

Job De Meyere, Bieke De Fraine, Renaat Frans, Kristof Van de Keere (eds.)

Laura Tamassia
Renaat Frans

Onderwijs in wetenschappen: beter geïntegreerd of niet?

 **P-reviews** ONDERZOEK KOPPELEN
AAN JE VAK

Vak Natuurwetenschappen


SCHOOL OF EDUCATION

 **P-reviews** ONDERZOEK KOPPELEN
AAN JE VAK

Colofon

Laura Tamassia, Renaat Frans.

Onderwijs in wetenschappen: beter geïntegreerd of niet?

In J. De Meyere, B. De Fraine, R. Frans, K. Van de Keere (eds.).

P-reviews: praktijkgerichte vakdidactische reviews van onderzoek.

Leuven: P-reviews editorial board



Editorial board voor de P-reviews: praktijkgerichte vakdidactische reviews van onderzoek:

Job De Meyere – Thomas More Kempen vzw

Bieke De Fraine – KU Leuven

Renaat Frans – KHLIM

Kristof Van de Keere – Katholieke Hogeschool Vives

Contact: P-reviews editorial board

soepreviews@gmail.com

Vormgeving: Marc Herman (Artefact)

Deze publicatie werd geschreven in het kader van een project binnen het expertisenetwerk School of Education Associatie KU Leuven: P-reviews. Vakdidactische praktijkgerichte reviews van onderzoek. www.p-reviews.be/3

Naast de coördinerende instelling Thomas More Kempen vzw nemen volgende partnerinstellingen deel aan het project: KU Leuven, Katholieke Hogeschool VIVES, KHLIM, KAHO-HUB, CVO Limlo



Onderwijs in wetenschappen: beter geïntegreerd of niet? In J. De Meyere, B. De Fraine, R. Frans, K. Van de Keere (eds.). P-reviews: praktijkgerichte vakdidactische reviews van onderzoek by Laura Tamassia & Renaat Frans is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported License.

To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>.

Job De Meyere, Bieke De Fraine, Renaat Frans, Kristof Van de Keere (eds.)

Laura Tamassia
Renaat Frans

Onderwijs in wetenschappen: beter geïntegreerd of niet?

Met steun van het project P-reviews (School of Education, KULeuven)

 **P-reviews** ONDERZOEK KOPPELEN
AAN JE VAK

Inhoudstafel

P-REVIEWS: vakdidactische praktijkgerichte reviews van onderzoek	1
1 Inleiding	7
1.1 Probleemstelling	7
1.2 Methode van deze review	9
2 Deel I: De idee van integratie in het wetenschapsonderwijs	11
2.1 Geschiedenis	11
2.2 UNESCO's "New Trends in Integrated Science"	13
2.3 Terminologische Verwarring	15
2.4 Is minder meer of is minder gewoon minder?	18
2.5 Het debat over geïntegreerd wetenschapsonderwijs in Europa	20
2.6 Argumenten voor en tegen geïntegreerd wetenschapsonderwijs	24
2.7 Filosofische oorsprong van het debat	25
3 Deel II: Interventiestudies over integratie in de wetenschappen	27
3.1 Weinig onderzoek over geïntegreerd wetenschapsonderwijs	27
3.2 Zweedse studies over de effectiviteit van geïntegreerde wetenschappen	29
3.3 Een kleine studie uit Letland	37
3.4 Andere studies	39

4 Conclusie	43
5 Discussie	45
Appendix	47
Bibliografie	51

P-REVIEWS: vakdidactische praktijkgerichte reviews van onderzoek

J. De Meyere, B. De Fraine, R. Frans, K. Van de Keere

Inleiding

Deze review werd geschreven in het kader van het School of Education-project P-REVIEWS. Vakdidactische praktijkgerichte reviews van onderzoek (2011-2013). Het project vindt aansluiting bij de nieuwe invulling van het onderwijs, en in het bijzonder van de leraaropleiding, waarbij de inhoud en de vormgeving meer verankerd moeten zijn in wetenschappelijke evidentie. Er wordt immers een blijvend probleem gesignaleerd inzake de doorstroming van onderzoeksresultaten naar het onderwijs. De soms theoretisch georiënteerde en academisch geformuleerde onderzoeksrapportage lijkt hieraan bij te dragen. Wanneer men geen expert is in het veld krijgt men ook vaak de indruk dat er geen samenhang te vinden is in de onderzoeksliteratuur omtrent bepaalde onderwerpen.

Stimulans voor een innoverende en onderzoeksgeïnformeerde klaspraktijk

Laat je klaspraktijk uitdagen door nieuwe wetenschappelijke inzichten en inspirerende voorbeelden. In deze reeks worden de resultaten van wetenschappelijk onderzoek over actuele vakdidactische thema's op een vlot leesbare manier bijeengebracht. Op die manier wil P-reviews bijdragen tot een grotere toegankelijkheid van het wetenschappelijk onderzoek en stimuleren dat deze inzichten ook daadwerkelijk kunnen doorstromen naar de klaspraktijk. Onderzoek is immers een motor voor een innoverend didactisch handelen in de klas. De P-reviews bieden vele concrete praktijkvoorbeelden die aansluiten bij de eigen onderwijscontext om de transfer tussen onderzoek en onderwijs te verhogen.

Wat zijn P-reviews?

Vakdidactische praktijkgerichte reviews bieden op een systematische en verantwoorde wijze een samenvattend overzicht van relevante wetenschappelijke bronnen betreffende de klaspraktijk of een praktijkgerichte problematiek of casus. Ze zijn van vakdidactische oorsprong en op een vlot leesbare, relevante en hanteerbare wijze geschreven.

Het schrijven van een systematische review is echter een hele onderneming die veel tijd en energie vraagt (Aveyard, 2010) . In het ideale scenario worden de richtlijnen van een Campbell-review gevolgd. Maar voor de meeste onderzoekers vraagt dat een té grote tijdsinvestering en is het balanceren tussen het ideale en het haalbare. In die zin wordt binnen het kernproject P-REVIEW geopteerd voor een systematische literatuurstudie waarbij het opnemen van een vijftiental studies als een haalbaar aantal beschouwd

wordt (Aveyard, 2010)¹. Uiteraard hangt het aantal gevonden studies zeer sterk af van de breedte van de onderzoeksvraag en de hoeveelheid studies die over het thema beschikbaar zijn.

Keuze voor een breed spectrum aan vakdidactische thema's

Aansluitend bij de bestaande diversiteit uit de onderwijspraktijk kiest P-reviews voor een breed spectrum aan vakdomeinen waarbinnen specifieke vakdidactische thema's worden belicht. De publicaties zijn tevens gericht naar verschillende onderwijsniveau's (basis- en/of secundair onderwijs).

Op dit moment omvat de reeks volgende publicaties:

Helena Taelman

De effectiviteit van woordenschatinterventies in de kleuterklas

Vakdomein: taal

Onderwijsniveau: basisonderwijs

Laura Tamassia & Renaat Frans

Onderwijs in de wetenschappen: beter geïntegreerd of niet?

Vakdomein: natuurwetenschappen

Onderwijsniveau: secundair onderwijs

Paul Janssenswillen

Geschiedenisonderwijs en etnisch-culturele diversiteit: hoe begin je eraan?

Vakdomein: geschiedenis

Onderwijsniveau: secundair onderwijs

Kristof Van Werde

Bestaat er evidentie voor verbeterde leerprestaties en attitudes door context-geleide benaderingen in het wetenschapsonderwijs?

Vakdomein: natuurwetenschappen

Onderwijsniveau: secundair onderwijs

Isabel Tallir

Motivatie van leerlingen binnen de lessen lichamelijke opvoeding in het lager en secundair onderwijs: hoe pak je het aan?

Vakdomein: bewegingsopvoeding

Onderwijsniveau: basis- en secundair onderwijs

¹ Aveyard, H. (2010). Doing a literature review in health and social care: a practical guide. Maidenhead: Open University Press.

Kristof Van de Keere & Stephanie Vervaet

Leren is onderzoeken. Aan de slag met wetenschap in de klas

Afzonderlijk uitgeven bij Lannoo Campus

Vakdomein: wereldoriëntatie

Onderwijsniveau: basisonderwijs

Doelpubliek

P-reviews wil in eerste instantie docenten en studenten van de lerarenopleidingen bereiken, en in tweede instantie intermediairen en leerkrachten uit het basis- en het secundair onderwijs.

Stimuleren van het gebruik van de P-reviews

Om de daadwerkelijke transfer van onderzoek naar onderwijs te garanderen, is het gebruik van de P-reviews binnen een reële onderwijscontext van groot belang. Vanuit deze bekommernis wordt de publicaties van P-reviews ondersteund via een online webplatform www.p-reviews.be

Op het webplatform kan u volgende bijkomende ondersteuning vinden:

Online lightversie

Op het online webplatform vindt u beknopt de belangrijkste bevindingen van de P-reviews en bijkomende didactische wenken en praktijkvoorbeelden om het gebruik binnen de klaspraktijk te stimuleren.

Vrije beschikbaarheid

Deze publicatie wordt via een creative commons licentie (cf. colofon) digitaal gratis ter beschikking gesteld voor het brede onderwijsveld via het webplatform om een brede verspreiding te faciliteren.

Onderzoeksvaardigheden

De P-reviews kunnen tevens ingezet worden om de ontwikkeling van onderzoeksvaardigheden van leraren-in-opleiding en leraren te stimuleren. Op het webplatform vindt u hiertoe de rubriek 'onderzoeksvaardigheden' met concrete opdrachten en suggesties voor de verdere ontwikkeling van onderzoeksvaardigheden.

Actief deelnemen aan P-reviews

Het online webplatform beschikt tevens over een online forum waarop u uw eigen praktijkbevindingen of reactie op de individuele reviews kunt delen.

P-reviews wil ook stimuleren dat er verdere reviews geschreven worden over actuele vakdidactische thema's. Concrete initiatieven kunnen gemeld en voorgelegd worden aan de editorial board van het project (cf. colofon). Wie zelf wil starten met het uitschrijven van een P-review vindt alvast een handleiding voor het uitschrijven van een review onder de rubriek 'Hoe schrijf je een P-review?'

Evaluatieprocedure

Tijdens de looptijd van het project P-reviews (2011-2013) werden de overkoepelende ontwerpprocedure en de individuele P-reviews-publicaties meermaals voorgelegd aan externen. De P-reviews werden geëvalueerd door een leescomité van domeinexperten die de praktijkgerichtheid bewaakten en wetenschappelijke experts die over de wetenschappelijke validiteit waakten. De kwaliteit van het eindresultaat is mede te danken aan hun waardevolle suggesties en bemerkingen.

Dankbetuiging

Als dank voor hun vrijwillige inzet vindt u hieronder een vermelding van de betrokken externe personen.

Expertisenetwerk School of Education

Taak: begeleiding van de projectpartners bij de uitvoering van de projectdoelstellingen

Deelnemer: Frederik Maes

Overkoepelende externe review-board van het project P-reviews

Taak: Bijsturing van de algemene doelstellingen van het project en suggesties aanleveren bij de disseminatie- en valorisatie-strategie van het project:

Deelnemers:

Jan Bonne (VSKO)

Gerd Beckers (KBO Genk, De Speling)

Geraldine Clarebout (KU Leuven)

Steven De Laet (OVSG)

Geertrui De Ruytter (VLOR)

Karin Hannes (KU Leuven)

Peter Op 't Eynde (Regina-Caelilyceum Dilbeek)

Joke Simons (Thomas More Mechelen)

Dirk Smits (HUBrussel)

Ruben Vanderlinde (UGent)

Specifieke externe lezers

Taak: Evaluatie van de verschillende individuele P-reviews vanuit de eigen wetenschappelijke of praktijkgerichte expertise. Opmerking: We vermelden enkel de personen die betrokken waren bij de evaluatieprocedure van deze afzonderlijke publicatie voor het vak natuurwetenschappen.

Deelnemers:

Hans Bekaert (leerkracht fysica, Tienen)

Emile Claes (voorzitter coördinatiecommissie leerplannen wetenschappen, VVKSO)

Prof. dr. Mieke De Cock (Specifieke lerarenopleiding natuurwetenschappen, vakdidacticus fysica, KU Leuven)

Prof. dr. Rianne Pinxten (Specifieke lerarenopleiding natuurwetenschappen, Universiteit Antwerpen)

Nele Vandamme (lector lerarenopleiding secundair onderwijs voor fysica, KHLeuven)

Ward Vranken (bachelor secundair onderwijs wetenschappen, jeudhuiscoördinator)

Abstract

Deze review geeft een overzicht van de belangrijkste interventieonderzoeken over de integratie van wetenschappen in de secundaire school. De vormen van integratie en de context van het wereldwijd debat hierover, worden geschetst op basis van relevante literatuur. Er blijkt vooralsnog geen evidentie te bestaan dat geïntegreerd wetenschapsonderwijs, beter dan de traditionele curricula met aparte vakken biologie, chemie en fysica, de wetenschappelijke geletterdheid van leerlingen bevordert.

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

Hoe wordt het vak natuurwetenschappen best gegeven? Is het beter dat de verschillende disciplines biologie, chemie en fysica nog duidelijk zichtbaar zijn in de structuur van het vak of moet het vak een homogeen geheel zijn waar de aparte vakken niet meer bestaan? Is de inhoud best georganiseerd rond de drie disciplines zelf, rond alledaagse problemen of rond brede maatschappelijk relevante thema's? Hoe kiezen we tussen leerboeken met meer of minder integratie van de drie wetenschappelijke disciplines?

Het vak natuurwetenschappen in Vlaanderen is een voorbeeld van een vak waar men verschillende disciplines tracht te integreren.

Of en hoe integratie best gebeurt, is het onderwerp van een pittig debat wereldwijd. Om als Vlaamse leerkracht verantwoord deel te kunnen nemen aan deze discussie, is het van belang om de verschillende argumenten te leren kennen en te weten welke onderzoeksresultaten al bestaan over geïntegreerd wetenschapsonderwijs.

Het debat over integratie van verschillende vakken in de school is sterk ideologisch en filosofisch gekleurd. In het debat wordt er onderscheid gemaakt tussen "de wetenschappen voor de burger van morgen" en "de wetenschappen voor de wetenschapper van morgen". Zie bv. (Lamanauskas V., 2008). De wetenschappen voor de burger van morgen wordt in verband gebracht met het concept van wetenschappelijk geletterdheid.

Wetenschappelijke geletterdheid volgens PISA 2003:

"Wetenschappelijke geletterdheid is de vaardigheid van iemand om wetenschappelijke kennis te gebruiken om vragen te identificeren en om evidentie-gebaseerde conclusies te trekken, met het doel om te begrijpen en om te helpen beslissingen te nemen over de wereld van de natuur en zijn veranderingen veroorzaakt door menselijke activiteiten."

(OECD, 2003)

Veel voorstanders van geïntegreerd wetenschapsonderwijs pleiten voor integratie van de traditionele disciplines in het curriculum omdat ze ervan uitgaan dat integratie betere leerresultaten voor de wetenschappelijk geletterdheid zal leveren.

De vraag die in deze review voorligt is inderdaad of de organisatie van de natuurwetenschappen in de school een invloed kan hebben op de leerprestaties van leerlingen, inzake wetenschappelijk geletterdheid.

Hoewel de kennis van de verschillende meningen en argumenten in het debat over integratie zijn belang kan hebben, kan het antwoord op de vraag of de integratie een invloed heeft op de leerlingenprestaties niet gevonden worden door de verschillende meningen en theoretische argumenten te bestuderen en te vergelijken. Men heeft resultaten van empirische studies nodig om al dan niet te kunnen aantonen of meer of minder integratie van de wetenschappelijke vakken, een invloed heeft op de leerlingenprestaties inzake wetenschappelijk geletterdheid. Het is dus van belang om wetenschappelijke studies te vinden die methodes met meer of minder integratie van de wetenschappelijke disciplines vergelijken qua effectiviteit en dit ten opzichte van meetbare parameters. De parameters die ons interesseren voor deze review zijn de leerprestaties, maar ook andere aspecten, zoals de leerlingenmotivatie bijvoorbeeld, kunnen in dit verband aan bod komen.

In empirische studies van statistische aard, kan het nuttig zijn om vanuit de extreme gevallen te vertrekken om duidelijkere resultaten te kunnen verkrijgen. Voor de vraag die in deze review voorligt, betekent dit: sterke integratie of geen integratie. Hoewel we uiteindelijk geïnteresseerd zijn in de verschillende gradaties van integratie waarop wetenschappen aangeboden kan worden, zoeken we naar studies die de leerresultaten van de drie aparte vakken biologie, chemie en fysica vergelijken met een geïntegreerd vak wetenschappen.

Binnen het concept van een geïntegreerd vak, bestaat er een continuüm van gradaties (van de mate van geïntegreerd zijn) en het is niet zo vanzelfsprekend om een meting te kunnen uitvoeren rekening houdend met kleine effecten van de gradaties van integratie.

Wij vertrekken in deze review vanuit de onderzoeksvraag:

Heeft de organisatie van het wetenschapsonderwijs in de middelbare school, met meer of minder integratie van de drie disciplines biologie, chemie en fysica, een invloed op de leerlingenprestaties wat de wetenschappelijke geletterdheid betreft?

Het doel van deze reviewtekst is om de belangrijkste wereldwijde onderzoeksresultaten over de effectiviteit van het geïntegreerd wetenschapsonderwijs samen te vatten en in het kader van de huidige discussie te plaatsen.

1.2 Methode van deze review

De onderzoeksmethode gevolgd in deze review is geïnspireerd door de methode van de systematische reviews:

1. We hebben onze onderzoeksvraag gekozen voor het begin van ons onderzoek, zonder te weten hoeveel en welke studies er bestonden over dat onderwerp.
2. We hebben artikels en boeken opgezocht in databases op een systematische en transparante manier door gebruik te maken van sleuteltermen en uitsluitingstermen. De details van onze zoektocht zijn expliciet gegeven in de appendix.
3. We hebben extra relevante teksten opgenomen die geciteerd worden door de artikels gevonden in de eerste ronde van onze zoektocht.

Opmerkingen:

1. Omdat de onderzoeksvraag geformuleerd wordt voor men begint artikels op te zoeken in de literatuur, kan het zijn dat er weinig of geen relevante interventiestudies bestaan die passen bij de onderzoeksvraag. In de context van een systematische review wordt dit ook beschouwd als een relevant en zinvol resultaat. Een systematische review kan dus in een extreem geval een 'nul' of lege review zijn, die geen interventiestudies bevat.
2. Om een voorbeeld te geven van de gebruikte sleutel- en uitsluitingstermen, hebben we artikels opgezocht met beide woorden "integrated" en "science education" maar zonder de woorden "elementary", "primary" en "early childhood" in de titel, omdat we niet geïnteresseerd zijn in artikels over integratie in kleuter- en basisschool.
3. We hebben gekozen om alleen artikels in het Engels op te zoeken en op te nemen, omdat we denken dat relevante interventiestudies tegenwoordig alleen gepubliceerd worden in internationale tijdschriften waarvan het Engels de standaardtaal is.
4. Het opnemen van extra artikels geciteerd door gevonden artikels is nodig om relevante teksten op te sporen die, wegens de keuze van de titel, niet gevonden kunnen worden met een zoektocht in de databases. Een goed voorbeeld ervan is het artikel "Less is more? More or less" van Lederman en Niess. De woorden die in deze titel voorkomen zijn zo algemeen dat het niet mogelijk is om deze tekst te vinden met een zoektocht via sleuteltermen. Dit artikel is toch bekend

en wordt geciteerd in teksten die we wel gevonden hebben, waardoor we het ook opgenomen hebben in onze review.

We hebben geen statistische vergelijking analyse (meta-analytische studie) uitgevoerd voor de gevonden interventiestudies. In deze review presenteren we dus een gestructureerde samenvatting van de opgenomen artikels.

2 Deel I: De idee van integratie in het wetenschapsonderwijs

2.1 Geschiedenis

Het begrip “geïntegreerd curriculum” heeft een lange geschiedenis vooral in de Angel-Saksische wereld. Hoewel er al werk over integratie bestaat uit het begin van de 20^{ste} eeuw, is het debat over al dan niet geïntegreerd wetenschapsonderwijs, in contrast met de traditionele curricula met aparte disciplines, pas in de jaren '60 sterk op tafel gekomen.

De nadruk op het vreedzame gebruik van kernenergie en het besef tijdens de koude oorlog, dat de Sovjet-Unie aanzienlijke wetenschappelijke en technologische kennis wist op te bouwen, stimuleerde in het westen onderwijshervormingen waarbij de vraag naar integratie aan de orde kwam. Men poogde de curricula voor wetenschappen in de VS maar ook in verschillende Europese landen te moderniseren om de toekomstige economische en militaire competitiviteit van het westen veilig te stellen. Hoewel deze argumenten ons misschien minder belangrijk voorkomen, waren deze destijds erg belangrijk. In dezelfde periode ontstonden ook bewegingen, zoals in de VS en het VK de “*curriculum reform movement*”, die niet zozeer hierdoor gedreven waren dan wel ervan uitgingen dat de invloed van de snel ontwikkelende wetenschappen en technologie op ons dagelijkse leven steeds groter werd. Men vreesde dat veel leerlingen zelfs op het einde van hun middelbare vorming, door een te klassiek curriculum ‘vreemdelingen’ dreigden te worden in hun eigen cultuur. Deze bewegingen pleitten daarom voor een *modernisering* van de wetenschapscurricula.

De roep voor geïntegreerde curricula bereikte zijn hoogtepunt toen de US Advisory Committee for Science Education een aanbeveling deed voor een curriculum dat *Wetenschappen en Technologie* kon verbinden met *humane en sociale aspecten* van het maatschappelijk leven. In de late jaren '70 ontstond de Science-Technology-Society, STS-beweging, die zeer actief was inzake hervorming van het wetenschapsonderwijs in de VS. In de jaren '80 werden veel STS-curricula geïmplementeerd, waar de drie wetenschappelijke disciplines geïntegreerd werden met belangrijke *technologische en maatschappelijke* thema's. Deze curricula werden beschouwd als experimenten en ze werden in veel studies uitgetest.

In dezelfde periode begonnen twee grote internationale organisaties – de UNESCO en ICASE (International Council of Associations for Science Education)- de ontwikkeling van geïntegreerd wetenschapsonderwijs te mappen. De “Integrated Science Program” van UNESCO startte in 1968 met publicaties, workshops, advies-diensten en pilootexperimenten in de verschillende lidstaten. Een reeks van internationale conferenties werd georganiseerd om het concept van geïntegreerde wetenschappen te verklaren, om de beste manier te vinden om leerkrachten ervoor te trainen en om bestaande wetenschapscurricula in de wereld te reviewen. In 1990 resulteerde dit in zes gepubliceerde volumes van UNESCO’s *“New trends in integrated science”*.

De interesse voor geïntegreerd wetenschapsonderwijs is de laatste jaren in de wereld opnieuw gestegen. De discussie rond het vak natuurwetenschappen in Vlaanderen, kan gezien worden in het licht daarvan. De reden voor de hernieuwing van de interesse voor integratie van het wetenschapsonderwijs in de school vandaag is, net zoals in de jaren '60, dubbel:

- Enerzijds zorgt het feit dat er steeds minder jongeren, vooral in hoog ontwikkelde westerse landen, kiezen voor wetenschappelijke studies voor grote ongerustheid over de toekomstige technologische en economische ontwikkeling in die landen.
- Anderzijds vraagt men zich af of de wetenschapscurricula in de scholen voldoende aansluiten bij de moderne wetenschappelijk research en de hieruit voortvloeiende technologische toepassingen.

2.2 UNESCO's "New Trends in Integrated Science"

De zes volumes die UNESCO tussen 1973 en 1990 publiceerde onder de titel "*New Trends in Integrated Science*" waren zeer invloedrijk in hun tijd. Ondertussen zijn deze boeken misschien wat gedateerd, maar we zullen hier toch kort de inhoud ervan bespreken. We willen nl. nakijken of we daar kwantitatieve studies kunnen vinden over de effectiviteit van geïntegreerd wetenschapsonderwijs in de middelbare school.

Volume I (1983) focust op geïntegreerd wetenschapsonderwijs op basisschoolniveau. Volume II (1973) bevat manuscripten en/of voorbeelden van geïntegreerd wetenschapsonderwijs vanuit projecten of lessenschema's en dit van basisschool tot het niveau van het hoger onderwijs. Volume III (1974) gaat over de lerarenopleiding in geïntegreerd wetenschapsonderwijs. In de eerste drie volumes vinden we niets relevants terug over effectiviteitsstudies rond integratie.

Volume IV (1977) behandelt de evaluatie van het geïntegreerde wetenschapsonderwijs en men zou hier kwantitatieve studies over de effectiviteit van geïntegreerde curricula kunnen verwachten. Maar in feite, wordt er hier meestal informatie gegeven over de betekenis, de methodes en de procedures voor evaluatie. Inzake de integratie van fysica, biologie en chemie, worden geen evaluatiestudies gepresenteerd die het niveau van een case overstijgen. We vermelden kort de voornaamste bevindingen.

In Hfdst. 3 "*Evaluation and decision making in integrated science*", schrijft W.W. Welsh dat hij aanvankelijk verrast was over *het beperkt aantal evaluatiestudies* over het toch populaire vraagstuk van de integratie. Hij dacht misschien nog kwaliteit te vinden maar hij meldt dat de weinige studies helaas ook niet zo veel belangrijke informatie bevatten. Bovendien gaan deze studies meestal over de integratie van chemie met fysica alleen, waardoor ze niet relevant zijn voor de in deze review voorliggende vraag.

In Hfdst. 4 "*Evaluation of integrated science curriculum materials*" citeert J.R. Bloch in zijn conclusie enkele interessante opmerkingen afkomstig van House: "Er is een natuurlijke afkeer tegen verandering en evaluatie" en "iets evalueren betekent sceptisch zijn". Bloch schrijft verder: "Een persoon die de functie van evaluator heeft, is iemand die het oneens is met de *doctrine*. Uit een diepere beschouwing van deze opmerkingen kan men de hypothese afleiden dat evaluatie van curricula de toekomstige ontwikkelingen in dit gebied verhindert". Men kan dus begrijpen waarom het enthousiasme voor integratie en de hervorming van de curricula *niet* direct gekoppeld was met een procedure van evaluatie van de voorgestelde nieuwe curricula.

Volume V (1979), gebaseerd op de conferentie van april 1978 die doorging op de Universiteit van Nijmegen (Nederland), bevat artikels die meningen, perspectieven en strategieën

presenteren. Het volume bevat ook geen kwantitatieve studies over de effectiviteit van geïntegreerde leermethodes in de wetenschappen. In de conclusie van Hfdst. 13, *“Evaluation of integrated science education : some needs”*, schrijft auteur Sam Tunde Bajah: “De unieke positie van geïntegreerde wetenschappen als een aanvaardbare manier voor het leren van wetenschappen voor jongeren, kan niet langer gedebatteerd worden. Wat niet altijd erkend is, is de nood aan evaluatiestrategieën zodat we het soort beslissingen voor de geïntegreerde wetenschappen en hun niveau kunnen verbeteren.”

Volume VI (1990) is gebaseerd op de Unesco-consultatie die in 1988 plaatsvond samen met de internationale conferentie van Canberra en die handelde over wetenschapsonderwijs en levenskwaliteit. Het volume presenteert de situatie van geïntegreerd wetenschapsonderwijs in de wereld tien jaar na de conferentie van Nijmegen. Het is interessant om dit volume te raadplegen om te zien of er in de ondertussen verlopen tien jaar kwantitatieve studies uitgevoerd werden over de geïntegreerde wetenschapscurricula.

In Hfdst. 4 *“Science, technology, society: a major trend in science education”*, schrijft R. E. Yager, die zeer actief was in de Amerikaanse STS-beweging: “Sommigen hebben geargumenteed dat STS in geïntegreerde wetenschappen gaat falen omdat het geen invloed heeft op de prestaties in standaard tests of dat de verwachte voordelen niet gemeten kunnen worden.” Volgens de auteur, heeft de evaluatie van leerlingen in Iowa aangetoond dat het waar is dat er geen verhoging van de kennis van de leerlingen gemeten werd, maar dat er een zeer sterke verbetering van verschillende attitudes en vaardigheden waargenomen werd. Hij geeft in zijn artikel echter geen gedetailleerde informatie over de Iowa-testresultaten. In de rest van dit volume vinden we ook geen andere informatie over evaluatie van de leerresultaten van geïntegreerde wetenschapscurricula.

2.3 Terminologische Verwarring

In jaar 1997 werden twee inspirerende redactionele artikels (editorials) gepubliceerd in "School Science and Mathematics", een Amerikaans tijdschrift gespecialiseerd in wetenschaps- en wiskundeonderwijs.

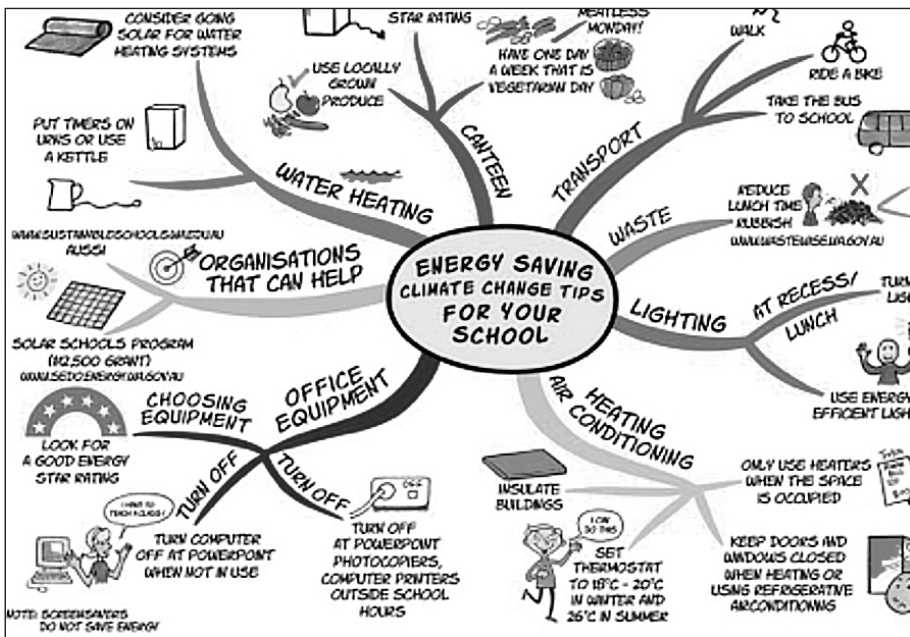
Een vak zoals natuurwetenschappen waar drie traditionele disciplines samenkomen, kan op verschillende manieren georganiseerd worden. De termen *geïntegreerd*, *interdisciplinair* of *thematisch* verwijzen naar drie verschillende organisatieschema's, maar worden vaak door elkaar heen gebruikt ook in de onderwijsgemeenschap.

Als men wil deelnemen aan de discussie over het vak natuurwetenschappen, is het van belang om deze termen correct te kunnen begrijpen en gebruiken. In de verschillende leerboeken en methodes die nu in Vlaanderen gebruikt worden voor het vak natuurwetenschappen, kunnen we ook deze drie categorieën terugvinden.

- In het eerste artikel proberen de auteurs deze terminologische verwarring op te lossen door de termen geïntegreerd, interdisciplinair en thematisch duidelijk te definiëren (Lederman N. a., 1997).
- **Geïntegreerd:** De inhoud wordt georganiseerd rond alledaagse, echte-wereld problemen en de verschillende vakken (biologie, chemie en fysica in ons geval) zijn niet meer zichtbaar. Een goede keukenanalogie is tomatensoep, waar de verschillende ingrediënten niet meer zichtbaar zijn.
- **Interdisciplinair:** De integriteit van de verschillende disciplines blijft duidelijk. In plaats van te integreren om de verschillen niet meer zichtbaar te maken, worden de verschillen in patronen georganiseerd. Een goede keukenanalogie is noedelsoep met kip, waar de verschillende ingrediënten wel zichtbaar zijn. Via hun "interactie" versterken ze elkaar en het gerecht heeft ook een identiteit als geheel. Met de woorden van Andersson et al.: "[De interdisciplinaire aanpak] veronderstelt een basis in de disciplines en versterkt het inzicht van de leerling in de disciplines zelf als ze worden aangewend om een gegeven thema of topic te onderzoeken." (Andersson S., 2010). Elke discipline moet zijn eigen complementaire plaats en functie in het interdisciplinaire curriculum hebben. Met deze aanpak, mag integratie niet gebeuren ten koste van de kennis van de aparte disciplines.
- **Thematisch:** De inhoud wordt georganiseerd rond brede en maatschappelijk relevante thema's. Deze aanpak is wat breder in vergelijking met het geïntegreerd curriculum, omdat de thema's meestal een breder perspectief geven dan een

selectie van specifieke problemen uit het dagelijkse leven, maar de verschillende disciplines zijn ook minder of niet meer zichtbaar, zoals in het geïntegreerde curriculum.

Tomatensoep en noedelsoep met kip kunnen allebei goed passen bij het thema “energiebronnen”. “Energie” is een voorbeeld van een breed en maatschappelijk relevant thema.



Figuur 1: Een voorbeeld van een breed en maatschappelijk relevant thema is het gebruik en verbruik van energie. Bron: <http://live-the-solution.com/blog/energy-saving-tips-for-schools/>

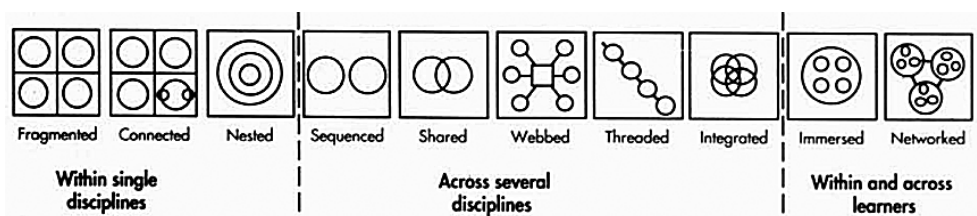
In de literatuur worden de termen geïntegreerd, interdisciplinair en thematisch niet altijd met deze betekenis gebruikt. Bovendien, worden er andere, meer complexe classificaties van integratieniveaus gebruikt. Bijvoorbeeld, vinden we in het Europees document van V. Lamanauskas en M. Vilkoniene, over de Europese dimensie in wetenschaps- onderwijs, een lijst van verschillende soorten curricula voor de wetenschappen, van minder tot meer integratie (Lamanauskas V., 2008):

- Traditioneel curriculum met volledig aparte vakken.
- Parallele vakken (“adjacent”): de inhoud is als in traditionele curricula, maar de tijdsorganisatie verandert zodat verbanden tussen verschillende wetenschappelijke vakken zichtbaar worden.

- Parellele vakken (“supplementary”): de verschillende disciplines worden gecombineerd in één vak, maar de interactie tussen de disciplines gebeurt alleen als ze elkaar verklaren/complementeren.
- Interdisciplinair curriculum: alle disciplines (inclusief de wetenschappen) worden gecombineerd en de activiteiten worden gecombineerd in een bepaalde tijdsperiode (enkele dagen, een week,...)
- Curriculum van de geïntegreerde dag: (als ook gevolgd door Steiner, Freinet...), organische aanpak tot “klas leven”.
- Volledig geïntegreerd curriculum: “het leven van de leerlingen coïncideert volledig met het schoolleven”. Dit is niet mogelijk in een traditionele school.

Het is dus duidelijk dat deze categorieën niet overeenkomen met de classificatie van Lederman en Niess. De term ‘interdisciplinair’ wordt hier bijvoorbeeld gebruikt met een andere betekenis, met name voor een schoolprogramma dat een standaard uurrooster/lessenschema doorbreekt, wat iets totaal anders is dan bij Lederman en Niess.

Lamanauskas en Vilkoniene citeren ook de classificatie van Fogarty, waar er in het algemeen tien verschillende niveaus van curriculumintegratie geïdentificeerd worden (Fogarty, 1991). Het complexe schema van de verschillende mogelijkheden is gegeven in de volgende tabel.



Figuur 4: De tien verschillende niveaus van curriculum integratie volgens Fogarty, 1991, tonen aan dat de definitie van ‘wat integratie is’, verre van eenvoudig is.

Volgens Lederman en Niess zijn de meeste leden van het (Amerikaanse) onderwijsge-meenschap in de war wat de definitie betreft van geïntegreerde, interdisciplinaire en thematische instructie.

Er bestaat geen algemeen geaccepteerde definitie van geïntegreerd wetenschapscu-riculum en men moet zeer voorzichtig zijn met het gebruik en de interpretatie van deze terminologie.

2.4 Is minder meer of is minder gewoon minder?

In het tweede redactioneel artikel van Lederman en Niess komt het debat over de hervorming van het wetenschapsonderwijs in de VS expliciet aan bod (Lederman N. a., 1997). De auteurs bespreken de vaak in de discussie gebruikte slogan “Less is more” (Minder is meer). Deze slogan moeten we bekijken in het kader van de integratie van de verschillende wetenschappen en, in de VS, mogelijk ook in verband met de integratie van wiskunde met wetenschappen en met technologie.

In de hervorming van het wetenschapsonderwijs in de VS ligt de nadruk op grote ideeën en unificerende principes, op de verbanden en interacties binnen een vak en tussen verschillende vakken. De intentie is dus om alle geïsoleerde concepten en feiten uit het wetenschapscurriculum te verwijderen. Door inhoudelijk minder materiaal te presenteren, maar wel op een andere manier, gaan de leerresultaten, volgens de slogan, beter worden. “Minder is meer”, dus.

Het idee van de “eenheid” van de wetenschappen heeft steun gegeven aan geïntegreerd, interdisciplinair of thematisch curricula in de wetenschappen.

De **voorstanders** van geïntegreerde en thematische curricula baseren hun keuze op het feit dat onze *alledaagse ervaring niet per vak* georganiseerd is. Ze geloven dat de leerlingen op het einde van de schooljaren *meer* inzicht zullen hebben en meer interesse zullen ontwikkelen voor de toepassingen van de wetenschappen en voor de wetenschappelijke methode, als zij een geïntegreerd curriculum gevolgd hebben.

Tegenstanders, benadrukken dat er feitelijk *geen wetenschappelijk experimenteel bewijs bestaat van de effectiviteit van geïntegreerde of thematische curricula*. Het weinige onderzoek dat wel bestaat geeft volgens Lederman en Niess zelfs indicatie dat de leerlingen die dit soort wetenschapscurriculum gevolgd hebben, *minder* conceptueel inzicht ontwikkelen.

De persoonlijke mening van Lederman en Niess is dat men eerst een diep inzicht in de verschillende disciplines apart moet kunnen krijgen om de verbanden tussen de disciplines te kunnen begrijpen. Ze geloven in de superioriteit van de *interdisciplinaire* aanpak t.o.v. de geïntegreerde en de thematische. Voor hen geldt “Less is Less” (minder is minder).

De beslissingen en de visie die geïmplementeerd worden in de hervorming van het wetenschapsonderwijs zijn van enorm belang voor de toekomst van de school en de leerlingen. Lederman en Niess maken zich dan ook zorgen *over de implementatie van visies en curricula die niet voorzichtig genoeg ontwikkeld worden*.

Wat de gevolgen van de geïntegreerde, interdisciplinaire en thematische aanpakken zijn voor het leren van de wetenschappen (en de wiskunde) door de leerlingen, zijn belangrijke vragen die volgens Lederman en Niess nog beantwoord moeten worden. Ze roepen de collega's van het onderwijsgemeenschap op om deel te nemen aan het debat.

2.5 Het debat over geïntegreerd wetenschapsonderwijs in Europa

Men zou kunnen denken dat de twee Amerikaanse editorials zeer specifiek zijn voor de situatie in de VS en dat dit soort discussie niet plaatsvindt in Europa. Daarom willen we hier twee documenten samenvatten die aantonen dat gelijkaardige discussies over het wetenschapsonderwijs ook in Europa plaatsvinden.

Ten eerste, kijken we naar een officieel document gepubliceerd in november 2011 door het Eurydice netwerk, verantwoordelijk binnen de Europese Commissie voor het verzamelen en het analyseren van informatie over de verschillende Europese onderwijssystemen en onderwijsbeleid (Eurydice, 2011). Dit document beschrijft de huidige situatie, de problemen en de uitdagingen in Europa wat wetenschapsonderwijs betreft.

De discussie over wetenschapsonderwijs in Europa is gedreven door het aangetoond feit dat *hoe meer een land ontwikkeld is, hoe minder interesse de jeugd aantooit voor de wetenschappen*. Dit kan leiden tot het ontbreken van personeel voor de centrale wetenschappelijke functies in de toekomst. De uitdaging is het wetenschapsonderwijs te moderniseren om de interesse van de jeugd voor de wetenschappen en de leerlingprestaties *tegelijktijd* te verhogen.

(Sjoberg, 2005) als vermeld in (Lamanauskas V., 2008), (Eurydice, 2011)

In het hoofdstuk over de organisatie en inhoud van het wetenschapscurriculum, vinden we als eerste onderwerp een vergelijking van het geïntegreerd wetenschapscurriculum met het geven van de aparte disciplines. We lezen: "Wetenschapsonderwijs begint in de basisschool met één, geïntegreerd vak, maar het blijft het voorwerp uitmaken van een debat of wetenschapsonderwijs in latere jaren in de vorm van aparte vakken of als één, geïntegreerd vak georganiseerd moet worden." Hoe in de latere schooljaren het wetenschapsonderwijs (integratie of niet) in de verschillende Europese landen wordt georganiseerd, dit kan men terugvinden in het rapport (Eurydice, 2011).

In het document van de EU wordt echter geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende vormen van integratie die we besproken hebben. De term geïntegreerd wetenschapsonderwijs wordt gebruikt voor alle curricula waar ten minste twee wetenschappelijke disciplines samen in één vak worden gegeven. Dit maakt de gegevens wetenschappelijk minder bruikbaar. De voor- en nadelen van geïntegreerd wetenschapsonderwijs worden samengevat o.a. met referentie aan de reeds besproken (Lederman N. a., 1997) en aan (Czerniak, 2007) die we verderop in deze tekst zullen bespreken.

Er wordt in het Eurydice-rapport benadrukt dat, hoewel er veel *theoretische argumenten* voor of tegen geïntegreerd wetenschapsonderwijs bestaan, er *weinig experimenteel bewijs* is van de invloed van integratie op de leerprestaties.

Via het beleid proberen de meeste Europese landen het wetenschapsonderwijs aantrekkelijker te maken voor de jeugd. Bijvoorbeeld, in veel Europese landen onderstreept het beleid het belang van vakoverschrijdende activiteiten al dan niet samen met het gebruik van context-gebaseerde probleemstellingen. Onderzoekend leren vanaf de eerste leerjaren wordt ondersteund en in latere schooljaren wordt het debat over maatschappelijk relevante onderwerpen ondersteund. Reflectie over de “nature of science” en de eigenlijke opbouw van wetenschappelijke kennis is meestal gereserveerd voor de aparte vakken biologie-chemie-fysica.

Het grootste verschil tussen het debat in de VS en in Europa is dat er in de VS ook gediscussieerd wordt over de integratie van de *wiskunde* met wetenschappen en met *technologie*, terwijl het Europees debat voornamelijk beperkt is tot de integratie van de verschillende disciplines *binnen* de wetenschappen. Amerikaanse teksten, zoals (Czeraniak, 2007) bijvoorbeeld, worden in het Eurydice-rapport geciteerd zonder evenwel op dit verschil te wijzen.

Als voorbeeld van een Europees document geschreven door voorstanders van geïntegreerd wetenschapsonderwijs, gaan we de tekst van V. Lamanauskas en M. Vilkoniene over de Europese dimensie in wetenschapsonderwijs samenvatten (Lamanauskas V., 2008). Deze studie is gesponsord door de Europese Unie maar betreft eerder een betoog van de twee auteurs. Het standpunt van Lamanauskas en Vilkoniene t.o.v. wetenschapsonderwijs in Europa kan samengevat worden door de volgende punten:

- De wetenschappelijke curricula zijn voor een groot deel door wetenschappers gepland, als voorbereiding voor een wetenschappelijke carrière. Toch gaat maar een kleine minderheid van de leerlingen verder studeren en werken in een wetenschappelijke richting.
- De huidige zorgen over wetenschapsonderwijs in de EU focussen alleen op de toekomstige uitstroom van wetenschappers.
- Om te kunnen deelnemen aan het debat over maatschappelijke politieke en morele dilemma's verbonden met de wetenschappelijke en technologische ontwikkeling moeten alle leerlingen, inclusief de toekomstige wetenschappers, gevormd worden tot *kritische consumenten van wetenschappelijke kennis*.
- Vakken die de fundering van wetenschappelijke kennis geven voor de toekomstige wetenschappers en ingenieurs zouden optioneel moeten zijn.

De auteurs pleiten dus voor een verplicht vak “wetenschappelijke geletterdheid” voor alle leerlingen (de burgers van morgen) en om de conceptuele fundering van de wetenschappelijke kennis alleen voor de leerlingen te reserveren die *gekozen* hebben voor een toekomst in de wetenschappen en de technologie (de wetenschappers van morgen). Het vak “wetenschappelijke geletterdheid” moet ook de kans geven om te reflecteren over hoe de nu beschikbare wetenschappelijke kennis bereikt wordt. De auteurs gebruiken hiervoor een term uit de wereld van de economie, het *intellectuele kapitaal*.

Volgens de auteurs is het belangrijkste doel van het wetenschapsonderwijs het voorbereiden van de jeugd op een voldoening gevend leven. Ze melden dat, volgens andere auteurs, het geïntegreerd wetenschapsonderwijs absoluut nodig is voor de socialisatie van de persoonlijkheden en om de incorporatie van de leerling in de maatschappij te bevorderen.

De zwakke punten van de wetenschapscurricula in Europa zijn volgens de auteurs:

- Het doel van het wetenschapsonderwijs is niet transparant en niet evident voor de leerlingen.
- De evaluatie in de wetenschappen is voor een groot deel gebaseerd op taken waar memorisatie van de inhoud een grote rol speelt.
- De verworven kennis en vaardigheden verschillen te veel van wat de gewone leerling in zijn toekomst nodig zal hebben.
- Het verband tussen wetenschappen en technologie is niet genoeg ingebouwd in de curricula.
- Er wordt te weinig aandacht besteed aan de wetenschappelijke of milieugebonden kwesties die nu van belang zijn in de maatschappij.
- Het wetenschapsonderwijs is te sterk gebaseerd op transmissie en overdracht van kennis.

Geïntegreerd wetenschapsonderwijs wordt door de auteurs gepresenteerd als het model om “wetenschappelijke geletterdheid” te bereiken. Ze vermelden echter ook dat er te weinig modellen laat staan breed-geaccepteerde leermaterialen hiervoor bestaan. Dit vormt een ernstige belemmering voor de implementatie van integratie in de schoolpraktijk.

De volgende samenvattende zin uit het document is opmerkelijk: “Leerkrachten en onderzoekers zijn het erover eens dat geïntegreerde wetenschappen een geschikte aanpak bieden om wetenschappelijke geletterde burgers te *produceren*. In het algemeen, is het geïntegreerde wetenschapsonderwijs een geweldig idee voor de leerlingen”. Er worden echter *geen* referenties voor deze twee beweringen gegeven.

In het laatste hoofdstuk van het document worden de wetenschapscurricula besproken. De auteurs geven daar hun mening over wat de *belangrijkste elementen van een wetenschapscurriculum* horen te zijn: humanisme, democratie, spiraal (de nieuwe kennis voortdurend in verband brengen met de vorige ervaringen), integratie.

Lamauskas en M. Vilkonienė stellen dat verschillende onderzoeken de positieve effecten van curriculumintegratie aangetoond hebben en dat deze resultaten door Lipson samengevat zijn (Lipson, 1993). De abstract van Lipson maakt echter geen gewag van interventiestudies.

2.6 Argumenten voor en tegen geïntegreerd wetenschaps- onderwijs

De geschiedenis van integratie in wetenschapsonderwijs en het debat erover worden samengevat in het hoofdstuk “Interdisciplinary Science Teaching” uit het “Handbook of Research on Science Education” (Czerniak, 2007).

In de inleiding worden de meest voorkomende argumenten voor een tegen integratie vermeld.

Voor:

- Verschillende vakken in verband met elkaar brengen is valide, omdat de werkelijkheid ook niet verdeeld is in verschillende vakken.
- Het geïntegreerde curriculum helpt leerlingen kritisch te denken en een algemene kern van kennis te ontwikkelen die nodig is voor hun toekomstige succes in de maatschappij.
- Leerlingen zien het geheel (“the big picture”) van de wetenschappen in plaats van een gefragmenteerde kennis te krijgen.
- Integratie bevordert de leerlingenmotivatie.
- Het geïntegreerde curriculum is maatschappelijk relevant, opgebouwd rond echte-wereld problemen en thema’s.
- Integratie is sterk gebaseerd op de psychologie van de menselijke ontwikkeling.
- Integratie is sterk verbonden met de pedagogische theorie van het sociale constructivisme: het begrijpen gebeurt wanneer er connecties gemaakt worden tussen vorige kennis en nieuwe ervaringen. Er wordt veel aandacht gegeven aan relaties tussen ideeën.

Tegen:

- Er bestaan bijna geen onderzoekresultaten die de superioriteit van de integratie ten opzichte van traditionele methodes steunen.
- Er ontbreekt een consistente definitie van integratie.
- De leerkrachten ervaren verschillende praktische problemen met de implementatie van een geïntegreerd curriculum in de schoolpraktijk.

2.7 Filosofische oorsprong van het debat

In het hoofdstuk “Interdisciplinary Science Teaching” van het “Handbook of Research on Science Education” wordt het duidelijk gemaakt dat het debat over geïntegreerd wetenschapsonderwijs een diepe filosofische oorsprong heeft (Czerniak, 2007). De huidige discussies hebben te maken met hoe mensen het bestaan van de verschillende academische disciplines ervaren.

Voor sommigen, zijn academische disciplines zoals biologie, chemie en fysica een enorm krachtige manier om kennis te organiseren. De disciplines zijn de meest gesofisticeerde manieren ooit ontwikkeld om veel fascinerende en verwarrende verschijnselen te formuleren en te onderzoeken.

Deze mensen zijn de voorstanders van curricula met aparte vakken biologie-chemie-fysica en van een interdisciplinaire aanpak voor de wetenschappen in de lagere jaren, waar de drie disciplines nog goed zichtbaar zijn binnen het vak natuurwetenschappen.

Voor anderen, vormen de academische disciplines een kunstmatige verdeling met historische oorsprong, die vandaag een zeer beperkte betekenis heeft.

Het feit dat interdisciplinaire onderzoeksgebieden zoals biofysica en geofysica, nanowetenschappen en computationele chemie in de laatste jaren erg gegroeid zijn, geeft extra steun aan het idee dat de traditionele disciplines een te beperkt beeld van de wetenschappen geven aan de jeugd. Deze mensen hebben dus een “holistic” gevoel over de werkelijkheid en willen een zogenoemde “holistic approach” toepassen in wetenschapscurricula.

3 Deel II: Interventiestudies over integratie in de wetenschappen

3.1 Weinig onderzoek over geïntegreerd wetenschaps- onderwijs

In het hoofdstuk “Interdisciplinary Science Teaching” van hetzelfde “Handbook of Research on Science Education” wordt bevestigd dat empirisch onderzoek over geïntegreerd wetenschapsonderwijs bijna *niet* bestaat.

M. Czerniak heeft samen met Weber, Sandmann en Ahern in 1999 de onderzoeksresultaten over de integratie van *wetenschappen met wiskunde en andere vakken* samengevat en concludeert dat er weinig studies bestaan die een geïntegreerd curriculum steunen (Czerniak C.M., 1999).

In de jaren daarna zijn er een aantal nieuwe studies verschenen die positieve effecten van integratie aantonen.

Hurley heeft in 2001 een meta-analytische vergelijking gemaakt van 31 studies die uitgevoerd zijn tussen 1935 en 1997. Deze meta-analyse toont dat over de 31 studies er kwantitatieve evidentie bestaat die de integratie ondersteunt t.o.v. traditionele methodes wat leerlingenprestaties betreft (Hurley, 2001). Deze studie gaat echter over de *integratie van wetenschappen met wiskunde* en niet over de integratie van fysica, chemie en biologie. Daarom is deze meta-analyse niet van toepassing op onze onderzoeksvraag.

Sommige algemene resultaten van deze studie zijn desalniettemin interessant om hier te vermelden. Er werd bijvoorbeeld aangetoond dat de resultaten van de integratie inzake leerlingenprestaties *afhangen* van de vormen/niveaus van integratie (de studie identificeert vijf verschillende vormen van integratie). De prestatie voor *wetenschappen* wordt bevorderd door de integratie met *wiskunde*, maar de effecten op de prestatie voor *wiskunde zelf* is veel kleiner. De beste resultaten in de wiskunde werden behaald wanneer de instructie voor wetenschappen en wiskunde *conceptueel samengepland* werd, maar de twee *vakken één na de andere* werden gegeven (meestal eerst wiskunde en dan wetenschappen).

Verschillende studies in deze meta-analyse tonen dat integratie leerlingen wel helpt leren, leerlingen motiveert en hen helpt probleem-oplossende vaardigheden op te bouwen (K-12: kleuterschool tot 12de leerjaar d.w.z. tot het einde van het secundair onderwijs).

Volgens Czerniak kan het feit dat er over zo een lange periode zo weinig empirisch onderzoek bestaat over integratie, te wijten zijn aan het ontbreken van een duidelijke definitie van integratie, waardoor het niet duidelijk is wat men moet testen. De verschillende leerkrachten en academici hebben hun eigen ideeën van integratie. Dit blijkt een probleem te zijn. Een duidelijke definitie van integratie zou niet alleen de verwarring in de schoolpraktijk oplossen maar ook het design en uitvoeren van wetenschappelijk onderzoek over integratie kunnen stimuleren.

Zoals vermeld wordt het boek van Czerniak toch geciteerd in het officiële Europese document van Eurydice, hoewel in dit rapport de integratie van de wetenschappen voorligt en niet die van de wetenschappen met de wiskunde.

3.2 Zweedse studies over de effectiviteit van geïntegreerde wetenschappen

Maria Åström heeft in haar doctoraatswerk, de integratie van de wetenschappen in het Zweedse onderwijs bestudeerd en dit met kwantitatieve zowel als kwalitatieve studies. Haar promotor was Prof. dr. K.-G. Karlsson van Linköping Universiteit. (Åström M., Defining integrated science education and putting it to test, 2008) en (Åström M., Integrated and subject specific. An empirical exploration in Swedish compulsory schools, 2007) (Åström M. K.-G.).

In Zweden is de organisatie van het wetenschapsonderwijs onderwerp geweest van hevige discussies, waar macht, ideologie en politiek een grote rol speelden. In de jaren '80 ging het debat over de evaluatie van leerlingen in de wetenschappen.

In 1982 veranderde in Zweden de regelgeving zodat leerlingen maar één score kregen voor alle wetenschappen samen. Leerkrachten met academische achtergrond protesteerden hiertegen en vroegen om terug te gaan naar het systeem met aparte scores voor biologie, chemie en fysica. Er werd een commissie gevormd voor het bestuderen van dit probleem. Deze commissie besloot dat, omdat de eindtermen voor natuurwetenschappen en niet voor de drie disciplines apart geformuleerd waren, de leerlingen maar één evaluatiescore moesten krijgen. Dit leidde tot een pittig debat. Op het einde werd er besloten dat de scholen mochten *kiezen* tussen het geven van één evaluatiescore voor natuurwetenschappen of voor drie aparte evaluatiescores voor de drie vakken biologie, chemie en fysica. Dit debat over hoe de punten gegeven moesten worden, vormde een weerspiegeling van de ideologie die de scholen hadden over de integratie in de wetenschappen.

Men kan veronderstellen dat scholen die gekozen hebben om één evaluatiescore te geven in plaats van drie, een meer geïntegreerd wetenschapscurriculum volgen. Deze vrijheid van keuze in Zweden over integratie of niet, maakte het Åström mogelijk om een empirische studie uit te voeren over de effecten van geïntegreerd wetenschapsonderwijs in vergelijking met de vakken apart. Åström voerde twee twee kwantitatieve studies uit die de vraag trachten te beantwoorden of de organisatie van wetenschapscurricula in haar land een invloed heeft op de prestaties van leerlingen.

De grote internationale bevestigingen PISA en TIMSS geven informatie over leerlingenprestaties en zijn zeer geschikt voor statistische studies. Immers de steekproef is willekeurig gekozen en toch representatief voor de bevolking van de verschillende landen. De TIMSS-bevestigingen vergelijken, in het kader van een bepaald curriculum, de verwachtingen met de leerresultaten. De resultaten van de TIMSS bevestigingen zijn dus intrinsiek relatief en niet absoluut.

De PISA-bevragingen hebben het meten van de wetenschappelijke geletterdheid als één van de doelen. Volgens het OECD/PISA-team van 2006 is de PISA-bevraging met vier verschillende eigenschappen of vaardigheden verbonden (OECD, 2006) die nauw aansluiten bij wat men verstaat onder “wetenschappelijke geletterdheid”:

- Wetenschappelijke kennis en het gebruik ervan. Kan men nieuwe kennis verwerven, wetenschappelijke verschijnselen verklaren, evidentie-gebaseerde conclusies trekken over met wetenschap verbonden problematieken?
- Begrijpen dat wetenschappen een vorm is van menselijke kennis en onderzoek.
- Beseffen hoe wetenschappen en technologie onze materiële, intellectuele en culturele milieus bepalen.
- Als een bezorgde, bewuste burger bereid zijn om zich te engageren in met wetenschap verbonden problematieken, en met wetenschappelijke ideeën.

De voorstanders van geïntegreerde wetenschapscurricula veronderstellen dat geïntegreerd wetenschapsonderwijs *beter*e leerresultaten gaat leveren wat wetenschappelijke geletterdheid betreft. Dit zou moeten zichtbaar zijn in de PISA-resultaten voor de betrokken scholen.

Åström en Karlsson hebben de resultaten van de PISA-bevragingen 2003 en 2006 voor wetenschappelijke geletterdheid gebruikt om deze hypothese te testen. De informatie over leerlingenprestaties van de PISA-bevraging werd daarom gekoppeld aan een andere variabele, die informatie geeft over het niveau van integratie van het wetenschapscurriculum in de school.

Åström heeft deze data zelf verzameld via een enquête gestuurd naar de scholen, waar er scholen moesten aangeven wat het niveau van integratie in wetenschapsonderwijs in hun school was. Ze heeft de antwoorden, die eerst op vijf niveaus gegeven werden, op basis van drie niveaus geclassificeerd: geïntegreerd, gemengd of met aparte vakken. Ze heeft het niveau “gemengd” moeten introduceren omdat er scholen waren die met een deel van de leerlingen of voor een deel van het schooljaar gewerkt hadden rond thema’s en voor de rest op de traditionele manier met drie aparte disciplines. Voor beide studies werden leerlingen gebruikt van de 9^{de} graad in Zweden. Dit zijn leerlingen die 15 jaar oud zijn.

Omdat de wetenschappelijke geletterdheid in de PISA-bevraging van 2003 niet de hoofdzaak vormde maar wel in de bevraging van 2006, verschilt het aantal leerlingen in de twee studies. Voor de studie met PISA 2003 data, was de steekproefgrootte 1867 leerlingen, voor de studie met PISA 2006 waren er 4140 leerlingen.

De resultaten van deze twee Zweedse studies zijn niet eensluidend.

In de eerste studie gebaseerd op PISA 2003, werd *geen* statistisch verschil gevonden tussen de prestaties van Zweedse leerlingen met geïntegreerd, gemengd of traditioneel curriculum.

Omdat dit resultaat niet verwacht was door de auteurs, twijfelden ze eraan dat de variabele gebruikt voor de classificatie van de curricula in de scholen wel correct was. Om te controleren dat de scholen consistente informatie hadden gegeven aan de onderzoekers, werden de resultaten van de schoolbevraging over de aard van het curriculum *vergeleken* met de keuze gemaakt door de school voor de eindpunten (evaluatie voor het vak natuurwetenschappen of voor biologie-chemie-fysica apart). De leerlingen van de scholen die geen consistent antwoord hadden gegeven werden verwijderd van de steekproef. De statistische analyse met deze verfijnde steekproef (70% van het aantal leerlingen) leverde echter nog steeds geen verschil op tussen de prestaties van de groepen leerlingen.

Er werd dan nog een statistische analyse uitgevoerd met de methode van “Hierarchical Linear Model (HLM)”, die de mogelijke invloed van andere parameters op de resultaten kan opsporen. De bestudeerde parameters waren geslacht (jongen/meisje), land van oorsprong (Zweden/ander land) en thuistaal (Zweeds/andere taal). Er werd statistisch aangetoond dat deze parameters *geen* invloed hebben gehad op de resultaten van de studie.

Omdat deze resultaten voor de auteurs verrassend waren werd er beslist om een tweede studie uit te voeren deze keer met de data van PISA 2006.

De data van PISA 2006 werden geanalyseerd met de statistische methode van “hypothesis testing”. In deze methode begint men met twee hypothesen:

- De “nul hypothese”: de organisatie van het curriculum maakt geen verschil voor de leerlingprestaties.
- De “alternatieve hypothese”: de organisatie van het curriculum maakt wel een verschil.

In deze tweede studie werden kleine verschillen gevonden tussen de prestaties van leerlingen die verschillende soorten curricula gevolgd hadden.

Voor deze studie werden niet alleen de totale punten voor wetenschappelijke geletterdheid vergeleken, maar ook de aparte scores voor volgende drie vaardigheden:

1. Verschijnselen op een wetenschappelijke manier uitleggen
2. Wetenschappelijke evidentie gebruiken
3. Wetenschappelijke kwesties identificeren

Deze vaardigheden worden al in de structuur van de PISA-bevraging apart gemeten.

De studie toont aan dat de prestaties van de leerlingen die een geïntegreerd curriculum gevolgd hebben, licht verschillen van de prestaties van de leerlingen die een gemengd curriculum gevolgd hebben en dit voor de totale punten en ook voor twee subcategorieën nl. "Verschijnselen op een wetenschappelijke manier uitleggen" en "Wetenschappelijke evidentie gebruiken". Deze verschillen verdwijnen echter als men alleen naar de groep van de jongens kijkt, terwijl de verschillen significant zijn in de groep van de meisjes. Het gaat om verschillen tussen geïntegreerd en traditioneel curriculum en ook tussen geïntegreerd en gemengd curriculum. [Deze verschillen zijn statistisch significant tot 5%]. Het al dan niet bestaan van de verschillen is dus gender-afhankelijk.

De eerste studie, met PISA 2003 data, had geen verschil aangetoond tussen verschillende curriculum ook als gender in rekening gebracht werd. Daarom is de totale interpretatie van de resultaten niet gemakkelijk omdat andere parameters berekend werden voor de tweede studie. De PISA-bevraging heeft nl. behalve de wetenschappelijke geletterdheid ook geletterdheid inzake wiskunde en lezen gemeten. Deze twee laatste vormen van geletterdheid zijn niet onafhankelijk van de wetenschappelijke m.a.w. ze kunnen de verkregen resultaten voor wetenschappelijke geletterdheid vervormen. De geletterdheid voor lezen verschilde niet tussen meisjes en jongens voor de gebruikte steekproef, maar de wiskundige geletterdheid was verschillend *voor de groep van de meisjes*, voor de jongens niet. Het valt derhalve niet uit te sluiten dat het gemeten effect voor wetenschappelijke geletterdheid te wijten is aan een verschil in wiskundige geletterdheid in het staal van de meisjes.

De PISA-parameter "index van economische, sociale en culturele status" (ESCS index) werd ook vergeleken voor verschillende curricula in de groepen van meisjes en jongens. In de steekproef hadden de meisjes die *gemengd en geïntegreerd* curricula gevolgd hadden een *lagere* ESCS index dan de meisjes die het traditionele curriculum met aparte vakken gevolgd hadden.

Voor de groep van jongens hebben de leerlingen met *gemengde* curricula een *hogere* ESCS index dan de jongens met traditioneel en geïntegreerd curricula.

Dit verschil inzake ESCS is toch niet groot genoeg om de verschillen in de prestatie te kunnen verklaren.

Een gelijkaardige analyse werd uitgevoerd voor de thuistaal, er werden verschillen gevonden in de verschillende groepen maar deze zijn ook niet genoeg om, als enige oorzaak, de verschillen in de prestaties te verklaren.

Toch merkt de auteur op dat het mogelijk is dat een deel van het gemeten verschil te maken heeft met de ESCS index en thuistaal.

In de tweede studie gebaseerd op PISA 2006 werden wel statistische significante verschillen gevonden en er werd aangetoond dat deze verschillen gender gebonden zijn. Ook sociale-economische factoren en de thuistaal blijken een effect te hebben.

(Åström M., Defining integrated science education and putting it to test, 2008).

De twee grote studies geven een goed beeld van hoe moeilijk het is om conclusies te trekken uit statistische analyse van bevragingen. In het onderwijs komen er zo veel variabelen aan bod die een effect kunnen hebben op de leerresultaten, dat men de invloed van al deze variabelen moet kunnen uitsluiten voor men een conclusie trekt voor de te onderzoeken variabele.

Een voorbeeld van een PISA-vraag voor wetenschappelijk geletterdheid:

The greenhouse effect: fact or fiction?

Living things need energy to survive. The energy that sustains life on the Earth comes from the Sun, which radiates energy into space because it is so hot. A tiny proportion of this energy reaches the Earth. The Earth's atmosphere acts like a protective blanket over the surface of our planet, preventing the variations in temperature that would exist in an airless world.

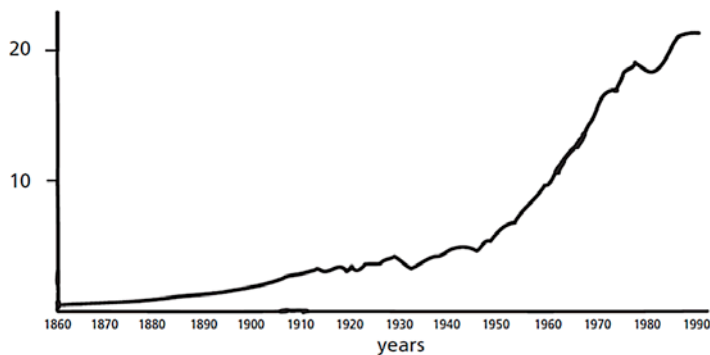
Most of the radiated energy coming from the Sun passes through the Earth's atmosphere. The Earth absorbs some of this energy, and some is reflected back from the Earth's surface. Part of this reflected energy is absorbed by the atmosphere.

As a result of this the average temperature above the Earth's surface is higher than it would be if there were no atmosphere. The Earth's atmosphere has the same effect as a greenhouse, hence the term greenhouse effect.

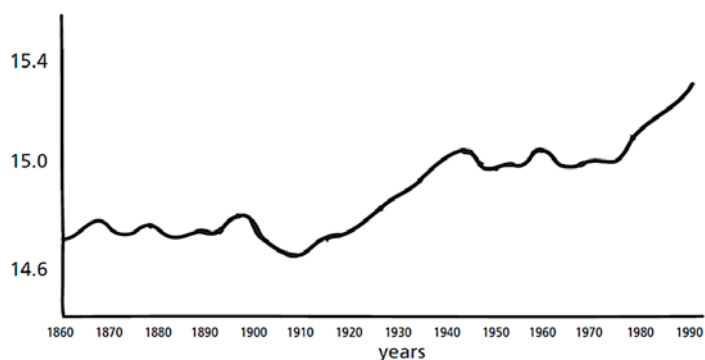
The greenhouse effect is said to have become more pronounced during the twentieth century. It is a fact that the average temperature of the Earth's atmosphere has increased. In newspapers and periodicals the increased carbon dioxide emission is often stated as the main source of the temperature rise in the twentieth century.

A student named André becomes interested in the possible relationship between the average temperature of the Earth's atmosphere and the carbon dioxide emission on the Earth. In a library he comes across the following two graphs.

Carbon dioxide emission
(thousand millions of
tonnes per year)



Average temperature
of the Earth's
atmosphere (°C)



Omdat de resultaten van de twee studies niet overeenkomen en bovendien zijn de verschillen gemeten in de tweede studie alleen geprononceerd voor de meisjes, is het *niet* mogelijk om te concluderen dat er bewijs is dat geïntegreerde wetenschapscurricula betere leerlingprestaties leveren voor wetenschappelijke geletterdheid.

André concludes from these two graphs that it is certain that the increase in the average temperature of the Earth's atmosphere is due to the increase in the carbon dioxide emission.

Question 1

What is it about the graphs that supports André's conclusion?

.....

.....

Question 2

Another student, Jeanne, disagrees with André's conclusion. She compares the two graphs and says that some parts of the graphs do not support his conclusion.

Give an example of a part of the graphs that does not support André's conclusion. Explain your answer.

.....

.....

Question 3

André persists in his conclusion that the average temperature rise of the Earth's atmosphere is caused by the increase in the carbon dioxide emission. But Jeanne thinks that his conclusion is premature. She says: "Before accepting this conclusion you must be sure that other factors that could influence the greenhouse effect are constant".

Name one of the factors that Jeanne means.

.....

.....

(OECD, 2009)

3.3 Een kleine studie uit Letland

Het is interessant om de twee grote studies van Åström en Karlsson te vergelijken met een kleine studie uit Letland, gepubliceerd in hetzelfde jaar (Joñane, 2008). In Letland was het wetenschapsonderwijs in de scholen vóór het jaar 2000 op de traditionele manier georganiseerd met aparte vakken biologie-chemie-fysica. Vanaf jaar 2000 werd een experimenteel geïntegreerd wetenschapscurriculum geleidelijk geïmplementeerd in de scholen en wel in drie stappen.

De auteur van deze studie, Joñane, was zelf betrokken bij het design van dit curriculum, als een van de experts in het kader van het EU/ESF-project *“Production of educational content and promotion of teacher’s qualifications in science”*. De auteur is een voorstander van geïntegreerd wetenschapsonderwijs, wat blijkt uit de inleiding en de conclusie van het artikel. Bijvoorbeeld lezen we in de eerste zin van de conclusie: *“Een geïntegreerde aanpak tot het wetenschapscurriculum voor leerlingen die geen professionele wetenschappers, ingenieurs, fysici e.d. zullen worden, is een betere manier om wetenschappelijke geletterdheid te verwerven.”*

In deze studie werden de leerresultaten inzake wetenschappelijke geletterdheid van 93 leerlingen uit middelbare scholen in Letland gemeten en dit bij leerlingen die gedurende twee jaar het (experimenteel) geïntegreerd curriculum gevolgd hadden. De metingen vonden plaats in de lente 2007. De resultaten werden vergeleken met een controle-groep van 68 leerlingen die een traditioneel wetenschapscurriculum met aparte vakken biologie, chemie en fysica gevolgd hadden. De leerkrachten van de experimentele klassen hadden advies en praktische tips gekregen over hoe ze moesten lesgeven in het kader van dit project. De leerresultaten werden geanalyseerd op basis van de zes niveaus van cognitieve vaardigheden (Bloom’s taxonomie):

1. Reproducieren (kennis)
2. Begrijpen
3. Toepassen
4. Analyseren
5. Creëren
6. Evalueren

Er werden statistisch significante verschillen gevonden tussen de twee groepen leerlingen voor vier van de zes niveaus van de cognitieve vaardigheden. De verschillen waren gemeten voor de vaardigheden van niveau 1 (kennis van feiten, concepten en termen),

en voor de drie hoogste niveaus, analyseren, creëren en evalueren. Het is wel interessant dat de leerlingen uit de experimentele klassen ook beter gescoord hebben voor de *zuivere kennis*. Omdat de lessen voor verschillende klassen gegeven waren door *verschillende* leerkrachten, werd de *mogelijke invloed van de persoonlijkheid van de leraar* op de leerresultaten bestudeerd via een analyse van variantie: ANOVA-test. Deze analyse vergelijkt de gemiddelde van verschillende subgroepen om te zien of er statistisch significante verschillen zijn tussen de resultaten van de subgroepen, in dit geval voor de verschillende klassen.

De resultaten van de ANOVA-test toonden *geen* significante verschillen tussen de resultaten van de verschillende klassen. In de conclusie van het artikel schrijft de auteur dat deze studie het *hogere niveau* van de leerlingen van het *geïntegreerde* wetenschapscurriculum *aangetoond* heeft wat de vaardigheden van hoger niveau betreft. Het significante verschil in het niveau voor de vaardigheden van het laagste niveau, de *zuivere kennis*, wordt in de conclusie niet meer vermeld.

3.4 Andere studies

In haar Ph.D.-thesis vermeldt Åström nog andere kwantitatieve studies over het verband tussen leerstijlen en leerresultaten die vóór haar doctoraatswerk uitgevoerd werden. Het gaat meestal over studies die niet specifiek zijn voor de natuurwetenschappen, maar de resultaten en de discussie zijn toch interessant om hier te vermelden. Bennett heeft in 1976 leerstijlen in Engeland bestudeerd en de resultaten inzake integratie in drie categorieën geïntegreerd: *formeel*, *informeel* en *gemengd* (Bennett N., 1976). *Geïntegreerd* en met *aparte vakken* vallen hier onder de categorieën *formeel* en *informeel*, respectievelijk. Hij heeft leerlingenprestaties voor lezen, wiskunde en moedertaal (niet voor de wetenschappen, dus) bestudeerd in verband met de leerstijl van de leerkrachten en heeft significante verschillen gevonden. Leerlingen met *formele* leerkrachten hadden in de drie vakken betere resultaten. Hij heeft ook soorten leerlingen kunnen identificeren die meer of minder konden profiteren van een bepaalde leerstijl. Zijn conclusie was dat *sterke* en *zwakke* leerlingen *meer* profiteren van de *formele* leerstijl.

Bennett's data werden heranalyseerd door Aitkin, Anderson en Hinde in 1981 (Aitkin, 1981). Deze analyse kon *geen evidentie* aantonen van verbanden tussen leerstijlen en leerlingenprestaties. Bovendien waren de statistisch niet-relevante verschillen in deze tweede analyse verschillend dan wat in de analyse van Bennett gevonden was. Aitkin concludeert dat "*individuele variaties in de bekwaamheid van de leerkrachten* veel belangrijker zijn dan verschillen in de leerstijlen voor de leerlingenprestaties".

Gelijkaardige studies voor lezen, wiskunde en moedertaal werden in Zweden georganiseerd door het nationale agentschap voor het onderwijs (Åström M., *Defining integrated science education and putting it to test*, 2008). Significante verschillen tussen leerlingenprestaties werden gemeten, gekoppeld aan verschillende leerstijlen. Het projectrapport wijst op de verschillende culturen in de verschillende vakken als mogelijke oorsprong van de gemeten verschillen.

In een Zweedse project dat een vijf-jaar curriculum betrof waarbij het traditionele uurrooster werd doorbroken, werd ook integratie toegepast (in het algemeen). Leerlingen van scholen die deelgenomen hadden aan dit project, hadden betere prestaties geleverd in vergelijking met leerlingen van de andere scholen (Åström M., *Defining integrated science education and putting it to test*, 2008).

Dit gemeten effect is niet noodzakelijk te wijten aan de integratie. De grotere vrijheid in het tijdsgebruik kan bv. ook tot betere prioriteiten en betere leerresultaten leiden.

In de VS begon de STS-beweging (Science Technology and Society) in de late jaren '70 veranderingen in de wetenschapscurricula toe te passen.

De groep geleid door R. Yager heeft interventiestudies uitgevoerd in het kader hiervan. Verschillende doctoraatsthesisen binnen deze groep hebben de leerresultaten van verschillende groepen leerlingen bestudeerd. In het werk van Mackinnu, bijvoorbeeld, werden vijf domeinen bestudeerd: “wetenschappelijke concepten”, “wetenschappelijke procesvaardigheden”, “toepassen van wetenschappelijke concepten en principes”, “creativiteit” en “attitudes t.o.v. de wetenschappen” (Mackinnu, 1991). Wat het begrijpen van wetenschappelijke concepten betreft, werden er geen verschillen gemeten tussen de leerlingen die met een standaard leerboek gewerkt hadden en de leerlingen die een STS methode gevolgd hadden. Voor de andere categorieën waren de resultaten van de STS klassen wel veel hoger dan in de traditionele klassen. Er werden geen gender-gebonden verschillen gemeten, behalve voor de categorie “attitudes t.o.v. de wetenschappen” waar de meisjes een positievere attitude aantoonde in STS-klassen. Er werd een meta-analytische studie van context-gebaseerde en STS-aanpakken uitgevoerd door Bennett, Lubben en Hogarth in 2006 (Bennett J. L., 2006). Na een eerste selectie op basis van kwaliteit, werden er 16 hoog-kwalitatieve studies genalyseerd. Hieronder een samenvatting van de resultaten:

- Er werd aangetoond dat context-gebaseerde en STS-methodes minstens even effectief zijn als traditionele qua “wetenschappen begrijpen”.
- Zeven studies op negen tonen aan dat context-gebaseerd en STS-methodes even effectief zijn voor attitudes t.o.v. wetenschappen.
- Drie studies op vijf tonen aan dat gender-gebonden verschillen verminderen met een context-gebaseerde aanpak.
- Eén studie heeft verschillen in de effecten voor zwakke/sterke leerlingen bestudeerd. De resultaten van deze studie tonen aan dat context-gebaseerd en STS-methodes tot beter conceptueel begrijpen van de wetenschappen en tot positievere attitudes leiden voor *zwakke* leerlingen.

We vermelden hier ook een studie van Makashvili en Slowinsky, Georgia, met een totaal van 30 middenschool-leerlingen, 15 in de experimentele groep en 15 in de controle groep, geëgaliseerd wat IQ en geslacht betreft (Makashvili, 2009). De leerlingen in de experimentele groep hadden één geïntegreerde les gevolgd over “hoe vogels vliegen” en dit in de vorm van onderzoekend leren (met waarnemingen van de vorm van de vleugels en experimentjes met papieren modellen). Het principe van Bernoulli kwam aan bod in de les. De controle groep was betrokken bij dezelfde leeractiviteiten maar hier werd de vorm van de vleugels (van de vogels) besproken in een les biologie en het principe van Bernoulli in een les fysica.

De meting werd uitgevoerd in een test waar alle leerlingen moesten uitleggen waarom vogels lift ondervinden tijdens het vliegen. Statistisch significante verschillen werden gevonden tussen de twee groepen leerlingen. De auteurs concluderen uit deze studie dat in de middenschool de integratie van biologie en fysica leerlingen vermoedelijk helpt bij begrijpen van verbanden tussen de fysische concepten en de toepassing ervan bij levende organismen, en dit in vergelijking met het geven ervan in biologie en fysica apart.

4 Conclusie

In deze review hebben we de discussie over geïntegreerd wetenschapsonderwijs in de middelbare school in de context van het wereldwijde debat geplaatst.

We hebben empirische kwantitatieve studies opgezocht waar de invloed van de integratie van de drie disciplines biologie, chemie en fysica op leerlingenprestaties bestudeerd werd. We hebben twee grote studies kunnen identificeren die voor onze onderzoeksvraag direct van toepassing zijn. Deze studies zijn gebaseerd op de PISA-bevragingen 2003 en 2006 in Zweden die naar de wetenschappelijk geletterdheid van de leerlingen peilen.

De resultaten van de twee studies komen niet overeen. In de studie gebaseerd op PISA 2003 werden er *geen* statistische significante verschillen gevonden tussen de prestatie van leerlingen die verschillende curricula gevolgd hadden (Åström M., *Integrated and subject specific. An empirical exploration in Swedish compulsory schools*, 2007), (Åström M. K.-G.). In de studie gebaseerd op PISA-2006 werden er *wel* statistische significante verschillen gevonden en er werd aangetoond dat deze verschillen gendergebonden zijn (Åström M., *Defining integrated science education and putting it to test*, 2008). Er werd ook aangetoond dat de sociale-economische achtergrond en de thuistaal een effect hadden op de resultaten. Volgens de auteurs, kunnen de gemeten verschillen ten minste voor een deel te wijten zijn aan deze effecten. Deze twee studies waren de eerste om de PISA-resultaten te gebruiken om wetenschapsintegratie te bestuderen.

We hebben verschillende teksten geraadpleegd waar er duidelijk staat dat er bijna geen onderzoek over geïntegreerde wetenschapscurricula bestond voor 1997. We hebben geen andere grote studies kunnen identificeren die passen bij onze onderzoeksvraag. Dit maakt dat we kunnen stellen dat er *onvoldoende evidentie* bestaat om onze onderzoeksvraag te beantwoorden.

Bovendien, hebben we aangetoond dat er zelfs *geen* algemeen geaccepteerde definitie bestaat van wat onder een geïntegreerd wetenschapscurriculum moet verstaan worden en dat men derhalve zeer voorzichtig moet zijn met de interpretatie van deze term in de literatuur.

Nog meer verwarring komt van het feit dat, in de VS, men met *integratie* het combineren van *wiskunde* met wetenschappen en *techniek* bedoelt, terwijl de discussie in Europa over de integratie van *biologie, chemie en fysica* in het vak natuurwetenschappen gaat, wat niet hetzelfde is. Niet zelden worden de Amerikaanse resultaten gebruikt in Europese context zonder op het verschil te wijzen.

We concluderen dat er *geen* evidentie bestaat van de effectiviteit van integratie van de disciplines biologie, chemie en fysica in de middelbare school wat wetenschappelijke geletterdheid betreft. Aangezien het belangrijkste doel van geïntegreerd wetenschaps- onderwijs het verhogen van de wetenschappelijke geletterdheid van de jeugd is, volgens de voorstanders, concluderen we dat het debat over integratie van de wetenschappen in de middelbare school voorlopig van zuiver *ideologische* en filosofische aarde is en niet of onvoldoende gebaseerd is op empirische onderzoeksresultaten.

5 Discussie

In Vlaanderen werd het geïntegreerde vak natuurwetenschappen ingevoerd in richtingen waar de focus ligt op “wetenschappelijke geletterdheid”. De vakken biologie, fysica en chemie staan apart in richtingen met een focus op “wetenschappen voor de wetenschapper en technicus”. Deze keuze is gebaseerd op de idee dat men een verschil moet maken tussen de wetenschappers van morgen en de burgers van morgen. Het is opmerkelijk dat zo’n belangrijke optie in de organisatie van het Vlaamse onderwijs niet genomen werd op basis van onderzoeksresultaten maar eerder op theoretische en filosofische argumenten.

Er zijn wel andere studies, die niet in deze review voorliggen, die zouden tonen dat de *motivatie* van de lln. zou stijgen bij de integratie van de curricula. Maar ook hier moeten we voldoende alert blijven en weten over welke motivatie we eigenlijk spreken. Als integratie inderdaad de *motivatie* kan verhogen, kan men verwachten dat dit leidt tot een positief *leereffect*. De betekenis van wat motivatie inhoudt, werd bestudeerd in een studie van Abrahams & Sharpe. Zij wijzen erop dat de leerkrachten vaak spreken over een *motivatieverhoging* als bij de lln. er slechts sprake is van een *situationele interesseverhoging* die niet intrinsiek aanhoudt. Een situationele interesseverhoging heeft geen duurzame gevolgen na het einde van de les en leidt dus niet tot een verbetering van de prestatie (Abrahams & Sharpe, 2010).

Indien geen leereffect kan aangetoond worden, kan men dan ook veronderstellen dat de zogenoemde *motivatieverhoging* mogelijks een verhoging is van de momentane “amusementswaarde” eerder dan een werkelijke *motivatieverbetering* die het leren van wetenschappen werkelijk stimuleert.

Er is dus nood aan meer wetenschappelijk onderzoek dat een antwoord zou kunnen geven op de onderzoeksvraag waarvan we vertrokken zijn:

Heeft de organisatie van het wetenschapsonderwijs in de middelbare school, met meer of minder integratie van de drie disciplines biologie, chemie en fysica, een invloed op de leerlingenprestaties wat de wetenschappelijke geletterdheid betreft?

De twee grote Zweedse studies gebaseerd op de PISA-bevragingen kunnen niet op dezelfde manier uitgevoerd in Vlaanderen. De Zweedse situatie is zeer speciaal omdat de middelbare scholen mogen kiezen of ze een geïntegreerd of traditioneel curriculum volgen.

In deze review hebben we getoond dat integratie en interdisciplinariteit geen synoniemen zijn van elkaar. Gelet op het feit dat men al een halve eeuw bezig is met integratie in het onderwijs zonder dat men de effectiviteit ervan kan aantonen, is het misschien nodig om aandacht te gaan besteden aan *interdisciplinariteit* eerder dan aan integratie. Er zijn immers aanwijzingen dat *interdisciplinariteit* (en niet integratie) belangrijk kan zijn. In de laatste decennia is interdisciplinariteit alvast de werkvorm geworden in de research zowel aan de universiteit als in de industrie. Er zou onderzocht kunnen worden of een *interdisciplinaire* aanpak, eerder dan een integratieve, ook in de school zijn vruchten zou kunnen afwerpen.

Bovendien is het, hoewel wij al vele artikels over integratie gelezen hebben, ook voor ons nog steeds niet duidelijk wat integratie is. De definities zijn veelvuldig en complex. Ook de Zweedse thesis bevestigt dat het concept van integratie niet duidelijk te omschrijven is. Interdisciplinariteit is waarschijnlijk beter te omschrijven.

In deze review hebben we ook getoond dat *integratie* en *interdisciplinariteit* geen synoniemen zijn van elkaar. Na een halve eeuw kan men de effectiviteit van integratie niet aantonen en onze suggestie is om nu eerder *interdisciplinariteit* dan wel integratie te introduceren in natuurwetenschappen. Interdisciplinariteit kan immers – zo blijkt uit de review- wel duidelijk omschreven worden. In een interdisciplinaire aanpak – zoals de review duidelijk maakt- blijven de disciplines overeind en worden de inzichten van de fysica, de chemie en de biologie *gecombineerd* precies om de verschijnselen in de natuur als geheel te begrijpen.

De laatste decennia is *interdisciplinariteit* bovendien de praktijk geworden zowel in de universitaire als in de industriële onderzoekslabo's. De vraag, die al in de jaren '60 ter tafel kwam, naar meer aansluiting van de wetenschap op school bij de moderne wetenschap, blijft nog steeds onbeantwoord. *Interdisciplinariteit* kan mogelijks daarbij ook helpen en kan deze moderne interdisciplinaire research-context in de klas brengen. Meer aandacht voor *interdisciplinariteit* in de toegepaste vakdidactiek van wetenschappen, kan leerlingen de weg tonen naar toekomstgerichte ontwikkelingen in bv. de nanowetenschappen zoals de opto-elektronica, de bio-informatica of de kwantum computing.

Appendix

Zoektermen, geraadpleegde databases en geselecteerde artikels

Voor onze onderzoekstermen gaven Google Scholar en ERIC dezelfde resultaten. We hebben dan verder gewerkt met Google Scholar. We hebben ervoor gekozen om alleen zoektermen in het Engels te gebruiken en wel als volgt:

Beide woorden “integrated” en “science education” moeten in de titel van het artikel voorkomen.

Woorden die niet in de titel mogen voorkomen:

- elementary, primary, early childhood, university, undergraduate, engineering
We zijn niet geïnteresseerd in basisonderwijs en hoger onderwijs.
- isge (Integrated Science General Education)
ISGE curricula zijn universitaire curricula.
- information, computer
We zijn niet geïnteresseerd in artikels die specifiek over het gebruik van de ICT in geïntegreerd wetenschapsonderwijs gaan.
- mathematics, technology, mst (mathematics, science en technology)
We zijn niet geïnteresseerd in de integratie van wetenschappen met wiskunde en techniek, maar over de integratie van biologie, chemie en fysica in het vak natuurwetenschappen.
- teacher education
We zijn niet geïnteresseerd in de lerarenopleiding voor geïntegreerd wetenschapsonderwijs.
- religion, medical, cancer, ocean
Een artikel met deze term in de titel, gaat niet over de integratie van biologie-chemie-fysica in het algemeen . Het kan wel zijn dat het over de beschrijving van een zeer specifieke “case” gaat, maar we willen algemene studies over leerresultaten van integratie vinden en dus interesseren deze specifieke “cases” ons niet.
- outdoor
We zijn niet geïnteresseerd in specifieke studies over veldonderzoek in geïntegreerde curricula.

- africa

We willen resultaten van/over landen die vergelijkbaar zijn met België. We gebruiken wel grote internationale studies waar Afrikaanse landen ook aan bod komen, maar geen artikels over de specifieke situatie in Afrika (en andere landen met grote culturele verschillen t.o.v. België, bijvoorbeeld Aziatische landen).

We hebben daarna artikels met de hand verwijderd die de volgende woorden bevatten (Google scholar kan geen andere zoektermen toevoegen, het is “vol”): humanities, environmental, education majors, multi-media, climates, postsecondary, nutrition, health, education of teachers, earth, universities, higher education, Nigeria, bioluminescence, anthropology, equipment, Brazil, TV, television, WISE (web-based integrated science environment), solar energy, social science, telecommunication, preschool, professional outreach, biospheric, geoscience, CLIL (content and language integrated learning).

De redenen om deze termen uit te sluiten zijn gelijkaardig aan wat we hierboven toegelicht hebben.

Door de zoekterm “interdisciplinary” in plaats van “integrated” in te vullen in Google Scholar en door gelijkaardige selectieprincipes te gebruiken (bijvoorbeeld het woord “feminist” uit te sluiten, specifieke cases en studies over universitaire curricula te verworpen), hebben we geen andere interessante artikels gevonden.

We hebben de woorden “efficiency”, “efficient”, “effectiveness”, “effective” ook opgezocht in combinatie met “integrated” and “science” and “education” of “curriculum” of “curricula”.

Dat heeft geen resultaten opgeleverd die van toepassing waren voor ons onderzoek.

We hebben artikels in talen anders dan het Engels of specifiek over Aziatische landen verworpen. We hebben artikels die volgens de abstract over universitaire curricula gaan en die specifiek over curriculum design zijn ook verworpen.

Veel van de gevonden artikels zijn gepubliceerd in de reeks van UNESCO boeken “New Trends in integrated science education”. We hebben beslist om de zes boeken van deze reeks volledig op te nemen in de review.

We hebben twee artikels van Frey “Integrated science education: 20 year on” en “Integrated science education: Reconsidered after 20 years” (proceeding) niet in full tekst kunnen bemachtigen, maar het eerste artikel is wel opgenomen in een doctoraatsthesis die we wel in extenso gelezen hebben.

We hebben een aantal extra artikels opgenomen, die geen kwantitatieve studies bevatten maar die wel belangrijk zijn voor de inleiding en de achtergrond. Twee redactionele artikels hebben we toegevoegd omdat ze geciteerd worden in andere artikels die we

gebruikt hebben. Het gaat om “Integrated, Interdisciplinary, or Thematic Instruction? Is This a Question or Is It Questionable Semantics?” en ook “Less is more? More or Less” beide van Lederman en Niess (Lederman N. a., 1997).

Het recente artikel “Interdisciplinary education in comprehensive school: can a deep understanding occur?” van Andersson et al. geeft een goede beschrijving van interdisciplinaire curricula en werd ook toegevoegd (Andersson S., 2010).

De tekst van D. Layton “UNESCO and the teaching of science and technology”, hebben we gebruikt samen met andere teksten voor onze historische inleiding (Layton).

We vermelden ook de artikels van Lipson (Lipson, 1993), Hurley (Hurley, 2001), Fogarty (Fogarty, 1991), Bennet, N. (Bennett N., 1976), Bennet, J. et al. (Bennett J. L., 2006), Aitkin, Anderson en Hinde (Aitkin, 1981), Sjoberg en Schreiner (Sjoberg, 2005) en Mackinnu (Mackinnu, 1991) die door andere opgenomen teksten geciteerd worden. We hebben de officiële websites en documenten gepubliceerd door de OESD/PISA team voor jaren 2003, 2006 en 2009 ook vermeld.

Onze literatuurlijst op het einde van dit artikel, is tevens de lijst van weerhouden zoekresultaten.

Bibliografie

- Abrahams, I., & Sharpe, R. (2010). Untangling what teachers mean by the motivational value of practical work. *SSR 92 (339)*.
- Aitkin, M. A. (1981). Statistical Modelling of Data on Teaching Styles. *Journal of the Royal Statistical Society, 144(4)*, 419-461.
- Andersson S., B.-N. S. (2010, september). Interdisciplinary education in comprehensive school: can a deep understanding occur? *US-China Education Review, 7(9)*.
- Åström, M. (2007). *Integrated and subject specific. An empirical exploration in Swedish compulsory schools*. Licentiate of Philosophy Thesis, Linköping University, Sweden, Faculty of Educational Sciences.
- Åström, M. (2008). *Defining integrated science education and putting it to test*. PhD Thesis, Linköping University, Sweden, Faculty of Educational Sciences.
- Åström, M. K.-G. (n.d.). Using hierarchical linear models to test differences in Swedish results from OECD's PISA 2003: Integrated and subject-specific science education. *Nordina, 3(2)*, 121-131.
- Bennett, J. L. (2006). Bringing Science to Life: A Synthesis of the Research Evidence on the Effects of Context-Based and STS Approaches to Science Teaching. *Science Education*.
- Bennett, N. (1976). *Teaching styles and Pupil Progress* (Third ed.). (L. O. Books, Ed.)
- Czerniak C.M., W. W. (1999). A Literature Review of Science and Mathematics Integration. *School Science and Mathematics*.
- Czerniak, C. (2007). Interdisciplinary science teaching. In N. G. S.K. Abell, *Handbook of research on science education* (pp. 537-560).
- Eurydice. (2011). *Science education in Europe: National policies, practices and research*. European Commission.
- Fogarty, R. (1991). Ten ways to integrate curriculum. *Educational leadership: journal of the association for supervision and curriculum development(41)*, 61-65.

- Hurley, M. M. (2001). Reviewing Integrated Science and Mathematics: The Search for Evidence and Definitions From New Perspectives. *School Science and Mathematics, Volume 101, Issue 5*, 259–268.
- Joñane, L. (2008). The didactical aspects of integrated natural science content model for secondary school education. *Journal of Teacher Education for Sustainability, 9*, 45-47.
- Lamanauskas V., V. M. (2008). *European dimension in integrated science education*.
- Layton, D. (n.d.). *UNESCO and the teaching of science and technology*. Retrieved from UNESCO website: <http://www.unesco.org/education/nfsunesco/pdf/LAYTON.PDF>
- Lederman, N. a. (1997, februari). Integrated, interdisciplinary, or thematic Instruction? Is this a question or is it questionable semantics? *School Science and Mathematics*.
- Lederman, N. a. (1997, november). Less is more? More or less. *School Science and Mathematics*.
- Lipson, M. V. (1993). Integration and Thematic Teaching: Integration to Improve Teaching and Learning. *Language Arts, 70/4*, p. 252-264.
- Mackinnu. (1991). *Comparison of learning outcomes between classes taught with a Science- Technology-and-Society (STS) approach and a textbook oriented approach*. PhD Thesis, University of Iowa, Ann Arbor, MI .
- Makashvili, M. e. (2009). Retrieved from ERIC: http://www.eric.ed.gov:80/ERICWebPortal/search/detailmini.jsp?_nfpb=true&_ERICExtSearch_SearchValue_0=ED506711&ERICExtSearch_SearchType_0=no&accno=ED506711
- OECD. (2003). *Scientific Literacy*. Retrieved from The PISA 2003 assessment framework - Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills: <http://www.oecd.org/dataoecd/38/29/33707226.pdf>
- OECD. (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006*. Paris: OECD.
- OECD. (2009). *Take the test. Sample questions from the PISA assessments*. Retrieved from PISA website: www.pisa.oecd.org
- Sjoberg, S. &. (2005). How do learners in different cultures relate to science and technology? Results and perspectives from the project ROSE. *Asia Pacific Forum on Science Learning and Teaching, 6*, 1-16.

- UNESCO. (1973). *New trends in integrated science teaching* (Vol. II).
- UNESCO. (1974). *New trends in integrated science teaching* (Vol. III).
- UNESCO. (1977). *New trends in integrated science teaching* (Vol. IV).
- UNESCO. (1979). *New trends in integrated science teaching* (Vol. V).
- UNESCO. (1983). *New trends in integrated science teaching* (Vol. I).
- UNESCO. (1990). *New trends in integrated science teaching* (Vol. VI).



Vak Geschiedenis



Vak Wereldoriëntatie



Vak Taal



Vak Wetenschapsonderwijs



Vak Lichamelijke Opvoeding

In Vlaanderen is, nagegeng de studie-richting, een keuze gemaakt voor het vak natuurwetenschappen als geïntegreerd vak of voor de drie disciplines biologie, fysica en chemie apart. Binnen deze structuur en in het kader van de Vlaamse leerplannen, blijft er enige bewegingsvrijheid voor de leerkracht over inzake de gradatie van de beoogde integratie. Om hiermee in de klaspraktijk bewust en kritisch om te kunnen gaan, zijn de volgende vragen relevant:



Vak Natuurwetenschappen

Is het voor het bevorderen van de wetenschappelijke geletterdheid van leerlingen beter dat de verschillende disciplines biologie, chemie en fysica duidelijk zichtbaar zijn? Of moet wetenschappen aangeboden worden als een homogeen geheel waar de aparte disciplines niet meer zichtbaar zijn? Kiezen we beter leerboeken met meer of eerder met minder integratie? En wat verstaan we precies onder integratie? Deze review gaat op zoek naar een antwoord gebaseerd op de relevante literatuur over integratie van de wetenschappen in de secundaire school.

Laura Tamassia is docent fysica in de Lerarenopleiding Secundair Onderwijs en onderzoeker van het Vakdidactisch Centrum van de Katholieke Hogeschool Limburg, betrokken bij en promotor van Vlaamse en Europese projecten, Ph.D. in theoretische fysica met verschillende jaren internationale ervaring in het onderzoek en in het hoger onderwijs.

Renaat Frans is docent fysica in de Lerarenopleiding Secundair Onderwijs van de Katholieke Hogeschool Limburg, lector aan de Universiteit Antwerpen, oprichter en coördinator van het Vakdidactisch Centrum, wetenschapscommunicatiecoördinator van de KHLim, promotor/partner van verschillende Vlaamse en Europese projecten en lid van de STEM werkgroep van de VLOR.



Deze publicatie werd geschreven in het kader van P-reviews (Vakdidactische praktijkgerichte reviews van onderzoek), een project binnen het expertisenetwerk School of Education Associatie KU Leuven.



P-reviews: onderzoek koppelen aan je vak

Over de reeks: Laat je klaspraktijk uitdagen door nieuwe wetenschappelijke inzichten en inspirerende voorbeelden! In deze reeks worden de resultaten van wetenschappelijk onderzoek over actuele vakdidactische thema's op een vlot leesbare manier bijeengebracht. De P-reviews bieden vele concrete praktijkvoorbeelden.

Een e-boek, een pdf alsook een korte versie van de review en extra praktijksuggesties vind je op www.p-reviews.be/3