

# Opiniërend

## Nanomaterialen en het voorzorgsprincipe

Pieter van Broekhuizen<sup>1</sup>

### Samenvatting

Zolang er bij het gebruik van nanomaterialen nog sprake is van ernstige gaten in de kennis zijn we aangewezen op het toepassen van het voorzorgsprincipe om er voor te zorgen dat het gebruik op een veilige wijze plaatsvindt en ook het milieu geen nadelige effecten ondervindt. Het operationaliseren van het voorzorgsprincipe in een praktische aanpak vergt begrip van de inhoud van het principe en de bereidheid van de producent en importeur een open dialoog aan te gaan met de eindgebruiker en andere belangengroepen. Openheid van de producent inzake nanomateriaalgebruik hoort hier ook bij. Het accepteren van de paradigmaverschuiving bij de risicobeoordeling van nanomaterialen van een hazard-based naar een concern-based benadering is een van de kernpunten. Het zijn niet alleen de synthetische nanomaterialen die aanspraak maken op het toepassen van voorzorg, maar ook de nanodeeltjes die bij processen ontstaan moeten met voorzorg benaderd worden. Verantwoordelijkheden voor informatieverschaffing strekken zich in deze gevallen ook uit naar machinebouwers.

### Inleiding

Het veilig werken met nanomaterialen op de werkplaats trekt onverminderd de aandacht van beleidsmakers. Tal van nationale en Europese projecten bestuderen de wonderlijke eigenschappen van nanomaterialen en de manier waarop ze tot dusver onvermoede effecten op de gezondheid en het milieu kunnen hebben (FP7, NanoNextNL). Er wordt veel geld in gestopt. Toch groeit de kennis nog niet zo snel als gewenst en eindigt bijna ieder artikel met de obligate opmerking dat er nog veel onderzoek nodig is om de duistere eigenschappen verder te ontrafelen. Er valt ook op technisch, maar ook op sociaal maatschappelijk gebied nog veel te bestuderen aan deze magische nanomaterialen, waarbij het opvallend is dat voor wat betreft de omgang met onzekerheden er sprake lijkt te zijn van een zekere inhaalslag. Sociaal maatschappelijke aspecten van het gebruik van querulante chemische stoffen werden tot voorheen vaak weggevuurd als onbelangrijk in verhouding tot de voordelen die de chemische preparaten onze samenleving konden brengen. Bij "nano" lijkt dit tijdenigszins gekeerd en lijken ook de sociale en ethische aspecten van de nieuwe materialen te kunnen rekenen op serieuze aandacht van de beleidsmaker. En ook de ontbrekende kennis aangaande de "hazard" lijkt serieus genomen te worden, althans dat zou men kunnen geloven als de financiering van projecten een maat voor de ernst zou zijn. Dat nu is erg lastig te

beoordelen, want de betrokkenen denken daar verschillend over. Naar het oordeel van de toxicoloog en milieuonderzoeker is de nano-geldstroom nog altijd onder de maat, maar als het aan de technische onderzoeker ligt zou het wel een onsje minder kunnen. Zo denken ook veel industriëlen die graag de bijzondere nano-eigenschappen tot uitdrukking brengen in hun innovatieve producten. En die brengen ze maar wat graag op de markt, als er maar niet te veel gekrakeel ontstaat over het feit dat het om "nano" gaat. Dus dan praten ze er bij voorkeur maar niet over dat het product nanomaterialen bevat, want dat zou maar onrust veroorzaken onder de potentiële gebruikers. Omdat de maatschappelijke druk op openheid over het gebruik van nanomaterialen in producten niet afneemt, zijn er in een paar Europese landen maatregelen genomen om de nanomaterialen die op de markt worden gebracht te registreren. Frankrijk loopt hierbij voorop, gevolgd door België en Denemarken. Wat de eerste registratieronde voor dispersieve nanomaterialen in Frankrijk in ieder geval oplevert is een indrukwekkende lijst van nanomaterialen met generieke toepassingen (Anses, 2013), waarbij het voor de ingewijden duidelijk is dat er voor de meeste materialen vooralsnog onvoldoende gegevens voorhanden zijn om een zorgvuldige risicobeoordeling te maken. Het op de markt brengen van materialen waarbij men in het ongewisse is over het toxische werkingsmechanisme bij blootstelling kan men met recht een sociaal maatschappelijk experiment noemen. Men kan zich dan de vraag stellen in hoeverre een dergelijk experiment zonder gerichte monitoring te rechtvaardigen is. Immers, als men er voor kiest om de nanomaterialen op de markt te brengen maakt men tevens een keuze om werknemers, de consument en het milieu (wellicht ongewild, maar toch...) bloot te stellen aan materialen waarvan men het effect onvoldoende weet. Tegelijkertijd heeft men evenmin een methodiek voorhanden waarmee men potentiële nadelige effecten kan monitoren. Vaak is niet eens bekend naar welk effect of welke parameters men überhaupt zou moeten kijken. Voor de onderzoeker zou men dit een triple-blind onderzoek kunnen noemen: geen informatie over de schadelijke dosis, geen indicatie welke effecten op zouden kunnen treden en geen monitoringsplan. Wellicht loopt het ook niet zo'n vaart en wordt men slechts kortdurend aan bepaalde concentraties blootgesteld, maar het gaat veelal wel om persistente materialen die niet een, twee, drie uit het lichaam of het milieu verwijderd zijn.

<sup>1</sup> IVAM UvA, Amsterdam; email: pvbroekhuizen@ivam.uva.nl

## Noodzaak tot voorzorg

Verwonderlijk is desalniettemin de dualistische wijze waarop met het voorzorgsprincipe wordt omgegaan. Positief is dat de discussie over het gebruik van nanomaterialen één van de eerste keren is in het debat over technologie en samenleving waarin het belang van het toepassen van het voorzorgsprincipe expliciet door praktisch alle betrokkenen, namelijk industrie, overheid en maatschappelijke groepen, wordt onderschreven. Wat dat dan vervolgens inhoudt is overigens minder duidelijk. Veel belanghebbenden hebben maar een beperkt begrip van de feitelijke inhoud van dit principe en hoe het toegepast zou moeten worden. In veel argumentaties staat het begrip “proportionaliteit” voorop, dat is wel duidelijk. Argumenten die naar voren worden gebracht door de “advocaten van de nieuwe technologie” benadrukken veelal dat je je niet gek moet laten maken door de risicodoemdenkers; er worden immers al decennia lang chemische stoffen op nano-formaat toegepast, in vulstoffen, kleurstoffen en menig additief in kunststoffen, verf, rubber of cosmetica en daar hebben zich toch ook geen aanwijsbare problemen mee voorgedaan? Maar ja, is dat wel zo? Hebben we dat in voldoende mate na kunnen gaan? Zijn er niet veel waargenomen gezondheidseffecten onverklaard? Anderzijds zijn er ook veel bedrijven die de keuze voor het toepassen van nanomaterialen nog even uitstellen, tot er meer eenduidigheid is gekomen over de eventuele nadelige eigenschappen van de nanomaterialen. “Een risicoloze samenleving bestaat weliswaar niet, maar je hoeft ze ook niet op te zoeken en een herhaling van de situatie zoals we die met asbest beleven willen we zeker niet” (persoonlijke communicatie 2013).

## Proces-generated nanoparticles

Verwonderlijk is ook dat in de discussie over de risico's van synthetische nanomaterialen de vorming van “andere” nanodeeltjes in gangbare processen veelal systematisch buiten beeld wordt gehouden. Met de nieuwe beschikbare detectietechnieken zijn deze nanodeeltjes immers ook goed traceerbaar. Er zijn tal van onderzoeken gepubliceerd, al ver voor de nanotijd, waarin de vorming van ultrafijne stofdeeltjes bij hoge-energieprocessen wordt beschreven (Donaldson et al., 2005; Szymczak et al., 2007)). Het gaat dan onder meer om de vorming van nanodeeltjes bij verhitting en verbrandingsprocessen, bij lasertoepassingen, bij elektromotoren, hogedruk toepassingen zoals extruders en zo meer. De lasproblematiek is het voorbeeld bij uitstek, met de van oudsher bekende “metaaldampkoorts”, onaangename luchtwegaandoeningen en erger. En ook de dieselmotoremissies die sinds kort “officieel” als kankerverwekkend te boek staan, vallen onder de noemer van risicovolle nano-emissies. Over lasrook zijn vergaande afspraken gemaakt om de blootstelling te beheersen, en ook aan dieselrookemissies wordt hard gewerkt om die terug te dringen. Maar hoewel de analogie met synthetische nanodeeltjes wel wordt getrokken, bijvoorbeeld bij vergelijkingen met smogperiodes, is er nog geen sprake van een systema-

tische inventarisatie van bronnen op de werkplek van process-generated nanoparticles (PGNPs, zoals ze in de Engelse taal worden aangeduid) en worden ze bij de risicobeoordeling van nanodeeltjes op de werkplek veelal buiten beschouwing gelaten. Toch blijkt uit veel onderzoek dat de concentratie van deze PGNPs op veel werkplekken vaak veel hoger en langduriger van aard is dan de blootstelling aan synthetische nanomaterialen, die veelal incidenteel van aard is: kortdurende piekblootstellingen (van Broekhuizen, 2012a)

## Meeteenheden

Ook de metriek die wordt toegepast bij de beoordeling van de blootstelling aan nanomaterialen is een steen des aanstoots in menig debat onder experts. De conventionele benadering in de arbeidshygiëne en de toxicologie is om de dosis uit te drukken in massa-eenheden. Maar het zijn nu juist de kleine afmetingen van de nanodeeltjes en daarmee het enorme gezamenlijke oppervlak, alsmede de vorm, die een trigger vormen voor het potentiële effect. Daarmee geeft het gezamenlijke oppervlak en indirect derhalve het aantal nanodeeltjes een betere indicatie van het toxische gedrag en krijgt een deeltjesaantalbenadering de voorkeur (Oberdörster et al., 2005). Het gebruik van de massa kan dan een misleidende indicatie zijn, omdat het bij synthetische nanomaterialen veelal gaat om onoplosbare materialen. Het is dan het oppervlakte-effect dat bepalend is en dat is bij grofstoffelijk materiaal ondanks de grote massa immers veel kleiner. Aan het oppervlak van de meeste nanodeeltjes vindt immers de specifieke ROS-vorming plaats (reactieve zuurstofradicalen), waardoor irritatieverschijnselen veroorzaakt kunnen worden. De weerstand tegen de deeltjesaantalbenadering lijkt zich vooral te baseren op het feit dat het gros van de bestaande toxicologische en arbeidshygiënische methoden en technieken, alsmede de regelgeving veelal de massabenadering als uitgangspunt hebben. En die tests, technieken en regels zouden dan aangepast moeten worden evenals vele gangbare meettechnieken.

De onoplosbaarheid van veel synthetische nanomaterialen heeft zeker als het om anorganische materialen gaat veel relatie met het begrip persistentie. Voor wat betreft het potentiële toxische effect heeft het overigens meer zin om de oplosbaarheid als kritische parameter mee te nemen. Is de oplosbaarheid extreem laag, dan komt ook de vorm van de nanodeeltjes naar voren als relevant kenmerk (zoals dat bijvoorbeeld geldt voor nanobuisjes of nanoschijfjes), terwijl bij enigszins oplosbare nanomaterialen (maar nog altijd geclassificeerd als onoplosbaar, i.e. oplosbaarheid <100mg/l) ook de chemische samenstelling van de deeltjes een belangrijke rol kan spelen bij de toxiciteit.

## Het voorzorgsprincipe

De onzekerheden waarmee we geconfronteerd worden bij nanomaterialen zijn fundamenteel van aard, en het is

waarschijnlijk dat we niet in staat zullen zijn binnen een paar jaar een afdoende antwoord te formuleren op de vragen die ons enerzijds worden voorgeschied door de toxicologen en risicobeoordelaars en anderzijds door werknemers en eindgebruikers inzake het veilig gebruik. Dit vraagt, zeker zolang we nog over onvoldoende kennis beschikken en desondanks besluiten om nanomaterialen toe te passen in producten, om een solide veiligheidsbeleid. 'Good governance', zoals het in moderne taal wordt genoemd, waarbij niet enkel de overheid maar ook de industrie en andere belanghebbenden de verantwoordelijkheid nemen om pro-actief de veiligheid van de materialen en producten te garanderen. Dat betekent dat niet moet worden afgewacht tot de overheid naar voren komt met een beleid van restrictieve maatregelen om de emissie van risicovolle nanomaterialen aan banden te leggen, maar dat men vooruitlopend hierop actief bezig gaat met een duurzaam productontwerp waarbij het vrijkomen van synthetische nanodeeltjes bij gebruik voorkomen wordt, en dat elders in de levenscyclus van het product de emissie onder controle is. Dat betekent ook dat het begrip voorzorg moet worden begrepen als een deliberatief proces met de wetenschappelijke onzekerheden als trigger. Het betekent ook dat een prioriteit wordt gelegd ten aanzien van arbeidsomstandigheden en milieu, boven het mantra van productiviteitverhoging en economisch voordeel. Deliberatie impliceert ook dat er openheid wordt gegeven over de onzekerheden die er nog bestaan, en dat er afspraken worden gemaakt tussen de industrie en de belanghebbenden over de condities waaronder wij die onzekerheden acceptabel vinden, afgezet tegen de voordelen die de nieuwe producten ons te bieden hebben. Die voordelen moeten dan overigens wel op serieuze wijze onderbouwd kunnen worden.

Het voorzorgsprincipe is menigmaal geherformuleerd. Een definitie die de verschillende relevante aspecten tot uitdrukking brengt is voorgesteld door von Schomberg (2006):

*"Where, following an assessment of available scientific information, there are reasonable grounds for concern for the possibility of adverse effects but scientific uncertainty persists, provisional risk management measures based on a broad cost/benefit analysis whereby priority will be given to human health and the environment, necessary to ensure the chosen high level of protection in the Community and proportionate to this level of protection, may be adopted, pending further scientific information for a more comprehensive risk assessment, without having to wait until the reality and seriousness of those adverse effects become fully apparent."*

De Europese Commissie geeft aan wanneer naar haar mening het voorzorgsprincipe zou moeten worden toegepast (EC, 2000):

*"The precautionary principle applies where scientific evidence is insufficient, inconclusive or uncertain and preliminary scientific evaluation indicates that there*

*are reasonable grounds for concern that the potentially dangerous effects on the environment, human, animal or plant health may be inconsistent with the high level of protection chosen by the EU."*

De discussie vangt aan met de vraag wat "redelijke redenen" zijn om het voorzorgsprincipe toe te passen. Dit zijn *niet* de situaties waarin men de risico's goed kan kwantificeren (en dus een verantwoord *preventief* risicomanagement kan opzetten, bijvoorbeeld in het geval dat er gezondheidkundige grenswaarden voor de stoffen beschikbaar zijn). Het gaat *evenmin* om situaties met hypothetische effecten of imaginaire risico's waarbij iedere wetenschappelijke indicatie voor een nadelig effect ontbreekt. Als redenen om het voorzorgsprincipe *wel* toe te passen kan men twee situaties onderscheiden. Enerzijds kan het gaan om situaties, of om materialen waarbij het (ongewenste) effect (van blootstelling) wel bekend is, maar waarbij de oorzaak-gevolg relaties onbekend of onzeker zijn en men daarom te maken heeft met onbekende kansen en met niet-kwantificeerbare risico's. Anderzijds kan het gaan om situaties of materialen waarbij de effecten (van blootstelling) onbekend zijn, maar waarbij wel de verwachting is dat effecten (in relatie tot het gewenste beschermingsniveau) ernstig kunnen zijn en enkel in kwalitatieve termen kunnen worden aangeduid. Dit laatste betreft momenteel veelal het gebruik van synthetische nanomaterialen.

### **Van hazard- naar concern-based**

Met de keuze *voor* het toepassen van voorzorg beginnen de feitelijke problemen, omdat dit het traject inhoudt van normatieve keuzes die gemaakt moeten worden, en de communicatie en dialoog die gestart moet worden. Van belang hierbij is de acceptatie van de paradigmaverschuiving van een "hazard-based" naar een "concern-based" risicobeoordeling. Het ontbreken van voldoende toxiciteitsdata maakt immers een gezondheidkundige risicobeoordeling onmogelijk, waardoor we aangewezen zijn om onze *zorgen* te operationaliseren in plaats van dat we dit kunnen onderbouwen met harde toxicologische of epidemiologische argumenten. Een aspect daarbij is dat men anticipeert op een mogelijk (worst case) toxisch werkingsmechanisme en op basis daarvan de beheersmaatregelen modelleert. Op zijn beurt impliceert dit weer dat achteraf, als na jaren wel de benodigde informatie beschikbaar komt, het zou kunnen blijken dat de genomen maatregelen gereduceerd kunnen worden. Het zou ook overigens ook de genomen maatregelen kunnen bevestigen.

In haar advies "Veilig omgaan met nanodeeltjes op de werkplek" geeft de SER (2009) bouwstenen die men als handvat kan gebruiken voor het operationaliseren van de voorzorgsbenadering, waarbij zij onderscheid maakt in taken voor de werkgever, de werknemer en de overheid. Een selectie van de belangrijkste bouwstenen is weergegeven in de volgende tabel.

- Voorkomen van alle blootstelling of minimaliseer de blootstelling zoveel mogelijk (no data, no exposure; no data, no emission)
- Registratie van nanomaterialen in producten
- Blootstellingsregistratiesysteem voor het werken met nanomaterialen
- Transparante communicatie over bekende en onbekende risico's
- Afleiden van grenswaarden voor nanomaterialen
- Ontwikkeling van een early warning systeem

Binnen dit kader hebben de sociale partners al diverse gezamenlijke initiatieven genomen om deze bouwstenen verder uit te werken en direct bruikbaar te maken voor de werkplek. Zij maakten een handreiking voor veilig werken met nanomaterialen, waarmee als aanvulling op de RI&E voor chemische stoffen ook het werken met nanomaterialen in beeld gebracht kan worden (Handreiking, 2012). Ook ontwikkelden ze nanoreferentiewaarden (NRVs) als een op voorzorg gebaseerd alternatief voor de nog ontbrekende gezondheidkundige grenswaarden voor nanomaterialen (SER, 2012). Deze NRVs kunnen worden gebruikt om de blootstelling aan nanodeeltjes op de werkplek te beoordelen en beheersmaatregelen te treffen indien de NRVs worden overschreden (van Broekhuizen et al., 2012b). De minister van SZW (2012) adviseert om de NRVs toe te passen en de Inspectie SZW hanteren ze bij de handhaving. Hoewel de NRVs expliciet voor synthetische nanomaterialen zijn ontwikkeld, is naar het oordeel van deskundigen de methodiek ook zeer geschikt voor het gebruik bij de beoordeling van PGNPs (RIVM, 2013). In dat opzicht kunnen NRVs bijvoorbeeld ook gebruikt worden ter oriëntatie op de blootstelling die werknemers lopen aan PGNPs in bedrijven die geen nanomaterialen gebruiken, of bijvoorbeeld voor vrachtwagenchauffeurs die rijden in trucks zonder afdoende klimatisering.

Ook zijn werkgevers en werknemers momenteel bezig met een pilot waarin de haalbaarheid wordt bestudeerd van een blootstellingsregistratie voor het werken met nanomaterialen (FNV, 2014). De Gezondheidsraad adviseerde dat het wenselijk is om een dergelijk registratiesysteem op te zetten voor het werken met nanomaterialen waarbij blootstelling aan nanodeeltjes op kan treden (GR, 2012). Het idee achter zo'n registratie is dat het een hulpmiddel kan zijn om retrospectief te kunnen beoordelen of er in het verleden een problematische blootstelling heeft plaatsgevonden. Bovendien wordt ervan verwacht dat het bijdraagt aan een zekere alertheid inzake potentieel risicovolle activiteiten. Het advies was overigens niet direct toepasbaar op de werkplek, hetgeen een reden was voor de werkgevers en werknemers om hier een transparant kader voor op te zetten. Het uitgangspunt is dat een systeem voor blootstellingsregistratie wordt opgezet dat voor bedrijven in de praktijk eenvoudig moet zijn uit te voeren, geen grote administratieve last met zich meebrengt, dat de te registreren gegevens eenduidig

en begrijpelijk zijn en dat ze ook op eenvoudige wijze verkrijgbaar zijn. Eenvoudig is dat niet. Er moet worden vastgesteld wat er geregistreerd zou moeten worden en daartoe zijn er nog vele mogelijkheden open: de gebruikte nanomaterialen (naam nanomaterialen, karakterisering van de deeltjes, producten?), de wijze van verwerken (processen, bewerkingen, omvang van gebruik, frequentie?), de blootstellingsconcentraties. Dan moet er worden nagegaan wie of wat er geregistreerd moeten worden (het bedrijf, de productieafdeling, de apparatuur, de individuele werker?) En het kader waarbinnen geregistreerd moet worden (arbocatalogus, als aanvullende RI&E?). Ook onderzoekt de pilot hoe de blootstelling aan synthetische nanomaterialen zich verhoudt tot de gangbare blootstelling aan PGNPs.

Er worden natuurlijk ook belangrijke stappen voorwaarts gezet met betrekking tot het nano-risico-onderzoek (zie onder meer Fadeel et al., 2012). Zo komt er bijvoorbeeld steeds meer duidelijkheid over het vrijkomen van nanodeeltjes bij bewerkingen van materialen waarin de nanomaterialen verwerkt zijn. Hoewel er bij het boren, zagen, schuren en polijsten wel veel stof wordt gegenereerd met een hoog gehalte aan nanodeeltjes, gaat dit veelal niet om de primaire nanodeeltjes, maar veeleer om bindmiddeldeeltes met nanoafmetingen (bijvoorbeeld van de coating), waarin dan wel de primaire nanodeeltjes kunnen zijn opgesloten. Er vindt dan dus wel blootstelling plaats aan nanodeeltjes, maar niet in de vorm van de primaire deeltjes. In de praktijk moet overigens ook deze nanodeeltjesblootstelling voorkomen worden.

Ook blijken veel van de blootstellingsbeperkende maatregelen, zoals afzuiginstallaties, fijnstoffilters en dergelijke, ook goed de nanodeeltjes in de werklucht weg te vangen. Dus als men zorgvuldig de maatregelen in acht neemt die men ook ter voorkoming van inademing van fijnstof neemt, dan valt blootstelling aan dispersieve nanomaterialen ook goed te beheersen (zie onder meer Luther et al., 2013; NanoSmile).

Wat voorlopig nog wel zal blijven is onzekerheid over de exacte toxische eigenschappen van de nanomaterialen en hun gedrag in het lichaam en in het milieu.

De feitelijke aanpassing van de regelgeving in Europa aan "nano" verloopt niet snel. Er is een definitie voorgesteld voor wat een nanomateriaal is (EC, 2011), de

cosmetica-, voedings- en biocidenregelgevingen zijn of worden binnenkort aangepast, zodanig dat het gebruik van nanomaterialen beter zichtbaar wordt, maar de REACH-regelgeving blijft ongewijzigd. Wel zijn er aanpassingen in voorbereiding in REACH annexen en guidances, maar tempo zit er niet echt in. Voor wat betreft de aandacht voor voorzorg en het betrekken van eindgebruikers en maatschappelijke groepen in de discussie over het verantwoord gebruik van nanomaterialen en wat deze groepen een wenselijke richting vinden voor de ontwikkeling van de nanotechnologie valt de Europese Commissie wat terug. Het thema is momenteel responsible research & innovation, waarin de aandacht ook sterk wordt gericht op de nanotechnologie. Het project NanoDiode (2013) speelt hierin een centrale rol voor waar het betreft de wijze waarop hierbij de eindgebruiker, maatschappelijke groepen en burgers betrokken kunnen worden.

### Conclusies

De onzekerheden met betrekking tot de humane- en milieutoxische risico's van nanomaterialen lijken op korte termijn niet weggenomen te worden, hetgeen onverminderd noopt tot de ontwikkeling van een voorzorgsbenadering. Het initiatief daartoe ligt in principe in eerste instantie bij de werkgever, die overeenkomstig de Europese kaderrichtlijn (89/391) verantwoordelijk is voor het zorgdragen voor een veilige werkplek (EC, 1989). Hij moet beoordelen of er veilig met de nanomaterialen kan worden gewerkt en moet hiertoe volgens de chemische stoffenrichtlijn (98/24/EC) beschikken over veilige grenswaarden (CAD, 1998). Uit de aard der zaak ligt hiervoor een eerste verantwoordelijkheid bij de producent en de importeur, die de gebruiker moet adviseren welk niveau van blootstelling aanvaardbaar is zonder dat daarbij nadelige gezondheidseffecten optreden. Gezien de in 2007 in het Nederlandse grenswaardenstelsel aangebrachte scheiding van verantwoordelijkheden tussen industrie en overheid voor het afleiden van grenswaarden, is het de "eigenaar" van de stof, c.q. de producent en importeur, die verantwoordelijk is om voor "zijn stoffen en materialen" een veilige grens te bepalen (SER, 2007). De overheid heeft de taak deze grenswaarde te bepalen voor de hoog-risicostoffen en de stoffen "zonder eigenaar". Dit betekent dat van de overheid verwacht mag worden dat zij grenswaarden afleidt voor mutagene, kankerverwekkende en allergene nanomaterialen (zonder drempelwaarde), maar ook dat zij grenswaarden afleidt voor de process-generated nanoparticles (PGNPs) als nanodeeltjes "zonder eigenaar". Bij deze laatste groep van nanomaterialen doet zich overigens nog wel een strategische vraag voor. Het gaat dan om de verantwoordelijkheid van de machinebouwer inzake het doen van onderzoek naar, en het beschikbaar stellen van veilige grenswaarden voor de PGNPs die met "zijn apparatuur" worden gegenereerd. Hij heeft immers de verplichting om zijn afnemer zorgvuldig in te lichten hoe er veilig met zijn apparatuur kan worden omgegaan. En dit betreft dan ook informatie over de nanodeeltjes die ermee

gevormd worden en hoe blootstelling hieraan beheerst kan worden. Dat dit geen verwaarloosbaar probleem is toont het feit dat nanodeeltjes-genererende apparatuur overal gebruikt worden, van de metaalwerkplaats tot in de huiskamer.

De verantwoordelijkheden liggen er, en het is veelal ook duidelijk bij wie ze thuishoren. Het is vooralsnog ook begrijpelijk en te aanvaarden dat bij de introductie van een nieuwe technologie op dag één nog niet alle voorwaarden vervuld kunnen zijn. Maar als men er dan voor kiest om de nanomaterialen toch te gebruiken, heeft dat wel tot consequentie dat voorzorg op een verantwoorde wijze wordt geïmplementeerd. En op zijn beurt betekent dit weer dat er openheid van zaken moet worden gegeven aangaande de materialen die op de markt worden gebracht, wie er potentieel aan kunnen worden blootgesteld en wat het niveau is dat we gezamenlijk aanvaarden als maximaal blootstellingsniveau. En daarover moet de industrie in discussie met de potentiële gebruikers en andere belanghebbenden. En ook de overheid speelt hierbij een centrale rol.

Soms zullen hier ook keuzes gemaakt moeten worden die de ontwikkeling van nieuwe technologieën remmen of zelfs belemmeren. Economische voordelen, productieverhoging en efficiëntie-afwegingen moeten immers afgewogen worden tegen argumenten voor een veilige werkplek en een schoon milieu. Van belang is dat we ons realiseren dat bij onvoldoende kennis, als er tegelijkertijd wel overtuigende aanwijzingen zijn dat er nadelige effecten op kunnen treden, morele keuzes gemaakt moeten worden die ook ten nadele van ongebreidelde groei kunnen zijn (Judt en Snyder, 2013).

### Literatuur

Anses (2013). *Éléments issus des déclarations des substances à l'état nanoparticulaire*, Rapport d'étude, Novembre 2013.

CAD (1998). Chemical Agents Directive 98/24/EC; Council Directive 98/24/EC of 7 April 1998 (as supplemented by Directives 2000/39/EC and 2006/15/EC) on the protection of the health and safety of workers from the risks related to chemical agents at work (fourteenth individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC).

Donaldson K, Tran L, Jimenez LA, Duffin R, Newby DE, Mills N, MacNee W and Stone V (2005). Combustion-derived nanoparticles: A review of their toxicology following inhalation exposure, *Particle and Fibre Toxicology* 2:10 doi:10.1186/1743-8977-2-10.

EC (1989). Council Directive 89/391/EEC of 12 June 1989 on the introduction of measures to encourage improvements in the safety and health of workers at work.

EC (2000). European Commission, Communication of the commission on the precautionary principle, COM(2000) 1 final. [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/com/2000/com2000\\_0001en01.pdf](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/com/2000/com2000_0001en01.pdf)



- EC (2011). Commission Recommendation of 18 October 2011 on the definition of nanomaterial (2011/696/EU). <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:275:0038:0040:EN:PDF>
- Fadeel B, Pietroiusti A, Shvedova AA (2012). Adverse effects of engineered nanomaterials – Exposure, Toxicology, and Impact on Human Health, Eds.. Academic Press 2012
- FNV in beweging, VNO/NCW (2014), Pilot Blootstellingsregistratie Werken met Nanomaterialen, project in uitvoering bij IVAM UvA en Bureau KLB
- FP7, Zie onder meer het onderzoeksprogramma van het Europese 7e Kaderprogramma en Horizon 2020, de NanoSafetyCluster.
- GR (2012). Werken met nanodeeltjes: blootstellingsregistratie en gezondheidsbewaking, 2012/31, Gezondheidsraad, Den Haag
- Handreiking (2012). Handreiking veilig werken met nanomaterialen en producten – Een handreiking van werkgevers en werknemers, FNV – VNO/NCW – CNV, <http://www.arboportaal.nl/types/tools-en-instrumenten/handreiking-veilig-werk-met-nanomaterialen-en-producten.html>
- Judt T, Snyder T (2013). “Denken over de twintigste eeuw”. ISBN 978 90 450 2370 0.
- Luther, Wolfgang, Axel Zweck (2013). Safety Aspects of Engineered Nanomaterials, Pan Stanford Publishing Pte Ltd, Singapore, ISBN 978-981-4364-86-7
- NanoDiode (2013). Developing Innovative Outreach and Dialogue on responsible nanotechnologies in EU civil society, EU- FP7 project, [www.nanodiode.eu](http://www.nanodiode.eu)
- NanoNextNL, het Nederlandse onderzoeksprogramma Nanotechnologie dat loopt tot eind 2016
- NanoSmile, [www.nanosmile.org](http://www.nanosmile.org)
- Oberdörster G, Oberdörster E, Oberdörster J (2005). Nanotoxicology: An Emerging Discipline Evolving from Studies of Ultrafine Particles. *Environmental Health Perspectives* 113(7):823-839
- Persoonlijke communicatie (2013). Diverse persoonlijke contacten van de auteur met ondernemers in de verf-, rubber-, plastics- en cosmeticaindustrie
- SER (2007). Toelichting op het Nederlandse grenswaardestelsel per 1-1-2007 ([http://www.ser.nl/nl/themas/grenswaarden/toelichting\\_nederlandse\\_grenswaardestelsel.aspx](http://www.ser.nl/nl/themas/grenswaarden/toelichting_nederlandse_grenswaardestelsel.aspx))
- SER (2009). Veilig omgaan met nanodeeltjes op de werkvloer, 09|01, Publicatienummer 1, 20 Maart 2009, Sociaal Economische Raad, Den Haag
- SER (2012). Provisional nano reference values for engineered nanomaterials, Advisory Report 12/01, Sociaal Economische Raad, Den Haag. [http://www.ser.nl/~media/Files/Internet/Talen/Engels/2012/2012\\_01/2012\\_01.ashx](http://www.ser.nl/~media/Files/Internet/Talen/Engels/2012/2012_01/2012_01.ashx)
- Schomberg von R (2006). The precautionary principle and its normative challenges (pages 19-42). In: Implementing the Precautionary Principle - Perspectives and Prospects. Editors: Fisher E, Jones J, von Schomberg R. Edward Elgar Publishing Ltd.
- Szymczak W, Menzela N, Keck L (2007). Emission of ultrafine copper particles by universal motors controlled by phase angle modulation. *Aerosol Sci* 38:520–531.
- van Broekhuizen P (2012a). Building Blocks for a Precautionary Approach, thesis University of Amsterdam.
- van Broekhuizen P, Wim van Veelen, Willem-Henk Streekstra, Paul Schulte, Lucas Reijnders (2012b). Exposure Limits for Nanoparticles: Report of an International Workshop on Nano Reference Values, *Ann Occ Hyg* 56:515-524.