



**M+P | MBBM groep**  
**www.mp.nl**

*Mensen met oplossingen*

# Meten vs. modelleren: onzekerheden en verschillen

NAG bijeenkomst “onzekere akoestiek”

Utrecht, 11 januari 2017

*Bert Peeters*

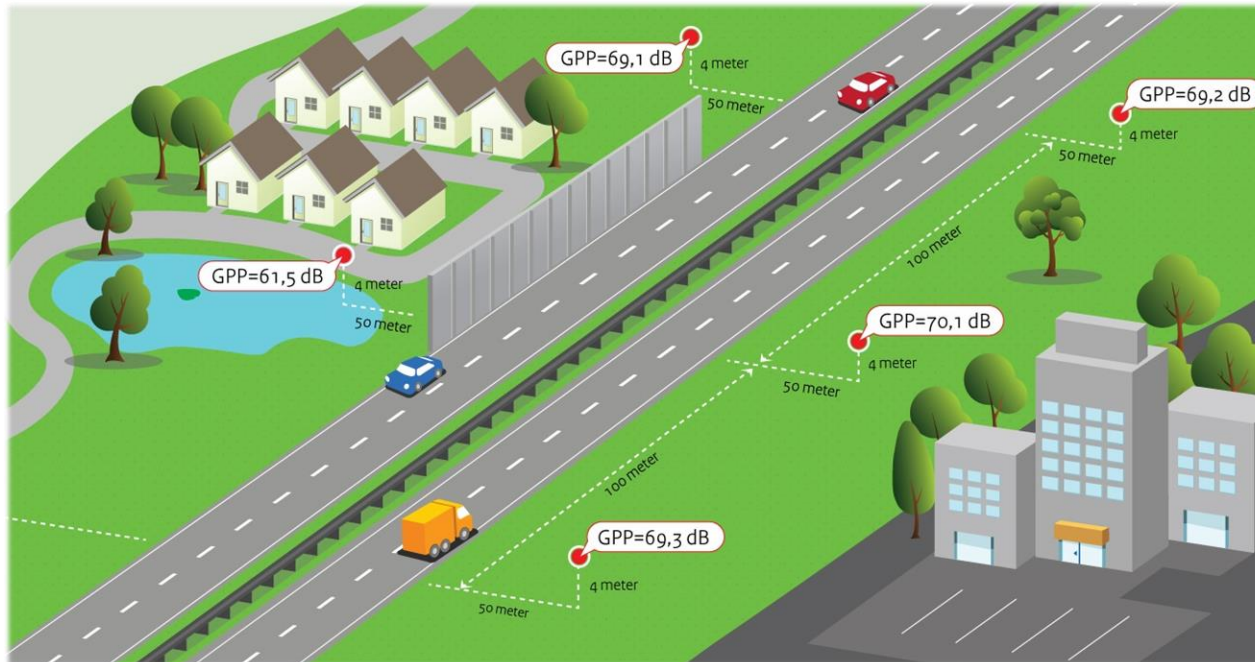
M+P



*bron: RWS nalevingsverslag 2015, foto: Tineke Dijkstra*

## De situatie

- geluidproductieplafonds langs rijkswegen (en spoorwegen)
  - referentiepunten  $\pm 50$  m afstand, om de 100 m
  - geluidproductieplafond = 'vergunde waarde' incl. werkruimte
- jaarlijks nalevingsverslag door Minister IenM
  - dreigende overschrijding  $\rightarrow$  geluidmaatregelen





## Nalevingsverslag geluidproductieplafonds

- vergelijking ‘actuele’ geluidproductie met geluidproductieplafond
  - berekening geluidproductie eind vorig jaar (2015)
    - geluidmodellering conform Rmg2012, bijlage V
    - geometrie, verkeersintensiteiten, wegdekken, schermen, etc.
  - validatie van rekensystematiek d.m.v. geluidmetingen
    - ‘motie Paulus Jansen’:  
*een verantwoording [...] waarbij de validatie in ieder geval plaatsvindt middels steekproefsgewijze metingen door een onafhankelijke partij [...], bijvoorbeeld het RIVM*



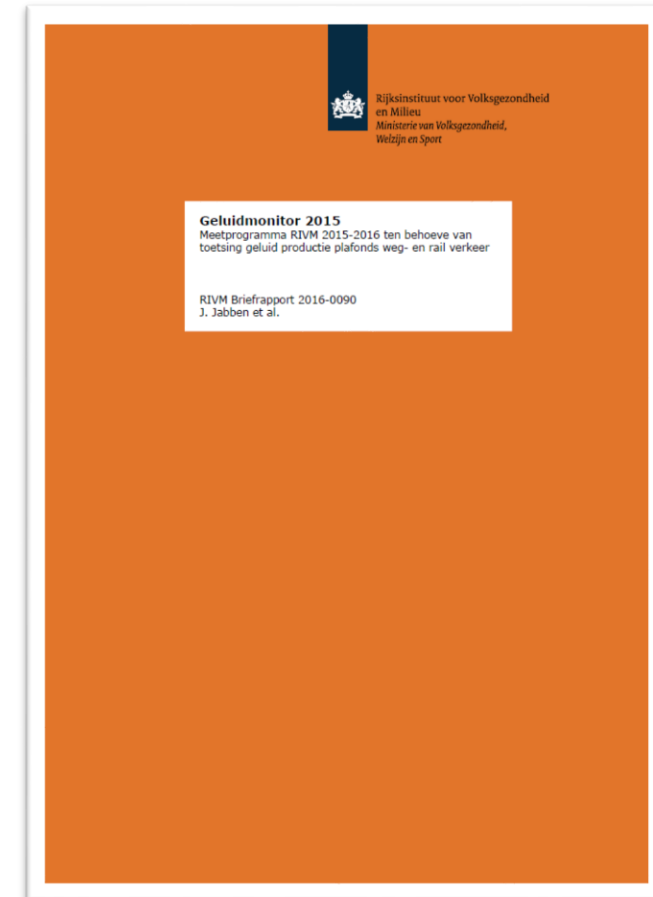
Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport





# RIVM Geluidmonitor

- validatie berekende  $L_{den}$  d.m.v. langdurige geluidmetingen
  - 45 meetlocaties langs rijkswegen (+ 46 langs spoor)



jaarlijks rapport (sinds 2000!)  
beschikbaar op [www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)



## Doel van deze presentatie

### 1. voorbeeld:

- Hoe definieer je 'onnauwkeurigheid' voor metingen en modelberekeningen?
- Hoe bepaal de de onnauwkeurigheid voor beide waarden?
- Wanneer is er sprake van een afwijking?

### 2. actueel en relevant probleem:

- RWS en ProRail worden steeds vaker geconfronteerd met geluidmetingen
  - omgeving wantrouwt modellen en prefereert meetresultaten
  - metingen worden goedkoper en breder beschikbaar
- RIVM 'worstelt' met het probleem
  - bij invulling Geluidmonitor en paragraaf nalevingsverslag
  - als beheerder Reken- en meetvoorschrift geluid

#### Wijkraden Rosmalen zetten crowdfunding in voor eigen geluidsmeting A59

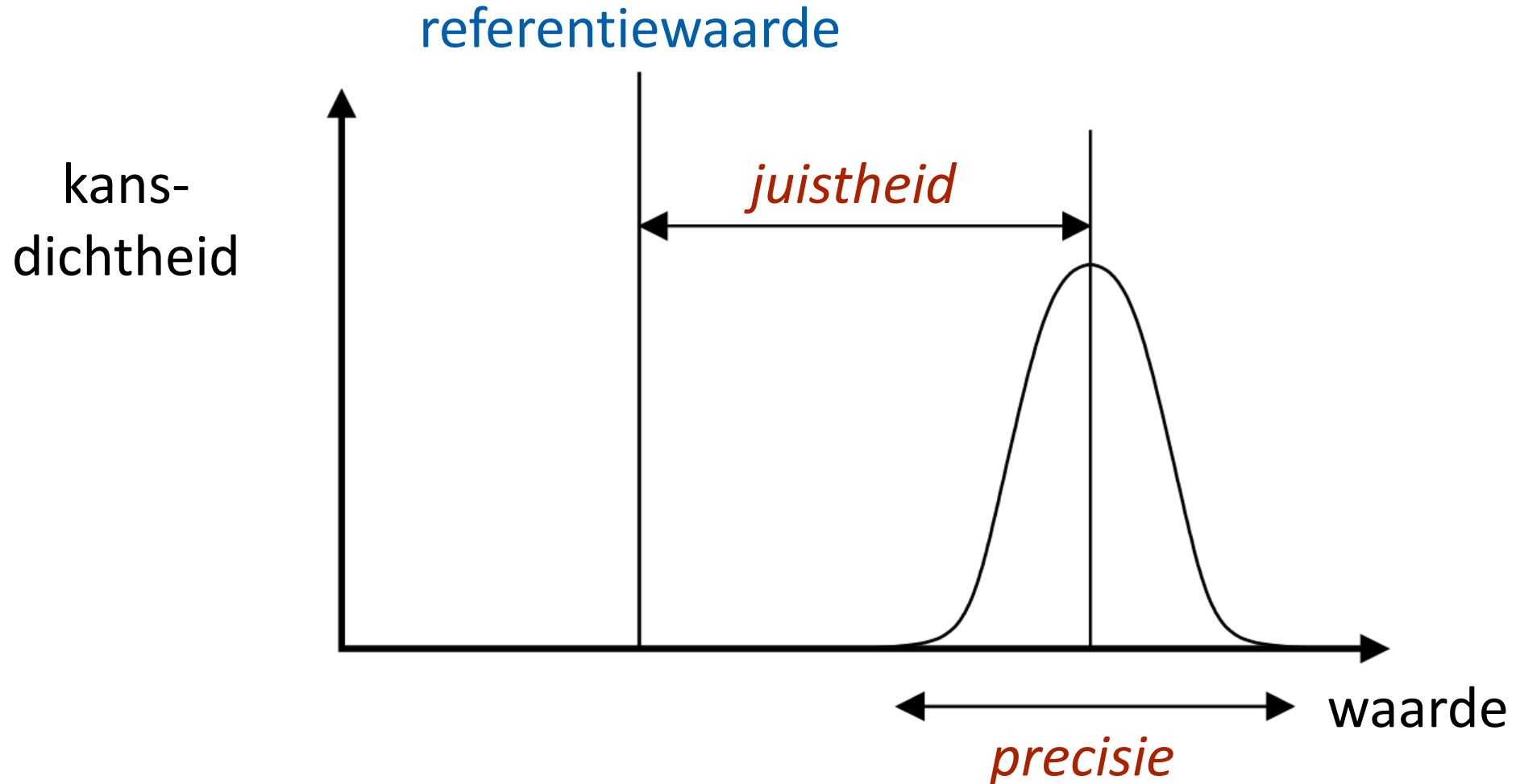
22 december 2016 | Laatste update: 22 december, 14:06



ROSMALEN - De wijkraden Sparrenburg, Molenhoek en Maliskamp starten een crowdfundingactie om de kosten van een eigen geluidsonderzoek bij de A59 te bekostigen.

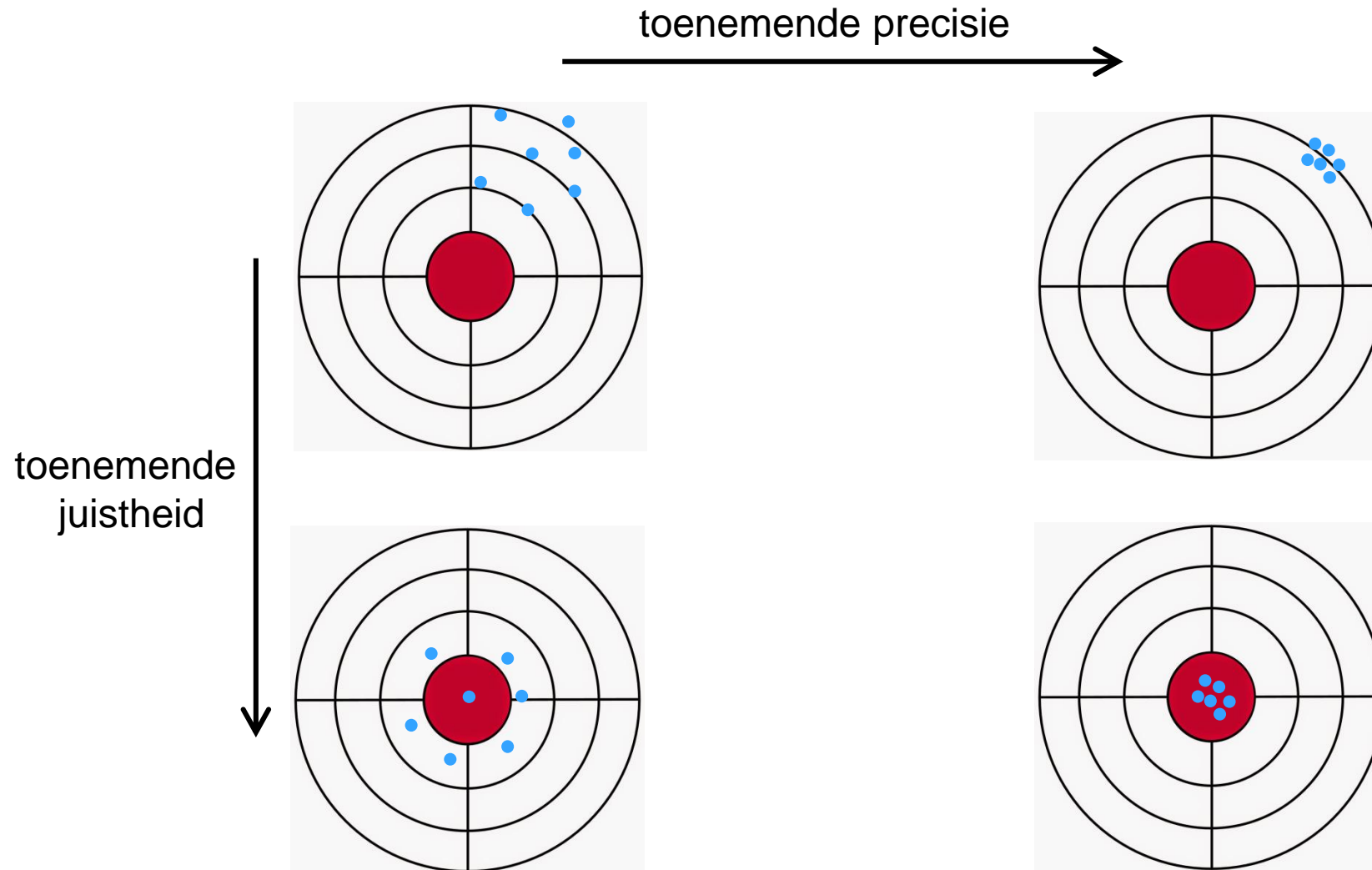


## Onnauwkeurigheid: juistheid en precisie (ISO 5725)



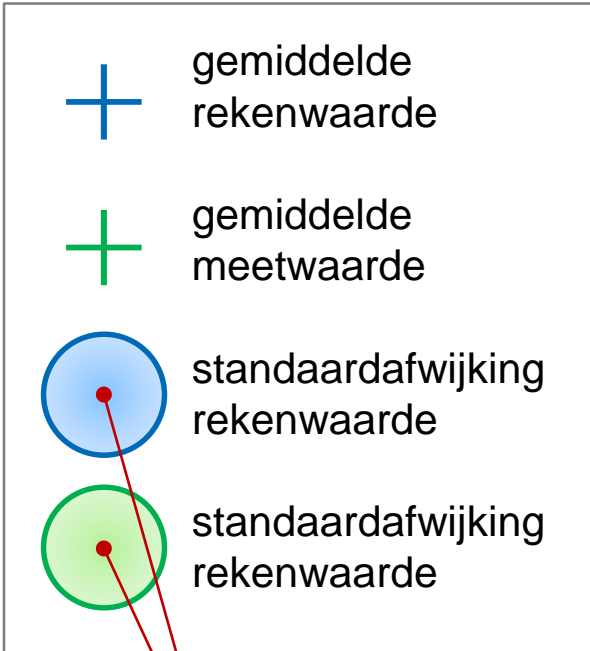


# Onnauwkeurigheid: juistheid en precisie (ISO 5725)

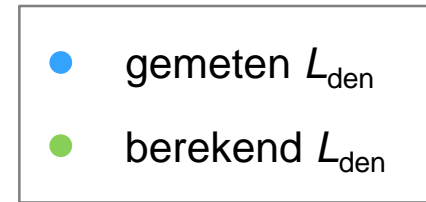
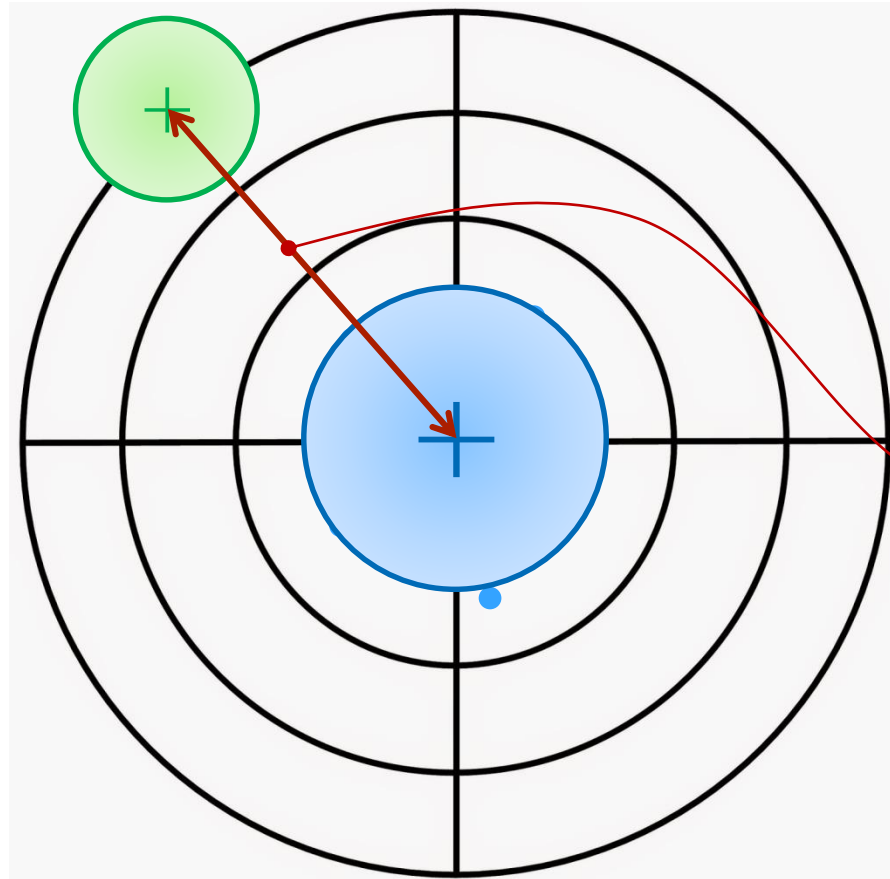




# Metten vs. modelleren: juistheid en precisie



precisie  
*toevallige fouten*



juistheid  
*systematische fouten*

**Uitgangspunt**  
meetwaarde = werkelijke waarde  
(a.k.a. "meten is weten")





## Precisie van modelberekeningen

- onderzoek “*kwaliteitseisen geluidregister*” (M+P 2013)
  - met dank aan Rijkswaterstaat, afd. centrale informatievoorziening (CIV)
- onnauwkeurigheid berekende geluidproductie door **afwijkingen invoerdata**, o.a.:
  - positie rijlijnen ( $x$ ,  $y$  en  $z$ )
  - positie en hoogte geluidschermen
  - verkeersintensiteiten en maximumsnelheden
  - wegdektype
- meeste bestanden kennen **specificaties** voor nauwkeurigheid
  - bijvoorbeeld: 95% van de rijlijnen ligt binnen 10 m
  - zo niet, dan is een aanname gedaan over het foutenpercentage
- M+P heeft **gevoeligheid** van berekend gpp bepaald voor elke invoerparameter (GUM)



## Precisie van modelberekeningen: gevoeligheidsfactoren (1)

### totale verkeersintensiteit

- $10 * \log_{10}(Q)$
- binnen bereik vrijwel lineair
- gevoeligheid: **0,044 dB / %**
- standaardafwijking intensiteit: 8,2 %
- totale standaardafwijking: **0,36 dB**

### wegdektype (onjuiste $C_{\text{wegdek}}$ correctie)

- gevoeligheid: **1 dB/dB**
- aanname: 5% fouten per km
- fouten verdeeld volgens verdeling wegdektype geluidregister
- totale standaardafwijking: **0,93 dB**

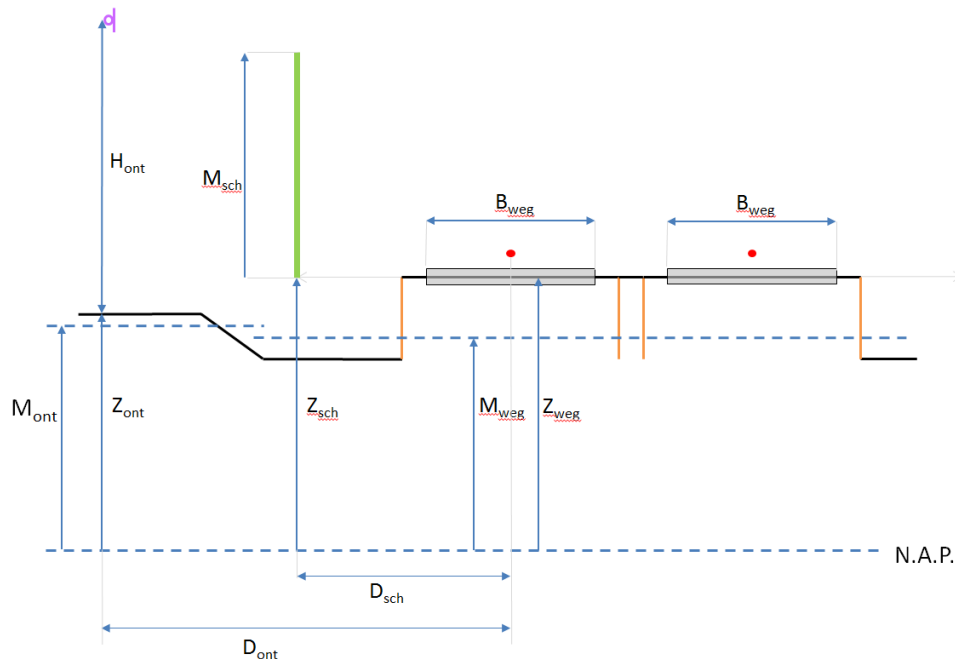
	kans	fout [dB]
géén fout	95.00%	
DAB/ZOAB	1.69%	2.4
DAB/DGD	0.02%	3.8
DAB/2LZOAB	0.63%	5
ZOAB/DGD	0.06%	1.4
ZOAB/2LZOAB	2.58%	2.6
DGD/2LZOAB	0.02%	1.2
totaal	100.00%	



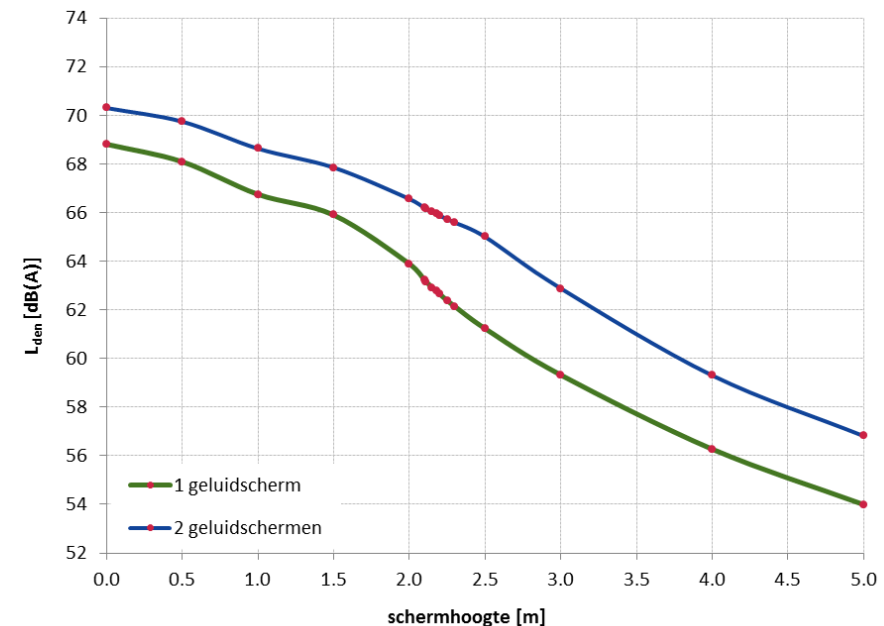
# Precisie van modelberekeningen: gevoeligheidsfactoren (2)

## hoogte geluidschermen

- geluidmodel SRM2
- geometrische 'standaardsituatie'
- geluidniveau als functie van schermhoogte



- lineaire benadering: **-2,9 dB/m**
- standaardafwijking hoogte: 0,16 m
- totale standaardafwijking: **0,46 dB**





# Precisie van modelberekeningen: onzekerheidsbudget

soort	% fouten	std. afw.	eenheid	gevoeligheid	st.dev.	% areaal	variantie
		xi		[dB/eenheid]	Lden [dB]		Lden [dB]
<b>Emissie</b>							
intensiteiten							
totale etmaalintensiteit hoofdrijbaan		8.2 %		0.044	0.361	100%	0.131
aandeel avond/nachtperiode		0 %		0.04	0.000	100%	0.000
aandeel zwaar verkeer		10 %		0.026	0.260	100%	0.068
intensiteiten toe-en afritten tov hoofdrijbaan		39.8 %		0.012	0.478	15.15%	0.035
snelheid							
fout in max snelheid in bronbestand	5%	11.7 km/h		0.038	0.445	100%	0.198
wegdektype							
wegdekcorrectie	5%	0.93 dB		1.00	0.931	100%	0.867
verkeerde bodemfactor	5%	0.044 dB		1.00	0.044	100%	0.002
<b>Geometrie</b>							
weg							
breedte	5%			2.9	0.464	12.65%	0.027
horizontale ligging rijlijn							
hoogte t.o.v. maaiveld							
scherm							
hoogte (= M-waarde)		0.16 m		2.9	0.464	12.65%	0.027
horizontale ligging		0.25 m		0.28	0.070	12.65%	0.001
<b>Modellering</b>							
reflectiefactor van een scherm	3%	0.12 -		2.8	0.345	12.65%	0.015
profielcorrectie van een scherm	3%	0.48 dB		1	0.485	12.65%	0.030
zwevende weg	5%	0.21 dB		1	0.210	1.99%	0.001

- conform GUM-methode

$$u_c^2(L) = \sum_{i=1}^N \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)$$

- bepalen standaardafwijking en gevoeligheid
- optellen van varianties
- correctiefactor voor % van het areaal
  - geluidschermen staan langs 12,65% van het areaal



## Precisie van modelberekeningen: resultaat

- resultaat:
  - standaardafwijking geluidproductie = 1,4 dB
  - 95% betrouwbaarheid =  $\pm 2,7$  dB
  
- getallen gaan uit van:
  - het **absolute** gpp voor een **willekeurig** referentiepunt
  - de situatie dat **alle** invoerbestanden helemaal **opnieuw** worden ingewonnen
  
- in praktijk **kleinere** marges, want:
  - van jaar tot jaar wijzigen slechts beperkt invoergegevens
  - voor concrete situatie vallen onzekerheden af
    - bijvoorbeeld: wel/geen scherm, wegdektype, maximumsnelheid

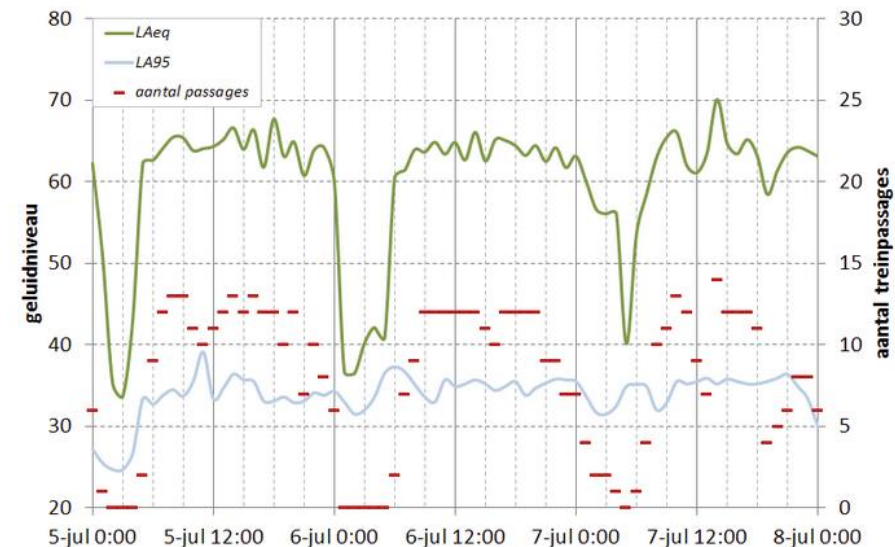
### disclaimer:

- betreft situatie 2012
- RWS werkt continu aan verbetering



## Precisie van geluidmetingen: uitgangspunten RIVM

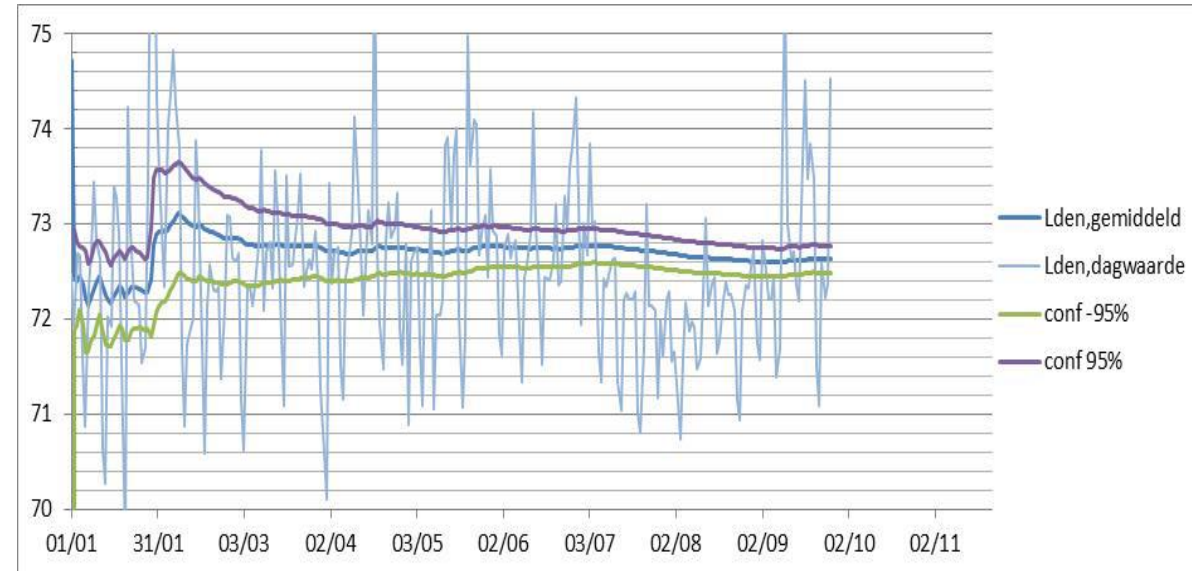
- geluidmeetnet voor validatie gpp's:
  - voldoende omvang en representativiteit (binnen beschikbare middelen)
  - diversiteit in type snelwegen, wegdektype, ruimtelijke spreiding
  - “poldersituaties”, zonder gebouwen, geluidschermen, andere wegen of geluidbronnen
- 45 geluidmeetposten langs rijkswegen
  - grotendeels class II apparatuur
  - goedkoper dan class I, snel inzetbaar en flexibel
- continu meten: meeste locaties > half jaar
- metingen bij harde wind (> 5 m/s) worden niet meegenomen





## Precisie van geluidmetingen: meetonzekerheden

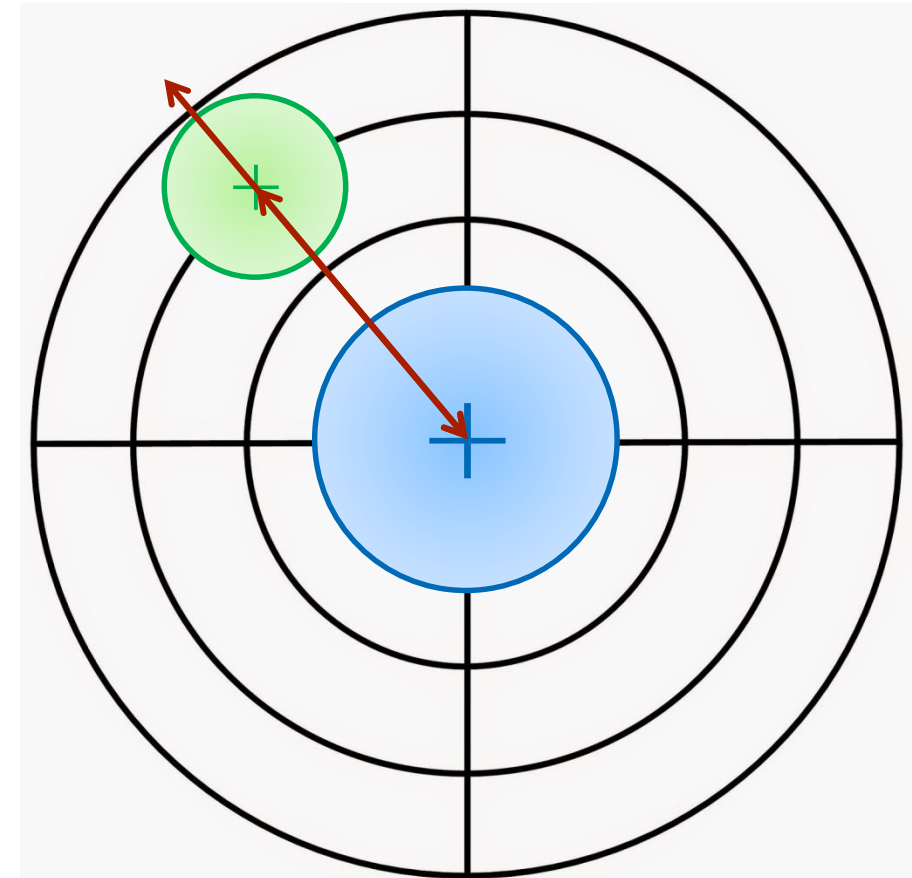
- onzekerheid apparatuur (95%-niveau):
  - class I geluidmeters:  $\pm 1$  dB
  - class II geluidmeters:  $\pm 2$  dB
- statistische onzekerheid
  - $L_{den}$  jaargemiddeld:  $\pm 0,2$  dB
- onzekerheid in overdracht:
  - meting niet exact op het referentiepunt
  - correctie met overdrachtsberekening
  - onzekerheid: 0 tot 1,5 dB
- onzekerheid door stoorgeluid
  - verwaarloosbaar voor de geselecteerde locaties



*totale  
onzekerheid:*  
 **$\pm 2,5$  dB (95%)**

## Juistheid metingen vs. berekeningen

- precisie metingen:
  - $\pm 2,5$  dB (95% betrouwbaarheid)
  - $\pm 1,25$  dB standaardafwijking
- precisie berekeningen:
  - $\pm 1,4$  dB standaardafwijking
- statistische toets juistheid:
  - wanneer wijkt verschil meting – berekening significant af van 0?
- statistische toets (95% betrouwbaarheid):
  - tweezijdig: verschil  $> +3,7$  dB of  $< -3,7$  dB
  - eenzijdig: verschil  $> +3,1$  dB

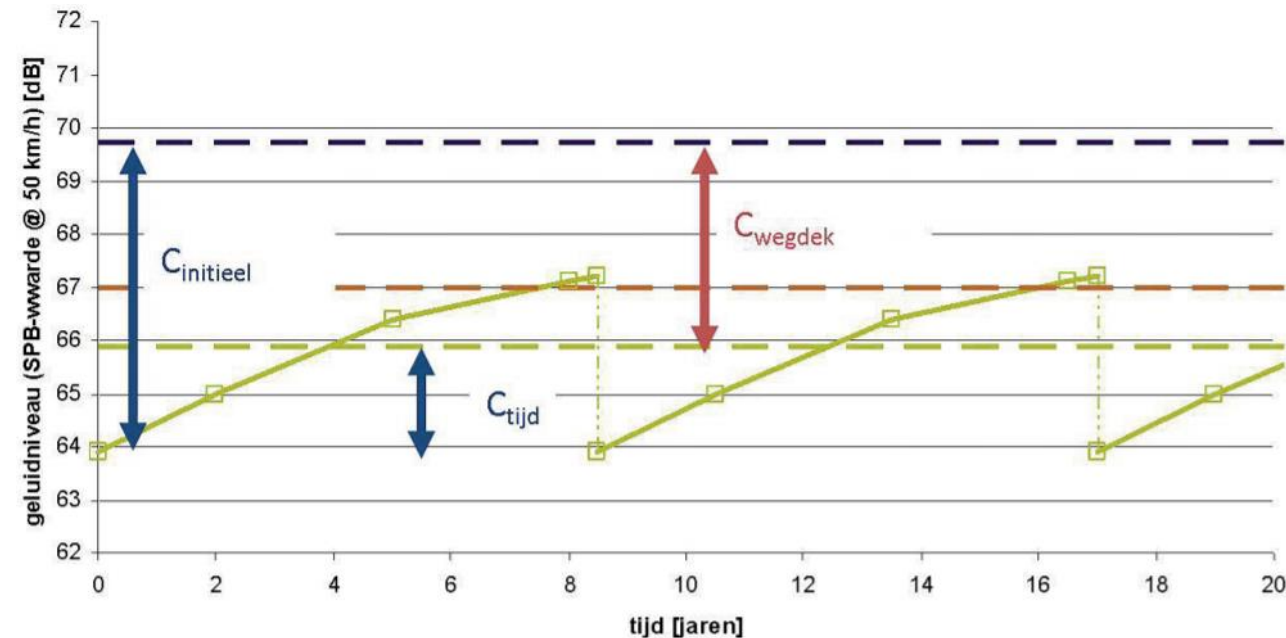






## Juistheid metingen vs. berekeningen: systematische fouten

- juistheid: *systematische* fouten
  - weersomstandigheden:
    - model gaat uit van **droog weer en 20 °C**
    - ook invloed **windrichting** (afwijking van NL-gemiddelde windroos)
  - 'stille banden' aftrek: 1 à 2 dB
  - wegdek: model gaat uit van **levensduurgemiddelde** geluidreductie
  - model is **vereenvoudiging** van (geometrische) werkelijkheid

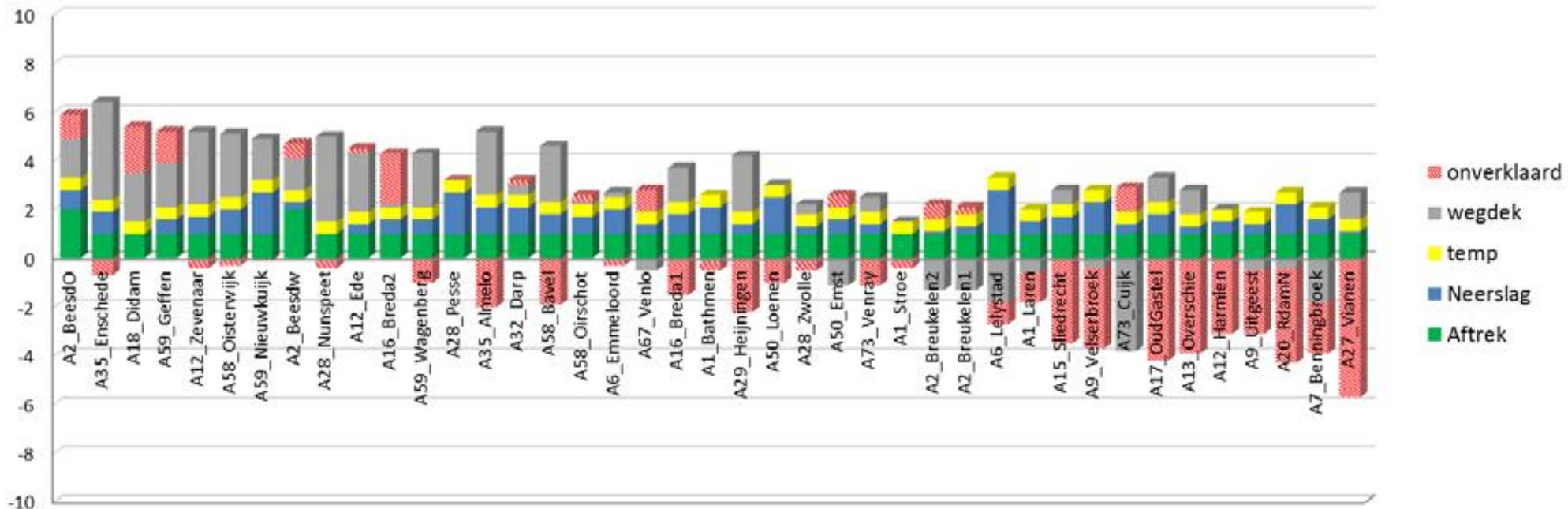




## Juistheid metingen vs. berekeningen: systematische fouten

- voor sommige systematische fouten kun je **corrigeren**, o.a.:
  - temperatuurcorrectie
  - actuele geluidreductie wegdek door aanvullende metingen
- RIVM geeft goed voorbeeld hoe dat kan (maar nog géén correctie modelwaarde)

Verschillen meten - rekenen in dB





## Conclusies

- systematiek geluidproductieplafonds op basis van modelberekeningen
- validatie door langdurige geluidmetingen
- **precisie** is beperkt door toevallige fouten
  - óók voor modelberekening, door beperkte nauwkeurigheid invoerdata
- doel van validatie is vaststellen **juistheid**
  - daarvoor moet precisie van model en meting bekend zijn
- juistheid kan worden verhoogd door **correctie** systematische fouten



## Aanbevelingen

- protocol hoe om te gaan met verschillen metingen en berekeningen
  - goed beschrijven juiste **meetmethode**, incl. bepaling precisie
  - vaststellen precisie modelberekening
    - bepalen onzekerheidsbudget o.b.v. **locatiespecifieke** gegevens
    - verkleinen door **wegnemen** onzekerheden (bijv. nameten geometrie weg/scherf)
  - vastleggen statistische toets t.b.v. juistheid
  
- onderzoeken evt. **aanvullende correcties** voor systematische fouten in Rmg2012

## Bedankt!

- [bertpeeters@mp.nl](mailto:bertpeeters@mp.nl)
- [www.mp.nl](http://www.mp.nl)
- 073 - 6589050

