

**MEETMETHODEN VAN LAWAAI OP
DE ARBEIDSPLAATS**

**Door: ing. A.J.M. Rövekamp
ing. R. van den Berg**

Rapport B 450, oktober 1980

MG-TNO

postbus 214
2600 AE delft

bezoekadres
schoemakerstraat 97
delft

telefoon 015 - 56 93 30

**Afdeling:
Geluid, Licht en Binnenklimaat**

Projectnr. 2.2.6 (Code : 020010009)

Met ingang van 1 januari 1981 is de
Gezondheidsorganisatie TNO
opgeheven en zijn alle rechten en
verplichtingen van deze Organisatie
overgegaan op de Centrale Organisatie
TNO

„Voor de rechten en verplichtingen van
de opdrachtgever met betrekking tot
dit rapport wordt verwezen naar de 'Al-
gemene Voorwaarden voor onder-
zoeks- en ontwikkelingsopdrachten
aan TNO, 1979', zoals gedeponeerd ter
Griffie van de Arrondissementsrecht-
bank te 's-Gravenhage en bij de Ka-
mers van Koophandel en Fabrieken.”

„© jaar van uitgifte rapport TNO,
's-Gravenhage.

Onverminderd de rechten van de op-
drachtgever mag niets uit deze uitgave
worden verveelvoudigd en/of open-
baar gemaakt worden door middel van
druk, fotocopie, microfilm of welke an-
dere wijze dan ook, zonder voorafgaan-
de schriftelijke toestemming van TNO.”

SAMENVATTING

Beleidsvoornemens van de overheid ten aanzien van het stellen van grenzen aan toelaatbare lawaai-belasting van personen in hun werksituatie maken het noodzakelijk dat hiervoor eenduidige meetmethoden bestaan. In dit rapport wordt ingegaan op de meetmethode voor de berekening van de kans op gehoorschade.

Voor de diverse doelstellingen moet in de meetmethode de microfoonplaats goed omschreven worden. Voor de berekening van de kans op gehoorschade wordt de geluidbelasting op het gehoororgaan gemeten, de microfoon is aan de persoon gebonden.

De te kiezen meetmethode zal verder afhangen van het produktieproces, de werkorganisatie en geluidsoort. Hierbij kunnen constant, fluctuerend en impulsgeluid als belangrijkste soorten onderscheiden worden.

Voor meting van de geluidbelasting aan de man zijn een aantal mogelijkheden:

- als de werkplek variabel is dan kan een dosimeter toegepast worden of een microfoon in combinatie met een telemetriëset.
- als de werkplek vast is kan ook de microfoon met registratie- en analyseapparatuur vast opgesteld worden. Alle geluidparameters kunnen nu gemeten worden.

De belangrijkste parameters voor dit doel zijn $L(Aeq8h)$ en $L(AX)$, de laatste voor impulsgeluid. Verder zijn van belang de statistische verdeling van de geluidsniveaus $L(N)$ en het geluidsniveau als functie van de tijd $L(t)$ en als functie van de frequentie $L(freq)$.

INHOUD

	blz.
1. INLEIDING	4
2. DOELSTELLINGEN	5
2.1 Bepaling van de kans op gehoorschade	5
2.2 Veiligheidsoverwegingen	5
2.3 Hinder	5
2.4 Gezondheidsaspecten	5
2.5 Stille technologie	6
3. MEETPLAATS	7
4. ONDERVERDELING VAN DE SOORTEN GELUID	8
5. INVENTARISATIE MEETMETHODEN	9
5.1 Mogelijkheden bij meting van het geluid aan de man	9
5.2 Mogelijkheden bij meting van het geluid op een vaste plaats	10
6. WELKE GELUIDPARAMETERS ZIJN NODIG BIJ DE BEPALING VAN DE KANS OP GEHOORSCHADE ?	12
7. MEETMOGELIJKHEDEN IN DE PRAKTIJK	16
8. LITERATUUR	19

MEETMETHODEN VAN LAWAAI OP DE ARBEIDSPLAATS

=====

1. INLEIDING

Een aantal beleidsvoornemens van de overheid maakt het noodzakelijk dat er meetmethoden voor lawaai op de arbeidsplaats voorhanden zijn. Deze beleidsvoornemens betreffen het stellen van grenzen aan de toelaatbare lawaai-belasting van personen in hun werksituatie.

Dit kan uit verschillende oogmerken noodzakelijk zijn. Een dergelijke meetmethode zal dus afhangen van de doelstellingen waarvoor de metingen bedoeld zijn. Enkele van deze doelstellingen worden in dit rapport genoemd.

Naast een indeling van de soorten lawaai die men kan aantreffen op de arbeidsplaats, wordt een inventariserend overzicht gegeven van mogelijke meetmethoden.

Tenslotte wordt de meetmethode die noodzakelijk geacht wordt voor de bepaling van de kans op gehoorschade voor de verschillende soorten lawaai nader uitgewerkt. Daarbij wordt schematisch een aantal meetopstellingen voor de praktijk gegeven waarbij in de handel zijnde instrumenten op een logische wijze aaneengeschakeld worden.

2. DOELSTELLINGEN

Hieronder worden doelstellingen opgesomd waarbij het noodzakelijk blijkt te beschikken over standaard meetmethoden.

2.1 Bepaling van de kans op gehoorschade.



Op basis van het IMG-TNO rapport B 347 [1] mag verwacht worden dat een groot aantal werknemers (1 op 2) in Nederland aan een zodanig hoog geluidsniveau wordt blootgesteld dat er kans op gehoorbeschadiging bestaat. Een meetmethode hiervoor is duidelijk aan de persoon gebonden.

2.2 Veiligheidsoverwegingen

Het opstellen van een lawaaikaart met gevarenzones, qua geluid, in een fabriek, waarbij het produktieproces onder normale condities verloopt. De hiervoor benodigde meetmethode is aan de plaats gebonden.

2.3 Hinder

Als onderdeel hiervan kan genoemd worden de communicatieverstoring. De meetmethode zal duidelijk aan de persoon gebonden zijn.

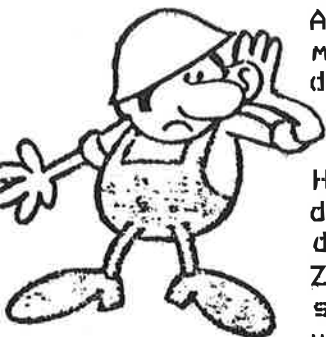
2.4 Gezondheidsaspecten

Naast de kans op een gehoorbeschadiging kan lawaai ook inwerken op andere fysiologische functies in de vorm van hart- en vaatziekten. Zaken als vermoeidheid en concentratieverlies kunnen hierbij ook een rol spelen. Een meetmethode voor deze aspecten is aan de persoon gebonden en zal niet eenvoudig zijn.

2.5 Stille technologie, inventarisatie, bewaking van een geluidssituatie.

De methode zal het opstellen van een lawaai-kaart behelzen en is machinegebonden.

Analyse en prognose van een geluidssituatie wordt mogelijk. Tijdens de meting mag bij voorkeur alleen de beschouwde machine in bedrijf zijn.



Het zal duidelijk zijn dat voor de verschillende doeleinden in principe ook verschillende meetmethoden nodig zijn.

Zo zullen voor het bepalen van de kans op gehoor-schade andere parameters gemeten moeten worden dan voor de bepaling van hinder.

In alle gevallen moeten de te meten parameters zodanig gekozen worden, dat de hiermee verkregen informatie bijdraagt tot de oplossing van het probleem. De meetmethode moet ook zodanig zijn dat zij reproduceerbare en voldoende nauwkeurige resultaten oplevert. De meetmethode moet ook duidelijk afgestemd worden op het karakter van het te meten geluid.

3. MEETPLAATS

Zoals bij de doelstellingen reeds is aangegeven is de plaats van de microfoon hieraan nauw gerealteerd:

- 3.1 de positie van de microfoon is aan de plaats gebonden, bijvoorbeeld voor het maken van lawaai-kaarten.

Indien de lawaai-belasting op het gehoororgaan bepaald moet worden is de plaats van de microfoon aan de man gebonden. Echter wanneer de werkplek steeds dezelfde is kan voor de microfoon een vaste plaats gekozen worden.

Is de werkplek niet altijd dezelfde dan is

- 3.2 de positie van de microfoon aan de man gebonden.

In dit geval kan de microfoon door de desbetreffende persoon worden meegedragen. Er zijn drie plaatsen waar de microfoon gedragen kan worden:

- boven de borstzak, b.v. op de revers,
- aan de helm, dichtbij het oor,
- op de schouder, dichtbij het oor.

De laatste twee microfoonposities verdienen bij de bepaling van een eventuele kans op gehoor-schade de voorkeur.

Indien de microfoon niet wordt meegedragen dan moet deze op de diverse werkplekken worden opgesteld.

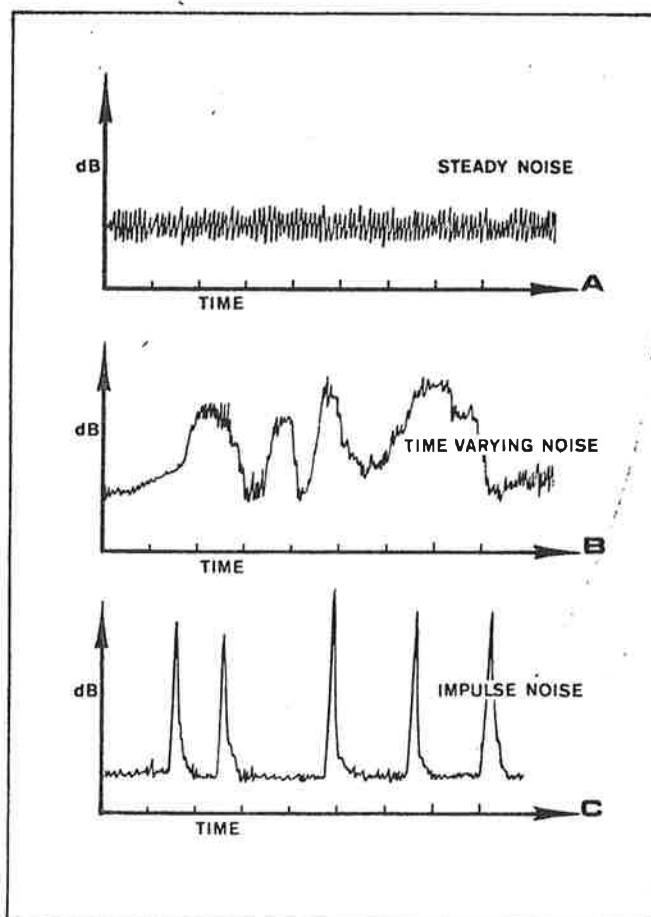


4. ONDERVERDELING VAN DE SOORTEN GELUID

Voor het kiezen van een geschikte meetmethode is het ook nodig het produktieproces en de werkorganisatie te kennen.

Gedeeltelijk afhankelijk hiervan kunnen voor elke werkplek wat het geluid betreft de volgende gevallen onderscheiden worden:

- 4.1 Het geluid is constant in sterkte (en eventueel in frequentie-inhoud) (zie figuur 1A).
- 4.2 Het geluid is fluctuerend in sterkte en/of frequentie-inhoud (zie figuur 1B).
- 4.3 Het geluid is impulsvormig (zie figuur 1C). De impulsen kunnen zowel op constant als op fluctuerend geluid gesuperponeerd zijn.



Figuur 1: Onderverdeling van de soorten geluid

Dit is echter wel een grove benadering van de mogelijkheden. Eventueel kunnen

- tonaal geluid
- laagfrequent geluid of trillingen
- ultrasoon geluid
- intermitterend geluid

in voorkomende gevallen aan een nadere beschouwing worden onderworpen. Uiteraard zijn hierbij ook bepaalde mengvormen niet uitgesloten.

5. INVENTARISATIE MEETMETHODEN

Hieronder volgt een overzicht van meetmethoden van lawaai op de arbeidsplaats.

Als eerste kan gekozen worden tussen de meting aan de "man" en de meting op een vaste plaats in de fabriek.

5.1 Mogelijkheden bij meting van het geluid aan de man

- M1 Plaatsing van een "personal noise dose meter" in vestzak en de daaraan gekoppelde microfoon aan de veiligheidshelm, bril of op de schouder in de buurt van het gehoororgaan.

Gemeten wordt de dosis uitgedrukt in het A-gewogen equivalente geluidsniveau. Overige informatie zoals de frequentie-inhoud en het verloop in de tijd van het geluidsniveau gaat verloren.

- M2 Een als bij M1 geplaatste microfoon koppelen aan een zender.

De ontvanger kan gekoppeld worden aan een geluidsniveaumeter. (Zender en ontvanger te zamen noemen we telemetrie-eenheid.)

Uiteraard kan de ontvanger ook gekoppeld worden aan andere apparatuur, dit is afhankelijk van de te meten parameters. Analyse-methoden zoals hierna in P2 worden gegeven behoren ook tot de mogelijkheden.

M3 Een kleine draagbare geluidniveaumeter, gekoppeld aan een telemetrie-eenheid is een derde mogelijkheid. Beide instrumenten zijn dan ook te zamen met de microfoon gekoppeld aan de werknemer. Bij deze meetmethode gaat de frequentie-inhoud van het geluid verloren.

Opmerking:

De meetmethode M2 vereist een hoogwaardige telemetrie-eenheid (geschikt voor het hele hoorbare frequentie-domein), terwijl bij meetmethode M3 met een eenvoudige telemetrie-eenheid een reeds voorbewerkt gelijkspanningssignaal overgezonden kan worden.

5.2 Mogelijkheden bij meting van het geluid op een vaste plaats.

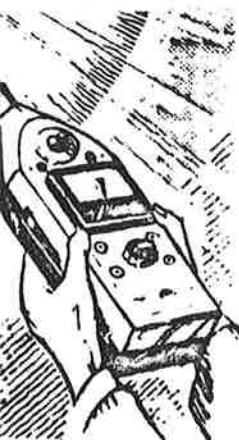
Hierbij bevindt de meetmicrofoon zich op een vaste plaats. Bijvoorbeeld gemonteerd op een statief of in een draagbare geluidniveaumeter.

Mogelijkheden:

P1 Draagbare geluidniveaumeter.

P2 Draagbare geluidniveaumeter met eventueel aangesloten filtersysteem, zoals A-, oktaaf-, terts-, en smalbandfilter, en gecombineerd met de registratiesystemen zoals een niveauschrijver, bandrecorder, transientrecorder, oscilloscoop of een computer.

P3 In plaats van een draagbare geluidniveaumeter een meetversterker, gekoppeld aan een microfoon, toepassen. Zo'n meetversterker bezit naast zijn hoge meetnauwkeurigheid veelzijdige instel- en uitvoermogelijkheden,

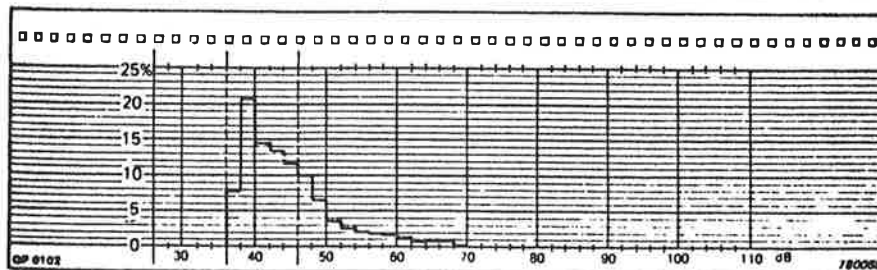


zoals :

- meterresponsies (RMS, impulse, peak)
- lineaire en logarithmische uitvoer
- filtermogelijkheden (lineair, A, B, C, D)
- groot dynamisch meetbereik, waardoor verwerking van signalen met hoge crestfactor mogelijk is
- automatisering van metingen is eenvoudig realiseerbaar
- grote bandbreedte (20-200000 Hz).

P4 Integrerende geluidniveau-meter die ook toegepast kan worden op de manier genoemd onder P2 en P3.

P5 Geluidniveau-analysator met diverse filtermogelijkheden, waarmee gedurende een in te stellen tijd statistische verdelingen van de geluidniveaus gemaakt kunnen worden. Eventueel kan dit instrument in combinatie met onder P2 genoemde filter- en registratie-apparatuur toegepast worden. Zie figuur 2.



Figuur 2: Statistische analyse van kantoorgeluid.

P6 Frequentie-analysator: frequentie-analyse door middel van Fourier transformatie-methoden via een computer of specifiek daartoe geprogrammeerde processor.

6. WELKE GELUIDPARAMETERS ZIJN NODIG BIJ DE BEPALING VAN DE KANS OP GEHOORSCHADE ?

In deze paragraaf wordt een van de doelstellingen nader toegelicht en uitgewerkt. Dat hoge geluidsniveaus en impulsachtig geluid met hoge piekniveaus een grote kans op gehoorschade geven is bekend. Afhankelijk van de geluidexpositie kan reeds van te voren de kans op een gehoorbeschadiging voorspeld worden bij geluiden met een vrij constante sterkte en bij geluiden met een meer fluctuerend karakter. Anders ligt het echter bij geluiden met een impulsachtig karakter. Een relatie tussen de kans op gehoorbeschadiging en de mate van belasting bij dit laatste is nog niet voorhanden.

Resumerend kan gesteld worden dat het energie-equivalente A-gewogen geluidsniveau gemeten over een werkdag (van acht uur) in geval van constante en fluctuerende geluidbelasting een goede maat is voor de bepaling van de kans op een eventuele gehoorbeschadiging. Varieert dit equivalente geluidsniveau van dag tot dag dan kan in bepaalde gevallen uit de verschillende meetuitkomsten een resulterende waarde berekend worden.

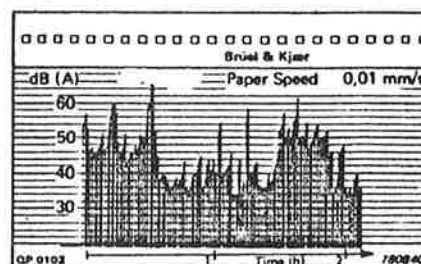
Zolang de effecten van impulsachtig geluid nog niet bekend zijn verdient het aanbeveling meer parameters omtrent de geluidbelasting te meten en/of te berekenen.

Naast het energie-equivalente geluidsniveau kunnen de volgende parameters belangrijk zijn :

- de piekhoogte van een impuls
- de impulsherhalingsfrequentie
- de frequentie-inhoud.

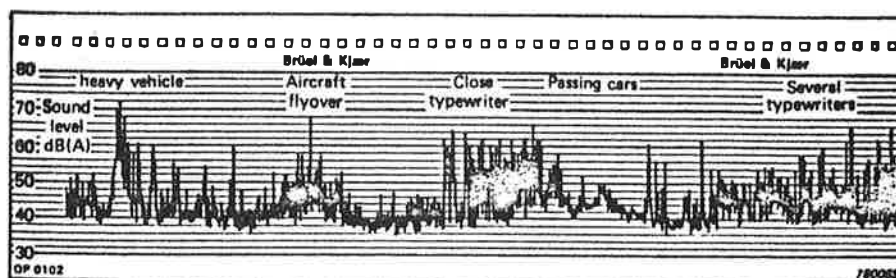
Hieronder geven wij nog een overzicht van belangrijke parameters:

PARAMETER	TOELICHTING
1. $L(AeqT)$	het A-gewogen equivalente geluidniveau over de periode T.
2. $L(max)$	maximum geluidniveau dat in een bepaalde periode optreedt. Mogelijk te meten met diverse meterresponsies.
3. $L(N)$	een statistische verdeling van het geluidniveau in een bepaalde periode (bv. werkdag). Dit kan geschieden op basis van het A-gewogen geluidniveau of het piekgeluidniveau. Voor de verdeling van de piekniveaus in een periode kan de meettijd waarover $L(max)$ bepaald wordt klein genomen worden (bv. 3x per seconde) of minder, afhankelijk van de impulsherhalingsfrequentie. De verdeling kan zijn in de vorm van een histogram (figuur 2) of zoals bij de verdeling van de piekniveaus veelal wordt toegepast in de vorm van een grafiek, waarbij de verschillende piekniveaus als functie van de tijd beschreven worden. Zie figuur 3.



Figuur 3: Verdeling van de piekniveaus als functie van de tijd.

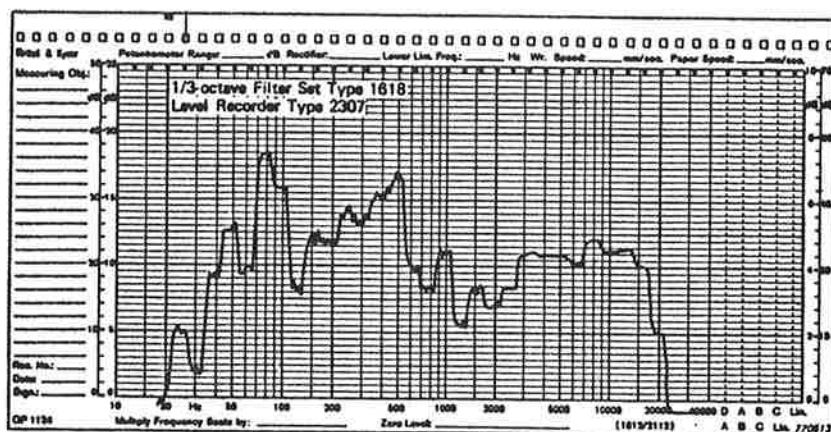
4. $L(Ax)$ het equivalente geluidniveau van 1 impuls genormeerd naar 1 seconde (Single Event Noise Exposure Level). Deze maat wordt alleen bij impulsachtige geluiden toegepast.
5. $L(A_t)$ het A-gewogen geluidniveau $L(A)$ als functie van de tijd. Zie figuur 4.



Figuur 4: Geluidniveau als functie van de tijd.

6. L(freq)

de frequentiesamenstelling van het geluid, te meten over diverse tijdintervallen. Deze parameter geeft het geluid-niveau als functie van de frequentie of bandbreedte. Oktaafband-, tertsband-, smalband- of spectraalanalyse behoren hierbij tot de mogelijkheden. Zie figuur 5.



Figuur 5: Tertsbandsanalyse

7. MEETMOGELIJKHEDEN IN DE PRAKTIJK

Op basis van eerder in dit rapport gemaakte opmerkingen is in onderstaande tabel de onderverdeling van de meest voorkomende geluiden, de daarbij belangrijke geluidparameters en de mogelijke meetmethode gegeven.

Figuur 6 geeft de combinaties van een aantal meet-c.q. registratie-instrumenten waarmee de meetmethoden genoemd in tabel 1 gerealiseerd kunnen worden. De nauwkeurigheid van de diverse geluidmeetinstrumenten moet voldoen aan de eisen gesteld in de IEC-normen [2].

TABEL 1: Overzicht van meetmethoden voor lawaai op de arbeidsplaats t.b.v. de berekening van de kans op gehoorschade.

soort geluid	te meten parameters		meetmethode			
			microfoonplaats			
			aan persoon		vast	
	noodzakelijk	meer inform.	noodzakelijk	meer inform.	noodzakelijk	meer inform.
Constant	1	6	M1	M2 *), M3	P1	P2/P3, P6
Fluctuerend	1, 2	3, 5, 6	M1	M2 *), M3	P4	P2/P3, P4, P5
Impulsachtig	1, 2, 4	3, 6	M1, M3	M2 *), M3	P3	P4, P5, P6

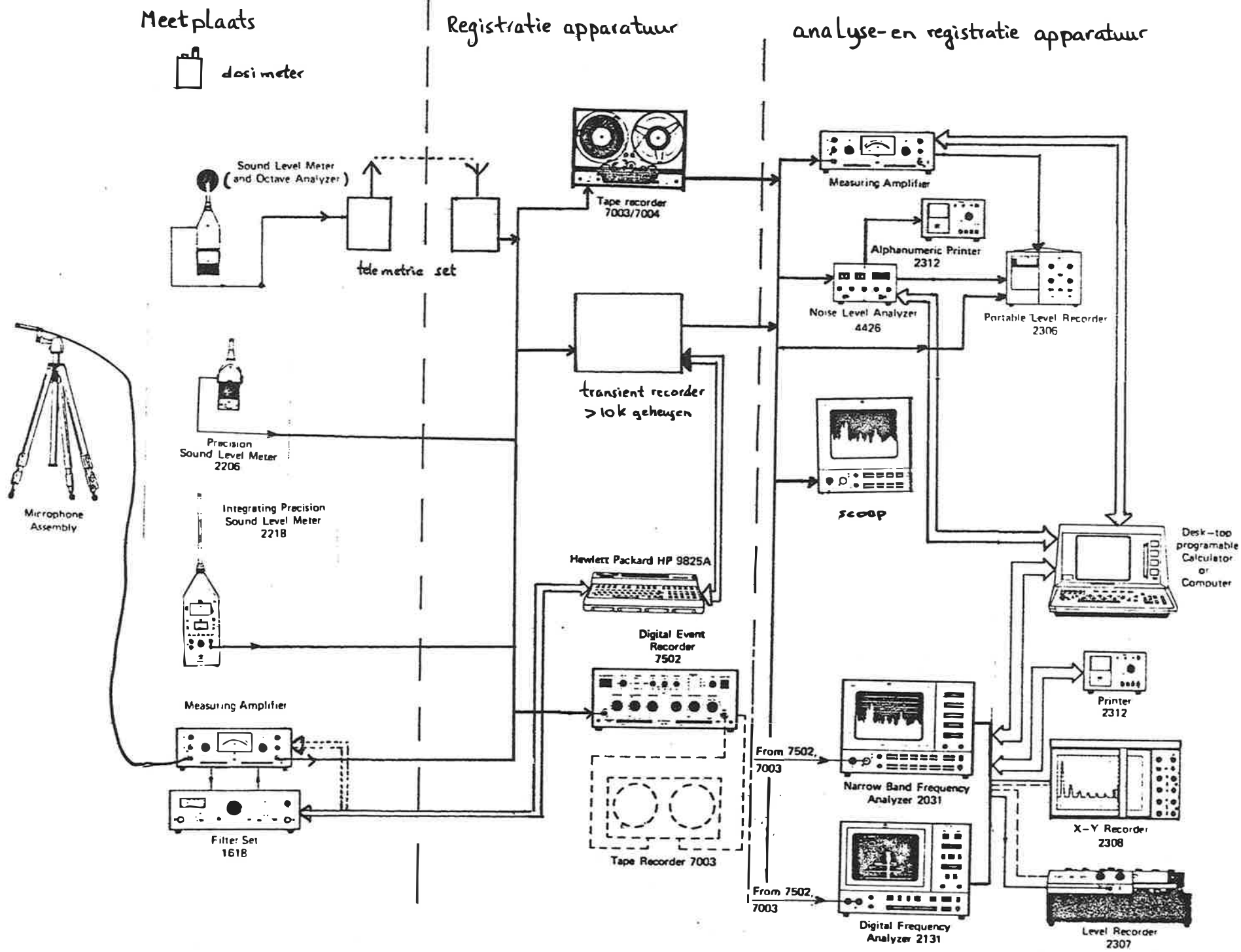
*)

Bij meetmethode M2 aan de man kunnen alle analyses van het geluid die onder P1 t/m P6 genoemd zijn, toegepast worden.

Opmerking bij toepassing van meetmethode M1:

De geluidsdosimeter beschikt over een oversturingsindicator die aangeeft dat het maximaal meetbare geluidniveau een of meermalen overschreden is tijdens de meetperiode. Bij de vitlezing dient men hiermee rekening te houden.

Figuur 6: Meetmogelijkheden in de praktijk.



8. LITERATUUR

- [1] Passchier-Vermeer, W.
Industrielawaai, schatting van het aantal
personen werkzaam in de Nederlandse indus-
trie, die op arbeidsplaatsen aan lawaai zijn
blootgesteld. Rapport B 347.
Delft, IMG-TNO, februari 1976.
- [2] International Electrotechnical Commission
IEC Standard,
Sound level meters. Publication 651.
First edition 1979.

N.B. De in dit rapport opgenomen figuren zijn
ontleend aan diverse publikaties van de
firma Brüel & Kjaer.