

Fremtidens Undervisningsfacilitet

En ny flow- og læringsbefordrende indretning af naturfagslokaler



Forfattere

Jane Grud, Frans Ørsted Andersen, Peter Bentsen, Anette Grønbæk, Georg Nissen

© Universe Fonden december 2012

Rapporten kan citeres med tydelig kildeangivelse

Universe Fonden
Alsion 2
6400 Sønderborg
www.universefonden.dk

Donationer og sponsorater

Midlerne til projektet Fremtidens Undervisningsfacilitet er doneret af Undervisningsministeriet, Egmont Fonden, Sønderborg Kommune og Danfoss Universe. Supplerende midler er doneret af Fabrikant Mads Clausens Fond.

Følgende rådgivere har støttet projektets almennyttige karakter ved at medvirke til en reduceret timesats:

- Arkitekt Anette Grønbæk, 2+1 Idébureau, konceptudvikling, arkitekt for byggeprojekt
- Chefkonsulent Johan Galster, 2+1 Idébureau, kommunikationsrådgivning
- Innovationskonsulent Julie Kjær-Madsen, Loop Company, konceptudvikling.

Følgende virksomheder har støttet projektets almennyttige karakter ved at sponsorere, del-sponsorere eller yde rabat på deres leverancer:

- ST Skoleinventar A/S, fastmonteret inventar
- AJ Produkter A/S, stole og vogne
- Hydro-Con A/S, elevatorlift
- Progressive IT A/S, projektering af trådløst datanet
- Cisco Danmark, udstyr til trådløst datanet
- C2IT A/S, SkoleSkyen
- A/S Søren Frederiksen, Ølgod, undervisningsmidler og kemikalier samt rådgivning om sikkerhedsforhold

Danfoss Universe har sponsoreret ombygningen af Elsbjerggård, to stationære projektionssystemer til stemningssætning af samlingslokalet på første sal og et mobilt interaktivt projektionssystem (smart board) til brug for lærernes og elevernes præsentation af opgaver og resultater.

Universe Fonden ønsker hermed at takke alle donorerne og sponsorerne for deres bidrag og medvirken i projektet.

Indhold

Anbefalinger for naturfagslokaler	4
Resumé	6
1. Introduktion.....	7
Unge fravælger naturfag som karrierevej	7
Projektet Fremtidens Undervisningsfacilitet.....	7
2. Teori om læring	9
Rum og læring	9
Almen læringsteori.....	10
Flow og læring	11
De indre aspekter af flow	11
De ydre forudsætninger for flow	12
Flow som optimal læringstilstand	12
Specifikt om skole og undervisning.....	14
Afrunding	14
3. Udvikling af et nyt indretningskoncept.....	15
Udviklingsbasis	15
Udviklingsproces.....	15
Konceptudvikling	16
Personaer	17
4. Koncept for indretning af naturfagslokaler	20
Spændvidde	20
5. Konkretisering af konceptet og udvikling af prototype	24
Bygningen.....	24
Konkretisering af konceptet	24
Realisering af prototype.....	28
6. Realiseret prototype	29
Blå lab	29
Orange lab	30
Arena.....	30
Nicher	30
Grøn lab	32
Grå lab og Dokumania	32
Faldlab	33
7. Undervisningsmæssig afprøvning af prototypen	34
Deltagende skoler, elever og lærere.....	34
Forsøgsundervisningernes form og indhold	35
8. Evaluering af forsøgsundervisningen.....	36
Evalueringsmetoder	36
Evalueringsdesign	38
9. Evalueringens resultater.....	39
A1. Lærernes og elevernes oplevelse af spændvidde.....	39
A2. Lærernes og elevernes oplevelse af undervisningen	41
A3. Aktører - lærerrollen.....	42
A4. Aktører – elevrollen.....	43
B5. Elevernes oplevelse af flow.....	44
B6. Elevernes oplevelse af læring	46
Svar på evalueringsspørgsmål	46
10. Perspektivering	48
Litteraturliste.....	49
Appendix 1: Rumdisponering.....	53
Appendix 2: Flow-spørgeskema	59
Appendix 3: Interviewguide for lærerinterviews	60
Appendix 4: Interviewguide, elevinterviews	61

Anbefalinger for naturfagslokaler

Til travle læsere oplistes her et udvalg af Universe Fondens anbefalinger for, hvordan man kan indrette gode naturfagslokaler, og hvilke virkemidler man kan bruge til det. Uddybende materiale findes på de efterfølgende sider.

Spændvidde

Lokalerne bør rumme en spændvidde, der rækker fra det mere generelle (steder til at søge information, strukturere, bearbejde, vurdere, omformulere og fremlægge sin viden) til det specifikt naturfaglige (steder til at undersøge og eksperimentere). Lokalerne bør ligeledes rumme en spændvidde fra det indadvendte, koncentrerede og stille til det udadvendte, adspredte og larmende.

Følgende virkemidler kan anvendes: Nicher, studiepladser, research-bar, arena, fokuszoner, eksperimentborde og grovværksted. Materialer, lyssætning og rummets eller områdets størrelse er også med til at fortælle hvad der kan foregå netop der.

Koncentration i stilhed

Lokalerne bør give eleverne mulighed for koncentration i stilhed. Der bør være steder, hvor eleverne kan få ro til at arbejde alene og steder, hvor de kan få ro til at arbejde i grupper.

Virkemidler: Afskærmede nicher, åbne og afskærmede fokuszoner, åbne afgrænsninger og fysiske barrierer. Steder til koncentration i stilhed er integreret i laboratoriet, som er tydeligt inddelt i områder og zoner til forskellige formål. Lyssætning, farver og overflader signalerer, om stedet er til stilhed, og om der kan eksperimenteres eller arbejdes mere generelt.

Koncentration i larm

Lokalerne bør give eleverne mulighed for koncentration i larm. Der bør være rum, hvor eleverne kan arbejde larmende uden at blive forstyrret af lærerens brug for ro til at tale og af de elever, der lige nu har brug for stilhed for at arbejde.

Virkemidler: Grovværksted, døre, stærk rumbelysning, garage- eller værkstedsæstetik med stærke kontrastfarver eller rå overflader som beton og stål.

Forskellige og varierede undervisningsformer

Lokalerne bør modvirke langvarig frontalundervisning og tilskynde til, at læreren bruger forskellige og varierede undervisningsformer. Der bør være mulighed for at undervise projektorienteret, hvor de forskellige naturfag indgår i en tværfaglig form. Lokalerne bør trække eleverne væk fra "skolebænken".

Virkemidler: Undgå "lærerens plads" og "lærerens territorium". Skab møbler og indretninger, som giver store og mindre grupper mulighed for at se direkte på hinanden, i stedet for at hele elevgruppen har front mod læreren. Indretninger tænkes som små og store cirkler fremfor hestesko eller rækker. Samme møbler og udstyr til lærer og elever.

Mulighed for at eksperimentere og udforske naturfaglige emner

Lokalerne bør give eleverne mulighed for at udforske naturfaglige fænomener med det blotte øje, kroppen og sanserne, med finmotorikken og grovmotorikken og med avanceret udstyr. Udstyret skal virke, så læreren har tid til at undervise og vejlede eleverne, og så eleverne ser forsøgene lykkes og kan koncentrere sig om at forstå teorien.

Virkemidler: Ikke noget lærer-demo-grej, eller så lidt som muligt. Ikke nogen unødvendige låse. Undervisningsmidler frit tilgængelige. Brug de rumligheder, som er til rådighed – f.eks. rummets højde eller længde til fysiske eksperimenter.

Inspiration, udstyr og materialer

Lokalerne bør give let adgang til inspiration (og svar på spørgsmål) – eksempelvis via forskellige håndbøger og Internettet. Lokalerne bør ligeledes give adgang til det udstyr og de materialer, der skal bruges i arbejdet.

Virkemidler: Trådløs internetadgang uden begrænsninger i hele lokalet. Håndbøger, et lille bibliotek tilgængeligt, info-grafik, som gør det let at navigere og finde det rette udstyr og det rette sted til et eksperiment. Lad rummene fortælle, hvordan de er opbygget, hvor store de er, og hvordan konstruktionen er udregnet.

Æstetik og ordentlige materialer

Lokalerne bør have en synlig, tiltalende æstetik. Der skal være et godt indeklima, en god akustik, et godt lys og tilpas variation i lyssætningen.

Virkemidler: Farvesætning, kontrast mellem det rå og det fine, knald på gulvfarverne, målrettet variation i lysstyrken – for eksempel kraftig rumbelysning over eksperimentborde og i rum, hvor der kan larmes, og mørkere nicher eller læsepladser med punktlys, hvor man skal have ro til fordybelse. Materialeægthed og stoflighed, som appellerer til sanserne. Brug farverne til at skabe ro og sammenhæng eller til at larme og give kontrast.

En narrativ ramme

Lokalerne bør indbyde til, at eleverne kan lege og lære sig ind i naturfaget gennem forskellige roller. Rent fysisk skal der være god plads til alle, så læreren under et tema kan planlægge forskellige opgaver for eleverne, og så eleverne oplever at kunne bevæge sig rundt og avancere i arbejdet. Der skal være funktionelt møblement og autentisk udstyr og materialer, som inspirerer eleverne til at leve sig ind i temaet og forskellige roller.

Virkemidler: Generiske faciliteter (sjaskegulv, faldlab og obduktionsbord), farvesætning, indlejring af redaktionsområde. Forskellig iscenesættelse med autentiske elementer fra køkken, sygehus, bryghus, bryggers, slagteri, mejeri, laboratorium og autoværksted. Brug moodboards som inspiration til de enkelte områder. Er det et klinisk, hvidt laboratorium, en blågrøn operationsstue eller et Ferrari autoværksted?

Resumé

Når man får at vide, at danske grundskoleelever internationalt set kun klarer sig gennemsnitligt i naturfag, og at mange unge fravælger naturfag som karrierevej, så er det oplagt at overveje, om ikke der er noget galt med det, der foregår i naturfagslokalet. Med baggrund i denne overvejelse har Universe Fonden siden 2006 i projektet Fremtidens Undervisningsfacilitet (FUF) arbejdet på at højne lærerens kompetence, inddrage mobile medier i undervisningen og på at udvikle mere engagerende naturfaglige undervisningsforløb.

Men hvad nu, hvis det er selve lokalet, det er galt med?

For at udfordre og undersøge denne mulighed har Universe Fonden i FUF-projektets sidste fase udviklet og afprøvet et nyt koncept for indretningen af naturfagslokaler, som skal gøre omgivelserne mere befordrende for elevernes engagement og læring i naturfag. Konceptets nye indretningsprincipper kombinerer læringsteori og viden om læringspraksis med viden om bygnings- og indretningsarkitektur, design og æstetik.

En prototype af konceptet er blevet realiseret i en tidligere værkstedsbygning, som ligger tæt på den naturvidenskabelige oplevelsespark Danfoss Universe ved Nordborg. Prototypen er blevet afprøvet med forsøgsundervisning i form af dagsbesøg med skoleklasser fra 7. og 8. klassestrin, som blev undervist i de nye omgivelser af deres egen naturfagslærer.

Forsøgsundervisningen blev evalueret gennem feltobservationer, interviews med lærerne og fokusgruppinterviews med udvalgte elever. Evalueringen omfattede også en spørgeskema-baseret måling af, om eleverne oplevede tegn på at komme i flowtilstand, mens de arbejdede med de naturfaglige opgaver. Fokusgrupperne blev sammensat af tre drenge og tre piger, der henholdsvis scorede højt, middel og lavt i deres rapportering af flowtilstand.

Resultaterne er opmuntrende. Der er tydelige tegn på, at de ændrede omgivelser er gavnlige for naturfagsundervisningen. Undervisningen kan blive mere varieret, og lærere og elever kan finde nye roller. Eleverne rapporterer tegn på flowtilstand som ændret tidsfornemmelse, oplevelse af koncentration og kontrol over forløbet. De nye omgivelser ser ud til at give nye muligheder for læring.

Prototypen er ikke indlejret i et skolemiljø og dermed ikke blevet afprøvet som en del af lærernes og elevernes hverdag. Derfor fremstår resultaterne fra forsøgsundervisningen og konceptets anbefalinger fortsat som hypoteser, om end med en vis vægt.

Næste skridt bør være at afprøve det nye indretningskoncept i et skolemiljø.



1. Introduktion

Unge fravælger naturfag som karrierevej

Sammenlignet med andre OECD-lande klarede danske folkeskoleelever i afgangsklasserne sig kun gennemsnitligt i de naturfaglige fag i PISA studiet i 2006, hvor naturfag var i fokus. Elevernes opfattelse af naturvidenskabs generelle værdi var den mindst positive blandt de elever, der deltog i studiet, for eksempel erklærede kun 40% af de danske elever sig enige i udsagnet "Fremskridt inden for naturvidenskab og teknologi medfører som oftest social fremgang". Kun 21% af de danske elever havde en forventning om en naturfagsrelateret karriere (Egelund, 2007a). I den seneste PISA undersøgelse fra 2009 kommer de danske folkeskoleelever ind på en 26. plads i naturfag, stadig på gennemsnitsniveau for de 65 undersøgte lande og økonomier. Der er en lille, men ikke statistisk signifikant (dvs. men ikke betydelig) forbedring i forhold til PISA 2006 (Egelund, 2010).

ROSE undersøgelsen samler og analyserer information om elevernes holdning til naturfag og deres motivation for at lære naturfag blandt folkeskolens afgangselever. Også her viser der sig en lav interesse blandt danske elever for at vælge en naturvidenskabelig eller teknologisk orienteret karrierevej (Sjøberg & Schreiner, 2007). I et internationalt perspektiv og en global økonomi, hvor Danmark skal konkurrere, er der således behov for at øge både elevernes kompetence og engagement i naturfagene.

ROSE resultaterne tyder på, at eleverne i Danmark ikke har udviklet noget godt forhold til skolens naturfag i den tid, de har haft det i skolen, og at mange danske unge har et ganske kritisk forhold til naturvidenskab (Sølberg & Troelsen, 2008). Det ser også ud til, at pigerne ikke trives med skolens naturfag, og at pigerne kan se både de positive og de mindre positive sider ved den nutidige udvikling i forhold til forskellige miljøspørgsmål (Sørensen, 2008).

En del af grundlaget for ROSE-projektet er en erkendelse af, at flugten fra naturfagene blandt andet kan skyldes, at eleverne i et moderne og postmoderne samfund kun i begrænset omfang oplever disse fag som meningsfulde og betydningsfulde for deres eget liv (Schreiner & Sjøberg, 2004).

For elever i 7.-9. klasse er det vigtigt, at indholdet i undervisningen opfattes som relevant og som noget, der kan bruges generelt i tilværelsen. Eleverne skal kunne se formålet med undervisningen. Der er store dele af undervisningen i fysik/kemi, som eleverne ikke ved, hvad de skal bruge til. Interessen for naturfag daler efter 3-5. klasse (se fx Schreiner, 2006).

På denne baggrund kunne man lidt populært sige, at der nok er noget galt med det, der foregår i fysiklokalet. Men, som det siges i en evaluering af den danske ROSE undersøgelse, det er "*ikke så let at ændre på, hvad det er, der foregår i 'fysiklokalet'*" (Sørensen, 2008, side 47).

Projektet Fremtidens Undervisningsfacilitet

Universe Fonden har siden 2006 i projektet Fremtidens Undervisningsfacilitet søgt at ændre på "hvad det er, der foregår" i naturfagsundervisningen, på tre forskellige måder: 1) Ved at højne lærerens kompetence (vidensdatabasen blivklog.dk), 2) ved at inddrage mobil kommunikation og mobile medier i undervisningen (den elektroniske skoletaske E-bag) og 3) ved at demonstrere en mere engagerende tilrettelæggelse af undervisningen (det naturfaglige undervisningsforløb Overvågningens Dilemma).

Men kunne man ikke også ændre på, "hvad det er, der foregår", ved at ændre på lokalet?

For at udfordre og undersøge denne mulighed har Universe Fonden i projektets sidste fase udviklet og afprøvet et nyt koncept for indretningen af naturfagslokaler, som skal gøre omgivelserne mere befordrende for elevernes engagement og læring i naturfag. Konceptet kombinerer læringsteori (herunder flowteori) og viden om læringspraksis med viden om bygnings- og indretningsarkitektur, design og æstetik i et sæt nye indretningsprincipper.

2. Teori om læring

Rum og læring

Der er en spirende opmærksomhed på samspillet mellem rum og pædagogik. Man har talt om et "spatial turn" som afløser for et "lingvistic turn" inden for human- og samfundsvidenskaberne (Larsen, 2005). Dette er dog først kommet sent inden for pædagogisk videnskab, og det er ret sparsomt med tilgængelige og praktiske eksempler på oversættelse af forskningsresultater til nye undervisningsmiljøer.

Rummet påvirker

Helt overordnet og generelt kan man sige, at et lokales indretning i høj grad bestemmer vores forventning om, hvad der skal ske i lokalet, og hvordan det skal ske. Indretningen rummer en indlejret viden, så at sige støbt ind i mure og vægge, som afspejler historien og traditionen, og som påvirker den sociale praksis i lokalet. Lokalets brugere kan være ubevidste om påvirkningen (Mottelson, 2010).

I et forskningsprojekt foretaget af Center for Fysiske Læreprocesser (Gitz-Johansen et al., 2001) undersøgte man tre indskolingsafdelinger ud fra hhv. et arkitektur-, børne- og professionsperspektiv. Én af de afgørende pointer i dette projekt var, at man bør være opmærksom på, om der er sammenhæng mellem de pædagogiske intentioner og de muligheder, som det fysiske læringsrum tilbyder. Disse elementer sammenkobles i begrebet "mulighedsfelt", som både rummer en fysisk/rumlig dimension og en social/pædagogisk dimension. I undersøgelsen af de tre indskolinger blev det iagttaget, at mulighedsfeltet ved lærerstyret aktivitet var snævert i forhold til situationer, hvor eleverne selv kunne administrere deres tid (Larsen, 2005).

Fagenes formelle krav

Et andet opmærksomhedspunkt i feltet mellem arkitektur og læring er fagenes formelle krav. Ifølge Björglid (2005) bør arkitektur- og rumforskning omhandle både de formelle krav, der er til skolefagene samt de fysiske og de psykiske oplevelser og muligheder, der er i et rum.

Dette peger forfatterne til bogen *Fag og rum i folkeskolen* (Steinø, 2003) også på. De mere overordnede mål bør være udgangspunktet, når man skal overveje udformning og indretning af de fysiske rammer for undervisning. I bogens indledning står blandt andet, at indretning og udformning af fysiske rammer må "... hvile på en forståelse af de enkelte fags pædagogik og arbejdsmetoder" (Steinø, 2003, s. 10). Bogen kommer med generelle bud på, hvordan rammerne bør udformes inden for hvert enkelt fag.

Undervisningsformer

Variation i undervisningsformer er et andet område, der med fordel kan overvejes, når man udvikler undervisningsfaciliteter. I en rapport om fremtidens undervisningsmiljø på universiteter peges der på, at de løsninger, der er mest befordrende for læring, vil afhænge af undervisningskulturen på stedet og de muligheder, man ønsker at opnå (Horst & Misfeldt, 2010). Der skelnes mellem tre undervisningsmetodiske grundformer (frontal-, dialogbaseret og studentercentreret undervisning). Et rum kan være hårdt programmeret (optimeret) til en bestemt undervisningsform, eller det kan være blødt programmeret, så der bliver flere variationsmuligheder. Ulempen ved blød programmering kan være, at ingen af anvendelsesmulighederne realiseres optimalt.

Dette kan ifølge Gitz-Johansen et al., (2001) med fordel suppleres med en opmærksomhed på de moderne pædagogiske vinde, der indbefatter differentiering, gruppearbejde og projektarbejde.

Det stemte rum

Björglid (2005) peger på, at belysning, akustik og møblering bidrager til stemningen i rummet. Det får ifølge Björglid betydning for, om rummet inspirerer til virksomhed og handling. Hun gør desuden opmærksom på, at ventilation og akustik har betydning, og at der kan være en ulempe ved rum med mange funktioner, fx at glasvægge kan medføre forstyrrelser og dermed koncentrationsbesvær. Det fysiske miljø sender et tydeligt budskab om, hvorvidt man er velkommen i undervisningsmiljøet eller ej.

Stemningen i rummet kan også have betydning for den mere faglige inspiration af eleverne. Et rums faglige invitation kan virke inspirerende og understøtte elevernes interesse for udvikling og læring (Horst & Misfeldt, 2010).

Almen læringsteori

Fra den almene læringsteori kender vi bl.a. følgende principper for god læring, som der selvfølgelig også må tages hensyn til, når man indretter læringsrum.

Øvelse gør mester

Øvelse og træning er afgørende forudsætninger for at opnå kompetence inden for alle områder, herunder naturfag. Der er fx klar evidens for "10.000 timers reglen" – man skal øve sig i 10.000 timer for at blive ekspert i noget (Gladwell, 2008; Nakamura, J. & Csikszentmihalyi, 2008).

Anstrengelse og mestring belønnes

Vi er fra naturens hånd udstyret med en belønningsmekanisme, der handler om, at "anstrengelse og mestring belønnes". Når vi udfordres og anstrenger os for at klare udfordringen, øges dopaminniveauet i kroppen (fysiologisk belønningsmekanisme), og vi får det bedre. Dopaminniveauet øges endnu mere, når vi mestrer (og er i flow). Mestring forstærker således læringen og giver varig positiv effekt (Gade, 1999; Gladwell, 2008).

Mesterlære / mentorskab

En af menneskehedens ældste læringsformer er mesterlæren – bonden, der oplærer børnene til også at blive bønder; håndværkeren, der oplærer lærlingen, osv. – altså den mere kompetentes personlige vejledning af den lærende. Det er en meget effektiv læringsform: at være tæt tilknyttet en "mester", der kan inspirere, guide, vejlede og udfordre (mentorskab). Flere nobelprismodtagere peger på, at deres egen excellence kom fra mesterlæreforløb fx i laboratorier, hvor markante "læremestre" fungerede som mentorer. En sådan meget berømt mentor var Niels Bohr. (Nakamura & Shernoff, 2009; Lave & Wenger, 2003).

Koncentration og opmærksomhed

Koncentration og opmærksomhed er forudsætningen for al læring. Læring er lig med varige ændringer i vore hukommelsessystemer. Opmærksomhed er hukommelsens værktøj. Jo mere opmærksomhed, jo mere læring. (Baddeley, 1989; Hansen, 2002; Csikszentmihalyi, 2005).

Mange måder at lære på

Man kan lære på mange forskellige måder – idet vore individuelle læringsforudsætninger og kapaciteter varierer meget både gennem livet og fra kontekst til kontekst. Vores læring er fx afhængig af vore læringsstile, multiple intelligenser, kognitive strategier, arbejdsvaner, per-

sonlighed, emotionelle tilstand osv. og befinder sig på mange forskellige niveauer (stimuli-respons, trial-and-error, refleksivt, metarefleksivt, osv.). Variation i undervisningen er derfor en gavnlig faktor. Dertil kommer, at den enkeltes læringsprofil også hænger meget sammen med vores såkaldte "self efficacy" eller troen på egen evne til at kunne gøre noget ved udfordringer og problemer (Bandura, 1994; Birkemo, 1999; Gardner, 1999, 2007; Grøterud, 1998; Hermansen, 1996; Illeris, 2006; Meyer, 2005; Repstand og Tallaksen, 2006).

Følelsesmæssig involvering

Læreprocesser forløber generelt bedre og sætter sig dybere spor (varig effekt) når vi er følelsesmæssigt involveret på en positiv måde. Afgørende for læring er derfor emotionelle størrelser som motivation og engagement. Engagement og efterfølgende mestringsoplevelse kan medføre indre motivation, flow-oplevelser og andre positive emotioner, der igen skaber en positiv cirkel i forhold til læring (Csikszentmihalyi, 2005; Fredrickson, 2001, 2010; Illeris, 2006; Biswas-Diener, 2010).

Vi lærer af og med hinanden

Mennesker er sociale væsener. Vi er bl.a. udstyret med såkaldte spejlneuroner, der automatisk helhedsafkoder mennesker i vores nærhed. Det er derfor nyttigt, at man er omgivet af "forskellige profiler" med hensyn til kompetence – i kammeratgruppen, i klassen, på arbejdspladsen, osv. (Bae, 1987, 1996; Brafman og Brafman, 2010).

Mediering (situering, stilladsering)

Vi kan livet igennem lære hvad som helst, når som helst, hvis bare vi bliver medieret på den rigtige måde (det er det, vi kalder pædagogik, undervisning, opdragelse og ledelse). Det vil sige, at det er muligt for en dygtig pædagog, lærer, coach, leder, osv. (en kompetent, empatisk professionel) at sørge for, at de "klienter" vedkommende har, bevæger sig i retning af deres "*optimale udviklingszone*" eller "*zone of approximate development*" (Lave & Wenger 2003; Hundeide, 2004).

Flow og læring

Begrebet flow fortjener særlig opmærksomhed, når man arbejder med indretningen af læringsrum. Flow betegner den mentale tilstand, som en person befinder sig i, når vedkommende er fuldstændig engageret og opslugt af en aktivitet. I hverdags sproget beskriver vi ofte denne tilstand som forbundet med oplevelsen af, at tiden bare "forsvinder".

Flowoplevelsen er en kompleks mental tilstand, som udover en ændring i tidsfornemmelsen omfatter en række andre oplevelsesmæssige eller såkaldte indre aspekter. Den nedenstående liste af indre aspekter er samlet fra den første beskrivelse af flowteorien i 1975 og opdateret i forhold til senere udgivelser (Csikszentmihalyi, 1975, 2002, 2003).

De indre aspekter af flow

- **Mål i sig selv.** Aktiviteten opleves som værd at involvere sig i alene for aktivitetens skyld.
- **Oplevelsen af sammenhængende mål og ikke-modstridende krav.** Det står helt klart, hvad man kan og skal for at nå målene.
- **Sammensmeltning af handling og opmærksomhed.** Man er opmærksom på sin handling, men ikke på selve opmærksomheden, idet man ikke ser sig selv som adskilt fra det, man gør.

- **Samling af opmærksomhed til koncentration.** Man samler opmærksomheden og skærper den imod det, man gør lige nu. Opmærksomheden på andre stimuli reduceres, så de ikke forstyrrer.
- **Tab af selvbevidsthed.** Tanker omkring selvet bliver irrelevante – selvet transcenderer (sætter populært sagt sig selv i parentes).
- **Oplevelsen af kontrol.** Man oplever kontrol eller mulighed for at opnå kontrol over egne handlinger og kravene fra omgivelserne.
- **Tab af tidsfornemmelse.** Den mest udbredte oplevelse er, at tiden går hurtigere end forventet.
- **Oplevet balance mellem udfordring og kompetencer.** Man oplever, at de udfordringer, man møder, passer til eller med tiden vil kunne passe til af egne kompetencer.

Man kan ikke kommandere nogen til at opleve flow, heller ikke skoleelever. Hvad man derimod kan gøre, er at indrette forholdene, så de ydre forudsætninger for flow er opfyldt.

De ydre forudsætninger for flow

Flowforskningen har identificeret en længere række af ydre omstændigheder eller forudsætninger, som virker befordrende for flow (Csikszentmihalyi, 2003).

- **Klare overordnede målsætninger.** De overordnede mål er dem, der kommer udefra – for det meste "oppefra" – og bliver pålagt den enkelte. Det er vigtigt, at målene er til at forstå, og at de giver den enkelte en eller anden form for overordnet mening.
- **Klare individuelle mål.** De overordnede mål er ikke i sig selv nok for, at den enkelte oplever flow i arbejdet for at nå dem. Man har også brug for klarhed over, præcis hvad der skal gøres, og hvor godt det skal gøres.
- **Klare, forståelige og håndterbare regler.** Det er vigtigt, at det er klart, hvordan man skal og kan arbejde for at opnå de overordnede målsætninger og individuelle mål.
- **Kontinuerlig konstruktiv feedback.** Løbende feedback på, hvordan man klarer sig, er vigtig for at kunne opnå og avancere i de individuelle mål. Feedback kan i nogle tilfælde ligge i selve arbejdet, eller den kan komme fra en anden person.
- **Mulighed for balance mellem udfordring og kompetencer.** Det er afgørende for oplevelsen af flow, at udfordringen og kompetencerne passer til hinanden. For store udfordringer giver stress, og for små udfordringer giver kedsomhed. I læringsaktiviteter er den rette udfordring ikke en statisk størrelse. Man vil med tiden opøve større kompetence, og så skal udfordringen gerne øges tilsvarende.

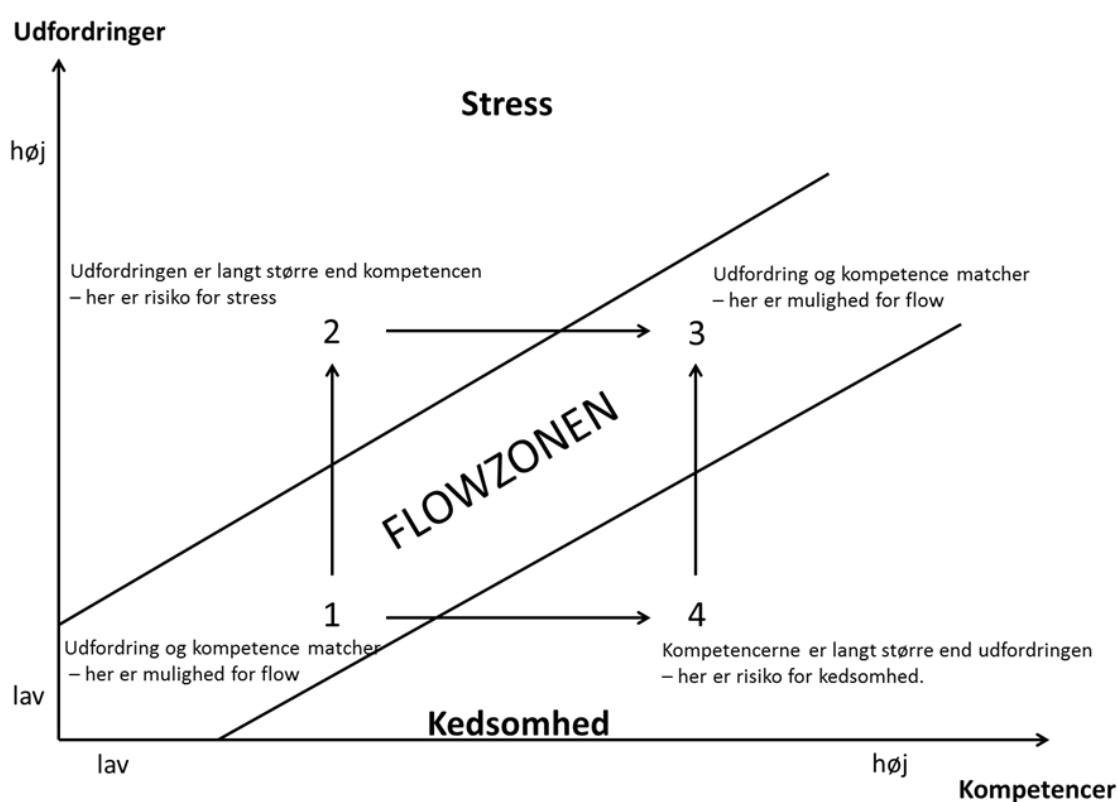
Som det fremgår af listen, handler de ydre forudsætninger for flow om at facilitere de rette kognitive og emotionelle tilstande. Indre tilstande vil naturligvis i sidste ende afhænge af den enkeltes anlæg og opfattelse, men disse grundlæggende forudsætninger kan forstås som de bedste vilkår for at komme i flow.

Flow som optimal læringstilstand

Flowtilstanden er optimal for læringsaktiviteter på grund af den koncentration, fokusering og fordybelse, der er en del af det at være i flow. Flowtilstanden udløser transmitterstoffet dopamin, der giver en følelse af velvære, og det medfører, at mennesker er tilbøjelige til at genopsoge aktiviteter, der har bragt dem i flow. Det kalder man også indre motivation, dvs. man er motiveret for en aktivitet på grund af aktiviteten selv. Forskningen viser, at indre mo-

tivation er langt mere gunstigt i forhold til læring og udvikling end ydre motivation (Csikszentmihalyi, 2005; Andersen, 2011).

Som nævnt forudsætter oplevelsen af flow en tilpas grad af klare mål og rammer, adækvat feedback og et rimeligt match mellem udfordringer og kompetencer. Specielt balancen mellem udfordring og kompetencer fremhæves som afgørende for sandsynligheden for flow (Csikszentmihalyi og Nakamura, 1999). Årtiers pædagogisk forskning viser imidlertid, at elever og studerende i uddannelsesinstitutionerne ofte oplever enten stress eller kedsomhed i deres skoleliv (Andersen, 2012). Ideen med at søge tilpasning mellem udfordringer og kompetencer er, at flowtilstanden kan opstå på alle kompetencestadier. Lidt forenklet sagt kan man komme i flow, selvom man ikke er specielt kompetent, når bare udfordringerne matcher det, man kan. En læringsproces kan foregå i flow, hvis udfordringerne løbende tilpasses til kompetenceudviklingen. Det illustreres i nedenstående figur.



En person i tilstand 1 og 3 befinder sig i flowzonen. Personen i tilstand 1 har langt færre kompetencer end personen i tilstand 3, men idet kompetencerne i tilstand 1 mødes med en tilsvarende mindre udfordring, opstår kvalitativt den samme gavnlige flowtilstand som ved tilstand 3 – hvor store kompetencer mødes af store udfordringer og skaber flow. Hvis udfordringerne derimod er for store i forhold til kompetencerne, er der risiko for stress (tilstand 2), og omvendt, hvis udfordringerne er for små i forhold til kompetencerne (tilstand 4), kan der opstå kedsomhed. Optimal læring og udvikling af kompetencerne kan foregå i den indtegnede flowzone.

Man kan derfor sige, at det er godt for skoleelevers naturfaglige læring og ønske om at beskæftige sig med naturfag, hvis de jævnlige oplever flow i forbindelse med naturfaglige aktiviteter. Dette er årsagen til, at muligheden for at komme i flow har været et meget væsentligt opmærksomhedspunkt i indretningskonceptet, og at elevernes oplevelse af flow er en af de væsentlige parametre, der skal undersøges i afprøvningen af konceptet.

Specifikt om skole og undervisning

Skolens og undervisningens succes afhænger yderligere af følgende forhold, hvor læringsrummets indretning kan virke hæmmende eller befordrende:

Klasserumsledelse

Lærerens evne til at sætte sig igennem og lede, inspirere, igangsætte, gennemføre og evaluere læreprocesser i store grupper af elever (Alborz et al. 2009; Andersen, 2010a, 2010b; Brodersen et al., 2007; Fibæk Laursen, 2004; Meyer, 2005; Nordenbo et al., 2008).

Didaktisk ekspertise

Lærerens evne til at planlægge, formidle og undervise i specifikke faglige emner til specifikke elevgrupper (Andersen, 2010a, 2010b; Brodersen et al., 2007; Christiansen, 2008; Meyer, 2005; Simula, H., 2005; Nordenbo et al., 2008).

Pædagogisk relationskompetence

Lærerens evne til at leve sig ind i elevernes verden og tage højde for deres sociale og følelsesmæssige situation, således at han/ hun kan skabe og vedligeholde gode relationer til eleverne og mellem eleverne indbyrdes. (Juul og Jensen, 2002; Fink-Jensen et al., 2004; Hundeide, 2004, 2006; Nordenbo et al., 2008).

Forberedelse

Der er klart dokumenteret en markant øgning af effekten af undervisningen, når læreren er velforberedt (Birkemo, 1999; Brodersen et al., 2007; Christiansen, 2008; Fibæk Laursen, 2004; Meyer, 2005)

Høje ambitioner på elevernes vegne. Det er vigtigt, at lærerne har høje (men også realistiske) forventninger og ambitioner til eleverne. En sådan indstilling hos lærerne medvirker til at elevernes læring, trivsel og selvværd øges (Andersen, 2011; Biswas-Diener, 2010).

Afrunding

Kendetegnende for forskningen i spændingsfeltet mellem arkitektur, pædagogik og læring er, at der ikke er tale om entydige svar på, hvilke rammer, der virker mest befordrende for læring. I stedet peges der på forskellige pædagogiske opmærksomhedspunkter og praktiske forhold, der kan have betydning for undervisningen.

3. Udvikling af et nyt indretningskoncept

Udviklingsbasis

Udviklingens mål var som beskrevet at skabe bedre omgivelser for naturfagsundervisningen. Der skulle populært sagt indlejres viden om god naturfagsundervisning og gode naturfagslokaler i murstenene for at påvirke den sociale praksis i naturfagslokalerne (Mottelson, 2010).

Udviklingsarbejdet har derfor taget udgangspunkt i to sæt opmærksomhedspunkter fra det ovenfor præsenterede teorifelt mellem arkitektur, pædagogik og læring.

Det første sæt opmærksomhedspunkter drejer sig om god naturfagsundervisning.

Kendetegn for god naturfagsundervisning
Elever får lov at gå i dybden med få materialer og ideer
Rammefortælling - have en narrativ ramme
Mulighed for risikofrit at eksperimentere, udforske, ændre og forsøge nye ting
Få tingene i hænderne
Tværfaglig projekt- og problemløsende tilgang = formålsbestemt, anvende viden aktivt
Lærer som leder
Finde egen måde at løse opgaven på indenfor givne rammer, bruge sine styrker og kompetencer
Lade elever reflektere over egen arbejdsmetoder og processer

Det andet sæt opmærksomhedspunkter drejer sig om gode naturfagslokaler.

Kendetegn for gode naturfagslokaler
Mulighed for ro og koncentration (flow)
Æstetik og ordentlige materialer (bør udfordre alle sanser)
Let adgang til udstyr, materialer og viden
Mulighed for at eksperimentere og udforske naturfaglige emner
Rum der lægger op til forskellige og varierede undervisningsformer
Dokumenteret læring – synlighed for hinanden i det offentlige rum
En narrativ ramme: mulighed for at pakke aktiviteterne ind i rollespil

Udviklingsproces

Udviklingsprocessen blev sat i gang den 18. januar 2011. Efter en række indledende sonderinger blev det i marts 2011 tydeligt, at der skulle mere til end blot at udvikle og bygge et eksemplarisk naturfagslokale, hvis projektet skulle have samfundsmæssig gennemslagskraft. Vi ønskede af hensyn til Universe Fondens almenyttige virke at kunne skalere resultaterne, det vil sige, gøre gavn på mange forskellige skoler rundt om i landet. Det var også lidt usikkert, hvilken bygning der ville blive stillet til rådighed for projektet. Derfor måtte der først udvikles et indretningskoncept for naturfagslokaler, som ikke var bundet til en bestemt bygning. Dette koncept kunne så være rettesnor for en projektering, ombygning og indretning af et nyt læringsmiljø i en af de to bygninger, der var i overvejelse til projektet. Udviklingsplanen blev udvidet med konceptudvikling som indledende opgave, som senere skulle fortsættes i konkretisering og projektering.

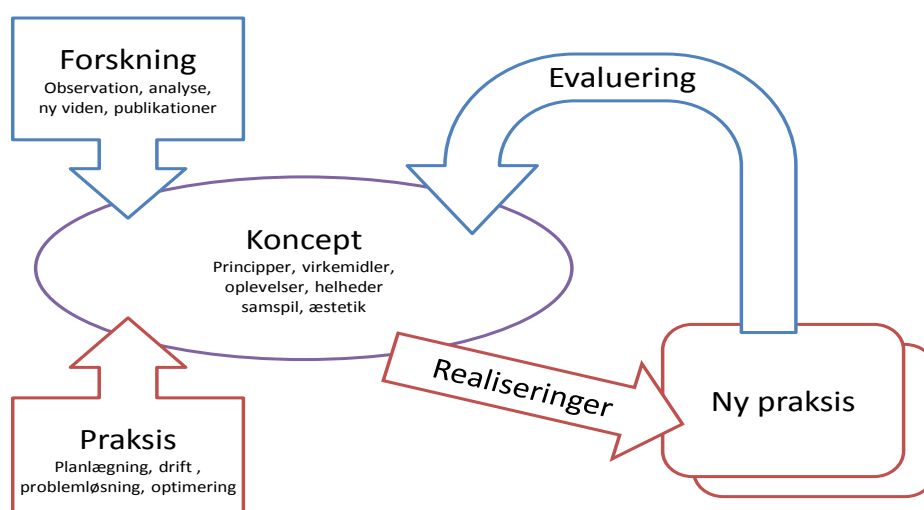
Ændringen i udviklingsperspektivet fremgår af tabellen nedenfor.

	Januar 2011	Tilføjelser april 2011
Plan	Bygge eksemplarisk naturfagslokale	Udvikle skalérbart indretningskoncept for bedre naturfagslokaler
Grundlag	Forskningsviden om gode naturfagslokaler og god naturfagsundervisning	Viden om praksis, arkitektur, design og æstetik
Elementer	Tegninger og beskrivelser	Rumkoncept, personaer, moodboards og rumkatalog
Udførelse	Projektering, ombygning, indretning	Konceptudvikling, konkretisering og tilpasning til bygning
Afprøvning	Forsøgsundervisning Evaluering	
Formidling	Rapportering	Brochurer, direct mail, foredrag, fremvisninger
Skalering	?	Opsøgende arbejde med rumkoncept, personaer, moodboards, rumkatalog som arbejdsgrundlag

Konceptudvikling

Konceptudvikling drejer sig om at skabe en ny løsningshelhed for de brugere, som konceptet henvender sig til (Merit & Nielsen, 2006). I det foreliggende tilfælde var der således behov for at kombinere de forskningsbaserede opmærksomhedspunkter om naturfaglig undervisning og naturfaglige læringsmiljøer med konkret viden om de deltagende lærere og elever, og om den undervisningsmæssige praksis i naturfagene.

Som illustreret i figuren nedenfor, er konceptet et mødested, hvor forskningen kan bidrage uden at hænge fast i de teoretiske luftlag, og hvor praksis kan bidrage uden at hænge fast i ”gulerødderne”.



Konceptet drejer sig blandt andet om principper og virkemidler, oplevelser og helheder, samspil og æstetik. Det danner basis for konkrete realiseringer af naturfagslokaler, som kan være forskellige fra sted til sted og passe til forskellige budgetter, tidshorisonter og andre praktiske

omstændigheder. Konceptet kan og bør videreudvikles gennem en evaluering af de forskellige realiseringer for at nuancere og udbygge konceptets indhold på basis af de indhøstede erfaringer.

Konceptudviklingen er gennemført af en arbejdsgruppe med følgende deltagere:

Deltager	Organisation	Speciale / Rolle
Arkitekt Anette Grønbæk	2+1 Idébureau	Arkitektur og æstetik / facilitator
Innovationskonsulent Julie Kjær-Madsen	Loop Company	Konceptudvikling og design / facilitator
Læringsmedarbejder Maria Wandahl	Danfoss Universe	Formel og uformel læring / deltager
Naturfaglærer Anders Brandt	Fryndesholmskolen	Undervisningspraksis naturfag / deltager
Naturfaglærer Lars Brandt Petersen	Hørup Centralskole	Undervisningspraksis naturfag / deltager
Naturfaglærer Manfred Buss	Havnbjerg Skole	Undervisningspraksis naturfag / deltager
Naturfaglærer Michael Stender	Broager Skole	Undervisningspraksis naturfag / deltager
Naturfaglærer Monika Jensen	Gråsten Skole	Undervisningspraksis naturfag / deltager
Naturfaglærer Stig Nissen	Gråsten Skole	Undervisningspraksis naturfag / deltager
Oplevelsesingeniør Mette Sindal Olsen	Danfoss Universe	Oplevelsesdesign og æstetik / deltager
Senior projektleder Georg Nissen	Universe Fonden	Integrativ ledelse / Projektleder
Projektleder Jesper Ingerslev	Universe Fonden	Procesledelse og læring / deltager og sparingspartner

Personaer

Et væsentligt skridt i konceptudviklingen var at udvikle og beskrive personaer for de lærere og elever, som skal bruge læringsmiljøet. En persona er en fiktiv bruger, der ikke eksisterer som en bestemt person, men som er beskrevet på en sådan måde, at læseren genkender beskrivelsen og tror på, at brugeren kunne findes i virkeligheden. Beskrivelsen fungerer som en maske, som udvikleren kan tage på for at forstå brugerens behov (Nielsen, 2011).

Lærerpersonaer

Vi har arbejdet med fire lærerpersonaer, der er beskrevet som følger:

Else, 48 år. Søger kontrol og struktur. Velorganiseret, pligtopfyldende. Har behov for rammer. Ikke så forandrings-parat og ikke så åben for nye idéer og muligheder. Motiveres af gode materialer, tydelig struktur og klare forventninger.



Frederikke, 35 år. Spontan. Trives bedst uden så megen struktur og kontrol. Projektorienteret, glemmer nogle gange detaljen. Motiveres af nye tendenser og hvad der er vigtigt for samfundet.



Poul, 31 år. Faglig ambitiøs og konkurrenceminded. Bruger IT i undervisningen og arbejder synligt med den naturvidenskabelige metode. Deltager fx i Science Cup. Motiveres af at blive udfordret og har behov for målsætninger og forventninger.



Carsten, 55 år. Socialt orienteret - "alle skal være med". Fokuseret på fagligt udbytte kombineret med social oplevelse. Stærk på gruppearbejde, læringsstile. Først fællesskab, dernæst faglighed.

Eleverpersonaer

Vi har beskrevet seks eleverpersonaer:

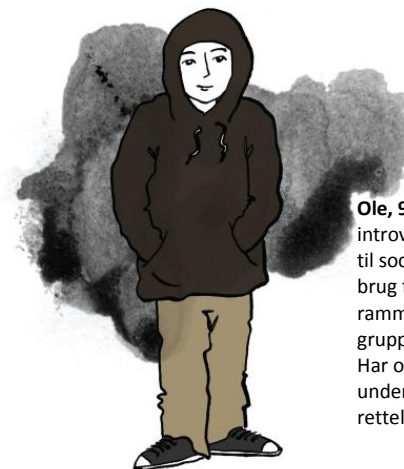
Camilla, 7. klasse. Faglig nørd. Glad, en slider og velforberedt. Knap så udadvendt. Ikke så forandringsparat. Har brug for at se behovet for det hun lærer.



Martin, 10. klasse. Introvert. Faglig dygtig. Høj social position. God paratviden. Høje forventninger til skolen. Brug for indflydelse på emnevalg og gruppe.

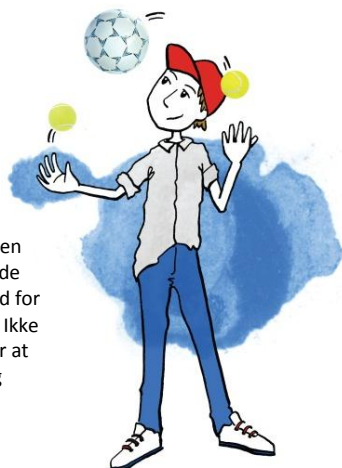


Sidse, 8. klasse. Det sociale midtpunkt. Mange venner, glad for drenge, er ikke organiseret og ikke boglig. Ekstrovert. God til gruppearbejde og at gøre ting på nye måder. Har brug for at have en rolle i gruppen. Kan motiveres af rollespil og en narrativ fortælling.



Ole, 9. klasse. Følsom og introvert. Begrænset evne til social interaktion. Har brug for fordybelse, klare rammer og en kort snor i gruppesammenhænge. Har også brug for at undervisningen er veltilrettelagt.

Niclas, 8. klasse. Den teknisk velfunderede fodboldknægt. Glad for musik, spil og film. Ikke boglig. Har brug for at arbejde konkret og med "hands-on".



Holger, 7. klasse. Har svært ved at holde koncentrationen i længe tid og sidde stille for længe ad gangen. Har behov for visuelle instruktioner og konkrete, overskuelige opgaver, hvor der er plads til at bruge kroppen. Glad, kreativ.

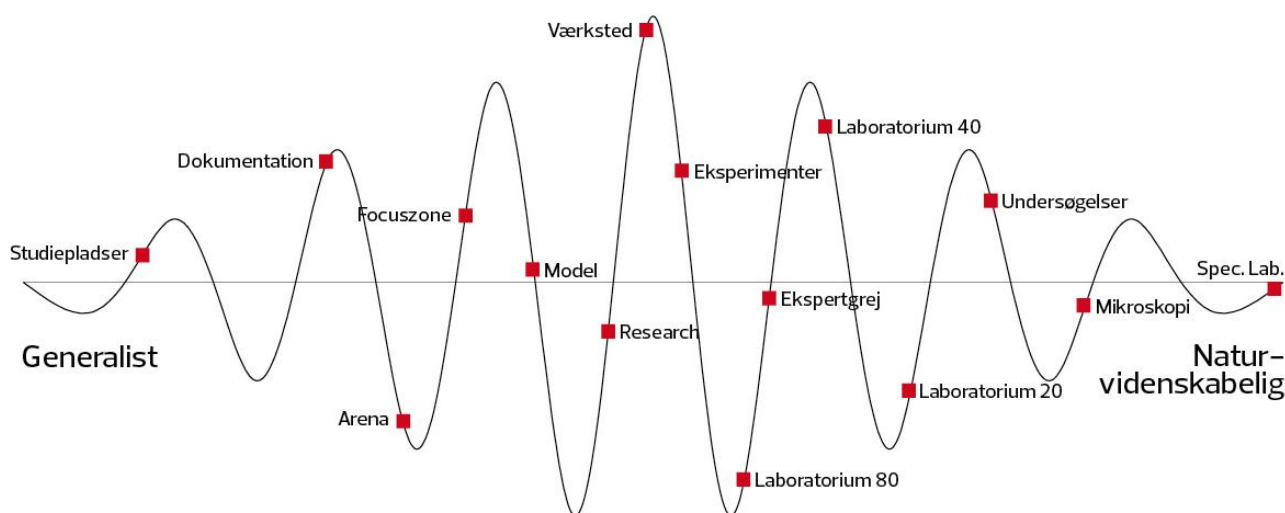


Personaerne hviler på beretninger fra arbejdsgruppens naturfagslærere om, hvilke typer af elever og kollegaer de møder i deres hverdag. De har været et nyttigt arbejdsredskab undervejs i konceptudviklingen, men især også i det efterfølgende konkretiserings- og projekteringsarbejde.

4. Koncept for indretning af naturfagslokaler

Spændvidde

Konceptets centrale tese er, at et godt naturfagligt læringsmiljø skal rumme en spændvidde fra det generelle til det specifikt naturfaglige. Det illustrerer vi med figuren nedenfor. Den rummer megen kompleksitet og kan foldes ud i mange dimensioner.



Kognitiv spændvidde

I området til venstre er der rum, både fysisk og mentalt, til de generelle kognitive discipliner, som eleverne lærer i skolen – læse, skrive, regne, søge information og viden, analysere, strukturere, vurdere, bearbejde og omformulere viden, præsentere, formidle og så videre. Til højre er der rum til det naturfaglige – iagttage, sortere, klassificere, konstruere og bygge forsøgsopstillinger, håndtere måleapparater, indstille, aflæse, afveje, blande, opvarme, afkøle, filtrere og så videre.

Adfærdsmæssig spændvidde

Den bølgeformede linje illustrerer, at der udover den intellektuelle spændvidde også er en adfærdsmæssig spændvidde i læringsmiljøet. Der er rum til store armbevægelser, højt aktivitetsniveau og larm, men der er også rum til koncentration i stilhed, fordybelse og ro.

De røde kvadrater identificerer forskellige konkrete steder, som kan være realiseret i læringsmiljøet. Et eksempel i den generelle ende er studiepladser, og i den naturfaglige ende en plads til mikroskopi. Begge disse steder lægger op til små armbevægelser, ro og koncentration. Værkstedet midt i figuren derimod er et sted, hvor man kan arbejde med noget stort og groft, hvor der er larm og store armbevægelser.

I den naturfaglige ende er der identificeret laboratorier i tre forskellige størrelser – 20, 40 og 80 kvadratmeter; hvor der er mere plads, kan der være mere fysisk udfoldelse. De store udsving i midten illustrerer det pladskrævende forsøg, hvor der er brug for baljer og gulvafløb, og hvor der kan blive noget plasken og sjasken.

Særlige steder

Værkstedet er et centralt element i konceptet. Et godt naturfagligt læringsmiljø har et dedikeret værksted – ikke skolens sløjdlokale, som altid er optaget af andre, men et værksted specifikt til naturfagsforløbene med almindeligt værkstedsudstyr, som eleverne frit må bruge, og

et tilhørende materialelager med "godt skrammel" – brugbare, tilpas store og små stumper af alt muligt anvendeligt.

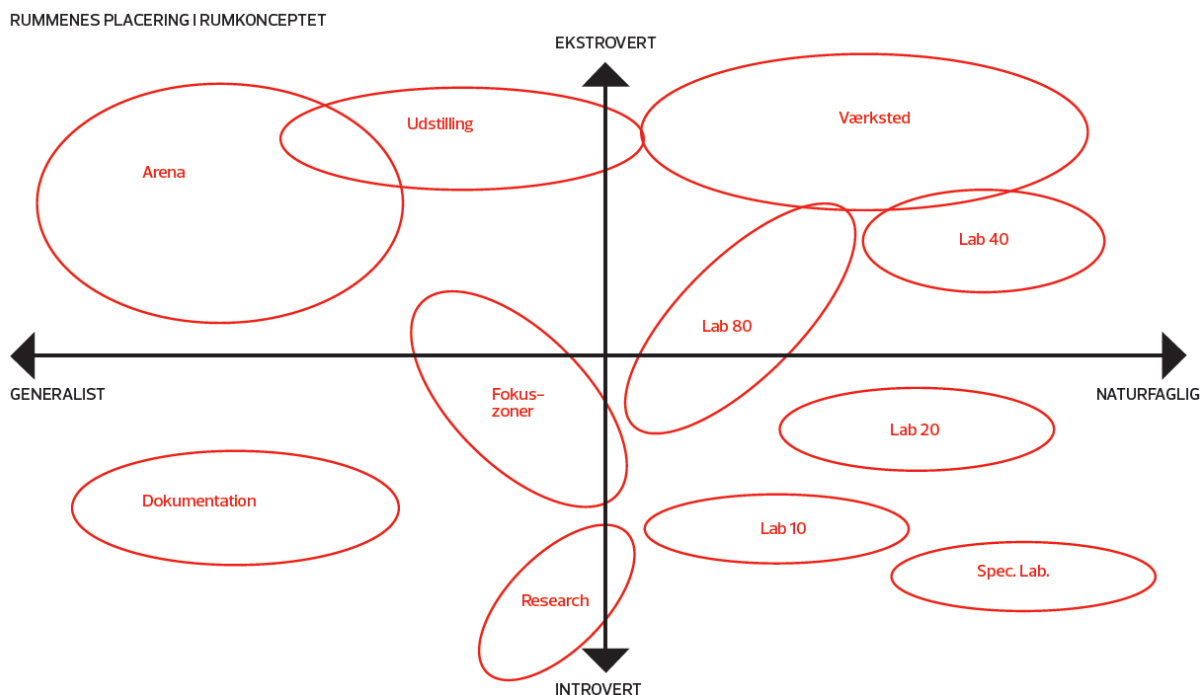
En "fokuszone" er et sted til en lille gruppe af elever, 2-4 personer, som er fælles om at løse en naturfaglig opgave. Fokuszonen er typisk udstyret med et bord og nogle sidde-eller ståpladser. Her kan eleverne have deres ting, forberede sig og aftale rollefordelingen. Hvis der er behov for det, kan de vende tilbage hertil for at gennemgå deres resultater i fællesskab og aftale de næste skridt. Fokuszonen er det sted, hvor gruppen kan finde og genfinde sit fokus i læringsforløbet. Der skal være et tilpas antal fokuszoner i læringsmiljøet, så alle elevgrupper kan finde et sted at være.

"Arena" er et sted, hvor man præsenterer sine resultater for hinanden. Det er her, læreren kan starte og afslutte læringsforløbet, og det er her, eleverne kan fremlægge for de andre, hvad de har lært. Formidling er en meget væsentlig del af et læringsforløb; når man selv skal give udtryk for sin læring, sætter man egne ord og begreber på, og uddyber og fæstner dermed det lærte mentalt. Gode naturfagslokaler har et sted, der kan fungere som arena.

"Model"-stedet er en niche, hvor en enkelt elev kan være "i fred" for de andre og bygge en model eller et byggesæt eller udføre en anden meget fokuseret og fordybelseskrævende aktivitet. En eller flere nicher af denne type kan også fungere som tilflugtssted for "dagens utilpassede elev" – fx personaen Niclas, hvis forældre ligger i skilsmisse og har skændtes kraftigt ved morgenbordet, så Niclas er lidt ude af sig selv og har brug for at være i fred.

Konceptet i en anden fortolkning

Man kan også illustrere de enkelt rums beliggenhed i den konceptuelle spændvidde som vist nedenfor. Den vandrette akse er den samme som før og spænder fra det generelle til det naturfaglige. Den lodrette akse angiver graden af udadvendthed eller indadvendthed i elevernes adfærd eller arbejdsform.



I arenaen er eleverne hovedsageligt udadvendte og generalister. Her præsenterer man sin læring eller lytter til andres præsentation. I værkstedet er eleverne udadvendte og naturfaglig-

ge – man interagerer med værktøj og materialer. I dokumentationsområdet er eleven hovedsageligt generalist, men indadvendt i sit arbejde med at formulere og beskrive proces, forsøg og læring. I et speciallaboratorium som mikroskopistationen er eleven mest naturfaglig og indadvendt. Fokuszonerne indtager en særlig plads – som gruppe er man indadvendt og ikke umiddelbart interesseret i at interagere med andre grupper, men som individ er man udadvendt over for de øvrige medlemmer i gruppen. Diagrammet skal forstås som en principskitse, der viser, at de forskellige rumligheder i konceptet dækker et bredt spektrum af væremåder.

Æstetik

Naturfagslokalernes æstetik spiller en stor rolle i konceptet. Elever og lærere i lokalerne oplever æstetikken gennem sanseindtryk, som er helt umiddelbare og af natur "ufiltrerede", og som derfor kan have stor betydning for trivslen og læringen i lokalerne. Man kan vænne sig til de fleste omgivelser, men det gør en stor forskel på lysten til at være et sted, hvis man oplever det som rart at være der.

Et bærende æstetisk princip (naturfags-æstetik) i lokalerne er at skabe kontrast mellem det rå og det fine. Bevidst farve- og lyssætning udnyttes til at skabe forskellige iscenesættelser af forskellige steder. Roligt farvesatte større inventar- og gulvflader kontrasterende med galvaniseret jern, glas, ubehandlet rå træ. Lyse farver og bevidst brug af lysstriber, hvor det er funktionelt gunstigt (over eksperimentborde) kontrasterende med dæmpede farver og dæmpet lys, hvor man ønsker en mere besindig stemning.

Så meget spændvidde som muligt

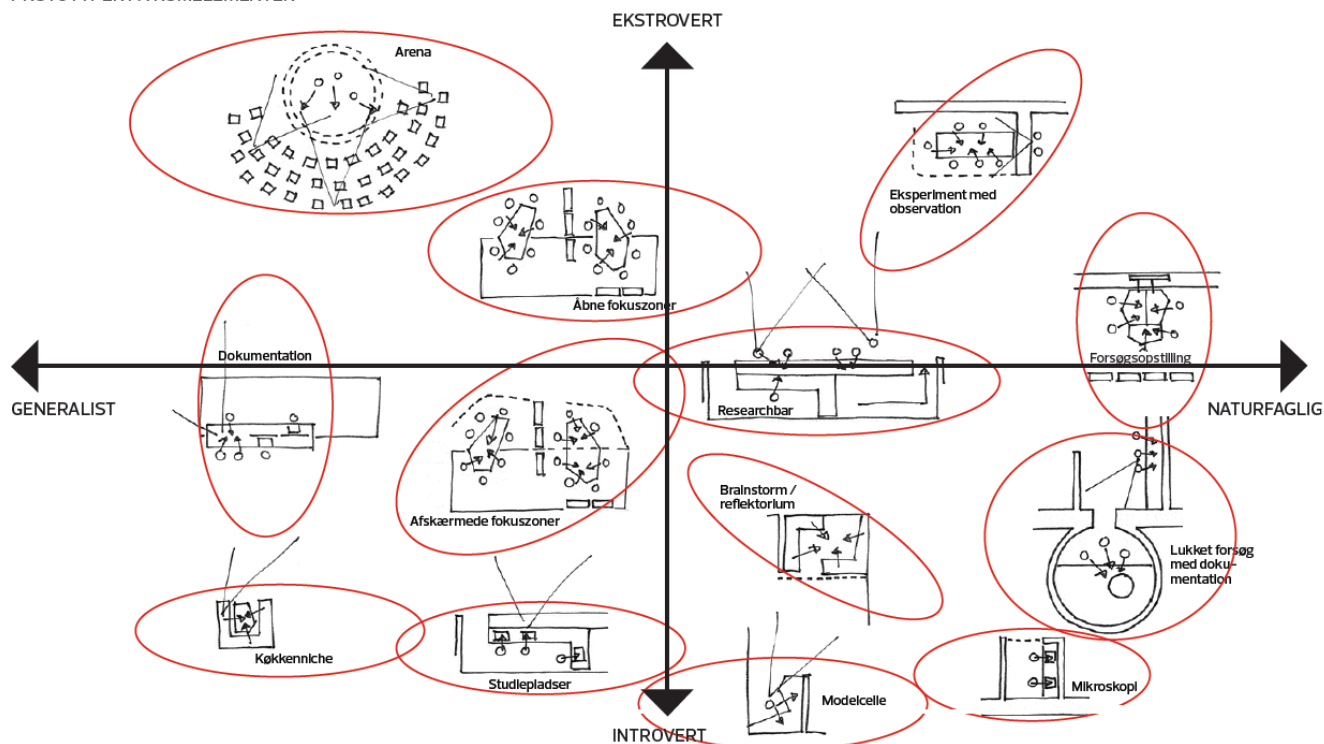
Begge konceptfigurer signalerer, at man i et naturfagligt læringsmiljø skal have så meget spændvidde med som muligt, for at det kan rumme og inspirere mange forskellige typer aktiviteter, adfærd, mentale discipliner, elever og lærere. Det nytter ikke noget, at man kun tænker på at realisere et 40 kvadratmeter stort laboratoriemiljø – hele konceptets spændvidde skal tænkes ind i det areal, man har til rådighed, selv om man måske ikke kan realisere alle de specifikke steder, der er indtegnet i figurerne. Der er mange dimensioner i spændviddebegrebet og mange "kroge" at tage fat i.

Dimension	Spændvidde
Gruppetørrelse	Elev, gruppe, klasse
Steder i rummet	Elevniche, arbejdsbord, gruppebord, arena
Iscenesættelser	Studieplads, researchplads, redaktion, eksperiment, værksted, scene, køkken, operationsstue
Lyssætning	Skarpt lys, dæmpet lys
Lyd	Stilhed, samtale, larm
Opmærksomhed	Koncentreret i stilhed, koncentreret i larm, opmærksom, adspredt
Social adfærd	Indadvendt, åben, udadvendt
Rolle / aktivitet	Planlægger, eksperimentator, observatør, redaktør, præsentationsvært, konstruktør, håndværker
Motorik	Finmotorisk, grovmotorisk
Æstetik	Råt, fint, gråt, farvet, mildt, skrigende

Konceptuelle værktøjer: Rumelementer

På vej fra indretningskonceptets overordnede, stadig forholdsvis abstrakte principper til en realisering i en given bygning har man brug for nogle værktøjer, der kan lette rejsens planlægning og orienteringen undervejs. Et af de værktøjer, vi har anvendt, består i at tegne små skitser af rumlige opstillinger.

PROTOTYPER PÅ RUMELEMENTER



En arena kan for eksempel realiseres ved at opstille siddepladser i halvcirkelform, suppleret af nogle enkle rumlige signalelementer, der afgrænser et sceneområde. Fokuszoner kan afskærmes fra hinanden med lette reoler eller trådnæt. Eksperimentborde kan udstyres med observatørpladser til elever, der hellere vil formidle end eksperimenterere.

Har man brug for mere plads til forsøg, kan man sammenstille mobile borde. Studie- og researchpladser kan iscenesættes som biblioteksbordene i amerikanske retssalsfilm, med lave skillevægge mellem pladserne og muligvis en bordlampe på hver plads.

For at understøtte kreative processer som brainstorming og gruppedynamisk arbejde kan man indrette en niche med bænke, hvor eleverne sidder overfor hinanden med henblik på dialog og samtale. Nicher til koncentration kan iscenesættes som spisebordet i et landkøkken, med et køkkenbord, et u-formet bænkearrangement og et par pendler over bordet. En modelbyggerniche kan udstyres med asymmetriske bordplader, der muliggør et valg mellem at arbejde med udsyn til andre eller helt for sig selv.

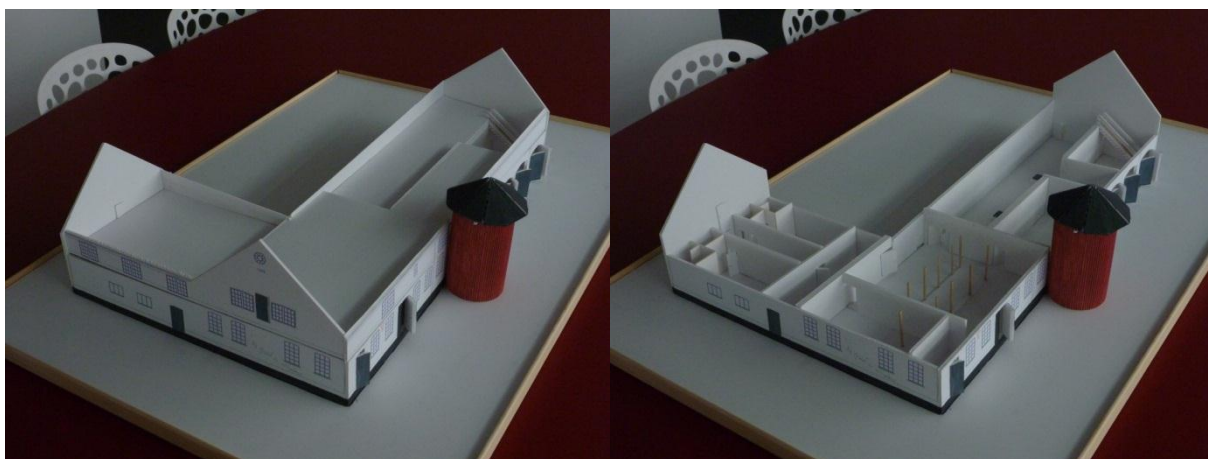
5. Konkretisering af konceptet og udvikling af prototype

I juni 2011 fik vi sikkerhed for, at en eksisterende ladebygning på "Elsbjerggård" i nærheden af den naturvidenskabelige oplevelsespark Danfoss Universe på Als ville blive stillet til rådighed for projektet. Bygningen skulle ombygges, renoveres og nyindrettes efter principperne i det nye indretningskoncept, som var under udvikling. Der ville være rigeligt plads til et læringsmiljø til fysik-, kemi-, biologi- og geografiundervisning og et eget værksted.

Bygningen

Laden på Elsbjerggård havde de seneste år været anvendt som værkstedsbygning, men er oprindeligt opført som en kombineret stald og landbrugslade. Bygningen havde mange niveauspring (bl.a. gamle foderkrybber) i gulvene, havde varierende rumhøjde og indeholdt mange forskellige materialer og overflader. Nogle var oprindelige, og andre var tilføjede under tidligere ombygninger.

Til brug for udviklingsarbejdet blev der bygget en forenklet model af bygningen, se billederne nedenfor.



Billedet til venstre viser den næsten uudnyttede førstesal, og billedet til højre stueetagen.

Konkretisering af konceptet

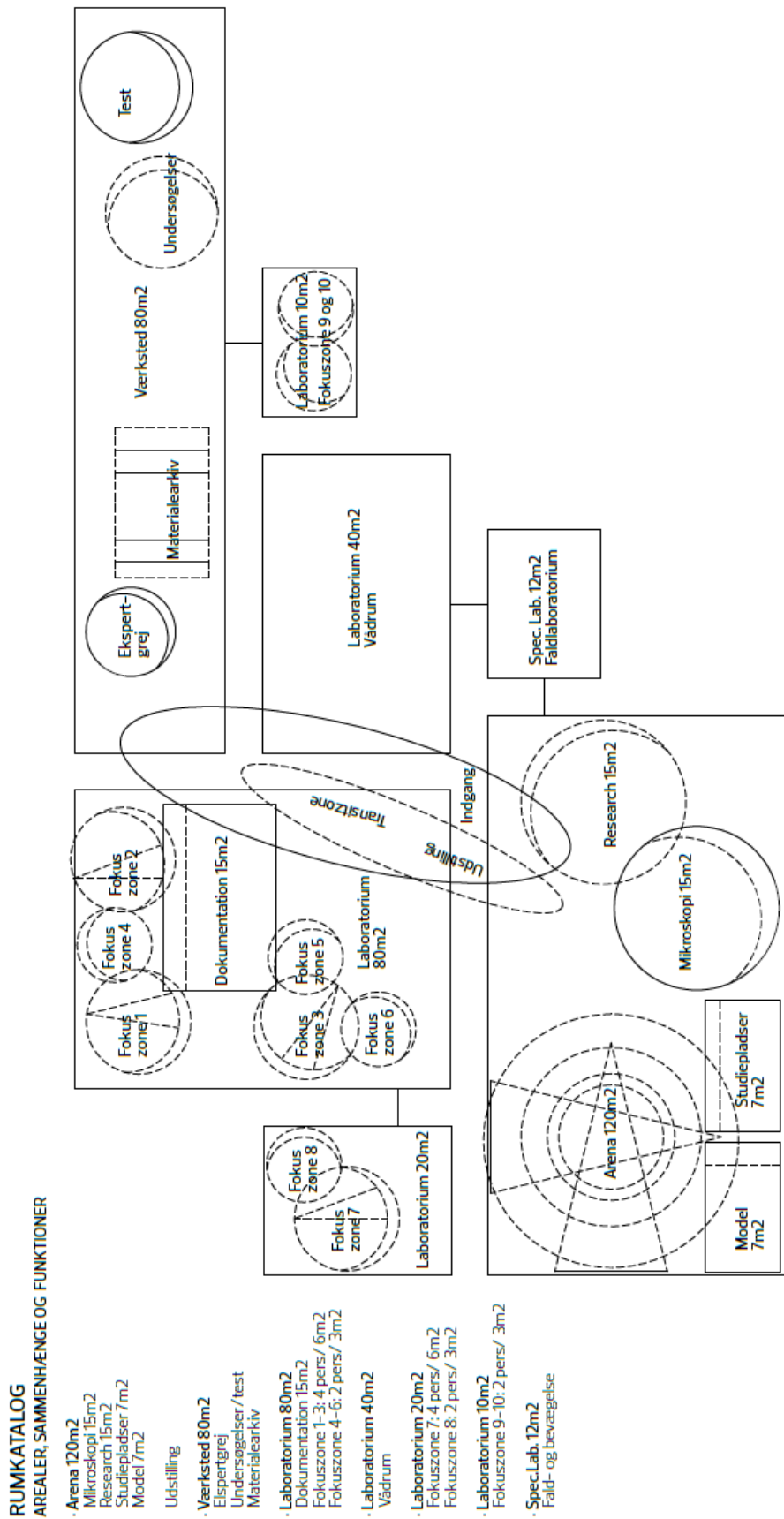
Konceptet er konkretiseret ind i bygningen ved udarbejdelse af et overordnet rumkatalog, som er gengivet på næste side.

I rumkataloget bliver de eksisterende rum kategoriseret i forhold til konceptets spændviddeprincip. Undervejs har vi spurgt: Er det her et rum, hvor det er godt at larme eller være stille? Er der let adgang for store materialer, eller er det kringlet og bedre egnet til fordybelse? Er der rum til at mange kan samles, eller egner det sig bedre til små grupper? Er der 'rum i rummet', som på forhånd giver en zoneinddeling?

Rumkataloget bliver brugt til at dimensionere rummene og deres særlige steder (fokuszoner, særlige arbejdspladser og lignende) til det antal elever, som skal opholde sig der. Det bliver desuden brugt til "trafikfordeling" – fastlæggelse af gangarealer, hvor der vil gennemgående passage af mennesker, og af arbejdsarealer, som man kun går til og fra.

Det viste rumkatalog er et øjebliksbillede fra omtrent midtvejs i konkretiseringsprocessen. I den endelige udgave af kataloget byttede de to store lokaler i højre side funktion. Vådrummet blev realiseret i det meget aflange lokale, og værkstedet blev realiseret i det ca. 40 m² store

lokale. Tegningen indeholder forskellige symboler, som med variation i stregtype osv. bruges til at give et grafisk overblik over planlægningen.

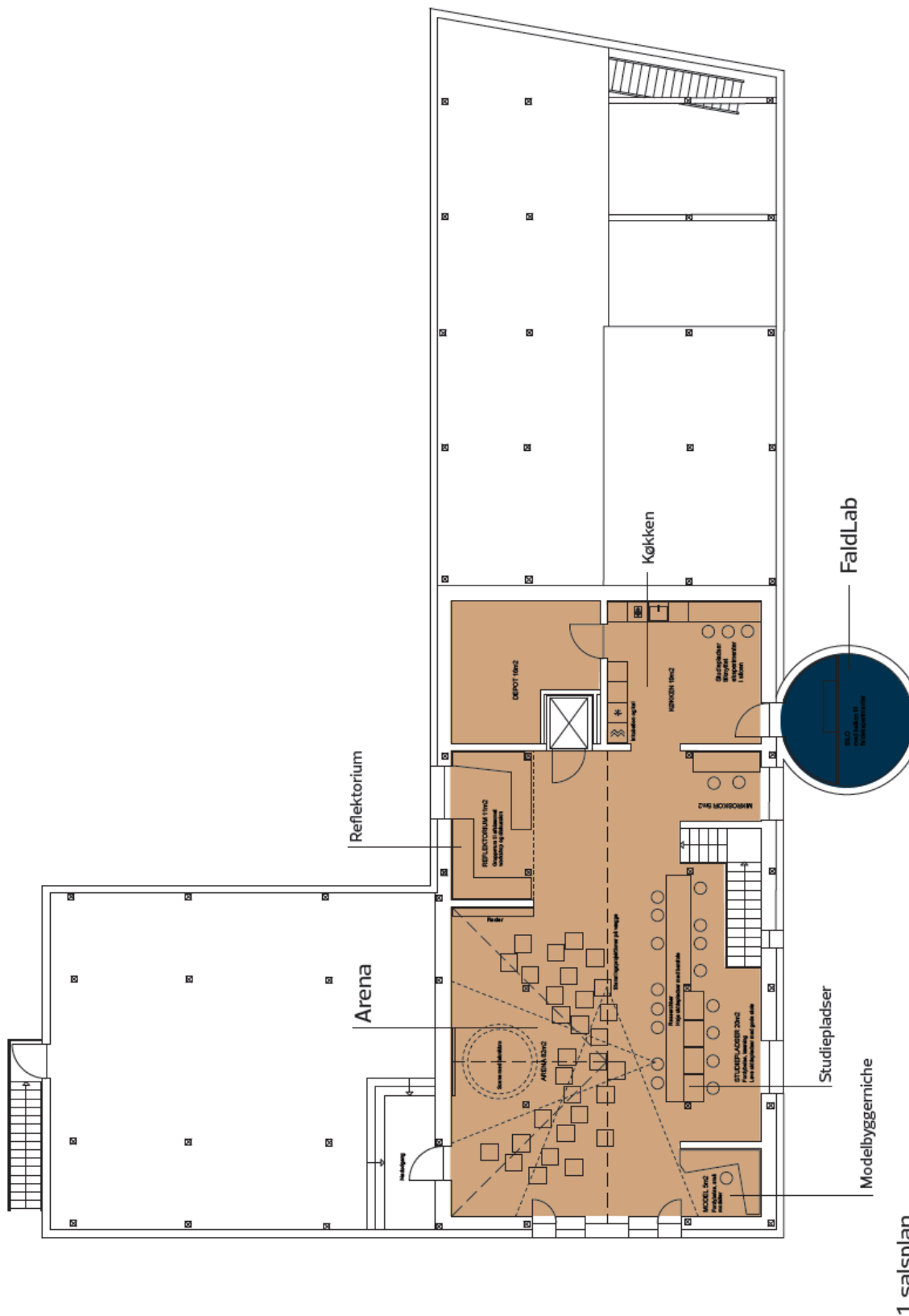


Fokuszoner til i alt 28 elever

Med rumkataloget som udgangspunkt er der udarbejdet en overordnet disposition af de enkelte rum.

Alle rum er farvesat og har dermed også fået tilført en æstetisk plads i spændviddens puls og en temperatur.





Det sidste skridt i konkretiseringen har været en detaljeret disposition af hvert enkelt rum med farvesætning, lyssetning, materialer og inventar (se Appendix 1).

Konkretiseringen har testet konceptets robusthed over for de benspænd, som kan være i en eksisterende bygning. Bygningen er blevet indrettet til naturfagsundervisning uden væsentli-

ge ændringer i rummenes geometri, men med tilføjelser i form af en trappe og en elevator imellem stuen og førstesalen, samt en række tagvinduer. Bygningens "benspænd" og eksisterende forhold er således omsat med konceptets spændviddeprincipper til at formidle den puls og adfærd, som vi gerne ville have i det enkelte rum eller i den enkelte zone.

Realisering af prototype

På grundlag af konkretiseringstegningerne er der udarbejdet projekteringsmateriale og gennemført en licitation på ombygningen. Udbuddet fandt sted den 11. november 2011 og licitationen den 6. december 2011. Sideløbende er der udarbejdet inventartegninger og udstyrsplaner samt arbejdet på at finde leverandører til inventar og udstyr med fokus på sponsorer.

Byggearbejderne startede den 19. december 2011 og blev formelt afsluttet den 31. maj 2012. Den tidligere uudnyttede førstesal er udbygget til samlingslokale, og i stueetagen er der gennemført en omfattende reovering af lokalerne. En enkelt væg er brudt ned og erstattet af et rækværk. Alle bygningens tekniske installationer er fornyet, og der er installeret en elevatorlift for at gøre bygningen tilgængelig for kørestolsbrugere.

Undervisningsfaciliteten er indrettet med inventar hovedsagelig fra to forskellige leverandører. En del af inventaret er standardelementer, mens andet er specialbygget (asymmetriske fokuszoneborde, siddekasser, lange researchborde).

Der er etableret trådløs netværksdækning i hele faciliteten med kapacitet til 50 samtidige brugere. Til brug for de besøgende klasser er der etableret adgang til virtuelle klasserum i et særligt IT-miljø.

I samlingslokalet (arena) på førstesalen er der installeret to projektionssystemer til almen stemningssætning og generel præsentation samt et flytbart interaktivt projektionssystem (smart board) til brug for lærernes og elevernes præsentation af opgaver og resultater.

Faciliteten er udstyret med basale undervisningsmidler og en kemikaliesamling, som passer til undervisning af klassetrin 7, 8 og 9 i grundskolen.

6. Realiseret prototype

Blå lab

Blå lab i stueetagen er primært til biologi og geografi – "liv og død, snot og blod, slam og lort". Det er et meget langt og smalt rum med to områder til eksperimenter i grupper. I den ene ende findes "sjaskegulv" og fryser, i den anden ende står der et obduktionsbord med operationslampe over. Obduktionsbordet i stål (se billede nedenfor til venstre) står sammen med inventarets laminatoverflader i kølige blågrønne farver, som minder om en ældre operationsstue. "Før"-billedet til højre viser, hvordan rummet så ud, mens det var i brug som værksted.



"Sjaskegulvet" (se billede nedenfor til venstre) er et meget stort muret kar på gulvet (ca. 2 m langt og bredt med en ca. 35 cm høj kant), som har et specialindrettet afløb med sandfang udenfor bygningen. Der kan skylles store mængder sand og jord ned i afløbet i forbindelse med biologiske eller geografiske undersøgelser, uden risiko for, at det stopper til. Mellem sjaskegulvet og obduktionsbordet er der indrettet et fokuszoneområde med et par fokuszoneborde og god bordplads til eksperimenter (nedenfor til højre).



Orange lab

I Orange lab (værkstedet) i stueetagen står blå stålrammer på værkstedsmøblerne i kontrast til et orange gulv. En eksisterende rulleport er blevet en del af værkstedet – man kan få rigtig store ting ind og ud! Før-billedet til højre viser den tidligere anvendelse som gartnerværksted.



Arena

Møde- og præsentationsstedet Arena ligger på førstesalen. Den var 'stemt' på forhånd: Fritstående træ søjler og -bjælker samt rigelig rumhøjde til kip inviterer til samlinger og sociale aktiviteter. Samtidig var den lave rumhøjde yderst i rummet oplagt som nicher til fordybelse i periferien af de store samlinger.



Et lamelloft i ubehandlet fyrretræ understreger den varme stemning. Lamellerne er monteret i varierende afstand fra hinanden for at optimere den akustiske dæmpning i dette ganske store rum. Afstandsvariationen modvirker også den optiske flimren i periferien af synsfeltet, som meget regelmæssige mønstre kan bevirke. Lyssætningen er integreret i lamelloftet, hvilket understreget den særlige æstetik. Før-billedet ovenfor til højre viser udgangstilstanden, et bart loft med bliktag.

Nicher

Der er tre særlige nicher og et køkkenafsnit i Arena. Modelbyggernichen (se billedet nedenfor til venstre) ligger ude i siden i rummets gavlen og er afskærmet fra resten af rummet med en let væg, men ellers åben. De fastmonterede bordplader er asymmetriske. Man kan vælge at have øjenkontakt med, hvad der foregår udenfor nichen, eller man kan koncentrere sig udelukkende om det, man er ved at bygge. Tænke-tale nichen (se billedet nedenfor til højre) ligger diagonalt modsat og er indrettet med to bænke-arrangementer. I denne niche sidder (el-

ler ligger) man direkte over for hinanden, uden bord eller andre møbler at støtte sig til eller gemme sig bag. Tænke-tale nichen er tænkt som et sted til samtale og gruppedynamik.



Mikroskopnichen (se billedet nedenfor til venstre) ligger ved trappen. Den er udstyret med en stereolup med indbygget kamera, hvis billede kan projiceres op på Arenaens gavl. Køkkenet (se billedet nedenfor til højre) har en arbejdsplads til de elever, der skal arbejde i Faldlab (som er uisoleret og derfor koldt om vinteren). Det viser sig, at arbejdspladsen i køkkenet også er god til optiske eksperimenter, fordi køkkenet bliver forholdsvis mørkt, hvis man slukker lyset og mørklægger Arenas tagvinduer med de indbyggede fjernbetjente mørklægningspersiener.



Trappeudskæringen og et vindue i gavlen var oplagte til et par kig ind i konstruktionen.



"Scenen"

Scenen i Arena er det sted, hvor man "er på" og præsenterer sin læring for de andre elever. Scenen er markeret ved en halvcirkel af kasser, som tilskuerne kan sidde på. Man kan lægge

sin skoletaske og sit overtøj i kassen, så der ikke bliver for meget rod. Scenen har et flytbart smart board til fremlæggelse og præsentation samt et widescreen projektionssystem til stemningssætning af lokalet. Over for scenen står et researchbord (se billedet nedenfor til højre), som på den ene side har karakter af en bar. Man kan stå eller sidde ved researchbordet og søge information på Internettet via husets trådløse datanet. På den anden side er der etableret et par studiepladser. De er adskilt fra hinanden af små lodrette plader. Inspirationen til denne iscenesættelse stammer fra biblioteksscener i amerikanske retssalsfilm.



Grøn lab

Grøn lab i stueetagen er mest til fysik og kemi. Det er afgrænset fra Grå lab af et niveauspring i gulvet og et rækværk med glasfyldninger. Der står to fokuszoneborde ved rækværket. Loftshøjden i grøn lab er forholdsvis lav. Dette kombineret med det højere liggende gulv giver området en særlig intim karakter – man har en udsigt som fra en perron eller lidt forhøjet terrasse. Grøn lab har gasinstallation i arbejdsbordene og tilhørende udsugningsanlæg.



Grå lab og Dokumania

Grå lab i stueetagen er ligeledes mest til fysik og kemi. Det har en gasinstallation på et hævesænke bord, som kan bruges til eksperimenter af en kørestolsbruger.

Midt i Grå lab ligger Dokumania (se billedet forinden til venstre), hvor der er lidt mørkere, så man kan sidde og redigere på sin video, sine billeder eller sin præsentation uden forstyrrende lysreflekser fra loftslýset. Dokumania ligger på et hævet gulv (et af bygningens benspænd: gamle foderkrybber). Der står fokuszoneborde halvt ind over niveauspringet, så man selv kan bestemme, om man vil stå op eller sidde ned, når man opholder sig i fokuszonen.

I Grå lab findes der en samling kemikalier og tilhørende affaldshåndteringsystem i et ventileret skabsarrangement (se billedet forinden til højre).



Faldlab

Faldlab er bygningens tidligere silo. Den har fået monteret en indvendig balkon med adgang fra køkkenområdet i Arena. Fra balkonen kan man lade ting falde ned, for eksempel for at finde ud af Newtons love eller undersøge de spredningsstrategier for træers frø, som evolutionen har frembragt i naturen. Man kan også lade en varmluftballon stige op fra stueplan, hvortil der er adgang fra Orange lab (værkstedet). Faldlab har lysstriber på mørkeblå baggrund for at give dette særlige, cylindriske rum en iscenesættelse, der minder om kunstgallerier i bunkere.



7. Undervisningsmæssig afprøvning af prototypen

Deltagende skoler, elever og lærere

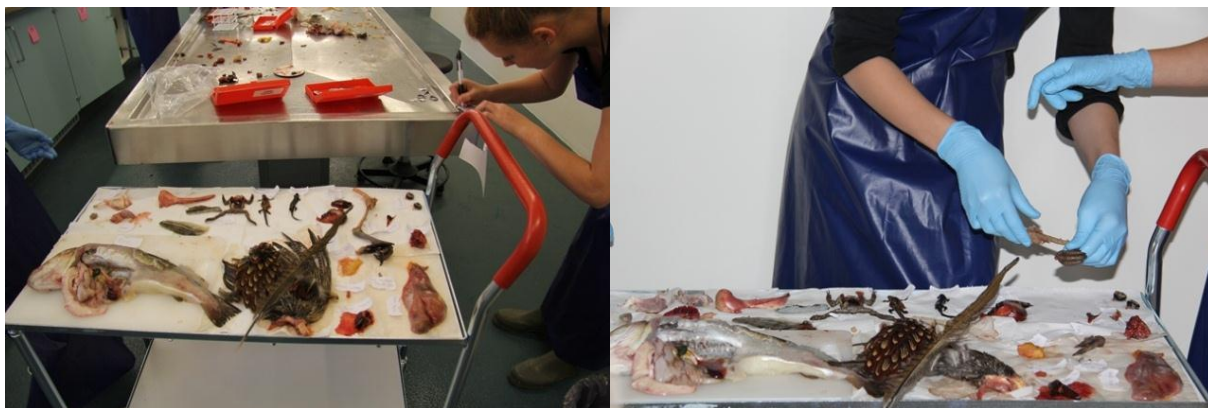
Den nyindrettede FUF-læringsfacilitet er blevet afprøvet med 10 forsøgsundervisninger med elever og lærere fra danske folkeskoler. Forsøgsundervisningen er afviklet over to måneder med start den 17. april 2012 og afslutning den 14. juni 2012. Forsøgsundervisningerne er kørt som dagsbesøg med skoleklasserne med deres naturfagslærere.

Klasserne er kommet fra syv forskellige danske skoler, fem skoler fra Sønderborg kommune, én skole fra Odense kommune og én skole fra Silkeborg kommune. Der har i alt været otte forskellige klasser med, syv klasser fra syvende klassetrin og én klasse fra ottende klassetrin. Fordelingen har været, at seks klasser har deltaget én gang, og to klasser har deltaget to gange med den samme lærer. Endvidere har én af lærerne deltaget to gange med to forskellige klasser.



Det samlede antal elevrespondenter er 156, hvoraf 31 har deltaget to gange, hvilket giver os 187 forskellige "elev-oplevelser". Af de 187 besøgende elever er der 107 piger og 80 drenge.

Det samlede antal lærerrespondenter er syv, hvoraf fire har deltaget i FUF-konceptudviklingen. De andre tre lærere har intet andet forhåndskendskab end en enkelt besigtigelse af faciliteten inden forsøgsundervisningen. Der har endvidere deltaget fire lærere i forsøgsundervisningen, som har haft støttelærer- eller klasselærerfunktion i klassen.



Oversigt over forsøgsundervisningen

Besøg	Dato	Trin	Elever	Piger	Drenge	Lærer	Fag
1	17-04-12	7	11	4	7	Manfred	Fysik/kemi
2	23-04-12	7	22	12	10	Stig	Fysik/kemi
3	25-04-12	7	19	14	5	Lars	Fysik/kemi
4	08-05-12	7	25	11	14	Michael	Biologi
5	09-05-12	7	22	12	10	Thomas	Fysik/kemi
6	16-05-12	7	9	5	4	Martin	Fysik/kemi
7	25-05-12	7	21	10	11	Michael	Biologi
8	29-05-12	7	11	5	6	Manfred	Fysik/kemi
9	06-06-12	8	22	15	7	Bjarne	Fysik/kemi
10	14-06-12	7	25	19	6	Lars	Fysik/kemi

Forsøgsundervisningernes form og indhold

Forsøgsundervisningerne er budt ud til lærerne med helt frie rammer til at planlægge og gennemføre et naturfagligt undervisningsforløb. Ud fra konceptbeskrivelsen samt rundvisningen i faciliteten forud for forsøgsundervisningerne, har det været op til den enkelte lærer at beslutte, hvad de ville undervise i – og hvordan de ville undervise. Undervisningsforløbene har derfor varieret i fagligt fokus, længde og bredde.

Fag og emner har dækket bredt med en overvægt af fagene fysik, kemi og biologi, mens geografi kun har optrådt som et bifag. Langt de fleste forsøgsundervisninger har været tværfaglige i indhold – og undervisningerne har været mellem 3 og 6 timer.

Forsøgsundervisningerne har varieret i brugen af den fysiske facilitet. Nogle lærere har valgt at tænke hele faciliteten og de mange forskellige muligheder ind i planlægningen af undervisningen, andre har valgt at fokusere på nogle bestemte områder og de muligheder, der er dér. Alle lærere har dog brugt mere end blot et enkelt område med dets muligheder. I nogle undervisninger har læreren givet forslag til, hvor og hvordan eleverne med fordel kunne arbejde med deres opgaver (fx ved at lægge sedler eller grej bestemte steder og ved at foreslå en arbejdsfordeling i grupperne) – i andre undervisningsforløb har lærerne bedt eleverne om selv at finde ud af, hvor og hvordan de helst ville arbejde med deres respektive opgaver. Tilsammen har lærere og elever afprøvet stort set alle områder af faciliteten.

Der er til forsøgsundervisningerne udvalgt klasser fra forskellige skoler i forskellige områder med forskellige ressourcer. Der har været lærere af begge køn involveret i testundervisningerne, men de ledende lærere, som optræder i de efterfølgende interviews er alle mænd, hvoraf nogle er næsten nyuddannede i faget, og andre har mange års erfaring som lærere. Klasserne varierer i antal elever og i fordelingen mellem piger og drenge – og naturligvis varierer klasserne, og den enkelte elev i temperament og lysten til at have naturfag. I nogle klasser har flertallet af elever været meget positive over for naturfaget, mens der i andre klasser har været en mere neutral til negativ indstilling til faget.

8. Evaluering af forsøgsundervisningen

Evalueringen søger at tilvejebringe viden om, hvilke undervisningsformer, lærer- og elevroller faciliteten inviterer til – ligesom evalueringen søger at afdække, om og i hvilken grad eleverne oplever flow og muligheder for læring. Vi har arbejdet med følgende evalueringsspørgsmål:

- A. Hvordan bruger lærere og elever faciliteten i praksis? Specifikt, hvordan bruges spændvidden, hvordan foregår undervisningen, og hvilke roller tager lærere og elever i faciliteten?
- B. Hvordan oplever eleverne den fysiske facilitet, og hvorvidt og hvordan oplever eleverne flow og muligheder for læring i faciliteten?

Evalueringemetoder

Evalueringen er gennemført som et mixed methods studie, hvor teori- og litteraturstudier danner baggrund for observation af undervisningen, spørgeskemaundersøgelser med elever samt interviews med lærere og fokusgruppeinterviews med elever.

Feltobservationer

Feltobservationer af forsøgsundervisningen har været et væsentligt element i evalueringen. Observationstilgangen er inspireret af den interaktionsbaserede metode (Hedegaard, 1999). Observatøren har i feltnoter beskrevet sin oplevelse af elevernes og lærernes handlinger i den givne kontekst, og det bliver på den måde muligt at gengive observerede fællesnævner og forskelle. Observationerne er komplementære i forhold til evalueringens andre metoder, da de dokumenterer undervisningsforløbet og giver vigtigt input til interviews med lærerne og fokusgruppeinterviews med eleverne.

Flowmåling med Experience Sampling Method

Siden flow-teorien første gang blev fremsat som en sammenhængende teori i 1991, er der blevet udviklet flere forskellige metoder til at måle flow-tilstande hos mennesker. I den foreliggende evaluering anvendes den såkaldte Experience Sampling Method (ESM) (Csikszentmihalyi og Larson, 1987).

ESM består i, at man gentagne gange indsamler beretninger om subjektive oplevelser, således som de indtræffer i hverdagssammenhænge. Metoden er udviklet til at undersøge og forstå disse oplevelser i forhold til kontekst, psykologisk teori og kompleksitet. Den benytter sig af systematiseret subjektiv selvrapportering ud fra det synspunkt, at vi aldrig kan komme sandheden om menneskers subjektive oplevelser nærmere end ved at lade de berørte selv berette om dem. Dette er komplementært til feltobservationerne, som jo afspejler observatørens oplevelser.

ESM er udført som en spørgeskemaundersøgelse. Alle elever har svaret på det samme spørgeskema tre gange i løbet af hver forsøgsundervisning. Det er konkret foregået ved, at eleverne ved dagens start har fået udleveret en pose med tre spørgeskemaer, en kuglepen og en nøglering. I løbet af dagen er de blevet signaleret til at svare på spørgeskemaerne, der er samlet ind efter hver enkelt udfyldning.

Flow-Kurzskala

Den del af spørgeskemaet, der handler om flow, er en dansk oversættelse af den såkaldte Flow-Kurzskala. Skalaen er oprindeligt udviklet af Rheinberg, der sammen med kollegaer har brugt skalaen i større flowforskningsprojekter og også i projekter om flow i forskellige læ-

ringssituationer (Engeser og Rheinberg, 2005, 2008). Flowskalaen er en sammensat skala bestående af ti udsagn, der er fundet indholdsvalide i forhold til de indre aspekter i flowoplevelsen (Rheinberg, Vollmeyer og Engeser, 2003). Skalaen er bygget op som en Likert skala (Likert, 1974), hvor respondenterne angiver deres grad af enighed i udsagnene mellem tallet 1 (laveste grad af enighed) til tallet 7 (højeste grad af enighed).

Der er endnu ikke nogen klar definition af, hvor høj scoren skal være for entydigt at indikere oplevelsen af flow. Skalaens flowscore er derfor typisk analyseret internt i datasættet, eller ved at sammenligne data med andre data (fx Engeser og Rheinberg, 2008).

Nedenstående liste viser Flowskalaens ti udsagn på originalsproget (Rheinberg, Vollmeyer og Engeser, 2003) samt en dansk oversættelse udarbejdet af FUF-evalueringens arbejdsgruppe.

Flow-Kurzskala / dansk oversættelse (Universe Fonden)

- Ich fühle mich optimal beansprucht / Jeg føler mig tilpas udfordret
- Meine Gedanken bzw. Aktivitäten laufen flüssig und glatt / Mine tanker (eller handlinger) flyder ubesværede
- Ich merke gar nicht, wie die Zeit vergeht / Jeg mærker ikke, at tiden går
- Ich habe keine Mühe, mich zu konzentrieren / Jeg har let ved at koncentrere mig
- Mein Kopf ist völlig klar / Jeg er helt klar i hovedet
- Ich bin ganz vertieft in das, was ich gerade mache / Jeg er fuldstændig optaget af aktiviteten
- Die richtigen Gedanken/Bewegungen kommen wie von selbst / Nyttige tanker og handlinger kommer af sig selv
- Ich weiss bei jedem Schritt, was ich zu tun habe / Jeg ved, hvad jeg skal gøre som det næste
- Ich habe das Gefühl, den Ablauf unter Kontrolle zu haben / Jeg føler, at jeg har kontrol over aktiviteten
- Ich bin völlig selbstvergessen / Jeg tænker ikke på mig selv

Interviews

Den tredje evalueringstilgang består i semistrukturerede, fænomenologisk orienterede interviews med lærere og elever. Interviewet handler i sin bogstavelige forstand, "inter-view", om at få et blik ind i de emner, der tales om. Kendetegnen for interview med en fænomenologisk tilgang er, at der benyttes en interviewguide til at styre interviewet mod svar, der illustrerer, hvordan respondenterne oplever de fænomener, der spørges ind til (Kvale & Brinkmann, 2009). Formålet med at gennemføre interviews i FUF-evalueringen er at få indblik i lærernes og elevernes oplevelse og tænkning, for derved at opnå et mere nuanceret syn på, hvordan en indretning efter FUF-konceptet kan påvirke undervisningspraksis i naturfagslokaler.

Interviews med lærerne

Interviews med læreren er foregået som direkte personlige interviews i henhold til interviewguiden i Appendix 3. Alle lærerne er blevet interviewet efter forsøgsundervisningerne.

Interviews med eleverne

Interviews med elever er gennemført som såkaldte fokusgruppeinterviews (Kvale og Brinkmann, 2009). Eleverne sad i grupper og fik stillet en række spørgsmål i henhold til interviewguiden i Appendix 4, som eleverne besvarede og indimellem drøftede indbyrdes med hinanden.

Der blev udvalgt seks elever fra hver klasse til at deltage i et fokusgruppeinterview. Eleverne blev udvalgt efter deres flow-rating af forsøgsundervisningen. Der blev valgt en pige og en dreng fra toppen, midten og bunden af ratingen. På den måde er der søgt elevrespondenter, der dækker spændvidden i oplevet flow i forsøgsundervisningen.

Evalueringsdesign

Evalueringsprogrammet har været det samme for alle forsøgsundervisninger: Et præsentations- og koordineringsbesøg hos klassen ca. en uge før klassens test af faciliteten, feltobservationer og flowmålinger under testen og et opfølgingsbesøg hos klassen ca. en uge efter testen med lærerinterview og fokusgruppeinterview med elever.

	FØR: (ca 1 uge før test)	UNDER	EFTER (ca 1 uge efter test)	EFTER (før udgivelse af rapport)
Lærere:	Præsentation, information og forventningsafstemning	Observationer	Enkeltinterview	Membercheck
Elever:	Præsentation og information	Observationer Flowmålinger	Fokusgruppeinterview	

Lærerne har herudover gennem et såkaldt membercheck haft lejlighed til at gøre sig bekendt med indholdet af denne rapport for at sikre, at de føler sig fyldestgørende og korrekt repræsenteret.

Pilotstudier

Evalueringsmetoderne er pilottestet to gange i to forskellige udgaver. Pilotstudierne har afprøvet ESM-spørgeskemaet og det generelle design i flowmålingerne samt designet af fokusgruppeinterviewet. Begge gange er det foregået i et semiformelt undervisningsmiljø med en udskolingsklasse på heldagstur, det vil sige med respondenter i samme aldersgruppe som de kommende deltagere i forsøgsundervisningen og i omgivelser, som i et vist omfang matchede de omgivelser, som FUF-evalueringen vil teste. (Hektner, Schmidt & Csikszentmihalyi, 2007).



9. Evalueringens resultater

I vores resultatgennemgang koncentrerer vi os om følgende temaer, der er centrale for forståelsen af FUF-konceptets praktiske funktion.

- A. Hvordan bruger lærere og elever faciliteten i praksis? Specifikt, hvordan bruges spændvidden, hvordan foregår undervisningen, og hvilke roller tager lærere og elever i faciliteten?
 1. Lærernes og elevernes oplevelse af spændvidden
 2. Lærernes og elevernes oplevelse af undervisningen
 3. Lærerrollen
 4. Elevrollen
- B. Hvordan oplever eleverne den fysiske facilitet, og hvorvidt og hvordan oplever eleverne flow og muligheder for læring i faciliteten?
 5. Elevernes oplevelse af flow
 6. Elevernes oplevelse af muligheder for læring

For hvert tema listes sammendrag af feltobservationer fra de ti forsøgsundervisninger og uddrag af lærernes og elevernes udtalelser i de efterfølgende interviews. I afsnittet om flow præsenteres nøgletal fra spørgeskemaundersøgelsen, som giver indblik i elevernes oplevelse af koncentration, fordybelse og andre elementer, der indgår i flowbegrebet.

A1. Lærernes og elevernes oplevelse af spændvidde

Forsøgsundervisningerne i FUF viser, at realiseringen af de konceptuelle tanker om spændvidde giver en stor rummelighed i praksis.

Observerede fællestræk i brug af spændvidden i FUF:

- Elevernes arbejde har varieret fra generelle læringsmæssige problemstillinger til specifikt naturfaglige problemstillinger.
- Elevernes adfærd har varieret fra det introverte til det ekstroverte
- Elevernes arbejdsform har varieret fra det stille til det larmende

Uddrag af udsagn om fordele ved spændvidden i FUF:

- Man kan arbejde tværfagligt imellem naturfagene

"FUF har en stor styrke, det at den har så mange forskellige typer rum, det gør at man netop kan lave sådan en undervisning, hvor du kan lave syv forskellige ting samtidig." (Lærer Michael)

"Jeg tror ikke den bedste lærer kan sætte tyve forskellige artede forsøg i gang heroppe (på skolen), men det kan man så på FUF. Og det vil så igen kunne give dem meget mere kreativitet – eleverne." (Lærer Martin)

"Man kan lave en naturfaglig undervisning, uden nødvendigvis at skulle sige "i dag har vi fysik, nu har vi biologi, nu har vi geografi" men at "nu har vi natur"." (Lærer Lars)

"Generelt synes jeg, at det er pakken der er der, der er det særlige – og så den gode plads." (Lærer Thomas)

- Man kan arbejde på forskellige niveauer

"der er nogle (elever) de er ikke så boglige, at de kan sidde med tingene hele tiden, og hvis de så alle sammen skal have noget ud af det, så bliver vi nødt til – så ville det være rigtig godt med nogle gruppeopgaver, hvor de kan lave noget praktisk også, og hvor de så kan fylde det boglige ind i det – og så noget teoretisk, som bliver fyldt ovenpå, og hvor de så skal komme ud med en helhed, som de så kan præsentere for andre. Og skal man kunne det, så skal man have nogle steder, hvor man kan agere med det, hvor man kan lave forsøgene, og hvor man kan arbejde lidt i ro og fred for resten. Og det synes jeg kan lade sig gøre i FUF." (Lærer Manfred)

- Man kan arbejde med opgaver ud fra forskellige vinkler

"Altså vi flyttede os rundt til de rum, der passede til det forsøg vi skulle lave. Og derfor kunne jeg godt lide, der var forskellige rum, fordi så kunne man være flere steder på én gang og prøve nogle forskellige vinkler på forsøgene og det." (Elev p100)

- Man kan uddybe forsøgene

"Man kunne få mere dybde på, man kunne komme flere steder hen, og man kunne ligesom uddybe selve opgaven lidt mere og prøve lidt mere af" (Elev p158)

- Man kan få ro til at arbejde koncentreret i stilhed
- Man kan få ro til at arbejde koncentreret i larm

"Der var mange muligheder for, hvor vi kunne gå hen alt efter hvad for en slags forsøg vi skulle lave, – nede i værkstedet – der var det meget larmende, og det var dernede hvor det var sjovt nok – larmende arbejde, så det var sådan, man kunne sætte sig de steder, hvor man nu syntes der var rigtigt – der var mange muligheder, det ville vi ikke rigtig have her på skolen, fordi det er jo ét lokale, så hvis det larmer ét sted, så larmer det sjovt nok også det andet.." (Elev d107)

Uddrag af udsagn om ulemper ved spændvidden i FUF:

- Spændvidden er uvant og kræver derfor mere forberedelse fra læreren

"Jeg har set lidt frem til det, og jeg har også været lidt nervøs for, hvordan forløbet skulle gå, fordi der lå sådan en del åbne ting, som man ikke kunne forholde sig til på forhånd, blandt andet det her med at eleverne skulle arbejde i mange små grupper." (Lærer Manfred)

"Alt i alt, så er det jo måske ikke nødvendigvis lærerens bedste ven, sådan et lokale, før end man bliver venner med det." (Lærer Martin)



A2. Lærernes og elevernes oplevelse af undervisningen

Forsøgsundervisningerne viser, at faciliteten giver gode muligheder for at arbejde med projekter, temaer og emner i gruppearbejde og inviterer til en mere eksperimenterende undervisningsform, som både lærere og elever kan se nye muligheder i.

"Man skal tænke sin undervisning på en meget anderledes måde, de fleste fysiklokaler i dag de er jo bygget op med et auditorium og et forsøgslaboratorium – ja auditorium, laboratorium – gerne adskilt med tavler, og så sidder man på sin flade på den ene side og er aktiv med forsøg og så videre på den anden side. Og den del skal jo tænkes fuldstændig ny." (Lærer Lars)

Observerede fællestræk i undervisningen i FUF:

- Undervisningen har været semistruktureret med udgangspunkt i et tema eller emne
- Undervisningen er foregået dels fælles, dels i grupper og dels individuelt
- Undervisningen er afsluttet med en fremlæggelse af elevernes arbejde

Uddrag af udsagn om fordele ved undervisningen:

- Undervisningen bliver mere forskende
- *"Man er forsker på en anden måde, end at man bare går over og efterprøver nogle teorier og nogle ting, som er gennemprøvet og siger "fint, så får vi en idé om hvad syrer og baser er – og det kan I gøre der" – her kan man gøre det på en anden måde." (Lærer Bjarne)*
- Undervisningen opleves som mere fri (og engagerende) for eleverne

"Jeg synes også det var en meget anderledes undervisning end det man er vant til, hvor man bare sidder ned og så får man noget at vide og – her var det meget mere frit, og du kunne selv bestemme hvad du skulle lave og sådan. Så du var også selv med til, hvad du gerne ville opnå og sådan noget.." (Elev p35)

"Det var dejligt, (at) vi ikke alle sammen skulle lave det samme, men (at) vi kunne få lov at lave noget forskelligt." (Elev p76)

"Det var også meget opgaverne, for de var meget selvstændige, det var ligeså meget måden vi lærte det på – lavede opgaverne på". (Elev d105)

Uddrag af udsagn om ulemper ved undervisningen

- Undervisningen gør det sværere at sige nøjagtigt, hvad eleverne lærer fra gang til gang
- "men altså, fik vi undervisning derude?" (Elev p185)*

"Med mindre det er meget struktureret fra start af, så er det svært at sige lige nøjagtigt "hvad er det de lærer?" – men måske kan man også sige "de lærer at de kan egentlig godt selv" – og det er jo rigtig godt, at de finder ud af, at de godt kan selv, og at der ikke skal være nogen hele tiden og holde i hånden." (Lærer Lars)



A3. Aktører - lærerrollen

Forsøgsundervisningerne i FUF viser, at rummet giver gode muligheder for at indtage forskellige lærerroller – ud over den traditionelle, hvor læreren underviser alle eleverne i det samme på samme tid. Observerede fællestræk ved lærerrollen FUF:

- Lærerne har startet dagen med fælles introduktion til dagens program
- Lærerne har cirkuleret rundt og undervist internt i grupperne.
- Lærerne har vejledt eleverne ud fra elevernes egne spørgsmål

Uddrag af udsagn om fordele ved lærerrollen i FUF:

- Læreren kan differentiere undervisningen ved individuel eller gruppeorienteret vejledning

"Jeg tror, at ... jeg gerne vil have to forskellige aktiviteter i gang, eller tre eller fire, i mit fys(iklokale) ... og det inviterer det ikke til ... det kan jeg mærke på eleverne, at det duer ikke. ... I de lokaler, som I har (FUF lokalerne), der er det det rigtige at gøre." (Lærer Martin)

"Det er jo differentieringen, som jo egentlig så fik lov til at køre, og (faciliteten) giver plads til det." (Lærer Stig)

- Læreren arbejder mere målrettet den enkelte eller gruppens behov – og mindre forstyrrende for de elever, der ikke har brug for hjælp (lige nu)

"Den der rolle med at man er mentor, og man ikke kan være alle steder på en gang, tror jeg er rigtig god for eleverne." (Lærer Thomas)

- Læreren oplever mere ro til at holde fokus på den enkelte gruppes arbejde

"Du har dem – sådan en gruppe lidt alene." (Lærer Stig)

Uddrag af udsagn om ulemper ved lærerrollen i FUF:

- Læreren kan føle manglende overblik i forhold til de grupper, der er ude af syne
- Læreren skal (måske) "lære" at undervise mere vejledende

"Jeg vil ikke kalde det undervisning – vejledning. Fordi undervise det er jo, når jeg har dem alle sammen, det kan jeg ikke gøre, jeg kan vejlede dem" (Lærer Lars)

"Altså tingene hænger jo sammen – det er et koncept. Så i FUF konceptet hører også med, at lærerne, de skal lære at undervise anderledes. Det er jo egentlig dét det lægger op til ikke også?" (Lærer Michael)



A4. Aktører – elevrollen

Forsøgsundervisningerne i FUF viser, at rummet giver eleverne gode muligheder for at indtage forskellige aktive elevroller.

Observerede fællestræk ved elevrollen i FUF:

- Eleverne har selv helt eller delvist bestemt, hvilke naturfaglige opgaver de ville arbejde med
- Eleverne har taget (med)ansvar i planlægning og arbejdet med opgaverne
- Eleverne har selv helt eller delvist bestemt, hvornår de har holdt pauser
- Eleverne søger inspiration og hjælp hos hinanden indbyrdes og på tværs af grupperne
- Eleverne tager forskellige roller i arbejdet

Uddrag af udsagn om fordele ved elevrollen i FUF:

- Eleverne føler sig mere udfordrede

”man er sådan lidt mere tvunget til at skulle lave tingene – altså sådan selv og sådan noget ... så du lærer også at arbejde selv og lave tingene selv og sådan.” (Elev p94)

- Eleverne koncentrerer sig og fokuserer på opgaven

”Jeg synes også, at det var nemmere at engagere sig, fordi at, altså alle tingene var der, man skulle bare lige finde det først– og så havde man også det rigtige udstyr.” (Elev p34)

”hvis man ikke gider lave noget så er det meget nemt ikke at lave noget, fordi der er ikke sådan nogen, der holder øje med én. Men jeg synes det fungerede godt, fordi man engagerede sig også i det, når man bliver sat lidt fri. (Elev d102)

”man er sådan måske lidt mere koncentreret, om det man laver, fordi man ikke lige har dem (lærerne) til at stå sådan lige (ved siden af) som sådan en sikkerhed, så er man ligesom lidt mere inde i det, (Elev p90)

- Eleverne glemmer tiden, og har mindre brug for pauser

Det er rarere når du selv kan vælge ”hvornår er det fedt” – nogen gange i nogen timer så kører det bare, og så har vi ikke lyst til at have pause, fordi så skal man til at starte op igen bagefter, og andre gange så gider man bare overhovedet ikke, så vil man bare have pause midt i det hele. Når man så selv kan vælge, så kan man lige-

som vælge – ”når det bare kører, så kan vi lade være med at holde pause, når det så måske går lidt dårligt så kan vi lige holde en pause”. (Elev p76)

”Altså når du sådan arbejder selvstændig, så har du ikke rigtig brug for pause, fordi (– som d105 sagde –) når det er sjovt, så opdager du ikke rigtig at tiden den går.” (Elev d107)

Uddrag af udsagn om ulemper ved elevrollen i FUF

- Eleverne kan være længe om at komme i gang
- Eleverne kan holde uhensigtsmæssigt mange eller lange pauser
- Eleverne kan blive opslugt af at lave ting, som ikke har et naturfagligt sigte



B5. Elevernes oplevelse af flow

Ved forsøgsundervisningerne i FUF har eleverne generelt givet udtryk for begejstring for de nye rammer, den lidt anderledes undervisningsform og de lidt anderledes lærer og elevroller.

Middelværdi

Tabellen viser middelværdien af målingerne med Flow-Kurzskala på de 10 udsagn. Elevernes samlede flowrating på de 539 gyldige målinger ligger på 4,58. Det er over den midterste skalaværdi på 4 på flowskalaen, der går fra 1 til 7.

Mean	N	Std. deviation
4,58	539	1,20

Enkeltudsagn

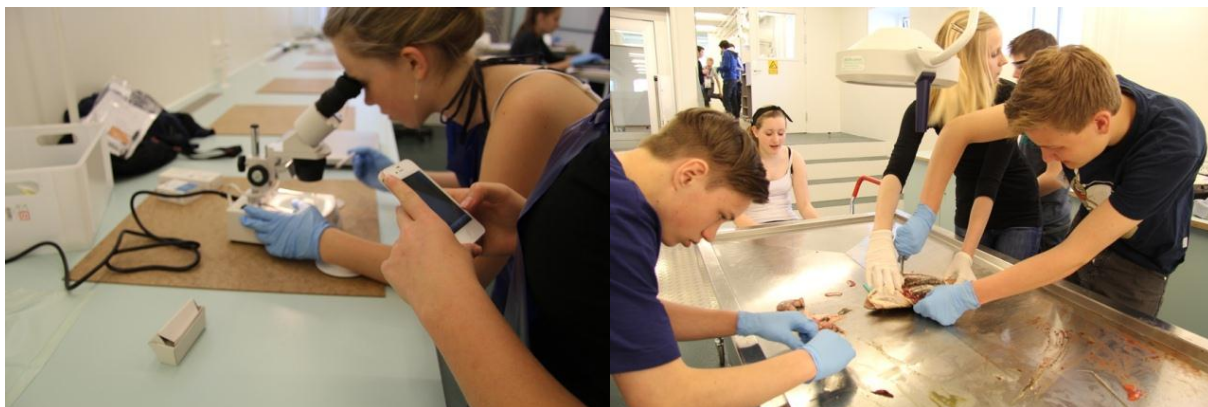
Tabellen viser de enkelte middelværdier på de ti udsagn i skalaen. Samlet set rater eleverne højest på udsagnene om, at ”de har glemt tiden”, at ”de oplever kontrol” og at ”de har let ved at koncentrere sig”. Alle værdierne ligger samlet set over den midterste skalaværdi på 4. Svarfordelingen er for hvert enkelt udsagn fundet signifikant forskellig fra en normalfordeling, med flere svar på de høje skalatrin. Det fortolker vi som tegn på, at eleverne har oplevet gode muligheder for at komme i flow.

Udsagn	Mean	Std. deviation	N
Tilpas udfordret	4,36	1,87	539

Udsagn	Mean	Std. deviation	N
Ubesværet i tanke / handling	4,37	1,74	539
Glemte tid	5,02	1,98	539
Let ved at koncentrere mig	4,80	1,86	539
Klar i hovedet	4,55	1,84	539
Fordybte	4,26	1,88	539
Nyttig tanke / handling af sig selv	4,65	1,64	539
Næste skridt er klar	4,37	2,09	539
Fornemmelse af kontrol	4,85	1,75	539
Glemte mig selv	4,58	1,87	539

Det at glemme tiden er et af de mest genkendelige karakteristika ved flowoplevelsen. At eleverne glemmer tiden i FUF-faciliteten kan tyde på, at eleverne har været optaget af det, de har lavet, og at de ikke har været specielt optaget af at få fri og komme hjem.

Oplevelsen af kontrol og mulighed for koncentration er som tidligere beskrevet væsentlige aspekter af flowoplevelsen. Disse aspekter er også vigtige for at kunne øge sit kompetenceniveau i takt med, at udfordringerne bliver større. At eleverne oplever kontrol og har let ved at koncentrere sig, kan forstås som tegn på, at eleverne oplever gode muligheder for både flow og læring i FUF-faciliteten.



Reliabilitet

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
0,846	0,848	10

Pålideligheden af den samlede skala er testet med Cronbach's alpha. Denne test undersøger, i hvor høj grad skalaens spørgsmål måler det samme begreb. Når Cronbach's alpha er højere

end 0,7 er det en indikation for, at skalaens reliabilitet er god. Vi kan med en værdi på 0,848 fastslå, at pålideligheden på den samlede skala er god.

B6. Elevernes oplevelse af læring

Interviewene viser, at eleverne i de nye rum (og det som rummene inviterer til) ser nye muligheder for læring.

- Eleverne oplever indflydelse på egen læring

”Jeg tror at man lærer mere, hvis man selv har lyst til at lære det – hvis man selv har lyst til, at finde ud af hvad det er og sådan – i stedet for at man bare sidder og hører på nogen der taler, så får man måske ikke det hele med.” (Elev p48)

- Eleverne oplever medansvar for egen læring

”Jeg vil sige vi lærte dét af os selv, og ikke bare ved at sidde og få det at vide direkte – og vi selv – som d102 har sagt – vi selv opsøgte dét.” (Elev d105)

”Man lærer også mere hvis man ligesom selv opsøger det... og så kan man måske forklare det til andre, og det lærer man det endnu bedre af.” (Elev d102)

- Eleverne oplever flere muligheder for læring
- Eleverne oplever, at naturfag kan være sjovt

”Jeg er ikke så vild med det (fysik), fordi jeg er ikke så god til det – men faktisk synes jeg det var ret sjovt derude, for det var meget anderledes på en helt anderledes måde, så man kunne gøre det på den måde man vil – altså vide det på den måde man vil. Selvfølgelig var det sådan fysik ikke?, men jeg synes det var sjovt.” (Elev p165).

”Altså jeg har da på en måde lidt lært, at fysik kan være sjovt, for jeg har aldrig forstået, når folk sagde det var sjovt?” (Elev p156)

”Du lærer på en sjov måde, og der er også flere muligheder for at lære, i stedet for bare at sidde”

Jeg synes det var spændende og opleve noget – nogen nye måder at lære nogle fag. (Elev d86)

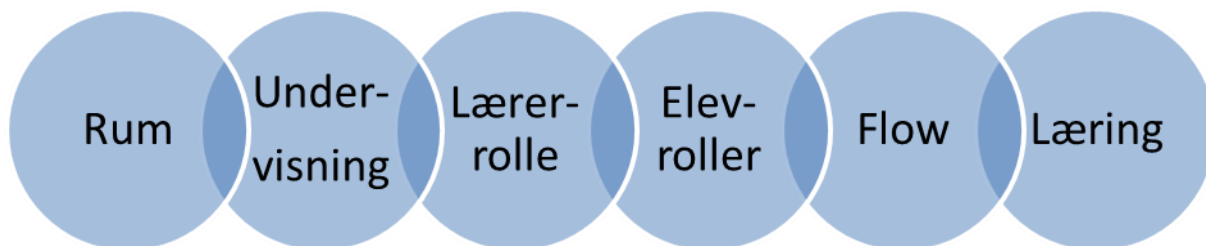
Svar på evalueringsspørgsmål

Forsøgsundervisningen viser, at en indretning af naturfagslokaler efter det nye indretningskoncept kan påvirke den sociale praksis i lokalerne (undervisning, adfærd, læring etc.) på en gavnlig måde. Den realiserede prototype giver gode muligheder for:

- Variation i undervisningsformer
- Forskellige lærerroller
- Forskellige elevroller
- Flere flowoplevelser
- Flere muligheder for læring

Vi ser i denne evaluering af forsøgsundervisningen tydelige tegn på, at hvis man ændrer på rummet i overensstemmelse med det nye indretningskoncept, så åbner det op for, at også undervisningen, lærerrollen, elevrollerne, mulighederne for flow og mulighederne for læring

kan ændre sig, og at ændringerne kan være gavnlige for elevernes læring og engagement. Undervisningen skal stadig være veltilrettelagt, der skal stadig gode lærere til for at få undervisningen til at lykkes, og eleverne skal spille konstruktivt med, men ved at "dreje på rummet" i illustrationen nedenfor skabes der nye muligheder. Når rum-hjulet drejes, vil de andre hjul gerne dreje med.



10. Perspektivering

Den afprøvede prototype på en naturfaglig læringsfacilitet er ikke indlejret i et skolemiljø og dermed ikke afprøvet som en del af lærernes og elevernes hverdag. Det gør, at der er en række faktorer fra den uformelle kontekst, der kan spille en rolle for resultaterne. I forsøgsundervisningerne har eleverne været på heldagstur væk fra skolen, de har aldrig været i faciliteten før, og de ved, at de er med til at teste et nyt koncept. Dette kan i sig selv påvirke elevernes oplevelse af faciliteten og de aktiviteter, der foregik.

Derfor fremstår resultaterne fra forsøgsundervisningerne fortsat som hypoteser, der efterfølgende bør afprøves og tilrettes i et skolemiljø. For at styrke eller afkræfte hypoteserne må der gennemføres supplerende forskning, der følger det nye indretningskoncept i brug i hverdagen på skolen henover en længere periode. På den måde bliver det muligt løbende at undersøge og evaluere elevernes udvikling i interesse, flow og læring i naturfaget – samt at sammenligne resultaterne fra FUF-konceptet med parallelle studier af et "klassisk naturfagsrum" med en "klassisk naturfagsdidaktik" som kontrolgruppe.



Litteraturliste

- Alborz et al. (2009). The impact of adult support staff on pupils and mainstream schools. London: Social Science Research Unit
- Andersen, F. Ø. (2010a). Verdens bedste folkeskole. Finske og danske læringsmiljøer. Århus: Aarhus Universitets Forlag
- Andersen, F.Ø (2010b). Danish and Finnish PISA results in a comparative, qualitative perspective: How can stable and distinct differences between the Danish and Finnish PISA results be explained? In: Educational Assessment and Evaluation (2010) 22: 159-175. Springer Science & Business Media.
- Andersen, F.Ø. (2011). Positiv psykologi i skolen. Frederikshavn: Dafolo Forlag.
- Andersen, F.Ø. (2012) Flowmåling: Flowteori, Flowobservation og Flowspørgeskema i Ørsted Andersen & Christiansen (red) Den positive psykologis metoder. Dansk Psykologisk Forlag.
- Baddeley, A. (1989). Cognitive Psychology – Research Directions in Cognitive Science: European Perspectives. London: Lawrence Erlbaum.
- Bae, B. (1987). Selvutvikling og relasjonserfaringer i barnehage – fra et forprosjekt. Nordisk Pedagogik, nr. 3, 140-150.
- Bae, B. (1996). Voksnes definitionsmagt og børns selvoplevelse. Social Kritik, nr. 47, 6–21.
- Bandura, A. (1994): Self-Efficacy. In V. S. Ramachaudran (Ed.), Encyclopedia of human behavior, 4, 71-81. New York: Academic Press.
- Birkemo, A. (1999): Opplæringskvalitet i skolen. Oslo: Universitetsforlaget.
- Biswas-Diener, R. (2010): En invitation til positiv psykologi. Viden og værktøj til professionelle. København: Forlaget Mindspace.
- Björklid, P. (2005). Lärande och fysisk miljö. En kundkapsöversikt om samspelet mellan lärande och fysisk miljö i förskola och skola. Myndigheten för skolutveckling. Forskning i Fokus, nr. 25.
- Brafman, O. & Brafman, R. (2010): Click. The forces behind how we fully engage with people, work, and everything we do. New York: Crown Business
- Brodersen, P., Fibæk Laursen, P., Agergaard, K., Grønbæk Nielsen, N. & Ørsted Andersen, F. (2007). Effektiv undervisning. Didaktiske nærbilleder fra klasserummet. København: Gyldendals Lærerbibliotek.
- Christiansen, J.P. (red) (2008): Hvad ved vi om god undervisning? Frederikshavn: Dafolo
- Csikszentmihalyi, M. (1975) Beyond Boredom and Anxiety. Jossey-Bass Inc.
- Csikszentmihalyi, M. (2002) Flow – The classic work on how to achieve happiness. Rider.
- Csikszentmihalyi, M. (2003) Good Business – leadership, flow and the making of meaning. Hodder & Stoughton.
- Csikszentmihalyi, M. (2005). Flow og engagement i hverdagen. København: Dansk Psykologisk Forlag.
- Csikszentmihalyi, M., Larson, R. (1987) Validity and reliability of the Experience Sampling Method. In: Journal of Nervous and Mental Disease. 1987, 175, 526-37
- Csikszentmihalyi, M., & Nakamura, J. (1999) Emerging goals and the self-regulation of behavior. I Wyer (Ed) Perspectives on behavioural self regulation. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers.

- Egelund, N. (Red.) (2007a). PISA 2006 – Danske unge i en international sammenligning. København: Danmarks Pædagogiske Universitetsforlag.
- Egelund, N. (2007b). PISA 2006 undersøgelsen – en sammenfatning. København: Danmarks Pædagogiske Universitetsforlag.
- Egelund, N. (2010). PISA 2009 undersøgelsen – en sammenfatning. Århus: Århus Universitetsforlag.
- Engeser, S. & Rheinberg, F. (2005) Motivation, Flow-Erleben und Lernleistung in universitären Lernsettings. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie/German Journal of Educational Psychology, 19 (3) 259-172
- Engeser, S. & Rheinberg, F. (2008) Flow, performance and moderators of challenge-skill balance, Springer Science+Business Media.
- Fibæk Laursen, P. (2004). Den autentiske lærer. Bliv en god og effektiv underviser – hvis du vil. København: Gyldendals Lærerbibliotek.
- Fink-Jensen, Jensen, Kragh-Müller & Mørck (2004). Skolepraksis – forhold, der fremmer og hæmmer læring. En undersøgelse af "De gode eksempler" på klasseniveau. København: AKF Forlaget.
- Fredricksson, B.L. (2001). The role of positive emotions in positive psychology: The broaden-and-build theory of positive emotions. American Psychologist, 56, 218-226.
- Fredricksson, B.L. (2010). Positivitet. København: Dansk Psykologisk Forlag.
- Gade, A. (1999). Hjerneprocesser – kognition og neurovidenskab. København: Frydenlund.
- Gardner, H. (1999). Intelligence Reframed – Multiple Intelligences for the 21st. Century. New York: Basic Books.
- Gardner, H. (Red.)(2007). Responsibility at Work. How leading professionals act (or don't act) responsibly. San Fransisco: Jossey-Bass / John Wiley & Sons.
- Gitz-Johansen, T., Kampmann, J. & Kirkeby, I.M. (2001). Samspil mellem børn og skolens fysiske ramme. Rum Form Funktion.
- Gladwell, M. (2008): Outliers. The Story of Success. New York: Back Bay Books
- Grøterud, M. & Nilsen, B. (1998): Effektiv skole – effektiv undervisning: Et spørgsmål om verdier. Oslo: Ad Notam Gyldendal.
- Hansen, M. (2002). Børn og opmærksomhed. Om opmærksomhedens psykologi og pædagogik. København: Gyldendal.
- Hedegaard, M. (1999): Beskrivelse af småbørn. Århus Universitetsforlag
- Hektner, J. M., Schmidt, J. A., Csikszentmihalyi, M. (2007) Experience Sampling Method – Measuring the Quality of Everyday Life. SAGE Publications.
- Hermansen, M. (1996). Læringens Univers. Århus: Forlaget Klim.
- Horst, S., & Misfeldt (red.), M. (2010). Fremtidens undervisningsmiljø på universitetet.. Baggrundsrapport. Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet & Institut for Læring, DPU, Aarhus Universitet.
- Hundeide, K. (2004): Relationsarbejde i institution og skole. Frederikshavn: Dafolo Forlag.
- Hundeide, K. (2006): Det intersubjektive rum og bevidstgørelse af samspil i klassen gennem reflekterende praksis. I: Kristensen, R. (red.) (2006): Fantastiske forbindelser. Frederikshavn: Dafolo Forlag.
- Illeris, K. (2001). Læring – aktuel læringsteori i spændingsfeltet mellem Piaget, Freud og Marx. Roskilde: Roskilde Universitetsforlag.

- Juul, J. & Jensen, H. (2002). Pædagogisk relationskompetence – fra lydighed til ansvarlighed. København: Forlaget Apostrof.
- Kvale, S. & Brinkmann, S. (2009). InterView – Introduktion til et håndværk. København: Hans Reitzels Forlag
- Lave, J. & Wenger, E. (2003). Situeret læring og andre tekster. København: Hans Reitzels Forlag
- Larsen, K. (2005). Arkitektur, krop og læring. København: Hans Reitzels Forlag.
- Likert, R. (1974) The Method of Constructing an Attitude Scale, i Maranell, G. M. (red) Scaling: A Sourcebook for behavioral Scientists. Transaction Publishers, New Brunswick, New Jersey.
- Meyer, H. (2005). Hvad er god undervisning? København: Gyldendals Lærerbibliotek.
- Merit, S. & Nielsen, T. (2006). Vinderkoncepter. Brugerdrevet innovation og forretningsudvikling. København: Børsens Forlag.
- Mottelson, Martha (2010). Lærerens praksis. København: Hans Reitzels Forlag
- Nakamura, J. & Csikszentmihalyi (2008). The Early Lives of Highly Creative Persons: The Influence of the Complex Family. I: Creativity Research Journal, 20(4), 343-357, 2008. Routledge.
- Nakamura, J. & Csikszentmihalyi (2009). Flow Theory and Research. In: Snyder, C.R. & Lopez, S.J (2009): Oxford Handbook of Positive Psychology. New York: Oxford University Press
- Nakamura, J. & Shernoff, D.J. (2009): Good Mentoring. Fostering Excellent Practice in Higher Education. San Francisco: Jossey-Bass/Wiley.(B)
- Nielsen, L. (2011). Persona – Brugerfokuseret design. Aarhus: Aarhus Universitetsforlag
- Nordenbo, S.E., Søgaard Larsen, M., Tiftikci, N., Wendt, R.E., & Susan Østergaard (2008) Lærerkompetencer og elevers læring i førskole og skole - Et systematisk review udført for Kunnskapsdepartementet, Oslo. I: Evidensbasen. København: Dansk Clearinghouse for Uddannelsesforskning, DPU, Aarhus Universitet.
- Repstad, K. & Tallaksen, I.M. (2006). Variert undervisning – mer læring. Bergen: Fakkbogforlaget.
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Engeser, S. (2003) Die Erfassung des Flow-Erlebens. I Sti-ensmeier-Pelster & Rheinberg Diagnostik von Motivation und Selstkonzept: Göttingen: Ho-grefe. 261-279
- Schreiner, C. & Sjøberg, S. (2004). *Sowing the Seeds of ROSE*. Acta Didactica, nr. 4. Oslo: University of Oslo.
- Schreiner, C. (2006). *Exploring a ROSE-garden: Norwegian youth's orientations towards science – seen as signs of late modern identities*. Doctoral thesis, University of Oslo, Faculty of Education, Department of Teacher Education and School Development.
- Simula, H. (2005): The Finnish miracle of PISA: Historical and sociological remarks on teaching and teacher education. I: Comparative Education, Vol. 41, No. 4, November 2005.
- Steinø, N. (red.) (2003). *Fag og rum i folkeskolen*. Rum Form Funktion.
- Sjøberg, S. & Schreiner, C. (2007). Krise – hvilken krise? *Aktuel Naturvidenskab*, 3, s. 30-33.
- Sølberg, J. & Troelsen, R.P. (2008). Et nuanceret billede af interesse for de naturvidenskabelige og teknologiske områder. I: R.P. Troelsen & J. Sølberg (red.), *Den dan-*

ske ROSE-undersøgelse – en antologi, s. 93-107. Institut for Curriculumforskning, Danmarks Pædagogiske Universitetsskole, Aarhus Universitet.

- Sørensen, H. (2008). Piger og drenge svarer forskelligt – hvilke konsekvenser har det for undervisningen? I: R.P. Troelsen & J. Sølberg (red.), *Den danske ROSE-undersøgelse – en antologi*, s. 41-57. Institut for Curriculumforskning, Danmarks Pædagogiske Universitetsskole, Aarhus Universitet.

Appendix 1: Rumdisponering

Arena (første sal)











ARENA_inventar

- 30 træskasser med vippelæg og bærehuller
- Lave borde til modelbyggerniche (maks. 2 pers)
- Lavt bord til mikroskopi (maks. 2 pers)
- Højt bord til research-bar
- Lavt bord med afskærmninger til
- 4 studiepladser
- 8 gode kontorstole
- 16 barstole u/ ryglæn og m/ fodstøtte
- 8 bordlamper / læselamper
- Bænke/ opholdsmøbler til refleksorium (maks. 6 pers)
- 4 underskabe med længere bordplade til køkken
- 2 højskabe til køkken
- Lave resoler til opbevaring ved sceneområde
- Lave bogreoler / bogkasser
- 2 rulleborde til demonstrationer

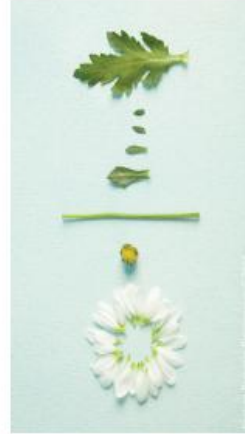
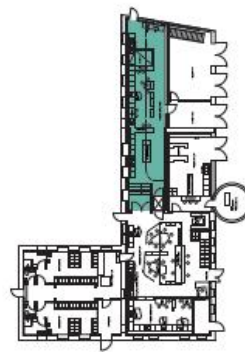
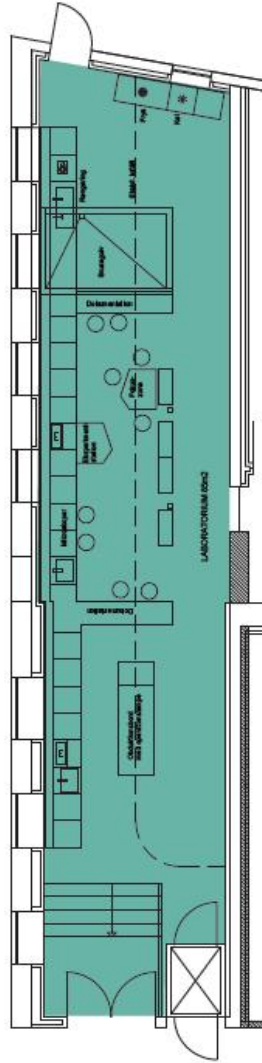
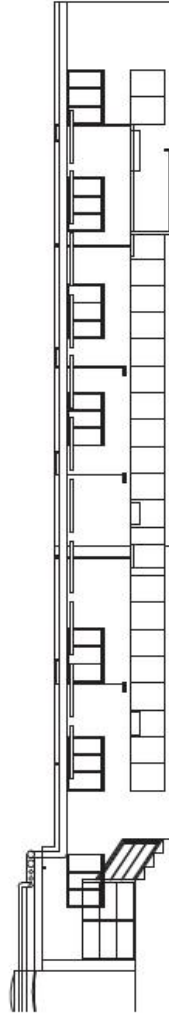
Scene, fællesskab, højt til loftet, for um, projektioner
 fælles refleksion, træ, fritlagte læjker, isteloffer
 naturalistisk, marmoreret linoleumsgulv i træfarver, fyrtræ.

Blå lab

BLÅ LAB_inventar

- 24 underskabe med tilhørende bordplade
- 1 højskab
- 2 høje mobile borde til forsøg og fokuszoner
- 10 barstole u/ ryg læn og m/ fodstøtte
- 2 gode høje stole (kontorstols-konfort)
- 4 høje mobile reoler
- 2 mobile afskærmninger (gardiner og skinner)
- 1 processug i loft over OP-bord

Operationsstue, kirnisk, dissekere, mikro- og makrobiologi planter, struktur, faseændringer, vand, is, jord nedrydning, liv, død



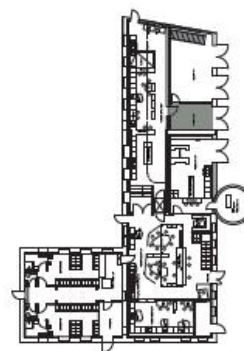
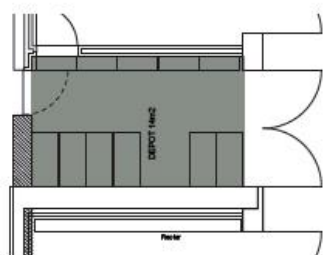
Depot



Depot_inventar

- Stålrøler D: 30cm, L: 4500cm (total)
- Mobile arkivmoduler til opbevaring af store materialer og genbrugsemner

Gulvareal: 4500 x 1000 cm
Eks: 6 sektioner à D:60 x B:120cm,
gangareal 90cm

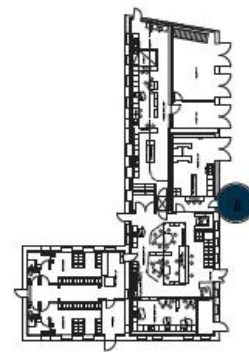
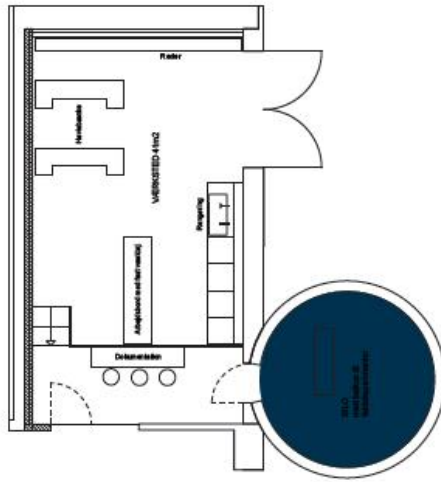


Faldlab

FaldLab_inventar

- Faldtrør
- Vakuuminstallation
- High Speed kamera

Monocolor, det blå dyb, tyngdekraft, eksperiment 1:1
tunnel, kontrast, dramatik, lysinstallation

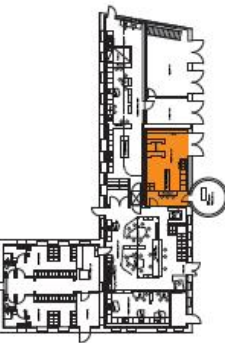
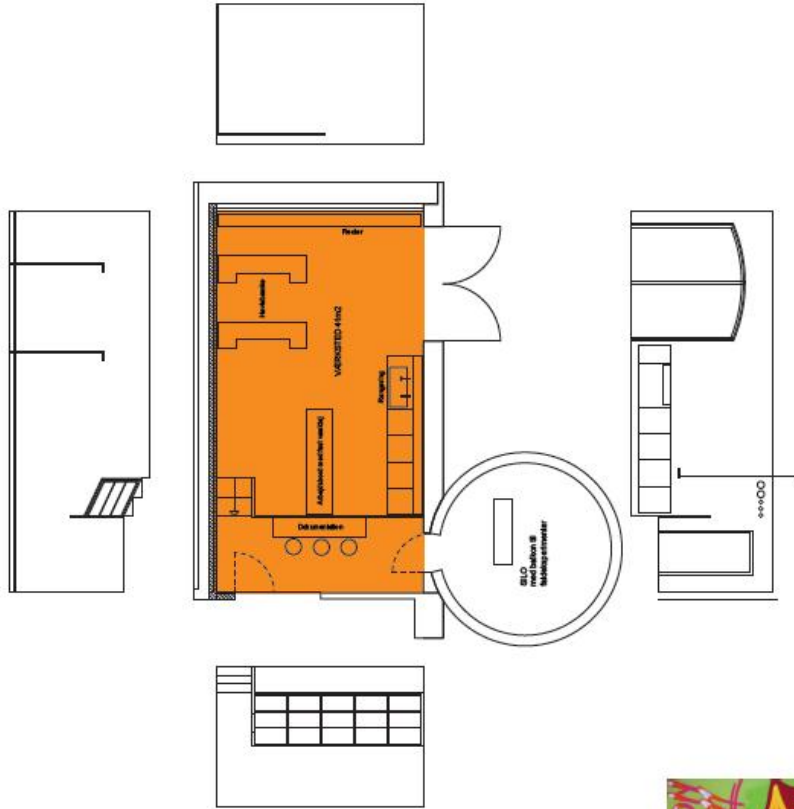


Orange lab (værksted)

Orange Lab_inventar

- 6 underskabe med tilhørende bordplade
- Højt bord på repos (maks. 3 pers)
- 3 barstole u/ ryglaen og m/ fodstøtte
- 2 høvlebænke
- 1 stort sammenklappeligt bord
- 4 værktøjskammer
- Reoler og værktøjstavler til endevæg
- Arkivmoduler og reoler til materialeopbevaring (depot ca. 14 m2)

Støt, grovværksted, autoværksted, Le Mans-pit, smedje, værft
Lokal graffitikunst



Appendix 2: Flow-spørgeskema

Det er muligt at afdække sandsynligheden for oplevelsen af flow via forskellige metoder, og ud fra en række forskellige spørgsmål og udsagn. I undersøgelsen her anvendes metoden "Experience Sampling Method" (ESM) der kort sagt handler om, at eleverne bliver signaleret til at svare på nogle spørgsmål, samt at angive deres grad af enighed på en række udsagn. Spørgsmålene er af "ekstern karakter" og spørger til (1) elevens navn (2) tidspunkt for besvarelse (3) elevens aktivitet (4) elevens tanker, og (5) elevens lokation.

Udsagnene er af "intern karakter" og handler om hvad eleverne oplever. Udsagnene er en dansk oversættelse af den tyske "Flow-Kurzskala", der handler om aspekterne i flow-oplevelsen. Flow-Kurzskalaen er testet for validitet og reliabilitet.

Ud fra besvarelserne på grad af enighed på de ti spørgsmål i skalaen, er det muligt at beregne en samlet "flow-score" på mellem 1 og 7. På baggrund af en gennemgang af flowstudier, er det fundet rimeligt at antage, at en samlet score på 4 og derover er et udtryk for "sandsynlighed for flow i oplevelsen".

14.06.12 3

Vi vil gerne have indblik i, hvordan det kører for dig i dag. Det kalder man flow.

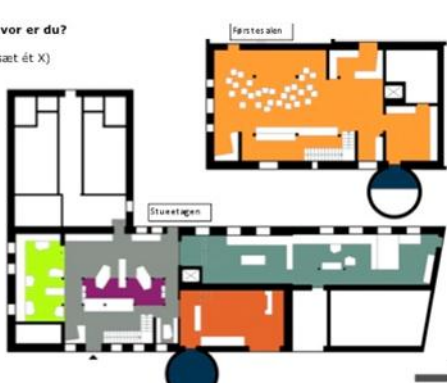
Hvad hedder du? _____ Hvad er klokken? _____ (fx 12.47)

Svar, som om du stadig er i gang med den aktivitet, du lige er blevet afbrudt i:

Hvad laver du? _____

Hvad tænker du på? på aktiviteten
(sæt ét X) på noget andet
 både på aktiviteten og på noget andet

Hvor er du?
(sæt ét X)



HUSK AT VENDE KORTET OG BESVARE

Sæt ét kryds ud fra hvert udsagn

	u e n i g	d e l v i s	e n i g	e n i g
1. Jeg føler mig tilpas udfordret	0	0	0	0
2. Mine tanker (eller handlinger) flyder ubesværede	0	0	0	0
3. Jeg mærker ikke, at tiden går	0	0	0	0
4. Jeg har let ved at koncentrere mig	0	0	0	0
5. Jeg er helt klar i hovedet	0	0	0	0
6. Jeg er fuldstændig optaget af aktiviteten	0	0	0	0
7. Nyttige tanker og handlinger kommer af sig selv	0	0	0	0
8. Jeg ved, hvad jeg skal gøre som det næste	0	0	0	0
9. Jeg føler, at jeg har kontrol over aktiviteten	0	0	0	0
10. Jeg tænker ikke på mig selv	0	0	0	0

u
e
n
i
g d
e
l
v
i
s e
n
i
g e
n
i
g

f
o
r l
i
l
l
e f
o
r s
t
o
r

For mig er udfordringen i denne aktivitet: 0—0—0—0—0—0—0

n
e
m v
a
n
s
k
e
l
i
g

Sammenlignet med andre aktiviteter, jeg ellers laver, er denne: 0—0—0—0—0—0—0

s
v
a
g
e s
t
e
r
k
e

Jeg tror, at mine evner til denne aktivitet er: 0—0—0—0—0—0—0

Appendix 3: Interviewguide for lærerinterviews

Kvalitativ semistruktureret enkelt-interview med lærerne i FUF-forsøgsundervisningen

- Vil du fortælle om besøget i FUF?
- Hvad synes du om stedet? (Kan du beskrive et af de konkrete rum?)
- Hvordan har det været at undervise i FUF? (Hvad har overrasket – begejstret eller frustreret?)
- Oplever du, at de fysiske rammer i FUF har haft betydning for undervisningen i FUF?
- Kan du beskrive en situation fra dagen i FUF, hvor du lærte noget?
- Kan du beskrive en situation fra dagen i FUF, hvor du oplevede, at dine elever lærte noget?
- Kan du bruge dine oplevelser fra FUF som inspiration i naturfagsundervisningen på skolen?
- Er der noget fra FUF, du kunne forestille dig at tage med dig, hvis jeres lokaler skulle renoveres nu?
- Mener du, at konceptet vil kunne realiseres på jeres skole? – hvad i konceptet må evt. udvikles/ændres/tilpasses?
- Hvad er din samlede vurdering af FUF som et bud på "Fremtidens undervisningsfacilitet"? (spørgsmålet skal ses i sammenhæng med de pædagogiske målsætninger fra folkeskoleloven og de fælles mål)

Appendix 4: Interviewguide, elevinterviews

Fokusgruppeinterviews med eleverne i FUF-forsøgsundervisningen

- Vil I fortælle om besøget i FUF? (hvordan har I det normalt med naturfag)
- Hvad synes I om stedet? Kan I beskrive nogle af de konkrete rum? (hvad synes I om dem?)
- Hvordan har det været at blive undervist i FUF? (har det været anderledes end i skolen?)
- Hvordan synes I det var at være "elev i FUF" – var der nogen af jer, der oplevede, at det var nemt at koncentrere sig? Eller måske at det var nemt at gemme sig?
- Kan I beskrive en eller flere situationer fra dagen i FUF, hvor I blev helt opslugt af noget? (I glemte alt andet – og fokuserede kun på aktiviteten)
- Hvordan synes I, at I blev udfordret i undervisningen i FUF? (for meget / tilpas / for lidt?)
- Opfølgningsspørgsmål til flow – med udgangspunkt i de kvantitative data.
- Opfølgningsspørgsmål til flow – med udgangspunkt i billeder.
- Har I oplevet, at I har lært noget på undervisningsdagen i FUF? (fortæl om situationen)
- Hvad synes I samlet set om FUF som naturfagslokale? Kunne I tænke jer sådan et lokale på jeres skole? (hvorfor/hvorfor ikke? – tror I FUF kunne fremme jeres interesse for naturfag?)