

26 september 2007

De correctheid van de gasmeting bij kleinverbruikers

Fase 1

26 september 2007

De correctheid van de gasmeting bij kleinverbruikers

Fase 1

© 2007 Kiwa N.V.
All rights reserved. No part of
this book may be reproduced,
stored in a database or
retrieval system, or published,
in any form or in any way,
electronically, mechanically,
by print, photoprint, microfilm
or any other means without
prior written permission from
the publisher.

Gastec Technology B.V.

Wilmersdorf 50
P.O. Box 137
7300 AC Apeldoorn
The Netherlands

Tel. +31 55 539 32 52
Fax +31 55 539 32 23
www.kiwa.nl

Colofon

Title

De correctheid van de gasmeting bij
kleinverbruikers
Fase 1

Projectnummer

GT-071573

Project manager

Ing. W. Brouwer

Quality Assurance

Prof. Dr. Ir. M. Wolters

Author(s)

ing. W. Brouwer, Dr.ir. K. Pulles, ir. W. van
Heugten, ing. G. van Schagen, Dr. E. Polman

Dit rapport is gemaakt in opdracht van DTe.

Samenvatting

Dit rapport beschrijft de resultaten van de eerste fase van het onderzoek naar de correctheid van de gasmeting bij kleinverbruikers. Meer specifiek betreft het hierbij de correctheid in de meting van de balgengasmeters bij kleinverbruikers en de daarbij behorende methode van volumeherleiding. Naar aanleiding van publicaties van de firma Anmar zijn vragen gesteld over de correctheid van de gasmeting bij kleinverbruikers.

Het door een gasmeter gemeten volume onder bedrijfsomstandigheden (bij heersende gasdruk en gastemperatuur) wordt bij kleinverbruikers voor de verrekening herleid naar normaalcondities (1,01325 bar en 0 °C) volgens de zogenaamde 7 gradenmethode. Bij deze methode wordt verondersteld dat de gemiddelde gastemperatuur in de gasmeter 7 °C bedraagt en de gemiddelde leveringsdruk ca. 28 mbar (overdruk). In dat geval is volgens de wet van Boyle Gay Lussac het gemeten volume onder bedrijfsomstandigheden (aanname 28 mbar overdruk en 7 °C) gelijk aan het volume uitgedrukt onder normaalcondities.

Indien de werkelijk gastemperatuur, gemiddeld over een jaar beschouwd en gewogen naar afname, systematisch verschilt ten opzicht van 7 °C wordt er een systematische fout in de volumeherleiding geïntroduceerd. Dit geldt ook indien de gemiddelde atmosferische druk afwijkt van 1,01325 bar en de gemiddelde leveringsdruk (overdruk) afwijkt van 28 mbar.

Om deze effecten in de praktijk goed te kunnen inschatten is een theoretische analyse gemaakt van de opwarmingsnelheid van gedistribueerd aardgas, de situatie van de gasmeter ten opzichte van de plek waar het gas de ondergrond verlaat, (gedifferentieerd naar laag- en hoogbouwwooningen), de invloed van de gasdruk en de invloed van de luchtdruk. De opwarming van het gas vanaf de plek waar het gas de ondergrond verlaat naar de gasmeter, is door middel van laboratoriumproeven vastgesteld. Het metrologisch functioneren van de balgengasmeters is beoordeeld op grond van de resultaten van controlemetingen van deze meters.

Tenslotte is het onderzoeksrapport van de firma AnMar van maart 2007, over het functioneren van huishoudelijke gasmeters, beoordeeld.

Uit een theoretische analyse naar druk- en temperatureffecten blijkt dat een variërende luchtdruk gemiddeld een invloed van ca. -0,4 % (voordeel consument) heeft ten opzichte van de aanname die gedaan wordt bij de 7 graden methode.

Uit de theoretische analyse kan opgemaakt worden dat de gemiddelde gastemperatuur in de gasmeter hoger is dan 7 °C. De opwarming van het gas zal, gelet op de snelle warmte-uitwisseling met de omgevingslucht, gemiddeld gezien tot een positieve fout in de volumeherleiding leiden (nadeel kleinverbruiker).

De resultaten van laboratoriumproeven geven een snellere warmte-uitwisseling dan berekend met het theoretische model. Bij de berekeningen met het model is uitgegaan van de ongunstigste situatie (geen ventilatie). Indien dezelfde berekeningen worden uitgevoerd met luchtstroming om de gasleiding, dan zijn de resultaten vergelijkbaar met die van de laboratoriumproeven. De resultaten van het model zijn kwalitatief in overeenstemming met die van de laboratoriumproeven. Op basis van de resultaten van de theoretische analyse en de laboratoriumproeven lijkt er sprake van opwarming van gas in het leidingtracé vanaf de plek waar het gas de ondergrond verlaat tot aan de gasmeter. Dit geeft aanleiding tot een positieve fout in de volumeherleiding (7 °C aanname) van tenminste 1 % (nadeel kleinverbruiker).

Uit onderzoek naar het metrologisch functioneren van balgengasmeters blijkt dat de gemiddelde miswijzing van de in Nederland bij de kleinverbruikers in gebruik zijnde balgengasmeters tussen -0,17% (hoge afname) en +0,92% (lage afname) ligt. De miswijzingen van de individuele balgengasmeters liggen ruim binnen de IJkwettelijke nauwkeurigheidsgrenzen.

De door AnMar getrokken conclusies en aanbevelingen zijn gebaseerd op proefnemingen die qua uitvoering en omvang niet representatief zijn voor de (gemiddelde) gasmeting bij de kleinverbruikers in Nederland.

In fase 2 van dit onderzoek (veldonderzoek) zal door middel van metingen de grootte van de in dit rapport vermelde meetwijkingen nader worden vastgesteld voor de verschillende kleinverbruikercategorieën.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	1
	Inhoudsopgave	3
1	Inleiding	5
2	Theoretische analyse van de opwarmsnelheid, gasdruk en luchtdruk	7
2.1	Onderzoeksvragen voor de theoretische analyse	7
2.2	Welke factoren spelen een rol bij de opwarming van gedistribueerd aardgas?	7
2.3	In hoeverre vindt opwarming cq. afkoeling van het gas plaats over het leidingtraject vanaf het gasontvangstation tot de plek waar het gas de ondergrond in de woning binnentreedt?	8
2.4	Wat is het gemiddelde effect van opwarming van het gas op het gemeten volume?	11
2.5	Wat zijn de gedifferentieerde effecten voor de diverse typen laag- en hoogbouwwooningen?	12
2.6	Wat is de invloed van de gasdruk, alsook van de heersende luchtdruk op het gemeten gasvolume?	12
2.6.1	Effect van overdruk	12
2.6.2	Effect van de luchtdruk	13
2.7	Conclusies uit het toegepaste theoretische model voor de 7-gradenmethode	14
3	Laboratoriumproeven aan het opwarmeffect	15
3.1	Opzet van de metingen.	15
3.2	Uitvoering van de metingen	16
3.3	Meetresultaten	18
3.4	Conclusies	19
4	Het metrologisch functioneren van huishoudelijke gasmeters	20
4.1	Controle en toezicht van balgengasmeters	20
4.1.1	Afspraken	20
4.2	Resultaten controlemetingen	21
4.3	ijkwettelijke afkeurgrenzen	22
4.4	Conclusies	22
5	Beoordeling van de AnMar rapporten	23
5.1	Beoordeling publicatie van AnMar van maart 2007	23
5.2	Reactie op de publicatie van AnMar van 15 juni 2007	26
6	Conclusies	28

I	Begrippenlijst	30
II	Model opwarming gas	31

1 Inleiding

Vrijwel alle gasmeters toegepast bij kleinverbruikers van gas zijn van het type balgengasmeter. In de Meetvoorwaarden Gas staat de voor deze verbruikerscategorie toegepaste volumeherleidingsmethode beschreven. Deze methode wordt de 7 gradenmethode genoemd. Bij deze volume herleidingmethode wordt verondersteld dat de gewogen gemiddelde gastemperatuur (in de meter) 7 °C bedraagt en de gewogen gemiddelde gasdruk overeenkomt met de nominale leveringsdruk van ca. 28 mbar, vermeerderd met 1013,25 millibar.

Indien deze aanname omtrent de leveringsdruk en leveringstemperatuur van het gas in de gasmeter juist is kan volgens de wet van Boyle Gay Lussac berekend worden dat het door de gasmeter gemeten volume onder bedrijfsomstandigheden (aanname gemiddeld 28 mbar overdruk en 7 °C) overeenkomt met hetzelfde volume, echter uitgedrukt onder normaalcondities (1,01325 ba en 0 °C). Het volume onder normaalcondities is het volume waarop wordt verrekend en is in dat geval gelijk aan het volume aangewezen door de gasmeter.

De 7 gradenmethode wordt in een onderzoeksrapport van AnMar Research Laboratories ter discussie gesteld. In dit onderzoeksrapport wordt zowel het functioneren van balgengasmeters als de correctheid van de 7 graden methode, in twijfel getrokken. Naar aanleiding van dit rapport zijn vragen gesteld over de juistheid van de gasmeting bij kleinverbruikers van gas.

Kiwa Gas Technology voert in opdracht van de DTe onderzoek uit naar de correctheid van de meting door balgengasmeters en de bijbehorende volumeherleiding bij kleinverbruikers van gas.

Het onderzoek is opgebouwd uit twee fasen.

In dit rapport zijn de resultaten van fase 1 van het onderzoek samengevat. In fase 1 is een theoretische analyse uitgevoerd naar de opwarmsnelheid van het gedistribueerde aardgas, de situering van de gasmeter ten opzichte van de plek waar de aanvoergasleiding de ondergrond verlaat, gedifferentieerd naar laag- en hoogbouwwooningen, de invloed van de gasdruk en de invloed van de luchtdruk. De opwarming/afkoeling van het gas vanaf de plek waar de aanvoergasleiding de ondergrond verlaat tot aan de gasmeter, is met laboratoriumproeven gemeten.

Tevens is het metrologisch functioneren (nauwkeurigheid) van de balgengasmeters beoordeeld op grond van de resultaten van een groot aantal controlemetingen van deze meters.

Tot slotte is in fase 1 van dit onderzoek het onderzoeksrapport van Anmar, over het functioneren van huishoudelijke gasmeters, beoordeeld.

In fase 2 zal een veldonderzoek plaatsvinden waarbij door middel van metingen de feitelijke fouten in de gasmeting als gevolg van temperatuurverschillen en drukverschillen zullen worden vastgesteld.

Op basis van de resultaten van dit onderzoek kan de kwaliteit (nauwkeurigheid) van de balgengasmeters en de bijbehorende volumeherleiding bij kleinverbruikers worden beoordeeld en kunnen eventuele aanbevelingen voor verbeteringen worden opgesteld. In dit rapport worden de onderzoeksresultaten van fase 1 beschreven.

2 Theoretische analyse van de opwarmingsnelheid, gasdruk en luchtdruk

De 7 gradenmethode is een volumeherleidingsmethode welke wordt toegepast bij kleinverbruikers van gas. De methode is beschreven in hoofdstuk 1 (Inleiding) van dit rapport.

Bij deze methode wordt verondersteld (aanname) dat de gemiddelde leveringsdruk van het gas in de gasmeter ca. 28 mbar bedraagt, de gemiddelde atmosferische druk 1,01325 bar bedraagt en de gemiddelde gastemperatuur in de gasmeter 7 °C bedraagt. Met een theoretisch model zijn alle factoren die de temperatuur en de druk van het gas beïnvloeden gekwantificeerd.

2.1 Onderzoeksvragen voor de theoretische analyse

De theoretische analyse dient antwoord te geven op de volgende vragen:

- Wat is de opwarmingsnelheid van het gedistribueerde aardgas?
- In hoeverre vindt opwarming c.q. afkoeling van het gas plaats over het leidingtraject vanaf het gasontvangststation naar de plek waar het gas de ondergrond in de woning binnentreedt?
- Hoe is de gasmeter gesitueerd ten opzichte van de plek waar het gas de ondergrond in de woning binnentreedt? Hierbij zal gedifferentieerd worden voor typen laag- en hoogbouwoningen.
- Wat is het opwarmeffect van het gas vanaf de plek waar het gas de ondergrond in de woning binnentreedt tot aan de gasmeter?
- Wat is de invloed van de gasdruk, alsook van de heersende luchtdruk op de gasmeting?

De opwarmingsnelheid van het gas in een gasbuis, door de omgeving, is daarnaast ook gemeten met laboratoriumproeven (zie hoofdstuk 3).

Tenzij anders vermeld zijn de natuurkundige formules in dit hoofdstuk afkomstig uit PBNA Polytechnisch Zakboek 47e druk.

2.2 Welke factoren spelen een rol bij de opwarming van gedistribueerd aardgas?

De opwarmingsnelheid van het gas in de distributieleiding in de grond is afhankelijk van een aantal factoren, te weten:

- het gas wisselt zijn warmte uit met de buiswand. De warmte-uitwisselingscoëfficiënt is een functie van de gassnelheid en de buisdiameter (en in geringe mate een functie van de wandruwheid en aanwezige bochten);
- de buisbinnenwand wisselt warmte uit met de buisbuitenwand via het buismateriaal. Deze warmte-uitwisseling is uiteraard afhankelijk van het buismateriaal. Bij de gasdistributie wordt grotendeels staal of PE voor het middendruknet (8 - 1 bar) en grotendeels PVC of PE voor het lagedruknet (100 of 30 millibar) gebruikt. Bij aansluitleidingen wordt ook wel gebruik gemaakt van PE bekleed staal.

- de buiswand wisselt warmte uit met de grond. Deze warmte-uitwisseling is een functie van de grondsoort (zand, klei of veen) en in zekere mate ook van het watergehalte van de grond.
- de grond wisselt warmte uit met de atmosfeer. De snelheid van de warmte-uitwisseling is een functie van de windsnelheid.

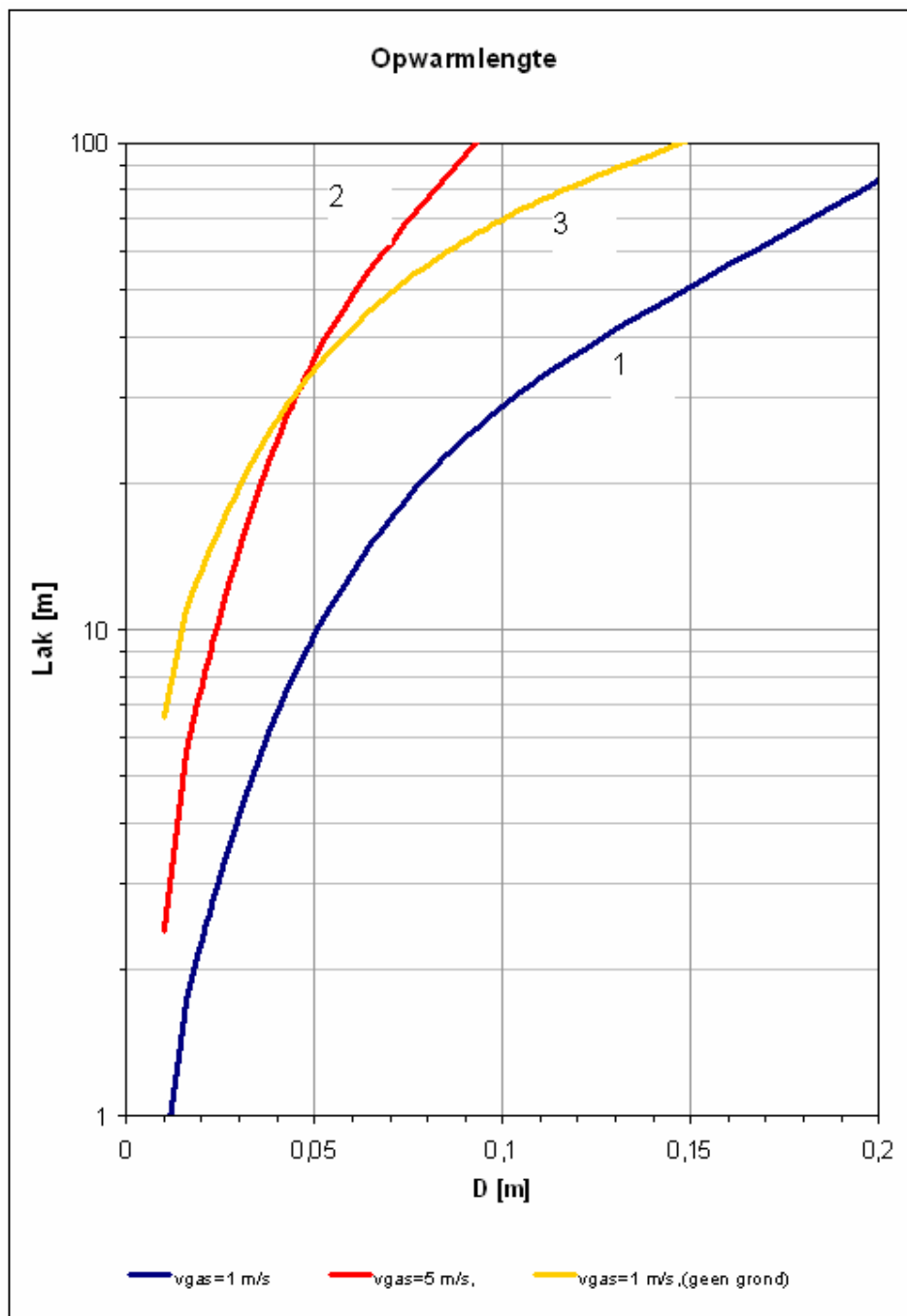
2.3 In hoeverre vindt opwarming cq. afkoeling van het gas plaats over het leidingtraject vanaf het gasontvangstation tot de plek waar het gas de ondergrond in de woning binnentreedt?

Het gas in het lagedruknet wordt via districtstations geleverd. In deze districtstations wordt de druk van meestal circa 8 bar gereduceerd naar 100 mbar of 30 mbar (overdruk). Deze drukreductie gaat gepaard met een temperatuurdaling van circa 4 °C. De temperatuurdaling door expansie van aardgas noemen we het Joule-Thompson effect.

De lengte waarover het gas weer de bodemtemperatuur aanneemt is sterk afhankelijk van de leidingdiameter (D) en, in iets mindere mate, afhankelijk van de gassnelheid en de bodemsamenstelling.

Kiwa heeft de snelheid waarmee de warmte-uitwisseling tussen het gas en de bodem plaatsvindt berekend. De hiervoor gebruikte rekenregels zijn vermeld in bijlage 2. In figuur 1 zijn de resultaten grafisch weergegeven. In deze figuur is op de verticale as de "opwarm lengte" en op de horizontale as de leidingdiameter vermeld, uitgedrukt in meters. Uit de figuur kan opgemaakt worden dat de "opwarm lengte" sterk afhankelijk is van de leidingdiameter (zie bijvoorbeeld curve 1). Onder de "opwarm lengte" wordt hier verstaan die lengte waarbij de gastemperatuur wordt aangepast met 65% van het temperatuurverschil tussen de grondtemperatuur en de (begin)gastemperatuur ter plaatse van de uitgaande leiding van het districtstation. Uit figuur 1 kan opgemaakt worden dat bij een gassnelheid van 1 m/s (curve 1) de "opwarm lengte", bij een temperatuurdaling van het gas van 4 °C op het districtstation, wordt berekend op ca. 10 m voor een leiding waarvan de diameter 0,05 m bedraagt. Voor dezelfde situatie (curve 1), echter nu voor een leidingdiameter van 0,1 m, wordt de "opwarm lengte" berekend op ca. 30 m. Het effect van de diameter is af te lezen uit de steilheid van de curve.

Het is evident dat bij toename van de gassnelheid de "opwarm lengte" groter wordt. In de figuur is dit grafisch weergegeven. Een verhoging van de gassnelheid van 1 m/s (curve 1) naar 5 m/sec (curve 2) leidt tot een significant grotere "opwarm lengte".



Figuur 1: Invloed de gassnelheid en de diameter op de "opwarmlengte"

Uit de figuur kan ook opgemaakt worden dat, bij een gelijke snelheid van het gas in de gasleiding, een gasleiding in de bodem (curve 1) sneller de bodemtemperatuur aanneemt dan dezelfde gasleiding bovengronds in lucht (curve 3).

Gasnetten worden zo ontworpen dat de gassnelheid bij maximumcapaciteit ca. 10 m/s bedraagt. Dit zijn echter zeldzame condities. Het meeste gas wordt getransporteerd met snelheden tussen de 2 m/s en 5 m/s.

Onderstaand wordt het voornoemde effect (afkoeling van het gas als gevolg van de drukreductie op een districtstation en de warmte-uitwisseling die vervolgens plaatsvindt tussen het gas en de bodem) vertaald naar een praktijksituatie. Hierbij is gekozen voor de meest ongunstige situatie voor wat betreft de warmte-uitwisseling van het gas met de bodem (grote "opwarm lengte"). We gaan er hierbij vanuit dat de temperatuur van het gas direct voor het districtstation nagenoeg gelijk is aan de grondtemperatuur. De (gemiddelde) leidinglengte tussen een gasontvangstation en een districtstation is namelijk beduidend groter dan de (gemiddelde) leidinglengte tussen een districtstation en een woning. In een gasontvangstation wordt het gas gereduceerd van ca. 40 bar naar 8 bar (overdruk). De temperatuur van het gas in een gasontvangstation bedraagt na deze drukreductie ca. 5 °C of 8 °C. Door verwarming wordt de temperatuur van het gas constant op deze waarde geregeld. De gemiddelde grondtemperatuur op jaarbasis bedraagt ca. 10 °C. Vanwege het geringe (gemiddelde) temperatuurverschil tussen de gastemperatuur en de (gemiddelde) grondtemperatuur en de relatief grote afstand tussen een gasontvangstation en een districtstation, waarover warmte-uitwisseling tussen het gas en de grond kan plaatsvinden, wordt het leidingtracé tussen een gasontvangstation en een districtstation hier buiten beschouwing gelaten.

Een standaard districtstation heeft een maximum capaciteit van ca. 2000 m³/uur en een uitgaande leiding met een diameter van maximaal ca. 200 mm. De "afkoellengte" wordt voor deze situatie berekend op ca. 600 meter. Dit wil zeggen dat op ca. 600 m leidinglengte ongeveer 65% van de temperatuurdaling weer "goedgemaakt" is. Een dergelijk districtstation levert aan ongeveer 2000 woningen gas. Uitgaande van ca. 40 woningen per hectare, is dit een gebied met een straal van minder dan 400 m. Deze afstand, hemelsbreed, wordt overbrugd door ca. 600 m leidinglengte. Puur rekenkundig resteert dan een temperatuurdaling van 1,5°C. Zoals hiervoor vermeld betreft het hier de meest ongunstige situatie. In de praktijk zal namelijk een belangrijk deel van het leidingtracé, vooral in de buurt van de woning, qua diameter kleiner zijn dan 200mm, en zal derhalve de opwarming van het gas daarin sneller verlopen. De opwarming van het gas zal ook sneller verlopen bij een lagere capaciteit van het districtstation (we zijn hier uitgegaan van een maximum capaciteit).

De voorzichtige conclusie is dat bij een deel van de kleinverbruikers de temperatuur van het gas in de aansluitleiding (direct voor de woning) lager is dan de grondtemperatuur (dit effect is in het voordeel van de kleinverbruiker). De grootte-orde van dit effect bedraagt gemiddeld ca. 1 °C (0,3% in de gasmeting).

De grondtemperatuur op 90 cm diepte volgt de luchttemperatuur met enige vertraging en demping. De grootte van dit effect is afhankelijk van de grondsoort en het waterpeil. Er is een correlatie tussen het gasverbruik en de grondtemperatuur. In de wintermaanden is het verbruik namelijk hoger dan in de zomermaanden. Kiwa registreert op uurbasis de grondtemperatuur. Deze metingen worden verspreid over Nederland uitgevoerd. Op basis van

deze registraties wordt de gemiddelde grondtemperatuur op jaarbasis berekend op ca. 10 °C. Uit bovenstaande analyse blijkt dat, afhankelijk van de afstand van de woning ten opzichte van het districtstation, de gastemperatuur in de aansluitleiding direct voor de woning iets lager is dan de grondtemperatuur. Dit als gevolg van de drukreductie van het gas (= temperatuurdaling) op het districtstation. De grootte-orde van dit effect wordt geschat op ca. 1 °C. Dit betekent dat de gemiddelde gastemperatuur in de aansluitleiding direct voor de woning hoger is dan 7 °C. Dit geeft aanleiding tot een positieve fout in de gasmeting (nadeel kleinverbruiker). De grootte van dit effect zal tijdens de veldproef nader vastgesteld worden.

2.4 Wat is het gemiddelde effect van opwarming van het gas op het gemeten volume?

Voor de “opwarm lengte” van het gas in de gasleiding tussen de geveldoorvoer en de gasmeter geldt eenzelfde soort beschouwing als in de voorgaande paragraaf. Echter de invloed van de grond is afwezig. Deze wordt vervangen door het effect van de warmteoverdracht rechtstreeks naar de omringende lucht en stralingsoverdracht naar de omringende muren.

Ook hier treedt, theoretisch, een grote variatie in “opwarm”- of “afkoellengte” op, vooral afhankelijk van de snelheid van het gas. Enkele karakteristieke waarden worden gegeven in tabel 2 (berekening gebaseerd op een temperatuurverschil van 5 °C tussen de ruimtetemperatuur en de gastemperatuur).

Diameter [m]	Gasverbruik [m ³ /hr]	“Opwarm lengte” [m]
0,015	0,5	1,8
	1	3,5
	1,5	5,3
	2	7,1
0,021	0,5	1,4
	1	2,7
	1,5	4,1
	2	5,4

Tabel 2: karakteristieke “opwarm lengtes” als functie van diameter en gasverbruik

Statistisch betrouwbare empirische gegevens over het instantane gasverbruik ontbreken. Als typische richtwaarden gelden:

- Gasverbruik bij warmwater: 2,0 m³/uur
- Gasverbruik verwarming laagstand: 0,5 m³/uur
- Gasverbruik verwarming hoogstand: 1,5 m³/uur

Voor een gemiddeld gezin is ca 25% van het gasverbruik voor warmwater bestemd. Gezien de moduleerbaarheid van de gemiddelde cv-ketel (1:3) en het feit dat de maximum capaciteit alleen bij buitentemperaturen van -12 °C wordt gevraagd (en dan nog vaak wordt beperkt door het beschikbare

radiatoroppervlak en niet door het gastoestel), kan een voorzichtige aanname gedaan worden dat ca. 60% van het gas bij laagstand wordt verbruikt en ca. 15% bij hoogstand.

2.5 Wat zijn de gedifferentieerde effecten voor de diverse typen laag- en hoogbouwoningen?

De opwarming of afkoeling van het gas in het leidingtracé in de woning tot aan de gasmeter kan in deze fase van het onderzoek nog niet ingeschat worden, omdat er nog geen gegevens bekend zijn over de (lucht)temperatuur in de woning/meterkast en omdat er nog geen gegevens bekend zijn over de aanstroomb lengtes van de gasleidingen in de woningen in Nederland. In fase 2 van dit onderzoek zal dit onderwerp nader uitgewerkt worden. De effecten van opwarming (of afkoeling) voor de diverse typen woningen zal onderzocht worden in de veldproef (fase 2 van dit onderzoek). Deze veldproef zal uitsluitsel geven over het opwarmeffect van het gas vanaf de geveldoorvoer tot aan de gasmeter.

In deze fase van het onderzoek kunnen we wel het opwarmeffect van het gas voor twee typische situaties beschrijven.

Een gunstigste situatie, voor de kleinverbruiker, treedt op als de gasmeter direct bij de geveldoorvoer is geplaatst met een meterkast die tegen een ongeïsoleerde buitenmuur is gesitueerd. De leidinglengte tot de gasmeter bedraagt dan ca. 1 tot 2 meter.. We nemen aan dat de meterkasttemperatuur voor deze situatie circa 5 °C warmer is dan de grondtemperatuur. Uitgaande van een gemiddelde (niet gewogen naar afname) gastemperatuur van ca. 9 °C is de ingangstemperatuur van het gas in de gasmeter ca. 10 °C tot ca. 12 °C. Bij de 7 graden methode levert dit een positieve fout in de gasmeting (volumeherleiding) op van tenminste 1% (nadeel kleinverbruiker).

De ongunstigste situatie voor de kleinverbruiker treedt op in gestapelde bouw, waarbij de meterkast in de appartementen is gesitueerd en waar de verwarming meer dan gemiddeld aan staat, zoals in bejaardenflats. Hier kunnen typische maximum temperaturen van ca. 24 °C voorkomen. Voor deze bijzondere situaties levert dit een positieve fout in de gasmeting (volumeherleiding) op van ca. 6% (nadeel kleinverbruiker).

Zoals hiervoor vermeld zullen deze effecten in de veldproef voor de diverse type woningen nader vastgesteld worden.

2.6 Wat is de invloed van de gasdruk, alsook van de heersende luchtdruk op het gemeten gasvolume?

De invloed van de luchtdruk op de fout in de gasmeting (volumeherleiding) is evenredig met de absolute druk.

2.6.1 Effect van overdruk

Hierbij moet onderscheid worden gemaakt tussen de 100 millibar netten (waarbij in de woning een huisdrukregelaar is geïnstalleerd) en 30 millibar netten (drukregeling vanuit het districtstation).

De weersafhankelijke luchtdruk zorgt in beide gevallen voor een systematische meetfout (zie 2.6.2), echter in het tweede geval (30 millibar netten) kan de overdruk in de gasmeter ook dalen, afhankelijk van de vraag, van 30 millibar naar 25 millibar.

Het gasnet is gedimensioneerd op vollastverbruik van de afnemers bij -12 °C. Echter het gas in de woning wordt in de praktijk grotendeels in deellast verstoekt (dit is minder dan de helft van maximum capaciteit). De grootteorde van dit effect is 1 à 2 millibar ofwel 0,1% à 0,2% in het nadeel van de kleinverbruiker, die op de leveringsgrens van een station is gesitueerd. De kleinverbruikers die dicht bij een station zijn aangesloten ervaren dit effect evenredig minder.

2.6.2 *Effect van de luchtdruk*

Er is mogelijk een systematisch effect in de gasmeting (volumeherleiding) als gevolg van de luchtdruk. Bij de 7 gradenmethode wordt er vanuit gegaan dat de gemiddelde luchtdruk 1013,25 mbar bedraagt. Indien de werkelijke luchtdruk op langere termijn (bijvoorbeeld op jaarbasis) en gewogen naar gasverbruik verschilt ten opzichte van de veronderstelde gemiddelde luchtdruk van 1013,25 mbar, wordt er een systematische fout in de gasmeting geïntroduceerd.

Er is een verband tussen een lage luchtdruk en een hoog gasverbruik (meer wind, lagere temperaturen). De fout in de gasmeting (volumeherleiding) is evenredig met het verschil in luchtdruk ten opzichte van de gehanteerde druk (1013,25 mbar). Deze fout in de gasmeting wordt echter niet berekend uit de gemiddelde luchtdruk, maar moet nog gewogen worden naar het gasverbruik. Dit gasverbruik is onder meer afhankelijk van de temperatuur en de windsnelheid. Deze twee parameters vertonen een samenhang met de luchtdruk.

Zoals gezegd dient de fout in de gasmeting als gevolg van het verschil tussen de gemiddelde luchtdruk en 1013,25 mbar nog gewogen te worden naar het gasverbruik. Voor deze weging zijn onderstaande uitgangspunten gehanteerd. Bij het ontwerp van gasnetten wordt uitgegaan van een gevraagde dagpiek capaciteit, die een functie is van de etmaalgemiddelde temperatuur. Hierbij wordt verondersteld dat de capaciteit lineair varieert van een maximum bij -12 °C tot 10% van dat maximum bij +18 °C. Bij temperaturen lager dan -12 °C en bij temperaturen hoger dan 18 °C wordt de gevraagde capaciteit als temperatuuronafhankelijk beschouwd. Daarnaast wordt de temperatuur nog gecorrigeerd met het windeffect. Voor ieder 1 m/s gemiddelde windsnelheid wordt de effectieve temperatuur 0.1 °C lager. Bij gebruik van een effectieve temperatuur nemen we aan dat het lineaire verloop van de vraagcapaciteit optreedt tussen -14 °C en +18 °C. We gebruiken deze relatie als een maat voor het gasverbruik op één dag bij gegeven etmaalgemiddelde windsnelheid en temperatuur.

Voor het jaar 2006 is de gemiddelde luchtdruk bepaald. In 2006 bedroeg de gemiddelde luchtdruk, volgens KNMI gegevens in De Bilt, 1015,7 mbar. Dit is 2,4 millibar hoger dan de gehanteerde atmosferische druk van 1,01325 bar, en

dit levert een fout in de gasmeting (volumeherleiding) op in het voordeel van de kleinverbruiker. Op basis van de hiervoor beschreven relaties wordt de naar het gasverbruik gewogen fout berekend op ca. 0,37% in het voordeel van de kleinverbruiker.

2.7 Conclusies uit het toegepaste theoretische model voor de 7-gradenmethode

Er zijn veel factoren die de nauwkeurigheid (correctheid) van de volumeherleiding van het gemeten volume van een balgengasmeter bij kleinverbruikers beïnvloeden. Deze factoren zijn onderzocht met een model dat is gebaseerd op een aantal aannames. Deze aannames zullen in de veldproef (fase 2 van het onderzoek) nog worden geverifieerd. De uitkomsten van het model zijn:

- Bij een belangrijk deel van de kleinverbruikers is de temperatuur van het gas dat de woning binnenkomt ca. 1 °C lager dan de grondtemperatuur.
- De opwarming van gas vanaf de gevel tot aan de gasmeter in de woning is afhankelijk van de diameter en de gassnelheid. De “opwarm lengte¹” is typisch 1,4 tot 6 meter.
- Voor kleinverbruikers met een korte leidinglengte – de meest gunstige situatie die in de praktijk voor de kleinverbruiker zal optreden - tot de gasmeter van ca. 1,5 meter zal het opwarmeffect resulteren in een temperatuurherleidingsfout van ca. 1%. Dit verschil is in het nadeel van de kleinverbruiker.
- Voor gestapelde bebouwing en een hoge binnentemperatuur – de meest ongunstige die in de praktijk zal optreden - kan het opwarmeffect resulteren in een temperatuurherleidingsfout van ca. 6%. Dit verschil is in het nadeel van de kleinverbruiker.
- Voor 30 mbar distributiegasnetten kan er voor woningen die aan de rand van het leveringsgebied van een districtstation zijn gesitueerd, een fout in de volumeherleiding worden geïntroduceerd van ca. 0,1 à 0,2 %. In alle andere gevallen en voor 100 mbar distributiegasnetten is het overdruk-effect op de volumeherleiding verwaarloosbaar klein.
- De veronderstelling omtrent de luchtdruk in Nederland introduceert een fout in de volumeherleiding (drukherleidingsfout) van ca. 0,4% (voordeel van de kleinverbruiker).

¹ De “opwarm lengte” is hier die lengte van de gasleiding waarbij 65% van het temperatuurverschil tussen het gas bij intrede in de woning (gevel) en de omgeving van de gasleiding (omgevingslucht) is overbrugd.

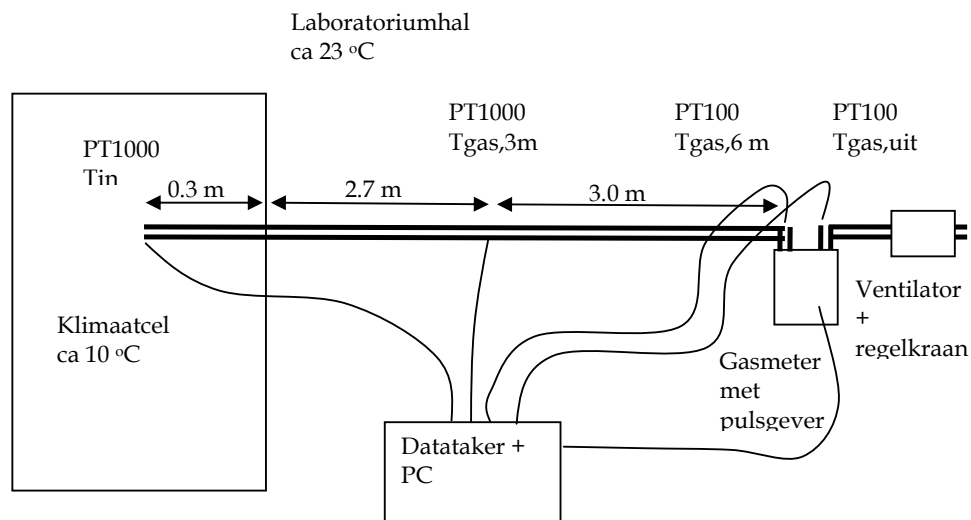
3 Laboratoriumproeven aan het opwarmeffect

Ten behoeve van het onderzoek naar het opwarmeffect van het gas bij toepassing van balgengasmeters bij kleinverbruikers zijn aanvullend op de theoretische analyse (zie hoofdstuk 2) ook laboratoriummetingen verricht. Het doel van de metingen is de warmte-uitwisseling tussen het gas in de bovengrondse gasleiding en de omgeving door middel van metingen vast te stellen. Door middel van laboratoriummetingen is de "opwarm lengte" vastgesteld. De "opwarm lengte" is een maat voor de warmte-uitwisseling tussen het gas en de omgeving. De opwarm lengte is die lengte waarbij de gastemperatuur wordt aangepast met 65% van het temperatuurverschil tussen de omgevingstemperatuur en de gastemperatuur. In de laboratoriumproeven is bij de keuze van de experimentele condities zoals leidingdiameter, hoogte van de temperaturen en stroomsnelheid, getracht om de praktijksituatie zo goed mogelijk te benaderen.

3.1 Opzet van de metingen.

Om redenen van veiligheid en eenvoud zijn alle metingen met lucht uitgevoerd (nagenoeg atmosferische druk). De verschillen tussen aardgas en lucht zijn betrekkelijke klein bij dit type metingen. Wel dient bij de interpretatie rekening te worden gehouden met het verschil in warmtecapaciteit (lucht : $1.3 \text{ kJ}/(\text{K m}^3_n)$, aardgas $1.6 \text{ kJ}/(\text{K m}^3_n)$). Dit betekent dat de met lucht vastgestelde "afkoellengte" (of "opwarm lengte") met ca. 25% moet worden vergroot.

Er dient ook nog gecorrigeerd te worden voor de gekozen druk (lucht onder nagenoeg atmosferische druk in plaats van gas met een overdruk van 30 mbar of 100 mbar). Voor aardgas en lucht betreft dit dezelfde correctiefactor. Deze correctie is minder dan 10% voor de normale distributiedrukken (30 en 100 mbar).



Figuur 2: Opstelling laboratoriumproef
De meetopstelling bestaat uit:

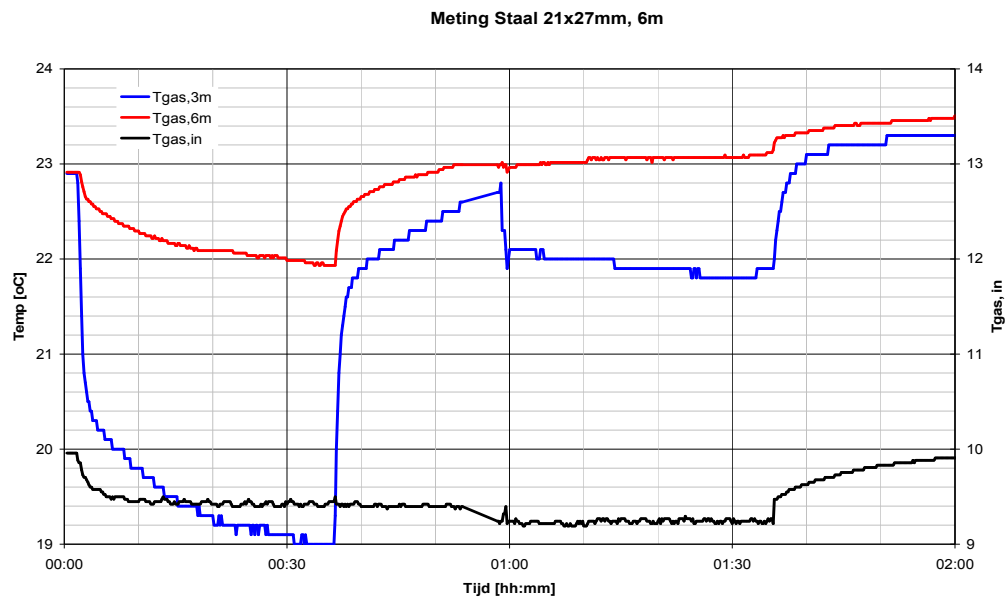
- een klimaatcel, die wordt gebruikt om lucht van een constante luchttemperatuur te genereren.
- een gasleiding van 6 m lengte (PE of staal)
- vier PT1000 elementen, die worden gebruikt om de ingangstemperatuur, de temperatuur direct vóór en direct na de gasmeter en de temperatuur halverwege de leiding te bepalen. De meting direct na de gasmeter is alleen bij de metingen met een PE leiding uitgevoerd en moet beschouwd worden als een extra meting, omdat de temperatuur direct voor de gasmeter ook wordt gemeten. De PT-elementen zijn direct in de gasstroom geplaatst (dus in de gasstroom in de gasleiding).
- een datataker die de temperaturen ieder 20 seconde registreert.
- een gasmeter die wordt gebruikt om de volumestroom af te lezen.
- een ventilator met regelkraan die wordt gebruikt om de volumestroom in te stellen (0,5, 1 of 2 m³/uur).

3.2 Uitvoering van de metingen

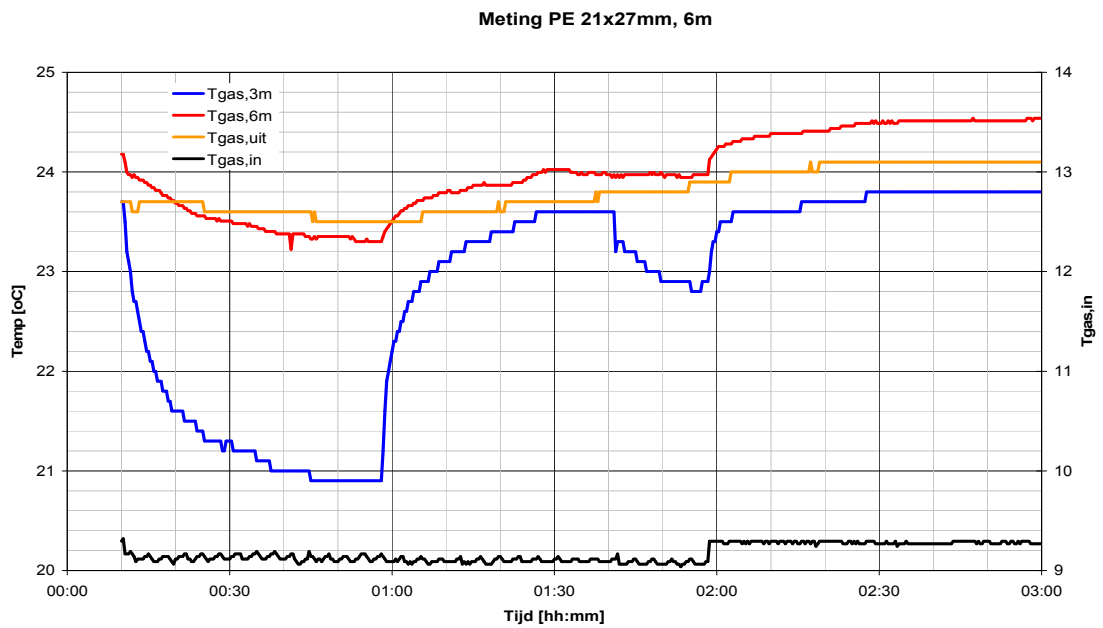
Na montage van de gasleiding is minimaal een half uur gewacht. De klimaatkast is op een constante temperatuur (10 °C) ingeregeld.

Vervolgens is de temperatuurregistratie gestart (met nuldebiet). Na enige minuten is een debiet ingesteld van 2 m³/uur. Dit is ca een half uur constant gehouden. Vervolgens is het debiet teruggeregeld naar 0,5 m³/uur. Dit is eveneens ca. een half uur constant gehouden. Vervolgens is het debiet opgeregeld naar 1 m³/uur. Dit is opnieuw ca. een half uur constant gehouden. Daarna is het debiet weer naar 0 teruggeregeld en zijn de temperaturen nog een half uur lang geregistreerd. De ingestelde debieten zijn niet druk- of temperatuur gecompenseerd.

De metingen zijn verricht met een 3/4" stalen gaspijp (zie figuur 3) en een standaard PE leiding (zie figuur 4). De geselecteerde buizen zijn van een standaard kwaliteit, zoals deze in Nederland worden geleverd en geïnstalleerd.



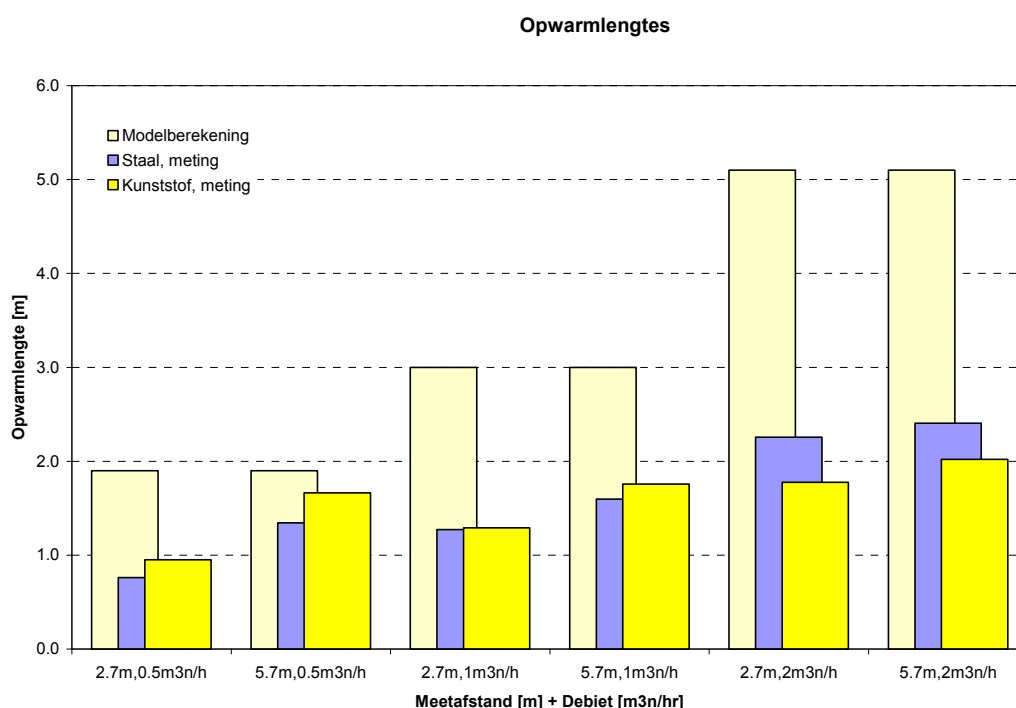
Figuur 3 Meting temperatuurverloop in stalen ¾" stalen gasbuis (debiet achtereenvolgens 0, 2, 0,5, 1 en weer 0 m³/hr).



Figuur 4 Meting temperatuurverloop in PE gasbuis (debiet achtereenvolgens 0, 2, 0,5, 1 en weer 0 m³/uur). Tgas,uit (oranje) geeft de temperatuur van het gas aan de uitgaande leiding van de gasmeter

3.3 Meetresultaten

In figuur 3 en 4 zijn de meetresultaten gepresenteerd. Om de temperatuurveranderingen duidelijker zichtbaar te maken zijn in de figuur 2 y-assen weergegeven. De rechter y-as hoort bij de ingangstemperatuur (zwarte lijn). De overige temperaturen horen bij de linker y-as. Uit de tijdsperiodes waarin de temperaturen stationair zijn (het moment waarop geen temperatuuruitwisseling tussen het gas en de omgeving meer plaatsvindt) kan de "opwarmlengte" voor die condities worden bepaald. Volgens de theorie zou de aldus bepaalde "opwarmlengte" onafhankelijk zijn van de positie waarop de gastemperatuur gemeten is. De experimenteel gevonden afwijking is een gevolg van meetonzekerheden en mogelijkere wijs over de lengte en tijd variërende omstandigheden (zoals de emissiecoëfficiënt van de buiswand en de omgevingstemperatuur in het laboratorium).



Figuur 5 Opwarmlengte bepaald met experiment en vergeleken met theoretische voorspelling

De "opwarmlengtes" die volgen uit de laboratoriumproef zijn korter dan de opwarmlengtes die met het model worden berekend (zie figuur 5). Een verklaring hiervoor is dat er veel luchtstroming (ventilatie) plaatsvond tijdens de laboratoriumproeven, waardoor de warmte-uitwisseling wordt bevorderd. Bij de berekeningen met het model is voor wat betreft de warmte-uitwisseling van het gas met de omgeving de ongunstigste aanname gedaan, te weten een omgeving met stilstaande lucht. De warmte-uitwisseling van het gas met de omgeving verloopt in dat geval langzamer. Indien hiervoor bij de berekeningen met het model wordt gecorrigeerd (veel ventilatie in plaats van stilstaande lucht) dan zijn de resultaten van de berekeningen met het model

vergelijkbaar met de resultaten van de laboratoriummetingen. In de praktijk ligt derhalve de "opwarm lengte", zoals weergegeven in figuur 5, tussen die van de modelberekening en de laboratoriummetingen, afhankelijk van de ventilatie in de woning bij de gasleiding. Tijdens de veldproef zal dit aspect nog nader worden geanalyseerd.

3.4 Conclusies

Uit de experimenten worden de volgende conclusies getrokken:

- in de laboratoriumproef vindt een snellere warmte-uitwisseling (kortere "opwarm lengte") plaats dan uit het model volgt; het kwalitatieve gedrag is echter wel vergelijkbaar. Bij de berekeningen met het model is echter uitgegaan van stilstaande lucht in de woning (ongunstigste situatie). Indien dezelfde berekeningen worden uitgevoerd, echter met luchtstroming om de gasleiding (ventilatie in de woning) zijn de resultaten van het model vergelijkbaar met die van de laboratoriumproef.
- de tijdsperiode waarin de gastemperatuur direct vóór de meter zich heeft aangepast aan het stapsgewijs veranderd debiet bedraagt circa een half tot één uur .
- de tijdsperiode waarin de gastemperatuur direct na de meter zich heeft aangepast aan het stapsgewijs veranderd debiet bedraagt enkele uren.
- in een kunststof gasbuis reageert de gastemperatuur aanmerkelijk trager (circa twee maal zo traag) op stapsgewijs veranderende temperaturen.

4 Het metrologisch functioneren van huishoudelijke gasmeters

Het gasverbruik bij de Nederlandse huishoudens (het zogeheten kleinverbruik) wordt gemeten door middel van balgengasmeters. Dit type meter meet direct het gepasseerde gasvolume onder bedrijfsomstandigheden, dit wil zeggen bij heersende gasdruk en gastemperatuur. Voor het bepalen van de correctheid van de meting door balgengasmeters van kleinverbruikers is het metrologisch functioneren van deze meters onderzocht. De onderzoeksvraag is of er sprake is van structurele afwijkingen in de volumemeting, en zo ja, of deze afwijking binnen de ijkwettelijke norm valt.

4.1 Controle en toezicht van balgengasmeters

De kwaliteit (nauwkeurigheid) van balgengasmeters wordt door de meetbedrijven steekproefsgewijs gecontroleerd. Deze controle staat bekend als de zogenaamde "gasmeterpool". Bij de gasmeterpool wordt het totale meterbestand verdeeld in verschillende homogene populaties. Alle meters die behoren tot een populatie hebben dezelfde metrologische kenmerken. Uitgangspunt bij de gasmeterpool is dat de meters niet allemaal worden gecontroleerd, maar dat er in plaats daarvan periodiek van elke populatie een steekproef wordt genomen. Op basis van de controleresultaten van de meters die deel uitmaken van de steekproef wordt een complete populatie goedgekeurd of afgekeurd. Als een populatie wordt afgekeurd moeten alle meters die deel uitmaken van deze populatie worden vervangen.

4.1.1 Afspraken

Het Platform Meetbedrijven van EnergieNed heeft het hiervoor genoemde controlesysteem beschreven in een reglement (Reglement voor het systeem van systematische (steekproefsgewijze) periodieke controle van in gebruik zijnde meters). Kiwa Gas Technology audit alle deelnemers van de gasmeterpool, waarbij wordt nagegaan of de deelnemers zich houden aan het gestelde in het reglement. Kiwa Gas Technology heeft in dit verband een samenwerkingsovereenkomst met Verispect (toezichthouder) waarin is vastgelegd dat Verispect bij het conform de IJkwet uitoefenen van toezicht op de gashoeveelheidsmeters rekening houdt met de bevindingen van Kiwa Gas Technology. Op grond van het gestelde in artikel 2.1.8 van de Meetvoorwaarden Gas - RNB, vastgesteld 21 november 2006 door de Raad van Bestuur van de Nma, heeft Verispect als toezichthouder op de IJkwet (Metrologiewet²) het controlesysteem, zoals beschreven in het Reglement Meterpools beoordeeld.

² De IJkwet is november 2006 vervallen. Vanaf november 2006 is de Metrologiewet van toepassing

4.2 Resultaten controlemetingen

Bij de gasmeterpool is voor de balgengasmeters het zogenaamde 1/5-controlesysteem in gebruik. Dit systeem komt er op neer, dat populaties opgebouwd uit één bouwjaar eens in de vijf jaar worden gecontroleerd. Dit betekent dat over een periode van vijf jaar alle balgengasmeters in Nederland steekproefsgewijs zijn gecontroleerd. In onderstaande tabel zijn de resultaten van deze controlemetingen samengevat. Voor dit onderzoek zijn hierbij uitsluitend de populaties in beschouwing genomen waarvan de omvang groter is dan 100 meters.

In de tabel staan in kolom 2 de populatieaantallen vermeld, in kolom 3 het totaal aantal meters van deze populaties en in kolom 4 het totaal aantal uitgevoerde metingen (steekproef).

Iedere gasmeter van de steekproef wordt op twee debieten gecontroleerd, te weten bij een debiet van Q_{\max}^3 en een debiet van $0,2Q_{\max}$.

In de tabel staan bij de verschillende debieten de gemiddelde miswijzingen vermeld.

Tabel 3 – Gemiddelde miswijzing balgengasmeters

Controlejaar	Aantal Populaties	Aantal meters	Aantal Metingen	Gem misw Q_{\max}^*	Gem misw $0,2Q_{\max}^*$
				[%]	[%]
2001	76	1148984	8927	-0,23	0,76
2002	62	924215	7489	-0,14	1,02
2003	73	1279219	8910	-0,18	1,01
2004	69	1301989	8751	-0,19	0,87
2005	70	1207948	9091	-0,10	0,95
Totaal / gem.	350	5862355	43168	-0,17	0,92

*: De gemiddelde miswijzing is berekend over het totale aantal meters in de populaties

In tabel 3 zijn de resultaten van de controlejaren 2001 t/m 2005 vermeld. Dit betekent dat vrijwel het gehele meterstand in Nederland van de huishoudgasmeters ($Q_{\max} \leq 10 \text{ m}^3/\text{h}$) in beschouwing is genomen.

De gemiddelde miswijzing bij hoog debiet (Q_{\max}) wordt berekend op -0,17% (voordeel consument). Bij een laag debiet ($0,2 Q_{\max}$) wordt de gemiddelde miswijzing berekend op +0,92% (nadeel consument).

De standaarddeviatie van de miswijzing bij Q_{\max} en $0,2Q_{\max}$ wordt van alle gecontroleerde gasmeters (periode 2001 t/m 2005) berekend op respectievelijk 1,21% (bij Q_{\max}) en 1,43 % (bij $0,2Q_{\max}$). Dit betekent dat het betrouwbaarheidsinterval (95%) van de gemiddelde miswijzing ($(X_{\text{gem}} \pm 2 \text{ st.dev.})/\sqrt{n}$) wordt berekend op -0,18 tot -0,16% (bij Q_{\max}) en +0,91 tot 0,94 % (bij $0,2Q_{\max}$).

³ Q_{\max} is het maximale meetvermogen van een meter. Dit is het hoogste debiet waarbij een meter werkt zonder dat hij wordt beschadigd en zonder dat de maximaal toelaatbare meetfout mag worden overschreden.

Het gewogen gemiddelde debiet (afname) over een jaar, uitgedrukt ten opzichte van Q_{\max} van de meter verschilt per afnemer en is afhankelijk van de grootte van de geïnstalleerde meter, de geplaatste en in gebruik zijnde gasverbruikinstallaties en het stookgedrag van de afnemer en zal tussen $0,2Q_{\max}$ en Q_{\max} van de geïnstalleerde meter liggen. Dit betekent dat de gewogen gemiddelde miswijzing tussen $-0,17\%$ (Q_{\max}) en $+0,92\%$ ($0,2 Q_{\max}$) zal liggen. Deze miswijzing ligt ruim binnen de hiervoor genoemde ijkwettelijke nauwkeurigheidsgrenzen (zie paragraaf 4.3).

Tot slot kan hier nog vermeld worden dat op basis van de resultaten van de voornoemde controlemetingen jaarlijks slechts een gering aantal meters (populaties) wordt afgekeurd, vanwege een te grote miswijzing. Zo bedroeg bijvoorbeeld het aantal metrologisch afgekeurde meters in 2005 slechts 6119 stuks (twee populaties). De metrologisch afgekeurde meters worden zowel afgekeurd vanwege een te grote positieve miswijzing als een te grote negatieve miswijzing. De metrologisch afgekeurde meters worden door de meetbedrijven vervangen.

4.3 ijkwettelijke afkeurgrenzen

Voor een balgengasmeter geldt dat de maximale toelaatbare fout zowel bij Q_{\max} als bij $0,2Q_{\max}$ + of - 4% bedraagt. Dit zijn de Ijkwettelijk maximaal toegestane fouten voor in gebruik zijnde balgengasmeters. In het meetbereik tussen Q_{\min}^4 en $2Q_{\min}$ van de meter bedraagt deze maximale toelaatbare fout + of - 6%. Dit betekent dat de gemiddelde miswijzing van de in gebruik zijnde balgengasmeters ruim binnen de wettelijke grenswaarden ligt.

4.4 Conclusies

De gewogen gemiddelde miswijzing van alle balgengasmeters bij de kleinverbruikers in Nederland zal tussen $-0,17\%$ (Q_{\max}) en $+0,92\%$ ($0,2Q_{\max}$) liggen. De uiteindelijke gemiddelde waarde is afhankelijk van de grootte van de geplaatste gasmeters (meetbereik gasmeter). Het gemiddelde debiet, gewogen naar afname en uitgedrukt ten opzichte van de grootte van de geïnstalleerde gasmeter is afhankelijk van de grootte van de geïnstalleerde meter, de geplaatste en in gebruik zijnde gasverbruikinstallaties en het stookgedrag van de afnemer.

Omdat het verbruik (debiet) meestal ruim beneden Q_{\max} van de geplaatste gasmeter ligt, lijkt er gemiddeld op basis van de berekende gemiddelde miswijzing bij Q_{\max} en $0,2Q_{\max}$ sprake te zijn van een zeer geringe positieve miswijzing van de volumemeting.

Op basis van de resultaten van de steekproefsgewijze controle van de balgengasmeters kan geconcludeerd worden dat de miswijzing van balgengasmeters voor de individuele meters ruim binnen de Ijkwettelijke nauwkeurigheidsgrenzen ligt.

⁴ Q_{\min} is het minimale meetvermogen van een meter en is het debiet van waaraf de meter moet voldoen aan de eisen inzake de maximaal toelaatbare meetfouten.

5 Beoordeling van de AnMar rapporten

In maart 2007 is een rapportage van de firma AnMar Research Laboratories B.V. verschenen met als titel "Gas Metering: How Good is it?" In juni 2007 is een tweede rapportage verschenen onder dezelfde titel. De conclusies die in beide publicaties worden getrokken zijn door Kiwa Gas Technology beoordeeld.

5.1 Beoordeling publicatie van AnMar van maart 2007

In de publicatie van AnMar wordt een aantal stellingen geponoerd en conclusies getrokken over de kwaliteit van de gasmeting met balgengasmeters. Hieronder worden deze stellingen/conclusies weergegeven, met daarbij een reactie van Kiwa Gas Technology over de juistheid van deze stellingen/conclusies.

Stelling/conclusie 1:

"De balgengasmeter is een mechanisch instrument, gebaseerd op meer dan 150 jaar oude principes, dat het volume meet zonder temperatuurcorrectie. Deze beperkingen zijn de belangrijkste motivatie geweest om een nieuwe generatie slimme meter te ontwikkelen, passend bij de huidige digitale tijd."

Het meetprincipe van de balgengasmeter is inderdaad oud. Dat het nog steeds wereldwijd wordt toegepast komt doordat balgengasmeters goedkoop, zeer betrouwbaar en nauwkeurig blijken te zijn. Zoals vermeld is het meetprincipe oud, maar is de uitvoering in de loop der tijd sterk gemoderniseerd en verbeterd. Moderne materialen en fabricagetechnieken hebben de balgengasmeter gemaakt tot een volledig uitgerijpt product. (Mechanische) temperatuur compensatie is mogelijk en door toepassing van een pulsgever op het telwerk is de mogelijkheid van een elektronische/digitale uitlezing ontstaan.

Stelling/conclusie 2:

"Als het gas in de woning wordt opgewarmd met 10K (= 10 °C) dan is het gemeten volume 3,33% te hoog."

De expansie van een volume aardgas (bij lage druk) voldoet aan de wet van Boyle Gay Lussac. Dit houdt in dat het volume ongeveer 1% varieert als de temperatuur 3°C varieert. In hoeverre temperatuurcompensatie noodzakelijk is, wordt bepaald door de te verwachten temperatuurschommelingen. Temperatuurcompensatie (mechanische uitvoering) wordt toegepast in situaties waar de te verwachten temperatuurvariaties van het gemeten gasvolume relatief groot zijn, bijvoorbeeld omdat de balgengasmeter buitenshuis is geplaatst in een klimaat met grote verschillen in seizoenstemperatuur. In Nederland worden huishoudelijke balgengasmeters altijd binnenshuis geplaatst en grotendeels in een daarvoor bestemde meterkast.

Energiebedrijven kopen gas in bij de zogenaamde normaalcondities, dit wil zeggen dat het geleverde gas wordt uitgedrukt bij 1,01325 bar en 0 °C (273,15 K). Het gas wordt bij de kleinverbruiker geleverd bij een (gemiddelde) overdruk van 28 mbar.

Bij toepassing van de hier besproken 7-gradenmethode wordt verondersteld dat de gemiddelde gastemperatuur in de gasmeter 7 °C bedraagt. Volgens de wet van Boyle Gay Lussac bedraagt in dat geval de verhouding tussen het door de gasmeter gemeten volume en hetzelfde volume echter herleidt naar normaalcondities (1,01325 bar en 0 °C) 1. Met andere woorden in dat geval is het voor de gasdruk en gastemperatuur gecorrigeerde volume (en berekend volgens de wet van Boyle Gay Lussac) gelijk aan het niet hiervoor gecorrigeerde volume.

De hier vermelde stelling/conclusie 2 vermeld in het rapport van AnMar is verwarrend. Het betreft namelijk de afwijking van de naar afname (debiet) gewogen gemiddelde gastemperatuur in de gasmeter ten opzichte van 7 °C.

Stelling/conclusie 3:

“Op basis van de veldtest wordt geconcludeerd dat de balgengasmeter een positieve meetfout heeft van 1,5%.”

De hier vermelde stelling/conclusie is gebaseerd op een proefneming bij slechts 1 installatie. Het behoeft geen betoog dat de resultaten van een dergelijke zeer beperkte proefneming niet representatief zijn. Voor wat betreft een representatief beeld van de nauwkeurigheid van de bij de kleinverbruikers toegepaste balgengasmeters, zie hoofdstuk 4.

Voor wat betreft de proefneming zelf kan hier nog opgemerkt worden dat deze qua opzet beperkingen heeft. Hierover het volgende:

De veldtest van AnMar is uitgevoerd aan één willekeurige huishoudelijke installatie. De grootte van de geplaatste balgengasmeter is G4 of G6 (het rapport van AnMar geeft hierover geen duidelijkheid). Het type gasmeter G4 wordt in Nederland het meest toegepast.

De vereiste nauwkeurigheid van een balgengasmeter is vastgelegd in de IJkregeling gasmeters, zie hoofdstuk 4. Er worden twee meetbereiken onderscheiden: Q_{\min} tot $2 Q_{\min}$ (bij G4: 0,04 – 0,08 m³/h) en $2 Q_{\min}$ tot Q_{\max} (bij G4: 0,08 – 6 m³/h). Bij herkeuring van een in gebruik zijnde gasmeter bedraagt de maximale onnauwkeurigheid in het lage bereik +/- 6% en +/- 4% in het hoge bereik.

De meting van de balgengasmeter in het onderzoek van AnMar is vergeleken met een G16 rotormeter van het fabrikaat Elster-Instromet. Hoewel enigszins moeilijk controleerbaar vanaf de gepubliceerde foto betreft het waarschijnlijk een meter van het type IRM-A, met $Q_{\max} = 25 \text{ m}^3/\text{h}$, $Q_{\min} = 0,25 \text{ m}^3/\text{h}^5$ en $Q_t =$

⁵ Het is mogelijk dat de meter van een bijzondere uitvoering is met $Q_{\min} = 0,1 \text{ m}^3/\text{h}$

$0,1Q_{\max} = 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$. De af fabriek gespecificeerde onnauwkeurigheid van een meter van het type IRM-A is $\pm 0,5\%$ van Q_t tot Q_{\max} en $\pm 2\%$ van Q_{\min} tot Q_t (ijkgrenzen). Door afzonderlijke justering van iedere meter bij aflevering is de werkelijke meetafwijking kleiner dan de ijkgrenzen. De werkelijke onnauwkeurigheid van een gebruikte meter is onbekend, omdat die afhankelijk is van de gebruikshistorie. In het algemeen wordt een rotormeter beschouwd als een robuust en betrouwbaar instrument.

In de publicatie wordt gesteld dat de referentiemeter bij NMI-certificatie een afwijking had van $0,4\%$. Uit een eigen calibratie zou een afwijking van $0,56\%$ zijn gebleken. Uit de beschikbare informatie kan niet worden opgemaakt bij welk debiet deze afwijkingen zijn bepaald.

De veldtest is door AnMar uitgevoerd aan een min of meer standaard gasinstallatie in een eengezinswoning. De maximale gasafname in een dergelijke situatie is ongeveer gelijk aan de belasting van het cv-(combi-)toestel: $25 - 30 \text{ kW}$. Dit komt overeen met $2,5$ tot $3 \text{ m}^3/\text{h}$. Indien sprake is van een modulerende cv-ketel dan komt de maximale gasafname alleen voor bij warmwatervraag en (wellicht) bij de start van warmtevraag. Gasafname voor koken bedraagt ca. $0,1$ tot $0,4 \text{ m}^3/\text{h}$.

Door het gebruik van een rotormeter met een capaciteit G16 als referentie heeft naar verwachting de totale gasafname plaatsgevonden bij een debiet lager dan Q_t ($2,5 \text{ m}^3/\text{h}$) en een kleiner deel zelfs bij een debiet lager dan Q_{\min} ($0,25 \text{ m}^3/\text{h}$).

Op basis van het bovenstaande volgt dat de onnauwkeurigheid van het gemeten gasvolume van de rotormeter maximaal $\pm 2\%$ is. De onnauwkeurigheid van het gemeten gasvolume van de balgengasmeter mag ijkwettelijk gezien maximaal $\pm 4\%$ bedragen.

Het meetverschil tussen beide meters over een meettijd van één week bedraagt $1,86\%$ op een totaal doorgestroomd volume van 24 m^3 . Op grond van de onnauwkeurigheden van beide typen meters is het vastgestelde verschil tussen beide meters verklaarbaar. De nauwkeurigheid van de in gebruik zijnde balgengasmeters kan niet op basis van een enkele meting vastgesteld worden.

Stelling/conclusie 4:

“Om de doelstellingen van het Kyoto Protocol te halen is een compleet nieuwe energie-informatie infrastructuur nodig. Dat kan niet met de volledig verouderde mechanische balgengasmeter.”

Dat het terugdringen van de wereldwijde CO_2 -emissie, zoals aangegeven in het Kyoto Protocol, gehinderd zou worden door het gebruik van balgengasmeters is onjuist. De koppeling van een balgengasmeter aan een meetsysteem met afstandsuitlezing, al dan niet met temperatuurcorrectie, zoals momenteel wordt voorbereid voor de grootschalige uitrol van slimme meters in Nederland, biedt alle (technische) mogelijkheden om de doelstellingen van het Kyoto Protocol te ondersteunen.

De bewering dat meer informatie bij de eindgebruiker kan helpen om energie te besparen is juist. Het is echter niet juist om te stellen dat een balgengasmeter niet zou kunnen worden toegepast als volumemeter in een 'slim' meetsysteem.

5.2 Reactie op de publicatie van AnMar van 15 juni 2007⁶

In feite is het tweede AnMar-rapport een verdere uitwerking van het eerste rapport van maart 2007. Een belangrijke toevoeging is de uitbreiding met twee veldtests naar de werkelijke temperatuur van het geleverde gas. Hoewel er nog geen uitgebreide analyse is gemaakt van het rapport, worden hier nu al wel een aantal belangrijke punten behandeld.

De algemene conclusie is dat door AnMar veelal op basis van beperkte of onjuiste gegevens op voorhand ingenomen standpunten worden 'onderbouwd'. De aanbevelingen (hoofdstuk 12/13) zijn gebaseerd op de beperkt onderbouwde conclusies van het rapport.

Puntsgewijze beoordeling:

1. In het voorwoord wordt gesteld dat de huidige (mechanische) energiemeters niet geschikt zijn om de uitdagingen van de realisatie van de doelstellingen van het Kyoto protocol aan te gaan. Dat is een vreemde redenering. Het gaat niet zo zeer om het meetprincipe als wel om de datacommunicatie en -verwerking en hoe op basis van de beschikbare gegevens consumenten kunnen worden geactiveerd tot energiebesparing. Dat is wat met de grootschalige uitrol van slimme meters wordt beoogd.
2. AnMar komt op basis van de gegevens van grondtemperaturen van het KNMI tot een jaargemiddelde grondtemperatuur van 11 °C. Voor de afweging van de invloed van de grondtemperatuur op de gemeten gashoeveelheid is niet de jaargemiddelde grondtemperatuur relevant, maar de gewogen gemiddelde grondtemperatuur. Bijvoorbeeld op basis van een weging van de maandgemiddelde grondtemperatuur tegen het maandgemiddelde verbruik. 70-80% van het jaarverbruik van een huishouden wordt afgenomen in de wintermaanden november t/m maart, dit wil zeggen de maanden met de laagste grondtemperaturen.
3. De warmteoverdracht in een balgengasmeter en de aansluitleiding is onderwerp van het onderhavige onderzoek. De resultaten van dit onderzoek zullen worden gebruikt bij de beoordeling van de resultaten/conclusies in hoofdstuk 6 van het AnMar rapport.
4. In de veldstudies A en B zijn de metingen van de temperatuur van de balgengasmeter en de buitentemperatuur uitgevoerd in de periode van dag 121 tot 157 (vanaf 1-1-2007, dwz. 25 april tot 31 mei, voor

⁶ Formeel is de beoordeling van de publicatie van AnMar van 15 juni 2007 geen deel van de opdracht van DTE aan Kiwa Gas Technology. De hier gegeven reactie op het rapport is daarom beperkt.

veldstudie A; en in de periode van dag 164 tot 170 (13 - 19 juni⁷). Beide meetperioden vallen buiten het stookseizoen en daarom is er slechts een geringe doorstroming van de balgengasmeters. De gemiddelde grondtemperatuur volgens het KNMI in de maand mei is ca. 11 °C en in juni ca. 14 °C (zie figuur 1 van AnMar rapport).

5. Interessant zou zijn geweest om bij de veldstudies niet de buitentemperatuur te registreren, maar de temperatuur in de opstellingsruimte van de balgengasmeter. Onduidelijk is waarom gekozen is voor de buitentemperatuur.
6. De weergave van de conversie van het gemeten volume met een balgengasmeter naar de comptabele hoeveelheid, zoals vermeld in het rapport van AnMar is onjuist. De juiste weergave volgt onderstaand. De 'normale' omstandigheden zijn 1013,25 mbar en 0 °C (= 273,15 K). De gemiddelde (over-)druk waarbij het gas wordt geleverd is 28 mbar. In combinatie met een veronderstelde gemiddelde gastemperatuur bij levering van 7 °C, is de correctiefactor van gemeten volume naar normaal volume:

$$(1013,25+28)/1013,25*(273,15/(273,15+7))=1,002$$

Een (verwaarloosbare) afwijking van 0,2%. Of de veronderstelde jaargemiddelde temperatuur inderdaad correct is, is onderwerp van studie in het onderhavige onderzoek.

⁷ Deze meetperiode is inconsequent t.o.v. de publicatiedatum van het rapport: 15 juni 2007.

6 Conclusies

Uit de resultaten van fase 1 van het onderzoek kunnen de volgende conclusies getrokken worden.

- Uit de theoretische beschouwing volgt dat er sprake is van opwarming van het gas vanaf de geveldoorvoer tot aan de gasmeter
- De “opwarm lengte⁸” berekend met het theoretisch model en uitgaande van stilstaande lucht is ongeveer twee keer groter dan die welke gemeten is bij de laboratoriumproeven. Deze proeven zijn uitgevoerd met luchtstroming om de leiding. Indien bij de berekeningen met het model ook rekening wordt gehouden met luchtstroming om de gasleiding, dan zijn de resultaten van het model vergelijkbaar met die van de laboratoriumproeven.
- Het opwarmeffect geeft, afhankelijk van het type woning en de lengte van het gas vanaf de geveldoorvoer tot aan de gasmeter, aanleiding tot een temperatuurherleidingsfout. De grootte van deze temperatuurherleidingsfout is minimaal 1%. Deze fout is in het nadeel van de kleinverbruiker.
- De luchtdruk in Nederland geeft een drukherleidingsfout van 0,4%. Dit verschil is in het voordeel van de kleinverbruiker.
- De gewogen gemiddelde miswijzing van alle huishoudelijke balgengasmeters in Nederland ligt tussen de -0,17% (bij hoog debiet) en +0,92% (bij laag debiet). Deze miswijzing ligt ruim binnen de IJkwettelijke normen.
- De firma Anmar stelt vragen bij de juistheid van de 7 gradenmethode. Uit de beoordeling van de firma Anmar blijkt dat de onderbouwing van de conclusies niet op alle punten juist is. Daarnaast zijn de conclusies gestoeld op te weinig meetgegevens om hier algemene conclusies aan te verbinden voor alle balgengasmeters bij de kleinverbruikers.

In dit rapport (fase 1 van het onderzoek) zijn de parameters benoemd die de grootte van de meetafwijking ten gevolge van de afwijking van gasdruk en gastemperatuur ten opzichte van de veronderstelde gasdruk en gastemperatuur bepalen. Voor verschillende situaties is de grootte van deze meetafwijking berekend (geschat). In fase 2 van dit onderzoek (veldonderzoek) zal door middel van metingen de grootte van deze meetwijking nader worden vastgesteld voor de verschillende kleinverbruikercategorieën. Aspecten die hiervoor in fase 2 van dit onderzoek nader onderzocht zullen worden, zijn ondermeer de gastemperatuur direct bij de geveldoorvoer, het effect van het gasdebiet (type gasverbruik) op de opwarming cq. afkoeling van het gas en de

⁸ De “opwarm lengte” is hier die lengte van de gasleiding waarbij 65% van het temperatuurverschil tussen het gas bij intrede in de woning (gevel) en de omgeving van de gasleiding (omgevingslucht) is overbrugd.

gastemperatuur in de gasmeter, afhankelijk van de situering van de gasmeteropstelling in de woning.

I Begrippenlijst

7 gradenmethode

Een methodiek volgens welke de aangegeven hoeveelheid gas door balgengasmeters wordt gecorrigeerd voor temperatuur en druk.

Drukherleidingsfout

De fout die gemaakt wordt in de volumeherleiding van de drukcomponent ten opzichte van de volumeherleiding van de drukcomponent volgens de 7 gradenmethode.

Gewogen gemiddelde leveringstemperatuur:

De gemiddelde temperatuur (over een jaar) van het gas in de gasmeter, waarbij de temperaturen gewogen worden naar de geleverde hoeveelheid gas bij die temperatuur.

Herleiding naar normaalcondities

De herleiding van de aangegeven hoeveelheid gas naar normaalcondities (1,01325 bar en 0°C).

Niet herleide volumemeting

De volumemeting door een niet voor temperatuur en druk gecorrigeerde gasmeter

Opwarmlengte

De opwarmlengte is een maat voor de opwarming van het gas in de leiding door warmte-uitwisseling met de omgeving, bij gegeven doorstroomsnelheid van het gas in de buis en buisdiameter. Bij de opwarmlengte is 65% van het temperatuurverschil tussen het gas en de omgeving van de buiswand (lucht of bodem) overbrugd.

Q_{min}:

Het minimale meetvermogen Q_{\min} is het debiet van waaraf de meter moet voldoen aan de wettelijke eisen inzake de maximaal toelaatbare meetfouten.

Q_{max}:

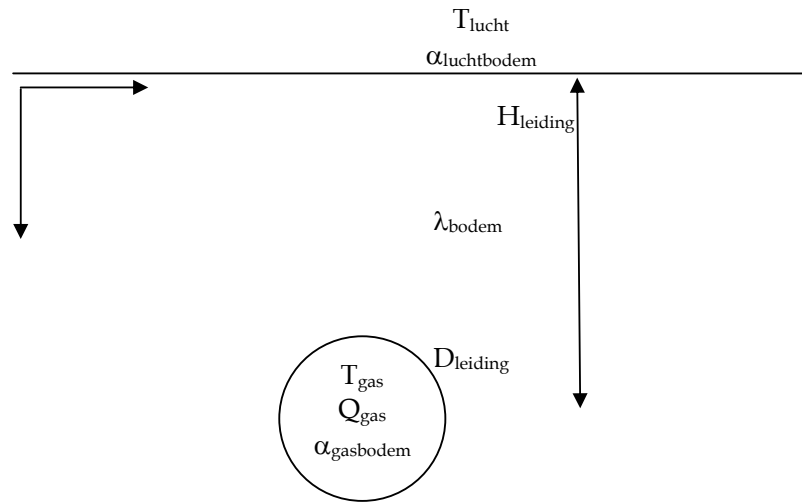
Het maximale meetvermogen Q_{\max} is het grootste debiet waarbij de meter moet kunnen werken zonder dat hij wordt beschadigd en zonder dat de maximaal toelaatbare wettelijke fouten of de maximaal toelaatbare waarde van het drukverlies worden overschreden.

Temperatuurherleidingsfout

De fout die gemaakt wordt in de volumeherleiding van de temperatuurcomponent ten opzichte van de volumeherleiding van de temperatuurcomponent volgens de 7 gradenmethode.

II Model opwarming gas

In deze bijlage zijn de rekenregels die voor het theoretisch vaststellen van de “opwarm lengte” opgenomen. De hiervoor van belang zijnde parameters zijn in onderstaande figuur vermeld.



Bij het bepalen van de “opwarm lengte” wordt uitgegaan van een buis met een diameter (D_{leiding}) op een diepte H_{leiding} . Het gas in de buis wisselt warmte uit met de buis en de buis wisselt warmte uit met de bodem. Beide vormen van warmte-uitwisseling zijn aangegeven met de term α_{gasbodem} .

Onder stationaire omstandigheden en bij een constante warmteoverdracht - coëfficiënt van gas naar bodem (α_{gasbodem}) is het temperatuurverloop in de gasleiding exponentieel:

$$T_{\text{gas}(z)} = T_{\text{bodem}} + (T_{\text{gas0}} - T_{\text{bodem}}) e^{-z/z_0}$$

Hierin is:

- $T_{\text{gas}(z)}$: temperatuur van het gas na een leidinglengte van z [K].
- T_{bodem} : temperatuur van de bodem (grond) op 90 cm diepte [K]
- T_{gas0} : begingtemperatuur van het gas (hier direct na districtstation) [K]
- z : leidinglengte [m]
- z_0 : “opwarm lengte” (karakteristieke lengte) [m]

Hierbij is z_0 een karakteristieke lengte ("opwarm lengte") die wordt gegeven door de formule:

$$z_0 = C_{p, \text{gas}} Q_{\text{gas}} / \pi D_{\text{leiding}} \alpha_{\text{gasbodem}}$$

Hierin is:

- $C_{p, \text{gas}}$: warmtecapaciteit aardgas [J/m³o]
- Q_{gas} : gasdebiet [m³o/s]
- D_{leiding} : binnendiameter van de leiding [m]
- α_{gasbodem} : warmteoverdrachtcoëfficiënt van gas naar bodem [W/m²K]

In bovenstaande formule wordt α_{gasbodem} als volgt berekend:

$$\alpha_{\text{gasbodem}} = \frac{1}{D_{\text{leiding}}} \left(\frac{1}{D_{\text{leiding}} \alpha_{\text{gasleiding}}} + \frac{\ln \left(\frac{H_{\text{leiding}}}{D_{\text{leiding}}} \right)}{k_{\text{bodemp}}} + \frac{1}{H_{\text{leiding}} \alpha_{\text{luchtbodem}}} \right)^{-1}$$

Hierin is:

- $\alpha_{\text{gasleiding}}$: warmteoverdrachtcoëfficiënt van gas naar leidingwand [W/m²K]
- $\alpha_{\text{luchtbodem}}$: warmteoverdrachtcoëfficiënt van leidingwand naar lucht [W/m²K]

Tenzij anders vermeld zijn in dit rapport de waarden van de in bovenstaande formules vermelde grootheden overgenomen uit PBNA Polytechnisch Zakboek 47e druk.

Als vuistregel kunnen we stellen dat na een afstand van meer dan $3z_0$ de gastemperatuur in evenwicht is met de bodem.