

Uitwerking van het Theoretisch Kader voor de Professionalisering van Leerkrachten op het Gebied van Wetenschap en Techniek

Inleiding

Hoewel wij in onze samenleving op allerlei manieren geconfronteerd worden met en afhankelijk zijn van (natuur)wetenschap en techniek, heeft een groot deel van de bevolking weinig natuurwetenschappelijke en technologische kennis, is het imago van met name natuurwetenschap en techniek niet erg positief en trekken de bètaprofielen en -studierichtingen al jaren te weinig studenten. Internationaal onderzoek (e.g., Jarvis, 2004) laat zien dat dit beeld onder leerkrachten basisonderwijs niet anders is. Velen van hen voelen zich onvoldoende bekwaam om onderwijs op het gebied van natuurwetenschappen en techniek te verzorgen, vinden het moeilijk om met vragen van leerlingen op dit gebied om te gaan en vallen liefst terug op standaard tekstboeken of sterk gestructureerde materialen of oefeningen. Wanneer een dergelijke praktijk de norm is, zijn ook de attitude ten opzichte van natuurwetenschap en techniek en de leerrendementen op dit gebied onder leerlingen over het algemeen laag. Onderzoek (e.g., Jarvis, 2004; Palmer 2004) laat echter óók zien dat wanneer leerkrachten met behulp van nascholing zelf meer kennis, vaardigheden, zelfvertrouwen en een positievere attitude hebben ontwikkeld ten opzichte van natuurwetenschap en techniek, zij belangrijke stappen vooruit kunnen zetten in hun lespraktijk en op een enthousiaste manier de kennis, vaardigheden en attitude onder hun leerlingen kunnen verbeteren.

De hierboven geschetste situatie heeft de programmaraad ertoe gebracht om binnen VTB-Pro de eigen ontwikkeling van leerkrachten centraal te stellen. Basisgedachte is dat leerkrachten zich op het gebied van wetenschap en techniek op een open, explorerende en reflecterende manier duurzaam ontwikkelen en daar zelfvertrouwen aan ontleen. Onder wetenschap verstaan wij daarbij in het bijzonder de natuurwetenschappen, omdat daar de grootste leemte ligt en omdat een dergelijke invulling het beste aansluit bij internationale inzichten op het gebied van de ontwikkeling van ‘science and technology’ in het onderwijs. In de visie van de programmaraad is het daarbij van belang dat het scholingsaanbod voor leerkrachten uitdagende, prikkelende ervaringen bevat, waarbij naast inhoudelijke kennis op het gebied van natuur en techniek en rekenen/wiskunde ruim aandacht is voor het imago van natuurwetenschap en techniek, voor wetenschaps- en techniekfilosofische kwesties, voor het verbeteren van de attitude ten opzichte van natuurwetenschap en techniek en voor een eigen onderzoekend leren houding.

Een dergelijke aanpak en een duidelijke focus op de (aspirant) leerkracht zelf raakt de kern van de door de programmaraad in haar visie beschreven brede invulling van wetenschaps- en techniekeducatie. Educatie staat daarbij voor onderwijs én vorming, met een centrale plek voor de persoonlijke ontwikkeling van de lerende zelf, voor de ontwikkeling van competenties en voor eigen betekenisverlening (Waarlo, 2007). Van belang daarbij is dat de (aspirant) leerkracht actief in het leerproces participeert en zelfstandig leert denken, oordelen, beslissen en handelen binnen het brede domein natuurwetenschap en techniek. Een dergelijke professionalisering op het gebied van de natuurwetenschappen en techniek impliceert een meer ‘academische’¹ vorming. Daarbij zal voldoende aandacht moeten worden gegeven aan de inbedding van wetenschap en techniek in maatschappelijke en praktijkgerichte contexten,

¹ Met ‘academisch’ wordt hier *niet* bedoeld dat alle leerkrachten basisonderwijs een universitaire opleiding zouden moeten krijgen, maar wel dat ze een beroepsmatige nieuwsgierigheid ontwikkelen naar alledaagse verschijnselen in de natuur en dat ze daarbij een onderzoekende houding aan de dag leggen. Het perspectief van de zich verwonderende en lerende leerling én leerkracht is daarbij het vertrekpunt.

aan een eigen kritische verwerking van het scholingsaanbod en aan een persoonlijke visie op verschillende wetenschappelijke en technische concepten én een brede reflectie op het eigen leerproces en de beroepspraktijk. De verwachting is, dat wanneer de (aspirant) leerkracht op deze manier meer kennis, vaardigheden, metacognitie, positieve waarden, en zelfvertrouwen heeft opgedaan, zijn of haar instrumentele professionaliteit ook zal verbeteren en hij/zij een meer uitdagende, stimulerende, onderzoekende lespraktijk aan kinderen zal kunnen aanbieden op het brede terrein van wetenschap en techniek. Het op een creatieve manier kunnen ontwerpen van lespraktijken die voor leerlingen uitdagend zijn, wordt in dit verband dus gezien als een basiskwaliteit in de beroepsuitoefening van leerkrachten.

In het vervolg van dit document schetst de programmaraad VTB-Pro het inhoudelijk kader voor bovengenoemde professionalisering van leerkrachten op het gebied van natuurwetenschap en techniek. Deze nadere inhoudelijke uitwerking is gebaseerd op recente wetenschappelijke literatuur op het gebied van science education en de vorming van attitudes ten opzichte van natuurwetenschap en techniek en recente inzichten op het gebied van onderzoekend leren (inquiry-based learning) en constructivistisch leren.

Zoals aangekondigd in de visienotitie van de programmaraad zal het theoretisch kader voor de scholingsarrangementen de volgende **drie componenten** bespreken:

1. De vereiste **kennis** met betrekking tot wetenschap en techniek, in het bijzonder de disciplines toegepast rekenen/wiskunde, natuurwetenschappen en techniek en van de daarbij horende **vaardigheden** in wetenschappelijk en technisch redeneren (zoals kennis van en vaardigheid in het toepassen van de empirische cyclus en doel-middel, causale en/of structuur-functie redeneringen) en reflectie daarop, waarbij taal een belangrijke component is
2. Wat er wordt verstaan onder een **positieve attitude** (cognities, emoties en waarden) ten opzichte van natuurwetenschap en techniek
3. De door leerkrachten benodigde **pedagogisch-didactische competenties** voor het scheppen van krachtige leeromgevingen m.b.t. natuurwetenschap en techniek en bijbehorende vaardigheden in het wetenschappelijke en technisch redeneren in het onderwijs; met name op het gebied van **onderzoekend en ontwerpend leren**.

Hoewel wij deze drie componenten in aparte paragrafen bespreken, willen wij nadrukkelijk stellen dat wij deze drie peilers voor de scholingsarrangementen niet als losstaande elementen zien. Integendeel, het is de overtuiging van de programmaraad dat deze componenten nauw samenhangen. Zo sluiten de principes van de derde component, onderzoekend leren (waarbij uitgegaan wordt van leren door te exploreren, vragen te stellen en zelf ontdekkingen te doen om zo tot een beter en dieper begrip te komen) nauw aan bij de inferentiële kennis en vaardigheden ten aanzien van het wetenschappelijk proces die onder de eerste component worden beschreven. De component attitude kan bij deze beide componenten gezien worden als noodzakelijk overkoepelend concept. Uitgaande van de gedachte dat iemands houding of attitude iemands acties, denken, gevoelens en keuzes bepaalt, zouden wij kunnen stellen dat het hebben van een positieve attitude ten aanzien van wetenschap en techniek net zo belangrijk is als bijvoorbeeld het hebben van een positieve attitude ten opzichte van lezen. Men kan immers technisch voldoende leren lezen, maar alleen als daarbij ook een positieve attitude ten opzichte van lezen wordt ontwikkeld, zal men uit zichzelf meer gaan lezen, meer voor het plezier gaan lezen en zichzelf doorlopend verder ontwikkelen. De programmaraad is dan ook van mening dat de basis voor kwalitatief hoogstaand professionaliseringsaanbod op het gebied van natuurwetenschap en techniek gelegd wordt door alle bovengenoemde

componenten in het aanbod te verwerken en de samenhang tussen de elementen duidelijk naar voren te laten komen in verschillende onderdelen van het aanbod.

1. Kennis en Vaardigheden met betrekking tot Wetenschap en Techniek

Voor een inhoudelijke verduidelijking van wat in recente literatuur wordt verstaan onder het brede domein natuurwetenschap en techniek, kan worden aangesloten bij verschillende omschrijvingen, waaronder die uit het recente rapport van de Europese Commissie (“Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe”, ook wel bekend als het Rocard Rapport, 2007). Daarin wordt gesteld dat:

Wetenschap en techniek, in de brede zin, een systeem van kennis is dat de objectieve werkelijkheid tracht te modelleren.

Voor techniek geldt bovendien dat de werkelijkheid wordt aangepast aan behoeften. In een wat engere zin kan dit voor het huidige project vertaald worden in:

Natuurwetenschap en techniek zijn manieren om kennis te verwerven en toe te passen, gebaseerd op de natuurwetenschappelijke en technologische methoden, als ook het daaruit resulterende gestructureerde geheel van kennis en vaardigheden.

Van fundamenteel belang bij een inhoudelijke beschrijving van de kennis en vaardigheden die relevant zijn binnen het domein natuurwetenschap en techniek en ter verheldering van het begrip van bovengenoemde omschrijving van natuurwetenschap en techniek, is het erkennen en herkennen dat er sprake is van een tweedeling die de eenheid ‘science and technology’ typeert: het is *kennis* over uiteenlopende concepten en het is een *manier* om kennis te verwerven, waarbij kennis over en vaardigheid in het wetenschappelijk en technologisch proces centraal staan. Bij techniek is tevens sprake van het gebruik van die kennis om te ontwerpen en te produceren.

Deze tweedeling komt in verschillende publicaties terug (e.g., Harlen, 1999; OECD/PISA, 2006). Sommige publicaties spreken over *knowledge of science* (and technology) versus *knowledge about science* (and technology), anderen spreken over kennis van aan natuurwetenschap en techniek gerelateerde concepten versus (natuur)wetenschappelijke procesvaardigheden. Van belang is echter, dat zij *samen* het geheel van kennis en vaardigheden op het gebied van natuurwetenschap en techniek vormen en dat beiden ook in samenhang in de scholingsarrangementen voor (aspirant) leerkrachten aan de orde zullen komen. Hieronder volgt een beschrijving voor beide onderdelen.

Concepten en domeinen

Vooraf dient opgemerkt te worden dat het niet eenvoudig is de component kennis van concepten binnen het domein natuurwetenschap en techniek eenduidig te beschrijven. In de hierboven genoemde OECD/PISA studie wordt “knowledge of science” in vier categorieën ingedeeld: kennis van natuurkundige systemen, levende systemen, aarde en ruimte systemen en techniek systemen. Binnen ieder van deze vier systemen vallen thema’s die direct gerelateerd zijn aan concepten uit het ‘science’ domein. De bijbehorende beschrijvingen uit de

studie zijn echter meer vanuit de natuurwetenschap gedefinieerd en veel minder vanuit de context van jongere kinderen.

Toch biedt de indeling van PISA (die op haar beurt teruggaat tot de publicatie van de “Science Standards” in de Verenigde Staten uit 1996), een mogelijkheid tot een verdere precisering van concepten, zeker als wij daarbij ook de uitwerking van een concept-context benadering voor het leergebied natuur en techniek (van Graft, e.a.,2007) betrekken en de vier categorieën uitbreiden met een vijfde: wiskundige systemen.

De verschillende domeinen kunnen dan binnen de scholingsarrangementen voor VTB-Pro als volgt in concepten worden uitgewerkt:

Natuurkundige systemen

Waarbij aandacht wordt besteed aan: (a) eigenschappen en kenmerken van objecten (hetzij natuurlijke, dan wel geconstrueerde), (b) plaats en beweging van een object in ruimte en tijd, (c) kracht en beweging, (d) energie: het vermogen om verandering te veroorzaken, (e) omzetting van energie: zwaartekracht veroorzaakt bewegingsenergie, warmte beïnvloedt aggregatietoestand, (f) straling: licht, warmte, geluid, radiostraling, röntgenstraling, en (g) elektriciteit en magnetisme.

Levende systemen

Waarbij aandacht wordt besteed aan: (a) cel, orgaan en organisme, (b) mens, plant en dier, (c) ademhaling, bloedsomloop en spijsvertering, (d) levenscyclus en voortplanting, (e) populatie: soorten, diversiteit en uitsterven, (f) ecosysteem, voedselketen, landbouw, (g) biosfeer: duurzame ontwikkeling.

Aarde en ruimte systemen

Waarbij aandacht wordt besteed aan: (a) de structuur van lithosfeer (gesteenten, zand en modder), hydrosfeer (water) en atmosfeer (lucht, dampkring), (b) gesteenten: bodem, gebergten, gelaagdheid, verandering (verwering) en tektoniek, (c) water: oceaan, zee, meren, rivieren, kanalen, getijde, (d) lucht: atmosfeer, stratosfeer, (e) klimaat en weer: ook als interactie tussen gesteenten, water en atmosfeer, (f) geschiedenis: fossielen, (g) aarde *in* de ruimte: structuur ruimte, met name aarde, maan, zon, sterren., en (h) zwaartekracht.

Techniek systemen

Waarbij aandacht wordt besteed aan (a) de rol van techniek (ontwerpen, construeren, faciliteren van vooruitgang), (b) ontwerpen: criteria, beperkingen, innovatie, uitvinding, probleemoplossend, (c) construeren: bewerken, energieomzetting, functie, materiaal, systeem, vormgeving, (d) faciliteren van een ‘beter leven’ en vooruitgang der wetenschap: informatietechnologie, mobiele telefoons, games, medische systemen, verkeersveiligheidssystemen, navigatie-instrumenten en tools, etc.

Wiskundige systemen

Waarbij aandacht wordt besteed aan: (a) hoeveelheid: numerieke verschijnselen, kwantitatieve relaties en patronen, ‘number sense’, en logische operaties, (b) vorm en ruimte: ruimtelijke oriëntatie, navigatie, representatie, vormen en figuren, (c) veranderingen en relaties: verbanden, grafieken, tabellen, soorten verandering (b.v. lineair of constant), en (d) onzekerheid: data en kans.

Belangrijk is, dat bij het samenstellen van het scholingsprogramma grote aandacht wordt gegeven aan de *dwarsverbanden* tussen de diverse componenten. Structurele kennis over

concepten uit verschillende domeinen ontstaat pas werkelijk als deelnemers leren hoe twee of meer concepten zich tot elkaar verhouden en hoe binnen bepaalde thema's verschillende systemen voorkomen.

Speciale aandacht dient daarbij te worden gegeven aan het mathematisch systeem dat in alle overige systemen terugkeert.

Bij de toepassing van het mathematische concept 'hoeveelheid' is het bijvoorbeeld van belang te zien dat belangrijke aspecten die bij dit concept horen (het begrijpen van relatieve grootte, het herkennen van patronen in data,) in vrijwel elke tak van wetenschap en techniek voorkomen. Zo komen *patronen* voor in taal, muziek, video, verkeer, gebouwen, kunst, of natuur. Het concept 'vorm en ruimte' keert terug in de *vormen* die overal gezien kunnen worden in: huizen, bruggen, zeesterren, sneeuwvlokken, plattegronden, kristallen, schelpen, planten, of het heelal. Bij het mathematische concept 'veranderingen en relaties' kan worden gewezen op het feit dat ieder natuurlijk verschijnsel in feite een manifestatie is van verandering en dat in de wereld om ons heen talloze voorbeelden van relaties tussen verschijnselen zijn waar te nemen. Zo worden organismen groter, is er voortdurende verandering te zien in de seizoenen, het getijde, of het weer, en zit er ontwikkeling in de snelheid van computers, de luchtverontreiniging en nog veel meer. Tot slot is het van belang om te benadrukken dat ook het mathematische begrip 'onzekerheid' in feite binnen alle wetenschappelijke en technische disciplines terugkeert. Zo is wetenschappelijke en technische kennis altijd het product van een proces waarin onzekerheid niet is uit te bannen. En dat blijkt: bruggen storten in, het weer is vaak anders dan verwacht, de luchtverontreiniging erger dan voorspeld, en er vinden soms onterechte veroordelingen plaats op basis van onzekere data.

De hierboven gegeven illustratie maakt niet alleen duidelijk dat het belangrijk is om bij het onderwijs in wetenschappelijke en technische concepten de dwarsverbanden tussen concepten te benadrukken, maar ook om bij het invullen van de scholingsarrangementen de *relevantie* van het geleerde als uitgangspunt te nemen. Gezien de afstand die veel leerkrachten (en hun leerlingen) voelen tot technische en natuurwetenschappelijke concepten is het zaak deze kloof te overbruggen door abstracte concepten te verbinden aan *herkenbare relevante contexten*. Deze relevantie kan liggen in de persoonlijke sfeer, de directe dagelijkse praktijk of de omgeving 'dicht bij huis', de maatschappij, of in verdere studie. Door het gebruiken van herkenbare contexten, kan ook duidelijk gemaakt worden dat een zelfde concept in verschillende contexten een rol kan spelen (Waarlo, 2007). Door deze verbanden en betekenisveranderingen expliciet duidelijk te maken, kan de transfer van conceptuele kennis worden vergroot en kan vakoverschrijdende kennis binnen het brede domein van wetenschap en techniek ontstaan.

Wetenschappelijke procesvaardigheden

Op het gebied van knowledge about science of wetenschappelijke procesvaardigheden staat de (natuur)wetenschappelijke methode centraal. Aspecten die hierbij een rol spelen zijn het stellen van de juiste vraag (een uit nieuwsgierigheid geboren 'scientific question'), het onderbouwen van een dergelijke vraag, het vinden van relevante gegevens, bedenken en uitvoeren van experimenten, metingen verrichten, inclusief een goed idee van de onzekerheid in de data, en een kritische waardering van de resultaten. Daarbij spelen hypothesen, logisch redeneren en kritisch reflecteren een essentiële rol. Concreet verstaan we, ontleend aan Harlen (1999), onder dergelijke wetenschappelijke procesvaardigheden:

- Observeren: Een fundamentele vaardigheid waarbij mensen informatie selecteren door gebruik te maken van alle zintuigen
- Ruimte-tijd relaties leggen: Leren beoordelen hoeveel tijd een gebeurtenis in beslag neemt en welk volume een object of gebied in beslag neemt
- Classificeren: Het herkennen, sorteren en rangschikken naar gelijkenis of verschil
- Hypothesevorming: Op basis van consistente, algemene informatie uit observaties en andere gegevens de aannames expliciteren die een bepaalde gebeurtenis of observatie zouden kunnen verklaren
- Voorspellen: Het vooruit formuleren van de resultaten van een onderzoek gegeven de hypothesen
- Experimenteren: Het testen van hypothesen door praktisch onderzoek op een zorgvuldige en gecontroleerde manier uit te voeren
- Manipuleren en controleren: Systematisch condities aanbrengen en nagaan of dat het beoogde effect oplevert
- Meten: Het vaststellen van afmetingen, tijd, gebieden, snelheid, gewicht, temperaturen en volume, e.d.
- Analyseren: Het onderscheiden van betekenisvolle informatie (systematiek) tegenover ruis en onbeduidende artefacten
- Concluderen: Gevolgtrekkingen maken op grond van alle observaties en verzamelde gegevens om daarmee de hypothesen te confronteren
- Interpreteren: Verzamelde informatie begrijpen en conclusies in verband brengen met andere gegevens en ideeën
- Communiceren: Het in staat zijn om op een krachtige manier te representeren wat er is geobserveerd of ontdekt met gebruikmaking van verschillende media

Technische procesvaardigheden

Bij technische procesvaardigheden is te denken aan het praktisch redeneren (in aanvulling op het theoretisch redeneren dat bij de wetenschappelijke vaardigheden speelt). Praktisch redeneren omvat het kunnen beredeneren van doel-middel relaties en van relaties tussen functies van een artefact en zijn fysieke realisering of structuur. Deze redeneervormen vormen onderdelen van de technische procesvaardigheid van het ontwerpen, waarbij ook de vaardigheid van het visualiseren een belangrijke rol speelt. Net als bij wetenschappelijke vaardigheden behoren tot technische vaardigheden het kunnen modelleren van de werkelijkheid, waarbij in de techniek ook vaak met fysieke modellen gewerkt wordt.

Kennis over en vaardigheid in bovengenoemde methoden zal, verweven met de kennis op het gebied van relevante concepten, als geheel in de scholingsarrangementen moeten worden opgenomen. In aansluiting daarop is het relevant om aandacht te geven aan de filosofie van wetenschap en techniek. Aspecten die daarbij van belang zijn: (a) het besef dat de verschillende wetenschappen een soort 'bril' zijn waardoor we naar de werkelijkheid kijken en (b) het besef dat er daarom verschillende wetenschappen zijn, te weten de menswetenschappen, de cultuurwetenschappen (waaronder de technische wetenschappen), en de natuurwetenschappen, die methodisch in diverse opzichten van elkaar verschillen. In de techniekfilosofie gaat het vooral om de conceptualisering van wat artefacten zijn, wat technische functies zijn (bijvoorbeeld in contrast met biologische functies) en om het begrip van de normatieve component in technische kennis (prescriptieve kennis, kennis van functies) (De Vries, 2005). Ook de wisselwerking tussen technologische en maatschappelijke ontwikkelingen is hier een belangrijk thema.

2. Attitude ten opzichte van Wetenschap en Techniek

In de wetenschappelijke literatuur wordt het begrip attitude gezien als een interne, persoonlijke, psychologische neiging om een bepaald construct of object positief of negatief te evalueren (Eagly & Chaiken, 1993). Deze persoonlijke neiging kan kortere of langere tijd aanhouden en kan bestaan uit cognitieve, affectieve of gedragsmatige componenten. De *cognitieve* component van het begrip attitude bestaat uit *gedachten of opvattingen* over een bepaald construct. De *affectieve* component bestaat uit gevoelens en stemmingen, terwijl de *gedragsmatige* component bestaat uit *daadwerkelijk gedrag of de intentie om iets te gaan doen of te vermijden* ten aanzien van het object van attitude. Zo kan een positieve attitude ten opzichte van leren of studeren bestaan uit gedachten of opvattingen over het belang van leren voor een goede baan of toekomst, persoonlijke gevoelens van plezier in leren of daadwerkelijk gedrag in de vorm van hard studeren of het voornemen om een studie te gaan volgen.

Binnen de sociale psychologie wordt attitude van oudsher gezien als één van de belangrijkste drijfveren bij tal van processen, gerelateerd aan motivatie en interesse. De afgelopen jaren is in aansluiting daarop ook binnen de literatuur op het gebied van wetenschapseducatie de aandacht voor het begrip attitude sterk toegenomen. Belangrijk daarbij is echter dat onderscheid gemaakt wordt tussen een wetenschappelijke attitude (science attitude) en een attitude ten opzichte van (natuur)wetenschap en techniek (attitude towards science) (zie Osborne, 2003). Onder de eerste noemer wordt een wetenschappelijke houding verstaan die zich manifesteert in kenmerken van wetenschappelijk denken, zoals nieuwsgierigheid, creativiteit, volharding, kritische reflectie, e.d. Deze wetenschappelijke houding wordt beschreven in dit theoretisch kader onder de eerste paragraaf (beoogde kennis en vaardigheden) en de derde paragraaf (onderzoekend leren).

Onder een attitude ten opzichte van wetenschap en techniek wordt echter een andere set van gedachten, waarden, gevoelens en gedragingen verstaan, die bijvoorbeeld ingaat op de eigen gedachten over het moeilijkheidsniveau van natuurwetenschappen en techniek, de waarde die wordt toegekend aan het belang van wetenschap en techniek voor de samenleving, gevoelens van eigen plezier of interesse in wetenschap en techniek en voornemens om meer te gaan leren over natuurwetenschap en techniek. Veel internationaal onderzoek laat zien dat leerkrachten in het basisonderwijs niet alleen vaak weinig wetenschappelijke en technologische kennis hebben, maar ook een vrij negatieve attitude ten opzichte van vooral de natuurwetenschappen en techniek (e.g., Palmer, 2004). Zij vinden dergelijke vakken niet leuk en schatten hun eigen bekwaamheid om les te geven op dit gebied laag in, iets wat vaak samenhangt met vroegere negatieve ervaringen (uit hun eigen lagere of middelbare schooltijd). Het ontbreekt hen, kortom, aan zelfvertrouwen en een positieve attitude en dit zorgt ervoor dat zij minder tijd besteden aan natuurwetenschap en techniek in hun eigen lessituatie en de kennis, vaardigheden en attitude van leerlingen op het gebied van natuurwetenschap en techniek moeilijk kunnen stimuleren.

Dat is jammer en het is belangrijk om de eigenwaarde, interesse en het enthousiasme van leerkrachten te stimuleren en te ondersteunen. Onderzoek wijst uit (e.g., Jarvis, 2004; Palmer, 2004) dat dit niet alleen een positief effect heeft op de leerkrachten zelf, maar ook op het kennisniveau en de attitudes ten opzichte van natuurwetenschap en techniek van leerlingen in het basisonderwijs. Naast een samenhangend aanbod van kennis en vaardigheden op het gebied van natuurwetenschap en techniek en onderzoekend leren is het daarom van belang om als achterliggende, overkoepelende component in de scholingsarrangementen expliciet aandacht te besteden aan verschillende aspecten die samenhangen met een bepaalde attitude ten opzichte van wetenschap en techniek.

Van belang is dat (aspirant) leerkrachten zich bewust worden van hun eigen gedachten, waarden, gevoelens en gedragingen op het gebied van wetenschap en techniek. Dit kan door in de scholingsarrangementen expliciet aandacht te besteden aan dit bewustmakingsproces middels:

- Discussie (over bijvoorbeeld de reikwijdte en het belang van wetenschap en techniek in de samenleving)
- Reflectie (op bijvoorbeeld de eigen lagere en middelbare schoolgeschiedenis in natuurwetenschap en techniek en eerdere neigingen om onderwijs op dit gebied te vermijden)
- Trainingen (waarbij nieuwe positieve ervaringen met natuurwetenschap en techniek en het stimuleren van kinderen op dit gebied kunnen leiden tot attitudeveranderingen)
- Lezingen (waarin bijvoorbeeld aandacht wordt besteed aan gender verschillen, het stereotype imago van wetenschap en techniek en aan het gebrek aan positieve rolmodellen in de natuurwetenschappen en techniek voor meisjes)

De programmaraad adviseert om de volgende aspecten van attitude ten opzichte van wetenschap en techniek in de scholingsarrangementen op te nemen:

Ten aanzien van het *cognitieve* aspect van attitude:

- Aandacht voor de brede invulling van het domein wetenschap en techniek
- Aandacht voor het maatschappelijk belang van wetenschap en techniek (op cultureel gebied, voor de samenleving en haar burgers, op economisch gebied)
- Aandacht voor het historisch belang van wetenschap en techniek (de evolutie van wetenschappelijke en technologische kennis, het belang van kennis delen, etc.)
- Aandacht voor de eigen inschatting van de bekwaamheid in natuurwetenschap en techniek en de geschatte moeilijkheid van de materie
- Aandacht voor de eigen inschatting van hoe moeilijk of hoe vanzelfsprekend het is om wetenschap en techniek op de basisschool te onderwijzen
- Aandacht voor gender verschillen en sekse-stereotype opvattingen en de specifieke rol van de leerkracht bij de stimulatie van en het leveren van rolmodellen aan meisjes op het gebied van natuurwetenschap en techniek
- Aandacht voor het imago van wetenschap en techniek

Ten aanzien van het *affectieve* aspect van attitude:

- Aandacht voor de eigen (ontwikkeling van) interesse voor natuurwetenschap en techniek en manieren om dat te verbeteren
- Aandacht voor de eigen (ontwikkeling van) plezier in het ondernemen van activiteiten op het gebied van natuurwetenschap en techniek en manieren om dat te vergroten
- Aandacht voor de eigen (ontwikkeling van) zelfvertrouwen op het gebied van natuurwetenschap en techniek en manieren om dat te verbeteren
- Aandacht voor de eigen (ontwikkeling van) enthousiasme voor natuurwetenschap en techniek en manieren om dat te over te brengen op kinderen

Ten aanzien van het *gedragmatige* aspect van attitude:

- Aandacht voor activiteiten of voornemens op het gebied van aanvullende scholing en persoonlijke ontwikkeling in natuurwetenschap en techniek
- Aandacht voor activiteiten of voornemens om meer te doen aan wetenschap en techniek in de lessituatie en manieren om dat in de school te bewerkstelligen

3. Pedagogisch-Didactische Competenties voor het scheppen van krachtige leeromgevingen m.b.t. Wetenschap en Techniek

Wetenschaps- en techniekeducatie heeft zijn wortels in Engeland in de Victoriaanse tijd (1850-1900), waarbij de agrarische maatschappij plaats maakte voor een maatschappij gebaseerd op wetenschappelijke en technologische expertise. Deze nieuwe maatschappij kon alleen overeind blijven door mensen op te leiden in wetenschap en technologie. Er heerste echter onenigheid over de invulling van deze educatie en sindsdien is de vorm en inhoud daarvan regelmatig onderwerp van debat geweest. In de Victoriaanse tijd was men van mening dat (natuur)wetenschappelijke educatie een onderdeel zou moeten zijn van het onderwijs op de basisschool. De vorm die het aan zou moeten nemen was die van ‘de wetenschap van de normale dingen.’ Het basisonderwijs richtte zich voornamelijk op observatie van de natuur: plantkunde, dierkunde, fysiologie, etc. Dit perspectief richtte zich vooral op het creëren van kennis en begrip van fundamentele natuurwetenschappelijke principes. Na 1900 ontstond echter een andere kijk op wetenschapseducatie. Met name Thomas Huxley (1918, in: Osborne & Hennessy, 2003) zag wetenschapseducatie vooral als een middel voor intellectuele ontwikkeling. Voor Huxley was niet zozeer de inhoud van de wetenschapseducatie van belang, als wel de unieke capaciteit die wetenschap bood om het verstand te trainen. Het wetenschappelijke proces was daarbij belangrijker dan de inhoud.

Dergelijke discussies – tussen het belang van het aanleren van natuurwetenschappelijke inhoud en het aanleren van een wetenschappelijk denkproces – bestaan tot op de dag van vandaag. Veel wetenschaps- en techniekeducatie richt zich nog steeds voornamelijk op het aanleren van een zogenaamde scientific literacy door het overdragen van feitenkennis. Kennis wordt daarbij gezien als product en de aanname is dat dergelijke kennis leidt tot meer interesse in en meer adoptie van natuurwetenschap en technologie. Onderzoek heeft echter uitgewezen dat alleen het overdragen van natuurwetenschappelijke of technologische kennis onvoldoende is om een bredere kennis van en meer draagvlak voor natuurwetenschap en techniek te creëren. De laatste paar jaar zien we dan ook internationaal een hernieuwd pleidooi voor wetenschaps- en techniekeducatie die naast aandacht voor natuurwetenschappelijke en technologische concepten vooral stoelt op onderzoekend leren (inquiry based learning). Bij onderzoekend leren gaat men ervan uit dat geleerd wordt door te exploreren, vragen te stellen en zelf ontdekkingen te doen om zo tot een beter en dieper begrip van bepaalde concepten te komen. Een dergelijke vorm van leren gaat uit van een sociaalconstructivistische opvatting van leren waarbij kennis wordt gezien als construct (i.p.v. product), waarbij zelf ervaringen worden opgedaan, waarbij context en maatschappelijke relevantie van belang zijn en waarbij een wetenschappelijke houding wordt ontwikkeld.

Opgemerkt dient echter te worden dat dit onderzoekend leren wel vaak een beetje als toverwoord fungeert. Regelmatig rekent men allerlei projecten in de sfeer van “hands-on science” onder onderzoekend leren, maar zoals sommige auteurs recent hebben laten zien, is deze kwalificering niet helemaal terecht (e.g., Graft & Kemmers, 2005; Rudolph, 2005). Kinderen worden in de meeste “hands-on science” projecten vooral uitgedaagd om samen bijvoorbeeld een constructie te bouwen (Schimmel et al., 2002; Weerden et al., 2003). Hoewel dergelijke projecten een aantal belangrijke doelstellingen voor wetenschaps- en techniek educatie kunnen bewerkstelligen (zoals samenwerken, verantwoordelijkheidsgevoel, reflectie, maar ook observatie, voorspellingen doen, generaliseren), gaan zij voorbij aan het feit dat wetenschap in feite meer over de constructie van ideeën gaat dan over de constructie van objecten of machines (Rudolph, 2005).

Om daadwerkelijk onderzoekend leren te implementeren is het daarom van belang om naast “hands-on” ook “minds-on” science activiteiten te implementeren en om onderzoekend leren te onderscheiden van leren onderzoeken (Graft & Kemmers, 2005). Onder het laatste verstaat men dat leerlingen (kinderen en volwassenen) leren onderzoek te doen en kennis en vaardigheden opdoen over de wetenschappelijke methode. Deze kennis en wetenschappelijke procesvaardigheden staan beschreven onder de eerste component van dit theoretisch kader. Bij onderzoekend leren maken leerlingen echter gebruik van een onderzoeksproces om iets te leren over iets *anders*. Bij onderzoekend leren is onderzoeken dus een middel; bij leren onderzoeken is onderzoek doen een doel.

Voor het gebied natuurwetenschap en techniek speelt naast onderzoekend leren ontwerpend leren een rol. Ook dat gaat verder dan de hierboven al genoemde constructie van een object of machine. Door in meer of mindere mate systematisch na te denken over hoe de omgeving aangepast zou kunnen worden aan behoeften en wensen, leren kinderen om niet alleen na te denken over de bestaande werkelijkheid, maar ook over mogelijke andere werkelijkheden. Dit is, naast de onderzoekende methode, een manier om creativiteit bij kinderen te stimuleren. Net als bij onderzoekend leren is ontwerpend leren een kwestie van "hands-on" en "minds-on". Door bij het ontwerpen gebruik te maken van concepten, leren kinderen tevens deze concepten beter kennen en toepassen. Men zou dit een voorbeeld van de concept-context benadering kunnen noemen met technisch ontwerpen als context-praktijk.

In het kader van VTB-Pro wordt voorgesteld om langs twee lijnen de beroepskwaliteit van leerkrachten (in opleiding) op het terrein van het onderwijs in wetenschap en techniek te versterken. De eerste is die van het versterken van *het generieke niveau* van leerkrachten door hen meer thuis te laten geraken in de wereld van het doen van onderzoek. In feite komt dit er op neer dat in de opleiding bij alle disciplines er meer aandacht wordt gegeven aan het begrijpen van wetenschappelijk onderzoek, het doen van praktijkgericht onderzoek op eigen niveau en het begeleiden van onderzoek van leerlingen.

De tweede lijn is die van het versterken van de *specifieke competenties* van leerkrachten op het terrein van het begeleiden van onderzoek en ontwerp van leerlingen binnen het domein van natuurwetenschap en techniek. ‘Onderzoek door leerlingen’ is hier bedoeld als onderzoekend leren en lerend onderzoeken. Voor leerkrachten betekent dit het arrangeren van een uitdagende leeromgeving en de nieuwsgierige vragen van leerlingen die door die omgeving worden opgeroepen, op een zodanige manier te begeleiden dat die nieuwsgierigheid op een methodisch verantwoorde wijze wordt bevredigd.

De beste manier om leerkrachten dit te leren is ‘learning by doing’. Op die wijze leren ze *zelf* ervaren wat de empirische en de regulatieve cyclus bij het produceren en toepassen van kennis feitelijk betekent en hoe daarin geopereerd kan worden. Bovendien leren zij daarmee een wetenschappelijke houding aan te nemen waarin nieuwsgierigheid, volharding, bewondering voor originaliteit, creativiteit, het nemen van verantwoordelijkheid, het uiten van (zelf) kritiek en een onafhankelijke opstelling in het denken een belangrijke rol spelen.

Wanneer leerkrachten zich op een dergelijke manier ontwikkeld hebben, kunnen zij de competenties ontwikkelen om kinderen op een onderzoekende wijze (natuur)wetenschappelijke en technische procesvaardigheden, concepten en attitudes bij te brengen. Dit kunnen zij bijvoorbeeld doen door hen bewust te leren kijken, luisteren, aanraken, proeven en ruiken (observatie), door hen aan te moedigen nog meer vragen te stellen dan ze al doen, door hen bewust te laten voorspellen wat er gaat gebeuren, door het

verzamelen en gebruiken van gegevens (van steentjes, stokjes, of torretjes tot getallen, tabellen en diagrammen), door kinderen te stimuleren om creatief nieuwe toepassingen te zoeken of te maken voor bepaalde constructen, door hen in eigen woorden te laten vertellen of opschrijven wat hun ervaringen en ideeën zijn en door hen te laten kijken naar patronen in de observaties en metingen (Murphy, 2003).

Voor het welslagen van bovengenoemde ontwikkeling is het belangrijk dat in de scholingsarrangementen naast bovengenoemde zaken ruim aandacht wordt besteed aan reflectie in brede zin. Daaronder valt:

- Een persoonlijke reflectie van iedere deelnemer op zichzelf (wie ben ik, wat kan ik op het gebied van wetenschap en techniek en wat wil ik daarin bereiken)
- Een reflectie op de opgedane (onderzoekende) leerervaringen (wat heb ik hiervan geleerd, wat wil ik nog meer leren)
- Een reflectie op het doorlopen (onderzoekend) leerproces (hoe heb ik geleerd te leren/metacognitie)
- Een reflectie op de beroepspraktijk (hoe kan ik hier in mijn lessituatie mee uit de voeten)

Dergelijke manieren van reflecteren hebben als belangrijk gemeenschappelijk doel de *empowerment* van de (aspirant) leerkrachten (zie Waarlo, 2007). Naast een vergroting van het zelfvertrouwen en de instrumentele professionaliteit op het gebied van wetenschap en techniek en onderzoekend leren, zal deze reflectie ook de kans vergroten dat deelnemers na afloop van de opleiding zelfgestuurd doorleren en collega's weten te stimuleren om dit ook te doen, zodat de opbrengst van VTB-Pro ook na afloop van het programma geborgd is.

Aansluiten en verder bouwen

Hierboven hebben wij een eerste aanzet gegeven tot een inhoudelijke beschrijving van de kwaliteiten die (toekomstige) leerkrachten zouden moeten hebben als het gaat om wetenschap en techniek. Daarbij is een redelijk klassieke ordening gehanteerd in de omschrijving van die bekwaamheden: kennis, inzichten en vaardigheden op het vakinhoudelijke terrein, attitudes ten aanzien van wetenschap en techniek en als derde deelgebied de kennis, inzichten en vaardigheden op het pedagogisch-didactische terrein. De keuze voor een dergelijk beschrijvingskader is echter tot op zekere hoogte arbitrair. Voor elk beschrijvingskader geldt immers dat het zijn beperkingen heeft. Het legt een op zich niet deelbare werkelijkheid uiteen in componenten die pas weer betekenis krijgen als ze in samenhang worden gezien. De programmaraad wil dan ook eclectisch en heuristisch omgaan met deze domeinbeschrijvingen. Dat wil zeggen dat we de pabo's en kenniscentra uitdagen om deze beschrijvingen zelf waar nodig om te vormen en in te passen in de wijze waarop zij in hun opleiding bekwaamheden van (toekomstige) leerkrachten beschrijven. Veel opleidingen werken bijvoorbeeld met de 7 beroepsbekwaamheden van SBL, met het operationaliseren van de Dublin descriptoren of met de ordening van de kennisbasis van het beroep zoals voorgesteld door Jansma. De inhoudelijke beschrijving die wij als programmaraad in dit document schetsen, biedt aanknopingspunten om aan te sluiten bij bovengenoemde beroepsbekwaamheden en descriptoren en wij vragen de opleidingen dan ook om (daar waar zij dat nodig achten) in taal en terminologie aan te sluiten bij het door hen gekozen of al gebruikte beschrijvingskader.

Maar naast het hier genoemde punt van de systematiek van het beschrijven van competenties, is er nog een tweede aandachtspunt waar de programmaraad op wil wijzen. En dat is het feit dat het versterken van de bekwaamheden van leerkrachten op het terrein van

wetenschap en techniek benut kan worden voor het verhogen van het niveau van functioneren van leerkrachten *in het algemeen*. In de kern heeft het werken aan ‘de leerkracht als onderzoeker’ namelijk een veel bredere werking dan alleen het domein van wiskunde, natuurwetenschappen en techniek. Als leerkrachten weer op een methodisch verantwoorde manier om leren gaan met hun eigen verwondering en die van kinderen, dan is dat ook van belang voor bijvoorbeeld de domeinen taal-lezen, voor rekenen en sociaal-emotionele ontwikkeling. Ook kan het een bijdrage leveren aan het herijken van bestaande opvattingen over leren en ontwikkeling van kinderen. Met kinderen een proces doorlopen van waarnemen naar begripsvorming, van begripsvorming naar causale relaties tussen verschijnselen, van relaties naar het doen van voorspellingen en van het doen van voorspellingen naar het toetsen daarvan, kan leerkrachten helpen bij het methodisch oplossen van praktijkproblemen en het zelf ontwikkelen van nieuwe beroepskennis. Daarmee kan werken aan wetenschap en techniek ook een meer algemeen en breder doel dienen: het verhogen van het algemeen professioneel niveau van het beroep van leerkracht

Leerdoelen VTB-Pro

Naar aanleiding van het hierboven beschreven inhoudelijk kader, adviseert de programmaraad dat (aspirant) leerkrachten aan het einde van het scholingstraject wetenschap en techniek de volgende leerdoelen hebben behaald:

1. Ten aanzien van de eerste component, kennis en vaardigheden:
 - De leerkracht heeft voldoende feitelijke kennis op het gebied van een aantal helder omschreven natuurwetenschappelijke en technologische concepten binnen de omschreven domeinen natuurkunde, levenswetenschappen, aarde en ruimte, techniek en wiskunde
 - De leerkracht kan dwarsverbanden onderscheiden tussen verschillende concepten
 - De leerkracht kan concepten binnen verschillende contexten beschouwen en kan daarmee vakoverschrijdende kennis tonen
 - De leerkracht heeft voldoende kennis van en vaardigheid in de wetenschappelijke en technologische methoden, tot uitdrukking komend in kennis van en vaardigheid in de empirische cyclus (van observatie via hypothesevorming tot concluderen en communiceren) en kennis van en vaardigheid in doel-middel en structuur-functie redeneringen.

2. Ten aanzien van de tweede component, attitude ten opzichte van wetenschap en techniek:
 - De leerkracht is zich bewust van de eigen opvattingen over de invulling van het domein wetenschap en techniek, van de eigen bekwaamheid en inschatting van de moeilijkheidsgraad van het gebied en heeft inzicht in het maatschappelijke en historische belang van natuurwetenschap en techniek, in gender verschillen op het gebied van natuurwetenschap en techniek en in stereotype opvattingen. De leerkracht laat groei zien op dit aspect van attitude.
 - De leerkracht heeft een groeiende interesse voor het gebied van natuurwetenschap en techniek en beleeft in de omgang ermee plezier, enthousiasme en zelfvertrouwen

- De leerkracht laat een doorlopende lijn zien in zijn/haar voornemens om zich verder te ontwikkelen op het gebied van natuurwetenschap en techniek, dit toe te passen binnen de eigen lessituatie en uit te dragen aan collega's
3. Ten aanzien van de derde component, pedagogisch-didactische competenties op het gebied van onderzoekend en ontwerpnd leren:
- De leerkracht heeft een wetenschappelijke, onderzoekende houding, tot uitdrukking komend in: samenwerking, volharding, originaliteit, nieuwsgierigheid, verantwoordelijkheidsgevoel, (zelf)kritiek, onafhankelijk denken, ruimdenkendheid
 - De leerkracht is in staat om de pedagogisch-didactische principes van onderzoekend en ontwerpnd leren toe te passen in zijn/haar lessituatie door: leerlingen te prikkelen, uit te dagen om vragen te stellen en aan te sturen in hun proces van observatie, vraagstelling, hypothesevorming, generalisering, empirische toetsing, deductie en conclusie en in hun systematisch nadenken over het modelleren van de omgeving
 - De leerkracht is in staat om in brede zin te reflecteren op zichzelf, de opgedane (onderzoekende) leerervaringen en de manier van leren en op zijn of haar beroepspraktijk.

Kwaliteitscriteria voor de Scholingsarrangementen

Barab & Luehmann (2003):

“The core challenge is not to design some correct version of science education curricula that will be implemented by willing teachers, but to develop flexible support structures that facilitate local adaptation, with special emphasis on inquiry based environments, role of new technology, design experiments, and curricular diffusion.”

De specifieke vorm van de scholingsarrangementen zal verschillen per kenniscentrum, pabo en regio. Deelnemende organisaties zullen worden uitgedaagd om gebruik te maken van hun eigen achtergrond en expertise op het gebied van al ontwikkelde curricula, wetenschappelijk onderzoek of bepaalde industriële activiteit in de regio. Echter, om de activiteiten te stroomlijnen worden aan alle uitvoerende instellingen de hierna genoemde kwaliteitscriteria opgelegd, zodat de scholingsarrangementen ondanks lokale variatie onderling vergelijkbaar blijven. Aansluitend op de in het theoretisch kader beschreven uitgangspunten, adviseert de programmaraad dat goed professionaliseringsaanbod op het gebied van wetenschap en techniek in ieder geval aan de volgende criteria voldoet:

Algemeen

- Het scholingsarrangement heeft een minimale omvang van 12 dagdelen
- Het aanbod is prikkelend en uitdagend en zet aan tot nieuwsgierigheid
- Het is gericht op een actieve participatie van de (aspirant) leerkrachten
- De deskundigheidsbevordering sluit aan bij verschillende ontwikkelingsfasen en profielen van scholen, en bij sekse, regionale en culturele verschillen
- Er wordt binnen het scholingsaanbod gezorgd voor een aantal “sleutelervaringen” (bijvoorbeeld a.h.v. speciale excursies of deelname aan projecten)

Ten aanzien van inhoudelijke kennis en vaardigheden

- Er is voldoende feitelijk aanbod van een aantal helder gekozen en omschreven natuurwetenschappelijke, technische en rekenkundige/wiskundige concepten uit de vijf omschreven domeinen
- De aangeboden concepten sluiten aan bij praktische en maatschappelijke contexten (“dicht bij huis” en met gebruikmaking van alledaagse materialen)
- Er wordt voldoende nadruk gelegd op verbanden tussen verschillende concepten en contexten
- Er wordt voldoende nadruk gelegd op het belang van taal en allerlei vormen van representatie (schema’s, pictogrammen, e.d.) bij wetenschappelijke en technische concepten
- Er is voldoende aandacht voor het aan natuurwetenschap en techniek gerelateerde proces, zowel op het niveau van de concrete ervaring (procesvaardigheden), als op het niveau van de reflectie (inhoudelijke behandeling)
- Binnen het scholingsarrangement wordt aandacht besteed aan wetenschaps- en techniekfilosofische kwesties

Ten aanzien van attitude:

- Binnen het scholingsarrangement wordt nadruk gelegd op plezier en toename van eigen interesse, bekwaamheid en zelfvertrouwen op het gebied van natuurwetenschap en techniek
- Er is voldoende aandacht voor discussie over een brede invulling van het domein wetenschap en techniek
- Er is voldoende aandacht voor het historisch belang van wetenschap en techniek (de evolutie van wetenschappelijke en technologische kennis, het belang van kennis delen, etc.)
- Er is voldoende aandacht voor het maatschappelijk (cultureel en economisch) belang van wetenschap en techniek
- Er wordt aandacht besteed aan (eigen) gender verschillen en de specifieke rol van de leerkracht bij de stimulatie van en het leveren van rolmodellen aan meisjes op het gebied van natuurwetenschap en techniek

Ten aanzien van pedagogisch-didactische competenties:

- Het scholingsarrangement besteedt voldoende aandacht aan het zelfstandig kunnen uitvoeren van onderzoek
- Er is voldoende aandacht voor reflectie op de eigen praktijk en het eigen pedagogisch-didactisch handelen van de (aspirant) leerkrachten
- Er is voldoende aandacht voor manieren waarop kinderen gestimuleerd kunnen worden om te observeren, voorspellen, meten, deduceren, modelleren, concluderen, communiceren, e.d. over natuurwetenschappelijke en technische concepten
- Er is voldoende aandacht voor verschillen in pedagogisch-didactische aanpakken bij kinderen van verschillende leeftijden en cognitieve ontwikkelingsniveau’s
- Er is voldoende aandacht voor de ontwikkeling van (aspirant) leerkrachten op het gebied van onderzoekend en ontwerpnd leren

Kwaliteitscriteria Kenniscentra en PABO's

In algemene zin adviseert de programmaraad dat de participerende kenniscentra en pabo's:

- Scholingsarrangementen ontwikkelen die voldoen aan de basisprincipes van VTB-Pro
- Niet alleen uitvoeren, maar ook (vraaggestuurd) nieuw aanbod ontwikkelen en zoeken naar nieuwe samenwerkingsverbanden
- Gezorgd hebben voor een vernieuwende organisatie
- Goede contacten met het veld en het bedrijfsleven hebben opgebouwd
- Koersen op een duurzame implementatie van de scholingsarrangementen die verder reikt dan de duur van VTB-Pro
- Het aanbod hebben afgestemd op landelijke ontwikkelingen op het gebied van wetenschap, techniek en rekenen/wiskunde
- Een uniek profiel ontwikkelen, waarbij een unieke regionale component centraal staat
- Niet in isolement opereren, maar ook van andere kenniscentra leren en ervaringen en aanbod uitwisselen
- De gemaakte keuzes voor de scholingsarrangementen en de organisatie kunnen verantwoorden
- Een SWOT-analyse laten uitvoeren
- Een verbinding maken tussen innovatieve onderwijsvernieuwingen en wetenschap en techniek
- Een verbinding maken tussen (praktijkgericht) onderzoek en de scholingsarrangementen

Daarnaast adviseert de programmaraad dat de pabo's die de scholingsarrangementen zullen uitvoeren:

- Een duidelijke profilering voor wetenschap en techniek laten zien, vormgegeven in een structureel profileringprogramma
- Aantoonbaar gericht zijn op duurzaamheid en borging van het profiel wetenschap en techniek
- Als zij kiezen voor een innovatief en kwalitatief goed scholingsarrangement (en niet voor een minimaal aanbod), zij wetenschap en techniek opnemen als een (verplicht) integraal onderdeel van het onderwijsprogramma (dit houdt onder andere in integratie met hoofdvakken, en brede verankering in het curriculum met rekenen/wiskunde en taal)
- Maatschappelijk draagvlak creëren voor deze ontwikkeling in het basisonderwijs (samenwerking met bedrijven, instellingen, hogescholen in de regio)
- Aandacht besteden aan de samenwerking tussen primair en voortgezet onderwijs
- Aandacht besteden aan science-centra in Nederland