

De doos van Pandora/La boîte de Pandora

*Rubriek gewijd aan archiefvondsten, instrumentbeschrijvingen, e.d. /
Rubrique consacrée aux trouvailles d'archives, aux descriptions
d'instruments, etc.*

De symboliek van het snuffelen. Hoe een luchtverontreinigingsmonitor uitgroeide tot nationaal symbool

AD MAAS* & ED BUIJSMAN**

ABSTRACT

Recently, the Dutch national museum for the history of science and medicine, Museum Boerhaave in Leiden, acquired four air pollution monitors for its collection. These instruments were part of the Dutch national network for the measurement of air pollution, established in the 1970s. The monitors mark the transition in analytical chemistry from traditional wet-chemical techniques to the use of electronic and automatic tools. The significance of these instruments is not only scientific: they also played a social role. In the 1970s and 1980s, these air pollution monitors (popularly known as snuffelpalen ('sniffer poles')) became a symbol for environmental worries and distrust with the political establishment, a trend we now consider as typical of that era.

Keywords: Air pollution monitors; scientific instruments; 20th century.

Sinds een jaar is Museum Boerhaave in Leiden de trotse eigenaar van een vier-tal luchtverontreinigingsmonitoren. Ze behoorden tot het Nationale Meetnet voor Luchtverontreiniging (NML) dat in de jaren zeventig vorm kreeg. In hun grijze kunststof bekisting lijken de apparaten over weinig zeggingskracht te beschikken – een probleem dat meer modern wetenschappelijk erfgoed treft. Wie de kisten opent, ziet echter interessante techniek in ontwikkeling, en wie het verhaal achter de apparaten uitvlooit, ontdekt dat we hier allerm minst met kleurloze registratie-instrumenten te maken hebben, maar met apparaten die in de jaren zeventig en tachtig een grote publieke bekendheid verwierven. Hieronder het verhaal; hoe een grijze kist tot een kleurrijk tijdsbeeld uitgroeide.

Van Luikse Bol tot nationaal meetnet

In de jaren vijftig kon men in Nederland in de buurt van fabrieken en schoorstenen metalen bollen aantreffen. Deze waren ingesmeerd met vaseline, waaraan stofdeeltjes

* Ad Maas is wetenschapshistoricus en conservator van Museum Boerhaave.

** Ed Buijsman was van 1978 tot 2014 werkzaam op het gebied van de luchtverontreiniging. Hij heeft gewerkt op diverse deelgebieden onder andere als onderzoeker, correspondent, redacteur en hoofd van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit. In 2003 verscheen van zijn hand *'Er zij een meetnet', een geschiedenis van het luchtmeetnet*.

bleven kleven. Deze 'Luikse Bollen' behoorden tot de eerste, primitieve instrumenten om luchtverontreiniging te detecteren. Daartoe behoorden ook regenvangers, waarvan de opgevangen neerslag werd geanalyseerd op verontreinigingen. Een tikje geavanceerder was het Leclerc-apparaat. Hierin zat een met chemicaliën geïmpregneerde zwachtel, die zwaveldioxide (SO_2) uit de lucht absorbeerde. Een nadeel van al deze methoden was dat ze geen inzicht gaven in variaties in de tijd gedurende een periode waarin een monster werd genomen. Het eerste apparaat dat dit wel deed was een automatisch bemonsteringsapparaat van begin jaren zestig, een soort taperecorder, waarvan de tape bestond uit met loog geïmpregneerd papier, dat een week lang het zwaveldioxide-gehalte van de lucht kon registreren.

Al in 1952 was in de omgeving van Rotterdam een bescheiden meetnetwerk opgezet op basis van de Leclerc-methode. Tien jaar later werd in hetzelfde gebied een meetnet in werking gesteld dat concentraties zwaveldioxide en zwarte rook mat met behulp van een natchemische methode. Zwaveldioxide werd omgezet in zwavelzuur: de hoeveelheid loog nodig om de pH terug te brengen tot de oorspronkelijke waarde, was een maat voor de concentratie zwaveldioxide. Ook colorimetrische methoden begonnen in deze tijd ingang te vinden.¹

Gedurende de jaren zestig groeide de behoefte aan een systematische en automatische registratie van de vervuiling van de Nederlandse lucht. In 1966 droeg staatssecretaris van Sociale Zaken en Volksgezondheid A.J.H. Bartels het Rijksinstituut voor de Volksgezondheid (RIV) op een landelijk meetnet voor het meten van luchtverontreiniging te ontwikkelen. Het voornaamste doel was om een algemeen overzicht te krijgen van het niveau van de luchtverontreiniging. Daarnaast kon het meetnet waarschuwen bij verhoogde concentraties luchtvervuilers. Het zou het

eerste landelijke meetnet van Nederland worden.²

Bij de realisatie van het meetnet werkte het RIV nauw samen met de Technische Hogeschool Eindhoven, die mede de eerste monitoren ontwierp, en de elektrotechnische firma Philips, die de automatisering van de apparatuur verzorgde en een netwerk van datatransmissie ontwikkelde. Philips' onderzoekslaboratorium Natlab beleefde de nadagen van de periode-Casimir, de directeur die het lab vrijwel tot een fundamenteel onderzoeksinstituut had uitgebouwd. Wetenschappelijk uitdagende onderzoeksprojecten konden op een enthousiast onthaal rekenen, niet alleen vanwege de kennis die ermee gegenereerd werd, maar ook omdat ze de (prestigieuze) contacten met de wetenschappelijke wereld verstevigden. Zo bouwde Philips in de eerste naoorlogse decennia cyclotrons en elektronenmicroscopen en nam het deel aan de bouw van de ANS-satelliet. En het stortte zich dus in de ontwikkeling van luchtverontreinigingsmonitoren. Overigens hoopten de Eindhovenaren er bovenal simpelweg geld mee te verdienen. Een advertentie in de *New Scientist* uit 1970 getuigt nog van de pogingen om de meetsystemen bij buitenlandse kopers onder de aandacht te brengen (fig. 1).³

Het meetnet richtte zich aanvankelijk op zwaveldioxide, dat relatief eenvoudig te meten was. Zwaveldioxide werd in die dagen beschouwd als de voornaamste vervuiler, maar gold ook als 'verklikker' van luchtvervuiling in algemene zin.⁴ Later breidden de metingen zich uit naar stikstofmonoxide (NO), stikstofdioxide (NO_2) en koolmonoxide (CO) (met name uitgestoten door het verkeer) en ten slotte ook naar ozon (O_3). In 1969 verschenen de eerste zwaveldioxidemonitoren in het Nederlandse landschap, in 1973 kwam het netwerk in gebruik en twee jaar later was het nationale zwaveldioxidemeetnet, bestaande uit meer dan tweehonderd monitoren, voltooid.

De symboliek van het snuffelen.

128 New Scientist 16 April 1970

129 V33866

Start monitoring pollution now

Then maybe you can stop worrying.

Air pollution could be your biggest problem in the coming decade. You can either ignore it and possibly regret it. Or detect it and possibly forestall it.

Either way you can stop worrying by installing a Philips SO₂ monitor now.

Why SO₂? Because it is the best tracer for general air pollution. It is usually present in the fumes of combustible materials like coal and oil. It is offensive to the nose. And it readily forms sulphuric acid. So if it rains...

Philips, therefore, concentrated on the accurate and economic detection and measurement of SO₂.

The result is a monitor that is easy to install, service and gives completely automatic, unattended operation for 3-month periods.

The photo (left) shows the chemical module. Features include automatic calibration and zero checks, with a manual override facility.

The second photo shows the electronics modules. It holds the general electronics pump and telemetering system.

For such complex, multiple detector systems Philips have all the necessary hardware, software and experience. Detailed information is available on the monitor and/or the famous 31-unit, computerised Rijnmond installation near Rotterdam.

Please write stating your particular interest.

For U.K.: Pye Unicam Ltd., York Street, Cambridge CB1 2PX. Tel.: (0223) 58986.

Outside U.K.: N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Analytical Equipment Department, Eindhoven, the Netherlands.

ANALYTICAL EQUIPMENT

PHILIPS

Fig. 1: Reclame voor SO₂-monitoren in *New Scientist*.

De data van de afzonderlijke monitoren kwamen via telefoonlijnen bij 'regionale centra' terecht. Daar werd de informatie samengebracht en bewerkt en vervolgens doorgestuurd naar het hoofdkwartier, het 'Nationale Meet Centrum', bij het RIV in Bilthoven. In 1978 was het multicomponentennetwerk, dat ook de andere genoemde vervuilers mat (NO, NO₂, CO en O₃) klaar. Nederland groeide in deze jaren uit tot een leidende natie op het gebied van luchtverontreinigingsdetectie.⁵

Vieze lucht en natte chemie

De vier luchtvervuilingsmonitoren in de collectie van Museum Boerhaave representeren verschillende stappen in hun technologische evolutie. De eerste is een zwaveldioxidemonitor van de eerste generatie (typenummer PW9720). Hij bestaat uit twee kisten (fig. 2a & fig. 2b). De ene bevat

de elektronica voor het aansturen van het meetapparaat, voor de kalibratie en voor de datatransmissie, de andere de daadwerkelijke monitor, de feitelijke meeteenheid. Duidelijk is te zien dat het hier nog grotendeels om traditionele, 'natte' scheikunde gaat. De glazen kolf bevatte een vloeistof, die om veiligheids- en conserveringsredenen is verwijderd.

Het apparaat werkte op coulometrische wijze. Dat gaat als volgt: in de monitor wordt een luchtmonster, waaruit stof, water en andere storende stoffen zijn verwijderd, door de kolf met vloeistof geleid. De vloeistof betreft een oplossing met broom (Br₂) en bromide-ionen (Br⁻), waartussen een redoxpotential bestaat. Deze wordt door twee elektrodes gemeten. De komst van zwaveldioxide in de oplossing veroorzaakt een chemische reactie, waarbij de verhouding Br₂/Br⁻ verandert, en daarmee

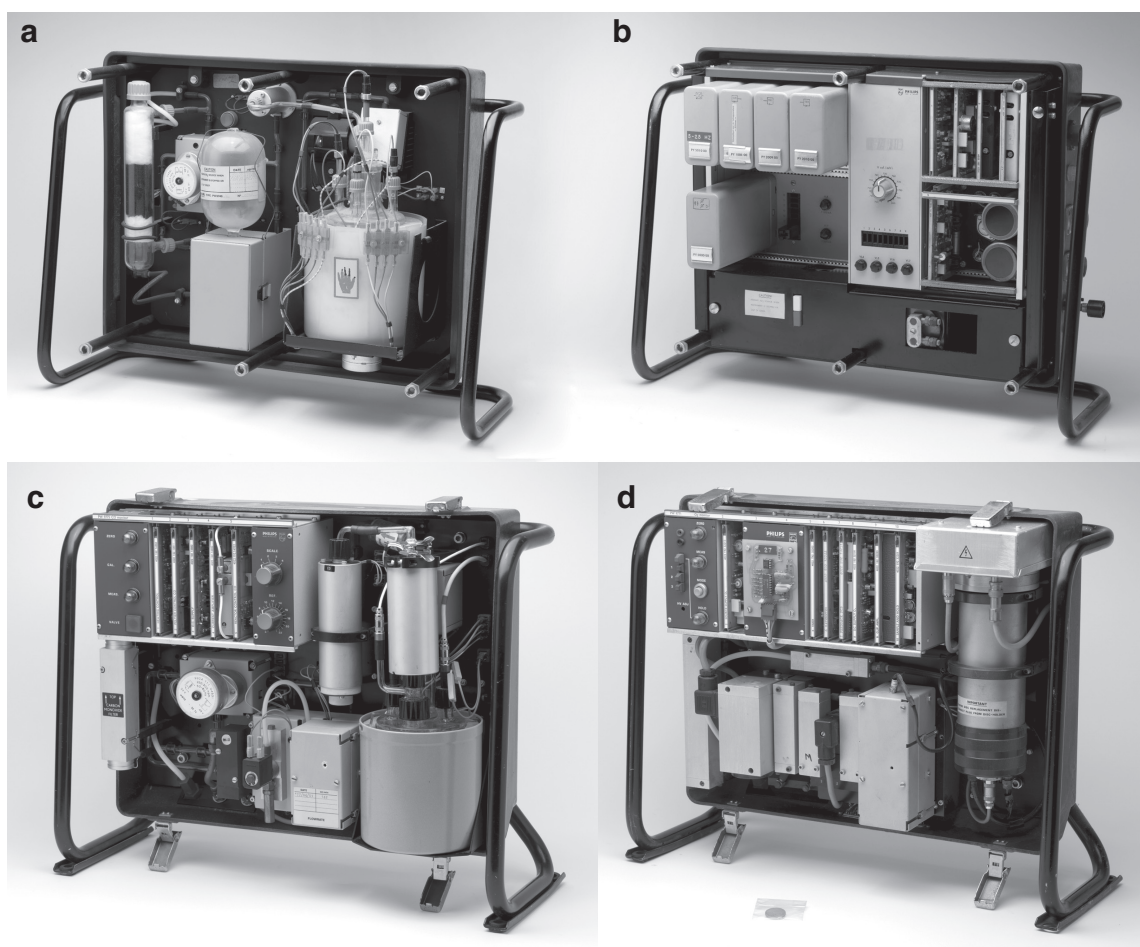


Fig. 2: De vier typen luchtvervuilingsmonitoren uit de collectie van Museum Boerhaave. a & b: zwaveldioxidemonitor van de eerste generatie, met aparte kist voor de elektronica (typenummers PW9710 en PW9720); c: een koolmonoxidemonitor (type PW9775) en d: een ozonmonitor volgens optisch-elektronische methodiek (type PW 9771).

de redoxpotential. Op elektrische wijze wordt de redoxpotential teruggebracht naar de beginwaarde. De benodigde hoeveelheid elektriciteit geldt als een maat voor de concentratie zwaveldioxide in het luchtmonster.⁶

Waarom Philips deze coulometrische methodiek verkoos is niet duidelijk. Misschien vanwege de relatieve eenvoud. Een gezaghebbend geleerde kwalificeerde deze methode in elk geval als: ‘weder durch besondere Selektivität noch durch hohe Empfindlichkeit gekennzeichnet.’⁷ Het tweede apparaat (fig. 2c), een koolmonoxidemonitor (type PW9775), werkte volgens hetzelfde principe, alleen

zijn het elektronicagedeelte en de detector nu in één behuizing samengebracht. Voor de detectie van stikstofoxide, stikstofdioxide en ozon schoot de coulometrische methode tekort. Het bleek niet goed mogelijk alle componenten uit de lucht te halen die de meting hiervan verstoorden.

Het derde exemplaar in de collectie van Museum Boerhaave, voor de coulometrische bepaling van ozon (type PW 9770), heeft dan ook nooit gewerkt – het is een uniek exemplaar!

Om de problemen het hoofd te bieden schakelde Philips over op een ander procedé. De natchemische analyse maakte plaats voor een optisch-elektronische methode,

De symboliek van het snuffelen.

gebaseerd op chemiluminescentie. Hierbij was een hoofdrol weggelegd voor de fluorescerende stof rhodamine. Wanneer deze stof met het te meten gas reageert, zendt hij licht uit van een specifieke frequentie. Op fotometrische wijze wordt de intensiteit van het licht vastgesteld, die dan een maat is voor de concentratie vervuilende stof. Het vierde en laatste apparaat (type PW 9771) is een ozonmonitor volgens dit principe (fig. 2d).⁸

In de analytische chemie voltrok zich vanaf de jaren vijftig een ingrijpende verandering, waarbij traditionele chemische methoden in toenemende mate werden vervangen door elektronisch en automatisch

werkende apparaten, zoals gas- en vloeistofchromatografen, NMR-apparaten, et cetera.⁹ Ook bij de luchtvervuilingsmonitoren is dit terug te zien: de traditionele chemie verdwijnt ten faveure van fysisch-elektrisch werkende apparaten. De eerste generatie Philips-monitoren zijn in dit proces een soort hybride instrumenten, met hun markante combinatie van *old school* chemie en elektronica. In 1985 werd het meetnet gemoderniseerd. Philips, waar meer markt en minder wetenschap de trend was, liet de datatransmissie over aan Siemens en nieuwe monitoren – gebaseerd op fluorescerende methoden – aan TECO.¹⁰



Fig. 3: Snuffelpaal in het straatbeeld.

Symbolisch snuffelen

Ironisch genoeg kwam het meetnet juist tot stand in een periode waarin de

luchtverontreiniging in Nederland aanmerkelijk moet zijn afgenomen. De voorname oorzaak hiervan was de massale

We schrijven eind jaren 60. In Rijnmond wordt de allereerste snuffelpaal geplant. Een schuchter begin van wat zou uitgroeien tot een landelijk luchtverontreiniging-meldingsnet. Maar tegelijkertijd – dat moge duidelijk zijn – een signaal dat men zich alom meer en meer bewust wordt van de noodzaak om uiterst zorgvuldig om te springen met de lucht om ons heen.

Daarbij wordt, dat ligt voor de hand, in eerste instantie gekeken in de richting van de zware industrie. Al worden vrij spoedig daarna ook andere „verdachten” bij de kop gevat. Eén daarvan is, de auto.

Het oprichten van de eerste snuffelpaal komt voor Opel niet als een donderslag bij heldere hemel. Opel beseft dan al dat een auto gewoon om zijn alledaagse werk naar behoren te kunnen uitvoeren, te veel aan schadelijke stoffen uitstoot. Vandaar dat men op het moment dat de snuffelpaal het tekentafelstadium nog niet eens is gepasseerd bij Opel al aan de studie is. Volop aan de studie naar manieren om auto's „schoner” te maken.

Wederom een behoorlijke stap wordt teruggedrongen. En verder gaat dit schone verhaal: diesel, en later, autogas worden ook brandstoffen waarmee elke Opel meer dan voortreffelijk kan lezen en schrijven.

Van veel recenter datum zijn de eisen die onze Europese bestuurders stellen ten aanzien van de luchtverontreiniging door uitlaatgassen. Hun boodschap laat aan duidelijkheid niets te wensen over: auto's moeten nog schoner.

Opel reageert uiterst zelfverzekerd. En komt weldra met een prima oplossing. Een tweele-

Laten we om te beginnen eens een blik werpen op zaken die in meer of mindere mate met de motor te maken hebben. Want zo mogen we koppingsplaten en remvoeringen toch wel noemen.

Welnu, ook daar komt Opel als een van de eerste autofabrikanten schoner voor de dag. Sinds enige tijd worden die twee uitermate vitale onderdelen van uw auto immers uitgevoerd zonder asbest. Asbest, een stof die niet behoort tot de allerg gezondste. En dan ook niet zomaar al sinds 1978 in tal van toepassingen stevig aan banden is gelegd, dan wel helemaal verboden.

Vervolgens nemen we de fraaie kleuren waarin u elke Opel bij u kunt laten voorrijden wat nader onder de loop. Kleuren die (ook buiten België) zeker en vast als schoon mogen worden betiteld. Per slot van rekening gebruikt Opel lakken die op milieuvriendelijke wijze worden opgebracht en die vrij zijn van zware metalen als lood en cadmium, bepaald ook geen lieverdjes voor alles wat om ons heen groeit en bloeit.

Opel is binnen de automarkt dus de voorloper op het punt milieuvriendelijkheid, al is met die konstatering alleen bij Opel de koek bij lange na nog niet op.

Onderzoek en ontwikkeling gaan in alle hevigheid verder. En zullen, zoals steeds, met klinkende resultaten op de proppen komen.

Vanwaar dat wellicht ietwat zelfverzekerde? Ach, het milieu-denken is bij Opel zo langzamerhand, zeg maar, in het productieproces ingebakken. Vandaar. Met als prettig gevolg dat u milieuvriendelijkheid probleemloos kunt toevoegen aan de al lange reeks steekhoudende argumenten waarom u Opel bij aanschaf van een nieuwe auto helemaal bovenaan uw verlanglijstje mag zetten.

Al weten wij net als u – kwestie van onderwegzo nu en dan eens even om u heen kijken – dat de Corsa, de Kadett, de Ascona, de Manta, de Omega en de Senator daar in al hun uitvoeringen nu al vaak ruimschoots aan kop prijken. Of u gaat langs de Opel-dealer bij u in de buurt. Want daar is al dat schoons natuurlijk ook te bewonderen.

Waar het gaat om motoren die met het milieu goede maatjes zijn, kunt u bij Opel, die konklusie is zeker gerechtvaardigd, dus werkelijk alle kanten op. Maar, zo heeft Opel eveneens al jaren geleden onderkend, ook op andere punten kon en kan de auto nog aanzienlijk milieuvriendelijker.

Vóór de snuffelpaal hadden wij toch ook al het nodige te melden over schonere motoren.

De lijn, de stroomlijn van de diverse Opel-modellen is er daar één van. Door de jaren heen – neem eens een Kadett uit 1962 in gedachten – zien we die lijn steeds aerodynamischer worden. Wat ervoor zorgt dat de luchtweerstand (Cw-waarde voor intimi) terug- en terugloopt. En in die neergaande curve gaat het brandstofverbruik mee naar beneden.

Daarbij komt dat Opel vanaf de jaren 70 al voortdurend bezig is zijn brandstofsysteemen „magerder” af te stellen. Ontwikkelingen die zich heel direct laten vertalen in een vermindering van de hoeveelheid schadelijke stoffen, die via de brandstof de frisse lucht in wordt geblazen.

Bovendien zitten dan tal van heel knappe koppen op de onderzoeks- en ontwikkelingsafdelingen van General Motors in de Verenigde Staten en van Opel bij onze oosterburen, diep gebogen over de motoren die al die Opels zo prinsheerlijk doen rondtoeren. Met succes, al zeggen we zelf, want door alle mogelijke hoogtechnische snuffes worden de krachtbronnen van Opel – zonder dat daarbij overigens ook maar een letter van het woord „kracht” wordt afgeknaagd – aanmerkelijk minder gulzig. Waarmee de kwalijke invloed van de auto op de lucht

dige oplossing, om precies te zijn. Eén: de Euronormmotor. Een motor met een cilinderinhoud van maximaal 2 liter, die – dat spreekt – keurig binnen de EEG-luchtverontreinigingsnormen valt. En dat zonder gebruik te maken van een katalysator.

Waarmee niet is beweerd dat Opel daarin geen heil ziet. Voor de strengste milieu-eisen op motoren boven 2 liter is toepassing van een katalysator immers in ieder geval nodig. En dus kunt u elk model uit de Opel-lijn – lid twee van de oplossing – zonder meer afgeleverd krijgen inclusief katalysator. Het is dan een zogeheten 3-weg katalysator, waarvan onafhankelijke specialisten zonder uitzondering zeggen dat hij thuishoort in de categorie allerschoonste. *

Waar het gaat om motoren die met het milieu goede maatjes zijn, kunt u bij Opel, die konklusie is zeker gerechtvaardigd, dus werkelijk alle kanten op. Maar, zo heeft Opel eveneens al jaren geleden onderkend, ook op andere punten kon en kan de auto nog aanzienlijk milieuvriendelijker.




OPEL 

Fig. 4: Snuffelpaal als symbool.

overschakeling van de Nederlandse huishoudens in de jaren zestig van steenkool naar gas, na de ontdekking in 1959 van de gasbel bij Slochteren.¹¹ De introductie van de monitoren weerspiegelt dus niet zonder meer een feitelijke toename van de luchtverontreiniging, maar veeleer een groeiende perceptie van luchtverontreiniging als een ernstig probleem, dat gereguleerd en gemeten diende te worden.

De totstandkoming van het meetnet viel in een periode waarin milieuzorgen een maatschappelijk thema werden, en stevig ingebed raakten in het publieke debat, de politiek en het denken over gezondheidszorg. De jaren zeventig zijn de jaren van de Club van Rome en van massale protesten tegen vervuilende industrieën en kerncentrales. In de jaren tachtig kreeg milieuverontreiniging vooral een gezicht door zure regen, met zijn indringende beelden van uitgestorven Scandinavische meren en *Das grosse Waldsterben*.¹² Ecologische zorgen beheersten pers, publiek en politiek en hebben sterk het beeld bepaald dat van deze periode is overgeleverd.

In de turbulente atmosfeer van maatschappelijke protesten groeiden de luchtverontreinigingsmonitoren uit tot een symbool voor milieuverontreiniging en -zorgen. Dat ze zo zichtbaar aanwezig waren in de Nederlandse straten en plattelandsgebieden, in hun 'huisje' en met hun karakteristieke schoorsteentje, droeg hier zonder twijfel aan bij (fig. 3).

De symboliek komt fraai tot uitdrukking in een foto bij een krantenartikel waarin de vraag centraal staat hoe de provincie Zuid-Holland leefbaar kon blijven. De foto toont een idyllisch Zuid-Hollands plattelandscap, met op de voorgrond een luchtverontreinigingsmonitor als uitdrukking voor de bedreigingen die op de loer lagen. Een ander voorbeeld is een advertentie voor een auto die als milieuvriendelijk moet doorgaan, wat uitgedrukt wordt door er een luchtverontreinigingsmonitor bij af te beelden (fig. 4).

De krachtigste publieke erkenning kreeg de luchtverontreinigingsmonitor echter met de populaire benaming die de volksmond ervoor bedacht: 'snuffelpaal'. Onder deze term kregen de meetinstrumenten behalve een grote bekendheid zelfs metaforische betekenissen. Iemand die misstanden in bepaalde kringen aan de kaak stelde en aan de grote klok hing – een klokkenluider zouden we nu zeggen – heette indertijd een 'snuffelpaal'.¹³

Zo ontstegen de luchtverontreinigingsmonitoren de anonimiteit van het bestaan als weinig meeslepende, wetenschappelijke registratie-instrumenten. Ze personifieerden de bewustwording in de jaren zeventig en tachtig van de vervuilende kanten van het moderne leven, zelfs in de figuurlijke betekenis. Deze symboolfunctie is nadien ongemerkt weer teloor gegaan, net als trouwens ook het woord snuffelpaal inmiddels uit het Nederlandse vocabulaire is verdwenen (al is het woord nog altijd opgenomen in het *Groot Woordenboek der Nederlandse Taal*). De meetapparatuur voor luchtverontreiniging zelf is intussen nog allerminst uit ons landschap verdwenen. Wel is hun aantal verminderd en maken ze veelal deel uit van geïntegreerde 'macrostations', die behalve de lucht en het regenwater, ook bodem en vegetatie analyseren. De publieke verbeelding prikkelen ze niet meer. Dit geldt wel voor een initiatief als iSpex, dat er in 2013 in slaagde massale media-aandacht te genereren en grote publieke deelname te verwerven. Duizenden vrijwilligers verrichtten fijnstofmetingen met hun smartphone, met daarop een 'app' en een opzetstukje met lensjes. Met zijn gebruik van nieuwe informatietechnologie om participanten te mobiliseren en metingen te doen, ademt dit initiatief helemaal de geest van de eenentwintigste eeuw.¹⁴ Of deze methode vruchten zal afwerpen valt nog te bezien, en of ze sporen zal nalaten in onze taal en cultuur al helemaal.

Noten

- 1 E. Buijsman, *Er zij een meetnet... Een geïllustreerde geschiedenis van het luchtmeetnet van het RIV(M)* [Luvo-reeks 1] (Bilthoven 2003), 15–38. Colometrie is een vorm van concentratiebepaling met behulp van licht.
- 2 Ibidem, 37–49.
- 3 M.J. de Vries, *80 Years of research at the Philips Natuurkundig Laboratorium (1914–1994): the role of the Nat. Lab. at Philips* (Amsterdam 2005), 109–198; D. van Delft, A. Maas, *Philips Research: 100 jaar uitvindingen die ertoe doen* (Zwolle 2013), 142–149.
- 4 L.J. Brassier, P.E. Joosting & D. van Zuilen, *SO₂ – in welke mate toelaatbaar?* (Delft 1966).
- 5 Buijsman, *Meetnet* (n. 1) 46–93.
- 6 Ibidem 55.
- 7 W. Leithe, *Die Analyse der Luft und ihre Verunreinigungen* (Stuttgart 1968).
- 8 Met dank aan oud Natlab-onderzoeker dhr. Syb van Heusden voor de informatie over de chemiluminescentie-detector.
- 9 L. de Galan, ‘De instrumentele omwenteling: analytische chemie’, in: E. Homburg, L. Palm (red.), *Geschiedenis van de scheikunde in Nederland. Vol 3. De ontwikkeling van de chemie van 1945 tot het begin van de jaren tachtig* (Delft 2004), 87–103.
- 10 Buijsman, *Meetnet* (n. 1) 103–157.
- 11 E. Buijsman, *Smog de maat genomen: een terugblik op smog in Nederland, 1960–2011* [Luvo-reeks 11] (Houten 2011).
- 12 H.A. van der Heijden, ‘Van kleinschalig utopisme naar postgiro-activisme?’, in: J.W. Duyvendak e.a. (red.), *Tussen verbeelding en macht: 25 jaar nieuwe sociale bewegingen in Nederland* (Amsterdam 1992), 77–98.
- 13 Voor deze passage hebben we de digitale krantendatabase van de Koninklijke Bibliotheek doorzocht op het lemma ‘snuffelpaal’: <http://kranten.delpher.nl/> (geraadpleegd tussen mei 2013 en februari 2014).
- 14 Voor een overzicht van dit nieuwe type ‘burgerwetenschap’: B. van der Weijer, ‘Een onderzoeker in ieders broekzak’, *De Volkskrant* 13 juli 2013.