

VID
EN
OM

UNDERSØGELSESBASERET UNDERVISNING I DE NATURVIDENSKABELIGE FAG I GYMNASIET

Vidensnotat

Indhold

3 INTRO
**Undersøgelserbaseret undervisning har
potentiale til at motivere og dygtiggøre
eleverne**

6 UNDERVISNINGENS ORGANISERING
**Eleverne arbejder undersøgende
fra hypotese til diskussion**



10 LÆRERENS ROLLE
**Læreren faciliterer elevernes
undersøgende arbejde**

14 LÆRINGSMILJØETS BETYDNING
**Der skal være plads til, at
eleverne tør prøve sig frem**



17 Forslag til videre læsning

17 Litteraturliste

Undersøgelserbaseret undervisning i de naturvidenskabelige fag i gymnasiet
Vidensnotat

© 2021 Danmarks Evalueringsinstitut
og Børne- og Undervisningsministeriet
Citat med kildeangivelse er tilladt

Design: BGRAPHIC
Illustration: Ferdio

Publikationen er kun udgivet
i elektronisk form på:
www.eva.dk/viden-om
og www.emu.dk

ISBN (www): 978-87-7182-477-3

INTRO

Undersøgellesbaseret undervisning har potentiale til at motivere og dygtiggøre eleverne

Hvad lærer eleverne, når undervisningen i de naturvidenskabelige fag er undersøgellesbaseret, og hvordan virker undervisningsformen på deres motivation? Svaret er ikke entydigt, men der er en klar tendens i forskningen til at vurdere, at tilgangen har potentiale. I vidensnotatet her kan du læse forskningens bud på, hvordan en undersøgellesbaseret undervisning kan tage sig ud, hvis eleverne skal profitere af den.

I dette notat formidler vi forskningsbaseret viden om undersøgellesbaseret naturfagsundervisning. Vi har udvalgt en række centrale resultater og indsigter fra forskning, der beskriver, hvordan undervisningen kan tilrettelægges, så den er undersøgellesbaseret.

Der findes ikke én måde at tilrettelægge undersøgellesbaseret undervisning på. Men der findes flere forhold, man som lærer må være opmærksom på, for at den undersøgellesbaserede undervisning bliver lærerig og motiverende for elever i gymnasiet. Notatet her er tænkt som et grundlag for at tage hul på eller arbejde videre med at tilrettelægge undersøgellesbaseret undervisning i de naturvidenskabelige fag.

Undersøgellesbaseret undervisning på dagsordenen

Undersøgellesbaseret undervisning har i en årrække været et centralt begreb i reformer af science-undervisningen i både EU og OECD-landene. Det skyldes et politisk ønske om at reformere naturfagsundervisningen fra såkaldt traditionel undervisning, hvor fx dialogen i undervisningen er meget lærerstyret, til undervisning, der er mere elevcentreret og baseret på undersøgelse (Kruse, 2013). Baggrunden herfor er bl.a., at Europa-Kommissionen i 2005 nedsatte en ekspertgruppe af naturfagsdidaktiske forskere, som skulle pege på undervisning, der kunne motivere og engagere eleverne og derigennem øge deres interesse for naturvidenskab. Ekspertgruppen konkluderede, at "undervisning, der fokuserede på centrale naturfaglige problemstillinger, og som var baseret på elevernes egne undersøgelser, eksperimenter og refleksioner, i stor grad opfyldte kriterierne" (Østergaard, Sillasen, Hagelskjær, & Bavnøj, 2010).

Hvad er undersøgellesbaseret naturfagsundervisning?

Undersøgellesbaseret naturfagsundervisning forstås i dette vidensnotat som Inquiry Based Science Education (IBSE). Begrebet "refererer til en proces hvori eleven, eller en gruppe af elever, er den centrale, deltagende part. I IBSE er der således elever, der møder et autentisk problem eller spørgsmål [...] og forsøger at løse eller besvare dette problem ved at ræsonnere, lede efter relevante kilder, observere, opstille hypoteser, samt indsamle og fortolke data igennem eksperimentelt eller teoretisk arbejde og diskussioner."

Kilde: Nielsen 2014, s. 11.



Også i en dansk gymnasiekontekst er der fokus på undersøgelse som en del af den naturvidenskabelige undervisning fx gennem læreplaner og vejledninger til de naturvidenskabelige fag. Flere vejledninger peger specifikt på den undersøgelsesbaserede tilgang som en arbejdsform, der kan være med til at styrke elevernes motivation og forståelse for naturvidenskab. En undersøgelsesbaseret tilgang kan desuden bidrage til den metodebevidsthed, der efterspørges i forbindelse med gymnasiets større skriftlige opgaver.

Ifølge Europa-Kommissionen er det dog ikke meningen, at undervisningen nu udelukkende skal være undersøgelsesbaseret. Forskellige tilgange til undervisningen bør i stedet kombineres – og ikke udelukke hinanden (Michelsen, 2011). Det vil sige, at den undersøgelsesbaserede tilgang ikke altid er den mest hensigtsmæssige måde at tilrettelægge undervisningen. Læreren må derfor vurdere hvilke emner og forløb, det er meningsfuldt og lærerigt for de pågældende elever at arbejde undersøgende med, og hvilke emner, der hellere skal præsenteres på andre måder.

Hvad er undersøgelsesbaseret undervisning i naturvidenskab?

Undersøgelsesbaseret undervisning i naturvidenskab er en betegnelse, der dækker over forskellige former for undervisning, der har det tilfælles, at elever kan få ny viden og naturfaglig forståelse ved at udforske eller undersøge egne hypoteser og problemstillinger (Nielsen, 2014).

Elevernes arbejde tager afsæt i autentiske spørgsmål, som eleverne finder det relevant og meningsfuldt at søge svar på – hvilket sjældent er tilfældet, hvis eleverne kender svaret på forhånd og skal eftervise velkendt teori (Krogh og Andersen, 2017). Et spørgsmål kan blive autentisk ved, at det ligger i forlængelse af elevernes undren og på den måde forekommer vigtigt for dem. I autentisk undersøgende arbejde har eleverne "frihed til selv at belyse, fortolke og forstå en åben problemstilling ud fra empiri" (Krogh og Andersen, 2017 s.68).

Nogle lærere vil måske genkende elementer, der beskrives i dette notat, som noget, de allerede har prøvet eller jævnligt praktiserer i deres undervisning, fx arbejdet med at inddrage eleverne aktivt eller at gennemføre forsøg med klassen og sørge for, at det sker i et læringsmiljø, der lægger op til at eleverne tør eksperimentere og prøve sig frem. På den måde er den undersøgelsesbaserede undervisning ikke udtryk for en tilgang, hvor man skal forkaste alt det, man tidligere har praktiseret.

Det særegne ved undersøgelsesbaseret undervisning i de naturvidenskabelige fag er imidlertid det større fokus på elevstyrede arbejdsprocesser, selvstændighed i elevernes praktiske arbejde og stor vægt på elevernes hypotesedannelse og italesættelse af egne idéer (Østergaard et al., 2010).

I nogle dele af litteraturen fremstår undersøgelsesbaseret undervisning meget åben igennem hele undervisningsforløbet, hvor eleverne selvstændigt søger information fra andre kilder, indsamler data og formulerer forklaringer og argumenter.

Her er der vægt på, at elevernes frihedsgrader skaber rum for deres egen videnskonstruktion og for, at de udvikler ejerskab til læreprocessen. I andre dele af litteraturen fremstår undervisningsformen som mere struktureret med en højere grad af styring eller guidning fra lærerens side, fx ved at eleverne kan formulere deres spørgsmål inden for en given ramme, at de får vejledning i processen, eller at læreren henleder deres opmærksomhed på kilder til relevant viden og viser dem mulige måder at forbinde empirien med forklaring (Krogh og Andersen, 2017).

Hvilken vej, man som underviser vælger, vil i høj grad afhænge af elevernes alder, forudsætninger og hvor frie rammer, der er i forhold til at skulle arbejde inden for et fastlagt fagligt område.

I vidensopsamlingen, som dette notat bygger på, er en overvægt at studier, der taler for, at eleverne får mest ud af den undersøgelsesbaserede undervisning, hvis læreren guider og støtter eleverne undervejs, alt efter deres forskellige forudsætninger og behov.

En undervisningsform med potentiale

Forskning kan ikke påvise en entydig positiv betydning af IBSE. Men læser man på tværs af den del af forskningslitteraturen, som undersøger, hvor effektive undersøgelsesbaserede strategier i undervisningen er, finder man en klar positiv tendens.

Der findes en række studier, der viser en positiv effekt af undersøgelsesbaseret undervisning i naturvidenskab, og efter at have gennemgået flere metastudier konkluderer Kruse (2013, s.44), at: "lærerstøttet IBSE, der kombinerer kognitive, epistemiske (dvs. videnskabelige eller undersøgende) og sociale elevaktiviteter, giver væsentligt bedre elevresultater end traditionel undervisning". I tråd med dette peger litteraturstudiet til arbejdet med en national naturvidenskabsstrategi på, at: "undersøgelsesbaseret undervisning, hvor eleverne undersøger og kritisk forholder sig til fagligt relevante forhold, kan virke motiverende for elever og kan udvikle en række centrale kompetencer, såsom innovationskompetence og kreativitet, uden at det sker på bekostning af deres begrebsmæssige faglige forståelse" (Nielsen, 2017).

Nogle af de resultater og virkninger for eleverne, som undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning ifølge forskning kan medføre, er:

- At eleverne bliver motiveret og engageret i undervisningen (Ellebæk og Østergaard, 2012)
- At eleverne får en positiv holdning til og større interesse for naturen og de naturvidenskabelige fag (Walan m.fl., 2015)
- At elevernes læring og naturfaglige viden øges (Minner m.fl., 2010; Østergaard m.fl., 2014; Walan m.fl., 2015)
- At eleverne øger deres kompetencer til at argumentere, træffe beslutninger og styre processer (Walan m.fl., 2015).

God undersøgelserbaseret undervisning i praksis

Læser man på tværs af forskning i undersøgelserbaseret naturfagsundervisning, tegner der sig et billede af et begreb, der udfolder sig på forskellige måder i praksis. Så hvad kender de læreres praksis, som ser ud til at være virksomhedsfuld? Kort fortalt peger forskning på, at det har positiv betydning, når lærernes praksis er kendetegnet ved følgende:

Eleverne arbejder undersøgende fra hypotese til diskussion

Lærerne arbejder med at:

- Organisere og stilladse undervisningen, så eleverne ikke overlades til sig selv i det undersøgende arbejde
- Opsætte rammer og støttestrukturer, der er tilpasset elevernes selvstændighed, faglige niveau og erfaring med den undersøgelserbaserede tilgang, og giver løbende feedback i undervisningen, så alle elever støttes og udfordres
- Opbygge forløb i faser, der giver eleverne erfaring med alle elementer af det undersøgende arbejde.

Læreren faciliterer elevernes undersøgende arbejde

Lærerne arbejder med at:

- Undersøge elevernes faglige og personlige forudsætninger og tager udgangspunkt heri, når undervisningen tilpasses elevgruppen, så alle elever kan få en aktiv, undersøgende og reflekterende rolle i undervisningen
- Trække tråde mellem forskellige begreber og faglige områder for at give eleverne en forståelse af det naturvidenskabelige område på tværs af emner og fag
- Stimulere elevernes refleksion gennem en konstruktiv dialog baseret på åbne spørgsmål, feedback og fokus på at træne fagsprog og faglige begreber.

Der skal være plads til, at eleverne tør prøve sig frem

Lærerne arbejder med at:

- Skabe tryghed omkring arbejdsformen. Det kræver et positivt læringsmiljø med plads til at undre sig og begå fejl.
- Rammesætter gruppearbejdet. Det vil sige, at læreren sammensætter grupper, alt efter om det skal være homogene eller heterogene grupper, og tydeliggør den opgave, grupperne skal løse.
- Øve de faglige diskussioner, så eleverne træner at argumentere fagligt og øver sig i at give hinanden konstruktiv feedback.

Ingen lette løsninger

At tilrettelægge undersøgelserbaseret undervisning er langt fra simpelt. Der kan opstå dilemmaer undervejs, og det kan være udfordrende for både lærere og elever. Når man læser de kommende sider, er det derfor vigtigt at have den kompleksitet for øje, som kendetegner undervisningen og den kontekst, arbejdet foregår i.

Notatet her skal ikke ses som et udtryk for, at man som lærer let og enkelt kan arbejde med en undervisningsform, man ikke har prøvet kræfter med før. Pointer fra forskning på området kan derimod være med til at inspirere til det fortsatte arbejde med at afprøve og udvikle en undersøgelserbaseret undervisning og få erfaringer med, hvornår og hvordan den undersøgelserbaserede tilgang kan være velfungerende.

Godt at vide, når du læser

.....

Dette vidensnotat er en del af en samlet pakke kaldet *Viden om undersøgelserbaseret undervisning i de naturvidenskabelige fag*, der indeholder en række forskellige produkter til praksis. Notatet er baseret på en systematisk vidensopsamling gennemført for Børne- og Undervisningsministeriet af Danmarks Evalueringsinstitut (EVA) i 2020. Vidensopsamlingens metode findes på eva.dk/viden-om. I dette første kapitel, hvor området introduceres, henvises til litteratur, fx baggrundsmateriale og lovttekster, der ikke indgår i vidensopsamlingen. De følgende tre kapitler bygger på litteratur fra vidensopsamlingen. Listen over litteraturen findes bagest i notatet. Derudover findes en liste over den litteratur, der er anvendt i det introducerende kapitel, kaldet *Anden litteratur*.

Vidensnotatet bidrager til at give læseren et lettilgængeligt overblik over viden og resultater fra forskning om undersøgelserbaseret naturfagsundervisning. Notatet giver i mindre grad viden om, hvordan lærere kan omsætte resultater og pointer fra forskningen til praksis. Det kan man finde inspiration til i de øvrige produkter i *Viden om undersøgelserbaseret undervisning i de naturvidenskabelige fag*. Den forskningsbaserede viden suppleres i notatet af en række beskrivelser og små eksempler, der giver læseren billeder på undervisningen. Eksemplerne er fiktive og udarbejdet med inspiration fra praktikere og online tilgængelige undervisningsforløb.

De forskningsfund, som præsenteres i notatet, er udvalgt, fordi de kan være med til at kvalificere og inspirere læreres undervisningspraksis. Men de fortæller ikke det hele. Brug derfor gerne notatet som afsæt for videre læsning. Forslag til litteratur er anført bagest i notatet.

UNDERVISNINGENS ORGANISERING

Eleverne arbejder undersøgende fra hypotese til diskussion

Undersøgende undervisning skal udvikle elevernes naturvidenskabelige forståelse og kompetencer. Læreren kan sikre, at eleverne kommer gennem de videnskabelige undersøgelsesprocesser ved at organisere undervisningen i forskellige faser.



Biologilæreren Palle starter timen med at dyppe 25 papirstimler i PTC-opløsning (kemisk bitterstof) og tørre dem. Han beder eleverne smage på hver deres strimmel. Der kommer hurtigt forskellige reaktioner fra klassen. Nogle elever kan ikke smage noget, andre synes det smager bittert, og nogle udbrøder, at det smager "mega klamt". Evnen til at smage PTC er genetisk bestemt, og formålet med dette simple eksperiment er at vække elevernes nysgerrighed, før de gruppevis skal i gang med at undersøge genetikken bag smagning af bitterstoffet PTC. Palle har i andre klasser brugt PTC-eksperimentet til at lade eleverne efterprøve teorien bag fænomenet, men for at gøre undervisningssekvensen undersøgelsesbaseret har Palle denne gang valgt at vende om på rækkefølgen i undervisningen, så eleverne baseret på egne hypoteser arbejder sig gennem forskellige faser og derigennem når frem til naturvidenskabelige forklaringer. Til deres undersøgelser bruger eleverne forskellige grafiske illustrationer, fx figurer, der viser en smagsreceptor eller proteinsyntesen, og som kan hjælpe eleverne med at udforske, hvorfor nogle elever smager PTC, mens andre ikke gør.

Når eleverne stifter bekendtskab med den undersøgelsesbaserede tilgang til undervisningen, har læreren en vigtig opgave i at organisere og stilladsere undervisningen. I det følgende beskrives, hvad vi ved fra forskning om vigtigheden heraf, og hvordan man som lærer kan tilrettelægge undervisningen i faser, som understøtter den undersøgende tilgang. Palles biologitime vil være et gennemgående eksempel og bliver udfoldet, efterhånden som de forskellige faser beskrives.

Læreren har en vigtig opgave i at skabe struktur

I undersøgelsesbaseret undervisning bør der være en vis form for struktur, styring og organisering fra lærerens side (Furtak, Seidel, Iverson, & Briggs, 2012). Når eleverne selv kommer meget på banen og fx forfølger egne hypoteser og problemstillinger, bliver lærerens arbejde med at skabe struktur og guide eleverne vigtigt. Og denne struktur og guidning må tage udgangspunkt i lærerens viden om elevernes forudsætninger og følges op af den løbende feedback, der foregår i undervisningen. Læreren må altså hjælpe eleverne med at blive på sporet, når de arbejder med deres undersøgelser.

Læreren kan gøre brug af forskellige former for struktur og organisering og på den måde give plads til, at eleverne kan agere udforskende. Rammer og støttestrukturer er væsentlige greb i den forbindelse (Knain, Bjønness, & Kolstø, 2011). Med rammer og støttestrukturer kan læreren lede eleverne fra start til slut i deres undersøgende arbejde, dvs. være med til at guide dem fra deres indledende undren, over det at formulere spørgsmål og generere hypoteser, til at gennemføre undersøgelser eller eksperimenter for endelig at kunne drage konklusioner og reflektere over disse.

Rammer og støttestrukturer

Rammerne beskriver mål med undervisningen, de temaer og metoder, eleverne skal arbejde med, og hvordan arbejdet evalueres.

Støttestrukturer er de hjælpsomme elementer, der undervejs skal lede eleverne på rette spor og støtte dem i deres arbejdsproces hen imod det mål, der er med undervisningsforløbet. Det kan fx være vejledning i at lave et forsøg eller i at indsamle data eller en fælles diskussion i klassen om et emne (Knain et al., 2011).

Det er vigtigt, at læreren tilpasser sin brug af rammer og støttestrukturer til elevernes selvstændighed og faglige niveau og ikke mindst til elevernes erfaring med en undersøgelsesbaseret tilgang, så undervisningen differentieres, og alle elever udfordres.

Fem faser udgør tilsammen en undersøgelsescyklus

Forskningslitteraturen beskriver på forskellig vis en række specifikke faser, som undervisningen (som både kan være kortere og længere forløb) kan bygges op omkring.

En gruppe forskere har undersøgt de mange forskellige bud på og betegnelser for undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning, og hvordan den bygges op. De når frem til fem generiske faser, dvs. faser som skal forstås som grundlæggende for mange af de modeller, der findes for konkrete undersøgelsesbaserede undervisningsforløb.

Forskerne har identificeret de fem faser ved at læse på tværs af forskellige modeller med det formål at reducere dem til et antal håndterbare og generiske faser. De fem faser er:



Modeller over faserne

I en dansk gymnasiesammenhæng anvendes især modellen kaldet *6F* for planlægning, gennemførelse og evaluering af undersøgelsesbaseret undervisning. Modellen er en konkretisering af de generiske faser beskrevet i dette notat.

Modellen er udviklet af forskere på Institut for Naturfagenes Didaktik (IND). Modellen indeholder faserne *Forudsætning, Fang, Forsk, Forklar, Forlæg* og *Feedback*. Find evt. yderligere viden om modellen hos Institut for Naturfagenes Didaktik.

- **Orientering**, hvor elevernes nysgerrighed vækkes og en problemstilling identificeres
- **Begrebsliggørelse**, hvor eleverne bliver fortrolige med begreber, der er relevante for problemstillingen og formulerer deres spørgsmål eller hypoteser
- **Udforskning**, hvor eleverne gennemfører undersøgelser og analyserer data fra egen eller andres undersøgelser
- **Konklusion**, hvor eleverne vender tilbage til deres indledende undersøgelsesspørgsmål eller hypotese med henblik på at formulere en besvarelse
- **Diskussion**, hvor eleverne kommunikerer, reflekterer og perspektiverer undersøgelsen.

Hver fase bidrager med noget forskelligt til elevernes faglige udvikling. Og hver fase har fokus på en specifik del af det at arbejde undersøgende. Det vil sige, at ingen faser er overflødige eller kan skæres væk, men der kan være stor forskel på hvor lang tid, det enkelte forløb og de forskellige faser tager. Nogle forløb vil kunne afvikles over en enkelt undervisningslektion, og andre forløb vil løbe over en længere periode. Eleverne kan godt vende tilbage til en tidligere fase undervejs, afhængig af hvilken type undersøgelse, der foretages. Faserne udfoldes og beskrives i det følgende.

Orientering

I denne indledende fase fanger man elevernes interesse og rammesætter, hvad der skal undersøges. Og det er her, læreren kan vække elevernes nysgerrighed ved at præsentere fænomenet eller problematikken på en måde, hvor eleverne inspireres eller kommer til at undre sig. Det kan foregå som i det indledende eksempel, hvor Palle lader eleverne smage på papirstrimlerne og derigennem finder ud af, at der er stor forskel på, hvordan PTC smager for de enkelte elever.

Det kan også være, at læreren peger på nogle aktuelle problemstillinger i samfundet, eller problemstillingen kan udspringe af noget, som optager eleverne, og som stammer fra deres egne erfaringer og fra deres livsverden (Pedaste et al., 2015). Orienteringsfasen fører til formulering af det problem eller det fænomen, der skal undersøges (Pedaste et al., 2015).

Begrebsliggørelse

Her arbejder eleverne med at forstå emner, der knytter sig til det valgte problem eller fænomen, de udforsker.

Denne fase kan yderligere opdeles i to underfaser: spørgsmåls-generering og hypotesegenerering. Afhængig af hvilken problemstilling, klassen arbejder med, formulerer eleverne enten spørgsmål eller opstiller hypoteser, som de kan teste og afprøve i praksis (Pedaste et al., 2015).

I Palles eksempel kan hypotesegenerering fx foregå ved, at han laver en fælles opsamling på tavlen, hvor de tre fænotyper "smager intet", "smager bittert" og "smager megaklamt" skrives op, hvorefter han sætter eleverne i gang med at formulere hypoteser ud fra spørgsmålet: "Hvorfor oplever vi smagen forskelligt?"

Arbejdet med begrebsliggørelse fortsætter igennem hele forløbet, hvor man løbende udbygger forståelsen af de faglige begreber, men er særligt vigtig her, for at eleverne kan formulere deres spørgsmål eller hypoteser.

Udforskning

I udforskningsfasen omdannes elevernes nysgerrighed til naturvidenskabelig handling. Eleverne undersøger eller eksperimenterer med det formål at blive i stand til at svare på deres egne spørgsmål eller hypoteser (Scanlon et al., 2011).

Når eleverne befinder sig i udforskningsfasen, designer de fx forskellige eksperimenter ved at ændre variable værdier, forudsige og fortolke resultater (Pedaste et al., 2015).

At foretage undersøgelser involverer både at kunne designe og implementere. Eleverne kan fx både designe en plan for et eksperiment og selv indsamle beviser til at teste deres hypotese. I eksemplet fra undervisningen undersøger Palle elever fænomenet ved brug af forskellige figurer, som viser en smagsreceptor, proteinsyntesen eller andre eksempler på inkomplet dominans. Nogle grupper vil selv kunne gennemskue sammenhængen mellem genetikken og evnen til at smage (vi har gener, som koder for de forskellige smagsreceptorer på tungen). Andre grupper vejledes undervejs i processen.

Foruden de undersøgende aktiviteter indeholder udforskningsfasen også tolkning af de data, der er fremkommet gennem elevernes undersøgelser og eksperimenter eller gennem andres undersøgelser. Eleverne skal gennem tolkningen forsøge at skabe mening ud fra de indsamlede data, formulere sammenhænge mellem variable og evt. danne synteser af ny viden (Pedaste et al., 2015).

Konklusion

I konklusionsfasen arbejder eleverne med de grundlæggende konklusioner, de kan drage på baggrund af undersøgelserne. I denne fase vender eleverne tilbage til deres indledende undersøgelsesspørgsmål eller hypotese og overvejer, om resultaterne af deres undersøgelse kan besvare spørgsmålet eller understøtte hypotesen (Pedaste et al., 2015). Det kan føre til nye teoretiske indsigter om den problemstilling eller det fænomen, de har beskæftiget sig med.

Eleverne fra eksemplet kan i denne fase gruppevis præsentere svarene på de spørgsmål, de stillede sig selv under begrebsliggørelsen, for på den måde at koble deres viden om genetik og smagssansen.

Diskussion

Diskussionsfasen indeholder to underfaser: refleksion over og kommunikation om undersøgelsen. Forskning peger på, at det er vigtigt, at eleverne reflekterer over deres arbejde, så de ikke kun lærer at udføre undersøgelser, men også lærer at reflektere over og vurdere resultaterne af deres undersøgende arbejde. Refleksion over undersøgelsen henviser til alt det, der kan fylde hos eleverne i relation til processen, fx hvorvidt de er lykkedes med undersøgelsen eller refleksion over selve processen. Hvorfor gjorde jeg, som jeg gjorde? Hvilke andre muligheder havde jeg? I den forbindelse kan fx logbog eller vejledende spørgsmål hjælpe refleksionen på vej. Refleksionspauser, hvor lærer og elever i et afgrænset tidsrum sammen reflekterer over det faglige indhold, kan også være et vigtigt element (Johansen, 2013).

En refleksionspause kunne i Palles undervisning fx tage afsæt i følgende diskussionsoplæg: "Plantetoksiner smager typisk bittert. Diskutér hvilke fordele og ulemper, der evolutionært kan være forbundet med evnen til at smage bitterstoffer".

Eleverne kan ud fra oplægget diskutere, hvilke fordele og ulemper der er ved som plante at producere toksiner, og hvilke fordele og ulemper der for mennesket kan være forbundet med at kunne smage disse toksiner. Herved får eleverne mulighed for at sætte deres nye viden ind i en ny sammenhæng.

Den anden underfase i diskussionsfasen, kommunikation om undersøgelsen, er en udadrettet proces, hvor eleverne formidler undersøgelsens resultater og konklusioner og samtidig modtager feedback og kommentarer fra andre.

Selvom diskussionsfasen er særlig oplagt at dvæle ved i sidste del af undersøgelsen, bør både kommunikation og refleksion foregå løbende og ikke kun som afslutning på et forløb. Forskning viser, at der er en tendens til at bruge mest tid på at forberede og gennemføre undersøgelserne og mindre tid på at kommunikere og reflektere over undersøgelserne. Men det er vigtigt også at bruge tid på dette og prioritere det løbende, hvis eleverne skal koble deres undersøgende arbejde til faglige begreber og forståelse, viser forskning (Ødegaard, Haug, Mork, & Sørvik, 2014).

Hvad skal læreren gøre?

Når eleverne skal arbejde undersøgende fra hypotese til diskussion, er det især vigtigt, at læreren:

- Organiserer og stilladserer undervisningen, så eleverne ikke overlades til sig selv i det undersøgende arbejde
- Opsætter rammer og støttestrukturer, der er tilpasset elevernes selvstændighed, faglige niveau og erfaring med den undersøgelsesbaserede tilgang, og giver løbende feedback i undervisningen, så alle elever støttes og udfordres
- Opbygger forløb i faser, der giver eleverne erfaring med alle elementer af det undersøgende arbejde.

LÆRERENS ROLLE

Læreren faciliterer elevernes undersøgende arbejde

Når læreren går fra at være formidler til i højere grad at støtte og vejlede eleverne, er det afgørende, at læreren med blik for elevernes forskellige forudsætninger stimulerer eleverne til at være aktive og reflekterende. Det kan ske gennem en åben og konstruktiv dialog.



2.F skal i det kommende forløb arbejde med begreberne frekvens og lydniveau. De skal undersøge, hvordan lyd dæmpes gennem forskellige materialer. Hvad sker der med lyd, når det fx høres fra indersiden af en bil, fra ydersiden af et par hovedtelefoner eller gennem vand? I løbet af den næste times tid får eleverne indkredset problem og hypotese. Fysiklæreren Lene går rundt til grupperne. Stemningen i grupperne bærer præg af en legende og nysgerrig tilgang. Lene støtter eleverne i at eksperimentere, men fastholder også eleverne i, at de skal arbejde sig frem mod en hypotese.

Den undersøgelsesbaserede undervisning lægger op til, at eleverne får mere autonomi og indflydelse. Det betyder dog ikke, at læreren får en mindre vigtig rolle i undervisningen. Læreren må hele tiden tage udgangspunkt i elevernes faglige forudsætninger og vurdere, hvad der kan bringe eleverne videre i læreprocessen, og hvordan læreren løbende kan korrigere elevernes hverdagsforestillinger. I det følgende uddybes, hvad vi ved fra forskningen om lærerens rolle.

Undervisningen tilpasses elevernes forskellige interesser og forudsætninger

Elever, der undervises i naturvidenskabelige fag, vil, som i al anden undervisning, have forskellige forudsætninger, behov og motiver for deltagelse i undervisningen. Noget af det, der kan gøre, at undervisningen opleves som relevant og vedkommende for eleverne, er, når det faglige indhold har en kobling til elevernes hverdag eller interesser. Hvis fx 2.F har musik som studieretningsfag, kunne Lene lade eleverne undersøge lyddæmpning af forskellige musikinstrumenter. På den måde kan der skabes en forbindelse til elevernes interesse og hverdagsliv, som kan være med til at gøre emnet vedkommende for eleverne. Læreren har på den måde en afgørende rolle som den, der tilpasser undervisningen, så den både henvender sig til de elever, der i forvejen er motiverede og har stærke forudsætninger for naturvidenskab og samtidig formår at fange de elever, der oplever, at disse fag er svært tilgængelige, eller at det faglige stof er uvedkommende.

For nogle elever vil en undersøgelsesbaseret tilgang med en meget aktiv elevrolle passe godt til deres måde at tilegne sig viden. Ifølge forskning kan fx højtbegavede elever trives med en undersøgende tilgang, fordi de kan få lov til at være nysgerrige, udfolde usædvanlige idéer og forfølge deres spørgsmål og undren (Trna, 2014). Også elever, der er mindre bogligt orienterede, kan opleve at blive motiverede, når de har mulighed for at arbejde undersøgende (Ellebæk og Østergaard, 2012). Men for nogle elever kan det være svært at tackle en undervisning, hvor spørgsmål og svar er knyttet op på egne undersøgelser og ikke er givet af læreren (Ellebæk og Østergaard, 2012). For andre elever kan manglende tillid til egne faglige evner og negative skoleerfaringer præge deres tilgang til undervisningen og faget, og det må læreren tage med i sin planlægning af undervisningen (Erstad & Klevenberg, 2011), fx ved at være opmærksom på at skabe et læringsmiljø, hvor eleverne trygt kan gå undersøgende til værks.

Hvis du vil vide mere om undervisningsdifferentiering

Du kan bl.a. læse mere om undervisningsdifferentiering i *Viden om undervisningsdifferentiering i gymnasiet* (EVA, 2018), som du finder på ww.eva.dk.

Udvalgte centrale pointer er:

- Opbyg kendskab til elevers faglige forudsætninger
- Kvalificér undervisningen gennem løbende faglige dialoger med eleverne
- Hjælp eleverne med at opbygge læringsstrategier og studiekompetencer.

Læreren giver eleverne plads

Den undersøgelsesbaserede undervisning lægger op til, at eleverne spiller en mere aktiv rolle, og at læreren i højere grad vejleder og støtter eleverne undervejs. Eleverne skal blandt andet lære at arbejde aktivt med anvendelse af begreber i de faglige diskussioner, ligesom de skal lære at træffe og begrunde beslutninger relateret til deres undersøgelser (Albrechtsen & Qvortrup, 2017).

Der er i forskningen bred enighed om, at når eleverne starter med at arbejde undersøgelsesbaseret, skal læreren være relativt styrende i undervisningen. Men målet er på sigt at overlade en større del af ansvaret for opgaveløsningen til eleverne, efterhånden som eleverne bliver mere erfarne i at være udforskende (Furtak et al., 2012; Albrechtsen & Qvortrup, 2017).

At der både skal være en tydelig struktur i det faglige forløb, og at der skal være plads til elevernes input skal ikke ses som modsætninger, men som to greb, der skal tilpasses den konkrete undervisningssituation (Bjønness & Kolstø 2015; Dobber, Zwart, Tanis, & Oers, 2017). Det afgørende er, som det tidligere er beskrevet, at læreren løbende finder en balance mellem den åbne og den mere styrede undervisning med udgangspunkt i elevernes faglige forudsætninger og de emner, man skal arbejde med (Munkeby, 2012).



Eleverne skal forstå sammenhængen i faget

Et af de elementer, læreren ifølge forskning bør have særligt i fokus, er at støtte elevernes metarefleksion, dvs. deres refleksion over egen læring og egen læreproces og hermed deres mulighed for at forstå sammenhængen i faget.

En af de centrale udfordringer ved undersøgelsesbaseret undervisning er, at de undersøgende elementer for eleverne kan opleves som løsrevne fra den naturvidenskabelige viden, de har i forvejen (Nielsen, 2017). Det kan derfor være svært for eleverne at mestre stoffet eller bruge det lærte i andre sammenhænge. Eleverne bliver heller ikke nødvendigvis bedre til de naturvidenskabelige arbejdsmetoder, selvom de har gentaget dem i forskellige kontekster. I eksemplet med 2.F kunne det foregå ved, at Lene hjælper med at generalisere alle gruppernes resultater og i den forbindelse inddrager relevant teori. Herefter kan klassen og Lene arbejde sig frem mod generelle konklusioner: Hvilke materialer dæmper primært stemmer, hvilke materialer dæmper høje frekvenser, hvilke materialer dæmper lave frekvenser? Og hvornår er de forskellige ting vigtige? Det giver mulighed for, at eleverne får reflekteret over det, de lærer, forstår den større sammenhæng til de overordnede naturvidenskabelige emner og skaber forbindelser til anden naturvidenskabelig viden.

Dialog stimulerer elevernes refleksion

Når eleverne får en aktiv og udforskende rolle, bliver lærerens opgave at støtte og vejlede, så eleverne guides i en hensigtsmæssig retning med deres undersøgelser. Derfor er der brug for andre former for dialog, end når læreren står som hovedformidler af det faglige stof (Ellebæk & Østergaard, 2012). Dialogen, som er central i alle undervisningens faser, ser forskellig ud alt efter, hvor eleverne er i deres arbejdsproces, faglige niveau og forståelse. Dialogen mellem lærer og elever giver desuden læreren et vigtigt indblik i elevernes forståelse af faget og danner på den måde afsæt for, at læreren kan tilpasse undervisningen til elevernes forskellige faglige forudsætninger.

Forskning peger på, at den vigtige dialog mellem lærer og elever foregår løbende igennem undervisningen og har mange forskellige former, som fx vejledning, feedback, fælles evaluering og åbne dialoger om de faglige emner, der er i fokus.

Fire vigtige elementer i konstruktive dialoger

Her stiller vi skarpt på fire vigtige elementer i konstruktive dialoger mellem lærer og elever:

- At stille spørgsmål
- At have udforskende samtaler
- At træne brugen af faglige begreber
- At give feedback.

At stille spørgsmål

Når læreren stiller spørgsmål til eleverne, kan læreren både danne sig et tydeligt billede af elevernes faglige forståelse og samtidig sætte gang i deres aktive deltagelse. Formår læreren at stille inviterende og åbne spørgsmål, kan det være med til at guide eleverne i deres arbejde. De inviterende og åbne spørgsmål kan også stilles undervejs i en arbejdsproces som løbende støtte til elevernes egen faglige refleksion (Ellebæk & Østergaard, 2012).

At have udforskende samtaler

At stille gode spørgsmål kan være starten på det, som kaldes udforskende samtaler, hvor lærer og elever sammen kan undre sig og udforske et emne gennem samtale. Flere studier peger på, at udforskende samtaler er en måde at understøtte elevernes refleksion (Munkeby, 2012; Kolstø, Bjønness, Klevenberg, & Mestad, 2011). Udforskende samtaler giver læreren indblik i elevernes tænkning og fremmer elevernes bevidsthed om, at denne form for undervisning kan kræve et andet syn på faget og deres egen læring, end de er vant til (Kolstø, Bjønness, Klevenberg, & Mestad, 2011).

Sådan bliver samtalen udforskende

Læreren kan tale med eleverne ud fra følgende struktur:

- Åbningsspørgsmål, fx "hvad finder I ud af?"
- Opfølgningsspørgsmål, fx "hvad mener I, det kan skyldes?"
- Indgående spørgsmål, fx "hvorfor det, hvordan kan I forklare det?"
- Tavshed, så man giver eleverne plads til at reflektere
- Fortolkende spørgsmål fx "kan der være andre forklaringer, hvordan kan det hænge sammen?"

I en udforskende samtale kan læreren fx opsøge eleverne og spørge ind til deres fund og arbejdsproces og til den måde, de fagligt argumenterer for deres analyser. Det kræver tid, og at læreren er interesseret og åben over for eleveres faglige bidrag.

Kilder: Kolstø, Bjønness, Klevenberg, & Mestad, 2011; Munkeby, 2012.

At træne bruge af faglige begreber

Færdigheder i de naturvidenskabelige arbejdsmetoder er i høj grad påvirkede af forståelse for teorier og begreber (Øyehaug & Holt, 2013). En del af lærerens opgave er derfor at hjælpe eleverne til at sætte ord på deres faglige læring og derefter koble til et fagligt sprog og begrebsbrug (Johansson, 2012; Lysne & Hoveid, 2013). Dvs. at læreren skal hjælpe eleverne til både at kende til fagsproget, dvs. den særlige måde man taler i faget, og til fagbegreber, dvs. betydningen af de fagspecifikke ord, som anvendes i fagene.

For nogle elever kan det være mere tilgængeligt at bruge hverdags sproget i det undersøgende arbejde. Det kan være et godt udgangspunkt, men det er afgørende, at elevernes hverdags sprog udvikler sig til naturvidenskabeligt sprog, hvor de lærer den sproglige genre at kende og forstå at bruge fagets begreber. Det er nemlig koblingen mellem erfaring og naturvidenskabeligt sprog og begreber, der gør det lærte anvendeligt i andre naturvidenskabelige sammenhænge.

Lærerens opgave er at anerkende elevernes brug af hverdags sprog og derefter træne eleverne i at udvikle et fagsprog, der kan støtte deres tænkning (Lysne & Hoveid, 2013). Når Lene går rundt blandt grupperne, vil det fx betyde, at hun er særligt opmærksom på, om eleverne anvender korrekte begreber, når de taler om deres undersøgelse, og om de kan fortælle om eksperimentet i et meningsfuldt, naturvidenskabeligt sprog. Hvis hun vurderer, at flere af eleverne har svært ved fx at forstå skalaen for lydniveau, kan hun lave en opsamling for en enkelt gruppe eller for hele klassen, hvor de gennemgår skalaen.

At give feedback

Feedback kan både handle om at vejlede eleverne til næste skridt i deres arbejdsproces og om at samle op på, hvordan eleverne har løst opgaven. Det kaldes henholdsvis formativ og summativ feedback.

Forskning anbefaler at øge brugen af formativ feedback i forhold til at styrke elevernes refleksion over det lærte både på kort og lang sigt (Nielsen, 2017).

Forskning peger også på, at den summative feedback er vigtig, for at læreren kan følge med i elevernes faglige formåen, men at fokus må være på både de faglige kompetencer og de mere generelle kompetencer, der arbejdes med i den undersøgelsesbaserede undervisning (Nielsen, 2017; Albrechtsen og Qvortrup, 2017).

Didaktisk bredde og faglig ballast

Når læreren har forskellige didaktiske greb til at organisere undervisningen og støtte eleverne der, hvor de er, og samtidig har en alsidig viden om det faglige stof, bliver det muligt at bevæge sig mere frit rundt i emner og lade elevernes idéer få indflydelse på undervisningen (Lee et al., 2004; Alake-Tuenter, Biemans, Tobi, Wals, Oosterheert, & Mulder, 2012).

For lærere, der har været vant til en anden undervisningspraksis, kan det kræve tid og tilvænning at finde sig til rette i en rolle, hvor de skal facilitere elevernes undersøgelser og indgå i udforskende dialoger (Munkebye, 2012). For nogle lærere kan det være uvant og betyde, at de oplever at skulle opgive noget af kontrollen med deres undervisning. Samtidig vil det stille nye krav til undervisningens struktur, indhold og organisering.

Forskning peger på, at åben dialog med eleverne om arbejdsformen og sparring med kollegaerne kan være vigtige elementer i at opøve kompetencer i at undervise undersøgelsesbaseret:

- *Åben dialog om arbejdsformen:* Det er vigtigt at tale åbent med eleverne om den anderledes form, undervisningen tager, og om hvordan både lærer og elevs roller ændrer sig i den undersøgelsesbaserede undervisning (Dobber et al., 2017).
- *Faglig sparring:* Lærere kan med fordel bruge hinanden i faglige fællesskaber, hvor faglige overvejelser og didaktiske valg kan drøftes, og hvor der samtidig kan drages fordel af fælles organisering af den undersøgelsesbaserede undervisning (Albrechtsen og Qvortrup, 2017).

Hvad skal læreren gøre?

Når læreren faciliterer elevernes arbejde, er det især vigtigt, at læreren:

- **Undersøger elevernes faglige og personlige forudsætninger og tager udgangspunkt heri, når undervisningen tilpasses elevgruppen, så alle elever kan få en aktiv, undersøgende og reflekterende rolle i undervisningen**
- **Trækker tråde mellem forskellige begreber og faglige områder for at give eleverne en forståelse af det naturvidenskabelige område på tværs af emner og fag**
- **Stimulerer elevernes refleksion gennem en konstruktiv dialog baseret på åbne spørgsmål, feedback og fokus på at træne fagsprog og faglige begreber.**

LÆRINGSMILJØETS BETYDNING

Der skal være plads til, at eleverne tør prøve sig frem

Interaktionen i klasserummet er afgørende for, at undersøgelsesbaseret undervisning fungerer. Læreren må skabe et læringsmiljø, hvor eleverne får gode muligheder for at samarbejde og tør prøve sig frem i alle undervisningens faser.



En grundforløbsklasse skal på sheltur senere på ugen som en del af deres NV-forløb.

”Hvordan mon vejret bliver på torsdag?” siger læreren Mads. ”Skal vi pakke solcreme eller gummistøvler? DMI siger, at det bliver overskyet og 20 grader. Hvad tror I?”

Mads faciliterer en fælles brainstorm, hvor eleverne kan få lov at komme med både skøre og kreative bud, så de på den måde kan arbejde sig ind på emnet. Alle metoder, de kender eller har hørt om, som kan bruges til at forudsige vejret, bliver skrevet ned på en flipover. Gamle ordsprog og husråd inddrages, fx om skyernes form, gigtsmerter m.m. Mads forsøger gennem denne øvelse at skabe et trygt læringsmiljø, hvor eventuelle bekymringer for at begå fejl træder i baggrunden.

Efter brainstormøvelsen skal eleverne bruge de naturgeografiske metoder til at forudsige vejret, så de senere i forløbet kan teste hvilken metode, der rammer mest præcist: de gamle husråd eller de naturgeografiske metoder.

Hvis eleverne skal udvikle sig fagligt og trives med at arbejde undersøgende, må læringsmiljøet støtte op om det. I det følgende beskrives, hvad vi ved fra forskning om læringsmiljøets betydning for den undersøgelserbaserede naturfagsundervisning, og hvordan man som lærer kan være med til at etablere et læringsmiljø, der understøtter den undersøgende tilgang.

Eleverne må lære at udforske

Når eleverne deltager i undersøgelserbaseret undervisning, skal de lære at mestre det at udforske. Det er en proces, der løber gennem hele gymnasiet og udvikler sig, jo mere erfarne eleverne bliver med arbejdsformen. At være udforskende fordrer både, at eleverne kan bringe deres viden i spil, har mod på at prøve sig frem, og kan diskutere med hinanden i respekt for forskellige opfattelser. Er klassen i gang med et forløb om vejrforhold som i det indledende eksempel, er det fx vigtigt, at eleverne engagerer sig i emnet, uden at de oplever det som ubehageligt at begå fejl eller komme med forkerte svar. Der må med andre ord være tryghed til at gå eksperimenterende til værks og til at fejle undervejs. Når eleverne er trygge i den undersøgende undervisning og taler med om et emne, betyder det ikke kun, at de får mulighed for at bidrage. Det betyder også, at læreren kan bruge elevernes for forståelse som afsæt for den støtte, differentiering og feedback, læreren sætter ind med i det undersøgende arbejde.

Tre ting, læreren kan gøre for at gøre eleverne trygge

For mange elever vil det at være udforskende være en ny måde at arbejde på. Og hvis eleverne ikke er særlig erfarne i at arbejde undersøgelserbaseret, peger forskning på, at det kan være svært for dem at løsrive sig fra deres sædvanlige måder at gå til undervisning og opgaveløsning på (Erstad & Klevenberg, 2011). Det kan fx vise sig ved, at eleverne har svært ved at skulle prøve sig frem og begå fejl og hellere vil have det faglige indhold fremlagt af læreren. Som lærer har man derfor en opgave i at hjælpe eleverne til at blive udforskende og derigennem lære faget. Det vil sige, at læreren både skal gøre det tydeligt for eleverne, hvordan de skal gå til de faglige opgaver, hvad den konkrete opgave skal føre til, og hvordan eleverne kan løse opgaven i samarbejde med andre elever (Albrechtsen & Qvortrup, 2017). Det er i den forbindelse særligt vigtigt, at læreren er opmærksom på, at:

- Udforskende undervisning har afsæt i et trygt læringsmiljø
- Gruppearbejdet skal rammesættes
- Øvelse gør mester i de faglige diskussioner.

Udforskende undervisning har afsæt i et trygt læringsmiljø

Den interaktion, der foregår i klasserummet, har stor betydning for den undersøgelserbaserede undervisning (Dobber et.al., 2017). Hvis klasserummet er et trygt læringsmiljø, hvor der er plads til at tale sammen, prøve sig frem og begå fejl, skaber læreren et afsæt for, at eleverne kan lære at være udforskende. Og det er vigtigt, at lærerne bliver ved med at opfordre eleverne til at være undersøgende og agere som forskere (Dobber et.al., 2017). På den måde understøtter læreren, at eleverne kan få positive erfaringer med at mestre den nye arbejdsform (Albrechtsen & Qvortrup, 2017).

Samtidig må læreren fastholde elevernes engagement ved at finde den rigtige balance mellem at udfordre eleverne og samtidig ikke udfordre så meget, at det fagligt bliver for svært tilgængeligt for eleverne. Eleverne motiveres, når læreren netop formår at imødekomme deres forskellige forudsætninger.



Gruppearbejdet skal rammesættes

Undersøgelserbaseret arbejde foregår ofte i grupper. Det betyder, at eleverne skal kunne samarbejde godt med deres klassekammerater om et undersøgelserbaseret forløb. Her er det vigtigt, at eleverne ikke bare lærer igennem læreren, dvs. at de kun forholder sig til det, læreren siger, eller følger en bestemt fremgangsmåde uden selv at reflektere over den. Eleverne skal derimod udvikle kompetencerne til at lykkes med deres gruppearbejde, så de kan lære af hinanden i gruppen (Johansen, 2013). Det kan både handle om, hvordan man i fællesskab kan reflektere og sammen nå til faglige forklaringer og om konstruktive måder at bruge hinandens forskelligheder på. Eleverne fra eksemplet har kun gået på gymnasiet i få måneder, og derfor er arbejdsformer, fag og metoder stadig nye for eleverne. For at etablere et trykt læringsrum for eleverne kan Mads vælge at lade klassen indgå i kendte grupper fra andre fag eller forløb på grundforløbet, fx i form af faste studiegrupper. På den måde kan eleverne trække på erfaringer fra grundforløbets øvrige samarbejder, når de deltager i NV-forløbet.

Et studie peger fx på, at det kan være godt at sammensætte heterogene grupper, hvor eleverne får mulighed for at øve sig i at bruge hinandens forskellige kompetencer til at arbejde med opgaverne. Særligt for elever, der kan have vanskeligt ved at løse de faglige opgaver, peger forskning på, at de i højere grad tør at spørge om hjælp, hvis de arbejder sammen i en gruppe, end hvis de sidder alene med en opgave (McGrath & Hughes, 2018).

Øvelse gør mester i de faglige diskussioner

Det at være uenig med sine klassekammerater og diskutere forskellige faglige positioner eller forståelser kan være en uvant situation for eleverne. At kunne argumentere og give konstruktiv feedback til hinanden i klassen er kompetencer, der skal læres og øves. Forskning peger på, at netop de forskellige faglige forståelser, som skaber reelle faglige diskussioner mellem eleverne, er noget, som gør stort indtryk på dem (Erstad & Klevenberg, 2011).

For at hjælpe eleverne på vej i de faglige i diskussioner og i deres feedback til hinanden kan læreren opstille tydelige rammer for elevernes arbejde, fx ved at have nogle skabeloner eller faste spørgsmål, som eleverne kan tage udgangspunkt i, hvis de skal give hinanden mundtlig eller skriftlig feedback. Med tiden vil eleverne blive så øvede, at de kan løsrive sig fra de faste fremgangsmåder og selv mestre den faglige tilbagemelding (Erstad & Klevenberg, 2011).

Hvad skal læreren gøre?

I den undersøgelserbaserede undervisning er det især vigtigt, at læreren:

- Skaber tryghed omkring arbejdsformen. Det kræver et positivt læringsmiljø med plads til at undre sig og begå fejl.
- Rammesætter gruppearbejdet. Det vil sige, at læreren sammensætter grupper, alt efter om det skal være homogene eller heterogene grupper og tydeliggør den opgave, grupperne skal løse.
- Øver de faglige diskussioner, så eleverne træner at argumentere fagligt og øver sig i at give hinanden konstruktiv feedback.

Forslag til videre læsning

Vil du læse mere, anbefaler vi følgende udgivelser om undersøgelsesbaseret undervisning

Frisdahl, Klavs (2014). Kompendium: Inquiry Based Science Education – IBSE, Termer, metoder, tankegange og erfaringer. Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet, Danmark.

Krogh, L. B., & Andersen, H. M. (2016). Fagdidaktik i naturfag. Frydenlund

Madsen, L. M., Evans, R. H., & Bruun, J. (2020). Undersøgelsesbaseret undervisning: 6F modellen, dens tilblivelse og udvikling i Danmark. *Mona-Matematik-Og Naturfagsdidaktik*, 1, 26-45.

Litteraturliste

Litteratur, som vidensnotatet bygger på

Alake-Tuenter, E., Biemans, H., Tobi, H., Wals, A., Oosterheert, I., & Mulder, M. (2012). Inquiry-Based Science Education Competencies of Primary School Teachers: A literature study and critical review of the American National Science Education Standards. *International Journal of Science Education*, 34, 2609–2640. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.669076>

Albrechtsen, T. R. S., & Qvortrup, A. (2017). *Undersøgelsesbaseret undervisning: et review over nyere forskningslitteratur fra et almenlæremæssigt perspektiv*. Lokaliseret 7.10.20 på <https://laeremiddel.dk/viden-og-vaerktoejer/rapporter/undersogelsesbaseret-undervisning/>

Andrée, M., & Lager-Nyqvist, L. (2012). “What do you know about fat?” Drawing on Diverse Funds of Knowledge in Inquiry Based Science Education. *NorDiNa*, 178, 178–193. <https://doi.org/10.5617/nordina.526>

Bjønness, B., & Kolstø, S. D. (2015). Scaffolding open inquiry: How a teacher provides students with structure and space. *Nordina: Nordic studies in science education 2015*, 11(3):223-237 <https://bora.uib.no/handle/1956/11767>

Bjønness, B., Johansen, G. & Byhring, A. K. (2011). Lærerens rolle ved utforskende arbeidsmåter. I: Kolstø, S. D. & Knain E. (Red.), *Elever som forskere i naturfag*. Oslo: Universitetsforlag

Bungum, B. (2013). Making it work: How students can experience authentic science inquiry in design and technology projects. I: Hoveid, M. H. & Gray, P. (Red), *Inquiry in science education and science teacher education: research on teaching and learning through inquiry based approaches in science (teacher) education*. Trondheim: Akademika Forlag.

Dobber, M., Zwart, R., Tanis, M., & Oers, B. (2017). Literature review: The role of the teacher in inquiry-based education. *Educational Research Review*, 22. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.002>

Ellebæk, J. J., & Østergaard, L. D. (2012). Inquiry Based Science Education og den sociokulturelt forankrede dialog i naturfagsundervisningen. *NorDiNa*, 8(2), 162-177.

Erstad, O. & Klevenberg, B. (2011). Kunnskapsbygging, teknologi og utforskende arbeidsmåter. I: Kolstø, S. D. & Knain E. (Red.), *Elever som forskere i naturfag*. Oslo: Universitetsforlag.

Furtak, E., Seidel, T., Iversen, H., & Briggs, D. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 82, 300–329. <https://doi.org/10.3102/0034654312457206>

Johansen, G. (2013). ‘Science for all’: A mission impossible? : a multimodal discourse analysis of practical work and inquiry in Norwegian upper secondary school. I 350. Norwegian University of Life Sciences, Ås. <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2497579>

- Johansson, A.-M. (2012).** *Undersökande arbetssätt i NO-undervisningen i grundskolans tidigare årskurser.* Institutionen för matematikämnet och naturvetenskapsämnenas didaktik, Stockholms universitet. Lokaliseret 12.10.20 på: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:su:diva-78835> urn:nbn:se:su:diva-78835
- Knain, E., Bjønness, B. & Kolstø, S. D. (2011).** Rammer og støttestrukturer i utforskende arbeidsmåter. I: Kolstø, S. D. & Knain E. (Red.), *Elever som forskere i naturfag.* Oslo: Universitetsforlag.
- Kolstø, Stein Dankert & Knain, Erik (2011).** Hvordan lykkes med utforskende arbeidsmåter. I: Kolstø, S. D. & Knain E. (Red.), *Elever som forskere i naturfag.* Oslo: Universitetsforlag.
- Kolstø, S. D., Bjønness, B., Klevenberg, B. & Mestad, I. (2011).** Vurdering ved bruk av utforskende arbeidsmåter. I: Kolstø, S. D. & Knain E. (Red.), *Elever som forskere i naturfag.* Oslo: Universitetsforlag.
- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016).** Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning: Effects of Guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681-718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>
- Löfgren, R., Schoultz, J., Hultman, G., & Björklund, L. (2013).** Exploratory talk in science education: Inquiry-based learning and communicative approach in primary school. *Journal of Baltic Science Education*, 12, 482–496.
- Lunde, T., Rundgren, C.-J., & Chang Rundgren, S.-N. (2015).** När läroplan och tradition möts – hur högstadielärare bemöter yttre förväntningar på undersökande arbete i naturämnesundervisningen. *Nordic Studies in Science Education*, 11, 88-101. <https://doi.org/10.5617/nordina.783>
- Lysne, D.A., & Hoveid, H. A (2013).** Practical approach in technology and design in a school for all. I: Hoveid, M. H. & Gray, P. (Red.), *Inquiry in science education and science teacher education: research on teaching and learning through inquiry based approaches in science (teacher) education.* Trondheim: Akademika Forlag.
- McGrath, A. L., & Hughes, M. T. (2018).** Students With Learning Disabilities in Inquiry-Based Science Classrooms: A Cross-Case Analysis. *Learning Disability Quarterly*, 41(3), 131–143. <https://doi.org/10.1177/0731948717736007>
- Mestad, I., Knain, E. & Kolstø, S. D. (2011).** Begrepslæring gjennom snakk og skrivning. I: Kolstø, S. D. & Knain E. (Red.), *Elever som forskere i naturfag.* Oslo: Universitetsforlag.
- Minner, D., Levy, A., & Century, J. (2010).** Inquiry-based science instruction—What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 474–496. <https://doi.org/10.1002/tea.20347>
- Munkebye, Eli. (2012).** *Dialog for læring : den utforskende naturfaglige samtalen i uteskole.* Det utdanningsvitenskapelige fakultet, Universitetet i Oslo.
- Nielsen, J. A. (red.) (2017).** *Litteraturstudium til arbeidet med en national naturvidenskabsstrategi.* København: Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015).** Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Slavin, R. E., Lake, C., Hanley, P., & Thurston, A. (2014).** Experimental evaluations of elementary science programs: A best-evidence synthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(7), 870–901. <https://doi.org/10.1002/tea.21139>
- Slavin, R. E., Lake, C., Hanley, P., & Thurston, A. (2012).** Effective Programs for Elementary Science: A Best-Evidence Synthesis. I *Center for Research and Reform in Education.* Center for Research and Reform in Education.
- Taylor, J., Therrien, W., Kaldenberg, E., Watt, S., Chanlen, N., & Hand, B. (2013).** Using An Inquiry-based Teaching Approach to Improve Science Outcomes for Students with Disabilities: Snapshot and Longitudinal Data. *Journal of Science Education for Students with Disabilities*, 15(1). <https://doi.org/10.14448/jesed.04.0003>
- Trna, J. (2014).** IBSE and Gifted Students. *Science Education International* 2077-2327, 25, 19–28.
- Walan, S. (2016).** *From doing to learning inquiry- and context-based science education in primary school.* Fakulteten för hälsa, natur- och teknikvetenskap, Biologi, Karlstads universitet.
- Walan, S., McEwen, B., & Gericke, N. (2015).** Enhancing primary science: An exploration of teachers' own ideas of solutions to challenges in inquiry- and context-based teaching. *Education 3-13*, 44. <https://doi.org/10.1080/03004279.2015.1092456>
- Ødegaard, M., Haug, B., Mork, S., & Sørvik, G. O. (2015).** Budding Science and Literacy. A Classroom Video Study of the Challenges and Support in an Integrated Inquiry and Literacy Teaching Model. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 167, 274–278. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.674>
- Ødegaard, M., Haug, B., Mork, S. M., & Sørvik, G. O. (2014).** Challenges and Support When Teaching Science Through an Integrated Inquiry and Literacy Approach. *International Journal of Science Education*, 36(18), 2997–3020. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.942719>

Øyehaug, A. B., & Holt, A. (2013). Sammenhengen mellom naturvitenskapelig produkt og prosess—En studie av dialoger fra utforskende arbeid i naturfag relatert til stoffer og stoffers endringer. *Nordic Studies in Science Education*, 9(1), 33–49. <https://doi.org/10.5617/nordina.625>

Øyehaug A. B. (2014). Små forskere lærer naturfag : en longitudinell studie av 10-13 åringers naturfagkompetanse i en utforskende kontekst. Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, Det utdanningsvitenskapelige fakultet, Universitetet i Oslo.

Anden litteratur

Bybee, R.W., Taylor, J.A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J.C., Westbrook, A. & Landes, N. (2006). The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness. Colorado Springs: BSCS.

EVA (2018). *Viden om undervisningsdifferentiering*. Lokaliseret 9.11.20 på <https://www.eva.dk/viden-om-undervisnings-differentiering>

Kruse, S. (2013). Hvor effektive er undersøgelser baserede strategier i naturfagsundervisningen? *MONA - Matematik- Og Naturfagsdidaktik*, (2). Lokaliseret 12.10.20 på <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/36033>

Michelsen, C. (2011). IBSME – inquiry-based science and mathematics education. *MONA - Matematik- Og Naturfagsdidaktik*, (3). Lokaliseret 9.11 på <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/36101>

Nielsen, J.A. (2014). Baggrunden for et kompendie om IBSE. I: Frisdahl, K. (Red.) (2014). *Kompendium: Inquiry Based Science Education – IBSE, Termer, metoder, tankegange og erfaringer*. Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet, Danmark. Lokaliseret 9.11.20 på: https://www.ind.ku.dk/publikationer/inds_skriftserie/2014-36/Kompendie-IBSE_ny_web2.pdf

Østergaard, L., Sillasen, M., Hagelskjær, J., & Bavnhøj, H. (2010). Inquiry-based science education – har naturfagsundervisningen i Danmark brug for det? I: *MONA - Matematik- Og Naturfagsdidaktik*, (4). Lokaliseret 9.11.20 på <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/36140>.

Eksemplet på side 11 er konstrueret med inspiration fra:

UBNU-forløb af Lærke Bang Jacobsen. I Dolin, J. (2014). *Kompendium: Inquiry Based Science Education-IBSE: termer, metoder, tankegange og erfaringer: undersøgelser baseret undervisning i naturfag og matematik*. Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet. https://www.ind.ku.dk/publikationer/inds_skriftserie/2014-36/Kompendie-IBSE_ny_web2.pdf (eksempel side 16).

Find hele materialet på:
www.eva.dk/viden-om
www.emu.dk

Denne publikation formidler i kort form viden om **Undersøgelserbaseret undervisning i de naturvidenskabelige fag i gymnasiet**. Vi har valgt at kalde publikationen et vidensnotat.

Vidensnotatets formål er at gøre den aktuelle og mest relevante forskning tilgængelig for praktikere. Viden er vigtig, når man vil udvikle og forbedre uddannelse og undervisning. Men viden udvikler ikke i sig selv praksis. Viden fra litteraturen skal oversættes og omsættes for at give mening.

Det kræver først og fremmest en kultur på skolen, som gør det vigtigt og legitimt at opsøge viden – fra litteraturen, fra kolleger og fra egen praksis. Det kræver desuden en kultur, hvor de professionelle egne erfaringer og faglighed bringes i spil, og hvor det er betydningsfuldt løbende at undersøge og afprøve nye vidensbaserede praksisformer. Først da bliver de fund fra litteraturen, som fx præsenteres her i vidensnotatet, et aktivt forhold til at skabe stærke uddannelsesinstitutioner og professionel pædagogisk praksis af høj kvalitet.