

Biociden in gevelisolatiesystemen

-

noodzaak of optie?

Een onderzoek naar de status quo in de huidige bouwkundige technieken van gevelsystemen, zoals de voor- en nadelen van hydrofobe ofwel hydrofiele pleistersystemen.

Tim Reiser
Relatienummer: 881129002
Klas: MK4
Inleverdatum: 09 augustus 2015

Met ondersteuning van:
Philipp Fendrich, IBS Ingenieurbüro Schuler GmbH
Leo Bentvelzen en Marco Verkaik, Van Hall Larenstein

Biociden in gevelisolatiesystemen

-

noodzaak of optie?

Een onderzoek naar de status quo in de huidige bouwkundige technieken van gevelsystemen, zoals de voor- en nadelen van hydrofobe ofwel hydrofiele pleistersystemen.

Persoon- en contactgegevens:

Student: Tim Reiser
Relatienummer: 881129002
E-Mail: tim.reiser@wur.nl
Studiejaar: 2014 - 2015

Opdrachtgever: IBS Ingenieurbüro Schuler GmbH
Adres: Flößerstr. 60/3, 74321 Bietigheim-Bissingen
Begeleider: Philipp Fendrich



Hogeschool: Van Hall Larenstein
Adres: Agora 1, Postbus 1528, 8901 BV Leeuwarden
Begeleider: Leo Bentvelzen
Marco Verkaik



Inhoudsopgave

Voorwoord	5
Samenvatting	6
Summary	7
1. Inleiding	8
1.1 Aanleiding van de afstudeeropdracht	8
1.2 Probleemstelling	9
1.3 Hoofdvraag	9
1.4 Deelvragen	9
1.5 Doelstelling	10
1.6 Praktijkrelevantie	10
1.7 Theoretische oriëntatie	10
1.8 Duurzaamheid	11
1.9 Opbouw van de afstudeeropdracht	11
2. Onderzoeksmethodiek en –analyse	12
2.1 Onderzoeksopzet	12
2.2 Dataverzameling	12
2.3 Onderzoeksmethode en –analyse	12
2.4 Databronnen	13
3. Resultaat	14
3.1 Beantwoorden van de deelvragen	14
3.2 Hoe ontstaat de algen- en schimmelgroei op gevels?	14
3.3 Welke voordelen en risico's ontstaan door de inzet van biociden voor mens .	17
en milieu?	17
3.4 Welke pleistersystemen waren er vroeger en zijn er vandaag?	24
3.5 Hoe werkt de chemische gevelbescherming in hydrofobe pleistersystemen? .	28
3.6 Welke specifieke ervaringen met de houdbaarheid van de werking van	29
biociden zijn er?	29
3.7 Hoe werkt de fysische gevelbescherming in hydrofiele pleistersystemen?	35
3.8 Welke algemene ervaringen zijn er daarmee?	36
3.9 Wat zijn de voor- en nadelen van de verschillende systemen?	39
3.10 Wat zijn de verschillen tussen de verschillende systemen?	41
4. Discussie	43
5. Conclusie	46
6. Advies	48
7. Literatuur	50

8. Bijlagen	56
9.1 Toelichting van vaktermen	56
9.2 Afkortingslijst.....	57
9.3 Interviews	58
9.4 Gebruikelijke isolaties en hun gebruiksdoel.....	67
9.5 Tabellen	69
9.6 Veiligheidsinstructies biociden.....	70

Voorwoord

Voor u ligt de afstudeeropdracht “Biociden in gevelisolatiesystemen – noodzaak of optie?”, die ik naar aanleiding van de afstudeerfase van de opleiding Milieukunde op de Hogeschool Van Hall Larenstein te Leeuwarden heb uitgewerkt.

Bij deze wil ik graag de mensen bedanken die mij tijdens het uitvoeren van dit onderzoek hebben ondersteund.

Ten eerste wil ik graag Wolfgang Schuler en Ulrich Korb bedanken, bedrijfsleiders van Ingenieursbureau Schuler, zij hebben mij de mogelijkheid geboden om mijn onderzoek bij hen uit te voeren. In het bijzonder wil ik Philipp Fendrich, mijn praktijkbegeleider, hartelijk danken voor de ondersteuning en de waardevolle feedback om steeds weer de volgende stap te kunnen zetten.

Verder een woord van dank aan alle medewerkers van het ingenieursbureau Schuler voor de vriendelijke ontvangst en werksfeer alsook voor hun interesse voor mijn onderzoek. Mede hierdoor is het mij gelukt steeds weer gemotiveerder aan mijn afstudeeropdracht verder te werken.

Tevens wil ik Leo Bentvelzen en Marco Verkaik bedanken. Als begeleiders van de hogeschool hebben ze me tijdens het uitwerken van het onderzoek behulpzame tips gegeven en bij de organisatie van het afstuderen ondersteund.

Ten slotte wil ik nog mijn vriendin bedanken die tijdens het schrijven van mijn onderzoek altijd kritisch heeft meegedacht en bij de vertaling behulpzaam was.

Tim Reiser
Vierdejaarsstudent Milieukunde

Duitsland, Bietigheim-Bissingen, augustus 2015

Samenvatting

In dit kwalitatieve literatuuronderzoek wordt door het vergelijken van verschillende literatuur het actuele probleem van het algen- en schimmelgroei op gevels en het verschil tussen de chemische en de fysische gevelbescherming onderzocht.

Omdat gebouwen tegenwoordig steeds beter geïsoleerd worden, koelt de gevel door de lage warmtetoevoer van de binnenruimte sterk af. Door de sterk afgekoelde gevel kan tijdens de onderschijding van de dauwpunttemperatuur de vocht uit de lucht condenseren en zich op de gevel als dauwwater verzamelen. De dauwwatervorming is de hoofdoorzaak voor de algen- en schimmelgroei op gevels en wordt door verschillende voorwaarden negatief beïnvloed. Door de producenten worden bewust wateroplosbare biociden in pleister en verven ingezet. Biociden zijn giftstoffen, die de algen en schimmels doden en de verspreiding en het aangroei op gevels voorkomen. Deze wateroplosbare biociden worden echter door de regen uitgespoeld, komen in de grond terecht alsook in waterplassen en zijn door de toxische werking schadelijk voor mens en milieu. De inzet van biociden in de gevel wordt chemische gevelbescherming genoemd. Daarbij wordt de gevel aanvullend hydrofoob* gevormd, om voor een droge gevel te zorgen en de algen en schimmels geen levensfundament te bieden. Echter zijn deze biociden afhankelijk van de wateroplosbaarheid: na 10 jaren al tot 70% en na 20 jaren deze helemaal uitgespoeld. Daardoor is na geruime tijd geen effectieve bescherming tegen algen en schimmels gewaarborgd.

Door de analyse van de bestaande literatuur is te concluderen dat de fysische gevelbescherming een werkzaam alternatief is. Enerzijds wordt door het dikkere pleister het warmteopslagvermogen verhoogd waardoor de gevel langzamer afkoelt en een reductie van de dauwpuntonderschijding van tot 20% bereikt wordt. Anderzijds is de gevel hydrofiel* gevormd, waardoor het vocht op de gevel in het pleister geleid, opgeslagen wordt en aansluitend weer verdampt. Zodoende worden de algen en schimmels op een natuurlijke manier zonder de inzet van biociden op lange termijn het levensfundament water onttrokken.

Dit onderzoek komt door de vergelijking van de actuele literatuur tot de conclusie dat gevelisolatiesystemen zonder de inzet van biociden een milieuvriendelijk alternatief zijn. Deze leveren een bijdrage voor de reductie van de inbreng van biociden in het milieu, omdat de fysische en chemische eigenschappen van de ingezette materialen de gevel vrij van algen en schimmels houden.

Het is aan te bevelen dat in een langlopend onderzoek de bestendigheid van de fysische gevelbescherming tegen algen en schimmels bewezen wordt, omdat er hiervoor nog geen onafhankelijke onderzoeken zijn.

Summary

This qualitative study compares the different literature on the current issues caused by algae and fungi growing on building façade and analyzes the difference of chemical versus physical façade protection.

As nowadays buildings are increasingly better insulated, the façade cools down more and more, because of decreased heat supply coming from the interior of a building. A strongly cooled down façade allows the moisture in the air to condense, when temperatures fall below dew point. Thus causing the moisture to accumulate on the façade in the form of condensation water. The forming of condensation water is the main cause for the growth of algae and fungi on the façades and this situation is exacerbated by various other factors. Therefore, the producers of plasters and paints deliberately add water-soluble biocides to their products. Biocides are toxic substances that kill algae and fungi and prevent them from spreading and settling on the façades.

However, these water-soluble biocides are being washed out by rain, get into the ground and into nearby bodies of water, and, because of their toxic impact, are therefore harmful to humans and the environment. The use of this type of biocide on the façade is called chemical façade protection. In the process, the façade is also being rendered hydrophobic in order to ensure that the façade stays dry and to prevent the growth of algae and fungi. Yet, depending on the degree of water solubility, 70% of these biocides are washed out after ten years, and completely gone after twenty years.

Therefore, after a certain amount of time, effective protection from algae and fungi cannot be guaranteed.

The analysis of the available literature on the subject leads to the conclusion that the physical façade protection represents an effective alternative. For one thing, a thicker plaster increases the heat storage capacity, which causes the façade to cool down more slowly and the possibility of temperatures falling below the dew point is being reduced by 20%. Moreover, physical protection makes the façade hydrophilic, which means the moisture on the surface of the façade is being absorbed by the plaster where it gets buffered and subsequently evaporated again. This method represents a natural way of permanent preventing algae and fungi without the use of biocide from settling on the façade.

Based on the comparison of the current literature on this subject this study leads to the conclusion that thermal insulation composite systems without the use of biocides represent an environmentally friendly alternative. They contribute to a reduced release of biocides into the environment, as the physical and chemical characteristics of the materials used for the protection of façades prevent the growth of algae and fungi.

It is advisable to conduct a long-term study in order to prove the longevity of the physical façade protection against algae and fungi, as there are no independent studies available at this point.

1. Inleiding

1.1 Aanleiding van de afstudeeropdracht

In de Bondsrepubliek Duitsland is de energie-besparing-verordening (EnEV) het juridisch bindend norm ten opzichte van de beperking van warmteverliezen door transmissie en de behoefte aan primaire energie. Afhankelijk van het gebouwtype, het gebruik, het verwarmd volume, het raamoppervlak en andere factoren worden zowel voor nieuwbouw als voor, te moderniseren, bestaande gebouwen de maximale toelaatbare grenswaarde door een planner berekend. De basis van deze berekeningen zijn de normen DIN 4108-10, DIN 4701 en de DIN 18599 (Bundesausschuss Farbe und Sachwertschutz e.V. et al., 2005).

Voor zover bij bestaande gebouwen alleen enkele componenten van het thermische hulsel (bijvoorbeeld het dak of de gevel) gemoderniseerd worden, zijn binnen de EnEV de maximale toelaatbare warmtedoorgangscoefficienten (U-waarde) vastgelegd. Deze waarden mogen niet overschreden worden (Bundesausschuss Farbe und Sachwertschutz e.V. et al., 2005).

Omdat bij een nieuwbouw met het oog op de buitenmuur de eisen door een dik metselwerk met een lage warmtedoorgang bereikt kunnen worden, zijn de eisen bij een modernisering van een bestaand gebouw alleen door het aanbrengen van een extra warmte-isolatie op het metselwerk te bereiken.

Aangezien een binnen-isolatie van de muur een reductie van de woonruimte en een verschuiving van het dauwpunt naar binnen betekent, is deze methode volgens de technische vochtbescherming niet bereikbaar en de bouwkundige uitvoering moeilijk. Daarom wordt meestal een warmte-isolatie buiten aan de bestaande muur aangebracht. De meest efficiënte variatie daarbij is de montage van isolerende platen van piepschuim of minerale wol die direct op de muur gepleisterd wordt. De opbouw van opgeplakte platen met een isolerende werking met buitenpleister en verf op de muur wordt een ‘gevelisolatiesysteem’ genoemd (Burkhardt et al, 2009).

Door het doelmatige opbouwen van buitenmuren gemaakt uit sterk warmte-isolerend metselwerk als ook door de modernisering met gevelisolatiesystemen kan bijna geen warmte naar buiten ontsnappen. Dit betekent dat ook in de koude seizoenen de buitenmuur sterk afkoelt. Het gevolg hiervan is dat vocht vanuit de lucht op gevels condenseert en door de lage warmtetoevoer moeilijk kan drogen. Deze zogenoemde dauwwatervorming levert de optimale voorwaarden voor een aangroei van algen en schimmels op gevels.

Om de aangroei van algen en schimmels te vermijden worden biociden in de gevel verwerkt. Deze biociden worden door het dauwwater naar het muuroppervlak getransporteerd, door de regen uitgespoeld en ontwikkelen op deze manier hun werking. Vervolgens bestrijden deze biociden de organismen, die zich hebben verzameld en zorgen voor een schone gevel (Burkhardt et al, 2009).

Deze uitgespoelde biociden komen volgens het Federale Milieuagentschap Duitsland (2014) via de regen op de bodem terecht en daardoor ook in omliggende waterplassen. Door de verspreiding van biociden kan de kwaliteit van het water beïnvloedt worden en de bacteriële werking van zuiveringsinstallaties en andere wezens beschadigd worden. Vanwege deze nadelen voor het milieu wordt naar alternatieve gevelsystemen gezocht. Deze alternatieven zetten volgens Rademacher (2007) bouwfysische en bouwchemische karakteristieken in en werken zonder de inzet van biociden.

Om de vochtthuishouding van gevels te reguleren wordt op hydrofiele pleisterlagen teruggespreid, die een bijkomende warmteopslag met een hoge vochttopslag en een beter drogend vermogen mogelijk maken.

1.2 Probleemstelling

Er zijn tot nu toe weinig onderzoeken over de effecten van biociden op het milieu. Het is bekend, zoals het Federale Milieuagentschap Duitsland (2014) beschrijft, dat biociden uit de gevel worden uitgespoeld en door de regen in de bodem en/of in rivieren in de buurt terecht kunnen komen. Echter zijn de effecten grotendeels nog niet onderzocht. Desondanks is de publieke interesse met betrekking tot dit onderwerp beperkt en is er geen aandacht voor de mogelijke effecten en gevaren voor het milieu. Vooral omdat de problematiek voor de eindgebruiker tot nu toe meestal onbekend is.

Om mogelijke schade van het milieu te voorkomen, zou op grond van de onbekende effecten, de inzet van biociden in de gevel moeten worden vermeden.

Het hydrofiele gevelisolatiesysteem is een biocidevrij alternatief. Tot nu toe wordt de werking van hydrofiele gevelisolatiesystemen door verschillende onderzoeken bevestigd (Rademacher, 2007). Echter zijn er tot nu toe nog geen langlopende onderzoeken over de daadwerkelijke functionaliteit van deze methode. Grund-Ludwig (2013) noemt als bijkomende oorzaak voor de lage inzet van biocidevrije gevelvormgeving dat de functionaliteit van hydrofiele gevelisolatiesystemen meestal niet bekend is of deze voor de meeste bouwers kortweg te duur is.

Binnen het ingenieursbureau Schuler is er tot nu toe nog geen wetenschappelijke en duidelijke informatie met betrekking tot de inzet van biociden in gevels, maar vanuit de wetenschap is bekend dat biociden effecten op het milieu hebben. Tevens kunnen gevelisolatiesystemen zonder biociden niet zonder risico aan klanten worden geadviseerd, omdat de langdurige werking van deze nog niet wetenschappelijk bekend is. Vanwege deze onduidelijkheden is er binnen het ingenieursbureau de wens om deze te onderzoeken. Met het onderzoek zullen de klanten op gevaren voor het milieu worden gewezen, bovendien worden er mogelijke alternatieven aangeboden en wordt op deze manier hulp bij de beslissing geboden.

1.3 Hoofdvraag

De beschreven probleemstelling levert de volgende hoofdvraag:

Welke meerwaarde heeft de fysische gevelbescherming in hydrofiele pleistersystemen t.o.v. de traditionele chemische-hydrofobe gevelbescherming met betrekking tot de algen- en schimmelgroei op gevels?

1.4 Deelvragen

Bijkomend worden verschillende deelvragen opgesteld. Deze deelvragen hebben betrekking op de inhoud van de hoofdvraag en zijn voor de systematische beantwoording van de hoofdvraag relevant.

De deelvragen zijn:

- 1 Hoe ontstaat de algen- en schimmelgroei op gevels?
- 2 Welke voordelen en risico's ontstaan door de inzet van biociden voor mens en milieu?
- 3 Welke pleistersystemen waren er vroeger en zijn er vandaag?
- 4 Hoe werkt de chemische gevelbescherming in hydrofobe pleistersystemen?
- 5 Welke specifieke ervaringen met de houdbaarheid van de werking van biociden zijn er?

6 Hoe werkt de fysische gevelbescherming in hydrofiele pleistersystemen?

7 Welke algemene ervaringen zijn er daarmee?

8 Wat zijn de voor- en nadelen van de verschillende systemen?

9 Wat zijn de verschillen tussen de verschillende systemen?

1.5 Doelstelling

Door dit onderzoek zullen de verschillen en de voor- en nadelen van de fysische hydrofiele ten opzichte van de chemische hydrofobe gevelbescherming worden beschreven. Verder zal worden onderzocht welk systeem de algen- en schimmelgroei langdurig kan vermijden en daarbij geen schade voor het milieu veroorzaakt. Tevens zal worden aangetoond dat nog niet bekend is hoe schadelijk deze biociden vanuit de chemische gevelbescherming voor mens en het milieu kunnen zijn en hierdoor de inzet van biociden beperkt moet worden.

1.6 Praktijkrelevantie

De waarde van dit onderzoek voor het ingenieurbureau Schuler is dat de actuele stand van ontwikkelingen met betrekking tot de chemische hydrofobe en de fysische hydrofiele gevelbescherming getoond wordt. Tevens wordt de inzet van biociden en de effecten van biociden op mens en milieu aangegeven.

Hierdoor krijgt de opdrachtgever een overzicht met betrekking tot dit onderwerp en kan hij de resultaten indien nodig toekomstig in zijn adviezen nakomen.

Bovendien zal dit onderzoek ter verbetering van de communicatie tussen planner en bouwer bijdragen, omdat dit onderzoek als basis voor adviezen kan dienen. Aanvullend kan het als hulp bij een beslissing vanuit de bouwer bij het kiezen van de soort van gevelbescherming van dienst zijn.

1.7 Theoretische oriëntatie

Er is tot nu toe nog geen onderzoek bekend die zich met het vergelijk van chemische hydrofobe en fysische hydrofiele gevelbescherming bezighoudt. Bovendien is er geen duidelijke informatie over de effecten van biociden in gevels op mens en milieu. Om dit onderzoek te kunnen schrijven werden verschillende bronnen gebruikt. Sommige van deze worden in het volgende alinea's genoemd.

Kahle en Nöh (2009) van het Federale Milieuagentschap Duitsland hebben een onderzoek geschreven die relevante theoretische basisinformatie over dit onderwerp nader beschrijft. Onder andere beschrijven zij in dit rapport de wettelijke eisen voor de inzet van biociden, de manier hoe deze in het milieu terecht komen alsook de effecten op wateren.

Later geeft het Federale Milieuagentschap (2014) een toelichting ter vermindering van de inzet van biociden in de gevel. In deze toelichting wordt beschreven wat biociden zijn, wat voor voorwaarden er voor de algen- en schimmelgroei op de gevel zijn en hoe de gevels beschermd kunnen worden.

In een rapport van Eawag (Burkhardt et al., 2009), een wateronderzoeksinstituut in Dübendorf (Zwitserland), wordt beschreven welke biociden in gevels ingezet worden, wat voor randvoorwaarden er voor de algen- en schimmelgroei zijn en hoe biociden in het milieu uitgespoeld worden. Ook het Fraunhofer-Institut voor bouwfysica in Stuttgart (Duitsland), is

sinds geruime tijd bezig met onderzoeken naar de algen- en schimmelgroei op gevels, alsook de functionaliteit van biociden in de gevel. Tevens zijn er meerdere onderzoeken van Breuer et al. (2012) die te maken hebben met de functionaliteit en de houdbaarheid van biociden, alsook de uitspoeling.

Informatie met betrekking tot de opbouw en de werking van verschillende pleistersystemen wordt door de producenten van bijvoorbeeld het bedrijf Sto (2015) en KEIMfarben (2011) in uiteenlopende productinformatie beschreven. Deze productinformatie werd voor dit onderzoek gebruikt.

1.8 Duurzaamheid

Duurzaamheid is tegenwoordig een heel belangrijk onderwerp voor bedrijven maar ook voor de mensen en wordt dagelijks met verschillende betekenissen en definities gebruikt.

Duurzaamheid betekend de behoefte van mensen en hoe deze toekomstig ontwikkeld kan worden. Deze ontwikkeling moet zonder gevaren voor de mens, de economie of het milieu komen (Platform Duurzaamheid, z.d.).

In dit onderzoek geeft het woord duurzaamheid de reductie of het vermijden van het inbrengen van schadelijke biociden in het milieu weer.

Door het vermijden van de biocide gebruik en het reduceren van de uitspoeling van biociden in het milieu kunnen deze geen negatief invloed op planten, dieren en de mens hebben en worden negatief effecten voorkomen.

1.9 Opbouw van de afstudeeropdracht

De afstudeeropdracht is opgebouwd als een geheel waarin naar het beantwoorden van de hoofdvraag wordt toegewerkt.

Hoofdstuk twee van dit onderzoek beschrijft de vorm van deze afstudeeropdracht. Onder andere wordt toegelicht hoe de dataverzameling en –analyse is doorgevoerd. Aanvullend wordt de onderzoeksmethodiek nader beschreven.

De resultaten en de antwoorden op de negen deelvragen worden in hoofdstuk drie samengevat. Hiervoor wordt hoofdstuk drie in negen onderdelen ingedeeld, waarbij elk onderdeel op een deelvraag ingaat.

Vervolgens worden in hoofdstuk vier de discussiepunten opgenoemd. In hoofdstuk vijf wordt in de conclusie de hoofdvraag beantwoord. Aan de hand van de uitkomsten worden in hoofdstuk zes de aanbevelingen en adviezen beschreven.

Afsluitend is een literatuurlijst met alle geraadpleegde literatuur opgenomen en in de bijlagen volgen de interviews, verklaarde woordenlijst en belangrijke tabellen.

2. Onderzoeksmethodiek en –analyse

2.1 Onderzoeksopzet

De vorm van dit onderzoek is een kwalitatief literatuuronderzoek. Dit betekent dat teksten, artikelen, boeken en documentaires geanalyseerd worden en met behulp van deze informatie is het onderzoek geschreven (Buuren, Hummel, Berkhout & Slootmaker, 2009).

De afstudeeropdracht is een beschrijvend onderzoek met een vergelijkend onderdeel. Het onderzoek is beschrijvend, omdat een bestaande problematiek met alle oorzaken beschreven wordt en vervolgens de oplossingsmogelijkheden nader toegelicht worden.

Het vergelijkende karakter van het onderzoek ontstaat, omdat er twee systemen ter gevelbescherming met elkaar worden vergeleken.

Deze afstudeeropdracht bestaat ten eerste uit een fundamenteel onderzoek om de problematiek in detail te kunnen beschrijven. Aansluitend worden concrete alternatieven aangedragen om de problematiek te voorkomen. Hierdoor heeft het onderzoek een oplossingsgerichte aanpak (Buuren, Hummel, Berkhout & Slootmaker, 2009).

2.2 Dataverzameling

Voor elke deelvraag zijn verschillende databronnen bestudeerd om de belangrijkste informatie eruit te halen. De relevante paragrafen zijn vervolgens op een lijst genoteerd om de informatie later makkelijk terug te vinden.

Bijkomende informatie komt uit interviews met verschillende producenten van gevelisolatiesystemen als ook van interviews met uiteenlopende medewerkers van verschillende hogescholen. Deze informatie wordt eveneens ter beantwoording van de deelvragen gebruikt.

2.3 Onderzoeksmethode en –analyse

De onderzoeksmethode die voor het schrijven van dit onderzoek is gekozen is een literatuuronderzoek. Deze wordt ingezet als al sommige literatuur en informatie over het onderwerp beschikbaar is. Het is een methode waarbij bestaande documenten verzameld en geanalyseerd worden. Om deze documenten te analyseren wordt een inhoudsanalyse doorgevoerd. Daarbij worden de documenten op een gestructureerde manier op steeds herhalende informatie onderzocht. Daardoor zijn voor het schrijven van het onderzoek uitsluitend gegevens gebruikt, die vaker voorkomen. Deze methode wordt constante vergelijking genoemd en is een manier van een inhoudsanalyse. Door op deze manier te werken wordt de validiteit en betrouwbaarheid van de resultaten van het onderzoek verhoogd (Buuren, Hummel, Berkhout & Slootmaker, 2009).

Aanvullend zijn gestructureerde interviews afgenomen. Voor de doorvoering van de interviews is een vragenlijst met open vragen opgesteld en de vragen zijn gedeeltelijk schriftelijk en mondeling afgenomen. De mondeling doorgevoerde interviews zijn met een dicteerapparaat of een vergelijkbare techniek opgenomen en aansluitend in schriftvorm getranscribeerd. Vanuit de interviews is belangrijke aanvullende informatie, die niet in andere bronnen is beschreven, toegevoegd. Aangezien de interviews uitsluitend met experts zijn doorgevoerd, die ook met actuele nog gaande onderzoeken bezig zijn, was het mogelijk op deze manier recente informatie te verwerken, die nog niet gepubliceerd is. De reden hiervoor was dus de actualiteit van mijn onderzoek te verhogen.

Om de verschillende pleistersystemen met elkaar te vergelijken worden de verschillende technische werkbladen van de producten met elkaar vergeleken en de technische data en verschillend in een tabel opgesomd. In aansluiting daarop worden de criteria van alle pleistersystemen die de algen- en schimmelgroei reduceren naast elkaar gesteld. De conclusie is gebaseerd op de evaluatie van bestaande onderzoeken en de bestaande ervaringen met pleistersystemen.

2.4 Databronnen

De literatuur die voor het schrijven van dit onderzoek is gebruikt, is in hoofdstuk 7 ‘literatuur’ opgesomd.

In de gestructureerde interviews zijn voor elke deelvraag meerdere vragen gesteld.

De uitgevoerde interviews zijn in de bijlagen in paragraaf 8.3 toegevoegd.

Begrippen die in deze afstudeeropdracht met een sterretje (*) gemarkeerd zijn worden in de bijlagen in paragraaf 8.1 gedefinieerd, omdat het vakspecialistische termen zijn. Daardoor zal worden voorkomen dat relevante begrippen door de lezers anders gedefinieerd worden.

3. Resultaat

3.1 Beantwoorden van de deelvragen

Dit hoofdstuk gaat in op de verschillende deelvragen en er wordt getracht daarop een antwoord te geven. Hiervoor wordt per hoofdstuk een deelvraag beantwoord. Zo wordt voor de eerste deelvraag in hoofdstuk 3.2 de beginselen van alg en schimmel theorie gepresenteerd. Er wordt beschreven wat algen en schimmels eigenlijk zijn, welke randvoorwaarden er nodig zijn voor groei en leven en wat de hoofdoorzaak voor hechting en groei van algen en schimmels op gevels is. Verder wordt voor de tweede deelvraag in hoofdstuk 3.3 op de ingezette biociden ingegaan. Hierbij wordt uitgelegd wat biociden zijn, welke soorten vaak gebruikt worden en wat voor voordelen en gevaren er voor mens en milieu zijn. In aansluiting daarop worden voor de deelvraag drie in hoofdstuk 3.4 op de technieken voor gevelbepleistering van het verleden en heden aangeknoopt. Ook de verschillende pleistersystemen worden beschreven en de opbouw van gevelisolatiesystemen gepresenteerd.

Bij de vierde deelvraag wordt in hoofdstuk 3.5 op de chemische gevelbescherming ingehaakt. Eerst wordt verklaard wat het betekent als van een hydrofobe gevel wordt gesproken, hoe deze is opgebouwd en hoe deze werkt. Daarna wordt op de inzet van biociden ingegaan. Er wordt beschreven hoe deze worden ingezet en hoe de werking tot stand komt. Aansluitend wordt voor de deelvraag vijf in hoofdstuk 3.6 met behulp van verschillende bronnen op de ervaringen met betrekking tot de houdbaarheid van de werking van biociden ingegaan. Ook de te verwachten aangroei van schimmel en algen op gevels wordt getoond.

De zesde deelvraag in hoofdstuk 3.7 beschrijft de fysische gevelbescherming. Daarbij wordt eerst uitgelegd wat een hydrofiele gevel is, hoe deze is opgebouwd en hoe deze werkt. Vervolgens wordt voor deelvraag zeven in hoofdstuk 3.8 op basis van verschillende onderzoeken de ondervindingen met de fysische gevelbescherming belicht.

In hoofdstuk 3.9 worden voor de vierde deelvraag de voor- en nadelen van de twee verschillende technieken globaal beschreven. Tevens worden voor deelvraag negen in hoofdstuk 3.10 de systemen van uiteenlopende producenten naast elkaar gelegd en de verschillen tussen de systemen aangegeven.

3.2 Hoe ontstaat de algen- en schimmelgroei op gevels?

Wat zijn algen en schimmels?

Algen en schimmels behoren tot de micro-organismen en zijn een natuurlijk onderdeel van het milieu. Ze behoren tot het ecosysteem en hebben daarbij ook de functie het ecologisch evenwicht te behouden. Ze zijn voor de afbraak van organische stoffen verantwoordelijk. (Bundesausschuss Farbe und Sachwertschutz e.V. et al., 2005).

Algen kunnen qua vorm als bollen of draden groeien en zijn eencellige of meercellige organismen met een grootte van 1 µm tot meerdere meters. Er bestaan ongeveer 280.000 verschillende soorten algen, waarvan 39.000 bekend zijn. Deze worden in negen groepen ingedeeld. De opsomming van deze groepen is niet relevant voor het onderwerp van dit onderzoek, daarom worden deze niet nader toegelicht.

Algen kunnen overal op de wereld binnen vochtige en gedeeltelijk vochtige gebieden tevoorschijn komen. De voortplanting van algen gebeurt vegetatief door de tweedeling of seksueel door de versmelting van twee geslachtelijke voortplantingscellen, waardoor een zygote* ontstaat. Vervolgens groeit de zygote tot een nieuwe alge (Spektrum Akademischer Verlag, 1999a). Door het fotosynthetische vermogen zijn algen autotroof* en hebben voor de overleving alleen voldoende vocht, koolstofdioxide (CO₂) en licht nodig. Algen groeien bij een temperatuurspectrum van ca. -7 °C tot ca. 70 °C, waarbij de optimale temperatuur per algensoort kan verschillen. Dat geldt ook voor de pH-waarde. Deze waarde ligt tussen ≤ 1 en 11,5 (Bundesausschuss Farbe und Sachwertschutz e.V. et al., 2005).



Afbeelding 3.1: Algen onder het microscoop. Herdrukt van Ecoduna webpagina, z.d., geraadpleegd op <http://www.ecoduna.com/algen-und-co.html>

Schimmels zijn heterotroof*, hebben een echte celkern en hebben een grootte van enkele micrometers tot meerdere meters. Er bestaan ongeveer 250.000 tot 300.000 schimmelsoorten, waarvan 120.000 bekend zijn. Alle soorten schimmels worden in twee groepen ingedeeld. Ook deze worden binnen dit onderzoek niet nader toegelicht.

Schimmels leven vooral op de vaste wal en geven de voorkeur aan vochtige omgevingen, waarin ook andere organismen leven of hebben geleefd. Echter kunnen ze ook in symbiose* met algen in zeer droge omgevingen bestaan.

De geslachtelijke voortplanting van schimmels gaat seksueel of door middel van de vorming van sporen (Spektrum Akademischer Verlag, 2001). Schimmels groeien binnen een temperatuurspectrum van 0 °C tot ca. 50 °C, waarbij de optimale temperatuur afhankelijk van de schimmels is (Bundesausschuss Farbe und Sachwertschutz e.V. et al., 2005). Schimmels geven de voorkeur aan een zure omgeving, zoals bijvoorbeeld op bosgronden en akkers met een pH-waarde van 3,5 tot 6,5 (Spektrum Akademischer Verlag, 2001).



Afbeelding 3.2: Cladosporium herbarum onder het microscoop. Herdrukt van Indoorpol webpagina, z.d., geraadpleegd op <https://indoorpol.wiv-isp.be/nl/microorganismen/microorganismen/Schimmels.aspx?PageView>

De aangroei van algen en schimmels op gevels is volgens het Federale Milieuagentschap Duitsland (2014) alleen een vervuiling en een esthetische vermindering. Echter heeft het geen invloed op de bouwfysische functie van gevels.

Volgens een onderzoek van Breuer et al. (2012a) is de primaire groei van algen in twee groepen in te delen. De blauwalgen (Cyanoprokaryota) en de groenalgen (Chlorophyta, s.l.), die tot de eucaryotische* algen behoren. Terwijl blauwalgen stromend water tot groei nodig hebben kunnen enkele eucaryotische algen alleen door een hoge luchtvochtigheid fotosynthese uitoefenen en daardoor ook op gevels groeien.

Tot de schimmels, die op gevels groeien behoren onder andere de *Eurotium sp*, die een hoge tolerantie tegenover droogheid hebben. Deze soorten van zakjeszwammen groeien al bij een relatieve luchtvochtigheid van 73 %. Anderzijds worden gevels van de genera *Alternaria* en *Cladosporium* aangetast. Deze algensoorten groeien pas bij een hoge relatieve luchtvochtigheid rondom de verzadigingsgraad.

Wat voor voorwaarden voor de aangroei van algen en schimmels op gevels zijn er?

Voor de aangroei van algen en schimmels op gevels zijn er uiteenlopende randvoorwaarden. Inmiddels is bekend dat niet alleen één factor voor de groei verantwoordelijk is, maar dat meerdere factoren de groei van algen en schimmels mogelijk maken (Bundesausschuss Farbe und Sachwertschutz e.V. et al., 2005).

Volgens het Federale Milieuagentschap Duitsland (2014) is het niet mogelijk van te voren in te schatten of en wanneer een gevel aangetast wordt. Echter is het op basis van het actuele kennisniveau mogelijk te voorspellen dat gevels door sterke regen en spatwater, dus in steeds vochtige gebieden, ernstig bedreigd zijn.

Om de algen- en schimmelgroei te verminderen heeft het Federale Milieuagentschap Duitsland (2014) een lijst met risicofactoren samengesteld en gepubliceerd. De risicofactoren zijn de positie van het gebouw, de uitlijning naar windstreken, de vormgeving, de constructie, de materiaalkeuze en uitvoering van de oppervlakte, het klimaat, de oppervlaktetemperatuur en de omgeving in het algemeen. Deze factoren worden in het hierna volgende stuk tekst nader beschreven.

De positie van het gebouw speelt een belangrijke rol bij de beoordeling van de algen- en schimmelgroei. De nabijheid van wateren, als ook de positie in dalen verhoogt het risico op algen en schimmel aangroei vanwege de verhoogde luchtvochtigheid.

Ook is de uitlijning naar de verschillende windstreken een bepalende factor, die het risico op aangroei beïnvloedt. Gevels, die richting het westen en noorden gericht zijn, worden vaker en forser aangetast dan gevels richting het zuiden en oosten.

Bij de vormgeving en constructie van het gebouw moet erop gelet worden, dat er voldoende dakoversteek en een deskundige waterafvoer door dakgoten en puntgevel bestaat. Is er te weinig aandacht bij de uitvoering van deze punten, dan kunnen gevels niet voldoende tegen water beschermd worden. Daardoor wordt de algen- en schimmelgroei mogelijk gemaakt. Geïsoleerde gevels hebben meestal een lagere oppervlaktetemperatuur. Deze zorgt ervoor, dat een vochtig gevel trager of helemaal niet kan drogen. Een natte gevel maakt algen- en schimmelgroei mogelijk.

Ook een grote rol speelt de materiaalkeuze en de uitvoering van de oppervlakte. Daarbij is het belangrijk dat gevels met verfwerk dat snel droogt, voorzien worden. Anders wordt het risico op algen en schimmel aangroei verhoogd. Bovendien heeft Rademacher (2007) gevonden, dat gevels met organisch verfwerk vaker van algen- en schimmelgroei bevangen zijn dan mineraal verfwerk omdat deze organische stoffen door de algen en schimmels als voeding gebruikt kunnen worden.

Afgezien van alle bouwtechnische voorwaarden heeft het overheersende klimaat ook een groot invloed. Staat het gebouw binnen een vochtig klimaatzone en/of is er vaak sprake van laaghangende mist en/of harde regen, dan kan dit voor steeds vochtige gevels zorgen. Staan in de directe omgeving bomen of struiken en zorgen deze vaak voor schaduw, dan verhinderen deze het drogen van gevels. Verder kunnen bomen, struiken en een bos vlakbij en/of de nabijheid tot een agrarisch gebied de algen- en schimmelgroei bevorderen vanwege het

verhoogde bestaan van bemesting door boeren, schimmelsporen en pollen. Deze veroorzaken een vervuiling van gevels.

Een onverwacht, maar niet te onderschatten factor voor de algen- en schimmelgroei is de verbetering van de luchtkwaliteit op grond van milieubescherming. Dat is vooral te zien als gebouwen uit landelijke gebieden met gebouwen van stedelijke gebieden langs drukke straten met elkaar vergeleken worden en een sterke groei op gevels in landelijke gebieden opvalt. Binnen grote steden wordt een verhoogd algen- en schimmelgroei door het droge en vooral warme microklimaat voorkomen (Bundesausschuss Farbe und Sachwertschutz e.V. et al, 2005).

Als hoofdoorzaak van de algen- en schimmelgroei kan volgens Künzel, Krus und Sedlbauer (2001) vooral de dauwwatervorming op achteraf gesaneerde gevels met een gevelisolatiesysteem genoemd worden. Hier komt de vraag op, hoezo komt het überhaupt tot een dauwwatervorming op gevels met gevelisolatiesystemen kan komen?

De dauwwatervorming is afhankelijk van de temperatuur, de lucht, de bouwelementen oppervlakte en de relatieve luchtvochtigheid. De relatieve luchtvochtigheid benoemt de verhouding tussen de hoeveelheid waterdamp in de lucht en de verzadigingsgraad.

Is de maximale verzadigingsgraad van de lucht bereikt dan is er sprake van een luchtvochtigheid van 100 %, waardoor de waterdamp condenseert en een dauwwatervorming plaatsvindt. De luchttemperatuur bepaald de verzadigingsgraad van de lucht. Dat betekent dat koude lucht minder vocht kan opnemen in tegenstelling tot warme lucht, die veel vocht kan opnemen. Zodra warme lucht afkoelt daalt de verzadigingsgraad. Het bereiken van de verzadigingsgraad is de dauwpunttemperatuur.

Wordt dit proces op het oppervlakte van een bouwelement bekeken, dan komt het tot dauwwatervorming zodra de temperatuur van het oppervlakte van het bouwelement lager is dan de dauwpunttemperatuur van de lucht. Door de afkoeling wordt een luchtvochtigheid van 100 % bereikt en daardoor condenseert de waterdamp op de koude gevel. De waterdamp condenseert in vorm van kleine druppeltjes, die deels op gevels blijven zitten (Baunetz Wissen Mauerwerk, z.d.). Dit effect ontstaat volgens Burkhardt et al. (2009) vooral op gevels met gevelisolatiesystemen, omdat bijna geen warmte naar buiten komt en de gevel voornamelijk in het koude seizoen sterk afkoelt. Dit versterkt het beschreven effect van dauwwatervorming. Bovendien kunnen door de verminderde warmtetoevoer de gevels moeilijk weer drogen.

3.3 Welke voordelen en risico's ontstaan door de inzet van biociden voor mens en milieu?

Wat zijn biociden?

Biociden zijn chemische of biologische stoffen. Deze worden ingezet om schadelijke organismen, zoals bijv. algen, schimmels, bacteriën, insecten of ratten tijdens de groei te belemmeren of deze te bestrijden.

Zowel in het privé leven als ook in het beroepsleven worden dagelijks producten ingezet, die gebruik maken van verschillende biociden. Bijvoorbeeld muggensprays, houtbeschermingsmiddelen, schoonmaakmiddelen en ontsmettingsmiddelen maar ook verven worden genoemd.

Het gebruik en de vergunning van biociden wordt in een verordening (EU) 528/2012 van het Europese Parlement en de Europese Raad vastgelegd (Umweltbundesamt, 2014). Biociden worden binnen de verordening (EU) 528/2012 in vier hoofdgroepen ingedeeld.

Hoofdgroep één zijn ontsmettingsmiddelen en algemene biociden, hoofdgroep twee zijn

conserveringsmiddelen, hoofdgroep drie zijn de plaagbestrijdingsmiddelen en hoofdgroep vier zijn andere biociden. Elke hoofdgroep wordt weer in verschillende productsoorten ingedeeld. De biociden die op gevels gebruikt worden zijn binnen hoofdgroep twee als productsoort tien genaamd conserveringsmiddelen voor metselwerk te vinden (EUR-Lex, 2012).

De giftigheid van een biocide wordt door de letale dosis (LD), de letale concentratie (LC) en de effectieve concentratie (EC) beschreven. De LD- en LC-waardes worden door dierproeven vastgesteld, zijn afhankelijk van het soort dier en kunnen dus sterk verschillend zijn. Hierdoor kunnen deze niet zomaar op de mens toegepast worden en dienen alleen als richtlijn voor mensen.

De LD₅₀ beschrijft de werking van een stof bij orale of dermale inname, waarbij de helft van de populatie van levende wezen doodgaat. De LC beschrijft de dodelijkheid van een aanwezige werkzame concentratie van een stof in de omgeving afhankelijk van de duur van de blootstelling. Een LC₅₀ geeft aan, dat de helft van de populatie overleden is.

De EC₅₀ beschrijft de werking van een aanwezige werkzame stof-concentratie in de omgeving afhankelijk van de duur van de blootstelling. In dit geval is bij de helft van de populatie een ander werking dan de dood vastgesteld. Deze waardes zijn het statistisch gemiddelde. Dit houdt in dat het dodelijke effect ook bij een hoger of lager waarde kan optreden afhankelijk van het individu (Bieg, Maelicke, Hemschemeier, 2002).

Wat voor biociden worden ingezet?

In het onderzoek van Burkhardt et al. (2009) staat geschreven dat drie tot vijf biociden moeten worden ingezet om een voldoende bescherming tegen algen en schimmels te kunnen bieden. Biociden die in gevels het meest worden gebruikt zijn in de al doorgevoerde onderzoeken van Kahle en Nöh (2009) van het Federale Milieuagentschap, van Burkhardt et al. (2009) en Breuer et al. (2010) vastgesteld. Deze biociden worden hieronder genoemd en beschreven. Verder zijn de gevaren van de verschillende stoffen in de bijlagen 8.6 Veiligheidsinstructies biociden nader uitgelegd.

- **Terbutryn (2-tert-Butylamino-4-ethylamino-6-methylthio-1,3,5-triazin)**

Terbutryn is een herbicide dat door wortels en bladeren in planten terecht komt. Het biocide wordt ingezet om de fotosynthese van planten te remmen.

Het is toxisch voor dieren, omdat Terbutryn het centrale zenuwstelsel beïnvloed. Daardoor kunnen ademnood en krampen ontstaan. Verder wordt Terbutryn bij mensen als kankerverwekkend ingeschat. Een hoge inname over een lange periode kan de groei van mensen afremmen, de nieren en de lever beschadigen en het aantal aan witte bloedcellen verminderen.

De LD₅₀ voor Terbutryn is door een orale inname bij een rattenpopulatie 2450 – 2500 mg per kg lichaamsgewicht. De LC₅₀ van Terbutryn na blootstelling van 96 uren is voor verschillende vissen 3 - 4 mg/kg.

Terbutryn is geen vluchtige stof en heeft een lage oplosbaarheid van 25 mg/L in water. De halveringstijd in water is 180 tot 240 dagen, omdat Terbutryn door de sedimenten geabsorbeerd en opgeslagen wordt. In de grond heeft Terbutryn een halveringstijd van 14 – 28 dagen. De halveringstijd betekent dat na deze tijd de helft van de oorspronkelijke concentratie nog aanwezig is (Exttoxnet, 1996).

Terbutryn wordt volgens de Europese Richtlijn 67/548/EWG geclassificeerd als irriterend voor de ogen, heel toxisch voor waterorganismen en kan in wateren op lange termijn schadelijke werking hebben (Sigma-Aldrich, 2015).

- **Diuron (3-(3,4-dichloorfenyl)-1,1-dimethylureum)**

Diuron is een herbicide dat door de wortels van planten wordt ingenomen en in de plant een remming van de fotosynthese veroorzaakt.

Het is matig toxisch voor dieren, omdat het de functie van het centrale zenuwstelsel verlaagd.

De LD₅₀ door orale inname ligt bij 3400 mg/kg. De LD₅₀ door een inname middels de huid is lager en bedraagt 2000 mg/kg. Verder leidt een lage inname van Diuron tot een verandering van de milt, het beenmerg en een vergroting van de lever en de milt.

Bij een grote inname over een langere periode komt het tot een verandering van de bloedchemie, verhoogde sterftecijfer, groeiremming, abnormale bloed pigmenten en bloedarmoede. Diuron leidt ook tot misvormingen bij nakomelingen en is toxisch voor het embryo.

Diuron is even matig toxisch voor vissen. Voor de aquatische ongewervelde dieren is het sterk toxisch. De LC₅₀ voor verschillende vissen varieert tussen 4,3 mg/L tot 42 mg/L bij een blootstelling van 48 uur. Voor de aquatische ongewervelde dieren ligt de waarde tussen 1 mg/L tot 2,5 mg/L.

Diuron heeft een lage oplosbaarheid in water (42mg/L). Het is vrij bestendig in water en wordt hoofdzakelijk van microben in de aquatische omgeving afgebroken. In de grond is het heel bestendig en heeft een halveringstijd van een maand tot een jaar (Extoxnet, 1996).

Diuron wordt volgens de Europese Richtlijn 67/548/EWG geclassificeerd als schadelijk voor de gezondheid en milieugevaarlijk (Sigma-Aldrich, 2015).

- **Bronopol (2-broom-2-nitro-1,3-propaandiol)**

Bronopol is een herbicide met een antimicrobiële werking en wordt tegen algen, schimmels en bacteriën gebruikt.

Bronopol leidt tot sterke irritatie en bijtende werking bij contact met ogen. Ook veroorzaakt het hevige huidontstekingen en bloedingen. Door het inslikken veroorzaakt Bronopol krampen, cyanose (blauwzucht), zweren, oedemen en leidt algemeen tot verzwakking. Verder komt het door het inademen tot ademnood en storingen van de long.

Het is redelijk toxisch met een LD₅₀ van 180 mg/kg door orale inname bij ratten. Bij contact met de huid (dermale inname) ligt de LD₅₀ bij 1600 mg/kg. Voor vissen is Bronopol heel toxisch met een LC₅₀ van 39 mg/L bij een blootstelling van 96 uren en voor schaaldieren sterk toxisch met een LC₅₀ van 1,6 mg/L bij een blootstelling van 48 uren.

Bronopol is heel mobiel, heeft een hoge oplosbaarheid in water en is slecht afbreekbaar door micro-organismen. De halveringstijd in water is twee maanden (U.S. National Library of Medicine, 2014).

Bronopol wordt volgens de Europese Richtlijn 67/548/EWG geclassificeerd als bijtend, schadelijk en milieugevaarlijk (Sigma-Aldrich, 2015).

- **Isoproturon (3-(4-isopropylfenyl)-1,1-dimethylureum) (Sto, 2014)**

Isoproturon is een herbicide dat door de wortels wordt ingenomen en de fotosynthese van de planten remt.

Door de inname van Isoproturon komt het tot een vergroting en schade van de lever en tot groei van tumoren (WHO, 2003).

Isoproturon is redelijk toxisch voor ratten na een orale inname met een LD₅₀ van 1830 mg/kg. Echter is het sterk toxisch voor ratten bij inhalatie na een blootstelling van 4 uren met een LC₅₀ van 0,67 mg/L. Voor planten is Isoproturon sterk toxisch met een EC₅₀ van 0,09 mg/L bij een blootstelling na 72 uren.

Isoproturon heeft met 70,2 mg/L een lage oplosbaarheid in water (IFA, z.d.).

Isoproturon wordt volgens de Europese Richtlijn 67/548/EWG geclassificeerd als schadelijk voor de gezondheid en milieugevaarlijk (Sigma-Aldrich, 2015).

- **Octylisothiazolinon (OIT, 2-Octyl-2H-isothiazol-3-on)**

OIT is een fungicide dat voornamelijk wordt gebruikt om de groei van schimmels te voorkomen of te stoppen. Fungicide voorkomen het ontkiemen van sporen van schimmels of het indringen van schimmels in het plantaardig weefsel (Chemie.de, z.d.).

De contact met het fungicide OIT leidt tot prikkelingen en irritatie van de huid. Verder kan OIT door het inademen tot een storing van de ademhaling voeren, veranderingen van de long, lever en nieren veroorzaken. Zelfs een lage geïnhaleerde concentratie van ongeveer 10 mg per m³ lucht, waarin OIT aanwezig is, leidt tot een duidelijk schade van de long.

De inname van OIT gaat hoofdzakelijk via de huid en de luchtwegen. Verder is de inname redelijk toxisch voor dieren. De LD₅₀ waarde door een orale inname voor ratten is 550 mg/kg lichaamsgewicht. Voor vissen en schaaldieren is het fungicide zelfs sterk toxisch. De LC₅₀ voor vissen is 0,154 mg/L bij een blootstelling van 96 uren. Voor schaaldieren is de LC₅₀ bij een blootstelling van 48 uren 0,25 mg/L.

OIT heeft met 500 mg/L een lage oplosbaarheid in water en is heel bestendig (IFA, z.d.).

Het wordt volgens de Europese Richtlijn 67/548/EWG geclassificeerd als toxisch, bijtend en schadelijk voor de gezondheid. Ook is het milieugevaarlijk (Sigma-Aldrich, 2015).

- **Benzeenisothiazolinon (BIT, 1,2-benzisothiazol-3(2H)-on)**

BIT is net zoals OIT een fungicide dat wordt ingezet om de groei van schimmels te voorkomen of om schimmels te doden.

Komt BIT in contact met ogen leidt het tot ernstige schade. Ook bij contact met de huid komt het tot matige irritatie en allergische reacties.

De LD₅₀ door een orale inname van ratten is 1020 mg/L. BIT is dus matig toxisch voor dieren. Voor vissen en schaaldieren heeft BIT een sterk toxische werking. De LC₅₀ bij een blootstelling van 96 uren voor vissen is 10 mg/l en voor schaaldieren bij een blootstelling van 48 uren 4,4 mg/L (IFA, z.d.).

BIT is matig oplosbaar in water met 1 g/L en is redelijk bestendig met een halveringstijd van > 30 dagen in de grond. Het wordt echter snel door de regen vanuit de grond in oppervlakte wateren gespoeld (Environmental Protection Agency, 2005).

BIT wordt volgens de Europese Richtlijn 67/548/EWG geclassificeerd als heel toxisch voor waterorganismen. Daarnaast is BIT irriterend voor de huid en ogen en in het geval van inslikken bestaat de gevaar voor ernstige schade van de gezondheid (Sigma-Aldrich, 2015).

- **Methylisothiazolinon (MIT, 2-Methyl-2H-isothiazol-3-on)**

MIT is ook een fungicide dat tegen de schimmelgroei wordt ingezet.

Het heeft een sterk prikkelende werking op de huid, werkt irritant op slijmvliesen en ogen.

Verder komt het door een orale inname tot irritatie van de luchtwegen, tot toxische longoedemen en tot bloedingen in de long. Ook wordt het maagslijmvlies beschadigd.

MIT is sterk toxisch. De LD₅₀ door een orale inname bij ratten is 50 mg/kg.

Voor vissen en schaaldieren is MIT heel sterk toxisch. De LC₅₀ voor vissen bij een blootstelling van 96 uren is 0,19 mg/L en voor schaaldieren bij een blootstelling van 48 uren alleen 0,056 mg/L.

In water is MIT met 4200 g/L heel makkelijk oplosbaar. De halveringstijd in de grond is door de lage afbreekbaarheid heel lang (IFA, z.d.).

MIT wordt volgens de Europese Richtlijn 67/548/EWG geclassificeerd als toxisch, irriterend en milieugevaarlijk (Sigma-Aldrich, 2014).

- **Mengsel van Dichloroethylisothiazolinon (DCOIT) en Methylisothiazolinon (MIT) / 3:1 (4,5-dichloro-2-n-octyl-4-isothiazolin-3-on, 2-Methyl-2H-isothiazol-3-on)**

Het biocide DCOIT wordt als mengsel met MIT ingezet met een menging van drie delen DCOIT en een deel MIT. Het fungicide MIT staat hierboven beschreven.

DCOIT is een biocide dat wordt ingezet om de groei van bacteriën, algen en schimmels te voorkomen. Het remt de groei door het reageren met de proteïnen van organismen. Hierdoor wordt de stofwisseling van organismen voorkomen door diens proteïnen te gebruiken.

Door de orale inname komt het tot irritatie van het maag-darmstelsel en de bijnierschors. Verder komt het door contact met de huid en ogen tot irritatie.

DCOIT is matig toxisch met een LD₅₀ van 1636 mg/kg door een orale inname bij ratten.

Voor vissen en schaaldieren is DCOIT heel toxisch. De LC₅₀ voor vissen bij een blootstelling van 96 uren is 2,7 µg/L (0,0027 mg/L) en voor schaaldieren is de LC₅₀ 4,7 µg/L (0,0047 mg/L).

DCOIT is met 3,47 mg/L slecht oplosbaar in water met een halveringstijd van 16,5 uren, 4 uren in het sediment en 4,7 dagen in de grond. Het is niet makkelijk door micro-organismen afbreekbaar, omdat de werking van organismen door het DCOIT wordt geremd.

DCOIT wordt volgens de Europese Richtlijn 67/548/EWG geclassificeerd als toxisch, bijtend en milieugevaarlijk (Standing Committee on Biocidal Products, 2014).

- **Joodpropynyl butylcarbamaat (IPBC, 3-jood-2-propynylbutylcarbamaat)**

IPBC is ook een fungicide dat wordt ingezet om de groei van schimmels te voorkomen.

Bij het innemen over een langere periode komt het tot chronisch toxische werking, sterke afslanking, reductie van het gewicht van de lever en het hart. Verder is IPBC waarschijnlijk kankerverwekkend voor mensen. Ook is het irriterend bij contact met ogen en de huid.

IPBC is matig toxisch met een LD₅₀ van 1,5 g/kg door een orale inname bij ratten en zoals een groot deel van de ingezette biociden heel toxisch voor vissen en schaaldieren. De LC₅₀ voor vissen bij een blootstelling van 96 uren is 0,183 mg/L. Voor schaaldieren is de LC₅₀ 0,5 mg/L bij een blootstelling van 48 uren.

IPBC is met 156 mg/L moeilijk oplosbaar in water. Het is in de grond alsook in het water een mobiel stof. IPBC heeft in de grond een lage halveringstijd van 2 uren en in water is de halveringstijd 1,5 uren (U.S. National Library of Medicine, 2005).

Het fungicide IPBC wordt volgens de Europese Richtlijn 67/548/EWG geclassificeerd als toxisch, bijtend, schadelijk voor de gezondheid en milieugevaarlijk (Sigma-Aldrich, 2015).

- **Carbendazim (methyl-1H-benzimidazol-2-ylcarbamaat)**

Carbendazim is een fungicide dat wordt gebruikt om de schimmelgroei bij verschillende fruit en groentes te voorkomen.

Door de inname van Carbendazim komt het tot cel beschadiging, veranderingen van de lever, slangaardige vergroting en tot verval van de nier, beschadiging van de schildklier, bijschildklier en de bijnieren. Tijdens de zwangerschap komt het door de inname van Carbendazim tot een verhoogde sterfelijkheid van embryo's, schade van het ongeboren kind, vertraagde ontwikkeling van het foetus, misvormingen van het brein, de nieren en het skelet. Carbendazim is redelijk toxisch voor ratten met een LD₅₀ van 6400 mg/kg bij een orale inname. Het is sterk toxisch voor vissen en schaaldieren. De LC₅₀ voor vissen is 0,145 mg/L

na een blootstelling van 96 uren en voor schaaldieren 0,103 mg/L na blootstelling van 48 uren. Verder is het heel toxisch voor algen met een EC_{50} van 34,7 mg/L na blootstelling van 72 uren, waarbij een ander vastgestelde werking dan de dood bij de helft van de algen optreedt.

Carbendazim is met 29 mg/L moeilijk oplosbaar in water en heeft een halveringstijd van 35 dagen. De halveringstijd in de grond bedraagt 14 dagen (U.S. National Library of Medicine, 2003).

Carbendazim wordt volgens de Europese Richtlijn 67/548/EWG geclassificeerd als schadelijk voor de gezondheid en milieugevaarlijk (Sigma-Aldrich, 2013).

- **Propiconazool (1-([2-(2,4-dichloorfenyl)-4-propyl-1,3-dioxolaan-2-yl]methyl)-1H-1,2,4-triazool)** (KEIMfarben, 2011)

Propiconazool is een fungicide dat de vorming van schimmel cellen remt en hierdoor de groei van schimmels reduceert of stopt (Exttoxnet, 1997).

Bij contact van Propiconazool met de huid en de ogen komt het tot zwakke irritatie. De inname van Propiconazool veroorzaakt een vergroting van de lever. Bij inhalatie komt het tot ademnood, trillerigheid en storingen van de beweging.

Propiconazool is redelijk toxisch voor ratten bij een orale inname met een LD_{50} van 1520 mg/kg en bij inname door de huid is het matig toxisch met een LD_{50} van 4000 mg/kg. Echter is het heel toxisch bij een inhalatie met de LC_{50} van 1,26 mg/kg na een blootstelling van 4 uren. Verder is het heel toxisch voor vissen en schaaldieren. De LC_{50} is 4,38 mg/L voor vissen bij een blootstelling van 96 uren en bij schaaldieren 4,8 mg/L na een blootstelling van 48 uren. Het is ook heel toxisch voor algen met een EC_{50} van 3,6 mg/L bij een blootstelling van 72 uren (IFA, z.d.).

Propiconazool heeft een lage oplosbaarheid van 100 mg/L in water en is na 12 dagen met 20% afgebroken. Het is heel persistent in de grond met een halveringstijd van 96 dagen in een zandgrond en 575 dagen in een slib-grond (Exttoxnet, 1997).

Propiconazool wordt volgens de Europese Richtlijn 67/548/EWG geclassificeerd als schadelijk en milieugevaarlijk (Sigma-Aldrich, 2012)

- **Zink purithion (bis(1-hydroxy-2(H)pyridinethionato)zink)** (Sto, 2013)

Zink purithion is een zinkzout, dat door zijn eigenschappen tegen bacteriën, schimmels alsook algen wordt gebruikt. Het heeft een werking op de genetica en het metabolisme van cellen van enkele planten en dieren. Verder remt Zink purithion de transport van stoffen door de celmembraan van schimmels (Chandler & Segel, 1978).

Zink purithion is een toxische stof met een LD_{50} van 177 mg/kg bij ratten door een orale inname. Verder is het bijtend bij contact met de huid, leidt tot schade aan de ogen en door inademing tot ademnood en longoedemen. Voor vissen en schaaldieren is Zink purithion sterk toxisch. De LC_{50} bij vissen na een blootstelling van 96 uren is 0,01 mg/L en voor schaaldieren 0,12 mg/L.

Zink purithion is geen mobile stof en heeft een lage oplosbaarheid in water. De halveringstijd in zeewater verschilt tussen 2 tot 22 uren en rond de 4 dagen in oppervlaktewateren (U.S. National Library of Medicine, 2011).

Het wordt volgens de Europese Richtlijn 67/548/EWG geclassificeerd als toxisch en milieugevaarlijk (Sigma-Aldrich, 2014).

Wat pleit voor de inzet van biociden?

Biociden voorkomen de algen- en schimmelgroei. Vandaar dat ze voor een lang schoonmaak- en saneringsinterval op gevels zorgen. Op deze manier houden biociden de waarde van gebouwen lang in stand (Sto, 2015). Grund-Ludwig (2013) schrijft in een rapport, dat de inzet van biociden makkelijker en goedkoper is dan een dikkere bevestiging aan de muur zonder biociden.

Wat zijn de risico's van de ingezette biociden voor mens en milieu?

Als biociden in het milieu terecht komen kunnen zich deze in wateren en/of bodem verzamelen. Vervolgens veroorzaken de biociden een groot probleem, omdat deze een gevaarlijk invloed op mensen, dieren en milieu hebben.

Aangezien in het voorafgaande paragraaf de risico's van elk biocid nauwkeurig staat beschreven, wordt in het volgende tekst een samenvattende overzicht van de algemene gevaren gegeven.

Deze biocide veroorzaken bij mens en dieren bijvoorbeeld ratten, hazen, vissen en schaaldieren door de inname verschillende symptomen en zijn schadelijk voor het lichaam. Bijvoorbeeld zijn verandering of vergroting van de organen lever, milt, hart, nier, long en schildklier mogelijk. Ook kan het tot groei van oedemen, verandering van het beenmerg, schade en misvormingen van het embryo en tot een afremming van de groei komen.

De optredende symptomen zijn ademnood, krampen, trillerigheid en storingen van de beweging. Verder komt het door contact met verschillende stoffen tot irritatie van de huid, ogen, long en maagdarmsstelsel. Vooral zijn biociden heel toxisch en schadelijk voor aquatische milieus, omdat al kleine hoeveelheden een schadelijke werking hebben.

Het risico van biociden wordt ook door de halveringstijd van de verschillende stoffen beïnvloed. Hoe langer de verblijftijd van een stof in het milieu is, hoe groter is de schade die door de stof wordt veroorzaakt. In hoeverre een risico voor organismen bestaat is daarnaast afhankelijk van de concentratie van biociden en de sensibiliteit van organismen. Desondanks kunnen zich al best kleine concentraties in een organisme vastzetten en deze kunnen door de voedselketen worden doorgegeven. Hierdoor kan het tot een aanrijking van biociden binnen één organisme komen (bioaccumulatie). Dat kan een bedreiging van niet-doel-organismen tot gevolg hebben. Verder kunnen dezelfde biociden vanuit verschillende toepassingsgebieden oplopen, waardoor een cumulatieve* werking kan ontstaan (Kahle & Nöh, 2009). Door de vermenging van verschillende biociden met afvalproducten of aanvullende stoffen kan het tot combinatiewerkingen komen. Deze combinatiewerkingen zijn meestal sterker dan de werking van afzonderlijke stoffen. Gedeeltelijk worden zelfs aanvullende stoffen ingezet om de werking van de primaire stof te vergroten.

Tenslotte is het een groot gevaar dat biociden uit gevelisolatiesystemen niet langdurig in de gevels blijven zitten, maar door uitspoeling aan de oppervlakte van de muur en hierdoor in directe leefomgeving van mensen terecht komen. Het is daardoor niet te voorkomen dat een direct contact met de biociden tot stand komt. Ook omdat vervolgens delen van de biociden in de lucht, grond en water zitten en hierdoor een inname mogelijk is.

Deze mogelijke gevaar wordt bevestigd door een actueel onderzoek van het Federale Milieuagentschap van Kahle en Nöh (2009). In de jaren 2005 en 2006 zijn oppervlaktewateren van zes deelstaten binnen Duitsland op Terbutryn onderzocht. Bij alle monsters was Terbutryn met een concentratie tot 48 ng/L te vinden. Verder is in 2006 door het Beierse Bureau voor Milieu in het water van de rivieren Donau (20 ng/l), Main (110 ng/l) en Regnitz (140 ng/l) Terbutryn concentratie gevonden, hoewel de Länderarbeitsgemeinschaft

Wasser (LAWA) voor Terbutryn een maximaal toelaatbare concentratie van 30 ng/L op oppervlaktewateren heeft vastgelegd.

Aan de hand van deze waarden is duidelijk te herkennen, dat de vastgelegde en toegelaten waarden in grote mate zijn overschreden. Ondanks dat Terbutryn sinds 2004 in bijna geheel Europa als conserveringsmiddel voor planten niet meer is toegelaten. In Duitsland mag het al sinds 1997 niet meer worden ingezet.

De milieugevaarlijke risico's staat echter een economische profijt-oriëntatie tegenover.

Meneer Gießler van het bedrijf Sto (persoonlijke communicatie, 31.03.2015) verklaart dit in het interview. Zouden schildersbedrijven zonder expliciete en schriftelijke bevestiging van een bouwer de inzet van biociden niet gebruiken, dan zijn ze verplicht bij algen- en schimmelgroei binnen de garantieperiode de gevel op eigen kosten te opnieuw te verven.

Dit voorbeeld maakt duidelijk dat biociden voor bedrijven en de industrie van grote waarde zijn, om de eigen economische voordelen te verhogen. De risico's voor het milieu staat echter in de achtergrond. En verantwoord wordt het gebruik van biociden als “actuele stand van techniek”.

3.4 Welke pleistersystemen waren er vroeger en zijn er vandaag?

Eerder werd pleister vanwege praktische redenen ingezet en niet vanwege decoratieve redenen. Door middel van het pleister zijn bulten weer gesloten. Deze bulten zijn voornamelijk ontstaan vanwege het inzet van natuursteen en dakpannen. Inmiddels wordt pleister voornamelijk ingezet om gevels op verschillende manieren vorm te geven. Niet alleen de toepassing maar ook de techniek en samenstelling van pleisters is veranderd.

Pleistersystemen vroeger

Künzel (2009) heeft geschreven, dat het eerder gebruikelijk was op het metselwerk een minerale dikpleister van ongeveer 2 cm in te zetten. Aangezien het niet mogelijk was de dikpleister in een keer op te brengen wordt dit in twee stappen gedaan. Ten eerste is volgens een oud pleisterregel van het jaar 1951 een vast en rauw onderpleister opgebracht om te waarborgen dat de bovenpleister goed blijft zitten. Ook was een voorwaarde dat de onderpleister snel opdroogt om vervolgens spoedig de niet vaste bovenpleister op te kunnen brengen. Volgens Bauch (2006) bestaan deze pleisters meestal uit bouwstoffen, zoals grind, zand, graniet, leisteel, schelpkalk en marmer. De samenstelling was afhankelijk van de beschikbare regionale materialen. Vanwege de hoge kosten voor transport zijn materialen van andere gebieden niet gebruikt. Als bindmiddel zijn verschillende kalksoorten, klei en gips ingezet. Het pleister is terplekke gemengd, met de handen opgebracht en vervolgens naar wens vormgegeven. Tijdens elke tijdsperiode waren er verschillende technieken ter vormgeving van het pleister. Enkele voorbeelden van technieken zijn spachtelputz, rustiekputz, granol, vrije stuk, trek- en draaiwerk, scagliola en kraspleister. Deze zijn met een bezem, spijkerplank, kam of een roe vormgegeven.

Pleistersystemen vandaag

Vandaag zijn er vier verschillende systemen van buitenpleister, die naar behoefte en structuur gekozen kunnen worden. Er wordt gedifferentieerd tussen mineraalpleister, silicaatpleister, kunstharspleister en siliconenharspleister.

Mineraalpleister wordt doorgaans met twee lagen aangebracht en derhalve dikpleister genoemd. Silicaatpleister, kunstharspleister en siliconenharspleister worden echter heel dun aangebracht. Deze worden derhalve dunpleister genoemd.

Op de markt heeft dunpleister de voorkeur op grond van het feit dat deze tegenover dikpleister tijdens het drogen minder slijten. Deze dunpleisters bereiken spoedig hun stevigheid en kunnen daarbij economisch verwerkt worden (Baunetz Wissen Fassade, z.j.).

De gebruikelijke pleisters worden in het volgende opgesomd en beschreven.

Kalkpleister behoren tot de minerale pleister. Deze worden vooral in de sanering van oude gebouwen en/of voor de monumentenzorg gebruikt, omdat deze een hoge dampdiffusiewaarde hebben. Verder zijn deze hydrofiel, dat betekent dat deze pleister water kunnen opnemen en aansluitend weer kunnen afgeven. Op grond van deze eigenschappen worden deze kalkpleisters met betrekking tot ecologisch bouwen voortdurend belangrijker (Baunetz Wissen Altbau, z.j.).

Gipspleisters behoren ook tot de minerale pleisters. Deze zijn zoals de kalkpleister hydrofiel. Gipspleisters worden vooral in binnenruimtes gebruikt (Baunetz Wissen Altbau, z.j.). Voor buitengevels worden deze pleisters bijna nooit gebruikt, omdat deze volgens meneer Schwarz van het bedrijf Schwenk (persoonlijke communicatie, 27.03.2015) maar weinig water kunnen opnemen en snel tot schimmelgroei neigen.

Silicaatpleisters zijn van minerale stoffen gemengd. Deze zijn waterglasgebonden en hebben een kunstharsdeel. Ze zijn hydrofiel en worden door hun hoge waterdampdoorlaatbaarheid meestal gebruikt om oude gebouwen te moderniseren. Verder zijn silicaatpleisters lang houdbaar (Baunetz Wissen Altbau, z.j.).

Cement- en cement-kalkpleisters behoren tot de minerale pleisters. Deze hebben een hoge drukvastheid en zijn relatief star. Verder zijn ze hydrofoob, dat betekent dat ze waterondoorlatend zijn en hierdoor geschikt zijn voor de sokkel en de kelder (Baunetz Wissen Altbau, z.j.).

Siliconenharspleisters worden vooral als bovenpleister gebruikt. Deze zijn hydrofoob dus waterafstotend. Daarbij hebben ze een hoog diffusievermogen. Dat betekent dat waterdamp van binnen naar buiten kan diffunderen en tegelijkertijd water dat op de oppervlakte ontstaat niet wordt opgenomen. Op grond van de microstructuur heeft het pleister een zelfreinigend vermogen (Baunetz Wissen Altbau, z.j.).

Kunstharspleisters lijken op een pleister maar bestaan uit organische stoffen die van fossiele olie zijn gemaakt. Ook kunstharspleisters zijn hydrofoob en hebben een laag diffusievermogen. Op gevelisolatiesystemen worden deze vaak als bovenpleister gebruikt, omdat deze zonder moeite tegen vormveranderingen veroorzaakt door temperatuurverschillen kunnen (Baunetz Wissen Altbau, z.j.).

De oppervlakte en de korrelgrootte van de buitenpleister kan in iedere gangbare grootte en vorm uitgevoerd worden. Alleen is er een beperkte kleuroptie bij minerale pleisters en silicaatpleisters. Bij kunstharspleisters zoals siliconenharspleisters zijn bijna alle kleuren mogelijk.

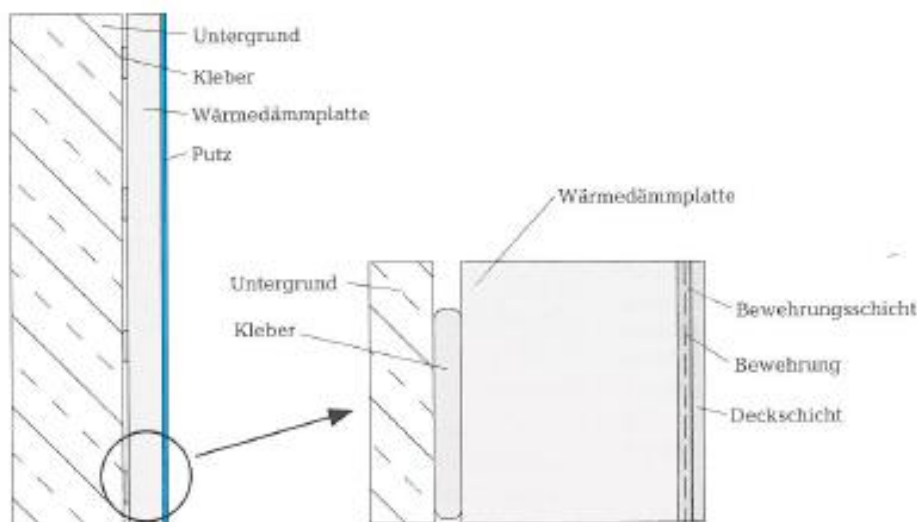
De kleur kan door het verven van het pleister gebeuren of door het gebruiken van een verfwerk op het pleister. Echter moet de aard van het verfwerk materiaaltechnisch op het pleistersysteem worden afgestemd. Het verfwerk wordt hiervoor in silicaat-, kunsthars- en siliconenharskleur ingedeeld (Baunetz Wissen Fassade, z.j.).

Het gevelisolatiesysteem

Gevelisolatiesystemen worden volgens Ross en Stahl (2003) als gevelopbouw genoemd, waarbij een warmte-isolatie op het metselwerk of de oude pleister (ondergrond) geplakt wordt en aansluitend van een pleister voorzien wordt. Een gevelisolatiesysteem bestaat uit drie lagen. De eerste laag is het pleister. Het pleister zorgt voor een verbinding van de warmte-isolatie met de ondergrond. De tweede laag is de warmte-isolatie. Voor de warmte-isolatie worden bijvoorbeeld houtvezelplaten, mineraalvezelplaten of polystyrolplaten ingezet. Een opsomming van de gangbare isolatiematerialen en hun gebruiksdoel zijn in de tabellen 8.4.1 en 8.4.2 in de bijlagen te vinden.

De derde laag is het pleister, dat in twee lagen gedifferentieerd wordt. De eerste laag is de wapeningslaag (ook onderpleister of wapeningsmortel genoemd), waarin een wapeningsweefsel uit glaszijde ingelegd wordt. De wapeningslaag is ongeveer 3 - 4 mm dik, waarbij de wapening in het midden ingebed wordt. Deze trekvraste laag is er om inkrappende krachten, thermische krachten alsook mechanische belastingen bijvoorbeeld door stompen en slagen op te nemen waardoor geen vervormingen optreden. Dergelijke vervormingen zouden anders tot scheurtjes in de gevel leiden. Op de wapeningslaag komt uiteindelijk de deklaag (ook bovenpleister of dekpleister genoemd).

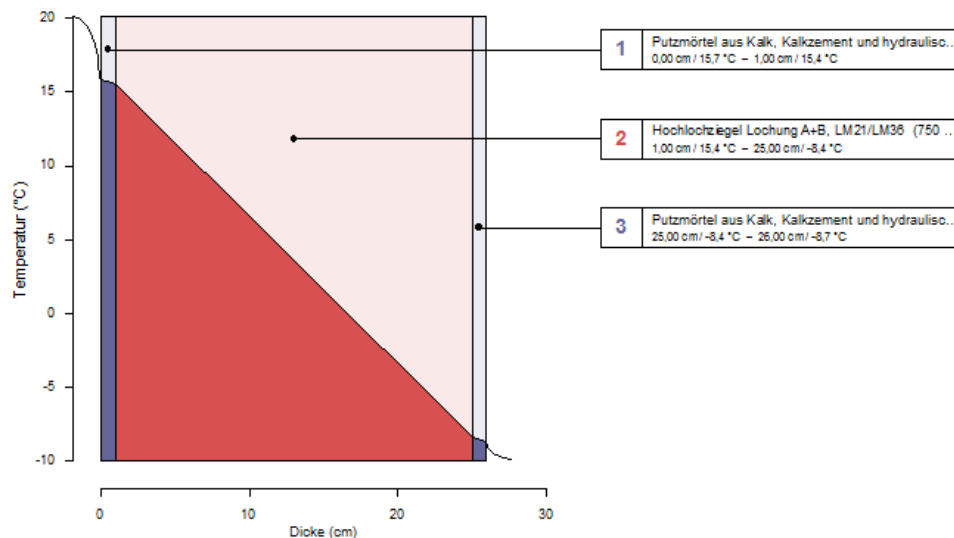
Een principiële opbouw van een gevelisolatiesysteem wordt in de afbeelding 3.3 getoond.



Afbeelding 3.3: Schematische opbouw van een gevelisolatiesysteem. Herdrukt van Praxis-Handbuch Putz (p.43), door H. Ross en F. Stahl, 2003, Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller. Copyright 2003 van Verlagsgesellschaft Rudolf Müller.

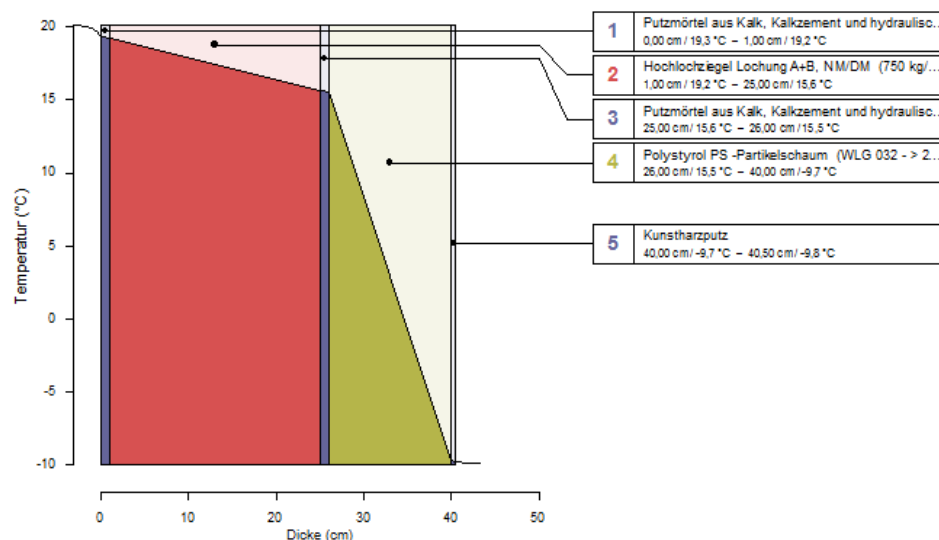
Gevelisolatiesystemen worden zoals door Ross en Stahl (2003) beschreven voorop ingezet om de warmtebescherming van een gebouw te verhogen. In de volgende twee afbeeldingen 3.2 en 3.2 zijn de temperatuurcurven in een muur en de oppervlaktetemperaturen zonder en met een warmte-isolatie geschetst.

In de afbeelding 3.4 is volgens DIN 4108 de temperatuurcurve van een niet geïsoleerde buitenmuur uit 25 cm dikke geperforeerde baksteen met een binnen- en buitenpleister van respectievelijk 1cm dikke kalkcement bij de normtemperaturen van 20 °C binnen- en -10 °C buitentemperatuur geschetst. Het is te zien dat de warmteverliezen in de metselwerk heel hoog zijn, omdat de temperatuurcurve al in de eerste centimeter van de muur heel sterk en constant daalt waardoor slechts een oppervlaktetemperatuur van 15,7 °C tot stand komt.



Afbeelding 3.4: Temperatuurcurve in een schematische muur. Opgesteld met de software Energieberater 18599 van de producent Hottgenroth.

In de afbeelding 3.5 is duidelijk te zien hoe de temperatuurcurve in dezelfde buitenmuur echter met een gevelisolatiesysteem uit 15 cm polystyrol en een 1 cm dikke kunstharspleister verloopt. Het is goed te zien dat de temperatuurcurve in het metselwerk alleen gering daalt. De warmte kan door de isolatie slechts moeilijk naar buiten vloeien waardoor lage warmteverliezen ontstaan. Door de lage warmteverliezen komt in de binnenruimte een oppervlaktetemperatuur van 19,2 °C tot stand.



Afbeelding 3.5: Temperatuurcurve in een schematische muur met een gevelisolatiesysteem uit polystyrol. Opgesteld met de software Energieberater 18599 van de producent Hottgenroth.

Ross en Stahl (2003) noemen nog bijkomende eigenschappen om die reden een gevelisolatiesysteem kan worden ingezet. Bijvoorbeeld worden gevelisolatiesystemen ingezet, omdat deze scheurtjes kunnen dichten. Deze eigenschap komt zoals al beschreven door de wapeningslaag.

Bovendien worden deze veelvuldig bij bouwwerken uit staalbeton ingezet, omdat deze vaak aan de oppervlakte schade door corrosie vertonen. Door de ingezette mortel wordt de gecorrodeerde wapening die in de staalbeton is ingezet voor verdere corrosie beschermd. Bijkomend wordt het staalbeton voor de hoge luchtvochtigheid beschermd.

3.5 Hoe werkt de chemische gevelbescherming in hydrofobe pleistersystemen?

Opbouw en functie van hydrofobe pleistersystemen

Opbouw hydrofobe pleistersystemen

Een hydrofobe gevel krijgt men, zoals in het boek van Ross und Stahl (2003) beschreven door een hydrofoberend verfwerk op het pleister.

Om de gevel te hydrofoberen worden kleurloze, laagviscose vloeistoffen gebruikt. Het vloeistof dringt door de goed absorberende pleister enkele millimeter in de poreuze oppervlakte en overtrekt de poriën met een dunne laag. Er zijn verschillende werkzame stoffen die voor een hydrofobering gebruikt kunnen worden. Sommige van deze stoffen zijn siliconenharsen, acrylharsen, siliconate, silanen, silicaten en metalen zeep.

Er kunnen ook hydrofobe pleisters gebruikt worden.

De hydrofobe pleisters zijn volgens Ross und Stahl (2003) bijvoorbeeld siliconenharspleister, silicaatpleister, kunstharspleister, cement- en cement-kalkpleister.

Kunstharspleisters bestaan in de regel uit ongeveer 7 % kunststof bindmiddel en ongeveer 93 % minerale toeslagmaterialen waardoor deze een goede bescherming tegen regen kunnen bieden. Verder laten deze weinig water in de ondergrond doordringen en zijn desondanks toereikend waterdampdoorlatend.

Siliconenharspleister en silicaatpleister laten evenals kunstharspleister alleen weinig water doordringen en zijn tevens waterdampdoorlatend.

Cement- en cement-kalkpleister hebben een hoge weerstand tegenover vocht. Deze zijn nauwelijks waterzuigende pleisters waardoor deze slechts weinig water laten doordringen.

Functie hydrofobe pleistersystemen

In het praktijk-handboek door Ross en Stahl (2003) wordt verklaard dat water of vloeibaar of dampvormig door de regen in het pleister doordringt. Bovendien wordt het water op de gevel door de capillaire kracht in het innerlijke van het pleister gezogen en in de poriën en capillairen getransporteerd. Om het doordringen van water in het pleister te vermijden wordt het pleister of achteraf gehydrofobeerd of wordt een hydrofobe pleister ingezet.

Onder hydrofobering van de gevel verstaat men een uitrusting van een bouwstof tot waterafwijzing door het gebruiken van een fysisch-chemisch effect. Dit effect zorgt ervoor dat de bevochtiging hoek van water op de bouwstofoppervlakte van het pleister vergroot wordt waardoor de capillaire werking verminderd wordt en de bouwstof minder water kan opnemen. Dat betekent uiteindelijk dat tijdens een regenbui het water van de hydrofobe gevel wordt afgestoten en niet het pleister kan doordringen.

Inzet en functie van de chemische gevelbescherming

Inzet chemische gevelbescherming

Meneer Gießler van het bedrijf Sto verklaarde tijdens een interview (persoonlijke communicatie, 31.03.2015) dat er drie verschillende manieren zijn om een gevel met biociden te voorzien.

De eerste mogelijkheid is het pleister met biociden te voorzien. De tweede mogelijkheid is een verf te gebruiken die met biociden is gemengd. De derde mogelijkheid is tijdens een renovatie na de zuivering van de gevel en voor de grondlaag een middel met biociden op te brengen. Deze mogelijkheid wordt echter actueel niet meer ingezet.

Voor een overzicht van de meest gebruikte biociden is een lijst in hoofdstuk 3.3 opgenomen.

Volgens een studie door Breuer et al. (2012a) van het Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Duitsland is de ingezette hoeveelheid van biociden in het pleister of de verf doorgaans tussen 0,5 en 1,0 massapercentage.

Een volgende studie door Breuer et al. (2012b) laat zien, dat de ingezette biociden tot nu toe niet ingekapseld werden ingezet. Dat betekent dat ze onveranderd in het pleister of de verf zijn bijgemengd.

Inmiddels worden biociden echter ingekapseld door de inzet van microcapsules in het pleister of de verf bijgemengd om de uitspoeling van de biociden te verminderen. Deze microcapsules bestaan uit een organische polymere matrix waarin de biociden zijn ingebed. De grootte van de capsules hebben een diameter van 10 tot 20 µm. De uitvoering en de dikte van de capsules worden aan de hand van de verschillende biociden aangepast en hierdoor gestevend.

Functie chemische gevelbescherming

Volgens een onderzoek door Burkhardt et al. (2009) worden drie tot vijf biociden in combinatie met elkaar ingezet om een effectieve bescherming van de gevel tegen algen en schimmels te leveren. Deze combinatie van de verschillende biociden wordt ingezet, omdat verschillende algen en schimmels gevoeliger of resistent tegen verschillende biociden zijn en hierdoor een werkzame bescherming tegen algen en schimmels gewaarborgd zal worden. Verder is in het onderzoek geschreven dat biociden door het water vanuit het materiaal opgelost en aansluitend naar de oppervlakte getransporteerd worden om hun werking te kunnen ontplooiën.

De ingezette biociden werken volgens het Bundesausschuss Farbe und Sachwertschutz e.V. et al. (2005) tegen de Algen en schimmels die het vaakst op de gevel optreden.

Vanwege het feit dat de biociden worden uitgespoeld om hun werking te kunnen ontplooiën is de bestendigheid in de gevel niet oneindig.

Derhalve worden inmiddels voornamelijk ingekapselde biociden ingezet, omdat deze anders als niet ingekapselde biociden door diffusie geloosd worden waardoor de uitspoeling gereduceerd en de werkingsduur verlengd wordt. Echter wordt uitsluitend de uitspoeling gereduceerd. Het duurt wel langer maar uiteindelijk wordt toch de hele ingezette hoeveelheid biocide uitgespoeld (Breuer et al., 2012b).

3.6 Welke specifieke ervaringen met de houdbaarheid van de werking van biociden zijn er?

Hoe lang duurt het totdat de biociden zijn uitgespoeld?

De houdbaarheid van de ingezette biociden is volgens Breuer et al. (2012b) afhankelijk van de ingezette werkzame stof alsook de aard van de coating.

Verder wordt de houdbaarheid beïnvloed door of de biociden ingekapseld of niet ingekapseld worden ingezet.

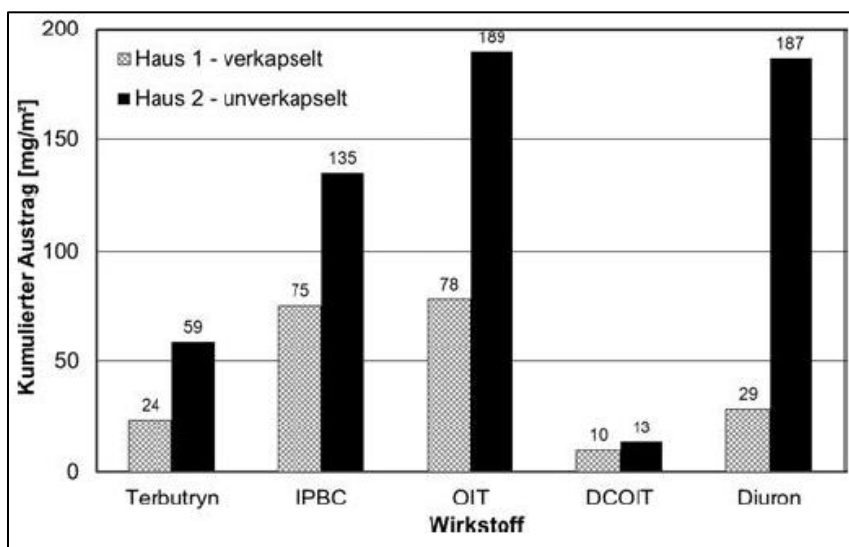
Het onderzoek van Breuer et al. (2012b) beschrijft onder andere een eenjarige openlucht proef in Holzkirchen (Duitsland). Daar werd aan twee huizen de uitspoeling van ingekapselde en niet ingekapselde Terbutryn, Diuron, IPBC, OIT alsook DCOIT getoetst. Daarbij werd een biocideconcentratie van elk biocide van 1.600 mg/m² in de gevel gebruikt. In het eerste huis werden ingekapselde en in het tweede huis niet ingekapselde biociden ingezet. Tijdens de proef werd na elke grote regenbui de uitspoeling van de verschillende biociden onderzocht. Tabel 3.1 en afbeelding 3.6 laten de uitgespoelde hoeveelheid werkzame stof na een jaar zien. De verschillende hoeveelheden van de uitgespoelde biociden komen daarbij door de

verschillende stofeigenschappen en hun wateroplosbaarheid. Hoe hoger de wateroplosbaarheid hoe hoger de uitspoeling is.

Wirkstoff	verkapselt		unverkapselt	
	[mg/m ²]	[%]	[mg/m ²]	[%]
Terbutryn	24	1,5	59	3,7
IPBC	75	4,7	135	8,4
OIT	78	4,9	189	11,8
DCOIT	10	0,6	13	0,8
Diuron	29	1,8	187	11,7

Tabel 3.1: Uitgespoelde hoeveelheid van de werkzame stof na een jaar. Herdrukt uit “Wirkstoffauswaschung aus hydrophoben Fassadenbeschichtungen: verkapselte versus unverkapselte Biozidsysteme“, door Breuer et al., 2012, Bauphysik 34, tijdschrift 1, p. 22. Copyright 2012 van Ernst & Sohn

Het is duidelijk te zien dat na afloop van de eenjarige proef de totale hoeveelheid van de uitgespoelde ingekapselde biociden lager is dan de totale hoeveelheid van de niet ingekapselde biociden. Bovendien is te zien dat na een jaar meer dan 11 % van de niet ingekapselde biociden OIT en Diuron uitgespoeld zijn. Weliswaar is de hoeveelheid bij de ingekapselde biociden lager maar ook hier is te zien dat bijna 5 % van de biociden IPBC en OIT uitgespoeld zijn (Breuer et al., 2012b).



Afbeelding 3.6: Figuurlijke uitbeelding uitgespoelde hoeveelheid van de werkzame stof. Herdrukt uit “Wirkstoffauswaschung aus hydrophoben Fassadenbeschichtungen: verkapselte versus unverkapselte Biozidsysteme“, door Breuer et al., 2012, Bauphysik 34, tijdschrift 1, p. 22. Copyright 2012 van Ernst & Sohn

Door de inkapseling van Terbutryn was het mogelijk de uitspoeling met 59 % van 59 mg/m² tot 24 mg/m² te reduceren. Echter werd niet ingekapseld 3,7 % en ingekapseld 1,5 % van de totale ingezette hoeveelheid Terbutryn in de gevel uitgespoeld. Het biocide DCOIT werd vanwege de lage wateroplosbaarheid met 13 mg/m² (0,8 %) naar verhouding heel weinig uitgespoeld. Met een inkapseling van DCOIT was het maar mogelijk de uitspoeling met 10 mg/m² (0,6 %) te reduceren.

Inmiddels is het vastgesteld, dat 7 % van alle ingezette niet ingekapselde biociden van de gevel uitgespoeld worden. Bij ingekapselde biociden ligt de hoeveelheid bij ca. 2,7 %. Aan de hand van deze waarden is te herkennen dat de uitspoeling van de ingekapselde biociden lager is ofwel langzamer plaatsvindt dan de uitspoeling van niet ingekapselde biociden. Echter is al te herkennen dat alle biociden ter bescherming over een bepaalde tijd grotendeels uitgespoeld worden. Aan de hand van de waarden, die binnen een jaar zijn verzameld, vereenvoudigd voor meerdere jaren berekend, is het mogelijk te concluderen, dat binnen 10 jaar ca. 70 % van de niet ingekapselde biociden en ca. 27 % van de ingekapselde biociden uitgespoeld worden. Over 20 jaar zijn in de gevel geen niet-ingekapselde biociden meer te vinden en de ingekapselde biociden zijn tot ca. 54 % uitgespoeld (Breuer et al., 2012b).

Echter is het belangrijk niet de totale hoeveelheid van uitgespoelde biociden te bekijken, maar elke biocide apart. Aangezien elke biocide op een andere mate wordt uitgespoeld, is het mogelijk dat op een moment enkele biociden al lang zijn uitgespoeld en andere nog niet. Bijvoorbeeld zijn de niet ingekapselde biociden OIT en Diuron binnen 8 jaar al bijna volledig uitgewassen. Echter zou DCOIT door de lage wateroplosbaarheid pas na 125 jaar uitgewassen zijn.

Tijdens dit onderzoek werd tevens vastgesteld dat de uitspoeling tijdens de eerste 10 tot 20 regenbuien het sterkst is en met de tijd verminderd maar dan relatief constant blijft (Breuer et al., 2012b).

In een separaat onderzoek van Burkhardt et al. (2009) is ook een labonderzoek m.b.t. de houdbaarheid van biociden doorgevoerd. Ook wordt in het onderzoek beschreven dat de uitspoeling van biociden op vers gepleisterde gevels het hoogst is. Tevens is vastgesteld dat de procentuele uitspoeling van verschillende biociden over vijf jaar tot 70 % is en daardoor een voldoende werkzaamheid van biociden niet meer gewaarborgd is. Dat is alleen de helft van de eerder beschreven houdbaarheid van 10 jaar volgens een later uitgevoerde onderzoek door Breuer et al. (2012b).

Een precieze procentuele vermelding van de hoeveelheid van biociden die in de gevel gevestigd moeten zijn kan niet vermeld worden. De nodige hoeveelheid is afhankelijk van de verschillende biociden, omdat deze verschillend sterk worden uitgespoeld en elke werkzame stof tegen een andere soort van algen en schimmels wordt ingezet. Dat betekent dat een specifieke algen- of schimmelsoort op de gevel kan groeien, omdat de specifieke werkzame stoffen tegen deze soort al zijn uitgespoeld. Desondanks zitten er nog veel andere biociden in de gevel met een verminderde werking die een groei van sommige algen en schimmels niet kunnen voorkomen. Een bescherming van de gevel voor algen en schimmels kan dan niet meer voldoende gewaarborgd worden (Breuer et al., 2009).

Hoe lang blijft de gevel vrij van algen en schimmels?

Ook belicht het onderzoek van Breuer et al. (2012a) de werking en de houdbaarheid van biociden in verschillende pleistersystemen. Daarvoor is een beoordelingsschaal m.b.t. de groeierkte van schimmels en algen op de gevel opgesteld. Tevens is een typering van deze algen en schimmels doorgevoerd om de microbiologische gevoeligheid van de gevel vast te stellen.

Binnen dit onderdeel van het onderzoek wordt voornamelijk op het gedeelte van de groeierkte van algen en schimmels ingegaan.

In de periode van 2005 tot 2010 zijn 33 monsters volgens het principe van gevelisolatiesystemen met verschillende dunne pleistersystemen en biocidecombinaties

voorzien. Deze monsters zijn in Holzkirchen (Duitsland) op het Fraunhofer-Institut aan reële voorwaarden blootgesteld.

De vier biocidecombinaties die zijn ingezet, bestaan uit drie verschillende biociden. Daarbij was binnen alle biocide-combinaties Terbutryn en OIT aanwezig. De derde werkzame stof binnen de biocidecombinatie B2 is Carbendazim. Binnen de biocidecombinatie B3 is dit DCOI, binnen de biocidecombinatie B4 is dit IPBC en binnen de biocide-combinatie B5 is Zink-Pyrithion te vinden. Deze werkstofcombinaties zijn of aan het pleister of aan het verfwerk toegevoegd. In tabel 3.2 hieronder is een opsomming van de 33 monsters met de verschillende pleistersystemen en de biocidewerkstofcombinaties toegevoegd.

Ter vergelijking zijn monsters zonder biociden ter controle ingezet.

Variantennummer	Putz (Bindemitteltyp)	Wirkstoffgemisch	Anstrich	Wirkstoffgemisch
1	Kalk-Zement	B2	–	–
2	Kalk-Zement	–	–	–
3	Kalk-Zement	–	Dispersionssilikatfarbe	B2
4	Kalk-Zement	–	Dispersionssilikatfarbe	–
5	Kalk-Zement	–	Dispersionsfarbe	B2
6	Kalk-Zement	–	Dispersionsfarbe	–
7	Kalk-Zement	–	Silikonharzfarbe	B2
8	Kalk-Zement	–	Silikonharzfarbe	B3
9	Kalk-Zement	–	Silikonharzfarbe	B4
10	Kalk-Zement	–	Silikonharzfarbe	B5
11	Kalk-Zement	–	Silikonharzfarbe	–
12	Styrolacrylat	B2	–	–
13	Styrolacrylat	B3	–	–
14	Styrolacrylat	B4	–	–
15	Styrolacrylat	B5	–	–
16	Styrolacrylat	–	–	–
17	Styrolacrylat	–	Dispersionsfarbe	B2
18	Styrolacrylat	–	Dispersionsfarbe	B3
19	Styrolacrylat	–	Dispersionsfarbe	B4
20	Styrolacrylat	–	Dispersionsfarbe	B5
21	Styrolacrylat	–	Dispersionsfarbe	–
22	Terpolymer	B2	–	–
23	Terpolymer	B3	–	–
24	Terpolymer	B4	–	–
25	Terpolymer	B5	–	–
26	Terpolymer	–	–	–
27	Silikonharz	B2	–	–
28	Silikonharz	B3	–	–
29	Silikonharz	B4	–	–
30	Silikonharz	B5	–	–
31	Silikonharz	–	–	–
32	Wasserglas	B2	–	–
33	Wasserglas	–	–	–

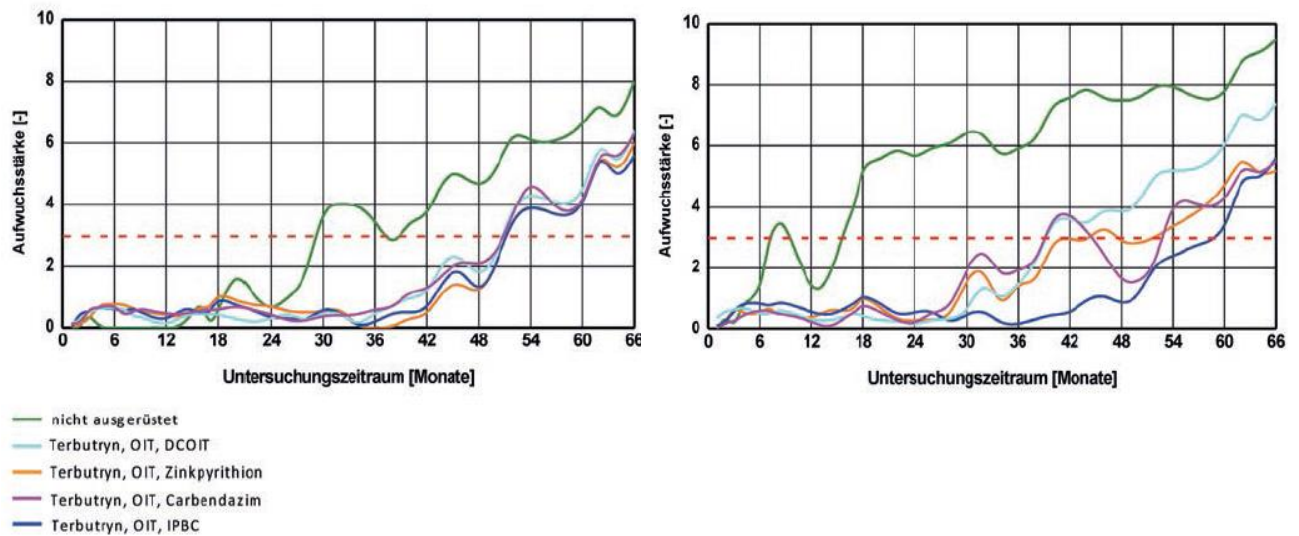
Tabel 3.2: Monster met verschillende coatingsystemen en biocidmengsel. Herdrukt van “Wirksamkeit und Dauerhaftigkeit von Bioziden in Bautenbeschichtungen“, door Breuer et al., 2012, Bauphysik 34, tijdschrift 4, p. 175. Copyright 2012 van Ernst & Sohn

In de bijlagen is de tabel 8.5.1 met de beoordelingsschaal ter registratie van de groeiontwikkeling op deze monsters te vinden. Met de semi-kwantitatieve beoordelingsschaal in de bijlagen is de optische toestand van de monsters m.b.t. de groeiontwikkeling geëvalueerd. Voor deze beoordeling bestaan tien niveaus. De niveaus nul tot drie beschrijven de eerste aangroei van de monsters. Niveaus vier en vijf vormen een tussenstadia. Binnen het stadia wordt de gevel van de waarnemers als optisch aangetast ingeschat.

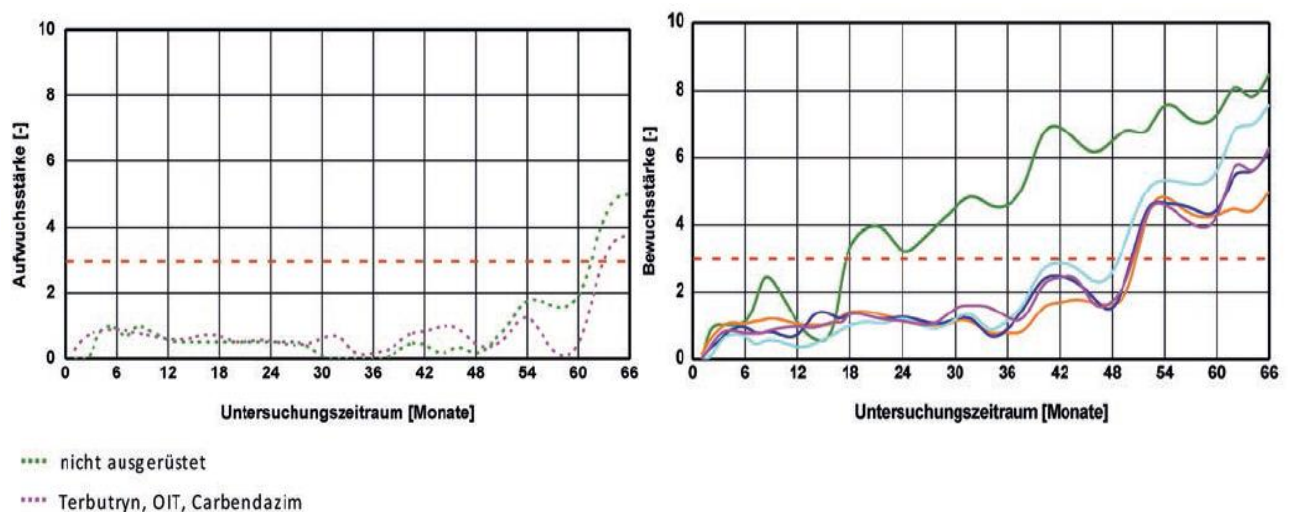
In de praktijk wordt al vanaf een groeiontwikkeling van niveau drie de gevel als optisch aangetast beschreven en het niveau vier al als reden voor bezwaar ingedeeld. De niveaus zes tot tien duiden op een hevige aantasting van de gevel door algen en schimmels.

Met behulp van het onderzoek van Breuer et al. (2012a) is vastgesteld dat de monsters met een siliconenharspleister zoals in afbeelding 3.7 te zien het meest resistent tegen de microbiologische groei waren. Na ongeveer 50 maanden is op monsters die met biociden zijn voorzien, een groeiontwikkeling van niveau drie te vinden. Op monsters zonder de inzet van biociden is over 30 maanden een groeiontwikkeling van niveau drie vastgesteld. De oranje lijn is de grens tussen de groeiontwikkeling van niveau drie en vier.

De monsters met een styrol-acrylaat-pleister en de biocidecombinatie van B2, B3 en B5 hebben de groeiontwikkeling van niveau drie al over ongeveer 40 maanden overschreden. Alleen monsters met de biocidecombinatie B4 met de biociden Terbutryn, OIT en IPBC wordt het niveau drie pas na ongeveer 60 maanden overschreden.



Afbeelding 3.7: Groei ontwikkeling, links op siliconenharspleister, rechts op styrol-acrylaat-pleister. Herdrukt van “Wirksamkeit und Dauerhaftigkeit von Bioziden in Bautenbeschichtungen“, door Breuer et al., 2012, Bauphysik 34, tijdschrift 4, p. 176+177. Copyright 2012 van Ernst & Sohn



Afbeelding 3.8: Groei ontwikkeling, links op kalk-cement-pleister, rechts op styrol-acrylaat-pleister met verwerk. Herdrukt van “Wirksamkeit und Dauerhaftigkeit von Bioziden in Bautenbeschichtungen“, door Breuer et al., 2012, Bauphysik 34, tijdschrift 4, p. 177. Copyright 2012 van Ernst & Sohn

De monsters met een kalk-cement-pleister zoals in afbeelding 3.8 te zien, kunnen vanwege het afpoederen / krijten, de regen en hagel niet meer goed beoordeeld worden, omdat door het gewenste afpoederen / krijten de groeiontwikkeling door algen en schimmels expliciet is geminderd.

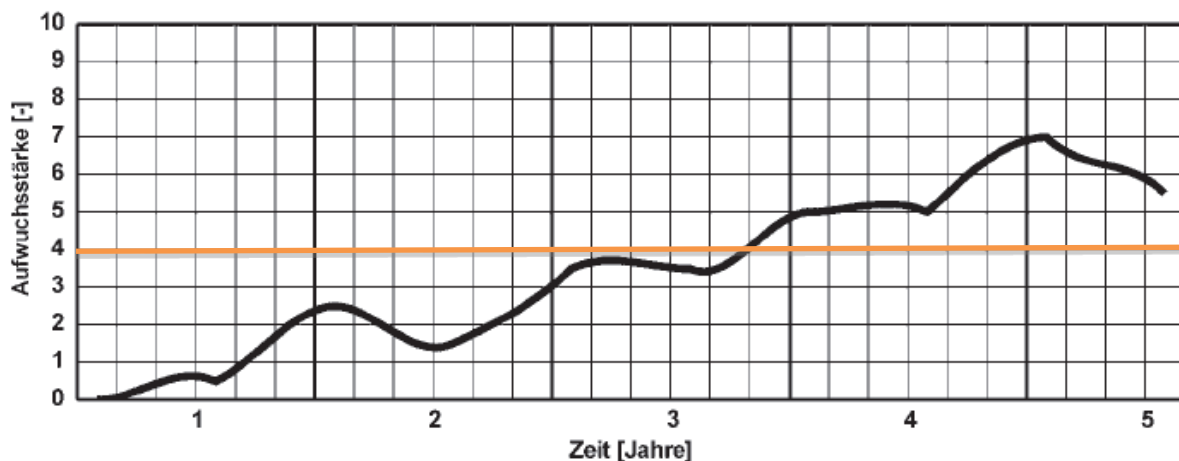
Binnen dit experiment is ook, zoals al beschreven, een typering van de groei doorgevoerd. Daarbij is vastgesteld dat monsters zonder de inzet van biocide een sterkere en eerdere aangroei alsook een hogere diversiteit van algen- en schimmelsoorten vertonen dan monsters zonder biocide. De meest voorkomende schimmels werden overheerst door de *Cladosporium* en de *Epiccocum purpurascens*. De schimmel *Alternaria alternate* is minder vaak opgetreden. Bovendien leveren deze gevels binnen korte tijd een diversiteit van algen op.

Worden deze monsters met de monsters met biocide vergeleken, dan valt de lagere aangroei en minder hoge diversiteit op.

De oppervlakten die met de werkende stof Carbendazim zijn voorzien hebben een minder sterke aangroei. De zwakke aangroei bestond uit de schimmels *Alternaria*, *Ulocladium* en *Phoma glomerata* vanwege de hoge tolerantie van deze schimmels tegenover Carbendazim. Ook waren deze oppervlakten weinig door algen aangetast. De enige soort was de alg *Diplosphaera* sp., een groenalg.

Aan de hand van dit onderzoek (Breuer et al., 2012a), alsook in andere onderzoeken, is bovendien vastgesteld, dat de algen- en schimmelgroei cyclisch plaatsvindt. Dat betekent dat de algen en schimmels alleen tijdens bepaalde perioden op gevels groeien, waarin de benodigde klimaat voorwaarden heersen. De klimaatontwikkeling binnen het Europese continent levert door het warme en vochtige klimaat, maar vooral tijdens de herfst, optimale weersomstandigheden. Tijdens de winter en zomer is een stagnatie of een vermindering van de groei te vermelden. Na deze perioden wordt de groei weer voortgezet.

De afbeelding 3.6 beschrijft een typische groeiontwikkeling van algen en schimmels op een biocidevrije oppervlakte. Hierbij staan de verticale lijnen tussen de jaren voor de maanden. De dikke lijnen staan voor de maand december dus de winterperioden en de dunne lijnen voor de maanden februari, april, juni, augustus en oktober. De oranje horizontale lijn beschrijft de grens vanaf wanneer de groei vaak als bezwaar bij de producent wordt ingediend.



Afbeelding 3.9: Typische cyclische groeiverloop van algen en schimmels. Herdrukt van “Wirksamkeit und Dauerhaftigkeit von Bioziden in Bautenbeschichtungen“, door Breuer et al., 2012, Bauphysik 34, tijdschrift 4, p. 180. Copyright 2012 van Ernst & Sohn

Duidelijk is op de afbeelding 3.9 te herkennen, dat de algen- en schimmelgroei na het tweede jaar het derde niveau heeft overschreden en daarom in de praktijk als optisch aangetast wordt

ingedeeld. Het niveau vier wordt aan het einde van het derde jaar bereikt en als zaak voor een bezwaar ingedeeld.

Aanvullend is te herkennen, dat de aangroei door algen en schimmels tijdens de zomer en tijdens een koude winter vermindert. Tijdens de herfst als er optimale weeromstandigheden zijn wordt de groei weer voortgezet.

3.7 Hoe werkt de fysische gevelbescherming in hydrofiele pleistersystemen?

Opbouw en functie van de hydrofiele pleistersystemen

Opbouw hydrofiele pleistersystemen

Om een hydrofiele gevel te kunnen verkrijgen, zoals meneer Schwarz van het bedrijf Schwenk in een interview verklaarde (persoonlijke communicatie, 27.03.2015), dienen alle minerale pleisters gebruikt worden. Deze zijn, zoals al in paragraaf 3.4 beschreven, verschillende kalk- en silicaatpleisters. De minerale pleisters kunnen water opnemen en opslaan. Tevens hebben ze het vermogen tot hoge waterdampdiffusie.

Het pleister wordt bij een gevelisolatiesysteem direct op de onderpleister met de ingezette wapening met een sterkte van 7 tot 10 mm opgebracht. Vervolgens kan de gevel na wens van een hydrofiele silicaatverf met dampdiffusievermogen of een kieselsol-silicaatverf voorzien worden.

Functie hydrofiele pleistersystemen

Rademacher (2007) beschrijft in zijn rapport dat regen- en dauwwater, dat op de gevel terecht komt, door de capillairen in het pleister getransporteerd en opgeslagen wordt. Door het hoge diffusievermogen van het pleister wordt tijdens droge warme / koude perioden het snelle afdrogen van de gevel bereikt. Bovendien wordt door de gesteldheid van de geveloppervlakte de waterdruppel gerekt, waardoor de contactoppervlakte van de waterdruppel en daardoor ook de verdampingoppervlakte verhoogd wordt (BundesBauBlatt, 2013).

Inzet en functie van de fysische gevelbescherming

Opbouw fysische gevelbescherming

De opbouw van de gevel, zoals al in paragraaf 3.4 beschreven, bestaat uit twee lagen. Het pleister is opgebouwd uit de wapeningslaag, waarbinnen een wapeningsweefsel vanuit glaszijde wordt ingelegd en de deklaag.

De wapeningslaag moet volgens meneer Schwarz (persoonlijke communicatie, 27.03.2015) een lichte hydrofobe uitvoering hebben en over een hoog dampdiffusievermogen beschikken, omdat een hydrofiele bovenpleister gebruikt wordt. Deze hydrofobe minerale onderpleister laat het water niet tot de isolatie doordringen, maar neemt het water al in de bovenste lagen op. Het water zou anders de isolatie sterk bevochtigen. Als de isolatie bevochtigd raakt kunnen de warmtebeschermende eigenschappen door de verhoogde warmtedoorlatendheid verminderd worden.

Zoals al beschreven wordt een hydrofiele en vooral minerale bovenpleister gebruikt. Deze bovenpleister wordt met een dikte van 7 tot 10 mm opgebracht. Het pleister wordt vervolgens twee keer van een puur minerale gevelverf, zoals bijvoorbeeld een silicaatverf of een kieselsol-silicaatverf voorzien.

Functie fysische gevelbescherming

De fysische gevelbescherming bestaat uit verschillende factoren. Daarbij spelen aan de ene kant fysische wetten en aan de andere kant de eigenschappen van de verschillende ingezette bouwstoffen een rol.

Enerzijds worden de bovenpleister en het verfwerk, zoals in Rademacher (2007) beschreven, hydrofiel uitgevoerd om te voorkomen dat dauw- en regenwater zich op de oppervlakte in vorm van druppels verzamelt, maar van het pleister en de verf wordt opgeslagen. Bij goede omstandigheden kan het water door het hoge waterdampdiffusievermogen van pleister en verf verdampen en de gevel kan weer drogen. Door dit effect zou de verblijftijd van vloeibaar water op de oppervlakte ofwel de bevochtigingstijd gereduceerd worden.

Bovendien bezitten de minerale oppervlakten geen organische bestanddelen. Hierdoor worden de algen- en schimmelgroei, vanwege de lage beschikbaarheid van voedingsstoffen, geremd. Vervolgens beschrijft de onafhankelijke deskundige Autenrieth (2012) dat de ingezette minerale pleisters een hoge pH-waarde hebben, waardoor een natuurlijke bescherming tegen de algen- en schimmelgroei gewaarborgd wordt.

In het rapport van Grus en Fitz (2005) van het Fraunhofer-Institut wordt verklaard, dat met behulp van een dikpleistersysteem van 20 mm de duur van de dauwvorming tot met 20% wordt gereduceerd. De dikke pleister wordt door de dagelijkse solaire (ook indirecte) energie instraling verwarmd en door het hoger warmteopslagvermogen van het dikpleistersysteem tegenover een dunpleistersysteem. Deze opgeslagen warmte wordt gebruikt om een dauwpunt-onderschijding en daardoor de vorming van dauwwater te voorkomen. Daarbij kan dit effect door het gebruik van een kleurrijk verfwerk versterkt worden. Witte verf heeft een absorptiecoëfficiënt van 0,2, waartegen donkere verf een absorptiecoëfficiënt van 0,4 tot 0,6 hebben. Door deze hogere absorptiecoëfficiënt kan de oppervlakte van gevels sneller opgewarmd worden. Dat veroorzaakt dus een hogere maximaaltemperatuur. Op een zonnige septemberdag kan met een kleurrijke oppervlakte een oppervlaktetemperatuur van 36 °C in plaats van 25 °C bij een witte oppervlakte bereikt worden. Door deze snelle opwarming van de oppervlakte wordt ook een snelle afdroging van een vochtige oppervlakte bereikt. Echter zou de ingezette verf een helderheidswaarde groter dan 20 hebben, omdat het vooral bij donkere kleuren door de hoge temperatuurverschillen tot barsten op het pleister kan komen.

3.8 Welke algemene ervaringen zijn er daarmee?

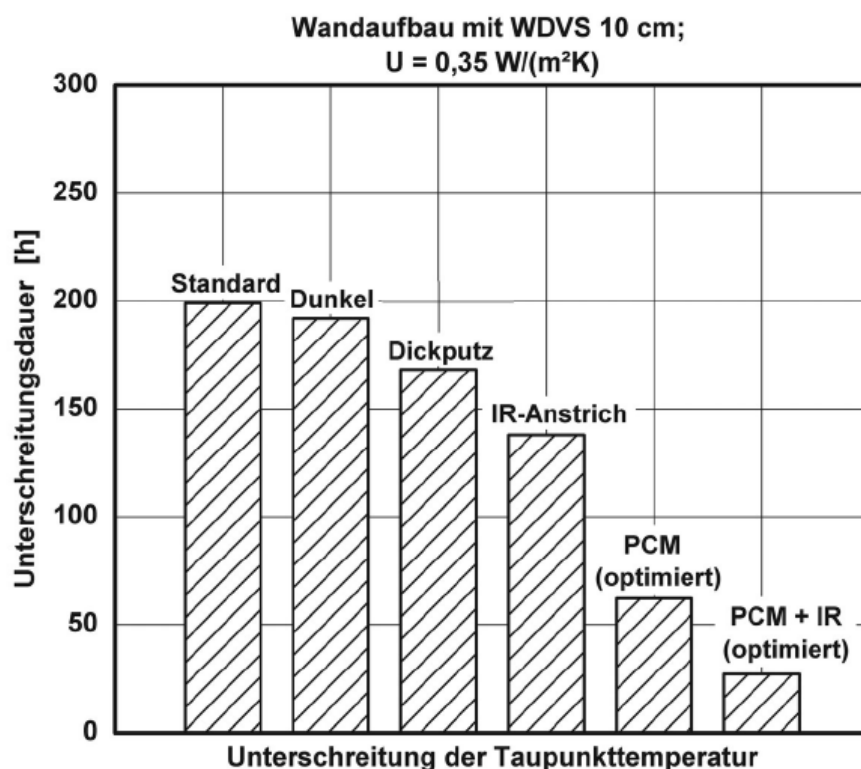
Binnen de actuele literatuur is tot nu toe weinig informatie over ervaringen met biocidevrije systemen te vinden. Volgens mevrouw dr. Schwerd (persoonlijke communicatie, 14.04.2015) van het Fraunhofer-Institut in Duitsland is een onderzoek, dat met dit onderwerp bezig is, gaande. Dit meerjarige onderzoek van het Fraunhofer-Institut heeft als inhoudelijke focus de inzetmogelijkheden van biocidevrije componenten en de coatings van gevels. Binnen dit onderzoek worden de ervaringen m.b.t. de houdbaarheid en betrouwbaarheid van verschillende biocidevrije systemen met oog op de biologische opgroei opgesomd. Echter is dit onderzoek nog niet afgerond en daarom is het niet mogelijk vooraf informatie te ontvangen. Zodra het onderzoek is afgerond wordt deze gepubliceerd en aan elke geïnteresseerde ter beschikking gesteld.

Een onderzoek van Krus en Fitz en Sedlbauer (2008) van het Fraunhofer-Institut bevestigt de verminderde dauwwatervorming door de inzet van een donker verfgebruik. Dat komt doordat op de oppervlakte van gevels hoger temperaturen bereikt worden. Bovendien kan weinig aangroei op de gevel geretoucheerd worden.

In het onderzoek wordt bovendien geschetst, dat een gevel met een dikpleistersysteem door de hoge thermische massa een verminderde dauwpuntonderschijding van 20 % wordt bereikt.

Door deze vermindering wordt ook de ontstaan hoeveelheid van dauwwater met bijna de helft gereduceerd.

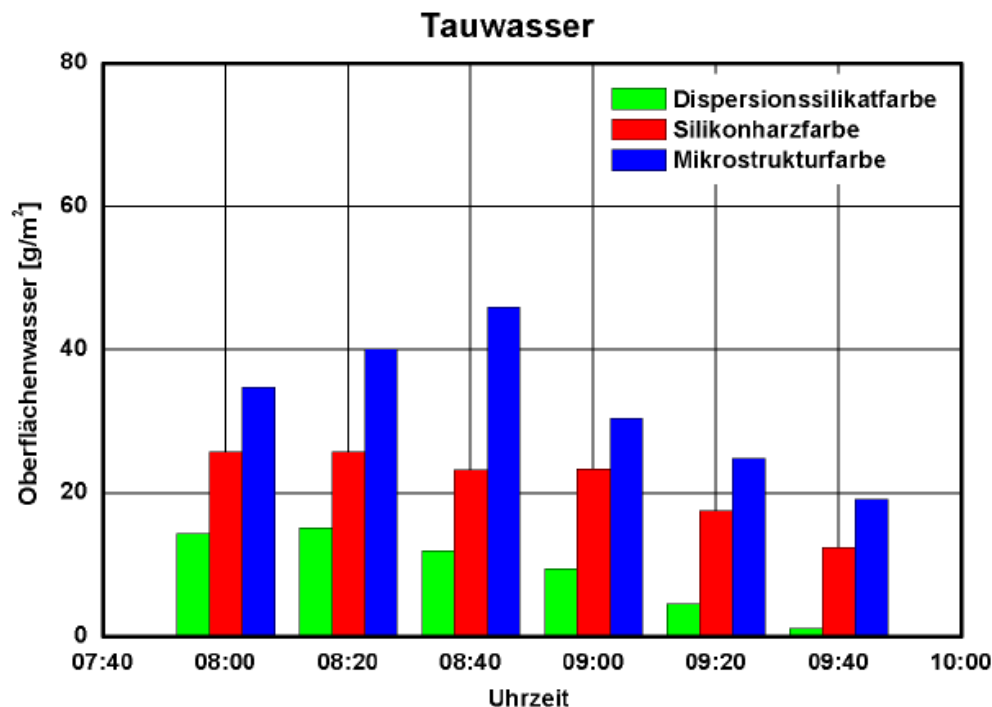
Een eerder uitgevoerde onderzoek door Krus en Fitz (2005) van het Fraunhofer-Institut in Duitsland beschrijft, dat door het dikke pleistersysteem van 20 mm de duur van de dauwvorming op de gevel tot met 20 % gereduceerd kan worden. Een volgend onderzoek door Künzel en Fitz (2006) bevestigt de werking van het verhoogde warmteopslagvermogen van een dikke pleistersysteem. Door het dikke pleister kan de temperatuuronderschrijding van de gevel tot aan 30 uren verminderd worden. De volgende afbeelding 3.10 toont de onderschrijdingsduur van het dauwpunt op een gevelisolatiesysteem met verschillende voorzieningen van de gevel.



Afbeelding 3.10: Bepaling van de onderschrijdingsduur van de dauwpunt op een gevelisolatiesysteem met verschillende voorzieningen. Herdrukt van „Ganzheitliche Bausanierung und Bauwerkserhaltung nach WTA“, door H. M. Künzel, C. Fitz, 2006, WTA-Schriftenreihe, tijdschrift 28, p. 69. Copyright 2006 van WTA München

Vervolgens worden het pleister en het verfwerk hydrofiel uitgevoerd waarbij het water dat zich op de gevel verzamelt door de capillairen in het pleister getransporteerd en opgeslagen worden. In de droge perioden wordt door het hoge dampdiffusievermogen het water vanuit de gevel verdampt. Dit effect zorgt zodoende aan de ene kant voor een lagere verblijfsduur van de waterdruppels op de geveloppervlakte, aan de andere kant voor een spoedige droging en onttrekt de algen en schimmels het levensfundament. Zodoende blijft de gevel vrij van microbiologische begroeiing.

De volgende afbeelding 3.11 toont aan de hand van een onderzoek door Künzel en Fitz (2006) van het Fraunhofer-Institut in Duitsland de dauwwatervorming 's ochtends op een gevel met een gevelisolatiesysteem met verschillende verflagen. Hierbij is te zien, dat op een minerale dispersie-silicaatverf de dauwwatervorming tegenover een silikonenharsverf en de micro-structuurverf het laagst is. Tevens wordt aan de hand van de afbeelding duidelijk, dat deze ook het snelst weer afdroogt.



Afbeelding 3.11: Bepaling van de oppervlaktewater op verschillende verfwerken op gevelisolatiesystemen na smeltwatervorming. Herdrukt van „Ganzheitliche Bausanierung und Bauwerkserhaltung nach WTA“, door H. M. Künzel, C. Fitz, 2006, WTA-Schriftenreihe, tijdschrift 28, p. 68. Copyright 2006 van WTA München

De ingezette minerale pleisters en silikatische verven hebben daarbij een hoge pH-waarde die volgens het onafhankelijke deskundige Autenrieth (2012) een natuurlijke bescherming tegen algen en schimmels kan bieden.

Als de fysische gevelbescherming deskundig uitgevoerd werd en de gevel verder regelmatig wordt onderhouden dan blijft de gevel vrij van vervuiling alsook van algen- en schimmelgroei. Hierdoor kan een gevelisolatiesysteem een levensduur van 40 tot 60 jaren bereiken zoals ook Schwitalla (2014) van het Fraunhofer-Institut in Duitsland beschrijft.

De deskundige Erfurth (2012) beschrijft gebaseerd op eigen ervaringen dat hydrofiele dikke gevels met een silicaatverfwerk vanwege het snelle afdrogen vrij van algen en schimmels blijven en hier geen vorst- en dauwproblemen optreden. Aanvullend toont hij aan dat door de bevochtiging en het afdrogen van water op hydrofiele biocidevrije gevels algen afsterven.

In het rapport van Nosbüsch (2009) staat geschreven dat het bedrijf Kreutol AG vanuit Switzerland sinds september 2005 tot oktober 2009 het dikpleistersysteem op meer dan 185 objecten in Duitsland en Zwitserland heeft verwerkt. Dat komt overeen met 100.000 m² met de verwerking van dit systeem. Jaarlijks is een microbiologische beoordeling van dr. Nay voor 29 objecten in verschillende regio's binnen Zwitserland doorgevoerd om een eventuele aangroei van algen en schimmels te kunnen vaststellen. De gebouwen waren scholen, gymzalen, peuterscholen, gemeentehuizen, industriegebouwen en woonhuizen op verschillende hoogteliggingen. Al deze gebouwen waren aan verschillende natuurlijke invloeden blootgesteld, zoals bijv. sterke mist, sterke weersgesteldheden of dichte bomenopstanden. Op geen van de onderzochte gebouwen is tijdens het onderzoek een

vervuiling van de gevel door algen en schimmels vastgesteld. Door de hydrofiele gevel kan het voorkomende dauwwater zonder schade afgevoerd en de algen- en schimmelgroei zonder biociden succesvol voorkomen worden.

3.9 Wat zijn de voor- en nadelen van de verschillende systemen?

Chemische gevelbescherming in een hydrofoob pleistersysteem

Voordelen

Een voordeel van de chemische gevelbescherming is het feit, dat door de inzet van biociden zoals Burkhardt et al. (2009) in een rapport beschrijft, de voortplanting van algen en schimmels die op de gevel aangroeien, voorkomen kan worden en de algen en schimmels tevens gedood kunnen worden.

Op deze manier kan de algen- en schimmelgroei op gevels voorkomen worden.

De hydrofobe opbouw van de gevel is een verder voordeel. Ross en Stahl (2003) beschrijven in het boek Praxis-Handbuch Putz, dat door de hydrofobie de gevel waterafstotend is en hierdoor geen water op de gevel zich ophopen kan. Regenwater wordt van de gevel afgewezen en dauwwater dat zich op de gevel ophoopt, verbindt zich tot druppels en loopt langs de gevel af.

Rademacher (2007) beschrijft in een rapport, dat de kosten berekend met de zelfde houdbaarheid van de verschillende systemen door de mindere inzet van materiaal bij het chemische hydrofobe systeem lager is dan de kosten bij het fysische hydrofiele systeem. Verder wordt in dit rapport beschreven, dat de verwerking van de hydrofobe pleister makkelijker is, omdat alleen een heel lage hoeveelheid pleister met een heel lage dikte op de gevel opgebracht moet worden.

Nadelen

Een belangrijke nadeel van de inzet van biociden in de gevel is volgens Burkhardt et al. (2009) dat deze wateroplosbaar moeten zijn om de werking te kunnen ontplooien. Door deze wateroplosbaarheid worden echter de biociden in de loop van de tijd vanuit de gevel uitgespoeld. Hierdoor kan er geen bescherming tegen de algen- en schimmelgroei op gevels gewaarborgd worden.

Een volgend groot nadeel wordt door Kahle en Nöh (2009) van het Federale Milieugentschap Duitsland beschreven. Uitgespoelde biociden zijn milieugevaarlijk en worden in de grond en in omliggende waterplassen gespoeld. Daar kunnen deze biociden zich verrijken en schade aan niet-doel organismen veroorzaken.

Ook de hydrofobe opbouw van de gevel veroorzaakt volgens Rademacher (2007) een nadeel. Tijdens het ontstaan van dauw op gevels komt het tot de vorming van fijne druppels. Deze fijne druppels kunnen vanwege hun lage eigen gewicht niet van de gevel aflopen waardoor het op organische hydrofobe coatings tot een versterkte dauwwatervorming komt.

De directeur meneer prof. dr. Burkhardt van het Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC) in Rapperswil (Zwitserland) bevestigt tijdens een interview (persoonlijke communicatie, 27.05.2015), dat door de hoge wateropslag van het hydrofobe systeem en de hierdoor resulterende trage droging dit tot een hoger risico voor de groei van algen- en schimmels leidt.

Aanvullend beschrijft Rademacher (2007), dat hydrofobe siloconenharsproducten vanwege de verhoogde oppervlaktevochtigheid door de dauwatervorming en door de beschikbaarheid van organisch materiaal tot algen- en schimmelgroei neigen. Verder beginnen organische pleisters

en/of verfwerk bij de verwarming door de zon te plakken en kunnen hierdoor makkelijker vervuilen.

Kunstharsproducten bestaan deels uit minerale en deels uit organische componenten. Om deze organische componenten te produceren moet fossiele aardolie verwerkt worden (Baunetz Wissen Altbau, z.j.). Dit is een verder nadeel, omdat de voorraden aan fossiele aardolie na een bepaalde periode verbruikt zijn en daarbij tijdens de productie van deze organische componenten weer veel energie nodig is.

Fysische gevelbescherming in een hydrofiel pleistersysteem

Voordelen

De fysische hydrofiele gevelbescherming waarborgt volgens Rademacher (2007) een bescherming tegen de groei van algen en schimmels zonder de inzet van uitspoelbare en milieugevaarlijke biociden.

Door de hydrofiele opbouw van de gevels wordt zoals door Rademacher (2007) beschreven, het dauwwater van de verflaag en van het pleister opgenomen en vastgehouden. Er ontstaat een buffer waardoor het water niet op de gevel blijft hangen. Het pleister en de verflaag kunnen vanwege de hoge waterdampdoorlatendheid het vocht weer afgeven daarmee kan de gevel snel weer uitdrogen.

Een verder voordeel is volgens Rademacher (2007) ook het verhoogde warmteopslagvermogen van het dikkere pleisteropbouw waardoor de dauwpuntonderschrijding van de gevel verminderd wordt en zich hierdoor minder dauwwater op de oppervlakte kan vormen.

Door het gebruik van een verfwerk op silicaatbasis wordt zoals Rademacher (2007) beschrijft een voordeel van de minerale stof benut. Een verfwerk op silicaatbasis vermindert door de zelfreiniging de neiging tot vervuiling van de gevel waardoor de algen en schimmels het levensbasis onttrokken wordt.

De openbare en onafhankelijke deskundige Autenrieth (2012) beschrijft verdere voordelen zoals de verhoging van de schokbestendigheid van de gevel en de betere brandpreventie. Door het dikke pleister is de gevel beter voor mogelijke beschadiging beschermd en wordt de bestendigheid jegens vuur door het minerale pleister verhoogd. Verder bestaat door de hoge pH-waarde van de minerale pleister een natuurlijke bescherming tegen algen en schimmels. Het dikke pleister heeft ook een betere geluidswering tegen lawaai van buiten door de hogere massa vergeleken met een dun pleister (Rademacher, 2007).

Nadelen

Het dikke pleistersysteem heeft echter volgens Rademacher (2007) het nadeel, dat meer materiaal gebruikt moet worden waardoor het systeem vergeleken met het dunne pleistersysteem voor de bouwer duurder is.

Tevens beschrijft hij, dat door de hogere laagdikte de verwerking van het pleister moeilijker is.

Een nadeel van het hydrofiele pleistersysteem is zoals meneer prof. dr. Burkhardt (persoonlijke communicatie, 27.05.2015) tijdens het interview beschrijft, dat dit systeem niet voor elk gebouw geschikt is, omdat de vormgevingsmogelijkheden beperkt zijn.

Minerale bovenpleisters hebben het nadeel, dat de kleurkeuze tegenover organische pleisters beperkt is, omdat minerale pleisters alleen beperkt ingekleurd kunnen worden (Energie-Fachberater, z.j.).

3.10 Wat zijn de verschillen tussen de verschillende systemen?

In de volgende tabel 3.3 worden verschillende dikpleistersystemen van verschillende producenten geanalyseerd en met een dunpleistersysteem met biocide van het bedrijf Sto vergeleken. Dit wordt gedaan om de verschillende kenmerken en verschillen van de verschillende systemen kenbaar te maken.

De producenten van de dikpleistersystemen zijn onder andere de bedrijven Weber Saint Gobain, KEIMfarben en Schwenk. De technische data zoals de productinformatie zijn rechtstreeks van de producenten van productencatalogussen en technische databladen van de verschillende systemen verzameld.

Om de verschillende systemen met elkaar te vergelijken is van het bedrijf Weber Saint Gobain (z.j.) het dikpleistersysteem „weber.therm plus ultra“ opgenomen. Van het bedrijf Schwenk Putztechnik (z.j., 2015) is het dikpleistersysteem „PURA Vision®“ opgenomen en van het bedrijf KEIMfarben (2015a, 2015b) is het dikpleistersysteem „AquaROYAL EPS / MW“ opgenomen. Deze dikpleistersystemen worden met het dunpleistersysteem „StoTherm Classic®“ van het bedrijf Sto (z.j.) vergeleken.

In de tabel 3.3 zijn de verschillende kenmerken opgesomd. De meesten kenmerken zijn bij alle systemen redelijk gelijk. De belangrijkste verschillen worden in het volgende nader uitgelegd. Het eerste verschil is in rij drie, de warmtedoorgangscoefficiënt. Deze is bij het systeem van Weber Saint Gobain met $0,021 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ het laagst. Dat betekent dat met een lagere dikte van de isolatie de zelfde warmtebescherming als bij de anderen systemen bereikt kan worden.

Het volgende verschil is in rij vijf, de te gebruiken onderpleister. Deze moet bij de dikpleistersystemen uit minerale materialen worden gemaakt. Het dunpleistersysteem van Sto gebruikt hiervoor een organisch materiaal. Net zoals het onderpleister is ook de dikte van de onderpleister verschillend. De dikpleistersystemen hebben een dikte van 5 tot 10 mm en het dunpleistersysteem heeft een dikte van 3 mm.

De water absorptiecoëfficiënt alsook de dampdiffusieweerstand van de onderpleister van de dikpleistersystemen vergeleken met het onderpleister van het dunpleistersysteem zijn verschillend. Het dunpleistersysteem heeft door de hydrofobe eigenschap een lager water absorptiecoëfficiënt met $< 0,05 \text{ [kg/m}^2\cdot\sqrt{\text{h}}]$ en een hoger dampdiffusieweerstand met $250 - 350 \mu$.

Net zoals de onderpleister bestaat er ook bij de bovenpleister een belangrijke verschil. De bovenpleister van de dikpleistersystemen zijn uit minerale materialen gemaakt en het dunpleistersysteem van Sto is uit een organisch materiaal. De dikte van de bovenpleister is ook verschillend. De dikpleistersystemen van de bedrijven Weber Saint Gobain, KEIMfarben en het dunpleistersysteem van Sto zijn met een dikte van 2 tot 5 mm gelijk. Echter het bovenpleister van Schwenk Putztechnik heeft een groter dikte van 10 mm.

De water absorptiecoëfficiënt alsook de dampdiffusieweerstand van de bovenpleister van de dikpleistersystemen vergeleken met het bovenpleister van het dunpleistersysteem zijn weer verschillend. Door de hydrofobe eigenschap van het dunpleistersysteem heeft het een lager water absorptiecoëfficiënt met $< 0,05 \text{ [kg/m}^2\cdot\sqrt{\text{h}}]$ en een hoger dampdiffusieweerstand met $25 - 40 \mu$.

Het belangrijkste verschil tussen de dikpleistersystemen en het dunpleistersystemen is de inzet van ingekapseld biociden in het dunpleistersysteem. De dikpleistersystemen hebben geen ingezette biociden.

	Weber Saint Gobain: „weber.therm plus ultra“	Schwenk Putztechnik: „PURAVision®“	KEIMfarben: „AquaROYA L EPS / MW“	Sto: „StoTherm Classic®“
Ondergrond	beton en metselwerk	draagkrachtig ondergrond	metselwerk, beton, poriebeton en geperforeerde baksteen	metselwerk, beton, hout en staal
Isolatie	Resol-hardschuim	steenwol, houtwolvezel of EPS	EPS of minerale wol	EPS
Warmtedoorgangscoefficiënt $W/(m \cdot K)$	0,021	0,032 - 0,041	0,032 - 0,040	0,032
Bevestigingsvarianten	geplakt en gedeuveld	geplakt of geplakt en gedeuveld	geplakt of geplakt en gedeuveld	geplakt of geplakt en gedeuveld
Onderpleister	mineraal en hydrofoob	mineraal en hydroactief	mineraal en hydroactief	organisch
Dikke onderpleister mm	5 - 8	7 - 10	7	3
Water absorptiecoëfficiënt $w [kg/m^2 \cdot \sqrt{h}]$	< 0,5	< 0,5	< 0,2	< 0,05
Dampdiffusieweerstand μ	≤ 25	15 - 20	≤ 15	250 - 350
Druksterkte (N/mm ²)	> 8	> 2,5	3,5 tot 7,5	15 – 60 Joule
Wapeningsmaat mm	8 x 8	8 x 8	6 x 6	6 x 6
Bovenpleister	minerale hydrofiele edelpleister of stroperige bovenpleister	hydroactieve minerale bovenpleister	hydroactieve minerale edelpleister	organische en Siliconenhars-pleister zoals pleister met Lotus-Effect®-technologie
Dikke bovenpleister mm	3 - 5	10	2 - 4	2 - 4
Water absorptiecoëfficiënt $w [kg/m^2 \cdot \sqrt{h}]$	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,05
Dampdiffusieweerstand μ	≤ 20	15	15	25 - 40
Druksterkte (N/mm ²)	> 1	1,7	-	-
Biociden	zonder	zonder	zonder	ingekapseld
Brandpreventie	onbrandbaar	onbrandbaar	onbrandbaar	onbrandbaar
Verfwerk	silicaatverf	hydrofiele, minerale kieselsol-silicaatverf	hydrofiele kieselsol-silicaatverf	siliconenhars-gevelverf met of zonder lotuseffect
Overig	slanke systeemopbouw; inzet tot een gebouwhoogte van 22m, ook voor saneringen van nieuwe en oude gevels	twee verflagen; voor nieuwbouw of sanering van bestaande gebouwen	twee verflagen; inzet tot een gebouwhoogte van 22m	twee verflagen voor een optimale bescherming tegen algen en schimmels; nieuw- en bestaande gebouwen tot een gebouwhoogte van 22m

Tabel 3.3: Analyse van verschillende gevelisolatiesystemen van verschillende producenten.

4. Discussie

Een discussiepunt is of überhaupt chemische of fysische gevelisolatiesystemen ingezet zullen worden, omdat van tegenstanders de hypothese bestaat dat gevelisolatiesystemen een hoger ontvlambaarheid hebben ten opzichte van massief muurwerk. In een artikel van Purtul (2011) wordt verder geschreven, dat in een uitgevoerd brandproef de brandversnelling door gevelisolatiesystemen bevestigd wordt.

In tegenstelling tot dit artikel stelt het Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt, 2011) dat de gecertificeerde gevelisolatiesystemen niet als brandversneller fungeren. In deze persmededeling schrijft het DIBt (2011), dat de gevelisolatiesystemen van Purtul (2011) beschreven niet aan de gevraagde opbouw volgens de toelatingsrichtlijn voldeden en het brandproef daarom niet met een belasting onder reële voorwaarden vergeleken kan worden. Tijdens een brand in Berlijn (Duitsland) 2015 bestond ook het vermoeden, dat een gevelisolatiesysteem het vuur heeft versterkt. Inmiddels heeft het DIBt vastgesteld, dat hierbij een gevelisolatiesysteem was ingezet, dat niet door het DIBt gecertificeerd was.

Aanvullend bevestigt het DIBt, dat de gecertificeerde gevelisolatiesystemen en de constructieve voorzieningen tot brandpreventie uitgebreid getoetst en vervolgens gecertificeerd zijn.

Zodoende is het op basis van de actuele stand van zaken niet duidelijk te benoemen of daadwerkelijk een nadeel of risico bestaat. In ieder geval blijft het tot een uiteindelijk opklaring een bestaand risico en op basis van de onduidelijkheden in bestaande literatuur is dit feit niet nader in het onderzoek beschreven.

Een ander discussiepunt is, dat vaak in het nieuws en door tegenstanders van de warmte-isolatie wordt genoemd, dat gevelisolatiesystemen met geëxpandeerd polystyreen na de kaalslag als bijzonder afval beschouwd moeten worden. Aan de hand van een studie van Schwitalla (2014) van het Fraunhofer-Institut in Duitsland wordt echter geschreven, dat het ontstane afval door de afbraak van een gevelisolatiesysteem in een conventionele afvalverbrandingsinstallatie verwerkt kan worden en geen bijzonder afval ontstaat. De tegen vlammen aankunnende stof Hexabroomcyclododecaan (HBCD), dat tot nu toe in polystyreen wordt ingezet en vanaf augustus 2015 is verboden, wordt in de afvalverbrandingsinstallatie volledig en veilig, zonder schade voor mens en milieu, verwerkt. De andere componenten van gevelisolatiesystemen kunnen ook op conventionele manier afgevoerd worden.

Helemaal anders verhoudt het zich als biociden in het pleister of het verfwerk met biociden gebruikt worden. Biociden moeten volgens de biocidenverordening (EU) Nr. 528/2012 afgevoerd worden.

In de gebruikte bronnen voor dit onderzoek wordt geschreven, dat de algen- en schimmelgroei op een gevel geen schadelijke maar alleen een esthetische invloed heeft. In het boek van Bagda et al. (2000) staat echter dat de algen- en schimmelgroei ook best een schadelijke invloed op de gevel kan hebben. De stofwisselingsproducten van schimmels zoals bijvoorbeeld organische zuren kunnen een negatieve invloed op het pleister en de verf van de gevel hebben. Daarbij kunnen schimmels organische koolstof vanuit de gevel door enzymen aantasten en als voedingsstoffen bruikbaar maken. Hierdoor komt het tot directe schade van het pleister en zodoende van de gevel.

Algen kunnen de gevel niet direct beschadigen. Echter zijn deze meestal verspreid over een groot oppervlakte en in staat als waterreservoir te fungeren. Hierdoor wordt indirect de gevel beschadigd. Vanwege deze feiten is het belangrijk erop te letten, dat algen en schimmels niet op de gevel groeien.

Meneer prof. dr. Burkhardt (persoonlijke communicatie, 27.05.2015) zei tijdens het interview, dat architecten een groot invloed op de algen- en schimmeligroei hebben. Architecten zijn zelfbenoemde “kunstenaars” en houden tijdens de planning niet graag rekening met de bouwfysica. Meneer Burkhardt beschreef vanuit zijn ervaringen dat de architecten een huis zonder dakrand bouwen een geen voldoende waterafvoer door dakgoten inplannen. Hierdoor wordt de gevel tijdens regenbuien snel nat. Van daar is het nuttig een onderzoek op te zetten met de focus op de invloed van een voldoende dakrand en waterafvoer met betrekking tot de algen- en schimmeligroei. Binnen dit onderzoek lijkt het zowel op een dun hydrofoob als een hydrofiel gevelisolatiesysteem zonder biociden in te gaan.

Actueel werkt het Deutsche Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2012) aan een nieuwe „Ersatzbaustoffverordnung“. Met deze verordening worden onder andere de inzet van biociden en de maximale concentratie van biociden in de grond en waterplassen vastgelegd. Volgens het actuele ontwerp van 31-10-2012 wordt vervolgens de concentratie per elk biocide in de grond of in het water op max. 0,1 µg/L gereduceerd. Als er meerdere biociden in de grond of in het water worden gevonden mag de gecumuleerde concentratie de waarde 0,5 µg/L niet overschrijden.

Indien deze verordening ingaat en wat voor gevolgen de verordening voor de inzet van biociden in de gevel of voor de tegenwoordige vervuiling van de gronden en waterplassen heeft is nog niet bekend. Binnen het u voorliggende onderzoek wordt met deze verordening geen rekening gehouden, omdat de verordening nog niet officieel is ingegaan.

In dit onderzoek is duidelijk geworden dat de ingezette biociden in de gevel door het uitspoelen in het milieu terecht komen en door de toxische en schadelijke werking gevaren voor mensen, dieren en het milieu veroorzaken. Daarom is te discussiëren of biociden over het algemeen nog gebruikt mogen worden of biociden niet verboden moeten worden, om mens, dier en milieu voor grote schade van de gezondheid te bewaren. Op deze manier kan voorkomen worden dat nog meer biociden in het milieu terecht komen.

In de beschrijving van de verschillende biociden zijn de halveringstijden van deze stoffen in de grond en in het water genoemd. Echter ontstaan door het afbreken van de biociden nieuwe stoffen, die net zoals de biociden toxisch en schadelijk voor het milieu kunnen zijn. Het is ook mogelijk dat deze stoffen schadelijker zijn als de biociden zelf. In dit onderzoek was het op basis van de gebrekkige informatie in de bestaande literatuur niet mogelijk de afbraakproducten van biociden en diens werking op mens en milieu te beschrijven.

Een groot probleem dat tijdens het schrijven van dit onderzoek naar voren is gekomen is het denken gevormd van economische profijt van de industrie, bedrijven, bouwers en consumenten. Het is duidelijk geworden dat de focus op het besparen van kosten ligt en niet op het beschermen van de gezondheid van mens, dieren en het oprecht houden van het milieu. Daarbij hebben we het met een problematische instelling van onze maatschappij te maken, omdat er geen rekening wordt gehouden met de vraag naar ethisch verantwoordbaar leven tegenover anderen en vooral tegenover toekomstige generaties.

Voor dit onderzoek zijn ook rapporten van producenten verwerkt om meer over de producten te weten te komen. Aangezien producenten hun producten graag willen verkopen en misschien hun resultaten de gewenste kant op sturen blijft het een discussiepunt met oog op de betrouwbaarheid van de verwerkte resultaten voor dit onderzoek.

Zoals al geschreven is zijn er tot nu toe weinig onafhankelijke onderzoeken, die de daadwerkelijke werking van de fysische gevelbescherming gecontroleerd en bevestigd hebben. Voor dit onderzoek was het daarom niet mogelijk veel onafhankelijke informatie over

de ervaring met de fysische gevelbescherming te vinden. Zodat ook hier de kritiek aan de betrouwbaarheid van de genoemde resultaten bestaat.

Daarnaast is voor dit onderzoek alleen naar de hydrofiele dikke pleistersystemen als alternatieven voor de inzet van biociden in de gevel gekeken. Echter zijn er inmiddels ook andere aanpakken van andere producenten voor de bestrijding van algen- en schimmelgroei op gevels. In een volgend onderzoek of ter verbetering van dit onderzoek zou met deze producten rekening gehouden kunnen worden om een nog breder beeld van biocidevrije mogelijkheden te scheppen.

In een volgende onderzoek zouden deze systemen met de hierin onderzochte systemen vergeleken kunnen worden om uit te zoeken wat voor een systeem het meest resistent tegen de algen- en schimmelgroei is.

Tevens is het een mogelijkheid bouwers of consumenten, die verschillende gevelbeschermingssystemen verwerkt hebben, te interviewen om nog meer onafhankelijke en ervaringsdeskundige informatie te kunnen verzamelen.

Krus, Fitz en Sedlbauer (2008) van het Fraunhofer-Institut in Duitsland zijn actueel bezig de werking van fysische gevelbescherming door middel van technische mogelijkheden te versterken. Aangezien de onderzoeken nog niet zijn afgerond is de informatie niet nader in deze afstudeeropdracht gebruikt.

5. Conclusie

Voordat op de beantwoording van de onderzoeksvraag inhoudelijk wordt ingegaan, wordt deze ter herinnering nog eens genoemd.

Welke meerwaarde heeft de fysische gevelbescherming in hydrofiele pleistersystemen t.o.v. de traditionele chemische-hydrofobe gevelbescherming met betrekking tot de algen- en schimmelgroei op gevels?

Door de overeenkomsten tussen de verschillende bronnen is de betrouwbaarheid en de samenhang van dit onderzoek gewaarborgd en kan volgende conclusie worden getrokken.

De verschillende rapporten en documenten hebben getoond dat de chemische gevelbescherming met de inzet van oplosbare en milieugevaarlijke biociden in de gevel door de uitspoeling geen blijvende bescherming van de gevel voor de algen- en schimmelgroei kan bieden. Door de oplosbaarheid van biociden in water zijn de niet ingekapselde biociden na een periode van 5 tot 10 jaar tot 70 % uitgespoeld. Echter hebben de ingekapselde biociden een lager oplosbaarheid en zijn na 10 jaar tot ca. 27 % uitgespoeld. Daardoor kan geconcludeerd worden dat ingekapselde biociden een beter bescherming voor algen- en schimmelgroei bieden dan niet ingekapselde biociden.

Echter bieden zowel ingekapselde als ook niet ingekapselde biociden geen betrouwbare bescherming van de gevel als een deel al uitgespoeld is. Het actueel onderzoek van Breuer et al. (2012) bevestigt het feit dat een groeiontwikkeling na 30 tot 50 maanden op de gevel tot stand komt en de werking van biociden dus zichtbaar verminderd is.

Kahle en Nöh (2009) geven aan, dat de biociden in de grond, wateren en zelfs in het grondwater uitgespoeld worden. Deze biociden zijn toxisch en veroorzaken een grote schade voor mens en milieu. De uitkomsten worden bevestigd door de eigen beschrijving van biociden in dit onderzoek gebaseerd op andere ook internationale bronnen. Bijvoorbeeld kunnen verandering of vergroting van de organen optreden en kunnen biocide ook de groei van oedemen, verandering van het beenmerg en schade en misvormingen van het embryo tot gevolg hebben. De genoemde ziektes zijn maar enkele voorbeelden. Voor de gedetailleerde beschrijving zie hoofdstuk 3.3. Verder komt het door contact met verschillende stoffen tot irritaties. Biociden zijn vooral voor aquatische milieus heel toxisch en schadelijk, omdat al kleine hoeveelheden een schadelijke werking hebben. Doordat biociden in het grondwater zitten en ook door bioaccumulatie in de voedselketen verrijkt worden kunnen biociden schade aan niet-doel-organismen veroorzaken.

Op basis van de verzamelde feiten is duidelijk te zien dat biociden ernstige gezondheidsschade veroorzaken en zelfs dodelijk voor mens en dier kunnen zijn. Vandaar kan de toepassing van chemische gevelbescherming geen voorkeur gegeven worden en zou de doorlopende toepassing van biociden in de gevel zo snel als mogelijk verboden moet worden.

Een alternatief is de fysische gevelbescherming, omdat deze verschillende eigenschappen van de verwerkte materialen gebruikt en een bestendige bescherming tegen de algen- en schimmelgroei biedt.

Het fysische hydrofiele systeem voorkomt de algen- en schimmelgroei door de reductie van de vocht op de oppervlakte. De vocht, die door de dauwwatervorming of de regen op de gevel terecht komt, wordt door de capillairen in het pleister getransporteerd en opgeslagen. In de droge perioden kan door het hoge dampdiffusievermogen het water vanuit de gevel weer verdampt. Hierdoor komt het op de ene kant tot een lager verblijfsduur van de waterdruppels op de geveloppervlakte en op de andere kant tot een spoedig droging.

Verder wordt door de inzet van een dikker pleister de thermische massa van de gevel verhoogd en de dauwpuntonderschrijding van 20 % verminderd. Hierdoor wordt de

dauwatervorming op de gevel gereduceerd en wordt schimmels en algen op een natuurlijke manier de levensbasis onttrokken. Het pleister wordt daarenboven uit minerale materialen gemaakt en heeft een lage pH-waarde. Door de lage pH-waarde wordt ook een natuurlijke bescherming tegen de algen- en schimmelgroei geboden. Voor een uitgebreide beschrijving kan hoofdstuk 3.7 geraadpleegd worden.

Aan de hand van dit contractwerkstuk komt duidelijk naar voren dat de fysische gevelbescherming een groot meerwaarde tegenover de chemische gevelbescherming heeft. De fysische gevelbescherming is zodoende een duurzame, blijvende en milieuvriendelijke alternatief ter bescherming van de gevel tegen algen- en schimmelgroei. Als grote duurzame meerwaarde kan genoemd worden dat geen milieugevaarlijke biociden meer in het milieu terecht komen.

6. Advies

Op basis van de conclusie van dit verslag en de analyse van de geraadpleegde literatuur is de fysische gevelbescherming te adviseren.

De fysische gevelbescherming heeft tegenover de chemische gevelbescherming het groot voordeel dat geen milieugevaarlijke biociden in de gevel ingezet worden, die na enige tijd zijn uitgespoeld. Als de biociden uitgespoeld zijn kunnen algen en schimmels de gevel vervuilen zodat de gevel gezuiverd en opnieuw met biociden geverfd moet worden. Aangezien de effecten van schadelijke biociden niet voldoende onderzocht zijn, moet het gebruik van biociden voorkomen worden om het milieu te beschermen.

Bij de fysische gevelbescherming worden geen biociden ingezet, echter worden fysische en chemische eigenschappen van ingezette materialen gebruikt om de algen- en schimmelgroei op natuurlijke manier te voorkomen. Ook biedt de fysische gevelbescherming door de inzet van een dikker pleister een verhoogde schokbestendigheid en brandpreventie. Deze genoemde voordelen als andere voordelen zijn al in hoofdstuk 3.9 nader uitgelegd.

Adviezen voor toekomstige onderzoeken

Aangezien er onduidelijkheid over de ontvlambaarheid van chemische en fysische gevelisolatiesystemen bestaat is het belangrijk daarnaar verder onderzoek te doen, zodat er voor de gebruikers duidelijk is of er een verhoogd risico bestaat of niet. Het lijkt zinvol te zijn dat de uitvoering door een onafhankelijke onderzoeker wordt volbracht.

Om het contact en de werking van biociden vanuit chemische gevelisolatiesystemen op de mens en milieu beter in beeld te krijgen zou een onderzoek kunnen worden doorgevoerd. Bijvoorbeeld lijkt het relevant mensen, die in huizen met een chemische gevelbescherming wonen, op concentratie van biociden in het lichaam, zoals ook op veranderingen van de gezondheid te onderzoeken. De daaruit voortkomende resultaten zouden dan met waarden van mensen, die niet in huizen met chemische gevelbescherming wonen, worden vergeleken om vast te stellen of er een verhoogde biocide concentratie in het lichaam bestaat.

Aangezien in dit onderzoek minder goed naar voren komt wat voor invloed de afbraakproducten van biociden in de grond en wateren op mens, dieren en milieu hebben is het een aanbeveling een onderzoek naar deze afbraakproducten op te zetten om de gevolgen in kaart te brengen.

Adviezen voor het bedrijf

Voor het ingenieursbureau is te adviseren verder onderzoek met betrekking tot de daadwerkelijke werking van de fysische gevelbescherming uit te voeren. Hiervoor kunnen de gebouwen, die door het ingenieursbureau met een fysische gevelbescherming voorzien zijn, een keer per jaar over meerdere jaren beoordeeld worden. De beoordeling van de vervuiling door algen- en schimmelgroei van de gebouwen kan volgens een vastgelegd schema (observatiesysteem) worden vastgehouden. Aansluitend kan de verkregen informatie door de planner in een nieuwe rapport opgenomen worden om de bouwers over de resultaten van de bestendigheid van de fysische gevelbescherming te informeren. Inmiddels zijn er toegelaten hydrofiele ofwel biocidevrije systemen, die door het ingenieursbureau geadviseerd kunnen worden.

Adviezen voor bouwers

Bouwers zouden tijdens de planning van een gebouw alsook bij de keuze en de uitvoering van de fysische gevelbescherming met de volgende punten rekening houden.

Tijdens het plannen van een gebouw is het heel belangrijk met voldoende dakranden en waterafvoer rekening te houden. Zoals in hoofdstuk 3.2 beschreven moet erop gelet worden dat er voldoende dakoversteek is gepland om te voorkomen dat water door de regen op de gevel terecht komt.

Om de milieuvriendelijkheid en de vuurbestendigheid van het gevelisolatiesysteem te verhogen zouden geïsoleerde platen vanuit minerale wol of steenwol in plaats van geëxpandeerd polystyreen gebruikt moeten worden. Geëxpandeerd polystyreen wordt met fossiele aardolie geproduceerd en is hierdoor makkelijk ontvlambaar en milieugevaarlijker dan minerale wol of steenwol.

De dikpleister moet vanuit minerale materialen bestaan en van de inzet van organische componenten moet afgezien worden. Organische componenten in het pleister verhogen de gevoeligheid van de gevel voor vuil, omdat de algen en schimmels het organisch materiaal als voedingsmiddel gebruiken. In tegenstelling biedt de minerale dikpleister door de hoge pH-waarde een natuurlijke bescherming tegen algen en schimmels.

Daarnaast moet de dikke pleister ook daadwerkelijk dik opgebracht worden. Een dikker dikpleister verhoogt het opslagvermogen van warmte en vocht en reduceert hierdoor de kans op algen- en schimmelgroei.

Tijdens het plaatsen van de isolatieplaten en het daaropvolgende pleisteren moet op de juiste uitvoering gelet worden. Ook is het belangrijk het werk van ervaren schilders door te laten voeren, omdat de uitvoering van een dikke hydrofiele gevelbescherming moeilijk is.

Eventuele gebreken moeten meteen verwijderd of in het geval van een onvoldoende uitvoering verbeterd worden. Want als dit niet gebeurt kan een bescherming van de gevel tegenover de algen- en schimmelgroei niet gewaarborgd worden.

Om de functie van de fysische gevelbescherming te waarborgen moet jaarlijks een deskundige onderhoud plaatsvinden. Verder zullen bouwers voor de relevantie van het onderhoud van de gevel gevoelig gemaakt worden om de functie van de fysische gevelbescherming oprecht te houden.

Tenslotte is het belangrijk te noemen dat algen en schimmels zich op elke oppervlakte zoals glas, steen of metalen kunnen verspreiden. Algen en schimmels zijn het breedst verspreide micro-organisme ter wereld en kunnen zich aan de actuele levensomstandigheden uitstekend aanpassen (Spektrum Akademischer Verlag, 1999a, 2001). Hierdoor kan een bescherming niet voor 100 % gewaarborgd worden. Daarom moeten bouwers van te voren altijd daarmee rekening houden dat algen en schimmels na een langer tijdstip op de gevel kunnen groeien.

7. Literatuur

- Alsecco. (z.j.). *Alprotect render- ein schöner Anblick*. Geraadpleegd op 13.03.2015. op <http://www.alsecco.de/systeme-produkte/kombinationsfassaden/putzfassade-wdvs.html>
- Autenrieth, G. (2012, mei 6). *Die Mär vom Dämmwahn* [Web log post]. Geraadpleegd op <http://immofachmann.blogspot.de/2012/05/die-mar-vom-dammwahn.html>
- Bagda, E., Brenner, T., Diel, K.-H., Lindner, W., Schied, G., Warscheid, T., Wunder, T. (2000). *Biozide in Bautenbeschichtungen*. Renningen, Duitsland: expert-Verlag.
- Baunetz Wissen Altbau. (z.j.). *Die Putzbeschichtung von Außenwänden*. Geraadpleegd op 18.03.2015, op http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Altbaumodernisierung_Allgemeine-Einfuehrung-in-die-Putzbeschichtung-von-Aussenwaenden_148302.html
- Baunetz Wissen Fassade. (z.j.). *Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)*. Geraadpleegd op 18.03.2015, op http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Fassade_Waermedaemmverbundsysteme-WDVS-154443.html
- Baunetz Wissen Mauerwerk. (z.j.). *Feuchte und Tauwasser*. Geraadpleegd op 11.03.2015, op http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Mauerwerk_Feuchte-und-Tauwasser_162862.html
- Bauch, K. (2006). Putztechniken in der Denkmalpflege. *Bauingenieur*, Band 81, 1-2. Geraadpleegd op 13.03.2015, op http://www.baudenkmalpflege-bauch.de/downloads/Putze_in_der_Denkmalpflege.pdf
- Bau-welt.de. (z.j.). *Fassadensysteme- nicht nur oberflächlich*. Geraadpleegd op 09.04.2015, op <http://www.bau-welt.de/bauteile/fassade/fassadensysteme/>
- Sabine Bieg, S., Maelicke, A., Hemschemeier, S. K. (2002). *Natürliche Toxine, Die mittlere letale Dosis (LD50)*. Geraadpleegd op 06.08.2015, op <http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/8/bc/vlu/biotoxine/toxine.vlu/Page/vsc/de/ch/8/bc/biotoxine/ld50.vscml.html>
- Breuer, K., Hofbauer, W., Krueger, N., Mayer, F., Scherer, C., Schwerd, R., & Sedlbauer, K. (2012a). Wirksamkeit und Dauerhaftigkeit von Bioziden in Bautenbeschichtungen. *Bauphysik* 34, tijdschrift 4, 170-182. DOI: 10.1002/bapi.201200021.
- Breuer, K., Mayer, F., Scherer, C., Schwerd, R., Sedlbauer, K. (2012b). Wirkstoffauswaschung aus hydrophoben Fassadenbeschichtungen: verkapselte versus unverkapselte Biozidsysteme. *Bauphysik* 34, tijdschrift 1, 19-23. DOI: 10.1002/bapi.201200002
- Bundesanstalt für Arbeitssicherheit und Arbeitsmedizin. (2013). *Gute fachliche Praxis*. Geraadpleegd op 06.05.2015, op <http://www.baua.de/de/Chemikaliengesetz-Biozidverfahren/Biozide/Dokumente/GfP.html>

BundesBauBlatt (2013). Physik statt Chemie. *BBB BundesBauBlatt Magazin*, uitgave 1, 1-2.
Geraadpleegd op
http://www.bundesbaublatt.de/artikel/bbb_PhysikstattChemie_1616507.html

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. (2012). *Verordnung zur Festlegung von Anforderungen für das Einbringen oder das Einleiten von Stoffen in das Grundwasser, an den Einbau von Ersatzstoffen und für die Verwendung von Boden und bodenähnlichem Material*, Entwurf vom 31.10.2012 [Verordening].
Geraadpleegd op 07.05.2015, op
http://www.bmub.bund.de/service/publikationen/downloads/details/artikel/arbeitsentwurf-der-mantelverordnung-grundwasserersatzbaustoffebodenschutz/?tx_ttnews%25BbackPid%25D=668

Bundesausschuss Farbe und Sachwertschutz e.V., Deutscher Stuckgewerbebund im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes, Fachverband Putz und Dekor e.V., Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme e.V., Gemeinsamer Technischer Ausschuss der Verbände (GTA), Hauptverband Farbe Gestaltung Bautenschutz, Industrieverband WerkMörtel e. V. (IWM), Fraunhofer-Institut für Bauphysik Holzkirchen. (2005). *Technische Information. Algen und Pilze auf Fassaden* [Informatiebrochure]. Geraadpleegd op 10.03.2015, op
<https://www.baufachinformation.de/literatur/2011089014072>

Burkhardt, M., Zuleeg, S., Marti, T., Boller, M., Vonbank, R., Brunner, S., Simmler, H., Carmeliet, J. (2009). *Schadstoffe aus Fassaden* (Rapport No. A 015/2009-N1).
Geraadpleegd op Eawag webpagina: http://www.oedp-kelheim.de/fileadmin/user_upload/01-instanzen/04304/02-Aktuelles/01-Pressmitteilungen/0022_L%20Schadstoffe%20aus%20Fassaden.pdf

Buren, H. Van, Himmels, H., Berkhout, J., Slootmaker, A. (2009). *Onderzoek de Basis*. Groningen/Houten, Netherlands: Noordhoff Uitgevers B.V.

Chandler, C.J., Segel, I.H. (1978). Mechanism of the Antimicrobial Action of Pyrithione: Effects on Membrane Transport, ATP Levels, and Protein Synthesis. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, uitgave 14(1), 60-68.
Geraadpleegd op
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC352405/?tool=pmcentrez>

Chemie.de. (z.d.). Fungizid. Geraadpleegd op 31.07.2015, op
<http://www.chemie.de/lexikon/Fungizid.html>

Deutsches Institut für Bautechnik. (2011). *Stellungnahme des DIBt zum SPIEGEL-Online-Artikel "Styropor-Platten in Fassaden – Wärmedämmung kann Hausbrände verschlimmern" und zum Beitrag des NDR in der Sendung "45 Minuten" am 28.11.2011* [Perstekst]. Geraadpleegd op 07.05.2015, op
https://www.dibt.de/de/Fachbereiche/Data/Presseinfo_20111207.pdf

Ecoduna. (z.d.). *Mikroorganismen: Algen & Co*. Geraadpleegd op 31.07.2015, op
<http://www.ecoduna.com/algen-und-co.html>

Encyclo.nl. (z.j.). *Fotokatalyse*. Geraadpleegd op 18.06.2015, op
<http://www.encyclo.nl/begrip/Fotokatalyse>

Energie-Fachberater. (z.j.). *Der richtige Oberputz für die Gestaltung der Fassade.*

Geraadpleegd op 11.05.2015, op <http://www.energie-fachberater.de/fassade/fassadensanierung/putze-farben/der-richtige-oberputz-fuer-die-gestaltung-der-fassade.php>

Environmental Protection Agency. (2005). *Reregistration Eligibility Decision for 1,2-*

Benzisothiazolin-3-one (BIT). Geraadpleegd op 31.07.2015, op http://www.epa.gov/pesticides/reregistration/REDs/benzisothiazolin_red.pdf

Erfurth, U. (2012). *Algen + Pilze 2012, Anstrichsysteme*. Geraadpleegd op 23.04.2015, op

<http://www.institut-erfurth.de/>

EUR-Lex. (2012). *VERORDNUNG (EU) Nr. 528/2012 DES EUROPÄISCHEN*

PARLAMENTS UND DES RATES [Europese verordening]. Geraadpleegd op 12.03.2015, op http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2012.167.01.0001.01.DEU

Extoxnet. (1996, 1997). *Pesticide Information Profiles*. Geraadpleegd op 31.07.2015, op

<http://extoxnet.orst.edu/pips/terbutry.htm>

Grund-Ludwig, P. (2013). *Biozidfreie Fassaden mit WDVS sind nicht der Renner*.

Geraadpleegd op 10.03.2015, op <http://www.enbausa.de/daemmung-fassade/aktuelles/artikel/biozidfreie-fassaden-mit-wdvs-sind-nicht-der-renner-3611.html>

Hebrochemie. (2014). *SAFETY DATA SHEET I001-K21 hebro®cid 79-106*

[Veiligheidskaart]. Geraadpleegd op 08.06.2015, op <http://www.hebro-chemie.de/sdb/EN/GB/540168120.EN.GB.pdf>

IFA. (z.d.). *GESTIS-Stoffdatenbank*. Geraadpleegd op 31.07.2015, op

[http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/135815.xml?f=templates\\$fn=default.htm\\$3.0](http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/135815.xml?f=templates$fn=default.htm$3.0)

Indoorpol. (z.d.). *Schimmels*. Geraadpleegd op 31.07.2015, op <https://indoorpol.wiv-isp.be/nl/microorganismen/microorganismen/Schimmels.aspx?PageView>

Kahle, M., Nöh, I. (2009). *Biozide in Gewässern: Eintragspfade und Informationen zur*

Belastungssituation und deren Auswirkungen [Informatierapport]. Geraadpleegd op 10.03.2015, op <http://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/biozide-in-gewaessern-eintragspfade-informationen>

KEIMfarben. (2011). *Sicherheitsdatenblatt*. Geraadpleegd op 12.03.2015, op

http://www.keimfarben.de/uploads/tx_keimproducts/sdb/8068/0/sdb_KEIM_Teknosil.pdf

KEIMfarben. (2015a). *Systemaufbau KEIM AquaROYAL MW*. Geraadpleegd op 05.06.2015,

op http://www.keimfarben.de/de/produktprogramm_2015/wdvs/systemaufbau_keim_aquaroyal_mw/

KEIMfarben. (2015b). *Systemaufbau KEIM AquaROYAL EPS*. Geraadpleegd op 05.06.2015, op http://www.keimfarben.de/de/produktprogramm_2015/wdvs/systemaufbau_keim_aquaroyal_eps/

Kennislink.nl. (z.j.). *Hydrofoob*. Geraadpleegd op 17.06.2015, op <http://www.kennislink.nl/lemmas/hydrofoob>

Krus, M., Fitz, C. (2005). Beeinflussung der Oberflächenfeuchte zur Vermeidung von Algenbewuchs. *Applica*, tijdschrift 9, 4-9.

Konradin Medien GmbH. (z.j.a). *Lexikon – autotroph*. Geraadpleegd op 10.03.2015, op <http://www.wissen.de/lexikon/autotroph>

Konradin Medien GmbH. (z.j.b). *Lexikon – heterotroph*. Geraadpleegd op 10.03.2015, op <http://www.wissen.de/lexikon/autotroph>

Krus, M., Fitz, C., Sedlbauer, K. (2008). Altbausanierung 2 – Biofilme und funktionale Baustoffoberflächen. In H. Venzmer (redacteur), *Protokoll von dem 8. Dahlberg-Kolloquium vom 25. bis 26. September 2008 im Zeughaus Wismar* (pp. 91-101). Berlin, Wien, Zürich, Fraunhofer IRB-Verlag

Künzel, M., Krus, M., Sedlbauer, K. (2001). *Algen auf Außenwänden* [Informatierapport]. Geraadpleegd op 10.03.2015, op http://www.hoki.ibp.fraunhofer.de/ibp/publikationen/konferenzbeitraege/pub1_19.pdf

Künzel, H. M., Fitz, C. (2006). Ganzheitliche Bausanierung und Bauwerkserhaltung nach WTA. In Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. (redacteur), *Sonderheft zum Hindelanger Baufachkongress 2006* (pp.49-72). München, WTA

Künzel, H. (2009). Funktionsweise und normative Behandlung von zweilagigen Außenputzen. *Bauphysik* 31, tijdschrift 5, 326-331. DOI: 10.1002/bapi.200910043

Malerblatt Wissen. (z.j.). *Algen und Pilze – al secco*. Geraadpleegd op 08.05.2015, op <http://wissen.malerblatt.de/themenspecial-algen-a-pilze/al secco.html>

Malerblatt Wissen. (z.j.). *Algen und Pilze – Baunit*. Geraadpleegd op 08.05.2015, op <http://wissen.malerblatt.de/themenspecial-algen-a-pilze/baunit.html>

Nosbüsch, G. (2009). Zwischenbilanz mit biozidfreien WDVS/ verputzter Aussenwärmedämmung. In Fachverband der Stuckateure für Ausbau und Fassade (redacteur), *Tagungsband von der 10. Internationale Baufach- und Sachverständigentagung Ausbau und Fassade ISK 2009 in Schwarzenberg 16.-17. Oktober 2009* (pp. 73-79). Stuttgart, Fraunhofer-IRB-Verl.

Platform Duurzaamheid. (z.d.). Wat is duurzaamheid? Geraadpleegd op 31.07.2015, op <http://www.platformduurzaamheid.net/index.php?/Wat-is-Duurzaamheid/achtergrond-duurzaamheid/wat-is-duurzaamheid.html>

- Purtul, G. (2011). *Styropor-Platten in Fassaden: Wärmedämmung kann Hausbrände verschlimmern*. Geraadpleegd op 07.05.2015, op <http://www.spiegel.de/wissenschaft/technik/styropor-platten-in-fassaden-waermedaemmung-kann-hausbraende-verschlimmern-a-800017.html>
- Rademacher, I., (2007). *Altbausanierung 1 – Feuchteschutz*. In H. Venzmer (redacteur), *Proceedings 18. Hanseatische Sanierungstage vom 8. bis 10. November 2007 im Ostseebad Heringsdorf/Usedom* (pp. 261-271). Duitsland, BuFAS
- Ross, H. & Stahl, F. (2003). *Praxis-Handbuch Putz Stoffe, Verarbeitung, Schadensvermeidung*. Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller.
- SCHWENK Putztechnik GmbH & Co. KG. (z.j.). *PURAVision®*. Geraadpleegd op 05.06.2015, op <http://www.schwenk-putztechnik.de/Produkte/WDV-Systeme/PURAVision/index.php>
- SCHWENK Putztechnik GmbH & Co. KG. (2015). *Lieferprogramm 2015*. Geraadpleegd op 05.06.2015, op <http://www.schwenk-putztechnik.de/Produkte/WDV-Systeme/Lieferprogramm-und-Technische-Datenblaetter/index.php>
- Sigma-Aldrich. (2012, 2013, 2014, 2015). *SAFETY DATA SHEET Propiconazole* [Veiligheidskaart]. Geraadpleegd op 08.06.2015, op <https://www.sigmaaldrich.com/MSDS/MSDS/DisplayMSDSPage.do?country=DE&language=EN-generic&productNumber=45642&brand=FLUKA&PageToGoToURL=https%3A%2F%2Fwww.sigmaaldrich.com%2Fcatalog%2Fproduct%2Ffluka%2F45642%3Flang%3Dde>
- Spektrum Akademischer Verlag. (1999a). *Lexikon der Biologie, Algen*. Geraadpleegd op 10.03.2015, op <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/algen/2029>
- Spektrum Akademischer Verlag. (1999b). *Lexikon der Biologie, Eukaryoten*. Geraadpleegd op 15.05.2015, op <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/eukaryoten/22873>
- Spektrum Akademischer Verlag. (2001). *Kompaktlexikon der Biologie, Pilze*. Geraadpleegd op 10.03.2015, op <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/pilze/9069>
- Standing Committee on Biocidal Products. (2014). *Regulation (EU) n°528/2012 concerning the making available on the market and use of biocidal products, 4,5-Dichloro-2-octyl-2H-isothiazol-3-one (DCOIT)* [Assessment Report]. Geraadpleegd op 04.08.2015, op [https://circabc.europa.eu/sd/a/5d2b12c8-7690-4636-a962-ab277f4b183d/DCOIT%20-%20PT%2021%20\(assessment%20report%20as%20finalised%20on%2013.03.2014\).pdf](https://circabc.europa.eu/sd/a/5d2b12c8-7690-4636-a962-ab277f4b183d/DCOIT%20-%20PT%2021%20(assessment%20report%20as%20finalised%20on%2013.03.2014).pdf)
- Sto. (z.j.). *StoTherm Classic*. Geraadpleegd op 05.06.2015, op http://www.sto.de/de/produkte/fassadendaemmsysteme/stootherm_classic_rissicherheit_schlagsfestigkeit.html

- Sto. (2013). *Lotusan G* [veiligheidskaart]. Geraadpleegd op 11.03.2015, op http://www.sto.de/webdocs/0000/SDB/M_03206-012_0101_DE_02_07.PDF
- Sto. (2014). *StoColor Dryonic G* [veiligheidskaart]. Geraadpleegd op 11.03.2015, op http://www.sto.de/webdocs/0000/SDB/M_15003-031_0101_DE_01_00.PDF
- Sto. (2015). *Lang anhaltender Fassadenschutz*. Geraadpleegd op 10.03.2015, op http://www.sto.de/de/topnav/presse/pressemeldungen_26176.html
- Umweltbundesamt. (2014). *Entscheidungshilfen zur Verringerung des Biozideinsatzes an Fassaden* [Toelichting]. Geraadpleegd op 10.03.2015, op <http://www.umweltbundesamt.de/dokument/merkblaetter-zur-verringerung-des-biozideinsatzes>
- Umwelt Bundesamt. (2014). *Biozide*. Geraadpleegd op 10.03.2015, op <http://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/biozide>
- U.S. National Library of Medicine. (2003, 2005, 2011, 2014). *Hazardous Substances Data Bank (HSDB)*. Geraadpleegd op 03.08.2015, op <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search2/r?dbs+hsdb:@term+@rn+13463-41-7>
- Weber Saint-Gobain. (z.j.). *weber.therm plus ultra*. Geraadpleegd op 05.06.2015, op <http://www.sg-weber.de/waermedaemmung-wdvs/produkte/wdv-systeme/webertherm-plus-ultra.html>
- WHO. (2003). 12. *Chemical fact sheets*. Geraadpleegd op 06.08.2015, op http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/isoproturonsum.pdf
- Woorden-Boek.nl. (z.j.a). *cumulatief*. Geraadpleegd op 17.05.2015, op <http://www.woorden-boek.nl/woord/cumulatief>
- Woorden-Boek.nl. (z.j.b). *hydrofiel*. Geraadpleegd op 17.05.2015, op <http://www.woorden-boek.nl/woord/hydrofiel>

8. Bijlagen

8.1 Toelichting van vaktermen

Autotroof: het vermogen zich allen door organische stoffen te voeden (Konradin Medien GmbH, z.j.a).

Cumulatief: toenemen of ophopen (Woorden-Boek.nl, z.j.a)

Eucaryotisch: dat zijn alle levende wezen met een celkern in hun cellen (Spektrum Akademischer Verlag, 1999b).

Fotokatalyse: is een chemische reactie die door licht veroorzaakt wordt (Encyclo.nl, z.j.).

Heterotroof: ter voeding op lichamelijke stoffen of stofwisselingsproducten van andere organisme aangewezen (Konradin Medien GmbH, z.j.b).

Hydrofoob: slecht in water oplosbaar, waterafstotend (kennislink.nl, z.j.).

Hydrofiel: wateropslopend, wateropnemend (Woorden-Boek.nl, z.j.b)

Symbiose: levende wezen van verschillende soorten die vanuit onderling voordeel samen leven (Spektrum Akademischer Verlag, 2001b).

Zygote: een cel die door de versmelting van twee geslachtelijke voortplantingscellen ontstaat (Spektrum Akademischer Verlag, 1999a).

8.2 Afkortingslijst

BIT	Benzeenisothiazolinon
CMI	Chlormethylisothiazolinon
DCOIT	Dichlorfluanid
DIBt	Deutsche Institut für Bautechnik
Eawag	Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz
EnEV	energieinsparingsverordening
EPS	geëxpandeerd polystyreen
EC	effectieve concentratie
HBCD	Hexabroomcyclododecaan
IPBC	Joodpropynylbutylcarbamaat
IR	infrarood
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LC	letale concentratie
LD	letale dosis
MIT	Methylisothiazolinon
OIT	Octylisothiazolinon
PCM	faseveranderingsmateriaal
U-waarde	warmtedoorgangscoefficiënt

8.3 Interviews

Interview met objectadviseur chemische hydrofobe gevelisolatiesystemen:

Van het bedrijf Sto, meneer Gießler, op 31.03.2015

1. *Würden sie eher eine Fassade mit Bioziden versehen oder auf einen dickeren Putz zurückgreifen? Wieso?*

Mit Bioziden. Wir haben heute verkapselte Fungizide, das bedeutet die Auswaschung in den 10 Jahren ist maximal 10%. Wenn wir zurückgreifen, vor 8 bis 10 Jahren waren es normale fungizide Mittel, die waren nach 4 bis 5 Jahren komplett ausgewaschen. Klar, geht ins Erdreich, ist für Umweltbelastung kritisch zu sehen. Heute verkapselt bedeutet eine Auswaschung in 10 Jahren von 10%, wenn man das vergleicht mit wenn jemand zuhause sein WC putzt mit der blauen Ente, dann ist das schlimmer als wenn wir Auswaschungen von der Fassade haben.

1. *Was halten Sie von dem physikalischen hydrophilen Putzsystem?*

Gar nichts. Aus folgendem technischen Grund. Algen sind ein optischer Mangel. Wenn Sie Algen auf der Fassade haben, dann sieht das einfach nicht schön aus. Sie müssen sich vorstellen, wenn Sie ein hydrophobes System haben, das ein Standardsystem ist, sind hoch wasserabweisend. Das bedeutet, das System ist in sich immer trocken, nur die Oberfläche ist nass und somit Algenbefall. Jetzt ist ja der Trick, hydrophil bedeutet, ich nehme Feuchtigkeit in mein System auf und wir haben eine trockene Oberfläche. Jetzt nehmen Sie mal einen Spülschwamm und machen den immer nass. Was passiert, er fängt an zu schimmeln. Was passiert mit Ihrem System, es kommen keine Algen, es kommen Pilze. Also in dem hydrophilen System wachsen Pilze und Pilze sind ja viel schlimmer als Algen, weil Pilze das System zerstören. Eine Alge kann ich überstreichen, die ist dann tot. Der Pilz geht weiter. Das bedeutet, Sie müssen das System rückbauen oder aber das System mit einer hydrophoben Beschichtung überarbeiten, damit Sie das System gegen Dauerschäden schützen können

2. *Wie sind das WDV-System und der Putz aufgebaut?*

Wir haben eine bauaufsichtliche Zulassung, da ist der Kleber geregelt, Dämmplatte, Armierung, Gewebe, Putz und eigentlich alle zugehörige Anschlüsse sowie Fugenband. So ist es eigentlich aufgebaut. Kleber, Dämmstoff, da können Sie sich raussuchen, ob Mineralwolle, Holzweichfaser etc. Dann wird gedübelt. Armierung, da können Sie sich überlegen, ob mineralisch oder organisch. Ab da beginnt das System sich zu trennen. Organisch und mineralisch, die zwei Systeme. Oberputz auch mineralisch oder organisch, hydrophob oder hydrophil. Ab dem Oberputz ist es eigentlich interessant in welche Richtung sie gehen wollen.

3. *Welche Sorten von Putzen und dazugehörige Farben können eingesetzt werden?*

Es könne alle verwendet werden. Es ist eine reine Philosophiesache oder nach den technischen Eigenschaften.

4. *Was bedeutet hydrophobe Fassade?*

Hydrophob ist immer eins, der Tau legt sich nieder, braucht eine gewisse Grundmenge an Feuchtigkeit, damit es perlen bilden kann oder Regentropfen und dann ablaufen kann. Hydrophob sorgt dafür, dass keine Feuchtigkeit in das System kommt. Muss aber dampfdiffusionsoffen sein. Sie können sich vorstellen wie ein Fußball in einem Fußballtor. Der Fußball ist wie ein Wassertropfen, der bleibt hängen. Und Diffusionsfähigkeit ist der Tennisball, der geht durch. Und das ist der Vorteil mit den Beschichtungen. Sie sind diffusionsoffen aber wasserabweisend.

5. *Wie kann eine Fassade hydrophob gestaltet werden?*

Im Prinzip ist es so, dass selbst der Putz hydrophob eingestellt ist. Sie beginnen mit einem mineralischen Putz der hydrophob, also wasserabweisend ist und dann kommt die Farbbeschichtung, die zusätzlich auch wasserabweisend ist. Eine nachträgliche Hydrophobierung macht keinen Sinn und ist viel zu teuer. Mit der Farbbeschichtung ist die Entscheidung zu treffen, ob ich es hydrophob oder hydrophil will.

6. *Wie werden Biozide eingesetzt?*

Im Putz und im Anstrich. Für Renovierungen gibt es ein spezielles Mittel, das nach dem Reinigen und vor der Grundierung dem Untergrund beigelegt wird, das sehr stark saugt, um einen Puffer zu haben. Das wird immer weniger gemacht, da es jetzt die verkapselten Mittel gibt. Es wird deshalb auch nicht mehr gebraucht.

7. *Welche Biozide und in welchen Konzentrationen werden diese eingesetzt?*

Das kann ich nicht sagen. Unsere Produktion wird von Haus aus eingestellt und in 90 % der Fälle werden die Farben vom Werk aus mit Fungiziden ausgerüstet. Was wir nicht machen, wir geben es nicht raus. Das ist wichtig. Es wird nicht in irgendwelche Hände gegeben, das es irgendwo rein gelehrt wird, sondern es bleibt bei uns immer zentral und nicht mal den Mitarbeitern. Falls es auf der Baustelle vergessen wird, dann müssen sie mit den Eimern dahin gehen, dass sie es rein machen. Weil man weiß, dass man so ein Mittel nur bedacht einsetzen darf.

8. *Was ist der Unterschied zwischen verkapselten und unverkapselten Biozide?*

Eine Farbe besteht aus 70 bis 80 % Füllstoff und zwischen 10 und 20 % Bindemittel. Früher waren die Fungizide immer mit dem Bindemittel gekoppelt. Das ist ein relativ schwacher Anteil. Es sind gerade einmal 20 %, das bedeutet es hat nicht so einen guten Halt in der Farbe gehabt. Das heißt die überschüssigen Fungizide wurden ausgewaschen. Bis der Rest übrig geblieben ist, diese 10 bis 20%, die sich gut verkoppeln konnten. Heute werden die Fungizide so eingestellt, dass sie sich mit den 70 bis 80 % Füllstoff verbinden. Somit haben sie eine viel größere Angriffsfläche für die Fungizide, wo sie sich festheben können und somit die Auswaschung viel geringer ist. Also reden wir dann von den 10 bis 20 % vom Bindemittel, wo sie sich nicht so verkapseln. Dafür sind sie im Füllstoff gebunden. Somit ist die Auswaschung sehr stark reduziert.

9. Wie lange halten sie sich in der Fassade?

Man muss dazu sagen, die neuen verkapselten Fungizide werden noch nicht so lange eingesetzt. Wir haben es getestet mit Jota-Wänden. Das bedeutet, sie bauen eine Wand. Diese wird gestrichen und kommt in einen Raum. Dort wird sie sechs Wochen bewittert. So haben sie einen Zyklus von 10 Jahren und dann messen sie. Da waren wie gesagt ca. 10 % Auswaschung.

In Malaysia testen wir auch. Das ist für Fungizide das härteste was es gibt, denn da gibt es keinen Frost, sondern nur 90 % Luftfeuchtigkeit. Diesen Zyklus können wir umrechnen auf Deutschland. Dort sind die Auswaschungen auch sehr gering gewesen. Deshalb sagen wir auch als Faustregel so um die 10 % nach 10 Jahren.

10. Welche Erfahrungen mit Bioziden in der Fassade gibt es?

Sehr gute. Man muss immer sehen, der Algenwuchs wird uns in den nächsten Jahren immer mehr beschäftigen. Und zwar nicht nur auf Wärmedämmungen, sondern allgemein. Unsere Luft wird immer sauberer. Daher hat die Alge immer mehr Nährboden. Ich sage immer: „Fahren sie durch die Lande und schauen sich die Verkehrsschilder an.“ Meistens ist es so, sie stehen vor einer Fassade und dann heißt es: „meine Fassade ist grün, warum?“ Und dann schaut man die Fensterbänke an, die sind aus Aluminium und sind grün. Schaut man dann die Holzgartenzäune nebendran an der Nordseite an, da ist alles grün. Das Algen-Phänomen beziehen wir momentan sehr stark nur auf die Fassade. Aus dem Grund, wenn ein Auto schmutzig ist, dann putze ich es und bei einer Fassade, da fällt es mir viel mehr auf. Es wird aber so sein, wir werden nicht einmal bei einer ungedämmten Fassade eine Veralgung verhindern können. Geht technisch nicht. Wir können es verlängern aber nie verhindern. Man kann nur eins machen, man kann sagen: „ok, wir versuchen den besten möglichen Schutz.“ Wir haben selbst mit unserer alten Silikonharzfarbe, mit den normalen Fungizide-Mitteln sehr gute Erfahrungen. Wir haben Objekte, die sind 8 bis 10 Jahre alt, gedämmt. Ich habe jetzt ein Objekt, das wurde im Jahr 2006 gemacht. Das sind jetzt 9 Jahre und wurde einmal gestrichen mit einer Silikonharzfarbe fungizid ausgerüstet. Da ist jetzt auf der Westseite, unter den Fensterbänken ein grüner Ablauf. Nach 8 Jahren. Die restliche Fassade sieht top aus.

Was man klipp und klar sagen muss, brüchige Architektur begünstigt natürlich Algenwuchs. Kein Dachüberstand etc.. Daher wird man sich in einem normalen Zyklus immer mal wieder an einer Fassade treffen müssen und die dementsprechend streichen. Man kann sie auch noch reinigen, wenn sie einen Sockel haben. Mit dem Hochdruckreiniger, wenig Druck und keine Wärme.

11. Was spricht für den Einsatz von Bioziden?

Wir setzen Biozide nur ein, um die Veralgung an der Fassade in den Griff zu kriegen. Es spricht nichts dagegen auf fungizide-Mittel zu verzichten.

12. Wie weit ist die Entwicklung von infrarot reflektierenden Anstrichen, die durch eine geringere langwellige Emission den Strahlungsaustausch der Fassade mit dem Nachthimmel vermindern?

Nein. Was wir haben, das ist die StoPhotosan NOx. Das ist aber eine ganz andere Basis. Das bedeutet, durch Sonneneinstrahlung also durch UV-Licht fängt die Farbe an zu reagieren und tut organische Verbindungen zerstören. Das ist ein ganz anderes Prinzip. Das hat nichts mit Algen zu tun. Sondern eine Farbe für Stuttgart oder eine City, wo durch Dieselabgase relativ viele organische Verbindungen sind. Da wäre das jetzt was. Hat aber Thema Algen thematik nichts damit zu tun.

Wir haben so etwas nicht, daher kann ich dazu nichts sagen.

Was wir mittlerweile haben. Wir haben halt Fassadenfarben, die sind reine Acrylat-Fassadenfarben, bei dunklen Farbtönen, damit das Licht anders reflektiert wird und die Fassade halt nicht so warm wird. Das ist genau die andere Richtung. Weil wir das ja nicht wollen. Die Leute wollen immer mehr schwarze Fassaden und dann müssen wir halt gucken, dass wir das Licht brechen. Aber das sind reine Acrylatfarben. Jetzt müssen wir überlegen, wir reden über hydrophob, hydrophil. hydrophil und dann rein Acrylat, zu dem Thema passt das gar nicht. Das sind Beschichtungen, die haben was bei Beton zu suchen oder sowas.

13. Haben Sie sonstige Anmerkungen?

Selbst Oberlandesgerichte tun mittlerweile Urteile fällen, wenn Verarbeiter keine fungizide-Mittel an der Fassade dran haben und das Ding nach 2 Jahren grün ist. Dann müssen sie es nochmal streichen. Weil heute, nach Stand der Technik, sind wir eigentlich verpflichtet, fungizide-Mittel einzusetzen.

Jetzt müssen sie sich in den Verarbeiter hineinsetzen, der sagt: „Ok, ich kann auf Fungizide verzichten, aber nur wenn du, als Bauherr dafür unterschreibst, dass du es nicht willst“. Wenn der sagt: „Nein, dass unterschreibe ich nicht“. Dann muss er es hin machen, sonst hat er nachher ein Problem.

Da ist es eher so was ich sage: deshalb umdenken. Weil ich kann nicht sagen: „ich will biozidfrei“, und als Mangel das nach zwei Jahren reklamieren.

Interview met objectadviseur fysische hydrofiele gevelisolatiesystemen:

Van het bedrijf Schwenk, meneer Schwarz, op 27.03.2015

1. Wie sind das WDV-System und der Putz aufgebaut?

Das System setzt sich aus der Dämmung, der Armierung mit eingelegtem Armierungsgewebe und dem Oberputz zusammen. Das Armierungsgewebe hat einen rechteckigen Aufbau mit einer Maschenweite für Dünnputzsysteme von 4 x 4 mm und bei Dickputzsystemen von 6 x 6 mm.

2. Was ist der Unterschied zwischen Armierungsmörtel und Unterputz?

Es gibt keinen Unterschied zwischen Armierungsmörtel und Unterputz. Sie sind dasselbe und werden nur unterschiedlich bezeichnet.

3. Sie schreiben in Ihrer Informationsbroschüre über das Initiative Aqua Pura Vision, dass Sie die Gesetzmäßigkeiten der Bauphysik nutzen, welche sind das?

Der Anstrich der Fassade ist hydrophil, damit Wasser, das an der Oberfläche als Tauwasser anfällt, durch die kapillare Wirkung aufgenommen werden kann. Der Oberputz kann das Wasser zwischenspeichern. Zusätzlich besitzt der Oberputz ein erweitertes Porengefüge, damit zwischengespeichertes Wasser, das im Winter gefriert und sich ausdehnt, den Putz nicht beschädigt.

Zusätzlich dient der dicke Unterputz als Wärmespeicher.

4. Wenn der Putz die Feuchtigkeit aufnimmt, wird dann nicht die Dämmung durchfeuchtet?

Der Unterputz ist hydrophob aufgebaut, wodurch die Dämmung nicht nass werden kann.

5. Was passiert, wenn der Putz keine Feuchtigkeit mehr aufnehmen kann?

Der Trend geht in Richtung Dickputzsysteme bei dem eine Übersättigung nicht möglich ist.

6. Welche Sorten von Putzen können in dem hydroaktiven System eingesetzt werden?

Es können alle Arten von mineralischen Putzen eingesetzt werden.

7. Wieso wird Gipsputz nicht als Außenputz verwendet, wenn er so hydrophil ist?

Weil Gipsputz nur sehr wenig Feuchte aufnehmen kann. Es wird ein Kalk- oder Kalkzementputz verwendet, da sie mehr Feuchte aufnehmen können. Zudem ist der Kalkputz mit einem pH-Wert von 10 bis 12 sehr alkalisch.

8. Welche Anstriche können verwendet werden und wie setzen sie sich zusammen?

Es können alle Silikatfarben sowie Kieselsolanstriche verwendet werden.

9. Wie dick muss oder sollte der Putzaufbau sein?

Dünnputzsysteme haben eine Stärke von 3 bis 4 mm und Dickputzsysteme haben eine Stärke von 7 bis 10 mm

10. Kann die Dicke maschinell aufgetragen werden oder muss dies von Hand geschehen?

Die Putzsysteme können sowohl von Hand als auch maschinell in einem Arbeitsgang aufgebracht werden.

11. Welche Erfahrungen mit dem Putzsystem gibt es?

Die Firma Schwenk bietet dieses System bereits seit 7 bis 8 Jahren an und hat bisher noch keine negativen Rückmeldungen von Kunden bekommen. Außerdem würden sie das System, wenn es nicht funktionieren würde, sofort vom Markt nehmen.

Die Kunden wollen immer weniger Polystyrol, sondern setzen lieber auf Mineralfaser und erhöhen die Stärke des Dickputzes.

12. Wird ein Befall von Algen und Pilzen der Fassade auf Dauer verhindert?

Der Algen- und Pilzwachstum wird dauerhaft verhindert, es sei denn, das Haus steht in einer exponierten Lage durch beispielsweise direkte Bepflanzung oder Bewuchs.

13. Welche Vor- und Nachteile dieses Putzsystems gibt es?

Vorteile: Es ist ökologisch und kann auch auf Holzweichfasern aufgebracht werden.

Nachteile: Es ist 25 - 30 % teurer als ein herkömmlicher Putzaufbau.

14. Was halten Sie von dem biozideversetzten hydrophoben Putzsystem?

Ich würde keine Biozide in meiner Fassade einsetzen. Ich würde, wenn ich bauen würde, einen monolithischen Wandaufbau gegenüber einem WDV-System vorziehen.

15. Wie weit ist die Entwicklung von infrarot reflektierenden Anstrichen?

Ich weiß, dass der IWM Untersuchungen über den TSR-Wert von Farben durchführt, aber bisher sind noch keine Produkte im Handel verfügbar. Jedoch darf eine Farbe den Hellbezugswert von 20 nicht unterschreiten, da ansonsten die Fassade sich zu sehr aufheizt und Schäden entstehen können.

16. Haben Sie sonstige Anmerkungen?

Das WDV-System ist ein sehr langlebiges System und kann mehr als 30 bis 35 Jahre eingesetzt werden. Falls das WDV-System nicht mehr ausreichend ist oder Schäden aufweist, dann kann ein zusätzliches WDV-System aufgebracht werden ohne das alte System runter machen zu müssen.

Das WDV-System erzeugt keinen Sondermüll sondern ist recycelbar. Das Styropor muss nur von dem mineralischen Anteil getrennt werden und kann anschließend in den Mülleimer. Das Styropor kann ebenso als Energiequelle verwendet werden.

Es sollten keine verschiedenen Systeme von verschiedenen Herstellern kombiniert werden, da die verschiedenen Systeme aufeinander abgestimmt sind und ansonsten die Funktion des Systems nicht gewährleistet werden kann.

Ab April 2015 muss 90 cm über Geländeoberkante ein Brandriegel eingesetzt werden. Ebenso an einer Attika.

Interview met meneer prof. dr. Burkhardt op 27.05.2015:

Directeur van het Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC)

1. Welche Erfahrungen gibt es mit dem chemischen hydrophoben Putzsystem?

Sehr gute und sehr schlechte. Hängt vom Produkt (Rezeptur), der Verarbeitung/Verarbeiter (Erfahrung, Witterungsbedingungen etc.) ab. Wirkungsdauer des Schutzsystems aber zeitlich begrenzt.

2. Wie lange halten sich Biozide in der Fassade?

Hängt von Wirkstoff, Rezeptur und Witterungseinfluss ab. Vermutlich zwischen 5 und 10 Jahren. Verkapselte Wirkstoffe länger als der gleiche in der freien Form.

3. Wie wirken sich Biozide auf die Umwelt aus?

Von ca. 6 geläufigen Wirkstoffen gelten die zwei Algizide aufgrund der schlechten Abbaubarkeit als problematisch. Für den Gewässerschutz fallen die Stoffe nichts ins Gewicht, weil tausende andere Stoffe (Biozide, Pharmaka, PSM) in höheren Konzentrationen und Anzahl auftreten. Es gibt keine einzige Studie, die besondere Umweltprobleme durch diese Stoffe nachweisen kann.

4. Welche Biozide würden Sie gesetzlich verbieten?

Eventuell Carbendazim, da in Verdacht als CMR-Substanz. Die anderen sind entweder unproblematisch oder bereits unter Beobachtung bzw. durchlaufen unter der BPR in den nächsten Jahren die Risikobewertung.

5. Welche Vor- und Nachteile des chemischen hydrophoben Putzsystems gibt es?

Nachteil: hoher Wasserrückhalt, dadurch langsame Abtrocknung, Befallsrisiko
Vorteil: günstig, schnell und einfach zu verarbeiten (auch durch ungelernete Kräfte), hohe Farbvielfalt

6. Welche Erfahrungen gibt es mit dem physikalischen hydrophilen Putzsystem?

Vielfältige, die längsten in der Schweiz. Es gibt Standorte, wo es gut funktioniert, aber auch Standorte, wo alles vergrünt.

7. Welche Vor- und Nachteile des physikalischen hydrophilen Putzsystems gibt es?

Vorteil: rasche Wasseraufnahme und -abgabe (Rücktrocknung), gibt lebendige Erscheinung
Nachteil: teurer, braucht gelernte Handwerker, dickschichtig, begrenzte Eignung an bestimmten Objekten (gestalterisch limitiert).

8. *Was halten Sie von den zwei verschiedenen Putzsystemen?*

UBA-Merkblätter geben alle Infos.

Wichtig: Viele Kunden sind nicht bereit, für Umwelt mehr zu zahlen;
Alle Systeme versagen, wenn der Architekt ohne Dachvorsprung baut und der
Fassadenunterhalt vernachlässigt wird. Die Architekten sind heute das größte Problem, weil
„Künstler“ ungern die Bauphysik berücksichtigen wollen.

8.4 Gebruikelijke isolaties en hun gebruiksdoel

Dämmstoff	Typ									
	W	WL	WD	WS	WDS	WDH	WV	WB	T	TK
Baumwolle	x	x							x	
Blähglas	Schüttung									
Blähton	Schüttung									
Flachs	x	x							x	
Getreidegranulat	Schüttung									
Hanf	x	x								
Holzfaserplatten	x	x	x				x		x	x
HWL-Platten	x	x	x	x			x	x		
Calciumsilikat	x		x	x	x					
Kokos	x	x							x	x
Kork	x		x	x	x				x	
Mineralfaser	x	x	x	x			x		x	x
Perlite	Schüttung									
Polyesterfaser	x	x								
Polystyrol (EPS)	x		x	x			x		x	x
Polystyrol (XPS)	x		x	x						
Polyurethan	x		x	x	x				x	x
Schafwolle	x	x							x	
Schaumglas	x		x		x	x			x	x
Schilfrohr	x	x								
Vermiculite	Schüttung									
Zellulose	x	x					x		x	

Tabel 8.4.1: Gebruikelijke isolatiematerialen. Herdrukt van *Praxis-Handbuch Putz* (p.45), door H. Ross en F. Stahl, 2003, Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller. Copyright 2003 van Verlagsgesellschaft Rudolf Müller.

Typ	Verwendung
W	nicht druckbelastbar z.B. Wände, Decken und belüftete Dächer
WL	nicht druckbelastbar z.B. Zwischensparrendämmung
WD	druckbelastbar z.B. in unbelüfteten Dächern unter der Dachhaut
WS	erhöht belastbar für Sondereinsatzgebiete z.B. Parkdecks
WDS	druckbelastbar mit besonderer Druckfestigkeit z.B. Industrieböden
WDH	erhöht druckbelastbar unter druckverteilenden Böden z.B. lastabtragende Dämmung unter Gründungsplatten
WV	abreißfeste Beanspruchung z.B. Wärmedämm-Verbundsysteme
WB	beanspruchbar auf Biegung z.B. zur Bekleidung von windbelasteten Fachwerk- und Ständerkonstruktionen
T	Trittschalldämmung z.B. unter schwimmenden Estrich
TK	Trittschalldämmung für Decken mit Anforderungen an Luft- und Trittschallschutz, auch unter höher belasteten Estrichen mit geforderter geringerer Zusammendrückbarkeit z.B. unter Fertigteil ESTRICH

Tabel 8.4.2: Gebruiksdoelen van de isolatiematerialen. Herdrukt van *Praxis-Handbuch Putz* (p.45), door H. Ross en F. Stahl, 2003, Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller. Copyright 2003 van Verlagsgesellschaft Rudolf Müller.

8.5 Tabellen

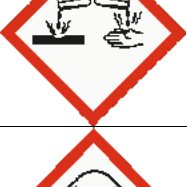
Stufe	Aufwuchsentwicklung
10	Aufwuchs/Verschmutzung sehr stark, über 87,5% bis 100% der Fläche sind insgesamt verschmutzt oder bewachsen
9	Aufwuchs/Verschmutzung stark bis sehr stark, über 75% bis 87,5% der Fläche sind insgesamt verschmutzt oder bewachsen.
8	Aufwuchs/Verschmutzung stark, über 62,5% bis 75% der Fläche sind insgesamt verschmutzt oder bewachsen
7	Aufwuchs/Verschmutzung deutlich bis stark, über 50% bis 62,5% der Fläche sind insgesamt verschmutzt oder bewachsen
6	Aufwuchs/Verschmutzung deutlich, über 37,5% bis 50% der Fläche sind insgesamt verschmutzt oder bewachsen
5	Aufwuchs/Verschmutzung mäßig bis deutlich, über 25% bis 37,5% der Fläche sind insgesamt verschmutzt oder bewachsen
4	Zahlreiche Punkte bzw. schütterere Flecken, gesamt ca. 5% bis 25% von Aufwuchs und Verschmutzung betroffen
3	Einige Punkte bzw. schütterere Flecken, Gesamtausdehnung unter ca. 5 %
2	2 bis wenige deutliche Punkte und/oder blasse – schütterere Flecken bzw. Ablaufspuren (Gesamtdeckung unter 5 %)
1	Nur 1 bis 3 kleine Punkte
0	Visuell kein Aufwuchs erkennbar

Tabelle 8.5.1: Beoordelingsschaal ter vastlegging van de groeiontwikkeling. Herdrukt van “Wirksamkeit und Dauerhaftigkeit von Bioziden in Bautenbeschichtungen“, door Breuer et al., 2012, Bauphysik 34, tijdschrift 4, p. 175. Copyright 2012 van Ernst & Sohn

8.6 Veiligheidsinstructies biociden

In de volgende tabel zijn de biociden die in deze tijd in de gevel gebruikt worden met de bijbehorende veiligheidsinstructies opgesomd. Voor deze opsomming werden de veiligheidskaarten van de enkele biociden te rade getrokken. Voor meer informatie kunnen de respectievelijke veiligheidskaarten gebruikt worden.

Product name	CAS-Nr.	Classification according to EU Directives 67/548/EEC or 1999/45/EC	Classification according to Regulation (EC) No 1272/2008	Labelling according Regulation (EC) No 1272/2008
Terbutryn (2-tert-Butylamino-4-ethylamino-6-methylthio-1,3,5-triazin) (Sigma-Aldrich, 2015)	886-50-0	Irritating to eyes. Very toxic to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic environment.	Eye irritation (Category 2) Acute aquatic toxicity (Category 1)	 
Diuron (3-(3,4-dichloorfenyl)-1,1-dimethylureum) (Sigma-Aldrich, 2015)	330-54-1	Harmful Dangerous for the environment	Acute toxicity, Oral (Category 4) Carcinogenicity (Category 2) Specific target organ toxicity - repeated exposure (Category 2) Acute aquatic toxicity (Category 1) Chronic aquatic toxicity (Category 1)	  
Mix out: DCOIT (4,5-dichloro-2-n-octyl-4-isothiazolin-3-one) [EG Nr. 247-500-7] and MIT (2-Methyl-2H-isothiazol-3-one) [EG Nr. 220-239-6] (Hebrochemie,	55965-84-9	Dangerous for the environment. Corrosive, Harmful	Skin corrosion, (Category 1B) Skin sensitisation, (Category 1) Chronic aquatic toxicity (Category 2)	 

2014)				
OIT (2-Octyl-2H-isothiazol-3-on) (Sigma-Aldrich, 2015)	26530-20-1	Toxic, Corrosive, Harmful, Dangerous for the environment	Acute toxicity, Oral (Category 4) Acute toxicity, Inhalation (Category 3) Acute toxicity, Dermal (Category 3) Skin corrosion (Category 1B) Skin sensitisation (Category 1) Acute aquatic toxicity (Category 1) Chronic aquatic toxicity (Category 1)	  
BIT (1,2-benzisothiazol-3(2H)-on) (Sigma-Aldrich, 2015)	2634-33-5	Dangerous for the Environment. Irritant, Harmful	Acute toxicity, Oral (Category 4) Skin irritation (Category 2) Serious eye damage (Category 1) Skin sensitisation (Category 1) Acute aquatic toxicity (Category 1)	  
MIT (2-Methyl-2H-isothiazol-3-one) (Sigma-Aldrich, 2014)	2682-20-4	Toxic, Irritant, Dangerous for the environment	Acute toxicity, Oral (Category 4) Acute toxicity, Inhalation (Category 3) Skin corrosion (Category 1B) Skin sensitisation (Category 1) Specific target organ toxicity - single exposure (Category 3) Respiratory system Acute aquatic toxicity (Category 1)	 

				
IPBC (3-jood-2-propynylbutylcarbamaat) (Sigma-Aldrich, 2015)	55406-53-6	Dangerous for the environment	Acute toxicity, Oral (Category 4) Acute toxicity, Inhalation (Category 3) Serious eye damage (Category 1) Skin sensitisation (Category 1) Acute aquatic toxicity (Category 1) Chronic aquatic toxicity (Category 1) Specific target organ toxicity - repeated exposure (Category 1)	   
Bronopol (2-broom-2-nitro-1,3-propaandiol) (Sigma-Aldrich, 2015)	52-51-7	Harmful, Irritant, Dangerous for the environment	Acute toxicity, Oral (Category 4) Acute toxicity, Dermal (Category 4) Skin irritation (Category 2) Serious eye damage (Category 1) Specific target organ toxicity - single exposure (Category 3), Respiratory system, Acute aquatic toxicity (Category 1) Chronic aquatic toxicity (Category 1)	  
Carbendazim (methyl-1H-benzimidazol-2-ylcarbamaat) (Sigma-Aldrich, 2013)	10605-21-7	Dangerous for the environment.	Germ cell mutagenicity (Category 1B) Reproductive toxicity (Category 1B) Acute aquatic toxicity (Category 1) Chronic aquatic toxicity (Category 1)	

				
Isoproturon (3-(4-isopropylfenyl)-1,1-dimethylureum) (Sigma-Aldrich, 2015)	34123-59-6	Dangerous for the environment	Acute toxicity, Inhalation (Category 4) Carcinogenicity (Category 2) Acute aquatic toxicity (Category 1) Chronic aquatic toxicity (Category 1)	  
Propiconazool (1-([2-(2,4-dichloorfenyl)-4-propyl-1,3-dioxolaan-2-yl]methyl)-1H-1,2,4-triazool) (Sigma-Aldrich, 2012)	60207-90-1	Harmful if swallowed. May cause sensitization by skin contact. Very toxic to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic environment.	Acute toxicity, Oral (Category 4) Skin sensitization (Category 1) Acute aquatic toxicity (Category 1) Chronic aquatic toxicity (Category 1)	 
Zink purithion (bis(1-hydroxy-2(H)pyridinethionato)zink) (Sigma-Aldrich, 2014)	13463-41-7	Toxic, Dangerous for the environment	Acute toxicity, Oral (Category 3) Acute toxicity, Inhalation (Category 3) Serious eye damage (Category 1) Acute aquatic toxicity (Category 1) Chronic aquatic toxicity (Category 1)	  

Tabel 8.6.1: Informatie en veiligheidsinstructies van de ingezette biociden.