

Uniped, årg. 38, nr. 4-2015, s. 363-372  
ISSN online: 1893-8981

FAGFELLEVDERT ARTIKKEL

# Erfaringer med studentaktive læringsformer i teknologirikt undervisningsrom

Tiina M. Komulainen

Førsteamanuensis

Fakultet for teknologi, kunst og design, Institutt for maskin, elektronikk og kjemi  
Høgskolen i Oslo og Akershus

Tiina.Komulainen@hioa.no

Christine Lindstrøm

Førsteamanuensis

Fakultet for lærerutdanning og internasjonale studier, Institutt for grunnskole og  
faglærerutdanning

Høgskolen i Oslo og Akershus

Christine.Lindstrom@hioa.no

Tengel Aas Sandtrø

Seniorrådgiver

Fellesadministrasjon

Høgskolen i Oslo og Akershus

Tengel.Sandtro@hioa.no

## SAMMENDRAG

Denne artikkelen beskriver bruk av omvendt undervisning og studentaktive læringsmetoder i et teknologirikt undervisningsrom, kalt ProLab, ved Høgskolen i Oslo og Akershus (HiOA) i kurset Dynamiske Systemer høsten 2014. Grundig pedagogisk design og teknisk støtte var viktig for vellykket implementering av aktive læringsmetoder i ProLab for cirka 60 studenter. Opplegg for mye gruppearbeid og studentpresentasjoner i klasserommet var vellykket, studentene var fornøyde med kurset og resultatet ble økt læringsutbytte. Kurset i Dynamiske Systemer kan forbedres ved å innføre sterkere insentiver for å få studentene til å forberede seg til undervisningstimen.

## Nøkkelord

omvendt undervisning, teknologi-støttet læring, studentaktiv læring.

## ABSTRACT

This article describes the use of flipped classroom and student-active teaching methods in a technology-rich classroom, called ProLab, at Oslo and Akershus University College, for a course in Dynamic Systems during fall semester 2014. Careful pedagogical design and technical support were crucial for successful implementation of active teaching methods in ProLab for

  
UNIVERSITETSFORLAGET

 idunn.no  
Nordiske tidsskrifter på nett

This article is downloaded from www.idunn.no. © 2015 Tiina M. Komulainen, Christine Lindstrøm og Tengal Aas Sandtrø. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons CC-BY 4.0 License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), allowing third parties to copy and redistribute the material in any medium or format and to remix, transform, and build upon the material for any purpose, even commercially, provided the original work is properly cited and states its license.

approximately 60 students. Implementation of group work and student presentations in class was successful; the students were satisfied with the course, and an increased learning gain was measured. The course in Dynamic Systems can be further improved by introducing stronger incentives for the students to prepare prior to class.

### Keywords

Flipped classroom, technology-enhanced learning, student active teaching.

## INTRODUKSJON

### Motivasjon og forskningsspørsmål

Motivasjonen for forskningsprosjektet var tidligere års studenters ønske om omvendt undervisning og bruk av lokaler som er bedre tilrettelagt for praktiske øvinger. Forsøket er også inspirert av internasjonale trender i realfagsundervisning som gruppebasert, problembasert læring (Beichner, 2008) og andre undervisningsformer som krever aktiv involvering av studentene (Fraser et al., 2014; Freeman et al., 2014). Forskningsspørsmålene våre var: 1) Hvordan bør omvendt undervisning-metoder med fokus på grupper implementeres i et matematisk ingeniørfag? 2) Øker studentaktive undervisningsmetoder i teknologirike undervisningslokaler læringsutbyttet? 3) Ville mini-prøver i undervisningstimene være et tilstrekkelig incentiv for å få studentene til å forberede seg til undervisningen? 4) Hvilke fordeler og utfordringer gir studentaktive undervisningsmetoder i et teknologirikt undervisningsrom?

Forskningsprosjektet begynte i august 2013 med tradisjonell undervisning i tradisjonelle undervisningslokaler, mens vi tester studentaktive undervisningsmetoder høsten 2014 og høsten 2015 i et teknologirikt undervisningsrom. Prosjektet blir ferdig innen mars 2016, men de første resultatene var klare etter eksamen i desember 2014.

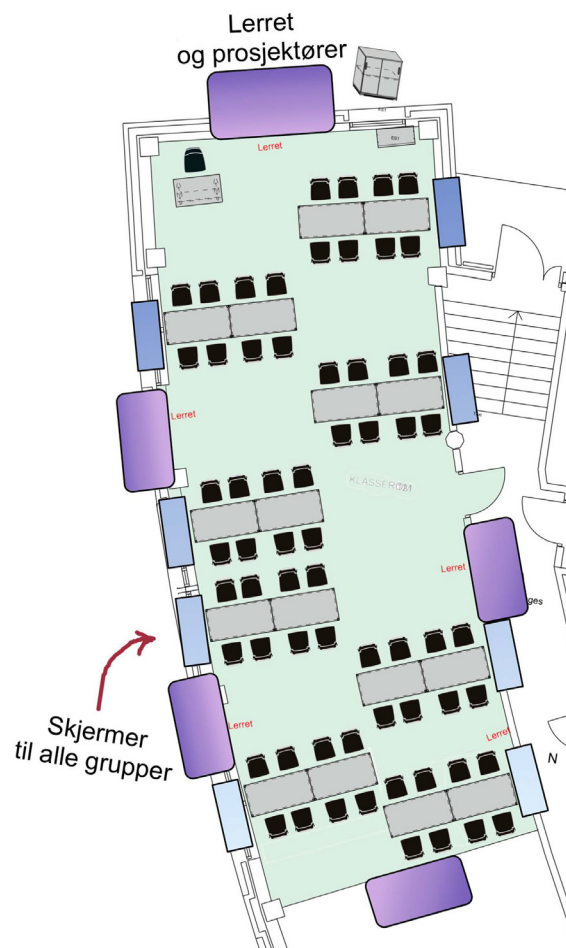
Forskningsmetodene består av sammenligning med andre universiteter i form av diagnostiske pre- og posttester (Bristow et al., 2012), sammenligning av eksamensresultater mellom forskjellige kull og kurs, flere mini-prøver i løpet av semesteret, samt telling av oppmøte og studentenes kursevalueringer.

### Kort kursbeskrivelse

Kurset i Dynamiske Systemer (ELTS2300, 10 sp) undervises hvert høstsemester til cirka 60 automatiseringsstudenter i studieprogrammet Elektronikk og Informasjonsteknologi ved HiOA. Undervisningen består av 2 timer teori og 4 timer øvinger per uke, samt 3 timer laboratorieøvinger annenhver uke. I tillegg skal studentene jobbe på egenhånd 4–7 timer per uke. Undervisningsressursene omfatter én lærer, to studentassistenter og én laboratorieingeniør. I dette ProLab-prosjektet ble pedagogisk veileder og teknisk støtte hentet inn.

## Utforming av ProLab

«Aktiv læring engasjerer elevene i prosessen med å lære gjennom aktiviteter og/eller diskusjon i klassen, i motsetning til å passivt lytte til en ekspert. [Aktiv læring] understreker avansert tenkning og innebærer ofte gruppearbeid» (Freeman et al., 2014, s. 8413-4 [forfatters oversettelse]). ProLab var planlagt for testing av forskjellige aktive læringsmetoder. Design av ProLab var inspirert av SCALE-UP (Gaffney, Richards, Kustusch, Ding, & Beichner, 2008), Technology Enhanced Active Learning, TEAL (Belcher, Dourmashkin, & Lister, 2014), og Active Learning Classroom, ALC (Walker, Brooks, & Baepler, 2011). Ombygging av et 110 m<sup>2</sup> stort rom til ProLab var basert på Pedagogy–Space–Technology (PST)-rammeverket beskrevet av Radcliffe, Wilson, Powell, og Tibbetts (2008). ProLab er et teknologirikt gruppebasert rom med plass til 64 studenter, som vist i *Figur 1*. Lokalet er utstyrt med 8 gruppebord, hver med 8 plasser og en småskjerm for gruppepresentasjoner, 5 store skjermer for plenumspresentasjoner, og en fast lærer-PC med Symposium Smartboard-skjerm. Studenter og lærer kan presentere fra PC eller mobil på storskjermene over det trådløse nettverket, uansett hvor i rommet de er. Studentene tar med sine egne bærbare PC-er og installerer nødvendig software selv (Airmidia, Matlab og Simulink).



Figur 1. ProLab er utstyrt med 5 store skjermer (lerret) på veggene, 8 gruppebord med én småskjerm hver, og lærerbord med skrivbar Symposium-skjerm. Det er plass til 64 studenter.

## UNDERVISNINGSMETODER I PROLAB

### Plan for pedagogikk i Prolab

Læreren ønsket å teste en variant av omvendt undervisning (American Association of Physics Teachers, 2014), som vektlegger mye tid til gruppearbeid og studentpresentasjoner i klasserommet og innlæring av teori som selvstudium. Siden læreren (førsteforfatter) ikke hadde erfaring med aktive læringsmetoder eller teknologirike klasserom, ble pedagogisk veileder (andreforfatter) og teknisk spesialist (tredjeforfatter) invitert inn i prosjektet.

Undervisningen var lagt opp slik at studentene skulle jobbe mest mulig med utfordrende øvingsoppgaver i grupper og være aktive i klasserommet. Læreren og studentassistentenes rolle var å tilrettelegge smidig gruppearbeid. Ved å følge med på gruppens fellesskjerm kunne lærer og studentassistenter kommentere arbeid før spørsmålene kom. Ved å følge med på gruppeskjermene var det enklere å vurdere framdriften og eventuelt justere tiden for å avslutte oppgavene. Lærer endret gruppesammensetningene underveis i semesteret for å tilrettelegge for best mulig gruppedynamikk. Studentene skulle lese om ny teori og jobbe med enkle, teoretiske oppgaver hjemme, mens mer komplekse aspekter av teori, samt modellering og simulering skulle gjennomgås i klasserommet. Øvingsoppgavene skulle gjennomføres gruppevis med studentenes plenumspresentasjon av resultater etterpå. Regelmessig måling av faglig progresjon i løpet av semester ble planlagt i form av mini-prøver.

### Implementering av pedagogikk i Prolab

Flere ulike studentaktive og gruppebaserte undervisningsformer ble anvendt hver uke. Studentene skulle forberede seg til undervisningsøkter ved å svare på Fronter-baserte forkunnskapstester, som krevde lesing av ny teori og enkle beregninger. En typisk undervisningsøkt begynte med gjennomgang av spørsmålene studentene hadde om forkunnskapstesten på Fronter. Lærer introduserte ny teori med et eksempel, og gav forskjellige oppgaver til hver gruppe. Studentene jobbet med oppgavene, som ofte krevde analytisk problemløsning med penn og papir, samt modellering, simulering og illustrasjon av numeriske resultater i Matlab Simulink. Underveis delte studentene resultatene med gruppen sin via småskjerm, og lærer og studentassistentene hjalp til. Etter en gitt tidsfrist valgte lærer én eller flere grupper til å presentere resultatene sine til hele klassen via storskjermene. Lærer oppsummerte undervisningsøkten etter spørsmål og diskusjon.

Individuelle mini-prøver på 20 min. ble gjennomført i undervisningsøkten annenhver uke. Etter testen vurderte studentene hverandres besvarelser mot fasit presentert av lærer. Formålet med testen var å måle studentenes egen progresjon i faget. I tillegg skulle studentene annenhver uke levere inn en obligatorisk øving som inkluderte teori, modellering og simulering.

### Erfaring med undervisning i Prolab

For å gjennomføre omvendt undervisning med blant annet individuelle mini-prøver og gruppeoppgaver, måtte kursmaterialet, som inkluderte forelesningsnotater og øvingsoppgaver med fasit, reorganiseres. Nye flervalgsspørsmål for forkunnskapstestene ble skrevet, deling av forelesningsnotatene mellom materialet for selvstudie/forkunnskapstest og kompleks teori/modellering til gruppearbeid i klasserommet innebar mye ekstra arbeid. En del av tidligere kursmateriale måtte kastes for å muliggjøre grundig gjennomgang av hovedtemaene i kurset.

Bruk av studentaktive læringsmetoder i ProLab fungerte hovedsakelig som planlagt, med unntak av at kun 42 % av studentene jobbet med forkunnskapstestene og at studentene ikke hadde tålmodighet til å høre på flere enn én presentasjon per oppgave. Problemet med studentenes manglende forberedelse resulterte i at læreren brukte mer tid på teorigjennomgang i klasserommet enn planlagt. Problemet med studentenes presentasjoner var løst ved at kun én eller to grupper, valgt av lærer, presenterte resultatene sine etter hver oppgave. Men dermed ble det begrenset hvor mange alternative løsningsforslag som ble vist.

I tillegg til at studentene var aktive, var læreren og studentassistentene også svært aktive hver økt. En kort video ble produsert og viser undervisning i praksis (Sandtrø, 2014). Ved hjelp av pedagogisk veileder og teknisk støtte var lærer trygg i å undervise i nye omgivelser med nye metoder.

### Detaljert kursinnhold og oppgavetyper i dynamiske systemer

Kurset i Dynamiske Systemer besto av teoretiske konsepter og praktisk modellering av fluidsystemer. Teorien innebar teknisk tegning, blokkdiagrammer, matematisk modellering, formulering av differensialligninger, analytisk og numerisk løsning av differensialligninger, linearisering av ulineære modeller, Laplace-transformasjon og invers-Laplace-transformasjon, transferfunksjoner, stabilitetsanalyse, sammenheng mellom modellformuleringer: differensialligninger, transferfunksjoner, state-space-modellering, første- og andreordenssystemer, tidsforsinkelse, modellparametre fra simulerte sprangresponser, frekvensrespons: Bode-diagram, fourier transformasjon, samt filtre. I tillegg inngikk praktisk modellering og simulering av lineære første- og andreordens fluidsystemer, og ulineære fluidsystemer ved bruk av enkle material- og energibalanser: nivå i væsketank med forskjellige ventilkaraktistikker, temperatur i væsketanken med forskjellige varmekilder og varmetap (konstant og varierende nivå), konsentrasjon i blandekar uten reaksjon, konsentrasjon i blandekar med reaksjon og tidsforsinkelse, samt tanker i serie.

Ukentlig forarbeid fra lærer besto av anbefalinger til studentene om kapitlene i læreboka som var bakgrunnsmaterialet til forkunnskapstesten. Forkunnskapstesten ble implementert via en elektronisk læringsplattform (Fronter) i form av 6–10 flervalgsspørsmål med fire svaralternativer hver. Spørsmålene

inneholdt begrepsmessige spørsmål, korte analytiske beregningsoppgaver og korte simuleringsoppgaver.

Teorioppgavene brukt i undervisningen besto av forklaringsoppgaver i grupper, for eksempel «forklar teori/konsept med egne ord og notasjon i gruppen», og i tillegg måtte gruppene stille tre spørsmål om gjennomgått teori til lærer.

I klasserommet ble praktiske analytiske og numeriske simuleringsoppgaver gjennomført i grupper, lærer ga én eller to oppgaver fra oppgavesett til hver gruppe. Analytiske oppgaver besto for eksempel av dynamisk modellering av en væsketank, linearisering og Laplace-transformasjon av differensialligninger, og (stabilitets)analyse av modeller i Laplace-plan. Simuleringsoppgavene innebar implementering av dynamiske modeller i Matlab/Simulink og testing av forskjellige parametre og initialverdier for ulike væskesystemer. Gruppene jobbet med oppgavene i 20 minutter, med studentassistenter tilgjengelig for å hjelpe til. Etterpå presenterte utvalgte grupper til hele klassen via storskjermer.

Annenhver uke ble en individuell mini-prøve gjennomført i undervisningen. Prøvene innebar modellering og analyse av et væskesystem som lignet på et system gjennomgått uken før. Mini-prøvene ble gjennomført i penn-og-papirformat, slik at det var praktisk for medstudentene å vurdere disse når fasit ble gjennomgått i plenum. De obligatoriske oppgavene om modellering, analyse og simulering av forskjellige væskesystemer innebar derimot både teoretisk og praktisk arbeid i grupper bestående av to studenter, med innlevering av en formell rapport.

Ved ønske om en fullstendig didaktisk modell av kurset og alle oppgavesettene, vennligst ta kontakt med førsteforfatter.

## DATAINNSAMLING

Følgende data dannet grunnlaget for evaluering av kurset i Dynamiske Systemer høsten 2014: oppmøte registrert av lærer, resultater fra Control Systems Concept Inventory diagnostisk pre- og posttest, poengfordistribusjon fra hver mini-prøve (ingen individuelle data), og studentenes midtveis- og sluttevalueringer.

Eksamensresultatene for kurset i Dynamiske Systemer, samt for førsteårskursene i Fysikk og Kjemi, og Elektriske Kretser ble samlet inn for studentene som deltok i Dynamiske Systemer i 2013 (kull 2013) og 2014 (kull 2014).

## RESULTATER

### Eksamensresultater

Effekten til ProLab-undervisning var evaluert ved å sammenligne eksamenskarakterer mellom årskull 2013 (tradisjonell undervisning) og årskull 2014 (ProLab i dynamiske systemer) for kursene i fysikk og kjemi (ELPE1100), elektriske kretser (ELPE1300) og dynamiske systemer (ELTS2300). Eksamensresultatene er gitt i *Tabell 1*.

For å kunne sammenligne eksamensresultater mellom kurs og kull, ble eksamenskarakterene kodet som følgende: 0=F, 1=E, 2=D, 3=C, 4=B, 5=A. Karakterdistribusjonene ble sammenlignet i SPSS ved bruk av en uavhengig Mann-Whitney U-test. I kurset Fysikk og Kjemi hadde kull 2013 et gjennomsnitt på 2,46 og kull 2014 et noe svakere resultat på 2,20, en forskjell som ikke var statistisk signifikant ( $p = 0,232$ ). I kurset Elektriske Kretser hadde kull 2013 derimot et gjennomsnitt på 3,94 og kull 2014 et mye svakere resultat på 3,35, en forskjell som var statistisk signifikant ( $p = 0,009$ ). I kurset Dynamiske Systemer hadde kull 2013 et gjennomsnitt på 2,64, og kull 2014 et tilnærmet identisk gjennomsnitt på 2,63 ( $p = 0,943$ ).

Kull 2013 var sterkere enn kull 2014 basert på eksamensresultatene i førsteårskursene Fysikk og Kjemi, og Elektriske Kretser. Derimot er forskjellen mellom kullene borte i andreårskurset i dynamiske systemer. Dette indikerer at undervisningsformen i ProLab har jevnet ut forskjellen mellom kullene, og økt læringsutbyttet til 2014-kullet.

TABELL 1. Eksamensresultater i fagene Fysikk og Kjemi, Elektriske Kretser og Dynamiske Systemer for kull 2013 og kull 2014.

Kurs	Fysikk og kjemi				Elektriske kretser				Dynamiske systemer			
	2013		2014		2013		2014		2013		2014	
A	3	6%	2	5%	20	39%	9	21%	6	11%	3	6%
B	6	12%	4	9%	19	37%	11	26%	11	19%	8	17%
C	16	31%	13	30%	7	14%	14	33%	16	28%	21	44%
D	17	33%	7	16%	1	2%	4	9%	10	18%	7	15%
E	6	12%	18	41%	3	6%	5	12%	10	18%	2	4%
F	3	6%	0	0%	1	2%	0	0%	4	7%	7	15%
Totalt antall	51		44		51		43		57		48	

### Effekt av oppmøte, forkunnskapstester og diagnostiske tester på eksamensresultat

I gjennomsnitt møtte 72 % av studentene opp til hver undervisningsøkt i ProLab. Forkunnskapstestene ble besvart av 42 % av studentene. Control Systems Concept Inventory pre-test ble besvart av 88 % av studenter med gjennomsnittresultat på 24,0 %, mens post-testen ble besvart av 51 % av studenter med

gjennomsnittresultat på 40,9 %. Dette gir økning på 16,9 % og normalisert gevinst på 20 %, noe som ligner på resultatene rapportert av Bristow et al. (2012).

Effekten mellom forskjellige uavhengige variabler og avhengig variabel (eksamensresultat i Dynamiske Systemer) var analysert i SPSS med ANOVA regresjon. Uavhengige variabler testet inkluderte karakter i Fysikk og Kjemi, karakter i Elektriske Kretser, oppmøte, Control Systems Concept Inventory pre-testresultat, og totalresultat i forkunnskapstestene. Modeller med ulike kombinasjoner av uavhengige variabler var satt opp; de mest signifikante uavhengige variablene var karakter i Fysikk og Kjemi, og oppmøte. ANOVA regresjonsmodell med disse to uavhengige variablene har R-verdi på 0,522. Karakter i fysikk og kjemi har regresjonskoeffisient 0,521 med signifikans på 0,001 og oppmøte har regresjonskoeffisient 0,016 med signifikans på 0,059.

Dette indikerer at deltagelse i ProLab-opplegget har en svak positiv effekt på sluttkarakteren i dynamiske systemer.

### Studentenes evaluering

Midtveis- og sluttevaluering av kurset ble begge gjennomført i to trinn: studentene besvarte først en anonym spørreundersøkelse i Fronter, som deretter ble diskutert av tillitsvalgt og lærer, som skrev en oppsummering. Midtveisevalueringen ble besvart av 41 % og sluttevalueringen av 24 %.

Studentenes sluttevaluering resulterte blant annet i følgende positive kommentarer: «teoriundervisning med Symposium SmartBoard har fungert bra»; «øvingene har fungert bra, og studentene har fått godt læringsutbytte på lange tirsdager (4t) med oppgaveløsning»; «mini-prøvene annenhver uke med medstudent-evaluering var nyttige for å måle egen progresjon i faget»; og «studentassistentene er veldig godt likt». På et flervalgsspørsmål om ProLab svarte 55 % av studentene at undervisningsformen i ProLab var bedre enn tradisjonell forelesning, 15 % var nøytrale og 30 % var uenige.

Studentenes sluttevaluering foreslo følgende utviklingstiltak: betydningen av forkunnskapstestene bør tydeliggjøres flere ganger i begynnelsen av semesteret, og disse burde telle som en obligatorisk øving; obligatoriske øvinger bør erstattes med obligatoriske mini-prøver med medstudent-vurdering for å få raske tilbakemeldinger om progresjon i faget; registrering av mini-prøveres resultatene bør gjøres via en anonym plattform i stedet for via håndopprekning; forskjellige aktiviteter i undervisningstiden burde prioriteres annerledes, så ikke altfor mye tid brukes på studentpresentasjoner; og læreboken burde erstattes med et nytt kompendium.

Den gjennomsnittelige karakteren studentene ga for kurset økte fra C (2,8) på midtveisevaluering på til B- (3,6) på sluttevalueringen.



## DISKUSJON OG KONKLUSJON

I løpet av høstsemesteret 2014 har vi testet studentaktive læringsmetoder i et teknologirikt undervisningsrom og svart på forskningsspørsmålene våre:

1. *Implementering i ProLab*: Vårt første forsøk på implementering av omvendt undervisning, som tillater mye gruppearbeid og studentaktiviteter i undervisningen, var vellykket. Majoriteten av studentene likte læringsmåten i ProLab og syntes at de fikk godt læringsutbytte av oppgaveløsning i grupper med lærer og studentassistenter til stede.

2. *Læringsutbytte*: Sammenlikning av eksamensresultatene mellom sterkere kull 2013 og noe svakere kull 2014 tyder på at læringsutbyttet økte med undervisningsopplegget i ProLab. I forhold til førsteårskurs med tydelig forskjell i karakterfordeling mellom kullene, ble karakterforskjellen jevnet ut i kurset i dynamiske systemer med aktive læringsformer i ProLab for kull 2014.

3. *Insentiver for forberedelse*: En svakhet ved undervisningsopplegget var studentenes manglende forberedelse til undervisningsøktene. Undervisningsopplegget ble delvis endret for å gi alle gode nok forkunnskaper. Til neste gjennomføring av kurset bør insentivene for forberedelsene være sterkere.

4. *Fordeler og utfordringer*: Fordelene med student-aktive læringsmetoder i teknologirikt undervisningsrom er økt læringsutbytte, læring fra medstudenter og høy deltagelse i undervisningen. Utfordringene innebærer bygging av et slikt rom på «en optimal måte», lærernes manglende kunnskap om studentaktive læringsmetoder og erfaringer med teknologirike rom, og ekstra tid som trengs for å omvende kurset fra tradisjonell undervisning til aktiv undervisning. Tiltak som trengs er tverrfaglige prosjekter mellom lærere, IKT-pedagogikkspesialister og høgskolens eiendomsavdeling, og utvikling av kursopplegg for nye lærere som ønsker å bli med.

## TAKK

Forfatterne takker Fakultet for Teknologi Kunst og Design ved HiOA for finansiering av forskningsprosjektet «ProLab for DynSys».

## LITTERATUR

- American Association of Physics Teachers. (2014). *PhysPort – Supporting physics teaching with research-based resources*. Hentet 12.10.2014 fra <https://www.physport.org/>
- Beichner, R. J. (2008). The SCALE-UP Project: a student-centered active learning environment for undergraduate programs. *An invited white paper for the National Academy of Sciences*, September 2008.
- Belcher, J., Dourmashkin, P., & Lister, D. (2014). *TEAL Technology-Enhanced Active Learning*. Hentet 12.10.2014 fra <http://web.mit.edu/edtech/casestudies/teal.html>
- Bristow, M., Erkorkmaz, K., Huissoon, J. P., Jeon, S., Owen, W. S., Waslander, S. L., & Stublely, G. D. (2012). A Control Systems Concept Inventory Test Design and Assessment. *IEEE Transactions on Education*, 55(2), 10. doi: 10.1109/TE.2011.2160946

- Fraser, J. M., Timan, A. L., Miller, K., Dowd, J. E., Tucker, L., & Mazur, E. (2014). Teaching and physics education research: bridging the gap. *Reports on Progress in Physics*, 77(3), 17. doi:10.1088/0034-4885/77/3/032401
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, 6. doi:10.1073/pnas.1319030111
- Gaffney, J. D. H., Richards, E., Kustus, M. B., Ding, L., & Beichner, R. J. (2008). Scaling Up Education Reform. *Journal of college science teaching*, 37(5), 18–23.
- Radcliffe, D., Wilson, H., Powell, D., & Tibbetts, B. (2008). *Designing next generation places of learning: collaboration at the Pedagogy-Space-Technology nexus*. St Lucia: Australian Learning and Teaching Council Hentet 22.03.15 fra <http://www.olt.gov.au/resource-designing-next-generation-places-of-learning-2008>.
- Sandtrø, T. A. (producer) (2014). *Tiina Komulainen teaching in ProLab*. Hentet 05.06.2015 fra <http://vimeo.com/111093969>
- Walker, J. D., Brooks, D. C., & Baepler, P. (2011). Pedagogy and Space: Empirical Research on New Learning Environments. *EDUCAUSE Quarterly*, 34(4).