(89), 111-136.</p> <p>Blum, W., & Leiss, D. (2005). „Filling Up“-the problem of independence-preserving teacher interventions in lessons with demanding modelling tasks. I <i>CERME 4- Proceedings of the Fourth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education</i> (Vol. 1623). Sant Feliu de Guíxois: FUNDEMI IQS-Universitat.</p> <p>Eichler, A., & Vogel, M. (2013). <i>Leitidee Daten und Zufall</i>. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.</p>

Tema	<p>Gal, I. (2002). Adults' statistical literacy: Meanings, components, responsibilities. <i>Revue Internationale de Statistique [International Statistical Re-view]</i>, 70(1), 1-25.</p> <p>Gal, I. (2019). Understanding statistical literacy: About knowledge of contexts and models. I J. M. Contreras, M. M. Gea, M. M. López-Martín og E. Molina-Portillo (Red.), <i>Actas del Tercer Congreso Internacional Virtual de Educación Estadística</i> (s. 1-15), Haifa.</p> <p>Gildehaus, L., & Liebendörfer, M. (2021). CiviMatics - Mathematical modelling meets civic education. I D. Kollosche (Red.), <i>Exploring new ways to connect: Proceedings of the Eleventh International Mathematics Education and Society Conference</i> (Vol. 1, s. 167-171). Tredition.</p> <p>Kaiser, G., & Maaß, K. (2006). Vorstellungen über Mathematik und ihre Bedeutung für die Behandlung von Realitätsbezügen. <i>Realitätsnaher Mathematikunterricht vom Fach aus und für die Praxis</i>, 83-94.</p> <p>Kaiser, G., Stender, P. (2013). Complex modelling problems in co-operative, self-directed learning environments. I: Stillmann, G., Kaiser, G., Blum, Brown, J.(Red.): <i>Teaching mathematical modelling. Connecting to research and practice</i>. Dordrecht u.a.: Springer (2013) S. 277-293.</p> <p>(Normativ) modellering Dataanalyse og matematisk modellering Kritisk statistikkundervisning og normativ modellering</p>
------	--

Økt 1

Målet med forelesningen er å gi en dypere forståelse av metodene i deskriptiv statistikk og hvordan tilfeldigheter i data kan håndteres. Som del av dette introduseres matematisk modellering og kobles til begreper innen dataanalyse. Forelesningen tar utgangspunkt i spørsmålet om hvordan man beskriver, analyserer og modellerer virkeligheten. Det vises til tre mulige typer virkelighetsreferanser (Kaiser & Maaß, 2006) som er knyttet til matematisk modellering generelt og til matematiske modelleringssykluser spesielt. Med utgangspunkt i en eksempeloppgave presenteres og diskuteres relevante trinn i søkeprosessen etter data, og metoder og modeller for å analysere disse dataene. I et annet eksempel, om gjærvekst, vurderes det sammen med studentene hvordan vekst kan modelleres, basert på reelle data om gjærvekst. Deretter diskuteres det introduserte innholdet fra et didaktisk perspektiv: didaktiske betraktninger om modellering med data settes opp og kobles til ideer om dataanalyse og virkelighetsreferanser. Til slutt diskuteres mulighetene for å implementere ESD (Utdanning for bærekraftig utvikling) i matematikkundervisningen i forbindelse med dataanalyse og modellering.

I veiledningen utdypes modelleringssyklusen til Blum og Leiß (2005), samt den normative modelleringssyklusen (Gildehaus & Liebendörfer, 2021), og studentene analyserer og diskuterer gitte oppgaver med hensyn til deres potensial for normativ modellering. Målet er å fremme studentenes refleksjoner rundt normativ modellering ved å gjøre normative komponenter i modellering mer synlige og diskuterbare. I den første oppgaven i øvingstimen øver studentene på og diskuterer modellering i forbindelse med spredning av Covid-smitte, ved hjelp av GeoGebra. Basert på ulike vekstmodeller skal de gjøre ulike prediksjoner om utviklingen, og reflektere over disse. Videre analyserer og diskuterer de

det didaktiske potensialet for modellering med de ulike vekstmodellene, samt fordelene og ulempene ved å bruke GeoGebra i denne sammenhengen.

I den andre oppgaven tilordner elevene data til de tre trinnene i dataanalysen (Eichler & Vogel, 2013) og forklarer hvordan de ville ha håndtert situasjonen ved hjelp av modelleringssyklusen. Til slutt diskuteres oppgavens potensial i forhold til «Undervisning for bærekraft/ESD.» Begge hjemmeoppgavene er lignende, de gjentar normativ modellering, her basert på data om utryddelse av insekter, samt basert på data om karbonavtrykk fra ulike matvarer. Deretter analyseres og reflekteres det over det didaktiske potensialet i begge oppgavene. Til slutt reflekterer studentene over om de vil bruke normative modelleringsoppgaver slik som de som har vært presentert, i sin egen fremtidige undervisning. Den fullstendige planen for økten, inkludert litteratur, materiell og konkrete aktiviteter, finnes i vedlegget på engelsk.

Økt 2

Målet med den andre forelesningen er å bli kjent med det grunnleggende i kritisk statistikkundervisning, samt å knytte det grunnleggende sammen med (normativ) modellering fra den forrige forelesningen. I tillegg diskuteres digitale verktøy for å undervise og lære om kritisk statistikkundervisning og normativ modellering.

Innledningsvis diskuteres betydningen av kritisk statistikkopplæring/statistisk kompetanse. Vi forklarer hva som inngår i statistisk kompetanse, og presenterer en sjekkliste for kritisk granskning av informasjon. Basert på tre ulike eksempler presenteres det hvordan statistisk kompetanse kan fremmes i forbindelse med dataanalyse i matematikkundervisningen og generelt. Etter denne delen om statistisk kompetanse introduseres begrepet «nettverksteorier,» og sammenhengen mellom statistisk kompetanse og (normativ) modellering evalueres og diskuteres sammen med studentene. Til slutt i forelesningen diskuteres bruken av digitale verktøy som en oppsummering av ideene om statistisk kompetanse og normativ modellering.

I øvingstimen starter studentene med en kort repetisjon fra forrige forelesning: De arbeider med korrelasjoner som en del av dataanalysen og reflekterer kritisk over dem med tanke på mulige konklusjoner og utsagn. Dette knytter an til selve forelesningen om statistisk kompetanse og normativ modellering. I den andre oppgaven analyserer studentene data fra en avisartikkel og relaterer og reflekterer over prosessen til komponentene i kritisk statistikkundervisning fra forelesningen.

I hjemmeoppgaven gjentas denne øvelsen på en lignende måte, der en annen avisartikkel skal analyseres og reflekteres over basert på den gitte sjekklisten for statistisk kompetanse. Til slutt blir studentene bedt om å lage et tankekart der de knytter tidligere forelesningsinnhold, spesielt om deskriptiv statistikk, til ideene om normativ modellering og kritisk statistikkundervisning.

Evaluering og Kommentarer

Vi gjennomførte og evaluerte dette emnet med to studentkull. Integreringen av matematisk modellering i statistikk, samt det faktum at de fleste studentene hadde forkunnskaper om matematisk modellering fra tidligere studier, gjorde det lettere å integrere modellering i emnet. Studentene tok raskt til seg innholdet og hadde ingen problemer med å forstå det. De rapporterte at de likte å jobbe med GeoGebra-miljøene, og med realistiske problemer og reelle data.

Selv om hovedfokuset vårt ville ha vært på den politiske dimensjonen ved modellering, vurderte imidlertid studentene andre aspekter som viktigere når det gjaldt normativ modellering: Når de reflekterte over om de ville bruke normative modelleringsoppgaver i fremtidige matematikktimer, sa noen av dem til og med at de ikke ville implementere normativ modellering på grunn av tids- og arbeidshensyn. De som kunne tenke seg å jobbe med normative modelleringsoppgaver, oppga hovedsakelig den mulige motiverende effekten av virkelige anvendelser som hovedårsak, men ikke muligheten til å diskutere politiske dimensjoner. Som i mange andre tilfeller var altså studentenes forståelse av innholdet ikke direkte knyttet til at de verdsatte innholdet. Det er grunn til å minne om at matematikklærerstudentenes holdning til politiske dimensjoner i matematikk, og mer spesifikt normativ modellering, ikke nødvendigvis er åpen.

Sammendrag

Det kan konkluderes med at modelleringsaktivitetene som ble gjennomført i de ulike emnene, ga flere fordeler for studentene, blant annet økt engasjement og motivasjon og bedre evne til kritisk tenkning. Det ble imidlertid også klart at normativ modellering innebærer flere utfordringer for matematikklærere, siden åpne oppgaver og diskusjoner noen ganger står i kontrast til vanlige normer i matematikklasserommet. I løpet av de begrensede implementeringsøktene vi hadde, klarte vi ikke alltid å løse disse utfordringene og overbevise lærerstudentene om behovet for og fordelene ved å implementere normativ modellering. Likevel har vi tatt viktige skritt i denne retningen. De modulene vi har presentert, kan enkelt og ukomplisert implementeres i svært ulike emner i lærerutdanningen. Alle modulene er svært omfattende og gir en god mulighet til å introdusere studentene for normativ modellering og oppmuntre dem til å reflektere over politiske dimensjoner ved matematikken.

Referanser

- Alsina, Á. (2022). On Integrating Mathematics Education and Sustainability in Teacher Training: Why, to What End and How? I *Controversial Issues and Social Problems for an Integrated Disciplinary Teaching* (s. 9–21). Cham: Springer International Publishing.
- Baykal, I. & Semiz, G. K. (2020). Middle school pre-service mathematics teachers' opinions related to mathematics education for sustainability. *Eurasian Journal of Educational Research*, 20(89), 111–136.
- Besser, M., Kleickmann, T., & Vergin, J. (2020). Fachdidaktische Bewertung von Unterrichtsqualität am Beispiel mathematischen Modellierens. I H.-S. Siller, W. Weigel, & J. F. Wörler (Red.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2020* (s. 121–124). WTM.
- Blum, W., & Leiss, D. (2005). „Filling Up“-the problem of independence-preserving teacher interventions in lessons with demanding modelling tasks. I *CERME 4–Proceedings of the Fourth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (Vol. 1623). Sant Feliu de Guíxois: FUNDEMI IQS–Universitat.
- Blum, W., & Ferri, R. B. (2009). Mathematical modelling: Can it be taught and learnt? *Journal of mathematical modelling and application*, 1(1), 45–58.
- Eichler, A., & Vogel, M. (2013). *Leitidee Daten und Zufall*. Wiesbaden: Vieweg+ Teubner.
- Gal, I. (2002). Adults' statistical literacy: Meanings, components, responsibilities. *Revue Internationale de Statistique [International Statistical Re-view]*, 70(1), 1–25.

- Gal, I. (2019). Understanding statistical literacy: About knowledge of contexts and models. I J. M. Contreras, M. M. Gea, M. M. López-Martín y E. Molina-Portillo (Red.), *Actas del Tercer Congreso Internacional Virtual de Educación Estadística* (s. 1–15), Haifa.
- Gildehaus, L., & Liebendörfer, M. (2021). CiviMatics - Mathematical modelling meets civic education. I D. Kollosche (Red.), *Exploring new ways to connect: Proceedings of the Eleventh International Mathematics Education and Society Conference* (Vol. 1, s. 167–171). Tredition.
- Kaiser, G., & Maaß, K. (2006). Vorstellungen über Mathematik und ihre Bedeutung für die Behandlung von Realitätsbezügen. *Realitätsnaher Mathematikunterricht vom Fach aus und für die Praxis*, 83–94.
- Kaiser, G., Blum, W., Ferri, R. B., & Stillman, G. (2011). *Trends in teaching and learning of mathematical modelling*. Springer Netherlands.
- Kaiser, G., Stender, P. (2013). Complex modelling problems in co-operative, self-directed learning environments. I: Stillmann, G., Kaiser, G., Blum, Brown, J. (Red.): *Teaching mathematical modelling. Connecting to research and practice* (s. 277–293). Dordrecht: Springer.
- Marxer, M., Prediger, S., & Schnell, S. (2010). Wie verteilen wir die Müllgebühren? – Bildungswirksame Erfahrungen beim Entwickeln und Diskutieren normativer Modellierungen. *Praxis der Mathematik in der Schule*, 52(36), 19–25.
- Rellensmann, J. (2019). *Selbst erstellte Skizzen beim mathematischen Modellieren*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-24917-5>
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2015). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife: Beschluss der Kultusministerkonferenz von 18.10.2012*. Wolters Kluwer.
- Vos, P., & Frejd, P. (2022). The modelling cycle as analytic research tool and how it can be enriched beyond the cognitive dimension. I J. Hodgen, E. Geraniou, G. Bolondi, & F. Ferretti (Red.), *Proceedings of the Twelfth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (s. 1185–1192). Bozen-Bolzano: Free University of Bozen-Bolzano og ERME. <https://hal.science/hal-03759063>

KAPITTEL 5

Historier om Vitenskapelig Forskning

Florin Fesnic

Senter for Studier av Demokrati, Institutt for Statsvitenskap, Babeş-Bolyai-universitetet i Cluj, Romania

Innledning

Medborgerlig og vitenskapelig utdanning er hjørnesteinene i et vellykket demokratisk samfunn. Begge spiller en sentral rolle i å fremme sosial og økonomisk velferd. Ved å gi enkeltmennesker kunnskap som gjør dem i stand til å delta aktivt i demokratiet, ta informerte beslutninger, fremme innovasjon, omfavne mangfold og bidra til økonomisk velstand, skaper disse formene for utdanning en god sirkel som opprettholder en blomstrende nasjon. Regjeringer, lærere og lokalsamfunn må anerkjenne og investere i viktigheten av samfunnskunnskap og vitenskapelig utdanning for å skape en lysere og mer velstående fremtid for alle. Det er bare gjennom utdannede og engasjerte borgere at vi kan overvinne utfordringer, opprettholde demokratiske verdier og skape et samfunn som prioriterer medlemmenes kollektive velferd.

Selv om fokuset i dette kurset er å gi eksempler på vitenskapelig forskning for å illustrere logikken i vitenskapelig forskning, er de normative (dvs. samfunnsmessige) aspektene også til stede, implisitt eller i noen tilfeller til og med eksplisitt. Det vil si at et viktig kriterium for å velge ut eksemplene som ble diskutert i denne klassen, i tillegg til deres vitenskapelige verdi, var å knytte dem til borgernes og samfunnets sosiale, økonomiske, politiske og/eller medisinske velferd. Et av de mest talende eksemplene i så måte vil være diskusjonen om hvordan samfunn og myndigheter har reagert på covid-19-epidemien og den avgjørende rollen som vitenskapelig og samfunnsmessig utdanning har spilt i denne sammenhengen.

Det potensielle publikummet for dette kurset (eller rettere sagt, for den kommende boken som er basert på det) er bredt. I første omgang er målgruppen for kurset, som er ment å tilbys som et semesterlangt valgfag, studenter i samfunnsvitenskapelige fag (f.eks. statsvitenskap eller sosiologi). Det kan enten være et frittstående kurs eller et tillegg til mer tradisjonelle innføringskurs i forskningsmetode. Målgruppen kan imidlertid være mye bredere enn dette, for eksempel studenter fra ulike fagområder (f.eks. medisin), elever på videregående skole som ønsker å fortsette utdanningen sin på universitetet, eller allmennheten. Et av de viktigste budskapene i dette kurset er at selv om eksemplene som diskuteres er svært forskjellige, er logikken i vitenskapelig forskning svært lik på tvers av fagfelt.

Kursets Infrastruktur

Kunnskapsmål

Dette er de sammenhengende kunnskapsmålene for kurset:

Hovedmålet med kurset er å forbedre studentenes naturvitenskapelige kompetanse, samfunns-kunnskap og bevissthet.

Et nært beslektet mål er å gjøre studentene oppmerksomme på den forenende logikken i vitenskapelig forskning på tvers av svært ulike fagområder (f.eks. statsvitenskap og medisin).

Avhengig av konteksten og elevenes grad av tidligere eksponering for forskningsmetoder, kan det være en ekstra fordel å gjøre dem oppmerksomme på grunnleggende begreper (f.eks. uavhengige og avhengige variabler) eller metoder (f.eks. lineær regresjon) i vitenskapelig forskning.

Etter å ha fullført kurset skal studentene være bedre rustet til å forstå og kritisk vurdere, både fra et empirisk (dvs. vitenskapelig) og normativt (samfunnsmessig) perspektiv, noen av de viktige aktuelle debattene i det offentlige rom (f.eks. virkeligheten, årsakene til og konsekvensene av klimaendringene eller fordelene ved vaksinerings).

Undervisning, Infrastruktur, Krav og Vurdering

Foreløpig har dette kurset aldri blitt undervist som et formelt fag. Det undervises enten som et valgfag eller som et supplement til en mer formell innføring i forskningsmetode. I sistnevnte tilfelle kan materialet fra dette kurset brukes i seminarer for å illustrere hvordan begreper og metoder som læres i forelesningene (f.eks. eksperimentell metode eller lineær regresjon) kan brukes til å analysere eksempler fra den virkelige verden. Avhengig av den spesifikke situasjonen kan og bør undervisningen, kravene og vurderingen selvsagt tilpasses deretter. Nedenfor er bare et eksempel på hvordan jeg ville gjort dette hvis jeg underviste i dette som et frittstående kurs.

Undervisningen er lagt opp som et seminarlignende format. Studentene vil bli evaluert basert på

- (1) aktiv deltakelse i undervisningen (20 % av slutt karakteren) – inkludert, men ikke begrenset til, svar på spørsmål som er gitt på forhånd, og
- (2) en avsluttende eksamen (80 % av slutt karakteren) - denne vil bestå av tre korte essays basert på et utvalg fra listen over spørsmål som er gitt på forhånd (se nedenfor).

Alt nødvendig lesestoff vil bli gitt på forhånd, enten som pdf-filer (via e-post, som vedlegg) eller, når det er mulig/tilgjengelig, via lenker til nettet. I tillegg vil jeg etter hver time legge ut en PowerPoint med forelesningen/hovedpunktene som ble diskutert i timen, samt en YouTube-video med opptak av diskusjonen. Når det gjelder sistnevnte, må jeg gjøre oppmerksom på at (1) kurset (i dette tilfellet) vil være et valgfag, og at studentene derfor ikke trenger å ta kurset, (2) det er bare ansiktet mitt som vil være synlig i opptaket. Til slutt vil alle datasettene som brukes i løpet av semesteret også være tilgjengelige for studentene.

Kjøreplan for Emnet: Struktur og Innhold i Læringsenhetene (Uker)

Uke 1

Tittel	Innledning. Hva er vitenskapelig metode?
Varighet	To timer
Organisering	Foredrag og diskusjon
Litteratur	Eric J. Johnson, Daniel Goldstein. 2003 (21. november). " Do Defaults Save Lives? ". <i>Science</i> 302, 5649, s. 1338–1339. DOI: 10.1126/science.1091721. Wynn, Charles M., og Arthur W. Wiggins. 2017. Kvantesprang i feil retning: Where Real Science Ends... and Pseudoscience Begins , 2. utg. Oxford University Press (Kapittel 1, "The Road to Reality: Scientific Method", s. 1–10).
Temaer	Den vitenskapelige metoden (versus «sunn fornuft»)
Spørsmål	Hva er vitenskapelig metode? Hvordan skiller det seg fra «sunn fornuft»? Hvorfor er det viktig at allmennheten i det minste har en grunnleggende forståelse av vitenskap og vitenskapelig metode?

Uke 2–3

Tittel	Kort innføring i grunnleggende forskningsmetoder og metodiske begreper
Varighet	To til seks timer (etter behov) Merk: Avhengig av hvor mye studentene har lært om forskningsmetoder tidligere, kan denne delen utvides, forkortes eller hoppes over helt.
Organisering	Foredrag og diskusjon
Litteratur	Hague, Rod, Martin Harrop og John McCormick. 2019. <i>Komparativ statsforvaltning og politikk: An Introduction</i> , 11. utg. Red Globe Press (Kapittel 3, "Comparative methods: An overview").
Temaer	Grunnleggende begreper (f.eks. avhengig og uavhengig variabel) og metoder (f.eks. lineær regresjon)
Spørsmål	Hva er de mest grunnleggende begrepene og metodene i vitenskapelig forskning? Hvorfor og hvordan er de nyttige?

Uke 4

Tittel	Blindt tilbakeblikk: Hvorfor haiangrep er dårlig for demokratiet
Varighet	To timer
Organisering	Foredrag og diskusjon

Litteratur	Achen, Christopher H., and Larry M. Bartels. 2003. "Blind Retrospection: Why Shark Attacks Are Bad For Democracy." Vanderbilt University, CSDI Working Paper 5-2013. https://www.vanderbilt.edu/csdi/research/CSDI_WP_05-2013.pdf
Temaer	Prospektiv versus retrospektiv stemmegivning; «blind retrospeksjon»
Spørsmål	Hender det at velgerne «straffer» sittende politikere i valg på grunn av «naturkatastrofer» (dvs. hendelser som ligger utenfor den sittende politikerens kontroll)?

Uke 5

Tittel	Rikere amerikanere er mer tilbøyelige til å stemme republikansk, men rikere amerikanske delstater stemmer mer demokratisk.
Varighet	To timer
Organisering	Foredrag og diskusjon
Litteratur	Gelman, Andrew, Boris Shor, Joseph Bafumi, and David Park. 2007. "Rich state, poor state, red state, blue state: What's the matter with Connecticut?" <i>Quarterly Journal of Political Science</i> 2, 345–367. http://www.stat.columbia.edu/~gelman/research/published/rb_qjps.pdf
Temaer	Logiske/metodiske feilslutninger (økologisk vs. individualistisk); lineær regresjon (helning)
Spørsmål	Kan vi alltid gå ut fra at et resultat som er oppnådd på ett analysenivå (f.eks. individnivå), også gjelder på aggregert nivå (f.eks. delstatsnivå)?

Uke 6

Tittel	Et valgpolitisk puslespill i Ukraina (presidentvalget 1999 vs. 1994)
Varighet	To timer
Organisering	Foredrag og diskusjon
Litteratur	Fesnic, Florin. 2017. "Making Methodology Fun." Poster presentert på Annual Meeting of the American Political Science Association, San Francisco, CA. https://apsa2017-apsa.ipostersessions.com/default.aspx?s=60-59-1B-88-2E-8F-28-E9-CC-54-F2-31-3A-2D-B8-AD
Temaer	Venstre versus høyre; nasjonalisme; ideologiske dimensjoner
Spørsmål	Hvorfor var Kutjmas andel av de regionale stemmene ved presidentvalget i Ukraina i 1999 <i>negativt</i> korrelert med hans andel av stemmene i 1994?

Uke 7

Tittel	Alabama-paradokset: sammenligning av formler for proporsjonal representasjon
Varighet	To timer
Organisering	Foredrag og diskusjon

Litteratur	The Institute for Mathematics and Democracy. "Apportionment." https://mathematics-democracy-institute.org/apportionment/#
Temaer	Proporsjonal representasjon: monotone versus ikke-monotone formler; høyeste gjennomsnitt versus største restbeløp.
Spørsmål	Finnes det ikke-monotone formler for proporsjonal representasjon? Hvis ja, hvorfor? Hva er i så fall de empiriske konsekvensene? Hva er de normative konsekvensene?

Uke 8

Tittel	Valgreform i Ungarn
Varighet	To timer
Organisering	Foredrag og diskusjon
Litteratur	Scheppele, Kim Lane. 2014 (26. mai). "Hungary and the End of Politics: How Victor Orbán launched a constitutional coup and created a one-party state." <i>The Nation</i> , http://www.thenation.com/article/179710/hungary-and-end-politics# . Scheppele, Kim Lane, Miklós Bánkúti, and Zoltán Réti. 2014 (13. april). "Legal But Not Fair (Hungary)." <i>The Conscience of a Liberal</i> . http://krugman.blogs.nytimes.com/2014/04/13/legal-but-not-fair-hungary/
Temaer	Majoritære vs. proporsjonale valgsystemer; feilaktig fordeling; gerrymandering
Spørsmål	Hva er gerrymandering? Hva er feilaktig fordeling? Er det rettferdig å bruke disse i utformingen av institusjoner?

Uke 9

Tittel	Elektroniske valgmaskiner og spedbarns helse (Brasil)
Varighet	To timer
Organisering	Foredrag og diskusjon
Litteratur	Fujiwara, Thomas. 2017 (24. oktober). "Political inclusion and development outcomes: Brazil introduces electronic voting." <i>VoxDev</i> , https://voxdev.org/topic/technology-innovation/political-inclusion-and-development-outcomes-brazil-introduces-electronic-voting . <i>Anbefales:</i> Fujiwara, Thomas. 2015. "Voting Technology, Political Responsiveness, and Infant Health: Evidence from Brazil." <i>Econometrica</i> 83, 2: 423–464. https://www.princeton.edu/~fujiwara/papers/elecvote_site.pdf .
Temaer	Naturlig eksperiment; behandling; behandlingsgruppe; kontrollgruppe
Spørsmål	Basert på bevisene Fujiwara presenterer, men også på din intuisjon, hvor overbevisende synes du argumentet hans er (innføring av elektroniske valgmaskiner → spedbarnshelse)?

Uke 10

Tittel	Håndvask og barsefber
Varighet	To timer
Organisering	Foredrag og diskusjon
Litteratur	Carey, Stephen S. 2011. <i>A Beginner's Guide to Scientific Method</i> , 4. utg. Boston, MA: Wadsworth Cengage Learning (Kapittel 1, "Science," s. 2–5). Last, John M. 2002. "Semmelweis, Ignaz," i Scheppele, Breslow, Lester (red.), <i>Encyclopedia of Public Health</i> . Macmillan (s. 1087–1088). Wikipedia, "Ignaz Semmelweis". https://en.wikipedia.org/wiki/Ignaz_Semmelweis .
Temaer	Naturlig eksperiment; behandling; behandlingsgruppe; kontrollgruppe
Spørsmål	Ser du noen likheter mellom Fujiwaras «naturlige eksperiment», som vi diskuterte forrige uke, og Semmelweis' arbeid? Kan vi snakke om et eksperiment her? Er det i så fall et «ordentlig» eksperiment eller et «naturlig eksperiment»? Og hvorfor?

Uke 11

Tittel	John Snows «spøkelseskart» over kolera og hans «store eksperiment» i 1854
Varighet	To timer
Organisering	Foredrag og diskusjon
Litteratur	Frerichs, Ralph R. " Snow's Grand Experiment of 1854 ." https://www.ph.ucla.edu/epi/snow/grand_experiment.html . National Geographic. " Mapping A London Epidemic ." < https://www.nationalgeographic.org/activity/mapping-london-epidemic >. Montelpare, William J., Emily Read, Teri McComber, Alyson Mahar, and Krista Ritchie. <i>Applied Statistics in Healthcare Research</i> (Kapittel 7, " John Snow and the Natural Experiment "). https://pressbooks.library.upei.ca/montelpare/chapter/john-snow-and-the-natural-experiment/#chapter-172-section-1 .
Temaer	Naturlig eksperiment; behandling; behandlingsgruppe; kontrollgruppe
Spørsmål	Ser du noen likheter mellom Fujiwaras «naturlige eksperiment» som vi diskuterte for to uker siden, Semmelweis' arbeid som vi diskuterte forrige uke, og John Snows arbeid? Kan vi snakke om et eksperiment her? I så fall, er det et «ordentlig» eksperiment eller et «naturlig eksperiment»? Og hvorfor?

Uke 12–14

Tittel	Samfunnsutdanning, vitenskapelig utdanning og respons på covid-19
Varighet	Seks timer
Organisering	Foredrag og diskusjon
Litteratur	Fesnic, Florin. 2022. " Three Toxic Ingredients Making the COVID-19 Pandemic Worse: United States and Romania Compared ." Presented at the Annual Meeting of the Midwest Political Science Association, Chicago, IL.

	<p><i>Anbefales:</i> Claessens, Michel. 2021. <i>The Science and Politics of Covid-19</i>. Springer. Lilleker, Darren (ed.) 2021. <i>Political Communication and COVID-19 Governance and Rhetoric</i>. Routledge. Spiegelhalter, David, and Anthony Masters. 2021. <i>Covid by Numbers: Making Sense of the Pandemic with Data</i>. Pelican.</p>
Temaer	Vitenskapelig utdanning; samfunnskunnskap; offentligheten; eliter; media; Covid-19
Spørsmål	Hvor stor innvirkning tror du vitenskapelig og samfunnsmessig utdanning hadde på hvordan ulike land reagerte på covid-19?

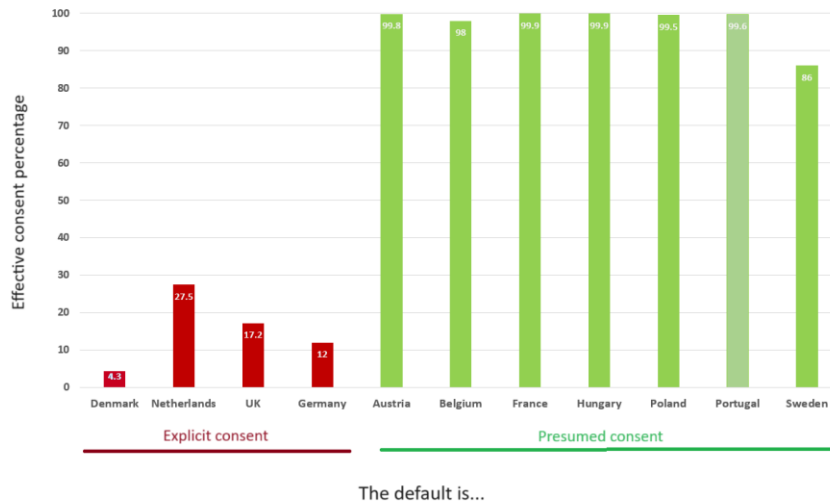
Korte Sammendrag av Ukentlige Temaer

Uke 1: Introduksjon. Hva er vitenskapelig metode? Eksempel: «Redder standardinnstillinger liv?»

En svært viktig og allment kjent tverrnasjonal studie som viser at en tilsynelatende uskyldig byråkratisk detalj (dvs. om den nasjonale lovgivningen gjør innbyggerne til organdonorer som standard eller ikke) kan ha stor innvirkning på andelen av befolkningen som faktisk er potensielle organdonorer. Derfor er svaret på spørsmålet ovenfor definitivt «ja».

Figur 1

Effektive samtykkeprosent, etter land: Eksplisitt samtykke (opt-in) vs antatt samtykke (opt-out)



Kilde: Tilpasset fra Johnson og Goldstein (2003).

Uke 2–3: Kort Innføring i Grunnleggende Forskningsmetoder og Metodiske Begreper

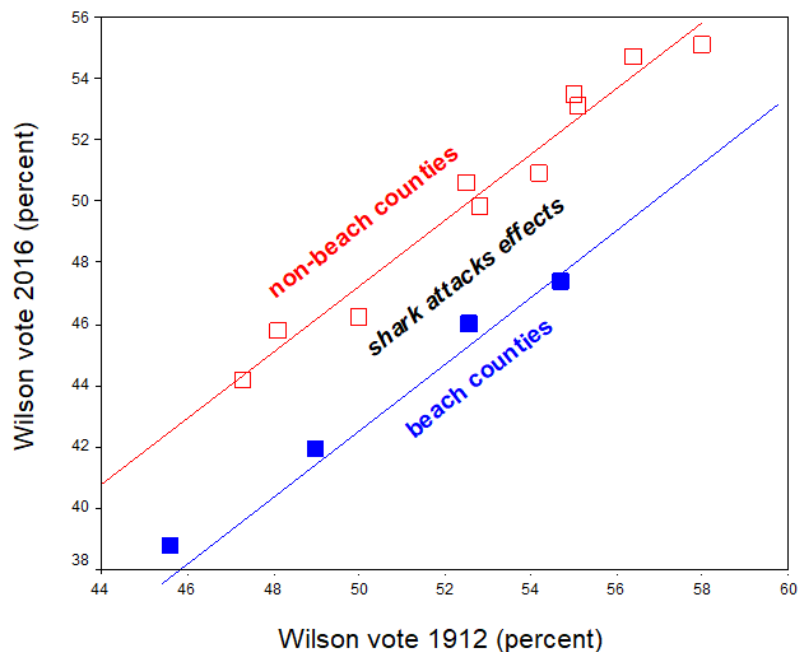
Denne delen av kurset er svært viktig for studenter som ikke har vært i kontakt med forskningsmetode tidligere, men mindre viktig for de som allerede har tatt kurs i forskningsmetode (eller de som tar dette som et seminar eller en avslutning på et kurs i forskningsmetode). Følgelig kan denne delen utvides, forkortes eller hoppes over helt, alt etter hva læreren finner hensiktsmessig.

Uke 4: Blindt Tilbakeblikk: Hvorfor Haiangrep er Dårlig for Demokratiet

Begrepet retrospektiv stemmegivning er mye brukt i litteraturen om velgeratferd. I hovedsak går det ut på at velgerne vurderer de sittende kandidatene basert på deres resultater. Hvis en velger er fornøyd med den sittende kandidatens prestasjoner, vil han eller hun stemme på vedkommende. Hvis ikke, vil de ikke gjøre det. Det ville imidlertid være mindre intuitivt om velgerne «straffer» sittende kandidater for hendelser, for eksempel naturkatastrofer, som er helt utenfor deres kontroll. Ifølge Achen og Bartels var det nettopp dette som skjedde i det amerikanske presidentvalget i 2016, da velgerne i kystområdene i New Jersey «straffet» den sittende presidenten Woodrow Wilson for en rekke haiangrep som skjedde i området sommeren før valget - noe som illustrerer et eksempel på «blind» retrospeksjon.

Figur 2

Stemmetall på fylkesnivå for Woodrow Wilson i New Jersey, 1912 og 1916: strand- og ikke-strandfylker



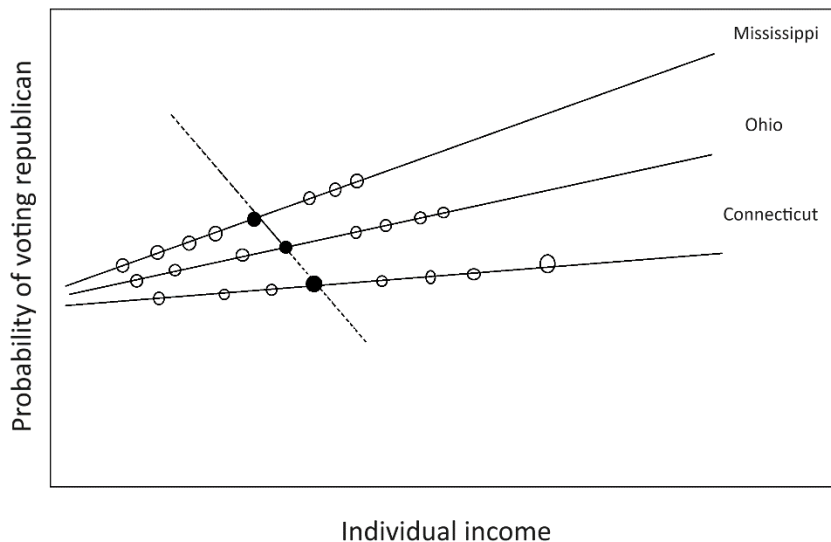
Kilde: Tilpasset fra Achen og Bartels (2003).

Uke 5: Rike Amerikanere Stemmer Republikansk, Rike Amerikanske Delstater Stemmer Demokratisk

Den individualistiske feilslutningen oppstår når en forsker antar at et resultat man ser på individnivå, også gjelder på aggregert nivå (en mindre intuitiv feilslutning enn den økologiske feilslutningen). Stemmegivning i USA er et talende eksempel. Selv om det på individnivå er mer sannsynlig at rikere amerikanere stemmer republikansk, er det på aggregert nivå i fattigere amerikanske delstater at oppslutningen om det republikanske partiet er størst. Andrew Gelman har en forklaring på dette tilsynelatende paradokset. Hvis vi bruker undersøkelsesdata til å tilpasse regresjonslinjer i grafer med inntekt på X-aksen og sannsynligheten for å stemme republikansk på Y-aksen for ulike delstater, ser vi at jo fattigere delstaten er, desto høyere (og positiv) er helningen. Når vi aggregerer resultatene, er mønsteret omvendt.

Figur 3

Sannsynligheten for å stemme republikansk som en funksjon av personlig inntekt er svært forskjellig i fattige og rike stater.



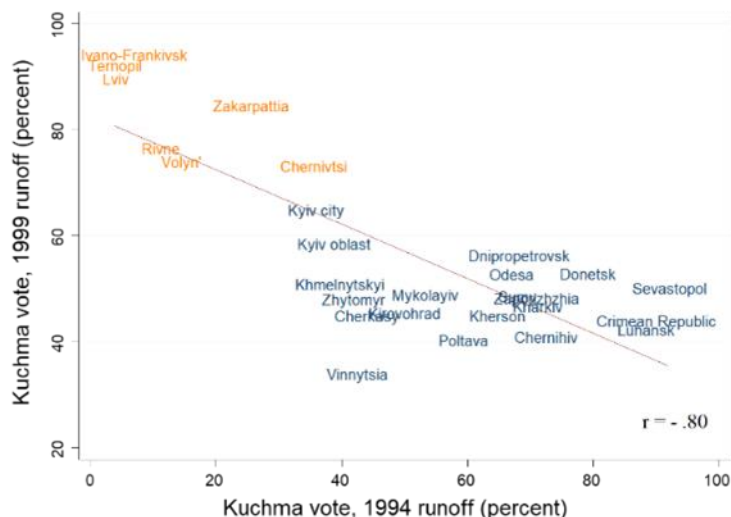
Kilde: Tilpasset fra Gelman et al. (2007).

Uke 6: Hvorfor var Leonid Kuchmas Andel av de Regionale Stemmene i Presidentvalget i Ukraina i 1999 Negativt Korrelert med Hans Andel av Stemmene i 1994?

Vanligvis er den regionale oppslutningen om en kandidat i et gitt valg en svært god indikator for oppslutningen om kandidaten i det påfølgende valget - dvs. at hvis V_e og V_{e+1} er kandidatens X -andeler av stemmene i valgene e og $e+1$, vil V_e og V_{e+1} være sterkt og positivt korrelert. Det som skjedde med Leonid Kuchmas oppslutning i Ukraina på 1990-tallet, var imidlertid det motsatte: korrelasjonen mellom V_{1994} og V_{1999} var $-0,80$! Når vi tar i betraktning hva som sto på spill i disse valgene, den viktigste splittelsen i ukrainsk valgpolitikk og den relative forskyvningen av Kutjmas posisjon i disse to valgene, begynner ting å gi mening.

Figur 4

Regionalt stemmetall for Leonid Kutsjma i Ukrainas presidentvalg, 1999 vs. 1994



Kilde: Beregnet av forfatteren (Florin Fesnic).

Uke 7: Alabama-Paradokset: Noen Proporsjonale Representasjonssystemer er Ikke-Monotone!

En rimelig forventning til et valgsystem, spesielt for alle former for proporsjonal representasjon, er at det skal være monotont. Av de to hovedtypene av formler for forholdstallsvalg, høyeste gjennomsnitt og største rest, er det bare førstnevnte som er monotone. Dette ble oppdaget i USA på slutten av 1800-tallet, da landet brukte en form for formel for største rest (Hamilton Apportionment-metoden) for å fordele setene i Representantenes hus. Med denne formelen ville Alabama ha fått åtte seter i et Representantenes hus med 299 seter. Hvis Representantenes hus skulle økes til 300 seter, ville Alabama bare ha fått sju seter.

Tabell 1

Alabama-paradokset

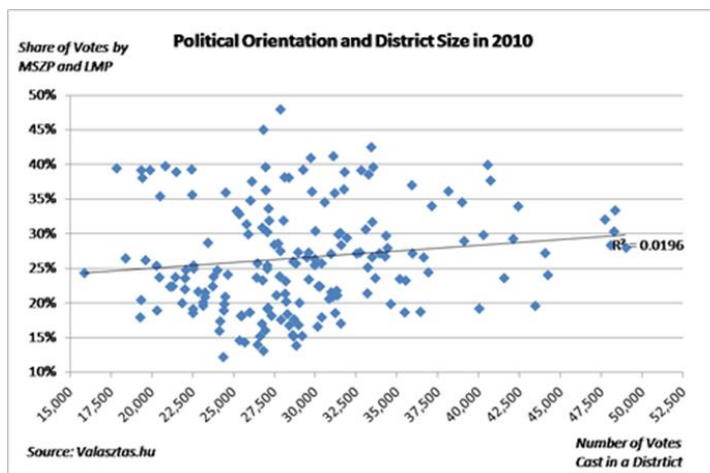
299 Seats			300 Seats		
State	Population/s	Seats allocated:	State	Population/s	Seats allocated:
Alabama	7.646	8	Alabama	7.671	7
Texas	9.640	9	Texas	9.672	10
Illinois	18.640	18	Illinois	18.702	19

Kilde: Institutt for matematikk og demokrati («Fordeling»).

Uke 8: Feilaktig Fordeling og Gerrymandering i Ungarn

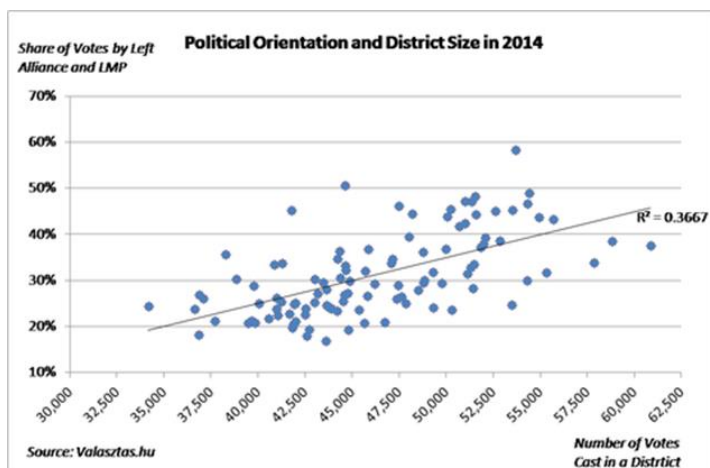
Feilfordeling (valgkretser med svært ulikt antall velgere) og gerrymandering (utforming av valgkretser for å gi fordeler til et bestemt politisk parti eller en bestemt kandidat) er uten tvil alvorlige problemer for ethvert demokratisk samfunn. Langt verre er det når de blir et verktøy for en autoritær leder som ønsker å konsolidere sin makt, slik tilfellet er med Viktor Orban i Ungarn. Frem til 2010 hadde Ungarn et valgsystem som var omtrent som det tyske, men mindre proporsjonalt. Etter at Orban kom til makten, gjorde han to store endringer i valgsystemet: (i) han endret grensene for enmannskretsene, og (ii) han endret fordelingen av mandater mellom SMD og PR til fordel for førstnevnte. I tillegg til disse to kan vi legge til en tredje, like viktig faktor for valgresultatet, nemlig (iii) feilfordeling. Selv om denne teknisk sett alltid har vært til stede, ble den først viktig etter valgreformene (se figur 5 og 6 nedenfor).

Figur 5



Kilde: Scheppele et al. (2014).

Figur 6



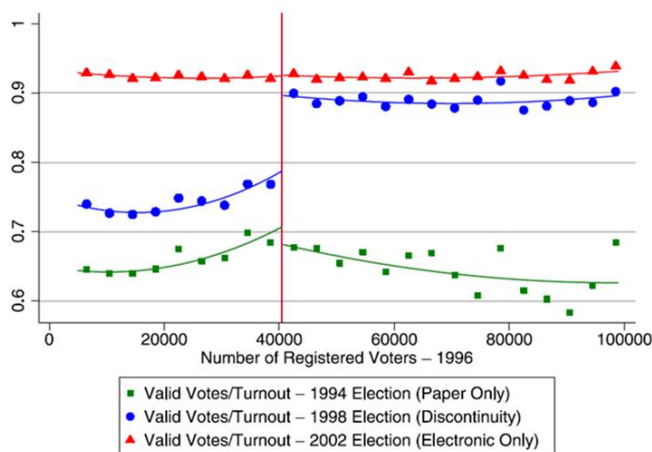
Kilde: Scheppele et al. (2014).

Uke 9: Elektroniske Stemmemaskiner og Spedbarns Helse

Enhver valgreform som fører til en betydelig økning i valgdeltakelsen (ikke bare den «formelle» valgdeltakelsen, men også den «effektive» valgdeltakelsen) er et viktig skritt fremover i et demokrati. Med «effektiv» mener jeg andelen av velgerne som ikke bare stemmer, men som også får stemmene sine talt opp. Brasil er et eksempel på et land der en stor andel av de avgitte stemmene ble forkastet på grunn av høy analfabetisme og et komplisert valgsystem. Innføringen av elektroniske valgmaskiner på 1990-tallet hadde en betydelig og positiv effekt: Andelen ugyldige stemmer sank dramatisk. I tillegg skjedde innføringen av e-valgmaskiner gradvis, noe som skapte en fantastisk ramme for et naturlig eksperiment:

Figur 7

Brasils naturlige eksperiment, 1994-2002: elektroniske valgmaskiner og valgdeltakelse



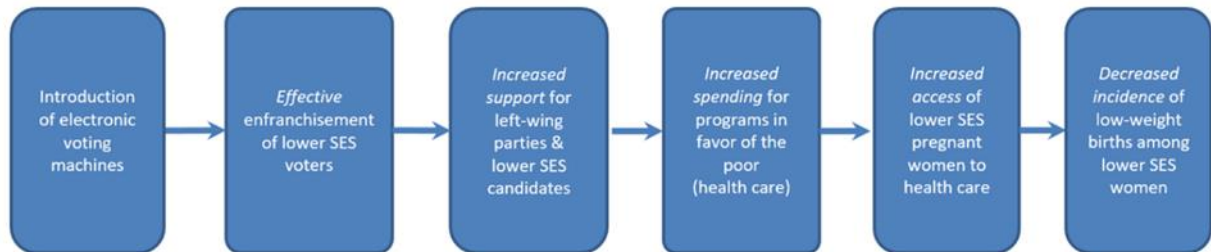
—Valid votes/turnout—local averages and parametric fit. Each marker represents the average value of the variable in a 4000-voter bin. The continuous lines are from a quadratic fit over the original (“unbinned”) data. The vertical line marks the 40,500-voter threshold.

Kilde: Fujiwara (2015).

I tillegg til å redusere andelen ugyldige stemmer betraktelig, hadde denne valgformen også andre positive, men ganske uventede resultater. Den førte til betydelige seire for venstresidens sosialreformistiske partier og kandidater. Dette førte i sin tur til en politikk som var gunstig for brasilianere fra de lavere klassene. Et spektakulært eksempel er de betydelige fremskrittene som ble gjort når det gjelder spedbarns helse (nærmere bestemt en betydelig nedgang i andelen undervektige nyfødte i underklassefamilier):

Figur 8

Fra elektroniske valgmaskiner til spedbarnshelse



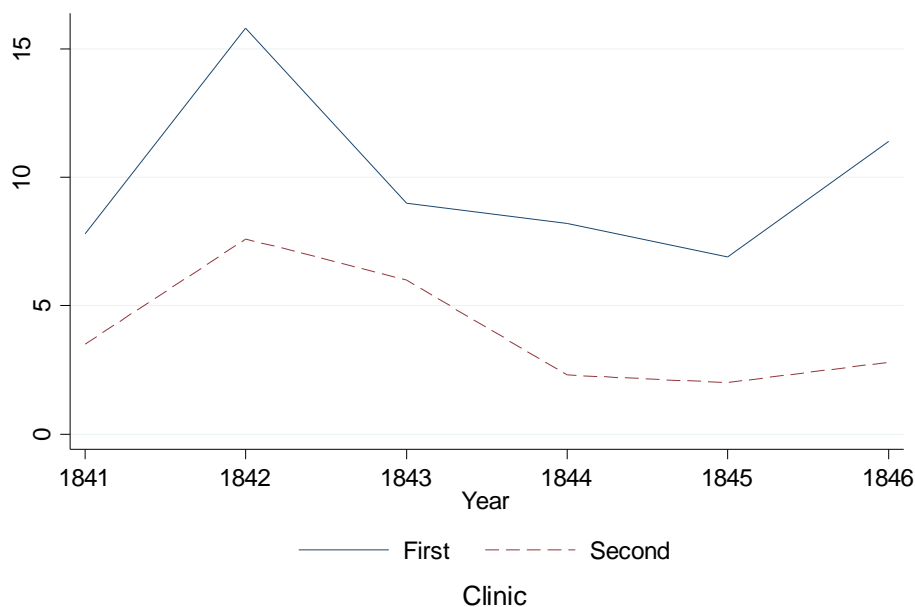
Kilde: Personlig (Florin Fesnic) oppsummering av Fujiwara (2015 og 2017).

Uke 10: Ignaz Semmelweis: Hånddesinfeksjon og Barselseber

Barselseber er en svært alvorlig, ofte dødelig, sykdom som helt frem til midten av 1800-tallet var en av de alvorlige sykdommene blant kvinner etter fødsel eller spontanabort. Årsaken er infeksjon forårsaket av urenheter. På 1840-tallet var forekomsten av barselseber og dødsfall i forbindelse med den betydelig høyere ved den første fødeklubben i Wien, som tilbød undervisning for medisinstudenter, enn ved den andre fødeklubben ved siden av, som tilbød undervisning for jordmødre.

Figur 9

Dødsfall som følge av barselseber på klinikker i Wien, 1841–1846

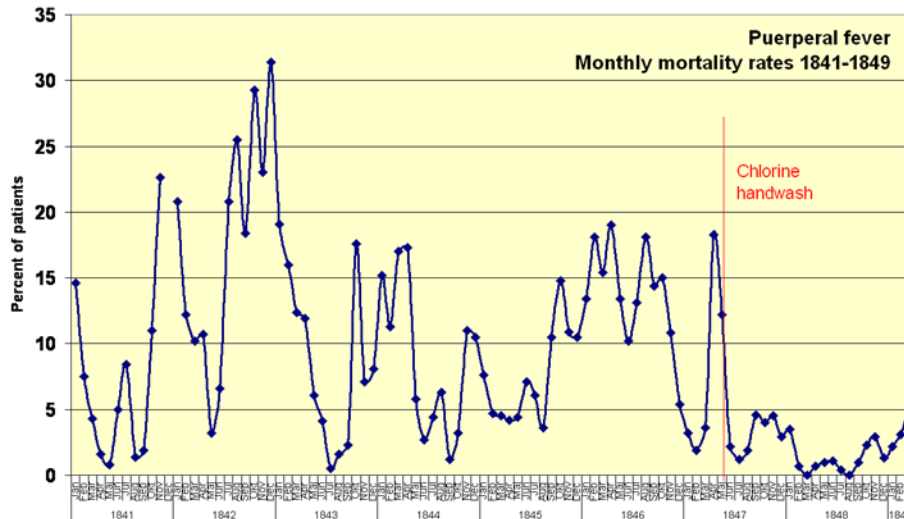


Kilde: Graf laget av forfatteren (Florin Fesnic) ved hjelp av Wikipedia-data («Ignaz Semmelweis»).

Doktor Ignaz Semmelweis, som jobbet på First-klinikken på den tiden, hadde intuisjon om at dette var et resultat av dårlig hygiene. Leger og studenter ved First Clinic utførte obduksjoner og undersøkte kvinner uten å vaske hendene. Da Semmelweis innførte obligatorisk hånddesinfeksjon med klor, var resultatene spektakulære.

Figur 10

Dødsfall som følge av barselseber på den første Wien-klinikken, 1841-1849



Kilde: Wikipedia, «Ignaz Semmelweis».

Uke 11: John Snows «Spøkelseskart» Over Kolera og Hans «Store Eksperiment» i 1854

På midten av 1800-tallet var den rådende teorien om årsaken til kolera, også blant leger og forskere, «miasmateorien». Doktor John Snow, en av grunnleggerne av folkehelsen og bakterieteorien, hadde en intuisjon om at årsaken lå i vannet, ikke i luften. Epidemien i London i 1853–1854 ga ham muligheten til å underbygge denne teorien. Ved å følge epidemien helt frem til det aller første tilfellet, fant han ut at epidemien ble utløst av en helt bestemt vannpumpe, nemlig vannpumpen i Broad Street.

Tilfældighetene ga Snow et veldig fint, naturlig eksperiment. På den tiden var det flere selskaper som leverte vann til Londons innbyggere. Snow kunne sammenligne dødeligheten som følge av kolera hos kundene til to av disse selskapene, Lambeth og Southwark, under to påfølgende koleraepidemier. Under den første epidemien hentet begge selskapene vann fra Themsen, og de gjorde det inne i London. Dermed var vannet deres svært forurenset og en svært god grobunn for spredning av kolera.

Under denne første epidemien var dødstallene for kundene til de to selskapene svært like. Mellom epidemiene i 1849 og 1853 flyttet Lambeth vanninntaket oppstrøms. Dermed var vannet nå mye renere. Under den andre epidemien var dødsraten for Lambeths kunder nesten en størrelsesorden lavere enn for Southwark.

Figur 11

Dødsfall som følge av kolera i behandlingsgruppen vs kontrollgruppen

Source of water	Houses supplied	Cholera deaths	Proportion/100,000
Southwark	40,046	1,263	315
Lambeth	26,107	98	38
Other	256,423	1,422	56

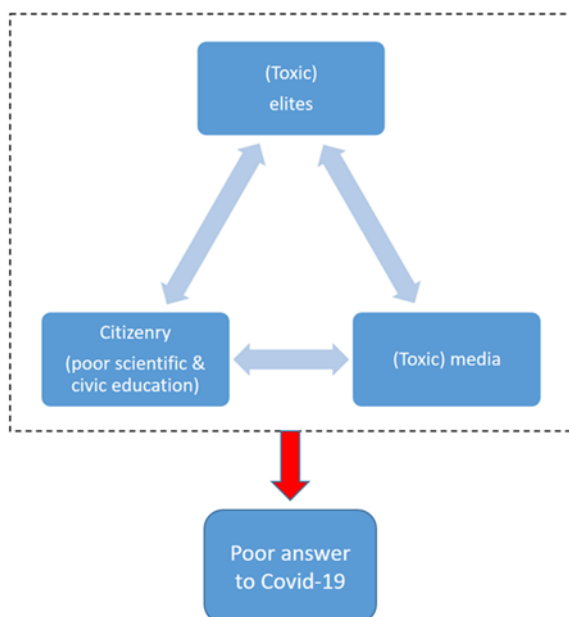
Kilde: tilpasset fra Montelpare et al., "John Snow and the Natural Experiment" (tabell 7.2).

Uke 12-14: Vitenskapelig Utdanning, Samfunnskunnskap og rRspons på Covid-19

En måte å betrakte covid-19-pandemien på er å se den som et speil som viser politiske, økonomiske, sosiale og kulturelle/holdningsmessige mangler i alle de berørte landene. Noen land reagerte mye bedre enn andre, og bare å se på økonomisk utvikling (som en grov indikator på kvaliteten på helsevesenet) er ikke nok til å forklare hvorfor landene reagerte så forskjellig. I løpet av de siste ukene av kurset vil vi diskutere handlingene og retorikken til den politiske eliten, mediene og allmennheten, og vi vil ta hensyn til effekten av samfunns- og vitenskapelig utdanning.

Figur 12

En generell teori om hvordan land reagerte på Covid-19



Referanser

- Achen, Christopher H., and Larry M. Bartels. 2003. "Blind Retrospection: Why Shark Attacks Are Bad For Democracy." Vanderbilt University, CSDI Working Paper 5-2013.
https://www.vanderbilt.edu/csdi/research/CSDI_WP_05-2013.pdf
- Carey, Stephen S. 2011. *A Beginner's Guide to Scientific Method*, 4th ed. Boston, MA: Wadsworth Cengage Learning (Kapittel 1, "Science," s. 2–5).
- Fesnic, Florin. 2017. "Making Methodology Fun." Poster presented at the Annual Meeting of the American Political Science Association, San Francisco, CA. <https://apsa2017-apsa.ipostersessions.com/default.aspx?s=60-59-1B-88-2E-8F-28-E9-CC-54-F2-31-3A-2D-B8-AD>
- Fesnic, Florin. 2022. "Three Toxic Ingredients Making the COVID-19 Pandemic Worse: United States and Romania Compared." Presented at the Annual Meeting of the Midwest Political Science Association, Chicago, IL.
- Frerichs, Ralph R. "Snow's Grand Experiment of 1854."
https://www.ph.ucla.edu/epi/snow/grand_experiment.html
- Fujiwara, Thomas. 2015. "Voting Technology, Political Responsiveness, and Infant Health: Evidence from Brazil." *Econometrica* 83, 2: 423-464.
https://www.princeton.edu/~fujiwara/papers/elecvote_site.pdf
- Fujiwara, Thomas. 2017 (24. oktober). "Political inclusion and development outcomes: Brazil introduces electronic voting." *VoxDev*. <https://voxdev.org/topic/technology-innovation/political-inclusion-and-development-outcomes-brazil-introduces-electronic-voting>
- Gelman, Andrew, Boris Shor, Joseph Bafumi, and David Park. 2007. "Rich state, poor state, red state, blue state: What's the matter with Connecticut?" *Quarterly Journal of Political Science* 2, 345–367. http://www.stat.columbia.edu/~gelman/research/published/rb_qjps.pdf
- Hague, Rod, Martin Harrop, and John McCormick. 2019. *Comparative Government and Politics: An Introduction*, 11th ed. Red Globe Press (Kapittel 3, "Comparative Methods: An Overview").
- Johnson, Eric J., and Daniel Goldstein. 2003 (21. november). "Do Defaults Save Lives?" *Science* 302, 5649, 1338–1339. DOI: 10.1126/science.1091721.
- Last, John M. 2002. "Semmelweis, Ignaz," in Scheppele, Breslow, Lester (red.), *Encyclopedia of Public Health*. Macmillan (s. 1087–1088).
- Montelpare, William J., Emily Read, Teri McComber, Alyson Mahar, and Krista Ritchie. *Applied Statistics in Healthcare Research* (Kapittel 7, "John Snow and the Natural Experiment").
<https://pressbooks.library.upei.ca/montelpare/chapter/john-snow-and-the-natural-experiment/#chapter-172-section-1>
- National Geographic. "Mapping A London Epidemic."
<https://www.nationalgeographic.org/activity/mapping-london-epidemic>
- Scheppele, Kim Lane. 2014 (26. mai). "Hungary and the End of Politics: How Victor Orbán launched a constitutional coup and created a one-party state." *The Nation*,.
<http://www.thenation.com/article/179710/hungary-and-end-politics#>
- Scheppele, Kim Lane, Miklós Bánkuti, and Zoltán Réti. 2014 (13. april). "Legal But Not Fair (Hungary)." *The Conscience of a Liberal Blog*,.
<http://krugman.blogs.nytimes.com/2014/04/13/legal-but-not-fair-hungary/>



The Institute for Mathematics and Democracy. “Apportionment.” <https://mathematics-democracy-institute.org/apportionment/#>

Wikipedia, “Ignaz Semmelweis”. https://en.wikipedia.org/wiki/Ignaz_Semmelweis

Wynn, Charles M., and Arthur W. Wiggins. 2017. *Quantum Leaps in the Wrong Direction: Where Real Science Ends... and Pseudoscience Begins*, 2nd ed. Oxford University Press (Kapittel 1, “The Road to Reality: Scientific Method,” s 1–10).



KAPITTEL 6

Sammendrag og utsikter

Bastian Vajen & Heidi Strømskag

Målet med denne håndboken er å tilby pedagogiske verktøy for å styrke fremtidige læreres kompetanse til å håndtere komplekse samfunnsutfordringer i klasserommet, og å kombinere samfunnsvitenskapelige og matematiske perspektiver for å hjelpe elevene til å forstå ulike aspekter knyttet til disse problemstillingene. Modulene i denne boken tar for seg disse problemstillingene fra ulike faglige synsvinkler og bruker ulike tilnærminger for å kombinere matematikkundervisning og samfunnsfag

Den første modulen, utviklet av Heidi Strømskag, presenterer et emne i et lærerutdanningsprogram i realfag (8.–13. trinn), og inneholder utdrag fra to modelleringsaktiviteter: en studie- og forskningsløype (SFL) sentrert rundt temaet klimaendringer, og en modelleringsoppgave om sannsynligheten for å ha enn sykdom gitt en positiv test. Den andre modulen, utviklet av Frode Rønning, presenterer modelleringsdelen av et emne i et videreutdanningsprogram i matematikk for lærere (8.–13. trinn), og inneholder ulike modelleringsoppgaver med deskriptive og normative aspekter. Den tredje modulen, som er utviklet av Jakob Steinbachner og Nicola Nagy, tar et annet perspektiv ved å fokusere på klimaendringer og de tverrfaglige perspektivene knyttet til dem ved å be elevene engasjere seg i naturvitenskapelige begreper—spesielt de som er forankret i matematisk modellering— knyttet til klimaendringer og de underliggende årsakene, med de politiske spørsmålene knyttet til dem, samt filosofiske begreper som likhet, rettferdighet og rettferdighet. Den fjerde modulen, utviklet av Bastian Vajen, er en del av et program i samfunnskunnskap rettet mot framtidige lærere i faget, og bruker perspektiver fra samfunnskunnskap, der potensialet for samarbeid med andre fag, spesielt matematikk, framheves. Den femte modulen, gjennomført av Lara Gildehaus og Michael Liebendorfer, tar for seg mulige forbindelser mellom samfunnskunnskap og matematikk ved å integrere aspektet med normativ modellering i tre ulike universitetsemner i matematikk og matematikdidaktikk. Den sjette og siste modulen, utviklet av Florin Fesnic, fokuserer på naturvitenskapelig utdanning som et viktig element når det gjelder å kunne foreta informerte beslutninger i demokratiske samfunn.

Alt i alt setter disse modulene søkelyset på ulike områder av sammenhengen mellom matematikk og samfunnsspørsmål, og de er utviklet for et bredt spekter av studenter med ulik fagbakgrunn. Ettersom de fleste av dem er utviklet for lærerutdanningen, kan de ses på som et første skritt i retning av å transformere utdanningsprosesser knyttet til komplekse samfunnsspørsmål, for eksempel klimaendringer, ved aktivt å koble sammen to eller flere fagområder. Den generelle tanken bak denne tilnærmingen er at uten evnen til å analysere og forstå sentrale samfunnspolitiske spørsmål på en tilstrekkelig måte, er det umulig å gjøre gode vurderinger. Siden disse problemene ofte involverer omfattende og kompleks ekspertkunnskap fra ulike fagområder, er det umulig å legge undervisningen til et bestemt skolefag. Ambisjonen om å kunne behandle slike temaer i ulike fag på en sammenhengende

måte er imidlertid avhengig av lærere som er i stand til å legge til rette for et slikt samarbeid, og dermed av at lærerutdanningen gir relevant kompetanse. I en kompleks verden, der sammenhengene er avhengig av matematisk forståelse, må både matematikk- og samfunnskunnskapsundervisning spille en sentral rolle i disse prosessene. De presenterte modulene kan ses på som forslag til hvordan man kan kombinere aspekter ved samfunnskunnskap- og matematikdidaktikk i lærerutdanningsprogrammer, og hvordan man kan utvide lærerstudentenes perspektiver på mulighetene for tverrfaglige læringsprosesser. Selv om resultatene fra implementeringen av modulene ved de respektive universitetene har vært lovende, må de sees på som et første skritt. For å legge til rette for tverrfaglig utdanning, er det viktig å innføre moduler som harmoniserer de pedagogiske strategiene på tvers av ulike fagområder. Samtidig er det avgjørende å utvikle egnet didaktisk materiale. I tillegg bør det gjennomføres empirisk forskning for å studere effekten av disse initiativene på elevenes resultater på både skole- og universitetsnivå. Etter hvert som utfordringene som demokratiske samfunn i Europa står overfor, blir stadig mer komplekse og presserende, er det et umiddelbart behov for å utvikle nye pedagogiske metoder som gir studentene de ferdighetene som kreves for å håndtere disse problemene.