

Werking van leembouwstoffen op de luchtvochtigheid in binnenruimtes

door Wulf Eckermann en Christof Ziegert

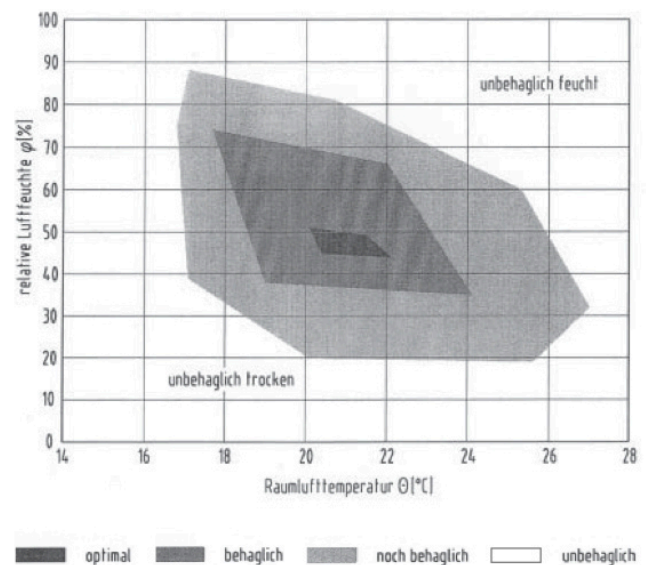
Voorwoord

Door gebruikers wordt over het algemeen vastgesteld dat ruimtes, die afgewerkt zijn met lemen producten, beschikken over een zeer behaaglijk klimaat dankzij een goede luchtvochtigheidsgraad. Een wetenschappelijke verklaring voor dit fenomeen is de laatste jaren tot in detail met succes onderzocht. [H.H. Holl/C. Ziegert, 2002]. Het bleek hierbij lastig om het verloop van luchtvochtigheid, onder invloed van het soort bouw materiaal, te bepalen. Door deze metingen kan ventilatie preciezer worden berekend, of de kans op schimmelvorming nauwkeuriger worden ingeschat. Hier manifesteert zich een wezenlijke kans van het materiaal leem met haar hoog vochtregulerend vermogen. Veel gebouwen hebben alleen een optimaal klimaat als de gebruiker ervan gedisciplineerd lucht: leem biedt een oplossing voor dit probleem. Leem als bouw materiaal accepteert een hogere foutmarge van bouwwerken. Nadat F. Otto in 1995 de invloed van sortiegedrag aan de oppervlakte van bouwconstructies berekend had werd dit direct relevant geacht. Door deze resultaten konden W. Eckermann en anderen (2006) voor het eerst leembouwmaterialen testen op hun specifieke vochtbalans in een gecontroleerde testruimte.

Inleiding

Ook al is er aan de bouwkundige eisen van stabiliteit, brandveiligheid, warmte- en geluidisolatie voldaan, dan nog is het lastig om bij het bouwen en verbouwen te zorgen voor een aangenaam en gezond woon- en werkklimaat. Er worden steeds hogere eisen gesteld aan de warmte-isolatie (o.a. met betrekking tot duurzaamheid). Zo dient daarbij de gebouwschil luchtdicht te zijn om geen convectief warmteverlies op te laten treden. Het resultaat is een verminderde luchtcirculatie, waardoor de verontreiniging van de lucht toeneemt door verminderde verdunning. (BMVBW, 2001) Zo is ook de vorming van schimmel toegenomen in zowel nieuwbouw als in, voornamelijk, bestaande bouw. (BMBS, 1995) Door de afname van de luchtcirculatie wordt de regulerende functie van afbouwmaterialen belangrijk. Lemmen

bouwstoffen zijn vrij van schadelijke stoffen in de afwerklaag, die nadelig zouden kunnen zijn voor de luchtkwaliteit in een ruimte. Een bijzonder grote rol speelt de eigenschap van deze materialen om de luchtvochtigheid van een ruimte te reguleren. Vanuit het oogpunt van gezondheid geldt een relatieve luchtvochtigheid (= RV) van 50% als optimaal en tot ongeveer 35% als behaaglijk (**afbeelding 1**) [Leudsen/Freymark, 1951]. In geval van ziekte aan de luchtwegen wordt meestal een luchtvochtigheid van minstens 40% (en meer) aanbevolen. Voor muziekinstrumenten en kunstvoorwerpen moet de luchtvochtigheid in de ruimte strikt rondom 50% gehouden worden. [Burmester/Eckermann, 1999]



Afbeelding 1

Behaaglijkeheidsgrafiek [Leudsen / Freymark – 1951]

Een luchtvochtigheid tot 70% wordt als aangenaam ervaren. Hogere waarden hebben geen schadelijk effect op de gezondheid maar de atmosfeer wordt dan als benauwd ervaren. Problematisch bij deze waarden is ook

de versnelde schimmelvorming. Er wordt vanuit gegaan dat, wanneer een oppervlak in contact staat met een luchtvochtigheid van meer dan 80% gedurende twaalf uur tijdens vijf opeenvolgende dagen, er vrijwel zeker schimmelvorming zal optreden. [Richter en anderen, 1999] [Sedlbauer/Krus, 2003]. In het geval van een koudebrug komt schimmelvorming op bouwdeelen al voor bij een luchtvochtigheid van 60%.

In het geval van de aanwezigheid van koudebruggen is een lage luchtvochtigheid van groot belang zodat er geen risico's ontstaan voor de bewoners. De koudebrug kan door een bouwkundige ingreep aangepast worden, maar al te vaak wordt het probleem afgeschoven op de gebruiker zelf. Het luchtvochtigheidsbereik waarin zowel gebruiker als bouwdeel zich dan prettig voelen wordt door de thermische kwaliteit van de gebouwschil ernstig beperkt. Om ongunstige schommelingen in de luchtvochtigheid op te vangen kunnen de met aan het binnenklimaat grenzende oppervlakken van afbouwmaterialen een rol spelen door het opslaan van overtollig waterdamp, dat ontstaat door bijvoorbeeld douchen, koken, verwarmen etc. Overtollig vocht kan zo geleidelijk worden afgegeven aan de ruimte wanneer de concentraties dat toelaten. Omgekeerd wordt bij te droge lucht kortstondig vrijkomend vocht vastgehouden binnen de ruimte. Deze materiaaleigenschap heet sorptievermogen. Sorptie is geen vervanging voor ventilatie, maar verbetert wel de hygrische condities van binnenruimtes, vooral waar het ruimtes met een geringe luchtverversing betreft.

Het sorptievermogen van leem is aanzienlijk beter dan dat van andere bouwmaterialen. Het gebruik van leem is daarom bijzonder effectief als het gaat om het scheppen van een aangenaam binnenklimaat. Men kan spreken van een goed uitgebalanceerd passief systeem dat een gebouw en de gebruiker beschermt tegen al te grote schommelingen in de luchtvochtigheid en daardoor het binnenklimaat aanzienlijk verbetert. Naast de afbouwmaterialen die de schil van een ruimte vormen, kunnen ook delen van het interieur helpen het binnenklimaat te verbeteren. Denk daarbij aan schapenwollen tapijten, onbehandelde meubels en zeker boeken. Omdat de samenstelling en kwaliteit van deze onderdelen sterk kan verschillen is hun werking discutabel. Bovendien worden door de uitwisseling van waterdamp ook nare geurtjes en schadelijke stoffen opgenomen en verwijderd uit het binnenklimaat.

De gebruikers zijn het erover eens dat met leem afgewerkte ruimtes frisser zijn en vrij zijn van geurtjes. De wetenschappelijke grondslag van de opname is te vinden binnen de mineralogie. Het vermogen van be-

paalde kleimineralen om zogenaamde kationen uit te wisselen wordt al ingezet bij het zuiveren van vervuild water. Door dit proces worden ionen uit verontreinigde stoffen omgewisseld door neutrale ionen. Zo worden de verontreinigde stoffen gescheiden van het water. Of dit effect ook optreedt bij de opgeslagen watermoleculen in een lemen muur is tot dusver nog niet wetenschappelijk vastgesteld.

Basisprincipes sorptie van luchtvochtigheid bij bouwmaterialen

Het bufferen van vocht in materialen is gebaseerd op het principe dat materialen, die met elkaar in contact staan, de eigenschap hebben verschillende concentraties vocht binnen deze delen in evenwicht te krijgen. Zo ontstaat er bij een bepaalde luchtvochtigheid in een ruimte in een materiaal te zijner tijd een gelijkmatige vochtigheid, een evenwicht. Voorwaarde voor het bufferen van vocht in een materiaal is dat het vocht diffuus kan binnendringen en kan ontsnappen in het materiaal dat in contact staat met de betreffende ruimte. Een met lak behandelde vloer is niet meer geschikt voor het opvangen van dagelijkse schommelingen in de luchtvochtigheid, omdat het gelakte oppervlak van het hout sterk remmend werkt voor de opname van vocht. Bij muren is hetzelfde van toepassing. Uit onderzoek, verricht door de auteurs, is gebleken dat de voor leemoppervlaktes vaak gebruikte caseïne- en silicaatverven de opnamesnelheid zelfs na veelvoudig opbrengen met slechts 5% reduceren. Leempleisters en leemverven houden het sorptievermogen dus in stand. Bij de gangbare muurverven daarentegen verminderen voornamelijk de polymeerdispersie-deeltjes de toch al geringe opnamecapaciteit van kalk-, cement- en gipsmuurafwerkingen. Vooral de vochtafgifte neemt merkbaar af. (**afbeelding 2**) Het effect wordt versterkt door het meerdere malen aanbrengen van lagen verf.

In het bouw materiaal zelf vindt opname van vocht uit de ruimte plaats via capillaire condensatie: de damp condenseert en wordt opgenomen in de wanden van de poriën in het materiaal, vooropgesteld dat de poriënruimtes onderling verbonden zijn zodat er ook een evenwicht kan ontstaan binnen het bouw materiaal door vochttransport. De verandering van de vochtigheid van een materiaal zorgt er niet voor dat het materiaal vochtig of klam aanvoelt. Het is zelfs zo dat de sterk sorberende materialen zelfs bij lage oppervlaktetemperaturen geen tekenen van condens tonen. Aan capillaire condensatie zitten enkele materiaaltechnische grenzen die bij de

oorspronkelijk sterk sorberende als spouwisolatie gebruikte calcium-silicaatbouwmaterialen duidelijk bereikt zijn. **(afbeelding 4)**

Lemen bouwmaterialen verschillen wat betreft hun poriënstructuur niet significant van andere minerale pleisters. Het aanmerkelijk betere sorptiegedrag is te herleiden via een aanvullende eigenschap van het minerale deel. Het vocht wordt opgeslagen in de bijzonder fijne en versplinterde kristalstructuur van het zogenaamde expansieve drielaagse kleimineraal (type 2:1). **(afbeelding 2)**

Het gehalte van dit werkzame deel van de kleimineralen verschilt binnen de verschillende soorten leem en leembouwmaterialen. Andere mineralen, waaronder het tweelaagse Illiet, zijn minder goed werkzaam. In het onderzoek van Holl/Ziegert (2002) werd de samenhang tussen dit expansieve drielaags kleimineraal en de sorptie van vocht in verschillende op de markt verkrijgbare leemsoorten bewezen.

Leempleisters die weinig tot geen van deze mineralen bevatten hadden 'slechts' een 40% hogere sorptiewaarde dan conventionele kalk, cement- of gipspleisters, en blijven daarmee ver onder de waarden van de drielaags leempleisters. **(afbeelding 4)**

In dit onderzoek had uitgerekend de leempleister met het hoogste kleigehalte de laagste sorptiewaarde; het gedeelte kleimineraal bestond vrijwel geheel (98%) uit het weinig actieve Illiet.

In het kader van de erkende *NaturePlus certificering* van leempleister wordt het sorptievermogen als een wezenlijk kenmerk onderzocht en in het certificaat vastgelegd. Zo kunnen alle betrokkenen bij een bouw nagaan of de

natuurlijke eigenschappen van de leempleister toereikend zijn voor de situatie.

Lemen bouwmaterialen, die voor natuurlijk comfort en welbevinden zorgen, verschillen niet zo veel van andere bouwmaterialen qua poriënsysteem (zoals vaak wordt vermoed), dit is in principe gelijk. Het onderscheid kan aan enkele factoren worden toegeschreven:

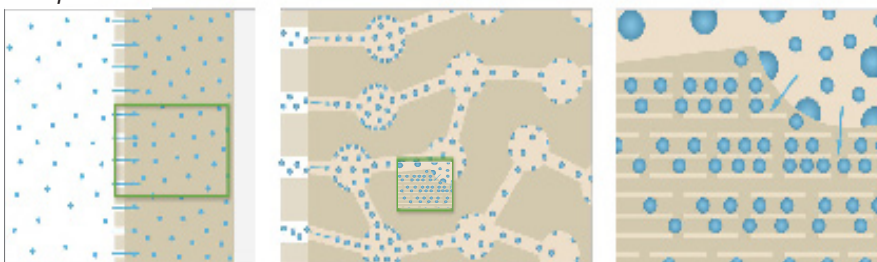
1. In indirecte zin: leemoppervlakken worden meestal niet ofwel met extreem diffusie-open verven behandeld, terwijl andere afbouwmaterialen veelal beschilderd worden met diffusie-remmende verven. Het sorptievermogen van conventionele afbouwmaterialen wordt afgeremd, dat van de leemoppervlakken blijft 'ongeremd'.
2. In directe zin: bij leembouwstoffen, die expansieve drielaags kleimineralen (type 2:1) bevatten, wordt de luchtvochtigheid in tussenlagen van deze extreem fijne en gespleten mineralen opgeslagen.

Vergelijkbaar met de opslag in de kleimineraalstructuur vindt bij hout een opslag in de celstructuur plaats. Middels dit principe verkrijgen onbehandelde, zaagruwe houten oppervlaktes een vergelijkbare waarde als oppervlaktes van leempleister.

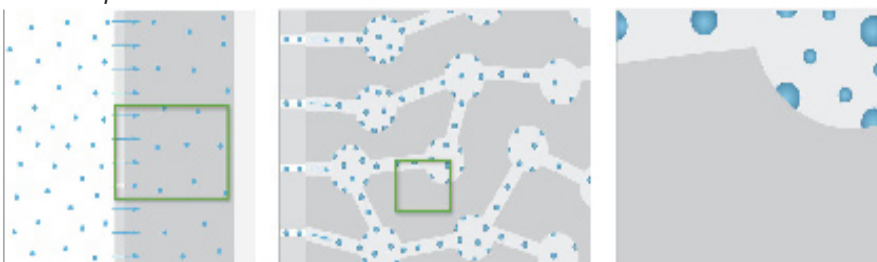
Meettechniek voor de sorptie van luchtvochtigheid bij bouwmaterialen

De sorptie van luchtvochtigheid van bouwmaterialen is meetbaar aan de hand van de opgenomen of uitge-

leempleisters



Niet-leempleisters



Afbeelding 2

Grafische weergave van sorptie van vocht uit de omgeving, bij leempleisters en niet-leempleisters

Waterdampmoleculen in het binnenklimaat



Aangebrachte laag op leempleister



Poriën, poriekanaal en solide leempleister



Aangebrachte laag op niet-leempleister



Poriën, poriekanaal en solide niet-leempleister



Grafiek Claytec, Christiane Liebert

stoten massa waterdamp. Het materiaal zal zwaarder worden wanneer de luchtvochtigheid van de omgeving stijgt, en evenzeer afnemen als de luchtvochtigheid daalt. Tot op heden bestaan er twee verschillende werkwijzen om dit principe te meten. De klassieke manier is de EN ISO 12571: de bepaling van hygroscopische sorptie-eigenschappen. Hierbij wordt de geteste ruimte bij 40° C gedroogd alvorens deze aan een stapsgewijs oplopende luchtvochtigheid bij een gelijkmatige temperatuur van 23° C wordt blootgesteld. Na het bereiken van een evenwicht in het vochtgehalte kan de opname van de hoeveelheid vocht in het materiaal gemeten worden. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een absorptiecurve, waarvan de eindwaarde bij een RV van 95% ligt. De adsorptiecurve wordt door een hieropvolgende, stapsgewijze verlaging van de luchtvochtigheid tot aan het startniveau vastgesteld. Het resultaat van de curven wordt als sorptie-isotherm verbeeld. Totdat de betreffende gelijkmatige vochtigheid bij de individuele curven tot de gemeten luchtvochtigheid bereikt is, verstrijken vaak meerdere dagen, en bij hout zelfs meerdere weken. Omdat de luchtvochtigheid in binnenuitruimtes echter aan frequente, veelal cyclische schommelingen onderhevig is, weerspiegelt deze meettechniek de permanente wisseling tussen ruimte en bouwstof nauwelijks. Deze dient ter informatie met betrekking tot hoe de vochtigheid van het materiaal zich onder bepaalde algemene omgevingsomstandigheden langdurig aanpast, wat bijvoorbeeld voor houtbescherming van belang is. Het resultaat levert echter vanuit een klimatologisch oogpunt een beperkte conclusie. Een voordeel van de werkwijze EN ISO 12571 is dat het sorptiegedrag in een breed spectrum van een mogelijke luchtvochtigheid inzichtelijk wordt gemaakt. Een andere procedure, die toepasselijk is voor het binnenklimaat, oriënteert zich op Minke (01). In de testruimte wordt de RV gereguleerd naar 50% bij 20° C en met een sprong naar 80% verhoogd, waarbij de vochtafname per uur wordt gemeten. Om ook een beeld te krijgen van de vochtgiftige wordt na het eindtijdstip van Minke de luchtvochtigheid na 12 uur weer tot 50% gereduceerd en dit 12 uur zo gelaten. De op Minke gebaseerde werkwijze heeft het voordeel dat de sorptiesnelheid vastgesteld wordt.

In realiteit is de kortdurende reactie van de bouwstof op een vochtigheidsverandering van groter belang voor het binnenklimaat dan de totale capaciteit ervan tot aan de constante massa.

Ook levert deze wijze een relevante vergelijking betreffende de hoeveelheid vocht die per vlak kan worden gesorbeerd. Tevens kan met deze methode de bouwmassa worden onderzocht en vergeleken. Omdat ver-

schillende pleisters geen wezenlijk verschillende dichtheden tonen, is een directe vergelijking van sorptie per vlak pas na omrekening van de waarden mogelijk.

Resultaten van de bouwmaterialmetingen Opbouw en dikte

De resultaten van pleistemetingen volgens EN ISO 12571 zijn uitvoerig door Holl/Ziegert (2002) vastgesteld. Samenvattend wordt hier het in **afbeelding 3** overgenomen diagram getoond, waarin van de toenmalig onderzochte productgroepen 'leempleister' als ook 'kalk-, gips- en cementpleisters' de gemiddeldes genomen zijn. Hier is bij leempleister in het relevante bereik van 40%-70% RV bij een stijgende luchtvochtigheid een dubbel zo sterke stijging van het materiaalvocht te zien, zoals bij reguliere pleisters. Daaruit kan een dubbel zo hoge sorptie-activiteit worden afgeleid met betrekking tot de absolute waarde. Interessant is dat reguliere pleisters vanaf een RV van 80% een sterke vochtigheidsgroei laten zien, zodat bij 95% RV een zelfde materiaalvochtigheid als bij leempleister bereikt wordt. Doordat een luchtvochtigheid van meer dan 80% in binnenuitruimtes echter voorkomen dient te worden, is deze gedeeltelijke sorptie-activiteit van het materiaal niet effectief. Als men een pleisterlaag van 1,5 cm dikte toetst aan Minke's methode dan zullen de curven uit **afbeelding 4** te zien zijn. Hier is in het midden te zien dat leempleisters een dubbel zo sterk sorptievermogen als kalk- of cementgebonden pleisters hebben.

Leempleisters zijn onderling erg verschillend. Zoals eerder beschreven hebben leempleisters, zonder of met een geringe hoeveelheid sorptie-actieve kleimineralen (type 2:1) een slechts 40% hogere sorptiewaarde dan kalk- of cementgebonden pleisters. Maar de sterkst sorberende leempleister heeft toch een drievoudige sorptiewaarde. De onlangs met het *NaturePlus* certificaat beloonde leempleisters hebben dezelfde uitstekende waarde. Bij de niet-leembouwstoffen heeft de calciumsilicaatplaat een hoge beginsorptie, vergelijkbaar met leempleister.

Zoals hierboven gemeld is bij leempleister de poriënruimte geoptimaliseerd voor isolatie en sorptie. De curve daalt echter snel: de mogelijkheid voor langdurige sorptie is begrensd. In gebouwen worden pleisters en bouwplaten meestal gestoffeerd en geschilderd. Daarom is onderzocht welk sorptiegedrag een verbetering van minstens 60% toont ten opzichte van een bestreken gipskartonplaat.

Dunne leemlagen, bijvoorbeeld een filmlaag op een

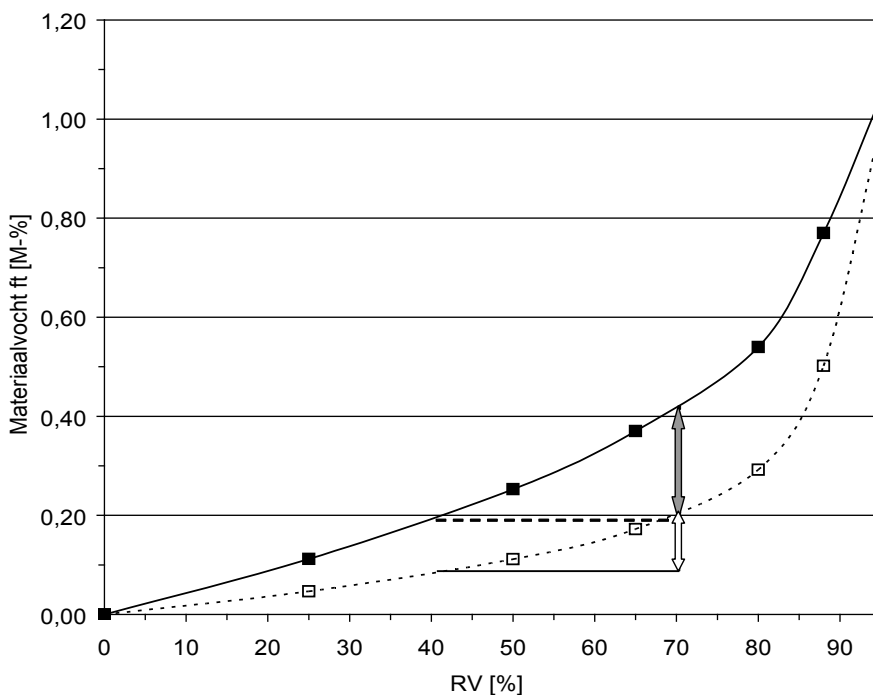
willekeurige ondergrond, hebben echter een beperkte werking. **Afbeelding 5** toont de bufferende werking van leempleister in een bouwlaag met conventionele bouwstoffen en een met leembouwstoffen. (**afbeelding 5**) [Ziegert, 2003]

Alle op leem gebaseerde bouwconstructies hebben een meer dan driedubbel sorptievermogen dan de meeste traditionele constructies. De invloed van de laagdikte in leemconstructies is niet wezenlijk zichtbaar in de resultaten van de test. Dit komt omdat bij de gesimuleerde dagelijkse luchtvochtigheidschommelingen slechts de buitenste 1,5 a 2 cm van een binnenmuur geactiveerd worden. Interessant is dat de onderzochte 3 mm dunne leempleister op een gipskartonplaat maar ongeveer een uur actief blijft; een filmlaag met leemverf duidelijk nog minder. De dagelijkse gebruikerscycli van binnenruimtes, en de daarmee verbonden, meest basic invloeden op de luchtvochtigheid, duren meestal tussen 6 en 12 uur. Een laagdikte van 1,5 cm is genoeg om in dit tijdsbestek een succesvolle buffering te bereiken. Als fluctuaties in het weer of seizoenswisselingen gelijkmatig zouden zijn dan maakt de dikte van de pleisterlaag niet meer uit. In deze context wordt gekeken naar gebouwen die gelucht of verwarmd worden door een luchtwarmtewisselaar. Hierbij is de luchtwis-

seling vaak zo hoog dat er 's winters - bij normaal gebruik - een extreem lage luchtvochtigheid ontstaat door de permanente aanvoer van droge buitenlucht. [Flückinger, 2005] Leempleisters kunnen weliswaar door de snelle opname van vocht, dat in korte tijd geproduceerd wordt, bijdragen tot het aanscherpen van de problematiek; uiteindelijk worden ze enigszins overschat omdat ze de luchtvochtigheid alleen opslaan en niet zelf produceren. Hier kunnen dickere leembouwdelen zoals leemsteen- of stampleemwanden hun volle werking inzetten. De verwachting dat onder deze omstandigheden de luchtvochtigheid in binnenruimtes continu 50% blijft, is niettemin overdreven.

De luchtvochtigheid binnenshuis met nadruk op sorptie-eigenschappen

Voor een benadering van de klimatologische uitwerking binnenshuis op de hierboven beschreven bouwdeeleigenschappen is een vereenvoudigde vochtbalans berekend. Hierin zijn de volgende factoren van invloed: ruimte, vochtproductie naar verschillend gebruik, ventilatie en het sorptiegedrag van de bouwdelen die de ruimte omhullen. [Eckermann en anderen, 2006] Het rekenmodel geeft het vochtgedrag in de winter weer.



Afbeelding 3

Gemiddelde waterdampsorptie bij de onderzochte leempleisters vergeleken met reguliere pleisters (conform EN ISO 12571).

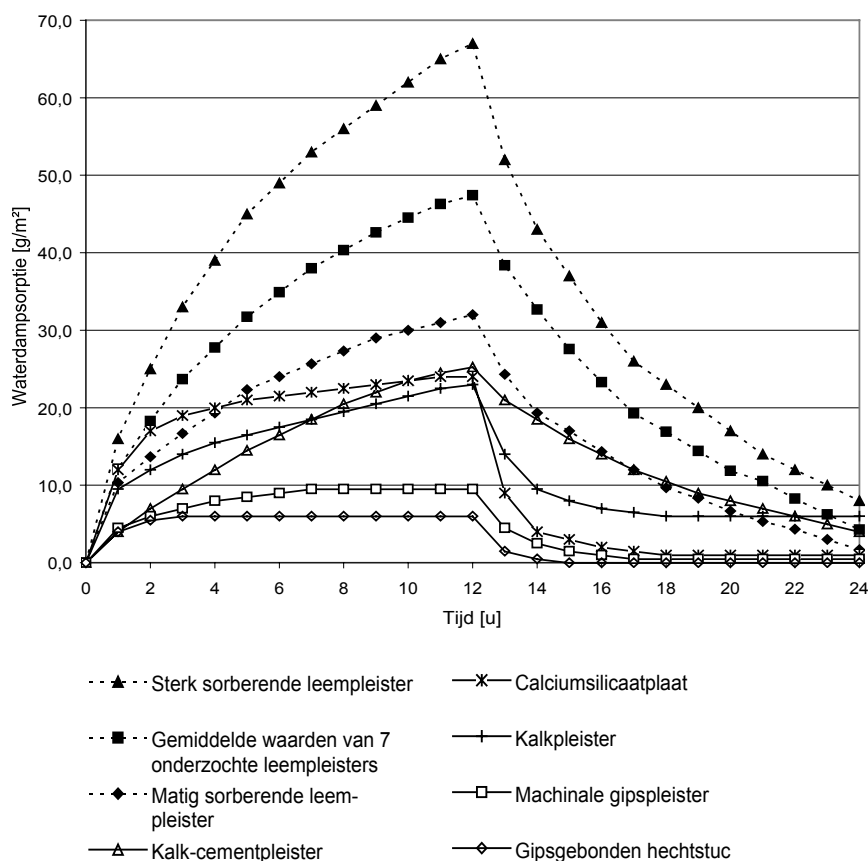
Gemiddelde waarden:
 - - □ - - Gips-, kalkgips-, kalkcement-pleisters
 - - ■ - - Leempleisters

De vierkante modelruimte heeft een vloeroppervlak van 16 m² en een 3 meter hoog plafond. De openingen daargelaten is er ongeveer 60 m² muuroppervlak dat de luchtvochtigheid kan reguleren. Aan de vloer worden voor de zekerheid geen sorptie-actieve eigenschappen toegekend, omdat veel woningen een gelakte houten vloer of vloertegels hebben en deze de luchtvochtigheid niet beïnvloeden.

Ziegert (2003).

Omdat de berekening in de binnenruimte een veel lagere luchtvochtigheid laat zien dan de 80% waarop de sorptiemetingen gebaseerd zijn, worden hier gedeeltelijk lagere sorptiewaarden gebruikt.

De resultaten van de gekozen invloedscombinaties zijn te zien in **afbeeldingen 7-9**. Als vergelijkingscurve dient steeds de luchtvochtigheid in de binnenruimte, waarbij



Afbeelding 4

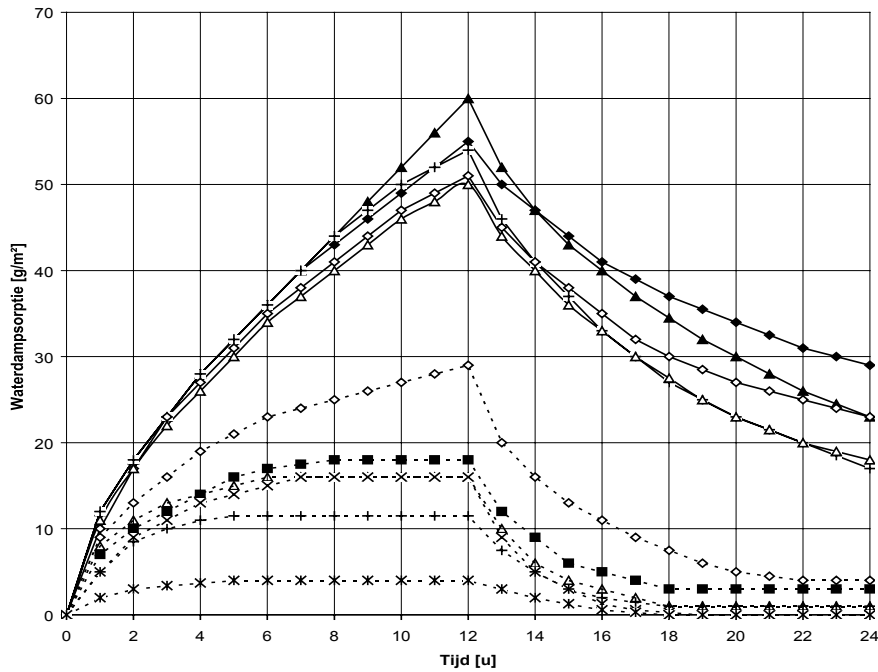
Het diagram laat de reacties van verschillende pleisters op schommelingen in de relatieve vochtigheid (sorptievermogen) zien. In de test werd de relatieve vochtigheid (RV) bij een gelijkmatige temperatuur kort verhoogd van 50% naar 80% (vochtsprong) en na 12 uur weer tot 50% verlaagd.

De veronderstellingen met betrekking tot vochtproductie naar specifiek gebruik, zoals de slaap-, woon- of badkamer, zijn gebaseerd op Richter en anderen (1999). De luchtverversing bereikt in gerenoveerde oudbouw en nieuwbouw een waarde van 0,1 g/m² per uur tot 0,8 g/m² in niet-gerenoveerde oudbouw. De geschatte klimaatuitkomsten voor de buitenlucht worden ingedeeld als koude (0° C, 85 RV) en milde (10° C, 85 RV) winterdagen. De verschillende bouwconstructies in het onderzoek bevatten de meest gebruikte materialen binnen de conventionele woningbouw en de leembouw. Voor het insluiten van het sorptiegedrag zijn de tijd-specifieke en hierboven beschreven sorptiewaarden gebaseerd op onderzoeken van Holl/Ziegert (2002) en

het sorptieproces buiten beschouwing gelaten is. Het verloop van deze curven treedt op bij een diffusiedicht ofwel sorptie-inactief materiaal zoals bijvoorbeeld glas.

De diagrammen zijn overgenomen uit een onderzoek van Eckerman en anderen (2006). Ze laten de volgende relevante situaties en samenhang zien:

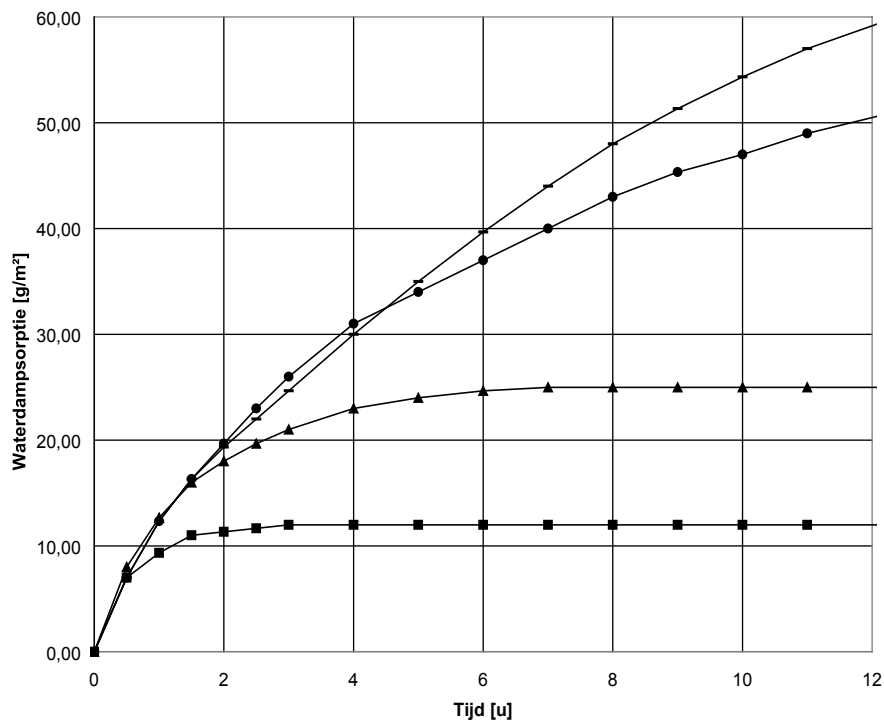
1. De sorptiecapaciteit van wandbekleding en afbouwmaterialen heeft een wezenlijke invloed op de luchtvochtigheid: hoe geringer de luchtverversing, hoe groter de invloed, des te milder het weer, hoe groter de vochtproductie in de ruimte.



Afbeelding 5
 Het diagram toont de relatie tussen het sorptiegedrag van een bouwlaag binnenshuis, een met conventionele bouwstoffen en een met reguliere leembouw materialen. Net als bij de test in afbeelding 4 is de relatieve vochtigheid bij een gelijke temperatuur kortstondig van 50% naar 80% verhoogd (vochtsprong) en na 12 uur weer naar 50% verlaagd [Ziegert, 2003].

- ▲— Marmelmeel-caseïneverf dubbellaags, fijne leempleister geschuurd 3 mm, droge leemplaat 16 mm
- ◆— Marmelmeel-caseïneverf dubbellaags, fijne leempleister geschuurd 3 mm, leembouwplaat 25 mm
- ⊥— Marmelmeel-caseïneverf dubbellaags, fijne leempleister geschuurd 3 mm, basisleem 15 mm
- ◇— Marmelmeel-caseïneverf dubbellaags, fijne leempleister geschuurd 10 mm, basisleem 15 mm
- △— Leem edelpleister oker, geschuurd, 3 mm, fijne leempleister 15 mm
- ◊— Leem edelpleister oker, geschuurd, 3 mm, hechtgrond caseïneprimer, gipskartonplaat gegrond 12,5 mm
- Gipskartonplaat gegrond 12,5 mm
- ▲— Dispersie-interieurverf dubbellaags, structuurbehang met behanglijm gelijmd, gipskartonplaat gegrond 12,5 mm
- ×— Dispersie-interieurverf dubbellaags, structuurbehang met behanglijm gelijmd, kalk-gipspleister 10 mm
- ⊕— Machinale gipspleister 15 mm, dispersieverf dubbellaags
- ✱— Dispersie-interieurverf dubbellaags, kunsthars-rolpleister 3 mm, gipskartonplaat gegrond 12,5 mm

2. Bij een hoge luchtverversing verdwijnt de sorptie-invoed van wandbekleding naar de achtergrond, de luchtvochtigheid wordt sterker beïnvloed door de ventilatie.
3. Dankzij leembouw kan worden bewerkstelligd dat bij een normale vochtproductie en de tegenwoordig lage luchtverversing een comfortabel en gebouwvriendelijk binnenklimaat ontstaat.



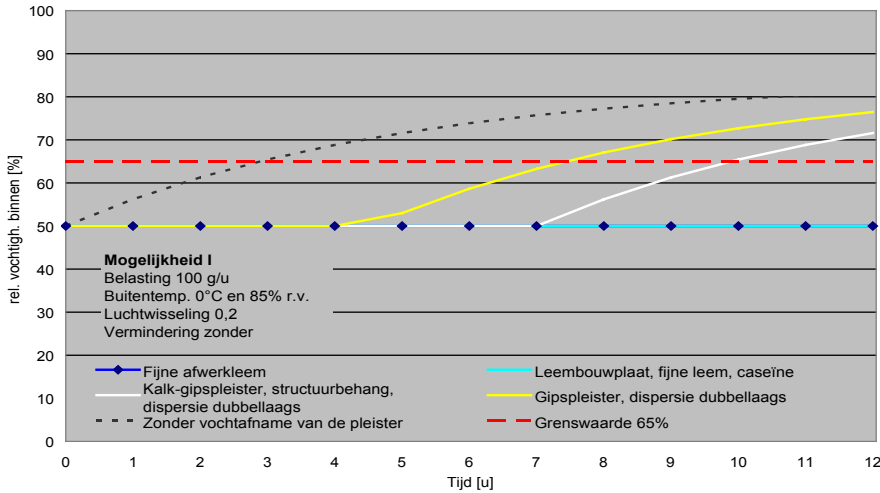
Afbeelding 6

Het diagram toont de invloed van de leempleisterdikte op de absorptie van waterdamp, na kortstondige verhoging van de relatieve luchtvochtigheid van 50% tot 80% (Ziegert, 2003).

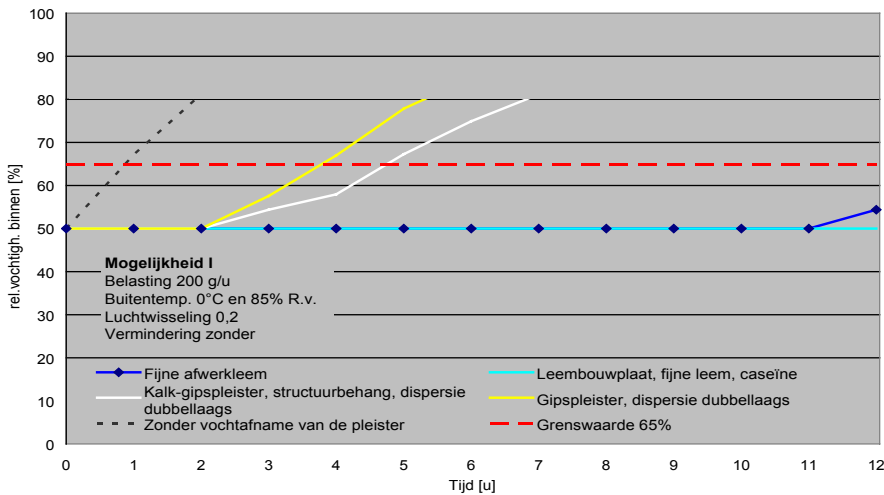
- Leemstuc 2 mm
- ▲ Leemstuc 5 mm
- Leemstuc 15 mm
- Leemstuc 25 mm

Afbeeldingen 7 – 9

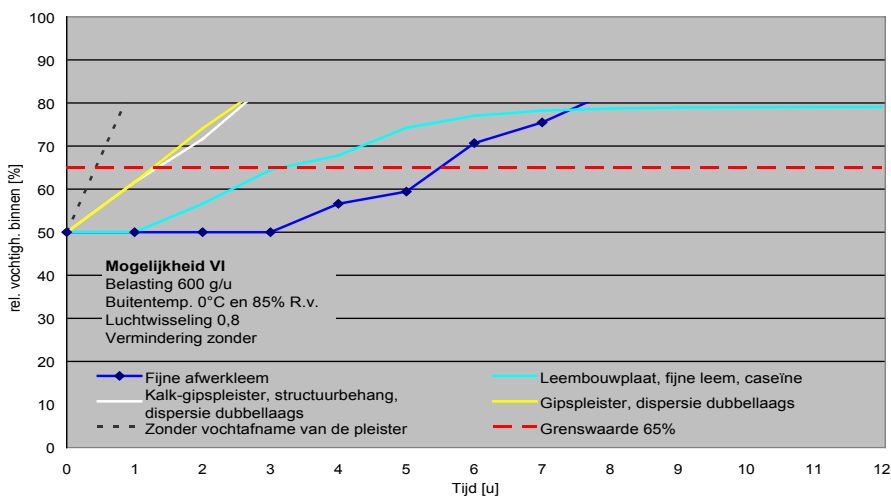
Verloop van de luchtvochtigheid binnenshuis, beïnvloed door verschillende wandoppervlakken, luchtwisselingen, buitenklimaat en gebruikersintensiteit [Eckermann en anderen – 2006].



Belasting 100 g/u; winter 'koud'; luchtwisseling 0,2



Belasting 200 g/u; winter 'koud'; luchtwisseling 0,2



Belasting 600 g/u; winter 'koud'; luchtwisseling 0,8

Samenvatting

Leembouwmaterialen bezitten ten opzichte van andere minerale bouwstoffen een duidelijk hoger sorptievermogen met betrekking tot luchtvochtigheid. Ook hebben de materialen, waarmee een ruimte afgewerkt is, een significante invloed op het binnenklimaat. Het gebruik van hoog-sorptieve wandoppervlakken kan en hoeft de ventilatie van een ruimte niet volledig te regelen, toch is het bij een wisselende vochtbelasting in binnenruimtes een effectieve aanvulling hierop.

In tegenstelling tot het luchten, waarbij een bewuste handeling of geautomatiseerde techniek is vereist, werkt de bufferactiviteit van de ruimte onafhankelijk van gebruikers en techniek.

De tijdelijke tolerantie voor de verversing van lucht en de luchtvochtigheid wordt verbeterd, wat het gebruikskomfort van nieuwbouw of goed nieuw geïsoleerde oudbouw verhoogt.

Dankzij leembouw kan worden bewerkstelligd dat bij een normale vochtproductie en de tegenwoordig lage luchtverversing een comfortabel en gebouwvriendelijk binnenklimaat ontstaat.

Wulf Eckermann

Eigenaar BAUKLIMA Ingenieursburo in Potsdam

Highlights: Bauphysikalische und bauklimatische Leistungen im Baubestand Untersuchung, Schadensanalyse und Planung

Docent aan de FH Potsdam, auteur vakliteratuur

Dr.-Ing. Christof Ziegert

Mede-eigenaar Büro ZIEGERT ROSWAG SEILER Architekten und Ingenieure

Highlights: Neubau und Sanierung von Massivlehmbauten sowie Entwicklung und Prüfung von Lehmbaumaterialien

Gepromoveerd in 2002 op Schäden und Sanierung im historischen Massivlehmbau

Docent aan de TU Berlin en FH Potsdam, auteur vakliteratuur

Literatur/bibliografie

[BMBS – 1995]

Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Hrsg.): Dritter Bericht über Schäden an Gebäuden. Bonn 1995

[BMVBW – 2001]

Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.): Gewährleistung einer guten Raumlufthqualität bei weiterer Senkung der Lüftungswärmeverluste, Endbericht zum Forschungsprojekt (RS II 4 - 641-97.118), Forschungen, Heft 105, Bonn, 2001

[Burmester / Eckermann – 1999]

Burmester, A., Eckermann, W.: Sollwerte für relative Feuchte und Temperatur am Kunstobjekt. In: Raumklima in Museen. Informationsschrift des Fachinstitutes Gebäude-Klima e.V., Bietigheim-Bissingen 1999

[Eckermann et al – 2006]

Eckermann, W., Röhlen, U., Sawitzki, R., Ziegert, C.: Beurteilung der praktischen Relevanz des Sorptionsverhaltens unterschiedlicher Wandoberflächen für das Raumklima. Potsdam 2006, unveröffentlichter Forschungsbericht

[EN ISO 12571]

EN ISO 12571: Bestimmung der hygroskopischen Sorptionseigenschaften. März 2000

[Flückinger – 2005]

Flückinger, T.: Lehmbaustoffe als raumklimatisch unterstützende Maßnahme gegen die winterliche Luftaustrocknung in Bauten mit Lüftungsanlagen. Abschlussarbeit im Fachkurs Baubiologie und Bauökologie SIB, 2005, unveröffentlicht

[Frank – 1975]

Frank, W.: Raumklima und thermische Behaglichkeit. In: Berichte aus der Bauforschung. Heft 104, Berlin 1975

[Holl / Ziegert – 2002]

H. G. Holl, C. Ziegert: Unterschiede im Sorptionsverhalten von Werk trockenmörteln in: KirchBauhof, Moderner Lehm bau 2002, Stuttgart 2002

[Leudsen / Freymark – 1951]

Leudsen, Freymark: Das Behaglichkeitsfeld. Der Gesundheitsingenieur, Nr. 72, 1951

[Minke – 2001]

Minke, G.: Lehm bau-Handbuch. Stauf en 2001

[Otto – 1995]

Otto, Frank: Einfluß von Sorptionsvorgängen auf die Raumlufffeuchte – Entwicklung von Kenngrößen zur Beschreibung des hygrischen Verhaltens von Räumen. Dissertation an der GH Kassel, Kassel 1995

[Richter et al – 1999]

Richter, W., Hartmann, T., Kremonke, A., Reichel, D.: Gewährleistung einer guten Raumlufthqualität bei weiterer Senkung der Lüftungswärmeverluste. Ressortforschungsbericht RS II – 6741 – 97.118 des Instituts für Thermodynamik und technische Gebäudeausrüstung der TU Dresden für das Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Dresden 1999

[Sedlbauer / Krus – 2003]

Sedlbauer, K., Krus, M.: Schimmelpilze in Gebäuden – biohygrothermische Berechnung und Gegenmaßnahmen. In: Cziesielski, E.: Bauphysik Kalender 2003, Berlin 2003

[Ziegert – 2003]

Ziegert, C.: In Balance – Zum Sorptionsverhalten von Lehm baustoffen. In: db deutsche bauzeitung 2/2003, Stuttgart 2003

**'Auswirkung von Lehmbaustoffen auf die Raum-
luftfeuchte'**

door Wulf Eckermann en Christof Ziegert

Uitgave 6-2006

Vertaling en bewerking:

EKOPLUS BOUWSTOFFEN BV, 2011 ©